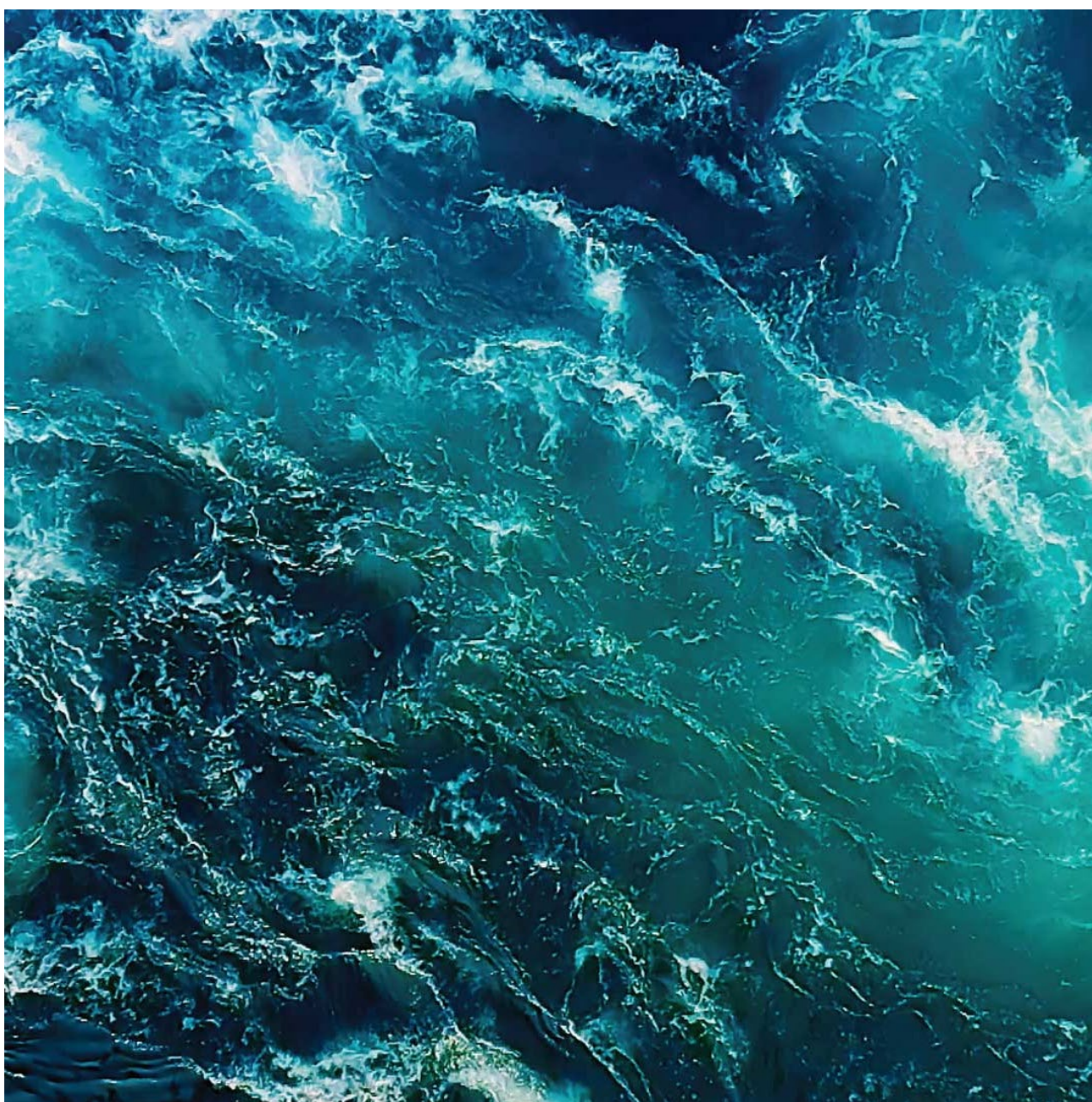


Rapport:

Dokumentasjon av fiskevelferd under avlusning ved bruk av Optiflush

Akvaplan-niva AS Rapport: 2022.63129.01



Dokumentasjon av fiskevelferd under avlusning ved bruk av Optiflush

Forfatter(e) Ane Vigdisdatter Nytrø, Atle Foss

Dato

Rapport nr. 2022.63129.01

Antall sider 28

Distribusjon **Gjennom kunden**

Kunde Optimar AS

Kontaktperson Lars André Langøyli Giske

Sammendrag

Denne rapporten dokumenterer fiskevelferd og avlusningseffekt ved bruk av OPTIFLUSH. Teknologien benytter dyser plassert i 360°C rundt fisken for å effektivt og skånsomt fjerne lus, enten som stand-alone unit, eller i etterkant av behandling med termisk avlusningsteknologi.

Dokumentasjonen er gjort gjennom en trinnvis tilnærming gjennom en rekke forsøk underlagt FOTSID 27548 på fiskestørrelser fra 1.5-7.9 kg og behandlingstemperaturer på mellom 26.5 og 31.5 °C. Gjennom pilot, kort- og langtidsforsøk i forbindelse med avlusningsoperasjoner i kommersiell skala dokumenterer rapporten korttidsforsøk med avlusningseffekt og ytre velferdsindikatorer ved åtte ulike lokaliteter, samt langtidsdokumentasjon av dødelighet, appetitt og stressrelatert blodkjemi for utvalgte lokaliteter.

Resultatene viser en median reduksjon av lakselus på hhv. 97 % for bevegelige stadier og skottelus, 80 % for kjønnsmodne hunnlus og 68% for fastsittende stadier. Ved subjektiv scoring av ytre velferdsparametere (0-3) ble den gjennomsnittlige totalscoren for alle parametere (snuteskader, øyeskader, finneskader, sår, risttap og hudblødninger) i etterkant av behandling målt til under 1, med en økning i score på under 0.5 som tilsvarer en mild effekt på velferd. De målte verdiene ligger innenfor grenseverdiene for nivå 1 – akseptabel velferd i "Tiltaksveileder Kontroll med lakselus og skottelus".

Gjennom forsøksperioden ble påvirkningene på velferdsparametere redusert ettersom erfaringsgrunnlaget ved bruk av metoden ble bedre, det samme gjaldt $\Delta^{\circ}\text{C}$ behandlingstemperatur, og resultatene viser at behandlingstemperaturen kan senkes med om lag 2 grader, sammenliknet med fisk som kun får termisk behandling, ved bruk av Optiflush.

Godkjenninger

Prosjektleder

Kvalitetskontroll rapport

Innholdsfortegnelse

1	BAKGRUNN	4
2	OPTIFLUSH – SYSTEMOPPSETT.....	5
3	LOKALITETER OG FISKEGRUPPER	7
4	MATERIALE OG METODE.....	8
4.1	Forsøksoppsett.....	8
4.2	Stressrelatert blodkjemi - langtidseffekter.....	9
5	RESULTATER	10
5.1	Avlusningseffekt	10
5.2	Korttidseffekter på velferdsparametere	13
5.3	Langtidseffekter på dødelighet.....	18
5.4	Langtidseffekter på appetitt	19
5.5	Langtidseffekter på stressrelatert blodkjemi	19
5.5.1	Kortisol	20
5.5.2	Na ⁺	20
5.5.3	Cl	21
5.5.4	Ca ²⁺	21
5.5.5	pH	21
6	OPTIFLUSH – EFFEKTER PÅ FISKEVELFERD	22
6.1	Trenging, håving og pumping	22
6.2	Påvirkning på velferdsparametre	23
6.3	Bruk av Optiflush for fisk under 1.5 kg.....	24
6.4	Optiflush kombinert med termisk avlusning og termisk avlusning alene – en sammenligning	25
7	OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER	26
	REFERANSER	28

1 Bakgrunn

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) og skottelus (*Caligus elongatus*) påfører næringen store tap i form av høye behandlingskostnader, tapt produksjon, nedsatt fiskehelse/fiskevelferd og økt dødelighet. For å bekjempe lakselus brukes det legemidler og alternative ikke-medikamentelle metoder (IMM). Alle metoder for behandling av laks mot lakselus har sine negative sider, som må vurderes opp mot behandlingseffekt, fiskevelferd og miljø. De tidlige metodene var primært basert på medikamentell behandling, via bad eller fôr, som har mistet sin dominans til fordel for ikke-medikamentelle metoder (IMM) på grunn av problematikk knyttet til miljø og behandlingseffekt (resistens). Samtidig satte IMM fiskevelferden på dagsorden, siden denne metoden inntil nå har kommet dårlig ut sammenlignet med medikamentelle metoder (MM).

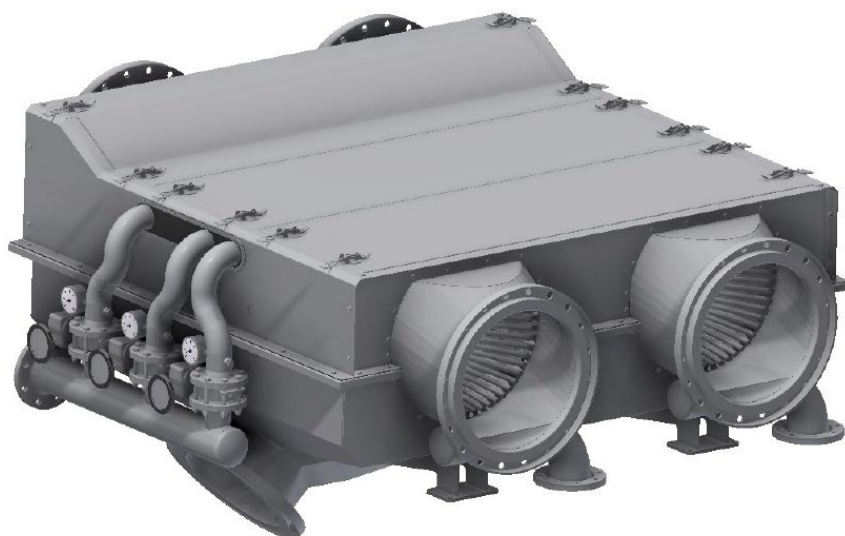
Dagens hyppigst benyttede behandlingsmetoder for reduksjon av lakselus, - termisk og mekanisk fjerning av lus, er samtidig metodene som generelt forårsaker høyest dødelighet i etterkant av behandling (Walde, Jensen et al. 2021). Temperaturer over 28 grader kan utløse en akutt smertereaksjon hos laksefisk (Nilsson, Moltumyr et al. 2019). Denne akutte stressresponsen kan føre til avvikende adferd, sårskader og i verste fall død som ytterste konsekvens. Disse skadene kan føre til skjelltap og sår, som gjør fisken utsatt for ulike patogener i etterkant av behandlingen (Moltumyr, Gismervik et al. 2021). Etterfølgende spyling av fisken med vann under trykk for å fjerne bevegelige lus kan i verste fall bidra til å forsterke en slik effekt. Per i dag finnes det svært få alternativer til termisk behandling, og ved høye sjøtemperaturer reduseres effekten av behandlinger på under 28 grader betraktelig.

Målet for denne rapporten er å dokumentere effekter (akutte og kroniske) på fiskevelferd og avlusningseffektivitet ved bruk av en ny teknologi, OPTIFLUSH, hvor målet er å oppnå en effektiv avlusning etter termisk behandling som ikke overstiger 28°C. Teknologien er tenkt brukt enten til kombinasjonsbruk (etter termisk behandling), eller som alenestående avlusningsmetode (stand-alone unit).

Spyling med trykksatt vann er en kommersielt tilgjengelig avlusningsmetode, og ulike former for spyling som avlusningsmetode har tidligere vært utredet (FLS-avluser; Nilsen, Erikson et al. (2010) Gismervik, Nielsen et al. (2017), Grøntvedt and Kristiansen (2018) Hydrolicer; Erikson, Solvang et al. (2018), Fossefall; Torgersen (2016)). Vanntrykket som brukes i Optiflush er ikke vesentlig høyere enn hva som benyttes for andre metoder som benytter vanntrykk til å fjerne lus fra fisk (Torgersen 2016, Gismervik, Nielsen et al. 2017). Optiflush skiller seg derimot fra tidligere dokumenterte IMM ved at fisk passerer et eget kammer hvor dysene er plassert i 360 graders vinkel rundt fisken, og hvor fisken "flushes" i etterkant av termisk behandling. Dette prinsippet utgjør en mer effektiv spyling av hver enkelt fisk, og fører til at flere løstsittende lus vil bli fjernet i spyleprosessen. Hypotesen er dermed at ved mer effektiv fjerning (spyling) av løstsittende lus vil man kunne redusere temperaturen under termisk avlusning, som er et overordnet mål for både næring og forvaltning.

I rapporten presenteres resultater fra en rekke kort- og langtidsforsøk hvor Optiflush har blitt benyttet ved avlusning, og hvor behandlingstemperatur, fiskevelferd og avlusningseffektivitet står sentralt.

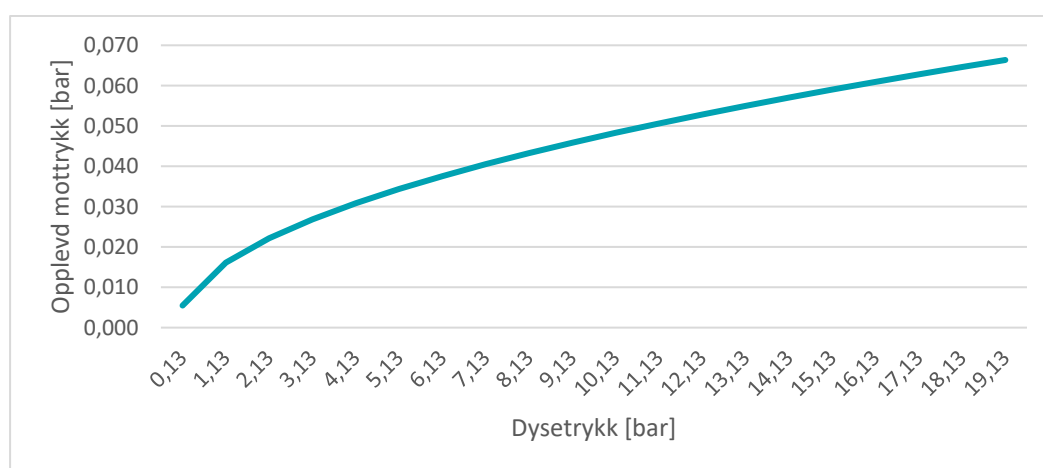
2 Optiflush – Systemoppsett



Figur 1. Avlusningsenheten "Optiflush"

Fisk som behandles med Optiflush vil passere gjennom en avsilingsrenne som laksen føres gjennom i etterkant av termisk behandling. I rennen utsettes fisken for en hurtig "flushing" med sjøvann i råvannstemperatur. Fisken passerer de vifteformede dysene i avsilingsrennen i løpet av 0.5 sekund, før fisken returneres tilbake til merd. Behandlingstrykket i dysene er kalkulert i henhold til gjeldende formler Bendig, Raudenský et al. (2001), og ligger på i underkant av 0.5 bar på fiskens hudoverflate.

$$(1) I = \frac{F}{A} = \dot{V} \frac{\sqrt{2\rho p}}{2dH \tan(\alpha/2)}$$



Figur 2. Opplevd mottrykk på fiskens hudoverflate.

Parameter	Verdi	Enhet	Kommentar
Areal, A	0,000019264	m ²	Antatt vannareal som treffer fisk der fisken er tynnest for å minimere areal (i halefinne)
Avstand, H	0,115	M	Målt avstand fra dyse til fisk i 3D-modell der fisk er tykkest for å minimere avstand, vil variere ettersom fisken går gjennom spyleren
Vannstråletykkels, d	0,001	M	Antatt basert på hull i dyse = 1mm
Flow pr dyse, Q	0,000777778	m ³ /s	2,8m ³ /h per dyse (totalt 40m ³ /h og 14 dyser)
Spredningsvinkel, α	135	°	Angitt fra dyseleverandør
Væsketetthet, ρ	1027	kg/m ³	Sjøvann
Friksjonstap manifold->dyse	0,13	bar	Summert fra trykktapstabeller

3 Lokalteter og fiskegrupper

Så langt i prosjektet har det vært gjennomført utprøvninger av Optiflush ved åtte ulike lokaliteter under kommersielle forhold ($n = 1002$). Forsøkene er underlagt Forsøksdyrutvalget (ID27548) og stoppkriterier for forsøket ble satt til 1.5 i gjennomsnittlig velferdsscore, med utgangspunkt i score fra 0-3 i henhold til scoringssystem for velferdsindikatorer (Noble, Nilsson et al. 2018). Delta behandlingstemperatur (Δt) for de fire behandlingene lå på mellom 19.4 – 22.8 °C, og sjøtemperatur for de aktuelle lokalitetene lå på 6.0 – 8.7 °C. Fiskestørrelse varierte fra 1.5 – 7.9 kg (Tabell 3). Behandlingstrykk ut lå på 7-9 bar dysetrykk, tilsvarende i underkant av 0.5 bar på fiskens hudoverflate (Figur 2).

Ved to av lokalitetene ble det også gjennomført dokumentasjon av termisk behandling alene, i tillegg til kombinasjonsbruk med Optiflush.

Forsvarlighetsvurdering i forkant av behandling

Fiskegruppenees helsetilstand ble i forkant av alle behandlinger vurdert av veterinær / fiskehelsetjeneste til å være forsvarlig til å gjennomføre den planlagte kombinasjonsbehandlingen, og det var ved forsøksstart ingen aktive sykdomsdiagnoser for noen av de aktuelle fiskegruppene.

Fiskegrupper som nylig hadde gjennomgått mekanisk avlusning ble unngått. Fiskegrupper med høyt risttap eller høyt innslag av sår som følge av bakteriell infeksjon eller mekanisk skade, ble unngått.

Tabell 2.. Oversikt over fiskegrupper med informasjon om helsestatus oppgitt av fiskehelsepersonell i forkant av behandling. For lokalitet X7, X4 og X5 er vekt oppgitt i tabell snittverdier fra innveing i brønnbåt.

Lokalitet	Variabel	Antall	Snitt	Min.	Max.	St. Dev	Helsestatus	
X1	Vekt (g)	75	4633.784	2900.000	7900.000	888.0141	God	
X1	Lengde (cm)	75	76.189	68.000	87.000	4.8333		
X2	Vekt (g)	48	2090.458	1481.000	2940.000	358.1499	Utfordrende værforhold / trenging	
X2	Lengde (cm)	48	59.438	51.000	67.000	3.8807		
X3	Vekt (g)	38	4289.474	2300.000	5900.000	808.3314	God	
X3	Lengde (cm)	38	75.553	67.000	88.000	4.9957		
X4	Vekt (g)	88	2000.000	2000.000	2000.000	Snittvekt, lok.	CMS + Branchiomonas	
X4	Lengde (cm)	88	59.000	59.000	59.000			
X5	Vekt (g)	40	2250.000	2250.000	2250.000	Snittvekt, lok	CMS / God	
X5	Lengde (cm)	40	57.164	51.000	65.000	3.740487		
X6	Vekt (g)	44	3905.556	3100.000	5600.000	560.5836	CMS + Branchiomonas	
X6	Lengde (cm)	44	73.000	64.000	81.000	3.3466		
X7	Vekt (g)	85	2250.000	2250.000	2250.000	Snittvekt, lok	God, "løs på rista"	
X7	Lengde (cm)	85	55.824	52.000	62.000	2.540229		
X8	Vekt (g)	83	3886.941	1800.000	5900.000	950.1266	God	
X8	Lengde (cm)	83	69.092	53.000	79.000	5.6478		

4 Materiale og metode



Figur 3. I forkant av utprøving i kommersiell skala ble det gjennomført en pilot hvor fisk av ulike størrelser ble sendt gjennom enheten med og uten Optiflush aktivert.

4.1 Forsøksoppsett

Gjennom en trinnvis tilnærming ble det i dette prosjektet dokumentert velferdsstatus og lusetall hos laks ved åtte ulike lokaliteter. Prosjektet består av pilot, korttids- og langtidsforsøk.

Innledningsvis ble det gjennomført en pilot hvor kun velferdspåvirkning av fisken som følge av passering gjennom avlusningsenheten avgjorde forsvarligheten av bruk av metoden. Dette ble gjort ved at 20 fisk sendes gjennom avlusningsenheten med Optiflush (ikke termisk) deaktivert, for så å gjenta forsøket for 20 nye fisk med "flushing" aktivert. Velferdsparametere ble dokumentert i forkant og i etterkant av behandling, og forsøket ble gjennomført for to ulike fiskestørrelser. Med utgangspunkt i resultater fra pilotforsøk gikk man deretter videre til utprøvinger i kommersiell skala, hvor effekter ved bruk av Optiflush ble dokumentert i kombinasjon med termisk behandling.

Startkriterier for alle forsøk: Tidligst en uke før planlagt forsøksstart for de ulike delforsøkene gjennomførte fiskehelsepersonell velferdsvurdering / risikovurdering for å avgjøre hvorvidt fisken ved den aktuelle lokaliteten var i god nok kondisjon til å gjennomføre behandlingen. Risikoanalysen inngår ikke som en del av forsøket, men gjennomføres som et rutinetiltak.

Praktisk gjennomføring av forsøkene ble gjort gjennom lusetelling og velferdsscoring før- og etter kombinasjonsbehandling med Optiflush. Før-prøver ble tatt i kast, og etterprøver ble gjort ved at fisk ble hentet direkte ut fra avlusningsenheten etter termisk behandling og

Optiflush. 20 fisk ble hentet ut per målepunkt. For subjektiv vurdering av fiskevelferd og lusetelling ble et benzocainholdig sedasjonsmiddel (200 mg / ml) benyttet.

Valg av termisk behandlingstemperatur ble gjort med utgangspunkt i temperatur benyttet for kun termisk avlusning i nabomerder, eller ved at temperatur ble justert opp til ønsket avlusningseffekt ble oppnådd. Deretter ble Optiflush aktivert, og temperatur ble nedjustert fortløpende, parallelt med lusetelling og velferdsscoreing til man så en reduksjon i totaleffekten som ikke var forenelig med kriteriene for god reduksjon / avlusningseffekt. Minimumsverdi for tilstrekkelig avlusningseffekt ansees som 80% effekt på kjønnsmodne og bevegelige lakselus. Optimalverdi ligger på 90% avlusningseffekt. Behandlingstemperatur i den termiske komponenten av behandlingen lå i intervallet 26.5 – 31.5 °C. Råvannstemperatur ved de undersøkte lokalitetene var på mellom 6.0 – 8.7 °C (Tabell 3).

Fisken som inngikk i forsøkene ble holdt under kommersielle forhold, med røkting, fôringsregimer og oppfølging av fiskehelsepersonell i tråd med enhver tid gjeldende praksis ved den enkelte lokalitet. Kontrollgruppen i alle forsøk besto av 20 fisk som ble hentet opp fra merd under trenging før behandling, håvet raskt over til bedøvelseskar og bedøvet i henhold til protokoll. Fisk ble deretter lengde- og vektmålt, og velferdsscoreing og lusetelling ble gjennomført. Samme person gjennomførte scoringer både før- og etter behandling for alle forsøk, og i de fleste tilfeller var det minst to personer til stede for vurdering av subjektiv fiskevelferd.

Scoringskriterier (0-3) for velferdsvurdering (Noble, Nilsson et al. 2018) inkluderte følgende kategorier: Risttap (skjelltap), rødbuk (hudblødning), øyeskade, finneerosjon, snuteskader, sår, samt lengde og vekt, i tillegg til faste-, bevegelige-, og kjønnsmodne stadier av lus, samt skottelus. For noen av lokalitetene ble det også differensiert mellom kjønnsmodne stadier av hann-, og hunnlus, samt hunnlus med og uten eggstrenger i henhold til oppdretters strategi for lusetelling.

4.2 Stressrelatert blodkjemi - langtidseffekter

I tillegg til dokumentasjon av korttidseffekter av behandlingen ble det også gjennomført oppfølging av to fiskegrupper over lengre tid (Lokalitet X2 og X7). I tillegg til dokumentasjon av avlusningseffekt og subjektiv velferdsscoreing, ble det for disse to fiskegruppene gjennomført blodprøveuttak for dokumentasjon av stressrelatert blodkjemi – kortisol, samt pH- og ioneverdier (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+}) i blod etter en og tre uker etter behandling. 20 fisk ble undersøkt per målepunkt, hvorav 10 fisk per gruppe ble benyttet til blodanalyser. Fisk ble hentet opp med storhåv for alle prøveuttak, med unntak av prøver fra trenging og direkte i etterkant av behandling. For disse to uttakene ble fisk håvet direkte fra merd eller avlusningsenheten og overført til eget bedøvelseskar for bedøvelse og avliving.

Dødelighet og appetitt ble også dokumentert i samme periode.

Ved blodprøvetaking ble fisk avlivet med et Benzocainholdig medikament i overdose (500 mg / liter) i kombinasjon med AquaCalm (Methomidate, 5 mg / liter). Hepariniserte (Heparin LEO, 5000 IE / a.e. / ml; LEO Pharma) 2 ml sprøyter ble benyttet.

Blodprøver ble sentrifugert innen 30 minutter etter prøveuttak for separasjon av plasma. Prøver ble deretter fryst for videre transport og analyse ved NIVA / Akvaplan-niva i Bergen.

5 Resultater

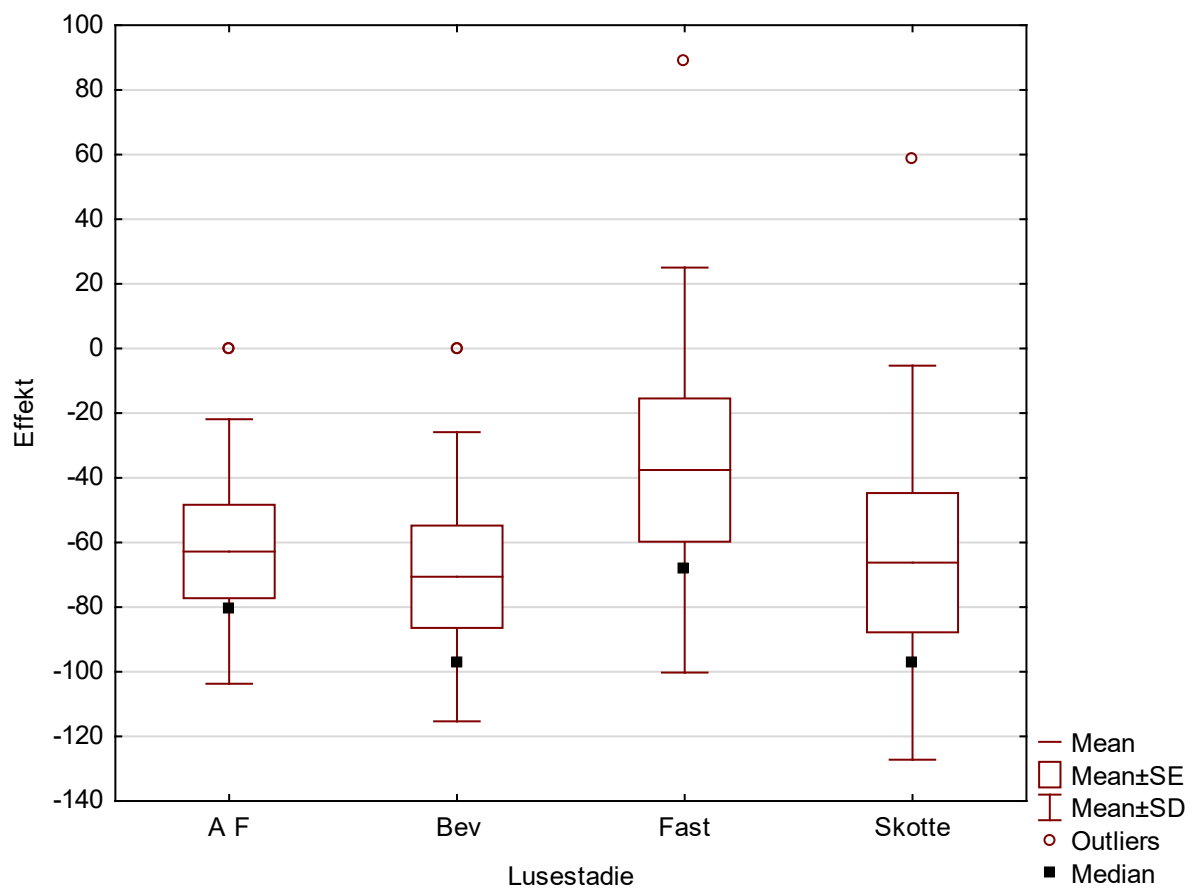
I denne rapporten er datamaterialet delt inn i utprøvninger gjennomført ved lav sjøtemperatur (6.0 – 8.7 °C), og en behandlingstemperatur på mellom 26.1 – 31.5 °C. Dette tilsvarer en Δt på 19.4 – 22.8 °C. Den høyeste behandlingstemperaturen og delta-temperaturen registrert i forsøksperioden ble observert i forbindelse med utprøvingen ved lokalitet X7, som var den første utprøvingen av utstyret. Denne lokaliteten var den eneste hvor behandlingstemperatur lå over 30 grader, og gjennomsnittlig behandlingstemperatur for alle lokaliteter i forsøket lå på 28.5 grader (S.D. $\pm$ 1.548). To lokaliteter ble behandlet med temperaturer under 28 grader, og fire ble behandlet med temperaturer på mellom 28 og 29 grader.

Tabell 3 Oversikt over fiskegrupper og behandlingstemperaturer.

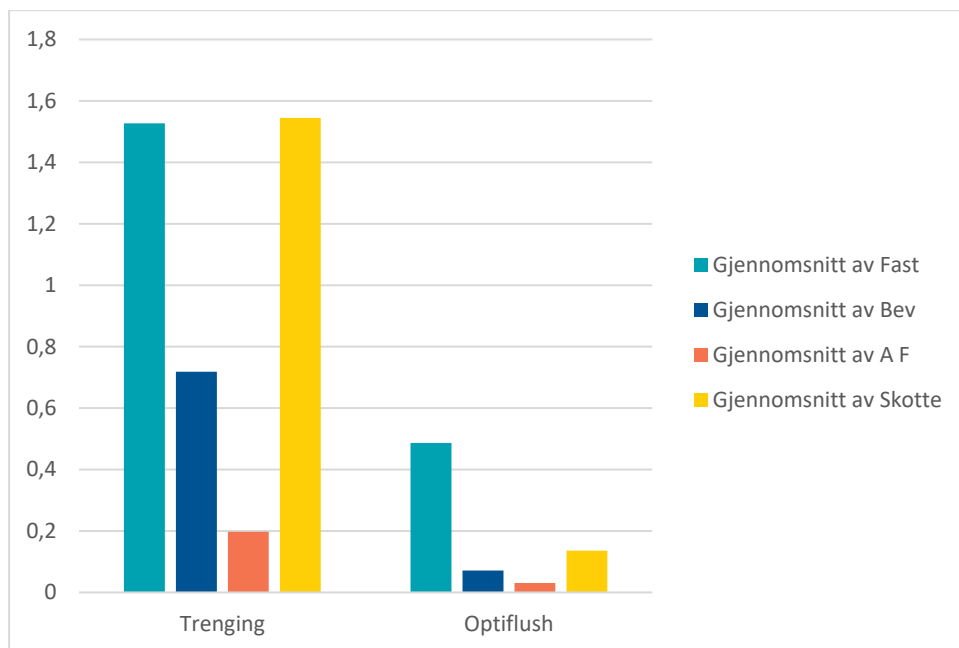
Lokalitet	Sjøtemperatur °C	Behandlingstemperatur °C	Delta behandlingstemperatur °C
X1	7.9	28.8	20.9
X2	6.0	28.1	22.1
X3	7.8	28.5	20.7
X4	8.1	28.7	20.6
X5	8.3	27.7	19.4
X6	8.1	29.3	21.2
X7	8.7	31.5	22.8
X8	6.0	26.5	20.5
Snitt	7.5	28.5	21.0

5.1 Avlusningseffekt

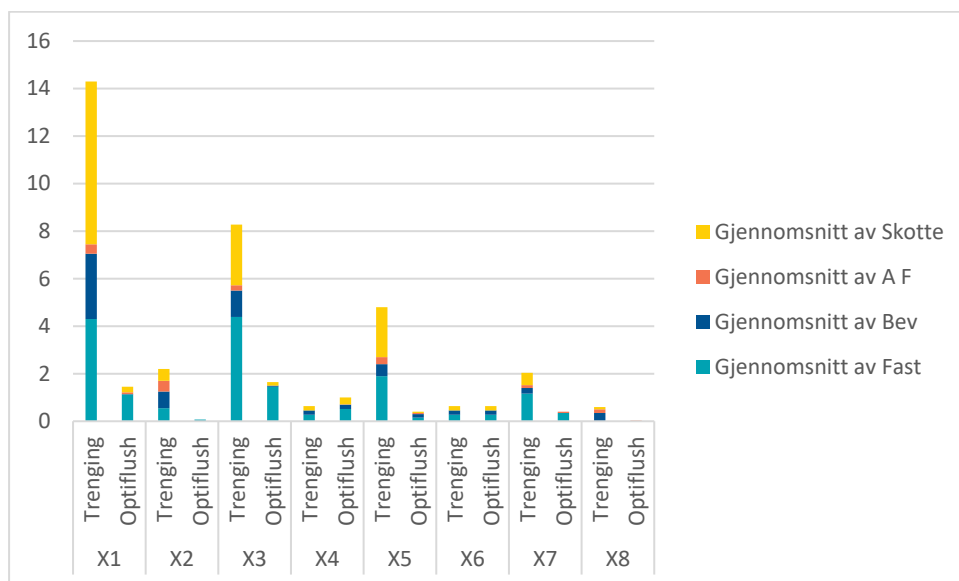
Det var stor variasjon i påslag av lus mellom lokalitetene, og flere av forsøksmerdene hadde inngangsverdier på under to lus per fisk. Dette fører til at gjennomsnittlig avlusningseffekt fremstår noe lavere enn medianverdier. For skottelus og bevegelige stadier av lus lå effektivitet på nærmere 100 %, mens for kjønnsmodne stadier var reduksjonen i påslag noe lavere (hhv. 97 % for bevegelige stadier og skottelus, 80 % for kjønnsmodne hunnlus og 68% for fastsittende stadier). Det må påpekes i denne sammenheng at hovedmålsetningen har vært å dokumentere fiskevelferd i forbindelse med behandlingen, og ikke å optimalisere kombinasjonen av temperatur, trykk i Optiflush, fiskestørrelse og lusepåslag.



Figur 1. Total avlusningseffekt (%) for alle lokaliteter. Kjønnsmodne hunnlus (AF), bevegelige stadier (Bev), fastsittende (Fast) og skottelus (Skotte).



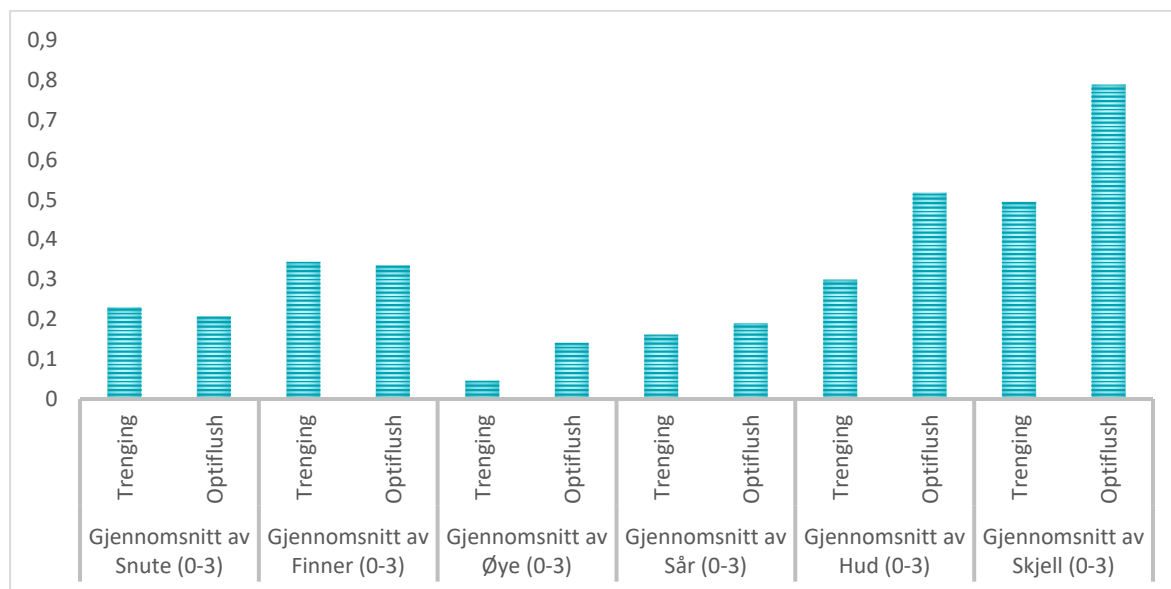
Figur 2. Totaleffekt for fastsittende (Fast), bevegelige (Bev), kjønnsmodne hunn lus (A F) og skottelus, samlet for alle lokaliteter. Antall er oppgitt som totalt antall lus i ulike stadier per fisk.



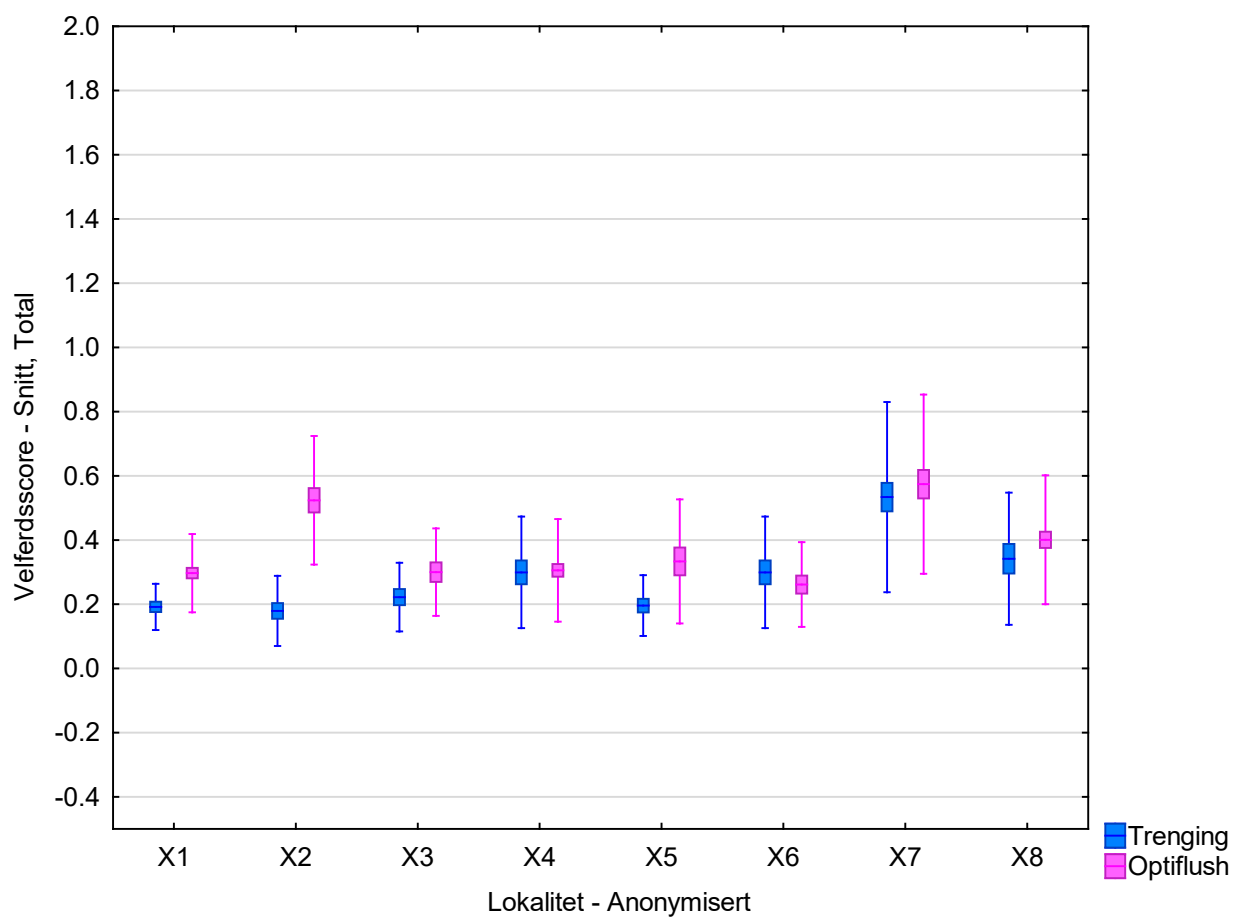
Figur 3. Totalbelastning i antall lus i ulike stadier for alle forsøkslokaliteter. Lusestadier er oppgitt som gjennomsnitt per lokalitet, hvor n=20 per målepunkt.

5.2 Korttidseffekter på velferdsparametere

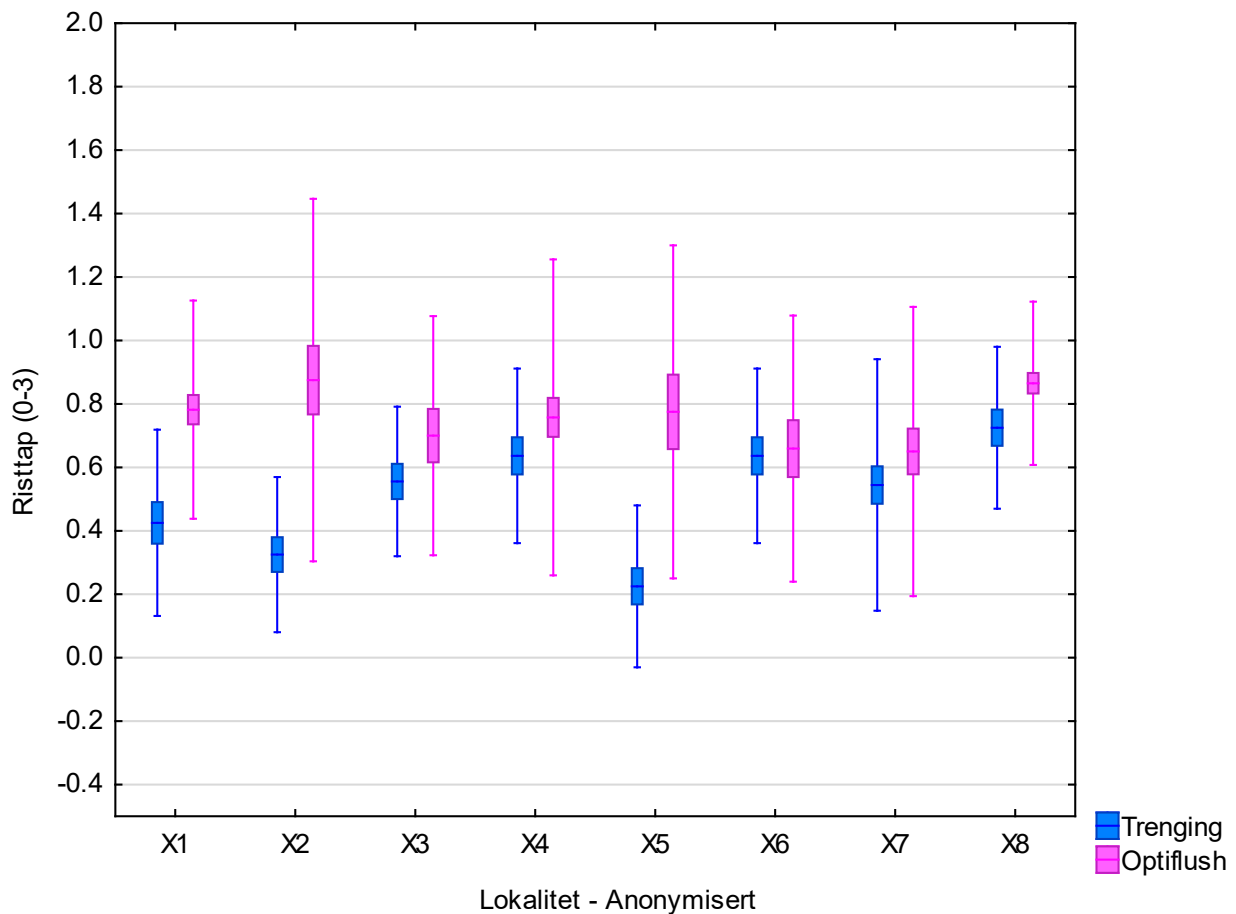
For flere velferdsparametere var det ikke noen forskjell for fisk undersøkt i 'før'-gruppen kontra i etterkant av behandling. Dette var gjeldende både for snuteskade, finneskade, samt for sår og lesjoner (Kruskal-Wallis test: $p > 0.05$). De andre registrerte velferdsparametere hadde en signifikant endring i score i etterkant av behandling, men påvirkningen av behandlingen på de ulike parameterne opplevdes som mild, med en økning i score på under 0.5, og en totalscore på under 1 for alle parametere.



Figur 7 Gjennomsnittscore for målte velferdsparametere for alle lokaliteter. Forsøket fokuserte på kortvarig påvirkning på snuteskader (0-3), akutte finneskader (0-3), akutte øyeskader (0-3), sårsykader (0-3), hudblødninger (0-3) og skjell/risttap (0-3).



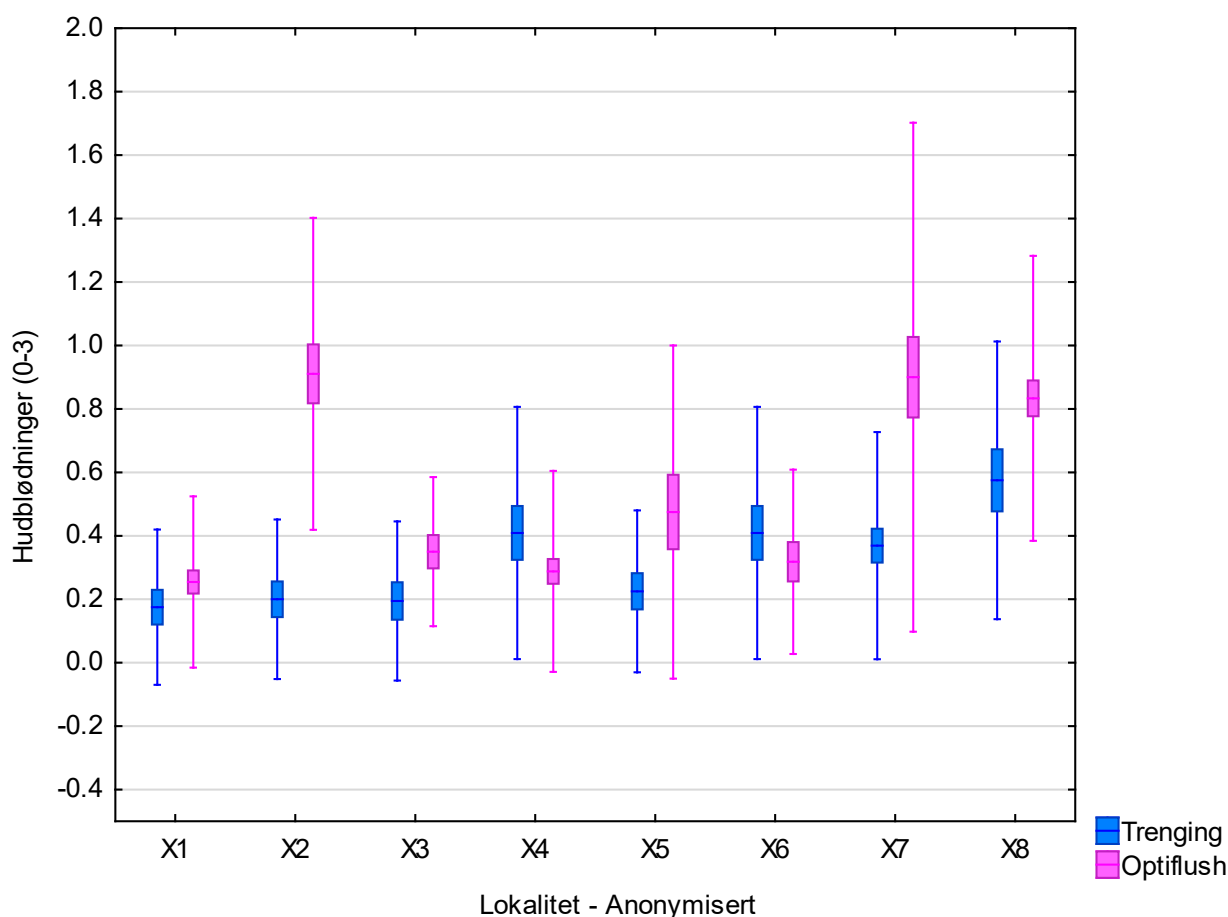
Figur 8. Total velferdsscore (0-3) ved lokaliteter X1-X8 under trenging, samt etter kombinasjonsbehandling med termisk avlusning etterfulgt av Optiflush. N>20 per målepunkt. Bokser viser 25 – 75% kvartil med snittverdi (strek).



Figur 9. Risttap (0-3) under trenging og etter kombinasjonsbehandling med termisk avlusning etterfulgt av optiflush for lokaliteter X1 - X8. $N > 20$ per målepunkt. Bokser viser 25 – 75% kvartil med snittverdi (strek).

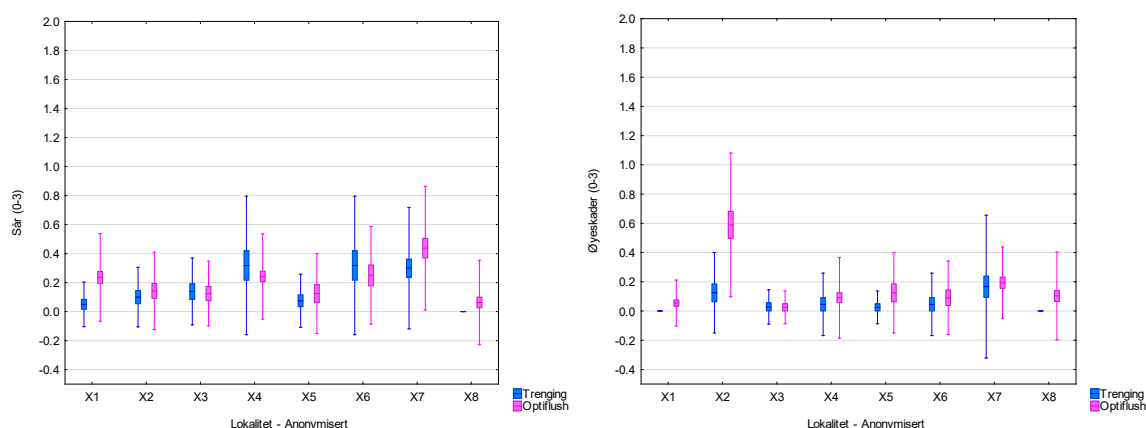
Det ble påvist en signifikant økning i risttap etter behandling for lokalitet X1, X2 og X5, men for de resterende lokalitetene ble det ikke påvist noen signifikant endring i risttap ($p < 0.05$).

Merk at risttap allerede i trenging har en snittverdi på 0.51 ($S.D \pm 0.332$) for alle lokaliteter samlet. På tross av dette var økningen i risttap mild (under 1 grad i score) mellom før og etterprøver, og innenfor hva som kan forventes med utgangspunkt i lignende behandlinger.



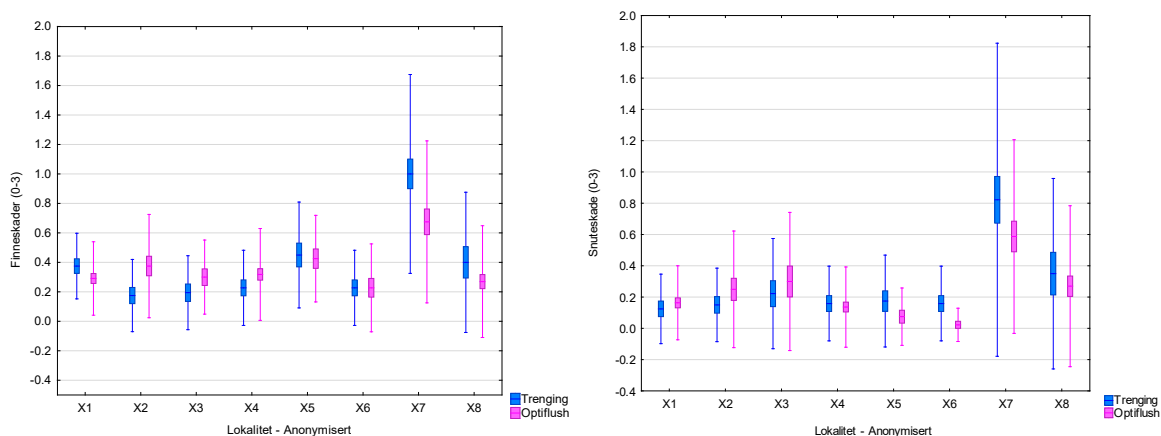
Figur 10. Hudblødninger / rødbuk observert på fisk under trenging og i etterkant av behandling med termisk behandling, etterfulgt av Optiflush. Lokalteter X1-X8, $N > 20$ per målepunkt. Bokser viser 25 – 75% kvartil med snittverdi (strek).

Det ble observert en signifikant økning i hudblødninger (rødbuk) for alle fiskegruppene som helhet ($p > 0.05$). Lokalitet X2, X5 og X7 hadde alle en signifikant økning i rødbuk etter behandling, sammenlignet med scoringer gjort i kast, men for resterende lokaliteter X1, X3, X4, X6 og X8 ble det ikke observert noen signifikant endring mellom før- og etter prøver. Merk at lokaliteter X2 og X7 hadde høyest Δt i den termiske komponenten av behandlingen (hhv. 22.1 og 22.8 °).



Figur 11. Akutte sårskader og akutte øyeskader under trenging og etter kombinasjonsbehandling med Optiflush for lokaliteter X1 - X8. Bokser viser 25 - 75% kvartil med snittverdi (strek).

Det ble ikke påvist noen signifikant forskjell mellom før- og etter behandling for akutte sårskader eller øyeskader som følge av behandlingen ($p > 0.05$). Både akutte øyeskader og katarakt / blakking inngår i datamaterialet. Lokalitet X2 skilte seg negativt ut med en signifikant økning i øyeskader som følge av behandlingen, men for datamaterialet som helhet hadde øyeskader liten påvirkning på total velferdsscore for undersøkt fisk.



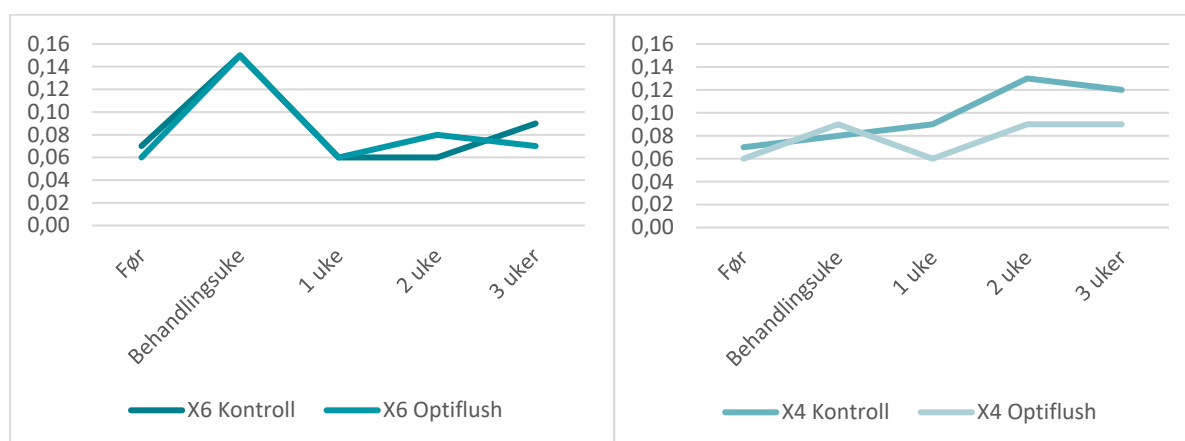
Figur 12. Akutte finneskader og akutte snuteskader under trenging og etter kombinasjonsbehandling med Optiflush for lokaliteter X1 - X8. Bokser viser 25-75% kvartil med snittverdi (strek).

Prevalensen av finneskader var sammenlignet med andre måleparametere relativt høy både før- og etter behandling. For alle lokaliteter som helhet var det ingen signifikant endring i prevalensen, og for flere av lokalitetene kan man se en ikke-signifikant tendens til høyere innslag av finneskader under trenging, sammenlignet med tall for etter behandling. Det antas at en medvirkende årsak til dette er at fisk som hentes fra trenging blir båret ubedøvet fra merd og om bord i fartøyet hvor målingene gjennomføres (10 - 30 sekunder), på tross av at man i størst mulig grad etterstreber en effektiv og skånsom håndtering av fisk også i denne delen av scoringsprosessen. Fisk fra etter-målingene haves direkte fra avlusningsenheten og

over i bedøvelseskar (2- 5 sekunder), noe som kan bidra til å redusere observerte finneskader som følge av håndtering.

Det ble ikke observert en signifikant endring mellom før- og etterverdier for snuteskader. Som for innslaget av finneskader er dette skader som gjerne kommer som følge av håving og håndtering av fisk i forbindelse med før- målingene.

5.3 Langtidseffekter på dødelighet



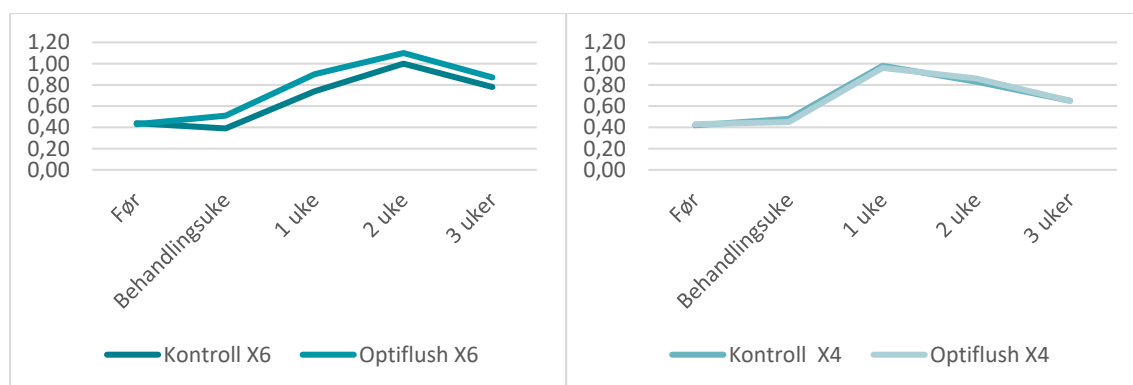
Figur 13. Akkumulert ukentlig dødelighet (%) fra en uke forkant av behandling, til tre uker etter behandling for lokaliteter X6 og X4 hhv.

For lokalitet X6 var den akutte dødeligheten etter behandling mest utslagsgivende for den totale dødeligheten etter behandling. Den akkumulerte dødeligheten direkte etter behandling utgjorde 0.15 % både for fiskegruppen utsatt for kombinasjonsbehandling med både termisk behandling og Optiflush og for gruppen behandlet med kun termisk behandling (kontroll).

For lokalitet X4 var bildet noe annerledes, med svakt stigende trend for gruppen kun behandlet med termisk i etterkant av behandlingsuken. For gruppen behandlet med Optiflush normaliserte dødeligheten seg til nivåer før behandling etter en uke (0.06 %), men hadde en svak økning fra uke 1 til 3. Likevel flater dødeligheten seg ut for begge behandlingsgrupper 2-3 uker etter behandling (hhv. 0.13 – 0.12 % for kontroll og 0.09 % for gruppe kombinasjonsbehandlet med Optiflush).

Sammenlignet med annen kombinasjonsbehandling med termisk behandling etterfulgt av spyling med sjøvann (Salvesen, Kvinnsland et al. (2021), 0.52%) er total akkumulert dødelighet første uke etter behandling betydelig lavere for lokalitetene behandlet med Optiflush (hhv. 0.15 og 0.09 for lokalitet X6 og X4).

5.4 Langtidseffekter på appetitt



Figur 14. Daglig utforingsprosent, oppsummert per uke.

Det ble dokumentert langtidseffekter på appetitt ved to ulike lokaliteter, men det ble ikke observert noen forskjell mellom valgt behandlingsmetode mellom merder ved samme lokalitet. Termisk behandling utgjør kontrollgruppe for begge lokaliteter, mens gruppe markert med "Optiflush" representerer fiskegruppe behandlet med termisk behandling etterfulgt av Optiflush. Temperatur ved bruk av Optiflush ble nedjustert i henhold til den totale avlusningseffekten, av hensyn til fiskevelferd.

Ved lokalitet X4 er appetitten god allerede første uke etter behandling, mens kontroll og Optiflush-merd ved lokalitet X6 bruker noe lengre tid på å komme seg opp på normalfôring etter behandling.

5.5 Langtidseffekter på stressrelatert blodkjemi

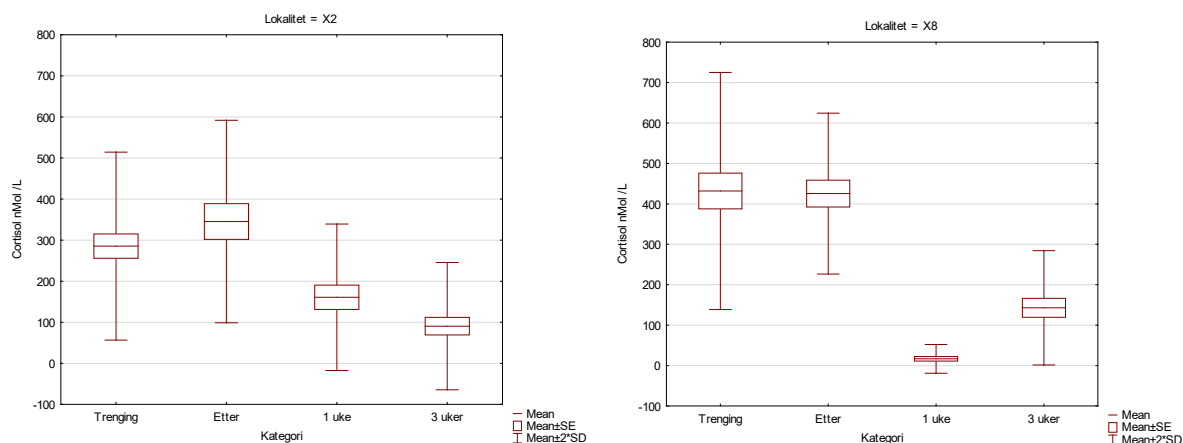
Trengeprosessen utgjør en betydelig stressfaktor for fisk (Erikson, Solvang et al. 2018). Ulik trengetid gir utslag på målte kortisolverdier. Erikson, Gansel et al. (2016) målte kortisolverdier under trenging til 607.6-734.4 nmol / l. De observerte kortisolverdiene i forkant og direkte i etterkant av behandlingen var for begge lokaliteter lavere enn dette, og lå i området 200.2 – 550.5 nmol / L, sammenlignet med 103.3 - 555.75 nmol / L under trenging, som er i samme område som kortisolmålinger gjort under behandling med FLS-avlusersystem (Gismervik, Nielsen et al. 2017).

Resultater for ioneverdier sammensvarer med at fisken utsettes for en kortvarig stressor, men at fisken opprettholder sin metabolisme også i etterkant av stressutfordringen. For lokalitet X2 var det ingen signifikant forskjell mellom kortisolnivå under trenging, like etter behandling og en uke etter behandling, men gruppen hadde et signifikant lavere kortisolnivå tre uker etter behandling. For lokalitet X8 var hvilenivåer signifikant lavere enn på behandlingsdagen allerede en uke etter avlusningsoperasjonen, noe som antyder at det tar 1 – 3 uker for fisk å gjenopprette hvilenivåer i etterkant av behandlingen. Na⁺ verdier er noe høyere enn verdier målt for Optilicer alene (161.5 S.E. ± 1.16), Referanseverdi for Ca⁺ ved termisk behandling ved 32 grader ble målt til 1.7 S.E ±0.020, som er noe høyere enn verdier målt 1 og 3 etter behandling (Roth 2016).

Normal pH-verdi for blod ligger i området 7.7-7.8 hos Atlantisk laks (Mejdell, Midling et al. 2009). Ved langvarig eksponering for stress som følge av håndtering eller skade som følge av avlusning, kan pH-verdien for blodplasma synke noe.

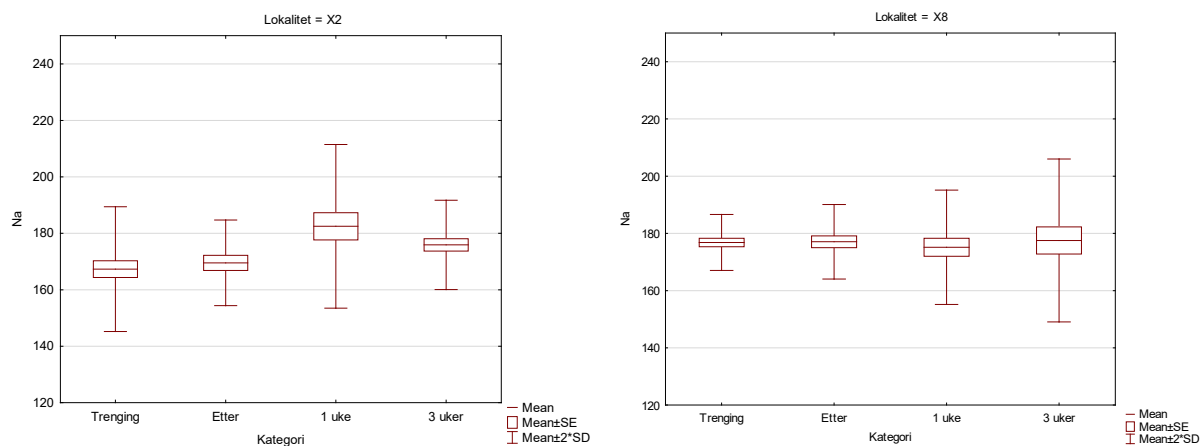
Målinger for plasma pH viste ingen signifikant reduksjon i pH direkte etter behandling, sammenlignet med verdier fra trenging. Tre uker etter behandling hadde begge lokaliteter en signifikant økning i plasma pH fra behandlingsdagen.

5.5.1 Kortisol



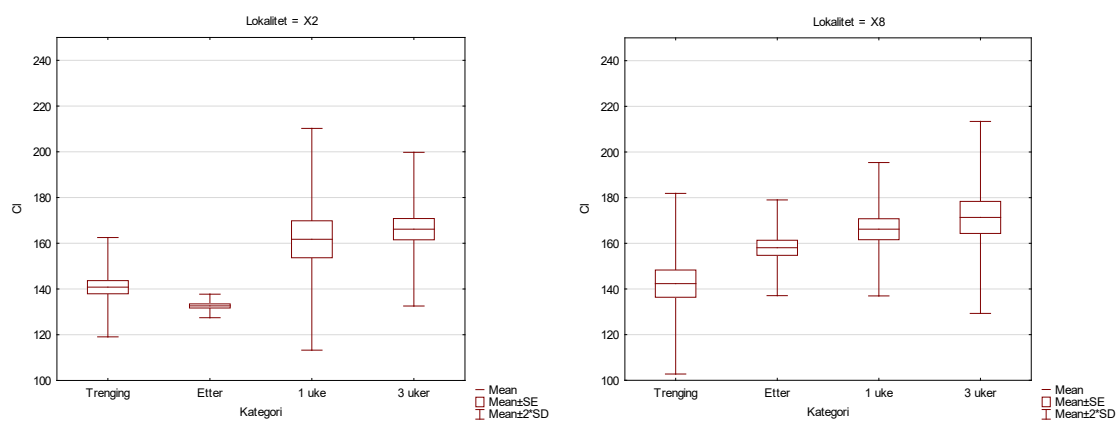
Figur 15. Kortisolverdier i plasma hos Atlantisk laks under trenging, etter avlusning og hhv. 1 og 3 uker etter avlusning.

5.5.2 Na⁺



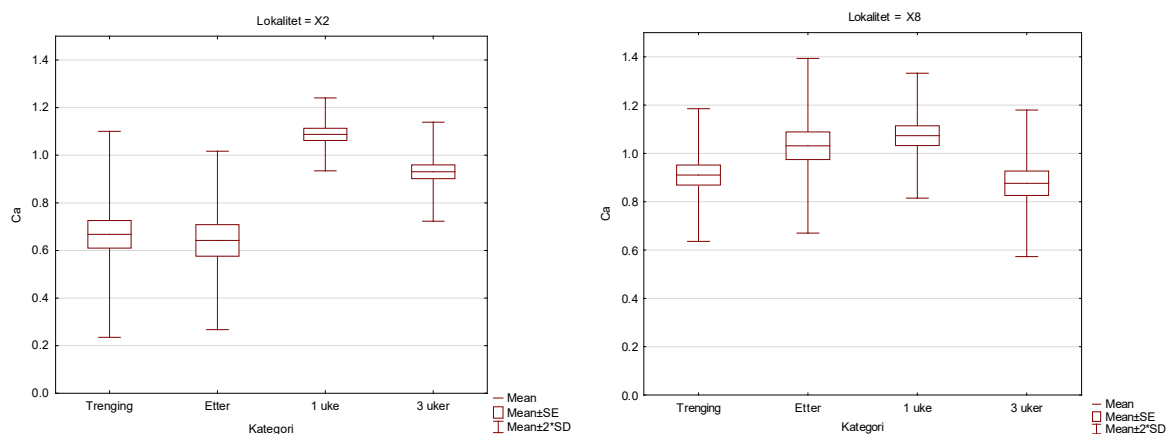
Figur 16. Na⁺-nivåer i plasma hos Atlantisk laks under trenging, etter avlusning og hhv. 1 og 3 uker etter avlusning.

5.5.3 Cl



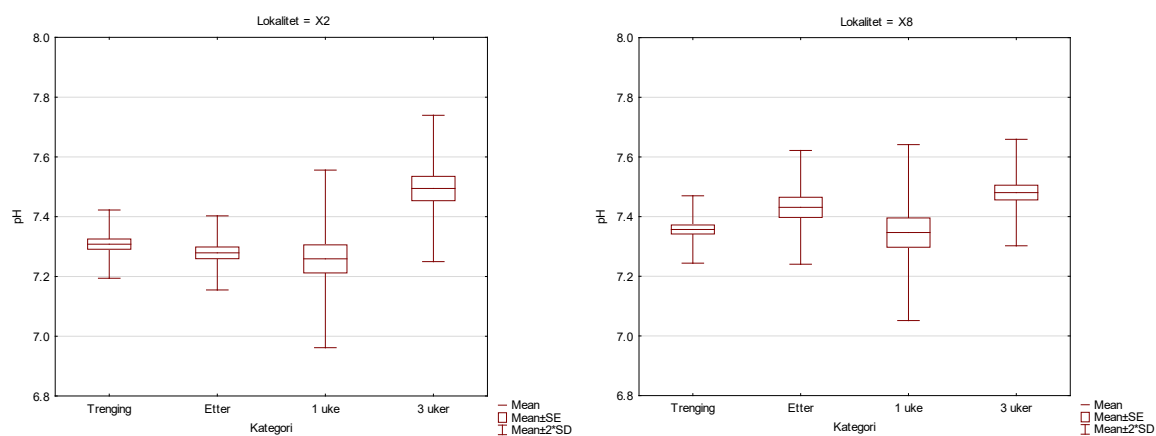
Figur 17. Cl⁻-nivåer i plasma hos laks under trenging, etter avlusning og hhv. 1 og 3 uker etter avlusning.

5.5.4 Ca²⁺



Figur 18. Ca²⁺-nivåer i plasma hos laks under trenging, etter avlusning og hhv. 1 og 3 uker etter avlusning.

5.5.5 pH



Figur 19. pH-nivåer i plasma hos laks under trenging, etter avlusning og hhv. 1 og 3 uker etter avlusning.

6 Optiflush – Effekter på fiskevelferd

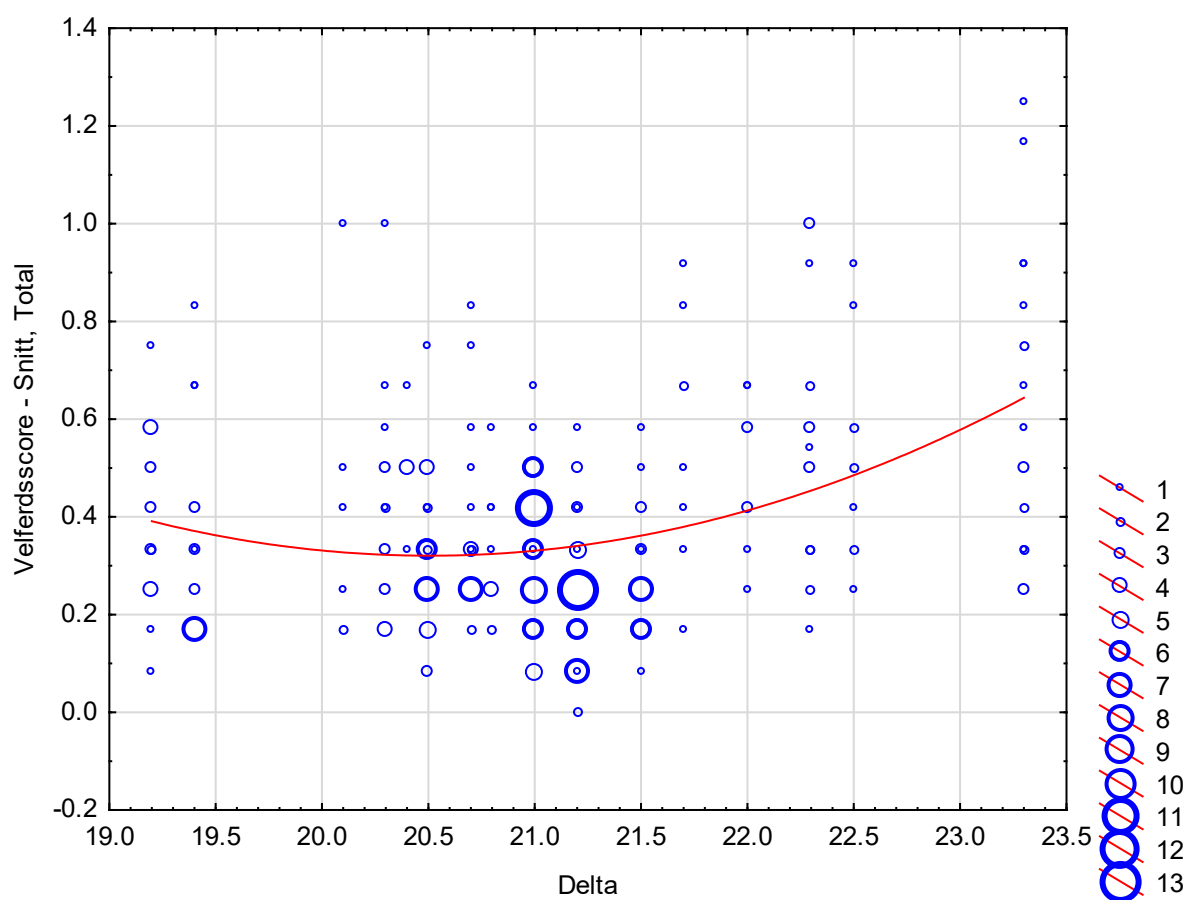
6.1 Trenging, håving og pumping

Erfaringsmessig kan håving i forbindelse med velferdsscoreing i kast føre til et høyere innslag av snute- og finneskader på fisk. Dette ses i sammenheng med at den ubedøvde fisken transporteres lengre i håv (fra merd, over merdkant og båtripec for så å bli plassert i bedøvelseskar), sammenlignet med fisk som håves direkte ut fra avlusningsenheten og over i bedøvelseskaret.

Værforhold og oppdretters strategi i forbindelse med trenging er også avgjørende faktorer som spiller inn på totalbelastningen ved en avlusningsoperasjon. Dette understreker behovet for å sørge for at utprøvinger av nye metoder utprøves på fiskegrupper som vil se "best ut" på papiret i forbindelse med vurdering av fiskevelferd under nye IMM, men at dokumentasjonen i størst mulig grad dokumenterer faktiske forhold og konsekvenser av behandlingen under reelle forhold.

Trenging ble vurdert til å være det største risikomomentet i forbindelse med IMM under avlusningsoperasjoner i fiskehelserapporten 2017 (Hjeltnes, Walde et al. 2017). I 2021 ble ikke-medikamentelle avlusninger, - håndteringskrevende operasjoner, rapportert som den største velferdsutfordringen, samt den nest viktigste årsaken til dødelighet i sjøvannsfasen. I en undersøkelse fra samme rapport oppga 79% av de besvarende deltagerne at de opplevde problemer med sår i etterkant av behandling. Det ble videre ofte rapportert om sykdomsutbrudd 1 – 2 uker etter behandling. Innslaget av opportunistiske miljøbakterier som tenicibaculose er også økende, og kan sees i sammenheng med hyppigere håndteringskrevende behandlinger ved bruk av IMM (Sommerset, Bang Jensen et al. 2021).

6.2 Påvirkning på velferdsparametre



Figur 20. Total velferdsscore (0-3) for alle lokaliteter, sammenlignet med delta behandlingstemperatur. Merk at høyeste score og behandlingstemperatur dokumentert var i forbindelse med første utprøvnings av metoden under kommersielle forhold.

Behandlingen hadde størst påvirkning på velferdsscore ved høyest behandlingstemperatur. Sammenlignet med nabomerder som kun ble behandlet med termisk avlusning, og som ikke inngikk i datamaterialet som helhet, lå behandlingstemperatur ved bruk av Optiflush på mellom 1 – 2.3 °C lavere enn merder med kun termisk behandling. Her må det påpekes at fokus for forsøkene ikke var å optimalisere avlusningseffekten, men å dokumentere påvirkninger på fiskevelferden ved tilstrekkelig (80%) til optimal (over 90%) effekt på bevegelige og kjønnsmodne stadier av lus.

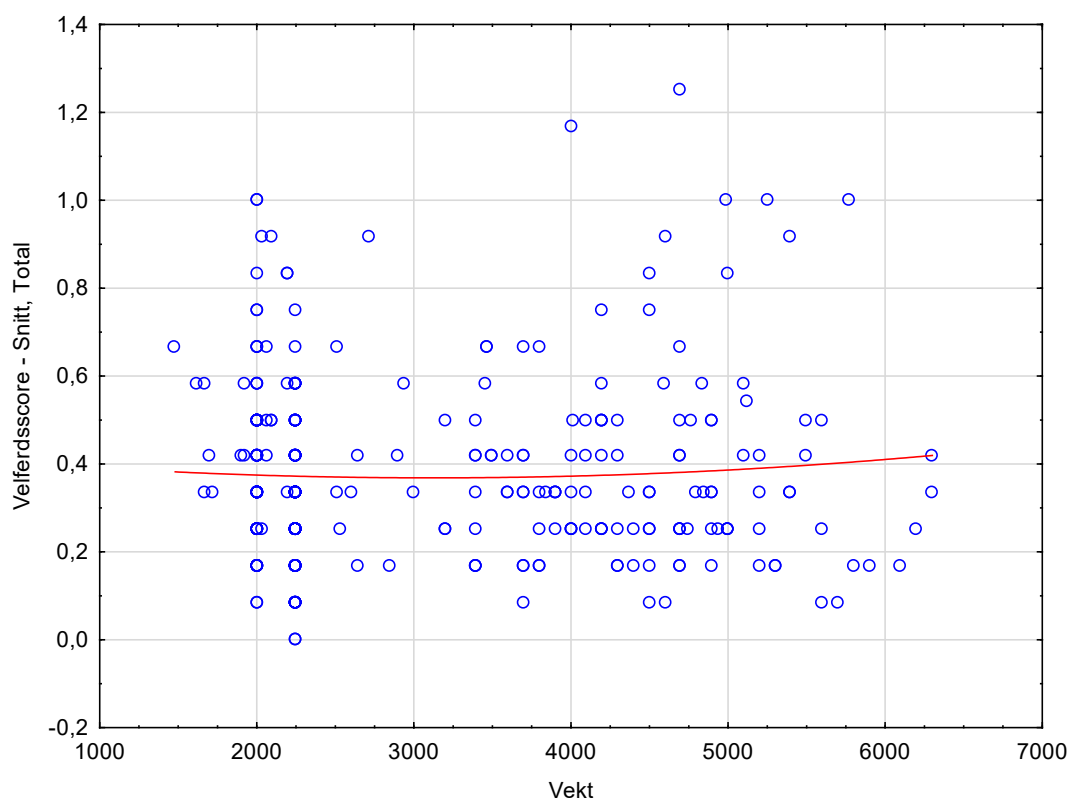
Lokalitet X7 skiller seg noe negativt ut med forhøyede scoringsverdier for flere av velferdsparametrene i etterkant av behandling. En forklaring til de negative resultatene for denne fiskegruppen kan ha vært at dette var en av de første utprøvingene av systemet i fullskala, noe som bidro til den høyeste delta behandlingstemperaturen i forsøket (23°C). Ettersom utprøvingene ble gjentatt for ulike fiskegrupper og erfaringsgrunnlaget for bruk av metoden ble forbedret, bidro dette til å redusere behandlingstemperaturen i forbindelse med behandling (Tabell 3).

Dødeligheten som følge av termisk behandling 1 – 2 uker etter behandling er høyere enn for andre IMM, selv om andre behandlingsmetoder ofte har høyere akutt dødelighet. Tiden det tar for en merd å komme tilbake til "normalnivåer" etter en behandling er ofte over to uker (Walde, Jensen et al. 2021) (Østevik, Stormoen et al. 2022).

I forbindelse med termiske behandlinger rapporteres ofte gjelleblødning som en hyppig observert velferdsindikator (Gismervik, Nielsen et al. 2017). I gjennomføringen av forsøkene beskrevet i denne rapporten inngikk denne velferdsindikatoren til å begynne med som en del av scoringsgrunnlaget, men utgikk, ettersom dette i svært liten grad ble observert i forbindelse med behandling. På tross av dette må det tas høyde for at termisk behandling i seg selv kan ha en negativ effekt på gjellehelse, og at dette kan føre til sekundære gjelleinfeksjoner på sikt, og at bruk av "flushing" som behandlingstiltak også kan bidra til akutte skader på gjellevev, og at hyppige lusebehandlinger vil kunne redusere gjellehelse over tid (Østevik, Stormoen et al. 2022).

Bruk av subjektiv vurdering som en velferdsindikator vil alltid føre til individuelle forskjeller mellom personer som gjennomfører scoringen. I dette prosjektet har én person hatt hovedansvaret for alle scoringer, bistått av ansatte ved lokalitet, veterinær, luseteam eller fiskehelsetjeneste. På tross av at samme person har gjennomført scoringer for alle lokaliteter er det fortsatt noe variasjon i datagrunnlaget. Bakenforliggende årsaker til dette kan være faktorer som værforhold, tid på døgnet og tid siden gjennomføring av forrige scoring (Solberg, Finstad et al. 2018). En annen viktig faktor som kan påvirke subjektiv scoring av velferd er håving og trenging av fisk. Dette er synlig for noen av velferdsparameterne, særlig for snuteskader og finneskader, hvor fisk som håves direkte fra avlusningsenheten og over i bedøvelse, har et lavere innslag av slike skader enn for fisk som får lengere ubedøvet "reisevei" fra trenging i merd til bedøvelseskar om bord avlusningsfartøy.

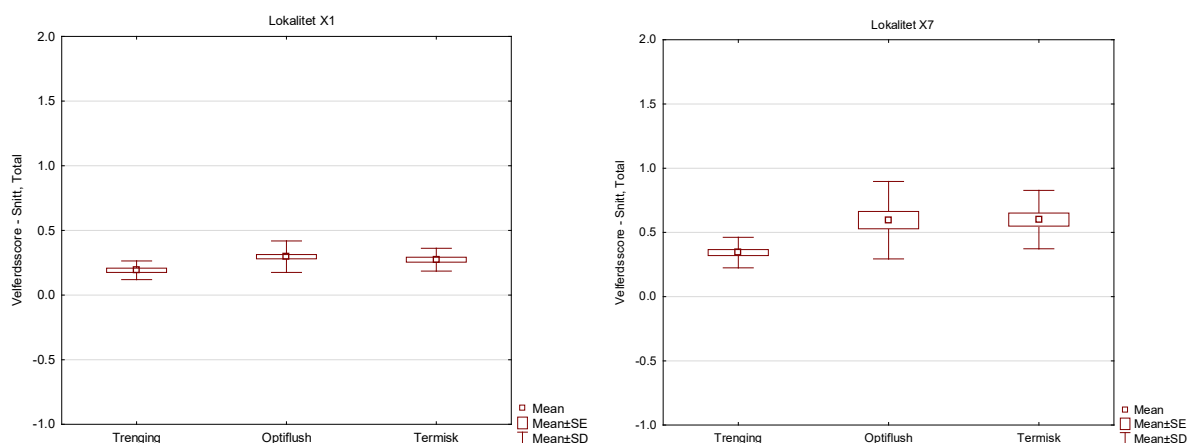
6.3 Bruk av Optiflush for fisk under 1.5 kg



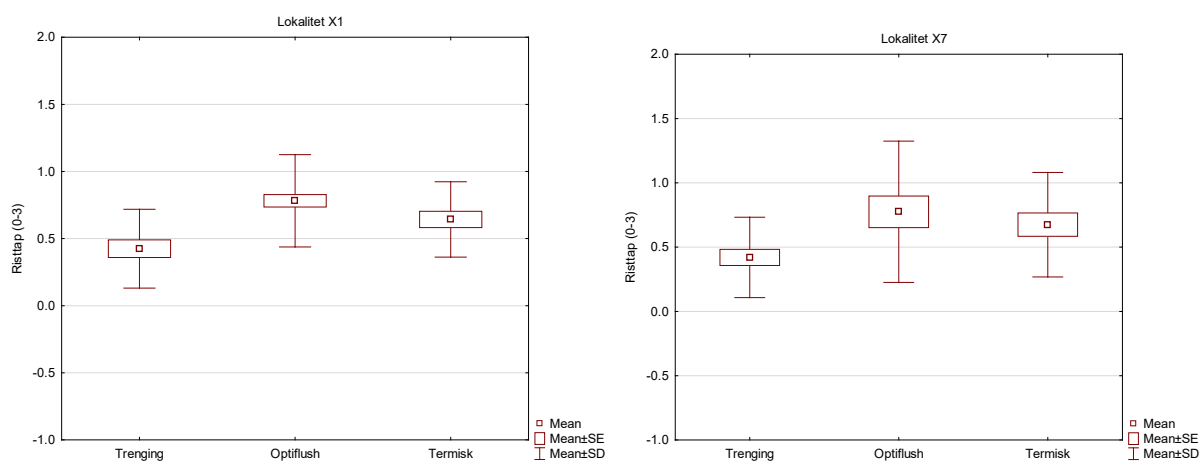
Figur 21. Total velferdsscore (0-3) etter behandling for alle lokaliteter.

Liten fisk er ofte "løsere på rista" og konsekvensen av eventuelt risttap er større på grunn av fiskens evne til å osmoregulere som nyutsatt i sjø (Espmark, Kolarevic et al. 2015). I de aktuelle forsøkene ble derfor ikke fiskegrupper på under 1.5 behandlet med metoden, og den totale effekten på velferdsscore endret seg ikke betraktelig med synkende fiskestørrelse for den aktuelle fisken.

6.4 Optiflush kombinert med termisk avlusning og termisk avlusning alene – en sammenligning



Figur 22. Påvirkning på total velferdsscore (0-3) før og etter behandling med kun termisk avlusning og i kombinasjon med Optiflush for to lokaliteter.



Figur 23. Påvirkning på risttap (0-3) før og etter behandling kun med termisk avlusning og i kombinasjon med Optiflush ved to lokaliteter.

Det ble ikke observert noen signifikant forskjell i total velferdsscore ved noen av de undersøkte lokalitetene, hverken som følge av termisk behandling alene eller i kombinasjon med Optiflush. Merk at ved bruk av Optiflush er behandlingstemperaturen i den termiske komponenten av behandlingen redusert sammenlignet med optimal behandlingstemperatur i merder som kun får termisk behandling.

7 Oppsummering og konklusjoner

Denne rapporten dokumenterer fiskevelferd og avlusningseffekt ved bruk av OPTIFLUSH. Teknologien benytter dyser plassert i 360°C rundt fisken for å effektivt og skånsomt fjerne lus, enten som stand-alone unit, eller i etterkant av behandling med termisk avlusningsteknologi. Konseptet er et alternativ til medikamentell behandling under avlusning, og har som målsetning å redusere den totale velferdsbelastningen i forbindelse med håndteringskrevende behandling ved å senke temperaturen ved termisk avlusning eller utelukke den termiske delen av behandlingen fullstendig.

Dokumentasjonen er gjort gjennom en trinnvis tilnærming gjennom en rekke forsøk underlagt FOTSID 27548. Gjennom pilot, kort- og langtidsforsøk i forbindelse med avlusningsoperasjoner i kommersiell skala dokumenterer rapporten korttidsforsøk med avlusningseffekt og ytre velferdsindikatorer ved åtte ulike lokaliteter, samt langtidsdokumentasjon av dødelighet, appetitt og stressrelatert blodkjemi for utvalgte lokaliteter.

Forsøkene omfatter fiskestørrelser fra 1.5-7.9 kg og behandlingstemperaturer på mellom 26.5 og 31.5 °C, og hovedfunnene fra rapporten er listet opp nedenfor:

- **Sammenlignet med merder behandlet med kun termisk avlusning ble det observert at behandlingstemperaturen kunne senkes med om lag 2 grader ved bruk av Optiflush.**
- Resultatene viser en median reduksjon av lakselus på hhv. 97 % for bevegelige stadier og skottelus, 80 % for kjønnsmodne hunnlus og 68% for fastsittende stadier.
- Ved subjektiv scoring av ytre velferdsparametere (0-3) ble den gjennomsnittlige totalscoren for alle parametere (snuteskader, øyeskader, finneskader, sår, risttap og hudblødninger) i etterkant av behandling målt til under 1, med en økning i score på under 0.5 som tilsvarer en mild effekt på velferd.
- De overordnede langtidseffektene på stressrelatert blodkjemi, appetitt og dødelighet viser at fisken blir utsatt for en kortvarig stressor, men at fisken opprettholder sin metabolisme og klarer å restituere innen 1-3 uker etter behandling.
- For enkeltlokaliteter ble det målt noe høyere risttap enn hva som anbefales ved behandling av fisk ved <7 °C, noe som må tas hensyn til ved vurdering av risiko og forsvarlighet i forkant av behandling.
- Gjennom forsøksperioden ble påvirkningene på velferdsparametere redusert med økende erfaringsgrunnlag og forbedret bruk av metoden. Det samme gjaldt $\Delta^{\circ}\text{C}$ behandlingstemperatur. Det er derfor rimelig å anta at man vil kunne senke behandlingstemperatur i den termiske komponenten av behandlingen ytterligere med videre optimalisering.

En bedre kontroll med lakselus i merdene er en forutsetning for økt vekst i næringen. Tross store anstrengelser er det fortsatt vesentlige utfordringer knyttet til problematikken og det er et skrikende behov for nye skånsomme, effektive metoder for både forebygging og kontroll av lakse- og skottelus. Det er også et behov for å optimalisere bruk av ulike metoder på en måte som ivaretar fiskevelferd. Gjennom forsøkene som er utført i denne rapporten viser vi

at Optiflush-teknologien kan bidra til økt velferd hos laks ved at man kan oppnå en effektiv avlusning ved vesentlig lavere temperaturer enn hva som til nå har vært vanlig praksis, i tråd med Mattilsynets anbefalinger, uten at det går på bekostning av fiskens ve og vel.

Referanser

- Bendig, L., et al. (2001). "Descaling with high pressure nozzles." ILASS-2001: 2-6.
- Erikson, U., et al. (2016). "Crowding of Atlantic salmon in net-pen before slaughter." Aquaculture **465**: 395-400.
- Erikson, U. G., et al. (2018). "Hydrolicer-Utredning av system, stress og velferd ved avlusing."
- Espmark, Å. M. O., et al. (2015). "Pumping og håndtering av smolt."
- Gismervik, K., et al. (2017). "Mekanisk avlusing med FLS-avlusersystem-dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus." Veterinærinstituttets rapportserie 6-2017: 41.
- Gismervik, K., et al. (2017). Mekanisk avlusning med FLS-avlusersystem - dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus. Oslo, Norwegian Veterinary Institute. **6**.
- Grøntvedt, R. N. and T. Kristiansen (2018). Dokumentasjon av fiskevelferd ved bruk av FLS avluser. INAQ.
- Hjeltnes, B., et al. (2017). "Fiskehelserapporten 2017 (Fish health report 2017)." Veterinærinstituttet. ISSN 1480.
- Mejdell, C., et al. (2009). "Evaluerer av slaktesystemer for laksefisk i 2008–fiskevelferd og kvalitet." Veterinærinstituttets rapportserie, 01-2009.
- Moltumyr, L., et al. (2021). "Does the thermal component of warm water treatment inflict acute lesions on Atlantic salmon (*Salmo salar*)?" Aquaculture **532**: 736048.
- Nilsen, A., et al. (2010). "Mekanisk fjerning av lakselus FLS avlusersystem"–test av ejektorpumpe fra Flatsetsund Engineering AS. . **11**: 2010.
- Nilsson, J., et al. (2019). "Sudden exposure to warm water causes instant behavioural responses indicative of nociception or pain in Atlantic salmon." Veterinary and Animal Science **8**: 100076.
- Noble, C., et al. (2018). "Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 3. utgave."
- Nygaard, S., et al. (2020). Tiltaksveileder - Kontroll med lakselus og skottelus. S. Norge.
- Østevik, L., et al. (2022). "Effects of thermal and mechanical delousing on gill health of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)." Aquaculture: 738019.
- Roth, B. (2016). "Avlusing av laksefisk med Optilice: Effekt på avlusing og fiskevelferd." Nofima rapport nr. 59-2016: 41.
- Salvesen, Ø., et al. (2021). Vurdering av velferd og effekt under kombinasjonsbehandling med varmtvann og spyling - en pilotstudie. Haugesund, FoMAS.
- Solberg, I., et al. (2018). "Kartlegging og testing av metodikk for telling av lakselus og beregning av luseforekomst."
- Sommerset, I. W., C. S., et al. (2021). Fiskehelserapporten 2021. Veterinærinstituttets rapportserie. nr. 2a/2022.
- Torgersen, T. (2016). "Fossefall for lakseluskontroll." Rapport fra havforskningen.
- Walde, C. S., et al. (2021). "Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway." Journal of Fish Diseases **44**(7): 899-912.