

Risikofaktoranalyse med forslag til forbedringspunkter ved termisk behandling

TermVel (FHF#901649)

15.08.2022

Morten Lund¹, Martin H. Iversen², Lars Helge Stien³, Birger Venås⁴, Malin Johansen⁵ og Merete. Bjørgan Schrøder⁴

1. PatoGen AS; 2. Nord Universitet, Bodø; 3. Havforskningsinstituttet, Bergen; 4. Sintef Ocean AS og 5. NCE Aquaculture



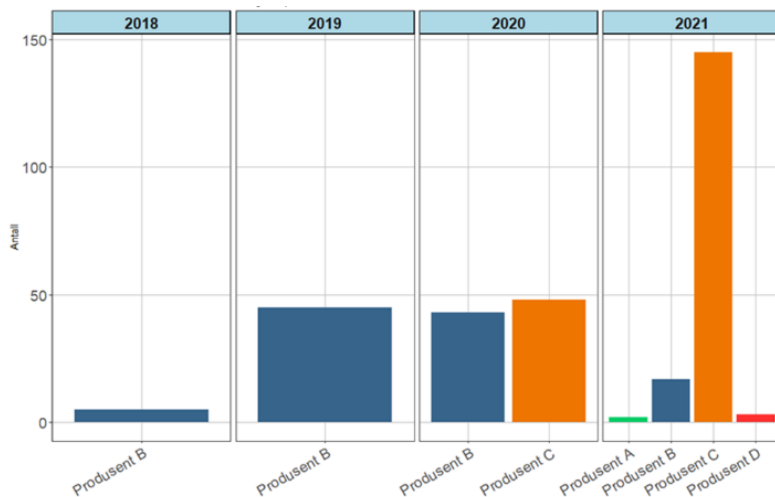
HAVFORSKNINGSINSTITUTTET



Termisk avlusing er det dominerende prinsipp for det som omtales som ikke-medikamentelle metoder (IMM) for avlusing. I korte trekk består denne metoden av at laksen først trenges i merden, pumpes opp i en brønnbåt eller behandlingsflåte, hvor den transporteres gjennom diverse rør og sklibaner, utsettes for varmt vann (27-34 °C) i 20-30 sekunder før den blir skylt ut igjen i merden. Det har imidlertid blitt rapportert om forøkt dødelighet og skader på fisken etter termisk avlusing. I TermVel har vi derfor fokusert på denne avlusingsformen for å bidra til å skaffe til veie objektiv dokumentasjon om laksens tålegrenser. Prosjektet har først og fremst til hensikt å få fram mer kunnskap om fiskevelferdsmessige aspekter ved termiske metoder og undersøke hvilket mulighetsrom som finnes for fremtidig bruk av termiske avlusinger, spesielt relatert til kritiske faktorer som eksponeringstid og behandlingstemperatur i kommersielle avlusingsanlegg. Målet er at oppdrettere, operatører av behandlingsenhetene og fiskehelsetjenesten kan bruke denne informasjonen når de skal bestemme hvilke fisk som er egnet for termisk avlusing og hvordan avlusingen bør foregå, og peke veg for hvilken retning videre forskning på termisk avlusing bør ta.

Prosjektpartnerne i TermVel er Havforskningsinstituttet, Nord Universitet, NCE Aquaculture og SINTEF Ocean (prosjektleder), og har sammen med referansegruppen bidratt med konstruktive og nyttige diskusjoner gjennom hele prosjektet.

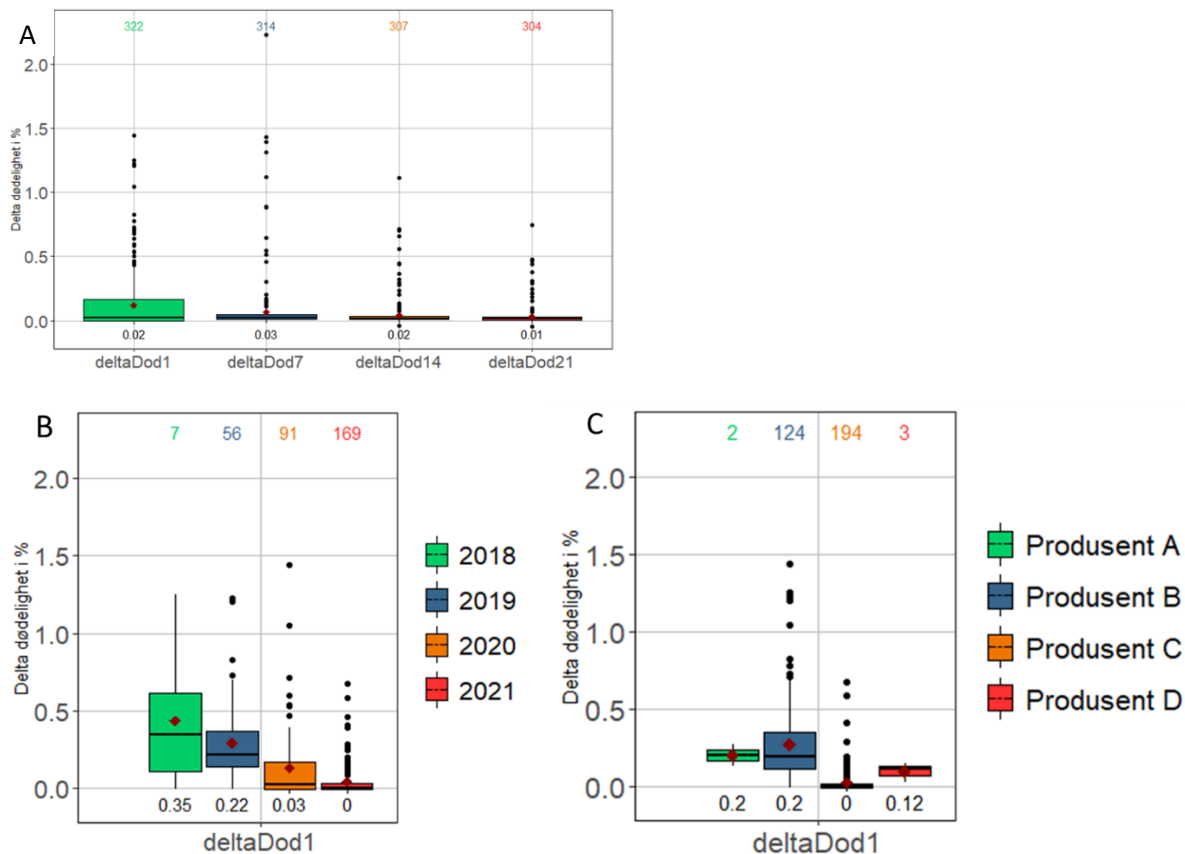
I denne studien ble det utført en risikofaktoranalyse for å identifisere faktorer ved behandlingen som kunne forklare dødeligheten rett etter avlusing. Hver enkelt variabel ble vurdert hver for seg før de ble inkludert i en regresjonsanalyse. Datasettet baserte seg på data fra 4 lakseprodusenter som holder til i Nordland og nordover hvorav det var to av produsentene som bidro med majoriteten av behandlingene. Prosjektet mottok registreringer fra 322 termiske merdbehandlinger hvorav 255 merdbehandlinger var utført med Optilicer og 67 merdbehandlinger med Thermolicer. Behandlingene ble utført i tidsrommet 2018 til 2021. Figur 1 viser fordelingen av merdbehandlinger fordelt på behandlingsår og produsent.



Figur 1. Antall merdbehandlinger i datasettet fordelt på behandlingsår og lakseprodusent.

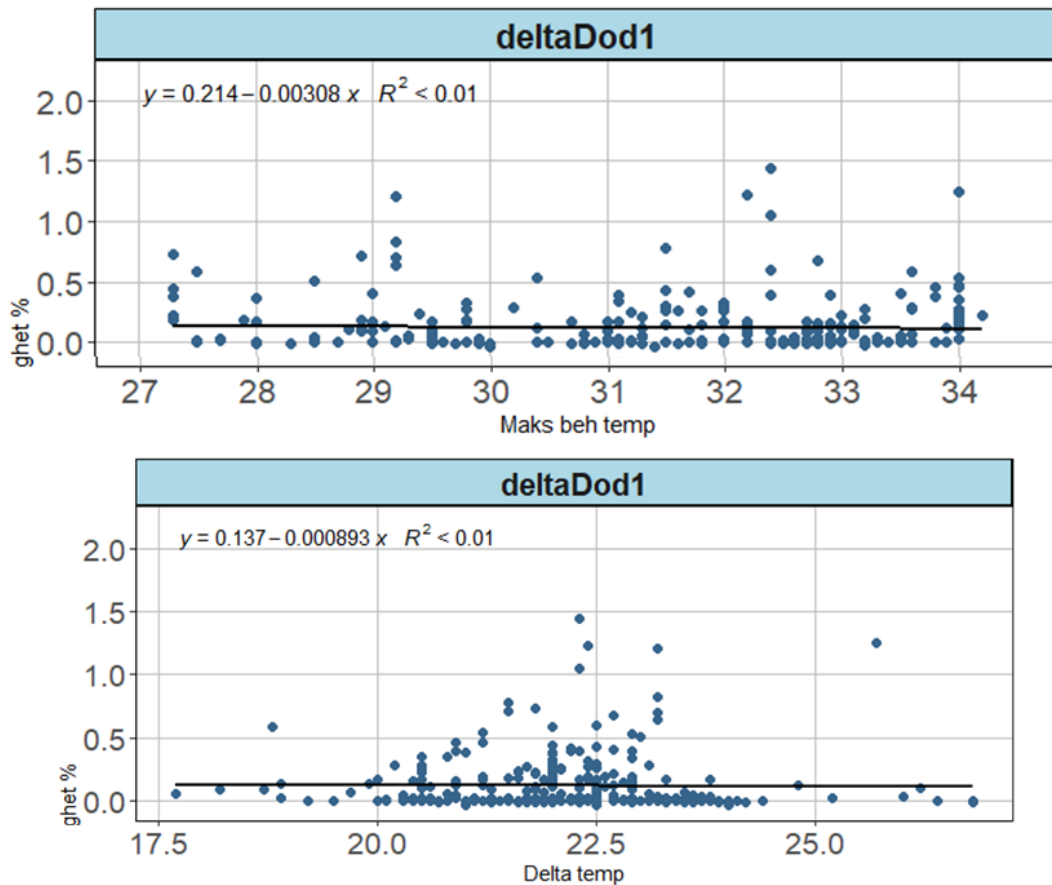
Random forest regresjon ble valgt som modelleringsmetode av akutt dødeligheten i dette datasettet. Bakgrunnen for dette er at Random forest er en datalæringsalgoritme som passer godt til datasett med mange variabler som også inkluderer kategoriske variabler i tillegg til kontinuerlige variabler.

Behandlingsdødelighet ble beregnet ved å ta differansen mellom % daglig dødelighet etter behandling og gjennomsnittlig % daglig dødelighet de siste 7 dagene før behandling. Figur 2A viser at behandlingsdødeligheten varierer mest 24 timer etter behandling og at dødeligheten raskt går ned på det samme nivået som før behandling. Dette tilsvarer funn som andre studier har vist etter ikke-medikamentell avlusning av atlantisk laks. Behandlingsdødeligheten 24 timer etter behandling benevnes som «Akuttdødelighet» i resten av denne rapporten. Resultatene viser også at akuttdødeligheten har gått ned over tid (Figur 2B) noe som indikerer en forbedring av metoden med tanke på utstyret som brukes og prosedyrene ved termisk avlusning. Dette indikerer også at fisken som går inn i termisk avlusning håndterer behandlingen bedre som følge av grundige forhåndsvurderinger av helsestatus til fisken. Det ble også avdekket en forskjell i akuttdødelighet mellom produsent B og C (Figur 2C) til tross for at disse to produsentene hadde likt dødelighetsnivå i forkant av behandling. Denne forskjellen ble mindre når resultatene ble fordelt på behandlingsår som følge av en redusert akuttdødelighet de siste årene hos produsent B.

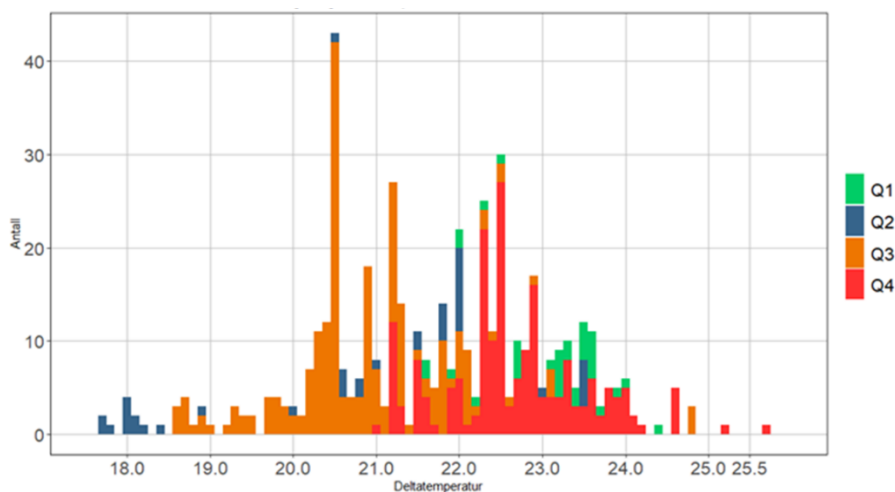


Figur 2. A: Deltadødelighet etter termisk behandling. Deltadod1, 7, 14 og 21 indikerer behandlingsdødeligheten etter hhv 1, 7, 14, og 21 dager etter behandling. B: Redusert akutt dødelighet over en tidsperiode fra 2018-2021. C: Forskjell i akutt dødelighet mellom produsent B og C. Forklaring til boksplot: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor $1,5 * (Q3-Q1)$, svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks.

Resultatene fra analysene av enkeltvariablene viste ingen effekt av maks behandlingstemperatur på mer-dødeligheten 24 timer etter behandling (Figur 3). Effekten av deltatemperatur på akutt dødeligheten viser en trend mot en høyere sannsynlighet for økt akutt dødelighet rundt 22°C. Denne effekten var også til stede, men ikke signifikant, i Random forest modelleringen. Når vi ser på antall behandlinger fordelt på deltatemperatur, ser vi at det er en relativt jevn fordeling av behandlinger i spennet 20 - 23°C deltatemperatur (Figur 4).



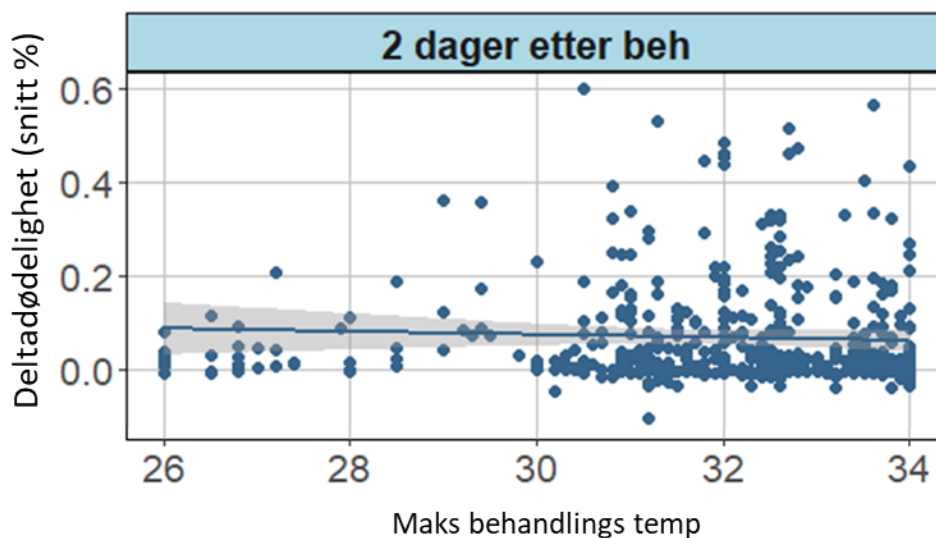
Figur 3. Scatterplot over maks behandlingstemperatur og deltatemperatur opp mot dødelighet i % 24 timer etter termisk behandling.



Figur 4. Antall merdebehandlinger fordelt på deltatemperatur og kvartal for behandling (Q1-4).

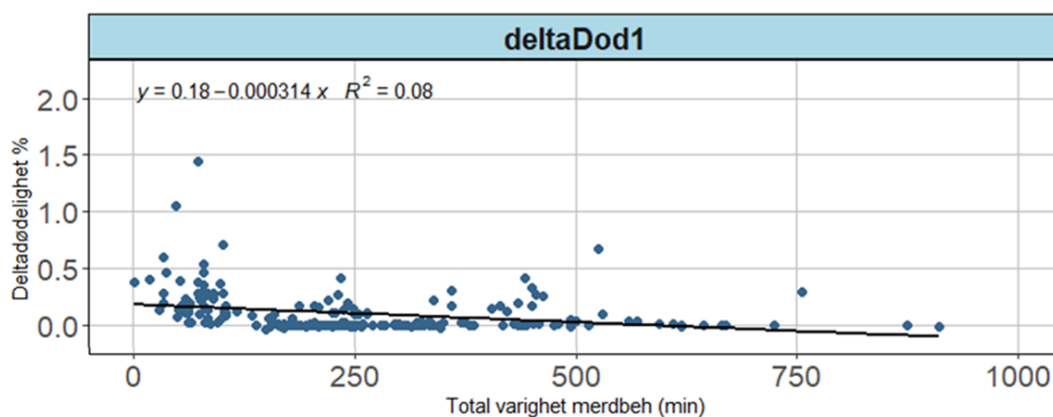
Det ble heller ikke funnet noen sammenheng mellom maks behandlingstemperatur og dødelighet 48 timer etter behandling i et retrospektivt studium utført i forkant av TermVel (Figur 5). Dette studiet var utført på et datasett bestående av 587 termiske

merdbehandlinger fra 2016 – 2020. I det samme studiet ble det ikke funnet noen sammenheng mellom deltatemperatur og dødelighet 48 timer etter behandling.



Figur 5. Scatterplot over maks behandlingstemperatur og dødelighet i % 48 timer etter termisk behandling. Dette er resultater fra et retrospektivt studium av termiske behandlinger (N= 587) utført i 2016 – 2020.

Undersøkelsene av enkeltvariablene viste en trend mot redusert akuttdødelighet ved økt total varighet av behandlingen i minutter (Figur 6), en effekt som også kom frem i Random forest modelleringen.



Figur 6. Scatterplot over total varighet per merdbehandling (min) og akuttdødelighet etter termisk behandling.

Det ble også funnet en signifikant lavere akuttdødelighet etter behandlingene hvor sedasjon har blitt brukt sammenlignet med behandlingene hvor sedasjon ikke har blitt brukt. Denne effekten og bruken av sedasjon blir diskutert under delen om fiskevelferd senere i denne rapporten.

Resultatet fra Random forest regressjonen ga en modell som hadde en for lav forklaringsgrad til at den var konklusiv. Dette betyr at dataene som ble hentet inn i dette prosjektet ikke klarte å forklare akutt dødeligheten i stor grad. Dette kan være forårsaket av at vi hadde et lite antall merdbehandlinger (N=155) med komplette registreringer i tillegg til at det var for lite antall registreringer av treningsvariablene som antas å bidra med å kunne forklare akutt dødeligheten. Prosjektet fikk ikke tilgang til data fra hele livsløpet til fisken fra utsett i sjø og dette bidrar nok også til at modellen ikke får høyere forklaringsgrad.

Dette resultatet samsvarer også med en lineær regresjonsmodellering utført i et retrospektivt studium som ble utført i forkant av TermVel. I sum peker disse resultatene på at det er flere variabler som forklarer akutt dødeligheten etter termisk avlusning. Derfor er det viktig at ved feltstudier av komplekse problemstillinger er det nødvendig med datasett med et tilstrekkelig stort antall observasjoner som er fullstendig registrert på relevante parametere. Dette fordrer samarbeid mellom produsenter og en enhetlig registrering av data.

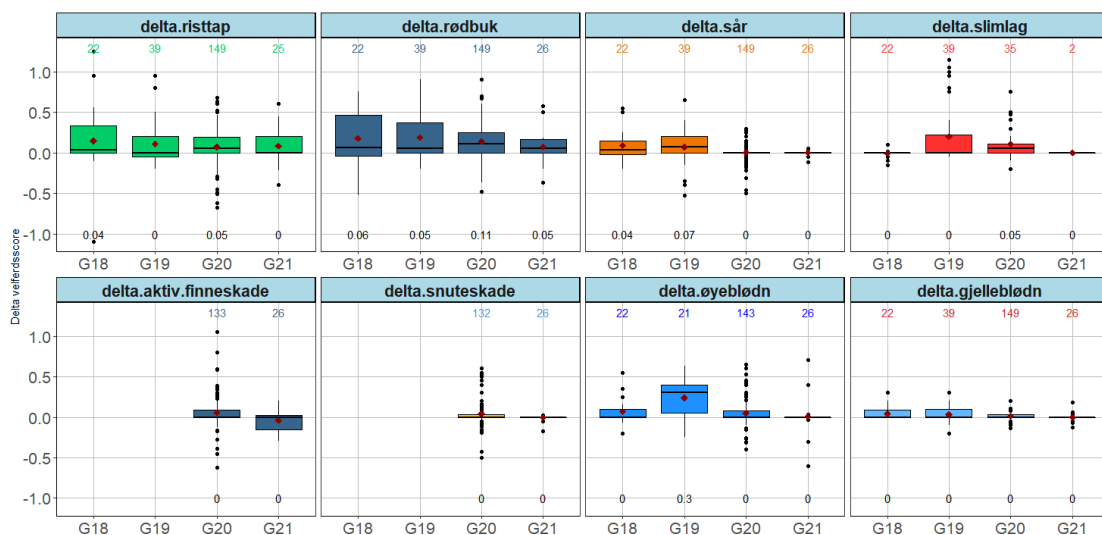
Effekt på fiskevelferd under termisk avlusning i felt

I forbindelse med datainnhenting fra termiske avlusninger ble flere velferdsparametere registrert etter mal fra FishWell rett før og etter behandlingen. Malen etablert av FishWell ble brukt for å sikre objektiv og lik registrering av disse parametere.

Endringen i score av de ulike velferdsparametere ble beregnet ved å trekke scoren etter behandling fra scoren før behandling. Dette gir en delta velferdsscore som innebærer at en delta-verdi over 0 indikerer dårligere velferdsscore etter behandling.

Forbedret delta velferdsscore over tid

Resultatene fra velferdsscoringen fra merdbehandlingene som ble hentet inn i prosjektet viser at delta velferdsscore går ned fra G18 til G21, noe som betyr en forbedret velferd (se forklaring lenger opp i teksten) (Figur 7). Dette kan forklares med bl.a. et økende fokus på scoring av fiskevelferd ved IMM-behandlinger, i tillegg til bedring i behandlingsmetodene ved utførelse og en optimalisering av utstyr over tid. Den samme positive trenden ser vi også i akutt dødeligheten som har gått ned i samme tidsrom i datasettet som var tilgjengelig for prosjektet. Til tross for et lavt antall observasjoner for G18 og G21, understøttes denne trenden av et tidligere utført retrospektivt studie av termiske behandlinger.



Figur 7. Delta velferdsscore fordelt på generasjon. Forklaring til boksplo: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor $1,5 * (Q3-Q1)$, svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks.

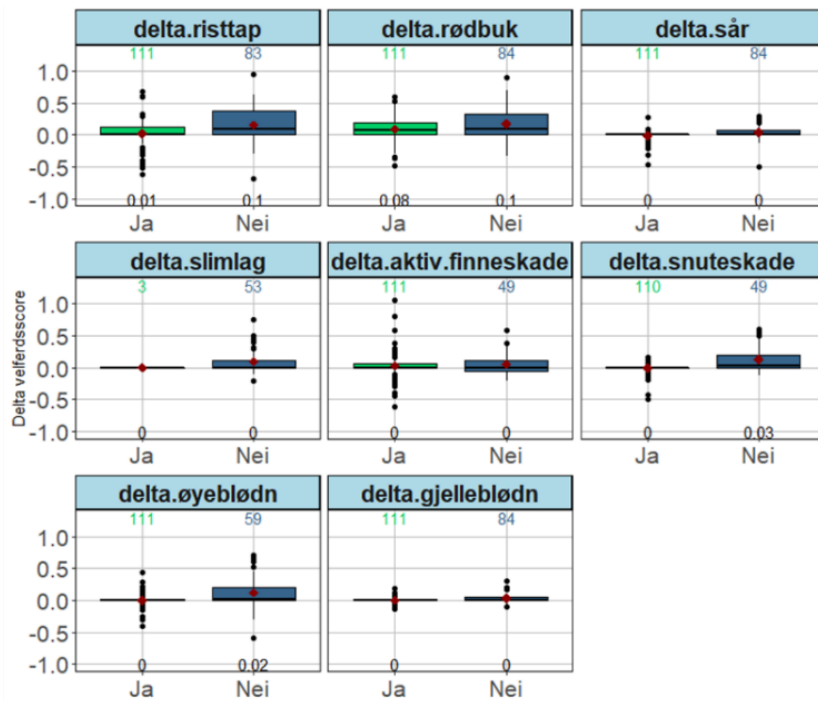
Effekt av total behandlingstid (fra oppliningen starter til all fisken er tilbake i mottakermerden) per merd på velferdsscore

Datasettet som ble samlet inn avdekket en trend mot forbedret delta score av velferdsparametre etter behandling med økt behandlingstid for hver merdbehandling. Dette tyder på at behandlinger som av ulike årsaker fører til at fisken går raskt gjennom avlusningsoperasjonen har en økt sannsynlighet for å få dårligere fiskevelferd basert på scoring av velferdsparametre. Vi har ikke undersøkt om det er spesifikke perioder i løpet av den totale behandlingstiden som er kritiske for fiskens velferd. Dette betyr ikke nødvendigvis at lange trengetider og fisk som blir stående lenge i operasjoner er positivt for utfallet av en termisk avlusning.

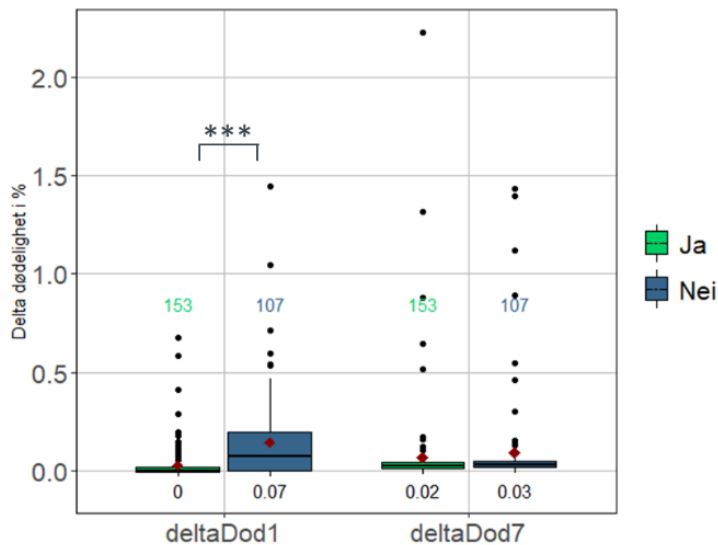
I det samme datasettet kunne vi ikke se en effekt av maksimal behandlingstemperatur eller deltatemperatur på velferdsscore. Dette understøtter resultater fra et tidligere utført retrospektivt studium som viste ingen effekt av maksimal behandlingstemperatur eller deltatemperatur på velferdsscoren.

Forskjell i delta velferdsscore og akutt dødelighet ved bruk av sedasjon

Dataanalysen av velferdsparametrene avdekket også en forskjell i delta velferdsscore (Figur 8) og akutt dødelighet etter behandling (Figur 9) mellom behandlingene som hadde brukt sedasjon og de som ikke hadde brukt sedasjon. I datasettet var sedasjon kun blitt brukt ved behandlinger i 2020 og 2021 og derfor er kun merdbehandlinger fra disse årene inkludert i figurene 8 og 9.



Figur 8. Boksplot over delta velferdsscore og bruk av sedasjon under termiske behandlinger utført i 2020 og 2021. Gruppen «Ja» indikerer behandlinger hvor sedasjon har blitt brukt og gruppen «Nei» indikerer behandlinger hvor sedasjon ikke har blitt brukt. Forklaring til boksplot: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor $1,5 * (Q3-Q1)$, svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks.



Figur 9. Boksplot over merdødeligheten 1 og 7 døgn etter behandling i grupper som har/ikke har brukt sedasjon under termisk behandling utført i 2020 og 2021. Gruppen «Ja» indikerer behandling hvor sedasjon har blitt brukt og gruppen «Nei» indikerer behandling hvor sedasjon ikke har blitt brukt. Forklaring til boksplot: Median (strek inne i boksen og tallet under hver boks): verdien som deler utvalget i to (50% prosentil), nedre margin av boksen: 25 % prosentil, nedre margin av boksen: 75 % prosentil, rød prikk: Gjennomsnittsverdien av utvalget, Whiskere: Verdier i utvalget som ligger innenfor $1,5 \cdot (Q3 - Q1)$, svart prikk: Uteliggere er verdier utenfor whiskere. Antallet registreringer (merdbehandlinger) i hver gruppe er indikert over hver boks. *** indikerer en $p < 0.001$ etter en Welch Two Sample t-test.

Oppsummering og forslag til forbedringspunkt

Resultatene som er presentert i denne rapporten viser at merdødeligheten og delta velferdsscore etter termisk avlusing har blitt bedre over tid som vist per år og generasjon. Dette indikerer at prosedyrene og utstyret som brukes ved termisk avlusing har blitt bedre i tillegg til at helsestatusen til fisken i økende grad har blitt vurdert i forkant av behandling og behandlingsmetode.

Studiet avdekket en mulig trend mot lavere dødelighet etter 1 døgn og bedre fiskevelferdsscore med økt total behandlingstid per merdbehandling. Videre studier bør fokusere på å forstå effekten av de enkelte håndteringsstegene fra opplining til pumping inn i avlusningsenheten på akutt dødeligheten. Dette vil bedre forståelsen av hvilke risikopunkt som påvirker utfallet av en håndtering av fisk som har god helsestatus. Feltefaringer tilsier at bl.a. trengetid og kontroll på avkast er svært viktig for et godt utfall etter en termisk avlusing.

Effekten av sedasjon kommer frem i dette studiet i form av lavere akutt dødelighet og bedre fiskevelferdsscore 24 timer etter behandling. Selv om forskjellene er klare i dette studiet, er det viktig at betydningen av sedasjon ved håndtering ytterligere klargjøres. Effekten av og behovet for sedasjon kan variere med fiskegrupper, temperatur og ulike typer håndteringsoperasjoner. Ett aspekt med sedasjon som er sentralt i et

fiskevelferdshensyn er at sedasjon betyr fysisk immobilisering og ikke nødvendigvis smertelindring. Bruk av sedasjon fordrer at fisken går gjennom en brønn/må bades i sedasjonsmidlet og dette betyr at sedasjon ikke er mulig å bruke ved alle håndteringsoperasjoner av fisk. Når en skal sedere fisk i store vannvolumer/tanker, er det i tillegg ikke alltid lett å dosere ut riktig og en kan risikere ulik effekt av sedasjon.

Resultatene fra denne studien viser at stress trolig er det viktigste bidraget til redusert fiskevelferd og økt risiko for akutt behandlingsdødelighet i forbindelse med termisk avlusning. Stressbelastningen under termisk avlusning kan i enkelte tilfeller være hovedsakelig knyttet til håndteringsforhold uavhengig av maskinen og sannsynligvis i andre tilfeller være tilknyttet selve maskinen. De observerte effektene av sedasjon gir oss et grunnlag for å forstå bakgrunnen for stressresponser hos laks i forbindelse med håndtering. På den måten kan det iverksettes tiltak for å minimere stressbelastningen under behandlingen. Bruk av sedasjon under håndteringsoperasjoner krever som regel erfaring og bruk av skjønn og det er viktig å jobbe videre med å kartlegge hvordan sedasjon best kan benyttes til det beste for bedre velferd. Samtidig er det viktig å finne de rette stressreducerende tiltakene da sedasjon kun vil bøte på konsekvensene av det underliggende problemet.

Erfaringene fra denne studien viser at det er store variasjoner i utfallet av termisk avlusinger og at det er mange faktorer som påvirker dette utfallet. Derfor er det viktig å videreføre liknende prosjekter med flere produsenter for å få en bedre forståelse for suksessfaktorene ved alle ikke-medikamentelle avlusingsmetoder.