

Fossefall for lakseluskontroll fase 2

Thomas Torgersen



Prosjektrapport

Rapport:
RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN

Nr. – År:
36-2017

Dato:
21.12.2017

Tittel:
Fossefall for lakseluskontroll fase 2

Forfattere:
Thomas Torgersen

Distribusjon: Åpen

Havforskningsprosjektnr.:
14843

Oppdragsgiver(e):
FHF

Oppdragsgivers referanse:
901342

Program:
Akvakultur

Forskningsgruppe:
Dyrevelferd

Antall sider totalt:
34

Thomas Torgersen

prosjektleder

Tore S. Kristiansen

faggrupeleder

Innhold	side
1. Sammendrag/summary	4
2. Innledning	5
3. Problemstilling og formål	6
4. Prosjektgjennomføring	7
5. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	14
6. Referanser	32
7. Planlagte leveranser	33

1. Sammendrag/summary

Prosjektet er en oppfølging av prosjektet «Fossefall for lakseluskontroll» (FHF-901233) som viste at å sende laks gjennom et kunstig fossefall etter ferskvannsbadebehandling økte behandlingseffektiviteten mot fastsittende lakselus. I dette oppfølgingsprosjektet ble prototype-fossen modifisert for å kunne måle og regulere behandlingsintensitet, det vil si vanntrykk og antall strålerør i bruk. Forsøk med ulike trykk, antall strålerør og antall passeringer over sorteringsrist/foss viste at skjelltap var større ved vanntrykk på 0.7 bar og høyere, og at skjelltapet var større etter 2 passeringer enn etter 1. Påfølgende avlusingsforsøk ble derfor gjennomført med 0.6 bar vanntrykk og kun en passering gjennom fossen. Resultatene fra de påfølgende forsøkene viste også noe høyere skjelltap på fisk behandlet med foss. Dette viser at skjelltap må overvåkes og tas hensyn til ved bruk av metoden. Øvrige velferds mål (blødninger, sår, vekst og dødelighet) viste ingen effekt av fossebehandlingen. Forsøk med fisk med fastsittende lus viste ved telling 12 dager etter behandling at alle kombinasjoner med ferskvannsbadebehandling og foss hadde høy effektivitet (79-87%), og høyere enn kun ferskvannsbadebehandling (68%). Fossebehandling etter thermoavlusing hadde etter telling 12 dager etter behandling 5 ganger så høy effektivitet som kun thermoavlusing (45% vs. 9%). Forsøk med fisk med bevegelige lus viste høy behandlingseffektivitet for alle behandlinger med ferskvannsbadebehandling etterfulgt av foss (87-91%), mens ferskvannsbadebehandling alene kun fjernet 33%. Thermobehandling med standard temperatur (32.5°C) var effektiv mot bevegelige lus både uten (89%) og med (94%) etterfølgende fossebehandling. Redusert temperatur (30.5°C) ved thermobehandling hadde like høy behandlingseffektivitet når denne ble etterfulgt av foss (93%), men thermobehandling med redusert temperatur uten etterbehandling med foss hadde lavere effektivitet (69%).

The project is a continuation of the project FHF-901233 that showed that exposing salmon to an artificial waterfall after freshwater bath treatment increased treatment efficiency against non-mobile sea lice. In this follow-up project the prototype waterfall was modified to allow measuring and regulating treatment intensity, i.e. water pressure and number of jets in operation. An experiment with different pressures, number of jets in operation and 0, 1 or 2 treatment repetitions showed that scale losses were higher at water pressures at or above 0.7 bar, and that scale losses were higher after 2 treatment repetitions than after 1. Delicing experiments were therefore carried out operating the prototype at 0.6 bar and without repeated treatments. Results from these experiments also showed somewhat higher scale losses of fish exposed to waterfall treatment, demonstrating that scale losses must be monitored and considered when using the method. Other welfare measures (bleedings, wounds, growth and mortality) showed no effect of the waterfall treatment. Counts of non-mobile lice 12 days post treatment showed that all combinations of freshwater bath treatment and waterfall had high treatment efficiencies (79-87%), and higher than freshwater bath treatment alone (68%). Thermolicing and waterfall treatment combined was 5 times as efficient against non-mobile lice as thermolicing alone (45% vs. 9%). Counts of mobile lice showed high treatment efficiency for all combinations of freshwater bath treatment and waterfall treatment already immediately after treatment (87-91%), and much higher than bath treatment alone (33%). Thermolicing with standard temperature (32.5°C) was effective against mobile lice both without (89%) and with (94%) following waterfall treatment. Reduced temperature (30.5°C) thermolicing had as high efficiency when followed by the waterfall (93%), but the efficiency of thermolicing alone was considerably lower at reduced temperature (69%).

2. Innledning

Faglig bakgrunn

Badebehandling med ferskvann har gjennom de siste årene blitt mye benyttet mot lakselus i oppdrettsnæringen, og flere brønnbåter blir utstyrt for å kunne gjennomføre ferskvannsbehandling. Det er gjennomført flere studier og praktiske avlusinger med ferskvann i brønnbåt med oppløftende resultat. Studier både i regi av GIFAS, som prosjektet “Bruk av ferskvann til avlusning i brønnbåt” (FHF-901006, Reynolds 2013, 2015) og Sea Lice Research Center, som prosjektet “Ferskvann mot lakselus: Mekanismestudier” (FHF-901021, Stavang et al 2015) har konkludert med at ferskvann ikke er effektivt nok som behandlingsmetode mot lakselus alene. Det er fra GIFAS’ side konkludert med at “framtidige tester må involvere fysiske og mekaniske metoder i tillegg til eksponering av ferskvann” (Reynolds 2015).

Prosjektet «Fossefall for lakseluskontroll» (FHF-901233) testet om å benytte en kunstig foss av ferskvann kan være en mekanisk skånsom behandling for å «effektivisere ferskvannsbehandling som miljøvennlig metode mot lakselus, gjennom å redusere nødvendig oppholdstid i ferskvann og/eller øke avlusningseffekten». Resultatene fra forsøkene var lovende med hensyn til å øke behandlingseffektiviteten av badebehandling i ferskvann. I forsøket oppnådde man bedre avlusningseffekt på tre timers ferskvannsbehandling etterfulgt av foss, enn på åtte timer ferskvannsbehandling uten foss. I forsøket ble velferdsindikatorer målt både rett etter og 14 dager etter behandling. Det ble ikke funnet effekter av fossen på noen velferdsmål, og behandlingsintensiteten kan trolig økes uten å påføre fisken skader eller redusert velferd. (Torgersen, 2016).

Avlusning med kortvarig (~30 sekunder) eksponering med vann med høyere temperatur (e.g. «Thermolicer») har i senere tid etablert seg som en mye brukt ikke-medikamentell behandlingsmetode. Denne har vist seg tilstrekkelig effektiv til å få nivåene for voksne lus under tillatte grenseverdier. Fastsittende lus fjernes imidlertid i liten grad med denne metoden, hvilket gjør at nye voksne lus utvikles i løpet av kort tid. Høsten 2016 har man opplevd at behandling hver 14. dag har vært nødvendig. Et slikt behandlingsregime er svært dyrt, medfører betydelige belastninger for fisken, gjør den trolig mer utsatt for sykdom og følgeskader, og reduserer appetitt og vekst. Av hensyn til fiskevelferd, fiskehelse, behandlingsteknologier og produktivitet er det viktig å utvikle behandlingsmetoder som ikke bare er skånsomme, miljøvennlige og i tilstrekkelig grad holder infeksjonsintensitet under tillatte nivåer, men som også fjerner alle stadier av lus og dermed tillater sjeldnere behandlinger. Slike behandlingsmetoder kan inneholde flere påfølgende behandlingselementer, e.g. Thermolicer, ferskvann og lusefoss. Prosjektet skal derfor også gi økt kunnskap om «fossefall-metoden» kan være effektiv i kombinasjon med thermoavlusing. I prosjektet skal det testes om lus i ulike stadier som er svekkede, men ikke døde etter thermobehandling kan fjernes med fossen, og om fossebehandling etter thermoavlusing dermed kan øke effektiviteten til denne metoden på tilsvarende måte som etter ferskvannsbadebehandling. Den høye temperaturen som benyttes i thermoavlusing er belastende også for fisken, så om man kan redusere behandlingstemperaturen i behandlingen om man etterbehandler med foss så vil dette kunne øke fiskevelferden i slike avlusingsoperasjoner, og dette testes også i prosjektet.

Når behandling mot lakselus er nødvendig gir brønnbåt en god plattform for å ha kontroll på miljøet og fiskevelferden. Videre blir lakselusen samlet opp under behandlingen. Ferskvannsbehandling er en miljøvennlig metode, men den er både tidkrevende og byr på

logistikkutfordringer ved fornying av ferskvannet. Havbruksnæringens strategi for utvikling av verktøykassa mot lakselus er mest mulig medikamentfri lusekontroll, hvilket betinger at man har gode og komplette ikke-medikamentelle metoder tilgjengelig. Utvikling av «fossefall-teknologien» kan bidra til å effektivisere miljøvennlig og medikamentfri avlusning.

Omfang

Prosjektet omfatter modifisering av eksisterende fossefall-prototype og uttesting av denne i nedskalert behandlingssituasjon.

Prosjektorganisering

Prosjektet ble finansiert av FHF og ledet av Havforskningsinstituttet ved forsker Thomas Torgersen. Prosjektgjennomføringsgruppen bestod videre av Paul Jacob Helgesen (Segel) og Sven Jørgen Strømmen (K. Strømmen Lakseoppdrett). Styringsgruppen bestod av Andreas Berge, Inge Kandal, Sven Jørgen Strømmen og Solveig Willis. Kjell Maroni var FHF-kontakt for prosjektet og møtte i styringsgruppen for FHF. I forberedelser til og gjennomføring av forsøk deltok ingeniørene Tone Vågseth, Stian Morken, Simon Flavell og Kristine Holm fra Havforskningsinstituttet. Rapporten er utarbeidet av Thomas Torgersen med bidrag fra prosjektgjennomføringsgruppen og styringsgruppen. Gjennomgang av og kommentarer til utkast av rapporten ble gitt av forsker Frode Oppedal ved Havforskningsinstituttet. Endelig versjon ble gjennomgått av Tore S. Kristiansen, leder for forskningsgruppe dyrevelferd ved Havforskningsinstituttet.

3. Problemstilling og formål

Dette prosjektet bygger videre på resultatene fra det gjennomførte prosjektet «Fossefall for lakseluskontroll» gjennom å undersøke hvor mye behandlingsintensiteten ved bruk av en ferskvannsfoss kan økes uten å påføre fisken skader eller redusert velferd, og hvor god avlusningseffekt modifisert foss og behandlingsintensitet har på ulike lusestadier i kombinasjon med ferskvannsbadebehandling og thermobehandling.

Mål:

Teste og dokumentere avlusningseffektivitet og velferdskonsekvenser ved bruk av foss kombinert med ferskvannsbadebehandling og thermobehandling.

Delmål:

1. Identifisere høyeste behandlingsintensitet som ikke gir uakseptabel belastning på fisken.
2. Identifisere avlusningseffekt ved bruk av høyeste akseptable behandlingsintensitet på fastsittende og bevegelige lakselus.
3. Teste om metoden gir økt effekt på fastsittende og bevegelige lus i kombinasjon med behandling med temperert vann.

4. Prosjektgjennomføring

For å oppnå delmålene i prosjektet er arbeidet delt inn i fire arbeidspakker (AP).

AP 1 Modifisere prototype (lab-skala)

Det forrige Fossefall-prosjektet viste at fossefallkonseptet fungerte i henhold til hensikten. I fase 2-prosjektet var det nødvendig å kunne variere behandlingsintensiteten, identifisere hvor høy behandlingsintensitet som kan benyttes uten skade- og velferdsproblemer og å ha mål på intensiteten som gjør erfaringene fra prototypetestinger overførbare til en eventuell versjon til bruk på kommersiell skala. I AP 1 ble prototypen fra «Fossefall fase 1» modifisert. Den modifiserte prototypen ble deretter testet og justert uten fisk.

Modifisering av prototypen:

Sorteringsrist med bunn og vegger for å resirkulere vannet ble benyttet uforandret fra Fossefall fase 1. Det ble produsert nye toppementer der man kunne måle trykk i strålerørene og det var mulighet for å stenge av ett eller flere strålerør, samt enkelt endre trykk for å bytte mellom ulike behandlingsintensiteter. For å finne maksimalt anbefalt grense måtte prototypen kunne innstilles til en behandling med høyere intensitet enn intensiteter som var antatt mulig å benytte på levende fisk. Modifisering av prototypen ble planlagt og fulgt opp av Paul Jacob Helgesen og Sven Jørgen Strømmen i prosjektgruppen. Prototypen ble transportert til Nordfjord og Stadlandet. De nye toppene ble bygd av Stadpipe AS i dialog med prosjektgruppen. Styringsgruppen fikk anledning til å komme med innspill til arbeidet med nye topper på styringsgruppemøte 7. april 2017. Andre testing av nye toppement ble gjennomført 20. april, Stad: Stadlandet, hos Per Stave AS. Per Stave AS er en klippfiskprodusent ca. en kilometer fra Stadpipe sine lokaler. De har god tilgang på vann, kar og alt vi hadde bruk for i forbindelse med testingen. I tillegg fikk vi låne truck, vekt og målekar. Vi takker derfor mye for god tilrettelegging og samarbeidsånd fra Per Stave AS.

Testing av prototypen

Nedenfor følger beskrivelse av og redegjørelse for test av nye toppement til fossen. Formålet med testingen var å sikre at prototypen var egnet til å gjennomføre AP2 og AP3 før den ble flyttet til Matre, videre å teste ulike innstillinger som grunnlag for hvordan AP2 kunne gjennomføres på merket fisk.

Følgende plan lå til grunn for testingen:

1. Flytte utstyr fra Stadpipe til Per Stave AS
2. Montere opp utstyr
3. Studere stråleform, og spredning
4. Lese av trykk på samlestock og alle toppement når alt er kopla til, måle vannmengden
5. Redusere til 4 toppement, lese av trykk, måle vannmengden, gjenta med tre og to toppement
6. Dokumentere sammenheng mellom trykk og vannmengde, samt evaluere stråleform og spredning
7. Vurdere og avgjøre om det er behov for ytterligere justeringer, dyser eller lignende

AP 2 Identifisere høyeste behandlingsintensitet

Det ble testet hva som er øvre akseptable behandlingsintensitet ved bruk av den modifiserte Fossefall-prototypen fra AP 1. Det ble testet ulike vanntrykk, antall kjøring gjennom fossen og antall strålerør i bruk. Gjennomføringen av AP2 var som følger

1. Pilotstudie med avlivede fisk for å utelukke klart skadelige intensiteter fra oppsettet.
2. Individmerke fisk.
3. Sende fisk gjennom behandlingssystemet med ulike innstillinger av fossen.
4. Evaluering av fiskevelferd umiddelbart etter behandling
5. Overvåke behandlet fisk i «common garden» i 13 dager: Effekt på fisken med hensyn til sår/skader og vekst (individuell veiing i forbindelse med evaluering behandlingsdag og dag 13). Daglig overvåking av dødelighet.
6. Analysere resultat for å finne maksimal trykk, og antall stråler/antall ganger over rist uten uakseptable effekter på fisken.

Fisken som ble benyttet i forsøket var AquaGen Atlantic QTL-innOva IPN, levert som øyerogn til Matre 4. desember 2014. Fisken ble startfôret 10.mars 2015 og produsert som ettårssmolt. Den ble vaksinert 19. november 2015. og ferdig smolt tidlig mai 2016. Forsøket ble omsøkt og godkjent av Mattilsynet (FOTS 12266).

Merking av fisk: Fisk som ble benyttet i AP2 ble merket med pitmerker (L: 12mm, Ø: 2.5mm) den 3. mai 2017. Fisken ble holdt i sirkulære 3m kar med sjøvann med temperatur på ca 8.7°C og oksygeninnhold mellom 90 og 100%.

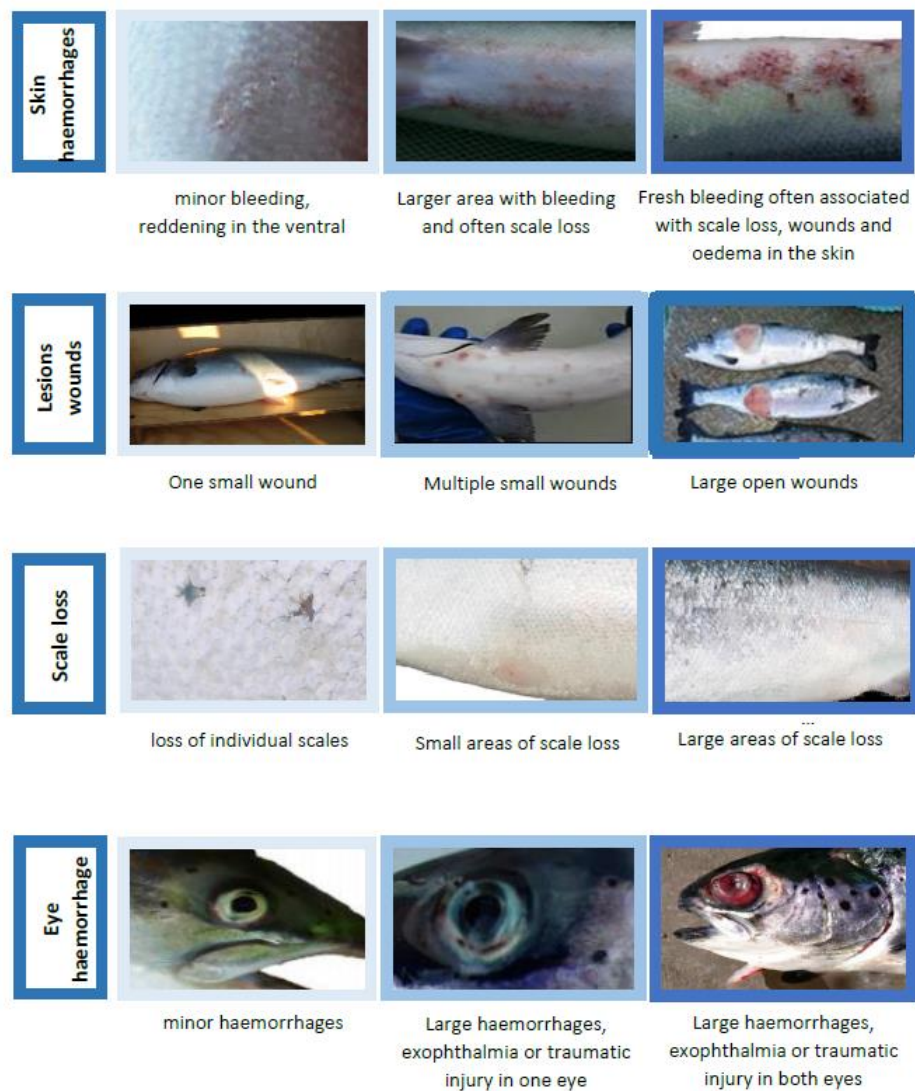
Pilot-test på avlivede fisk viste at trykk på 0.9 bar og høyere ga store skjelltap, så det ble gjennomført behandlinger på levende fisk med trykk fra 0.4 til 0.8 bar. Oversikt over innstillinger er gitt i Tabell 1.

Tabell 1. Innstillinger benyttet under gjennomføring av forsøk i AP 1. «Teppelement»: antall teppelementer (av maksimalt 4) som var åpne og med vannføring under gjennomføring. «Trykk teppelement»: trykk i bar lest av på manometere på teppelementene. «Kommentar»: angir om fisken ble kjørt gjennom fossen 0, 1 eller 2 ganger, og antall stråler (åpne strålerør) fisken totalt ble potensielt eksponert for under behandlingen.

Innstilling	Teppelement	Trykk teppelement	Kommentar
-rist	0	0	Ikke over rist
2X	0	0	2 ganger over rist
1X, 28 @ 0.4	4	0,4	1 gang over rist, 28 stråler
1X, 28 @ 0.5	4	0,5	1 gang rist, 28 stråler
1X, 28 @ 0.6	4	0,6	1 gang over rist, 28 stråler
2X, 56 @ 0.6	4	0,6	2 gangar over rist, dvs. 56 stråler
1X, 28 @ 0.7	4	0,7	1 gang over rist, 28 stråler
1X, 28 @ 0.8	4	0,8	1 gang over rist, 28 stråler
2X, 28 @ 0.8	2	0,8	2 ganger rist, 28 stråler
2X, 28 @ 0.8	4	0,8	2 gangar over rist, dvs. 56 stråler

Det ble gjennomført test på 25 fisk for hver behandling, totalt 250 fisk. Gjennomføringen ble gjort i 5 blokker a 5 fisk, med randomisering av behandlingsrekkefølge for hver blokk. 4 blokker ble gjennomført 11. mai og 1 blokk ble gjennomført 12. mai. Gjennomsnittsvekt på behandlede fisk var 499g +/-108g (standardavvik). Det ble benyttet ferskvann med råvannstemperatur (ca. 6.7 °C) i fossen. Vannstand i holdekarer ble tappet ned for å lettere kunne fange fisken. Den ble hovet ut fra karet for behandling i fossen og lagt rett på risten og fra enden av risten falt den rett ned i 200L transportkar fylt med 100L sjøvann med 5g Finquel for sedatering. Fisk som skulle sendes 2 ganger gjennom fossen ble samlet i en plastbakke ved enden av rista og hurtig båret tilbake til startpunktet. Sedatert fisk ble løftet ut av karet og veid og visuelt undersøkt, og verdiene ble notert sammen med avlest PIT-nummer. Fisken ble deretter sluppet ut i et annet 3m kar med samme vannkvalitet som de hadde blitt holdt i frem til forsøksstart. Etter 13 dager ble fisken undersøkt på nytt. Vannstand ble redusert på samme måte for lettere å kunne hove fisken ut av karet. Fisken ble bedøvet med finquel (10g/100L). Etter registrering av verdier ble fisken avlivet med slag mot hode. Effekt av behandling på relevante velferdsmål ble målt i henhold til protokollene som er utarbeidet i FHF-prosjekt 901157 - Kunnskapssammenstilling om fiskevelferd for laks og regnbueørret i oppdrett (FISHWELL) (Noble et al. 2017). Hud- og øyeskader ble evaluert etter scorings-skjemaet gjengitt i figur 1. Samme person evaluerte alle fisk og vedkommende kjente ikke behandlingshistorikk til fiskene ved evaluering etter 13 dager. Evalueringen kunne derfor ikke påvirkes av forventning (bias).

De 13 dagene fisken ble holdt i kar i påvente av neste evaluering ble de fôret med Skretting sjøfôr i overskudd fra kalibrerte fôrautomater (Arvotec T Drum 2000).



0 (ingen synlige skader)

1

2

3

Figur 1. Skåringsskjema benyttet for å bestemme skadegrad på fisk. Fra øverst til nederst: blødning i hud, sår, skjelltap og blødning i øye.

AP 3 Teste avlusingseffekt

Laks med fastsittende og mobile stadier av lakselus ble behandlet med prototypen av fossen ved maksimal anbefalt intensitet funnet i AP 2 (nominelt 0.6 bar, 28 stråler, en gang over rist), Tester ble gjort i kombinasjon med ferskvannsbadebehandling og thermobehandling. Forsøk med fastsittende og voksne lus ble kjørt separat. Fisken som ble benyttet i AP 3 hadde samme produksjonsbakgrunn som fisken i AP 2. Forsøket ble omsøkt og godkjent av Mattilsynet (FOTS 12583).

Følgende behandlinger ble gjennomført.

Forsøk med fastsittende lus:

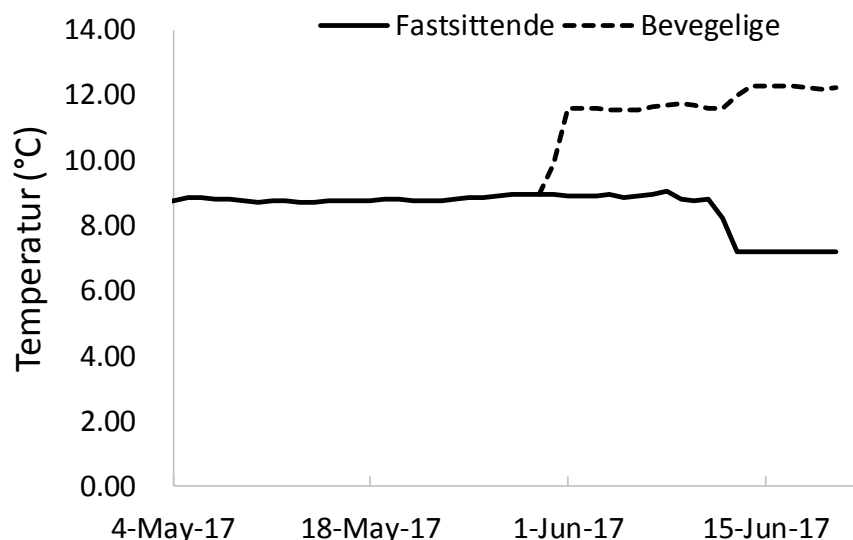
- 1) 3 timer ferskvann
- 2) foss etterfulgt av 3 timer ferskvann
- 3) 3 timer ferskvann etterfulgt av foss
- 4) 8 timer ferskvann etterfulgt av foss.
- 5) foss etterfulgt av 3 timer ferskvann etterfulgt av foss
- 6) thermobehandling
- 7) thermobehandling etterfulgt av foss

Forsøk med bevegelige lus

- 1) ferskvann
- 2) foss etterfulgt av 3 timer ferskvann
- 3) 3 timer ferskvann etterfulgt av foss
- 4) 8 timer ferskvann etterfulgt av foss.
- 5) foss etterfulgt av 3 timer ferskvann etterfulgt av foss
- 6) thermobehandling
- 7) thermobehandling etterfulgt av foss
- 8) thermobehandling – redusert temperatur
- 9) thermobehandling – redusert temperatur, etterfulgt av foss

Fisk som skulle behandles mot fastsittende lus i AP3 ble pit-merket den 3. og 15. mai. Fisk som skulle behandles mot bevegelige lus i AP3 ble pit-merket den 16. mai. De ble holdt i 2 sirkulære 3m kar, med ca 235 og 250 fisk i hvert kar.

Infisering med lus: Modne hunnlus ble høstet fra fisk i merder på lokaliteten «Sauaneset» på Havforskningsinstituttets forskningsstasjon på Austevoll den 12. mai 2017 og kjørt til Matre samme dag. Eggstrenger fra disse ble inkubert ved 8.5°C. Fisken ble infisert med lus ved å tilsette 10800 kopepoditter per kar den 31. mai. Ulike temperaturforløp ble benyttet for fisk som ble behandlet mot fastsittende og bevegelige lus. Temperaturforløp er vist i Figur 2. Alle fisk ble holdt på råvannstemperatur (8.5-9°C) frem til infisering med lus. Etter behandling mot fastsittende lus ble temperaturen for fisken som skulle benyttes i det forsøket senket til 7-7.5°C for å unngå at lusa utviklet seg til første bevegelige stadium i løpet av de 12 dagene frem til andre gangs telling. Dette fungerte og viste seg nødvendig, da 1 eneste bevegelig lus ble funnet ved andre gangs telling. For fisk som skulle behandles mot bevegelige lus ble temperaturen hevet til 12°C etter infisering med lus for å øke utviklingshastigheten til lusa. Disse var i all hovedsak preadult 2 på behandlingsdagen.



Figur 2. Temperaturforløp for fisk som ble benyttet i AP3.

Behandling av fisk med fastsittende lus ble gjennomført 8. juni 2017 med gjentatt lusetelling, velferdsevaluering og veiing den 20. juni. Fastsittende lus flytter seg ikke mellom fisk, så individmerkede fisk som hadde vært gjennom ulike behandlinger kunne holdes i samme kar etter behandling for overvåking av utvikling i lusetall. Behandling av fisk med bevegelige lus ble gjennomført og avsluttet 21. juni.

Det ble gjennomført test på 24 fisk for hver behandling, både i forsøket med fastsittende og i forsøket med bevegelige lus. Gjennomføringen ble gjort i 3 blokker a 8 fisk, med randomisering av behandlingsrekkefølge for hver blokk. I forsøket med bevegelige lus ble fisken som ble thermobehandlet med redusert temperatur (nr. 8) behandlet etter de andre gruppene. I forsøket med bevegelige lus førte menneskelig svikt til at 8 fisk fra behandling 4 fikk kun 2 timer ferskvannsbehandling i stedet for 8, og disse ble ekskludert fra datasettet. Forsøkene i AP 3 ble i all hovedsak gjennomført som forsøket i AP 2.

Ferskvannsbadebehandling ble gjennomført i 500L kar med ferskvann med råvannstemperatur (ca 10.5°C), samme vannkvalitet som ble benyttet i fossen. Det ble benyttet eget badebehandlingskar for hver blokk. Fisken ble transportert til og fra behandlingskar i 200L transportkar med 100L ferskvann. Fisk som skulle lusetelles og evalueres rett etter fossebehandling falt rett i transportkar med 100L sjøvann med 5g Finquel. Fisk som skulle lusetelles etter ferskvannsbehandling ble hovet fra behandlingskar og oppi transportkar med 100L ferskvann med 5g Finquel og 5g bikarbonatbuffer.

Thermoavlusning: Fisken som ble behandlet mot fastsittende lus ble holdt ved ca 8.8°C, og thermoavlusning ble gjennomført med 30s i 31.6°C (+/- 0.3°C), ihht anbefaling i tabell fra Steinsvik. Fisken som ble behandlet mot bevegelige lus ble holdt ved ca 12°C, og thermoavlusning ble gjennomført med 30s i 32.5°C (+/- 0.3°C), ihht anbefaling i tabell fra Steinsvik. Thermoavlusning med redusert temperatur mot bevegelige lus ble gjennomført med 30s i 30.5°C (+/- 0.3°C). Varigheten av thermoavlusningen ble noe lengre for noen fisk på grunn av vanskeligheter med å hurtig hove fisken ut av behandlingskaret. Til thermoavlusning ble det benyttet et 200L kar med ca 100L vann. Fisken ble hovet oppi og ut av karet. Fisk som skulle

fossebehandles etter thermobehandlingen ble lagt rett på risten. Fisk som skulle lusetelles og evalueres ble hovet oppi 200L transportkar med 100L sjøvann med 5g Finquel, Ved avslutning av forsøket ble sedaterte fisk avlivet med slag mot hodet.

De 13 dagene fisken ble holdt i kar i påvente av neste evaluering ble de føret med Skretting sjøfôr i overskudd fra kalibrerte fôrautomater (Arvotec T Drum 2000).

Det ble i begge forsøkene (med bevegelige og fastsittende lus) talt antall lus på hver av 24 kontrollfisk på dagen forsøket ble gjennomført. Disse ble sedatert på samme måte som behandlet fisk før lusetelling og evaluering. De ble avlivet med slag mot hodet umiddelbart etterpå.

For å undersøke om fossebehandlingen endret slimcellestatus i fiskens hud ble det gjort analyser av slimcellestørrelse og slimcelletetthet (andel av epitel dekket av slimceller) ved bruk av metode beskrevet av Pittman et al. (2011, 2013). Det ble tatt dorsale og kraniale hudprøver i henhold til protokoll fra firmaet Quantidoc ved avslutning av forsøkene. Prøvene fiksert i formalin ble sendt til Quantidoc for analyse. I forsøket med fastsittende lus ble det tatt prøver av fisk (etter lusetelling, velferdsevaluering og avlivering) 13 dager etter behandling. Det ble tatt prøver av samtlige fisk fra behandling 2 (3 timer ferskvann) og behandling 5 (foss etterfulgt av 3 timer ferskvann etterfulgt av foss). Disse prøvene ble tatt for å teste om fossen gir effekt på slimcellestatus målt etter 12 dager. I forsøket med bevegelige lus ble det tatt prøver av alle kontrollfisk og alle fisk fra behandling 5 (foss etterfulgt av 3 timer ferskvann etterfulgt av foss). Prøvene ble tatt på behandlingsdagen, rett etter lusetelling, velferdsevaluering og avlivering. Disse prøvene ble tatt for å teste om fossen gir umiddelbar effekt på slimcellestatus og om infeksjonsintensitet samvarierer med slimstatus (blant kontrollfisk) og om avlusingseffektivitet til fossen påvirkes av slimstatus. Av kostnadshensyn ble det kun analysert dorsalprøver fra 8 fisk fra hver gruppe. Analysen av disse viste ikke noen tydelige trender som rettferdiggjorde å sende flere prøver til analyse.

AP 4. Sluttrapport

Utarbeiding av sluttrapport basert på gjennomføring av og resultater fra AP 1-3 ble lagt i egen arbeidspakke AP 4.

5. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

API

Ut fra data i Fossefall fase 1 (Tabell 2) er det beregnet at pumpen leverte totalt 1950 l/min. Det er beregnet fra mengde vann som kom fra 1 stråle, og strålene fremstod som like. Trykket i samlestocken var da 0.8 bar.

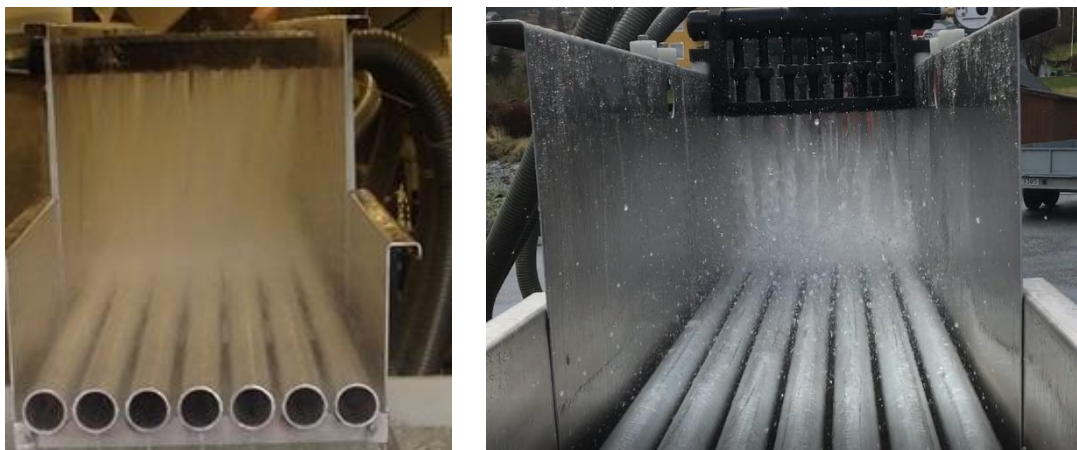
Tabell 2. Data fra forsøk fossefall I

Data fra forsøk fossefall I		
Diameter hull	13	mm
Antall strålerør	5	stk.
Hull per strålerør	7	stk.
Totalt antall hull	35	stk.
Målt trykk strålerør	0.45	bar
Målt trykk samlerør	0.8	bar
Nominell hastighet	7	m/s

Første testingen på Stadlandet måtte avbrytes og det måtte utføres endringer på rørsystemet før ny testing kunne skje. Testing 20. april viste noen lekkasjer i sveisene på to av toppelementene i tillegg til behov for tilpassing overgang mellom samlestock slangen fra pumpem. Utrettingene ble utført av K. Strømmen Lakseoppdrett før utstyret ble transportert til Matre.

De nye toppelementene ble bygd med vanntilførsel midt på røret. Ved å legge et toppelement horisontalt ble det kontrollert om trykkfordelingen mellom strålerøra er like. Det var ikke mulig å se forskjell på strålelengdene før de traff bakken, hvilket tilsa at fordelingen av vannstrøm mellom rørene er praktisk talt lik.

Med toppelementene montert over risten var spredningen slik at vannet fremsto som en sammenhengende vegg nede ved rista. Stråleform og vannspredning ligner det som ble levert av første utgave av fossen (Figur 3), men med sylindriske strålerør fremfor kun drillede hull i toppelentet var retningen på strålene mer uniforme enn i første utgave, hvilket gjorde at fossen av vann ble noe mer konsentrert og homogen.



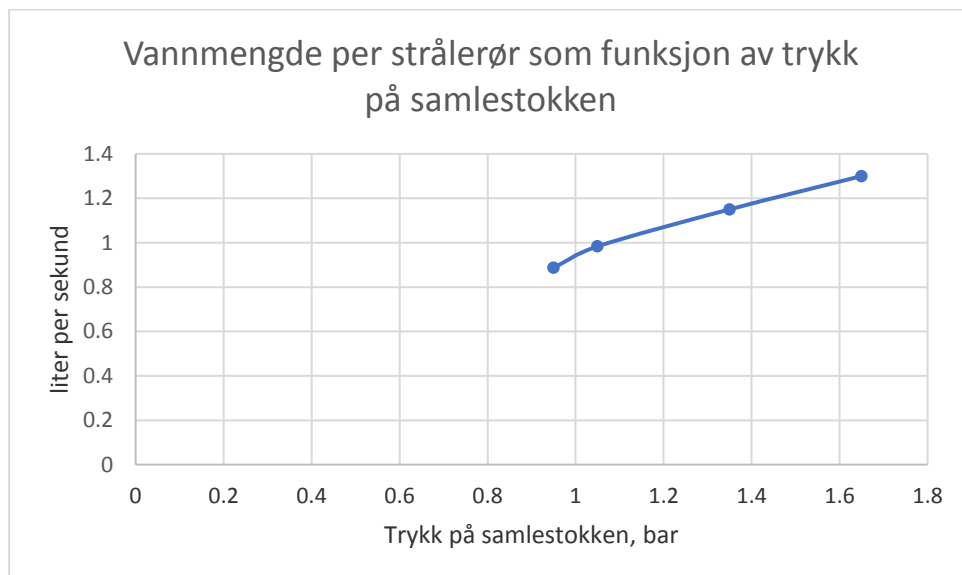
Figur 3. Fossen i bruk slik den så ut i Fossefall fase 1 (venstre) og med ny topp utviklet i dette prosjektet AP 1 (høyre).

På et av de nye topelementene ble det montert gjenger slik at det er mulig å skru i ulike dyser eller målere. Men en hånd kjente man tydelig at strålen fra dette elementet var mindre konsentrert. Dette topelementet ble ikke benyttet i forsøkene på fisk. Fossen ble utstyrt med manometer montert på samlestokken og på alle topelementer (Figur 4), med mulighet for å sette manometer direkte på gjenget strålerør. Dette ble testet og viste at målt trykk var det samme som det som ble målt i de øvrige manometerne montert i topelementene.



Figur 4 Fossen under testing hos Stave AS på Stadlandet. Topelementene er alle utstyrt med manometer. Det nærmeste topelementet ble ikke brukt i forsøkene med fisk, men kun til målinger.

Det ble testet hva som faktisk ble levert av vann gjennom hvert strålerør ved ulike trykk på samlestocken. Dette ble gjort ved å måle mengde vann fra ett strålerør i 30 sekunder med 5 toppelement, og gjenta dette med 4, 3, og 2 toppelement. Resultatene er vist i Figur 5 og Tabell 3.



Figur 5. Vannmengde per strålerør som funksjon av trykk i samlestocken med henholdsvis 5, 4, 3 og 2 toppelement.

Tabell 3. Målinger gjort i forbindelse med testing av nye toppelement.

Antall stråler	Antall Toppelement	Trykk samlestock	Trykk (snitt) toppelement	l/sek	m/s	Liter per min fra pumpen
35	5	0,95	0,6	0,89	6,7	1862
28	4	1,05	0,8	0,98	7,4	1652
21	3	1,35	1,0	1,15	8,7	1449
14	2	1,65	1,2	1,30	9,8	1092

Energien som fisk og lus blir utsatt for når vannet blir stoppet av lusen/fisken kan uttrykkes med ligningen for kinetisk energi: $E = \frac{1}{2} mv^2$. Med verdiene fra tabell 2 for henholdsvis 5 og 2 toppelementer i bruk finner vi at effekten i hver stråle er henholdsvis:

$$\text{For 5 elementer: } P = 0,5 * 0,89 \text{ kg/s} * (6,7 \text{ m/s})^2 = 20 \text{ W}$$

$$\text{For 2 elementer: } P = 0,5 * 1,3 \text{ kg/s} * (9,8 \text{ m/s})^2 = 62 \text{ W}$$

Siden både massen og farten øker, øker energimengden med en faktor på tre. Ved reduksjon fra fem til tre toppelementer i bruk øker vannmengden per strålerør og vannhastigheten begge med ca. 30 % mens energien øker med 100 %.

Gjennomføring av AP 2 krever en prototype som kan gi en behandlingsintensitet over fiskens toleranse. Testingen av prototypen konkluderte med at det ikke ville være aktuelt med høyere trykk i AP3 enn det prototypen kunne levere. Tabell 4. viser foreslåtte innstillinger for gjennomføring av AP 2.

Tabell 4. Forslag til innstillinger på prototypen for gjennomføring av AP2 basert på testing i AP1

Innstilling	Toppelement	Trykk toppelement	l/s per strålerøyr	Kommentar
1	0	0	0	Ikke over rist
2	0	0	0	2 ganger over rist
3	4	0,4		1 gang over rist, 28 stråler
4	4	0,6	0,89	1 gang over rist, 28 stråler
5	4	0,8	0,98	1 gang over rist, 28 stråler
6	2	0,8	0,98	2 ganger over rist, 28 stråler
7	2	0,9		2 ganger over rist, 28 stråler
8	2	1,0	1,15	2 ganger over rist, 28 stråler
9	2	1,1		2 ganger over rist, 28 stråler
10	2	1,2	1,3	2 ganger over rist, 28 stråler
11	4	0,6	0,89	2 ganger over rist, dvs. 56 stråler
12	4	0,8	0,98	2 ganger over rist, dvs. 56 stråler
13	2	1,2	1,3	4 ganger rist, 56 stråler*

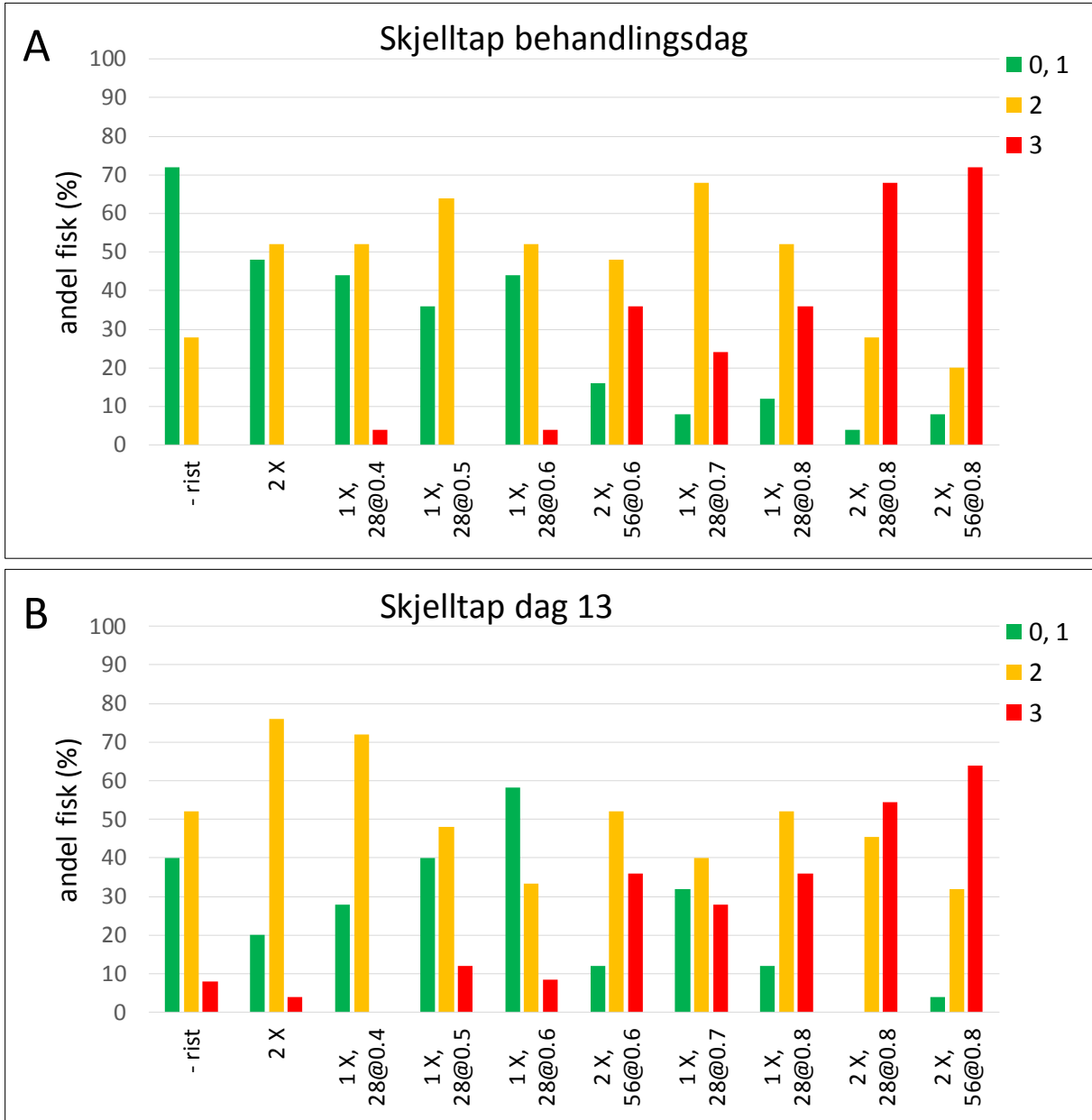
AP2

Det var en klar effekt av behandlingsintensitet på skjelltap der grad av skjelltap økte med behandlingsintensitet. De aller fleste fiskene i alle behandlingene hadde en score på minst 1 (enkelt-skjell mistet). Kun 5 fisk ble registrert helt uten skjelltap på behandlingsdagen og det ble ikke registrert noen fisk helt uten skjelltap etter 13 dager. Score 0 og 1 er derfor slått sammen i figur 5. Fisk som kun hadde tapt enkeltskjell utgjorde 72% i kontrollgruppen på behandlingsdagen mens ingen kontrollfisk hadde større områder med tapte skjell. For fisk som var behandlet med de høyeste intensitetene – 0.8bar, 2 ganger over risten og 2 eller 4 strålerør åpne – var forholdet omvendt (Figur 5A). For fisk som hadde blitt utsatt for samme trykk (alle rør stengt, 0.6 bar og 0.8 bar), men ulikt antall gjennomkjøringer gjennom fossen var andelen med kun tapte enkeltskjell mindre og andelen med større områder med skjelltap større i gruppene som hadde blitt kjørt 2 ganger. Evaluering av fisken etter 13 dager viste den samme sammenhengen mellom behandlingsintensitet og andel fisk med større områder med tapte skjell som evalueringen på behandlingsdagen (Figur 5B). Det omvendte mønsteret for andelen fisk med kun tapte enkeltskjell var mindre tydelig etter 13 dager. Systematisk høyere andel med større skjelltap blant fisk som hadde blitt kjørt 2 ganger gjennom fossen ble observert også etter 13 dager. Økningen i gjennomsnittlig skjelltap med økende behandlingsintensitet er også vist i Figur 6A. Både på behandlingsdagen og etter 13 dager var skjelltapet til fisk som var kjørt 1 gang gjennom fossen på 0.6 bar på samme nivå som fisk som hadde blitt utsatt for de lavere intensitetene samt kontrollfisken. Andelen med større områder med skjelltap blant fisk som var kjørt 1 gang gjennom fossen på 0.7 bar eller 2 ganger gjennom fossen på 0.6 bar var ca 20 prosentpoeng større enn for de som var kjørt 1 gang på 0.6 bar. Høyeste behandlingsintensitet som sikret liten grad av skjelltap ble vurdert å være 1 gang gjennom fossen med trykk i strålerøret på 0.6 bar.

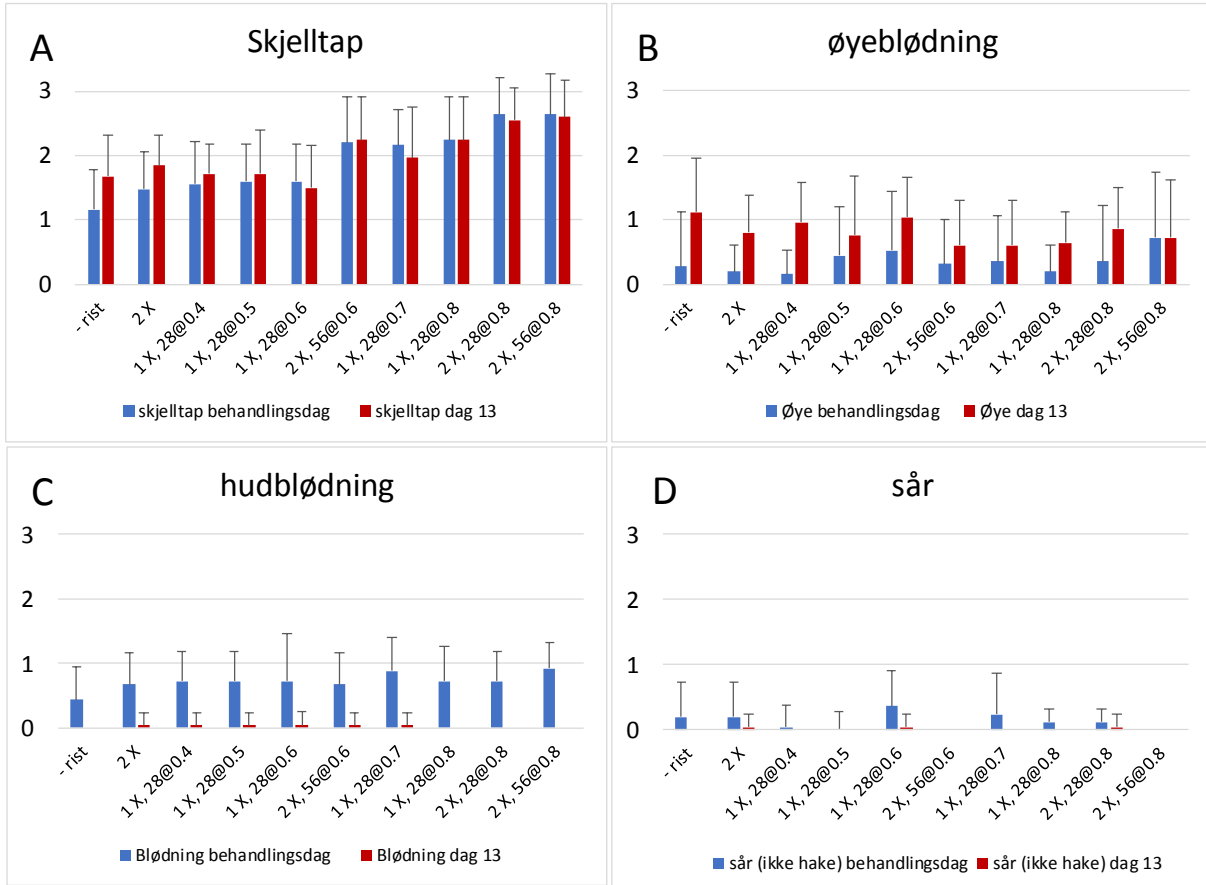
For andre skader enn skjelltap viste evalueringene at fisken gjennomgående ikke hadde alvorlige skader, og at det ikke var noen sammenheng mellom forekomst av skader og behandlingsintensitet (Figur 6B-D). De aller fleste fisk hadde ingen eller kun små blødninger eller sår (score 0 eller 1). 2 fisk måtte avlives rett etter behandling pga øyeblikning. Disse hadde blitt spylt med et trykk på 0.8 bar. Svært små blødninger ytterst på snute/hake som forekom på fisk i alle grupper ble ikke inkludert i scoringsverdien. Dette ble gjort for å kunne identifisere eventuelle sammenhenger mellom blødninger i huden og behandlingsintensitet. Kun 2 fisk (av 250) ble registrert som døde i løpet av de 13 dagene etter behandling. Disse var behandlet med hhv 0.6 og 0.8 bar.

Fisken hadde liten gjennomsnittlig vektendring i løpet av de 13 dagene etter behandling og variasjonen mellom individer utsatt for samme behandling var langt større enn forskjellen mellom behandlinger (Figur 7). Det var heller ingen systematisk trend i vektendring ved ulike behandlingsintensiteter. Gruppene som ikke hadde blitt fossebehandlet hadde ingen gjennomsnittlig vektøkning, i motsetning til flere av gruppe som var fossebehandlet. Lav vekst i alle grupper innebærer at resultatet ikke gir grunnlag for å slå fast at fossebehandling ikke reduserer appetitten i perioder med normalt god vekst. Tilsvarende resultat ble funnet i Fossefall I-prosjektet.

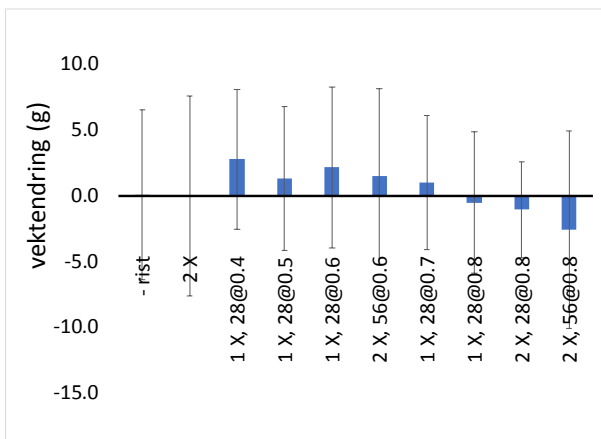
Et problem med gjennomføring på labskala med få og små (snittvekt på 500g) fisk er at «rikosjettstrålene» i fossen bremser fisken på vei over sorteringsrista og fanger den mellom stråler. Dette problemet var betydelig med trykk på 0.7 og 0.8 bar, men nærmest fraværende på 0.4 og 0.5 bar.



Figur 5. Skjelltap på fisk etter behandling, evaluert på behandlingsdag (A) og dag 13 etter behandling (B) i henhold til scoringsskjema vist i figur 1. Gruppebetegnelser er forklart i Tabell 1.



Figur 6. Gjennomsnittlig velferdsscore (+ standardavvik) på behandlingsdag (N=25) og dag 13 etter behandling (N=24-25). Evaluering ble gjort i henhold til scoringsskjema vist i figur 1. Gruppebetegnelser er forklart i Tabell 1.



Figur 7. Vektendring mellom behandlingsdag og 13 dager etter behandling +/- standardavvik. N=24-25. Gruppebetegnelser forklart i Tabell 1.

AP3

Fastsittende Lus:

Ved forsøkgjennomføring 8. juni var gjennomsnittsvekt 655g, med standardavvik 155g. Kontrollfiskene (n=24) hadde i gjennomsnitt 11.7 lus.

I alle figurer og analyser over resultater for fisk behandlet mot fastsittende lus i AP3 er kun fisk som var i live ved telling og evaluering etter 12 dager inkludert. Dette er gjort for å ikke introdusere bias med fisk som døde i perioden mellom tellingene. Ferskvannsbadebehandling alene (nr. 1) hadde større avlusningseffekt i dette forsøket enn i forsøket i lusefoss 1, med 64% færre lus enn kontrollfiskene rett etter behandling, og 68% færre etter 12 dager (Figur 8). Effekten av avlusingsbehandlinger som inkluderte ferskvann etterfulgt av foss (nr. 3-5) lå ved telling rett etter behandling på 70-82% (Figur 8) og var på nivå med effekten i Fossefall fase 1-prosjektet. Den estimerte forskjellen i lusetall mellom fisk behandlet med kun ferskvann (behandling nr. 1, N=20) og fisk behandlet med foss etter ferskvann (behandling nr. 3-5, N=66) rett etter behandling er ikke statistisk signifikant (u-paret t-test, $p=0.0535$). Etter 12 dager var forskjellen i lusetall mellom behandling med kun ferskvann og behandlingene nr. 3-5 langt større, der førstnevnte hadde mer enn dobbelt så mange lus som sistnevnte (3,8 vs. 1.73), og denne forskjellen var høyst statistisk signifikant (uparet t-test, $p<0.0001$). Den høyere estimerte behandlingseffektiviteten etter 12 dager sammenlignet med rett etter behandling, og særlig for fisk behandlet med foss etter ferskvannsbad, er motsatt av det som ble funnet i Fossefall fase 1, der estimert avlusningseffekt gjennomgående var lavere ved andre gangs telling, muligens på grunn av økt tellbarhet av større lus. Gruppen som var forbehandlet med foss før ferskvannsbad (tilsvarende nr 2 i dette forsøket) skilte seg ut i Fossefall 1 med tilsynelatende større forsinket avlusningseffekt. Det forholdet gjentok seg ikke denne gangen, og fisk fra både behandling nr. 3 og 4 hadde større relativ nedgang i lusetall etter 12 dager. Dette forsøket viste derfor ikke at forbehandling med foss, i motsetning til etterbehandling, har en forsinket avlusningseffekt.

Fisk behandlet med thermoavlusing med påfølgende foss hadde noe lavere lusetall enn fisk kun behandlet med thermoavlusing ved telling rett etter behandling (Figur 8), men forskjellen var ikke statistisk signifikant (uparet t-test, $p=0.21$). Ved retelling etter 12 dager var gjennomsnittlig avlusningseffektivitet 45% (sammenlignet med kontrollfiskens lusetall på behandlingsdagen), for fisk behandlet med thermoavlusing etterfulgt av foss. Effektiviteten var kun 9% for fisk som var termobehandlet uten foss. Forskjellen på dette måletidspunktet var statistisk signifikant ($p=0.006$, uparet t-test). Selv om en avlusningseffektivitet på under 50% neppe vil være tilfredsstillende i kommersiell bruk så er den store relative forskjellen i behandlingseffektivitet mellom termobehandlede fisk som var og ikke var etterbehandlet med foss interessant.

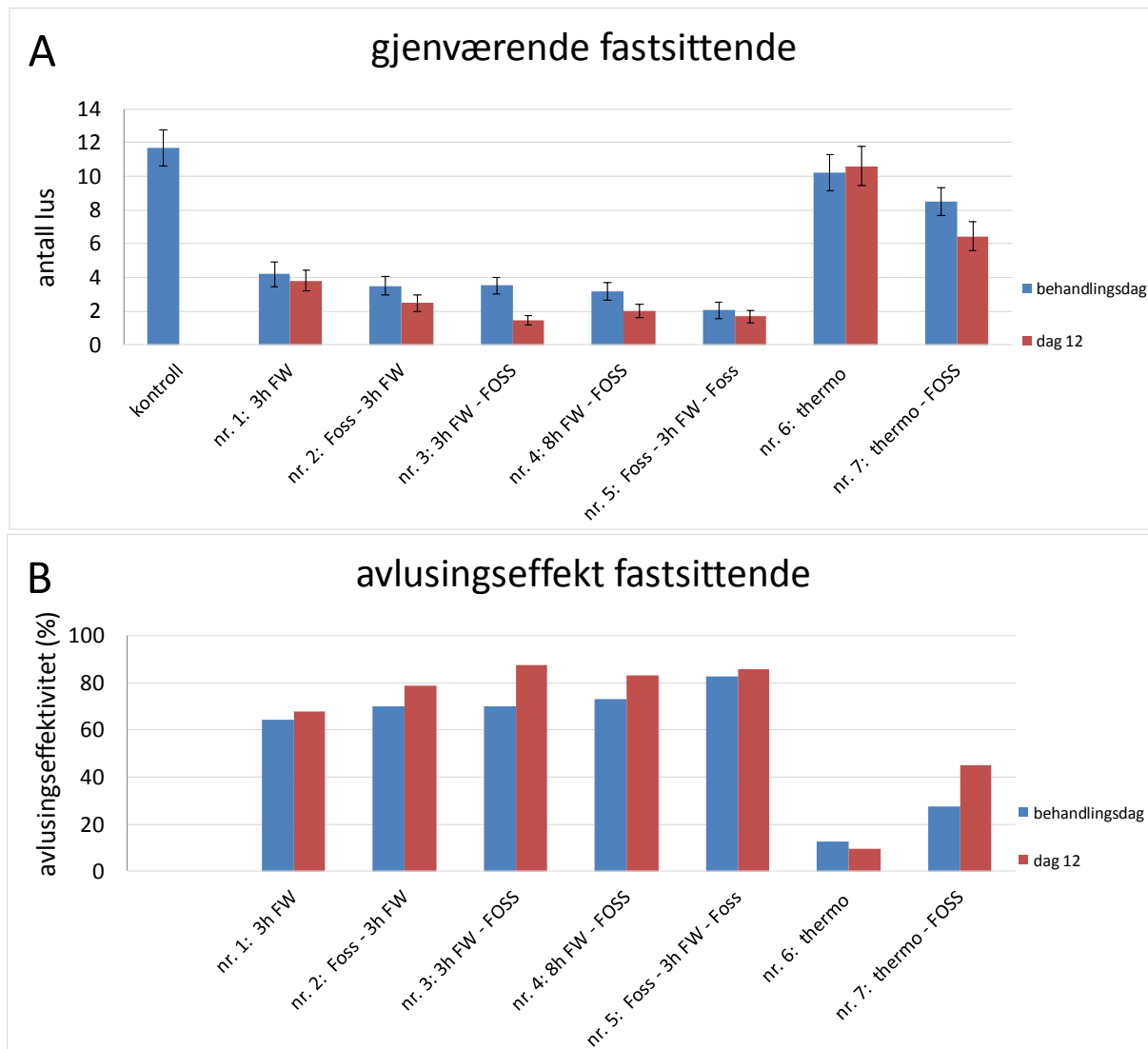
Skjelltap var gjennomgående høyere for gruppene som var behandlet med foss, med samme mønster som funnet i AP2 (Figur 9). Fisk med større områder med tapte skjell var nesten fraværende i gruppene som ikke var behandlet med foss, men utgjorde 20-65% i de som var fossebehandlet. Øvrige velferdsmål (blødninger og sår på øyne/hud) var gjennomgående tilfredsstillende med verdier på 0 og 1 for alle grupper (Figur 10).

Fisk i dette forsøket hadde langt bedre vekst enn fisken i AP2. Fisk fra de ulike behandlingene hadde en gjennomsnittlig vektøkning på 36-54g i løpet av de 12 dagene etter behandling (Figur 11). Gjennomsnittlig vekstrate for alle gruppene var 0.53% per dag. Det var ikke gjennomgående bedre vekst blant fisk som ikke var behandlet med foss. Blant ferskvannsbehandlede fisk hadde fisk fra 2 av fossebehandlingene samme tilvekst som fisk som

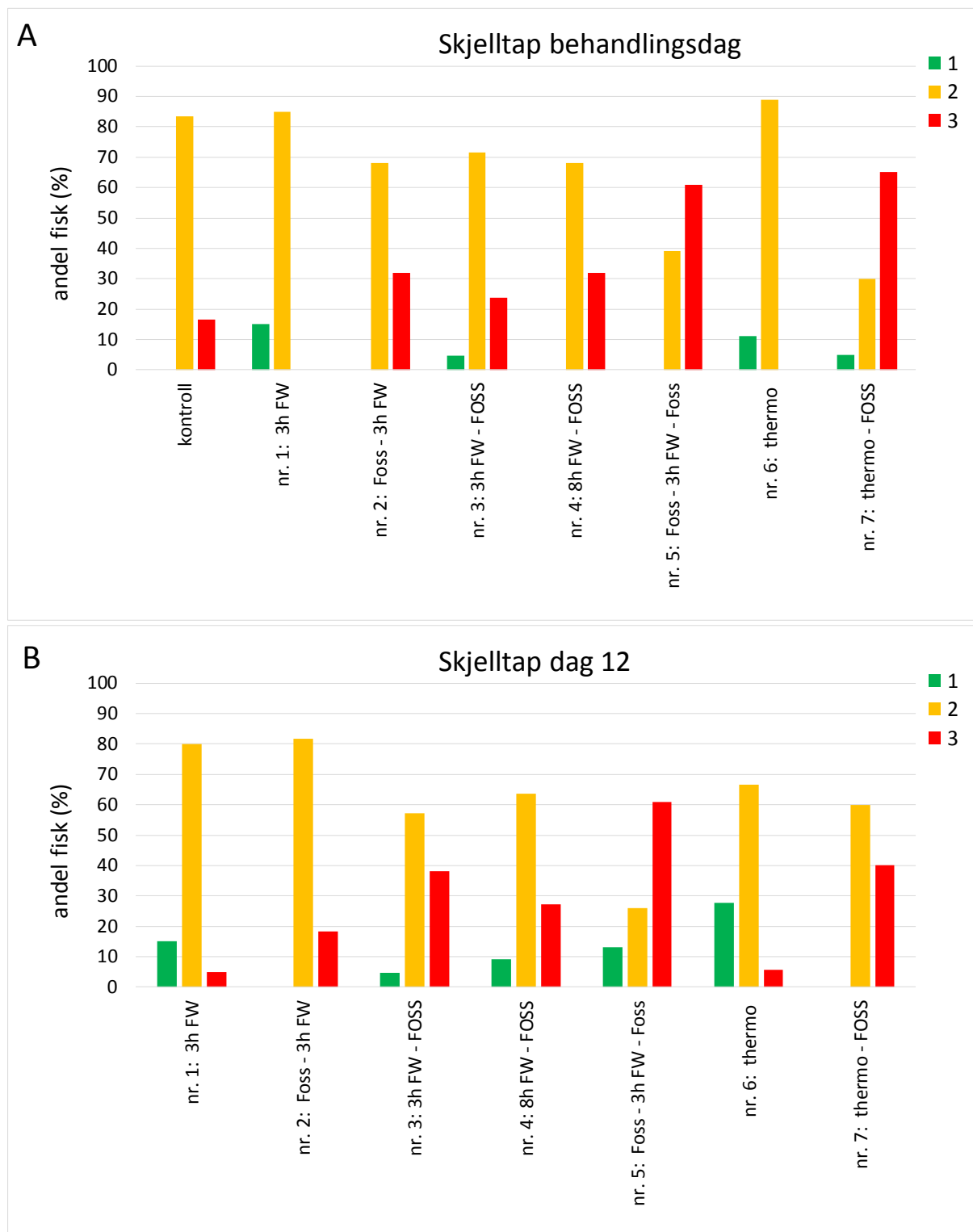
kun var ferskvannsbehandlet. Videre var det like god vekst blant fisk som var fossebehandlet etter thermoavlusing som blant fisk som var kun thermobehandlet. Vekstresultatet fra dette forsøket tyder på at fossebehandling ikke fører til redusert appetitt og vekst.

Totalt 19 fisk døde i løpet av de 12 dagene etter behandling (Figur 12). Flertallet av de døde hadde blitt thermobehandlet, og blant disse var mindretallet (5 av 11) behandlet med foss. Av de 8 som var behandlet med ferskvann var 4 fra gruppene som også var behandlet med fossen (totalt 96 fisk), mens 4 var fra de 24 som kun var behandlet med ferskvann. Fossebehandlede fisk var altså underrepresentert blant de døde, hvilket tilsier at fossebehandling ikke gir noen økning i dødelighet.

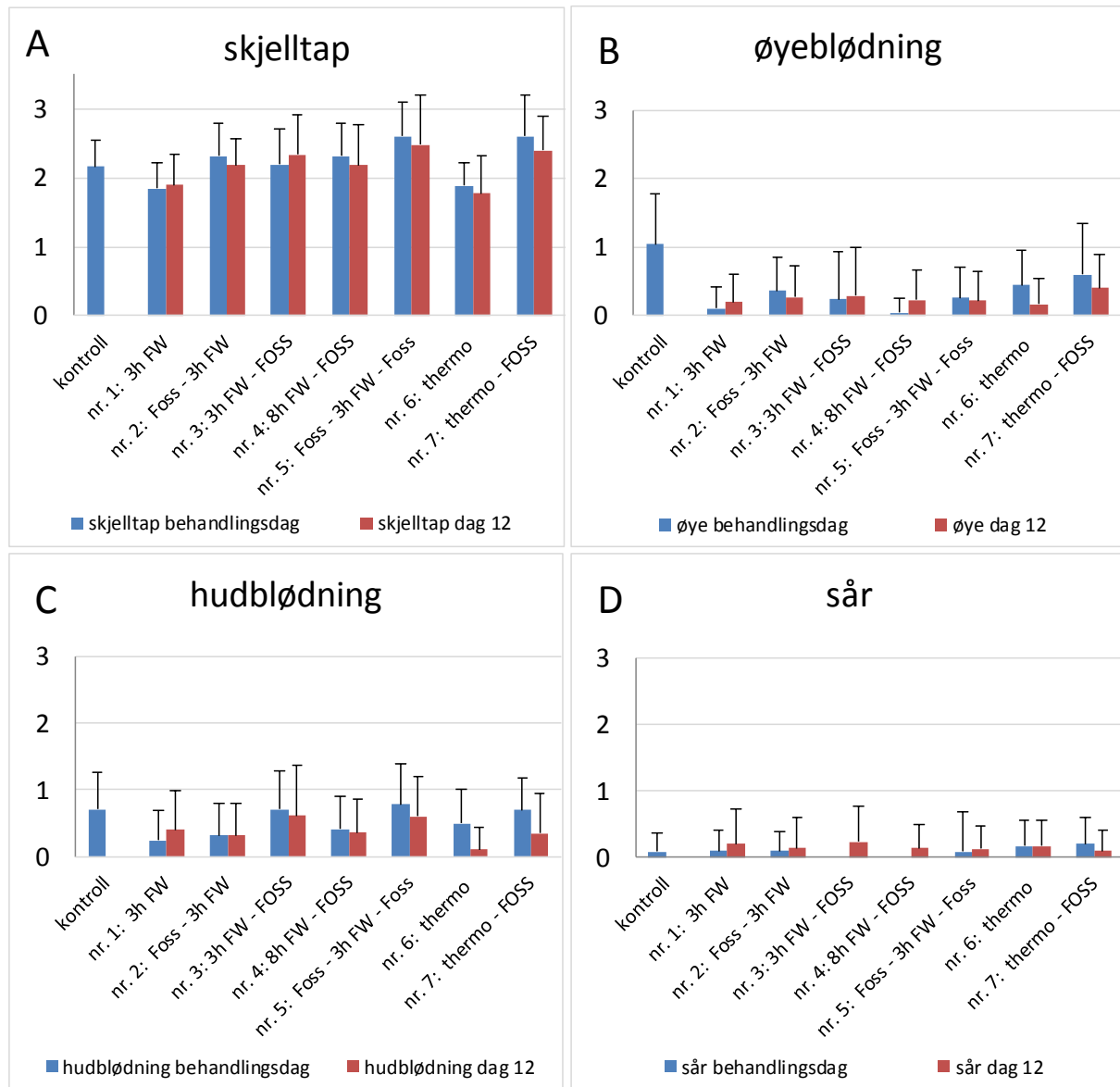
Quantidocs analyser av de dorsale hudprøvene viste at gjennomsnittlig slimcellestørrelse med standardavvik var $202\mu\text{m}^2$ (+/- 34) for behandling 1 og $185\mu\text{m}^2$ (+/- 31) for fisk fra behandling 5. Celletetthet (dekningsgrad fra 0 til 1) var henholdsvis 0.086 (+/- 0.018) og 0.123 (+/- 0.027). Alle verdiene lå i samme området som verdiene fra Pittman et al. (2011, 2013) og forskjellene mellom gruppene var ikke statistisk signifikante (størrelse: $p=0.33$, uparet t-test, tetthet: $p=0.28$, uparet t-test).



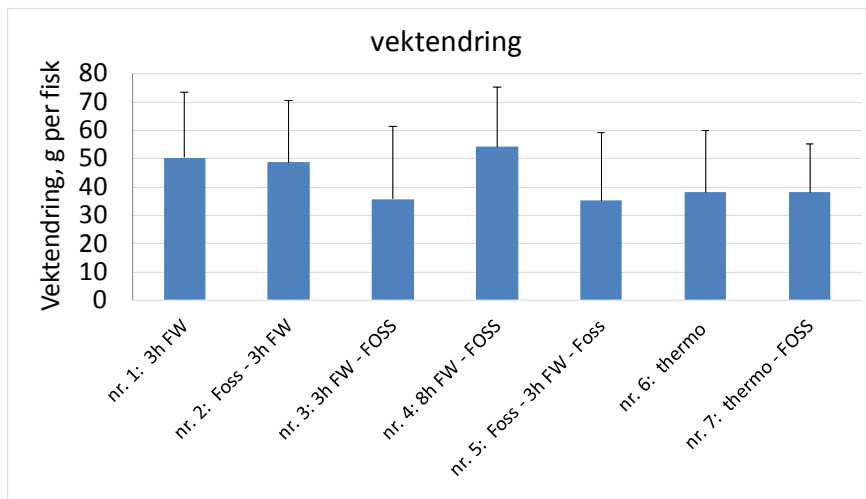
Figur 8. A: Antall gjenværende lus (+/- standardfeil) på fisk behandlet mot fastsittende lus basert på telling rett etter behandling og dag 12. Fisk som var døde dag 12 er også ekskludert fra dataene fra behandlingsdagen. N=18-23 B: Beregnet avlusningseffekt (relativ nedgang sammenlignet med kontrollfisk), samme data som panel A.



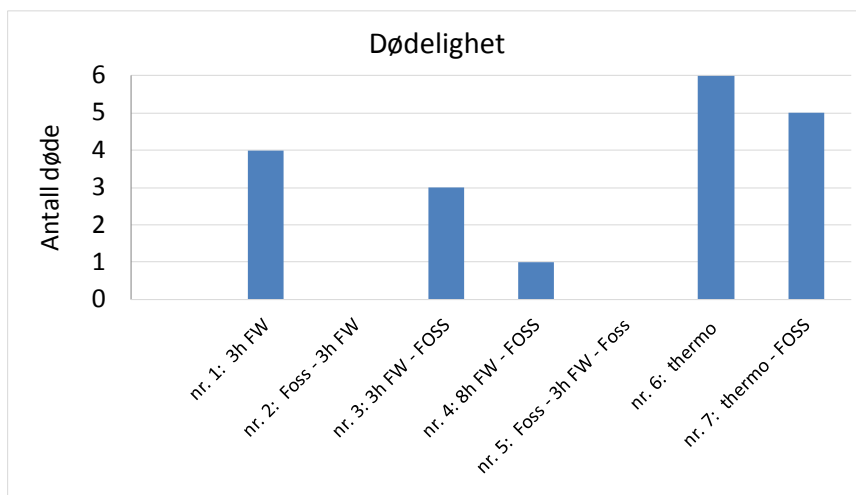
Figur 9. Skjelltap på fisk etter behandling mot fastsittende lus, evaluert på behandlingsdag (A) og dag 12 etter behandling (B) i henhold til scorings skjema vist i figur 1.



Figur 10. Gjennomsnittlig velferdsscore + standardavvik på behandlingsdag og dag 12 etter behandling. Data fra forsøk med fastsittende lus. Fisk som var døde dag 12 er også ekskludert fra dataene fra behandlingsdagen. N=18-23. Evaluering ble gjort i henhold til scoringsskjema vist i figur 1. Grupperbetegnelse er forklart i Tabell 1.



Figur 11. Gjennomsnittlig vektendring + standardavvik mellom behandlingsdag og dag 12. Data fra forsøk med fastsittende lus. N=18-23. Gruppebetegnelser er forklart i Tabell 1.



Figur 12. Fisk registrert som døde mellom behandlingsdag og dag 12. Data fra forsøk med fastsittende lus. Gruppebetegnelser er forklart i Tabell 1.

Bevegelige lus

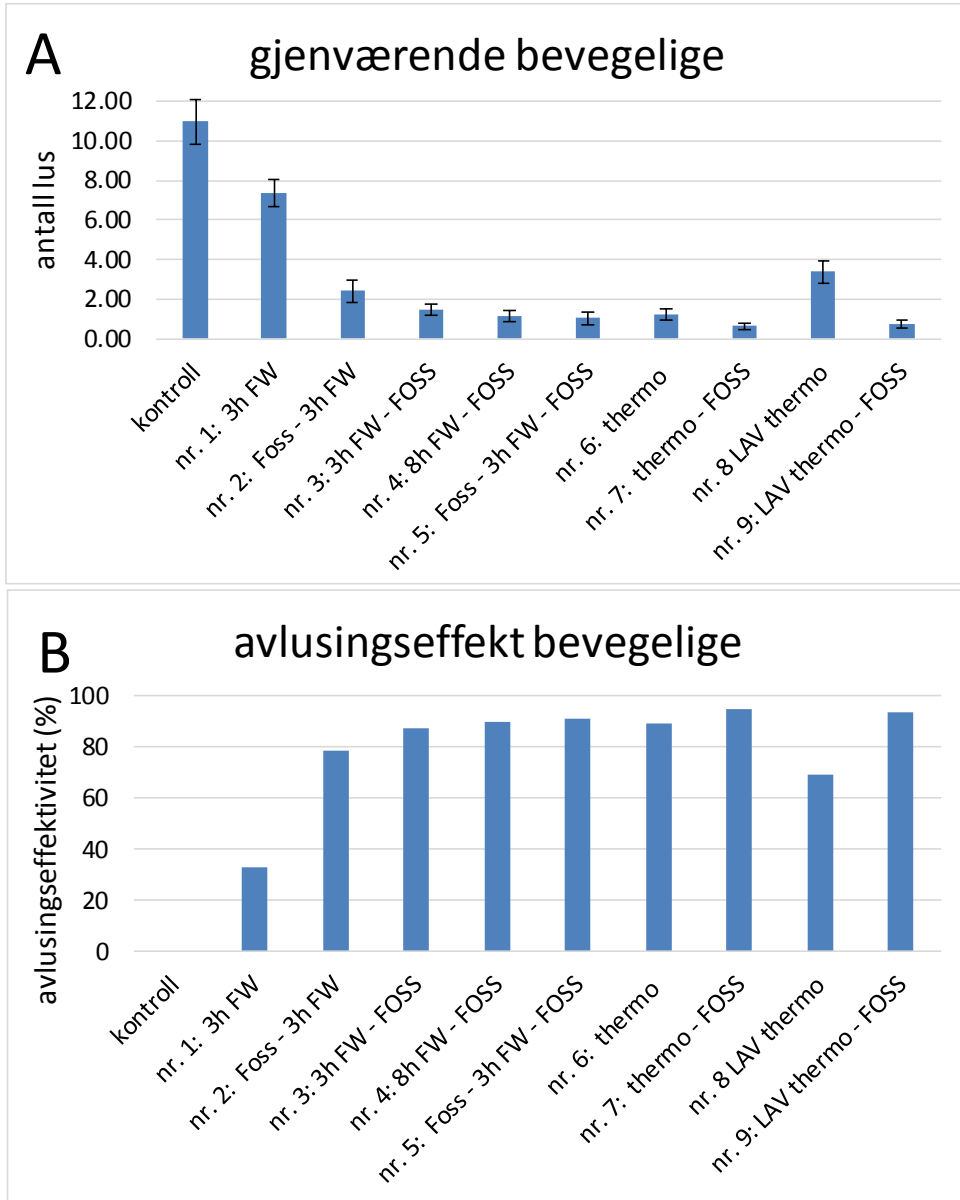
Ved forsøksgjennomføring 21. juni var gjennomsnittsvekt 705g +/- 144g (standardavvik). Kontrollfisken hadde i snitt 11.0 lus. Alle kombinasjoner av ferskvann og foss var effektive mot bevegelige lus (i all hovedsak preadult 2), også nr. 2 med fossebehandling kun før ferskvannsbad (Figur), dette i motsetning til resultatene i Lusefoss 1 (Figur 13).

Lusetallet på fisk behandlet med foss før 3 timer ferskvannsbad (2.42 per fisk, tilsvarende 77.9% avlusningseffektivitet) var ikke signifikant høyere enn lusetallet på fisk behandlet med foss etter 3 timer ferskvannsbadebehandling (1.46 per fisk, tilsvarende 86,7% avlusningseffektivitet) (Mann-Whitney U-test, p=0.26). Beregnet avlusningseffekt for de 3 gruppene som var behandlet med foss etter ferskvannsbad var høy og svært lik (nr 3: 86,7%, nr. 4 89,7%: nr. 5: 90.5%).

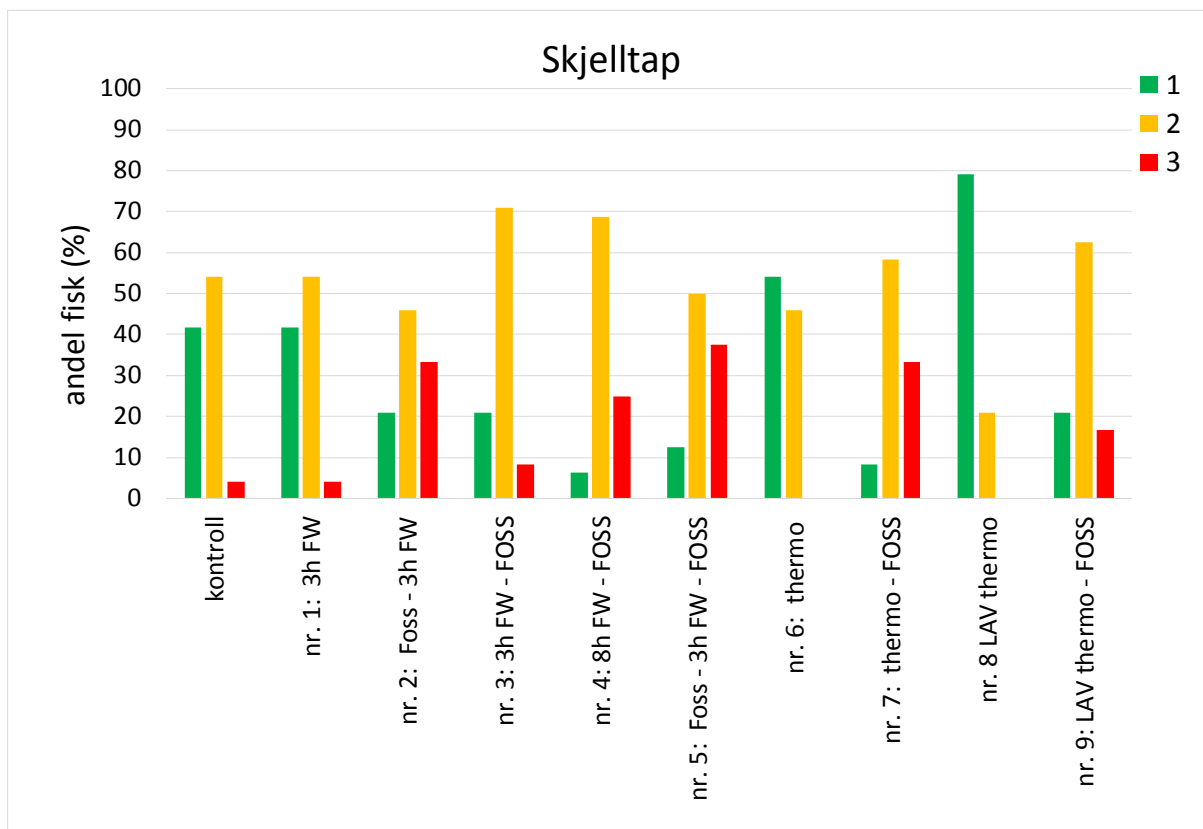
Forskjell i lusetall etter thermobehandling ved 30.5°C mellom behandling med (0.75 lus per fisk) og uten (3.38 lus per fisk) foss var statistisk høyst signifikant (Mann-Whitney U-test, p<0.00001). Forskjellen ved 32.5°C (0.63 og 1,21 lus per fisk) var ikke statistisk signifikant (Mann-Whitney U-test, p=0.20). Lusetallet på fisk thermobehandlet ved 32.5°C var signifikant lavere enn antallet på fisk behandlet ved 30.5°C (Mann-Whitney U-test, p=0.001). Den svært lille forskjellen i lusetall mellom fisk som var behandlet med foss etter 30.5 (avlusningseffektivitet 93%) eller 32.5°C (avlusningseffektivitet 94%) var ikke statistisk signifikant (Mann-Whitney U-test, p=0.98). Foss kombinert med thermoavlusing ved redusert temperatur var altså langt mer effektivt enn thermoavlusingen med redusert temperatur alene. Effektiviteten ved kombinasjon med foss var like god ved 30.5°C som ved 32.5°C. Mer skånsom thermoavlusing med redusert temperatur synes å være mulig ved bruk av påfølgende spyling.

Skjelltap var noe høyere for fossebehandlinger enn for fossefrie behandlinger, med større andel fisk med større områder med skjelltap (score 3) og mindre andel med kun manglende enkeltskjell (score 1) (Figur 14, 15A). Dette korresponderer med resultatene for fisk behandlet mot fastsittende lus. Øvrige velferdsmål (blødninger og sår på øyne/hud) var gjennomgående tilfredsstillende med verdier på 0 og 1 for alle grupper. (Figur 15B-D). Høyest gjennomsnittlig score ble funnet for sår. Kontrollfisken hadde her høyere score enn flertallet av gruppene behandlet med foss, hvilket tilsier at fossen ikke forårsaket sår på fisken i forsøket.

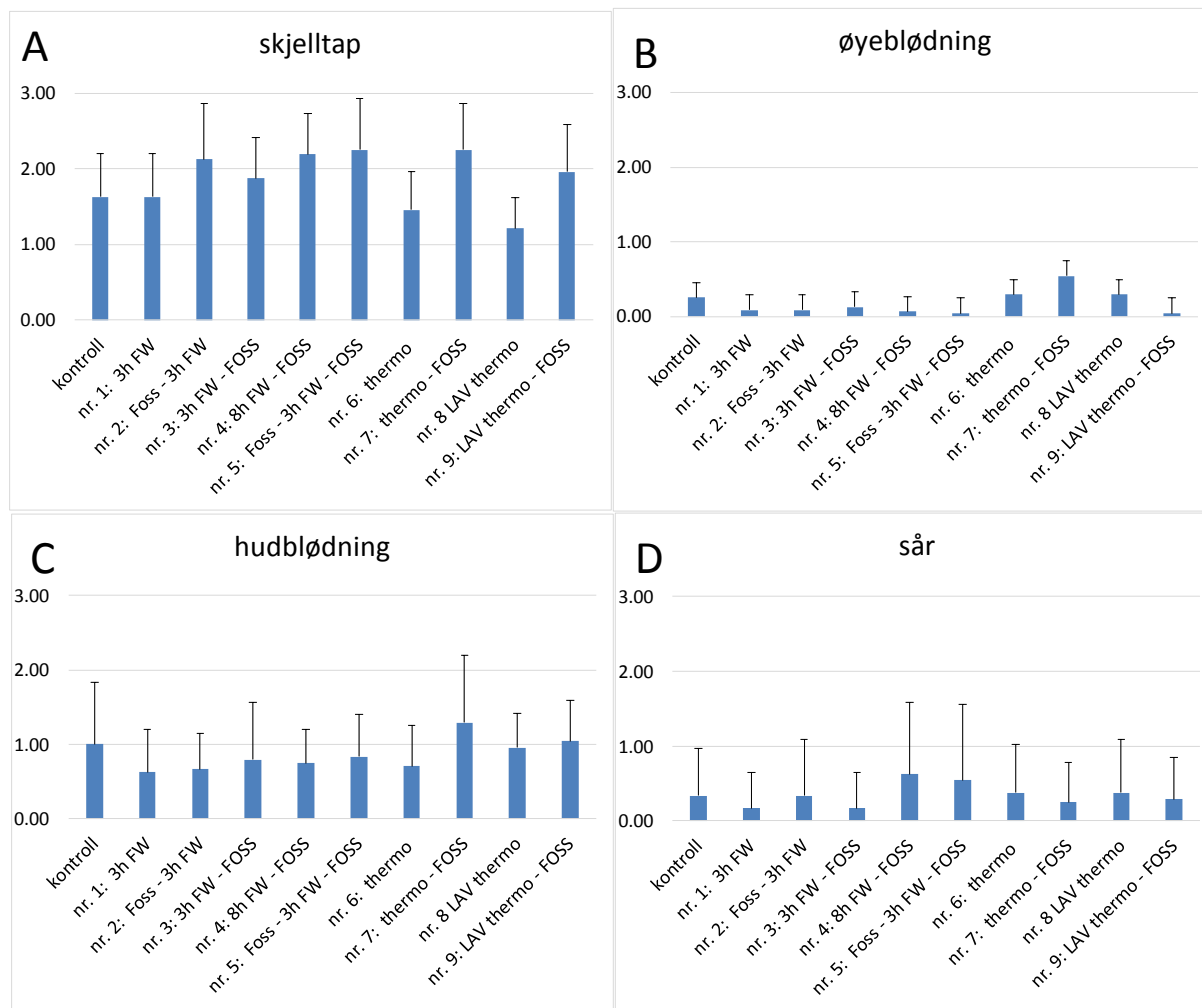
Quantidocs analyser av de dorsale hudprøvene (N=8) viste at gjennomsnittlig slimcellestørrelse var nærmest identisk for kontrollfiskene og fisk fra behandling nr. 5 (henholdsvis 172µm² +/- 28 og 171µm² +/- 35, gjennomsnitt +/- standardavvik). Celletetthet (dekningsgrad fra 0 til 1) var henholdsvis 0.144 (+/- 0.014) og 0.124 (+/- 0.011). Alle gjennomsnittsverdiene lå i samme området som verdiene fra Pitman et al. (2013, 2015) og forskjellene mellom gruppene var ikke statistisk signifikante (størrelse: p=0.98, uparet t-test, tetthet: p=0.28, uparet t-test).



Figur 13. A: Antall gjenværende lus (+/- standardfeil) på fisk behandlet mot bevegelige lus basert på telling rett etter behandling. N=24 (med uuntak for behandling nr 4: N=16). B: Beregnet avlusingseffekt (relativ nedgang sammenlignet med kontrollfisk), samme data som panel A.



Figur 14. Skjelltap på fisk etter behandling mot bevegelige lus evaluert på behandlingsdag i henhold til scoringskjema vist i figur 1.



Figur 15. Gjennomsnittlig velferdsscore + standardavvik på behandlingsdag. Data fra forsøk med bevegelige lus. Evaluering ble gjort i henhold til scoringsskjema vist i figur 1. Gruppebetegnelser er forklart i Tabell 1.

Generell diskusjon

I Fiskehelse rapporten 2016 blir mekanisk avlusning og thermoavlusing vurdert som en større risiko for fiskevelferden enn medikamentell behandling (Hjeltnes et al., 2017). I rapporten «Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI)» står det at «det finnes lite vitenskapelig dokumentasjon på velferd under ferskvannsbehandling i full skala, men erfaring tilsier at ferskvannsbehandling er mindre risikofylt sammenliknet med legemiddelbehandling.» (Buran et al. 2017). Spesielle kritiske momenter knyttet til ferskvannsbehandling som MEDFRI-rapporten legger vekt på er: tetthet i brønnbåten, vannkvalitet og eksponeringstid. Utfordringen med ferskvannsbehandling er at tilstrekkelig avlusningseffekt erfaringsmessig krever behandling på 6-8 timer og lav fisketetthet i brønnbåten sammenliknet med andre metoder. Videre gjør behovet for fornying av behandlingsvannet og ofte liten nærhet til ferskvannskilder logistikken problematisk og kostnadene knyttet til ferskvannsbehandling høye. Basert på resultatene i dette prosjektet samt resultatene fra fase 1-prosjektet kan det være mulig å redusere behandlingstiden til 3 timer og også oppnå økt avlusningseffekt ved å kombinere ferskvannsbehandling med fossebehandling.

Selv om resultatene fra dette prosjektet i stor grad korresponderer med resultatene fra fase 1-prosjektet er det også betydelige forskjeller i blant annet effektivitetsnivå, forholdet mellom effektivitet av ulike behandlingssekvenser (foss før eller etter ferskvannsbad), betydning av tid mellom behandling og telling og effektivitet på ulike stadier. Den endrede utformingen av fossen og endrede behandlingsintensiteten kan trolig forklare deler av resultatforskjellene mellom de to prosjektene, men disse forskjellene er ikke forstått. Formodentlig vil forskjeller i tilstand til lus og fisk, og også ulike miljøtilstander, føre til variasjon i behandlingsresultat også på kommersiell skala, og utprøving av systemet under ulike forhold, og også operasjonell justering av behandlingsintensitet i behandlingssituasjoner vil trolig være nødvendig. Velferdsproblemene knyttet til bruk av fossen synes å være begrenset til økt skjelltap ved høy vannhastighet. Hvor høy vannhastighet som vil føre til betydelig skjelltap vil variere mellom behandlingssituasjoner, og vil også gjøre det nødvendig å overvåke behandlingsresultat og justere intensiteten kontinuerlig.

Den 7. juli 2017 kom Mattilsynet med pressemelding og anbefalinger angående bruk av ferskvann mot lakselus og AGD.

«Inntil en avklaring om ferskvannsbehandling om ferskvannsbehandling fortsatt skal tillates eller om bruken bør reguleres anbefaler Mattilsynet at oppdretterne følger terapianbefalingene fra Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet og Universitetet i Bergen /SLRC:

- *Ferskvannsbehandling må kun brukes i rotasjon med andre behandlingsmetoder.*
- *Det anses uforsvarlig å bruke metoden på etterfølgende generasjoner av lakselus. Metoden anbefales ikke brukt mer enn to ganger per år (behandlinger mot AGD og lus til sammen)*
- *Ferskvann mot lakselus brukes tidlig i infeksjonsforløpet da toleransen er lavest i de tidlige stadier.*

Behandling med ferskvann forutsetter at nyutviklede følsomhetstester for lakselus, tas aktivt i bruk, og at all behandling i produksjonsområdet stanses ved tegn til økt toleranse for ferskvann».

Lakselusens evne til å tilpasse seg ferskvann er fremdeles et uavklart spørsmål, men en fersk studie antyder at lakselusen har genetisk evne til å tilpasse seg lavere saltholdighet (Ljungfeldt et al. 2017). Ikke tilstrekkelig effektiv ferskvannsbehandling vil derfor kunne føre til resistensutvikling hos lakselus (Dalvin et al. 2017). Det blir pekt på at ferskvannsbehandling primært bør brukes mot de tidlige stadiene, da de er mer følsomme (Wright et al. 2016). At saltholdigheten holdes lav gjennom hele behandlingen er et viktig tiltak som vil ha en forebyggende effekt på utviklingen av redusert ferskvannsfølsomhet. Kunnskapen vi har fått i dette prosjektet indikerer at Fossefall er et verktøy som også kan bidra forebyggende på dette området gjennom å øke effektiviteten ved hver behandling. Anbefalingene fra Mattilsynet omfatter også behandling av AGD. Ferskvann er den mest effektive behandlingen mot AGD og behandlingstiden er kortere enn mot lakselus, ca. 3 timer. Anbefalingene må forstås i sammenheng med at ferskvannsbehandling mot AGD også utilsiktet vil påvirke lakselus som er på laksen, og potensielt føre til selektiv dødelighet hos disse. Fossefall-prosjektene har dokumentert at på lab-skala er 3 timers ferskvannsbehandling kombinert med fossebehandling effektiv. Dersom dette også kan dokumenteres i kommersiell skala vil behandlingen potensielt kunne bidra til å redusere resistensutvikling hos lakselus ved ferskvannsbehandling mot AGD.

Tilsvarende problemstilling er aktuell også når det gjelder thermobehandling. Nyere studier har demonstrert at lakselusen har genetisk betinget variasjon i toleranse for varmt vann (Ljungfeldt m.fl. 2017). I en kommersiell behandling vil lus som løsner fra fisken bli fanget opp, slik at den ikke får mulighet til å restituere seg når den tas ut av behandlingssituasjonen. Fastsittende lus som henger fast på fisken selv om den må være paralysert er derfor et problem. Avlusningseffekten av thermobehandling kombinert med foss på fastsittende lus var med 45% riktignok ikke tilfredsstillende, men den var 5 ganger så god som thermobehandlingen alene. Om økning av behandlingsintensitet gjør at effektiviteten kan økes betydelig, så kan

thermobehandling være et nyttig verktøy også mot fastsittende stadier, Økt trykk/vannhastighet er neppe mulig ut fra hensynet til fisken, men å eksponere lusa for mer energi ved å øke antall stråler og eventuelt oppholdstid i fossen kan kanskje øke avlusningseffektiviteten uten å belaste fisken mer. Testing av den nye prototypen i AP 1 viste behovet for stor pumpekapasitet om man skal benytte et stort vannvolum (i.e. mange eller også tykkere stråler). Ved bygging av en fullskala versjon vil dette være viktig. Antallet stråler som fisken passerer bør sikre stor sannsynlighet for at ~hele fisken treffes av vann med høy nok hastighet. Problemet med at fisken bremses av strålene i fossen vil med stor grad av sikkerhet ikke opptre på kommersiell skala, heller ikke ved behandling av små fisk. I en kommersiell, fullskala avlusning vil strømmen av stadig nye fisk dytte på hverandre og hindre at fisk stopper opp.

Spørsmål om fossebehandling fjerner lus som ellers ikke ville blitt fjernet i avlusingsoperasjonen, eller om det først og fremst fjerner lus som uansett ville blitt fjernet av den mekaniske behandlingen som følger av trenging og pumping må fortsatt besvares. Som fremholdt i rapporten til fase 1-prosjektet (Torgersen 2016) så er avlusningseffekten av trenging og pumping nødvendigvis skala- og utstyrsspesifikk. Uttesting for å gi svar på om lusefossen også øker avlusningseffektiviteten i ferskvannsbehandlinger på kommersiell skala må gjøres på denne skalaen, og med utstyr som er i det vesentlige tilsvarende utstyr som brukes kommersielt.

6. Referanser

- Buran, A. et al. 2017. *Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI)*. Nofima Rapport 10/2017
- Dalvin, S., Skern-Mauritzen, R., Helgesen, K., Nilsen, F. 2017. *Risikovurdering knyttet til bruk av ferskvann i behandling av laks i oppdrettsnæringen*. I Hjeltnes et. Al., 2017 «Fiskehelse rapporten 2016».
- Ljungferldt, L.E.R., Quintela, M., Besnier, F., Nilsen, F., Glover, K.A. 2017. *A pedigree-based experiment reveals variation in salinity and thermal tolerance in the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis**. Evolutionary Applications. 10: 1007-1019
- Noble C., Nilsson J., Stien L.H., Iversen M.H., Kolarevic J., Gismervik K., 2017. *Atlantic salmon Operational Welfare Handbook: Assessing and documenting fish welfare out on the farm*. FHF project 901157, ISBN: 978-82-8296-503-3, 306 p.
- Pittman, K., Sourd, P., Ravnøy, B., Espeland, Ø., Fiksdal, I.U., Oen, T., Pittman, A., Redmond, K. and J. Sweetman 2011. *Novel method for quantifying salmonid mucous cells*. Journal of Fish Diseases. 34: 931–936
- Pittman, K., Pittman, A., Karlson, S., Cieplinska, T., Sourd, P., Redmond, K., Ravnøy, B. and E. Sweetman 2013. *Body site matters: an evaluation and application of a novel histological methodology on the quantification of mucous cells in the skin of Atlantic salmon, *Salmo salar* L.* Journal of Fish Diseases. 36: 115–127
- Reynolds P. 2013. Ferskvannsavlusing i brønnbåt: The use of freshwater to control infestations of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* K on Atlantic salmon *Salmo salar* L. Report for NCE funded project in collaboration with Nova Sea: Avlusning i ferskvann. Rapport fra GIFAS.
- Reynolds P. 2015. Ferskvannsavlusing i brønnbåt: Elucidation of the effects of physical handling in removing attached sea lice from infested Atlantic salmon. Rapport fra GIFAS for FHF prosjekt 901006.
- Stavang, J.A., Hamre, L.A., Nilsen, F. 2015. Ferskvannsbehandling mot lakselus – laboratoriumsforøk med adult lus. Sluttrapport fra Sea Lice Research Centre, Institutt for Biologi, Universitetet i Bergen for FHF-prosjekt 901021.

- Torgersen, T. 2016. *Fossefall for lakseluskontroll – Sluttrapport FHF-prosjekt 901233*. Rapport fra Havforskningen nr 35 - 2016.
- Wright, D.W., Oppedal, F., Dempster, T., 2016. *Early-stage sea lice recruits on Atlantic salmon are freshwater-sensitive*. Journal of Fish Diseases 8p. DOI: 10.1111/jfd.12452

7. Planlagte leveranser

15. mars 2017. Presentasjon av fossefall fase 1, Rensefiskkonferansen og medikamentfri dag
1. april 2017. Møte med styringsgruppen
30. juni 2017. Statusrapport til FHF
18. august 2017. Presentasjon Aqua Nor – Utsatt.
15. november 2017 Møte med styringsgruppen for gjennomgang av utkast til sluttrapport
30. november 2017. Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer
30. november 2017. Faglig sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer
30. november 2017. Nyhet til FHF's hjemmesider
30. november 2017. Nyhetsbrev ved prosjektslutt

Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
Institute of Marine Research

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes
NO-5817 Bergen
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 31
E-post: post@imr.no

www.hi.no

