

IFELT

FHF PROSJEKT: 901836

30.06.2025

KONTAKTPERSON: ARNFINN AUNSMO, SALMALYTICS AS

(arnfinn@salmalytics.no)

Studiedesign for kontinuerlig evaluering av sykdomsforebyggende tiltak i felt.

Automatisert gruppetilordning og datafangst i kliniske feltforsøk

Forfattere: Arnfinn Aunsmo¹, Paul J. Midtlyng¹, Audhild Blomsø², Ingar S. Nerbø², Anne Bakke Fylling³,
Daniel Egen Lauritzen⁴, Aoife Westgård⁵, Eystein Skjerve¹.

¹Salmalytics AS, ²Optoscale AS, ³Previwo AS, ⁴Sinkaberg AS, ⁵Emilsen Fisk AS.

Sluttrapport til FHF, 30.06.2025



Tittel (norsk og engelsk):

iFelt: Studiedesign for kontinuerlig evaluering av sykdomsforebyggende tiltak i felt

iFelt: Study Design for Continuous Evaluation of Disease Prevention Measures in the Field

Ansvarlig organisasjon: Salmalytics AS**Prosjektleder:** Arnfinn Aunsmo**Forfattere:** Arnfinn Aunsmo¹, Paul J. Midtlyng¹, Audhild Blomsø², Ingar S. Nerbø², Anne Bakke Fylling³, Daniel Engen Lauritzen⁴, Aoife Westgård⁵, Eystein Skjerve¹.

(¹Salmalytics AS, ²Optoscale AS, ³Previwo AS, ⁴Sinkaberg AS, ⁵Emilsen Fisk AS.)

Distribusjon: Åpen

Prosjektnr. FHF: 901836**Oppdragsgiver:** Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering**Oppdragsgivers referanse:** 901836**Program:** Havbruk, fiskehelse og fiskevelferd**Antall sider:** 45

Hvordan sitere:

Aunsmo A., Midtlyng P.J., Blomsø A., Nerbø I.S., Fylling A.B., Lauritzen D.E., Westgård A., Skjerve E. Studiedesign for kontinuerlig evaluering av sykdomsforebyggende tiltak i felt. 2025. FHF Prosjekt Ifelt 901836. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901836/>

Kopiering tillatt når kilde gjengis.

Sammendrag

Prosjektmål

iFelt-prosjektet har utviklet og evaluert en ny metode for å gjennomføre kohabitante randomiserte feltstudier i kommersielt lakseoppdrett ved hjelp av kamerateknologi og standardiserte kontinuerlige målinger, og uten håndtering av fisken. Hovedmålet var å etablere en robust metodikk for automatisk kontinuerlig datafangst og individbasert gruppetilordning både i sjø og ved slakt, noe som muliggjør nøyaktig evaluering av ulike biologiske tiltak.

Metodikk

I prosjektet ble merka (10 %) og umerka fisk (90 %) satt sammen ved vaksineringsprosessen ble blokkert a 70 fisk merka med fettfinneklipp og badet i Stembiont® Vital og straks satt sammen med den umerka og ubehandlede gruppen. I sjøfasen ble gruppetilordning og utfallsvariablene vekt, sår og lus registrert automatisk ved hjelp av Optoscale undervannskamera. På samme måte ble gruppetilordning koblet med registreringer av hvert individ på slakteriet ved hjelp av et kamerasystem fra Baader.

Validering

Begge kamerasystemene viste høy treffsikkerhet i gruppetilordningen. I sjøfasen oppnådde Optoscale 99.9 % spesifisitet (andelen av umerka fisk som korrekt ble klassifisert som umerka) og 94.6 % sensitivitet (andelen av merka fisk som korrekt klassifiseres som merka) i tilordning til gruppe. Kamerasystemet som ble brukt på slakteriet (Baader) oppnådde tilsvarende høy spesifisitet, mens sensitiviteten ikke ble undersøkt.

Resultater biologi

Designet av studien gjorde det mulig å bruke data fra enkeltfisk som ga ca. 400 000 observasjoner fra sjøfasen og 290 000 individer ved slakt. Det ble ikke påvist forskjeller i tilvekst eller forekomst av sår mellom behandlingsgruppene. Vi fant imidlertid betydelig lavere nivå lus hos merka fisk, spesielt for kjønnsmodne hunnlus hvor reduksjonen var hele 45 % og statistisk sikker. Ved analyse av slaktedata ble det avdekket 12 - 15 % forekomst av ryggdeformiteter hos umerka kontrollfisk, og dette hadde negativ effekt på tilvekst og kvalitet. Ryggdeformitetene kunne knyttes opp mot spesifikke forhold i landanlegget, og hvor én spesifikk vaksine og forhold i ett kar ble assosiert med problemet.

Produksjon og økonomi

En planlagt analyse av Stembiont® Vital effekt på sår og tilvekst ble ikke gjennomført fordi det ikke var sikker forskjell mellom gruppene. Derimot ble det utført modelleringer som viser konsekvensene av ryggdeformitetene på produksjon og økonomi, basert på økt nedklassifisering og redusert slaktevekt.

Konklusjon

iFelt viser at avansert kamerateknologi og automatisert datafangst muliggjør storskala feltstudier i kommersielt oppdrett. Metodikken bør brukes til fremtidig dokumentasjon av tiltak mot sykdom og valg av tiltak i produksjon, hvor randomisering, standardiserte registreringer og stor N er viktige forbedringer. Design og metode viser økt oppløselighet og kan dermed avdekker selv små forskjeller av interesse og har et stort potensial for bedret feltdokumentasjon av vaksiner og tilsvarende tiltak.

Summary

Project Objectives

The iFelt project has developed and evaluated a novel method for conducting cohabitant randomized field trials in commercial salmon farming. This was achieved using camera technology and standardized, continuous measurements without fish handling. The primary goal was to establish a robust methodology for automated, continuous data collection and individual-based group allocation - both at sea and at slaughter - enabling accurate evaluation of various biological interventions.

Methodology

In the project, marked (10 %) and unmarked fish (90 %) were stocked cohabitant at time of vaccination. Throughout the vaccination process, blocks of approximately 70 fish were marked by adipose fin clipping and bathed in Stembiont® Vital. During the sea phase, group allocation and outcome variables such as weight, wounds, and lice levels were recorded automatically, using Optoscale underwater cameras. Similarly, group allocation was linked to slaughterhouse records via a camera system from Baader.

Validation

The systems demonstrated a high accuracy in group classification. Optoscale achieved 99.9 % specificity and 94.6 % sensitivity in identifying marked fish. Baader showed similarly high specificity, though sensitivity was not assessed.

Biological Results

The systems enabled individual-level data analysis, with around 400 000 observations collected at sea and 290 000 fish recorded at slaughter. No differences in growth or wound prevalence were observed between treatment groups. However, lice levels were significantly lower in marked fish, particularly adult female lice, with a 45 % reduction. Slaughter data revealed a 12–15 % prevalence of spinal deformities in unmarked fish, which were associated with reduced growth and product quality. These deformities were associated with factors in the land production facility, and specifically to one vaccine and a specific tank.

Production and Economics

A planned analysis of Stembiont® Vital's effects on wound prevalence and growth was not carried out due to a lack of clear differences between the groups. However, modelling was conducted to assess the impact of spinal deformities on production and economics, based on increased downgrading and reduced harvest weight.

Conclusion

iFelt demonstrates that advanced camera technology and automated data capture enable precise field studies in commercial aquaculture. This methodology strengthens the foundation for future documentation of disease control measures and basis for decisions, emphasizing the importance of randomization, standardized data collection, and large sample sizes. The project enhances biological insight and resolution, and the method holds strong potential for improved field validation of vaccines and similar interventions.

Definisjoner

Definisjoner av faguttrykk slik de er brukt i prosjektet.

Blokkrandomisering – Tilfeldig uttak og merking av puljer (blokker) av fisk gjennom hele vaksinasjonsprosessen.

Fast effekt (fixed effect) – En forklaringsvariabel med en konstant effekt innenfor en gitt studie, som ikke varierer tilfeldig.

Forklaringsvariabel – En faktor eller variabel som antas å kunne forklare variasjon i utfallsvariabelen.

Kondisjonsfaktor (KF) – Forholdet mellom lengde og vekt hos fisk, beregnet som:

$$KF = \frac{Lengde(cm) * 100}{Vekt (g)^3}$$

Konfundring (confounding) – En forvekslingsfaktor som påvirker både forklaringsvariabelen og utfallsvariabelen, og som kan føre til systematiske skjevheter dersom den ikke tas høyde for i analysen.

Mixed model – En statistisk modell som kombinerer både faste og tilfeldige effekter for å forklare variasjonen i en utfallsvariabel.

Poisson-fordeling – En sannsynlighetsfordeling av diskrete (ikke kontinuerlige) variabler som beskriver forventet antall tilfeldige utfall innenfor et gitt tidsrom eller område (antall sår, antall lus).

Sensitivitet – Andelen av merka fisk som korrekt klassifiseres som merka.

Spesifisitet – Andelen av umerka fisk som korrekt klassifiseres som umerka.

Tilfeldige effekter (random effect) – Variasjon knyttet til spesifikke nivåer i en hierarkisk struktur, som for eksempel «merd-effekt» eller «lokalitets-effekt».

Utfallsvariabel – Egenskap eller måling man ønsker å undersøke i en studie, for eksempel forekomst av sår.

Validitet – Gyldighet. Hvor godt en metode eller instrument måler det den er ment å måle.

Innhold

Sammendrag.....	3
Summary	4
Prosjektorganisering.....	7
Prosjektets omfang.....	8
Prosjektets leveranser	8
Problemstilling og bakgrunn	9
Planlagte studier	10
Metoder og design	11
Godkjenning av merkemetode.....	11
OptoScales kamerasystem	11
Validering av Optoscale-tilordning og Baader-tilordning	13
Justering av antall lus (OptoScale)	13
Studiedesign forsøksmerder	14
Prosjektgjennomføring.....	14
Gjennomføring av fiskeforsøket i felt samt innhenting av data	14
Tallbehandling og statistiske metoder.....	19
Resultater fra grafiske og statistiske analyser.....	21
Vurdering av algoritmer for tilordning av fisk til merka gruppe, OptoScale	21
Vurdering av algoritmer for tilordning av fisk til merka gruppe, Baader	22
Resultater fra daglige registreringer i sjøfasen	24
Analyse av slakteridata	28
Effekt av ryggdeformitet på produksjon og økonomi.....	31
Diskusjon og konklusjon	33
Metode	33
Tilordning av fisk som merka/ umerka med merd-registreringer i felt.	34
Biologiske funn.....	34
Hovedfunn	37
Takk til	37
Referanser	38
Vedlegg.....	40

Prosjektorganisering

iFelt ble gjennomført av prosjektpartnerne og ble ledet av prosjektleder og ei prosjektgruppe, med innspill fra en referansegruppe og en prosjektansvarlig fra FHF.

Prosjektpartnere

Salmalytics AS
Previwo AS
OptoScale AS
Sinkaberg AS
Emilsen Fisk AS (partner i etterkant av søknad)

Prosjektleder

Arnfinn Aunsmo, Salmalytics AS - Daglig leder

Prosjektgruppe

Audhild Blomsø, OptoScale AS - CPO
Kira Salonius, Previwo AS CEO (fram til mai 2024)
Anne Bakke Fylling, Previwo AS - Head of Product
Bjørn Gillund, Sinkaberg AS (fram til juli 2023)
Daniel Engen Lauritzen, Sinkaberg AS - Konsernleder fiskehelse
Aoife M. Westgård, Emilsen fisk AS - Leder for fiskehelse og biosikkerhet
Paul J. Midtlyng, Salmalytics AS - Seniorforsker
Jostein Mulder Pettersen, Salmalytics AS – Seniorforsker (fra august 2024)
Eystein Skjerve, Salmalytics AS - Seniorforsker

Studenter NMBU Veterinærfakultetet

Martin Skjåvik
Lisa Fari

Referansegruppe

Torstein Kristensen, Scale Aquaculture AS (ScaleAQ) – Fagsjef Biologi
Svein Martinsen, MoreFish AS – Daglig leder
Magnus Vikan Røsæg, SalMar Farming AS - Genetikksjef

Prosjektansvarlig fra FHF:

Sven Martin Jørgensen, fagsjef FHF (til oktober 2024)
Morten Lund, fagsjef FHF (fra oktober 2024)

Prosjektet ble organisert gjennom prosjektgruppa med faste månedlige møter på Teams, supplert med ekstra møter ved behov. I tillegg ble det gjennomført fire fysiske prosjektmøter. All prosjekt-dokumentasjon ble lagret i en felles mappe på Teams. Arbeidet i prosjektet ble utført både av enkeltpartnere og i samarbeid mellom flere partnere, avhengig av oppgaven. Det ble også avholdt temaspesifikke møter i ulike faser av prosjektet. Det er gjennomført 5 møter med referansegruppa i prosjektperioden.

Prosjektets omfang

iFelt ble finansiert av FHF under fagområdet Havbruk – Fiskehelse og fiskevelferd, med prosjektnummer 901836. Prosjektet hadde oppstart 1. februar 2023 og ble avsluttet 30. juni 2025. Den totale bevilgningen var på 7,93 millioner kroner, hvorav 5,65 millioner ble tildelt av FHF. Øvrig finansiering kom som egeninnsats: 1,5 millioner kroner fra OptoScale AS, 300 000 kroner fra Previwo AS og 481 000 kroner fra Sinkaberg AS og Emilsen Fisk AS. I tillegg bevilget FHF ytterligere 500 000 kroner for å dekke kostnader knyttet til utvikling av gruppetilordning ved Baader-systemet ved slakteriet.

Prosjektets leveranser

Prosjektets leveranser tilgjengelige via FHF sin prosjektbase:

<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901836/>

1. Midtlyng, P., Blomsø A, Nerbø IS, Fylling AB, Skjerve E, & Aunsmo A. (2024). Veileder for automatisk deteksjon av merka laks til bruk for forskning og evaluering av helsefremmende tiltak i felt.
2. Aunsmo A. Randomisert kohabitant design for evaluering av tiltak mot sår og lus. Presentasjon på Havbruk 2024 Tromsø 23.10.24.
3. Fari LN, & Skjåvik MJB. (2024). Feltstudie for beskrivelse av sår og validering av modell for kameraregistrering av fettfinneklippt oppdrettet atlantisk laks i sjøfasen. Fordyppingsoppgave NMBU – Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Veterinærhøgskolen.
4. Aunsmo A., Midtlyng P.J., Blomsø A., Nerbø I.S., Fylling A.B., Lauritzen D.E., Westgård A., Skjerve E. (2025). Studiedesign for kontinuerlig evaluering av sykdomsforebyggende tiltak i felt - Automatisert gruppetilordning og datafangst i kliniske forsøk. Sluttrapport FHF.
5. Publikasjoner vil bli registrert i prosjektbasen ved innsendelse og oppdatert ved publisering.

Presentasjoner iFelt

1. Midtlyng P. 2023. Validation of automated camera-based assignment of marked salmon for field trials in commercial marine farming. EAFF Conference, Aberdeen.
2. Aunsmo A. 2023. Studiedesign for kontinuerlig evaluering av sårutfordringer i felt – iFelt. Webinar1 for sårprosjekt i FHF.
3. Aunsmo A. 2024. Randomisert kohabitant design for evaluering av tiltak mot sår og lus. Presentasjon på Havbruk 2024 Tromsø.
4. Aunsmo A. 2023. Randomisert kohabitant design for evaluering av tiltak mot sår og lus Webinar2 for sårprosjekt i FHF.
5. EAFF Conference 2025. Innsendt Abstract.

Problemstilling og bakgrunn

Bakgrunn

Effekten av tiltak mot sykdom i fiskeoppdrett vurderes vanligvis i to trinn: først gjennom småskalaforsøk i kontrollerte laboratorier, deretter i fullskala feltstudier. Småskalastudier gir høy intern validitet, men resultatene (effektene) er ofte vanskelig å overføre til kommersielle forhold. Feltstudier gir større generaliserbarhet, men er metodisk krevende og utsatt for ulike forstyrrelser under gjennomføringen.

I tradisjonelle feltstudier sammenlignes gjerne hele behandlede merder mot hele ubehandlede merder, noe som gir få observasjoner, lav kontroll over variasjonen mellom enhetene i drifts- og miljøforhold, i sykdomsutvikling og har derfor store begrensinger i påliteligheten (Midtlyng et al., 2024). I slike oppsett blir sammenligning av effekt mellom gruppene dessuten begrenset til et fåtall spesifikke tidspunkter med manuelle prøveuttak. En bedre løsning er å bruke gruppemerking, og deretter la merka og umerka fisk gå i samme merd. Dette sikrer like driftsforhold gruppene gjennom hele produksjonen og gjør det mulig å måle selv små effekter.

For å kunne følge enkeltfisk eller grupper av fisk gjennom produksjonen, trengs effektive metoder for merking og datainnsamling (Aunsmo, Larssen, et al., 2008; Røsæg et al., 2021). Fettfinneklipping i kombinasjon med moderne kamerateknologi og bildeanalyse muliggjør identifisering av gruppetilhørighet samtidig med innsamling av biologiske data, som vekt, sårstatus og lus fra vedkommende fisk kontinuerlig (Bui et al., 2024).

Grunnleggende prinsipper fra medisinsk statistikk inkluderer design med blokkrandomisering (Burger et al., 2021). iFelt benyttet et blokkrandomisert kohabitant design ved oppstart (Aunsmo, Larssen, et al., 2008; Røsæg et al., 2021), og hvor algoritmer (OptoScale og Baader) automatisk tilordnet bilder av enkeltfisk fisk til merka eller umerka gruppe. Teknologien muliggjør automatisk høsting av standardiserte data fra merka og umerka grupper uten å fysisk håndtere fisk.

Intervensjonen som ble testet var probiotisk badebehandling med Stembiont® Vital (Steen Dobloug, 2025). Probiotiske Aliivibriobakterier er vist i å kolonisere laks i minst 9 måneder og videre vist å redusere lakselus i laboratoriestudier (Steen Dobloug et al., 2023, 2024). Feltoppsett (merd-sammenligninger) indikerer lavere dødelighet, sårforekomst og lusenivåer i merder behandlet med Stembiont® Vital (<https://www.kyst.no/bedre-kontroll-med-sar-og-lus/1786838>).

Kombinasjonen av kamerabasert registrering, systematisk forsøksdesign og streng randomisering kan gi en vesentlig forbedring av studier på effekt av intervensjoner i fiskeoppdrett, som dette prosjektet ønsket å utvikle og dokumentere for framtidig bruk.

Mål

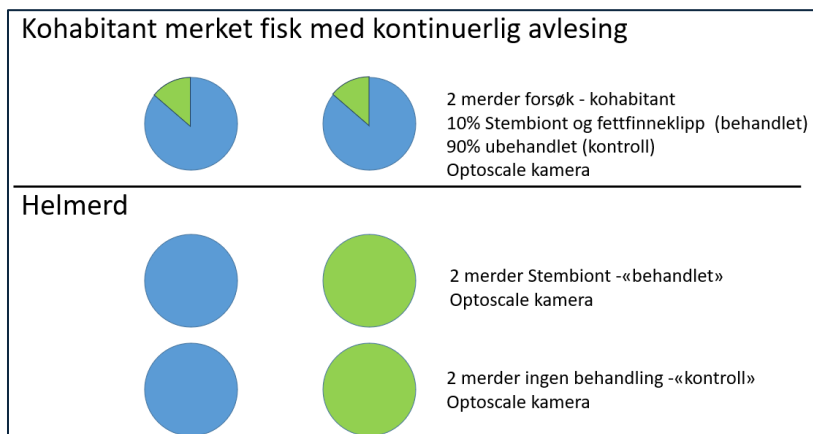
Prosjektet hovedmål var å utvikle en metode for gjennomføring av feltstudier med høy oppløsning for kontinuerlig evaluering av tiltak mot sår og andre helseutfordringer, samt gjennomføre kost-nytte vurdering av tiltaket.

Delmål

1. Utvikle og validere bruken av biomassekamera for løpende tilordning av fisk til forsøks- og kontrollgrupper i kohabitant- feltforsøk, med samtidig registrering av biologiske data per fisk.
2. Videreutvikle og validere system for sanntids kvantifisering av sår, sårheling og tilvekst samt estimering av luseantall.
3. Evaluere effekten av den valgte intervensjon mot sår (Stembiont® Vital) både biologisk og økonomisk (kost-nytte).

Planlagte studier

Prosjektet var planlagt med kamerabasert overvåking av fisk i to kohabitantmerder, samt i fire helmerder uten kohabitantdesign – to med behandling og to uten – som vist i Figur 1. Kohabitantmerdene skulle gi registreringer av fisk i samme miljø, men helmerdene var planlagt å vise effekt av hele behandlede merder. Sammenligningene av helmerder ga ikke ønsket oppsett og registreringer, og er ikke videre beskrevet.



Figur 1. Oversikt over planlagt oppsett av forsøksmerder og helmerder.

Metoder og design

Metodene brukt i iFelt er både utviklet og videreutviklet i iFelt og tilpasset gjennom prosjektet.

Følgende elementer inngikk i metodeutviklingen:

- Teknikk for blokkrandomisering med behandling under vaksineringsprosessen
- Kamerabasert gruppetilordning av fisk, med validering både i sjøfasen (OptoScale) og ved slakteri (Baader)
- Løpende registrering av biologiske variabler (vekt, sår, lus) koblet til vedkommende individs gruppetilhørighet (merka eller umerka)
- Opprettelse av individbaserte datasett med tidsstempel
- Omregning fra observerte til estimerte lusetall
- Kontroll av feilverdier og klargjøring av datasett for analyse
- Valg og bruk av grafiske og statistiske analyseteknikker tilpasset forsøksdesignet

Godkjenning av merkemetode

Prosjektet startet med å etablere protokoll og sende søknad til Forsøksdyrutvalget som godkjente fettfinneklipping som merkingsmetode (FOTS ID 301519).

OptoScales kamerasystem

OptoScale leverer et undervanns kamerasystem for kontinuerlig, automatisk overvåking av laks i merd. Systemet kombinerer høyoppløselig stereo-fargekamera og justerbare LED-lys, og benytter bildeanalyse og maskinlæring til å registrere og analysere sentrale forsøks- og produksjonsparametere uten å måtte håndtere fisken.

Vektestimering:

Fiskenes vekt estimeres ved hjelp av stereobilder som gir nøyaktige målinger av kroppsdimensjoner. Volum beregnes ut fra 3D-modellering, og vekten anslås gjennom en prediktiv modell trent på fisk med kjent vekt.

Automatisk telling av lakselus:

Systemet benytter bildeanalysemodeller trent for både gode og dårlige siktforhold, og registrerer tre kategorier: kjønnsmodne hunnlus, mobile stadier av lakselus og skottelus. Lusetellingene baseres på segmentering av bildet, der plassering og omriss brukes for å filtrere bort falske deteksjoner og å estimere total mengde av hver lusekategori per fisk.

Sårregistrering:

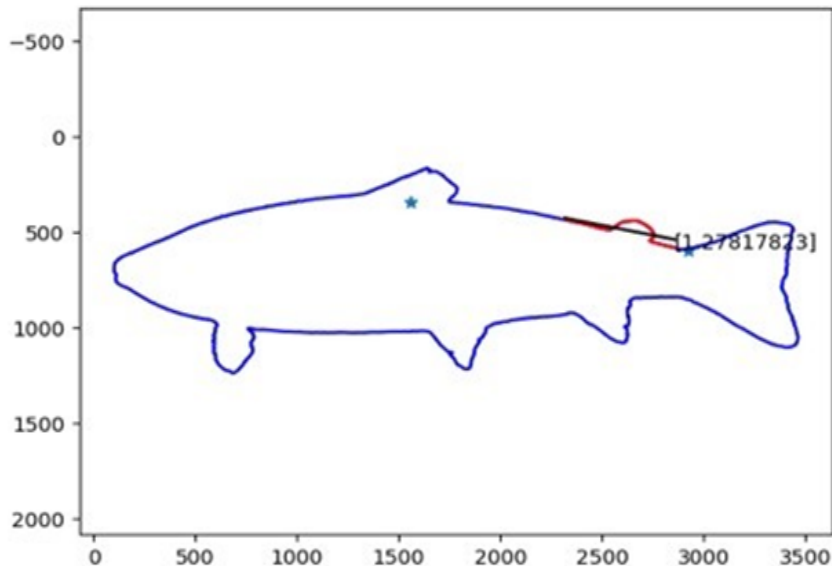
Antall sår registreres på den synlige siden av fisken, og den estimerte antallet sår for hver fisk beregnes ved å justere for sannsynligheten for at sår også finnes på motsatt, ikke-synlig side. Bildeanalysen identifiserer morfologiske trekk som kan skille akutte sår fra sår i avheling:

- 1) «Akutte sår»: Lesjoner gjennom huden med tydelig rødfarge, sårkant og i noen tilfeller hevelse i omkringliggende vev.
- 2) «Helende sår»: Lesjoner gjennom huden der mer enn halve sårflaten er dekket av mørkt melanin eller lys hinne, med en mer irregulær sårkant og uten hevelse i vevet. I rapporten kalles dette avhela sår.

Finneklipping og tilordning til behandlingsgruppe

Algoritmen for tilordning av fisk til behandlingsgruppe som er utviklet i iFelt brukte konturen mellom ryggfinne og halerot til å beregne en «finneverdi» – et mål på avviket fra en rett linje (Figur 2). Denne verdien skilte systematisk mellom klipt og uklipt fisk, hhv. omtalt som merka og umerka fisk/gruppe. Algoritmen ble brukt i merdene M13 og M14 og dannet grunnlaget for analysene fra sjøfasen.

Grensene for finneverdi som pålitelig kan skille merka fra umerka fisk ble optimalisert på grunnlag av resultatene fra et studentprosjekt.



Figur 2.
Prinsippkisse for etablering av en finneverdi som grunnlag for tilordning av fisk som merka eller umerka

Validering av Optoscale-tilordning og Baader-tilordning

Optoscale

Valideringen av OptoScales metode for å gjenkjenne merking ved fettfinneklipping ble gjennomført som et studentprosjekt ved NMBU (Fari & Skjåvik, 2024). Dette prosjektet er også publisert via FHF's prosjektbase (<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901836/>).

I et forprosjekt ble 45 bilder brukt til kalibrering mellom studentene og veileder, der bilder ble klassifisert som klipt/merka (1), uklipt/umerka (0) eller usikker (2). Målet var å oppnå enighet om bedømmelsen og redusere feilklassifisering.

I hovedstudien vurderte de to observatørene de 870 bildene uavhengig fra hverandre. Resultatene ble samlet og gjennomgått med veileder og prosjektleder for å etablere en «gullstandard» for klipt fettfinne. Denne dannet grunnlag for beregning av sensitivitet, spesifisitet og prediktive verdier for OptoScales automatiserte tilordning.

Baader

Sinkaberg AS og Baader (leverandør til slakteriet) utviklet i samarbeid med iFelt-prosjektet et kamerabasert system for automatisk tilordning av merka og umerka individer på slaktebåndet. Systemet koblet gruppetilhørighet med eksisterende registreringer som vekt, lengde og kvalitetsklasse for samme individ. Data ble lagret i slakteriets system og eksportert som individdata for merdene 12, 13 og 14 fra Stasøya.

Det var planlagt en validering tilsvarende som for Optoscale-systemet, men data og bilder fra Baader-systemet ble ikke tilgjengelig for prosjektet. Til å beregne spesifisitet for Baader-systemet ble derfor M12 (bare umerka fisk) brukt for å estimere korrekt identifiserte uklipte fisk. Ettersom en gruppe med 100 % merka fisk ikke var tilgjengelig kunne sensitiviteten ikke beregnes på tilsvarende måte.

Justering av antall lus (OptoScale)

Som del av OptoScale-algoritmen justeres registrerte lusetall for å gi et mer realistisk estimat av faktisk lusenivå. Registreringer på fiskens rygg beholdes uendret, mens lus observert på kroppssiden dobles – basert på antagelsen om at det også finnes en lus på motsatt side (personlig meddelelse, Nerbø, OptoScale). Dette gir et estimat som er bedre korrelert med faktiske tall enn bruk av rådata alene.

Tabell 1 viser hvordan observerte tellinger konverteres til estimerte verdier basert på data fra merd M14. Tabellen leses horisontalt – for eksempel ble 18 218 fisk med én observert lus fordelt på 13 751

fisk med én estimert lus og 4 467 med to estimerte lus. De estimerte verdiene er brukt i alle analyser av lusenivå i rapporten. Det ble ikke funnet forskjeller i konverteringsmønster mellom merka og umerka fisk, noe som tyder på lik plassering av lus i begge grupper og indikerer liten eller ingen effekt av manglende fettfinne.

Tabell 1. Konvertering fra lusetall registrert av OptoScale-kamera til beregna antall voksne hunnlus.

Voksne hunnlus, telling	Voksne hunnlus, estimert										Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	
0	190,233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190,233
1	0	13,751	4,467	0	0	0	0	0	0	0	18,218
2	0	0	980	578	221	0	0	0	0	0	1,779
3	0	0	0	90	68	31	4	0	0	0	193
4	0	0	0	0	8	11	4	0	1	0	24
5	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	4
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Total	190,233	13,751	5,447	668	297	43	11	2	1	1	210,454

Studiedesign forsøksmerder

Som nevnt innledningsvis ble merdene M13 og M14 satt opp med et blokk-randomisert kohabitantdesign, der testgruppen var merka med fettfinneklipping. Omtrent 10 % av fisken ble behandla med Stembiont® Vital og merka (fettfinneklippet) under vaksinasjon, mens fisken var bedøvet. Den merka fisken ble umiddelbart satt tilbake sammen med umerka (kontroll-) fisk i samme tank, og hadde dermed identisk forløp som den umerka gruppen fram til slakting.

For detaljer om metoden vises det til prosjektets veileder: «*Veileder for automatisk deteksjon av merka laks til bruk for forskning og evaluering av helsefremmende tiltak i felt*», tilgjengelig i FHF's prosjektbase: [FHF-prosjekt 901836](#).

Prosjektgjennomføring

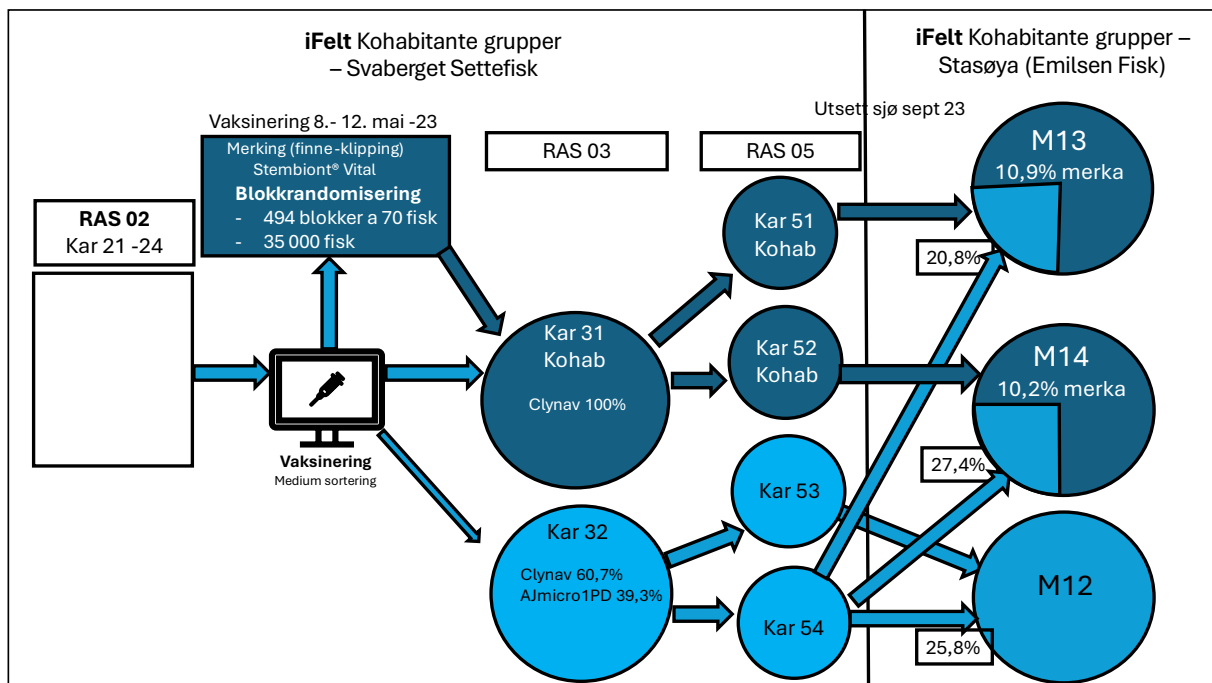
Gjennomføring av fiskeforsøket i felt samt innhenting av data

Ferskvannsfasen

Forsøket startet ved Svaberget settefiskanlegg med fiskegruppe SS-2023-q3 av AquaGen-stamme som sto i kar 21-24 i RAS02. Forsøksgruppene ble etablert under vaksinerings 8.–12. mai 2023, da fisken veide i snitt 52–55 gram basert på anleggets FishTalk-verdier. To Maskon-maskiner ble brukt samtidig, og utløpet fra begge var koblet til et felles rør. Fisk som skulle merkes ble manuelt tatt ut via en Y-kobling i utløpssystemet.

Fisk ut fra vaksinasjonsmaskinen ble sortert i størrelsene stor, medium og liten, og hvor kun medium fisk ble brukt i forsøket. Totalt ble 492 blokker med et gjennomsnitt på 70 fisk (Standardavvik 20.8) tatt ut gjennom hele vaksineringsprosessen, fettfinneklipt og badet med Stembiont® Vital. Behandlingsbadet var i tillegg tilsatt 10 ‰ salt (for å holde liv i Stembiont kulturen) samt vedlikeholdsbedøvelse. Det ble totalt merka og behandla 35 007 individer (manuell telling), og omtrent hver tiende blokk ble veid. Merka fisk gikk kun til kar 31 i RAS03, jfr. mørkeblå del av Figur 3.

Prosjektet var opprinnelig planlagt med full blokkrandomisering, men dette lot seg ikke gjennomføre fullt ut ved utsett da antall fisk til M13 og M14 ble for lavt. Man besluttet derfor å supplere begge kohabitantmerkene med umerka fisk av samme størrelsessortering fra kar 54 (lyseblå del av figur 3).



Figur 3. Oversikt over gjennomført design for kohabitant-merkene M13 og M14. Hele ferskvannsfasen til venstre i figuren var på Svaberget Settefisk, med utsett i de to kohabitantmerkene til høyre på sjø-lokalitet Stasøya (Emilsen Fisk). Full blokkrandomisering var planlagt, men fisk fra Kar 32 (via kar 54) ble ikke randomisert og inngikk i kontrollgruppe i M13 og M14.

Kar 31 og 32 ble splittet og flyttet til henholdsvis kar 51/52 og 53/54 i RAS 05 i juni 2023. Fisk fra kar 54 ble supplert til M13 (20.8 %), M14 (27.4 %) og M12 (25.8 %) (Figur 3). Andel merka fisk i kar 31 ble estimert likt i forhold til antall mellom kar 51 og 52. Grunnet utfordringer med vaksineleveranser ble det brukt 2 forskjellige PD vaksiner til kar 32 (Tabell 2).

Tabell 2. Oversikt over vaksinerings av kar 31 (kohabitant fisk) og kar 32 (ikke kohabitant fisk). Det ble brukt to forskjellige PD vaksiner i kar 32.

Dato	Kar	Vekt gr.	AJ micro6	A ERM	Clynav	AJ micro 1 PD
08.05.2023	31	52.0	117 239	117 239	117 239	
09.05.2023	31	53.5	119 156	119 156	119 156	
10.05.2023	31	53.5	18 947	18 947	18 947	
Sum 31			255 342	255 342	255 342	
10.05.2023	32	54.5	115 843	115 843	115 843	
11.05.2023	32	54.7	39 694	39 694	39 694	
11.05.2023	32	54.7	75 296	75 296		75 296
12.05.2023	32	54.1	25 510	25 510		25 510
Sum 32			256 343	256 343	155 537	100 806

AJ micro6 – ALPHA JECT micro 6 “PHARMAQ” inj.; A ERM – Alpha ERM Salar “PHARMAQ” inj.; Clynav – Clynav “MSD Animal Health” inj. AJ micro 1 PD – ALPHA JECT micro 1 PD “PHARMAQ” inj.

De første 10 dagene etter vaksinerings var dødeligheten lav med 0.36 % i merka gruppe og 0.48 % i umerka. Samlet dødelighet fra vaksinerings tidlig i mai til utsett i september var også lav, med totalt 1.4 % i kar 31 og 1.9 % i kar 32. All fisk gikk i samme resirkuleringsløyfer (RAS 03 og RAS 05) etter vaksinerings/ behandling og fikk samme fôr. Vannkvalitet ble overvåket daglig, og død fisk ble registrert som merka eller umerka. Det ble ikke registrert noe påfallende hendelser i drift, miljø eller fiskehelse i perioden i landanlegget.

Sjøfasen

Fisken ble satt ut i merdene september 2023 og slakta høsten 2024. Antall fisk i hver merd med opprinnelseskår finnes i Tabell 3. Tabell 4 viser totalt antall fisk, andel merka og estimert snittvekt ved utsett. Dette er beregnede vektorer for hvert kar hvor 100 fisk ble veid under lasteprosess og gjennomsnitt brukt som snittvekt.

Tabell 3. Antall fisk satt ut i sjø på Stasøya i M12 og kohabitantmerdene M13 og M14 med antall fisk fra hver av ferskvannskarene 51, 52, 53 og 54.

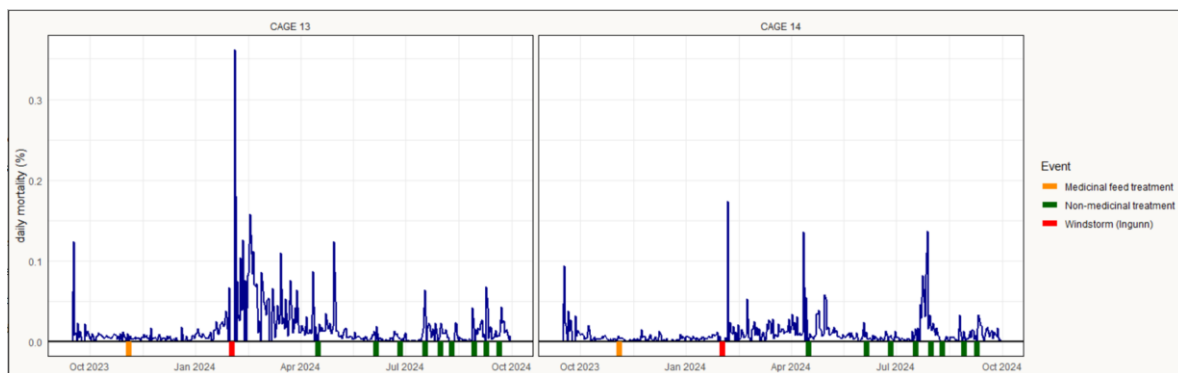
	M12	M13	M14	SUM
Kar 51		128 093		128 093
Kar 52			124 074	124 074
Kar 53	127 103			127 103
Kar 54	44 201	33 645	46 870	124 716
SUM utsett	171 304	161 738	170 944	503 986

Tabell 4. Antall fisk utsatt i forsøket, fordelt på merd og total/ klipt/uklipt samt snittvekt og klipt andel, i hovedsak produksjonsdata levert fra Emilsen Fisk.

	M13	M14
Totalt antall	161 738	170 944
Merka fisk	17 561	17 010
Merka fisk andel	10.86 %	9.98 %
Estimert snittvekt	365.2 g	371.3 g

Forløp i merdene

Som i alle feltforsøk oppsto ulike hendelser (eksempelvis sykdom/smitte, håndtering osv.), som påvirket fisken i hver merd spesifikt. Særlig førte stormen Ingunn (februar 2024) til betydelige skader i M13. Figur 4 viser daglig dødelighet og registrerte hendelser i sjøfasen for M13 og M14.



Figur 4. Utvikling av dødelighet (% daglig mortalitet) i sjøfasen. Lusebehandlinger er markert med oransje (medikamentell) og grønt (ikke-medikamentell), mens stormen Ingunn er markert i rødt.

Begge merder ble medikamentelt behandlet mot lus med Slice vet (8 mg/kg) i uke 42 i 2023. Ikke-medikamentell mekanisk behandling (IMM) ble i 2024 utført i uke 15, 23, 25, 28, 30, 32, 34 og 36, og i uke 38 kun for M13.

Total registrert dødelighet i sjøfasen var 6.43 % i M13 og 3.85 % i M14, dette er lavere enn det samlede svignet fra utsett til slakt (Tabell 5). Forsøksmerdene ble utsatt for betydelig mekanisk belastning fra både storm og gjentatte behandlinger, dette ga forhøyet dødelighet (Figur 4). Det ble gjort forsøk med registrering av dødelighet per gruppe for hver merd, men storm med forhøyet dødelighet gjorde registreringer usikre. Ved besøk i mars 2024 ble det påvist *Tenacibaculum*, *Moritella viscosa* (klassisk og variant) og *Aliivibrio wodanis* i sårprøver (Fari & Skjåvik, 2024). Sårene ble vurdert som en kombinasjon av sår av mekaniske- og bakterielle underliggende årsaker, og med en sannsynlig overvekt av mekaniske sår. Månedlige veterinærreporter bekrefter disse vurderingene.

Databehandling og kvalitetskontroll, Optoscale

Data ble levert som kommaseparerte filer og lest inn og analysert i Stata (versjon 18 SE for Windows). Optoscale-data ble innhentet i to omganger: for midtveisevaluering våren 2024 og ved slakt for sluttrapportering. Etter feilretting ble endelige data for M13 og M14 overført 1. januar 2025. Struktur og oversikt over variable for de endelige OptoScale-datasettene er vist i vedlegg.

Data for vekt, sår og lus ble registrert i perioden 10.10.2023 - 12.11.2024 for M13, og 10.10.2023 - 9.10.2024 for M14. Totalt ble det samlet inn 231 110 observasjoner fra M13 og 261 563 fra M14. Algoritmen for gruppetilhørighet var ikke i drift før 1.12.23, og tilordningsalgoritmen var også ute av drift i perioden 24.4.24 - 21.5.24 (M13) og 24.4.24 - 27.5.24 (M14). Det gjensto da 193 598 godkjente observasjoner fra M13 og 210 454 fra M14 med registreringer av både vekt, sår og lus samt gruppetilordning, med start 01.12.23. Andel merka fisk var henholdsvis 8.0 % (M13) og 9.4 % (M14). Datasettene ble brukt til grafiske og statistiske analyser, med vekt på data fra M14, som var mest komplett.

Nye genererte variabler inkluderte **antall fisk**, **andel klipt**, og **daglige gjennomsnitt for alle utfallsvariabler**. Datasettene ble deretter «kollapset» (daglig gjennomsnitt) og omstrukturert slik at merka og umerka fisk fikk separate kolonner (Stata: reshape wide). For grafiske og statistiske analyser ble det satt et minstekrav på 50 registreringer per dag for å unngå problem med dager med 0 registrert som merka. Det endelige datasettet fra sjøfasen inneholder følgende utfallsvariabler: **vekt (kg)**, **antall akutte og avhela sår**, samt estimerte antall **bevegelige lus og voksne hunnlus**.

Slakteregistreringer

Fisken ble slaktet høsten 2024 noe tidligere enn planlagt grunnet utfordringer med lus og delvis med kjønnsmodning. M12 og M13 ble slaktet over tre dager, mens M14 ble slaktet over fire dager. Detaljert oversikt over utsatt og slaktet fisk finnes i Tabell 5.

Tabell 5. Oversikt over antall fisk satt ut for merd 12, 13 og 14 og antall og andel for ulike kategorier ved slakt. Svinn sjø er differansen mellom antall utsatt og slaktet fisk.

Kategori	M12 08.11 - 12.11		M13 06.11 - 08.11		M14 25.09 - 01.10	
	Antall	Andel	Antall	Andel	Antall	Andel
Antall utsatt	171 304		161 738		170 944	
Superior	136 199	85.1 %	133 437	90.5 %	143 337	91.4 %
Prod A	14 504	9.1 %	8 637	5.9 %	13 299	8.5 %
Prod B	9 158	5.7 %	5 151	3.5 %	0	0.0 %
Utkast	102	0.1 %	159	0.1 %	257	0.2 %
sum slaktet	159 963		147 384		156 893	
Svinn sjø	11 341	6.6 %	14 354	8.9 %	14 051	8.2 %

Svinn er definert som differansen mellom antall utsatt og antall slaktet fisk. Grunnet usikkerheten med sensitivitet (og tilhørende potensiale for falske negative) er det ikke mulig å rapportere svinn per forsøksgruppe. Slaktetallene er hentet fra slakteriets pakkerapport. Kategori "Prod B", som hovedsakelig omfatter kjønnsmoden fisk, ble først tatt i bruk etter at M14 var utslaktet.

Tallbehandling og statistiske metoder

Grafiske analyser

For kohabitantforsøket er de fleste grafene utformet som toveis punktdiagram med dato på x-aksen og utfallsvariabel på y-aksen (Stata: `graph twoway scatter`), supplert med flytende gjennomsnitt (lowess). De fleste grafer ble laget i Stata, mens en del ble finpusset i programmeringsspråket Python med grensesnitt fra ChatGTP (basert på Stata-grafer).

Statistisk analyse – fokusperiode før avlusing

Grafene vist i figur 6 og 7 viser hele forløpet av utsettet, mens statistiske analyser setter søkelys på de siste ti dagene før første avlusing (uke 15), vurdert som den beste tiden å gjøre dette på før forstyrning av gjentatte avlusinger i merdene og forekomst av sår ved utgang av vinteren.

Både M13 og M14 ble brukt i de grafiske analysene, mens bare data fra M14 hadde tilstrekkelig datakvalitet i denne perioden, og ble brukt i de statistiske analysene. Tidsrommet på ti dager ble valgt pragmatisk som et tverrsnitt med mange observasjoner, men begrenset utvikling i biologiske parametere.

Statistisk modell og analysemetode

Vekt ble i analysene behandlet som en kontinuerlig, normalfordelt variabel, mens tellinger av sår og lus (som er diskrete variable) ble analysert som Poisson-fordelte. Negativ binomialmodell kunne også vært brukt for sår og lus, men Poisson-modellene er enklere og ga tilsvarende resultater. Dato ble inkludert som både fast og tilfeldig effekt for å håndtere gjentatte målinger.

Såkalte "mixed models" kombinerer analyse av både faste og tilfeldige effekter, og er egnet for hierarkiske data (flernivådata) og gjentatte målinger over tid, slik som vi hadde i iFelt. De statistiske analysene ble utført med **mixed models** i Stata:

- **Vekt:** analysert med multilevel mixed-effects lineær regresjon (mixed), med behandling som forklaringsvariabel og dato som fast eller tilfeldig effekt.
- **Sår og lus:** analysert med multilevel Poisson-regresjon (mepoisson), med behandling som forklaringsvariabel og dato som fast eller tilfeldig effekt.

Resultatene fra statistiske analyser rapporteres som følger:

- **Vekt:** koeffisient (predikert effekt) med standardfeil, p-verdi og 95 % konfidensintervall.
- **Sår og lus:** IRR (incidence rate ratio) med p-verdi og 95 % konfidensintervall.

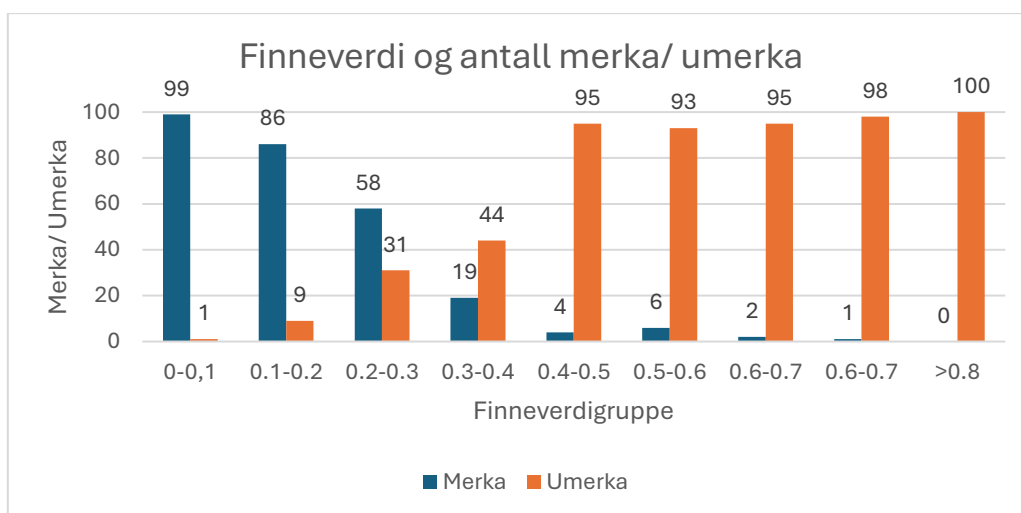
Prediksjoner fra modeller med dato som fast effekt er visualisert i som prediksjonsgrafer, såkalte margins-plot, som viser behandlingseffekter i form av predikerte nivå for vekt, sår og lus justert for dato.

Resultater fra grafiske og statistiske analyser

Vurdering av algoritmer for tilordning av fisk til merka gruppe, OptoScale

For iFelt var det avgjørende å sikre at algoritmene ga pålitelig tilordning av fisk som enten merka eller umerka. Studentprosjektet med visuell vurdering av nær 900 tilfeldig utplukka bilder bekreftet at det kan oppnås høy presisjon. Andelen som basert på bildevurderinger ble kategorisert som merka fisk innen ulike finneverdi-grupper vises i Figur 5.

Videre analyser av algoritmens ytelse ble gjort med beregning av sensitivitet og spesifisitet for ulike finneverdi-intervaller. Dette ble utført i Stata ved hjelp av kommandoen *diagti*. Verdiene brukt i analysene fra M14 er oppsummert i Tabell 6.



Figur 5. Andel merka og umerka for forskjellige grupper av finneverdi, basert på undersøkelse av Optoscale-bilder fra 100 tilfeldige fisk i hver finneverdigruppe. Usikre er ikke med i figuren.

Tabell 6. Antall bilder totalt i hver finneverdigruppe og antall vurdert som klipt eller uklipt av OptoScale-algoritmen for M14. Andelen av alle data i hver finneverdigruppe er også angitt.

Gruppe finneverdi	Antall Optoscale-bilder i denne finneverdigruppen	Vurdert som merka i studentoppgaven	Vurdert som umerka i studentoppgaven
0 - 0.1	9 729 (4.62 %)	99	1
0.1 - 0.2	9 987 (4.75 %)	86	9
0.6 - 0.7	7 259 (3.45 %)	2	95
0.7 - 0.8	12 877 (6.12 %)	1	98
> 0.8	170 602 (81.6 %)	0	100

Hele 81 % av bildene hadde en finneverdi > 0.8, og ingen i denne gruppen ble feilklassifisert ifølge valideringen (Fari & Skjåvik, 2024). Tallene fra valideringen ble brukt til å beregne vektete gjennomsnitt for sensitivitet, spesifisitet og prediktiv verdi (Tabell 7).

Ved bruk av finneverdi-intervallene 0 - 0.2 (klipt) og > 0.6 (uklipt), oppnås en sensitivitet på 0,946 (95 % KI: 0.886–0.978) og en spesifisitet på 0,999 (95 % KI: 0.961–0.999). Den høye spesifisiteten gir svært lav risiko for falske positive – altså at umerka fisk feilaktig registreres som merka. Dette er særlig viktig ved lavere andel merka fisk i kohabitantstudier.

Tabell 7. Oversikt over veid sensitivitet og spesifisitet, samt positiv og negativ prediktiv verdi ved bruk av merking med grense finneverdi 0 - 0.2 og > 0.6 angitt som estimat med 95 % prediksjonsintervall. Prediktive verdier er også angitt.

Finneverdi	Sensitivitet	Spesifisitet	Positiv prediktiv verdi	Negativ prediktiv verdi
0 - 0.2; > 0.6	0.946 (0.886-0.997)	0.999* (0.961-0.999)	0.992	0.995

*Estimert spesifisitet domineres av gruppa med finneverdi > 0.8 med 0 merka, og dette estimatet er noe usikkert.

I videre analyser i prosjektet er det benyttet gruppetilordning basert på finneverdi 0 - 0.2 for merka fisk og > 0.6 for umerka. En lavere grense (f.eks. 0.1) ville økt sensitiviteten noe, men ville samtidig ekskludert en større andel korrekt tilordna merka fisk, og derfor ble 0.2 valgt som grenseverdi for merka fisk videre i prosjektet.

Spesifisiteten er svært høy, noe som i stor grad skyldes at en stor andel fisk hadde finneverdi > 0.8 – en gruppe der ingen feilklassifisering ble observert i de 100 bilder som ble vurdert. Et mer presist estimat kunne vært oppnådd om man hadde økt antallet observasjoner i denne kategorien. Det er et betydelig arbeid med visuell kategorisering av bilder på en pålitelig måte, og et prøveantall på nesten 900 vurderes som relativt høyt. Som vist er prediksjonsintervallet skjevt, med lavere grense på 0.961.

Vurdering av algoritmer for tilordning av fisk til merka gruppe, Baader

Spesifisitet kunne beregnes ut fra resultat fra M12 som hadde kun umerka fisk. Fra M12 ble 150 033 uklipte fisk registrert som umerka, 258 som merka og 217 som usikre. Basert på de sikre tilordningene gir dette en spesifisitet på 0.998, som er på nivå med resultatene fra OptoScale-valideringen.

Selv om spesifisiteten for Baader-tilordningen også var svært høy, er sensitiviteten ukjent da vi ikke hadde en 100 % merka gruppe tilgjengelig. Den noe lavere andelen registrert som merka ved slakt sammenlignet med OptoScale data fra oppdrettsanlegget antyder at sensitiviteten muligens kan være noe lav. En lignende validering som i studentoppgaven anbefales ved fremtidige studier, slik at både sensitivitet og spesifisitet kan dokumenteres også ved slakteri-registreringer.

Sammenligning av Baader- og OptoScale-systemet

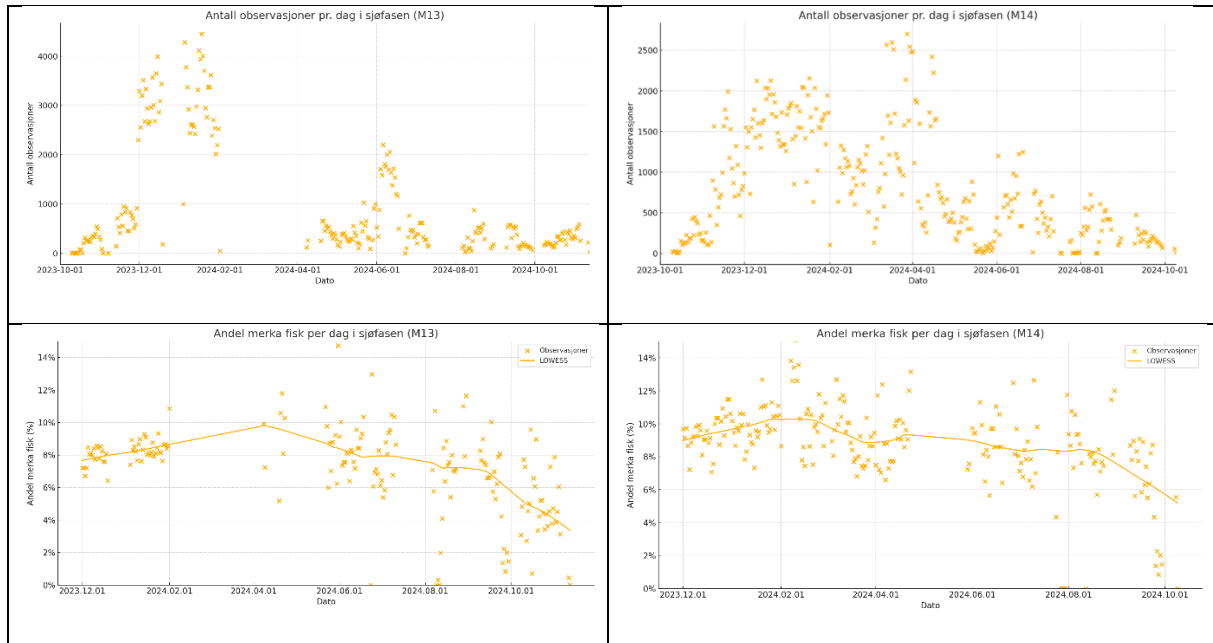
I M13 var 10.89 % av fisken merka ved utsett, mot 9.46 % ved slakt. I M14 var tallene henholdsvis 9.98 % og 8.55 %. Dette kan tyde på noe lavere sensitivitet med Baader-systemet, der enkelte merka fisk feilaktig registreres som umerka (falske negative). Andelen falske negative er likevel lavt og får derfor begrenset betydning for resultatene, med unntak av svinn per gruppe.

Baader-systemets algoritme er ikke åpent tilgjengelig, noe som gjør det vanskelig å forklare nøyaktig hva som forårsaker avvikene. Det er heller ikke direkte sammenlignbart med OptoScale, hvor klassifiseringen baseres på validerte finneverdi-intervaller (< 0.2 og > 0.6). Feilklassifisering ved slakt har trolig liten innvirkning på totalresultat for slaktevekt.

Resultater fra daglige registreringer i sjøfasen

Antall observasjoner pr. dag

En viktig del av datainnsamlingen har vært å sikre god dekning gjennom hele sjøfasen. Figur 6 viser daglig antall fisk med registrert vekt, sår og lus, samt andel fisk som ble automatisk registrert som merka i M13 og M14. Til sammen fikk vi over 400 000 godkjente individobservasjoner i disse to merdene i sjøfasen (se vedlegg B).

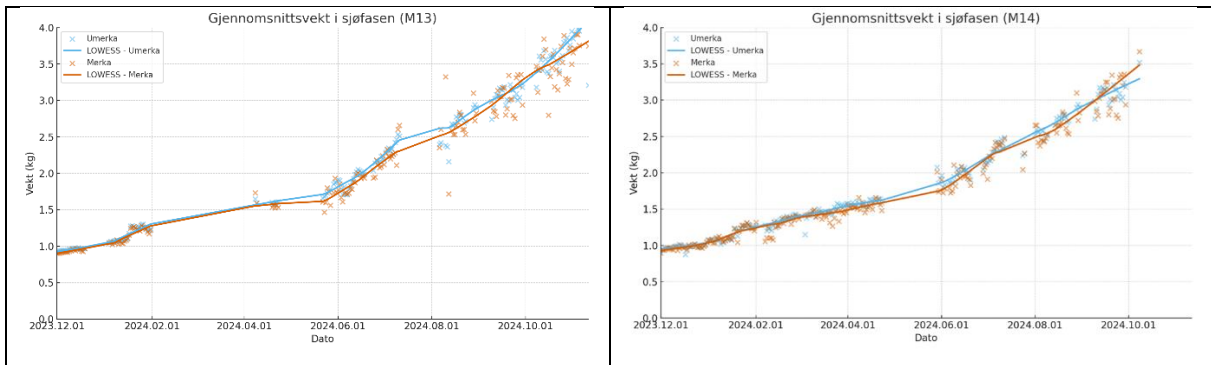


Figur 6. Antall registreringer av vekt, sår og lus pr. dag for M13 og M14 i hele databasen (øverst), informasjon om andel registrert merka fisk (nederst). Merk at M13 var uten registrerte data i februar og mars.

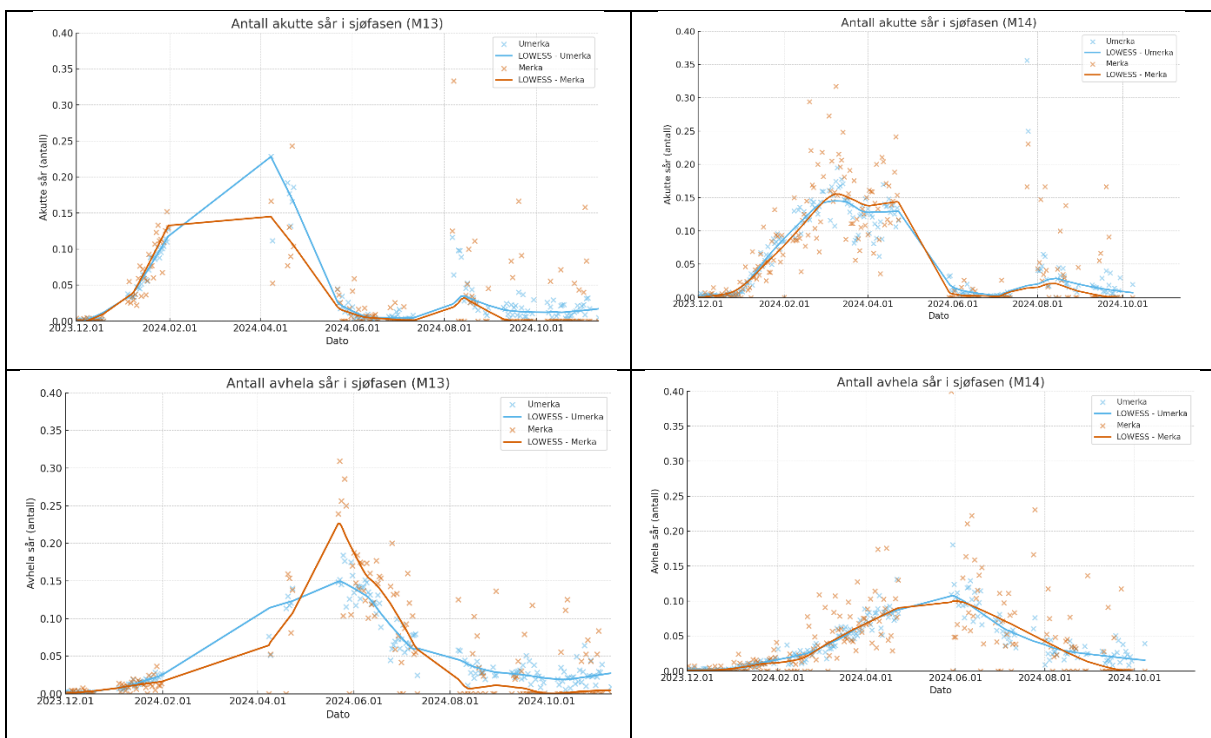
Opphold i registreringene skyldes både menneskelig svikt (perioder hvor algoritmen for gruppetilordning var deaktivert), tekniske problemer med kameraene og forhold på lokalitet (storm og avlusinger). M13 har betydelig opphold i registreringer, mens M14 har jevn dekning gjennom det meste av utsettet. Som Figur 6 viser går antall registreringer ned mot slutten av oppdrettsperioden. Med få registrerte fisk er usikkerheten i antall merka stor, og en får større sannsynlighet for 0-verdier for antall merka fisk. Det er derfor valgt å kun ta med dager med mer enn 50 registrerte og godkjente (verdier for vekt, sår og lus samt merka/ umerka bilder av fisk inkludert i de videre analysene. Det er verdt å minne om at dette fremdeles er svært mye data generert i forhold til hva som kan oppnås med manuelle datainnsamlinger for sår og lus. Det kan være betydelige forskjeller gjennom døgnet for antall registrerte fisk totalt, og lave verdier gjør at antallet for merka fisk lettere kan falle under terskelverdien for inklusjon. Dette er imidlertid ikke undersøkt videre i prosjektet.

Registreringer av vekt, sår og lus

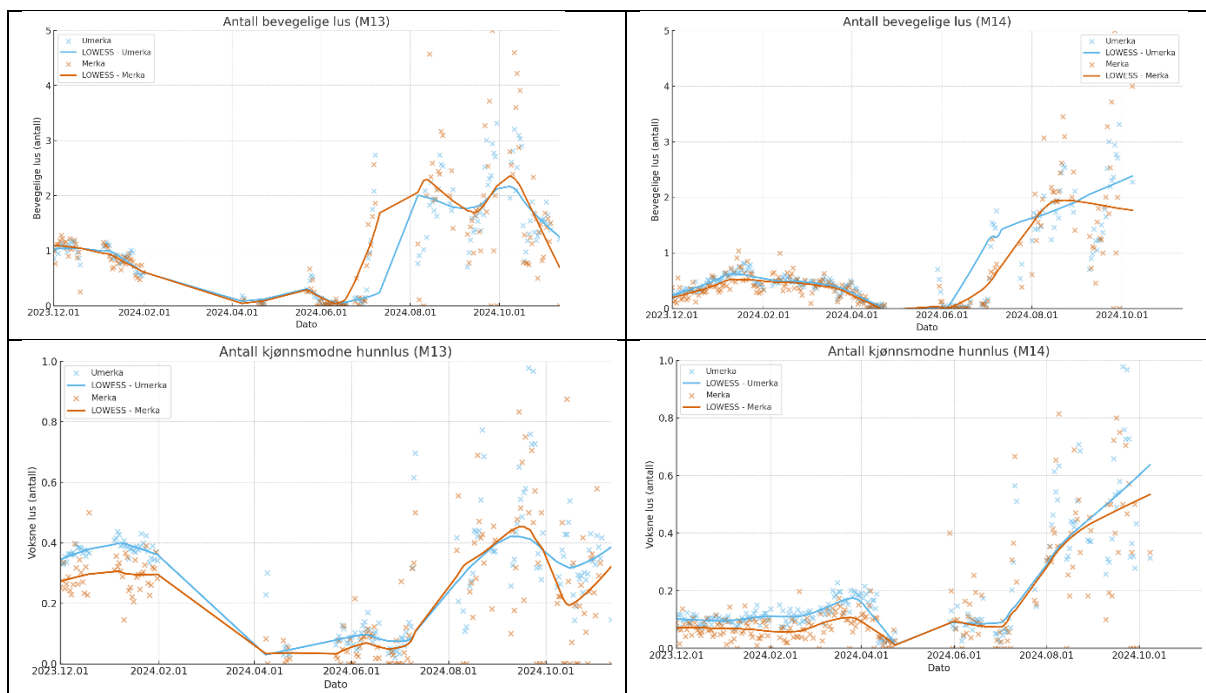
Figur 7 viser utviklingen av vekt (7a), samt antall bevegelige lus og kjønnsmodne sår (7b), og lus (7c) angitt som gjennomsnitt per dag. Grafene viser separate linjer for merka og umerka fisk. Sårutvikling og vekt er tilnærmet identisk mellom gruppene, mens det ses tydelige forskjeller i utvikling av kjønnsmodne hunnlus, særlig de første månedene av studien. Sistnevnte funn er gjelder for begge kohabitantmerkene, og støttes av statistisk analyse av data fra de siste ti dagene før første våravlusning.



Figur 7a. Utvikling av vekt for merka og umerka fisk i M13 og M14. Datapunkter med få registreringer (<50/dag) er utelatt.



Figur 7b. Gjennomsnittlig antall akutte og avhela sår for merka og umerka fisk i M13 og M14. En del ekstrempunkter er fjernet og y-akser harmonisert merdene imellom. Datapunkter med få registreringer (< 50/dag) er utelatt.



Figur 7c. Gjennomsnittlig antall bevegelige og kjønnsmodne lakselus per dag hos merka og umerka fisk i M13 og M14. En del ekstrempunkter er fjernet og y-akser harmonisert merdene imellom. Datapunkter med få registreringer (< 50/dag) er utelatt.

Dataseriene for M13 og M14 er noe forskjellige, og særlig gjelder det vårperioden med sparsomme mengder data fra M13. Seriene er ellers sammenlignbare og viser samme trender. På slutten av seriene er antall observasjoner lavere og trendene varierer. M13 hadde generelt noe høyere lusenivå i første del av serien.

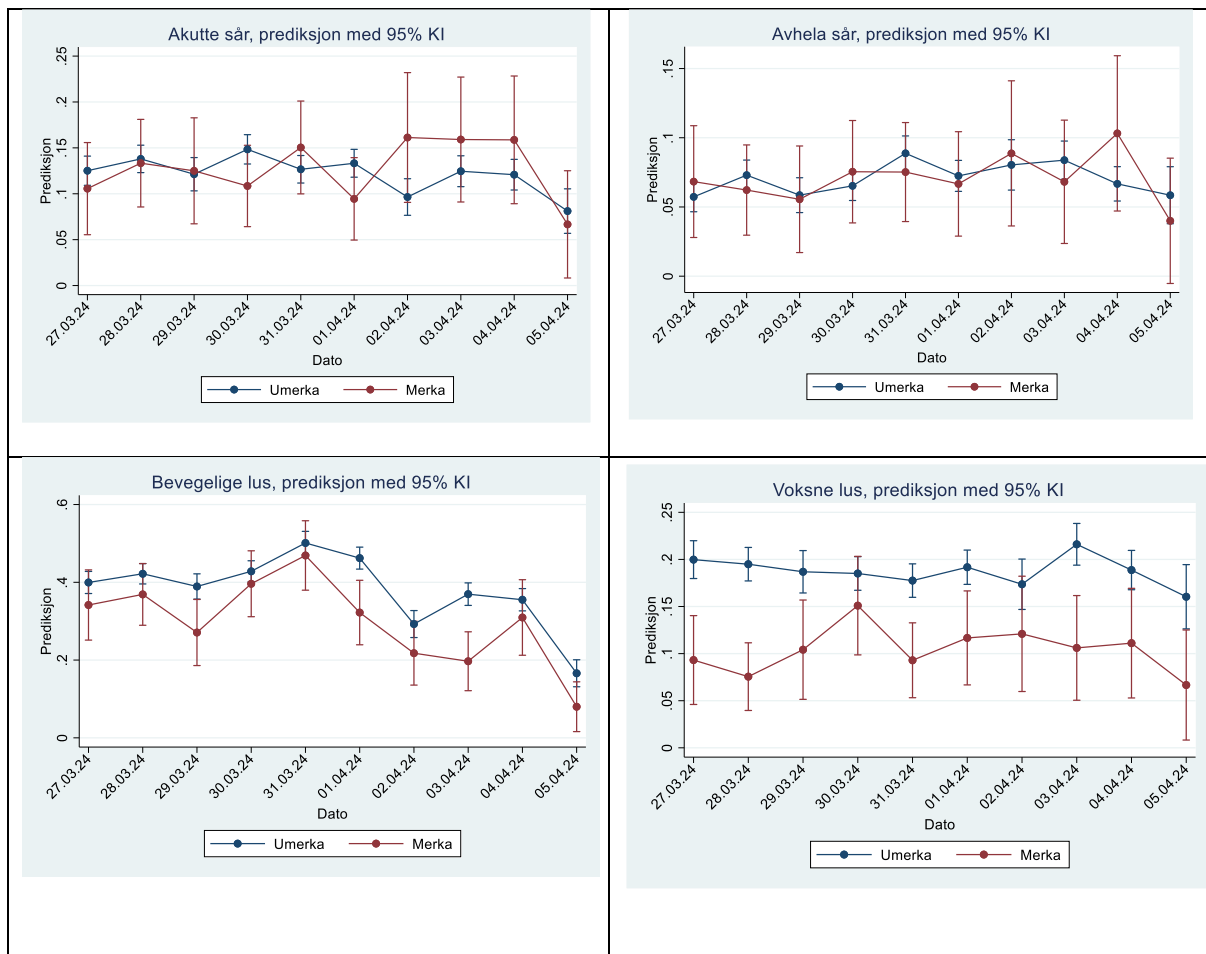
Statistiske analyser, M14 siste 10 dager før første våravlusing

Statistiske analyser ble brukt for å underbygge de grafiske analysene, men pga. manglende data fra M13 i den aktuelle perioden ble de kun utført på M14. Tabell 8 viser hovedresultatene fra analysene av lusedata fra de siste ti dagene før første våravlusing. Analysene er utført med mixed-modell (vekt) og mepoisson-modell (sår og lus) i Stata. Effekten uttrykkes som IRR (incidence rate ratio), hvor $IRR = 1.005$ tilsvarer en økning på 0.5 %, og $IRR = 0.81$ tilsvarer en reduksjon på 19 % hos merka sammenlignet med umerka fisk.

Tabell 8 Resultatene fra analyser av sammenhengen mellom merking og forekomst av akutte sår, avhela sår, bevegelige lus, voksne hunnlus og levende vekt. Dataene er hentet fra de siste ti dagene før våravlusing i M14. Tabellen viser effekten av merking i forhold til umerka som referansenivå.

Utfall	Effekt mål (95 % KI)	p-verdi
Akutte sår	$IRR = 1.005 (0.871-1.16)$	0.946
Avhela sår	$IRR = 0.993 (0.820-1.20)$	0.946
Bevegelige lus	$IRR = 0.810 (0.741-0.886)$	< 0.001
Kjønnsmodne hunnlus	$IRR = 0.554 (0.474-0.647)$	< 0.001

Den statistiske analysen fra de siste ti dagene før våravlusning samsvarer bra med de grafiske trendene for hele perioden. Det ble ikke påvist sikker effekt på antall akutte eller avhela sår. Derimot hadde merka fisk 19 % færre bevegelige lus og hele 45 % færre kjønnsmodne hunnlus, noe som indikerer en betydelig effekt i merka/behandla gruppe (Figur 8). Prediksjonsplottet for kjønnsmodne lus i samme figur viser nesten ikke overlapp mellom konfidensintervallene per dag og støtter dermed den statistisk sikre konklusjonen.



Figur 8. Prediksjonsplot (margins) basert på regresjonsmodellene for data fra siste ti dager før våravlusning (M14). Linjer med 95 % konfidensintervall (KI).

Analyse av slakteridata

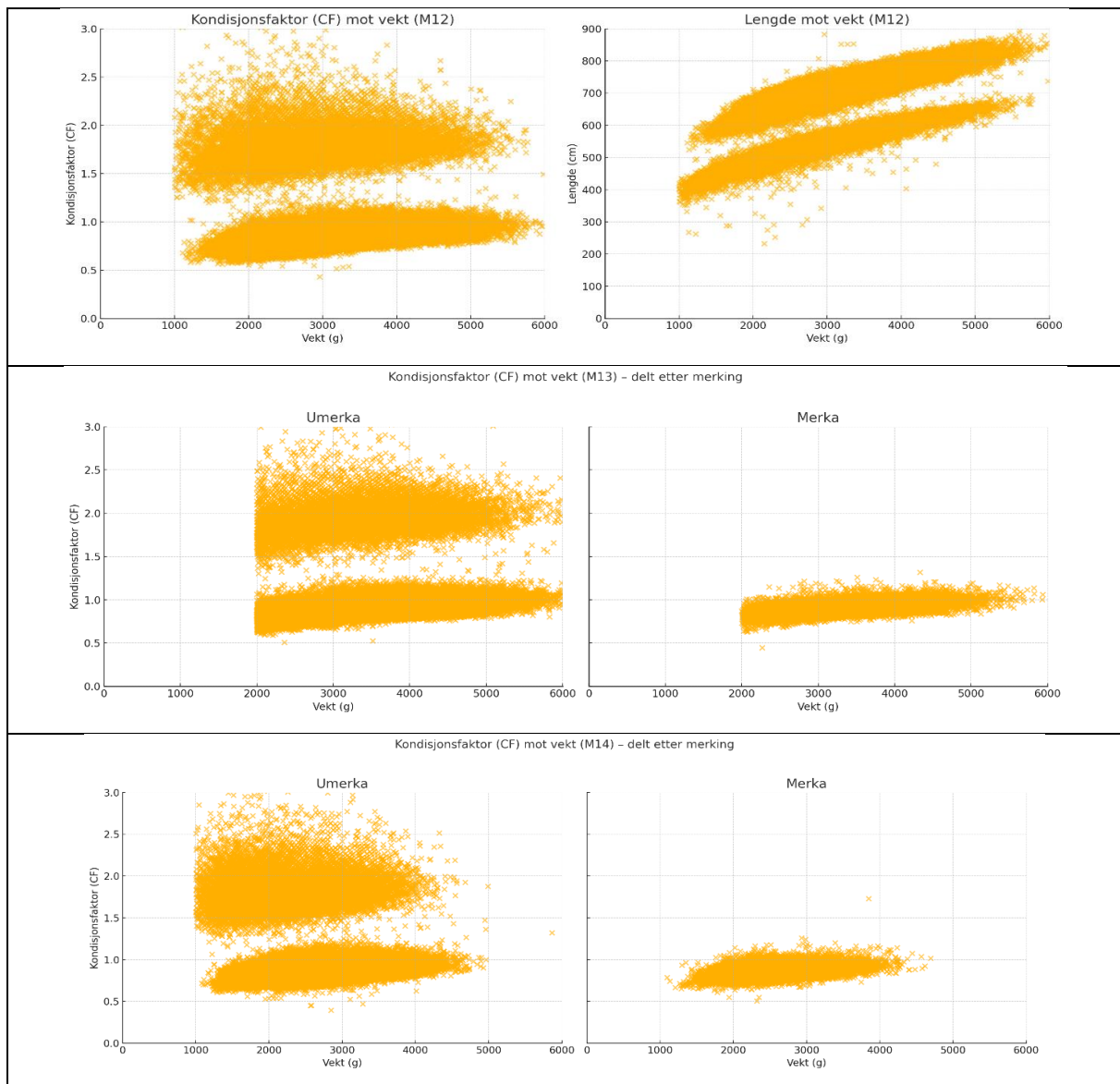
Ved slakt ble individdata samlet inn fra de to kohabitantmerdene M13 og M14, og i tillegg fra M12 (umerka fisk). På grunn av tekniske utfordringer manglet data for 3 – 8 % av fisken i hver merd, og hvor det var en overvekt av nedklassifisert fisk med manglende data (se Tabell 9).

Tabell 9. Oversikt over antall slaktet fisk fra pakkerapport og individdata per klassifiseringskategori. Klassifisering var ikke tilgjengelig som individdata i M12.

	M12 08.11 - 12.11		M13 06.11 - 08.11		M14 25.09 - 01.10		Alle merder
Kategori	Pakke-rapport	Individ-data	Pakke-rapport	Individ-data	Pakke-rapport	Individ-data	Andel individ
Superior	136 199		133 437	129 287	143 337	141 303	97.8 %
Prod A	14 504		8 637	6 397	13 299	11 799	83.0 %
Prod B	9 158		5 151	8	0	0	0.2 %
Utkast	102		159		257		
Missing*	-		-	103		82	
Slaktet	159 963	150 508	147 384	135 795	156 893	153 184	
Individ-data		94.1 %		92.1 %		97.6 %	94.6 %

* Missing er fisk med individdata med uten klassifiseringsdata og utgjør < 1 promille.

Gjennomsnittsvекter per merd er beskrevet i Tabell 11. Grafisk analyse av individdata avdekket en bimodal fordeling (distinkt subpopulasjon) av fiskens lengde og kondisjonsfaktor i alle tre merder (Figur 9). Verdier for kondisjonsfaktor var så høye at det kan betegnes som patologiske for en betydelig andel av fisken. En grenseverdi på k-faktor > 1.3 (basert på sløyd vekt) ble brukt for å klassifisere fisk som «normal» eller med «ryggdeformitet» (Tabell 10).



Figur 9. Spredningsplot for kondisjonsfaktor mot sløyde vekt samt lengde mot vekt i M12 (n = 135 525). For M13 og M14 vises kondisjonsfaktor over merka og umerka gruppe M13 (n = 135 525) og M14 (n = 152 967). Punkter med kondisjonsfaktor > 3 er ikke vist. Slaktevekt er automatisk registrert vekt > 1kg for M12 og M14, > 2 kg for M13 (større fisk).

Antall fisk per merd og gruppe er oppgitt i Tabell 10. «Default» registrering av vekt for små fisk (1 kg i M12 og M14, og 2 kg i M13) var satt til 0 i systemet, og dermed er vekt og K-faktor borte for henholdsvis 275, (M12), 253 (M13) og 540 fisk (M14). En god del av fisk uten individdata kommer også i denne kategorien, spesielt fisk fra M13.

Tabell 10. Antall slaktet fisk i henhold til pakkerapport, antall fisk med individdata og antall fisk med normal kondisjonsfaktor og kondisjonsfaktor klassifisert som deformitet. Det er en del fisk uten vekt og lengde og dermed ikke mulig å gi en kondisjonsfaktor.

	M12	M13		M14	
Antall slaktet pakkerapport	159 963	147 384		156 893	
Individdata	umerka	umerka	merka	umerka	merka
Antall individdata	150 508	122 947	12 848	140 092	13 092
Normal kondisjonsfaktor	131 641	109 101	12 833	119 459	13 045
Ryggdeformitet	18 592	13 590	1	20 462	1
Andel ryggdeformitet	12.4 %	11.1 %	0.0 %	14.6 %	0.0 %
Andel merka fisk			9.46%		8.55%

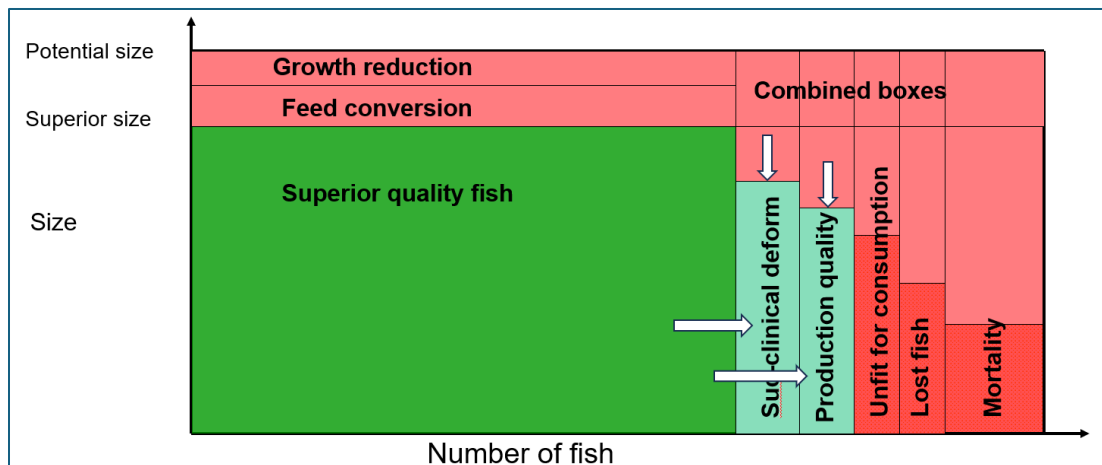
Det ble også gjennomført en rutinemessig tilfeldig kontroll av 100 fisk daglig fra hver merd for evaluering av kvalitet, til sammen 1200 fisk i M13 og M14. I dette utvalget ble 93 % klassifisert som Superior og 7 % klassifisert som produksjonsfisk. Kjønnsmodning var den viktigste årsaken til Prod-klassifisering (4.5 %), 21 fisk (1.8 %) var klassifisert som pukkelrygg, men 1 fisk var klassifisert som korthale. Totalt var 7 fisk nedklassifisert med sår hvorav 1 i M14 og 6 i M13. Flere detaljer fra slakteregistreringene finnes i vedlegg (figur B).

Effekt av ryggdeformitet på produksjon og økonomi

Det var ingen forskjell mellom merka og umerka fisk med hensyn på sår eller vekt, dette fjernet grunnlaget for de planlagte kost-nytte analysene. Imidlertid viste slaktedata en betydelig andel fisk med ryggdeformitet hvor vi fikk gode data på både andel og effekt. Disse effektene ble derfor brukt i en standardisert modell for beregning av effekt av denne tilstanden på produksjon og økonomisk konsekvens for oppdretter (Aunsmo et al., 2010).

Fisk med ryggdeformitet gir redusert produksjon og pris gjennom 2 «mekanismer»:

- Nedklassifisering til produksjonsfisk som har både lavere vekt og får lavere pris
- «Subklinisk» ryggdeformitet hos en betydelig andel fisk som er assosiert med redusert vekt og tilhørende redusert pris



Figur 10. Den biologiske produksjons -taps modellen (bPLM) hvor effekter av et biologisk problem kan kvantifiseres (Aunsmo, 2009). Ryggdeformitet i denne studien gir produksjonsfisk med lavere vekt og pris, samt en andel fisk med «subklinisk ryggdeformitet» med redusert vekt og dertil redusert pris (lysegrønne bokser i figuren).

Med individdata fra nesten all fisk i M13 og M14 er det mulig å kvantifisere effekten av ryggdeformitet, som utelukkende såes i umerka gruppe Et gjennomsnitt av disse to merdene er brukt som estimat for den sannsynlige konsekvensen av ryggdeformitet (tabell 11). M12 har en tilsvarende andel deform fisk (12.4 %), men mangler gruppetilordning og inngår derfor ikke i beregningene.

Ved sammenligning av «Pakkerapport» som inneholder all slaktet fisk med individ-data (se tabell 10) er nedklassifisert fisk overrepresentert blant gruppen som faller under «minstemålet og derfor er registrert med »0» i vekt. Dette gir en underestimert av problemet med ryggdeformitet, både med hensyn til antall og effekt (vekt).

Tabell 11. Andel fisk i de ulike kategoriene fisk ved slakt og med vekt for superior fisk og avvik av vekt i forhold til superiorfisk for de øvrige kategoriene for M13 og M14. Gjennomsnitt for begge merder er angitt i siste kolonner.

Kategori	M13		M14		Gj. snitt	
	Vekt gr	Andel %	Vekt gr	Andel %	Vekt gr	Andel %
Superior normal	3456	86.3 %	2676	81.5 %	3066	83.9 %
Subklinisk deform	-411	9.0 %	-180	10.8 %	-296	9.9 %
Produksjonsfisk	1	3.7 %	-323	5.0 %	-161	4.4 %
Prod og deform	-597	1.0 %	-474	2.7 %	-536	1.9 %

“Base Case og Partial Budget Model”

En base case er etablert ved bruk av gjennomsnittlige biologiske og økonomiske nøkkeltall for ei merd i 2024. Deretter er gjennomsnittlige effekter av ryggdeformitet lagt inn (Tabell 11). Dette medfører lavere produksjonsvolum og redusert pris, hvor differansen mellom base case og scenariet med deformitet utgjør den estimerte effekten. Modellen er en såkalt *partial budget model*, hvor kun faktorer som påvirkes av problemet endres. De faste kostnadene holdes uendret. I dette tilfellet omfatter variable kostnadene i all hovedsak fôr- og slaktekostnader. Det er i modellen brukt 90 % av gjennomsnittlig ukepris laks for 2024 (NOK 81.40), fôrpris på 20 kr/ kg, en variabel inntransport- og slaktekostnad på 5 kr per kg, og faste kostnader er kalibrert til å gi en produksjonskostnad på 65,- per kg i base case. Nedklassifisering til produksjonsfisk er inkludert med -25.00 per kg, og redusert pris med 35 øre for hver 100 gram redusert vekt.

Resultat

Effekten av ryggdeformitet gir utslag på produsert volum med en lavere vekt på fisk med «subklinisk» ryggdeformitet og lavere vekt på nedklassifisert fisk, dette utgjør ca. 7.1 tonn eller 1.3 % for ei merd. Produksjonskostnad øker i og med at det er færre kg å dele faste kostnader på. Tapet per merd er anslått til 0.7 mill. med forholdene beskrevet i denne studien, og dermed vel 2 mill. for de 3 merdene vi har undersøkt (tabell 12). Som nevnt antar vi at estimatet er noe konservativt siden en mangler data fra en del små fisk med ryggdeformitet.

Tabell 12. Gjennomsnittlig effekt av deformitet på produksjon og resultat sammenlignet med en base-case.

Kategori	Base case	Ryggdeformitet	Effektstørrelse
Superior kg HOG	528 603	463 357	-65 246
Subklinisk ryggdeform kg	0	49 473	49 473
Produksjonsfisk kg HOG	23 066	31 736	8 670
Solgt kg HOG	551 669	544 566	-7 103
Prod. kost kr/ kg	65.00	65.48	0.48
Laksepris kr/ kg	80.32	79.70	-0.62
Margin kr/ kg	15.32	14.22	-1.10
Resultat kr	8 453 567	7 743 912	-709 656

Diskusjon og konklusjon

Metode

Studien har logget over 400 000 observasjoner av enkeltfisk i sjøfasen og mer enn 290 000 individer ved slakting med biologiske registreringer og merke, ingen fisk er håndtert. Begge grupper har gått i samme miljø i hele produksjonsfasen og alle registreringer er standardiserte.

Sammenlignet med populasjonsbasert (merdvis) analyse gir individbasert registrering flere fordeler:

- Streng randomisering til behandlingsgrupper, noe som gir svært sammenlignbare grupper
- Miljø- og håndteringsforhold er identiske for begge grupper – hele tiden
- Store mengder individdata gjør det mulig å avdekke selv små effekter
- Man unngår såkalt økologisk feilslutning – der resultater på gruppenivå feiltolkes til å gjelde biologiske mekanismer hos individ

Gjennomføring av prosjektet viser også at det er noen kritiske faser i gjennomføring av et slikt design. Randomisering er avgjørende for å få sammenlignbare grupper; selv små avvik er vist å kunne gi betydelige forskjeller mellom forsøksgruppene. Erfaringene viser at prosedyrer for randomisering, behandling og merking bør nøye tilpasses produksjonsprosesser og -flyt for å sikre god gjennomføring og god lokal forankring av prosjektet. For å sikre registreringer gjennom hele perioden kreves kontinuerlig kontroll og drifting av kamera fra både oppdretters og leverandørs side. Kamera må ha korrekt plassering i merd, kamera må raskt tilbake i merd etter operasjoner, tekniske system må fungere, og feil i systemet må korrigeres fortløpende. Lagring av data og uthenting av data må beskrives og gjennomføres etter en klar plan. Dersom dødelighet skal inkluderes som løpende effektmål krever det en svært god organisering med nøyaktig daglig telling av dødfisk i merka og umerka gruppe. Dette kan være krevende under kommersielle forhold uten ekstra ressurser for prosjektoppfølgning. Resultatene fra studien med avvik i registrert dødelighet i forhold til svinnet fra utsett til slakt tyder også på at det er krevende å registrere all dødfisk.

Kohabitantforsøk slik vi har beskrevet krever en del ressurser å etablere med design, merking med blokkrandomisering, teknisk utstyr etc., men først etablert er datafangsten svært effektivt med stor N og standardiserte registreringer. Studier av sår, lus og lignende vil ha fordeler av daglige kontinuerlige registreringer, men effekter på tilvekst også kan være av nytte med bare slakteregistreringer. Svarene en får har høy gyldighet og dermed vil slike studier være kostnadseffektive for enhver oppdragsgiver. I tillegg gir sikre resultat verdifull informasjon som beslutningsstøtte hos oppdrettere. Alle 700 000 registreringer er gjort uten håndtering av fisk med betydelige fordeler for fiskevelferden og uten avbrudd i produksjonen.

Tilordning av fisk som merka/ umerka med merd-registreringer i felt.

Analysene fra kohabitantmerdene bekrefter prosjektets hovedhypotese: automatisk registrering av finnekipping gir pålitelig gruppetilordning i kohabitantdesign. Funnene fra studentoppgaven bekrefter at «OptoScale metoden» kan innstilles til å bli et robust verktøy for presis gruppetilordning basert på visuelle kjennetegn. De parallelle forløpene mellom merka og umerka fisk i merd viser også at metoden fungerer som forventet, dette i kontrast til forventede forskjeller ved bruk av helmerder. Dette bildet støttes også av statistiske analyser (mixed models) som har vært enkle å gjennomføre. Til tross for enkelte utfordringer i gjennomføringen, viser iFelt at prinsippene med tidlig randomisering og optisk gruppering av fisk i produksjonsfasen og ved slakt er gjennomførbare og gir et solid grunnlag for å evaluere effekter av tiltak mot sykdom og/eller parasitter i åpne merder.

Baader-systemet ved slakteriet ga også god gruppetilordning av enkeltfisk. En fullverdig validering som ved Optoscale systemet var planlagt, men bildemateriale ble ikke tilgjengelig tidsnok for prosjektet. Foreløpige resultater fra en merd med kun umerka fisk, viser svært høy spesifisitet. Det anbefales å gjennomføre en endelig validering med på grunnlag av bilder tilsvarende det som ble gjort for OptoScale-systemet. En sikrere estimering av sensitiviteten for Optoscales gruppetilordning ville krevd bruk av flere bilder i denne delstudien.

Systemet fanget ikke opp individdata for alle fiskene ved slakting, spesielt for deler av nedklasset fisk. Dette skyldes at slike fisk ofte håndteres på manuelt sløyebord, noe som gir mer krevende sporing. Ettersom slik fisk forventes å ha biologiske avvik er det viktig at systemet videreutvikles for å inkludere også hele denne gruppen. Systemet var automatisk satt opp med en intern "cut-off" på vekt og lengde slik at små fisk ble registrert med 0 i slaktevekt og 0 i lengde. Andelen med null var størst hos fisk med ryggdeformitet, og dermed hos umerka fisk. Denne automatiske innstillingen var ukjent for prosjektet, men er en faktor som enkelt kan korrigeres. Problemet medfører at forekomst og betydning av ryggdeformitet ble underestimert grunnet manglende vekt og K-faktor på disse fiskene.

Biologiske funn

Hovedmålet med iFelt var å demonstrere hvordan streng forsøksdesign, blokkrandomisering og optisk bildeanalyse kan muliggjøre individbasert datainnsamling i feltstudier. Som forebyggende intervensjon ble ca. 10 % av fisken merka og badebehandla med Stembiont® Vital i forbindelse med vaksinerings. Siden Stembiont® Vital er et probiotisk produkt, og ikke et legemiddel med en spesifikk indikasjon, gjør det effektevaluering noe mer krevende enn for eksempel evaluering av vaksiner med helt spesifikke indikasjoner.

Vektutviklingen i kohabitantmerdene var tilnærmet identisk mellom merka og umerka fisk, selv om små forskjeller ble observert ved utsett og i de første registreringsdagene. Tidligere studier har vist at slike forskjeller ville gitt langt tydeligere utslag ved slakt dersom de var reelle (Aunsmo, Larssen, et al., 2008; Røsæg et al., 2021). Etter justering for ryggdeformitet, som forekom hos 12–15 % av fisken i kontrollgruppen, var slaktevektene like i begge grupper. Det er dermed ingen tegn til at behandlingen påvirket tilvekst.

Når det gjelder sår, viste dataene heller ingen signifikante forskjeller mellom gruppene, verken for akutte eller avhela sår i perioden før første avlusing. Grafiske presentasjoner av merka og umerka fisk viser stort sett parallelle forløp, men hvor det er avvik i kurvene i perioder med manglende eller få observasjoner. Spesielt estimatene for forekomst av sår hos merka fisk (med 10 % av totalpopulasjonen) gir noen for hull i observasjoner fordi antallet pr dag falt under terskelverdien på 50. Funnene ble bekreftet av statistisk analyse for slutten av april, en periode med god datatilgang.

Tidspunktet ved utgangen av vinteren og før våravlusing ble vurdert som det mest optimale tidspunktet for å avdekke evt. effekter mot sår. I deler av studien var det betydelig forekomst av sår grunnet ytre belastninger som storm og IMM-avlusinger. I slike tilfeller blir sår et symptom på fysisk stress, og ikke primært et helseproblem forårsaket av underliggende bakterieinfeksjoner (Aunsmo et al., 2023). Derimot ble det observert en betydelig reduksjon i antall lus hos merka fisk, særlig for kjønnsmodne hunnlus (- 45 % i M14). Forskjellen var tydelig både over tid og i det definerte tidagersvinduet før første våravlusing. Effekttørrelsen med 45 % reduksjon er betydelig og kan ikke skyldes tilfeldige feil. Det er likevel noe usikkerhet knyttet til mulige skjevheter i datagrunnlaget, blant annet knyttet til plassering av lus på kroppen og hvordan dette fanges opp av kamera. Videre er det kjent at lakselus, og spesielt kjønnsmodne hunnlus, har en preferanse for plassering bak laksens fettfinne. Fjerning av fettfinne kan i teorien medføre at lusa har en annen plassering (på sidene) og evt. påvirker mengde estimerte lus på begge sider av fisken. Som nevnt tidligere (Tabell 1) ble det ikke funnet vesentlige forskjeller i plassering av lus mellom merka og umerka fisk, dette indikerer at klipping av fettfinnen ikke har påvirket plasseringen av lus nevneverdig i dette forsøket. Det er i etterkant av studien gjennomført en tilsvarende analyse av et sammenlignbart datasett med 4 merder med fettfinneklipt fisk, og hvor merking ikke var assosiert med tiltak mot lus (Jostein Pettersen pers. med.). Analysene fra dette forsøket støtter funnene av en effekt av Stembiont® Vital i denne studien, og samsvarer med laboratorieforsøk gjennomført med *Aliivibrio* stammer (Steen Dobloug et al., 2023). Lavere forekomst av kjønnsmodne hunnlus i flere måneder etter utsett er viktig for å oppnå kontroll med luse-epidemiene, hvor alt som kan redusere lusas reproduksjonsrate er potensielt betydningsfullt. I testing av genetisk resistens mot lakselus har man funnet lavere populasjonseffekter sammenlignet med individuelle forskjeller mellom kohabitant fisk i smitteforsøk (Ødegård et al., 2024). Det samme bør undersøkes for Stembiont® Vital. Det anbefales derfor videre studier for å undersøke om effekten mot

lus kan påvises i en valideringsstudie hvor blant annet effekter av merking med fettfinneklipp kan kontrolleres.

Ved slakting ble det nokså overraskende identifisert en subpopulasjon fisk i den umerka gruppen med redusert lengde, og forhøyet kondisjonsfaktor i en størrelse som er forenlig med patologisk ryggdeformitet. Disse fiskene hadde høyere andel nedklassifisering og lavere vekt, og fenomenet utgjør en konfunderende faktor (forvekslingsfaktor, faktor som påvirker både forklaringsvariabel og utfallsvariabel) som forklarer forskjellene mellom merka og umerka fisk. Ryggdeformitet er en konfunderende faktor i prosjektets resultater og kunne potensielt gitt feilaktige konklusjoner, dersom den ikke var blitt oppdaget.

Sannsynlig årsak til ryggdeformitet i kontrollgruppen kunne i ettertid spores til et brudd på randomiseringen ved at merdene hadde blitt fylt opp med umerka og ubehandlet fisk av samme opphav, men fra et annet kar i settefiskanlegget. Dette illustrerer hvor avgjørende korrekt gjennomført randomisering er for å kunne påvise og kvantifisere reelle effekter i intervensjonsstudier. I ettertid er det ikke mulig å avgjøre årsakene til ryggdeformitetene fullt ut, men det er ikke gjort funn av ryggdeformitet hos merka fisk hvor alle kom via kar 31 som senere ble splittet til kar 51 og 52. Alle 3 merder mottok umerka "tilleggsfisk" fra kar 54 og hvor andelen med ryggdeformitet tilsvarte ca. 50 % av tilleggsfisken fra kar 54. Dette peker på at kar 54 var assosiert med ryggdeformitetene. En annen PD-vaksine ble brukt på deler av fisken i kar 32, som seinere ble splittet til kar 53 og 54. Tidligere studier har vist sammenheng mellom IP-injisert vaksine og ryggdeformiteter (Aunsmo, Guttvik, et al., 2008; Berg et al., 2006), og spesifikt for PD-komponenten (Thorarinsson et al., 2024). Ryggdeformitet er også omtalt som en mulig bi-virkning i den aktuelle vaksineprodusentens legemiddeldokumentasjon (Pharmaq, 2025).

Konsekvensene av ryggdeformitet er lavere tilvekst og økt nedklassifisering av fisk. Det meste av fisken med ryggdeformitet var klassifisert som superior, men den hadde redusert vekt. Ryggdeformiteten i dette forsøket er derfor i all hovedsak subklinisk. I et økonomisk perspektiv gir lavere vekt både redusert volum og lavere pris (via redusert vekt), økt nedklassifisering gir en ytterligere reduksjon i pris. De økonomiske konsekvensene av en slik hendelse vil være avhengig av lakseprisen, i det høyere laksepris gir større tap. I et fiskevelferdsperspektiv er det rimelig å anta at en ryggdeformitet vil gi negativ velferd for de 10-15 % av fiskene dette gjelder.

Hovedfunn

1. Det er utviklet en metode for randomiserte intervensjonsstudier med bruk av kamera til gruppetilordning og automatisk daglig datafangst både i sjø og ved slakt.
2. OptoScale-systemet oppnådde høy spesifisitet og sensitivitet for gruppetilordning i sjø. Baader-systemet ved slakteriet viste høy spesifisitet og presis identifisering av umerka fisk.
3. Vi kunne ikke påvise noen effekt av behandlingen på sår eller tilvekst i denne studien.
4. Vi fant imidlertid betydelig reduksjon i forekomsten av lakselus hos merka fisk, og spesielt av kjønnsmodne hunnlus (-45 %). Resultatene for lus bør likevel valideres.
5. Høy forekomst av ryggdeformiteter (12–15 %) ble påvist hos umerka fisk, og dette ga redusert slaktevekt og noe økt nedklassifisering. Funnene kan knyttes til at en spesifikk vaksine bare brukt på ubehandlet fisk og forhold i et spesifikt kar, og bekrefter tidligere funn av vaksine og miljø som avgjørende faktorer for utvikling av ryggdeformitet.
6. Prosjektets metoder og design legger et solid grunnlag for videre arbeid med dokumentasjon av effekter både av vaksiner og probiotiske intervensjoner i oppdrett.

Takk til

Det rettes en stor takk til personellet ved Svabergsettefisk og lokaliteten Stasøya som har bidratt med daglig drift og registreringer av forsøkskar og merder. Det rettes også en stor takk til øvrig personell hos prosjektpartnerne som har bidratt i gjennomføring av prosjektet.

Referanser

- Aunsmo, A. (2009). *Health related losses in sea farmed Atlantic salmon-quantification, risk factors and economic impact*. PhD Thesis Norwegian School of Veterinary Science.
- Aunsmo, A., Guttvik, A., Midtlyng, P. J., Larssen, R. B., Evensen, Ø., & Skjerve, E. (2008). Association of spinal deformity and vaccine-induced abdominal lesions in harvest-sized Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 31(7). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2007.00899.x>
- Aunsmo, A., Larssen, R. B., Valle, P. S., Sandberg, M., Evensen, Ø., Midtlyng, P. J., Østvik, A., & Skjerve, E. (2008). Improved field trial methodology for quantifying vaccination side-effects in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 284(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.028>
- Aunsmo, A., Persson, D., Stormoen, M., Romstad, S., Jamtøy, O., & Midtlyng, P. J. (2023). Real-time monitoring of cause-specific mortality- and losses in industrial salmon farming. *Aquaculture*, 563. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738969>
- Aunsmo, A., Valle, P. S., Sandberg, M., Midtlyng, P. J., & Bruheim, T. (2010). Stochastic modelling of direct costs of pancreas disease (PD) in Norwegian farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Preventive Veterinary Medicine*, 93(2–3). <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.10.001>
- Berg, A., Rødseth, O. M., Tangerås, A., & Hansen, T. (2006). Time of vaccination influences development of adhesions, growth and spinal deformities in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 69(2–3). <https://doi.org/10.3354/dao069239>
- Bui, S., Folkedal, O., Nerbø, I. S., & Barret, L. T. (2024). *STANDARDISATION OF MANUAL LOUSE COUNTS FOR VALIDATION OF AUTOMATIC CAMERA SYSTEMS Final report (FHF project 901881)*. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-en-2024-61>
- Burger, B., Vaudel, M., & Barsnes, H. (2021). Importance of Block Randomization When Designing Proteomics Experiments. In *Journal of Proteome Research* (Vol. 20, Issue 1). <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.0c00536>
- Fari, L. N., & Skjåvik, M. J. B. (2024). *Feltstudie for beskrivelse av sår og validering av modell for kameraregistrering av fettfinneklippt oppdrettet atlantisk laks i sjøfasen*. Fordypningsoppgave NMBU Veterinærhøgskolen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901836/>
- Midtlyng, P. J., Blomsø, A., Nerbø, I. S., Fylling, A. B., Skjerve, E., & Aunsmo, A. (2024). *Veileder for automatisk deteksjon av merket laks til bruk for forskning og evaluering av helsefremmende tiltak i felt*. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901836/>
- Ødegård, J., Medina, M., Torgersen, J. S., Korsvoll, S. A., Deerenberg, R., Yáñez, J. M., Cichero, D., Lopez, P., Moen, T., & Kjølglum, S. (2024). Genetic selection for reduced parasite load in Atlantic salmon: Zero-sum game or a tool for group-level protection against sea lice? *Aquaculture*, 581, 740438. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.740438>

Pharmaq. (2025, April 12). *Pakningsvedlegg ALPHA JECT micro 1 PD PHARMAQ*. 2025.
www.felleskatalogen.no

Røsæg, M. V., Thorarinsson, R., & Aunsmo, A. (2021). Effect of vaccines against pancreas disease in farmed Atlantic salmon. *Journal of Fish Diseases*, *44*(12), 1911–1924.
<https://doi.org/10.1111/jfd.13505>

Steen Dobloug, M. (2025). *Probiotic Aliivibrio species in Atlantic salmon (Salmo salar): A novel approach against Moritella viscosa and salmon lice (Lepeophtheirus salmonis)*. PhD Thesis NMBU 2025:22. ISSN 1894-6402. ISBN 978-82-575-2234-6.

Steen Dobloug, M., Iakhno, S., Foyn Nørstebø, S., Evensen, Ø., & Sørum, H. (2024). Long-Term Colonization Dynamics of Probiotic Aliivibrio spp. in Atlantic Salmon (Salmo salar) Following Bath Administration (preprint). *BioRxiv*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2024.12.21.629900>

Steen Dobloug, M., Skagen-Sandvik, C., Evensen, Ø., Gadan, K., Bakke, M. J., Sørum, H., & Saloni, K. (2023). Reduced Infestation Levels of Lepeophtheirus salmonis in Atlantic Salmon (Salmo salar) following Immersion Exposure to Probiotic Aliivibrio spp. *Applied Microbiology*, *3*(4).
<https://doi.org/10.3390/applmicrobiol3040090>

Thorarinsson, R., Negaard, P., Baeverfjord, G., Peña, P., & Skjerve, E. (2024). The effect of vaccine-associated cross-stitch vertebrae pathology on growth of farmed Atlantic salmon. *Journal of the World Aquaculture Society*, *55*(1), 240–256. <https://doi.org/10.1111/jwas.12975>

Vedlegg.

I vedlegg finnes en del supplerende informasjon som ikke er med i selve rapporten.

Supplerende OptoScale-data fra sjøfasen

Tabell A. Oversikt over rådata fra M13 og M14 i sjøfasen av kohabitantforsøket. Merka/ Umerka fisk referert til som Klipt/ Ikke Klipt.

Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
231110	1	13	13	13	Merd
231110	3	1180.969	1140	1198	Bioskop nummer
231110	246	23430.52	23293	23692	Dato
231110	226077	1.301642	6.38e-18	19.99568	Finneverdi (Optoscale)
220796	2	.1083896	0	1	0=Ikke Klipt; 1=Klipt
231110	229377	1.420839	.1692733	7.011541	Vekt (kg)
231110	5	.0360218	0	5	Akutte sår, antall
231110	6	.0362425	0	6	Avhela sår, antall
231110	21	.474934	0	37	Bevegelige lus, telling
231110	32	.8415949	0	70	Bevegelige lus, estimert
231110	6	.2359396	0	5	Voksne hunnlus, telling
231110	9	.3023798	0	8	Voksne hunnlus, estimert

Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
261563	1	14	14	14	Merd
261563	2	1154.996	1152	1301	Bioskop nummer
261563	318	23426.84	23293	23658	Dato
261563	253211	1.413963	0	19.99406	Finneverdi (Optoscale)
246154	2	.1076684	0	1	0=Ikke Klipt; 1=Klipt
261563	259339	1.352462	.1168518	5.937967	Vekt (kg)
261563	5	.0615263	0	4	Akutte sår, antall
261563	4	.0333075	0	3	Avhela sår, antall
261563	19	.2748822	0	21	Bevegelige lus, telling
261563	30	.4726968	0	34	Bevegelige lus, estimert
261563	8	.100148	0	7	Voksne hunnlus, telling
261563	10	.1274607	0	10	Voksne hunnlus, estimert

Tabell B. OptoScale-data: Oversikt over den endelige databasen fra M13 og M14 med behandlingsinformasjon (Klipt/ Uklipt) med finneverdi 0 - 0.2 (klipt) og > 0.6 (uklipt). Registreringer fra 01.12.2023. Merka/ Umerka fisk referert til som Klipt/ Ikke Klipt.

Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
193958	1	13	13	13	Merd
193958	3	1181.26	1140	1198	Bioskop nummer
193958	174	23436.56	23345	23692	Dato
193958	192633	1.472244	.1692733	7.011541	Vekt (kg)
193958	21	.5055373	0	37	Bevegelige lus, telling
193958	32	.8919869	0	70	Bevegelige lus, estimert
193958	6	.2490849	0	5	Voksne hunnlus, telling
193958	9	.317079	0	8	Voksne hunnlus, estimert
193958	5	.0368482	0	5	Akutte sår, antall
193958	6	.0349509	0	6	Avhela sår, antall
193958	192119	1.068596	2.31e-15	19.83798	Finneverdi (Optoscale)
193958	2	.0837346	0	1	0=Ikke Klipt; 1=Klipt
193958	165	2516.718	2	4451	Antall fisk/dag
193958	109	205.7004	0	382	Antall klipt/dag
193958	168	.0799549	0	.1472946	Andel klipt/dag

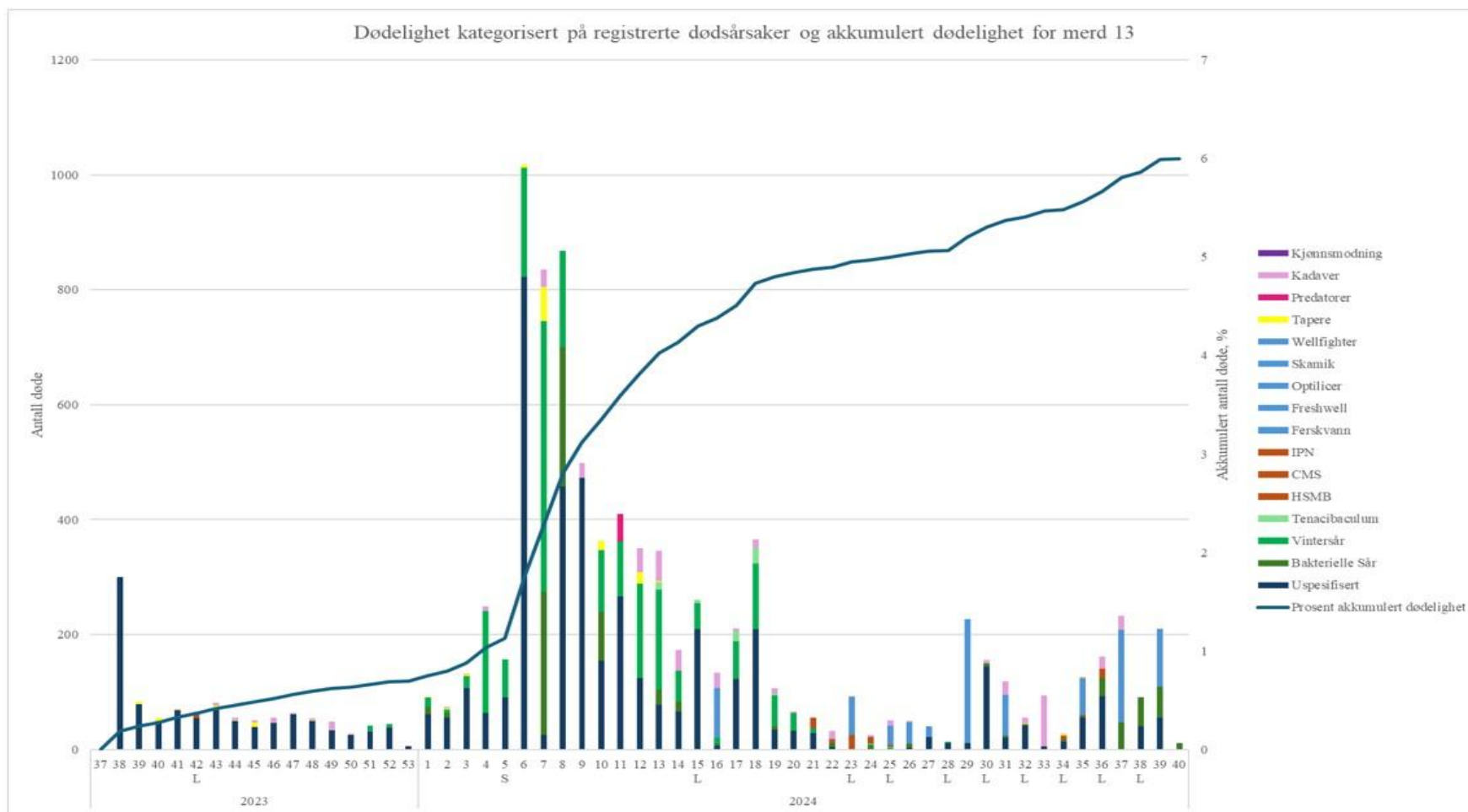
Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
210454	1	14	14	14	Merd
210454	1	1152	1152	1152	Bioskop nummer
210454	232	23436.42	23345	23658	Dato
210454	208832	1.421449	.1700388	5.937967	Vekt (kg)
210454	19	.3077347	0	21	Bevegelige lus, telling
210454	30	.5256018	0	34	Bevegelige lus, estimert
210454	8	.1068642	0	7	Voksne hunnlus, telling
210454	10	.1337584	0	10	Voksne hunnlus, estimert
210454	5	.0684663	0	4	Akutte sår, antall
210454	4	.034245	0	3	Avhela sår, antall
210454	208185	.9977783	8.64e-15	13.06635	Finneverdi (Optoscale)
210454	2	.0936832	0	1	0=Ikke Klipt; 1=Klipt
210454	218	1384.968	1	2595	Antall fisk/dag
210454	137	129.6298	0	237	Antall klipt/dag
210454	223	.0936832	0	1	Andel klipt/dag

Tabell C. Oversikt over kollapsa database for M13 (øverst) og M14 (nederst), med en linje pr. kombinasjon av dag og behandling. Merka/ Umerka fisk referert til som Klipt/ Ikke Klipt.

Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
344	174	23536.06	23345	23692	Dato
344	2	.494186	0	1	0=Ikke Klipt; 1=Klipt
344	1	13	13	13	Merd
344	165	1180.625	2	4451	Antall fisk
344	344	2.202335	.9006947	4.07302	Vekt (kg)
344	233	.0345417	0	.5	Akutte sår, antall
344	254	.0495527	0	.3333333	Avhela sår, antall
344	316	1.2506	0	9.682353	Bevegelig, estimert
344	291	.275414	0	1.909091	Voksne lus, estimert

Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
457	232	23484.82	23345	23658	Dato
457	2	.4945295	0	1	0=Ikke Klipt; 1=Klipt
457	1	14	14	14	Merd
457	218	920.9387	1	2595	Antall fisk
457	457	1.75445	.8750004	3.668417	Vekt (kg)
457	336	.0741921	0	2	Akutte sår, antall
457	337	.0418887	0	.4	Avhela sår, antall
457	414	.8597726	0	10	Bevegelig, estimert
457	396	.187272	0	2.555556	Voksne lus, estimert

Oversikt over dødelighetsårsaker i M13 og M14 (Fari & Skjåvik, 2024)



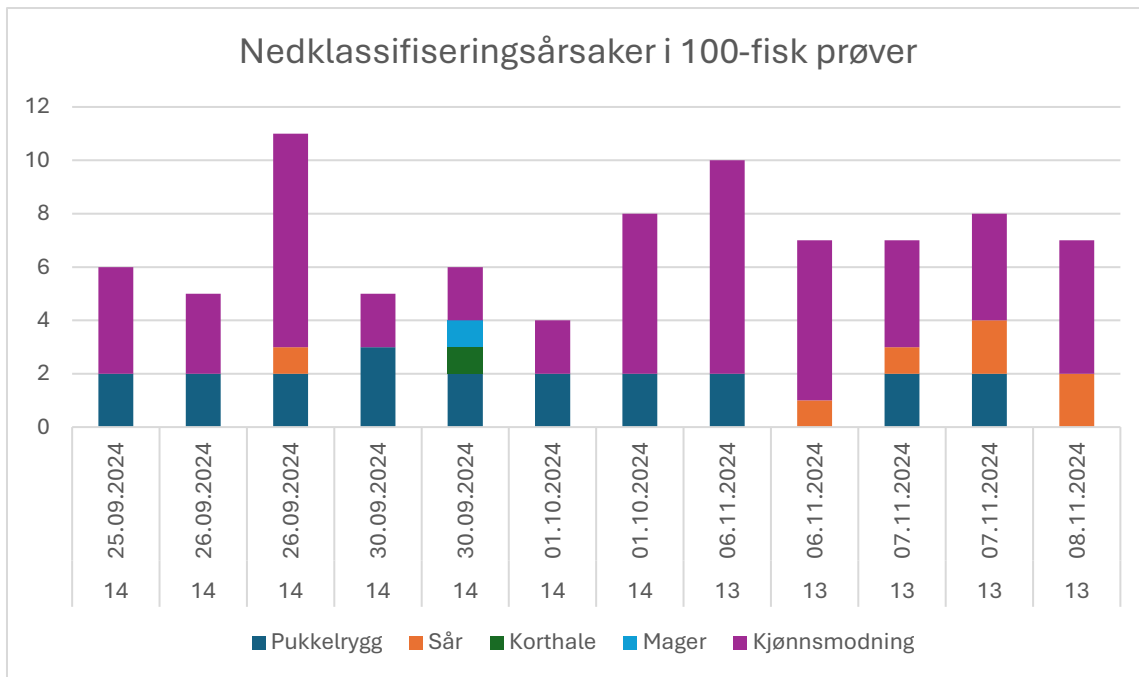
Figur A. Antall døde med dødfisk kategorisering og akkumulert antall døde i prosent for merd 13. Stormen Ingunn merka "S" og lakselusbehandling er merka "L". Alle unntatt uke 42 er IMM behandlinger (Fari & Skjåvik, 2024).

Slaktedata

Tabell F Oversikt over slakteribasen for M13 (øverst), med 135795 fisk og M14 (nederst) med 153184 fisk.

Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
135795	3	2.41e+07	2.41e+07	2.41e+07	Batch
135795	3	23686.61	23686	23688	Dato
135795	3740	3426.351	0	11413	Slaktevekt (g)
135795	352	702.1051	0	898	Lengde (mm)
135674	93483	1.017628	0	2.994829	Kondisjonsfaktor
135692	2	.0472025	0	1	Prod
135795	2	.1009757	0	1	Korthale

Obs	Unique	Mean	Min	Max	Label
153184	4	2.41e+07	2.41e+07	2.41e+07	Batch
153184	4	23647.5	23644	23650	Dato
153184	3411	2608.934	0	7543	Slaktevekt (g)
153184	388	649.1577	0	896	Lengde (mm)
153013	96510	.9926365	0	2.996151	Kondisjonsfaktor
153102	2	.0770663	0	1	Prod
153184	2	.1347008	0	1	Korthale



Figur B: Nedklassifiseringsårsaker på 12 stk 100-fiskprøver i M13 og M14 med 1-2 prøveuttak per dag.