

Digital velferdsovervåking og effekt av kameradybde på  
estimert skadefrekvens hos Atlantisk laks (*Salmo salar*) i en  
oppdrettsmerd

Tora Halvorsen Agledal



Masteroppgave i Havbruk og Sjømat

Institutt for biovitenskap

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Universitetet i Bergen

August 2022

# Forord

Det er mange jeg vil takke for god støtte og hjelp gjennom dette prosjektet.

Først vil jeg takke min veileder Jonatan Nilsson på Havforskningsinstituttet for at du ville ta meg inn som masterstudent og peile meg inn på rett kurs gjennom hele dette prosjektet. Vil også takke Sigurd Stefansson, min internveileder på UiB for gode diskusjoner, Lars Helge Stien på Havforskningsinstituttet for god hjelp på statistikken og bruk av RStudio.

Ellers vil jeg takke mine medstudenter, min familie og samboer som har støttet meg og gitt meg motivasjon til å gjøre mitt aller beste.

# Sammendrag

Dette var en innledende studie på digital velferdsovervåking ved hjelp av kamerateknologi og en undersøkelse av effekten kameraet sin dybdeplassing har for estimat av skadefrekvens i en gruppe Atlantisk laks (*Salmo Salar*) i en oppdrettsmerd.

To stereokamera ble satt ut på 3,5 meter og 10 meters dybde i en oppdrettsmerd med 6000 Atlantisk laks. På seks datoer fra november 2020 til juni 2021 ble det gitt en individbasert velferdsvurdering av et antall laks både på en digital plattform ved bruk av stereokamera og en manuell velferdsvurdering ved å ta ut et utvalg av fisk. De digitale velferdsvurderingene på de to ulike dypene ble sammenlignet for å finne ut om det var en segregering av fisk med lavere velferdsstatus på et bestemt dyp. Deretter ble de digitale velferdsvurderingene fra de to dypene slått sammen og sammenlignet med de manuelle velferdsvurderingene for å finne ut om digital og manuell velferdsvurdering viser de samme estimatet.

Det ble ikke funnet noen klar trend på vertikal fordeling av fisk med forskjellig individbasert velferdsstatus i denne studien. Skjelltap var den eneste velferdsindikatoren som viste en klar større prevalens på 10 meters dybde sammenlignet med 3,5 meters dybde. Ti av nitten velferdsindikatorer viste ingen signifikante eller nesten signifikante forskjeller på prevalens på de to dybdene. To velferdsindikatorer svinget med temperaturen, mens resten av velferdsindikatorene svinget uten noen klar forklaring.

På sammenligning av manuell og digital velferdsskåring ble det registrert mer avvik på fisken på de manuelle uttakene. Dette resultatet kan ha flere mulige årsaker, som manglende standardisert vurderingsprotokoll, forskjellige personer som ga velferdsvurdering, ikke representativt utvalg på uttaket til de manuelle vurderingene og begrensinger ved den digitale vurderingen.

# Innhold

Forord.....	i
Sammendrag .....	ii
1 Introduksjon.....	1
1.1 Norsk lakseoppdrett.....	1
1.2 Fiskevelferd i norsk oppdrett.....	1
1.3 Velferdsovervåking .....	2
1.4 Vertikal biomassefordeling i en oppdrettsmerd .....	4
1.5 Kamerateknologi i norsk oppdrett.....	5
1.6 Mål for oppgaven .....	7
2 Metode.....	8
2.1 Forsøkslokalitet og fiskegruppe .....	8
2.2 Digital velferdsskåring.....	10
2.3 Manuell velferdsskåring .....	13
2.4 Sammenligning av de forskjellige velferdsprotokollene.....	16
2.5 Databehandling og statistisk analyse.....	17
2.5.1 Sammenligning av digital velferdsskåring på 3,5m og 10m.....	17
2.5.2 Sammenligning av digital og manuell velferdsskåring.....	17
3 Resultat .....	18
3.1 Sammenligning av velferdsskår på fisk observert på 3,5 og 10 meters dybde.....	18
3.1.1 Ryggdeformitet.....	19
3.1.2 Kjevedeformitet .....	19
3.1.3 Skjelltap .....	20
3.1.4 Kroppssår.....	21
3.1.5 Gjellelokkskade .....	22

3.1.6 Snutesår .....	23
3.1.7 Øyeblikning .....	24
3.1.8 Øyeblikking.....	25
3.1.9 Finnesår .....	26
3.1.10 Finneerosjon .....	27
3.2 Sammenligning av manuell og digital velferdskåring.....	28
3.2.1 Skjelltap.....	29
3.2.2 Kroppssår.....	30
3.2.3 Gjellelokkskade .....	31
3.2.4 Snutesår .....	32
3.2.5 Øyeblikning .....	33
3.2.6 Øyeblikking.....	34
4 Diskusjon .....	35
4.1 Diskusjon av resultat .....	35
4.1.1 Fordeler laks med forskjellig individbasert velferdsstatus seg ujevnt på 3,5 og 10 meters dybde? .....	35
4.1.2 Er det samsvar mellom velferdsovervåking med kamerateknologi og velferdskåring fra manuelle uttak? .....	36
4.2 Diskusjon av metode .....	36
4.2.1 Ikke en standardisert protokoll for velferdskåring.....	36
4.2.2 Digital velferdskåring .....	37
4.3 Konklusjon .....	37
4.4 Forslag til videre forskning .....	38
5 Referanser .....	39

# 1 Introduksjon

## 1.1 Norsk lakseoppdrett

Norsk lakseoppdrett er vokst fra å være en biproduksjon for kystbønder på 1950 tallet til å bli en av de største eksportnæringene i Norge med 81,4 milliarder kroner i verdi i 2021 (Norges Sjømatråd, 2022). Det har vært en enorm vekst fra 5000 tonn produsert i 1979 (Kolle, 2014) til 1,4 millioner tonn produsert i 2021 (Norges Sjømatråd, 2022). I løpet av denne perioden har det skjedd store teknologiske gjennombrudd og et oppdrettsanlegg i dag ligner ikke slik det så ut for 40 år siden. Det er etablert et stort forskningsmiljø rundt akvakultur og i Norge spesielt rundt laks. Med et sterkt forskningsmiljø og en næring som er villig til å bruke penger på å opparbeide ny kunnskap og å finne nye løsninger åpner det seg opp muligheter for en lakseproduksjon som setter effektivitet, velferd og miljø i fokus.

## 1.2 Fiskevelferd i norsk oppdrett

Fiskevelferd har vært et omdiskutert tema de siste 20 årene, Huntingford mfl., (2006) satte søkelyset på fiskevelferd i akvakultur og problematiserte at det ikke var noe enighet i hvordan man skal vektlegge fiskevelferd i 2006. Det er vanskelig å finne én definisjonen på dyrevelferd som litteraturen er enige om, men litt forenklet kan man dele synet på dyrevelferd inn i tre perspektiv; naturlig levemåte, funksjon og følelser (Segner mfl., 2012). Første baseres på at dyret lever så nærme sitt naturlige levevis som mulig. Det andre synet er at dyrevelferden er god så lenge fysiologiske og biologiske system fungerer. Det siste synet på god dyrevelferd er for utenom god helse at også individet uteblir fra dårlig følelser som kommer fra stress, smerte og frykt. Felles for all definisjon på god dyrevelferd er at helsen til dyret er god. Selv om det er vanskelig å bevise at fisk kan føle smerte viser studier at det er klare indikasjoner på at den gjør det (Nilsson mfl., 2019). Til og med kognitive evner som tidsforståelse, lærevilje og samarbeidsevne viser studier at fisk har (Brown mfl., 2015). Dette forteller at det er en form for bevissthet hos fisk, dermed gir det mening å snakke om fiskevelferd som noe mer enn bare god helse ved å inkludere fiskens egen oppfattelse av livskvalitet også (Noble mfl., 2018).

Høy dødelighet er det største velferdsproblemet hos norsk oppdrettslaks og selv om oppdrettsselskapene jobber for å bli bedre viser fiskehelse rapporten 2021 at dødeligheten fortsetter å være høy. I 2021 var dødeligheten av laks i norske oppdrettsmerder på hele 15,5 % (Sommerset mfl., 2022). Denne trenden har vært stabil høy de siste fem årene, selv om flere forskningsprosjekt er startet for å få dødeligheten ned og fiskevelferden opp. Risikoreport for norsk fiskeoppdrett 2022 vektlegger høy forekomst av virussykdommer og høy frekvens av termisk og mekanisk avlusing som de største truslene for velferden til norsk laks (Grefsrud mfl., 2022).

### **1.3 Velferdsovervåking**

Fiskeoppdrettere har alltid prøvd å optimalisere velferden til fisken på en direkte eller indirekte måte. Siden lakseoppdrett startet i Norge, har begrepet god velferd utviklet seg i samsvar med forskning og ny kunnskap. I starten var god velferd at fisken fikk mat og hadde et tilpasset miljø uten noe form for forskningsbasert kunnskap. Senere ble de lagt vekt på at velferd burde dokumenteres vitenskapelig (Duncan mfl., 2005). I 2010 startet Havforskningsinstituttet prosjektet «Overall Welfare Assessment» (OWA) for Atlantisk laks hvor det for første gang skulle lage en standardisert protokoll for velferdsvurdering på norsk oppdrettslaks. I dette prosjektet ble modellen SWIM 1.0 (Salmon Welfare Index Model, Stien mfl., 2013) laget for at lakseoppdrettere skulle ha et enkelt verktøy for å vurdere velferden til laksen. I denne modellen ble velferdsindikatorer tatt i bruk. Velferdsindikatorer er parametre som sammen kan gi en indikasjon på hvordan velferden til fisken eller fiskegruppen er (Nilsson mfl., 2022). Hver indikator blir gitt en skår eller poeng der lavere skår betyr bedre velferd. I SWIM 1.0 ble 17 velferdsindikatorer inkludert. Syv indikatorer (temperatur, oksygen, salinitet, vannstrøm, fisketetthet, lys og forstyringer) beskrev miljøet til fisken, to indikatorer (dødelighet og appetitt) beskrev fiskegruppen og åtte indikatorer (lus, kondisjonsfaktor, avmagring, ryggdeformasjoner, kjønnsmodning, smoltifisering, finnestatus og hudstatus) beskrev individuelt hver fisk fra et uttak fra gruppen. Hver indikator har sin egen skala der 1 er optimalt eller ingen skade og jo høyere skår jo mer avvikende parameter. Noen parametre hadde skala som gikk til 2 (eks. lys) og noen gikk til syv (eks. hudstatus). Etter evaluering av forskere og uttesting hos oppdrettere ble det konkludert at det burde lages en enklere protokoll.

I 2015 startet prosjektet Fishwell ledet av Nofima i samarbeid med flere aktører for å sammenstille velferdsindikatorer som er egnet ute i felt. I 2018 kom boken Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. I denne boken som er sluttproduktet til Fishwell-prosjektet er spesielt de individbaserte velferdsindikatorerne som kan vurderes uten å avlive fisken, kalt individbaserte OVI (operative velferdsindikatorer), forenklet ved å konkretisere hver indikator og bruke samme skala fra 0-3 på alle OVI foruten om katarakt som allerede hadde en veletablert skala fra 0-4 opparbeidet av Wall mfl., (1999). I Fishwell-modellen er det inkludert 15 individbasert OVI; Avmagring, hudblødning, sår, skjelltap, øyeblikning/skade, utstående øye (eksofthalmus), katarakt, gjellelokkskade, snuteskade, ryggdeformiteter, lakselusinfeksjon, overkjevedeformiteter, nedre kjevedeformiteter, helbredet finneskader, aktiv finneskader (Noble mfl., 2018).

I mai 2022 kom det en ny rapport fra Havforskningsinstituttet kalt «Laksvel - Standardisert operasjonell velferdsovervåking for laks i matfiskanlegg» (Nilsson mfl., 2022). Denne rapporten er sluttproduktet for prosjektet Laksvel som hadde som mål å gjøre skåringssystemet i Fishwell-håndboken enda mer standardisert, enkel og beskrivende for oppdretteren. Ikke bare velferdsindikatorerne er mer konkretisert, men også prosedyrene rundt velferdsvurderingen som hvordan å fange inn fisken og hvordan vurdere resultatet etterpå er beskrevet i Laksvelrapporten. I denne rapporten har alle individbaserte OVI en skala fra 0-3. Individbaserte OVI-er inkludert i Laksvel protokollen er førsteinntrykk, ryggdeformiteter, avmagring, kjønnsmodning, skjelltap, hudblødning, kroppssår, snutesår, kjevedeformiteter, øyeblikning, øyeskade, gjellelokk, gjellestatus og finnestatus. Det er nesten de samme indikatorene som Fishwell-håndboken inkluderte, men med noen forskjeller; førsteinntrykk og gjellestatus er lagt til, lakselusinfeksjon er tatt bort siden dette er noe oppdretterne rapporterer inn hver uke til myndighetene uansett. Helbredet og aktiv finneskade er satt sammen til en indikator og over- og underkjevedeformiteter er satt sammen til en og utstående øyne lagt under øyeskade.



## 1.4 Vertikal biomassefordeling i en oppdrettsmerd

I en oppdrettsmerd kan det leve 200 000-400 000 laks fordelt på rundt 40 - 50 dybdemeter (maksimum fisketetthet  $25\text{kg/m}^3$ ) (Nærings- og fiskeridepartementet, 2008). Mye forskning er gjort for å kartlegge dybdefordelingen av laks i merd (Oppedal mfl., 2011, Folkedal mfl., 2012, Nilsson mfl., 2013). Studiene viser at dybdefordelingen på ingen måte er homogen eller tilfeldig, men er et komplekst system der flere faktorer spiller inn og endres kontinuerlig med tid og rom (Oppedal mfl., 2011). Når man ser på fisken i en oppdrettsmerd som en gruppe posisjonerer de seg i dybdeintervallet først og fremst etter hvor det mest optimale miljøet er, som temperatur, salinitet og oksygen, men sult og lysforhold er også sterke faktorer som spiller inn på den vertikale biomassefordelingen (Oppedal mfl., 2001, 2011).

Det alle meste av kunnskap på vertikal biomassefordeling av laks i oppdrettsmerd er skaffet fra eksperiment gjort på av større grupper laks og der man ser på miljøfaktorer (Oppedal mfl., 2011). Men for å gjøre bildet enda mer komplekst har også individbaserte faktorer innvirkning på dybdeplasseringen til laksen. For å finne de individuelle forskjellene kan man ikke lengre se på fisken i merden som en gruppe, men skille hvert individ og se på parametre som er unike for hver fisk (Oppedal mfl., 2011). Studier viser at for eksempel størrelsen til laksen har en innvirkning på dybdeplasseringen, hvor de største fiskene tilbringer mer tid på større dybder enn mindre fisk (Folkedal mfl., 2012, Nilsson mfl., 2013). En annen studie viser at fisk i øvre del av dybdeintervallet har mer lus enn fisk i nedre del (Hevrøy mfl., 2003).

Videre er det ikke så mye mer kunnskap på individuelle forskjeller i den vertikale fordelingen av laks. Johansson mfl., (2009) gjorde en studie hvor de så på det vertikale svømmemønsteret til 23 merket laks som levde i merder med høy og normal fisketetthet. I studiet var det store forskjeller på svømmemønsteret, og de konkluderte med at de ikke kan utelukke individuelle forskjeller som en årsak til de forskjellige vertikale svømmemønstrene. Individuelle forskjeller kan være størrelse og lusepåslag, men også helsestatus er noe som kan forårsake vertikal segregering av fiskegruppen (Magurran, 1993). Fisk med redusert helsestatus, som taperfisk og syke individer, har ofte lav aktivitet og oppholder seg nær overflaten, og kjønnsmodne individer ser også ut til å ha avvikende atferd (Noble mfl., 2018).

Hvordan individuelle laks med forskjellig status fordeler seg vertikalt i merden er spesielt interessant i kommersielt oppdrett. Hver uke blir det gjennomført lusetelling og hos de fleste oppdrettere blir dette gjort ved et uttak fra merden tatt ved hjelp av en orkastnot eller glip som fanger fisk fra øvre halvdel av vannsøylen. Ved et slikt uttak blir fisken ofte gitt en velferdsvurdering basert på de individbaserte OVI, veid og målt for å få et estimat på helsestatus og størrelse på fisken. Med en potensiell skjevfordeling av individuelle forskjeller kan det medføre uttak som ikke er et tilfeldig utvalg (Nilsson og Folkedal, 2019) og som ikke er representativt for hele merden. Det er derfor viktig å få mer kunnskap om fisk med individuelle forskjeller som helsestatus fordeler seg på en bestemt vertikal måte i merden.

## **1.5 Kamerateknologi i norsk oppdrett**

Undervannskamera ble tidlig tatt i bruk i norsk oppdrett for å få bedre kontroll på fôringen. Dermed kunne oppdrettsselskapene ha eget personell på foringsentraler for å følge med om fôret ble spist opp eller om appetitten til laksen var lav og fôret sank gjennom notbunnen. Dette førte til en mye mer kontrollert fôring og sparte miljøet rundt for fôrspill og oppdretter for unødvendig høye fôrkostnader (Foster mfl., 1995). Allerede i 1997 ble det gjort forskning på fôring kontrollert med undervannskamera og gevinsten med slik teknologi (Ang et al., 1997). I studiet kom det frem at atlantisk laks med kamerakontrollert fôring hadde en bedre FCR, lavere dødelighet og en større tilvekst i sommerhalvåret enn laks med fôring uten kamera.

Med ny kunnskap og teknologi er det mulig å bruke kameraet til mer enn bare et hjelpemiddel til fôring. Kunstig intelligens og maskinlæring har gitt teknologien nesten ubegrensede muligheter. Kunstig intelligens ble først omtalt i 1955 av McCarthy, Minsky, Rochester og Shannon (2006) og de la det frem som «når prosesser som bygges på menneskelig intelligens kan formaliseres og reproduseres i en maskin». Maskinlæring er en måte å gi maskinen en kunstig intelligens ved at den får mange nok eksempler med fasit for så å kunne gjenkjenne det riktige av seg selv etter nok trening (Jordan og Mitchell, 2015).

Et relevant eksempel på maskinlæring er lusetelling på oppdrettslaks. Hvert oppdrettsfirma er lovpålagt å ta opp et uttak av fisk fra hver merd med laks for å telle lus og danne seg et estimat av lusebestanden inne i merden. Dette må gjøres hver uke (Fiskeridepartementet, 2009). Dette fører til stress og mulig skade på fisken ved trenging, bedøving og håndtering (Nilsson mfl., 2022). Det er også en stor usikkerhet om uttaket på normalt 20 fisk vil gi et representativt estimat for hele merden på rundt 200.000 fisk både på grunn av lav uttaksstørrelse og usikkerhet rundt vertikal segregering av biomassen (Nilsson og Folkedal, 2019). Ved å bruke undervannskamera til å telle lus, åpner det opp for en mye tettere overvåking ved at kamera kan telle kontinuerlig. Ved bruk av maskinlæring blir maskinen lært opp å kjenne igjen lus på laks og skille mellom de forskjellige livsstadiene til lusen. Dette læres ved at personer manuelt ser på hvert bilde, markerer alle lusene og velger hvilket kjønn og livsstadium de er i. Når maskinen har fått nok eksempler med fasit klarer den å gjenkjenne dette selv og danne gode estimater. I 2020 godkjente Mattilsynet for første gang at et oppdrettsfirma erstattet manuelle lusetellinger med automatisk lusetelling ved hjelp av kamerautstyr og kunstig intelligens.

Samme metode som ved lusetelling blir nå testet ut på velferdsovervåking, blant annet ved samarbeid mellom Aquabyte og Havforskningsinstituttet. I prosjektet Robust Smolt WP 2, som denne oppgaven er en del av. Det jobbes med å utvikle digitale plattformer hvor oppdretter har tilgjengelig statistikk for velferdsstatus som er oppdatert hele tiden. Målet er å få maskiner som lager denne statistikken selv ved hjelp av kunstig intelligens og HD kameraer. Dette kan bidra til å få en bedre kontroll på helsen til fisken og gir oppdretter mulighet til å ha et bedre grunnlag til å ta beslutninger rundt for eksempel slakting eller lakselusebehandling.

## 1.6 Mål for oppgaven

Målet for denne oppgaven er å ta i bruk en helt ny digital plattform for velferdsovervåking og se på mulige fordeler og begrensinger ved et slikt verktøy. Videre er målet å bruke den digitale plattformen til å undersøke om velferdsstatus spiller inn på individets svømmedyp i oppdrettsmerden, slik at dette bør hensynta ved valg av kameradybde for digital overvåking. To forskningsspørsmål står sentralt i denne oppgaven:

- Fordeler laks med forskjellig individbasert velferdsstatus seg ujevnt på 3,5 og 10 meters dybde?
- Er det samsvar mellom velferdsovervåking med kamerateknologi og velferdskåring fra manuelle uttak?

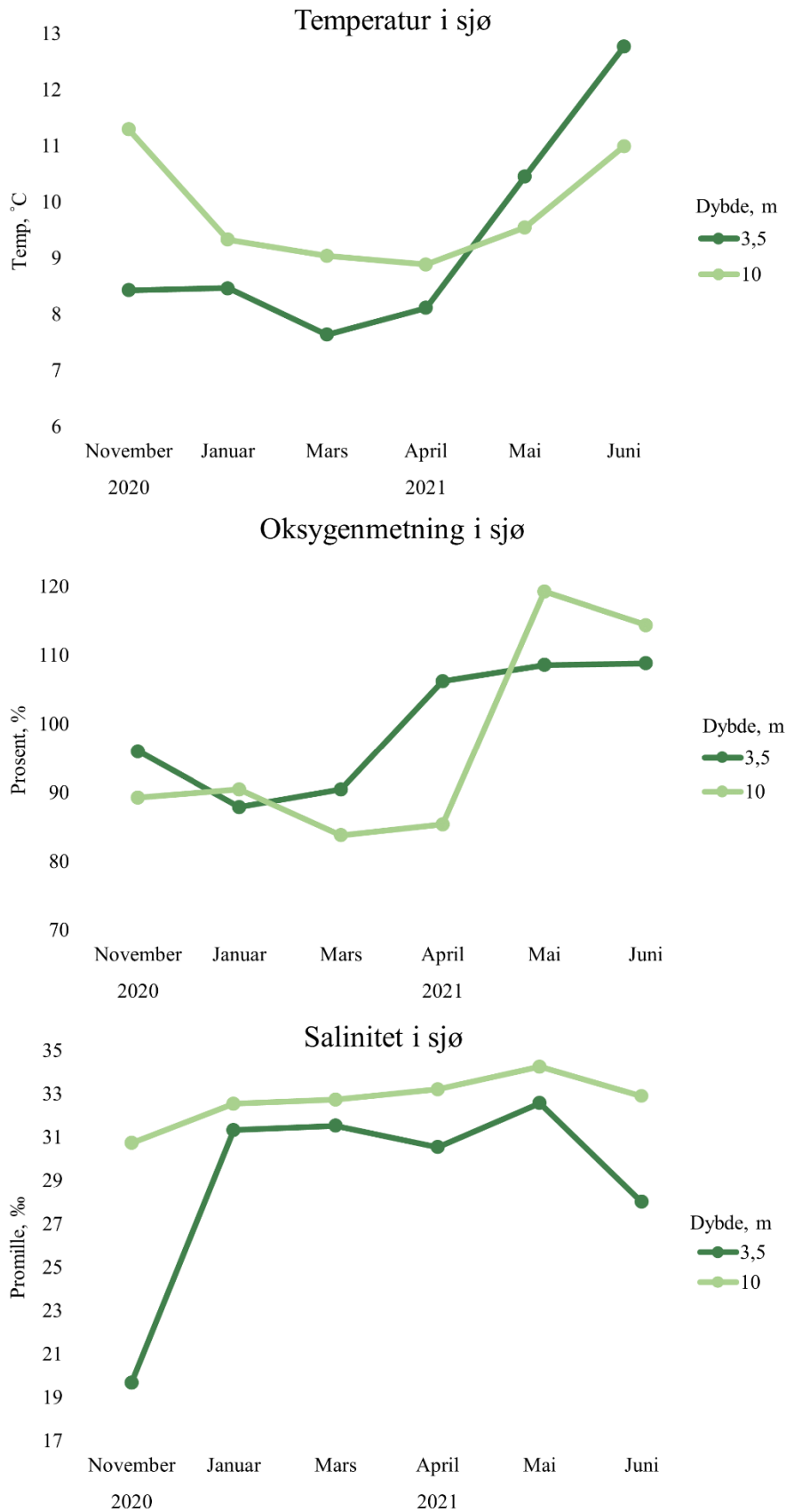
## 2 Metode

### 2.1 Forsøkslokalitet og fiskegruppe

Forsøket ble gjennomført på Havforskningsinstituttets forskningsanlegg på Solheim i Masfjorden, litt vest for Matre. Anlegget består av en stålramme med ti bur. Hvert bur er 12 x 12 meter bredt og 14 meter dyp. Denne oppgaven består av forsøk og observasjoner gjort på fisk i merd 2, som er en av de innerste merdene på anlegget. Det ble det satt ut 6000 Atlantisk laks (*Salmo Salar*) med en snittvekt på 140 g i merden 12-15. mai 2020. Fisken ble slaktet juni 2021.

Tredje november 2020 ble det satt ut to stereokameraer (Aquabyte v2.1) i merden på 3,5 meter dybde og 10,0 meter dybde. Kameraene var plassert nær notveggen og rettet inn mot merden for å i størst mulig grad fotografere fisken fra siden. Dette forsøket var egentlig planlagt som et eget forsøk på lokalitet Smørdalen i Matre. Grunnet mistanke om sykdom i Smørdalen måtte dette forsøket avlyses, og digital overvåking av fisken i en av merdene i et trengings-forsøk i prosjektet CrowdMonitor (FHF 901595) ble brukt som alternativ. Fisken i denne merden ble i oktober 2020, januar 2021 og mai 2021 utsatt for mild trenging tilsvarende nivå 2 i trengings-skalaen gjengitt i Fishwell-håndboken (Noble mfl., 2018). Som en del av trengingsforsøket ble fisken skåret manuelt for velferdsindikatorer hver 3. uke, og dette ga muligheten for å sammenligne manuelle skåringer i luft med skåring fra undervannskamera.

Forsøk og observasjoner til dette forsøket er gjort fra november 2020 til juni 2021(Figur 1). Gjennom hele denne perioden ble miljødata som temperatur, oksygenmetning og salinitet fra hele dybdeintervallet til noten logget to ganger i døgnet. Månedlig gjennomsnitt av temperatur, oksygenmetning og salinitet på 3,5 meters dybde og på 10 meters dybde vises i figur 1. Temperaturen var lavest på 3,5 meter i november, januar, mars og april. I mai og juni var det var temperaturen lavest på 10 meter. Oksygenmetningen var ganske lik på de to dypene med unntak i april da den var 85% på 10 meter og 105% på 3,5m. Saliniteten var konsekvent høyere på 10 meters dybde enn på 3,5 meter. Dette skyldes brakkvann i øverste del av vannsøylen siden lokaliteten ligger langt inne i Masfjorden, som har stor tilførsel av ferskvann.



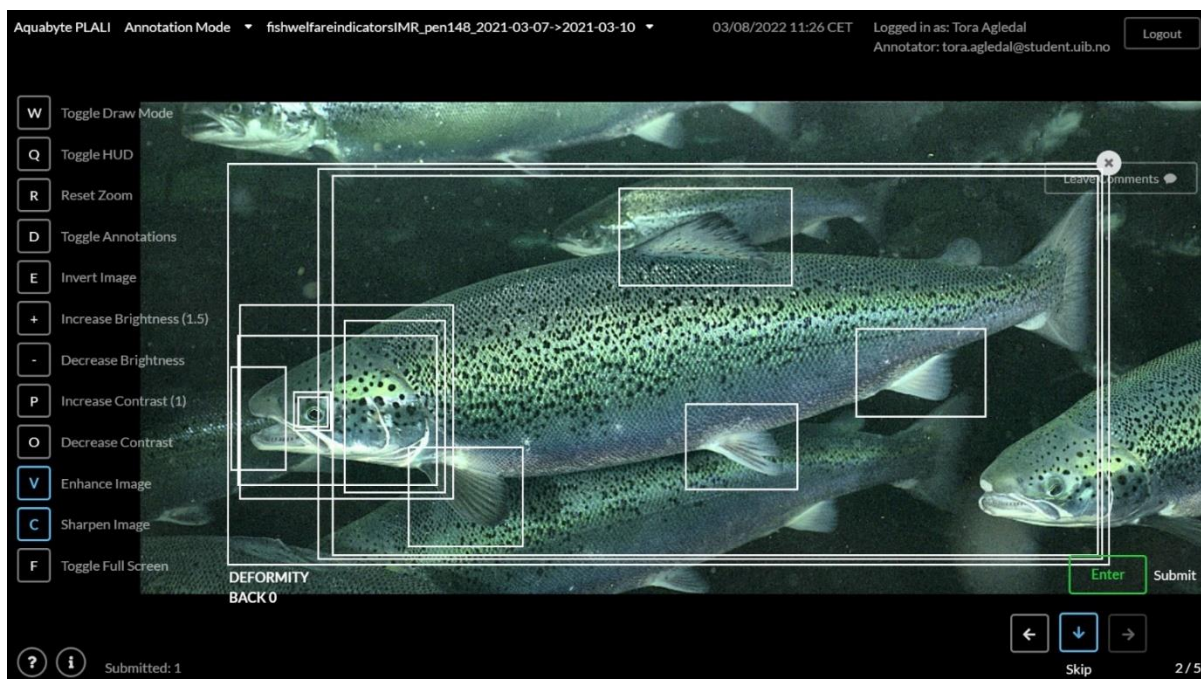
**Figur 1.** Månedlig gjennomsnitt for temperatur, oksygenmetning og salinitet på 3,5m og 10m dybde fra november 2020 til juni 2021.

## 2.2 Digital velferdskåring

Hvert kamera tok ett bilde i sekundet hele døgnet. Aquabyte laget bildekøer fra seks perioder fra november 2020 til juni 2021, som var relevante for sammenligning med manuelle skåring. Bilder som var uklare eller manglet fisk ble fjernet automatisk fra bildekøen. Det var ulikt antall bilder som var kvalifiserte til annotering i hver kø, se tabell 1.

**Tabell 1.** Dato på bildekøene, antall bilder annotert fra hver kø og tilsvarende manuelle uttak.

<b>Dato og dybde</b>	<b>Antall bilder annotert</b>	<b>Dato for manuelt uttak</b>
22-25.11.2020 3.5m	0 (uklare bilder)	23.11.2020
22-25.11.2020 10m	61	
17-20.01.2021 3.5m	135	18.01.2021
17-20.01.2021 10m	58	
07-10.03.2021 3.5m	101	08.03.2021
07-10.03.2021 10m	37	
12-14.04.2021 3.5m	42	
12-14.04.2021 10m	48	
09-11.05.2021 3.5m	100	10.05.2021
09-11.05.2021 10m	51	
02-03.06.2021 3.5m	87	03.06.2021
02-03.06.2021 10m	70	



**Figur 2.** Skjerm bilde av læringsplattformen PLALI. På bilde er alle velferdsindikatorer tilgjengelig for skåring bortsett fra halefinner som er i en dårlig vinkel.

For å kunne utføre digital velferdsskåring ble læringsplattformen PLALI brukt, en plattform laget av Aquabyte. Her var alle bildekøene lagret og klar til annotering. På hvert bilde ble det manuelt evaluert hvilke velferdsindikatorer som var representert på bildet. Deretter ble hver indikator markert og gitt en skår fra null til tre. På hvert bilde er det bare en fisk som blir evaluert, se figur 2. Når et bilde var ferdig annotert ble det sendt videre til en server som samlet all dataen i en rådatafil.

Protokollen fra Fishwell og Laksvel ble brukt som utgangspunkt når velferdsindikatorer og skåringskala ble bestemt for den digitale velferdsskåringen, se tabell 2 for hvilke velferdsindikatorer som er med og hvordan de ble skåret.



**Tabell 2.** Alle velferdsindikatorerne som ble evaluert i den digitale plattformen PLALI. Hver indikator har en beskrivelse for hver skår.

<b>Velferdsindikator</b>	<b>1 - Antydning skade</b>	<b>2 - Tydelig skade</b>	<b>3 - Betydelig skade</b>
<b>Ryggdeformasjon</b>	<i>Tegn til deformitet</i>	<i>Tydelig deformitet</i>	<i>Ekstrem deformitet</i>
<b>Skjelltap</b>	<i>Noe skjelltap, ca. 2-5% av skjellene</i>	<i>Tydelig skjelltap, ca. 5-15%</i>	<i>Stort skjelltap, ca. &gt;15%</i>
<b>Kroppssår</b>	<i>Ikke-penetrerende, inntil ca. 1 cm diameter</i>	<i>Penetrerende sår ca. 1-3 cm i diameter</i>	<i>Alvorlige åpne sår &gt; 3 cm i diameter</i>
<b>Snutesår</b>	<i>Tegn til snutesår, små områder med oppskrapet hud uten penetrerende sår)</i>	<i>Tydelig snutesår, større områder med oppskrapet hud ofte med små penetrerende sår</i>	<i>Omfattende skade på snute, store penetrerende sår</i>
<b>Kjevedeformitet</b>	<i>Tegn til deformitet</i>	<i>Tydelig deformitet</i>	<i>Ekstrem deformitet</i>
<b>Øyeblikking</b>	<i>Opp til ca. 10 % av linsen er blakket</i>	<i>Ca. 10 -50% av linsen er blakket</i>	<i>Ca. &gt;50% av linsen er blakket</i>
<b>Øyeskade</b>	<i>En liten blødning eller ugjennomsiktighet av hornhinnen</i>	<i>Tydelig blødning eller ugjennomsiktighet av hornhinnen</i>	<i>Stor skade, blindt øye</i>
<b>Gjellelokk</b>	<i>Litt forkortet, en kan skimte gjellevevet</i>	<i>Tydelig forkortet, gjellevev godt synlig</i>	<i>Kraftig forkortet, mye av gjellevevet er blottlagt</i>
<b>Finnesår (hver finne for seg)</b>	<i>Litt skadet med kløyvninger i finnen som ikke overstiger halve finnelengden.</i>	<i>Tydelig skadet med kløyvninger som overstiger halve finnelengden.</i>	<i>Store skader og kløyvninger hvor deler av finnen mangler.</i>
<b>Finneerosjon (hver finne for seg)</b>	<i>Antydning/mistanke</i>	<i>Tydelig</i>	<i>Betydelig</i>

## 2.3 Manuell velferdsskåring

Gjennom prosjektet CrowdMonitor ble 20 fisk fra hver merd gitt en velferdsstatus fire ganger fra november 2020 til mai 2021. Denne prosedyren ble gjort av driftsoperatører på anlegget, se tabell 3 for velferdsindikatorer og beskrivelse av hver skår som var inkludert i vurderingen.

Tabell 3. Velferdsindikatorer som var med i vurderingsskjemaet til CrowdMonitor.

Velferdsindikator	1	2	3
<b>Helhetsinntrykk</b>	<i>Helt grei</i>	<i>Ikke særlig fin</i>	<i>Ille, bør avlives</i>
<b>Deformitet</b>	<i>Tegn på deformitet</i>	<i>Tydelig deformitet</i>	<i>Ekstrem deformitet</i>
<b>Avmagring</b>	<i>Slank</i>	<i>Tynn</i>	<i>Svært avmagret, taperfisk</i>
<b>Skjelltap</b>	<i>Noe skjelltap (&lt;5%)</i>	<i>Tydelig skjelltap (ca 5-15%)</i>	<i>Mye skjelltap (&gt;15%)</i>
<b>Hudblødninger</b>	<i>Enkelte røde prikker</i>	<i>Tydelig røde felt (&lt;10% av kroppen)</i>	<i>Store røde felt (&gt;10% av kroppen)</i>
<b>Kroppssår</b>	<i>Lite eller helet sår (ikke arr)</i>	<i>Åpne sår</i>	<i>Alvorlige åpne sår</i>
<b>Snutesår</b>	<i>Tegn til snutesår</i>	<i>Tydelig snutesår</i>	<i>Stor skade på snute</i>
<b>Øyeblikking</b>	<i>Opptil 10% av øyet er blakket</i>	<i>10-50% av øyet er blakket</i>	<i>&gt;50% av øyet er blakket</i>
<b>Øyeskade</b>	<i>En liten blødning</i>	<i>Tydelig blødning eller annen skade</i>	<i>Stor skade, blindt øye</i>
<b>Gjellelokk</b>	<i>Litt forkortet, en kan skimte gjellevev</i>	<i>Tydelig forkortet, gjellevev godt synlig</i>	<i>Kraftig forkortet, mye av gjellevevet er blottlagt</i>
<b>Finnesår</b>	<i>Litt skadet</i>	<i>Tydelig skadet</i>	<i>Store skader</i>
<b>Finneerosjon</b>	<i>Litt skadet</i>	<i>Tydelig skadet</i>	<i>Store skader</i>

Tredje juni 2021 hadde tre forskere fra HI, tre fiskehelsepersonell fra STIM og jeg en dag på Solheim hvor 28 fisk ble gitt en velferdsstatus gjennom prosjektet Laksvel. Skåringsverdiene mine er brukt videre i oppgaven. Her ble en orkastnot brukt for å få et tilfeldig utvalg fisk fra merden. Videre ble det håvet opp en og en fisk i et bad med 500 mg L<sup>-1</sup> sjøvann av bedøvelsesmidlet Finquel vet. (tricaine methanesulfonate) slik at fisken ble avlivet. Deretter ble hver fisk grundig observert, og hver velferdsindikator ble gitt en skår mellom null og tre. Alle de forskjellige individbaserte velferdsindikatorne som ble inkludert i den manuelle velferdskåringen i prosjektet Laksvel er presentert i tabell 4, dette var en foreløpig versjon av den publiserte rapporten (Nilsson mfl., 2022).

**Tabell 4.** Alle velferdsindikatorne som ble evaluert manuelt i prosjektet Laksvel. Hver indikator har en beskrivelse for hver skår.

<b>Velferdsindikator</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Helhetsinntrykk</b>	<i>Helt grei</i>	<i>Ikke særlig fin</i>	<i>Ille, bør avlives</i>
<b>Ryggdeformitet</b>	<i>Tegn på deformitet</i>	<i>Tydelig deformitet</i>	<i>Ekstrem deformitet</i>
<b>Avmagring</b>	<i>Slank</i>	<i>Tynn</i>	<i>Svært avmagret, taperfisk</i>
<b>Kjønnsmodning</b>	<i>Begynnende tegn, f.eks. krokdannelse</i>	<i>Tydelig mørkere farge, kjevekrok på hanner</i>	<i>Full gytedrakt. Rennende</i>
<b>Skjelltap</b>	<i>Noe skjelltap (&lt;5%)</i>	<i>Tydelig skjelltap (ca 5-15%)</i>	<i>Mye skjelltap (&gt;15%)</i>
<b>Hudblødninger</b>	<i>Enkelte røde prikker</i>	<i>Tydelig røde felt (&lt;10% av kroppen)</i>	<i>Store røde felt (&gt;10% av kroppen)</i>
<b>Kroppssår</b>	<i>Lite eller helet sår (ikke arr)</i>	<i>Åpne sår</i>	<i>Alvorlige åpne sår</i>
<b>Snutesår</b>	<i>Tegn til snutesår</i>	<i>Tydelig snutesår</i>	<i>Stor skade på snute</i>
<b>Kjevedeformitet</b>	<i>Tegn til deformitet</i>	<i>Tydelig deformitet</i>	<i>Ekstrem deformitet</i>
<b>Øyeblikking</b>	<i>Opptil 10% av øyet er blakket</i>	<i>10-50% av øyet er blakket</i>	<i>&gt;50% av øyet er blakket</i>

<b>Øyeskade</b>	<i>En liten blødning</i>	<i>Tydelig blødning eller annen skade</i>	<i>Stor skade, blindt øye</i>
<b>Gjellelokk</b>	<i>Litt forkortet, en kan skimte gjellevev</i>	<i>Tydelig forkortet, gjellevev godt synlig</i>	<i>Kraftig forkortet, mye av gjellevevet er blottlagt</i>
<b>Gjellestatus</b>	<i>Litt nedsatt gjellefunksjon. Inntil 3 flekker</i>	<i>Tydelig nedsatt gjellefunksjon. Inntil 50% av overflaten er påvirket</i>	<i>Svært nedsatt gjellefunksjon. &gt;50% av overflaten er påvirket</i>
<b>Finnestatus</b>	<i>Litt skadet</i>	<i>Tydelig skadet</i>	<i>Store skader</i>

**Tabell 5.** Oversikt over de manuelle velferdskåringene som er brukt i denne oppgaven.

<b>Dato</b>	<b>Antall fisk</b>	<b>Prosjekt</b>
23.11.20	20	<i>CrowdMonitor</i>
18.01.21	20	<i>CrowdMonitor</i>
08.03.21	20	<i>CrowdMonitor</i>
10.05.21	20	<i>CrowdMonitor</i>
03.06.21	28	<i>Laksvel</i>

## 2.4 Sammenligning av de forskjellige velferdsprotokollene

I denne oppgaven ble det brukt tre forskjellige vurderingsprotokoller til velferdsvurderingene; CrowdMonitor-skjemaet, den foreløpige Laksvellprotokollen og det digitale vurderingsskjemaet i PLALI. Alle tar utgangspunkt i Fishwell-håndboken (Noble mfl., 2018), men hvert skjema har sine justeringer. Se tabell 6 for oversikt over hvilke velferdsindikatorer som er sammenlignbare.

**Tabell 6.** Oversikt over alle velferdsindikatorer og hvilke som er sammenlignbare.

Velferdsindikatorer	CrowdMonitor	Laksvell	PLALI	Sammenlignbart	
				3,5m/10m	Manuell /digital
<b>Helhetsinntrykk</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>
<b>Avmagring</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>
<b>Kjønnsmodning</b>	<i>Nei</i>	<i>Ja</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>
<b>Ryggdeformitet</b>	<i>Nei, Rygg- og kjevedeformitet i samme</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Nei</i>
<b>Kjevedeformitet</b>	<i>Nei</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Nei</i>
<b>Hudblødning</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>
<b>Skjelltap</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Ja</i> ✓
<b>Kroppssår</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Ja</i> ✓
<b>Snutesår</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Ja</i> ✓
<b>Øyeblikking</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Ja</i> ✓
<b>Øyeskade</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Ja</i> ✓
<b>Gjelleløkk</b>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Ja</i> ✓
<b>Gjellestatus</b>	<i>Nei</i>	<i>Ja</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>	<i>Nei</i>
<b>Finnesår</b>	<i>Ja</i>	<i>Nei, Finnesår og -erosjon er i samme</i>	<i>Ja, men hver finne er skåret for seg</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Nei</i>
<b>Finneerosjon</b>	<i>Ja</i>	<i>Nei</i>	<i>Ja, men hver finne er skåret for seg</i>	<i>Ja</i> ✓	<i>Nei</i>

## 2.5 Databehandling og statistisk analyse

### 2.5.1 Sammenligning av digital velferdskåring på 3,5m og 10m

Rådatafilen fra læringsplattformen PLALI med all dataen fra den digitale velferdskåringen ble behandlet og strukturert i Microsoft Excel. Datasettet ble deretter lastet inn i RStudio. R versjon 4.2.1 i RStudio ble brukt til de statistiske testene (RStudio, 2021). Skåringspoengene til velferdsindikatorne ble organisert til tre forskjellige grupper; skår 1+2+3 som forteller hvor stor andel av de observerte fiskene som har avvik på den bestemte velferdsindikatoren, skår 2+3 som forteller hvor stor andel av de observerte fiskene som har betydelig avvik på den bestemte velferdsindikatoren og skår 3 som forteller hvor stor andel av de observerte fiskene som har alvorlig avvik på den bestemte velferdsindikatoren. Deretter ble måned og alvorlighetsgrad sammenlignet ved de to forskjellige dypene. For å finne ut om forskjellene var signifikante ble generalisert lineær modell med binomialfordeling brukt (glm, family = binomial). Som eksempel ble da «Januar, skår 1+2+3, 3,5 meter» og «Januar, skår 1+2+3, 10 meter» sammenlignet og en p-verdi ble gitt. Signifikansnivå ble satt til 0,05, men en p-verdi mellom 0,05 og 0,1 vil bli kommentert som «nesten signifikant». Siden hver sammenligning ble kjørt en og en og fikk hver sin p-verdi, ble det ikke gjort noe p-verdikorrigerings. Istedenfor ble alle p-verdiene for hver velferdsindikator tolket opp mot hverandre. Alle grafer ble laget i Excel ved bruk av Pivot-tabell og Pivot-diagram.

### 2.5.2 Sammenligning av digital og manuell velferdskåring

Skåringskjemaene fra de manuelle velferdskåringene ble lagt inn og strukturert i Microsoft Excel. Siden den manuelle velferdskåringen ikke var dybdespesifisert, ble dataen fra 3,5m og 10m dybde slått sammen for å representere den digitale velferdskåringen. Skåringspoengene ble på samme måte som ved sammenligning av dypene delt inn i 1+2+3, 2+3 og 3. Samme statistisk test ble gjort på sammenligning mellom vurderingsformene som på sammenligning mellom dypene. Siden den manuelle velferdskåringen er basert på et ganske lite utvalg (n=20, bortsett fra juni der n=28) skal det mye til før forskjellen blir signifikant. Setter samme signifikansnivå som på dybdesammenligningen, men vil også kommenterer forskjeller som er store, men ikke signifikante. Alle grafene ble laget i Excel ved bruk av Pivot-tabell og Pivot-diagram.

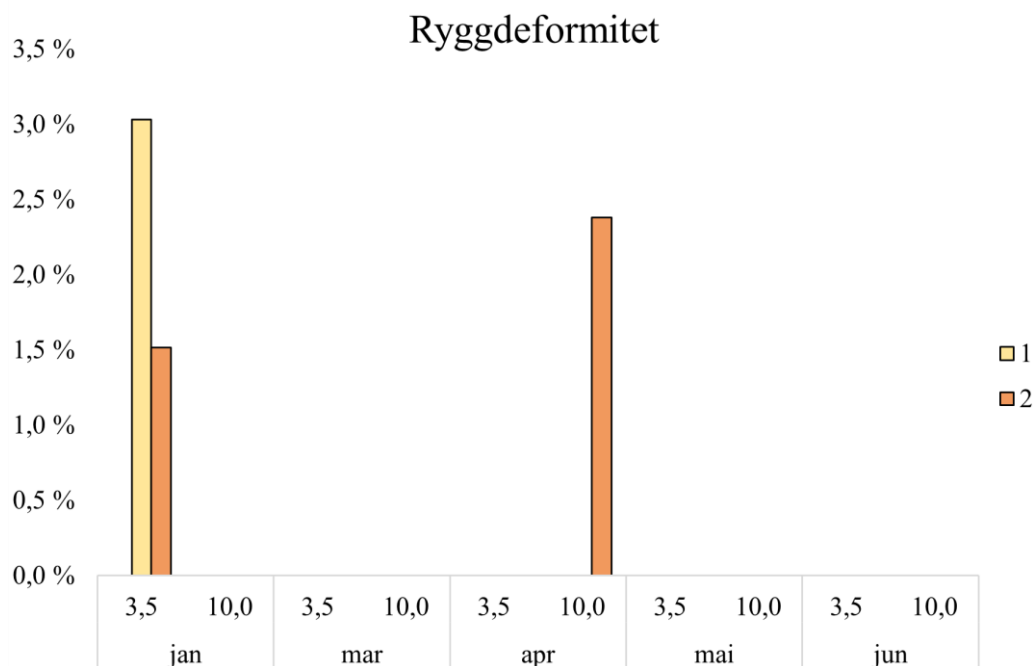
## 3 Resultat

### 3.1 Sammenligning av velferdskår på fisk observert på 3,5 og 10 meters dybde

**Tabell 7.** Differanseverdi (%) mellom dypene på forekomst av avvik på velferdsindikatorer med forskjellige alvorlighetsgrad. ↓ viser signifikant mindre forekomst på 10 meter sammenlignet med 3,5 meter og ↑ viser mer forekomst på 10 meter sammenlignet med 3,5 meter ( $p < 0,05$ ). (↑) og (↓) viser nesten signifikant forskjell mellom dypene ( $p < 0,1$ ).

VI	Januar			Mars			April			Mai			Juni		
	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3
Ryggdef.	5	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Overkjevedef.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Underkjevedef.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Skjelltap	10(↑)	0	0	28↑	0	0	4	4	0	9	3	0	36↑	2	0
Kroppssår	1	1	1	1	1	0	1	3	0	8	2	0	1	0	0
Gjellelokk	4	0	0	3	1	0	4	0	0	8	0	0	1	2	0
Snutesår	1	3	0	25↓	0	0	19(↓)	9	3	9	19(↑)	0	6	11	3
Øyeblikking	2	0	0	3	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0
Øyeblikking	4	0	0	8	8	4	6	0	0	17↑	28↑	20(↑)	4	0	0
Ryggfinnesår	29↑	1	0	3	19↑	0	4	29↓	1	8	8	0	10	3	1
Halefinnesår	52↓	14	0	23↓	15	0	20	9	11	8	17	1	8	1	3
Gattfinnesår	60↓	1	0	13	4	0	0	3	0	17	10	0	5	5	0
Bukfinnesår	68↓	7	0	25↓	2	0	6	2	0	11	3	0	17(↑)	10(↑)	0
Brystfinnesår	15↓	22↓	0	17↓	3	0	2	10	0	4	20(↓)	8	2	0	0
Ryggfinneero.	36↓	35↓	1	5	1	12↑	3	3	5	10(↑)	11↑	8(↑)	9	11	4
Halefinneero.	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gattfinneero.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bukfinneero.	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brystfinneero.	1	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2

### 3.1.1 Ryggdeformitet



**Figur 3.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av ryggdeformitet fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1 og oransje søyle viser skår 2. Ingen fisk observert med skår 3.

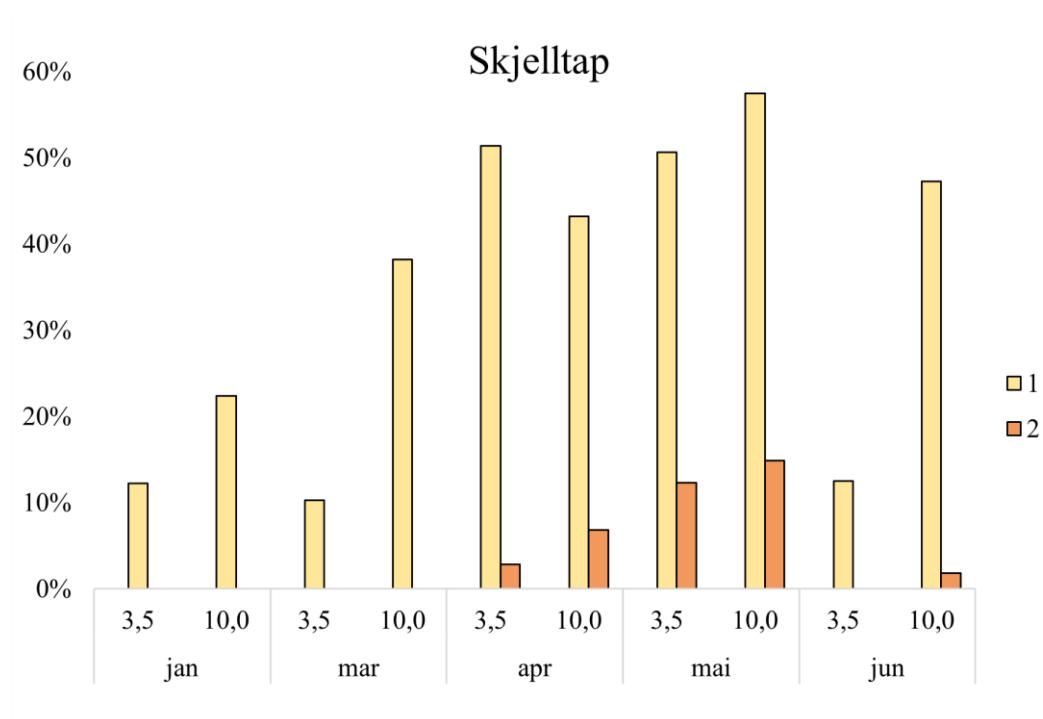
Det ble observert veldig lite ryggdeformiteter på bildene av denne fiskegruppen (Figur 3), to skår 1 og to skår 2 på totalt 477 skåringer.

### 3.1.2 Kjevedeformitet

Kjevedeformitet ble skilt mellom under- og overkjevedeformitet. På overkjevedeformitet ble alle gitt skår 0, totalt 469 skåringer. På underkjevedeformitet ble det annotert en skår 1 i løpet av alle periodene, resten skår 0 (totalt 466 skåringer).



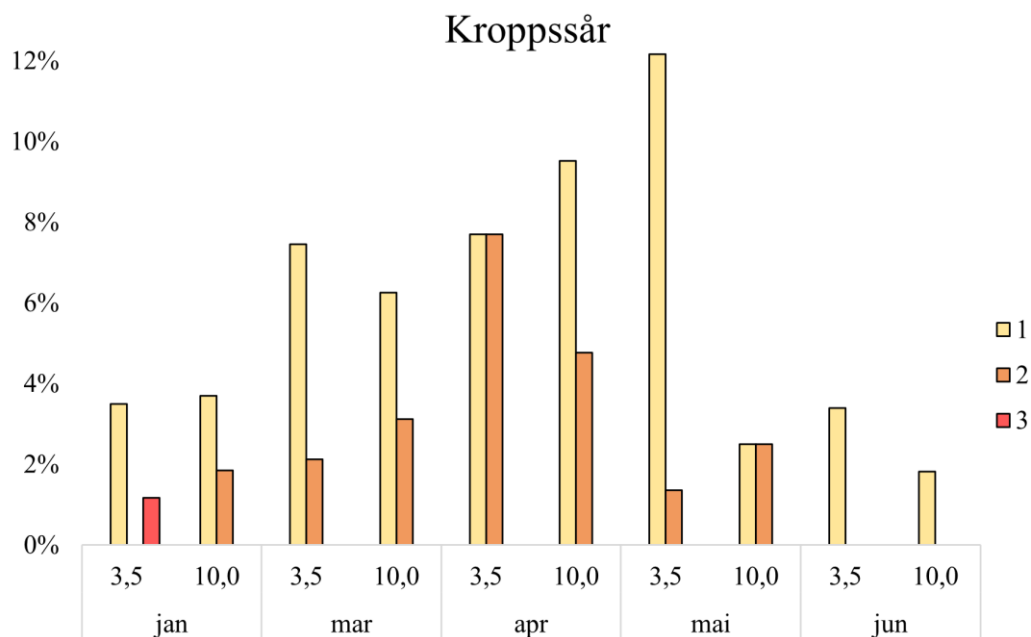
### 3.1.3 Skjelltap



**Figur 4.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av skjelltap fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1 og oransje søyle viser skår 2. Ingen fisk observert med skår 3.

I mars og juni var det signifikant mer prevalens av skjelltap (skår 1+2+3) på 10 meters dybde. I januar var det observert mer fisk med skjelltap (skår 1+2+3) på 10 meter, forskjellen var nesten signifikant (Tabell 7, Figur 4).

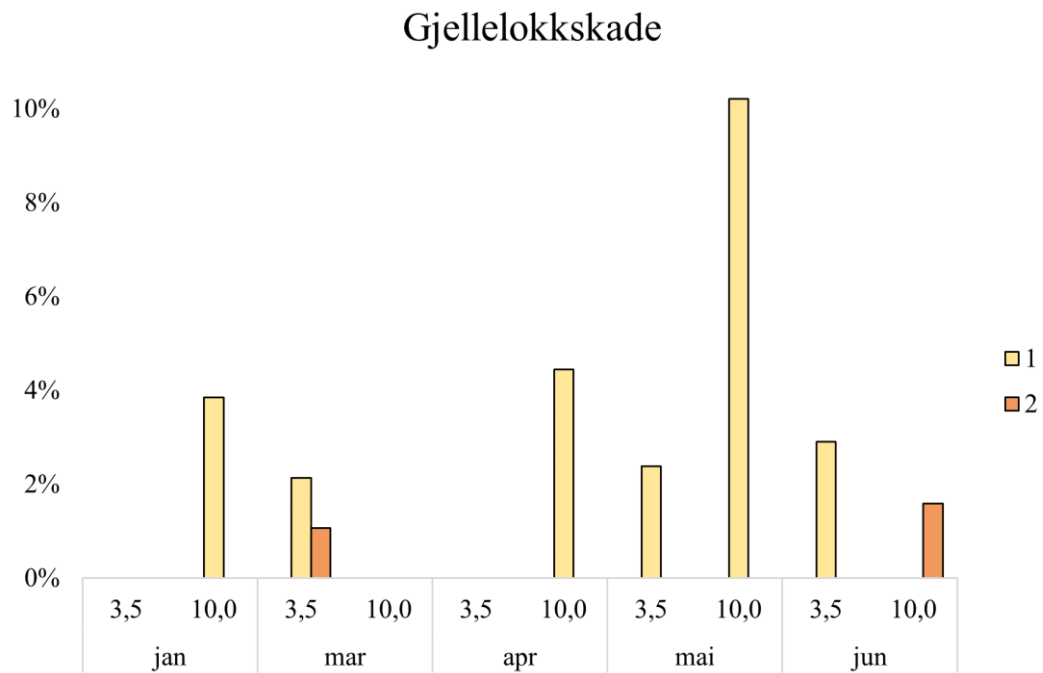
### 3.1.4 Kroppssår



**Figur 5.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av kroppssår fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

Forekomst av kroppssår observert på fisken var relativt likt fordelt på de to dypene. Mai hadde den største differansen mellom dypene, der det ble observert 8% mer fisk med kroppssår (skår 1+2+3) på 3,5 meters dybde sammenlignet med 10 meters dybde. Ingen signifikante forskjeller (Tabell 7, Figur 5).

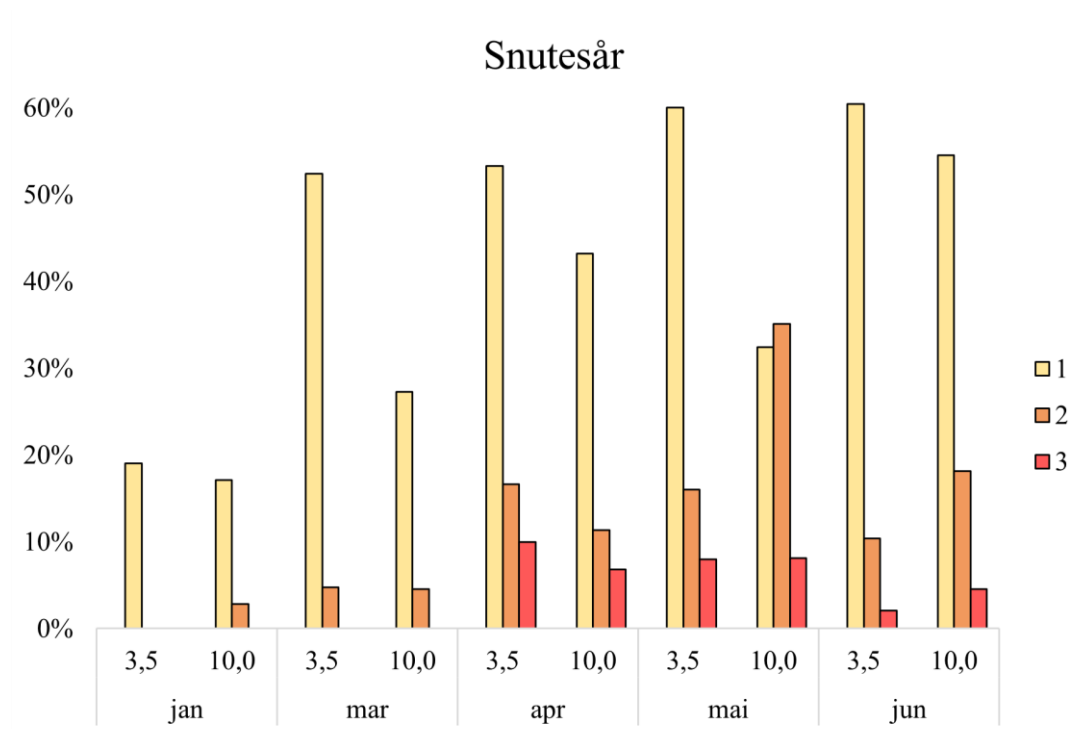
### 3.1.5 Gjellelokkskade



**Figur 6.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av gjellelokkskade fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1 og oransje søyle viser skår 2. Ingen fisk observert med skår 3.

Fisk observert med gjellelokkskade hadde ingen signifikante forskjeller mellom dypene (Tabell 7, Figur 6).

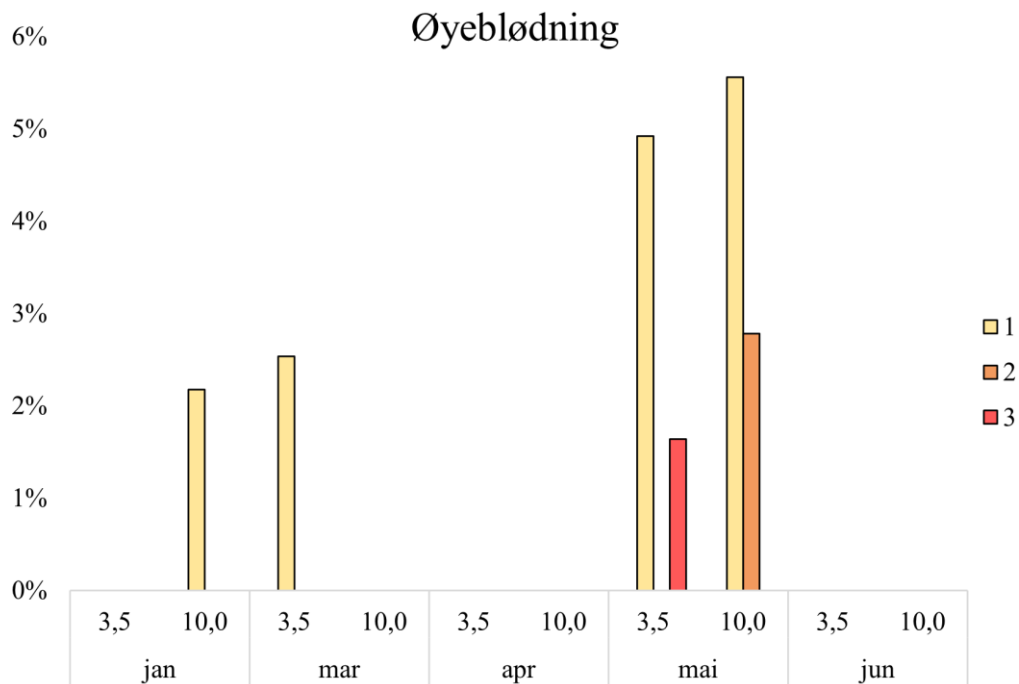
### 3.1.6 Snutesår



**Figur 7.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av snutesår fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

Det var signifikant mer fisk observert med snutesår (skår 1+2+3) på 3,5 meters dybde i mars. I april var det nesten signifikant mer snutesår (skår 1+2+3) på 3,5 meter. I mai var det mer fisk med betydelig snutesår (skår 2+3) på 10 meter, forskjellen var nesten signifikant (Tabell 7, Figur 7).

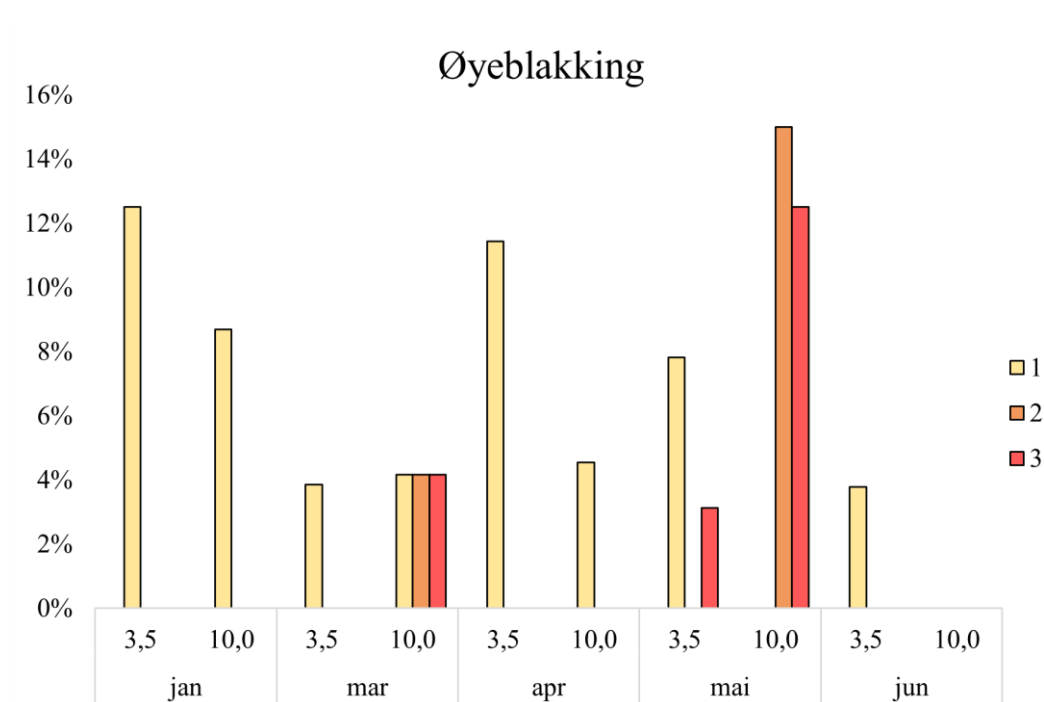
### 3.1.7 Øyeblikning



**Figur 8.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av øyeblikning fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

Det ble registrert lite øyeblikning på både fisk observert på 3,5 meters dybde og 10 meters dybde. Av totalt 444 skåringer ble 434 skårt 0. I mai var det høyere prevalens av øyeblikning på begge dypene. Ingen signifikante forskjeller (Tabell 7, Figur 8).

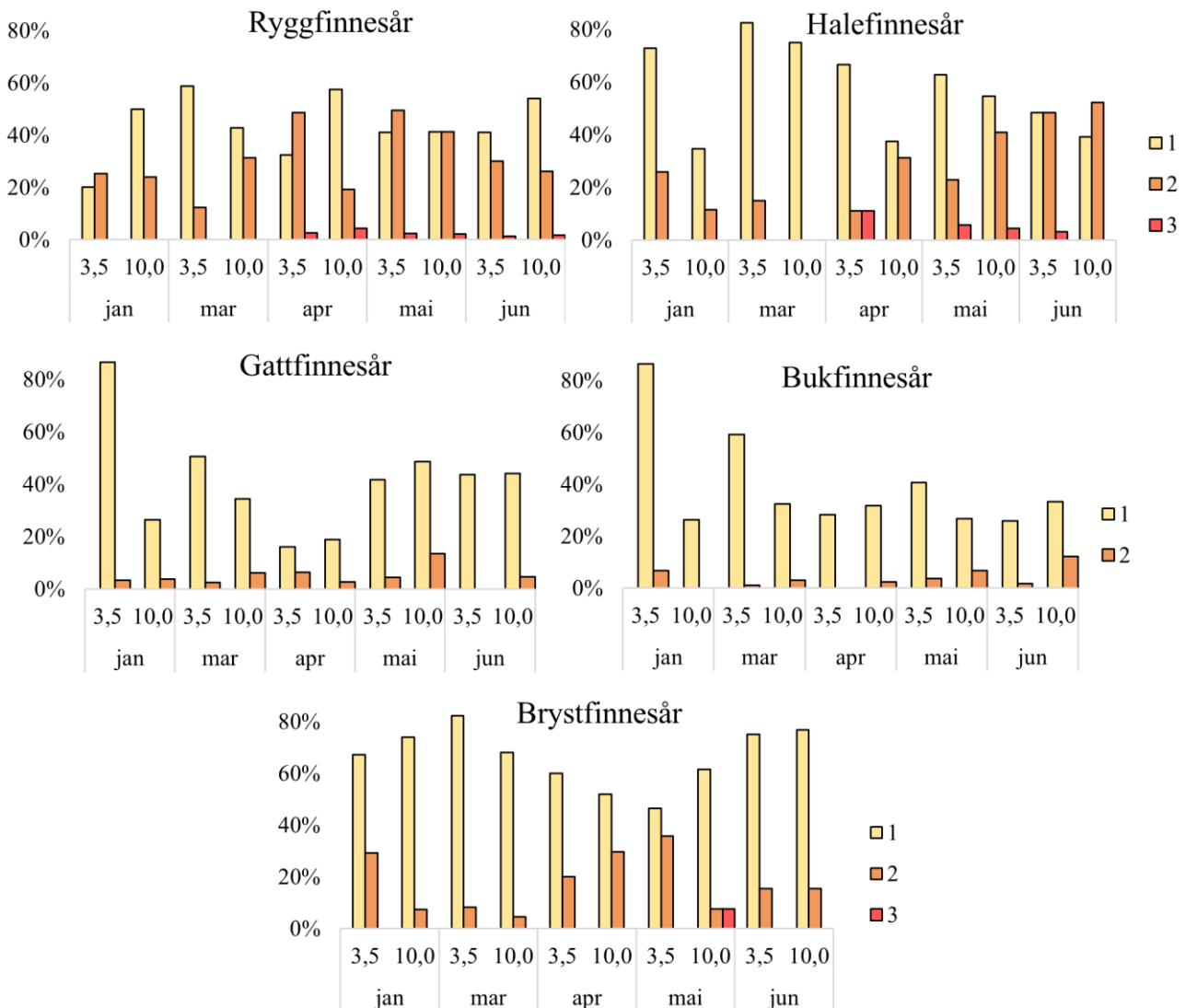
### 3.1.8 Øyeblakking



**Figur 9.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av øyeblakking fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

I mai var det signifikant mer både av prevalens av øyeblakking (skår 1+2+3) og prevalens av fisk med betydelig øyeblakking (skår 2+3) på 10 meters dybde. Det var også observert mer prevalens av alvorlig øyeblakking (skår 3) på 10 meter i mai, forskjellen var nesten signifikant (Tabell 7, Figur 9).

### 3.1.9 Finnesår



**Figur 10.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av finnesår fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

I januar var det signifikant mer fisk med ryggfinnesår (skår 1+2+3) på fisk observert på 10 meters dybde. I mars var betydelig ryggfinnesår (skår 2+3) signifikant mer til stede på fisk observert på 10 meters dybde. I april var betydelig ryggfinnesår (skår 2+3) signifikant mer observert på 3,5 meters dybde.

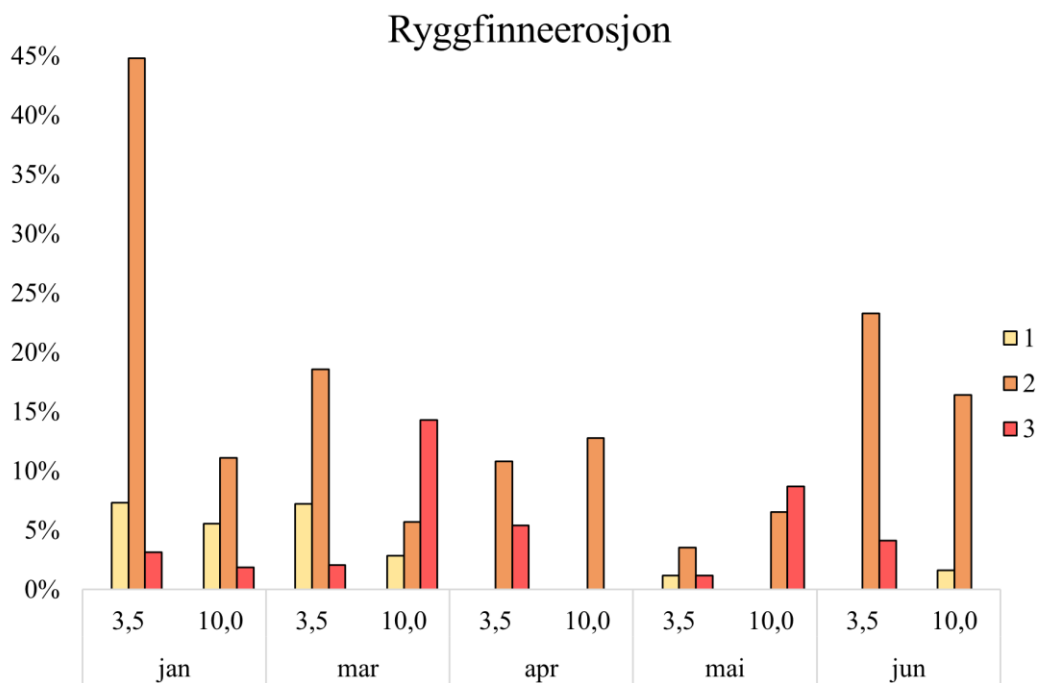
I januar og mars var det signifikant mer fisk med halefinnesår (skår 1+2+3) på fisk observert på 3,5 meter dybde. halefinnesår (skår 2+3) på 3,5 meters dybde.

I januar var det signifikant mer gattfinnesår (skår 1+2+3) på fisk observert på 3,5 meters dybde.

I januar og mars var det signifikant mer fisk med bukfinnesår (skår 1+2+3) på fisk observert på 3,5 meters dybde. I juni var det mer fisk med bukfinnesår (skår 1+2+3) og med betydelig bukfinnesår (skår 2+3) på 10 meters dybde, forskjellen var nesten signifikant.

I januar og mars var det signifikant mer fisk med brystfinnesår (skår 1+2+3) på fisk observert på 3,5 meters dybde. I januar var det også signifikant mer fisk med betydelig brystfinnesår (skår 2+3) på 3,5 meters dybde. I mai var det mer fisk med betydelig brystfinnesår (skår 2+3) på 3,5 meters dybde, forskjellen var nesten signifikant (Tabell 7, Figur 10).

### 3.1.10 Finneerosjon



**Figur 11.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av ryggfinneerosjon fordelt på dybde og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3

I januar var det signifikant mer prevalens av ryggfinneerosjon (skår 1+2+3) og betydelig ryggfinneerosjon (skår 2+3) på 3,5 meters dybde. I mars var det signifikant mer fisk observert med alvorlig ryggfinneerosjon (skår 3) på 10 meters dybde. I mai var det signifikant mer betydelig ryggfinneerosjon (skår 2+3) på 10 meters dybde. I mai var også prevalens av ryggfinneerosjon (skår 1+2+3) og alvorlig ryggfinneerosjon (skår 3) mer av på 10 meters dybde, forskjellen var nesten signifikant.



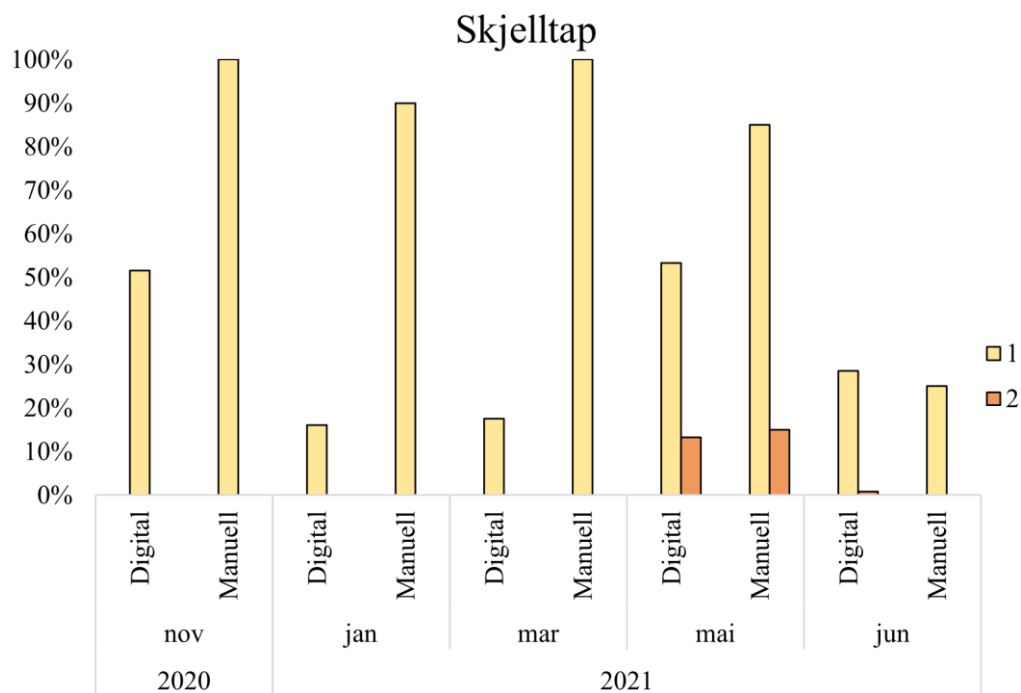
Halefinneerosjon, gattfinneerosjon, bukfinneerosjon og brystfinneerosjon var det lite av på begge dypene og ingen signifikante forskjeller (Tabell 7, Figur 11).

## 3.2 Sammenligning av manuell og digital velferdskåring

**Tabell 8.** Differanseverdi (%) mellom vurderingsformene på forekomst av avvik på velferdsindikatorer med forskjellige alvorlighetsgrad. ↓ viser signifikant mindre forekomst på manuell velferdskåring sammenlignet med digital velferdskåring og ↑ viser mer forekomst på manuell velferdskåring sammenlignet med digital velferdskåring ( $p < 0,05$ ). (↑) og (↓) viser nesten signifikant forskjell mellom dypene ( $p < 0,1$ ).

VI	November			Januar			Mars			Mai			Juni		
	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3	1+2+3	2+3	3
Skjelltap	48	0	0	74 ↑	0	0	82	0	0	34	2	0	5	1	0
Kroppstår	3	0	0	1	2	1	6	3	0	19 ↑	3	0	44 ↑	8	4
Gjellelokk	0	0	0	4	0	0	2	1	0	5	0	0	4	1	0
Snutesår	1	0	0	35 ↑	2	0	29 ↑	20 ↑	0	20	3	3	25	39 ↑	8
Øyblødning	8	0	0	2	0	0	2	0	0	13 (↑)	8	1	57	18	4
Øyblakking	13	0	0	9	0	0	6	2	1	18	13	7	44 ↑	25	21

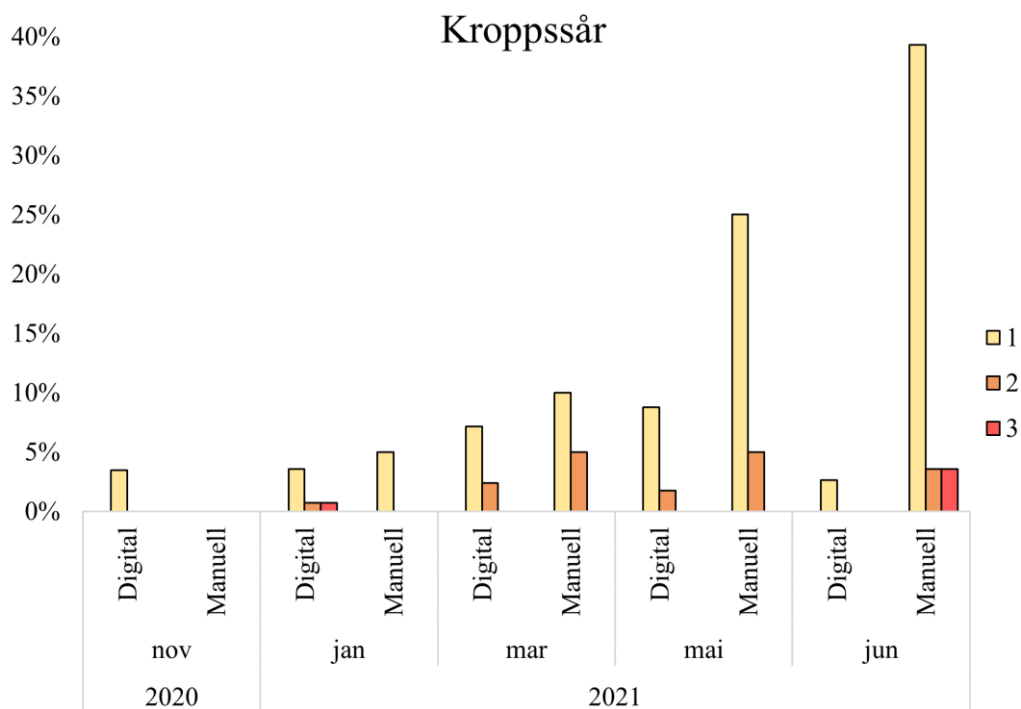
### 3.2.1 Skjelltap



**Figur 12.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av skjelltap fordelt på vurderingsform og måned. Gul søyle viser skår 1 og oransje søyle viser skår 2. Ingen fisk observert med skår 3.

I januar var det signifikant mer skjelltap (skår 1+2+3) registrert på manuell velferdsskåring enn på digital velferdsskåring. Men både i november, mars og mai er det også klart mer fisk med skjelltap observert på de manuelle vurderingene, uten at forskjellene er signifikante. I juni var det samsvar mellom vurderingsformene (Tabell 8, Figur 12).

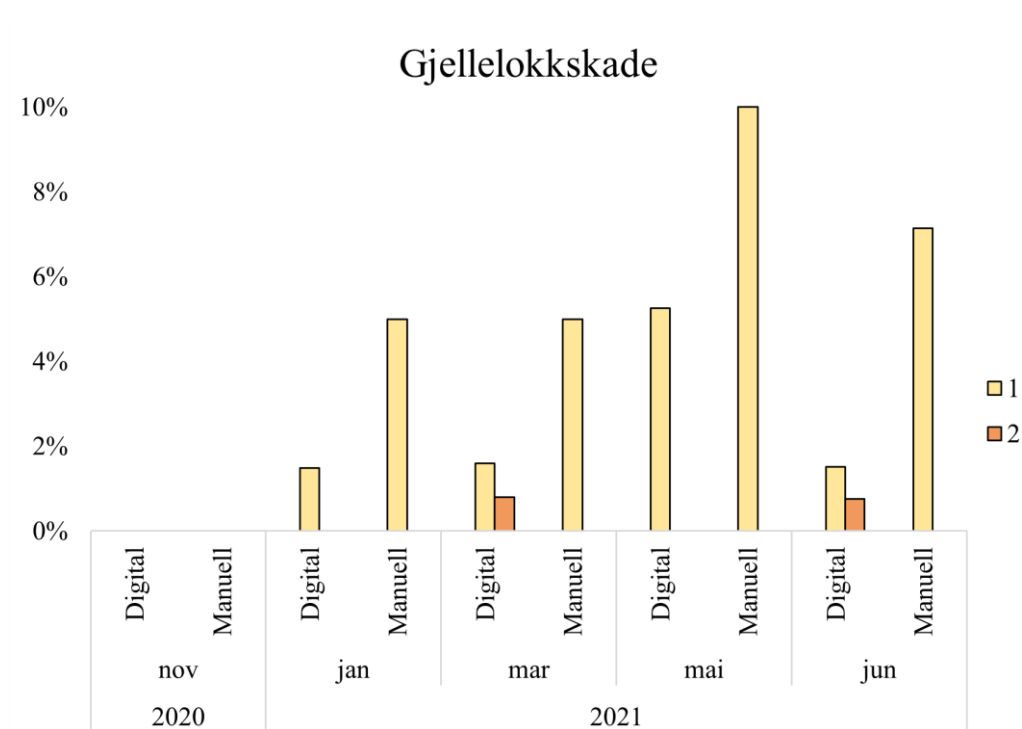
### 3.2.2 Kroppssår



**Figur 13.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av kroppssår fordelt på vurderingsform og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

I mai og juni var det signifikant mer kroppssår (skår 1+2+3) registrert på den manuelle velferdsskåringen. Resten av månedene hadde samsvar mellom vurderingsformene (Tabell 8, Figur 13).

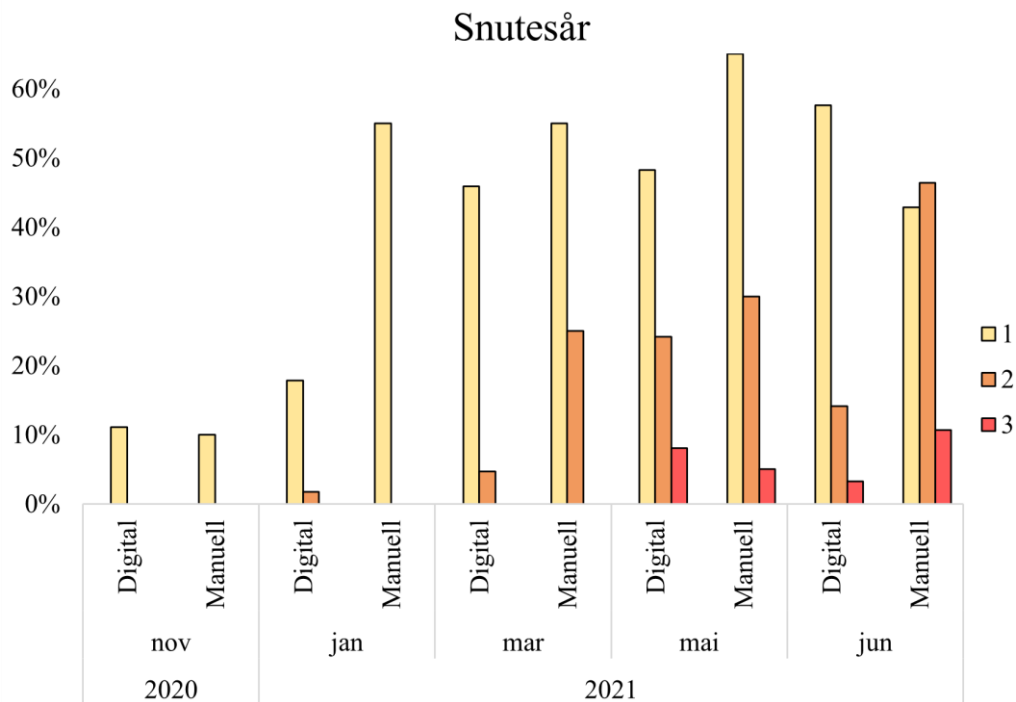
### 3.2.3 Gjellelokkskade



**Figur 14.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av gjellelokkskade fordelt på vurderingsform og måned. Gul søyle viser skår 1 og oransje søyle viser skår 2. Ingen fisk observert med skår 3.

Det var relativt lite gjellelokkskader registrert på både digital og manuell skåring. Det ble skåret litt mer gjellelokkskade på manuell vurdering ved hver sammenligning, bortsett fra november som ikke hadde noen registrerte avvik på gjellelokk hverken på manuelle eller digital skåring. Ingen signifikante forskjeller (Tabell 8, Figur 14).

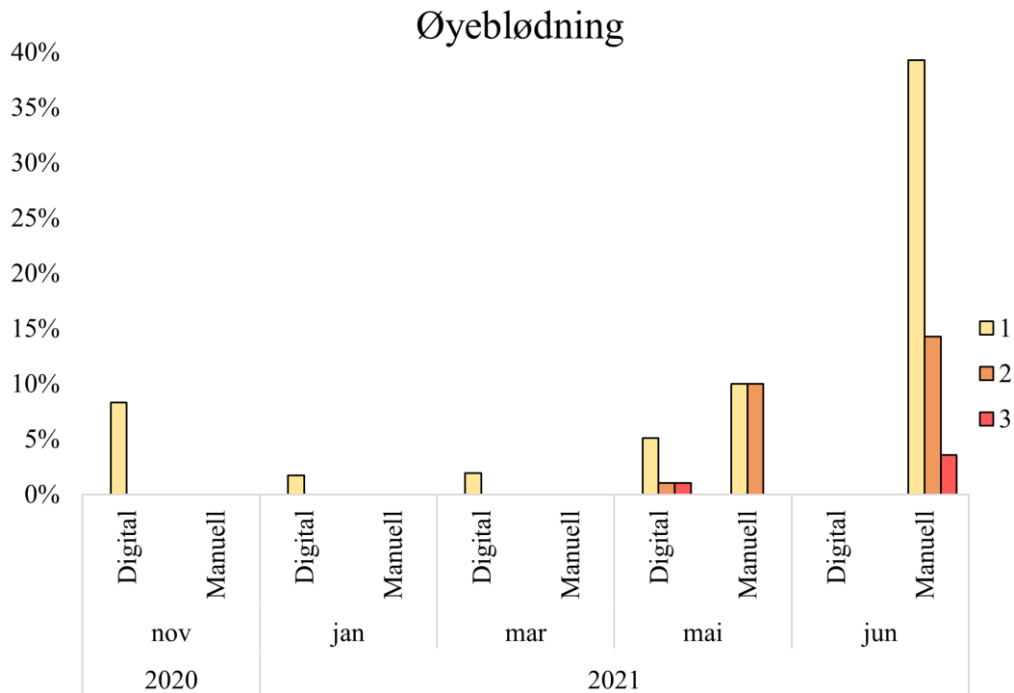
### 3.2.4 Snutesår



**Figur 15.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av snutesår fordelt på vurderingsform og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

I januar og mars var det signifikant mer snutesår (skår 1+2+3) registrert på manuell velferdsskåring. I mars og juni var det signifikant mer fisk med betydelig snutesår (skår 2+3) registrert på de manuelle velferdsskåringene (Tabell 8, Figur 15).

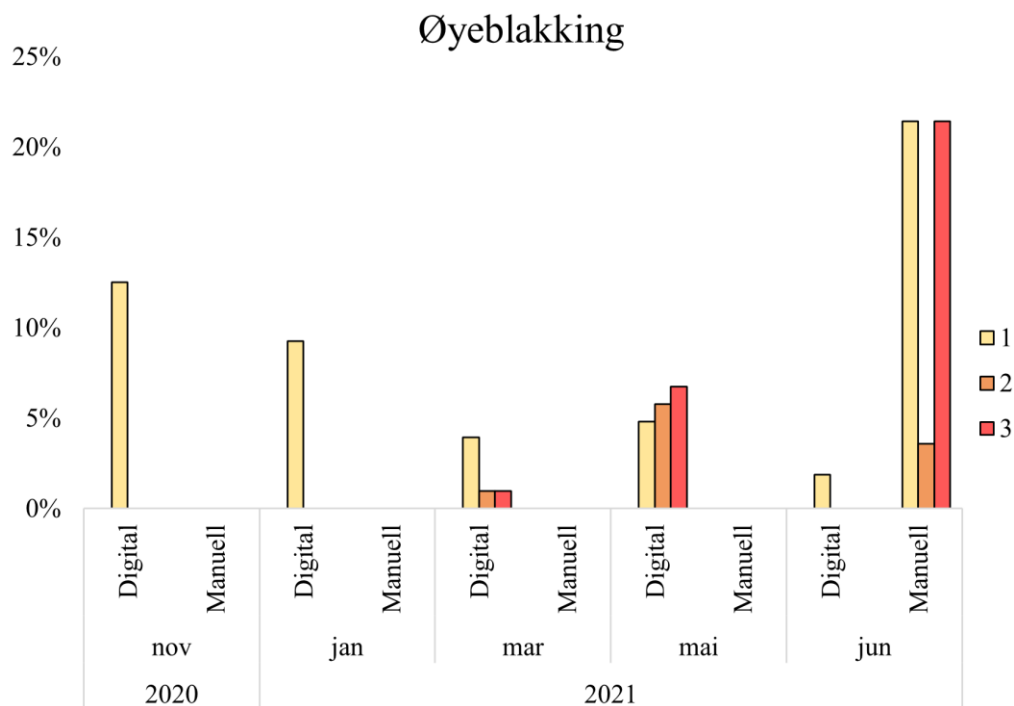
### 3.2.5 Øyeblødning



**Figur 16.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av øyeblødning fordelt på vurderingsform og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

I mai var det signifikant mer øyeblødning (skår 1+2+3) på den manuelle velferdsskåringen. I juni var det 57% mer fisk med øyeblødning (skår 1+2+3) på den manuelle velferdsskåringen, men ingen signifikant forskjell. I november, januar og mars var det mer samsvar i registreringene, med ingen registrerte øyeblødning ved manuelle uttak og lav frekvens på digital skåring (Tabell 8, Figur 16).

### 3.2.6 Øyeblikking



**Figur 17.** Prevalens (%) og alvorlighetsgrad av øyeblikking fordelt på vurderingsform og måned. Gul søyle viser skår 1, oransje søyle viser skår 2 og rød søyle viser skår 3.

I juni ble det registrert signifikant mer av fisk med øyeblikking (skår 1+2+3) på den manuelle velferdsskåringen. I november, januar, mars og mai var det ingen signifikante forskjeller, men det ble registrert mer avvik på øyeblikking på den digitale velferdsskåringen alle måneder (Tabell 8, Figur 17).

## 4 Diskusjon

### 4.1 Diskusjon av resultat

#### 4.1.1 Fordeler laks med forskjellig individbasert velferdsstatus seg ujevnt på 3,5 og 10 meters dybde?

Tabell 7 viser liten grad av klare trender på hvor fisk med avvik på velferdsindikatorene plasserer seg i vannsøylen. Noen velferdsindikatorer har klare forskjeller i en måned, mens resten av månedene er det liten forskjell eller omvendt forskjell.

Ryggdeformitet, over- og underkjevedeformitet, kroppssår, gjellelokkskade, øyeblikning og hale-, gatt-, buk- og brystfinneerosjon hadde ingen store forskjeller mellom dypene på noen tidspunkt, og vi kan derfor anta at fisken i denne studien ikke hadde noe høyere prevalens av disse velferdsindikatorene på hverken 3,5 eller 10 meters dybde.

Velferdsindikatorene hale-, gatt- og brystfinnesår har alle en eller to måneder hvor prevalensen er høyere på 3,5 meters dybde, resten av månedene har liten forskjell mellom dypene. Fisk med øyeblikning har klart høyere prevalens på 10 meter en måned, men liten forskjell resten av månedene. Snutesår og ryggfinnesår har klare forskjeller i flere av månedene, men det svinger mellom å være mest på 3,5 meter og 10 meter. På disse velferdsindikatorene er det vanskelig å se noe sammenheng med miljødataene og dermed også vanskelig å fastslå noe.

Fisken har klart høyere prevalens av bukfinnesår og ryggfinneerosjon på 3,5 meter på vinteren og høyere prevalens av de samme velferdsindikatorene på 10 meter på vår/sommer. Dette kan tyde på at fisk med avvik på disse velferdsindikatorene finner dybden med det kaldeste vannet.

Skjelltap er den velferdsindikatoren som viser en sterkest trend, der tre av fem måneder har en klart høyere prevalens av skjelltap på 10meter sammenlignet med 3,5 meter



## **4.1.2 Er det samsvar mellom velferdsovervåking med kamerateknologi og velferdskåring fra manuelle uttak?**

Det ble registrert mer skjelltap på de manuelle velferdskåringene sammenlignet med de digitale velferdskåringene. Dette har nok en sammenheng med at ved manuelle uttak blir laksen trent og håvet. I en slik håndteringsprosess vil noe av slimlaget forsvinne og skjelltap kan fort skje (Nilsson mfl. 2022). Prevalens av gjellelokkskade hadde ingen store forskjeller mellom de to vurderingsformene, selv om de fleste månedene hadde litt mer registrert gjellelokkskade ved manuelt uttak. Kroppssår og snutesår hadde mer registrerte avvik på den manuelle vurderingen på to av fem måneder og øyeblikning og øyeblikking hadde mer registrerte avvik på manuelle vurderinger på en av fem måneder.

På de aller fleste velferdsindikatorer ble det registrert mer avvik på manuelle uttak sammenlignet med digital velferdskåring. På ingen av velferdsindikatorer ble det registrert klart mer avvik på de digitale velferdskåringene. En mulig forklaring på det er at ved de manuelle uttakene fikk man ikke et representativt utvalg av merden. Nilsson og Folkedal (2019) fant ut at uttaksmetode hadde mye å si for snittvekten på laksen, noe som mest sannsynlig også har noe å si for velferdsstatusen. En annen mulig forklaring er at kameraene ikke klarer å fange opp skår 1 på de forskjellige velferdsindikatorer. Her er det lite forskning gjort, men en kombinasjon av dårlig lys og bare mulighet for å se fisken fra en vinkel kan kanskje være nok til å miste de minste avvikene som er vanskeligst å observere, f. eks. på øye.

## **4.2 Diskusjon av metode**

### **4.2.1 Ikke en standardisert protokoll for velferdskåring**

I perioden denne oppgaven ble jobbet med holdt også arbeidet med prosjektet Laksvel på, Laksvel hadde som mål å lage en standardisert velferdsprotokoll for oppdrettslaks. I denne perioden ble det dermed testet ut litt forskjellige måter å gi velferdskår på, som inkludering og ekskludering av forskjellige velferdsindikatorer. Dette førte til mangel på klare retningslinjer for hvor skille mellom for eksempel skår 1 og 2 skulle være. Når det ikke var en godt innarbeidet standardisert protokoll til stede ble det også mer individuelle forskjeller mellom forskjellige

personer som ga velferdsvurderingen. Dette er et av de vanskeligste punktene for å oppnå en objektiv standardisert protokoll for velferdskåring av laks. Det er uendelig mange måter et avvik på en ryggfinne kan se ut og det er derfor helt nødvendig med så spesifikke retningslinjer som mulig på en protokoll for å få alle som velferdskårer en laks til å skåre det samme.

### **4.2.2 Digital velferdskåring**

Denne oppgaven var blant de første som tok i bruk Aquabyte sin plattform PLALI for å gi laks en velferdsvurdering. Siden dette var en helt ny metode å velferdskåre ble annoteringen kontinuerlig evaluert og diskutert med Aquabyte og veileder, dermed er det en fare for at annoteringen ikke ble helt konsekvent gjennom hele perioden.

I denne oppgaven er det ikke tatt høyde for tidspunkt på døgnet bildene til den digitale velferdskåringen ble tatt. Det er kjent at både fôringstidspunkt og lysregime har en klar innvirkning på den vertikale biomassefordelingen (Oppedal mfl., 2011) og kan påvirke resultatet uten at det oppdages.

## **4.3 Konklusjon**

Dette var en innledende studie på digital velferdskåring hvor man fikk se på noen av mulighetene kamerateknologi kan gi den norske akvakulturnæringen. Kunnskapen og teknologien er kommet så langt at det er mulig å få til en mye mer kontrollert lakseproduksjon ved kontinuerlig overvåking, automatiserte operasjoner og rask prosessering av mye data. Det ble ikke funnet noen klar trend på vertikal fordeling av fisk med forskjellig individbasert velferdsstatus i denne studien. Skjelltap var den eneste velferdsindikatoren som viste en klar større prevalens på 10 meters dybde sammenlignet med 3,5 meters dybde. Ti av nitten velferdsindikatorer viste ingen merkbar forskjell på prevalens på de to dybdene. To velferdsindikatorer svinget med temperaturen, mens resten av velferdsindikatorene svinget uten noen klar forklaring.

På sammenligning av manuell og digital velferdsskåring ble det registrert mer avvik på fisken på de manuelle uttakene. Dette resultatet kan ha flere mulige årsaker, som manglende standardisert vurderingsprotokoll, forskjellige personer som ga velferdsvurdering, ikke representativt utvalg på uttaket til de manuelle vurderingene og begrensinger ved den digitale vurderingen. Her må det mer forskning til for å kartlegge forskjellene.

## **4.4 Forslag til videre forskning**

Effekten individbasert velferdsstatus har på vertikal biomassefordeling er noe som bør forskes mer på. Dette har stor verdi for oppdrettere og kan hjelpe med å få en bedre oversikt over helsestatus i oppdrettsmerden. Ved videre på forskning bør andre faktorer som spiller inn på den vertikale biomassefordelingen være så kontrollerte som mulig, dette kan være faktorer som lys, miljø og fôr.

For å sammenligne digital og manuell velferdsskåring enda bedre bør sammenligningen skje på individnivå. Da bør et antall fisk merkes og deretter bli velferdskårt både manuelt og digitalt og dermed få et mye bedre sammenligningsgrunnlag.

## 5 Referanser

Ang, K. P., Petrell, R. J. (1997). Control of feed dispensation in seacages using underwater video monitoring: effects on growth and food conversion, *Aquacultural Engineering*, Volume 16, Issues 1–2, Pages 45-62, [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(96\)01012-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(96)01012-6).

Brown, C. (2015) Fish intelligence, sentience and ethics. *Anim Cogn* 18, 1–17.  
<https://doi.org/10.1007/s10071-014-0761-0>

Duncan I J H (2005). Science-based assessment of animal welfare: farm animals. *Rev Sci Tech*:483-92. PMID: 16358502.

Folkedal, Ole, Stien, Lars Helge, Nilsson, Jonatan, Torgersen, Thomas, Fosseidengen, Jan Erik, Oppedal, Frode(2012). Sea caged Atlantic salmon display size-dependent swimming depth. *Aquat. Living Resour.* 25, 143–149. Doi: 10.1051/alr/2012007

Fiskeridepartementet (2009). Forskrift om bekjempelse av lus i akvakulturanlegg.  
<https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2009-08-18-1095>

Foster, M., Petrell, R., Ito, M. R., Ward, R. (1995) Detection and counting of uneaten food pellets in a sea cage using image analysis, *Aquacultural Engineering*, Volume 14, Issue 3, 1995, Pages 251-269, ISSN 0144-8609, [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(94\)00006-M](https://doi.org/10.1016/0144-8609(94)00006-M).

Grefsrud, Ellen Sofie, Andersen, Lasse Berg, Bjørn, Pål Arne, Grøsvik, Bjørn Einar, Hansen, Pia Kupka, Husa, Vivian, Karlsen, Ørjan, Kvamme, Bjørn Olav, Samuelsen, Ole, Sandlund, Nina, Solberg, Monica F., Stien, Lars Helge (2022). Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022 – risikovurdering. Effekten på miljø og dyrevelferd i norsk oppdrett.

Hevrøy E.M., Boxaspen K., Oppedal F., Taranger G.L., Holm J.C. (2003). The effect of artificial light treatment and depth on the infestation of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) culture. *Aquaculture* 220, 1–14,  
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00189-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00189-8)

Huntingford, F.A., Adams, C., Braithwaite, V.A., Kadri, S., Pottinger, T.G., Sandøe, P., Turnbull, J.F., 2006. Current issues in fish welfare. *J. Fish Biol.* 68, 332–372.

<https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.001046.x>

Johansson, D., Ruohonen, K., Juell, J-E., Oppedal, F. (2009) Swimming depth and thermal history of individual Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.) in production cages under different ambient temperature conditions. *Aquaculture* 290, 296-303.

Jordan, M.I., Mitchell, T.M. (2015). Machine learning: trends, perspectives, and prospects. *Science* 349(6245), 255–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>

Kolle, Nils (2014). Kp 4 – Gjennombruddet i Hovland, E. mfl., Over den leiken ville han rå, Norsk havbrukshistorie”. (s. 118) Fagbokforlaget

Magurran, A.E. (1993). Individual differences and alternative behaviours In Pitcher, T.J., ed. *The Behaviour of Teleost Fishes*, 2nd edn. London: Chapman and Hall.

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., Shannon, C. E. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31 1955. *AI Magazine* Volume 27 Number 4 (2006). <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>

Nilsson J, Folkedal, O., Fosseidengen, J. E., Stien, L. H., Oppedal, F. (2013) PIT tagged individual Atlantic salmon registered at static depth positions in a sea cage: Vertical size stratification and implications for fish sampling. *Aquacultural Engineering*, Volume 55, <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.02.001>.

Nilsson, J, Folkedal, O (2019). Sampling of Atlantic salmon *Salmo salar* from tanks and sea cages is size-biased, *Aquaculture*, Volume 502, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.053>.

Nilsson J., Moltumyr, L., Madaro, A., Kristiansen, T. S., Gåsnes, S. K., Mejdell, C. M., Gismervik, K., Stien, L. H. (2019) Sudden exposure to warm water causes instant behavioural

responses indicative of nociception or pain in Atlantic salmon, *Veterinary and Animal Science*, Volume 8, <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100076>.

Nilsson, J., Gismervik, K., Nielsen, K. V., Iversen, M. H., Noble, C., Kolarevic, J., Frotjold, H., Nilsen, K., Wilkinson, E., Klakegg, B., Hauge, H. S., Sæther, P. A., Kristiansen, T, Stien, L. H. (2022) Laksvel – Standardisert operasjonell velferdsovervåking for laks i matfiskanlegg.

Noble, C., Nilsson, J., Stien, L.H., Iversen, M.H., Kolarevic, J., Gismervik, K., (2018). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd.

Norges sjømatråd (2022) «Sjømateksperten passerte 120 milliarder kroner i fjor». Hentet: 04.03.22. <https://seafood.no/aktuelt/nyheter/sjomateksperten-passerte-120-milliarder-kroner-i-fjor/>

Nærings- og fiskeridepartementet(2008). Forskrift om drift av akvakulturanlegg. <http://www.lovdatabank.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20080617-0822.html>

Oppedal, F., Dempster, T., Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review, *Aquaculture*, Volume 311, Issues 1–4, Pages 1-18, ISSN 0044-8488. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.020>.

Oppedal, F., Juell, J-E., Taranger, G. L., Hansen, T. (2001). Artificial light and season affects vertical distribution and swimming behaviour of post-smolt Atlantic salmon in sea cages. *Journal of Fish Biology*(2001)58,1570–1584. Doi:10.1006/jfbi.2001.156

Read, Nick (2008) Fish farmer's perspective of fish welfare. Branson EJ (ed) *Fish Welfare* pp 101-110. Blackwell Publishing: Oxford, UK. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470697610.ch7>

RStudio (2021): Open source & professional software for data science teams. RStudio, PCB, Boston, MA. URL: <https://rstudio.com/>

Segner H, Sundh H, Buchmann K, Douxfils J, Sundell KS, Mathieu C, Ruane N, Jutfelt F, Toften H and Vaughan L (2012) Health of farmed fish: Its relation to fish welfare and its utility as welfare indicator. *Fish Physiology and Biochemistry* 38(1): 85-105.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10695-011-9517-9>

Sommerset I, Walde C S, Bang Jensen B, Wiik-Nielsen J, Bornø G, Oliveira VHS, Haukaas A og Brun E. Fiskehelse rapporten 2021, Veterinærinstituttets rapportserie nr. 2a/2022, utgitt av Veterinærinstituttet 2022

Stien, L. H., Bracke, M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T., Kittilsen, S., Midtlyng, P. J., Vindas, M. A., Øverli, Ø. & Kristiansen, T.S. (2013) Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture* 5, 33-57. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01083.x>

Thorpe, J. E., Talbot, C., Miles, M. S., Rawlings, C., Keay, D. S.(1990) Food consumption in 24 hours by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a sea cage. *Aquaculture*, 90: 41-47.

[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90281-Q](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90281-Q).

Wall, T. & Bjerkås, E. (1999) A simplified method of scoring cataracts in fish. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 19(4), 162-165.

