

Fossefall for lakseluskontroll

SLUTTRAPPORT FHF-PROSJEKT 901233

Thomas Torgersen



Foto: Thomas Torgersen



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

Sluttrapport

Fossefall for lakseluskontroll - FHF-prosjekt 901233

Til: FHF

Fra: Havforskningsinstituttet

18. november 2016

| Innhold | side |
|---|-------------|
| 1. Sammendrag/ <i>Summary</i> | 2 |
| 2. Innledning | 3 |
| 3. Problemstilling og formål | 4 |
| 4. Prosjektgjennomføring | 4 |
| 5. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon | 8 |
| 6. Referanser | 15 |
| 7. Leveranser | 15 |
| 8. Vedlegg | 16 |

1. Sammendrag/Summary

Tidligere studier har vist at den mekaniske behandlingen laksen utsettes for i forkant av og under ferskvannsbehandlinger i brønnbåt (e.g. trenging, pumping) står for en betydelig andel av den oppnådde avlusningseffektiviteten i ferskvannsbehandlinger av lakselusinfisert laks. Dette prosjektet har testet om bruk av en kunstig foss, der fisken under transport over sorteringsrist spyles med vann under moderat trykk/vannhastighet, øker den totale behandlingseffektiviteten om den kombineres med badebehandling i ferskvann.

Til forsøket ble det bygd en prototype-foss, og denne ble testet ut på laks som var infisert med lus av ulike stadier. Ved behandling med fossen etter både 3 og 8 timer badebehandling i ferskvann ble totalt ~80 % av fastsittende lus fjernet, mot ~40 % reduksjon på fisk som kun var badebehandlet. Det var ingen klar tilleggseffekt av fossen på voksne lus ut over det som ble observert på ferskvannsbehandlet fisk. Det ble ikke funnet effekter av fossen på noen velferdsmaal. Behandlingsintensiteten kan trolig økes fra det som ble gjort under det gjennomførte forsøket ved å øke antall stråler, øke vanntrykket, optimalisere dyseutforming og å øke oppholdstiden til fisken på sorteringsristen. Resultatet fra forsøket er lovende med tanke på å øke behandlingseffektiviteten av badebehandling i ferskvann.

Previous studies have shown that the mechanical treatment salmon are exposed to prior to and during freshwater treatment in well boats (e.g. crowding, pumping) accounts for a significant part of the total efficiency of such delousing treatments of sea lice infected salmon. This project has tested whether use of an artificial waterfall where the salmon are flushed with water with moderate pressure/velocity while they are transported over the sorting grid increases the total delousing effect when combined with freshwater treatment.

A waterfall prototype was constructed for the experiment and its effect was tested on salmon infected with sea lice of different stages. By using the waterfall prototype after 3 or 8 hours of freshwater exposure, a total of ~80% non-mobile lice were removed, compared to a ~40% reduction on fish that had only been exposed to freshwater treatment. There was no clear additional effect of the waterfall on adult sea lice beyond what was found on fish that had only been exposed to freshwater. We found no effects of the waterfall on any welfare measure. Treatment intensity can probably be increased from what was applied during the experiment by increasing number of water outlets/jets, optimizing the jets and increasing the retention time of the salmon on the sorting grid. The result from the experiment is promising and additional waterfall treatment may provide a significant increase in the treatment efficiency of freshwater delousing operations.

2. Innledning

Faglig bakgrunn: Det er gjennomført studier med ferskvannsavlusning i brønnbåt ved GIFAS med oppløftende resultater (Reynolds 2013, 2015). I etterkant av dette er det gjennomført mekanismestudier ved Sea Lice Research Centre ved UiB som viser lav effekt av ferskvann etter 4 timers eksponering, og moderat effekt etter 24 timer eksponering. Studiet konkluderte med at ferskvann ikke er effektivt nok som behandlingsmetode mot lakselus alene (Stavang et al. 2015). Det siste GIFAS-studiet (Reynolds 2015, FHF prosjektnummer 901006) konkluderte med at framtidige tester må involvere fysiske og mekaniske metoder i tillegg til eksponering av ferskvann. Dette korresponderer med K. Strømmen Lakseoppdrett sine erfaringer med forsøk med ferskvann (Sven Strømmen, pers. medd.). Muligens kan mekanisk behandling av fisken også gjøre lus som ikke fjernes av den mekaniske behandlingen mer utsatt for påfølgende ferskvannsbehandling. Videre kan lus som ikke fjernes av ferskvannsbehandling være lettere å fjerne av påfølgende mekanisk behandling enn lus som ikke har gått gjennom en slik ferskvannsbehandling. Økning av ferskvannsbehandlingens effektivitet mot ulike stadier av lakselus vil kunne gjøre at denne behandlingsmetoden i større grad vil kunne brukes til å kontrollere mengden lus på produksjonsfisk. Selv om det viser seg at ferskvannsbehandling ikke er tilsvarende effektiv som enkelte medikamentelle badebehandlinger vil ferskvann allikevel kunne bli en viktig komponent i håndteringen av luseproblemet. AGD er et tiltagende problem og ferskvannsbehandling mot denne sykdommen gjennomføres i stadig økende omfang. Om denne AGD-behandlingen kan gis en betydelig økt tilleggseffekt mot lakselus vil dette kunne redusere behovet for og hyppigheten av medikamentelle avlusinger.

Omfang: Vi ville teste om spyling med ferskvann med stort volum i moderat trykk kan benyttes som tilleggsbehandling til badebehandling i ferskvann. Spylingen skulle være skånsom og ikke innebære ekstra pumping av fisken gjennom en behandlingseenhet som på en lusespyler (Nilsen et al. 2010), men gjøres over en sorteringsrist på vei til eller fra badebehandling.

Dette prosjektet var første utprøving av denne potensielle metoden og bestod av:

- å bygge en fossebehandlingsprototype til bruk i forsøk på lab-skala med overspyling over en transportrist som ligner en sorteringsrist på en brønnbåt.
- å gjennomføre et avlusingsforsøk med fisk med lus av ulike stadier med tilstrekkelig antall ulike behandlinger til at effekten av fossebehandlingen i kombinasjon med andre behandlinger kan estimeres.
- å estimere effekt av fossebehandling på velferdsparametre hos fisken.

Prosjektorganisering: Prosjektet ble finansiert av FHF og ledet av Havforskningsinstituttet ved forsker Thomas Torgersen. Prosjektgjennomføringsgruppen bestod videre av Paul Jacob Helgesen (Segel) og Sven Strømmen (K. Strømmen Lakseoppdrett). Styringsgruppen bestod av Ragnhild Aukan (Lerøy), Marianne Elnæs (Marine Harvest) og Sven Jørgen Strømmen (K. Strømmen Lakseoppdrett). 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 og Bjørnar Skjold 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.

3. Problemstilling og formål

Lakselusproblemets utvikling og forverring i de senere årene gjør det nødvendig å utvikle nye metoder for forebygging og behandling. Videre er det viktig å utvikle behandlingsmetoder som dessuten er skånsomme, dette både for å være i tråd med moderne krav til dyrevelferd og for å redusere risikoen for og forekomsten av følgeproblemer av belastende avlusingsbehandling. Disse følgeproblemer inkluderer dødelighet, redusert tilvekst, samt større sykdomsproblemer som følge av akkumulerte belastninger for fisken. Ferskvannsbehandling, med eller uten nellikolje som tilsetning, fremstår som en relativt skånsom behandling sammenlignet med flere andre stadig mer brukte behandlingsmetoder. Om ferskvannsbad med tillegg av skånsom spylebehandling kan gjøres mer effektiv og også mindre belastende gjennom muligheten for redusert behandlingstid vil dette kunne bli et viktig middel for næringen. Redusert behandlingstid vil også gi redusert kostnad og frigjøre brønnbåtressurser som i større grad tilgjengeliggjør behandlingsmetoden uten å vente på bygging og kontrahering av nye skip.

Prosjektet skal levere en sluttrapport som gjør rede for resultatene av forsøksgjennomføringen og som diskuterer om og eventuelt hvordan en videreføring av ideen kan gjøres.

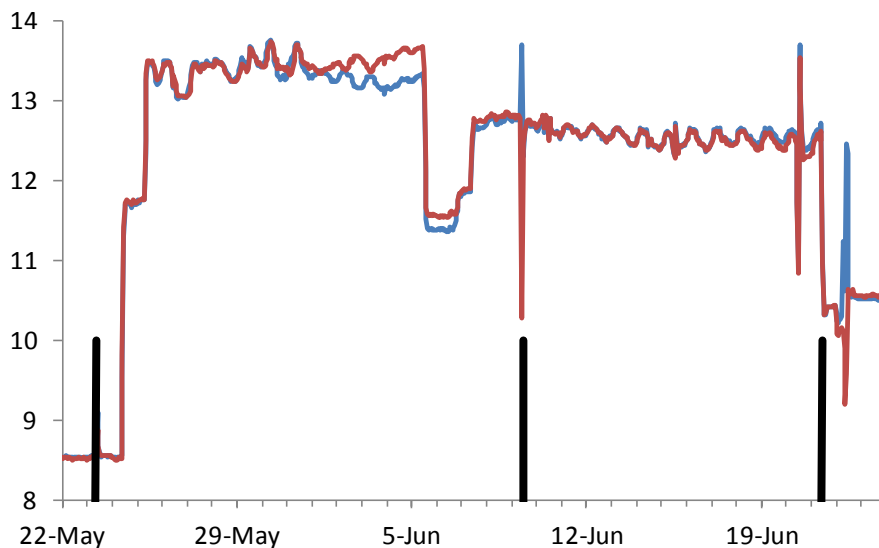
4. Prosjektgjennomføring

Det ble benyttet fisk av type AquaGen Atlantic QTL-innOva IPN, levert som øyerogn til Matre 7. januar 2014 og startfôret mars 2014. Fisken ble produsert som ettårssmolt, vaksinert uke 48, 2014, og ferdig smolt tidlig mai 2015.

Fisk som skulle benyttes i forsøket ble overført til kar 7 og kar 8 i ”Miljøhallen” i Forsøkshall 4 (6000 L). 69 fisk fra Forsøkshall 2 ble satt i kar 7 den 29. april. 40 fisk fra utekar 3 og 141 fisk fra Forsøkshall 2 ble fordelt mellom kar 7 og 8 (125 per kar) den 20. mai. Fisken hadde en størrelse på 1173 g +/-284 g ved forsøksgjennomføringen (basert på vekt av 24 veide kontrollfisk).

Fisken ble infisert med lus i tre omganger: 23. mai, 9. juni og 21. juni. Totalt 10 000 kopepoditter ble benyttet hver gang. Temperaturen ble styrt for å oppnå kopepoditter, fastsittende og adulte lus til forsøksdagen (22. juni) og temperaturforløpet er vist i figur 1.

All transport mellom uttakskar, foss, behandlingskar, lusetellestasjon og inkuberingskar ble gjort i 200 L transportkar fylt med 100 L vann. Fisk som ble badebehandlet med ferskvann ble alltid transportert i ferskvann. Fisk som ikke ble badebehandlet eller som ble badebehandlet i sjøvann ble alltid transportert i sjøvann. Fiskene ble håvet ut av karene i Miljøhallen når de skulle behandles.



Figur 1. Temperaturforløp i karene der fisken ble infisert med lus og holdt for utvikling av lus til ulike stadier. Kar 7 er vist i rødt og kar 8 i blått. Sorte vertikale streker viser pålusingsdatoer.

Følgende åtte ulike behandlinger ble gjennomført:

- 1 (SW): 8 timer sjøvann -> overvåking i sjøvann
- 2 (FW): 8 timer ferskvann -> overvåking i sjøvann
- 3 (SW + foss): 8 timer sjøvann -> Foss -> overvåking i sjøvann
- 4 (foss): Foss -> overvåking i sjøvann
- 5 (foss + FW): Foss -> 8 timer ferskvann-> overvåking i sjøvann
- 6 (FW + foss): 8 timer ferskvann -> Foss -> overvåking i sjøvann
- 7 (3t FW): 3 timer ferskvann -> overvåking i sjøvann
- 8 (3t FW + foss): 3 timer ferskvann -> Foss -> overvåking i sjøvann

Det ble benyttet vann med råvannstemperatur i fossen (alltid ferskvann) og i behandlings- (sjøvann eller ferskvann) og oppbevaringskar (sjøvann). Denne lå på hhv. ca. 9 °C og 11,5 °C for sjøvann og ferskvann respektive, så temperaturspranget var under 3 °C ved alle overføringer mellom kar. Det ble talt antall lus av ulike stadier på hver av 24 kontrollfisk på dagen forsøket ble gjennomført.

Totalt ble 192 fisk behandlet i forsøket og overvåking av utvikling i antall lus etter behandling ble gjort i triplikate 1 m kar (8 fisk per replikat). Behandling og allokering til kar under og etter behandling var randomisert. Det ble benyttet eget behandlingskar (1 m) med sjøvann/ferskvann for hver replikat. I første serie med behandlinger ble det brukt fisk fra kar 8, i andre serie fra kar 7, og i tredje serie 4 fisk fra hvert kar.

Avlusningseffekt ble beregnet som følger:

avlusningseffekt = (kontrollantall – behandlet antall)/kontrollantall

kontrollantall = gjennomsnittlig antall lus på kontrollfisk, fra hhv. kar 8, kar 7, og begge karene for de tre seriene

behandlet antall = gjennomsnittlig antall lus på de 8 fiskene i hvert replikate kar

På kontrollfiskene i kar 8 var det i gjennomsnitt hhv 19,8 og 6,9 fastsittende og voksne lus på behandlingsdagen. I kar 7 var tilsvarende tall 12,7 og 5,0.

Det ble kun benyttet bedøvelse når fisken skulle lusetelles og undersøkes for slimstatus, sår-/skjellskader under forsøksgjennomføringen (5 g Finquel/100 L vann, 5 g bikarbonat-buffer ved bedøvelse i ferskvann). Dette ble gjort rett før fisken ble overført til oppbevaringskar der den gikk i 15 dager før ny evaluering (lusetall, slimlag, sår).

De 15 dagene fisken ble holdt i 1 m kar i påvente av neste lusetelling og sår-/slimlags-evaluering ble den fôret med 120 g tørt fôr (Skretting sjøfôr, 4,5 mm) per kar per dag fra kalibrerte fôrautomater (Arvotec T Drum 2000). Våtvekt av oppsamlet fôr ble veid dag 1, 2, 5 og 14 etter behandling for vurdering av fødeinntak.

Fosseprototypen bestod av et øvre spylesystem med nedoverrettede stråler over en skrå sorteringsrist (figur 2). I forsøket ble det kun brukt ferskvann i fossen. Selve fossen bestod av 35 stråler med vann, 7 stråler fra hver av 5 stykk 4'' samlestokker montert 90° på rørene i sorteringsristen som bestod av rørlengder på ca. 6 meter, noe som omtrent tilsvarende lengde på sorteringsrist som blir benyttet om bord i brønnbåter i dag. Bredden av risten var smalere, ca. 0,6 meter. Rist var plassert skrått hellende slik at fisken beveget seg i en hastighet som tilsvarte farten om bord i en brønnbåt. I forsøket brukte fisken 2–3 sekunder over risten. Vannet ble pumpet fra et oppsamlingskar i enden av risten og til blandestokkene, og vannet fra fossen ble samlet opp i det samme karet. Det ble kontinuerlig etterfylt nytt vann i overskudd i oppsamlingskaret. Hulldiameter i blandestokkene som vannstrålene kom ut av var 13 mm i diameter. Målt trykk ved strålerøret var 0,45 bar. Strålen var mindre konsentrert ved rista der den traff fisken siden hullet spredde vannet som en dyse og fordelte kraften over et større areal. Nominell vannhastighet fra strålerøret var 7 m/s, beregnet ut fra fyllingstid (sekunder per 30 L) og hullareal.



Figur 2: Fossen i bruk under forsøket.

5. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

Resultater avlusingseffekt: Gjennomsnittlig antall gjenværende lus per fisk for hver behandling er oppgitt i tabell 1 (rett etter behandling) og tabell 2 (15 dager etter behandling). Standardavvik er ikke oppgitt i tabellene siden fisken kom fra kar med ulike infeksjonsintensiteter. Gjennomsnittsverdiene for ulike behandlinger er sammenlignbare. Lusetall for alle replikatene er oppgitt i vedleggstabell 1 og lusetall på alle kontrollfisk i vedleggstabell 2.

Tabell 1. Antall lus per fisk (gjennomsnitt for alle replikate kar) for alle behandlingene ved telling rett etter behandling (tall over brøkstrek). Tallet under brøkstrek er gjennomsnittlig antall lus på kontrollfiskene som ble talt samme dag.

| | SW | FW | SW + foss | F _{oss} | F _{oss} + FW | FW + foss | 3t FW | 3t FW + F _{oss} |
|---------------------|-----------|----------|-----------|------------------|-----------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| <i>fastsittende</i> | 14.2/16.3 | 9.9/16.3 | 8.5/16.3 | 11.3/16.3 | 6.9/16.3 | 3.2/16.3 | 10.0/16.3 | 3.8/16.3 |
| <i>adult</i> | 5.7/6.0 | 3.2/6.0 | 2.9/6.0 | 3.5/6.0 | 2.5/6.0 | 2.8/6.0 | 4.0/6.0 | 2.7/6.0 |

Tabell 2. Antall lus per fisk (gjennomsnitt for alle replikate kar) for alle behandlingene ved telling 15 dager etter behandling.

| | SW | FW | SW + foss | F _{oss} | F _{oss} + FW | FW + foss | 3t FW | 3t FW + F _{oss} |
|---------------------|------|------|-----------|------------------|-----------------------|-----------|-------|--------------------------|
| <i>fastsittende</i> | 5.6 | 0.0 | 5.8 | 6.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| <i>subadult</i> | 20.4 | 10.2 | 14.7 | 17.1 | 6.8 | 5.7 | 11.5 | 7.2 |
| <i>adult</i> | 2.3 | 1.2 | 1.5 | 2.2 | 1.2 | 1.1 | 2.2 | 1.4 |
| <i>bev. i karet</i> | 2.0 | 0.4 | 0.9 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |

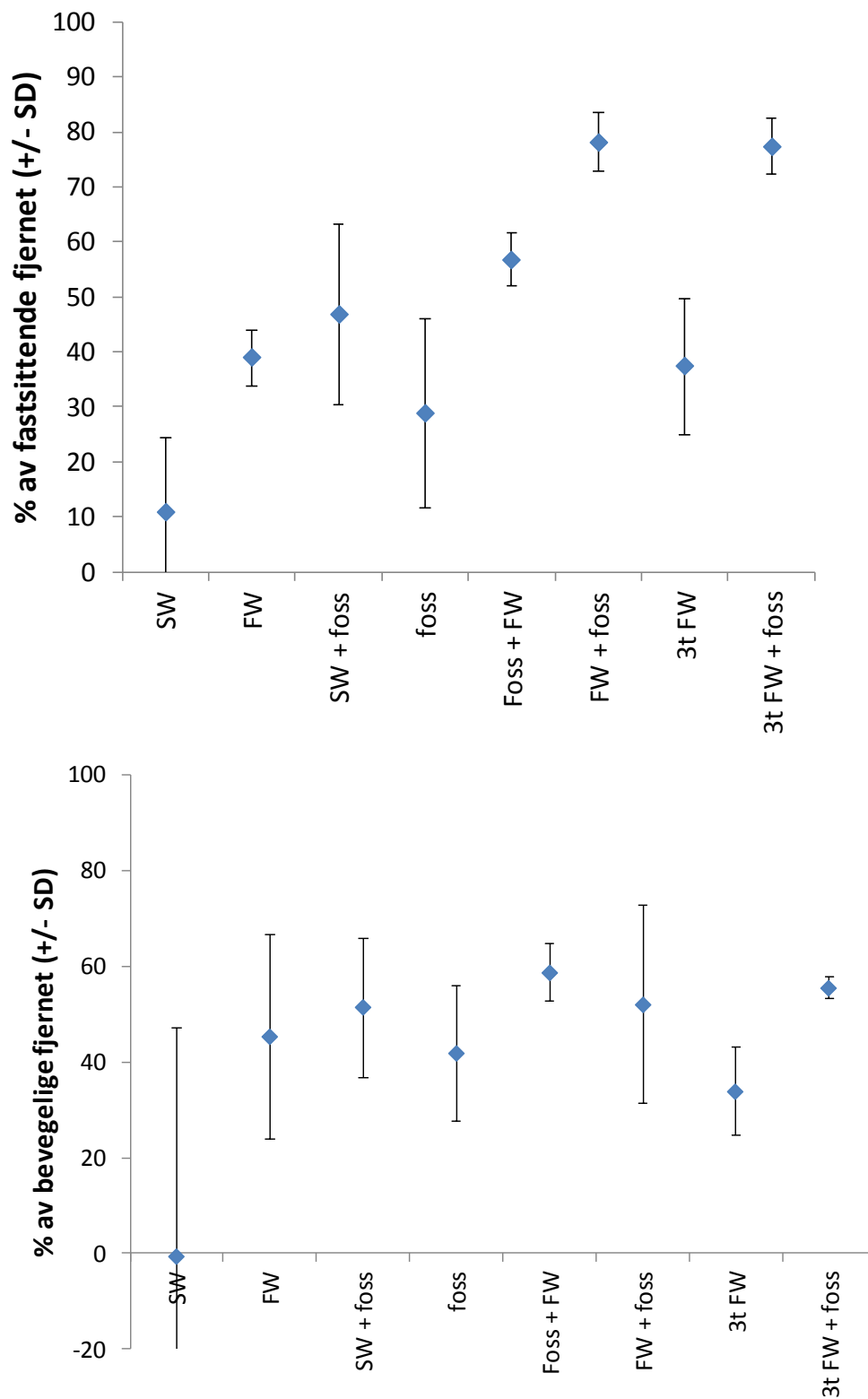
Avlusingseffekt på kopepoditter: Lus som var av stadiet nypåslåtte kopepoditter på forsøksdagen var tellbare fastsittende lus ved telling etter 15 dager. Denne tellingen viste at nypåslåtte lus hadde overlevd på fiskene i alle kar som ikke hadde vært gjennom badebehandling i ferskvann og gjennomsnittet for disse ni karene var 5,9 fastsittende lus per fisk. Alle behandlinger som inkluderte 3 eller 8 timer badebehandling i ferskvann var tilnærmet 100 % effektive: Det ble funnet én fastsittende lus på en fisk som hadde gjennomgått 8 timer badebehandling i ferskvann, alle de øvrige fiskene som hadde gjennomgått badebehandling i ferskvann var frie for fastsittende lus. Dette resultatet korresponderer med resultatet til Wright et al (2016) som viste at kopepoditter dør etter 10 til 60 minutter i ferskvann.

Avlusningseffekt på fastsittende lus: Telling rett etter behandling viste større avlusings-effektivitet på fisk som hadde gått gjennom fossebehandling etter ferskvannsbehandling enn på fisk som kun hadde gått gjennom ferskvannsbehandling (figur 3). Behandling med foss etter badebehandling i ferskvann ga en økning fra ca. 40 % til 80 % effektivitet for både 3 timers og 8 timers badebehandling, og begge disse forskjellene var statistisk signifikante (t-test, $p=0.0008$ og $p=0.0065$ for hhv. 8 og 3 timers ferskvannsbad). Den lave behandlingseffekten på ca. 40 % av ferskvannsbad alene var på linje med effekten av foss uten ferskvannsbehandling og i samme størrelsesorden som i Wright et al 2016. Telling etter 15 dager viste høyere lusetall for denne gruppen (som var blitt subadulte bevegelige lus ved denne tellingen). Dette skyldes høyst sannsynlig at opprinnelige lusetall var høyere enn det første telling viste og at tellbarheten av større bevegelige lus var høyere. Lignende økning av antall lus er funnet ved gjentatte tellinger i tidligere forsøk (Samsing et al 2015).

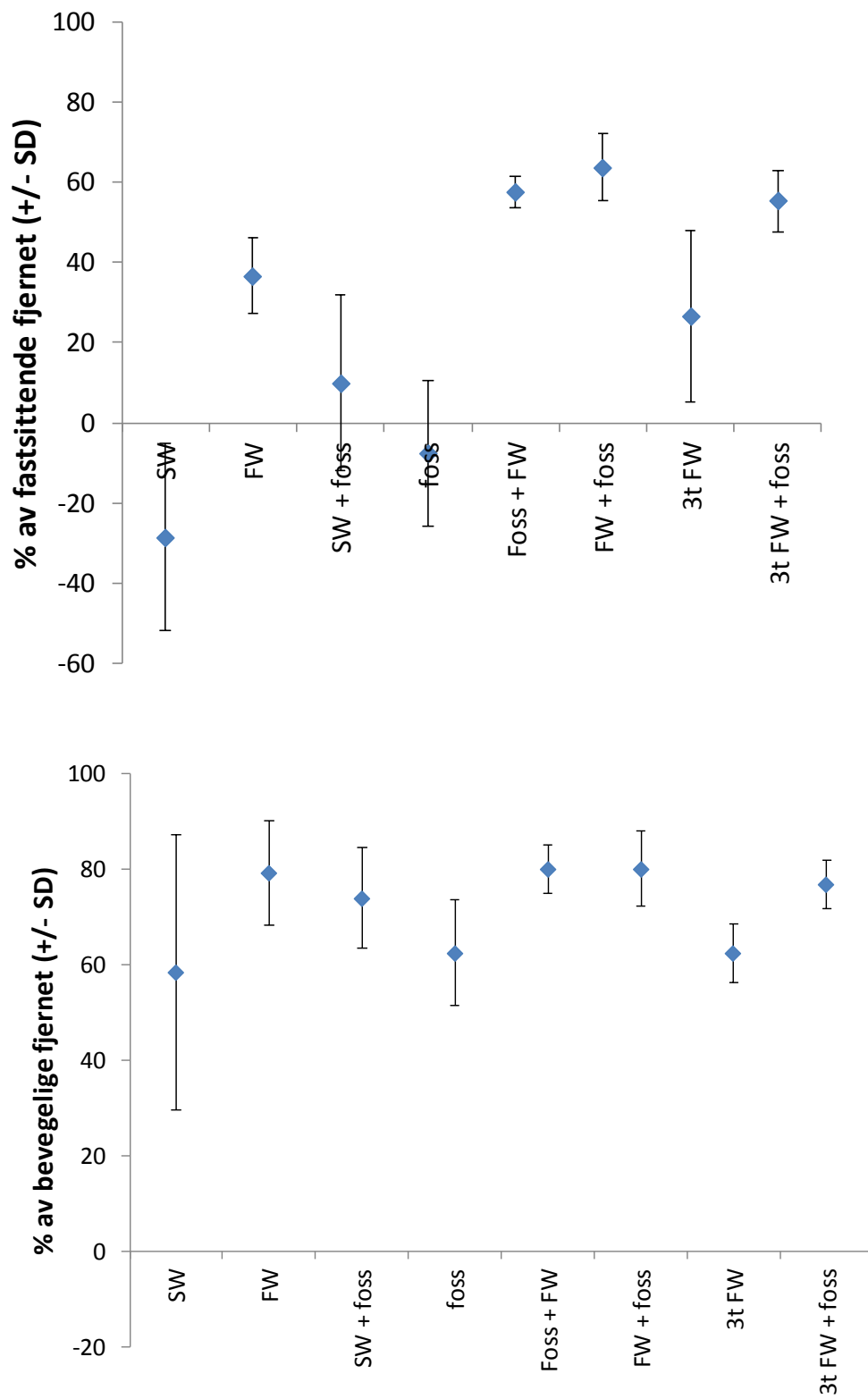
Mønsteret fra første telling vistes også ved andre telling (figur 4). De høyere telletallene ved andre telling tilsier at det ikke var noen forsinket effekt av behandlingene som burde vist seg som lavere antall lus ved andre telling. Behandlingen ”foss før 8 timer ferskvannsbad” hadde ikke det økte lusetallet ved andre telling som de andre behandlingene, hvilket kan bety at denne behandlingen ga en forsinket avlusningseffekt på lus som var fastsittende under behandlingen. Om lus som ble talt som fastsittende dag 1 også forble på fisken dag 15 i samme grad som i de øvrige behandlingene så skulle dette vist seg som større antall subadulte lus dag 15 også i denne behandlingen.

Avlusningseffekt på voksne lus: Behandlingseffektiviteten mot voksne lus var for alle behandlinger beskjeden og i området +/-50 %. Fossebehandling hadde ingen tydelig effekt på antallet voksne lus. Antall av disse lusene (fra første påusing) så ut til å vise en nedadgående trend de to ukene før behandlingen og denne trenden fortsatte i de 15 dagene frem til andre telling.

Ved telling av lus etter 15 dager ble antall bevegelige lus i karet registrert. Det ble her ikke skilt mellom subadulte lus (som var fastsittende under behandling) og adulte lus (som var bevegelige under behandling). Antall lus i karet er oppgitt i tabell 2 (tilsvarende 0,4-2,0 lus per fisk), men ikke inkludert i figur 4.



Figur 3: Avlusingseffekt av de 8 ulike behandlingene rett etter behandling (gjennomsnitt for triplikate kar med standardavvik).



Figur 4: Avlusningseffekt av de 8 ulike behandlingene 15 dager etter behandling (gjennomsnitt for triplikate kar med standardavvik).

Resultater velferds mål

Sår: Fiskens sårstatus ble vurdert når fisken var bedøvet for 2. gangs telling av lus (dag 15). På en kvalitativ skala ble den gitt verdi: 1 – uten sår, 2 – små, overflatiske sår, 3 – større sår. Det var stor variasjon mellom karene, også mellom kar med fisk som var gitt samme behandling, i sårstatus. Gjennomsnittlig sårverdi for alle 24 kar var 1.57 +/-0.46 (standardavvik for karsnitt). Sårverdiene var i gjennomsnitt noe høyere for de 15 karene som hadde fått en behandling som inkluderte fossen: 1.62 (+/- 0.43) mot 1.49 (+/-0.51) for de ni som kun var gitt badebehandling i ferskvann (6 kar) eller sjøvann (3 kar). Denne forskjellen var svært liten sammenlignet med variansen innen gruppene, og dessuten confounded med forskjellen i sårverdi mellom kar med fisk som hadde/ikke hadde fått en eller annen form for ferskvannsbehandling. De 15 karene med fisk som hadde fått ferskvannsbehandling hadde en gjennomsnittlig sårverdi på 1.39 (+/- 0.39) og de ni som ikke hadde fått ferskvannsbehandling hadde en gjennomsnittlig verdi på 1.85 (+/- 0.44). Denne forskjellen var statistisk signifikant (uparet t-test, p=0.0137). Større forekomst av sårskader på fisk som ikke hadde blitt gitt ferskvannsbehandling kan forklares med større tetthet av lus i ulike stadier på disse. Resultatene tyder ikke på at fossebehandlingen ga sårskader.

Slimlag: Status på fiskens slimlag ble vurdert når fisken var bedøvet for 2. gangs telling av lus (dag 15). På en kvalitativ skala ble slimlaget gitt verdi 1 – normalt, 2 – noe redusert, 3 – sterkt redusert. Slimlaget ble vurdert som normalt på nesten alle fisk. Seks fisk ble vurdert å ha noe redusert slimlag, fem av disse var behandlet med sjøvannsbad + foss (2 ulike kar med hhv. 1 og 4 fisk) og én var behandlet med kun sjøvannsbad. Resultatene tyder ikke på at fossebehandlingen ga redusert slimlag.

Dødelighet: Totalt seks fisk fordelt på fem kar døde i løpet av de 15 dagene fra forsøksgjennomføring til siste lusetelling. Ingen av disse var gitt en behandling som inneholdt ferskvannsbad. Fem av dem var gitt en behandling som inkluderte fossen. Av behandlingene inkluderte 5 av 8 foss og 5 av 8 ferskvannsbad. Ved tilfeldig fordeling av 6 døde mellom karene er forventningen 4 døde blant fisken som hadde gjennomgått en behandling som inkluderte fossen og 4 døde blant fisken som hadde gjennomgått en behandling som inneholdt ferskvannsbad. Forekomsten av døde var derfor høyere enn forventet blant fisk som ikke hadde vært gjennom badebehandling i ferskvann og svært nær forventning blant fisk som hadde vært gjennom fossebehandling. Resultatene tyder ikke på at fossebehandlingen ga forhøyet dødelighet.

Appetitt: Oppsamlet mengde fôr var gjennomgående høyt, i gjennomsnitt 160 g våtvekt per kar per måltid for alle kar og alle dager, hvilket tyder på lav appetitt. Den største mengden som ble veid opp etter fôring var 184 g. Om vi antar at ingenting ble spist innebærer dette en vektøkning som følge av vannabsorpsjon på 53 %. Dette er mer enn denne typen fôr erfaringsmessig absorberer, så fôropptak per kar (i våtvekt) beregnes som: 184 g - (våtvekt oppsamlet).

Fôropptak per fisk ble korrigert for døde fisk for hver dato. Estimert fôropptak var gjennomgående lavt i alle grupper, tilsvarende ca. 0,1 % av kroppsvekt per dag. Dette korresponderer med observasjoner under røkting av tilsynelatende fraværende eller svært lav appetitt. På dag 1, 2 og 5 var estimert appetitt i gjennomsnitt høyere for de ni karene som ikke hadde fått fossebehandling enn for de 15 som hadde fått det, mens det motsatte var tilfelle på dag 15. Forskjellen var på alle datoer langt mindre enn standardavvikene, og det samme gjaldt samlet fôropptak for alle 4 dager. En t-test av samlet fôropptak mellom fossebehandlet og ikke fossebehandlet fisk viste at den beskjedne forskjellen ikke var statistisk signifikant ($p=0.36$). Både fôroppsamling og observasjoner av fisken tyder på at i perioden etter behandling hadde fiskene i alle behandlingsgrupper svært lav appetitt, og fôroppsamlingsdataene gir derfor ingen informasjon om eventuelle forskjeller i stress- eller velferdsstatus mellom grupper.

Oppsummerende diskusjon

Resultatene viser at fossebehandling kan være en nyttig tilleggsbehandling til ferskvannsbehandling, i det minste på fastsittende lus. Selv om effektiviteten på ca. 80 % var mindre enn tilstrekkelig for avlusing av laks i kommersiell produksjon så var den relative økningen sammenlignet med kun ferskvannsbehandling på fastsittende lus betydelig. Den generelle økningen etter 15 dager i antall lus som var fastsittende under behandlingen tilsier ikke at effekten av fossen (eller andre behandlinger) var mindre enn estimert. Kontrollfiskens infeksjonsintensitet, som effekten ble beregnet ut fra, ble talt av samme person på samme dag og var derfor gjenstand for samme underestimering. Den fraværende økningen over 15 dager i lusetall for dette stadiet på fisk som ble behandlet med foss før ferskvannsbad kan tolkes som en forsinket tilleggseffekt. Denne delen av forsøket kan det være nyttig å gjenta i et eventuelt oppfølgingsprosjekt for å avklare om fossebehandling også i forkant av badebehandling i ferskvann kan øke den totale behandlingseffektiviteten.

Det kunne ikke påvises noen tilleggseffekt av fossen på lusetall for voksne lus. Den lave avlusingseffekten av badebehandling på voksne lus var i samme størrelsesorden som i Stavang et al. (2015). Den langt høyere effekten som typisk oppnås i kommersielle ferskvannsbehandlinger er det i forsøk ved GIFAS vist at i betydelig grad kan tilskrives mekanisk behandling under ulike operasjoner i forkant og etterkant av ferskvannsbehandlingen (Reynolds 2015). Den mekaniske behandlingen i fossen slik den ble benyttet i forsøket var ikke tilstrekkelig til å gi en lignende tilleggseffekt.

Et interessant og vesentlig spørsmål er 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. Om det er stor variasjon i generell følsomhet for enhver mekanisk behandling vil en skånsom mekanisk behandling som isolert gir god tilleggseffekt kunne ha langt mindre tilleggseffekt i en avlusingsoperasjon som uansett innebærer betydelig mekanisk behandling. Avlusingseffekten av trenging og pumping er nødvendigvis skala- og utstyrsspesifikk og uttesting for å gi svar på om lusefossen også øker avlusingseffektiviteten i ferskvannsbehandlinger på kommersiell

skala må gjøres på denne skalaen, og med utstyr som er i det vesentlige tilsvarende utstyr som brukes kommersielt.

Nypåslåtte kopepoditter er som vist av Wright et al. (2016) og i dette forsøket så følsomme for ferskvannsbehandling alene at mekanisk tilleggsbehandling ikke er nødvendig for å oppnå ~100 % behandlingseffektivitet.

Velferdsproblemer forbundet med fossebehandling synes fraværende i den forstand at tilleggsbelastningen ved spylingen ikke ga påvisbare effekter sammenlignet med de andre behandlingene. Det kan tillegges at under gjennomføringen av forsøket opplevdes håving, overføring m.v. som mer invasivt enn spylingen. I en kommersiell avlusingsoperasjon med trenging og pumping antas det at det samme vil være tilfellet.

Fossen som ble benyttet hadde et begrenset antall stråler med stor avstand mellom strålene og transporttiden over risten var ca. 2–3 sekunder. En betydelig del av fiskekroppen ble derfor etter alt å dømme ikke truffet av noen vannstråle. Dette tatt i betraktning bør det være mulig å øke effektiviteten med å øke behandlingsintensiteten. Dette kan gjøres ved å øke tettheten av dyser og strålerør, å øke vannmengde, -hastighet og -trykk, og å redusere tiltvinkel på rist slik at transporttid over båndet øker. Det siste kan også oppnås ved å endre retning på fossestrålene. Det bør testes om økt behandlingsintensitet kan øke effekten på fastsittende lus ytterligere, og også om dette kan gi fossebehandling en påvisbar og betydelig effekt på bevegelige lus.

Nellikolje tilsettes rutinemessig som sedativ ved avlusing av noen, men ikke alle selskaper. Erfaringene tyder på at man oppnår noe større avlusingseffekt av hele behandlingen når nellikolje er tilsatt. I eventuelle oppfølgingsforsøk med fossen kan nellikolje inkluderes i oppsettet. Det vil være særlig interessant å undersøke om lett sedatering med nellikolje i kombinasjon med fossebehandling kan gi bedre effekt på behandling mot bevegelige lus.

6. Referanser

- Nilsen, A., Erikson, U., Aunsmo, A., Østvik, A., Heuch, P.A. 2010. Mekanisk fjerning av lakselus "FLS avlusersystem" - test av ejektorpumpe fra Flatsetsund Engineering AS. Veterinærinstituttets rapportserie 11-2010. Oslo: Veterinærinstituttet. Rapport for FHF prosjekt 900436.
- 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: Avlusing 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.
- Samsing, F., Oppedal, F., Solstorm, D., Solstorm, F., Dempster, T., 2015. Gone with the flow: current velocities mediate parasitic infestation of an aquatic host. International Journal for Parasitology 45, 559-565.
- 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.
- 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. Leveranser

Fra tilsagnsdokumentet:

15.04.2016 Oppstart- og planleggingsmøte med styringsgruppen

01.07.2016 Kort oppsummering av gjennomførte tester

15.10.2016 Oppsummeringsmøte med gjennomgang av utkast til faglig sluttrapport

31.10.2016 Faglig sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer

01.12.2016 Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer

8. Vedlegg

Vedleggstabell 1. Gjennomsnittlig lusetall fra hvert kar.

| pålusingskar | behandling | fastsittende dag 1 | adulte dag 1 | fastsittende dag 15 | subadulte dag 15 | adulte dag 15 | Bevegelige i karet dag 15 |
|--------------|---------------------|--------------------|--------------|---------------------|------------------|---------------|---------------------------|
| 8 | nr. 1: SW | 14.63 | 4.50 | 4.86 | 20.57 | 1.71 | 1.86 |
| 7 | nr. 1: SW | 12.50 | 7.75 | 3.63 | 19.00 | 3.75 | 3.50 |
| 7+8 | nr. 1: SW | 15.50 | 4.88 | 8.38 | 21.50 | 1.50 | 0.75 |
| 8 | nr. 2: FW | 11.13 | 2.25 | 0.00 | 12.50 | 0.75 | 0.50 |
| 7 | nr. 2: FW | 7.75 | 3.75 | 0.13 | 9.25 | 1.63 | 0.38 |
| 7+8 | nr. 2: FW | 10.75 | 3.38 | 0.00 | 8.75 | 1.13 | 0.25 |
| 8 | nr. 3: SW + foss | 7.63 | 2.25 | 5.33 | 15.67 | 1.00 | 0.67 |
| 7 | nr. 3: SW + foss | 6.38 | 2.63 | 8.75 | 9.63 | 1.75 | 2.00 |
| 7+8 | nr. 3: SW + foss | 11.50 | 3.63 | 3.29 | 18.71 | 1.71 | 0.00 |
| 8 | nr. 4: foss | 10.38 | 3.00 | 6.00 | 17.86 | 2.14 | 0.50 |
| 7 | nr. 4: foss | 9.50 | 3.00 | 6.00 | 16.00 | 1.57 | 1.38 |
| 7+8 | nr. 4: foss | 14.00 | 4.25 | 6.25 | 17.38 | 3.00 | 0.63 |
| 8 | nr. 5: foss + FW | 9.63 | 3.25 | 0.00 | 7.50 | 1.38 | 0.13 |
| 7 | nr. 5: foss + FW | 5.00 | 1.75 | 0.00 | 5.75 | 0.75 | 0.63 |
| 7+8 | nr. 5: foss + FW | 6.75 | 2.50 | 0.00 | 7.13 | 1.50 | 0.38 |
| 8 | nr. 6: FW +foss | 3.25 | 1.88 | 0.00 | 5.63 | 0.75 | 1.88 |
| 7 | nr. 6: FW +foss | 3.43 | 3.43 | 0.00 | 5.71 | 1.29 | 0.00 |
| 7+8 | nr. 6: FW +foss | 3.63 | 2.88 | 0.00 | 5.75 | 1.38 | 0.00 |
| 8 | nr. 7: 3t FW | 9.63 | 4.63 | 0.00 | 11.38 | 2.13 | 0.75 |
| 7 | nr. 7: 3t FW | 9.00 | 3.75 | 0.00 | 12.38 | 2.13 | 0.50 |
| 7+8 | nr. 7: 3t FW | 11.13 | 3.38 | 0.00 | 10.63 | 2.38 | 0.38 |
| 8 | nr. 8: 3t FW + foss | 5.25 | 3.25 | 0.00 | 8.88 | 1.88 | 0.13 |
| 7 | nr. 8: 3t FW + foss | 3.13 | 2.13 | 0.00 | 6.63 | 0.88 | 1.38 |
| 7+8 | nr. 8: 3t FW + foss | 2.75 | 2.63 | 0.00 | 6.00 | 1.50 | 0.00 |

Vedleggstabell 2. Antall lus på hver kontrollfisk. «Pålusingskar» 7 og 8 er de to karene fisken ble holdt i under infisering og utvikling av lus.

| fisk nr | pålusingskar | fastsittende (dag 1) | adulte (dag 1) |
|----------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 8 | 21 | 3 |
| 2 | 8 | 20 | 6 |
| 3 | 8 | 9 | 10 |
| 4 | 8 | 8 | 10 |
| 5 | 8 | 8 | 15 |
| 6 | 8 | 28 | 8 |
| 7 | 8 | 31 | 7 |
| 8 | 8 | 17 | 8 |
| 9 | 7 | 12 | 6 |
| 10 | 7 | 18 | 6 |
| 11 | 7 | 13 | 7 |
| 12 | 7 | 4 | 1 |
| 13 | 7 | 9 | 1 |
| 14 | 7 | 12 | 8 |
| 15 | 7 | 15 | 4 |
| 16 | 7 | 10 | 2 |
| 17 | 7 | 11 | 6 |
| 18 | 8 | 20 | 5 |
| 19 | 7 | 14 | 5 |
| 20 | 8 | 38 | 3 |
| 21 | 7 | 21 | 13 |
| 22 | 8 | 21 | 5 |
| 23 | 7 | 13 | 1 |
| 24 | 8 | 17 | 3 |