

Mekanisk avlusing med FLS-avlusersystem - dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus



Mekanisk avlusing med FLS-avlusersystem- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus

Innhold

1.	Sammendrag.....	2
2.	Introduksjon.....	3
3.	Prosjektets organisering og målsetting.....	4
4.	Gjennomføring og metodebeskrivelse	4
4.1	Utvelgelse og beskrivelse av lokaliteter/fiskegrupper	4
4.2	FLS avlusersystem - teknisk beskrivelse og utbedringer	5
4.3	Prøvetakingspunkter og -metode	6
4.4	Velferdsregistrering, ytre skader	7
4.5	Blodparametere (kortisol, laktat og glukose)	7
4.6	Innsamling av data	7
4.7	Histopatologiske analyser	8
4.8	Statistiske analyser.....	8
5.	Resultater.....	8
5.1	Velferdsregistrering	8
5.2	Kortisol	19
5.3	Laktat og glukose	20
5.4	Dødelighet	21
5.5	Utføring - forsøkslokaliteter	24
5.6	Vanntemperatur og oksygenlogging	25
5.7	Lusetall - forsøksmerd	26
5.8	Histologi.....	28
6	Diskusjon.....	29
6.1	Ytre skader på fisk	29
6.2	Blodparametere.....	31
6.3	Dødelighet og utføring.....	32
6.4	Lusetall og luseoppsamling	33
6.5	Generelle betraktninger og mulige risikopunkter med tanke på velferd	34
7	Konklusjon	35
8	Anbefalinger.....	36
9	Takk til	36
10	Referanser	37
10.1	VEDLEGG 1:.....	38

Forfattere

Kristine Gismervik, Kristoffer V. Nielsen, Mattias B. Lind, Hildegunn Viljugrein

Design omslag: Reine Linjer

Foto forside: Kristine Gismervik

ISSN 1890-3290

© Veterinærinstituttet 2017 / © Norwegian Veterinary Institute 2017

Forslag til sitering: Gismervik K, Nielsen K.V., Lind M.B., Viljugrein H. Mekanisk avlusing med FLS-avlusersystem- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus.

Oppdragsgiver

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

Veterinærinstituttets rapportserie 6-2017. Oslo: Veterinærinstituttet; 2017

1. Sammendrag

Rapporten dokumenterer fiskevelferd og effekt av FLS-avlusersystem bestående av ejectorpumper, hvor lus spyles av fisken med sjøvann. Teknologitvikerne ønsker å bidra til redusert forbruk av legemidler, og har lansert en metode for lusefjerning uten kjemikaliebruk. Dokumentasjonen er innhentet ved feltutprøving av flåten «Enabler One» på tre matfisklokaliteter med laks. Snittvekt var 4,6 kg (lokalitet A) og 2 kg (lokalitet B og C). Vurderingen baserer seg på velferdsregistrering av ytre akutte skader på laksens gjeller, hud, øyne, finner og snute evaluert rett før og rett etter avlusning og i en oppfølgingsperiode på inntil 3 uker etter. Velferdsregistreringen ble gjennomført på en tilfeldig utvalgt forsøksmerd per lokalitet. Som mål på stress ble det analysert blodprøver (kortisol, laktat, glukose). I tillegg ble avlusningseffekt, dødelighet og appetitt vurdert. Velferdsvurderingen er utført av veterinærer/fiskehelsebiologer fra HaVet fiskehelsetjeneste og Veterinærinstituttet.

Resultatene viser at det på alle lokaliteter fra «før» til «etter» behandling ble funnet en signifikant økning i gjelleblødninger og skjelltap (justert $p < 0.001$) på fisk fra utvalgt forsøksmerd. Alvorlighetsgraden av gjelleblødninger varierte. På lokalitet A så man en behandlingsrelatert akutt dødelighet (snitt av 3 dager etter behandling) på mellom 0,1- 0,7 % på merdnivå hvor akutte gjelleblødninger dominerte dødfiskbildet på stor fisk. Til sammenlikning var akutt dødeligheten stort sett under 0,1 % på de andre lokalitetene. Gjelleblekhet økte i uken etter behandling på alle utvalgte forsøksmerder, noe som kan være relatert til gjelleblødning. Alvorlighetsgrad av skjelltap varierte. Lokalitet B viste markant økning i alvorlig skjelltap «etter» sammenliknet med «før» på avlusingsdagen (score 3 økte med 36 %). Trengingen ble her vurdert å være for hard. Fisken fikk skjelltap også i avkastet, og dette kan ha bidratt til at alvorlighetsgraden av skjelltapet tiltok gjennom avlusingen. Lokalitet B viste også en signifikant økning i hudblødninger «etter» sammenliknet med «før» (score 3 økte med 9 %, score 2 med 21 %, justert $p = 0.001$), noe som kan ha sammenheng med skjelltapet. Tross skjelltap ble det ikke observert signifikant sårutvikling av større alvorlighetsgrad i ukene etter, bortsett fra på lokalitet A som hadde kaldest og nedadgående temperaturer hvor både score 2 og 3 sår økte til 10 % på uke 2. Det var ikke signifikante forskjeller i snoteskader fra «før» til «etter» på noen lokaliteter. Snoteskader økte likevel i ukene etter behandling, og kom ikke tilbake til «før» nivå i oppfølgingsperioden på inntil 3 uker. Det ble ikke påvist snoteskader av alvorligste grad 3, likevel kan det være risiko for akkumulerte effekter ved for hyppige avlusinger. Sum score finneskader økte eller viste tendenser til økning i ukene etter behandling.

Kortisolmålinger viste at fisken nedregulerte det akutte stresset håndteringen medførte på «1 dag» sammenliknet med «før»/ «etter», om enn ikke helt tilbake til hvilenivå på lokalitet A. Lokalitet A hadde størst fisk som i tillegg til økt dødelighet også viste appetittsvikt etter behandling. Det kan ikke utelukkes at behandlingen har påvirket appetitten, men andre årsaker kan være temperaturdrop som ble registrert på lokaliteten i samme periode.

Avlusningseffekten på de tre utvalgte forsøksmerder varierte mellom 81-100 % for bevegelige lus og 76,2-90,6 % for kjønnsmodne hunnlus. Antall bevegelige lus var tilbake til utgangsnivået fra 1-3 uker etter behandling. Reduksjonseffekten var vanskelig å fastslå for fastsittende lus.

Basert på velferdsregistrering og observasjoner i forbindelse med utprøving av FLS-avlusersystem på tre ulike lokaliteter ble effekten på fiskevelferd vurdert å være litt varierende. Stor fisk (særlig over 5 kg) hadde for høy dødelighet relatert til gjelleblødninger (akkumulert dødelighet 21 dager var 1,96 % på lokalitetsnivå). Lokalitet B og C hadde akkumulert dødeligheten etter 21 dager på 0,52 % og 0,37 %. Gitt at forhold rundt trengingen fungerer, riktig innstilling av spyleren og at fisken ikke er påkjent/skadet før behandlingen, kan teknologien ivareta fiskevelferd. Man ser behov for å fortsette å optimalisere og dokumentere de erfaringer man gjør seg i praktisk bruk for å få et større erfaringsgrunnlag og sammenlikningsgrunnlag til andre håndteringsystemer og avlusingsmetoder. Rapporten dokumenterer ikke gjentatte avlusinger med metoden, og særlig gjeller, skjelltap, snoteskader og finneskader bør følges opp nærmere ved gjentatt bruk. Mulige risikopunkter med tanke på fiskevelferd og andre anbefalinger er nærmere beskrevet i rapporten.

2. Introduksjon

Mekanisk fjerning av lakselus ved spyling med sjøvann er en metode som har vært under utvikling de siste årene for å fremskaffe alternativer til medikamentell avlusing hvor nedsatt følsomhet har vært en utfordring (Grøntvedt et al., 2016). FLS-avlusersystem, utviklet av Flatsetsund Engineering AS (FLS) og utprøvd av Marine Harvest Norway (MHN), består blant annet av en ejetorpumpe som kan brukes til både flytting av fisk og fjerning av lus. Nilsen et al. (2010) gjennomførte en pilotutprøving av systemet i 2010. Nåværende system skiller seg vesentlig fra dette, og det var derfor behov for å dokumentere fiskevelferd og avlusningseffekter av systemet slik det foreligger per i dag. Krav til velferdsdokumentasjon er gitt i Akvakulturdriftsforskriften § 20, hvor det står at nye metoder og tekniske løsninger skal være utprøvd og dokumentert forsvarlig i forhold til fiskevelferd før de tas i bruk. Prosjektet ble finansiert av FHF og gjennomført for å oppfylle forskriftskrav til fiskevelferdsmessig dokumentasjon samt for å dokumentere avlusningseffekter.

3. Prosjektets organisering og målsetting

Organisering

Prosjektet for dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF), prosjektnummer 901153.

Prosjektdeltakere

Marine Harvest AS
Flatsetsund Engineering AS
HaVet fiskehelsetjeneste AS
Veterinærinstituttet

Prosjektgruppe

Mattias Bendiksen Lind, HaVet (tidligere også Ragnhild Hanche-Olsen og Elisabeth Treines, begge HaVet)
Kristoffer Vale Nielsen, Veterinærinstituttet
Kristine («Stine») Gismervik, Veterinærinstituttet (prosjektleder)

Styringsgruppe

Henrik Trengereid, Marine Harvest ASA
Helge Stenbæk, Flatsetsund Engineering AS
Cecilie Skjengen, Lerøy Midt
Solveig Gåsø, Marine Harvest Norway AS
Kristine («Stine») Gismervik, Veterinærinstituttet, sekretær
Observatør:
Kristian Prytz, FHF ansvarlig

Mål

Dokumentasjonsprosjektet hadde som målsetting å dokumentere fiskevelferd og effekt mot lus av FLS-avlusersystem.

4. Gjennomføring og metodebeskrivelse

4.1 Utvelgelse og beskrivelse av lokaliteter/fiskegrupper

FLS-avlusersystem ble velferdsmessig dokumentert ved tre ulike matfisklokaliteter (tabell 1). For best å kunne vurdere rene effekter av teknologien, var det ønskelig at fisken skulle være frisk, uten kjente helsemessige problemer. I tillegg var det hensiktsmessig å inkludere fiskegrupper av ulik størrelse. Utvelgelsen av lokaliteter ble gjort i samråd med lokal fiskehelsetjeneste (HaVet AS). Alle merdene på en lokalitet ble behandlet, og en merd per lokalitet ble fulgt opp med utvidet velferdsregistrering (benevnes «forsøksmerden»). Det ble brukt luseskjørt på alle tre lokaliteter. Tillatelse til dokumentasjonsinnhentingen ble innhentet fra Mattilsynet i henhold til forsøksdyrregelverket.

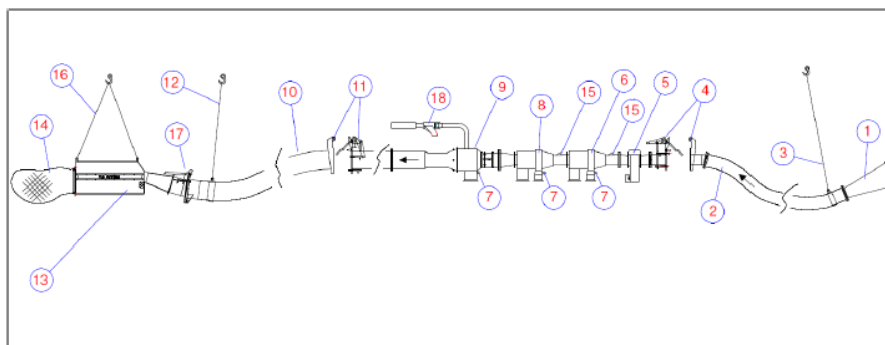
Tabell 1. Oversikt over gjennomføring av utprøving på tre ulike lokaliteter, forsøksmerden

Forsøks-lokalitet	Fisk	Antall fisk	Anlegg	Spyletrykk 1 (bar)	Spyletrykk 2 (bar)	Snittfart (m/s)	Dato
A	Laks (ca.4,6 kg)	118 534	120 m ring	0,25	0,30	1,8	01.12.15
B	Laks (ca. 2 kg)	145 657	160 m ring	0,25 og 0,20	0,20	3,7-4	04.07.16
C	Laks (ca. 2 kg)	145 723	160 m ring	0,25	0,25	1,8-1,9	22.08.16

4.2 FLS avlusersystem - teknisk beskrivelse og utbedringer

Dokumentasjonen av Flatsetsund Engineering AS sitt avlusersystem ble utført om bord på flåten Enabler One, som har fire linjer/rør for behandling av fisk. Hvert rør har en oppgitt kapasitet på 20-50 tonn per time og passeringstiden for fisken gjennom systemet er ca. 10 sekunder. Det er oppgitt at rørene har tre ulike og mindre optimaliseringer i forhold til opprinnelig oppbygging. Linje/Rør 4 er oppgitt å være den mest optimale, hvor det er innmontert pumper for å gi trykk til hver spyledyse. Til sammenlikning har de andre tre linjene kun en pumpe som betjener både trykk på ejektor og to spyledyser. Pumper og ventiler er PLS styrt. Anbefalt fiskestørrelse er inntil 4 kg (snittvekt). Hver behandlingslinje består av ulike bestanddeler, som vist i prinsippskissen under (figur 1). Totallengden på behandlingslinjene er ca. 25 meter. I korte trekk suges fisken inn i systemet via en trakt, for så å passere en veie/telle-enhet og to lavtrykksplylere (0,2 -0,8 bar). Det er egen avsiling av vann fra spyledysene som samles i et filter (700 µm) ved flåtesiden. Til slutt er det en avsilingskasse der fisk og vann skiller. Under avsilingskassen blir behandlingsvannet filtrert for lus gjennom en poseformet filterduk (700 µm) som ligger i vannet. Systemet er drevet av en ejektorpumpe. Fisken er i vann gjennom hele systemet fram til avsilingskassen, og det er slik ikke avsilingsmuligheter for rensesk. Systemet kan justeres med hensyn på vannhastighet og spyletrykk. Fisken blir overvåket med kamera gjennom passasjen i spyledysene for å regulere trykk og hastighet slik at fisken føres gjennom systemet uten å stoppe opp og slik forebygge spyleskader. Rørdimensjonen er oppgitt til DN250 på sugesiden og DN400 på leveringsiden.

Komponenttegning av én linje:



Beskrivelse:

1. Sugetrakt.
2. DN 250 gummislange med flenser.
3. Løfteåk.
4. Hurtigkupling.
5. FLS veie-/tellesystem.
6. Spyledyse nr.1
7. Trykktransmittere.
8. Spyledyse nr.2
9. Ejektor.
10. Leveringslange.DN400 m/flenser.
11. Hurtigkupling.
12. Løfestropp.
13. Luseavskiller.
14. Filterpose.
15. Overvåkningskamera.
16. Løfteåk.
17. Hurtigkupling.
18. Vakuumerings ejektor.

Figur 1. Prinsippskisse FLS-avlusersystem. Uttak av fisk for velferdsregistrering ble gjort under trengingen («før») og på avsiler etter spylelinjer.

Følgende endringer har blitt gjennomført underveis i testløpet.

- Etter utprøving lokalitet A: fjerning av øvre stang i enden av avsiler (figur 3)

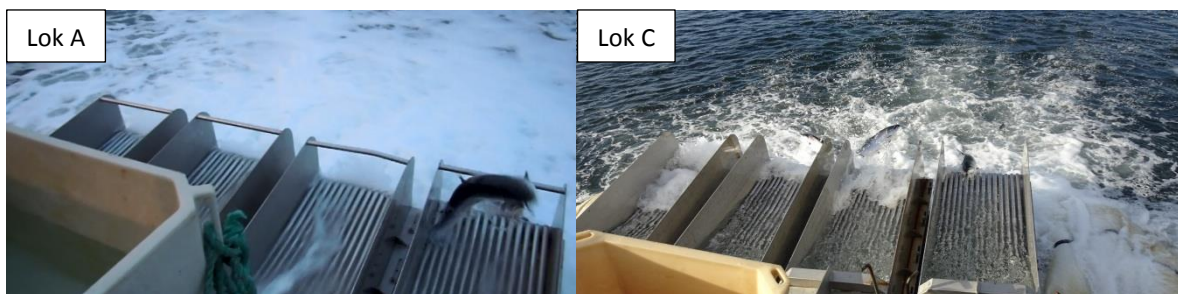
4.3 Prøvetakingspunkter og -metode

Det er utfordrende å få tatt opp et representativt utvalg av fisk fra store merder, og for stressmålinger er det viktig at selve prøveuttaket optimaliseres for å få et mest mulig korrekt bilde. På lokalitet A og C ble det prøvetatt fra merd før trenging i forbindelse med nullprøver kortisol fra forsøksmerden. Fisken ble da fanget med henholdsvis storhov (inntil 5 fisk per drag ble håvet enkeltvis fra denne) og liten orkastnot (10 fisk ble håvet enkeltvis fra denne og avlivet umiddelbart). En felles scoring av ytre skader i henhold til protokoll ble gjennomført for en kalibrering/kvalitetssikring mellom scoreteam (en og samme veterinær/fiskehelsebiolog scoret hele dagen pr. team).

På alle lokalitetene ble det fra forsøksmerden scoret fisk parallelt fra trengingen («før», se figur 2) og fra avsiler etter avlusing («etter», se figur 3). Uttak av fisk per prøvested ble gjennomført på forskjellige tidspunkt (under velferdsregistreringen: 20 fisk per gjentak) hvor to prøvetakingsteam alternerte mellom «før» og «etter». Dette for å balansere uttaket av fisk i forhold til tidsfaktoren under trenging, trengemåte (et til flere orkast ble satt før kulerekka benyttet direkte) og hvem som scoret (scoreteam). Ved uttak av fisk ble fisken håvet enkeltvis, med knutefri håv.



Figur 2. Uttakspunkt «før»: Tilfeldig utvalgte fisker ble håvet fra trengingen og direkte over i et bedøvelseskar før velferdsregistrering inklusiv lusetelling. Bilde ble tatt på lokalitet A. Foto: K. Gismervik



Figur 3. Uttakspunkt «etter»: Avsiler FLS-avluser. Tilfeldig utvalgte fisker ble håvet direkte over i et bedøvelseskar før velferdsregistrering. Bildet fra lokalitet A viser at avsilerne hadde en øvre stang ved enden som flere fisker traff. Stangen ble fjernet i testløpet, se bilde lokalitet C, og her vises også deler av filterposen til oppsamling av lus som ligger i vannet helt til høyre. Foto: K. Gismervik

4.4 Velferdsregistrering, ytre skader

Havforskningsinstituttets skjema for vurdering av fiskevelferd ved utprøving av ny teknologi ble lagt til grunn for registrering og utvelgelse av velferdsparametere i studien. Velferdsprotokollen er videreutviklet i Veterinærinstituttet under praktisk erfaring i liknende dokumentasjonsprosjekter av ny teknologi, blant annet er det laget en velferdsplakat til feltbruk som beskriver den enkelte score med bilder og forklaring. På fisk i forsøksmerden ble det registrert akutte ytre skader på gjeller, hud, øyne, finner og snute, rett før og etter FLS-avlusersystem og ukentlig inntil 3 uker etter utprøvdagen. Det ble scoret 40-80 fisk per uttakssted. Se vedlegg 1 for kriterier for vurdering av slike skader. Scoringen ble utført av to team pr. lokalitet, bestående av en veterinær/fiskehelsebiolog fra lokal fiskehelsetjeneste og en veterinær/fiskehelsebiolog fra Veterinærinstituttet som deltok alle utprøvdager. En av veterinærene/fiskehelsebiologene scoret både utprøvdagen og oppfølgingsdagene på lokaliteten, mens det av praktiske årsaker var litt ulikt personell mellom lokaliteter.

4.5 Blodparametere (kortisol, laktat og glukose)

På lokalitet A og C ble det tatt blodprøver for vurdering av stressrespons. Nullprøver av 10 ustressede fisk ble tatt før trenging utprøvdagen. Det ble benyttet henholdsvis storhåv og liten orkastnot for prøveuttak. Det var fokus på rask håving og avliving (direkte hodeslag) av en og en fisk, og blodprøven ble tatt umiddelbart etter avliving. Blodprøvetatt fisk ble veid og målt, og i tillegg ble det foretatt en velferdsregistrering på fisken. Oppfølgende blodprøver av fisk ble tatt «etter»; hhv 5 fisk fra hver av rør/linje 4 og 3, så 10 fisk fra uttakssted «før» og til slutt et gjentak av hhv 5 fisk fra hver av rør/linje 4 og 3 (totalt 10 fisk per rør som ble prøvetatt). Dagen etter ble 10 fisk fra merd prøvetatt for kontroll av nedregulering av stressrespons. Det ble benyttet vakutainerrør (Venosafe, Li-Heparin + Gel, Terumo) ved blodprøvetaking.

Blodprøvene ble sentrifugert innen 45 minutter etter uttak. Blodplasma ble fryst før innsendelse til Universitetet i Nord for analysering av kortisol, ved RIA metode etter Iversen et al. (1998). På lokalitet A ble det på utprøvdagen målt glukose og laktat ved bruk av håndholdt utstyr (Lactate Pro™2 Laktatmåler, Accu-Chek® glukosemåler) på de samme fiskene som ble blodprøvetatt for kortisol. På lokalitet B ble det målt laktat «før» og «etter», grunnet tidspress kun 5 fisk pr. gruppe.

4.6 Innsamling av data

Følgende data ble registrert på forsøkslokalitetene:

1. Daglige registreringer i alle merder i perioden 2 uker før og inntil 3 uker etter utprøvdagen:
 - Antall fisk
 - Antall døde (lokalitet C har også inkludert rensefisk)
 - Utfôring
 - Spesielle hendelser som kunne indikere at fiskehelse og velferd var påvirket

2. Lusetall

På den utvalgte merden på forsøkslokalitetene ble det samtidig med velferdsregistrering utført lusetelling på utprøvdagen og på dag 7,14 samt dag 21 (kun lokalitet B) etter denne.

3. Andre registreringer, deriblant vannkvalitet

Der oksygen ble logget under trengingen, ble målte verdier samlet inn. I tillegg ble det samlet inn data over temperatur og sultetider, og eventuelle algeforekomster.

4.7 Histopatologiske analyser

På lokalitet A og C ble det tatt ut gjelleprøver for histologi fra 5 fisk fra forsøksmerden før trenging (0-prøver), 5 fisk rett etter avlusing og 5 fisk 1 dag etter. På lokalitet B ble det tatt ut 5 fisk før og 5 fisk rett etter avlusing. Veterinærinstituttets rutiner for fremføring av snitt ble fulgt. Snittene ble avlest i lysmikroskop. Funn gjort ved rutinemessig diagnostisk undersøkelse av formalinfikserte gjeller ble oppsummert. Bildeanalyse eller eksakte kvantitative registreringer ble ikke utført. Fiskehelsetjenesten tok ut egne histopatologiske organprøver i forbindelse med økt dødelighet på lokalitet A. Disse ble analysert av Fish Vet Group.

4.8 Statistiske analyser

All deskriptiv og statistisk analyse ble kjørt i programmet R, versjon 3.3.1.

Velferdsregistreringer

Forskjell i velferdsscore i de ulike gruppene; «merd», «før», «etter», «1 uke» og «2 uker» og «3 uker» (kun lokalitet B) er analysert ved poisson-regresjon, hver lokalitet for seg selv. Quasi-poisson-fordeling ble benyttet, for å tillate noe større spredning i dataene enn ved en vanlig poisson-fordeling. Dersom alle observasjonene for noen kategorier har bare null-observasjoner, kan regresjonsmodellen få problemer med å estimere parameterne. I disse tilfellene (noen av sammenligningene for gjelleblødning og katarakt) brukte vi isteden en ikke-parametriske Wilcox-test (med kontinuitets-korreksjon) for å teste forskjeller mellom gruppene. Når det gjelder finneskader ble det gjennomført en oppsummering (summen av score over alle finner for hver fisk) før statistisk testing ved bruk av regresjon.

Analysene ble kjørt for hver lokalitet separat, men p-verdiene fra de tre lokalitetene ble justert for multippel testing ved bruk av funksjonen `p.adjust` (og Holms metode) i R for hver velferdsregistreringskategori som ble analysert. Katarakt ble bare sammenlignet «før» mot «etter». Det var totalt 10 p-verdier som ble justert for multippel testing ved sammenligning «før» og «etter» og totalt 9 p-verdier ved sammenligningen av «etter» og «uke 1», «etter» og «uke 2» og «etter» og «uke 3» (kun lokalitet B). Figurene angir andel fisk (%) med angitt score pr. lokalitet, samt pr. rør totalt for alle tre forsøkslokaliteter.

Lusetall

Signifikans av antall lus sammenlignet med «før», testet ved å kjøre regresjon (quasi-Poisson familie). I tillegg er det benyttet smittepressmodeller (Kristoffersen et. al, 2014) for å se på smittepress i behandlingsperioden.

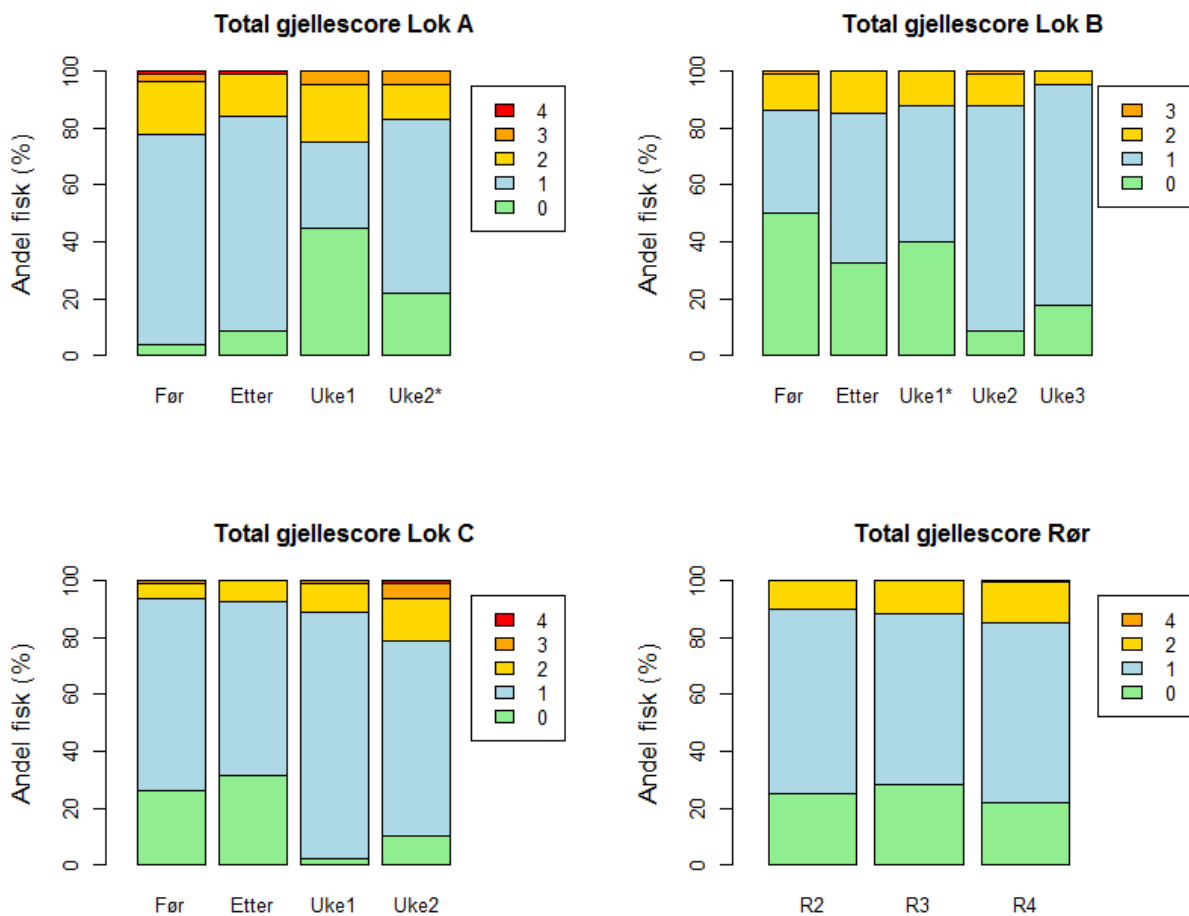
Kortisol, laktat, glukose

Boxplot og punkt plott (ved få prøver) ble brukt for å gi en deskriptiv fremstilling av nivåene «før»/«etter» samt dagen etter i forhold til hvile. På lokalitet A og C ble det benyttet p-verdier fra regresjonsanalyse for å beskrive endringer i kortisol. For laktat og glukose ble det benyttet regresjonsanalyse for å sammenlikne nivåene «før»/«etter» i forhold til hvile (lokalitet A) og «før» sammenliknet med «etter» (lokalitet B).

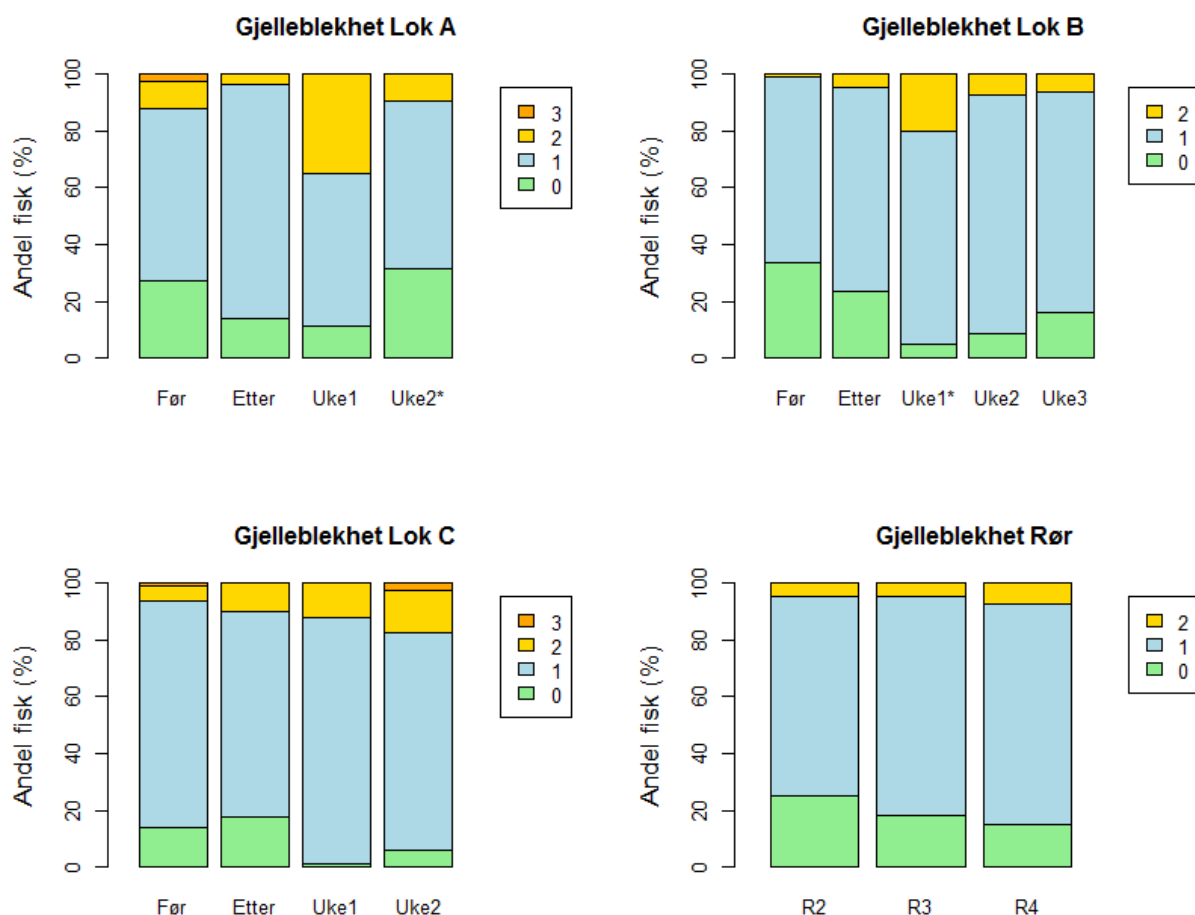
5. Resultater

5.1 Velferdsregistrering

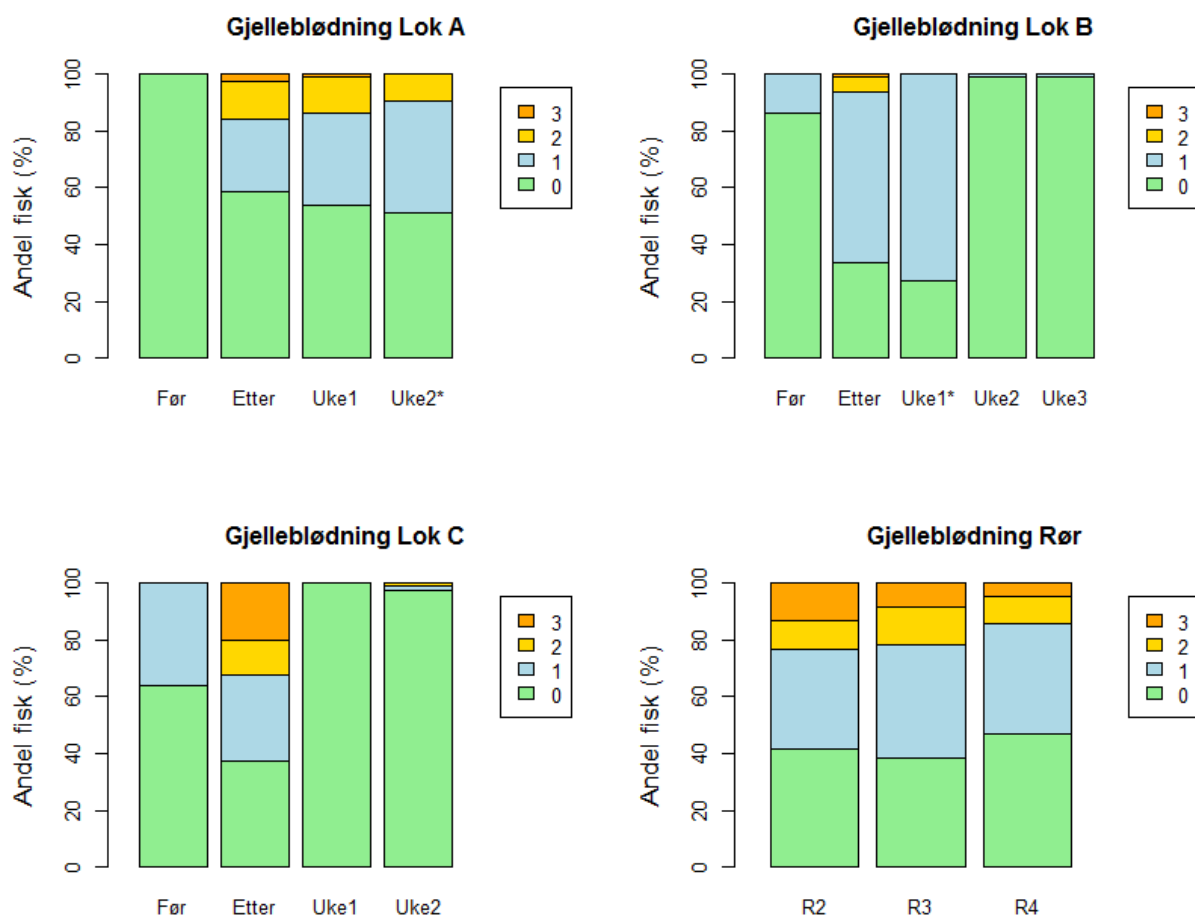
Resultatene av den ytre velferdsregistreringen på fisk fra forsøksmerden på de tre forsøkslokalitetene (A, B, C) er oppsummert i figur 5. I den statistiske analysen av velferdsregistreringer er hovedfokus akutte skader som en følge av FLS-avlusersystemet på behandlingsdagen (målepunkter «før» og «etter»), men det er også analysert for effekter etter 1, 2 og 3 (kun lokalitet B) uker for å vurdere skader over tid. Figurene angir andel fisk (%) med angitt score pr. lokalitet, og i tillegg er det laget en figur som angir score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, for å vise eventuelle forskjeller mellom rør.



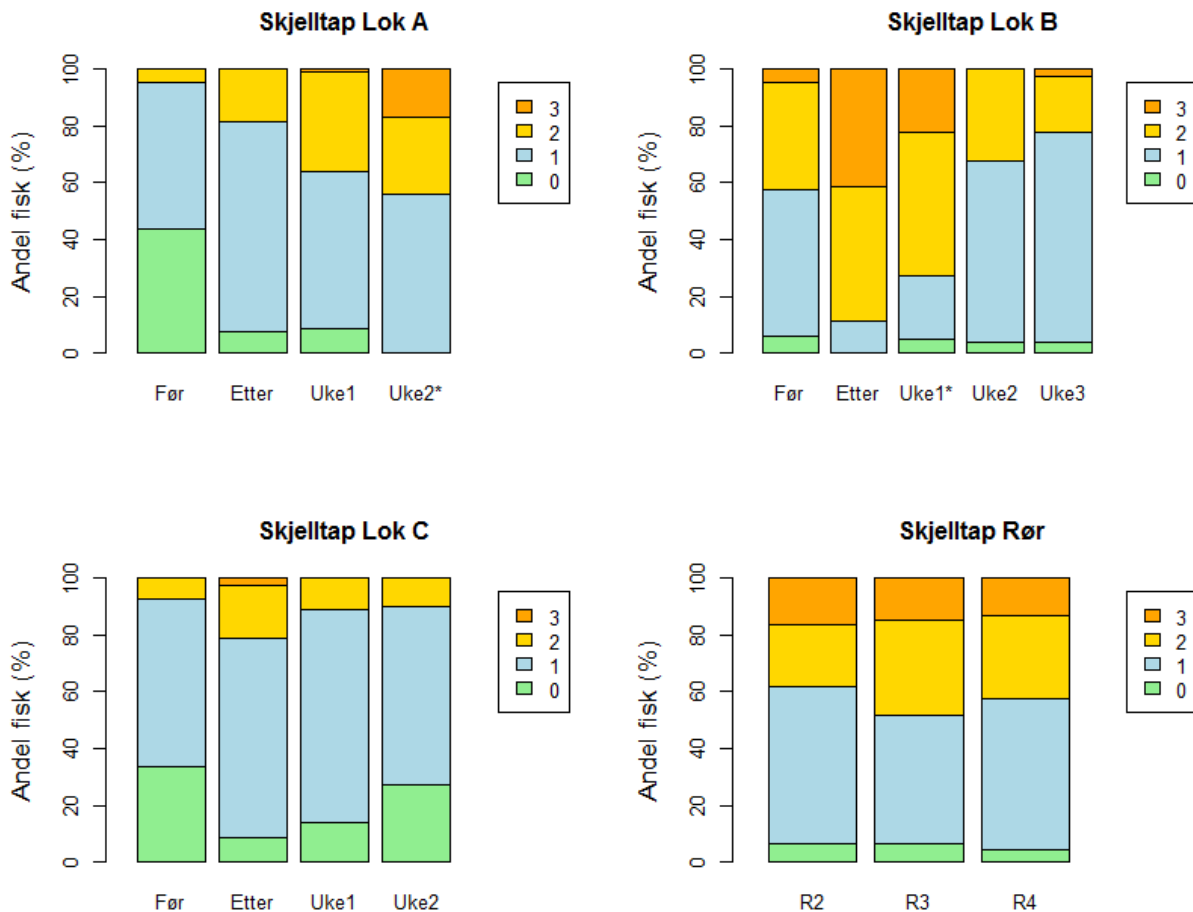
Figur 5 a). Andel (%) total gjellescore på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = normal. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. Det var ingen endring i total gjellescore mellom «før» og «etter» på noen av lokalitetene eller mellom rør. På lokalitet A var det en signifikant forbedring av gjellescore fra «før» til «uke 1» ($p=0.001$, justert $p=0.005$), mens endringen mellom «etter» og «uke 1» ikke var like tydelig ($p=0.03$, justert $p=0.18$). Lokalitet B viste forverring av score fra «etter» til «uke 2» ($p=0.04$, justert $p=0.05$). Lokalitet C viste en signifikant forverring av total gjellescore fra «før» til «uke 1» ($p=0.002$, justert $p=0.01$), samt «etter» til «uke 1» ($p<0.001$, justert $p=0.001$), og «etter» til «uke 2» (p og justert $p<0.001$).



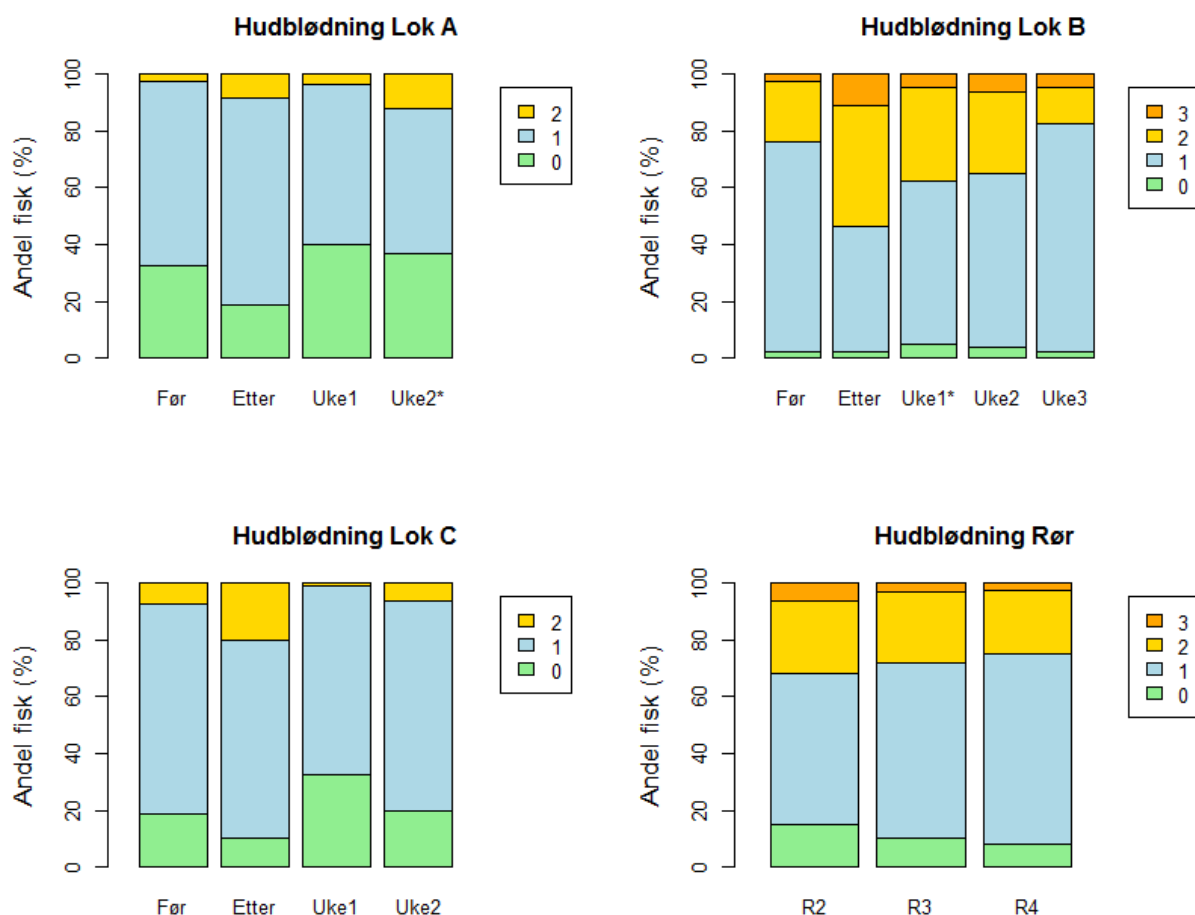
Figur 5 b). Andel (%) gjelleblekhet på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = normal. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. Ved sammenlikning av gjelleblekhet «før» og «etter» var det kun lokalitet B som viste en svak tendens til økt blekhet ($p=0.05$, men justert $p=0.20$), men tendensen var ikke til stede ved sammenlikning av kun rør 4 på «etter» ($p=0.23$ og justert $p=0.70$). Lokalitet A viste signifikante forskjeller i gjelleblekhet fra «før» til «uke 1» ($p<0.001$ og justert $p=0.002$) og fra «etter» til «uke 1» ($p<0.001$ og justert $p=0.007$). Lokalitet B viste signifikante forskjeller mellom «før» og «uke 1» (p og justert $p<0.001$) og «etter» og «uke 1» ($p<0.001$ og justert $p=0.004$), samt «etter» og «uke 2» ($p=0.02$ og justert $p=0.05$). Lokalitet C viste signifikant forskjell mellom «etter» og «uke 1» ($p=0.01$ og justert $p=0.05$) og «etter» og «uke 2» ($p=0.006$ og justert $p=0.02$).



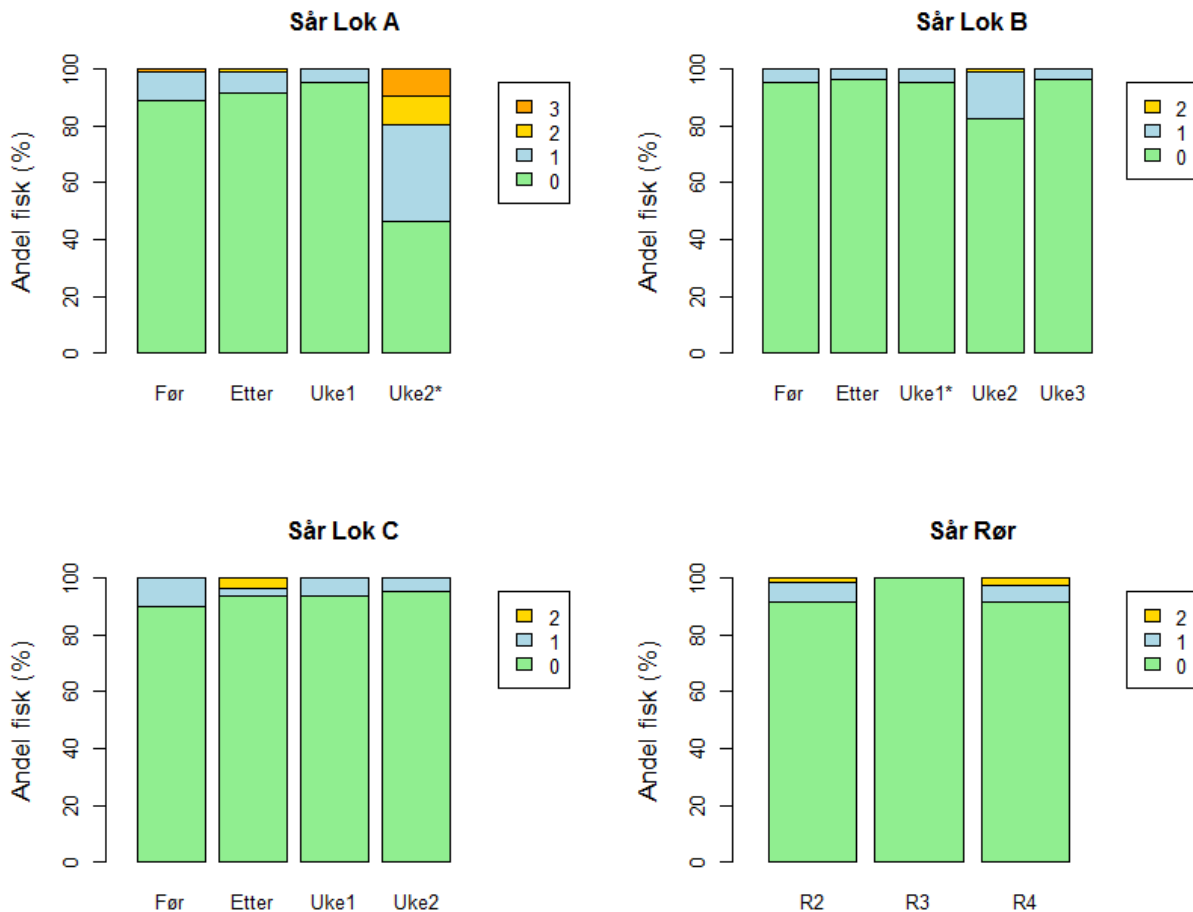
Figur 5 c). Andel (%) gjelleblødning på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted «før», «etter», «uke 1», «uke 2» og «uke 3». Bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = ingen gjelleblødning. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. På alle lokalitetene ble det funnet signifikant økt gjelleblødning fra «før» til «etter» behandling (p og justert p<0.001). På lokalitet A kunne denne effekten spores også i påfølgende uker (p og justert p<0.001), mens det på lokalitet B kunne sees en effekt på uke 1 som så forsvant (p og justert p<0.001). På lokalitet C ble det ikke registrert gjelleblødninger på uke 1 og uke 2 sammenliknet med «før» og «etter» (p og justert p<0.001).



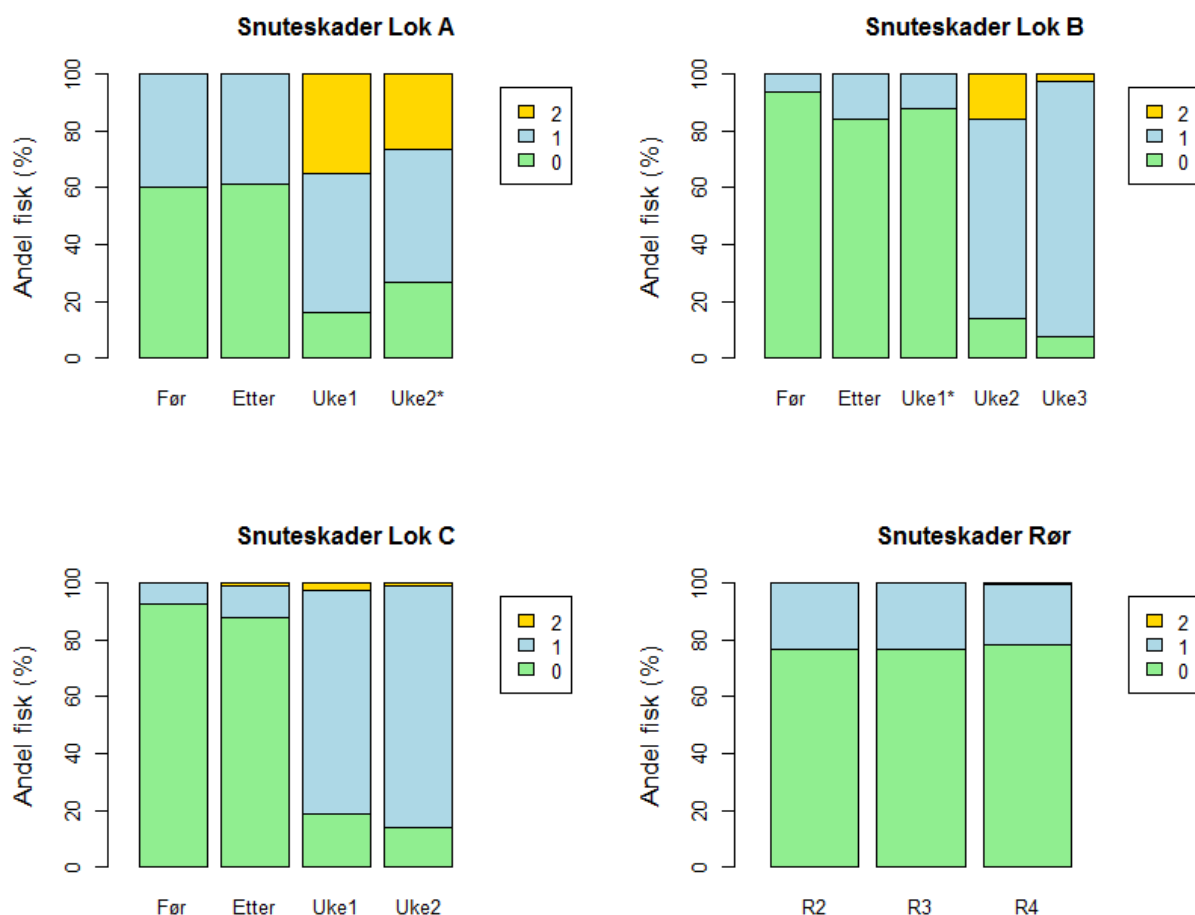
Figur 5 d). Andel (%) skjelltap på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = ingen tapte skjell. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. Alle tre lokaliteter viste signifikant økt skjelltap fra «før» til «etter» behandling (p og justert $p < 0.001$). Lokalitet A viste en signifikant forverring også fra «etter» til «uke 2» ($p < 0.001$ og justert $p = 0.002$). Lokalitet B viste derimot en bedring i skjelltap på «uke 1» sammenliknet med «etter» ($p = 0.006$ og justert $p = 0.04$), dog fortsatt en forverring sammenliknet med «før» (p og justert $p < 0.001$). Sammenliknet med «etter» viste «uke 2» og «uke 3» mindre skjelltap (p og justert $p < 0.001$). Lokalitet C viste bedring i skjelltap på «uke 2» sammenliknet med «etter» ($p < 0.001$ justert $p = 0.004$), mens «før» sammenliknet med «uke 1» viste $p = 0.008$ og justert $p = 0.03$.



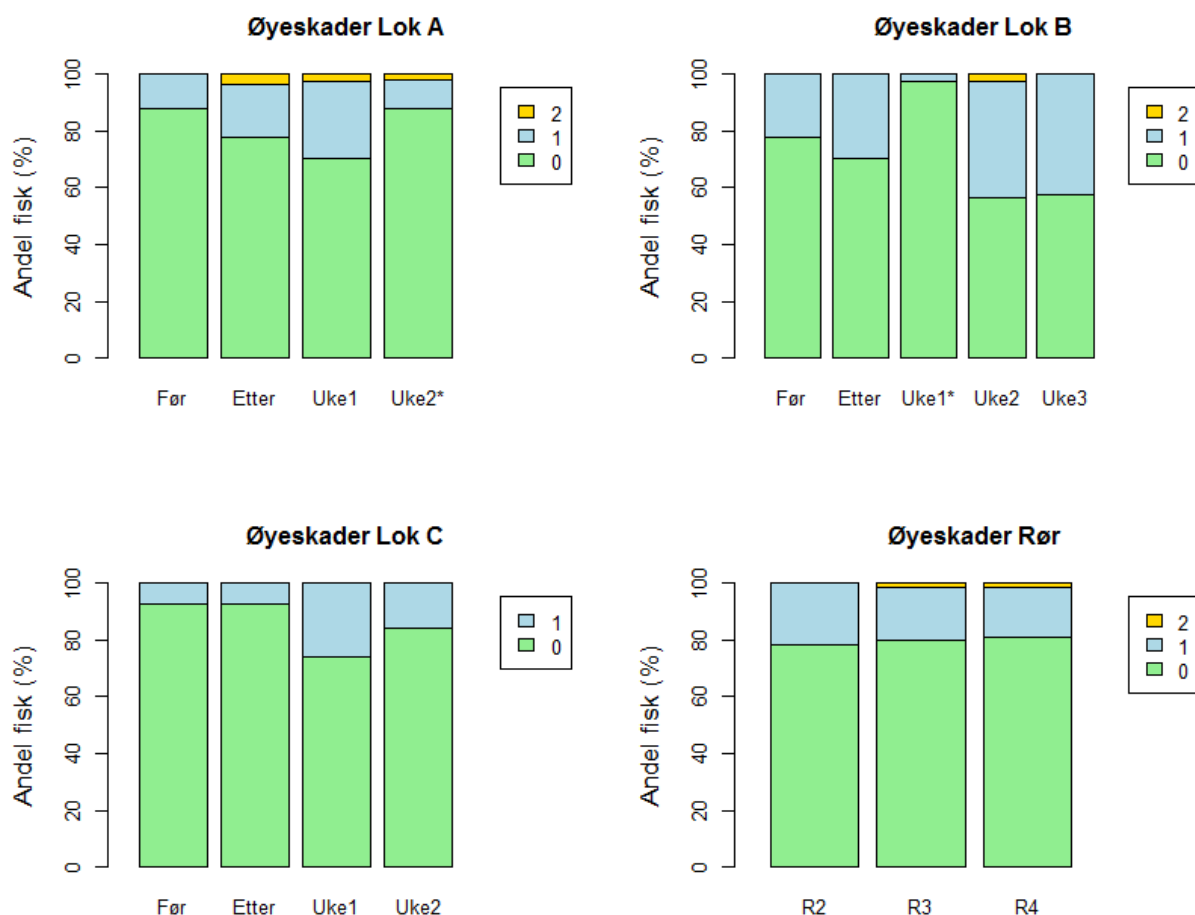
Figur 5 e). Andel (%) hudblødning på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = ingen hudblødning. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. Lokalitet A viste en svak tendens til mer hudblødning «etter» sammenliknet med «før» ($p=0.03$, justert $p=0.21$) og en signifikant forbedring på «uke 1» sammenliknet med «etter» ($p=0.003$, justert $p=0.03$). Lokalitet B viste signifikant økt hudblødning «etter» sammenliknet med «før» avlusing ($p<0.001$ og justert $p=0.001$), men dette var minst tydelig på rør 4 ($p=0.01$ justert $p=0.07$). Sammenliknet med «etter» ble det sett en signifikant forbedring på uke 2 ($p=0.02$ og justert $p=0.05$) og på uke 3 (p og justert $p<0.001$). Lokalitet C viste en svak tendens til mer hudblødning «etter» sammenliknet med «før» ($p=0.01$ og justert $p=0.10$). Det var signifikant mindre hudblødning på «1 uke» sammenliknet med «før» ($p=0.01$ justert $p=0.03$) samt på «uke 1» (p og justert $p<0.001$) og «uke 2» ($p=0.006$ og justert $p=0.02$) sammenliknet med «etter».



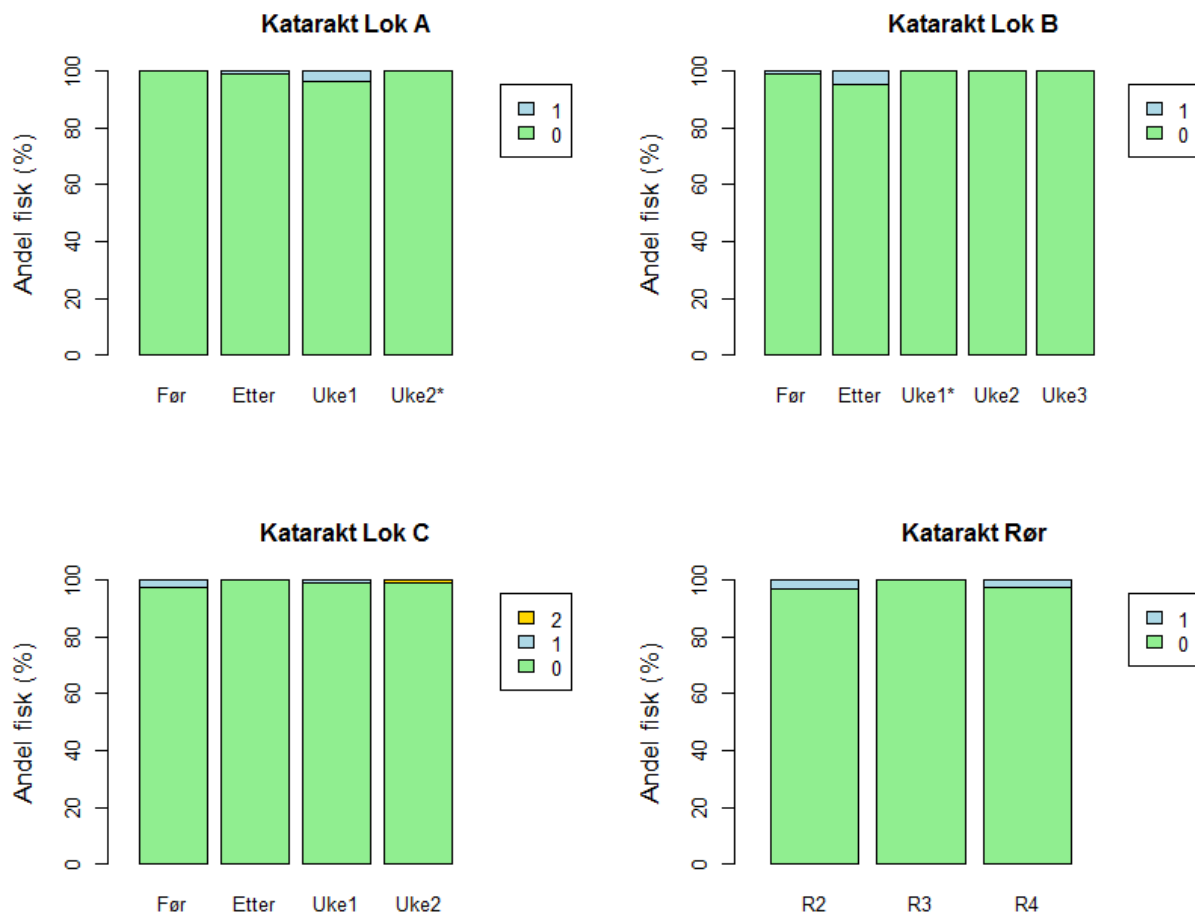
Figur 5 f). Andel (%) sår på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = ingen sår. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. Ingen påviste forskjeller i sår mellom «før» og «etter» avlusing ble påvist, men lokalitet A viste en signifikant økning på «uke 2» sammenliknet med «etter» (p og justert $p < 0.001$). Lokalitet B viste en liten forverring i sår ved «uke 2» sammenliknet med «etter» ($p = 0.01$, justert $p = 0.04$).



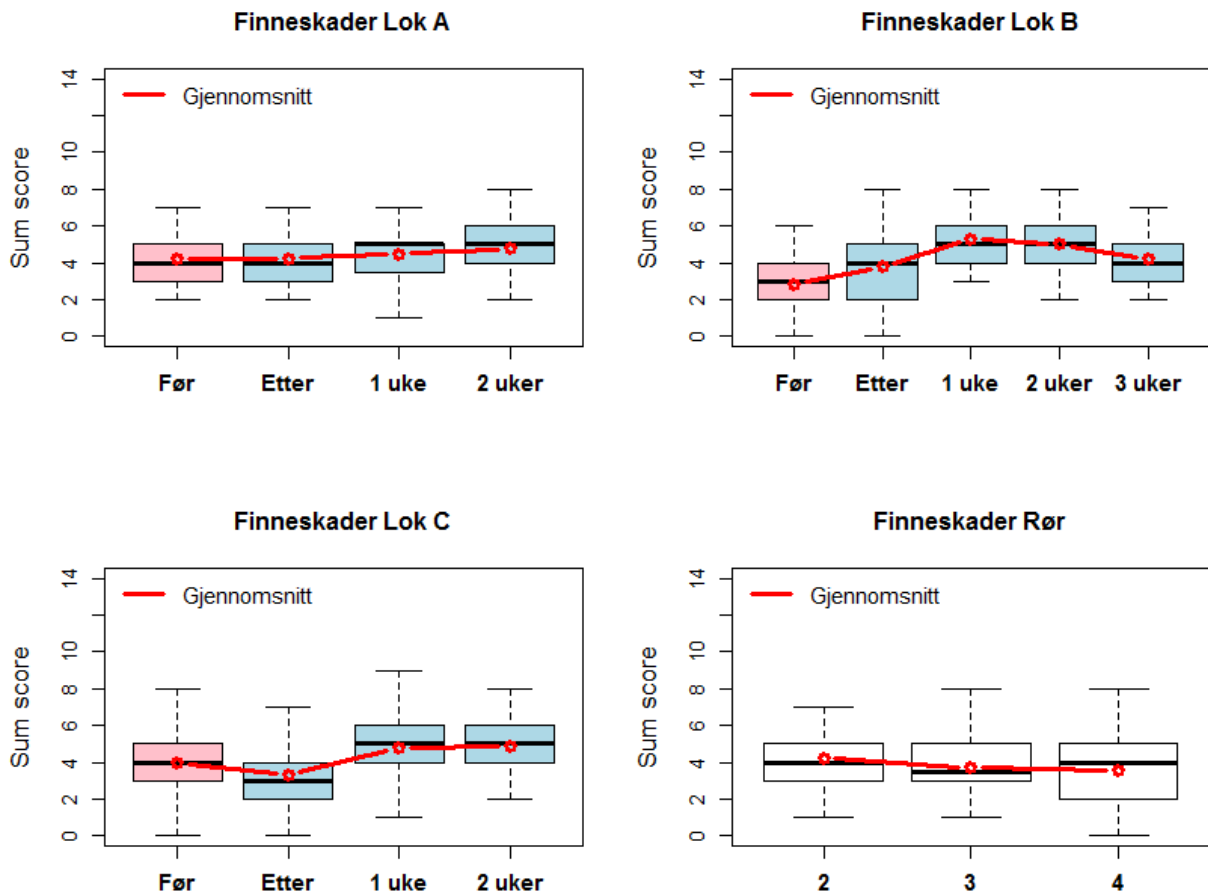
Figur 5 g). Andel (%) snuteskader på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = ingen snuteskade. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. På lokalitet A ble det vist økt snuteskader på «uke 1» og «uke 2» ved sammenlikning av «før»/»etter» (p og justert $p < 0.001$). Lokalitet B viste en forverring i snuteskader ved sammenlikning av «etter» og «2 uker» samt «3 uker» (p og justert $p < 0.001$). Lokalitet C viste signifikant økt snuteskader ved «1 uke» og «2 uker» sammenliknet med «før» og »etter» (p og justert $p < 0.001$).



Figur 5 h). Andel (%) øyeskader på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = ingen øyeskade. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. Det var en mindre økning i øyeskader fra «før» til «etter» avlusing på lokalitet A ($p=0.005$ og justert $p=0.04$) og en signifikant økning fra før til «uke 1» ($p<0.001$ og justert $p=0.001$). Lokalitet B viste signifikant mindre øyeskader «uke 1» sammenliknet med «før» og «etter» (p og justert $p<0.01$), mens det sammenliknet med «etter» var mer øyeskader på «2 uker» ($p=0.006$, justert $p=0.03$). Lokalitet C viste økt øyeskade på «1 uke» sammenliknet med «før» og «etter» (p og justert $p<0.001$). Det samme gjaldt på «uke 2» ($p=0.02$, justert $p=0.03$).



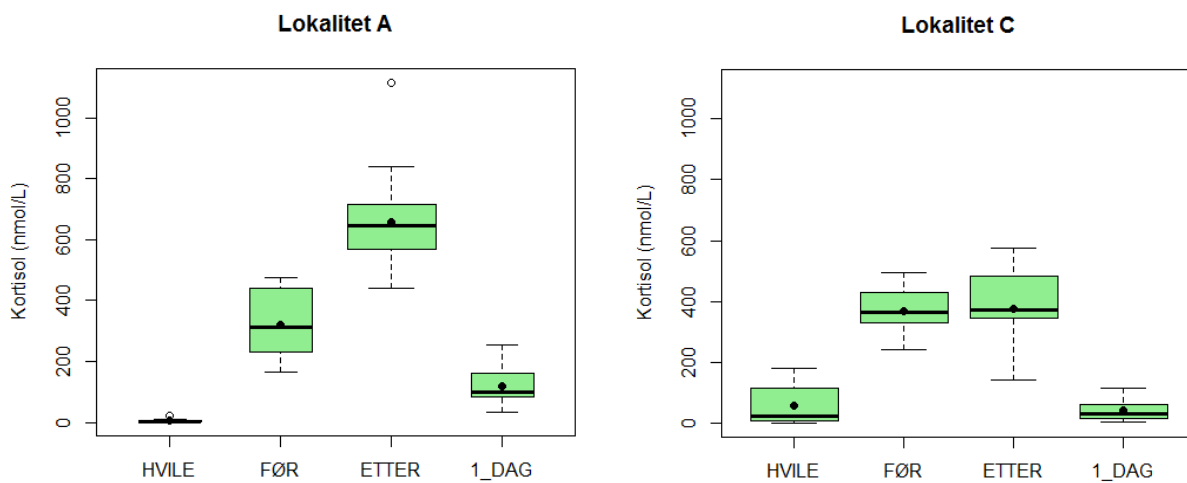
Figur 5 i). Andel (%) katarakt på fisk fra de tre forsøkslokalitetene. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (begge merket med *) hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Fargekoder angir andel fisk i de ulike kategoriene, kategori/score 0 = ingen katarakt. Siste figur viser andel score «etter» pr. rør samlet for alle tre lokaliteter, totalt 60 fisk prøvetatt per rør 2 og rør 3, 120 fisk prøvetatt fra rør 4. Det var ingen signifikante endringer fra «før» til «etter».



Figur 5 j). Vurdering av finneskader, boxplot viser fordelingen av sum score finneskader med median verdi (svart linje) og 25 og 75 percentil vises som boks. Totalt 80 fisk ble undersøkt per uttakssted, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B hvor man av praktiske årsaker fikk scoret kun 40 fisk. Lokalitet A viste mindre tendenser til økt sum score finneskader etter 2 uker sammenliknet med «før» ($p=0.02$) og «etter» ($p=0.04$), men endringen var ikke signifikant (justert $p>0.25$). På lokalitet B var finneskader «etter» signifikant høyere enn «før» (p og justert $p<0.001$). Skilt på rør, var det likevel ingen forskjell på rør 4 (justert $p=0.11$). Sum score finneskader «1 uke» og «2 uker» er signifikant høyere enn «etter» (for begge p og justerte p -verdier < 0.001). Lokalitet C: Sum score finneskader viser tendenser til lavere score «etter» enn «før» ($p=0.01$, justert $p=0.09$), men høyere score ved «1 uke» og «2 uker» (p og justert $p<0.001$) sammenliknet med «etter». Hvis vi skiller på RØR, så er det bare RØR 4 som har signifikant lavere score enn «før» ($p=0.002$ og justert $p=0.01$). Sammenliknet med «før» var det høyere score etter «1 uke» og «2 uker» ($p<0.001$ og justert $p<0.01$).

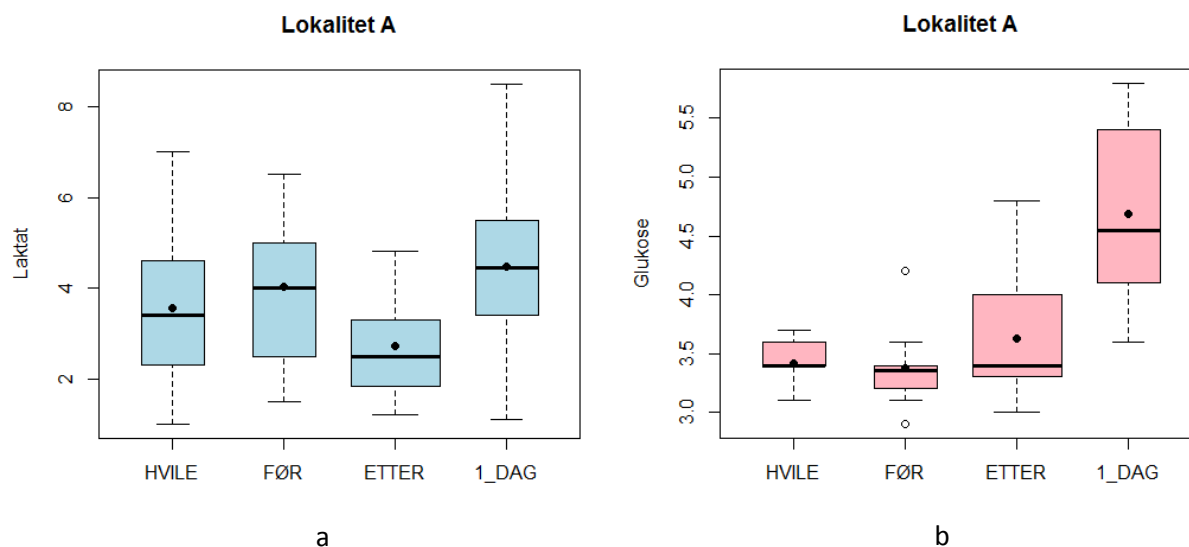
5.2 Kortisol

I tillegg til kortisolprøver ble det også foretatt lengde og vekt mål, samt en ytre velferdsregistrering på fisken (ikke vist).

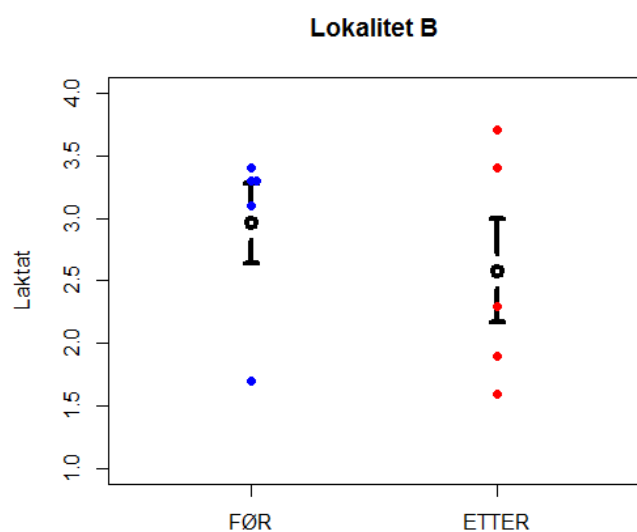


Figur 6. Boxplot viser fordelingen av kortisolverdier på lokalitet A og C. Pr. uttakssted representerer boksene 10 fisk, bortsett fra «etter» på lokalitet A hvor det ble prøvetatt 20 fisk (10 fra hvert av rør 4 og 3, her er de vist sammen da det var ingen signifikant forskjell i kortisolnivå mellom dem). Gjennomsnittet er markert som et svart punkt, median som en svart linje og 25 og 75 percentil vises som boks. Verdiene er oppgitt i nmol/L. På lokalitet A viser alle tidspunkt høyere kortisolnivåer sammenliknet med «hvile» ($p < 0,0001$). Sammenliknet med «før» er kortisolnivåer signifikant høyere «etter» ($p < 0,001$), mens de er signifikant lavere etter «1 dag» ($p < 0,001$). På lokalitet C var det høyere kortisolnivåer «før» og «etter» ($p < 0,0001$) sammenliknet med hvile og etter «1 dag».

5.3 Laktat og glukose



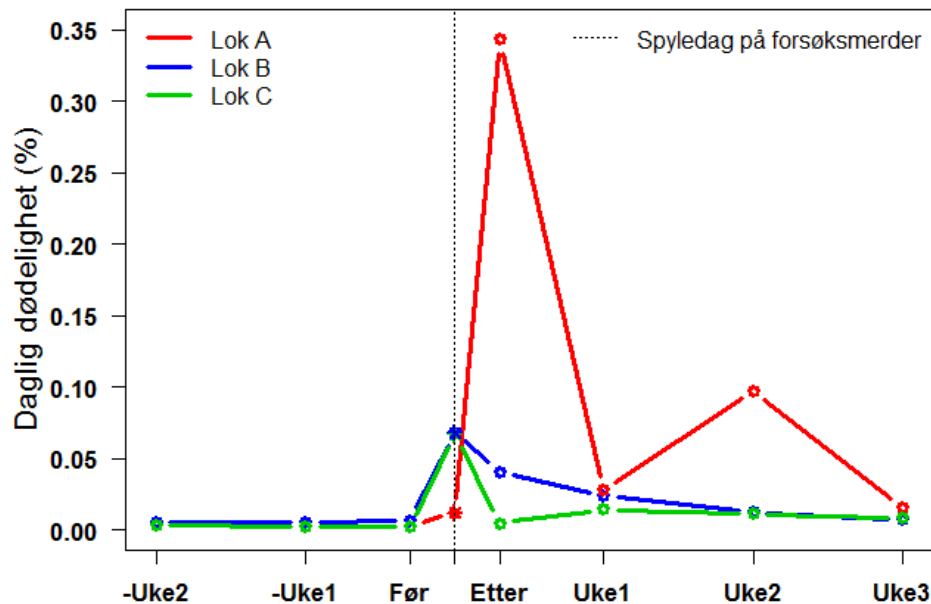
Figur 7. Boxplot viser fordelingen av a) laktat- og b) glukosemålinger gjort på de samme 10 fiskene per uttakssted (bortsett fra «etter» hvor det ble prøvetatt 10 fisk fra hvert av rør 4 og 3 (totalt 20), her vist sammen da det var ingen signifikant forskjell i nivåer mellom dem). Gjennomsnittet er markert som et svart punkt, median som en svart linje og 25 og 75 percentil vises som boks. Verdiene er oppgitt i mmol/L, fullblod analysert. På lokalitet A var det ingen signifikante forskjeller i laktatnivåer sammenlignet med «hvile». Laktatnivåer var lavere «etter» sammenlignet med «før» ($p=0.04$). Det var høyere glukosenivåer etter «1 dag» sammenliknet med «før» og «hvile» ($p<0,0001$).



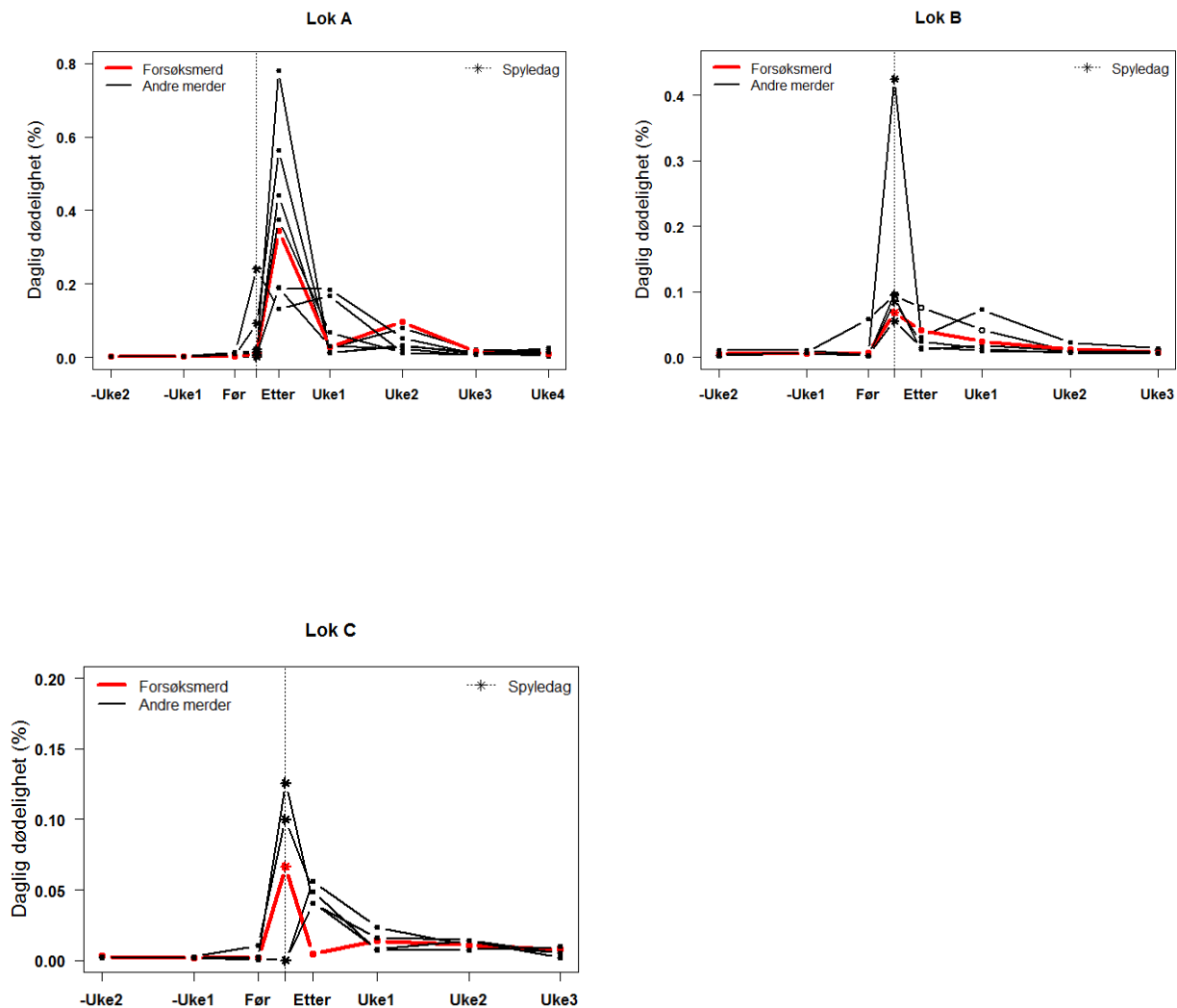
Figur 8. Rød og blå punkter viser laktatverdier fra 5 fisk «før» og 5 fisk «etter» FLS avluser på lokalitet B, verdier oppgitt i mmol/L. Gjennomsnitt med standardfeil vises også (svart punkt og linje). Ingen signifikant forskjell mellom «før» og «etter».

5.4 Dødelighet

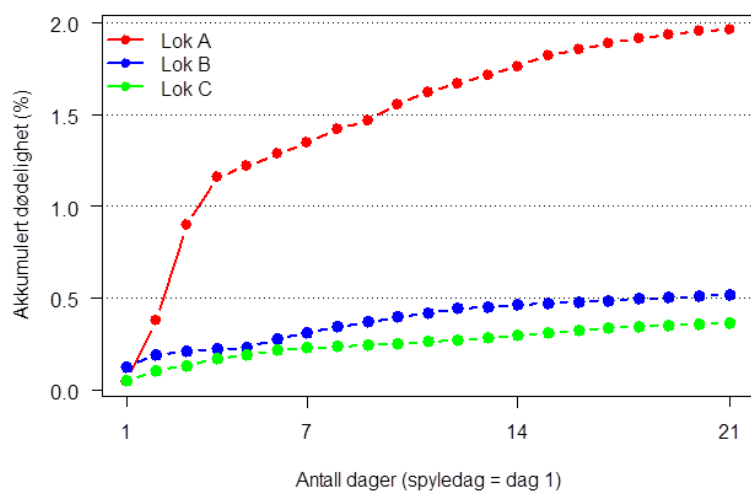
Dødelighet registret på laks er gjengitt i figur 10 og 11. Når det gjelder rensefisken på lokalitet C økte antall registrerte døde rognkjeks med en faktor på inntil 5 ganger i behandlingsperioden på lokalitetsnivå, sammenliknet med perioden en til to uker før og en til to uker etter behandlingsperioden. Tallgrunnlaget over rensefiskdødelighet viste uregelmessigheter i registreringer, og kan derfor kun brukes som en indikasjon og er ikke vist grafisk.



Figur 9. Gjennomsnittlig daglig dødelighet (%) i utvalgt forsøksmerd fra 2 uker før til 3 uker etter utprøvningsdag på lokalitet A, B og C. «Før» og «etter» representerer gjennomsnittet av de tre dagene henholdsvis før og etter utprøvningsdagen, og selve behandlingsdagen er angitt med stiplet linje. Detaljert velferdsundersøkelse ble gjennomført på fisk fra de tre utvalgte forsøksmerdene.



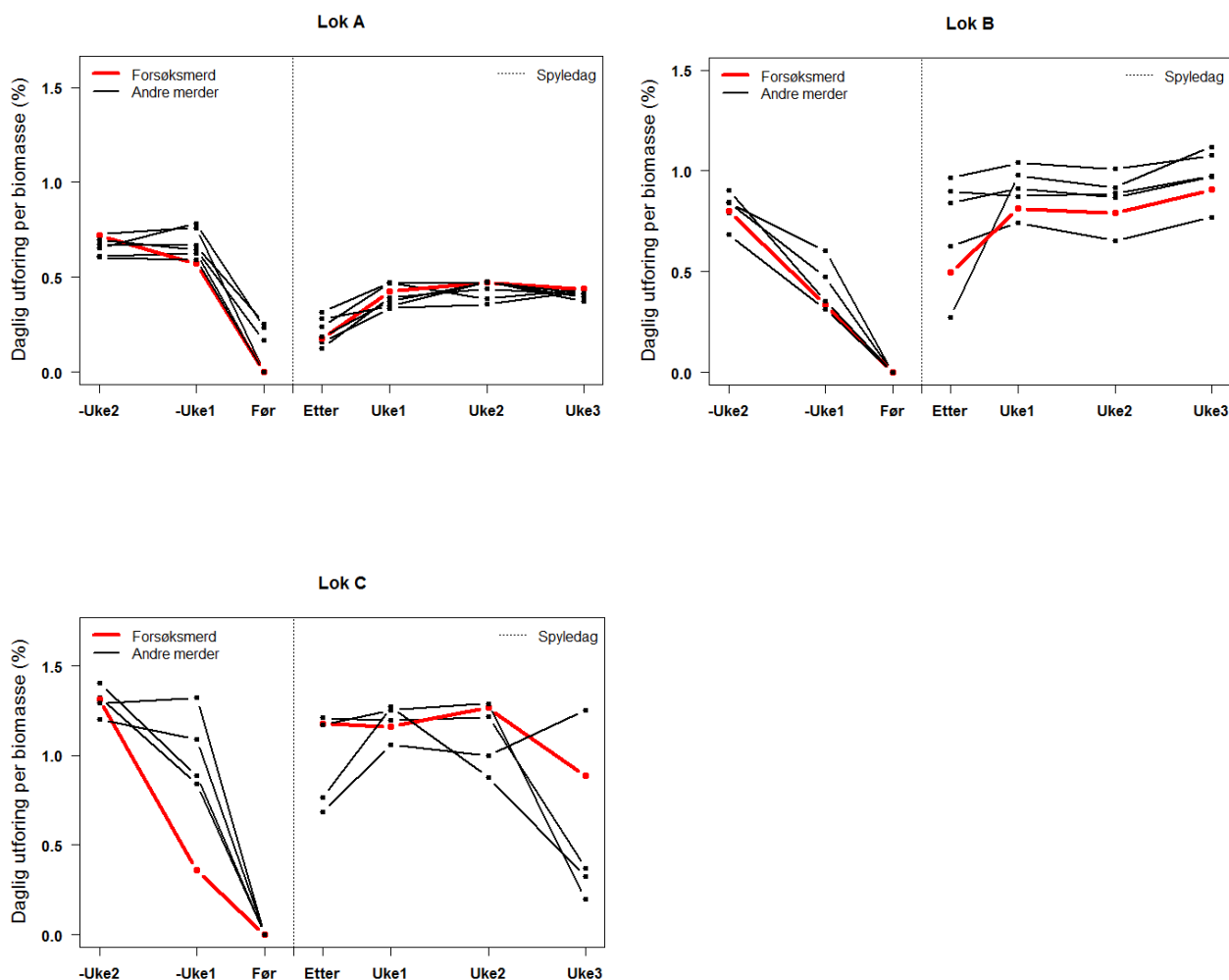
Figur 10. Gjennomsnittlig daglig dødelighet (%) i alle merder fra 2 uker før til inntil 4 uker etter behandling på lokalitet A, B og C. Dødeligheten er vist i forhold til behandlingsdagen på den enkelte merd. Alle merder på lokalitet A og B ble behandlet i løpet av en 6 dagers periode, lokalitet C ble behandlet i løpet av 8 dager. Tilfeldig utvalgt forsøksmerd hvor det ble utført detaljert velferdsundersøkelse er markert i rødt, øvrige merder er markert i svart. For bedre å kunne lese av dødelighetsprosenten på merdnivå er det grafisk benyttet ulik dødelighetsskala mellom lokalitetene. «Før» og «etter» representerer henholdsvis et snitt av tre dager før og tre dager etter spyledag (merket med stiplede linje).



Figur 11. Akkumulert dødelighet (%) på lokalitetsnivå for tre uker etter avlusing med FLS-avlusersystem, der dag 1 er spyledagen. Daglig gjennomsnittlig dødelighet i to ukers perioden før behandling var på lokalitetsnivå ca. 0.002 % (Lok A og C) og 0.006 % (Lok B).

5.5 Utfôring - forsøkslokaliteter

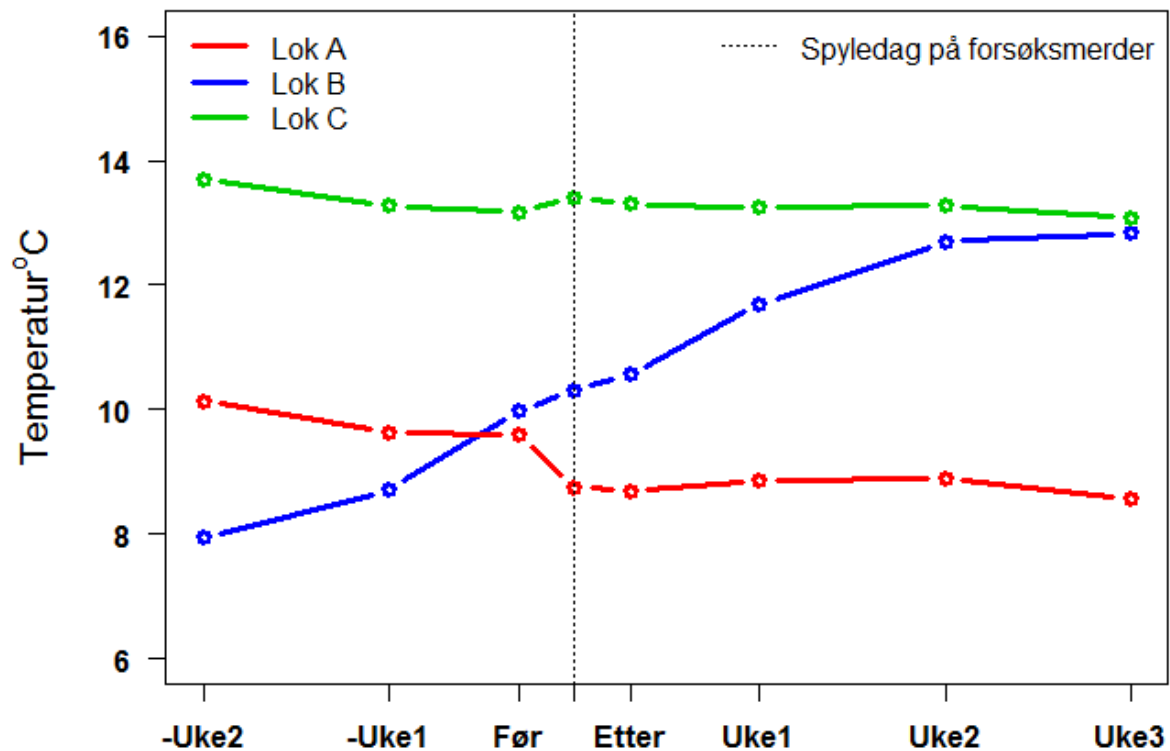
Som et mål på appetitt vises her utfôring per merd 2 uker før og inntil 3 uker etter behandlingsdagen. Det var noe ulik sultetid før avlusing mellom merder og mellom lokaliteter (sultetid i snitt på lokalitetsnivå gitt i parentes); lokalitet A sultet fisken 2-4 dager (28 døgngrader), lokalitet B i 5-7 dager (55 døgngrader) og lokalitet C i 2-7 dager (61 døgngrader).



Figur 12. Gjennomsnittlig daglig utfôring per biomasse (%) fra 2 uker før til 3 uker etter avlusingsdag på den enkelte merd på lokalitet A, B og C. Utvalgt forsøksmerd hvor det ble utført detaljerte velferdsregistreringer er vist i rødt. På lokalitet C skyldtes nedgangen på uke 3 en ny sulteperiode i forbindelse med ny avlusing.

5.6 Vanntemperatur og oksygenlogging

Utprøvingene ble gjort på ulike årstider (for dato, se tabell 1), temperaturer angitt i figur 13. Oksygen ble logget samt tilsatt under trengingen på forsøksmerdene. Oksygenivåer på lokalitet A lå i snitt rundt 84 % (variasjonsbredde 73-90 %) og lokalitet B 104 % (variasjonsbredde 104-106 %), lokalitet C 93 % (variasjonsbredde 71-105 %) under avlusing.

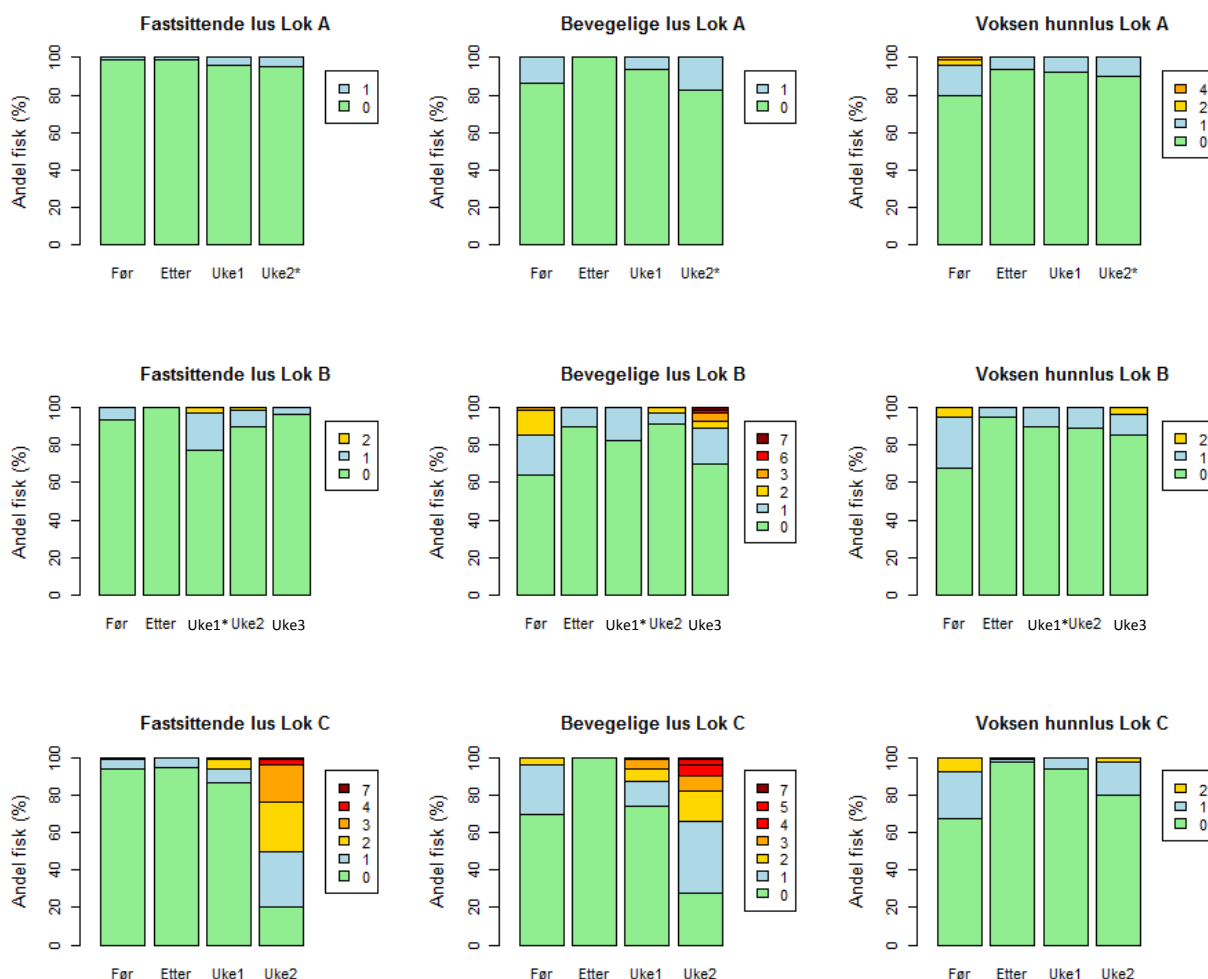


Figur 13. Gjennomsnittlig sjøtemperatur, målt to ganger i døgnet på 5 meters dyp, der «før» og «etter» referer til utvalgt forsøksmerd på lokalitet A, B og C.

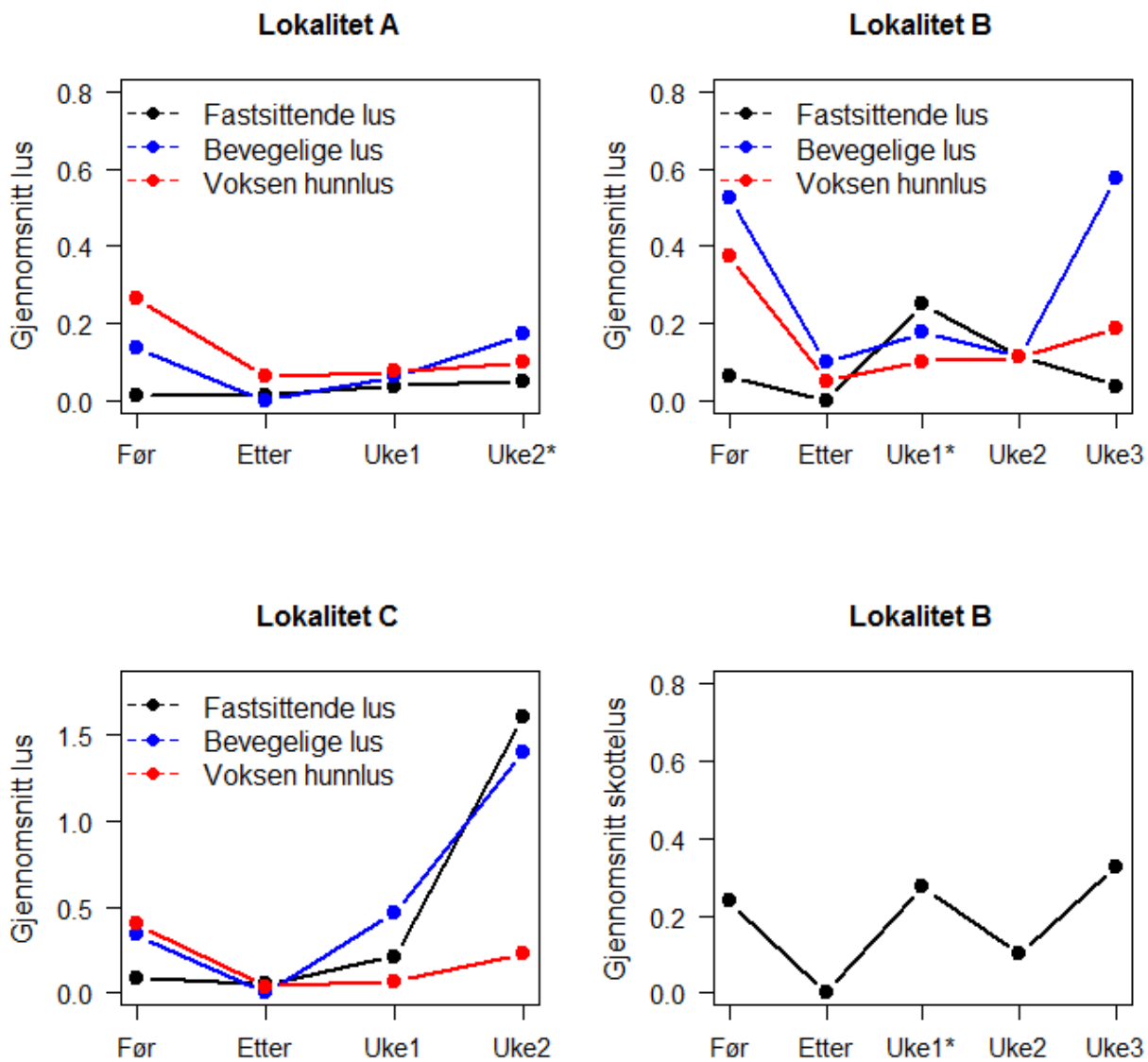
5.7 Lusetall - forsøksmerd

Tabell 2. Gjennomsnittlig lusenivå og avlusningseffekt fra «før» til «etter» avlusning behandlingsdagen på utvalgt forsøksmerd. Lusetellingen ble gjennomført på 80 fisk både «før» og «etter».

Lokalitet	Bevegelige lus- snitt		Avlusningseffekt	Voksne hunnlus- snitt		Avlusningseffekt
	FØR	ETTER	bevegelig lus (%)	FØR	ETTER	voksne hunnlus (%)
A	0,14	0	100 %	0,26	0,06	76,2 %
B	0,53	0,10	81,0 %	0,38	0,05	86,7 %
C	0,34	0	100 %	0,40	0,04	90,6 %



Figur 14. Andel fisk (%) med fargekoder som viser hvor mange lus som er talt på forsøksmerden, spesifisert på fastsittende og bevegelige stadier og voksne kjønnsmodne hunnlus på lokalitet A, B og C. Areal illustrerer andel av fisk innenfor kategorier med x antall lus. De fleste fisk har null lus, men ved noen tidspunkter er det enkeltfisker med mange lus. Det er talt på 80 fisk pr. gang, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (merket med *) hvor det av praktiske årsaker ble talt på 40 fisk.



Figur 15. Gjennomsnittlig antall lakselus pr. lusestadium på forsøksmerden «før», «etter» samt i ukene etter behandling med FLS-avlusersystem på lokalitet A, B og C. På lokalitet B vises også gjennomsnittlig antall skottelus. Det er talt på 80 fisk pr. gang, bortsett fra uke 2 på lokalitet A og uke 1 på lokalitet B (merket med *) hvor det av praktiske årsaker ble talt på 40 fisk. På lokalitet A er det signifikant færre kjønnsmodne hunn lus «etter» ($p=0.004$) og på «uke 1» ($p=0.007$) sammenliknet med «før». Bevegelige lus reduseres til 0 på «etter», mens det ikke lenger er signifikant færre bevegelige lus på «uke 1» ($p=0.14$) sammenliknet med «før». På lokalitet B er det sammenliknet med «før» færre bevegelige og kjønnsmodne hunn lus «etter» ($p<0.01$), på «1 uke» (hhv $p=0.007$ og $p=0.01$) og på «2 uker» ($p<0.01$). Kjønnsmodne hunn lus er fortsatt redusert etter 3 uker ($p=0.03$) sammenliknet med «før». På lokalitet C er det sammenliknet med «før» signifikant færre kjønnsmodne hunn lus «etter» ($p<0.01$), på «uke 1» ($p<0.01$), og på «uke 2» ($p=0.05$). Bevegelige lus reduseres til 0 på «etter», mens både fastsittende og bevegelige lus øker på «uke 2» sammenliknet med «før».

5.8 Histologi

Lokalitet A

N=15. Det ble funnet sparsomme forandringer i nesten all fisk.

Med unntak av en fisk merket "0-prøver", ble det påvist en del lameller med apikal epitel-/slimcelleproliferasjon i alle fisker, mens det fantes noen få til enkelte små foci med tydelig lamellær epitelproliferasjon samt vaskulær fibrose, som trolig var i forbindelse med eldre blodkarskader, i 9 fisk, blant annet 2 fisk i gruppe "0-prøver", 3 fisk i gruppe "etter" og 4 fisk i gruppe "1 dag etter". Det ble påvist akutte lamellære blødninger i fisk i alle grupper. Det var henholdsvis 3, 4 og 2 fisk i gruppe "0-prøver", "etter" og "1 dag etter", som viste forekomst av noen få til enkelte lameller med blødninger. I gruppe "1 dag etter" var det en fisk som viste forekomst av rikelig med lameller med akutte blødninger distalt i filamenter.

Diagnoser: Gjelleproliferasjon. Gjelleblødninger

Kommentarer: Med unntak av den siste fisken i gruppe "1 dag etter", er gjelleblødningene trolig ikke assosiert med behandlingen.

Lokalitet B

N=10

Før behandling: Det ses sparsom (3 av 5) og sparsom til moderat (2 av 5) grad av gjellebetennelse (branchitis), moderat grad av telangieektasi (1 av 5), clubbing (5 av 5), sparsomt epitel hyperplasi (1 av 5), fokalt til sparsomt trombosering (2 av 5), sparsom grad av epiteliocystis (2 av 5), stuvning (1 av 5), fokalt epitel løfting (1 av 5) og fokalt ødem (1 av 5).

Etter behandling: Det ses sparsom grad av gjellebetennelse (4 av 5), moderat grad av telangieektasi (1 av 5), clubbing (4 av 5), sparsomt epitel hyperplasi (2 av 5), sparsom grad av trombosering (2 av 5), små blødning i filament (2 av 5), ingen til sparsomt degenerasjon (1 av 5), stuvning (1 av 5), sparsom (3 av 5) og sparsom til moderat (1 av 5) grad av ødem, og stagnert blod rundt gjeller (1 av 5).

Sykdomsdiagnoser: Ikke påvist Sykdomsdiagnoser 6 av 10 gjeller. Påvist epiteliocystis i 2 av 5 gjeller. Påvist gjellebetennelse (branchitis) i 2 av 5 gjeller. Påvist telangieektasi, gjeller i 2 av 5 gjeller.

Lokalitet C

«0-prøver» - 5 stk: I fire av gjelleprøvene var det kraftig stuvning sentralt i filamentene og fra lite til mer uttalt akutte blødninger i en del sekundærlameller. I den siste gjelleprøven ble det kun påvist en lite uttalt irritasjon i gjellevevet. Gjellevevet syntes ellers uten anmerkning histologisk.

«Etter» - 5 stk: Svært likt bilde som i 0-prøvene; med stuvning og varierende grad av akutte blødninger i sekundærlameller i alle fem prøver. En del blod liggende rundt gjellevevet i snittene. Gjellevevet syntes ellers uten anmerkning histologisk.

«1 dag etter - 5 stk»: I fire av gjelleprøvene ble det påvist stuvning og mer utbredt med akutte blødninger i sekundærlameller i vevet, enn i de to forrige gruppene. En del blod liggende rundt gjellevevet i snittene. I en av disse ble det også påvist ett område med irritasjon i vevet (kun fokalt). I den siste gjelleprøven var det kun enkelte sekundærlameller med akutt blødning. Gjellevevet syntes ellers uten anmerkning histologisk.

Kommentar: Det ble ikke påvist parasitter, sopp eller kolonisering av bakterier i noen av prøvene. Til å være stor fisk var det lite gjelleirritasjon generelt å se i prøvene. Erfaringsmessig kan slike akutte blødninger også oppstå i forbindelse med avlivning, og histologisk kan vi ikke skille mellom dette og reelt oppståtte akutte blødninger i sekundærlamellene.

6 Diskusjon

FLS avlusersystem er teknologi som er utviklet for å kunne gi ikke-medikamentell avlusing av oppdrettslaks. Akvakulturdriftsforskriften § 20 stiller krav om at nye metoder og tekniske løsninger skal være utprøvd og funnet velferdsmessig forsvarlig før de tas i bruk. I dette dokumentasjonsarbeidet har det blitt registrert direkte (dyrebaserte) velferdsindikatorer og det er innsamlet miljøbaserte/indirekte velferdsindikatorer som temperatur og oksygenforhold, for å måle hvordan systemet påvirker fisken under 3 utprøvinger. Velferdsvurderingen baserer seg på velferdsindikatorer samt erfaringer fra teknologien i drift, og vurderingen er utført av veterinærer/fiskehelsebiologer fra Havet fiskehelsetjeneste og Veterinærinstituttet.

6.1 Ytre skader på fisk

Det er velkjent at fisk har økt risiko for å bli påført ytre skader i håndteringssituasjoner. Det har her vært fokusert på å observere i hvilken grad teknologien forårsaker akutte ytre skader på gjeller, hud, øyne, finner og snute og i hvilken grad slike skader også observeres inntil 3 uker etter håndteringen. Det er en utfordring å prøveta et tilfeldig utvalg av fisk fra en stor merd. De mest hensiktsmessige målepunktene for teknologien ble vurdert å være signifikante endringer mellom «før» (under trenging) og «etter» punktet (avsiler på spylelinja) utprøvd dagen. Slik prøveuttaket ble gjennomført var det i praksis fisk med lik trengetid som ble prøvetatt begge steder. Signifikante forskjeller mellom «etter» og de neste ukene må tolkes med større varsomhet, da det i oppfølgingsfasen kan være andre faktorer som også påvirker fisken samt at selve prøveuttaket er mer utfordrende når fisken ikke pumpes/trenges. Oppfølgingen kan likevel gi en indikasjon på utviklingen av ytre skader.

Total gjellescore sier noe om fiskens gjellestatus, og er i praksis en scoring av forandringer på gjelleoverflata identifisert som «lyse flekker». Det var ingen signifikante endringer mellom «før» og «etter» behandling på noen av lokalitetene eller mellom rør på selve behandlingsdagen. På lokalitet C ble det funnet en signifikant økning særlig i mildeste score på «uke 1» når man sammenliknet med «før» (justert $p=0.01$) og «etter» (justert $p=0.001$). Sammenliknet med «etter» viste «uke 2» i tillegg en økning i score 2 og 3 (justert $p < 0.001$). Lokalitet B viste økning i mildeste total gjellescore på «uke 2» sammenliknet med «etter» (justert $p=0.05$). Lokalitet A viste overraskende en signifikant forbedring særlig av mildeste grad av total gjellescore fra «før» til «uke 1» (justert $p=0.005$). Da endringen mellom «etter» og «uke 1» ikke var like tydelig ($p=0.03$, justert $p=0.18$), kan man ikke utelukke at dette er tilfeldigheter og man kan også se at lokalitet A hadde blekere gjeller og mer uttalte gjelleblødninger på samme tidspunkt, noe som kan ha påvirket scoringen. Det var høyere behandlingsdødelighet ved lokalitet A sammenliknet med de andre lokalitetene (se figur 9 og 10), noe som også kan ha påvirket selve fiskegruppen.

Det ble på alle lokaliteter funnet signifikant økt gjelleblødning fra «før» til «etter» behandling (justert $p < 0.001$, se figur 5 c), og det er sannsynliggjort at teknologien kan ha forårsaket dette. Varigheten man kunne registrere spor etter blødninger samt alvorlighetsgraden varierte mellom lokaliteter. På lokalitet C ble det avdekket flest alvorlige gjelleblødninger (grad 3) etter avlusing, og særlig i en kortere periode hvor det ble kjørt mye fisk igjennom kunne man også se at bedøvelsesvannet ble klart rødfarget av blod (figur 16). Da trengingsgrad og spyletrykket ble redusert, bedret dette bildet seg, og det ble ikke registrert gjelleblødninger på fisken i ukene etter behandling på denne lokaliteten. På lokalitet A med størst fisk (snitt på 4,6 kg) og kaldest temperaturer (se fig. 13), kunne spor etter gjelleblødninger sees både på uke 1 og 2 etter behandling (justert $p < 0.001$). Det er også verdt å merke seg at spyledyse 2 var innstilt på et høyere trykk på den utvalgte forsøksmerden på lokalitet A (0,30 bar), sammenliknet med forsøksmerkene på lokalitet B (0,20 bar) og lokalitet C (0,25 bar). På lokalitet B så man milde spor av gjelleblødninger også på «uke 1», men ikke på «uke 2» og «uke 3». På lokalitet B ble det på slutten av behandlingsdagen registrert at flere levende laks (registrert på 8 fisker) hadde blødninger på innsiden av gjellelokket (se figur 17 b) på «etter», men dette ble ikke registrert systematisk på alle.

Når det gjelder gjelleblekhet var det ikke tydelige forandringer «etter» sammenliknet med «før» avlusing. Gjelleblekhet kan være vanskeligere både å score og tolke (Gismervik et al., 2016), og kanskje særlig her

hvor det samtidig ble registrert akutte gjelleblødninger. Det ble påvist økt blekhet på «uke 1» på lokalitet A og B (justert $p < 0.01$) og lokalitet C (justert $p = 0.05$). I tillegg var det på «uke 2» en signifikant økt blekhet på lokalitet B (justert $p = 0.05$) og lokalitet C (justert $p = 0.02$). Akutte blødninger etter avlusing behandlingsdagen kan være en mulig forklaring på at økt grad av gjelleblekhet ble registrert i etterkant.



Figur 16. Alvorlige gjelleblødninger (grad 3) som ble registrert på fisken på lokalitet C kunne i en kort periode også sees som «rødt vann» i bedøvelseskaret. Foto: K. Gismervik

Fisk fra alle tre lokaliteter viste signifikant økt skjelltap «etter» sammenliknet med «før» på behandlingsdagen (justert $p < 0.001$). Selv om det på grunn av laksens fart over avsileren var mer krevende håving «etter», er det sannsynlig at avlusingsoperasjonen har forårsaket skjelltap. Det ble oppgitt at større mengder skjell også samles opp i filterposen sammen med lus. Til sammenlikning påviste Grøntvedt et. al (2015) skjelltap på behandlingsdagen på kun 1 av 4 lokaliteter under et utprøvningsløp gjennomført på Thermolicer.

Lokalitet A med de kaldeste temperaturene viste en signifikant forverring av skjelltap på «uke 2» (justert $p = 0.002$), hvor det også ble registrert en høyere andel alvorlige skjelltap (18 % viste grad 3). Signifikant økning i skjelltap i ukene etter operasjoner er også vist å kunne inntreffe i andre dokumentasjonsløp av nye teknologier som er utprøvd i vinterhalvåret (Gismervik et al., 2016). På lokalitet B ble det registrert et høyt innslag av alvorlige skjelltap også etter avlusing selve behandlingsdagen (score 3 økte med 36 %). Det er tidligere vist at blant annet trenging kan gi skjelltap (Espmark et al., 2015). Sammenliknet med de andre lokalitetene ble det på lokalitet B registrert mer skjelltap også på «før». Det kan ikke utelukkes at fisken hadde noe mer skjelltap i utgangspunktet, men man ser tendenser til at skjelltapet økte med tidsfaktoren. Dette kan henge sammen med at selve trengingen på lokalitet B ble vurdert som tøff i perioder (basert på adferd i kastet), noe det også ble gitt tydelig beskjed om og justert underveis. Midtveis ble det også en pause, da det ble oppdaget noe død fisk etter behandling, men det ble besluttet å fortsette behandling med redusert spyletrykk på den første spyleren. Lokalitet B viste en signifikant forbedring i skjelltap på «uke 1» sammenliknet med «etter» (justert $p = 0.04$), men fortsatt en forverring og med større innslag av alvorlig skjelltap (grad 3) sammenliknet med «før» (justert $p < 0.001$). Fra og med «uke 2» etter behandling var det ingen signifikante forskjeller i skjelltap sammenliknet med «før». På lokalitet C var det signifikant forbedring i skjelltap på «uke 2» sammenliknet med «etter» (justert $p = 0.004$). Selv om mindre sår i hudlaget raskt kan heles under optimale forhold, vil nok ikke erstatningsskjellet være ferdig utvokst og mineralisert på kun 2 uker (Takle et al., 2015). Man kan likevel ha scoret mindre tapte enkeltskjell på grunn av rask innvekst av epitelceller og påbegynte helingsprosesser, noe som vil gjøre skjelltapet mindre synlig.

Det var lokalitet B med alvorligst skjelltap som viste en signifikant økning i hudblødning på «etter» sammenliknet med «før» (justert $p=0.001$), mens de andre lokalitetene kun hadde svake tendenser. Hudblødninger sees ofte i sammenheng med skjelltap, og i tillegg kan det at fisken mistet beskyttende skjellag i trengingen ha gitt økt hudblødning gjennom avlusingen. Det ble sett en signifikant forbedring i hudblødninger fra «uke 2» (justert $p=0.05$). Til sammenlikning viste både lokalitet A og C reduksjon i hudblødninger på «uke 1» sammenliknet med «etter» (justert p var henholdsvis 0.03 og <0.001).

Til tross for økt skjelltap på fisk fra alle utvalgte forsøksmerder og for lokalitet B også påviste hudblødninger, så ble det ikke påvist noen utstrakt sårutvikling bortsett fra på «uke 2» på lokalitet A (justert $p<0.001$). Nedadgående temperaturer vinterstid kan gi forsinket sårheling, og det er kjent at håndtering kan gi vintersårproblematikk. Dette kan være forklaringen på forskjeller i sårutvikling mellom lokalitetene. Lokalitet B viste en mindre utvikling av grad 1 sår på «uke 2» sammenliknet med «etter» (justert $p=0.04$), men dette var ikke lengre synlig på «uke 3».

Sammenliknet med «etter» ble det registrert økt grad av snoteskader i ukene etter avlusing på alle lokaliteter (justert $p<0.001$). På lokalitet A var omfanget mest alvorlig, med et innslag av 35 % grad 2 snoteskader på «uke 1», som ble redusert til 28 % på «uke 2» (justert $p<0.001$). I tillegg til at temperatur kan spille inn, hadde utgangspopulasjonen også en høyere andel grad 1 snoteskader ved oppstart på forsøksmerden (4 av 10 fisk som ble blodprøvetatt hadde grad 1 snoteskader før trengingen startet, og samme andel ble registrert med grad 1 snoteskader på «før»). På lokalitet B ble det ikke sett en forverring i snoteskader før «uke 2» men dette ble også registrert «uke 3» (justert $p<0.001$), største andelen av fisken ble registrert med mildeste grad (se figur 5 g). Mildeste grad av snoteskader økte også på «uke 1» og «uke 2» på lokalitet C (justert $p<0.001$). Hvorvidt trengingen i seg selv kan ha bidratt til økt snoteskader finnes det lite litteratur på. Gismervik et al (2016) registrerte også økt andel snoteskader på «uke 1» etter utprøving av Helixir teknologien, uten at det ble avdekket signifikante snoteskader på utprøvdagsdag. Grøntvedt et al. (2015) registrerte signifikant økning i snoteskader etter Thermolicer selve behandlingsdagen på tre lokaliteter, men ikke på den siste lokaliteten hvor utstyret var optimalisert og ombygget.

Kun lokalitet A viste en mindre økning i grad 1 og 2 øyeskader «etter» sammenliknet med «før» på avlusingsdagen (justert $p=0.04$). Det kan ikke utelukkes at en mer krevende håving «etter» (fisken kom i fart over avsiler) av den største fisken kan ha påvirket resultatet, men sammenliknet med «før» ble det også funnet økt grad av øyeskader på «uke 1» (justert $p=0.001$), så resultatet virker å være reelt. Også lokalitet C viste økning i mildeste grad øyeskader på «uke 1» (justert $p<0.001$), og tilsvarende ble registrert på lokalitet B på «uke 2» (justert $p=0.03$). Det ble ikke registrert noen kataraktutvikling.

Sum score finneskader viste en signifikant økning «etter» sammenliknet med «før» på lokalitet B (justert $p<0.001$). Skilt på rør, viste det mest optimaliserte rør 4 ingen signifikante endringer (justert $p=0.11$), noe som kan være en indikasjon på at rør 4 gir mindre finneskader. Både «uke 1» og «uke 2» viste høyere grad av skader sammenliknet med «etter» (juster $p<0.001$), noe som kan skyldes at skadene lettere blir synlige eller forverres i oppfølgingsperioden. En generell feilkilde i forhold til finneskader kan også være håving, da finner lett rives opp. Det ble instruert om at fisk skal håves enkeltvis og varsomt. På lokalitet C var det overraskende en tendens til nedgang i finneskader «etter» sammenliknet med «før» ($p=0.01$, justert $p=0.09$), men skilt på rør var det kun «rør 4» (det mest optimaliserte) som viste dette, noe som kan ha medvirket til resultatet. Sammenliknet med «før»/«etter» ble det også her sett en økning på «uke 1» og «uke 2» (justert $p<0.01$). Lokalitet A viste kun en svak tendens til økt sum finnescore på «uke 2».

6.2 Blodparametere

Det ble målt kortisol i blodplasma (lokalitet A og C), og på lokalitet A også glukose og laktat og lokalitet B kun laktat, for å vurdere om denne typen stressmålinger kan gi ytterligere informasjon i forhold til vurdering av fiskevelferd. Det var forventet en kortisoløkning både «før» og «etter» sammenliknet med hvile. Hovedmålet var derfor å se om kortisolverdiene normaliserte seg dagen etter, og slik kunne være en støtte for vurderingen av styrken/lengden på stresspåvirkningen.

Kortisolmålinger viser at fisken nedregulerer det akutte stresset håndteringen medfører på «dag 1» sammenliknet med «før»/»etter», om enn ikke helt tilbake på hvilenivå på lokalitet A med den største fisken. Det var ingen signifikante forskjeller i laktatnivåer sammenliknet med hvile, men det var vanskelig å få til et helt optimalt prøveuttak i og med at en økning i laktat kan ta opptil flere timer. Ingen endringer ble registrert i glukose, bortsett fra «dag 1». Generelt blir glukose som en stressparameter regnet for å ha relativt mange feilkilder og slik være vanskelig å tolke. Selv om en mulig årsak til økt glukose på «dag 1» kan være stress, kan en vesentlig feilkilde og forklaring også være ernæringsstatus i og med at fisken gikk fra sulting til fôring (Martínez-Porchas et al., 2009).

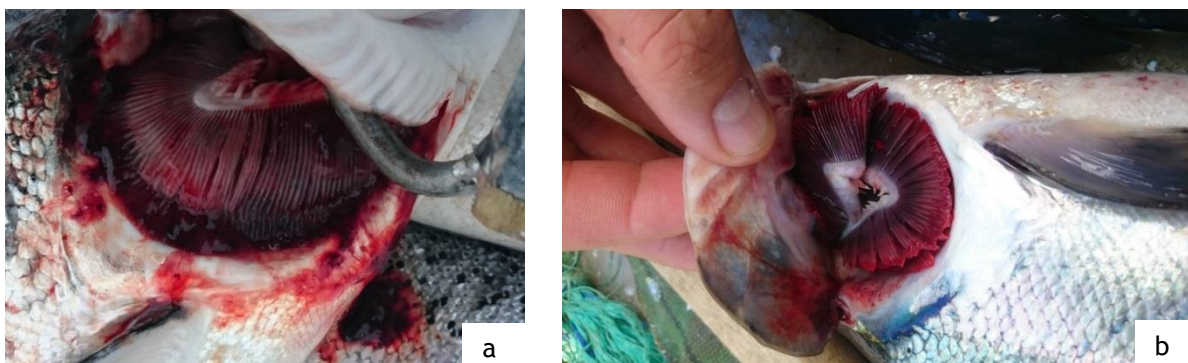
6.3 Dødelighet og utfôring

Antall døde fisk sier noe om ytterste konsekvens for fisken, og det er kjent at en lite robust eller påkjent fisk vil tåle mindre håndtering før man ser økt dødelighet (Grøntvedt et al., 2015). Det å vite hva fisken dør av kan bidra til økt fiskevelferd ved å se på muligheter for optimalisering av operasjoner. Hva som regnes som «normaldødelighet» til sammenlikning kan variere og eksakte grenseverdier kan være utfordrende, men etter ca. 6 mnd. i sjø er det vist at dødeligheten i snitt kan ligge mellom ca. 0,1-0,7 % pr. mnd. (Svåsand et al., 2016). Akvakulturdriftsforordningen § 13 slår fast varslingsplikt ved hendelser som har gitt velferdsmessige konsekvenser for fisken, og Mattilsynet presiserte i 2016 at akutt dødelighet over 0,2 % i en merd etter avlusing eller annen håndtering skal meldes.

Dødeligheten på behandlingsdagen på forsøksmerdene varierte fra 0,01 % (lokalitet A) til 0,07 % (lokalitet B og C), som er innenfor hva man kan forvente i forhold til dødelighet som erfares fra annen håndtering (Gismervik et al., 2016). På lokalitet A så man likevel at dødelighetstoppen kom de nærmeste dagene etter avlusing, og dødeligheten på «etter» definert som snitt av tre dager etter behandling lå på 0,34 % på forsøksmerden og varierte ellers mellom ca. 0,1 % og opptil 0,7 % på merdnivå (se figur 10). Fra fiskehelsetjenesten som fulgte opp lokaliteten ble det rapportert at det var stor fisk over 5 kg med akutt gjelleblødning som dominerte dødfiskbildet rett etter behandling (figur 17 a), og i tillegg hadde mellom 5-10 % kjevedeformiteter. I ukene som fulgte gikk det fortsatt ut enkelte lytefrie fisk med bleke gjeller, blek lever med diffuse blødning og blek milt. Histologisvar av slik fisk påviste ingen spesifikke infeksjose årsaker, og det ble påvist intralamellære blødninger av ulik alder i alle prøvene samt hyperplasi av epitel rundt de eldste blødningene. I to av fem prøver ble det funnet sparsomme blødninger i pseudobrankie som det oppgis at ofte kan ses ved gjelleblødning. I tillegg ble det funnet sparsomme, fokale nekroser i lever i 3 prøver. Ved to uker rapporterte fiskehelsetjenesten at man blant dødfisken så en økning av sårisk.

På lokalitet B og C lå dødelighet på behandlingsdager og snitt av nærmeste 3 dager stort sett under 0,1 %, med unntak av første merden som ble avluset på lokalitet B hvor det på behandlingsdagen ble registrert en dødelighet på 0,4 %. På forsøksmerden på lokalitet B registrerte operatører på anlegget 131 dødfisk (herav 1 «pinne») dagen etter behandling. Andelen fisk klassifisert med gjelleskader utgjorde 30,5 % (nesten halvparten hadde i tillegg finneskader), 22,1 % hadde alvorlige finneskader alene. I tillegg ble det registrert fisk med sår/klemskader/blødning og 4 fisk med øyeskader/blødning.

Til sammenlikning registrerte Grøntvedt et al. (2015) akuttdødeligheter på mellom 0-2,7 % på merdnivå ved bruk av Thermolicer, lokaliteten med mest optimalisert utstyr hadde akuttdødeligheter på mellom 0-0,5 %. Sammenlikner man med akuttdødelighet rapportert ved ulike former for avlusing i perioden 2012-2015, ser man at mer enn 1 % økning i dødeligheten hyppig rapporteres. Det rapporteres også ofte mer enn 1 % økning i «forsinket dødelighet», dvs. 1 mnd. etter avlusing (Svåsand et al., 2016).



Figur 17. Akutte gjelleblødninger dominerte dødfiskbildet på lokalitet A, se foto a). På lokalitet B ble det etter avlusning i en periode registrert flere laks med blødninger også på innsiden av gjellelokket. Bildet illustrerer ferske blødninger på innsiden av gjellelokket samt rift i gjellelokkbasis på en dødfisk avlusingsdagen. Foto: a) R. Hanche-Olsen og b) K. V. Nielsen.

Lokalitet A med høyest dødelighet viste også en klar nedgang i appetitt i perioden etter behandling, noe som ikke var tilfellet på de andre lokalitetene. Det kan ikke utelukkes at håndteringen har påvirket appetitten, men dette kan ha flere årsaker. Blant annet var det temperaturdrop i perioden og det ble også oppgitt at det til dels var temperatursvingninger gjennom døgnet (figur 13). Lokaliteten startet utslakting kort tid etter oppfølgingsperioden.

6.4 Lusetall og luseoppsamling

Avlusningseffekten på forsøksmerden varierte noe mellom lokaliteter (tabell 2). For voksne hunnlus var lusereduksjonen mellom 76,2- 90,6 % og for bevegelige lus 81-100 %. Lave lusetall gir mer usikre estimat. Antall fastsittende lus talt før behandling var så lavt at reduksjonseffekten var vanskelig å fastslå. Når det gjelder fastsittende lus kan de være utfordrende å registrere fordi de er så små, og det kan slik være større feilmarginer også i visuell registrering. Man kom ikke tilbake til utgangsnivåer for kjønnsmodne lus i oppfølgingsperioden, men figur 15 illustrerer at fisken relativt raskt vil ha behov for nye tiltak mot lus. På lokalitet A var man tilbake til utgangsnivåer av bevegelige lus på «uke 1» på lokalitet B rundt «uke 3» og for lokalitet C rundt «uke 1». Det var lokalitet C som brukte lengst tid på avlusingsoperasjonen (totalt 8 dager sammenlignet med 6 dager for de andre), noe som kan ha vært en medvirkende årsak, men også temperaturen var høyere noe som påvirker hastighet på luseutviklingen.

På lokalitet A ser vi at antall bevegelige lus er tilbake rundt 1 uke etter FLS-avlusersystem er benyttet på forsøksmerden. Utfra temperaturene (-9°C) og estimerte tid fra larve til preadult mobile lus (Kristoffersen et al., 2014) er dette en vel tidlig utvikling, men lokaliteten hadde relativt høyt internt smittepress (13,8). Sammenligner man internt og eksternt smittepress (log-skala) for de tre lokalitetene i testperioden, så var det lokalitet B som hadde lavest internt smittepress i testperioden, og som var den eneste med relativt lavere internt (12,1) enn eksternt smittepress (13,5). Tre lokaliteter er alt for få til å regne på effekten av internt versus eksternt smittepress for lusepåslag etter behandling.

Oppsamlingssystemet for lus bestod av en poseformet filterduk som lå i vannet under avsilingskassen. Filterduken er oppgitt å ha en maskestørrelse på $700\ \mu\text{m}$. Størrelsen på kopepoditter er ca. $0,7\ \text{mm}$, fastsittende lus ca. $1,1\text{-}2,3\ \text{mm}$, bevegelige lus ca. $3,4\text{-}5,2\ \text{mm}$, voksen hann ca. $5\text{-}6\ \text{mm}$ og kjønnsmodne hunnlus ca. $8\text{-}12\ \text{mm}$ (www.lusedata.no). Eggstrenger er ca. $0,3\ \text{mm}$ i tverrmål og av varierende lengde (Nilsen et al., 2010). Egg og kopepoditter kan dermed unnsnippe filtreringen. I testløpet ble det observert at en del av vannet (kanskje i perioder inntil 10 %) ikke filtreres gjennom posen og går rett ut i merden sammen med behandlet fisk. Dette vil ytterligere redusere oppsamlingseffekten av lus, da lusa ikke dør av behandlingen og det er risiko for re-smitte. En annen risiko er revner i selve filterduken. Det er opplyst at man i etterkant av utprøvingene har forsøkt med doble oppsamlingsposer for å bedre oppsamlingseffekt (innerste filterduk på $700\ \mu\text{m}$ for grovoppsamling, ytterste filterduk på $400\ \mu\text{m}$). I tillegg opplyses det at silkassen er ombygd i februar 2017 for å utbedre vannsprut over kanten som ikke går til filtrering.

6.5 Generelle betraktninger og mulige risikopunkter med tanke på velferd

FLS-avlusersystem som er vurdert på «Enabler One» har relativt rette rørgater, og slik fisken ble pumpet fra en merd og over i neste kan dette være en fordel i forhold til fiskevelferd da flaskehals/kollisjoner minimeres. I tillegg betegnes spylingen som benyttet som lavt trykk (0,2-0,3 bar benyttet i prosjektet). Innvendige rørgater/pumper er ikke vurdert nærmere med tanke på fiskevelferd (ikke tilgjengelig for visuell inspeksjon). Det er imidlertid montert kamera som kan gi en indikasjon i forhold til fiskens adferd/flyt gjennom systemet. Det kan blant annet fanges opp på kamera dersom fisken blir stående å stange/jobbe mot strømmen, noe som kan skje ved lav intensiv kjøring. Særlig ved start/stopp bør man ha rutiner for å kontrollere nettopp dette, og også sikre at det i pauser ikke blir stående fisk igjen i systemet. Det ble funnet tendens til forskjell mellom rørene med tanke på fiskevelferd. Rør 4 som var oppgitt å være mest optimalisert viste tendens til mindre gjelleblødning ($p=0.03$, justert $p=0.15$). I tillegg var det indikasjoner på at rør 4 hadde noe mindre finneskader (figur 5 j).

En av begrensningene man har sett i praktisk bruk av utstyret er størrelsen på fisk, da man har erfart at fisk med snittvekter over 4 kg kan få problemer noe som synliggjøres i økt dødelighet. Et eksempel på dette ser vi på lokalitet A, hvor blant annet akutte gjelleblødninger var en sannsynlig dødsårsak. Fiskehelsetjenesten erfarer å ha sett dette også på andre lokaliteter med stor fisk, og også med annen utstyrproducent som benytter mekanisk spyling med sjøvann. Før oppstart på lokalitet A ble snittvekten oppgitt å være 3,9 kg i tillegg til at man forventet en noe mindre spredning i størrelse grunnet aktivsortering i tidligere fase. Snittvekten viste seg å være 4,6 kg, og det er viktig for fiskevelferden at man etablerer prosedyrer som tar høyde for/forebygger at dette skjer igjen. En av teoriene er at stor fisk kommer nærmere spyledyser og dermed kan få en hardere belastning. FLS har i ettertid utviklet ytterligere optimaliserte rørgater med større dimensjon (blant annet installert på MS Laugar) hvor det opplyses at større fisk kan behandles, men dette er ikke nærmere dokumentert av dette prosjektet.

Trengingen er et annet risikomoment ved all mekanisk avlusing, og scoret også høyest på viktighet i en spørreundersøkelse blant fiskehelsepersonell som Veterinærinstituttet gjennomførte i 2016 (Hjeltnes et al., red) (2017). Det kan være vanskelig å skille mellom skader som er skjedd i trengingen og skader fra selve avluseren, og hard/langvarig trenging kan særlig gi skjelltap, hudblødninger og finneskader. Justert for lokalitets/rørforskjeller ser vi at også her øker disse parameterne i alvorlighetsgrad med tidsfaktoren/trengingen, noe som viktiggjør at «før» fisken det sammenliknes med har lik trengetid slik det ble utført i denne studien. Man skal være forsiktig med å trekke konklusjoner på et lite tallmateriale, men lokalitet B gir indikasjoner på at alvorlighetsgraden av skjelltap og hudblødninger logisk nok kan tilta ytterligere gjennom avluser når fisken allerede i avkast har startet å miste skjell. Selv om dette ikke nødvendigvis fører til stor dødelighet eller sårutvikling (vil blant annet avhenge av temperaturer i vannet), kan det utgjøre en velferdsutfordring for fisken. I vurderingen av ny teknologi forsøker man å isolere effekten av selve avlusingssystemet, men for fisken vil hele operasjonen inklusiv trengingen være helt avgjørende for fiskevelferden. Det kan også tenkes at trengeprosessen og innmatingshastighet kan påvirke selve avlusingseffekten (lokalitet B viste lavere avlusingprosent enn lokalitet C), men for å undersøke dette nærmere trengs et større tallmateriale. Utstyrproducent har gitt en anbefaling på fart på mellom 2-3 m/s, og det ble registrert at gjennomsnittlig fart på lokalitet B var høyere enn dette (3,9- 4 m/s), mens lokalitet A og C lå på 1,8-1,9 m/s.

Effekter av gjentatt behandling med avlusingssystemet er ikke nærmere vurdert. På bakgrunn av at man ser lusetall som relativt raskt når utgangsnivået vil gjentatt behandling være en relevant problemstilling i praksis. Det anbefales at fiskehelsepersonell eller andre med tilsvarende kompetanse foretar en velferdsvurdering av fiskegruppen før behandling i forhold til forsvarlighet, og særlig ved hyppige behandlinger. Særlig for snteskader ble det registrert at man fortsatt ikke var tilbake på «før» nivået 2-3 uker etter avlusingoperasjonen, noe som kan gi mulige negative akkumulerende effekter dersom man raskt skal håndtere fisken på nytt. Hvor raskt skjelltap regenereres eller også forverres kan være temperaturavhengig. Generelt kan temperatur være avgjørende i forhold til utvikling av senskader/vintersårproblematikk etter håndtering, og retningslinjer for bruk bør inneholde vurderinger av anbefalte temperaturer. Det bør også vurderes å veksle mellom ulike avlusingsprinsipper.

Fiskevelferd for rensefisk er ikke vurdert i dette dokumentasjonsløpet (rensefisk var ikke i bruk/ utilstrekkelig tallmateriale). Systemet har ingen avsilingsmulighet for rensefisk, og det anbefales å foreta en nærmere undersøkelse av velferden for rensefisk der dette benyttes.

7 Konklusjon

Det kan være utfordrende å sette eksakte grenseverdier for hva man aksepterer av påvirkning på fiskevelferden. I denne vurderingen har vi vektlagt om teknologien påfører fisken uakseptable grader av ytre skader, varigheten av eventuelle skader og om stressresponser og appetitt raskt normaliseres. I tillegg har vi vektlagt om behandlingen gir uakseptabel akutt eller akkumulert dødelighet der årsaken kan spores tilbake til avlusningsteknologien. Avlusningseffekten på de tre forsøksmerdene varierte mellom 81-100 % for bevegelige lus og 76,2- 90,6 % for kjønnsmodne hunnlus, og oppsamlingssystemet for lus ble vurdert til å ikke være optimalt på utprøvingstidspunktet.

På lokalitet A med snittvekter på 4,6 kg ble akutt dødeligheten på mellom 0,1-0,7 % på merdnivå og akkumulert dødelighet etter 21 dager på lokalitetsnivå på 1,96 % vurdert å være for høyt. I tillegg ble det sannsynliggjort at gjelleblødninger etter behandling var medvirkende til dødeligheten, dette gjaldt særlig fisk over 5 kg. Det ble også påvist skjelltap og en mindre økning i grad 1 og 2 øyeskader behandlingsdagen på forsøksmerden. Kortisolmålinger viste at fisken nedregulerte det akutte stresset håndteringen medførte på «1 dag» sammenliknet med «før» / «etter», men ikke helt tilbake til hvilenivå. Det var en tydelig appetittsvikt etter behandling hvor avlusingen ikke kan utelukkes som årsak, men andre årsaker kan være temperaturdrop i samme periode.

På de andre to lokalitetene ble dødeligheten vurdert å være innenfor det akseptable, med en akutt dødelighet på merdnivå stort sett under 0,1 %, og akkumulert dødelighet etter 21 dager på lokalitetsnivå på 0,52 % og 0,37 %. Det ble fortsatt påvist økt gjelleblødning behandlingsdagen, men gjelleblødningen virket å kunne reduseres ved å redusere spyletrykket. Rør 4, oppgitt som det mest optimale, viste tendens til mindre gjelleblødning. Det ble påvist en økning i skjelltap behandlingsdagen på begge lokaliteter, men det ble ikke sett noen sårutvikling av større alvorlighetsgrad i ukene etter avlusning. Trengingen ble vurdert å være for hard i forsøksmerden på lokalitet B, hvorpå fisken fikk påvist hudblødninger og en markant økning i alvorlig skjelltap (score 3 økte 36 %) behandlingsdagen. Effekten av selve spylingen virker å kunne forverres i alvorlighetsgrad med tanke på skjelltap og hudblødninger dersom fisken allerede har begynt å miste skjell i avkastet. En forutsetning for god fiskevelferd under mekanisk avlusning er at fisken ikke trenges for hardt eller for lenge og er frisk og skadefri før behandling. Laksen nedregulerte stressresponsen tilbake til «hvilenivå» i kortisol dagen etter avlusning på lokalitet C.

Hovedkonklusjonen så langt, basert på velferdsregistreringen og andre betraktninger, er at teknologiens påvirkning på fiskevelferd kan være varierende, og avhengig både av fiskestørrelse, forhold rundt trengingen samt innstillinger med tanke på vanntrykk. Gitt at forhold rundt trengingen fungerer, riktig innstilling av spyleren, ikke for stor laks og at laksen ikke er påkjent/skadet før behandling, kan teknologien ivareta fiskevelferd. En videre drift og utvikling vil vise om teknologien holder mål, og det ansees viktig å fortsette å systematisere og dokumentere erfaringer man gjør seg i praktisk bruk for å få et større erfaringsgrunnlag og sammenlikningsgrunnlag til andre håndteringssystem og avlusingsmetoder. I forhold til gjentatte avlusinger bør særlig gjeller, skjelltap og snoteskader følges opp nærmere. Oppsamlingssystemet for lus bør optimaliseres. Rensefiskens velferd under og etter avlusning er ikke dokumentert.

8 Anbefalinger

Det bør sikres at avlusingen kjøres etter utstyrproduzentens og oppdretters egne oppdaterte retningslinjer. Retningslinjene bør blant annet inneholde anbefalinger av trykk utfra fiskestørrelse, fart, anbefalte temperaturer og helsestatus på fiskegruppen. I tillegg bør det utarbeides kriterier for vurdering av gjentatt behandling. For bedre å kunne spore tilbake hendelser eller se på flyt under operasjonen hadde det vært nyttig om det kunne tas ut rapporter per tidsenhet når det gjelder fart (m/s), flow, fisk/min og spyletrykk, i tillegg til at det på avlusingsrapporten ble notert akutt dødelighet/observasjon av svimere, og forhold rundt trengingen (blant annet tid startet/avsluttet pr. avkast).

Slik «Enabler One» er utformet per i dag bør det vurderes å sette en øvre grense på fiskestørrelse. Fiskehelsetjenesten, som har et bredere erfaringsgrunnlag med teknologien utover datagrunnlaget i denne rapporten, foreslår en grense på mellom 3,7-3,8 kg. En forutsetning er at fisken er godt sortert og har jevn størrelse. På usortert fisk må man ha lavere snittvekt for å ivareta de største individene.

Det anbefales at det under behandling tas regelmessige stikkprøvekontroller av fisken før/etter avlusing under kjøring for å sikre riktig innstilt utstyr med tanke på både avlusingseffekt og fiskevelferd. Basert på resultatene i dette prosjektet bør man særlig følge med på gjelleblødninger, og ellers skjelltap/hudblødninger. Ved å benytte standardiserte scoringsprotokoller kan man på sikt få tallmateriale som også kan benyttes til bedre å kunne sammenlikne operasjoner/teknologier. Det bør også utarbeides klare retningslinjer for når man av velferdsmessige årsaker må avbryte avlusingen utfra det man kan observere på fisken. Det anbefales å tilrettelegge bedre arbeidsforhold/plattform for håving av fisk ved avsiler på vei ut.

Generelt råd for å kunne optimalisere operasjoner er å registrere sannsynlig dødsårsak ved dødelighet, og andel gjelleblødninger kan her være relevant.

Det ble observert at en mindre del av vannstrømmen ikke ble filtrert gjennom lusefilteret, og det anbefales å se på muligheter for bedre avsiling av alt vann gjennom filterposen samt vurdering av maskestørrelse.

Vask/desinfeksjon er ikke vurdert i denne rapporten. Da smittehygiene ansees som et viktig aspekt som i ytterste konsekvens kan påvirke fiskevelferden, anbefales det å få gjennomført en renholdskontroll av risikopunkter dersom dette ikke er utført allerede.

Det anbefales å foreta en nærmere undersøkelse av velferden for rensefisk der dette benyttes.

For videre optimaliseringer bør man fortsette å systematisere/dokumentere utstyret i bruk med tanke på fiskevelferd, samt fortsette å ha fokus på skånsomme trengemetoder.

9 Takk til

Takk til Ragnhild Hanche-Olsen, Elisabeth Treines og Ioan Simion, HaVet AS, for bidrag under velferdsregistreringer. Takk til Nord Universitet for kortisolanalyser, og til ansatte på lokalitetene og Enabler One som har bidratt til dokumentasjonsinnhenting, samt til teknologileverandør som har besvart spørsmål.

10 Referanser

Akvakulturdriftsforskriften:

www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/krav_til_dokumentasjon_av_fiskevelferd_ved_utproving_av_metoder_og_tekniske_loesninger_i_akvakultur.8136

- Espmark, Å. M. O., Kolarevic, J., Aas-Hansen, Ø., and Nilsson, J. (2015). "Pumping og håndtering av smolt," Rep. No. 8282962627. Nofima, Tromsø.
- Gismervik, K., Østvik, A., and Viljugrein, H. (2016). "Pilotflåte Helixir- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus. Del 1 uten legemiddel." Veterinærinstituttet, Oslo.
- Grøntvedt, R., Jansen, P., Horsberg, T., Helgesen, K., and Tarpai, A. (2016). "The surveillance programme for resistance to chemotherapeutants in salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) in Norway 2015," Norwegian Veterinary Institute, Oslo.
- Grøntvedt, R., Nervikbø, I., Viljugrein, H., Lillehaug, A., Nilsen, H., and Gjevre, A. (2015). "Termisk avlusning av laksefisk- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt." Veterinærinstituttet, Oslo.
- Hjeltnes, B., Bornø, G., Jansen, M. D., Haukaas, A., and Walde, C. (red) (2017). "Fiskehelsesrapporten 2016." Veterinærinstituttet, Oslo.
- Iversen, M., Finstad, B., and Nilssen, K. J. (1998). Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture* **168**, 387-394.
- Kristoffersen, A. B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A., and Jansen, P. A. (2014). Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. *Epidemics* **9**, 31-39.
- Martínez-Porchas, M., Martínez-Córdova, L. R., and Ramos-Enriquez, R. (2009). Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* **4**, 158-178.
- Nilsen, A., Erikson, U., Aunsmo, A., Østvik, A., and Heuch, P. A. (2010). "Mekanisk fjerning av lakselus "FLS avlusersystem"- test av ejektorpumpe fra Flatsetsund Engineering AS." Veterinærinstituttet, Oslo.
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B., Stien, L., Taranger, G., and Boxaspen, K. (2016). Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2016. Fisken og havet, særnr. 2-2016. 190.
- Takle, H. R., Ytteborg, E., Nielsen, K. V., Karlsen, C. R., Nilsen, H. K., Sveen, L., Colquhoun, D. J., Olsen, A. B., Sørum, H., and Nilsen, A. (2015). "Sårproblematikk og hudhelse i laks-og regnbueørrettoppdrett," Rep. No. 8282962600.
- Taylor, R. S., Muller, W. J., Cook, M. T., Kube, P. D., and Elliott, N. G. (2009). Gill observations in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) during repeated amoebic gill disease (AGD) field exposure and survival challenge. *Aquaculture* **290**, 1-8.
- www.lusedata.no Lakselusveilederen, webside besøkt: 29.03.17.

10.1 VEDLEGG 1:

Beskrivelse av scoringskriterier for utvidet velferdsregistrering hos fisk

AGD-gjellescore

Her legges Taylor et al. (2009) til grunn.

Gjelleapparatet på hver side inspiseres og gis til sammen én scoringsverdi i tråd med det som står nedenfor. Beskrivelsen er basert på plansje utarbeidet av Skretting.

- 0 Ingen tegn på infeksjon: jevn rødfarge, jevn tykkelse og ingen slimdannelse.
- 1 En hvit flekk og svake tegn på skade eller arrdannelse
- 2 To til tre små, slimete flekker
- 3 Tykke fastsittende slimflekker som til sammen dekker opp til 20 % av gjellene
- 4 Flekker som ovenfor, dekker 50 % av gjellene
- 5 Mesteparten av gjellene er dekket av slike flekker (dvs.>50 %?)

Totalgjellescore

Prinsippet for scoringen er den samme som for AGD, men man ser bort fra slimet og vurderer omfanget av «lyse flekker» uten slim.

Gjelleblekhet

Dette er høyst subjektivt

- 0 Rød og fin gjelle
- 1 Lysere felter i enden av lamellene
- 2 Fargeforandringer på inntil 50 % av gjelleoverflaten
- 3 Fargeforandring på >50 % av gjelleoverflaten, tydelig blekhet

Gjelleblødning

- 0 Ingen blødning observeres
- 1 Liten blødning i enkelte gjelletupper
- 2 Moderate blødninger; i de fleste gjelletupper og/ eller hele gjelleoverflata
- 3 Gjelleblødningen er uttalt, og blod siver ut i bedøvelsesvannet. «Rødt vann» kan oppstå.

Skjelltap

- 0 Ingen tap av skjell
- 1 Tap av enkeltskjell
- 2 Skjelltap i små felter («små felt»= inntil kronestykke stort, gitt fisk på 2-3 kg)
- 3 Skjelltap i større områder

Hudblødning på kroppen unntatt på finnebasis og finner

- 0 Ingen blødning på kroppen
- 1 Små blødninger/fargeforandringer. Ofte sett på buksiden
- 2 Et større område med blødninger ofte sett sammen med skjelltap.
- 3 Ferske blødninger ofte sett sammen med betydelig skjelltap, sår og ødemer i huden.

Sår

Definisjon av sår: Et sår defineres som et område med overflatiske eller dypere skader i overhuden og i noen tilfeller blottlegging av underhud og muskulatur

- 0 Ingen sår
- 1 Ett lite sår, muskulatur er ikke blottlagt
- 2 Flere små sår
- 3 Store, betydelige sår.

Snuteskader

Definisjon: Sår på snutepartiet som omfatter fremre del av over- og underkjeve

- 0 Ingen skade
- 1 Liten skade på snuten over/under.
- 2 Skade og rifter i hud på snutepartiet
- 3 Betydelige, dype og store skader som regnes som så alvorlige at fisken ikke kan slippes ut igjen. Skaden kan omfatte hele hodet.

Øyeskader

Definisjon: Øyeskader omfatter blødning i øyet og blakking av hornhinnen. Verste utfall er punktert øye.

- 0 Ingen skade eller blødning
 - 1 En liten blødning eller svak blakking av hornhinnen
 - 2 Større blødninger i øyet eller tydeligere blakking av hornhinnen
 - 3 Store blødninger og kraftig blakking av hornhinnen.
- I noen tilfeller er øyet "punktert". Fisken regnes som blind, og den slippes ikke ut igjen i merden.

Katarakt

Definisjon: Katarakt kalles også «grå stær» og kan observeres som en blakking av øyets linse










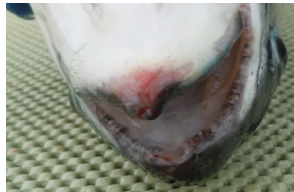



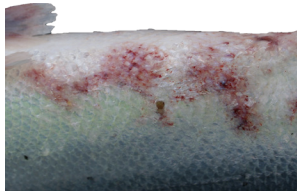




- 0 Ingen blakking
- 1 Én liten hvit flekk
- 2 Inntil 25 % av linsa er blakket
- 3 Inntil 50 % av linsa er blakket
- 4 Over 75 % av linsa er blakket

Finneskader

Definisjon: Med finneskade menes blødninger, ferske rifter med blottlagt underhud i finnen eller ved finnebasis og blottlagte finnestråler.

- 0 Normal finne for en oppdrettsfisk uten akutte skader.
- 1 En eller flere grunne rifter. Gjerne med små blødninger.
- 2 En eller flere dypere rifter. Gjerne med små blødninger. Noen finnestråler kan være eksponert.
- 3 Finnen er revet helt ned i basis. Biter av finner kan være revet av eller henge løst. I tilfeller der huden er "skrellet" av finnen scores det som en 3er (noteres i kommentarfelt som «avhudet»)

Velferdsregistreringer, ytre akutte skader

Skjelltap	Hudblødning ¹	Sår ²	Snuteskader ³	Øyeskader/blødning ⁴	Gjelleblødning
0= ingen tap av skjell	0= ingen blødning på kropp	0= ingen sår	0=ingen skade	0= ingen skade/blødning	0= ingen blødning
Score 1 Tap av enkeltskjell 	Score 1 Små blødninger/ farge endring, ofte buk 	Score 1 Ett lite sår, ikke ned til muskel 	Score 1 Liten skade på snuten over/ under 	Score 1 En liten blødning eller svak blakking av hornhinna 	Score 1 Liten blødning i enkelte gjelletupper 
Score 2 Skjelltap i små felter ⁵ 	Score 2 Et større område med blødninger, ofte og skjelltap 	Score 2 Flere små sår 	Score 2 Skade og rifter i hud på snute 	Score 2 Større blødninger i øyet/ tydeligere blakking av hornhinna 	Score 2 Moderat blødning; i de fleste gjelletupper og/eller hele gjelleoverflata 
Score 3 Skjelltap i større områder 	Score 3 Ferske blødninger ofte med betydelig skjelltap, sår og ødemer i hud 	Score 3 Store, betydelige sår 	Score 3 Betydelige, dype/store skader, så alvorlige at fisken avlives. Kan omfatte hele hodet 	Score 3 Store blødninger og/ kraftig blakking av hornhinnen. Kan ha "punkttert" øye og avlives 	Score 3 Uttalt gjelleblødning, og blod siver ut i bedøvelsesvannet. "Rødt vann" kan oppstå. 

¹ Hudblødning på kroppen unntatt på finnebasis og finner.

² Definisjon av sår: område med overflatiske eller dypere skader i overhuden og i noen tilfeller blottlegging av underhud og muskulatur. «Lite sår» = inntil kronestykkestort, gitt fisk på 2-3 kg. Sår som perforerer inn til bukhula vil uavhengig av størrelse betegnes som betydelige og dermed gis score 3.

³ Definisjon av snuteskade: Sår på snutepartiet som omfatter fremre del av over- og underkjeve.

⁴ Definisjon: Øyeskader omfatter blødning i øyet og blakking av hornhinnen. Verste utfall er punkttert øye.

⁵ «Små felter» = inntil kronestykkestort (2cm diameter), gitt fisk på 2-3 kg.



Veterinærinstituttet
 Norwegian Veterinary Institute

Velferdsregistreringer - finneskader



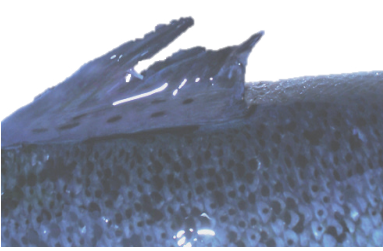
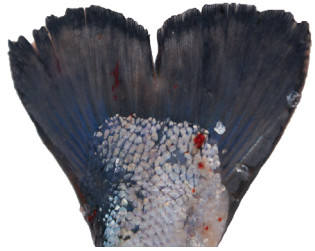






Definisjon: Med finneskade menes blødninger, ferske rifter med blottlagt underhud i finnen eller ved finnebasis og blottlagte finnestråler

0 Normal finne for en oppdrettsfisk uten akutte skader.

1 En eller flere grunner rifter. Gjerne med små blødninger.

2 En eller flere dypere rifter. Gjerne med små blødninger. Noen finnestråler kan være eksponert

3 Finnen er revet helt ned i basis. Biter av finner kan være revet av eller henge løst. Hvis huden er "skrellet" av finnen gir score 3 (anmerk: "avhudet")

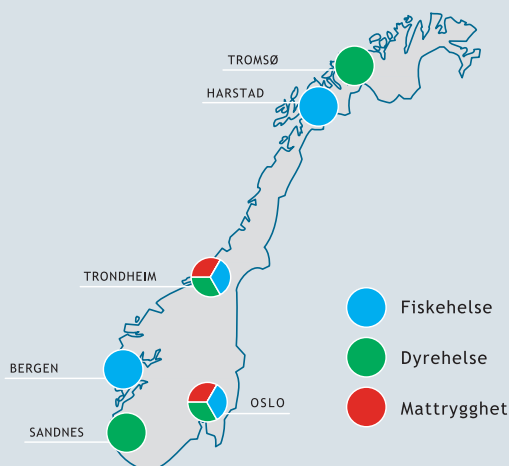
Ryggfinne	Halefinner	Brystfinne	Bukfinne	Gattfinne
Score 1 	Score 1	Score 1	Score 1 	Score 1
Score 2 	Score 2 	Score 2 	Score 2 	Score 2 
Score 3 	Score 3 	Score 3	Score 3	Score 3 

Faglig ambisiøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!

Veterinærinstituttet er et nasjonalt forskningsinstitutt innen dyrehelse, fiskehelse, mattrygghet og fôrhygiene med uavhengig kunnskapsutvikling til myndighetene som primæroppgave.

Beredskap, diagnostikk, overvåking, referansefunksjoner, rådgivning og risikovurderinger er de viktigste virksomhetsområdene. Produkter og tjenester er resultater og rapporter fra forskning, analyser og diagnostikk, og utredninger og råd innen virksomhetsområdene. Veterinærinstituttet samarbeider med en rekke institusjoner i inn- og utland.

Veterinærinstituttet har hovedlaboratorium og administrasjon i Oslo, og regionale laboratorier i Sandnes, Bergen, Trondheim, Harstad og Tromsø.



Fiskehelse



Dyrehelse



Mattrygghet



Oslo
postmottak@vetinst.no

Trondheim
vit@vetinst.no

Sandnes
vis@vetinst.no

Bergen
post.vib@vetinst.no

Harstad
vih@vetinst.no

Tromsø
vitr@vetinst.no

www.vetinst.no



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute