

## Termisk avlusning av laksefisk - dokumentasjon av fiskevelferd og effekt

*Randi Nygaard Grøntvedt*

*Ida-Kathrin G. Nerbøvik*

*Hildegunn Viljugrein*

*Atle Lillehaug*

*Hanne Nilsen*

*Anne-Gerd Gjevre*





**Veterinærinstituttets rapportserie · 13 - 2015**

**Tittel**

Termisk avlusning av laksefisk - dokumentasjon av fiskevel-ferd og effekt

**Oppdragsgiver**

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

**Publisert av**

Veterinærinstituttet · Pb. 750 Sentrum · 0106 Oslo

**Form omslag:** Graf AS

**Forsidefoto:** Randi N. Grøntvedt

**Bestilling**

kommunikasjon@vetinst.no

Faks: + 47 23 21 60 01

Tel: + 47 23 21 63 66

ISSN 1890-3290 elektronisk utgave

**Forslag til sitering:**

Grøntvedt RN, Nerbøvik IKG, Viljugrein H, Lillehaug A, Nilsen H, Gjevre AG. Termisk avlusning av laksefisk - dokumentasjon av fiskevelferd og effekt. Veterinærinstituttets rapportserie 13-2015

Oslo: Veterinærinstituttet; 2015

© Veterinærinstituttet

Kopiering tillatt når Veterinærinstituttet gjengis som kilde



Veterinærinstituttets rapportserie

*Norwegian Veterinary Institute's Report Series*

**Rapport 13 · 2015**

## Termisk avlusning av laksefisk - dokumentasjon av fiskevelferd og effekt

*Forfattere*

*Randi Nygaard Grøntvedt*

*Ida-Kathrin G. Nerbøvik\**

*Hildegunn Viljugrein*

*Atle Lillehaug*

*Hanne Nilsen*

*Anne-Gerd Gjevre*

*\* Bremnes Seashore AS*

*Oppdragsgiver*

*Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond*

*01.06.2015*

*ISSN 1890-3290 elektronisk utgave*



**Veterinærinstituttet**  
*Norwegian Veterinary Institute*

## Innhold

Innhold.....	4
1. Sammendrag.....	5
2. Introduksjon .....	5
3. Prosjektets organisering og målsetting.....	6
4. Gjennomføring og metodebeskrivelse .....	6
4.1. Termisk avlusning - teknisk beskrivelse og utbedringer .....	7
4.2. Velferdsregistrering .....	8
4.3. Innsamling av data.....	8
4.4. Statistiske analyser .....	8
4.5. Histologi.....	9
4.6. Vannprøver .....	9
5. Resultater .....	9
5.1. Velferdsregistrering .....	9
5.2. Dødelighet - forsøkslokaliteter .....	18
5.3. Utføring - forsøkslokaliteter .....	20
5.4. Histologi.....	21
5.5. Vannprøver .....	22
5.6. Lusetall - forsøkslokaliteter.....	23
5.7. Erfaringer fra utprøvningslokaliteter .....	27
6. Diskusjon .....	27
7. Konklusjon .....	29
8. Anbefalinger .....	30
9. Referanser .....	30
9.1. Takk til: .....	30
VEDLEGG 1: .....	31

## 1. Sammendrag

Prosjektet dokumenterer fiskevelferd og effekt av termisk avlusning (Thermolicer®). Termisk avlusning er en ny ikke-medikamentell metode som kan tas i bruk som alternativ til legemidler og bør brukes sammen med andre tiltak i en helhetlig strategi mot lus. Det er et stort behov for ikke-medikamentelle metoder og utvikling av effektive og velferdsmessig forsvarlige metoder mot lus har stor betydning for næringens bærekraft.

Resultatene viser at termisk avlusning gir betydelig reduksjon av antall mobile og voksne lus. Beregnet reduksjon av bevegelige lus varierer fra rundt 75 opptil 100 %. Ingen statistisk klar effekt er sett på fastsittende lus. Det ble imidlertid registrert en nedgang i antall fastsittende lus etter behandling. Flere av forsøkslokalitetene hadde samme nivå av lus tre uker etter behandling som før avlusning. Trolig spiller smitte fra både naboer og egne merder samt utvikling av eventuelle overlevende fastsittende lus etter behandling inn på videre utvikling av lus på lokaliteten.

Gjennomføringen av prosjektet har gått parallelt med utvikling og optimalisering av metoden. Resultater fra avlusning med siste versjon av maskinen gjennomført med regnbueørret, viser at denne måten å avluse fisk på er velferdsmessig forsvarlig. Ingen signifikante akutte skader ble observert på denne fisken, fisken spiste godt etter noen få dager og dødeligheten var lav. De største utfordringene underveis i prosjektet har vært relatert til trengning og pumpeystem. Endringer av pumpeystem samt andre utbedringer på maskinen har forbedret resultatene fra start til slutt i prosjektet. Videre har stikkprøver av behandlingsvannet vist at en må ha stort fokus på god vannutskifting i maskinen. Erfaringer fra prosjektet viser også at en generelt må være bevisst på å bruke skånsomme trengemetoder og at håndtering av syk fisk kan medføre risiko for økt dødelighet.

## 2. Introduksjon

Det er et mål å redusere bruken av legemidler mot lakselus. Ensidig bruk av legemidler har medført utvikling av resistens mot legemidler og at lus med nedsatt følsomhet og resistens er utbredt langs norskekysten (Grøntvedt med flere 2014).

Det pågår en betydelig utvikling av ikke-medikamentelle tiltak mot lakselus. Dette omfatter bruk av rensefisk, forebyggende metoder (skjerming) og andre metoder som fjerner og/eller dreper lus.

Termisk avlusning tar utgangspunkt i at lus som sitter på fisk inaktiveres og faller av dersom den utsettes for moderat forhøyet vanntemperatur i en kort periode. Det er vist at laksefisker kan tåle 30-34 °C for en kortere periode (30 min for ørret *S. trutta*) (Elliot med flere 1981). En antar at lakselusas øvre toleransegrense ligger på liknende nivå, men at dens størrelse gjør at den har kortere toleransetid i suboptimale temperaturer. Dette støttes av Steinsviks egne funn og av tidligere arbeid utført ved Gildeskål forskningsstasjon (Brunsvik med flere 1996).

Utstyret for termisk avlusning er etter innledende studier i hovedsak testet ut på oppdrettslaks i Chile i løpet av 2013. Utstyret i Chile er nå i kommersiell drift. Behandlingseffekten på lus (*Caligus rogercresseyi*) formidles å være opp mot 99 % på voksne lus og på rundt 60 % på juvenile lus. Tre dager etter behandling er det registrert lav dødelighet. Det chilenske utstyret har imidlertid kapasitet på ca. 25 tonn per time. For å kunne benyttes i fullskala lakseoppdrett under norske forhold, må utstyret ha større dimensjoner enn utstyret som er i drift i Chile.

To nye Thermolicer® maskiner for norske forhold ble bygd av Steinsvik i 2014. I følge Akvakulturdriftforskriften § 20 skal nye metoder og tekniske løsninger være utprøvd og dokumentert velferdsmessig forsvarlige før de tas i bruk. Dette prosjektet ble gjennomført for å oppfylle forskriftens krav om slik dokumentasjon og for å dokumentere effekt mot lus.

### 3. Prosjektets organisering og målsetting

#### Organisering

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

#### *Prosjektdeltakere*

Bremnes Seashore AS  
Kobbevik og Furuholmen AS  
Blom fiskeoppdrett AS  
Bolaks AS  
Steinsvik AS (tidligere Ocea)  
Veterinærinstituttet

#### *Prosjektgruppe*

Ida-Katrin G. Nerbøvik, Bremnes Seashore AS  
Solveig Nygaard, Fiskehelse og miljø AS  
Amund Litlabø, Kobbevik og Furuholmen AS  
Randi N Grøntvedt, Veterinærinstituttet  
Anne Gerd Gjevre, Veterinærinstituttet  
Hanne Nilsen, Veterinærinstituttet  
Atle Lillehaug, Veterinærinstituttet

#### *Styringsgruppe*

Geir Magne Knutsen, Bremnes Seashore AS, leder  
Tore Laastad, Steinsvik AS  
Ingebrigt Landa, Kobbevik og Furuholmen AS  
Jan Helge Bildøy, Blom fiskeoppdrett AS  
Randi Grøntvedt, Veterinærinstituttet, sekretær  
Kjell Maroni, FHF ansvarlig

Parallelt med prosjektet for dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus, har Steinsvik AS gjennomført og finansiert løpende teknologiutvikling av Thermolicer® i samarbeid med involverte oppdrettselskap.

#### Mål

Dokumentasjonsprosjektet hadde to målsetninger:

1. Dokumentere fiskevelferd under bruk av termisk avlusning
2. Vurdere metodens effekt mot lakselus

### 4. Gjennomføring og metodebeskrivelse

Avlusning med de to Thermolicer® maskinene ble utført enten på forsøkslokaliteter eller utprøvningslokaliteter. På fire forsøkslokaliteter (Lokaliteter A, B, C og D) ble det utført utvidet velferdsregistrering og lusetelling i 1 merd (utvalgt merd) per lokalitet og for disse lokalitetene var det innhentet tillatelse for dyreforsøk i felt fra Forsøksdyrutvalget. Tabell 1 gir oversikt over avlusning som ble utført på forsøkslokalitetene. I forkant av første avlusning på forsøkslokaliteter og mellom avlusning på forsøkslokaliteter, har det blitt gjennomført avlusning på utprøvningslokaliteter. Dette fordi det parallelt med prosjektet har blitt utført en utvikling av Thermolicer® maskinene. Bruk av utprøvningslokaliteter i tillegg til forsøkslokaliteter har vært viktig i denne prosessen for å teste ut de ulike utbedringene på maskinen, før gjennomføring av detaljert velferdscreening og lusetelling har blitt utført på forsøkslokaliteter. Prosjektet har fått tilgang på data fra utprøvningslokaliteter for å få et større erfaringsgrunnlag. Dispensasjon for avlusning av utprøvningslokaliteter ble gitt av Mattilsynet.

Uttak av fisk for velferdscreening ble gjennomført før avlusning i merd der fisken sto trengt før den ble pumpet inn i maskinen, og etter avlusning i merd rett etter at den har blitt pumpet ut av maskinen. Ingen uttak av fisk ble gjennomført på ulike steder i systemer (eks, etter pumpe, før og etter temperert vann). Uttak av fisk har blitt gjennomført ved fire forskjellige tidspunkt fra tidlig til sent under avlusning for å forsøke å spre prøvetaket og ikke ta hele uttaket på fisk som har stått kort eller lang tid i trenging.

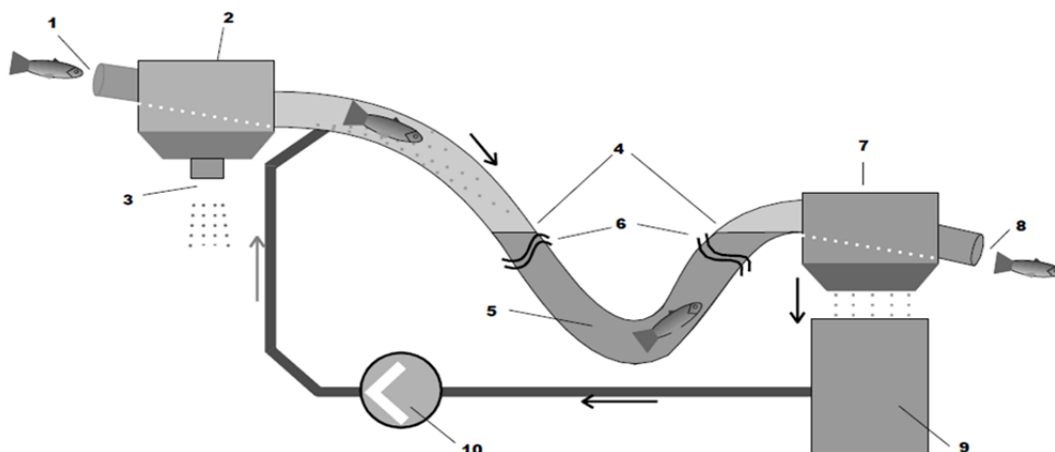
Tabell 1: Oversikt gjennomføring av avlusning på utvalgte merder på fire ulike forsøkslokaliteter

Forsøkslokalitet	Fisk	Antall fisk	Anlegg	Maskin nr	Dato
A	Laks (ca 2 kg)	46185	24x24 bur	1	11.11.2014
B	Laks (ca 2 kg)	45558	24x24 bur	1	25.11.2014
C	Laks (< 2 kg)	125491	160 m ring	2	27.01.2015
D	Regnbueørret (ca 2,5kg)	50694	24x24 bur	2	26.03.2015

De øvrige merdene på forsøkslokalitetene ble behandlet på forskjellig tidspunkt og ved forsøkslokalitet A ble merdene behandlet i to ulike perioder. Ved forsøkslokalitet C ble kun utvalgt merd avluset.

#### 4.1. Termisk avlusning - teknisk beskrivelse og utbedringer

Thermolicer® er plassert i en container. Denne containeren er plassert på en leker. Containeren inneholder behandlingskammer, sirkulasjonspumpe, sensorer, varmeelementer og utstyr for lufting og oksygenering av behandlingsvann. I tillegg er det plassert et rotasjonsfilter utenfor selve Thermolicer®. Dette filteret sørger for kontinuerlig filtrering av behandlingsvannet for å ta ut lus som er løst fra fisken.



Figur 1: Prinsippskisse Thermolicer®. 1. Fisken entrer systemet fra en fiskepumpe. 2. Silke, avsilning av sjøvann. 3. Sjøvann filtreres, slippes ut og bort fra systemet. 4. Fisken skylles med lukket vann. 5. Fisken beveger seg i et lukket system fylt med lukket vann. 6. Vannoverflate i behandlingskammeret. 7. Vannavskiller lukket vann. 8. Fisken kommer ut fra systemet. 9. Lukket varmt ledes tilbake til varmetanken for rensing, lufting og gjenoppvarming. 10. Behandlingsvannet pumpes tilbake til behandlingskammeret.

Underveis og parallelt med prosjektet har Steinsvik i samarbeid med oppdretterne gjennomført et utviklingsløp med ulike forbedringer og endringer av Thermolicer®. Følgende endringer har blitt gjennomført på maskin 1:

1. Etter første avlusning på utprøvningslokaliteter og før avlusning av forsøkslokaliteter (A og B):
  - a. Silke ombygd for å redusere mengden sjøvann inn i systemet.
  - b. Utløp fra maskinen til merd ombygd for bedre skånsomhet for fisk.
2. Etter avlusning av forsøkslokaliteter (A og B):
  - a. Ombygd innvendig silke som kan ha gitt finneskader
  - b. Satt inn ekstra varmeelement
  - c. Lagt til trommefilter (150 µm) som hindrer utslipp av lus fra fiskepumpe
  - d. Lagt til rotasjonsfilter for å bedre vannkvalitet i behandlingskammer og filtrere lus
3. Videre planlagte forbedringer:
  - a. Bytte fiskepumpe med tilpasset silke for å øke kapasitet, redusere skader og trengetid
  - b. Samkjøre to Thermolicer® maskiner for å øke kapasitet, redusere skader og trengetid

Følgende endringer har blitt gjennomført på maskin 2:

1. Etter avlusning av første forsøkslokalitet (C) og før avlusning av andre forsøkslokalitet (D):
  - a. Silkasse ombygd for å redusere mengde sjøvann inn i systemet.
  - b. Utløp fra maskin til merd ombygd for å gi bedre skånsomhet for fisk
  - c. Innvendig silkasse ombygd for å redusere finneskader
  - d. Byttet fisketeller for bedre kontroll av antall fisk
  - e. Lagt til trommelfilter (150 µm) som hindrer utslipp av lus fra fiskepumpe
  - f. Lagt til rotasjonsfilter for å bedre vannkvalitet i behandlingskammer og filtrer lus
  - g. Ny fiskepumpe med tilpasset silkasse for å øke kapasitet og redusere skader

## 4.2. Velferdsregistrering

Havforskningsinstituttets skjema for vurdering av fiskevelferd ved utprøving av ny teknologi ble lagt til grunn for registrering av velferdsparametere i studien. På fisk i utvalgt merd på forsøkslokalitetene ble det registrert akutte ytre skader på gjeller, hud, øyne, finner og snute, rett før og etter behandling og ukentlig inntil 3 uker etter behandling. Kriteriene for vurderingen av slike skader er beskrevet i vedlegg 1. Scoringen ble utført av et team bestående av én fiskehelsebiolog og én veterinær

## 4.3. Innsamling av data

Følgende data ble registrert på alle lokaliteter:

1. *Daglige registreringer i alle merder på alle lokaliteter i perioden 2 uker før og 3 uker etter behandlingen var:*

- Antall fisk
- Antall døde
- Föropptak
- Spesielle hendelser som kunne indikere at fiskehelse og velferd var påvirket

2. *Ukentlige lusetall*

- Lusetall fra rutinemessig telling (i hht luseforskriften) ble hentet ut fra oppdrettsselskapenes registreringssystem fra 2 uker før til 3 uker etter avlusning
- Lusetall fra alle merder (20 fisk per merd) tett opp til og tidligst 1 uke før behandling
- Lusetall fra alle merder (20 fisk per merd) tett opp til og senest 1 uke etter behandling

På den utvalgte merden på forsøkslokalitetene ble det utført lusetelling samtidig med velferdsregistrering på 40 tilfeldige fisk rett før og rett etter behandling på behandlingsdagen. Til sammen 80 fisk. Tilsvarende ble gjennomført på 40 tilfeldige fisk på dag 7, 14 og 21 etter behandling.

## 4.4. Statistiske analyser

### Velferdsregistreringer

Akutte skader på fisken ble testet ved å sammenligne observert antall fisk med gitte velferds-score (figur 2) før og rett etter avlusning ved Pearson's chi-kvadrat tester med Monte Carlo simulering av p-verdi (basert på 2000 replikater). Der få fisk var observert i de høyeste score-kategoriene ble score-kategorier kombinert.

For velferdsregistreringene på gjelleblekhet og katarakt hvor eventuell skade kan tenkes å utvikle seg over tid, sammenlignet vi også scorene før behandling mot tidspunktene 1, 2 og 3 uker etter behandling.

For å oppsummere finneskader tok vi summen av score over alle finner for hver fisk og sammenlignet fordelingen av sum finnescore før og etter behandling ved å kjøre tosidig Wilcoxon-test.

Analysene ble repetert ved å bare kjøre på 15 første fisk samlet før og etter behandling (for fokusere på fisken med kortest treningsstid). Alle analysene ble kjørt for hver lokalitet separat. P-verdiene fra de fire lokalitetene ble justert for multippel testing ved bruk av funksjonen p.adjust i R for hver velferdsregistreringskategori som ble analysert.

Behandlingstidspunkt varierer og er forskjellig for alle merder ved de fire forsøkslokalitetene. Daglige registreringer av døde fisk ble koblet til kategoriene «Før» (0-3 dager før behandling), «Etter» (0-3 dager etter behandling), «Uke 1» (dag 4-10 etter behandling), «Uke 2» (dag 11-17 etter behandling), og «Uke 3»



(dag 18-24 etter behandling) etter termisk behandling for deskriptiv framstilling av prosentvis dødelighet (utvidet med fler uker før og etter behandling). Tilsvarende ble gjort for lusetall rapportert ved rutinetellinger.

### Lusetall

Boxplot ble brukt til å gi en deskriptiv framstilling av lusetall før og etter behandling. For de utvalgte merdene hvor vi hadde lusetall tilgjengelig for hver fisk telt, kjørte vi negativ binomial regresjonsmodell av tellingene for å teste signifikante forskjeller i lusenivå mellom før og etter, før og etter 1 uke, 2 uker og 3 uker etter behandling. For lokalitet A og B hadde vi også tilgjengelig lusetall for individuelle fisk for hver merd. Disse merdene ble avluset til forskjellig tid over en lengre periode. For disse lokalitetene kjørte vi tilsvarende modell der vi også tok med merd som random effekt (for å korrigere for at lusetall er mer like innen samme merd enn mellom merder). Vi har foreløpig for lite data til å lage en modell av luseutvikling over tid som en funksjon av internt smittepress på lokaliteten og smittepress fra nabolokaliteter.

Vi estimerte utviklingstid for eventuelle fastsittende larver som overlever behandling til bevegelige lus gitt lokalitetspesifikk sjøtemperatur i ukene etter behandling. Kristoffersen m.fl (2014) antok en utviklingsperiode på 155 døgngrader for fastsittende lus til bevegelige (basert på temperatuavhengig lakselusdemografi rapportert i Stien m.fl 2005). Vi antar her at fastsittende lus som overlever en termisk lusebehandling allerede har levd 50 døgngrader og regner ut antall dager det tar før de har levd ytterligere 105 døgngrader.

Alle deskriptiv og statistisk analyse ble kjørt i programmet R. R-pakken lme4 ble brukt for negativ binomial regresjon med merd som random effekt.

## 4.5. Histologi

På forsøkslokalitetene ble det tatt ut gjelleprøver fra 5 fisk på hvert av tidspunktene det ble gjennomført detaljert velferdscreening. Veterinærinstituttets rutiner for fremføring av snitt ble fulgt. Snittene ble avlest i lysmikroskop. Funn gjort ved rutinemessig diagnostisk undersøkelse av formalinfikserte gjeller ble oppsummert. Billedanalyse eller eksakte kvantitative registreringer ble ikke utført.

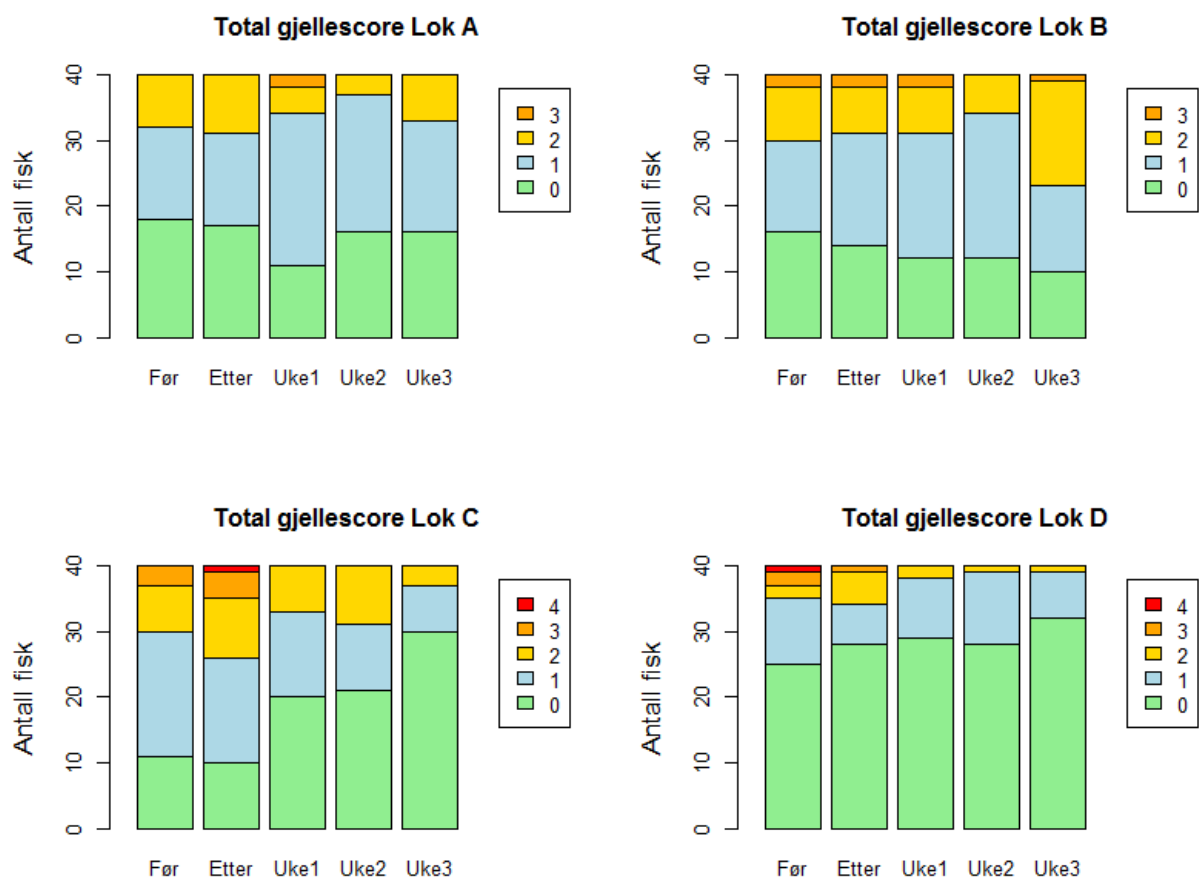
## 4.6. Vannprøver

Det ble tatt ut tre vannprøver i forbindelse med avlusningen av de fire utvalgte merdene. To vannprøver ble tappet direkte fra behandlingskammer Thermolicer® (figur 1). En prøve ble tatt tidlig og en prøve sent i avlusningsprosessen. Det ble tatt en kontrollprøve av sjøvann like ved til vanninntaket til fiskepumpen. Vannprøvene ble sendt til Norsk institutt for vannforskning for vannkjemisk analyse med hensyn på alkalitet (NS-EN ISO 9963-1:1996), ammonium (intern metode), nitritt+nitrat (NS-EN ISO 4745:1991), pH (NS-EN ISO 10523:2012) og turbiditet (intern metode).

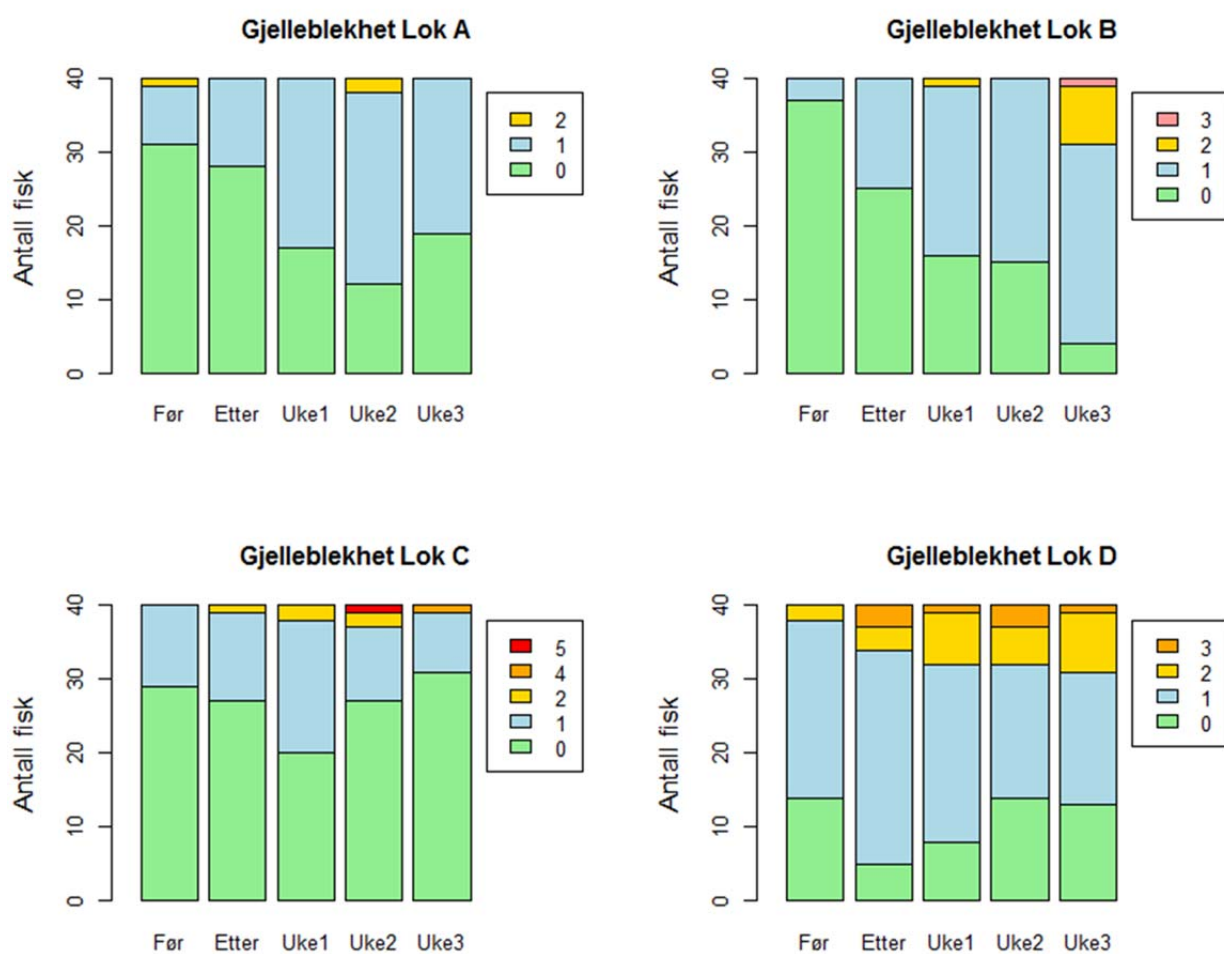
# 5. Resultater

## 5.1. Velferdsregistrering

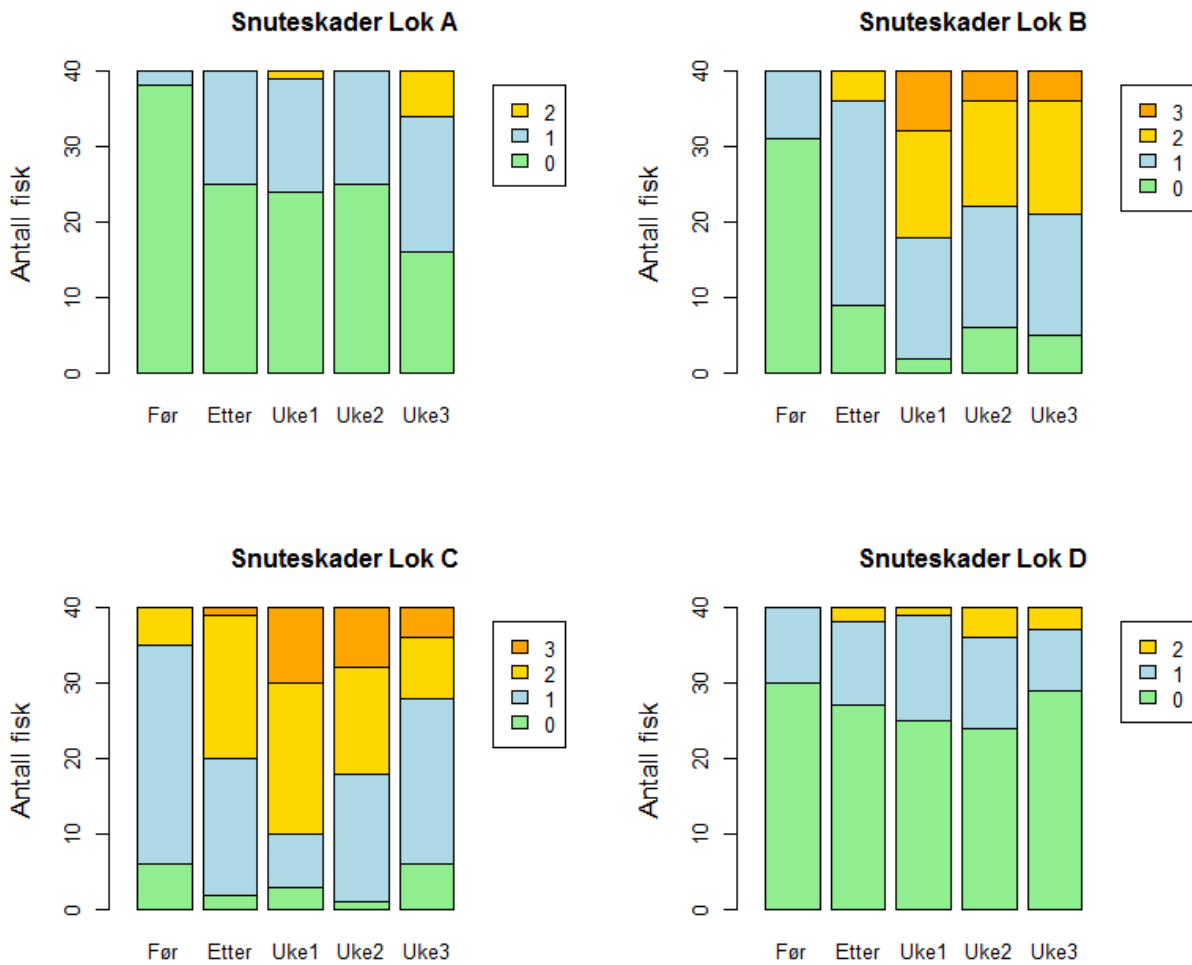
Resultatene av velferdsregistreringen på fisk fra den utvalgte merda på de fire forsøkslokalitetene (A, B, C og D) er oppsummert i figur 2. I den statistiske analysen av velferdsregistreringer er det fokus på akutte skader som en følge av den termiske behandlingen på behandlingsdagen. Det er ikke gjort en tilsvarende analyse av resultatene fra velferdsregistrering av akutte skader i uke 1, 2 og 3 etter behandling. Gjellescore og katarakt ble inkludert for å få informasjon om gjellehelsestatus og eventuell påvirkning på øyne over tid. For disse velferdsregistreringene ble det fokusert på skader over tid i tillegg til rett etter behandling.



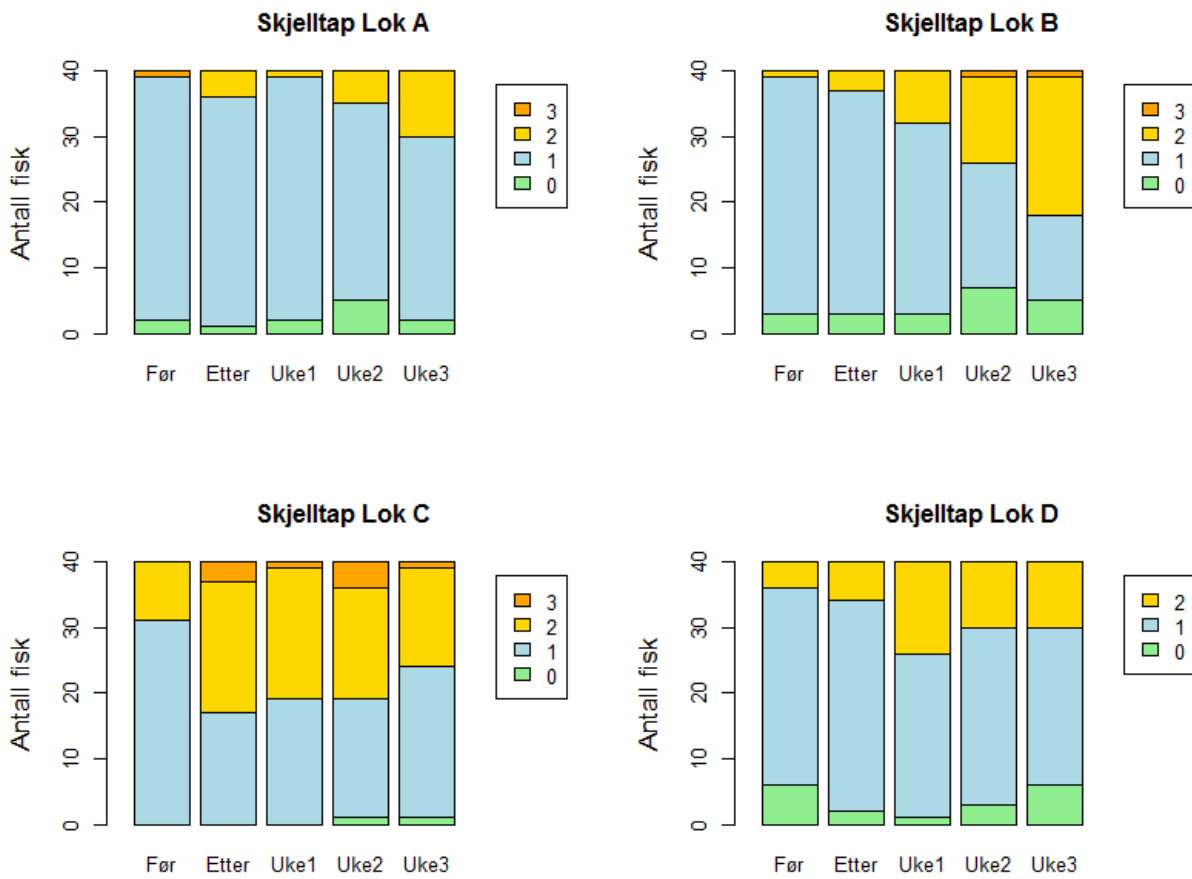
Figur 2 a): Total gjellescore på fisk fra de fire forsøkslokalitetene. 40 fisk ble undersøkt på det enkelte tidspunkt. Fargekode angir antall fisk i de ulike kategoriene.



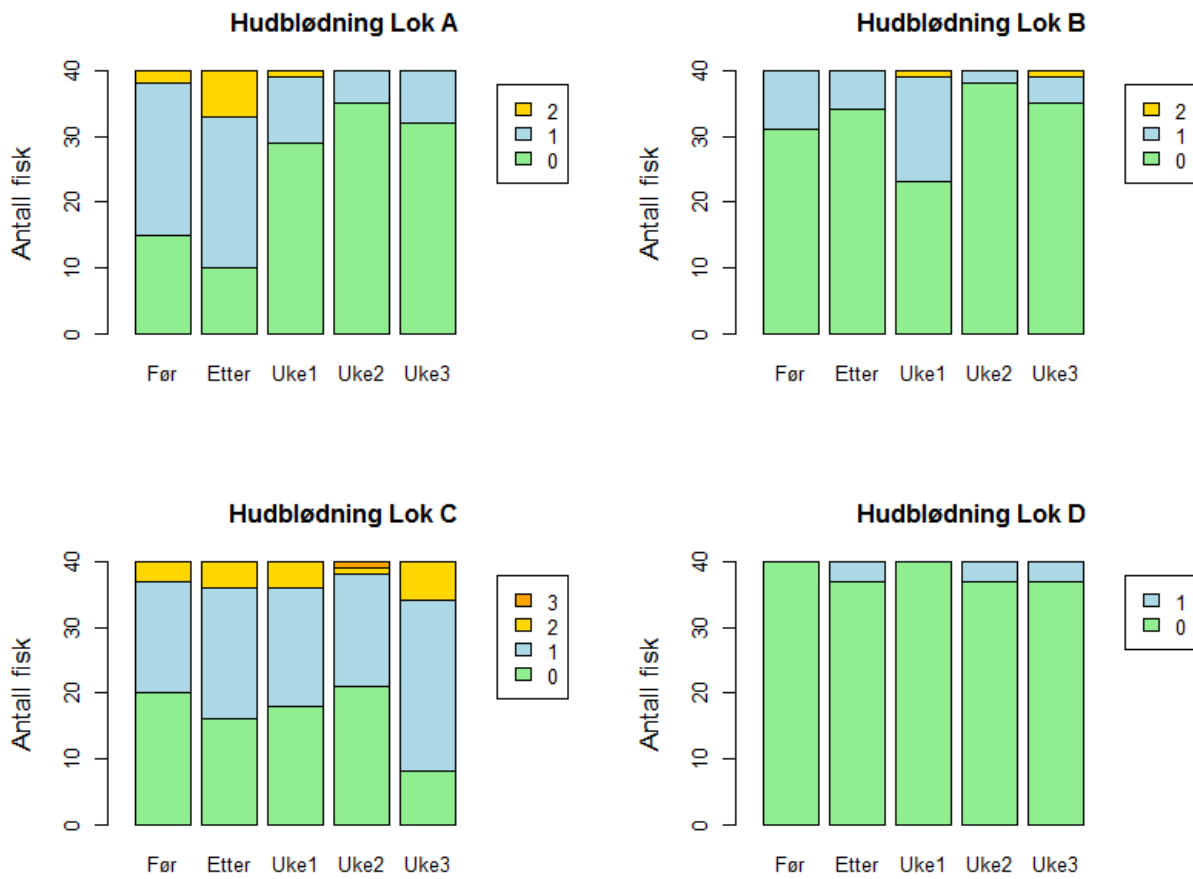
Figur 2 b): Vurdering av gjelleblekhet på 40 fisk per tidspunkt fra de fire forsøkslokalitetene. Fargekode angir kategori, der 0 er normal. Det er signifikant endring fra før til etter behandling på fisk fra lokalitet B med økende antall 1 kategori ( $p = 0.002$ , justert  $p=0.008$ ) og på fisk fra lokalitet D med tendens til økende antall i kategori 3 ( $p=0.04$ , justert  $p=0.11$ ). For lokalitet B er det også signifikant økning i score på gjelleblekhet fra før til alle uketidspunkt etter (alle justerte  $p$ -verdier  $<0.01$ ). For lokalitet A er det signifikant økning i score på gjelleblekhet fra før til uke 1 (justert  $p=0.04$ ) og før til uke 2 (justert  $p<0.01$ ).



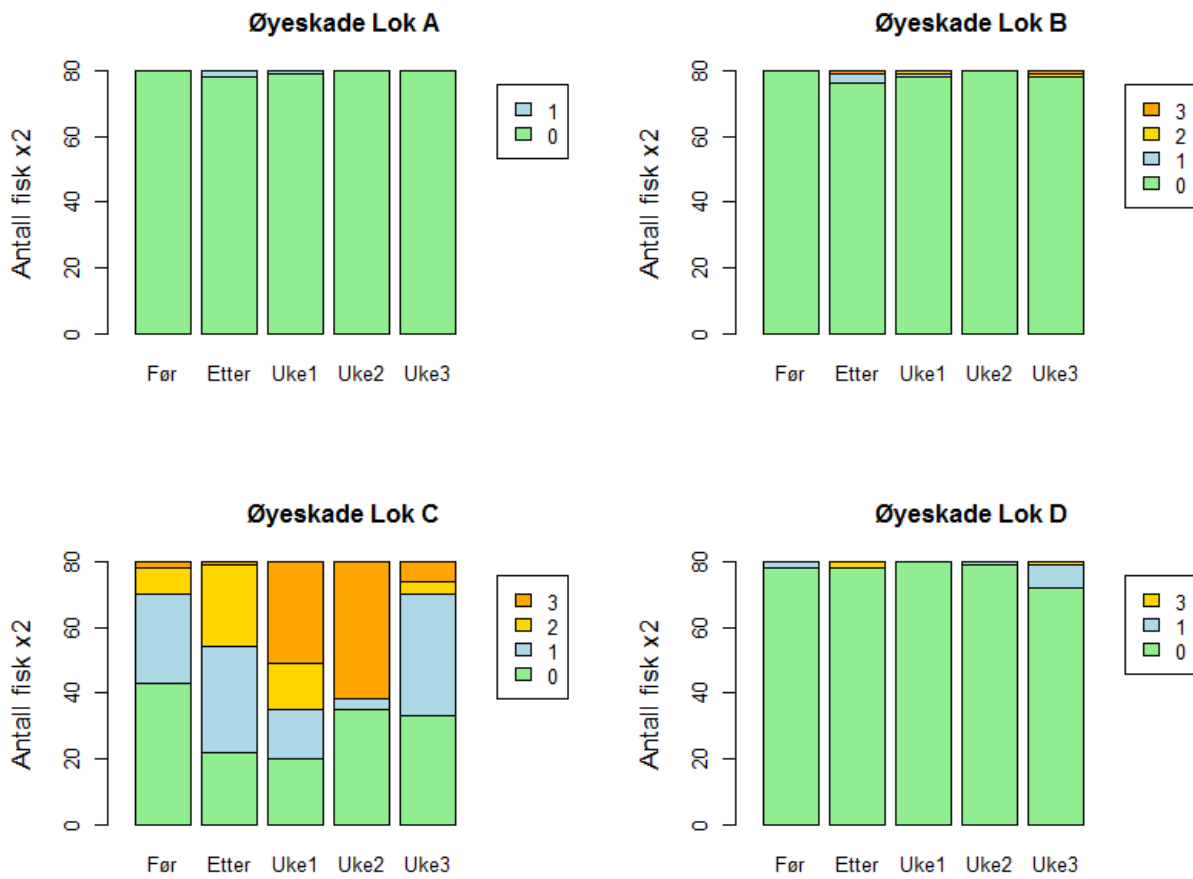
Figur 2 c): Vurdering av snuteskader på 40 fisk per tidspunkt fra de fire forsøkslokalitetene. Fargekode angir kategori, der 0 er normal. Det er signifikant endring fra før til etter behandling på fisk fra lokalitet A (justert  $p = 0.003$ ) med økning i antall 1 kategori, lokalitet B (justert  $p = 0.002$ ) med økning i antall kategori 1 og 2, og lokalitet C (justert  $p = 0.003$ ) med økning i antall 2 og 3 kategori. Ingen signifikant endring i snuteskader mellom før og etterbehandling på fisk fra lokalitet D.



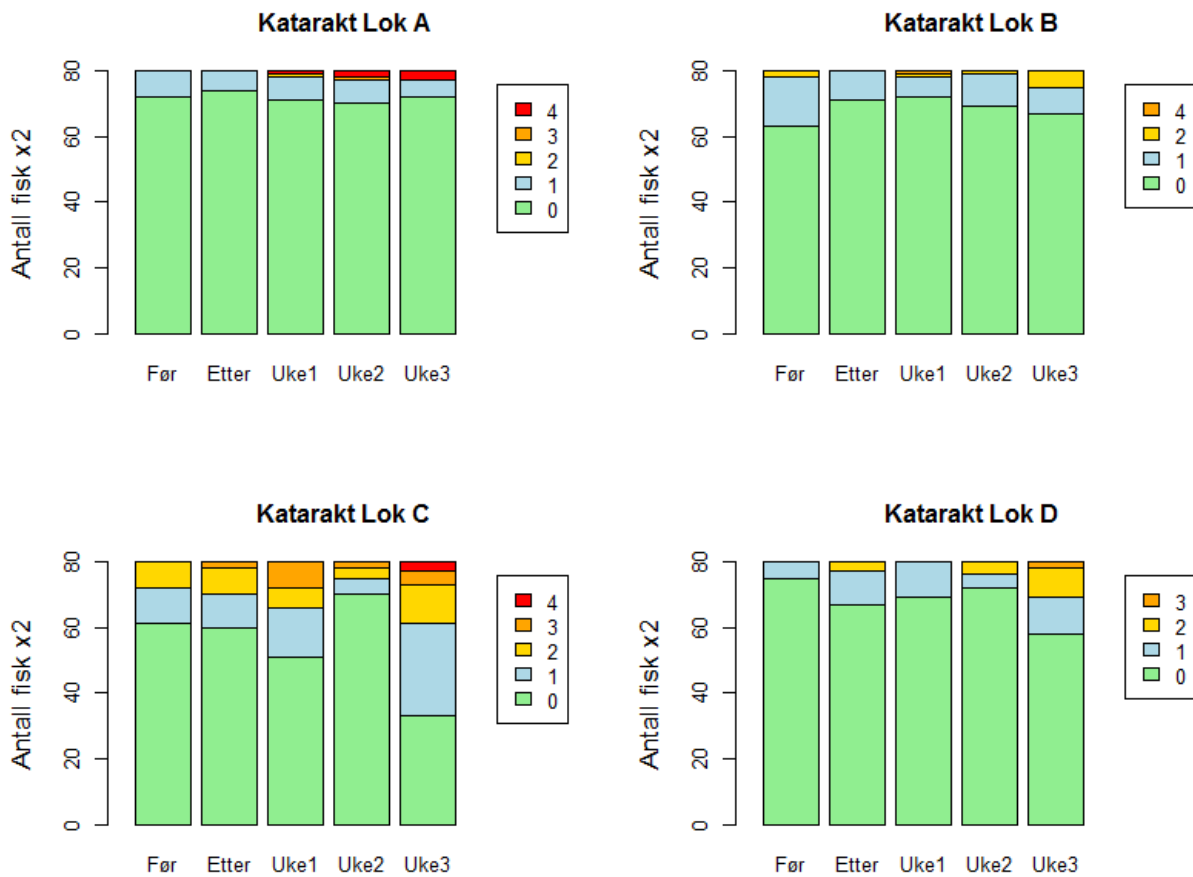
Figur 2 d): Vurdering av skjelltap på 40 fisk per tidspunkt fra de fire forsøkslokalitetene. Fargekode angir kategori, der 0 er normal. Det er signifikant endring fra før til etter behandling på fisk fra lokalitet C (justert  $p=0.01$ ) med økning i antall 2 og 3 kategori. Ingen signifikant endring i skjelltap på fisk fra de andre lokalitetene etter behandling.



Figur 2 e): Vurdering av hudblødning på 40 fisk per tidspunkt fra de fire forsøkslokalitetene. Fargekode angir kategori, der 0 er normal. Det er ingen signifikant endring fra før til etter behandling på fisk fra noen av forsøkslokalitetene.

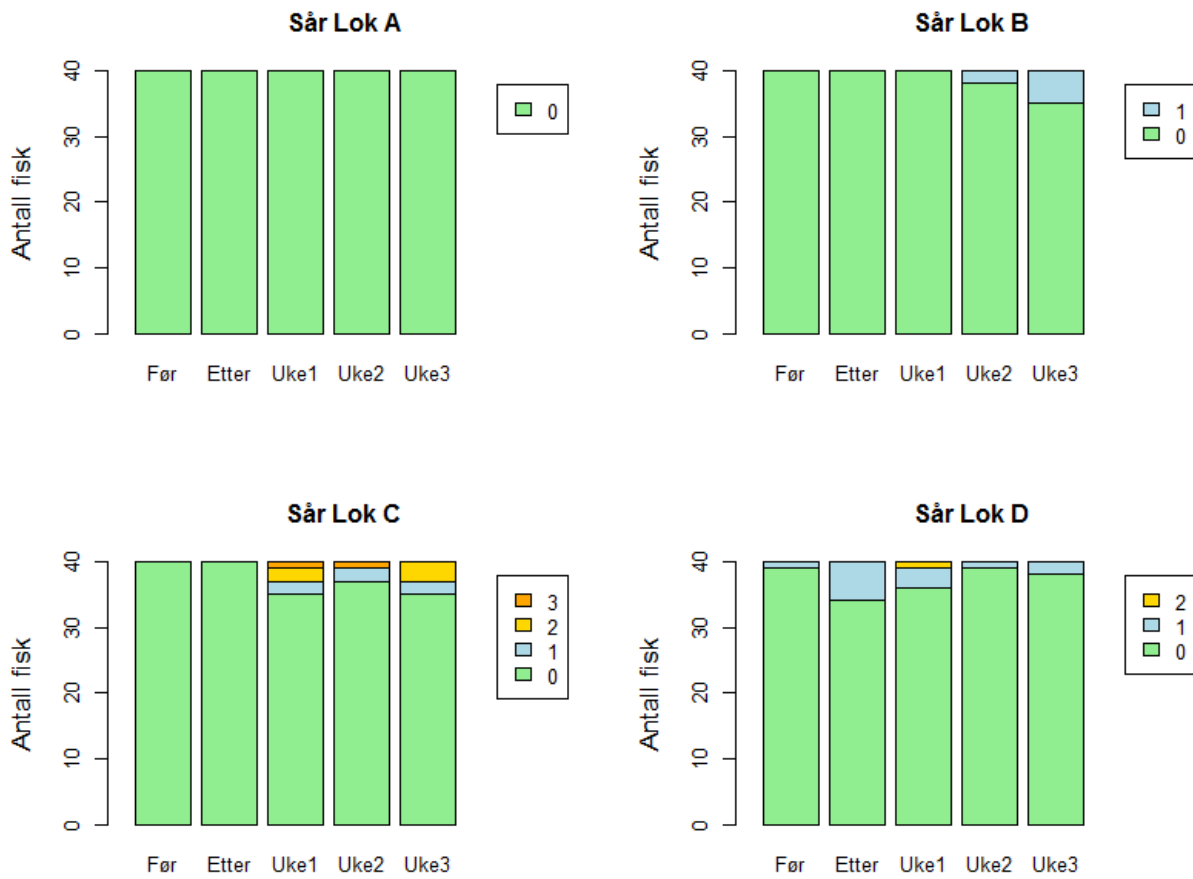


Figur 2 f): Vurdering av øyeskader på 40 fisk per tidspunkt (80 er summen av to øyer) fra de fire forsøkslokalitetene. Det er ingen signifikant endring fra før til etter behandling på fisk fra noen av forsøkslokalitetene.

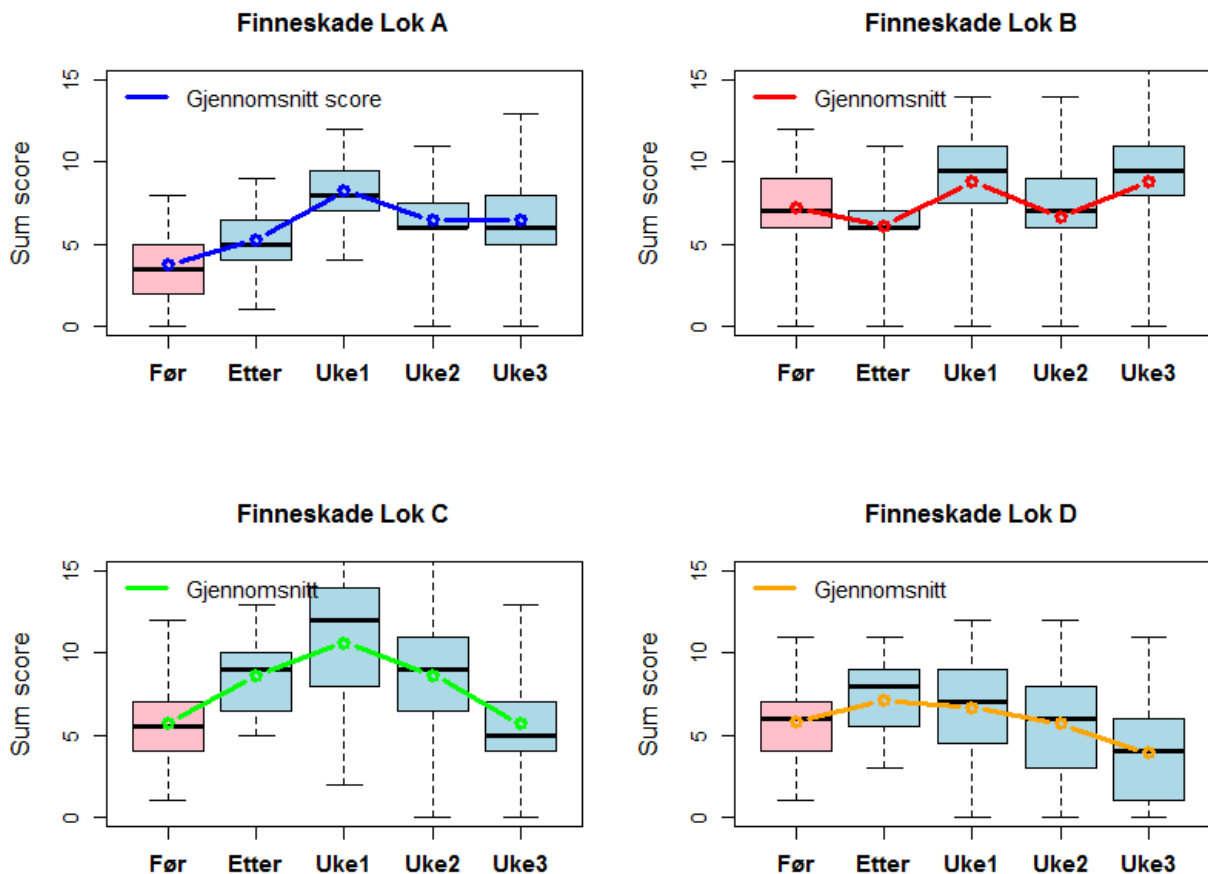


Figur 2 g): Vurdering av katarakt på 40 fisk per tidspunkt (80 er summen av to øyer) fra de fire forsøkslokalitetene. Det er ingen signifikant endring fra før til etter behandling på fisk fra noen av forsøkslokalitetene. Men over tid fra før til 3 uker etter behandling er det signifikant endring på lokalitet C (justert  $p=0.01$ ) og tendens på D ( $p=0.01$ , justert  $p=0.12$ ).





Figur 2 g): Vurdering av sår på 40 fisk per tidspunkt fra de fire forsøkslokalitetene. Det er ingen signifikant endring fra før til etter behandling på fisk fra noen av forsøkslokalitetene. Tendens til signifikant endring på lokalitet D med flere antall fisk i kategori 1 ( $p=0.12$ ), da spesielt på fisk som har stått lengst i orkastnot.

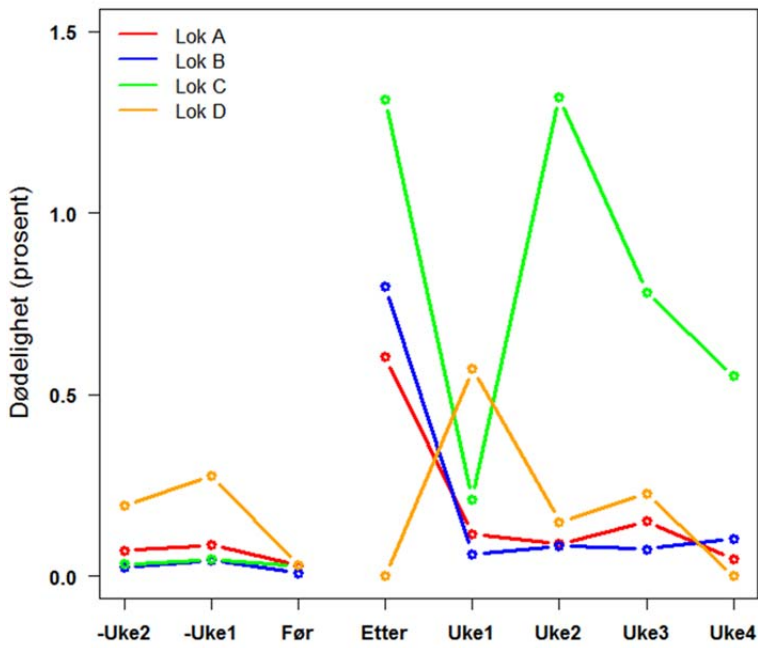


Figur 2 h): Vurdering av finneskade på 40 fisk per tidspunkt fra de fire forsøkslokalitetene. Boxplot viser fordelingen av sum score finneskade med median verdi (svart linje) og 25 og 75 perzentil vises som boks.

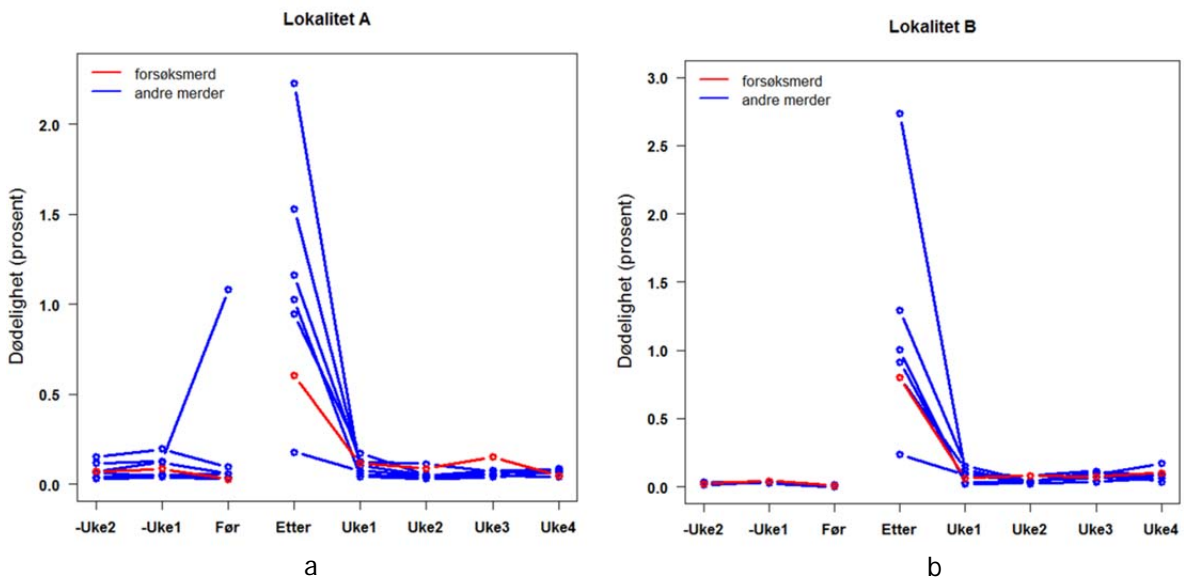
Ved å kjøre Wilcoxon-tester av finneskade (sum av score over alle finner unntatt gatt) finner en at lokalitet A og C har signifikant større finneskade etter enn før behandling, også om en kun sammenligner fisk tatt ut tidlig i avlusningsprosessen. Lokalitet B og D har større finneskade før enn etter behandling, men dette er ikke signifikant om en bare ser på fisk tatt ut tidlig i avlusningsprosessen.

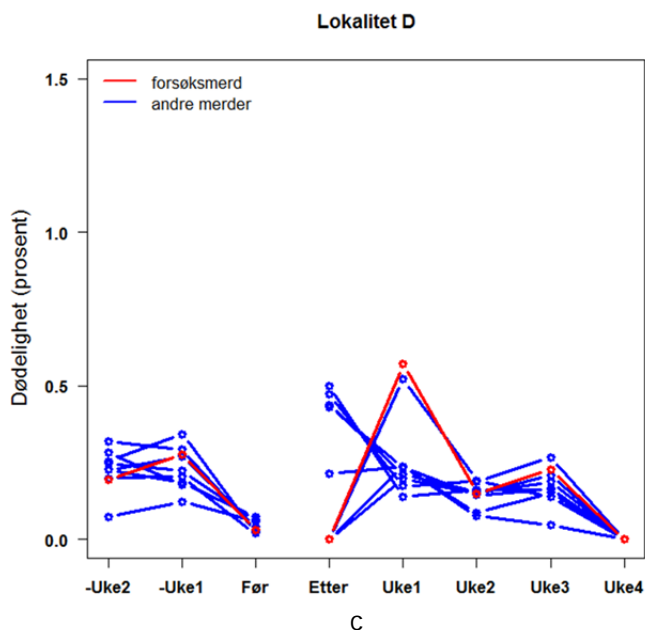
## 5.2. Dødelighet - forsøkslokaliteter

Dødelighetstall for hver merd ble samlet inn 2 uker før og inntil 4 uker etter avlusning. Figur 3 viser prosentvis dødelighet oppsummert på ukenivå for de samme 4 utvalgte merdene som det er utført detaljert velferdsundersøkelse på. Videre vises det i figur 4 prosentvis dødelighet på ukenivå for alle merder på forsøkslokalitet A, B og D. Ved forsøkslokalitet C ble det bare avluset 1 merd, dødelighet for alle merdene i dette anlegget er derfor ikke vist.



Figur 3: Prosentvis dødelighet i utvalgt merd fra de 4 forskjellige forsøkslokalitetene (A, B, C og D) fra 2 uker før til 4 uker etter avlusning.

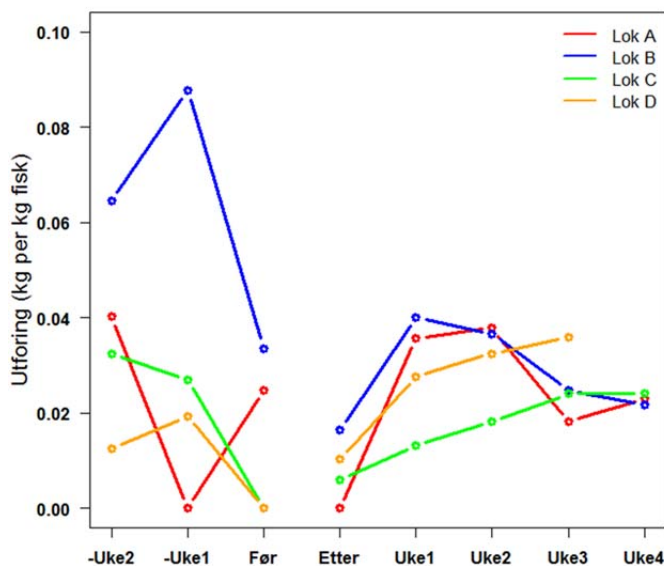




Figur 4: Prosentvis dødelighet i alle merder på a) forsøkslokalitet A, b) forsøkslokalitet B og c) forsøkslokalitet D fra 2 uker før til 4 uker etter avlusning. Rød linje angir utvalgt merd. Detaljert velferdsundersøkelse har blitt gjennomført på fisk fra denne merden.

### 5.3. Utføring - forsøkslokaliteter

Antall kg fôr gitt per merd ble samlet inn 2 uker før og inntil 4 uker etter avlusning. Figur 5 viser ukentlig utført antall kg per kg fisk for de samme 4 utvalgte merdene som det er utført detaljert velferdscreening på.



Figur 5: Oppsummert ukentlig utføring (kg fôr per kg fisk) for utvalgt merd fra de fire forskjellige forsøkslokalitetene.

For forsøkslokalitet A og B, ble det oppgitt fra lokalitetene at det tok opp til 3 uker før en var oppe i normal fôring. For forsøkslokalitet D var en etter et par dager tilbake til normal utføring.

## 5.4. Histologi

### Forsøkslokalitet A

*Prøveuttak før termisk avlusning (TA):* Det var funn av mye akutte blødninger i lameller uten proliferert respiratorisk vev i en prøve. I en gjelle var det mye proliferasjon av respiratorisk epitel med nekroser og totalt sammenvoksing av lameller på halvparten av filamentene lengst fra gjellebuen. Det var funn av ikke nærmere identifiserte «epiteliocyster».

*Prøveuttak etter TA:* Det var funn av mye akutte blødninger i lameller uten proliferert respiratorisk vev i en prøve. Det var funn av ikke nærmere identifiserte «epiteliocyster». Det ble påvist blødninger i lameller med flere lag med proliferert respiratorisk epitel.

*Prøveuttak en uke etter TA:* Påvist noe proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst på lamellene såkalt «clubbing» og noe blødninger. Det var funn av få, ikke nærmere identifiserte «epiteliocyster» i en prøve. Prøveuttak to uker etter TA. To av fem gjeller hadde en del forandringer med mye proliferasjon av respiratorisk epitel og blødninger. I de resterende gjellene var det små forandringer som proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst på lamellene «clubbing». I en gjelle ble det registrert akutte blødninger.

*Prøveuttak tre uker etter TA:* I to gjeller ble det registrert en del blødninger med begynnende organsering. I de resterende gjellene var det små forandringer som vanligvis sees i gjeller hos fisk i sjø

### Forsøkslokalitet B

*Prøveuttak før TA:* Det ble påvist en del akutte blødninger. I de resterende gjellene var det kun små forandringer om proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst på lamellene «clubbing».

*Prøveuttak etter TA:* Tilsvarende funn som før TA.

*Prøveuttak en uke etter TA:* Tre gjeller med enkelt lameller med mye proliferasjon av respiratorisk epitel.

*Prøveuttak to uker etter TA:* Tre gjeller med enkelt lameller med mye proliferasjon av respiratorisk epitel. I to gjeller var det en del blødninger i lameller med proliferert respiratorisk epitel.

*Prøveuttak tre uker etter TA:* I alle gjeller med enkelt lameller med mye proliferasjon av respiratorisk epitel. Det var funn av få, ikke nærmere identifiserte «epiteliocyster» og en del organiserte blødninger.

### Forsøkslokalitet C

*Kommentar:* Lokaliteten fikk påvist klinisk AGD høsten 2014 (før avlusning) og ble behandlet 4 ganger.

*Prøveuttak før TA:* Det ble påvist blødninger og helt omdannede lameller med granulasjonsvev sentralt. I en gjelle var det en del proliferasjon og noe sammenvoksing av lameller. I de resterende gjellene var det små forandringer som vanligvis sees i gjeller hos fisk i sjø, «clubbing».

*Prøveuttak etter TA:* Det ble påvist helt omdannede lameller med granulasjonsvev sentralt. I en gjelle var det sammenvokste lameller på motstående filamenter. Amøber ble ikke påvist. I de resterende gjellene var det små forandringer som vanligvis sees i gjeller hos fisk i sjø, «clubbing».

*Prøveuttak en uke etter TA:* I gjellene var det små forandringer som vanligvis sees i gjeller hos fisk i sjø, «clubbing».

*Prøveuttak to uker etter TA:* I to gjeller var det enkelt lameller som var svært fortykket med sannsynlig reparasjonsprosess. I en gjelle var det noen blødninger sentralt i lameller med proliferert respiratorisk epitel. I tillegg var det små forandringer som vanligvis sees i gjeller hos fisk i sjø «clubbing».

*Prøveuttak tre uker etter TA:* I tre gjeller var det en del proliferasjon av respiratorisk epitel langs lamellene. Det var partier med sammenvoksninger av lameller og noen fortykkete filamenter med granulasjonsvev sentralt.

### Forsøkslokalitet D

*Prøveuttak før TA:* Det var en del proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst og langs lamellene i tre prøver. Det var akutte blødninger ytterst i lamellene og blod mellom filamentene.

*Prøveuttak etter TA:* Prøver tatt ut like etter TA. Det var mye blod mellom lamellene og mye blødninger i lamellene. Blødningene ble antatt å være akutte da det ikke ble ikke organiserte blødninger eller proliferert vev i tilknytning til blødningene. I et filament var det en stor blødning. Det var en del proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst på lamellene og også langs lamellene.

*Prøveuttak en uke etter TA:* Det var noen blødninger med begynnende organisering i lamellene. Det var en del proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst på lamellene med få nekroser.

*Prøveuttak to uker etter TA:* I to gjeller var det både blødninger både sentralt og ytterst på lamellene. I en av gjellene var det et filament som var fortykket med sammenvoksninger av lamellene, med blødninger og gult pigment i vevet som kan indikere en stor blødning. Det var en del proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst på lamellene.

*Prøveuttak tre uker etter TA:* Det var blødning sentralt i noen lameller og en del blod mellom lamellene. Det var en del proliferasjon av respiratorisk epitel ytterst på lamellene.

## 5.5. Vannprøver

Resultatene fra vannanalysene viser at det er variasjon i vannkvaliteten i behandlingskammeret ved behandlingen av de utvalgte merdene på lokalitet A, B og C (tabell 2). Vannprøver fra lokalitet D kom dessverre bort.

På lokalitet B ble det målt 27000 µg/l av ammonium (NH<sub>3</sub>-N) i den siste prøven fra behandlingskammeret. Beregnet mengde fri ammoniakk blir da 231 µg/l, noe som betegnes som et ekstremt høyt nivå. Det høye nivået er forårsaket av en kombinasjon av høy pH og høy temperatur. Turbiditeten i denne vannprøven var også høy. Dette tyder på dårlig vannutskifting i behandlingskammeret ved avlusingen av denne merden.

Tabell 2: Resultat av analyser fra stikkprøver av behandlingsvannet i Thermolicer®

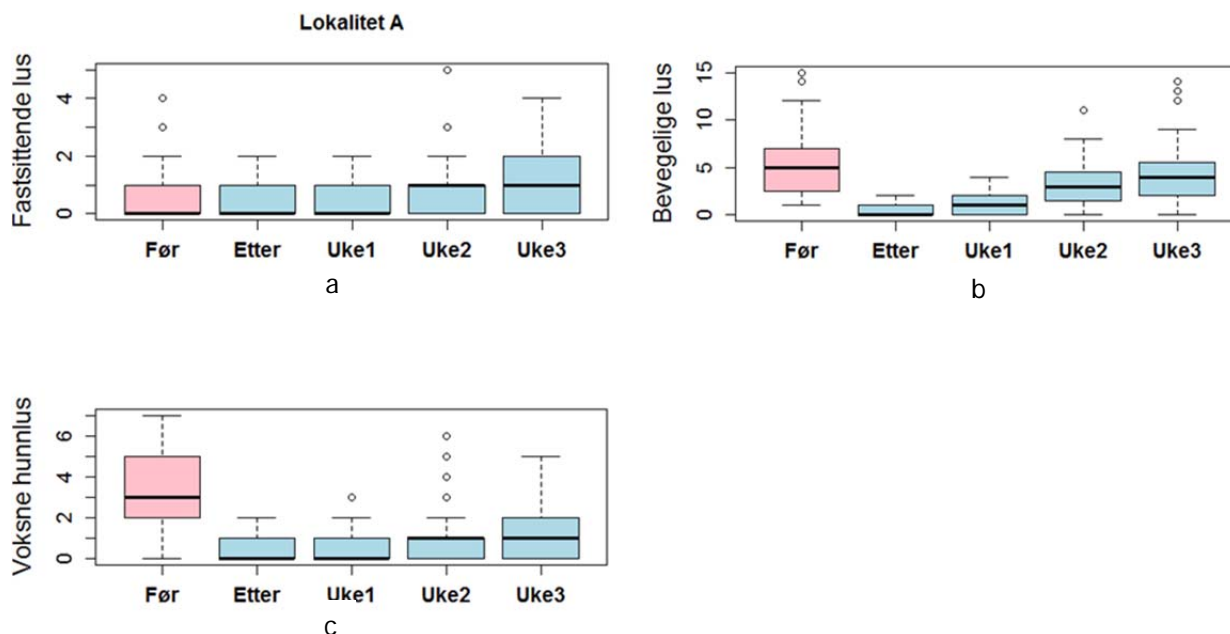
Utvalgt merd A			
Vannparameter	Kontrollprøve <sup>1</sup>	Prøve 1 <sup>2</sup>	Prøve 2 <sup>3</sup>
Alkalitet (Mmol/l)	1,842	2,227	3,005
Ammonium (µg N/l)	20	2800	8200
Nitrat og nitritt (µg N/l)	46	44	10
Surhetsgrad, pH	7,93	7,33	7,17
Turbiditet, FNU	<0,30	3,6	18
Beregnet NH <sub>3</sub> -N, µg N/l	1	51	103
Beregnet NH <sub>3</sub> -N, µg N/l ved pH 6,5	0	8	22
Utvalgt merd B			
Vannparameter	Kontrollprøve <sup>1</sup>	Prøve 1 <sup>2</sup>	Prøve 2 <sup>3</sup>
Alkalitet (Mmol/l)	2,146	2,267	2,702
Ammonium (µg N/l)	<5	6600	27000
Nitrat og nitritt (µg N/l)	3	6	4
Surhetsgrad, pH	7,92	7,21	7
Turbiditet, FNU	<0,30	4,8	26
Beregnet NH <sub>3</sub> -N, µg N/l	0	91	231
Beregnet NH <sub>3</sub> -N, µg N/l ved pH 6,5	0	18	73
Utvalgt merd C			
Vannparameter	Kontrollprøve <sup>1</sup>	Prøve 1 <sup>2</sup>	Prøve 2 <sup>3</sup>
Alkalitet (Mmol/l)	2,21	2,33	2,63
Ammonium (µg N/l)	11	2220	4200
Nitrat og nitritt (µg N/l)	84	78	3
Surhetsgrad, pH	7,85	7,53	7,35
Turbiditet, FNU	<0,30	2	2
Beregnet NH <sub>3</sub> -N, µg N/l	1	63	79
Beregnet NH <sub>3</sub> -N, µg N/l ved pH 6,5	0	6	11

<sup>1</sup>Prøve tatt i sjøen utenfor behandlingskammeret

<sup>2</sup>Prøve tappet fra behandlingskammeret tidlig i behandlingsforløpet

<sup>3</sup>Prøve tappet fra behandlingskammeret sent i behandlingsforløpet

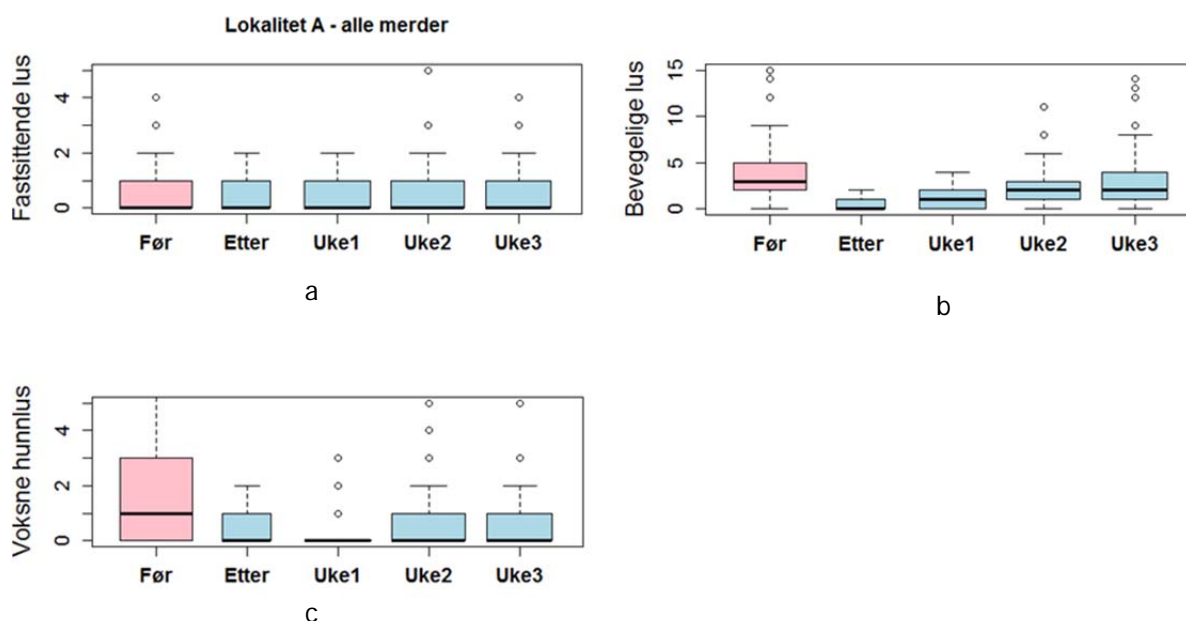
## 5.6. Lusetall - forsøkslokaliteter



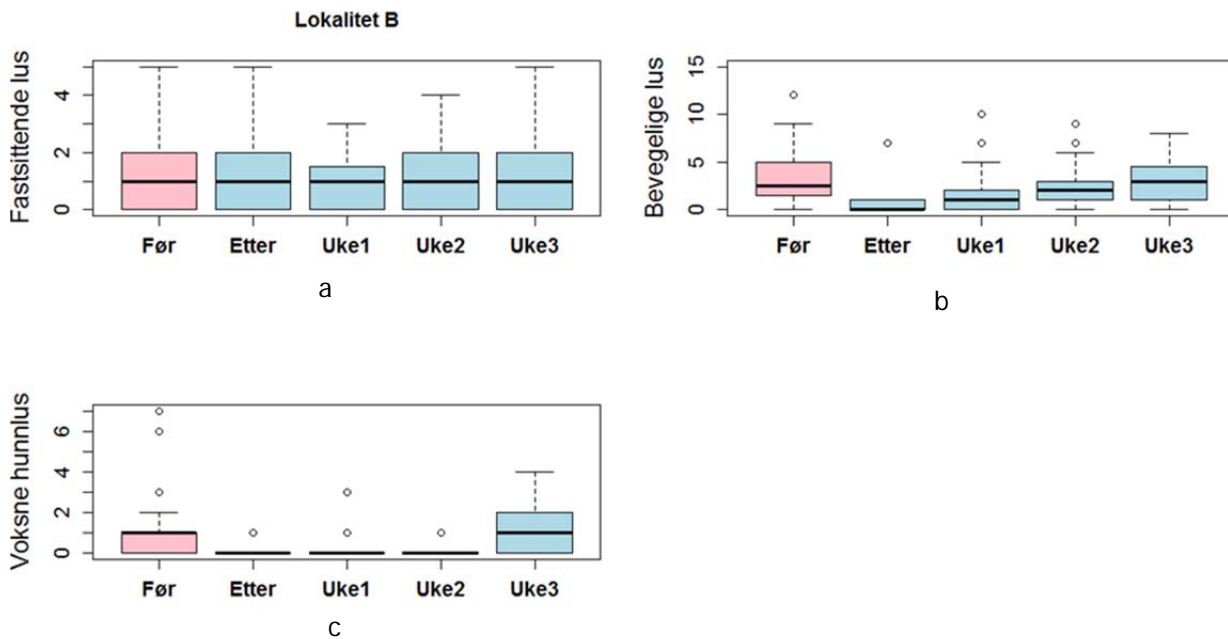
Figur 6: Boxplot over a) fastsittende, b) bevegelige og c) voksne lus fra utvalgt merd på forsøkslokalitet A før og etter behandling og 1, 2 og 3 uker deretter. Boxplot viser fordelingen av lusetall fra 40 fisk per tidspunkt med median verdi (svart linje) der 25 og 75 percentil vises som boks. Signifikant færre bevegelige lus rett etter og 1 uke etter behandling ( $p < 0.001$ ). Signifikant færre voksne lus på alle tidspunkt ( $p < 0.001$ ). For fastsittende er antall lus i uke 3 signifikant flere enn før behandling ( $p = 0.009$ )

Ved modellprediksjon ble prosentvis reduksjon av bevegelige lus på utvalgt merd fra forsøkslokalitet A beregnet til å være 93.7 % rett etter og 74.9 % 1 uke etter avlusning.

Alle merdene ved forsøkslokalitet A ble avluset, og figur 7 viser samlet luseutvikling 3 uker etter avlusning for hele lokaliteten.



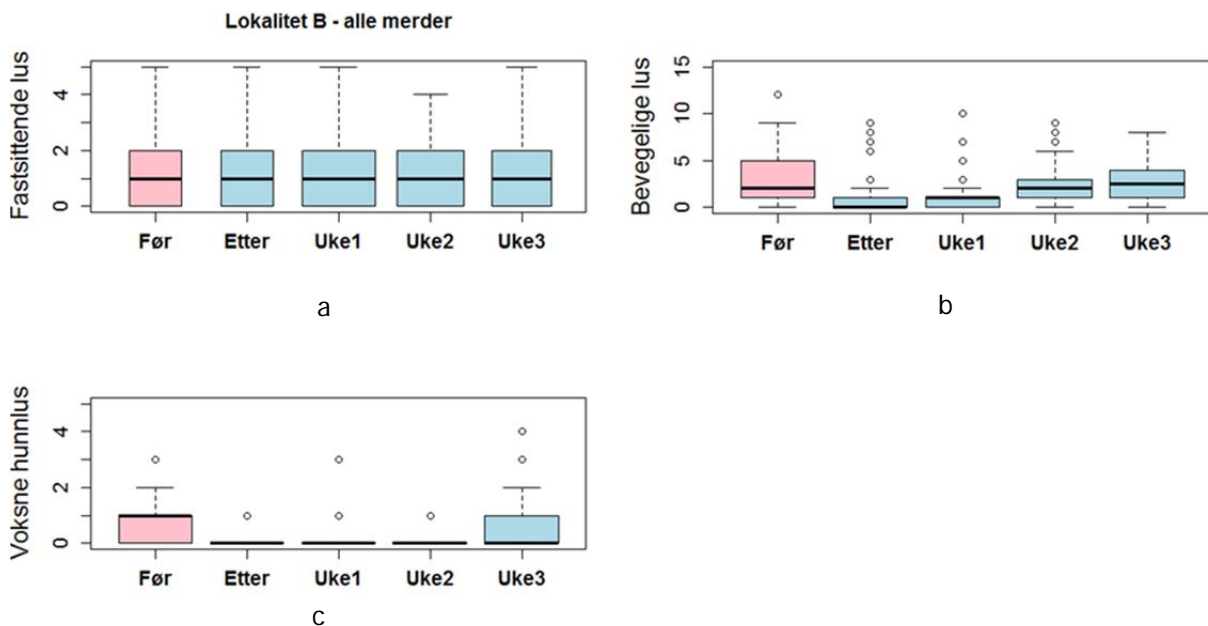
Figur 7: Boxplot over a) fastsittende, b) bevegelige og c) voksne lus fra alle merder på forsøkslokalitet A før og etter behandling og 1, 2 og 3 uker deretter. Boxplot viser fordelingen av lusetall fra alle telte fisk i alle merder per tidspunkt med median verdi (svart linje) der 25 og 75 percentil vises som boks. Signifikant færre bevegelige lus rett etter, 1 uke og 2 uker etter avlusning ( $p < 0.001$ ). Signifikant færre voksne hunnlus ved alle tidspunkt etter avlusning ( $p < 0.001$ ). Signifikant flere fastsittende lus 3 uker etter avlusning ( $p = 0.005$ ).



Figur 8: Boxplot over a) fastsittende, b) bevegelige og c) voksne lus fra utvalgt merd på forsøkslokalitet B før og etter behandling og 1, 2 og 3 uker deretter. Boxplot viser fordelingen av lusetall fra 40 fisk per tidspunkt med median verdi (svart linje) der 25 og 75 percentil vises som boks. Signifikant færre bevegelige lus rett etter ( $p < 0.001$ ) og 1 uke etter avlusning ( $p = 0.002$ ). Signifikant færre voksne hunn lus rett etter, 1 og 2 uker etter avlusning ( $p < 0.001$ ).

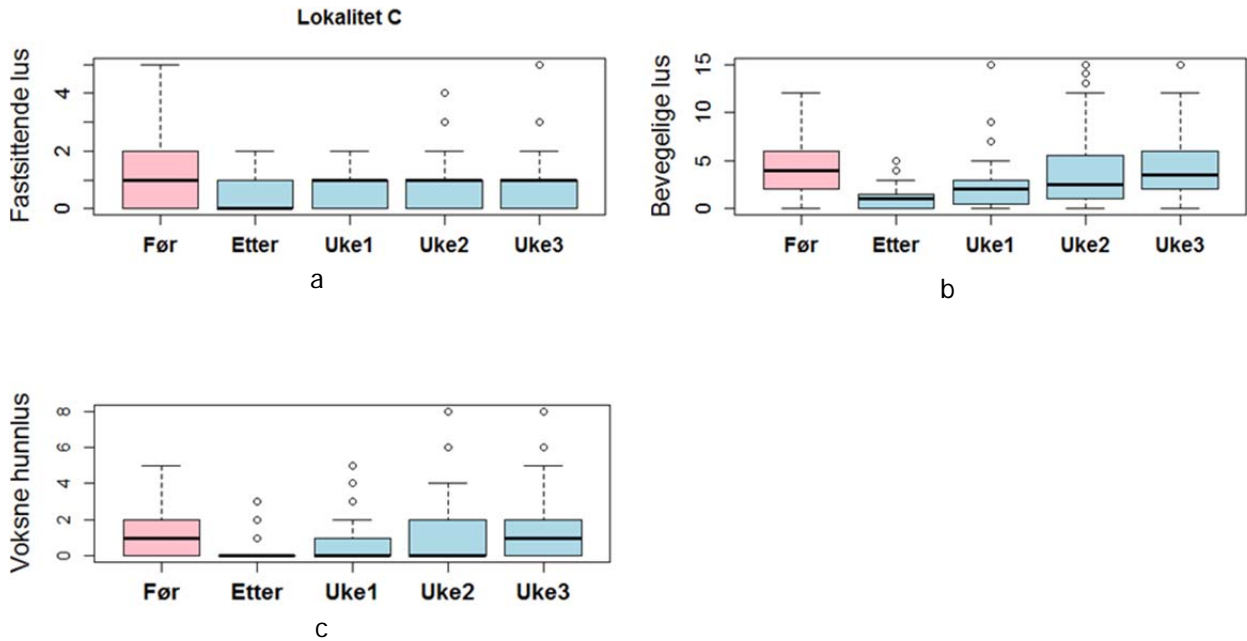
Ved modellprediksjon ble prosentvis reduksjon av bevegelige lus i utvalgt merd fra forsøkslokalitet B beregnet til å være 87,6 % rett etter og 52,6 % 1 uke etter avlusning.

Alle merdene ved forsøkslokalitet B ble avluset, og figur 9 viser samlet luseutvikling 3 uker etter avlusning av hele lokaliteten.



Figur 9: Boxplot over a) fastsittende, b) bevegelige og c) voksne lus fra alle merder på forsøkslokalitet B før og etter behandling og 1, 2 og 3 uker deretter. Boxplot viser fordelingen av lusetall fra alle tette fisk i alle merder per tidspunkt med median verdi (svart linje) der 25 og 75 percentil vises som boks. Signifikant færre bevegelige lus rett etter og 1 uke ( $p < 0.001$ ) og 2 uker ( $p = 0.01$ ) etter avlusning. Signifikant færre voksne hunn lus rett etter, 1 uke og 2 uker etter avlusning ( $p < 0.001$ ).

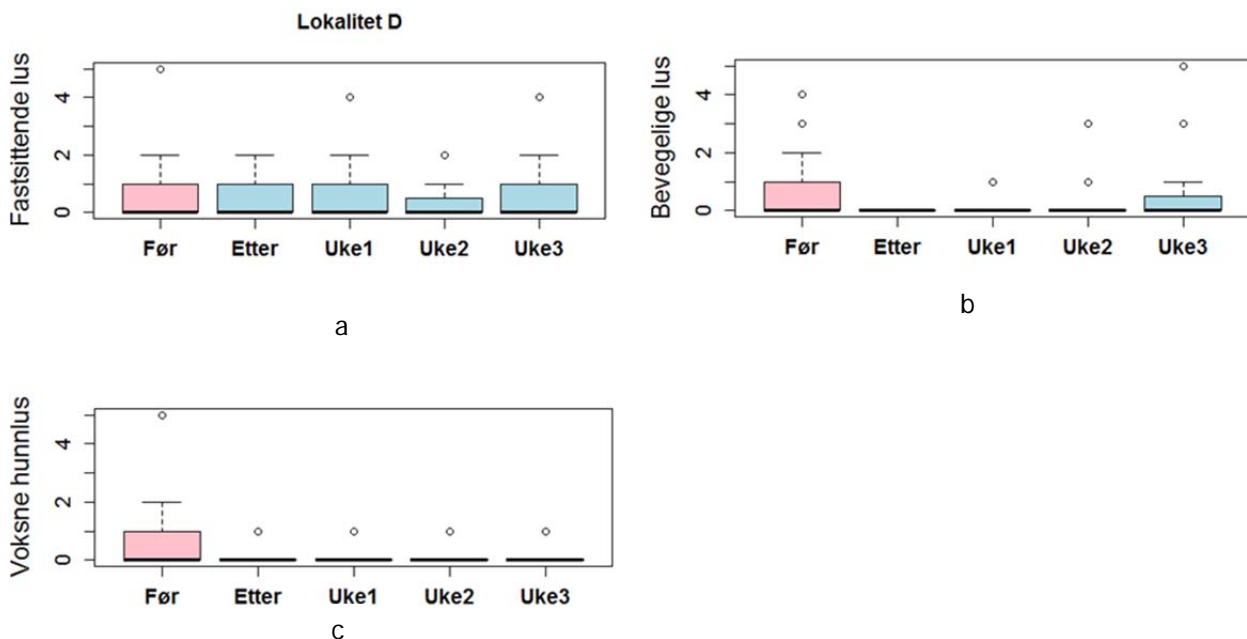




Figur 10: Boxplot over a) fastsittende, b) bevegelige og c) voksne lus fra utvalgt merd på forsøkslokalitet C før og etter behandling og 1, 2 og 3 uker deretter. Boxplot viser fordelingen av lusetall fra 40 fisk per tidspunkt med median verdi (svart linje) der 25 og 75 percentil vises som boks. Signifikant færre bevegelige lus rett etter ( $p < 0.001$ ) og 1 uke ( $p = 0.02$ ) etter avlusning. Signifikant færre voksne hunnlus rett etter ( $p < 0.001$ ) og 1 uke ( $p = 0.02$ ) etter avlusning. Signifikant færre fastsittende lus rett etter ( $p < 0.001$ ) og 1 og 2 uker etter avlusning ( $p = 0.02$ ).

Ved modellprediksjon ble prosentvis reduksjon av bevegelige lus på utvalgt merd fra forsøkslokalitet C beregnet til å være 76,7 % rett etter og 41,9 % 1 uke etter avlusning.

Kun utvalgt merd ble avluset på forsøkslokalitet C.



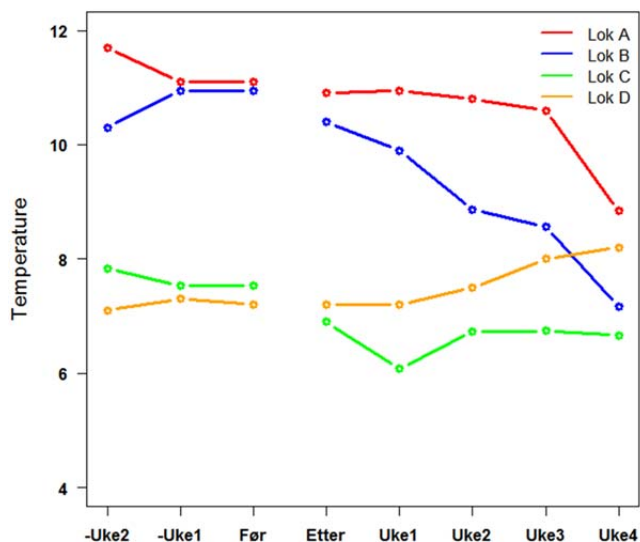
Figur 11: Boxplot over a) fastsittende, b) bevegelige og c) voksne lus fra utvalgt merd på forsøkslokalitet D før og etter behandling og 1, 2 og 3 uker deretter. Boxplot viser fordelingen av lusetall fra 40 fisk per tidspunkt med median verdi (svart linje) der 25 og 75 percentil vises som boks. Ingen bevegelige lus registrert rett etter behandling. Videre er det signifikant færre bevegelige lus 1 uke ( $p < 0.001$ ) og 2 uker ( $p = 0.005$ ) etter avlusning. Signifikant færre voksne hunnlus på alle tidspunkt etter avlusning ( $p = 0.007$ )

På lusetall fra utvalgt merd på lokalitet D, var det ikke mulig å gjøre modellprediksjon av % reduksjon av mobile lus rett etter avlusning, da det bare var 0 bevegelige lus på alle fisker. En kan anta at en her har fått 100 % reduksjon av bevegelige lus. Prosentvis reduksjon av bevegelige lus 1 uke etter avlusning ble derimot beregnet ved modellprediksjon til å være 87.1 %.

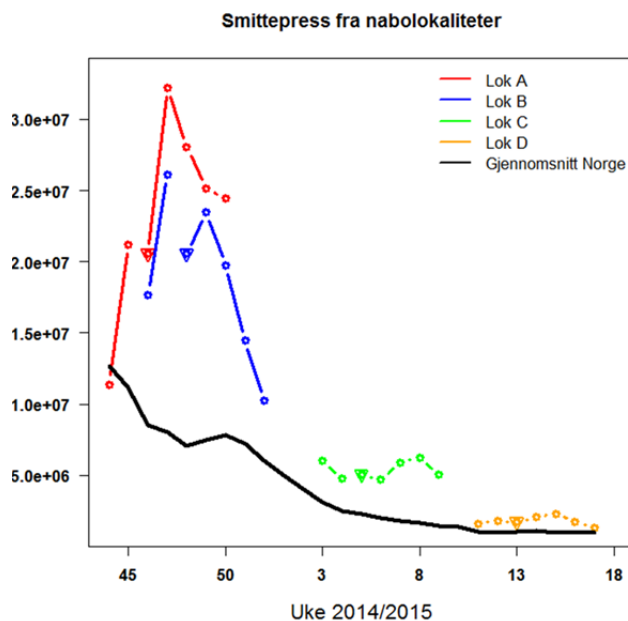
Alle merder på forsøkslokalitet D ble avluset, men pga lite data er det ikke vist boxplot for luseutvikling fra hele lokaliteten.

For fastsittende lus var det bare lokalitet C som hadde en signifikant nedgang i lusetall fra før til etter ved lokalitetspesifikk modell. Ser vi på alle lokalitetene under ett (felles regresjonsmodell for alle fire lokaliteter) finner vi en signifikant nedgang av fastsittende fra før til etter behandling ( $p=0.006$ ). Det ble observert høyere nivå av fastsittende på lokalitet B ( $p<0.001$ ) og lavere nivå på lokalitet D ( $p<0.001$ ) enn på lokalitet A.

Sjøtemperatur og beregnet smittepress inn mot forsøkslokaliteter er oppsummert i figur 12 og 13. Smittepress av bevegelige lus fra nabolokaliteter er beregnet etter publisert smittepressmodell (Kristoffersen med flere 2014). Fastsittende larver som eventuelt overlever termisk behandling har en forventet utviklingsperiode til bevegelige lus på 10-11 dager for lokalitet A og B, 15 dager for lokalitet C og 17 dager for lokalitet D.



Figur 12: Registrert sjøtemperatur i perioden 2 uker før og inntil 4 uker etter avlusning for de 4 forsøkslokalitetene.



Figur 13: Beregnet smittetryk fra nabolokaliteter mot de ulike forsøkslokaliteter i perioden disse har blitt avluset. Avlusningsuker for de ulike lokalitetene: Lokalitet A; uke 46, lokalitet B; uke 48, lokalitet C; uke 5 og lokalitet D; uke 13. Svart linje viser beregnet gjennomsnittspres for hele Norge i denne perioden.

## 5.7. Erfaringer fra utprøvningslokaliteter

Resultater fra lusetall, dødelighet og utføring er ikke vist fra utprøvningslokaliteter. På noen av utprøvningslokalitetene ble fisk med gjelleirritasjon og/eller diagnose AGD avluset med Thermolicer®. På disse lokalitetene ble det erfart meget høy dødelighet i etterkant av avlusning. Erfaringer med effekt mot lus på utprøvningslokaliteter er tilsvarende det som er vist for forsøkslokaliteter.

## 6. Diskusjon

Thermolicer® er en ny ikke-medikamentell metode for avlusning av laksefisk. I henhold til Akvakulturdriftforskriften § 20 skal nye metoder og tekniske løsninger være utprøvd og dokumentert velferdsmessig forsvarlige før de tas i bruk. I dette prosjektet har en fokusert på å observere om fisken har blitt utsatt for akutte ytre skader under behandling og om det etter en tid (inntil 4 uker) har utviklet seg større skader som sår, øyeskader, gjelleskader og finneslitasje. I tillegg har det blitt utført histologi på et lite utvalg av gjeller. Det har ikke blitt gjennomført noen prøvetaking av fisk for måling av stressrespons, da det i dette ikke syntes hensiktsmessig i dette prosjektet. Det ble antatt at stressresponsen vil være høy pga av generell håndtering/trenging som må gjennomføres i en slik type avlusning. I tilsvarende nye prosjekter bør det imidlertid vurderes om måling av stressrespons kan gi en ytterligere verdi for vurdering av fiskevelferd. Registrering av utføring ble oppsummert for å gi en indikasjon på hvordan fisken generelt har blitt påvirket av avlusningsprosessen. Antall døde fisk er ingen god velferdsindikator alene, men sier noe om ytterste konsekvens for fisken. All håndtering vil påvirke fisken, og en lite robust fisk eller påkjent fisk vil tåle mindre håndtering.

Forsøkslokaliteter A og B ble avluset med maskin 1 uten at det ble gjennomførte betydelige endringer på maskinen mellom avlusningene. Forsøkslokaliteter D og C ble avluset med maskin 2, og det ble gjennomført betydelig endringer på maskin 2 mellom avlusning av disse to lokalitetene. Bare 1 merd ble avluset på lokalitet C, da fiskevelferd ble observert til ikke å være akseptabel. Avlusning av lokalitet D med maskin 2 med det pumpe-systemet som der er valgt tilsvarer utstyret slik det nå vil tilbys kommersielt som ny avlusnings metode.

Både lokalitet A, B og C gjennomførte avlusninger der trengetid var meget lang, mens lokalitet D hadde betydelig redusert trengetid. Trengetid ble dessverre ikke tidfestet i prosjektet. På lokalitet A, B og C ble det avluset laks, mens det på lokalitet D ble avluset regnbueørret.

Lusetall fra forsøkslokalitetene viser at Thermolicer® betydelig reduserer antall lus. Beregnet reduksjon av bevegelige lus varierer på disse lokalitetene fra rundt 75 inntil 100 %. Ingen klar effekt er sett på fastsittende lus på disse lokalitetene, selv om en statistisk i datamaterialet for disse lokalitetene i sum kan se lavere lusenivå av fastsittende rett etter behandling. Utvikling av lus på forsøkslokalitet A, B og C er på samme nivå som før avlusning etter 3 uker. For lokalitet D er det fortsatt signifikant færre lus 3 uker etter avlusning. Beregning av smittepress inn mot de 4 ulike forsøkslokaliteter viser at lokalitet A, B og C i perioden etter avlusning har vært utsatt for et høyere smittepress enn gjennomsnittlig smittepress i Norge i samme tidsrom. Smittepress mot lokalitet A og B var i tillegg betydelig høyere enn lokalitet C. I tillegg er ikke alle merdene på hvert anlegg avluset til samme tid. Dette kan medføre at ubehandlede merder bidrar til internt smittepress. Videre er det vist at beregnet utviklingstid til eventuelle overlevende fastsittende lus til mobile sammenfaller med utvikling av mobile lus observert på lokalitetene. Trolig spiller både eksternt og internt smittepress samt utvikling av eventuelle overlevende fastsittende lus etter behandling inn på videre utvikling av lus på lokalitetene. I hvilken grad smittepress og overlevende fastsittende forklarer videre utvikling av lus på lokalitetene, har vi ikke kunnet tallfeste på bakgrunn av datamaterialet i prosjektet. Forsøkslokalitet D har etter avlusning hatt mindre utvikling av lus etter behandling sammenlignet med de andre forsøkslokalitetene. Det har betydning at denne forsøkslokaliteten var utsatt for mindre smittepress fra naboer enn de andre forsøkslokalitetene. I tillegg ble denne lokaliteten avluset med maskin der det var innført filtrering av overløpsvann fra fiskepumpe, og dette kan også ha bidratt til mindre utvikling av lus på denne lokaliteten.

Protokoll for velferdsregistrering inkluderte vurdering av gjeller, snuteskader, skjelltap, hudblødning, øyeskade, katarakt, sår og finneskader. Det ble fokusert på signifikante endringer fra før til rett etter behandling på avlusningsdagen. I perioden 1 til 3 uker etter behandling kan fisken påvirkes av mange ulike faktorer som en i prosjektet ikke har kontroll på og signifikante endringer relatert til avlusningstidspunkt er derfor ikke beregnet for disse tidspunktene. Eventuelle indikasjoner på endringer over tid er likevel viktige å registrere/observere for å plukke opp eventuelle uheldige påvirkninger på fisken.

Total gjellescore sier noe om fiskens gjellehelsestatus og bør ses i sammenheng med histologiske forandringer. Det ble ikke forventet at denne parameteren skulle gi utslag på akutte skader i forbindelse med den termiske behandlingen.

Gjelleblekhet ble tatt inn etter at en på innledende utprøvningslokaliteter observerte fisk med varierende grad av bleke gjeller etter avlusning. På fisk fra både lokalitet B og D ble det observert signifikant endring i gjelleblekhet fra før til etter avlusning, men en er usikker på hva dette fysiologisk betyr og hva det innebærer for fisken. De histopatologiske undersøkelsene ga ikke svar på dette.

Signifikante snuteskader ble observert på lokalitet A, B og C, med størst forverring på lokalitet C. Ingen signifikante snuteskader ble observert på lokalitet D. Snuteskader kan oppstå ved trenging og både lokalitet A, B og C hadde lange trengetider. Imidlertid ble det observert signifikante snuteskader på fisk screenet tidlig i avlusningsprosessen på lokalitet A og B. Signifikante skjelltap ble bare observert på lokalitet C. Ingen signifikante endringer i hudblødninger eller sår ble observert på noen av forsøkslokalitetene.

Det ble ikke påvist økt grad av øyeskader eller katarakt umiddelbart etter avlusning. Øyeskader og katarakt ble imidlertid observert over tid på lokalitet C. Dette indikerer at slike skader først kan bli synlige etter en tid.

Signifikante finneskader ble observert på lokalitet A og C. Ingen signifikante finneskader ble observert på forsøkslokalitet D.

Histologiske undersøkelser viser funn av akutte blødninger i gjeller tatt ut både før og etter avlusning. Det var ikke påvisbare forskjeller mellom prøver tatt ut umiddelbart før og etter avlusning. Gjelleblødninger ble også funnet i prøver tatt ut to og tre uker etter avlusning.

Blødninger i gjeller hos avlivet fisk er et ikke uvanlig funn. Lesjonene er en sannsynlig følge av håndtering, avliving evt. sykdom. Karskade og blødning er et vanlig funn i gjellevev hos fisk med epiteliocyster og proliferativ gjellebetennelse som ble påvist på forsøkslokalitet A og B.

Gjeller med enkelt lameller som framstår som veldig fortykket eller prolifererte med funn av sentralt organisert /hyalint vev, er sannsynlige reparasjonssprosser etter blødninger.

Om Thermolicer® forårsaker varige skader i gjelle vevet som ikke kan registreres v.h.a. vanlig lysmikroskopi er ikke avklart. Slike skader i gjellevevet vil kunne forårsake f.eks. mer blødninger ved senere håndtering av fisk avluset med Thermolicer®.

På forsøkslokalitet C ble det påvist en del sammenvokste lameller bl.a. på motstående filamenter. Slike forandringer er vanlig ved amøbesykdom (AGD) som tidligere hadde blitt påvist ved lokaliteten. Fortykkete filamenter er sett hos fisk som har blitt behandlet mot AGD.

Noe proliferasjon av respiratorisk epitel «clubbing» er vanlig å se på gjeller hos fisk som går i sjø. Disse forandringene ses både ytterst på lamellene og noe langs lamellene. Forandringene som er påvist i prøver etter termisk avlusning er sparsomme til moderate med unntak av mer uttalte AGD relaterte funn i prøver fra lokalitet C. Funnene er derfor innenfor det en kan forvente i gjeller hos oppdrettet laksefisk som er håndtert.

Sikre patologiske funn som en sannsynlig følge av termisk avlusning ble ikke påvist. Det kan imidlertid ikke utelukkes at en del av blødningene påvist i tiden etter avlusning med Thermolicer® har sammenheng avlusningen.

Vannanalysene viste at det er viktig med tilstrekkelig vannutskifting i Thermolicer®. Stikkprøver fra behandlingskammeret i maskinen viste variasjon i turbiditet (partikkeltetthet) og beregnet fri ammoniakk. Fri ammoniakk i siste prøve på lokalitet B var svært høy. I denne vannprøven var det og meget høy turbiditet. Produksjon og giftighet av ammoniakk er noe beskrevet av Terjesen og Rosseland, men det finnes imidlertid liten kunnskap om betydning for fisk i så korte eksponeringer som fisken utsettes for i Thermolicer®. Det er likevel grunn til å tro at dette øker stressnivået hos fisken. Vannkvaliteten i behandlingskammeret bør derfor overvåkes godt og det må være god vannutskifting.

Dødelighet på forsøkslokalitetene formidles å være innenfor forventet i forhold til dødelighet som erfares med annen avlusning/håndtering. Det finnes imidlertid ikke publiserte tall som sier noe om dødelighet etter bruk av andre metoder, og det finnes heller ikke retningslinjer som sier hva som er grenseverdier og akseptable nivåer. Observert dødelighet på forsøkslokalitetene var høyest på lokalitet C og lavest på lokalitet D. Svært høy dødelighet ble imidlertid observert på utprøvningslokaliteter der fisken var diagnostisert med AGD og/eller gjelleirritasjon.

## 7. Konklusjon

Lusetallene viser at termisk avlusning har meget god effekt på reduksjon av mobile og voksne hunnlus.

I prosjektperioden har det vært en kontinuerlig forbedring av Thermolicer®. Resultatene fra prosjektet må derfor ses i lys av dette. De største utfordringene har trolig vært relatert til trengetid og valg av pumpe. Endringer av pumpesystem samt andre utbedringer som endringer av silkasse har forbedret resultatene fra start til slutt av prosjektet. Ved forsøkslokalitet D ble den mest optimaliserte utgaven av Thermolicer® benyttet. Ingen signifikante skader ble observert i forbindelse med behandlingen av den utvalgte merden på denne lokaliteten. På lokalitet D ble også laveste prosentvise dødelighet registrert. Føropptaket ble normalisert tidligere enn på de andre forsøkslokalitetene. På bakgrunn av disse resultatene blir påvirkningen på fiskevelferden vurdert å være forsvarlig.

Det finnes ingen klare kriterier for hvordan en skal dokumentere at ny teknologi er velferdsmessig forsvarlig. I dette prosjektet har en fokusert på gradering av akutte skader, vannkvaliteten i behandlingskammeret samt dødelighet og føropptak. Resultatene fra denne type registrering viser at utbedringen av Thermolicer® resulterte i mindre skader og trolig derfor mindre påvirkning på fiskens velferd. Det er ikke funnet tilsvarende dokumentasjon ved bruk av andre avlusnings metoder, verken medikamentelle eller ikke-medikamentelle. Hvilken grad av skade som er innenfor det velferdsmessig akseptable er derfor ikke diskutert i denne rapporten.

## 8. Anbefalinger

Thermolicer® er en ny metode som kan benyttes som alternativ til bruk av legemidler og i tillegg til ulike forebyggende tiltak mot lus.

Vannkvaliteten i behandlingskammeret må overvåkes godt og tilstrekkelig vannutskifting må sikres. Behandlingsvannet må skiftes mellom hver behandlede enhet.

Det bør dannes et nettverk av brukere av Thermolicer® for informasjonsflyt og videre optimalisering av metoden etter hvert som denne blir tatt i bruk av flere i næringen.

Trengning og pumping av fisk er generelt en utfordring for fiskens velferd. Det anbefales derfor å bruke skånsomme trengingsmetoder (f.eks trenging med perleband og kast inn i denne). Det anbefales videre generelt å utøve skånsomhet ved håndtering av syk fisk.

## 9. Referanser

Akvakulturdriftsforskriften:

[www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskevelferd/krav\\_til\\_dokumentasjon\\_av\\_fiskevelferd\\_ved\\_utproving\\_av\\_metoder\\_og\\_tekniske\\_loesninger\\_i\\_akvakultur.8136](http://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/krav_til_dokumentasjon_av_fiskevelferd_ved_utproving_av_metoder_og_tekniske_loesninger_i_akvakultur.8136)

Brunsvik PS, 1997. Miljømessig avlusing av laks, Småtrykk 261, Gildeskål Forsøksstasjon AS, 30 sider.

Elliot, J. M., 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In: Stress and Fish (Ed A. D. Pickering). Academic press, London, 209-245.

Grøntvedt RN, Jansen PA, Horsberg TA, Helgesen K, Tarpai A. The surveillance programme for resistance to chemotherapeutants in *L. salmonis* in Norway 2014. Surveillance programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2014. Oslo: Norwegian Veterinary Institute 2015.

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. [doi:10.1016/j.epidem.2014.09.007](https://doi.org/10.1016/j.epidem.2014.09.007)

Taylor ST, Warren JM, Cook MT, Kube Pd, Elliot NG. 2009. Gill observations in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) during repeated amoebic gill disease (AGD) field exposure and survival challenge. *Aquaculture* 290: 1-8.

Terjesen BF og Rosseland BO. <http://www.nofima.no/filearchive/produksjon-og-giftighet-av-ammoniakk.pdf>

### 9.1. Takk til:

Solveig Nygaard ved Fiskehelse og Miljø (FoMAS AS) og Amund Litabø ved Kobbekvik og Furuholmen for bidrag og hender ved velferdsundersøkelser på forsøkslokalitetene.

Alle ansatte på lokalitetene som har bidratt til gjennomføring av termisk avlusing.

## 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
- 1-2 Lysere felter i enden av lamellene
- 3-5 Fargeforandring på hele gjelleoverflaten i økende grad.

#### Skjelltap

- 0 Ingen tap av skjell
- 1 Tap av enkeltskjell
- 2 Skjelltap i små felter.
- 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
- 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 finneståler.*

- 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 var "skrellet" av finnen ble dette scoret som en 3er (det ble også notert i kommentarfeltet)



Veterinærinstituttet er et nasjonalt forskningsinstitutt innen dyrehelse, fiskehelse, mattrygghet og dyrevelferd med uavhengig forvaltningsstøtte til departementer og myndigheter som primæroppgave. Beredskap, diagnostikk, overvåking, referansefunksjoner, rådgivning og risikovurderinger er de viktigste virksomhetsområdene.

Veterinærinstituttet har hovedlaboratorium i Oslo og regionale laboratorier i Sandnes, Bergen, Trondheim, Harstad og Tromsø, med til sammen ca. 360 ansatte.

[www.vetinst.no](http://www.vetinst.no)

#### Tromsø

Stakkevollvn. 23 b · 9010 Tromsø  
9010 Tromsø  
t 77 61 92 30 · f 77 69 49 11  
[vitr@vetinst.no](mailto:vitr@vetinst.no)

#### Harstad

Havnegata 4 · 9404 Harstad  
9480 Harstad  
t 77 04 15 50 · f 77 04 15 51  
[vih@vetinst.no](mailto:vih@vetinst.no)

#### Bergen

Bontelabo 8 b · 5003 Bergen  
Pb 1263 Sentrum · 5811 Bergen  
t 55 36 38 38 · f 55 32 18 80  
[post.vib@vetinst.no](mailto:post.vib@vetinst.no)

#### Sandnes

Kyrkjev. 334 · 4325 Sandnes  
Pb 295 · 4303 Sandnes  
t 51 60 35 40 · f 51 60 35 41  
[vis@vetinst.no](mailto:vis@vetinst.no)

#### Trondheim

Tungasletta 2 · 7047 Trondheim  
Postboks 5695 Sluppen · 7485 Tr.heim  
t 73 58 07 50 · f 73 58 07 88  
[vitr@vetinst.no](mailto:vitr@vetinst.no)

#### Oslo

Ullevålsveien 68 · 0454 Oslo  
Pb 750 Semtrum · 0106 Oslo  
t 23 21 60 00 · f 23 21 60 01  
[post@vetinst.no](mailto:post@vetinst.no)

