Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Masteroppgave 2022 60 stp
Fakultet for Biovitenskap

Effekt av håndtering før slakt og diett på velferd hos oppdrettslaks (*Salmo salar*)

The effect of transport before slaughter and diet on welfare of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*)

Malin Larsen Græsdahl
Master i Biologi

SAMMENDRAG

Atlanterhavlaksen (*Salmon salar L.*) går gjennom mange praktiske operasjoner og behandlinger i sitt liv som oppdrettsart. I forbindelse med slakt, anses trenging og pumping til og være de største risikoene når det kommer til velferd. I denne oppgaven ble det utført behandlinger før slakt/avliving ved forskjellige oppdrettsmiljø, for å se betydningen behandlingene; transport, pumping og fôrsammensetning hadde å si for laksens velferd, endring av velferdsindikatorer ved islagring av fisk etter slakt Data innsamlingen besto av 3 deler A) slakteklar laks oppdrettet i sjøanlegg, B) slakteklar laks oppdrettet i landbasert anlegg og C) smolt etter overføring til sjø. All laks ble fotografert for senere digital analyse for skinn farge og operative velferdsindikatorer (OVI-er).

Transport av levende fisk og pumping viste seg og ha en lav effekt på laksens direkte velferd, i motsetning til håndtering hvor direkte kontakt med laksens skinn er unngåelig. Fôrsammensetning kan ha en effekt på fiskens robusthet, siden laks gitt et høyt proteininnhold i seksjon A) scoret signifikant lavere på OVI-ene. Smolt gitt forskjellige fôrsammensetninger viser at diett har en effekt på fiskens skinnfarge, da det var signifikant forskjell mellom gruppene. Smolt gitt en diett med enten marine- eller vegetabilske råvarer, viste de største signifikante forskjellene.

Skal fiskens velferd måles etter en behandling bør dette gjøres direkte etter behandlingen er avsluttet, for å unngå oksidering av blødninger og sår også for å unngå misfarging av skinn grunnet is og transport til lokasjonen laksen skal undersøkes på.

ABSTRACT

The Atlantic salmon (*Salmon salar L.*) undergoes through many practical operations and treatments in its life as a farmed species. In connection with slaughter, crowding and pumping are considered to be the biggest risks when it comes to welfare. In this thesis, treatments were performed before slaughter/killing in different farming environments, to see the significance of the treatments; transport, pumping and feed composition had on the salmon's welfare, and change of welfare indicators when storing fish in ice after slaughter.

The data collection consisted of 3 parts A) ready-to-slaughter salmon farmed in sea facilities, B) ready-to-slaughter salmon farmed in land-based facilities and C) smolts after transfer to sea. All salmon were photographed for later digital analysis for skin color and operative welfare indicators (OVIs). Transport of live fish and pumping proved to have a low effect on the salmon's direct welfare, as opposed to handling where direct contact with the salmon's skin is unavoidable. Feed composition can influence the fish's robustness, salmon given a high protein content in section A) scored significantly lower on the OVIs. Smolt given different feed compositions show that diet influences skinn color of the fish, as there was a significant difference between the groups. Smolts given a diet with either marine or vegan materials, showed the largest significant differences.

If the fish's welfare is to be measured after a treatment, this should be done immediately after the treatment has ended, to avoid oxidation of bleeding and wounds, and to avoid discoloration of the skin due to ice and transport to the location where the salmon is to be examined.

FORORD

Denne oppgaven markerer avslutningen av min mastergrad i biologi- og tid ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

Først og fremst, vil jeg gi en spesiell takk til min hovedveileder, Turid Mørkøre (Dr.). Hun har gitt meg unike muligheter innen forståelse av akvakultur gjennom reise, møte av fantastiske fagfolk, hennes kunnskap og uendelige positive holdning til nye idéer og funn. Takk for alle timene hun har satt av til å hjelpe meg, hennes forståelse og tålmodighet til alle mine spørsmål og utfordringer jeg har møtt på under masterskrivingen.

Og en stor takk til Raúl Jiménez.Guerrero, Thomas Larson (Dr.), Sumeng Sumeng, Vetle Skjold, Julie Elise Trovaag og studierådgiver Cathrine Strømø, som har hjulpet meg med datainnsamling, prosessering og spørsmål som har kommet opp underveis.

En spesiell takk til mine medstudenter, venner og familie som har hjulpet og støttet meg gjennom hele prosessen og studie. Uten dere hadde jeg ikke greid å gjennomføre. Takk for at dere har gjort studietiden min på Ås til en god og minneverdig opplevelse.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Gjøvik, mars 2022

Malin Larsen Græsdahl

Malin Larsen Græsdahl

INNHOLDSFORTEGNELSE

Sammendrag i

Abstract ii

Forord iii

1 Innledning 1

1.1 Målet med oppgaven 2

2 Teoretisk bakgrunn 3

2.1 Fiskevelferd 3

2.2 Velferdsindikatorer 5

2.3 Håndtering, transport og slakt 6

2.4 Diett og fôrsammensetning 8

2.5 CIE L*a*b* system 8

3 Materialet og metode 10

3.1 Studie materiale 10

3.2 Foto og Velferd scoring 11

3.3 Skinn L*a*b* 12

3.4 A) Slaktekalt laks fra oppdrettsmerder i sjø; effekt av pumping og transport 13

3.4.1 Levende transport til slakteri 13

3.4.2 Diett 14

3.4.3 Manuelt opptak 14

3.4.4 Fotografering og velferdskår 14

3.4.5 Akutte blødninger og deres utvikling over tid 15

3.5 B) Slakteklar laks fra landbasert anlegg, effekt av pumping 16

3.6 C) smolt etter overføring til merder i sjø; effekt av transport og fôr 17

3.6.1 Diet 17

3.7 Statistikk 19
3.8 Diskusjon av metode 20
3.8.1 L*a*b* imageJ analyse 20
3.8.2 Fotografering 20
3.8.3 Minolta (CR-400 Chroma Meter) 20
4 Resultater 21
4.1 A) Slaktekalt laks fra oppdrettsmerder i sjø; effekt av pumping og transport 21
4.2 B) Slakteklar laks fra landbasert anlegg, effekt av pumping 28
4.3 C) smolt etter overføring til merder i sjø; effekt av transport og fôr 31
5 Diskusjon 34
5.1 A) Slaktekalt laks fra oppdrettsmerder i sjø; effekt av pumping og transport 35
5.2 B) Slakteklar laks fra landbasert anlegg, effekt av pumping 37
5.3 C) smolt etter overføring til merder i sjø; effekt av transport og fôr 38
6 Konklusjon 39
7 Litteratur 40

1 INNLEDNING

Atlanterhavlaksen (*Salmo salar*) tilhører gruppen av de mest intensive oppdrettsartene (Huntingford & Adams, 2005). Av all innhøsting av laksefisk er 69% fra oppdrettsnæringen. Oppdrett av den atlantiske laksen startet i småskala i Norge i midten av 1960-tallet (Thorstad et al., 2008), og siden 1995 har den globale høstingen av oppdrettslaks økt med 478% (MOWI, 2020). Dette tilsvarer en årlig vekst på 8% (MOWI, 2020), med Norge som verdensledende i oppdrettnasjon (Heuch et al., 2005). Norge har en stor produksjon og eksport av fisk, og har siden 2012 hatt en årlig produksjon på rundt 1,2-1,3 millioner tonn atlantisk laks (Grefsrud & Svåsand, 2018).

Den atlantiske laksen er en anadrom art, noe som betyr at den veksler mellom ferskvann og saltvann gjennom livssyklusen sin. Laksen klekkes i ferskvann, migrerer deretter til saltvann, for å så returnere til ferskvann for å gyte. Det naturlige levemiljøet til laks er Atlanter- og Stillehavet, «The Great Lakes» i Nord-Amerika -og andre innsjøer (MOWI, 2020). Nøkkelbetingelsene som stilles er en vanntemperatur på mellom 0 og 20 grader celsius, med en optimalt temperatur mellom 8 og 14 °C (MOWI, 2020). Med disse biologiske kravene er Norge et velegnet sted å drive oppdrett.

Bærekraftig oppdrett med mål om størst mulig produksjon med minst mulig karbonfotavtrykk, er et viktig fokus i dagens samfunn. Laks er kaldblodig og holder lik temperatur med omgivelsene sine, derved trenger ikke laksen å bruke energi på å opprettholde kroppstemperatur eller holde seg oppreist i likhet med landdyr (MOWI, 2019). Laksen har dermed en svært effektiv muskel- og vektøkning, siden protein og energi i liten grad brukes til vedlikehold og vekst. Det er viktig med optimal ressursutnyttelse i all matproduksjon. Laks har den mest effektive proteinretensjonen på 31 %, Sammenlignet med andre husdyr/produksjonsdyr, som for eksempel storfe som kun har en 15 % proteinretensjon (MOWI, 2019).

Med denne økende veksten og betydningen av akvakultur, ikke bare i Norge men rundt i verden (Grefsrud & Svåsand, 2018), har oppmerksomheten på fiskevelferd økt (Turnbull et al., 2005). Nylig presenterte Noble et al. (2018) en oppdatert oversikt over velferdsstudier samt operative velferdsindikatorer (OVI-er) og laboratoriebaserte velferdsindikatorer (LABVI-er) for bruk ved håndterings situasjoner i lakseoppdrett. Det er midlertid behov for ytterligere metodeutvikling og informasjon om betydning av operasjoner i oppdrett og fôr for velferden hos oppdrettslaks.

1.1 MÅLET MED OPPGAVEN

Målet med oppgaven var å undersøke om praktiske operasjoner i oppdrett og fôrsammensetningen påvirker fiskevelferden hos atlanterhavslaks.

Studien hadde følgende delmål:

Studien hadde hovedfokus på hud, der også ny metode ble utprøvd for å avdekke hudblødninger og undersøke utviklingen av disse, samt hvilke metode som var best og bruke for dette formålet og når det burde gjøres. Betydningen av transport, pumping og fôrsammensetning for velferden, se i hvilken grad behandlingen av laksen før slakt/avliving hadde og si for velferden til laksen og hvordan dietten påvirket fiskens velferd under denne prosessen.

- Velferd hos slakteklar laks oppdrettet i sjøanlegg
    - Effekt av pumping og båttransport av laks fra merd til slakteri
    - Effekt av proteinnivå i fôret
    - Effekt av lagringstid på utseendet av hudblødninger ved islagring etter slakt og identifisering av tidspunkt der det er best å vurdere effekt av behandling på hudblødninger som respons på slaktebehandling.

- Velferd hos slakteklar laks oppdrettet i landbasert anlegg
    - Effekt av vakuumpumping ved flytting av fisk

- Velferd hos smolt etter overføring til sjø
    - Effekt av transport fra smoltanlegg til merder i sjø
    - Effekt av råvaresammensetningen i fôret

2 TEORETISK BAKGRUNN

2.1 FISKEVELFERD

Dyrs egenverdi og deres verdi i forhold til menneskelig interesser er et tema som har blitt diskutert gjennom lang tid og ført til interessekonflikter hos oss mennesker. En økende bevissthet ovenfor dyrs egen bevissthet og kognisjon, parallelt med økt produksjon innenfor husdyr og akvakultur, har satt dyrevelferd i et stort fokus.

Dyrevelferd har hovedsakelig noe å si om livskvaliteten til et dyr og hvordan dyret selv oppfatter denne kvaliteten (Damsgård et al., 2006; Noble et al., 2018). Flere definisjoner av selve begrepet dyrevelferd har blitt laget, men det har vist seg å være en vanskelig oppgave å definere. Etologigruppa fra NMBU kom ut med følgende definisjon i 2005 om at dyrevelferd er «(…) *individets subjektive opplevelse av sin mentale og fysiske tilstand som følge av dets forsøk på å mestre sitt miljø*.». Fordelen med denne definisjonen er at det vil være lettere å lage matematiske modeller, fordi den indre at likevekten eller homeostasen til et dyr antas å være en nulltilstand. Velferdskalaen vil gå på begge sider av dette nøytrale punktet, hvor det er mulig å gjenkjenne god velferd i et gitt miljø der de positive indikatorene overskrider de negative (Norges forskningsråd, 2005). Det er allikevel komplikasjoner ved denne definisjonen, og da særlig når det gjelder akvatiske dyr. Siden denne definisjonen setter dyrets subjektive tilstand som mål, støter det på komplikasjoner da det fortsatt er noe uklart i hvilken grad fisk er i stand til å oppleve slike tilstander. (Norges forskningsråd, 2005).

Tidligere debatter om bevissthet og kapasitet til smerteoppfatning og lidelse hos fisk holder fortsatt sterkt. Ulike studier har blitt utført innenfor dette temaet og har gitt ulike resultater. Ifølge (Rose, 2002) er fisk ikke i stand til å oppleve smerte siden de mangler essensiell hjernebarkstruktur, neocortex, som mennesker er avhengige av for å oppleve frykt og smerte. Andre studier argumenterer mot denne påstanden. Bl.a. kritiserer Braithwaite og Huntingford (2004) påstandene til Rose (2002), og konkluderer med at selv om fisk sannsynligvis opplever smerte og lidelse forskjellig fra mennesker, så har de fremdeles kapasitet til å oppfatte/føle smerte (Brathwaite & Huntingford, 2004).

Gjennomgang studie til Chandroo et al. (2004) «Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress» fant, i motsetning til Rose (2002) at fisk har bevissthet basert på en sammenligning av beinfisk (*Teleostei*) med tetrapoder (*Tetrapoda*) i aspekter av likhet i nivåer av kognitiv utvikling. Sammenligningen tyder på bevissthet hos fisk og at frykt, smerte og stress oppleves på lignende måte hos fisk og tetrapoder. Noe som innebærer at fisk er levende vesener med kapasitet til å lide (Chandroo et al., 2004).

Smerte er subjektivt, og det er umulig å si eller predikere om fisk eller andre dyr har en lignende oppfatning av smerte som oss mennesker. Men uansett hvordan denne debatten om bevisstheten til fisk til slutt ender eller tvilen som stilles, må forhåndsregler bli satt. Selv uten empirisk bevis på at fisk ikke er bevisst, kan man heller ikke forkaste idéen om at de er det (Lund et al., 2007). For å kunne unngå stor lidelse hos flere tusentalls individ må de behandles som de er bevisste vesener, selv om det skulle vise seg i fremtiden at flertallet har feil og at fisk ikke er bevisste (Lund et al., 2007).

Fisk er på lik linje med pattedyr, fugler, krypdyr, amfibier, tifotkreps, blekksprut og honningbier beskyttet under Norges «lov om dyrevelferd» (Lovdata, 2009). Samt, forskriften om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften), hvorav §5 krever at «*driften skal være helsemessig og fiskevelferdsmessig forsvarlig*» (Lovdata, 2008).

I praksis krever god fiskevelferd i oppdrettsanleggene at fisken gjennomgår normal utvikling uten påkjenninger av fysisk skade og kronisk stress, og med oppdrettsforhold der fisken kan opprettholde homeostase. Fisk som de fleste andre akvatiske dyr vil i utviklingen fra et egg til et fullvoksent individ gjennomgå omfattende morfologiske og fysiologiske forandringer, noe oppdrettsanleggene må tilrettelegge for da det er et stort antall faktorer som kan påvirke fiskevelferden gjennom oppdretts perioden (Damsgård et al., 2006).

2.2 VELFERDSINDIKATORER

Velferdsindikatorer (VI) har blitt utviklet for å bedre kunne forstå hvordan fisken selv opplever sin velferd og hvor godt fiskens ulike velferdsbehov er oppfylt. Fiskeri- og Havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) startet i 2015 kunnskapssammenstillingen FISHWELL, et prosjekt ledet av Nofima i samarbeid med flere forskningsinstitutter. Ut av dette prosjektet ble det laget en lett tilgjengelig og oversiktlig håndbok bestående av velferdsindikatorer for oppdrettslaks, for at oppdrettere selv kan vurdere og dokumentere fiskehelse i praktiske oppdrettssituasjoner (FHF, 2015; Noble et al., 2018).

Noble et al., (2018) skiller velferdsindikatorene mellom dyrebaserte og miljøbaserte VI-er med følgende sitat: «*Velferdsindikatorene kan enten være basert på direkte observasjoner av dyrets tilstand og adferd, eller indirekte indikator basert på hvilke ressurser og miljøet dyrene lever under*». Velferdsindikatorene skilles dermed mellom dyrebaserte og miljøbaserte VI-er.

Miljøbaserte velferdsindikatorer er de indirekte faktorene som påvirker fysiologien til fisken, ut ifra fiskens miljø og ressurstilgang. Disse faktorene beskriver miljøet snarere enn fisken tilstand, og kan være svært nyttige indikatorer på hvordan fisken opplever sin velferd. Hvis vannkvaliteten ikke er gunstig kan fysiologiske funksjoner, som opprettholdelse av homeostase eller respirasjon, være vanskelig for fisken å dekke til sine behov (Noble et al., 2018). Vannparametere som forklarer kvaliteten på vannet som: temperatur, oksygenmetning, pH, nitritt/nitrat, karbondioksidinnhold, saltinnhold, turbiditet, total suspendert tørrstoff (TSS) og total ammonium nitrogen (TAN) er gode parametere til å vurdere fiskens velferd (Noble et al., 2018).

Dyrebasert velferdsindikatorer er direkte indikatorer på hvor godt en eller flere velferdsbehov er oppfylt (Noble et al., 2018). Med disse indikatorene er det tydelig å se dårlig velferd når den forekommer, både på fysisk tilstand og atferd. Eksempelvis, kan fisk som er tydelig avmagret med en lavkondisjonsfaktor, kan dette tyde på dårlig ernæring og at fisken ikke klarer å oppfylle sine behov (Noble et al., 2018). Andre eksempler, som avvikende atferd, gulping og gipsing i overflate samt høy gjellelokkrate kan indikere dårlige oksygenforhold (Noble et al., 2018). Tydelige sår og skader på fisken indikerer dårlig velferd for individet, og dyrebaserte VI-er som dette vises gjerne først etter at problemet har oppstått. Disse indikatorene er i den forstand for sene, fordi individene har allerede blitt påvirket negativt. Men som Noble et al., (2018) påpeker, kan et fåtalls individer

med tegn på sykdom, dårlig velferd og trivsel, brukes som en indikator på at hovedpopulasjonen står i risiko (Noble et al., 2018).

2.3 HÅNDTERING, TRANSPORT OG SLAKT

Det er spesifikke fysiske og kjemiske krav som fisk krever at blir oppfylt i sitt miljø (vannmiljø). Hvis disse kravene ikke blir oppfylt, kan stress raskt oppstå og fiskens overlevelse og helse kan utsettes for en negativ risiko (Conte, 2004). Dette er spesielt viktig å ta hensyn til når fisken skal håndteres. I de forskjellige prosessene; håndtering, sortering og transport, som oppdrettsfisken vil møte gjennom ulike livsstadier, kan stress og andre påkjenninger forekomme grunnet fysiske forstyrrelser under disse prosessene (Barton & Iwama, 1991).

I hovedprinsipp er lakseoppdrett i sjømerder, men de siste årene har det blitt sett en økning i landbasert produksjon, hvor laksen blir oppdrettes i tanker med resirkulert vann (Lines, 2012). Før transport og slakt, blir fisken sultet. Denne fastingen er på minst to dager, og er viktig for å redusere stoffskifte til fisken og også redusere fiskens fysiske aktivitet og stress under transporten (EFSA, 2009). Allikevel er det en risiko for dårlig velferd med fasting, blir transporten og fastingen for lang vil fisken kunne gå over til å ta i bruk reservert kroppsfett og funksjonelle muskelfiber for å kompensere for matmangel (EFSA, 2009). Slik nedbryting kan gå utover fiskens helse og velvære, men også kvaliteten på sluttproduktet.

I Norge når den atlantiske laksen er slakteklar er det vanlig å transportert fisken levende fra merdene til slakteriet ved hjelp av spesialdesignede brønnbåter. Det er mange faktorer ved slakteprosessen som kan være påkjennende for fisken og medføre ugunstige stimuli som kan forårsake ugunstige fysiologiske reaksjoner. Eksempler på disse faktorene er høy tetthet under trenging, transport, lasting og lossing, fangst, netting og pumping (Erikson et al., 1997).

Trenging og pumping av fisken som skjer før slakt anses med å være de største risikoene når det kommer til fisken velferd (EFSA, 2009). Høy tetthet og eksponering for luft under oppsamling kan ha en svært negativ innvirkning på fiskens velferd. Skulle fisken vise noe tegn til nød, fargeforandring eller at fisken utøver flukt adferd og luftsvelging, bør trenging avsluttes da dette er noe som ikke skal forekomme (EFSA, 2009). Det er også satt en øvre tidsramme for oppsamling, der fisken ikke skal eksponeres for dette i mer enn 3 timer.

Pumping gjøres ved enten bruk av vakuum eller sentrifugale pumpesystemer (Lines, 2012). Når fisken er oppsamlet i det øverste vannlaget er det enklere å pumpe over i brønnbåten. Det er lav risiko for skade eller at fisken blir sittende fast under pumpingen mens fisken blir transportert gjennom rørene. Pumpingen kan variere over en avstand på et par meter til mer enn en kilometer. Lang transport med pumping kan medføre dårlig velferd ved stopp eller hvis røret blir blokkert. Dårlig vannkvalitet og høy tetthet kan utgjøre en risiko for fisken (Lines, 2012). Og begrenset tilgang til vann, eller i noen tilfeller fraværende under noen distanser, kan føre til stress hos fisken grunnet lavt oksygennivå (Erikson et al., 1997). Barton og Iwama (1991) beskriver den samlede effekten av stress som "*En endring i biologisk tilstand utover normal hviletilstand som utfordrer homeostase*", og dette negativ effekt på fiskehelsen og da også velferd (Barton & Iwama, 1991).

Pumping ved vakuum kan gjøres med enkelt -eller dobbeltkammer, der enkeltkammer resulterer i en mer ujevn og turbulent vannstrømning enn dobbeltkammer (Lines, 2012). Turbulensen vil gjøre det mye tyngre for fisken og den vil fort bli utslitt (Lines, 2012). Under noen omstendigheter kan skade forekomme ved at fisken kolliderer med skarpe kanter eller objekter i rørene, men dette skyldes mest sannsynlig dårlig design eller feilproduksjon av pumpesystemet (Lines, 2012). Under pumping skal fisken overvåkes for å unngå utmattelse og nylige utvendige skader i det fisken kommer ut gjennom pumpesystemet (EFSA, 2009) Oppsamling og pumping skal alltid skje under oppsyn.

Noen brønnbåter har kjølesystemer som holder fisken kjølig og senker metabolismen til fisken for å unngå unødig mye bevegelse og stress under transporten (EFSA, 2009). Når brønnbåten ankommer slakteriet blir fisken pumpet ut igjen enten til en ventemerd, der fisken får en periode til å roe seg ned, eller sendes rett inn på slakteriet (EFSA, 2009). Prinsippmetoden på avlivning er automatisk, semi-automatisk og manuell stunning. Etter bedøving, blir fisken blødd ut ved å kutte gjellene (Lines, 2012).

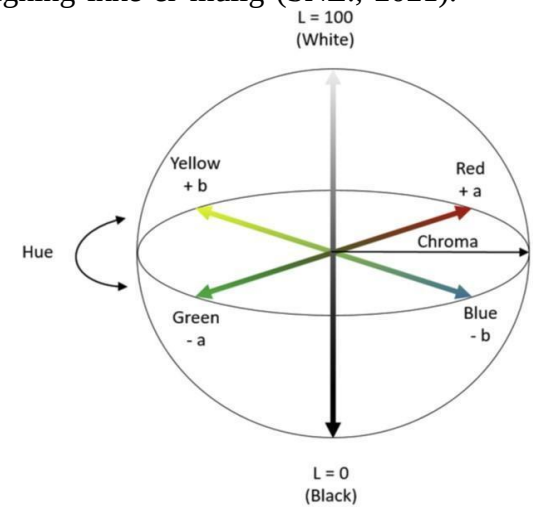
2.4 DIETT OG FÔRSAMMENSETNING

Atlanterhavlaksen er en karnivor og en opportunistisk jeger, som i sin livsfase i saltvann hovedsakelig føder på pelagiske dyr som fisk, krepsdyr og blekksprut (Jacobsen, 2001) Tradisjonelt har fôrsammensetningen til oppdrett laks bestått av høye andeler av ingredienser som kommer fra marine ressurser (Bendiksen, 2011). Med den økende veksten av oppdrettsnæringens (Grefsrud & Svåsand, 2018) er dette ikke bærekraftig og opprettholde, mulige alternativer er vegetabilske proteiner og oljer, organismer fra lavere trofiskenivåer, alge proteiner osv. Full utbytting av marine ingredienser kan støte på problemer relatert til preferert smak, komponenter som ikke er betydningsfulle eller vanskeligheter med å opprettholde diettens aminosyre balanse og essensielle næringsstoffer (Bendiksen, 2011).

2.5 CIE L*A*B* SYSTEM

Fargeforandring på fiskens skinn kan indikere stress eller andre fysiske påkjenninger. Skinnfargen er dermed viktig å notere, men det kan være vanskelig å avdekke avvik basert på skinnfarge siden det ikke finnes gode objektive målemetoder i dag. Farge kan defineres som en opplevelse av lys med forskjellig bølgelengde (SNL., 2021), og et objekt som har egenskapen til å reflektere, absorbere eller lysmisjonsspekter, vil bli oppfattet som farge idet det blir visuelt oppfattet (Nassau, 1998). Farge er med andre ord en oppfatning av et lys som skinner på et objekt for å så bli reflektert fra objektet til det treffer lyssensitive celler i øyet (Nassau, 1998). Farge oppfattet av det menneskelige øyet ligger på en liten del av det elektromagnetiske spekteret, hvor fargen rød har den lengste bølgelengden og fiolett den korteste (SNL., 2021). Det menneskelige øyet kan skille mellom tre til sju millioner forskjellige farger, når sammenligning ikke er mulig (SNL., 2021). Grunnen til dette er at de fleste farger har forskjellige intensiteter eller flere bølgelengder kombinert, som gjør at det oppstår i teori en «ny» farge (SNL., 2021).

CIELAB fargerom diagrammet, eller CIE L* a* b* (*lab*), er en modell for kolorimetri som forsøker å simulere matematisk oppfatning av farge (figur 1). Dette systemet gir en standardisert prosedyre for å kunne måle og kvantifisere oppfatningen (Nassau, 1998).



Figur 1 CIELAB fargerom diagrammet.

Lab er delt inn i tre verdier/dimensjoner siden det menneskelige øyet har evnen til å se i tre dimensjoner (trikromatisk fargesyn). CIE er et av flere fargerom, som blir tatt i bruk, men når det kommer til digital bildeprosessering viser *Lab* modellen en betydelig fordel (Nassau, 1998). Enhver synlig farge kan bli presisert nøyaktig innenfor CIELAB fargerommet når numeriske verdier brukes på hver dimensjon (Sappi., 2013). «Dette gjør at fargedata kan overføres nøyaktig innenfor fargeadministrasjonsarbeidsflyter og kommuniseres nøyaktig for diskusjonsformål» (Sappi., 2013).Av figur 1 ser man at modellen består av en dimensjon for lyshet, og to akser for farger. L* beskriver lyshet på en skala fra 100 til 0, hvorav 100 er hvit og 0 er helt svart. Aksen for a* angir fargen grønn (-a) til rød (+a) og aksen for b* angir fargen blå (-b) til gul (+b). I punktet a og b aksen krysses vil L*-verdien være 50, som angir fargen av en perfekt grå (Sappi., 2013)

3 MATERIALET OG METODE

3.1 STUDIE MATERIALE

Atlantisk laks (*Salmo salar L.*) ble benyttet i studiene.

Studiet var delt opp i 3 deler A) Slakteklar laks fra oppdrettsmerder i sjø, B) Slakteklar laks fra landbasert anlegg, og C) Smolt etter overføring til merder i sjø.

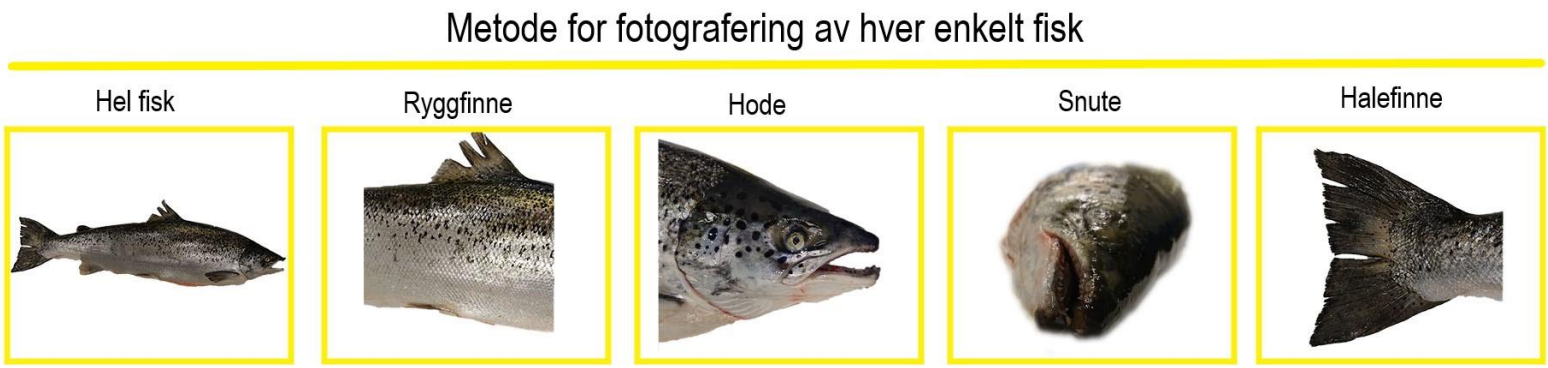
Figur 2 Kart over lokasjonene materiale og data ble hentet

A) Fisken var oppdrettet i kommersielle nøter i sjø (120m omkrets, 40m dype) med 80 000 laks i hver av to nøter ved Nofimas forsknings- og utviklingskonsesjoner i Tingvollfjorden (Lerøy Midt AS, Gjemnes; 60°Nord, 8° 5'' Øst). Fisken fikk fôr produsert av BioMar, med enten ulikt proteininnhold (46% og 50%). Laksen ble transportert og slaktet ved slakteriet hos Lerøy midt AS Hita
B) Fisken var oppdrettet hos, Fredrikstad Seafoods AS som er et kommersielt anlegg som benytter RAS, resirkulert akvakultur system. Fôret var produsert av BioMar (Fett 35% og protein 36%). Total volum 7 500m^3
C) Smolten var oppdrettet ved Nofima's Forskningsstasjon for bærekraftig akvakultur på Sunndalsøra i kar (gjennomstrømming 3.2 m^3; 6 uker vintersignal 12;12lys-mørke). Smolten ble transportert med tanker på bil ril Gildeskål forskningsstasjon, Gifas, Nordland til forsøksmerder (5x5x5m).

Fisken ble analysert på Nofima's fiskelaboratorium i ÅS (figur 2).

3.2 FOTO OG VELFERD SCORING

All fisk i studien ble fotografert og velferds-scoring ble basert på bildeanalyse i etterkant. Før fotografering ble fisken tørket av med papir og lagt på et lyst flatt underlag i en lysboks med standardiserte lysforhold, med tilhørende ID synlig (med unntak av laksen i seksjon A, dietteffekt der lyskasse ikke ble benyttet). Bildene ble tatt ovenfra. For å opprettholde en lik standard ble bildene tatt i samme rekkefølge av 1) hele fisken, 2) utstrakt ryggfinne, 3) hode og 4) snute fra siden. Det ble i tillegg tatt bilde av 5) halefinne og andre ytre akutte skader eller unormalheter dersom det ble oppdaget (figur 3). Bildene ble tatt med mobilkamera (Sony xperia iii og iPhone 11 pro).



Figur 3. Mal av rekkefølgen og hvordan fisken ble tatt bilde av.

Velferd-scoring ble vurdert utfra bildene som ble tatt. 13 operative velferdsindikatorer ble vurdert og valgt, basert på FISHWELL morfologiske operative velferdsindikatorer for atlantisk laks (Noble et al., 2018), med noen tilpasninger (Trovaag, 2019).

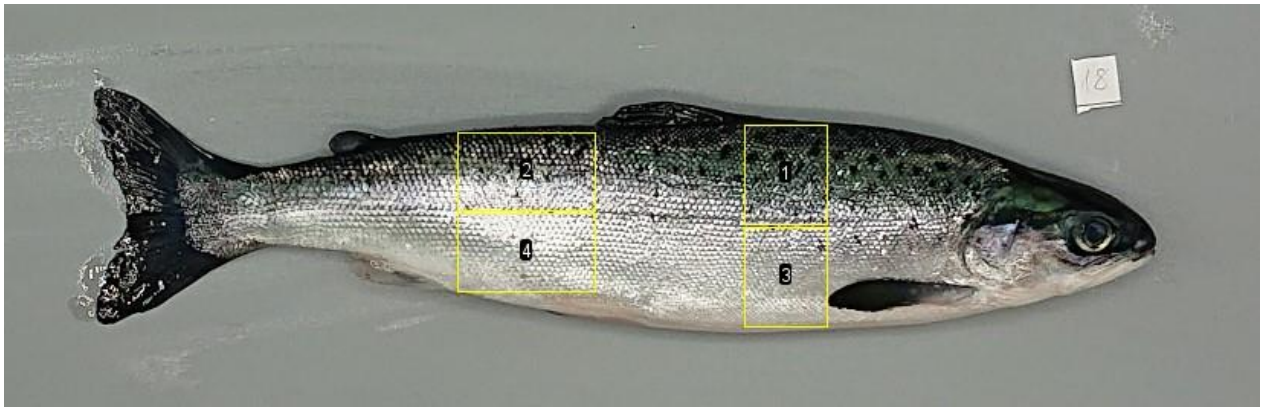
De 13 operative velferdsindikatorene er (se Noble et al. 2018 og Trovaag 2019 for bilder):

- Ryggfinneskade aktiv
- Ryggfinneskade helbredet
- Deformiteter ryggrad
- Deformiteter overkjeve
- Deformiteter underkjeve
- Deformiteter gjellelokk
- Blødninger snute
- Blødninger akutte blødninger

- Halefinneskade
- Øyne utstående
- Øyne blødning
- Øyne blakking
- Skjelltap

De operative velferdsindikatorene (OVI-ene) ble scoret fra 0 til 3, hvorav score 0 er den ønskelige scoren uten tydelige unormalheter. Med økende scor er det en økende forverret tilstand med score 3 som den høyeste verdien, som viser en til ekstrem tilstand.

3.3 SKINN L*A*B*



*Figur 4. Områdene som ble målt med bildeanalyse for å avdekke eventuelle effekter av handtering og fôr på skinnfarge (L*a*b*).*

Skinnfargen (L*a*b*-verdiene) (se figur 4), ble målt i området mellom slutten av bukfinnen og starten på ryggfinnen over og under sidelinja (rygg 1 og buk 1), samt i området mellom bakre del av ryggfinnen og gatt over og under sidelinja (rygg 2 og buk 2). Disse områdene ble valgt da de er lett gjenkjennelige på fisken, og forsikrer dermed at de samme områdene blir målt på hver fisk, for best mulig sammenligning.

Programvaren imageJ ble brukt til å finne L*a*b* verdiene for hvert av områdene og, gjennomsnittet av rygg og buk ble også beregnet.

3.4 A) SLAKTEKALT LAKS FRA OPPDRETTSMERDER I SJØ; EFFEKT AV PUMPING OG TRANSPORT

3.4.1 Levende transport til slakteri

Fiskene som ble undersøkt kom fra to merder (merd nummer 10 og merd nummer 7). Merd 10 ble tatt første dagen 21.11.2019 og merd 7 dagen etter 22.11.2019. Fisken ble sultet forskjellig i de to merdene. For merd 10 ble fisken sultet 2 dager før slakt (20-21.11.2019), mens fiskene i merd 7 ble sultet 4 dager før slakt (18-22.11.19). Merdene hadde en gjennomsnittsvekt på 4,57 kg for merd 7 og 4,55 kg for merd 10. Fisken ble nettet med kastenot, som er standarprosedyre ved uttak av store mengder fisk. Kastenotet ble satt i en halvsirkel rundt flytekragen og lagt til rette langs rekkestøtten (Egersund Net, 2018), bunnen ble så senket ned for å få dybde i kastet. Ved oppheising av noten legges sider og bunn over rekkestøtten som legger fisken som ble fanget i kastet i en «pose» opp mot siden der brønnbåten står. Fisken ble så transportert inn i brønnbåten Havtrans ved hjelp av vakuumpumpe. Brønnbåten som ble brukt, Havtrans (figur 5), er en brønnbåt bygget i 2014 og seiler under norsk flagg. Båten med en lengde på 85 meter og bredde på 17 meter har en 3.200-kubikk-lastekapasitet.

Figur 5 MS «Havtrans» er et av fartøyene til NTS. Foto: NTS

Det ble transportert 182 962 tonn laks fra merd 7, med en transporttid fra anlegg til slakteri på 7 t 33 min. Merd 10 transporterte 179 058 tonn med en transporttid på 8 t 35 min. Fra ankomst til slakteriet tok det ca. 1 time før slakteprosessen startet for begge merdene. På dette slakteriet ligger båten og pumper fisken inn på slakteriet gjennom hele dagen til lasten er tømt. Fisken ble pumpet ut på samme måte som den ble pumpet inn - med vakuum. Det ble ikke brukt ventemerder eller egne pumpebåter. Fisken ble avlivet med en stunner (strøm) for å så bli bløgget. Fisken som ble brukt i analyse ble plukket ut fra produksjonslinjene tilfeldig innenfor samme vektklasse (10 fisk for merd 10 og 15 fisk for merd 15).

3.4.2 Diett

De to merdene 7 og 10 ble gitt forskjellig fôr. Merd 10 fikk en proteinrik diett (50%), mens merd 7 fikk en diett med lavere proteininnhold (46%).

3.4.3 Manuelt opptak

Fisken fra det kommersielle sjøanlegget (Gjemmnes) ble tatt opp fra sjømerdene på oppdrettslokaliteten. Etter samling og netting ble fisken plukket ut med nett for hånd. Fisken ble umiddelbart bedøvd med MS-222 (Metacaine 0.1 g 1-1; Alpharma Animal Health Ltd., Hampshire, UK) eller Benzoac (Benzoac® 2ml x 150 10 L-1, ACD Pharmaceuticals AS, Leknes, Norway). Etter bedøvelse ble fisken avlivet med et dødelig slag mot hode. 15 fisk ble lagt på is og fraktet i isoporesker til Nofima Ås, hvor fisken ble analysert 5 dager etter avliving.

3.4.4 Fotografering og velferdskår

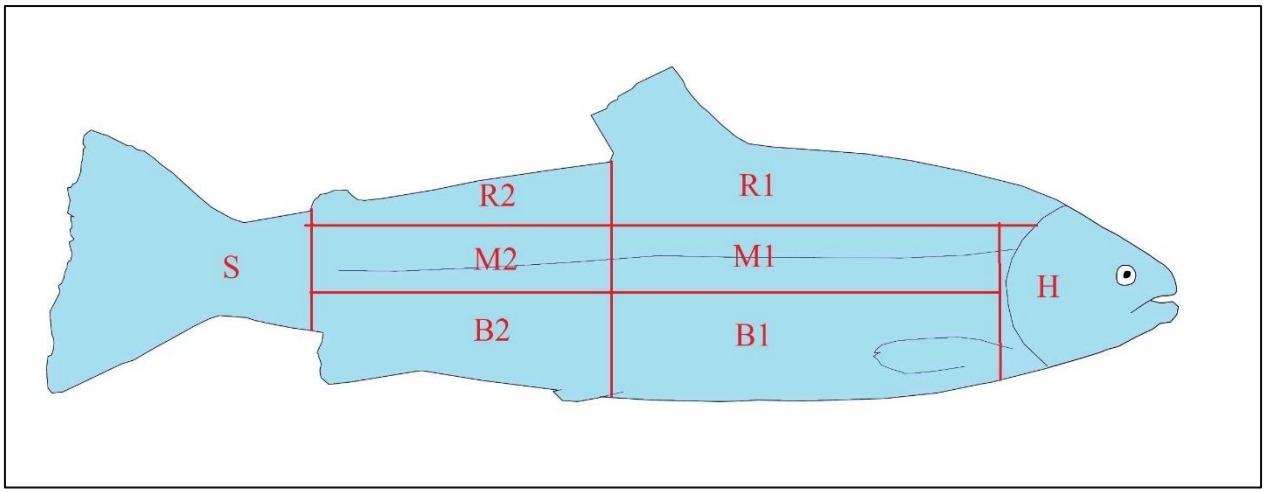
Hver laks ble fotografert for senere digital velferdscoring.

For fisk som ble levende transportert før slakt ble bildene tatt av hver enkelt laks rett etter slakt på Hitra og etter transport til Nofima Ås som var 5 dager etter slakt. Laksen var pakket i isoporkasser med is og sendt til Nofima Ås, fem fisk pr. eske, totalt 5 ekser (25 fisker).

For fisk som ble tatt opp manuelt fra merd ble bildene tatt 5 dager etter slakt på Nofima Ås etter samme mal.

3.4.5 Akutte blødninger og deres utvikling over tid

Laks fra de to kommersielle merdene i sjø (merd 7 og merd 10) ble undersøkt for blødninger etter slakt. Arealet av fisken ble fordelt til 8 regioner, H, R1, R2, M1, M2, B1, B2 og S (figur 6), Antall akutte blødninger pr skjell ble notert for i hver region.



Figur 6 Inndeling av fisken i regioner for undersøkelse av blødninger i hud.

Fargen av hudblødningene ble målt av fisken som ble transportert levende til slakteriet (Lerøy midt AS, Hitra). Da dette fiskematerialet også ble brukt i et annet forskningsprosjekt ble fisken filetert 5 dager etter slakt og kun høyere fillet ble brukt i denne masteren.

Målingen av fargepigmentene i blødningene i skinnet ble målt 5, 18 og 22 dager etter slakt ved bruk av en Minolta (CR-400 Chroma Meter). Mellom målingene var filetene lagret i isopor ekser fylt med is, hvor fileten lå med skinnet vendt ned mot isen, isoporeskene ble så lagret på et kjølerom med en temperatur på 2°C.

3.5 B) SLAKTEKLAR LAKS FRA LANDBASERT ANLEGG, EFFEKT AV PUMPING

På det landbaserte oppdrettsanlegget i Fredrikstad (Fredrikstad Seafood AS) ble det tatt ut slakteklarlaks før og etter pumping. Pumpingen ble utført ved vakuumpumping hvor fisken ble sugd skånsomt gjennom plastrør fra tanken til en ny tank ved hjelp av vakuum. For manuelt opptak direkte før pumping ble fisken fanget i nett (håving), for og så bli tatt opp direkte for hånd, bedøvd og så bløgget etter et dødelig slag i hode.

10 fisk ble tatt opp manuelt 6. november. 10 fisk ble pumpet for å så slaktet 4 dager etter pumping 11. november, og 10 fisk ble pumpet for å så bli slaktet 11 dager etter pumping 19. november.

Hver fisk ble fotografert for senere digital veldferdscoring i likhet med fisken fra seksjon A). Denne fisken ble fotografert i en lysboks, for økt standardisering. Fisk fra Fredrikstad ble fotografert etter manuelt opptak og etter pumping samme dag som avliving/slakt skjedde. Fisken som ble tatt opp manuelt og fisken som ble slaktet 4 dager etter pumping ble fotografert etter samme mal. For fisk som ble slaktet 11 dager etter pumping ble bildene tatt etter de samme standardene på Nofima for å få best mulig sammenligningsgrunnlag. L*A*B*-verdiene ble målt basert på bildene.

3.6 C) SMOLT ETTER OVERFØRING TIL MERDER I SJØ; EFFEKT AV TRANSPORT OG FÔR

Laksesmolten var oppdrettet i 15 kar, der fisken fikk fem ulike fôr (3 kar per fôrtype):

- 3 kar med kommersielt fôr
- 3 kar med marint protein og marin olje
- 3 kar med vegetabilsk protein og vegetabilsk olje
- 3 kar med marint protein og vegetabilsk olje
- 3 kar med vegetabilsk protein og marin olje

Smolten (som var individmerket med PIT-tag) ble transportert levende i tanker fra Sunndalsøra 22. september 2020 kl. 13:00 til sjømerder ved Gildeskål Forskningsstasjon (Gifas). Fisken ble transportert over i brønnbilen (Malo transport AS) med bøtter. Brønnbilen var utstyrt med 5 tanker. Det ble lastet 1410 laksesmolt på de 4 tankene som var i bruk, smolten hadde en snittvekt på 104g da lastingen på brønnbil fant sted.

Under transporten ble oksygen, pH og temperatur nøye målt og regulert, parameteren ble målt hvert 15 minutt og regulert. Transporten til sjømerdene gikk uten problemer, og mottaker møtte med egen slange og fisken ble losset fra brønnbilen til de to merdene 23. september 2020 kl 05.45 (total transporttid knappe 16 timer). Fisken fra de ulike fôrbehandlingene ble likt fordelt i de to merdene og fisken ble observert til å se fin ut, med lite til nesten ingen skjelltap.

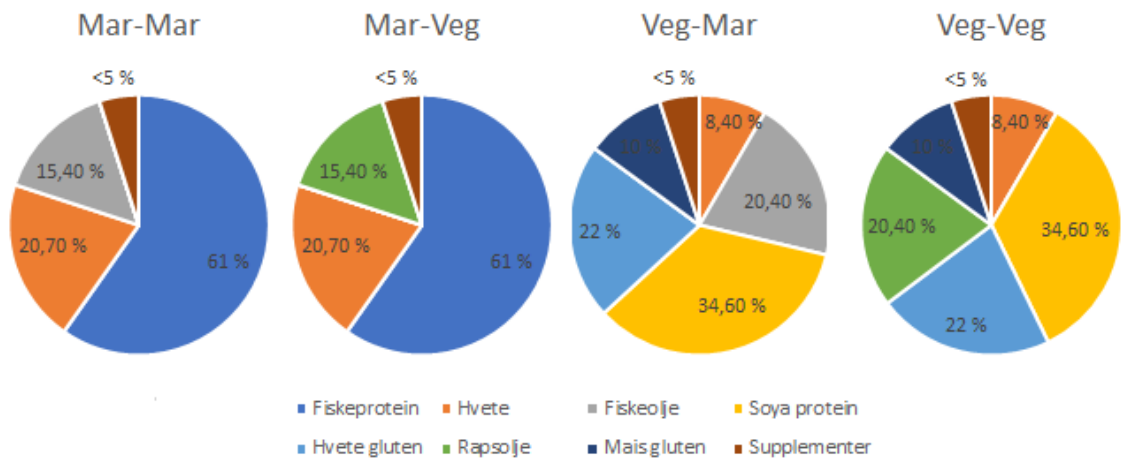
Den 28. september 2020 ble det tatt opp 25 fisk per merd tilfeldig(e) (dvs 5 dager etter ankomst). Totalt 50 fisk ble tatt opp, bedøvet og lagt på is, for deretter å bli fraktet fra Gifas til Nofima Ås. På laboriatoriet hos Nofima ble fisken fotografert i en lysboks for senere digital velferdskåring (OVI), som beskrevet i teoridelen. Fisken ble vurdert for utvendige skade, samt ble vekt, lengde, kjønn, lever, hjerte, fett og ekskrementer notert og scoret.

3.6.1 Diet

De fire test diettene brukt, marint protein - marint olje (MAR-MAR), marint protein - vegetabilsk olje (MAR-VEG), vegetabilsk protein - vegetabilsk olje (VEG-VEG) og vegetabilsk protein - marint olje (VEG-MAR), ble produsert hos Nofimas Feed Technology Center (figur 7). MAR-MAR dietten bestod i hovedsak av fiskeprotein (61%), hvete (20,7% (pellets binder) og fiskeolje (15,4%). MAR-VEG bestod av samme prosentandel protein, hvete og olje, som MAR-MAR, men oljen var byttet ut med rapsolje istedenfor fiskeolje.

VEG-VEG dietten bestod i hovedsak av soya-protein-konsentrat (SPC, 34,6%), hvete gluten (22%), rapsolje (20,4%), sammen med mindre mengder av mais gluten (10%) og hvete (8,4%). VEG-MAR besto av det samme som VEG-VEG, unntak av rapsoljen var byttet ut med fiskeolje.

I tillegg var alle diettene tilsatt samme mengde vitaminer og mineraler (<5% av fôret). Etter overføring av fisken i merder i sjø, fikk all fisken et standard kommersielt fôr (Skretting).



Figur 7 Sammensetningen av fôrene som laksen fikk før overføring til merder i sjø.

3.7 STATISTIKK

De statistiske analysene ble utført i Microsoft® Excel® og Statistical Analysis Software (SAS®) (V9.4, SAS Institute Inc., Cary, US).

Signifikansnivået ble satt til standard 5% ($P \leq 0{,}05$) i alle analysene. Før analysene (ANOVA) ble gjennomført, ble det tatt hensyn til ubalansert antall av observasjoner i de ulike gruppene (glm; pdiff ved ubalanse, ellers duncan). Resultatene ble også undersøkt for effekt av kjønn, men kjønn det ble ikke funnet å ha effekt, og ble dermed tatt ut av modellen.

3.8 DISKUSJON AV METODE

3.8.1 L*a*b* imageJ analyse

Når fisk skal fotograferes til senere digital analyse i programvaren imageJ, er det viktig å inkludere en linjal i bildet. Dette fordi, programvaren ikke veit lengden av bildet, og derfor må bilde kalibreres. Det er derfor viktig og ha en skala på bildet hvor lengden er kjent, sånn at det mulig å sette skalaen for lengde i programvaren.

For seksjon - A) og B) ble dette ikke gjort. Men bilde inneholdt ruteark med tekst, hvorav rutene skal være 1x1 cm, så skala ble satt og kalibrert ut ifra disse rutene. Men det er alltid best å bruke en linjal da disse har mye lavere sjanse for avvik i lengden. Bildene fra seksjon A) dietteffekt var også vanskelige å måle L*a*b-verdiene av, da bildene var noe lysforurenset av miljøet rundt da lyskasse med standardiserte forhold ikke var tilgengelig da disse målingene ble tatt. Det vil si at resultatene kunne være mer robust dersom bildene var tatt under standardiserte lysforhold.

3.8.2 Fotografering

Seksjon A) var den første seksjonen hvor materiale og data ble hentet. Under denne innsamlingen var det ikke tilgang på lysboks til fotografering til senere velferdskåring. Lysboksen ble ikke tatt i bruk før i seksjon B) og C). Det er dermed ikke en like høy standardisering av dataene i seksjon A), som kan ha medført at dataene avviker fra «virkeligheten» grunnet lysforurensing fra omgivelsene. Fiskene som skulle fotograferes var også i bruk i andre forsøk, og det var dermed høyt tempo da fiskene kun var tilgjengelig i kort tid for fotografering før de skulle være tilgjengelig for andre analyser.

3.8.3 Minolta (CR-400 Chroma Meter)

Ved bruk av Minolta er det viktig å være nøyaktig når målecellen plasseres på området som skal måles på fiskens skinn. Området som måles ved Minolta er lite (<1 cm) og har et lite område hvor bilde blir tatt. Det er derfor viktig og være nøyaktig i plasseringen slik at akkurat det området som skal måles blir truffet. I dette forsøket hvor det samme området skulle måles over flere dager i seksjon A), er det mulig at feil plassering har skjedd. Det ble ikke utført målinger på dag 0 (rett etter slakt) av praktiske årsaker. Måling på dag 0 hadde gitt verdifull informasjon og det bør legges til rette for en slik måling i fremtidige forsøk, dersom mulig.

4 RESULTATER

4.1 A) SLAKTEKALT LAKS FRA OPPDRETTSMERDER I SJØ; EFFEKT AV PUMPING OG TRANSPORT

Fôreffekter

Laks fôret med en proteinrik diett hadde en signifikant høyer L*-verdi i fremre delen av ryggen (rygg 1) (P=0.01) og fremre delen av buken (buk 1) (P=0.03) (tabell 1). Numerisk hadde bakre delen av ryggen også høyere L*-verdi for fisken fôret med den proteinrike dietten, og i gjennomsnitt var L*-verdien for ryggen signifikant lysere for laksen som fikk fôr med høyere proteininnhold (P=0.03). For bukområdet var gjennomsnittet for fremre og bakre del ikke signifikant forskjellig mellom fôrtypene. Resultatene for a* og b*-verdiene var ikke signifikant forskjellige mellom fôrgruppene

Tabell 1. Skinnfarge av laks målt som L*- verdi (lyshet), a*-verdi (-grønn, +rød) og b*-verdi (-blå, +gul) etter transport fra sjøanlegg til slakteri. Laksen var fôret med forskjellige dietter; henholdsvis "høyt protein (50%) og lavt protein (46%)». Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Parametere		**Høyt protein**	**Lavt protein**	**P-Verdi**	**R^2**
Rygg 1	L* verdi	35.3±2.0[a]	29.0±1.3[b]	**0.01**	0.24
	a* verdi	0.0±0.6	-0.0±0.3	0.8	0.00
	b* verdi	2.9±0.8	3.8±0.5	0.4	0.02
Rygg 2	L* verdi	44.1±2.4	40.4±1.6	0.2	0.07
	a* verdi	-0.1±0.6	-0.0±0.4	0.8	0.00
	b* verdi	2.5±0.9	3.1±0.6	0.6	0.01
Rygg snitt	L* verdi	39.7±1.8[a]	34.7±1.2[b]	**0.03**	0.19
	a* verdi	-0.0±0.6	-0.0±0.4	0.9	0.00
	b* verdi	2.7±0.8	3.4±0.5	0.5	0.02
Buk 1	L* verdi	57.8±3.9[a]	46.9±2.5[b]	**0.03**	0.20
	a* verdi	0.5±0.7	0.2±0.4	0.7	0.00
	b* verdi	3.7±1.1	3.4±0.7	0.8	0.00
Buk 2	L* verdi	55.1±3.0	57.2±2.0	0.5	0.01
	a* verdi	0.3±0.8	0.0±0.5	0.7	0.00
	b* verdi	3.7±1.2	2.8±0.8	0.5	0.01

Buk snitt	L* verdi	56.4±3.0	52.1±2.0	0.2	0.06
	a* verdi	0.4±0.7	0.1±0.4	0.7	0.00
	b* verdi	3.7±1.1	3.1±0.7	0.6	0.00

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom forgruppene er vist ved ulike bokstaver.

Transport

Samtlige operative velferdsindikatorer viste signifikante forskjeller mellom fôrgruppene etter transport fra merd til slakteri (Tabell 2). Laks som hadde fått en proteinrik diett hadde signifikant lavere forekomst av blødninger i snute (2,5xfærre; P=0.009), skinn (1,3xfærre; P=0.03) og øyne (ikke registrert i høy-protein dietten, 0,4 for lav-protein; P=0.001), samt færre akutte blødninger i skinn pr skjell (2.8xfærre; P=0.005). Skade på halefinne var signifikant høyere for laksen som fikk høyt proteininnhold i dietten (1,2xhøyere; P=0.004). Det var ingen registrerte eller signifikant forskjell i velferdsindikatorene som kan kobles til langsiktige fôreffekter, som for eksempel deformiteter (De ble dermed utelatt).

Tabell 3. Operative velferdsindikatorer av laks, ved forskjellig diett (høy protein og lav protein). Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Parametere		**Høy pro**	**Lav pro**	**P-Verdi**	**R^2**
Blødninger	Snute	$0.2±0.1^b$	$0.5±0.0^a$	**0.009**	0.13
	Skinn	$0.7±0.0^b$	$0.9±0.0^a$	**0.03**	0.09
Akutte blødninger	pr skjell	$3.7±1.7^b$	$10.5±1.5^a$	**0.005**	0.15
Øyne	Blødning	$0.0±0.0^b$	$0.4±0.0^a$	**0.001**	0.19
Skade	Halefinne	$2.8±0.1^a$	$2.3±0.0^b$	**0.004**	0.16

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom forgruppene er vist ved ulike bokstaver.

Blødninger i skinn og skade på halefinne var signifikant forskjellige mellom behandlingene. Fisken som ble tatt direkte opp fra merd hadde signifikant mer blødninger i skinn (P=0.04) enn fisk analysert etter transport, både rett etter slakt (dag 0) og 5 dager etter slakt (tabell 2). Halefinneskade var derimot signifikant høyere for den transporterte laksen (P=0.01) på begge målingene.

Tabell 3. Operative velferdsindikatorer av laks, ved forskjellig behandling før slakt (transport dag 0, transport dag 5 og manuelt opptak fra merd dag 5). Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Parametere		Transport 0	Transport 5	Manuelt 5	P-Verdi	R^2
Ryggfinne-skade	Aktiv	1.9±0.1	2.0±0.1	2.3±0.2	0.49	0.04
	Helbredet	0	0	0	0	0
Deformiteter	Ryggrad	0.04±0.0	0.04±0.0	-0.02±0.0	0.31	0.06
	Overkjeve	0.08±0.0	0.08±0.0	-0.0±0.0	0.76	0.02
	Underkjeve	0.03±0.0	0.03±0.0	0.02±0.0	0.56	0.03
	Gjellelokk	0	0	0	0	0
Blødninger	Snute	0.3±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.38	0.05
	Skinn	0.8±0.0[b]	0.8±0.0[b]	1.1±0.1[a]	**0.04**	0.13
Øyne	Utstående	0	0	0	0	0
	Blødning	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.1	**0.001**	0.23
	Blakking	0.19±0.0	0.07±0.0	0.04±0.0	0.09	0.10
Skade	Halefinne	2.5±0.1[a]	2.6±0.1[a]	1.9±0.1[b]	**0.01**	0.18
	Skjelltap	0.9±0.1	0.9±0.1	1.4±0.2	0.07	011

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom fôrgruppene er vist ved ulike bokstaver.

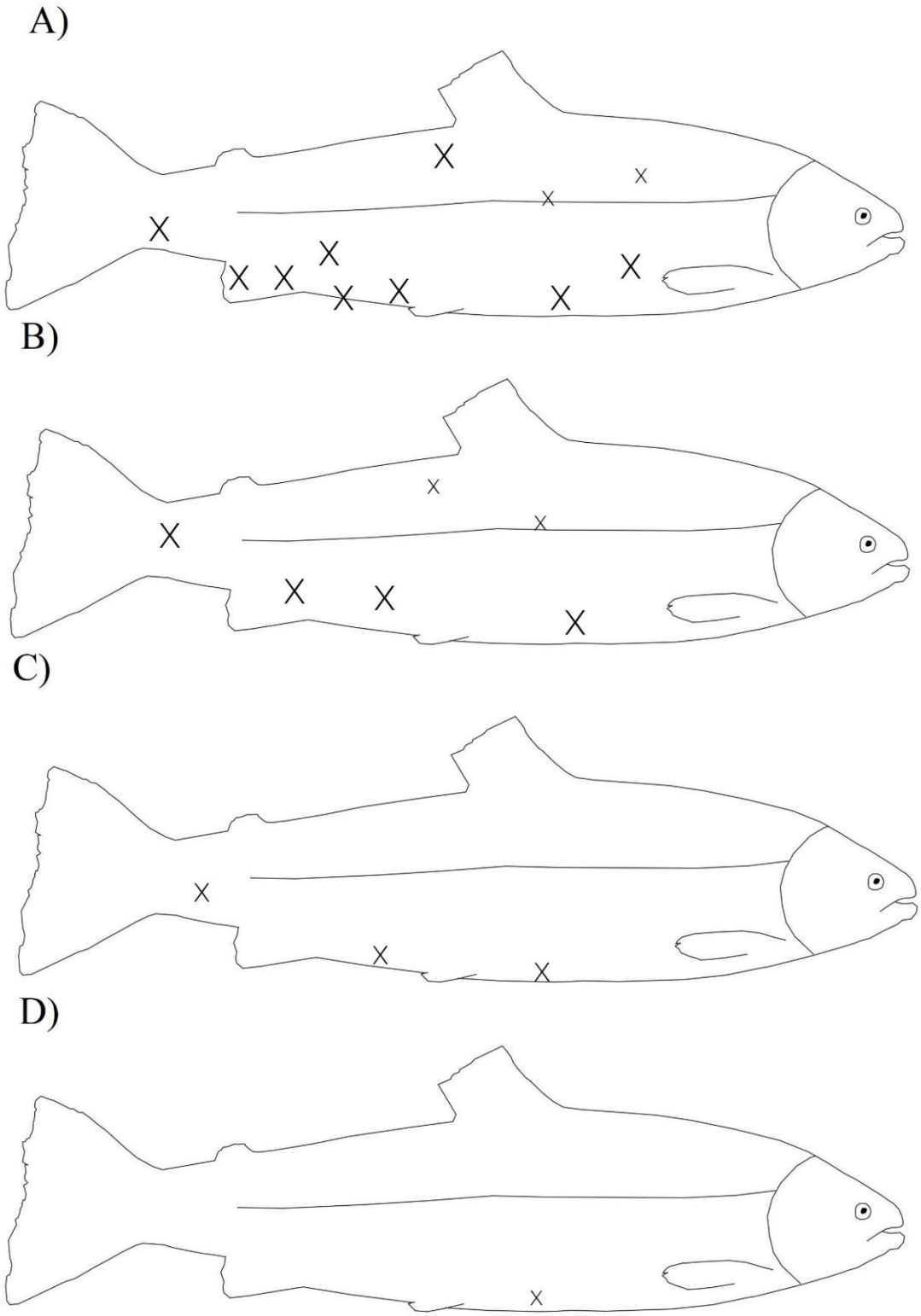
Tabell 4 utvikling av akutte blødninger over tid for laks transportert fra merd til slakteri (etter 0-21 dagers lagring) og laks tatt rett opp fra merd (etter 5 dagers lagring). Utvikling over tid viser en signifikant nedgang i synlige blødninger pr skjell, spesielt i område bukområdet og hale på fisken (P= <0.0001). Sammenligning mellom forskjellig behandling viser en signifikant høyere andel blødninger pr skjell hos fisk som ble tatt rett opp fra merd (tabell 4). Spesielt var antall blødninger signifikant høyere pr skjell i områdene buk, hale og midje M1.

Tabell 4. Akutte blødninger pr skjell (antall) i ulike regioner av fisk 0-21 dager etter transport og i laks tatt rett opp fra merd (målt etter 5 dagers lagring). Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Akutte blødninger		**Dag 0 etter trans**	**Dag 5 etter trans**	**Dag 5 etter manuelt opp**	**Dag 17 etter trans**	**Dag 21 etter trans**	**P-verdi**	**R^2**
Hode	H	0.2 ± 0.0^{a}	0.0 ± 0.0^{a}	0.1 ± 0.0^{a}	0.0 ± 0.0^{b}	0.0 ± 0.0^{b}	**0.02**	0.12
Rygg	R1	0.0±0.0	-0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	-0.0±0.0	0.60	0.03
	R2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.25	0.06
Midje	M1	0.2 ± 0.1^{b}	0.2 ± 0.1^{b}	0.8 ± 0.2^{a}	0.0 ± 0.1^{b}	0.0 ± 0.1^{b}	**0.04**	0.10
	M2	0.0 ± 0.1^{b}	0.3 ± 0.1^{a}	0.2 ± 0.1^{ab}	0.1 ± 0.1^{ab}	0.0 ± 0.1^{b}	0.32	0.05
Buk	B1	2.3 ± 0.5^{b}	1.8 ± 0.5^{b}	6.6 ± 0.8^{a}	0.3 ± 0.6^{c}	0.3 ± 0.6^{c}	**<0001**	0.32
	B2	5.1 ± 0.8^{a}	2.3 ± 0.8^{b}	7.7 ± 1.1^{a}	0.4 ± 0.8^{bc}	0.2 ± 0.8^{c}	**<0001**	0.32
Hale	S	1.2 ± 0.2^{b}	0.6 ± 0.2^{bc}	4.5 ± 0.3^{a}	0.1 ± 0.2^{c}	0.0 ± 0.1^{c}	**<0001**	0.58

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom forgruppene er vist ved ulike bokstaver.

For en bedre forståelse av hvor og hvordan disse akutte blødningene befant seg og utviklet seg over tid, ble figur 8 framstilt. Figuren viser en visuell framstilling av antall blødninger overtid, samt intensiteten av blødningene. Blødningene ble mindre synlige over tid og det fleste blødningene og de blødningene med høyet intensitet befant seg i bakre bukområde (B2) (tabell 4 og figur 8).



Figur 8 Gjennomsnitt av posisjon og intensitet (størrelse av X) av akutte blødninger pr skjell, og hvordan disse forandret seg over tid. A) er 0 dager etter slakt/transport, B) er 5 dager etter slakt/transport, C) er 17 dager etter slakt/transport og D) er 21 dager etter slakt/transport.

Minolta verdiene som ble tatt av de akutte blødningene over tid viste signifikant forskjeller for L*a*b*-verdiene målt på dag 5 og de to andre lagringstidspunktene, dag 17 og 21 (Tabell 5). Over tid viste området i fiskens midje (M1) en signifikant nedgang i L'-verdien (mørkere fisk; P=0.02), samt økning i a*-verdien (mindre grønn farge, mot rød; P=0.03) og b*-verdi (mindre blå farge, mot gul; P=0.02). Området i buken hadde en signifikant nedgang i L*-verdien i både B1 (P=0.03) og B2 (P=0.00). Område ved halen hadde en signifikant lavere L*-verdi (P=0.00) og lavere b*verdi (P=0.01) etter lagring.

Tabell 5. Skinnfarge av laks målt som L*- verdi (lyshet), a*-verdi (-grønn, +rød) og b*-verdi (-blå, +gul) av laks, ved bruk av en Minolta. Fisken i undersøkelsen er oppdrettet i kommersielt sjøanlegg, transport til slakteri og målt 3 ganger (dag 5 etter slakt, dag 17 etter slakt og dag 21 etter slakt). Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Gjennomsnitt Minolta			**Dag 5 etter slakt**	**Dag 17 etter slakt**	**Dag 21 etter slakt**	**P-verdi**	**R^2**
Hode	H	L*verdi	0	0	0	0	0
		a* verdi	0	0	0	0	0
		b* verdi	0	0	0	0	0
Rygg	R1	L*verdi	-0.2±1.4	2.3±1.5	-0.2±1.5	0.45	0.05
		a* verdi	0.0±0.0	-0.0±0.0	0.0±0.0	0.45	0.05
		b* verdi	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.45	0.05
	R2	L*verdi	2.4±1.8	-0.2±1.9	-0.2±1.9	0.58	0.04
		a* verdi	-0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.58	0.04
		b* verdi	0.0±0.0	-0.0±0.0	-0.0±0.0	0.58	0.04
Midje	M1	L*verdi	15.4±4.0[a]	1.3±4.2[b]	1.3±4.2[b]	**0.02**	0.17
		a* verdi	-0.2±0.0[a]	-0.0±0.0[b]	-0.0±0.0[b]	**0.03**	0.16
		b* verdi	0.6±0.1[a]	0.0±01[b]	0.0±0.1[b]	**0.02**	0.17
	M2	L*verdi	6.7±3.3	-0.6±3.5	-0.6±3.5	0.25	0.08
		a* verdi	-0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.25	0.08
		b* verdi	-0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.99	0.00
	B1	L*verdi	52.3±9.4[a]	24.9±10.1[b]	14.7±10.1[b]	**0.03**	0.16
		a* verdi	-0.3±0.1	-0.2±0.1	-0.0±0.1	0.69	0.03

		b* verdi	2.1±0.5	1.0±0.5	1.1±0.5	0.38	0.06
Buk		L*verdi	56.2±8.8[a]	23.9±9.4[b]	14±9.4[b]	**0.00**	0.22
	B2	a* verdi	0.3±0.2	0.0±0.2	-0.1±0.2	0.33	0.06
		b* verdi	2.3±0.5	1.3±0.6	0.9±0.6	0.37	0.06
		L*verdi	29.3±5.8[a]	0.2±6.1[b]	0.2±61[b]	**0.00**	0.26
Hale	S	a* verdi	0.2±0.1	-0.0±0.1	-0.0±0.1	0.22	0.08
		b* verdi	1.6±0.3[a]	-0.0±0.4[b]	-0.0±0.4[b]	**0.01**	0.21

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom forgruppene er vist ved ulike bokstaver.

Figur 9 Akutte blødningers forandring over tid. Det øverste bildet er tatt rett etter slakt på slakteriet (dag 0) og det nederste bilde er tatt på laboratoriet 5 dager etter slakt (dag 5) av samme fisk.

Figur 9 viser et eksempel på forandring i blødningers utseende og intensitet etter lagring i 5 dager, der blødningene i bakre bukdel (B2) har oksidert og er mindre synlig. Fargen på fiskens ryggområde har gått mot en mer grønn/grå farge og det er synlig hvor isen har ligget oppå fisken.

4.2 B) SLAKTEKLAR LAKS FRA LANDBASERT ANLEGG, EFFEKT AV PUMPING

Laksen som ble tatt opp med håv rett etter pumping hadde signifikant mer blødninger i snuten (P=0.006), blødninger i skinn (P=0.03) og skade på halefinne (P=0.03) sammenlignet med fisken analysert etter pumping (tabell 6)

Tabell 6. Operative velferdsindikatorer av laks oppdrettet i landbasert anlegg og analysert (før pumpingen, fire dager etter pumping og etter ti dager etter pumping før slakt). Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Parametere		**Før pumping**	**4 dager etter pumping**	**11 dager etter pumping**	**P-Verdi**	**R^2**
Ryggfinne-skade	Aktiv	1.2±0.3	1.4±0.3	1.2±0.3	0.86	0.01
	Helbredet	0.6±0.3	0.7±0.3	0.4±0.3	0.77	0.01
Deformiteter	Ryggrad	0.0±0.1	0.1±0.1	0.0±0.1	0.38	0.06
	Overkjeve	0.2±0.1	0.1±0.1	0.0±0.1	0.35	0.07
	Underkjeve	0	0	0	0	0
	Gjellelokk	0	0	0	0	0
Blødninger	Snute	$0.8±0.2^{a}$	$0.0±0.2^{b}$	$0.1±02^{b}$	**0.006**	0.30
	Skinn	$1.3±0.2^{a}$	$0.7±0.2^{ab}$	$0.3±0.2^{b}$	**0.03**	0.21
Øyne	Utstående	0	0	0	0	0
	Blødning	0.1±0.0	0.0±0.0	0.1±0.0	0.61	0.03
	Blakking	0.0±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1	0.20	0.11
Skade	Halefinne	$0.8±0.1^{a}$	$0.3±0.1^{b}$	$0.2±0.1^{b}$	**0.03**	0.22
	Skjelltap	0.6±0.2	0.2±0.2	0.1±0.2	0.19	0.11

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom gruppene er vist ved ulike bokstaver.

I likhet med skade på halefinne ble det observert en høyere gjennomsnittlig andel skade/blødninger på buk- og brystfinnene til gruppen som ble tatt opp med håv (figur 10). Disse finnene var ikke tatt med i betraktning til OVI-ene som ble sett etter, men ved undersøkelse av bildene som ble tatt av fiskene var dette noe som fort ble tydelig.

Figur 10 Gatt- og bukfinneskade hos fisk ved de tre ulike behandlingene; A) manuelt opptak, B) 4 dager etter pumping og C) 10 dager etter pumping.

Gjennomsnittsverdien for område rygg hadde en signifikant forskjell mellom gruppene L*-verdi (P=0.007), fisken fikk en mørkere farge over tid etter pumpingen tok stede. Område i bukområdet hadde en høyere L*-verdi (P=0.0005) der begge gruppene som ble slaktet etter pumping (4 og 10 dager) var signifikant lysere i bakområdet (tabell 6).

Gruppen som ble manuelt tatt opp har en signifikant høyere b*-verdi, samt signifikant høyere a*-verdi for fisk som fikk behandlingen tatt opp med hov/for hånd i gjennomsnitt på buk området på fisken (P=0.01), som gir denne gruppen en mer gul og rødlig underside.

Tabell 7. Skinnfarge av laks målt som L*- verdi (lyshet), a*-verdi (-grønn, +rød) og b*-verdi (-blå, +gul) av laks, oppdrettet i landbasert anlegg. Målingene ble tatt med Minolta av fisk før pumping (opptak med håv), 4 dager etter pumping og 10 dager etter pumping. Målingene av de ulike fiskegruppene ble tatt samme dag som fisken ble slaktet. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Parametere		**Manuelt opp**	**Etter pump 4**	**Etter pump 10**	**P-Verdi**	**R^2**
Rygg 1	L* verdi	42.7±1.6^{a}	41.9±1.6^{ab}	37.9±1.6^{b}	0.09	0.15
	a* verdi	1.6±0.1	1.7±0.1	1.7±0.1	0.79	0.01
	b* verdi	2.5±0.3	2.5±0.3	1.9±0.3	0.29	0.08
Rygg 2	L* verdi	47.1±1.8^{a}	48.1±1.8^{a}	39.3±1.8^{b}	**0.003**	0.34
	a* verdi	0.9±0.1	0.9±0.1	0.9±0.1	0.97	0.002
	b* verdi	3.4±0.2^{a}	2.2±0.2^{b}	1.8±0.2^{b}	**<.0001**	0.52
Rygg snitt	L* verdi	44.9±1.5^{a}	45.0±1.5^{a}	38.6±1.5^{b}	**0.007**	0.30
	a* verdi	1.2±0.1	1.3±0.1	1.3±0.1	0.94	0.004
	b* verdi	2.9±0.2^{a}	2.3±0.2^{ab}	1.8±0.2^{b}	**0.007**	0.30
Buk 1	L* verdi	60.4±1.7^{c}	72.6±1.7^{a}	66.7±1.7^{b}	**0.0002**	0.46
	a* verdi	1.8±0.3^{a}	0.9±0.3^{b}	1.4±0.3^{ab}	0.09	0.15
	b* verdi	3.3±0.4^{a}	1.3±0.4^{b}	3.7±0.4^{a}	**0.001**	0.37
Buk 2	L* verdi	67.6±1.8	72.4±1.8	71.0±1.8	0.17	0.11
	a* verdi	1.2±0.2^{a}	0.2±0.2^{b}	0.6±0.2^{ab}	**0.01**	0.25
	b* verdi	4.5±0.3^{a}	3.0±0.3^{b}	3.9±0.3^{a}	**0.004**	0.33
Buk snitt	L* verdi	63.9±1.3^{b}	72.5±1.3^{a}	68.8±1.3^{a}	**0.0005**	0.43
	a* verdi	1.5±0.2^{a}	0.5±0.2^{b}	1.0±0.2^{ab}	**0.01**	0.25
	b* verdi	3.9±0.3^{a}	2.2±0.3^{b}	3.8±0.3^{a}	**0.0003**	0.45

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom forgruppene er vist ved ulike bokstaver.

4.3 C) SMOLT ETTER OVERFØRING TIL MERDER I SJØ; EFFEKT AV TRANSPORT OG FÔR

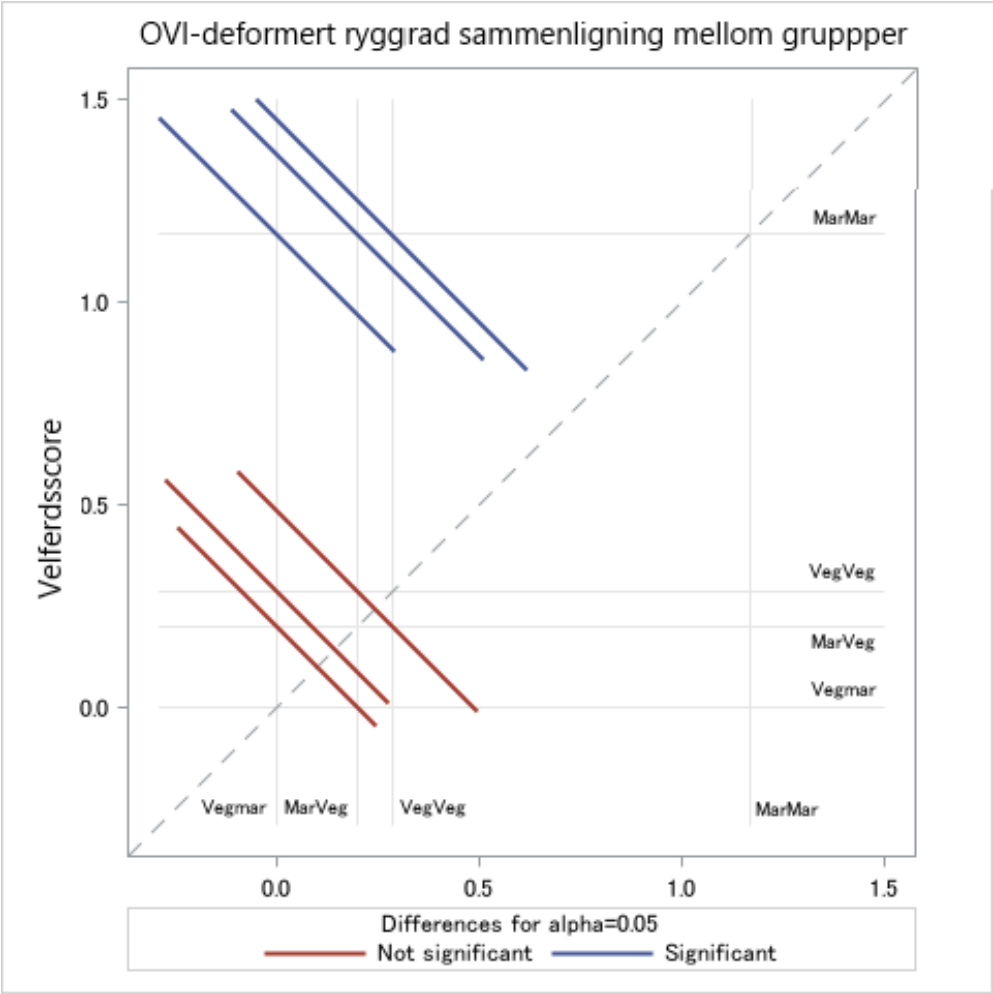
Operative velferdsfaktorer for ungfisk viste lite forskjell mellom fôrgruppene, der mange av parameteren fikk score 0 som indikerer at det ikke ble funnet noen egenskaper utenfor normalen, bortsett fra laks som fikk marine dietten (Mar-Mar) som hadde signifikant (P=0.002) høyest forekomster av deformert ryggrad, selv om forekomsten var relativ lav (tabell 8).

Tabell 8. Operative velferdsindikatorer av laks, fôret med fire forskjellige dietter; i ferskvannfasen. Fisken ble undersøkt etter transport fra smoltanlegg til merder i sjø. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Parametere		**Mar-Mar**	**Mar-Veg**	**Veg-Veg**	**Veg-Mar**	**P-Verdi**	**R^2**
Ryggfinne-skade	Aktiv	0.1±0.3	0.3±0.2	0.4±0.3	0.6±0.2	0.66	0.04
	Helbredet	0.1±0.2	0.6±0.2	0.8±0.2	0.5±0.1	0.41	0.08
Deformiteter	Ryggrad	1.1±0.2[a]	0.2±0.1[b]	0.2±0.2[b]	0.0±0.1[b]	**0.002**	0.33
	Overkjeve	0.0±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.0±0.0	0.45	0.07
	Underkjeve	0	0	0	0	0	0
	Gjellelokk	0	0	0	0	0	0
Blødninger	Snute	0.5±0.1	0.0±0.1	0.0±0.1	0.0±0.1	0.14	0.14
	Skinn	0	0	0	0	0	0
Øyne	Utstående	0	0	0	0	0	0
	Blødning	0	0	0	0	0	0
	Blakking	0	0	0	0	0	0
Skade	Halefinne	0.1±0.2	0.7±0.1	0.1±0.2	0.3±0.1	0.23	0.11
	Skjelltap	0.3±0.1	0.3±0.1	0.0±0.1	0.0±0.1	0.31	0.09

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom forgruppene er vist ved ulike bokstaver.

Figur 11. under viser en mer visuell framstilling av tabellen. Her er det synlig at dietten Mar-Mar, som har både marint protein og marin olje, hadde signifikant høyere velferd score for deformiteter enn de tre andre diettene.



Figur 11 Operativ velferdsindikator for deformert ryggrad, hos laks som fikk forskjellige dietter i ferskvannsfasen; (Mar-Mar, Mar-Veg, Veg-Mar og Veg-Veg. Signifikant forskjell mellom dietten Mar-Mar og de tre andre diettene er vist ved blå farge..

Fra den digitale L*a*b bildeanalysen for smolt som gikk forskjellig diett, kan det ses en trend mellom grupperende, som viser at Veg-Veg dietten hadde en lysere rygg enn de andre diettene (tabell 9). Det var også en signifikant høyere a*-verdi for område R2 (P=0.01) for Veg-Veg dietten. Mar-Mar dietten hadde en signifikant høyere b*-verdi både for område B1 (P=0.04) og B2 (P=0.02) av buken (tabell 9).

Tabell 9. Skinnfarge av laks målt som L*- verdi (lyshet), a*-verdi (-grønn, +rød) og b*-verdi (-blå, +gul) av laks, fôret med fire forskjellige dietter; Mar-Mar, Mar-Veg, Veg-Veg og Veg-Mar. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± standardfeil med P-verdi for modellen og R^2

Parametere		**Mar-Mar**	**Mar-Veg**	**Veg-Veg**	**Veg-Mar**	**P-Verdi**	**R^2**
Rygg 1	L* verdi	33.5±2.0^{ab}	32.6±1.6^{b}	37.8±1.9^{a}	34.2±1.3^{ab}	0.23	0.11
	a* verdi	-3.3±0.5	-3.6±0.4	-3.4±0.5	-3.1±0.3	0.81	0.02
	b* verdi	1.6±0.5	2.1±0.4	2.3±0.5	1.5±0.3	0.57	0.05
Rygg 2	L* verdi	39.5±3.0^{b}	45.4±2.3^{ab}	49.1±2.8^{a}	44.4±1.9^{ab}	0.16	0.13
	a* verdi	-3.1±0.4^{ab}	-3.7±0.3^{b}	-2.2±0.3^{a}	-2.4±0.2^{a}	**0.01**	0.27
	b* verdi	1.6±0.5	2.0±0.4	1.9±0.4	1.0±0.3	0.27	0.10
Rygg snitt	L* verdi	36.5±2.3^{b}	39.0±1.8^{ab}	43.4±2.2^{a}	39.3±1.5^{ab}	0.20	0.12
	a* verdi	-3.2±0.4	-3.6±0.3	-2.8±0.4	-2.7±0.2	0.24	0.11
	b* verdi	1.6±0.5	2.0±0.3	2.1±0.4	1.3±0.3	0.36	0.08
Buk 1	L* verdi	67.3±1.6	67.6±1.2	69.4±1.5	68.5±1.0	0.77	0.03
	a* verdi	-1.4±0.2	-1.1±0.1	-1.1±0.1	-0.9±0.1	0.31	0.09
	b* verdi	5.5±0.2^{a}	4.7±0.1^{b}	4.6±0.2^{b}	4.9±0.1^{ab}	**0.04**	0.20
Buk 2	L* verdi	63.3±1.9	67.5±1.5	67.2±1.8	66.0±1.2	0.36	0.08
	a* verdi	-2.0±0.2	-1.8±0.1	-1.5±0.2	-1.6±0.1	0.45	0.07
	b* verdi	5.2±0.3^{a}	4.0±0.2^{b}	4.5±0.3^{ab}	5.0±0.2^{a}	**0.02**	0.23
Buk snitt	L* verdi	65.3±1.6	67.6±1.3	68.3±1.5	67.2±1.0	0.60	0.05
	a* verdi	-1.7±0.2	-1.4±0.1	-1.3±0.1	-1.3±0.1	0.32	0.09
	b* verdi	5.3±0.2^{a}	4.3±0.2^{c}	4.5±0.2^{bc}	4.9±0.1^{ab}	**0.02**	0.22

Signifikante forskjeller (P≤0.05) mellom forgruppene er vist ved ulike bokstaver.

5 DISKUSJON

Et hovedfokus var å se på effekt av pumping og båttransport av laks sammenlignet med en gruppe ved manuelt opptak (håving) som kontroll. Det var dermed en overraskelse å se en trend som viste at pumping og transport var mer skånsomme prosesser for fiskens eksterne velferd (seksjon A) og B)). Operative velferdsindikatorer og avvikende skinnfarge, ble scoret signifikant høyere hos fisk som ble tatt opp med håv fra merd og tank (behandling manuelt opptak). Ifølge Ashely (2007), skal fisk ved direkte kontakt håndteres med våte hender og den ytterste forsiktighet for å forhindre skjelltap og slitasje av fiskens skinn. Resultatene til denne studien påpeker hvor viktig det er og holde det beskyttende slimlaget rundt fiskens skinn intakt, for å forhindre infeksjoner, slitasje og sår (Ashley, 2007).

Prosesser og behandlinger laksen møter i løpet av livet som en oppdrettsart kan gi store påkjenninger (Barton & Iwama, 1991), men den prosessen som er assosiert med å størst effekt på fiskens velferd er prosessen der fisken blir trengt i nota før opptak (EFSA, 2009). Dette er gjenspeilet med resultatene fra denne studien. Behandlingen med transport og pumping av fisk som var samlet i nett og kastenot er en stressende prosess med effekt på fiskens velferd, men fisken som fikk manuelt opptak behandlingen hadde signifikant mer negativ effekt på velferd. Samtidig som denne fisken fikk effekten av oppsamling og responsene som dette medfører, ble fisken i tillegg håndtert direkte for hånd. Som Ashely 2007 påpeker, skal dette gjøres med stor forsiktighet. Ved opptak av fisk fra nett med håv, vil den mest brukte teknikken være og ta tak i fiskens haleområde med den ene hånden for så å løfte fisken opp mens den andre hånden holder oppover langs fiskens underside. Før fisken bedøves og/eller avlives, vil den ha sterke bevegelser da fluktadferd grunnet opptak fra vannet vil kunne forekomme (EFSA, 2009). Videre kan fiskens beskyttende slimbelegg (Ashley, 2007) kunne gjøre det vanskelig og holde fisken forsiktig uten å miste den. Dette kan føre til skade og slitasje på fisken i områdene fisken blir holdt. I samsvar med resultatene som viser at området i buken, B2, hadde høyest antall blødninger og de blødningen hadde høyest intensitet (Figur 8).

Diett har vist seg å kunne påvirke fiskens skinnfarge, men hvilke komponenter i dietten som kan forklare denne effekten er uvisst. Dietten hadde liten effekt på fiskens morfologiske utvikling, men eksterne skader som kan forekomme fra prosesser og behandlinger som oppdrettsart, kan vise seg å bli påvirket av fiskens diett. I Seksjon A) er det en signifikant forskjell i velferdscore for de OVI-ene som beskriver ekstern skade. Fisk som har et lavere innhold av protein i dietten hadde høyere velferdscore (tabell 3). som indikerer at en økning av diettens proteinnivå kan forbedre fiskevelferden. Forskning sammen med interne parametere på indre organer bør gjøres for å se nærmere på denne effekten som viser en bedre robusthet til raske forandringer i miljøet rundt fisken. Bør også ses på moralitet innenfor de forskjellige diettgruppene for å få et bedre innblikk i diettens effekt på fiskens robusthet.

5.1 A) SLAKTEKALT LAKS FRA OPPDRETTSMERDER I SJØ; EFFEKT AV PUMPING OG TRANSPORT

De operative velferdsindikatorene viste ingen morfologiske forskjeller mellom behandlingene, som tyder på at fisken som vokste opp i sjømerder fikk dekket behovet ovenfor diett og miljø med kjemiske og fysiske krav (Conte, 2004). Mer akutte eksterne skader hadde en signifikant forskjell mellom behandlingene (tabell 2) og mellom diett for fisk som ble transport (tabell 3).

Det var en høyere velferdscore for fisk som ble manuelt tatt opp for alle de eksterne OVI-ene, med unntak av skade i halefinne (tabell 2). For fisk som ble transport kan skade på halefinne forklares ved at under oppsamling i kastenot når fisken blir pumpet inn i brønnbåten og kastenoten snerpes inn for å holde optimal tetthet, har fisken kommet i klem (Egersund Net, 2018) og har fått rifter i halefinnen ved å prøve og komme seg løs. Eller det kan ha skjedd under pumpingen om det har vært skarpe kanter eller objekter i rørene (Lines, 2012) som kan ha kommet i kontakt og skadet halefinnen til fisken. Nærmere observasjon under selve transporten trengs for å kunne sette en konklusjon på dette resultatet.

Diettforskjell for fisk som ble levende transportert hadde lite effekt på farge. Resultatene fra L*a*b-analysen gjort ved bruk av imageJ viser at fisk med høyere proteininnhold hadde en lysere framside enn dietten med lavt protein. Men dette kan komme av lysforstyrelse, de to forskjellige diettene ble fotografert på forskjellige steder og forskjellige dager, så dette kan være grunnen til resultatet.

Disse resultatene ble tatt med kun for å vise betydningen standardiserte lysforhold har for feilkilder i dataene.

Diett forskjeller på ekstern skade fra OVI-ene viste derimot en signifikant høyere velferdscore for diett med lavt protein, med unntak av halefinne skade. Som diskutert ovenfor kan dette komme av feil i rør under pumping.

Blødningers forandring over tid viste som forventet en nedgang i synlige blødninger og intensitet av rødfarge (figur 8) grunnet oksidasjon, desto lengere tid det gikk fra slaktedagen. Fra Minolta analysen med L*a*b-verdier, var resultatene ikke som forvente (tabell 5). Disse resultatene viste det i noen tilfeller det motsatte enn hva velferdscorene og det visuelle viste fra bilder og telling av akutte blødninger. Etter som blødningen oksiderte, var det antatt at det ble enn nedgang i L*-verdi, siden blod blir mørkere når det oksiderer (mer brunt) og at a*-verdien ville holde seg nøytralt og ikke øke i verdi mot et mer rødt skinn farge. L*-verdien ble signifikant mørkere over tid, dette stemmer overens med de andre resultatene. a*-verdien derimot avviker, som nevnt tidligere i teksten under hensyn til metode, kan dette være grunnet feil plassering av Minoltaen og dermed være falsk data, som ikke kan sammenlignes.

Det kan dermed diskuteres at under undersøkelser av hvordan fiskens velferd har blitt påvirket av en behandling bør gjøres fortest mulig etter behandlingen er ferdig, for å få det mest nøyaktige inntrykket av fisken faktiske helsetilstand/skader fra behandlingen. Ved bruk av fotografering til senere digital velferdscoring kan det kunne gi et mer solid resultat av fiskens påkjenning av behandling, enn å bruke velferdscorings skjema på stedet under behandlingen mens fisken er i live (Noble et al., 2018). Med analyse av L*a*b*-verdier ved hjelp av programvaren imageJ®, vil det kunne gi mer pålitelige data enn hva en bærbar Minolta kan, dersom fotografering skjer under standariserte lysforhold. Digital scoring vil også kunne gi enklere tilgang til sammenligning, og derved et mer solid data. Fotograferingen bør også derfor gjøres på stedet etter behandling, for å unngå oksidering av blødninger og fargeforandringer i skinn grunnet f.eks. eksponering for is og oksygen under transport til laboratoriet.

5.2 B) SLAKTEKLAR LAKS FRA LANDBASERT ANLEGG, EFFEKT AV PUMPING

Resultatene for fisk fra det landbasert oppdrettsmiljø viste i likhet med slakteklarlaks fra merd (seksjon A), at fisk tatt opp rett før pumpingen hadde høyere velferdscoring for OVI-ene som viser utvendig skade, blødninger og skade i halefinne (tabell 6).

Fargen til fiskens skinn hadde også en signifikant forskjell mellom gruppene. Manuelt opptak rett før pumping ga fisken en lysere overside og en mørkere undersiden enn fisken som ble slaktet noen dager (4 og 11) etter pumping (tabell 7). Dette er det motsatte enn hva som er ønskelig og gunstig for laksen, som bør ha en mørk blå overside og en lys/hvit underside (Miljøderektoratet, 2014). Dette gir laksen den beste kamuflasjen fra predatorer i et pelagisk liv (Miljøderektoratet, 2014). Fisk med manuelt opptak rett før pumping hadde også en høyere b*- og a*-verdi i buk området, som støtter opp med om velferdscore resultatet med at denne behandlingsgruppen hadde mer skade og blødninger i buk området.

Under slakt/behandlinger er prosessen hvor fisken samles i nett før opptak (trenging) den største risikoen mot fiskens velferd (EFSA, 2009), og en respons med forandring av farge i fiskens skinn er en stressrespons som reflekterer dårlig velferd (EFSA, 2009). Dette tyder på at fisk som undergikk manuelt opptak rett før pumping, fikk mer fysisk skade og hadde en høyere stress respons. Høy OVI velferdscore for blødninger og skade, indikerer at behandlingen har vært for påkjennende for fisken. Fisken som ble tatt til analyse noen dager (4 og 11) etter pumping hadde en lavere påkjenning fra behandlingen (pumping sammenlignet med håving). Sammenlignes effekten pumping har på fisken etter noen dager har gått, er det tydelig at fisken kommer seg relativt fort etter behandlingen, mellom 4 dager og 11 dager (7 dager mellomrom), gitt at har fisken en lavere velferdscore og mindre synlige blødninger (figur 10).

5.3 C) SMOLT ETTER OVERFØRING TIL MERDER I SJØ; EFFEKT AV TRANSPORT OG FÔR

Det ble ikke observert noen blødninger og noe til ingen unormalheter som førte til høye OVI velferdscorer, som tilsier at disse diettene var akseptable med hensyn til utvendige fiskevelferdsindikatprer. Unntak av morfologisk deformering OVI i ryggrad hos fisken som fikk dietten Mar-Mar, som hadde en signifikant høyere tilfeller av deformering i ryggraden enn de andre diettene (tabell 8 og figur 11). Grunnen til dette er uvisst og det er vanskelig å si hvilke komponenter i dietten som er årsaken til denne deformeringen. Farge i skinn fra digital L*a*b*-analyse indikerer også at disse to ekstremdiettene, fult marint og fult vegetabilsk, hadde en effekt på skinnfargen, der laksen som fikk dietten med marine råvarer hadde en signifikant høyere b*-verdi Videre hadde laksen Veg-Mar fôret, med marin olje hadde en høyer b*-verdi enn fôrgruppene som fikk vegetabilsk olje (tabell 9). Kan tyde på at det kan være den marine oljekomponenten i dietten som kan ha en effekt på denne fargen. Årsaken til disse forskjeller krever ytterlige studier.

Det var også tydelig at diett kan ha en effekt på fiskens skinnfarge da det kan ses en trend hvor dietten fult vegetabilsk (Veg-Veg) har en lysere rygg enn de andre diettene (tabell 9). Men som nevnt må nærmere undersøkelser sammen med indre komponenter undersøkes for nærmere forståelse og konklusjon.

Det vises at diettene oppfyller fiskens behov for normal utvikling og overlevelse under den stressende prosessen som er smoltifisering. For bedre og mer solide data, hadde dødsraten og mortaliteten vært en interessant faktor og tatt med i en fremtidig studie. Det skulle også hatt sammenlignings materiale med fisk før de ble transportert til sjø, for å se hvilken effekt selve transporten hadde på fiskens velferd. Hadde gitt et bedre datasett til sammenligning mellom hvilke effekter diett har på fiskens robusthet til å håndtere stressende situasjoner.

6 KONKLUSJON

Ved behandling av fisk for hånd, hvor manuelt opptak fra vann på levende fisk, må vedkommende som utfører prosessen ha beskyttelse på hendene og utføre prosessen med høyst forsiktighet. Dette er en prosess som er både stressende for fisken og påvirker fiskens velferd negativt. Å bruke fisk som er tatt manuelt opp for hånd, kan dermed være misvisende å bruke som en referanse for ustresset fisk. Under behandlinger hvor transport og pumping skal det være oppsyn gjennom hele prosessen og viser fisken antydning til drastisk fluktadferd, akutte sår eller fargeforandring skal prosessen avsluttes. Er transport og pumping gjort etter retningslinjer har denne prosessen en relativ lav negativ effekt på velferden, og fisken kommer seg relativt raskt etter eventuelle forstyrelser etter behandlingen. Tidspunkt for best mulig innsikt i fisken virkelige helsetilstand og velferd bør gjøres rett etter behandlingen er avlutet. Skal fisk senere digitalt velferdscores og analyseres for skinn farge, må det tas tid til bruk av en lysboks for å unngå lysforurensning av omgivelsen rundt og økt standardisering i sammenlignings materialet.

Diett kan vises å ha en effekt på fiskens fargerespons på skift i miljø under ulike behandlinger som lasken vil møte i sitt liv som en oppdrettsart. Diett kan også tyde på å ha en høyere robusthet for fisk som har et høyere protein innhold i dietten. Hvilke komponenter i dietten som står for disse forandringen må undersøkes nærmere og sammenlignes med moralitet.

7 LITTERATUR

Ashley, P. J. (2007). Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104 (3-4): 199-234. doi: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.001.

Barton, B. A. & Iwama, G. K. (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1: 3-26. doi: https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90019-G

Bendiksen, E. Å., Johnsen, C. A., Olsen, H. J., Jobling, M. (2011). Sustainable aquafeeds: Progress towards reduced reliance upon marine ingredients in diets for farmed Atlantix salmon (Salmo salar L.). *Aquaculture*, 314 (1-4). doi: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.040.

Brathwaite, V. A. & Huntingford, F. A. (2004). Fish and wealfare: do fish have the capacity for pain perceptionand suffering? *Animal Welfare*, 13: 87-92.

Chandroo, K. P., Ducan, I. J. H. & Moccia, R. D. (2004). Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science*, 86 (3-4): 225-250. doi: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.004

Conte, F. S. (2004). Stress and welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 86 (3-4): 205-223. doi: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.003

Damsgård, B., Juell, J. & Braastad, B. O. (2006). *Wealfare in farmed fish*. Fiskeriforskning 5/2006. Tilgjengelig fra: https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/283476/Rapport%2b05-2006%2bWelfare%2bin%2bfarmed%2bfish.pdf?sequence=3&isAllowed=y (lest 01.02.2020).

EFSA. (2009). Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed Atlantic salmon. Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *The EFSA Journal* 7(4). doi: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1011.

Egersund Net. (2018). *Brukerhåndbok Kastenot*. revisjon 3. Tilgjengelig fra: https://www.egersundnet.no/Egersund%20Net/Brukerh%C3%A5ndb%C3%B8ker/Brukerh%C3%A5ndbok%20Kastenot%20-%20revisjon%203,%20november%202018.pdf (lest 12.03.2022).

Erikson, U., Sigholt, T. & Seland, A. (1997). Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (Salmo salar). *Aquaculture*, 194 (3-4): 243-252. doi: https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01453-6

FHF. (2015). *Kunnskapssammenstilling om fiskevelferd for laks og regnbueørret i oppdrett (FISHWELL)*. Tilgjengelig fra: https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901157/ (lest 10.03.2020).

Grefsrud, E., S. & Svåsand, T. (2018). *Kapitel 1: Status oppdrett. In: Grefsrud, E. S., Glover, K., Grøsvik, B. E., Husa, V., Karlsen, Ø., Kristiansen, T. S., Kvamme, B. O., Mortensen, S., Samuelsen, O. B., Stien, L. H & Svåsand, T. (eds)*. Risikoraport norsk fiskeoppdrett 2018. Tilgjengelig fra: https://www.hi.no/resources/publikasjoner/risikorapport-norsk-fiskeoppdrett/2018/risikorapport_2018.pdf (lest 27.03.2020).

Heuch, P. A., Bjørn, P. A., Finstad, B., Holts, J. C., Asplin, L. & Nilsen, F. (2005). Areview of the Norwegian 'National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids': -The effect on wild salmonids. *Aquaculture*, 246 (1-4): 79-92. doi: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.027.

Huntingford, F. & Adams, C. (2005). Behavioural syndromes in farmed fish: implications for production and welfare. *Behaviour*, 142 (9-10): 1207-1221. doi: https://doi.org/10.1163/156853905774539382.

Jacobsen, J. A., Hansen, L. P. (2001). Feeding habits of wild and escaped farmed Atlantic salmon, Salmo salar L., in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 916-933. doi: 10.1006/jmsc.2001.1084.

Lines, J. A. S., J. (2012). Safeguarding the welfare of farmed fish at harvest. *Fish Physiol Biochem* (38): 153-162. doi: 10.1007/s10695-011-9561-5.

Lovdata. (2008). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)*. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1 (lest 08.01.2020).

Lovdata. (2009). *Lov om dyrevelferd.* . Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97?q=dyrevelferd%20loven (lest 08.01.2020).

Lund, V., Mejdell, C. M., Röcklinsberg, H., Anthony, R. & Håstein, T. (2007). Expanding the moral circle: farmed fish as objects of moral concern. *Diseases of aquatic organisms*, 75: 109-118.

Miljøderektoratet. (2014). *Smolt - en kunnskapsoppsummering*. Tilgjengelig fra: https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m136/m-136.pdf (lest 14.03.2022).

MOWI. (2019). *Salmon Farming Industry Handbook 2019*. Tilgjengelig fra: https://ml.globenewswire.com/Resource/Download/1766f220-c83b-499a-a46e-3941577e038b (lest 21.05.2021).

MOWI. (2020). *Samon Farming Industry Handbook 2020*. Tilgjengelig fra: https://mowi.com/it/wp-content/uploads/sites/16/2020/06/Mowi-Salmon-Farming-Industry-Handbook-2020.pdf (lest 12.05.2021).

Nassau, K. (1998). *Color for science, art and technology*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science B. V.

Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevis, J. & Gimervik, K. (2018). *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd*. 3. utg: Fiskeri- og Havbruksnæringens forskningsfond. Tilgjengelig fra: https://nofima.no/wp-content/uploads/2016/06/Velferdsindikatorer-for-oppdrettslaks-2018.pdf (lest 01.06.2019).

Norges forskningsråd. (2005). *Forskningsbehov innen dyrevelferd i Norge*. Rapport fra Styringsgruppen for Dyrevelferd- forsknings- og kunnskapsbehov. Oslo: Norges forskningsråd.

Rose, J. D. (2002). The Neurobehavioral Nature of Fishes and the Question of Awareness and Pain. *Reviews in fisheries science* 10 (1): 1-38. doi: https://doi.org/10.1080/20026491051668.

Sappi. (2013). *Defining and Communicating Color: The CIELAB System*: Sappi Fine Paper North American. Tilgjengelig fra: https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/sappietc/Defining%20and%20Communicating%20Color.pdf (lest 11.01.2022).

SNL. (2021). *Farge*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/farge (lest 29.04.2021).

Trovaag, J. E. (2019). *Betydningen av oppdrettsforhold for fiskevelferden hos Atlantisk laks (Salmo salar L.)* (lest 30.03.2022).

Turnbull, J., Bell, A., Adams, C., Bron, J. & Huntingford, F. (2005). Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariante analysis. *Aquaculture*, 243 (1-4): 121-132. doi: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.022.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitskapelege universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway