

2018:01081 - Åpen

Rapport

Hydrolicer - Utredning av system, stress og velferd ved avlusing

Forfatter(e)

Ulf Erikson, Torfinn Solvang

Marte Schei, Siri Ag*, Amund Strand* og Kristian Aalberg* (*Aqua Kompetanse AS)



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Otto Nielsens vei 10
7052
Sentralbord: 464 15 000
E-mail: ocean@sintef.no

Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Hydrolicer - Utredning av system, stress og velferd ved avlusing

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2018:01081	302002445	3	2018-12-21

EMNEORD:

Hydrolicer, mekanisk avlusing, lakselus, sensorfisk, stress, velferd

FORFATTERE

Ulf Erikson, Torfinn Solvang

Marte Schei, Siri Ag*, Amund Strand* og Kristian Aalberg* (*Aqua Kompetanse AS)

OPPDRAGSGIVER(E)

FHF

OPPDRAGSGIVERS REF.

Kristian Prytz

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

94 + vedlegg

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-14-06861-0

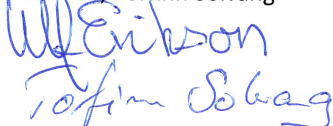
SAMMENDRAG

Mekaniske avlusingsmetoder blir stadig vanligere i havbruksnæringa. Det er et stort behov for å dokumentere effekten på fiskevelferden ved bruk av disse metodene, i tillegg til effekten på lusenivået. Ideen bak dette prosjektet var å utvikle en tredelt metode for vurdering av fiskevelferden: fysiologiske målinger, vurdering av ytre tegn på belastning samt bruk av sensorfisk for å dokumentere akselerasjon fisken utsettes for inne i systemet. Åtte evalueringer er foretatt som omfattet to varianter av hydrolicerprinsippet. Avluset laks ble dessuten evaluert to uker etter hydrolicerbehandlingen. I alle tilfellene var fisken betydelig stresset (definert ut fra muskelkjemi og kortisol) før avlusing på grunn av trenging i merd. Utover dette, ble det i hovedsak ikke målt ytterligere endringer i stressnivå ved bruk av hydrolicer. Avlusings effektivitetene ved bruk av hydrolicer var for fastsittende lus 73 – 83 %, bevegelige lus 78 - 95 %, og kjønnsmodene lus 55 – 92 %. Avlusing ved bruk av hydrolicer medførte skjelltap og til mindre/moderate hudblødninger. To uker etter avlusing viste fisken tegn til restitusjon med hensyn til stressnivå, hudblødning og slimlag. Sensorfiskene ga en systembeskrivelse av pumpe- og avlusingsprosessen ut fra målinger av akselerasjons og tidsforløp, men kunne ikke relateres til andre målte stressparametre på grunn av at stressnivået ikke endret seg gjennom systemet. Typisk gjennomløpsti tid gjennom systemet var 21 – 25s. Tre ulike fartøy omfattes av evalueringen og teknologien om bord var under stadig endring. To ulike prinsipper for pumping av fisk ble benyttet; impeller- og ejetorppumping og målingene fra sensorfiskene viser en forskjell mellom disse.



UTARBEIDET AV

Ulf Erikson, Torfinn Solvang



KONTROLLERT AV

Andreas Hagemann

GODKJENT AV

Gunvor Øie



Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2018-10-18	Førstekast
2	2018-12-07	KS
3	2018-12-21	Sluttversjon

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	6
2	INNLEDNING	7
3	PROBLEMSTILLING OG FORMÅL	8
4	MATERIALER OG METODER	10
4.1	Merd	10
4.2	Uttak og vurdering av fisk	10
4.3	Stress	11
4.4	Sensorfisk	12
4.5	Fiskevelferd	14
4.6	Telling av lus	15
4.7	Bilder av laks før og etter avlusing	15
4.8	Oppsamling av biologisk materiale etter avlusing	16
4.9	Statistikk	16
4.10	Oversikt over evalueringer av Hydrolicer Hydro, Marcus og Hydroflow på ulike lokaliteter	16
5	RESULTATER	17
5.1	HYDROLICER Versjon 3: Hydro og Marcus	17
5.2	Innledende test: Raudøya den 9 september 2016	22
5.2.1	Gjennomføring	22
5.2.2	Stress	22
5.2.3	Sensorfisk	23
5.3	Avlusing 1: Nausttaren den 26 september 2016	24
5.3.1	Gjennomføring	24
5.3.2	Stress	27
5.3.3	Sensorfisk	27
5.3.4	Avlusing og velferd	28
5.3.5	Oppsamling av skjell og lus etter avlusing	29
5.3.6	Etterkontroll	30
5.3.7	Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll	31
5.4	Avlusing 2: Digerneset den 5 oktober 2016	32
5.4.1	Gjennomføring	32
5.4.2	Stress	32
5.4.3	Sensorfisk	33
5.4.4	Avlusing og velferd	33
5.4.5	Oppsamling av skjell og lus etter avlusing	33
5.4.6	Etterkontroll	34

5.4.7	Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll.....	35
5.5	Avlusing 3: Fleina den 12 oktober 2016.....	35
5.5.1	Gjennomføring.....	35
5.5.2	Stress.....	35
5.5.3	Sensorfisk	36
5.5.4	Avlusing og velferd	36
5.5.5	Etterkontroll	37
5.5.6	Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll.....	38
5.6	Avlusing 4: Nausttaren den 24 november 2016	38
5.6.1	Gjennomføring.....	38
5.6.2	Stress.....	38
5.6.3	Sensorfisk.....	39
5.6.4	Avlusing og velferd	39
5.6.5	Oppsamling av lus og skjell etter avlusing.....	39
5.6.6	Etterkontroll.....	40
5.6.7	Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll.....	41
5.7	Avlusing 5: Humulen den 30 januar 2017.....	41
5.7.1	Gjennomføring.....	41
5.7.2	Stress	41
5.7.3	Sensorfisk.....	42
5.7.4	Avlusing og velferd	42
5.7.5	Oppsamling av lus og skjell.....	42
5.7.6	Etterkontroll	42
5.7.7	Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll	44
5.8	HYDROLICER Hydroflow versjon 6.1	45
5.9	Avlusing 6: Lyngøya 5 juni 2018.....	49
5.9.1	Gjennomføring.....	49
5.9.2	Stress.....	49
5.9.3	Sensorfisk	50
5.9.4	Avlusing og velferd	50
5.9.5	Oppsamling av lus og skjell.....	51
5.9.6	Etterkontroll	52
5.10	Avlusing 7: Lyngøya 6 juni 2018.....	54
5.10.1	Gjennomføring	54
5.10.2	Stress	54
5.10.3	Sensorfisk.....	55
5.10.4	Avlusing og velferd	56
5.10.5	Etterkontroll	57
5.10.6	Bilder av laks fra merd og etter avlusing	58
5.11	Avlusing 8: Lyngøya 7 juni 2018.....	58

5.11.1	Gjennomføring.....	58
5.11.2	Stress	59
5.11.3	Oppsamling av skjell	59
5.11.4	Sensorfisk.....	60
5.11.5	Avlusing og velferd	60
5.11.6	Etterkontroll	61
5.12	Sammenfatning av resultatene for alle avlusingene.....	62
5.12.1	Stress	62
5.12.2	Sensorfisk.....	64
5.12.3	Lusetall og avlusingseffektivitet	69
5.12.4	Velferdsscore	70
6	DISKUSJON	71
6.1	Stress.....	71
6.2	Sensorfisk.....	73
6.3	Avlusing.....	77
6.4	Velferd.....	78
7	KONKLUSJONER.....	80
8	REFERANSER.....	81
BILAG.....		82

BILAG/VEDLEGG

Bilag 1 – Evaluerings skjema for velferdsscore

Bilag 2 – Bilder av laks fra merd og etter avlusing ved bruk av Hydrolicer versjon 6.1

FORORD

Dette prosjektet ble finansiert i sin helhet av Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF, prosjekt 901329) og var et samarbeid mellom SINTEF Ocean (SO), Aqua Kompetanse (AK), Midt-Norsk Havbruk (MNH), Marine Harvest (MH) og Bjørøya Fiskeoppdrett (BF). SO hadde prosjektledelse og håndterte utvikling og bruk av sensorfisker, stressmålinger og analyser og rapportering. AK var tatt inn som FoU-partner og hadde ansvar for lusetelling og velferdsscore. Oppdrettsselskapene stilte lokaliteter tilgjengelig for prosjektet. MNH og MH var initiativtakere til utvikling av teknologien.

1 SAMMENDRAG

Mekaniske avlusingsmetoder er stadig vanligere i havbruksnæringa. Det er et stort behov for å dokumentere effekten på fiskevelferden ved bruk av disse metodene, i tillegg til effekten på lusenivået. Ideen bak dette prosjektet var å utvikle en tredelt metode for vurdering av fiskevelferden: Fysiologiske målinger, vurdering av ytre tegn på belastning samt bruk av sensorfisk for å dokumentere akselerasjon fisken utsettes for inne i systemet. Åtte evalueringer er foretatt som omfattet to varianter av hydrolicerprinsippet (Hydrolicer versjon 3 og versjon 6.1). Avluset laks ble dessuten evaluert to uker etter hydrolicerbehandlingen. I alle tilfellene var fisken betydelig stresset (muskelkjemi og stresshormon) før avlusingene tok til. Årsaken var trenging i merd/avkast. Utover dette, ble det i hovedsak ikke målt ytterligere endringer i stressnivå ved bruk av hydrolicer. På grunn av fiskens tilstand før avlusing var det ikke mulig å vurdere i hvilken grad hydrolicer-behandlingen stresset fisken. Avlusingseffektivitetene ved bruk av Hydrolicer versjon 3 og 6.1 var for fastsittende lus 73 – 83 %, bevegelige lus 78 - 95 %, og kjønnsmodene lus 55 – 92 %. Avlusing ved bruk av begge versjonene av hydrolicerene medførte en del skjelltap og hudblødninger. To uker etter avlusing viste fisken tegn til restitusjon (stress, hudblødning og slim).

En av vurderingsmetodene i prosjektet var å benytte sensorikk til vurdering av avlusingsystemet gjennom bruk av sensorfisker. Sensorfiskene ga en systembeskrivelse av pumpe- og avlusingsprosessen ut fra målinger av akselerasjon og tidsforløp. Typisk gjennomløpstid var mellom 21 – 25s. Av og til ble sensorfiskene sittende fast i systemet. Det er usikkert i hvilken grad dette også gjelder for levende fisk, som både har annen form og egenbevegelse. Det var ikke mulig å relatere stressparametre fra blodprøver til målingene fra sensorfisker.

SUMMARY

Methods for mechanical delousing are becoming increasingly common in the aquaculture industry. By legislation, it is required that the welfare of the fish must be documented when new equipment for live fish handling is introduced to the industry. The idea behind this project was to devise a method for assessing the welfare of Atlantic salmon based on (i) stress assessment, (ii) welfare assessment, and (iii) and use "sensor fishes" to document the forces acting upon the fish within the system (hoses, pumps, delousing units, etc). Eight evaluations were made that included two versions of the hydrolicer principle (Hydrolicer Version 3 and Version 6.1). Additionally, salmon were evaluated two weeks after the hydrolicer treatment. In all cases, the fish were stressed to near exhaustion before delousing due to excessive crowding in the cages. Hence, it was not possible to assess potential stress reactions caused by the hydrolicer treatment. The delousing effect using Hydrolicer Version 3 and 6.1 were for stationary stages of lice 73-83 %, mobile stages 78-95 %, and sexually matured females 55-92 %. Delousing using both versions of hydrolicers resulted in scale loss and some/moderate skin bleeding. Two weeks after delousing, the fish showed signs of recovery with respect to stress level, skin bleeding and mucus layer. "Sensor fish" data described the pumping and delousing processes based on acceleration and time measurements. Typical time of flow for the "sensor fish" through the system was 21 – 25s. The "sensor fish" were occasionally trapped or stuck in the system. It is, however, uncertain to what extent these results apply to live fish, particularly when using ejector pumps. This did not seem to occur with live fish; having a different shape, being more flexible and self-locomoted. It was not possible to relate stress parameters to the measurements from the "sensor fish".

2 INNLEDNING

Ikke-medikamentelle metoder for å få kontroll med lusenivået er prioritert i havbruksnæringa. Samtidig som flere initiativer og ideer realiseres, er det et stort behov for å dokumentere effekten på fiskevelferden ved bruk av de ulike metodene i tillegg til effekten på lusenivået. Mattilsynet fikk i 2017 inn 625 meldinger om velferdsmessige hendelser knyttet til medikamentfrie avlusings situasjoner. Hoveddelen av disse var fra metoder relatert til avlusing med håndtering (Fiskehelse rapporten 2017, Vet. inst.). Dokumentasjon av fiskens tilstand er fokuset i dette prosjektet, både ut fra veterinærfaglige vurderinger, analyser av blodplasma, samt ved hjelp av sensorfisker.

Marine Harvest startet gjennom flere pilotversjoner utviklingen av en metode for ikke-medikamentell avlusing av fisk. Resultatene fra pilotkjøringene ble ansett å være så lovende at selskapet sammen med Midt-Norsk Havbruk i 2016 bygget to kommersielle behandlingenheter kalt Hydrolicer. I dag produseres teknologien gjennom et eget selskap, Hydrolicer AS. Per 1. oktober 2018 har Hydrolicer AS solgt 100 linjer med Hydrolicer fordelt på 26 fartøy (Soltveit & Drønen, 2018).

I henhold til akvakulturdriftsforskriftens §20, skal alle nye teknologier være testet og dokumentert forsvarlig med tanke på fiskevelferd. Mattilsynet ga dispensasjon for drift av lekterne i en periode i påvente av dokumentasjon fra uhildet tredjepart. SINTEF Ocean ble kontaktet for å gjennomføre dette arbeidet og partene kom i 2016 frem til et prosjekt som ville kunne gi gode svar på om metoden opprettholder fiskevelferden på et høyt nivå. Prosjektet ble først initiert som et industriprosjekt, men ble så finansiert av FHF i slutten av 2016. Mattilsynet godkjente imidlertid metoden allerede i 2016.

Metoden som benyttes for vurdering av fiskevelferden i dette prosjektet er nyskapende med tre ulike vurderingsprinsipper som legges til grunn for en helhetlig analyse. De tre prinsippene er fysiologiske målinger, vurdering av ytre tegn på belastning og bruk av sensorikk for å dokumentere akselerasjonen fisken utsettes for i systemet. I tillegg til SINTEF Ocean inngikk Aqua Kompetanse som FoU-partner i feltarbeidet.

Omfanget av det praktiske arbeidet som ble gjennomført ble av flere grunner begrenset i forhold til det som til enhver tid lot seg gjennomføre. Siden flere studier ble gjennomført under noe ulike forhold vil dette tilsammen medføre at resultatene for avlusing ved bruk av Hydrolicer vil gi et representativt bilde av denne metoden for avlusing. I forbindelse med den innledede testen ved Raudøya den 9 september 2016, og ved evalueringene ved Nausttaren 29 september 2016, samt ved Lyngøya 5-7 juni 2018 var det mulig å gjennomføre mer omfattende studier på grunn av større bemanning. Av budsjettmessige årsaker måtte prøveuttaket reduseres en del i de andre tilfellene. Studien omfattet åtte feltforsøk, 240 blodprøver og 1018 fisker.

Prosjektleder var Torfinn Solvang (SO). Andre deltakere fra SO var Ulf Erikson, Marte Schei, Åsmund Johansen, Elling Ruud Øye, Guro Møen Tveit og Ingeborg Ratvik. Siri Ag, Amund Strand, Kristian Aalberg og Adina Svedberg fra Aqua Kompetanse har utført det veterinærfaglige arbeidet. Referansegruppen bestod av Frank Øren (MNH), Henrik Trengereid (MH) og Sverre Hals (MH). Ansvarlig fra FHF var Kristian Prytz.

Prosjektet har benyttet seg av analysetjenester på blodplasma fra Nord Universitet i Bodø og Marine Harvest. Vi ønsker å rette en stor takk til alle som har bidratt.

3 PROBLEMSTILLING OG FORMÅL

Ved prosjektets oppstart var dette det uttalte målet: *"Når denne dokumentasjonen er gjennomført vil §20 i akvakulturdriftsforskriften anses å være oppfylt og utstyret er fritt omsettelig uten krav til dispensasjoner. Dette vil gi næringen et billigere og bedre alternativ enn de som finnes kommersielt tilgjengelig i dag. Det forventes også at prosjektet vil gi en generelt økt innsikt i faktorer som påvirker fiskevelferden."* Forutsetningene for prosjektet endret seg noe gjennom prosjektperioden: Hydrolicer som metode fikk godkjenning av

Mattilsynet i 2016, og har vært kommersielt tilgjengelig siden samme år. Relevansen er likevel langt fra mindre. Trykket på lakseoppdrett som industri er stort, eksemplevis lus er et nasjonalt problem som også berører Norsk villfiskforvaltning. Fokuset på fiskevelferd blir også stadig sterkere og behovet for metodikk for kvantitativ vurdering av denne øker, ikke minst i takt med økende produksjon. For en utstyrsleverandør vil dokumentasjon av at utstyret de leverer som sikrer god velferd være gull verdt i en bransje der store investeringer avgjøres relativt raskt. For en oppdretter kan tilsvarende dokumentasjon åpne (eller stenge) dører til markeder med krav til blant annet høy velferd ved produksjonshistorikken til produktet.

Hovedmål:

Den primære målsetningen med prosjektet var å gjennomføre en kvalifisert og uavhengig evaluering av Hydrolicer som konsept for avlusing av laks. Arbeidet hadde spesielt fokus på fiskevelferd, stress og mekanisk belastning på fisken under avlusing. I tillegg ble avluset fisk evaluert med hensyn på de samme parametrene to uker etter avlusing. Vurdering av faktorer som atferd, appetitt, tilvekst og eventuell dødelighet i ukene etter avlusning lå derimot ikke innenfor vårt mandat i dette prosjektet.

Delmål:

- Å vurdere effekt av eventuell umiddelbar belastning for fisken ved bruk av Hydrolicer.
- Å avdekke om behandling med Hydrolicer gir langvarige fysiologiske utfordringer.
- Å identifisere hvor i avlusningslinjene eventuell belastning måtte forekomme.

Leveransene i prosjektet er faglig sluttrapport (denne), samt en populærvitenskapelig artikkel til bransjemedia. Prosjektet vil bli kommunisert via FHF og SINTEFs nettsider. Ved anledning vil prosjektet også bli presentert på relevante konferanser.

4 MATERIALER OG METODER

Dette kapittelet beskriver hvordan de ulike evalueringene av hydrolicerene ble utført.

4.1 Merd

Sultet laks i merd til avlusing trenges i avkast for å muliggjøre pumping inn på hydroliceren for avlusing. Tidligere erfaringer med trenging av laks i merdssystemer har vist at fisken som oftest blir betydelig stresset, spesielt framtreddende ved høye sjøtemperaturer.

Før avlusingen foregikk som oftest trengeoperasjonen slik: avkast – (avkast) – kulerekke med typisk varighet på omlag 2 timer for hvert kast.

I forbindelse med etterkontroll (se nedenfor) ble fisken, som da ikke var sultet, ikke trengt i avkast. Det ble i stedet benyttet "storhåv" for å få tak i fisk. Fisken ble i noen grad utsatt for stress. Stressbelastningen var sannsynligvis mindre enn for fisk i avkast før avlusing på grunn av mindre trenging og kortere oppholdstid i et avgrenset volum.

4.2 Uttak og vurdering av fisk

Hydrolicer - Fisk ble tatt ut fra Posisjon 1 og 2 samt fra Posisjon 3 (Figur 1) i ett tilfelle. Fisk til evaluering av stress og velferd samt for telling av lus ble håvet fra avkast til 1000-L kar med vanngjennomstrømning i Posisjon 1. Til ett tilsvarende kar i Posisjon 1 (P1) ble det håvet opp ytterligere fisk for velferdsevaluering og lustelling (stress ble ikke målt her). Dette karet innholdt et bedøvelsesmiddel (Benzoak, 200 mg benzocain/ml). Deretter ble fisk i Posisjon 2 (P2) og Posisjon 3 (P3, ett tilfelle) tatt ut fra henholdsvis silkasse og renne. Ti fisk i hver posisjon fikk hvile i 30 min før uttak. En fisk i gangen ble avlivet med slag mot hodet før den ble båret til arbeidsbord (Figur 1) for blodprøvetaking (stressmåling). Vanngjennomstrømning og oksygenmetning ble sporadisk sjekket i karene hvor fisken ble holdt i 30 min før uttak til analyse. I bedøvelseskarene plassert i Posisjon 1 og 2 ble 20 – 60 fisk per punkt evaluert med hensyn på velferd og luspåslag. Maksimalt 5 fisk ble til enhver tid holdt i karet. Etter lustelling og velferdsevaluering ble fisk fra Posisjon 1 satt tilbake i avkastet for innmating til hydroliceren, mens avluset fisk fra Posisjon 2 ble lagt i rennen for overføring til merd for avluset fisk.

Etterkontroll - Etterkontrollen ble utført to uker etter avlusingen. "Storhåv" ble i dette tilfellet benyttet for innfangning av fisk. Fisken ble ikke holdt i kar i 30 min på samme måte som ved avlusing på hydrolicerene, men den fikk stå i håven mens én fisk i gangen ble tatt opp og avlivet med slag mot hodet før blodprøvetaking, velferdsevaluering lustelling. Tre til fire fisk ble tatt blodprøve av før ny håving av fisk ble foretatt etter omlag 1 time. Totalt tidsforbruk for etterkontroll var typisk 2-3 timer. Minimum 10 fisk ble deretter håvet opp i et bedøvelseskar for lusetelling og velferdsevaluering slik at 20 - 60 fisk ble evaluert i forbindelse med etterkontroll.

4.3 Stress

Fiskens stressnivå før og etter avlusing ble bestemt ved å måle nivåene av kortisol, laktat, pH, natrium og klorid i blod samt initiell pH i hvit muskel som er et mål på grad av anaerob muskelaktivitet (fluktrespons). I tillegg ble også stressnivået (blod) sjekket i forbindelse med etterkontroll.

Uttak av laks: Fisk i de ulike posisjonene ble enkeltvis håvet raskt ut. Fisken ble fisken enten avlivet umiddelbart med slag mot hodet (innledende forsøk) eller etter et opphold på minst 30 min i kar med gjennomstrømming av sjøvann (standard prosedyre). Like etter avliving ble det tatt blodprøve før initiell pH og kroppstemperatur ble målt. Rundvekt og gaffellengde ble deretter registrert.

Blodkjemi: Laktat (melkesyre) ble målt på stedet ved bruk av et portabelt meter av type Lactate Scout+ (EKF Diagnostics GmbH, Tyskland). Ved en av avlusingene ble også glukoseinnholdet i helblod bestemt ved bruk av et Ascensia Contour meter (Bayer HealthCare LLC, USA). Resten av blodet ble sentrifugert før plasmaen ble overført til eppendorfrør som ble avkjølt og deretter frosset for senere analyse. Kortisol ble målt ved RIA-teknikk av Nord Universitet (Bodø), klorid ble målt ved titrering av Marine Harvest, mens natrium ble målt av SINTEF Ocean med ioneselektiv elektrode eller, i noen tilfeller, ved bruk av ICP-MS av Analysesentret i Trondheim. pH i blod ble bestemt ved bruk av en pH-elektrode (WTW SenTix 41) koplet til et meter (model WTW 315i, WTW, Weilheim, Tyskland) kalibrert med buffere på pH 4,01 og pH 7,00.

Hvit muskel: Initiell pH måler graden av anaerob svømmeaktivitet i hvit muskel (fluktrespons), som når fisken skremmes eller utsettes for håndtering. Responsen er umiddelbar (i motsetning til flere av blodparametrene) noe som gjør muskel-pH godt egnet til evaluering av kortvarige stressbelastninger som tilfellet er med selve hydrolicerene. Økningen i blodets laktatinnhold er relatert til glykolysen og reduksjonen i muskel-pH, noe som gjør at laktatresponsen også er rask. Surheten i hvit muskel måles direkte i muskelen (samme elektrode og meter som for analyse av pH i blod), mellom ryggfinnen og sidelinjen, etter først å ha laget et kutt gjennom skinnen med en skalpell. For å kunne forstå og evaluere de stressrelaterte resultatene i denne rapporten er det nødvendig å sette de oppnådde resultatene inn i en referanseramme. Denne er vist, i en noe forenklet framstilling, i *Boks 1 Kunnskapsstatus*.

Boks 1 Kunnskapsstatus - referanseverdier for stressindikatorne brukt i denne studien*

Kortisol: 0 nmol/l (ustresset fisk) til >1000 nmol/l (ekstremt stresset fisk)

Eksempler - Ustresset: 25 ± 25 nmol/l; Trenging i avkast i 0 – 2,5 time: 665 – 736 nmol/l

pH i blod: pH $7,9 \pm 0,1$ (ustresset) avtar til pH $7,3 \pm 0,1$ (stresset/utmattet)

Natrium: $\approx 160 - 210$ mmol/l - i sjøvann øker $[Na^+]$ med økende stressbelastning

Klorid: $\approx 130 - 190$ mmol/l - i sjøvann øker $[Cl^-]$ med økende stressbelastning

Laktat (melkesyre): 0 – 1 mmol/l (ustresset) øker til > 15 - 20 mmol/l (ekstremt stresset/utmattet)

Initiell pH i muskel: pH $7,5 \pm 0,1$ (ustresset) avtar til pH $6,7 \pm 0,1$ (utmattet)

* Noe forenklet framstilling. Oppgitte data (litteraturverdier) gjelder for laksefisk.

4.4 Sensorfisk

Sensorfiskene brukt i dette prosjektet er presentert i Tabell 1. Størrelsene ble valgt for å være en forenklet tilnærming til laks i størrelsene 2,5 og 5 kg.

Tabell 1 – Størrelsen av stor og liten sensorfisk

Lengde [cm]	Diameter [cm]	Vekt [kg]
60	10,9	5,3
48	8,3	2,5

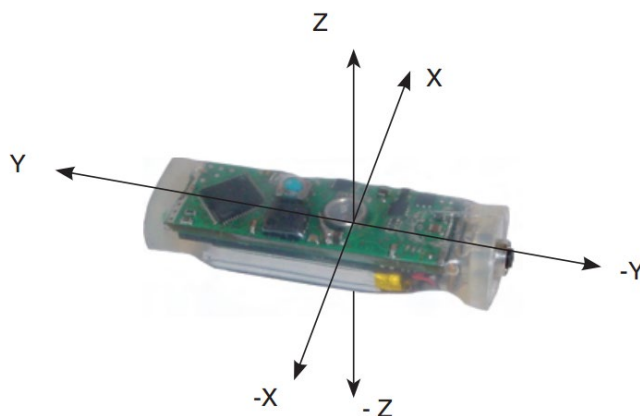
Egenvekten til hver sensorfisk er ca. 0,95 kg/L, altså oppdriftspositiv. Sensorer og datalogger er støpt inn i en polyurethanbasert masse med hardhet shore 40A (tilsvarende viskelær). Store og små sensorfisk er vist i Figur 1.



Figur 1 – Sensorfiskene som ble benyttet ble laget i to størrelser som forenklet tilnærming til laks i størrelsene 2,5 og 5 kg.

Sensorfiskene logget følgende data:

- Akselerasjon i x-, y- og z-retning i forhold til sensorfiskens orientering (Figur 2), målt i g. En g er definert som kraften av jordens gravitasjon; ved havnivå på jordoverflata er tyngdeakselerasjonen definert som $9,80665 \text{ m/s}^2$. Akselerasjon ble logget med en frekvens på 50 Hz. Måleområdet er $\pm 15 \text{ g}$, med $\pm 0,15 \text{ g}$ nøyaktighet.
- Lys målt i Lux, logget med frekvens på 1 Hz.
- Trykk i millibar. 1000 millibar tilsvarer normalt trykket ved havnivå, 2000 millibar tilsvarer normalt trykket ved 10 meter dyp. Trykkdata ble logget med frekvens på 20 Hz.



Figur 2 - MSR 145W datalogger, innstøpt i sensorfiskene. Her vist med koordinatsystemets akser.

Lys- og trykkmålingene brukes til å lokalisere sensorfiskene i testforløpet, slik at det er mulig å kjenne igjen hvor den blir utsatt for støt og slag. Lysmålingene ble kun unntaksvis benyttet da trykk-målingene ga et godt nok innblikk i hvor sensorfiskene var i forløpet.

Plott av rådataene kan se kaotisk ut og er vanskelig å tolke. X-, y- og z-aksens vektorer fra sensorfiskene gir oss ikke relevant informasjon hver for seg, men ved å finne absoluttverdien får man ut en akselerasjon som sier noe om den totale akselerasjonen sensorfiskene er utsatt for. I denne studien og med denne utformingen av sensorfisk, gir det lite mening å forsøke å tolke kreftene som ble påført sensorfisksylindere radielt (fra siden) kontra aksielt. En vanlig analyse er da å vurdere lengden av resultantvektoren og ignorere retningen den ble påført fra. Vektorens lengde, der vinkel (eller retning) ikke blir tatt i betraktning, kun størrelse, er *euklidisk norm* og beregnes som i Formel 1:

$$|G| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \text{Formel 1}$$

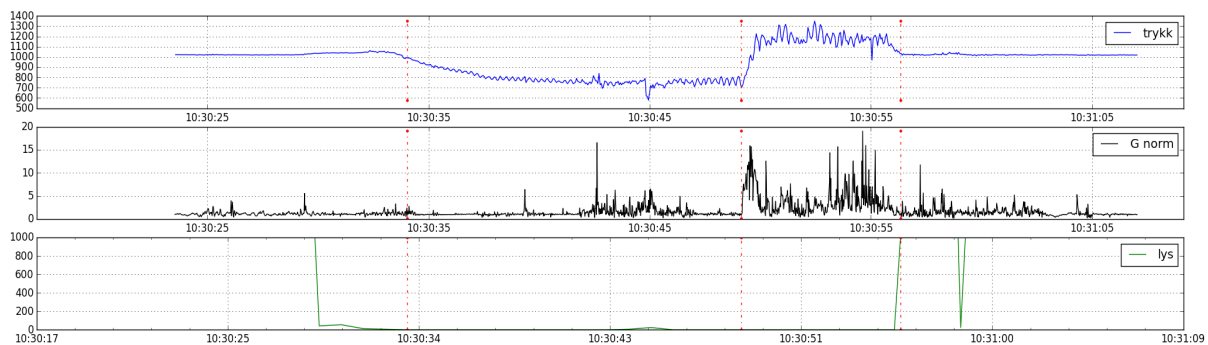
I det følgende blir dette kalt 'g norm'. Deretter kan dataene analyseres for de ulike deler av pumpeforløpet ut fra følgende to parametere:

- **Integrert g norm: [g]**
Denne parameteren er en sum / integrasjon av alle g -kreftene innenfor gitt tidsramme.
- **Tid: [s]**
Tiden til det respektive forløpet i sekunder.

Hvert datasett ble klippet ut manuelt gitt følgende kriterier:

- **Start:** Når lyssensoren indikerer lite eller intet lys og trykkkurven faller. Da er sensorfiskens trykket under vann og på vei inn i slangen mot pumpen (rød markør nr. 1 i Figur 3.)
- **Pumpestart:** Når trykkkurven brått øker fra et stabilt lavere nivå. Dette markerer at sensorfiskens har nådd fiskepumpa
- **Stopp:** Når trykket er tilbake til atmosfæretrykk (sensorfisk på silkasse) og vi får en positiv gradient på lysmålingene (rød markør nr. 3 i Figur 3.)

Et eksempel på sensorfiskens forløp i gjennom pumpe og hydrolicer er vist nedenfor:



Figur 3 - Eksempel på logget forløp med trykk (øverst), g norm (midten) og lys (nederst) gjennom hydrolicerlinje. Fra Avlusning 2 (Digerneset 10.05.2016), liten sensorfisk.

Prosjektet genererte svært mye data og en visuell presentasjon av alt dette er ikke hensiktsmessig. I tillegg gjør den relative lave n (antall gjentak) for hvert feltforsøk at det ikke kan benyttes statistiske metoder ut over gjennomsnitt og standardavvik på materialet. Noen ulike plott er likevel sammenlignet i Kapittel 6 for å illustrere ytterpunkter.

4.5 Fiskevelferd

Fiskevelferd ble evaluert i Posisjon 1 og 2 samt i forbindelse med etterkontroll ved bruk av velferdsscore som er beskrevet nedenfor. For parametrene *skjell-* og *slimtap samt hudblødning* ble følgende skala benyttet:

0 – ingen skjelltap/hudblødning/slimtap

1 – tap av enkeltskjell/minimal hudblødning, enkelte punktblødninger/reduisert slimlag, redusert klebrighet til hanske

2 – flekkvise områder med skjelltap/moderat hudblødning, mange punktblødninger på større område/slimlag ikke klebrig, tørr

3 – store partier med skjelltap/alvorlig grad av hudblødning, store områder med blødninger

Evalueringen av velferdsscore 0 – 3 er basert på sammenlikning med typiske bilder som vist i Bilag 1. Etterhvert som det i prosjektperioden ble opparbeidet mer rutine på forsøksmetodikken ble det i noen grad tid til å evaluere eventuelle sårskader og øyebledninger og finneskader (se Bilag 1).

Skalaen for *sår*, definert som åpning gjennom hud, er:

0 – ingen sår; 1 – ett lite sår mindre enn et kronestykke; 2 – ca ett kronestykke stort eller flere små sår; 3 – store, betydelige sår og/eller avrivinger.

Med hensyn til *øyebledning* er skalaen:

0 – ingen blødning; 1 – liten blødning; 2 – kraftig blødning/punkttert øye.

Finneskader ble evaluert som følger:

0 – ingen ferske finneskader; 1 – blødning eller ferske, grunne rifter; 2 – Dype rifter ned til finnebasis, eventuelt blottlagte finnestråler.

Snutesår ble definert etter skalen for hudblødning vist ovenfor.

4.6 Telling av lus

Samtidig med evaluering av fiskevelferd ble det telt lus på de samme individene. Ved telling av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) ble de ulike lusestadiene klassifisert i tre ulike grupper:

"Faste stadier": kopepoditt og chalimus 1 - 2

"Bevegelig stadie": preadulte stadier + adult hann

"Kjønnsmoden": adult hunn (med egg)

Gjeldene grenseverdier med hensyn til avlusing er som kjent 0,5 kjønnsmodne hunnlus per fisk, eller 0,2 kjønnsmodne lus per fisk i forbindelse med avlusinger i perioden uke 16 – 21 (gyldig fra Trøndelag og videre sørover).

4.7 Bilder av laks før og etter avlusing

Det ble rutinemessig tatt bilder av 10 fisk før (Posisjon 1) og etter (Posisjon 2) lusbehandling samt i forbindelse med etterkontroll omlag to uker etter avlusing. De fotograferte fiskene var de samme som ble avlivet for måling av stress.

4.8 Oppsamling av biologisk materiale etter avlusing

Vannet fra hydrolicerene renses ved filtrering før utslipp til sjø (Figur 6). Oppsamlet fast stoff (skjell, lus og eventuelt andre komponenter) overføres til oppsamlingskar for senere destruering. I noen tilfeller målte vi volumet av oppsamlet stoff etter en avlusing. Tetthet, våtvekt og tørrvekt av massen ble deretter bestemt.

4.9 Statistikk

I ett tilfelle der det gjort stressmålinger på flere enn to punkter, det vi si ved sammenligning av fisk tatt fra P1 (merd) og P2 (silkasse) etter 0 og 30 min, samt ved sammenlikning av fisk fra P1, P2 og P3 (renne/utløp), ble det benyttet en "one-way ANOVA" eller en "Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks" for å sjekke signifikans ($p < 0,05$). Valg av metode ble gjort avhengig av om dataene var normalfordelte ("Shapiro-Wilk test") og hvorvidt det var lik varians i de ulike gruppene ("Levene Median test"). Dersom signifikans ble antydnet, ble gruppene sammenliknet parvis ved bruk av "Dunn's method" eller "Holm-Sidak's method".

Stress, velferdsscore og lusetall ble sammenliknet parvis ved bruk av en "Mann-Whitney Rank Sum Test" som følger: P1 (merd) vs P2 (silkasse), samt P2 (like etter avlusing ved silkassen) vs EK (to uker etter avlusing). Data som beskriver selve fisken er gitt som middelvei \pm SD (viser spredning i datamaterialet) mens resultatene er gitt som middelvei \pm SEM (viser standardfeil for angitt middelvei for en gitt parameter).

4.10 Oversikt over evalueringer av Hydrolicer Hydro, Marcus og Hydroflow på ulike lokaliteter

Tabell 3 viser omfanget av dette prosjektet i form av antall tester som ble gjennomført på to versjoner av hydroliceren (versjon 3 og versjon 6.1). I alle tilfellene ble det foretatt en etterkontroll av lusbehandlet fisk to uker etter avlusingen.

Tabell 2 – Oversikt over alle evalueringer av stress, fiskevelferd og avlusingseffektivitet ved bruk av Hydrolicer versjon 3 (Hydro og Marcus) og versjon 6.1 (Hydroflow). Sensorfisker ble brukt for systemevaluering (akselerasjon og gjennomløpstid)

Evaluering	Dato	Lokalitet*	Hydrolicer
Innledende test	09-09-2016	Raudøya (BF)	LG9332 Hydro
1	29-09-2016	Nausttaren (BF)	"
2	05-10-2016	Digerneset (MH)	LG9401 Marcus
3	12-10-2016	Fleina (MH)	"
4	24-11-2016	Nausttaren (BF)	LG9332 Hydro
5	30-01-2017	Humulen (MNH)	"
6	05-06-2018	Lyngøya (MNH)	LH2245 Hydroflow
7	06-06-2018	Lyngøya (MNH)	"
8	07-06-2018	Lyngøya (MNH)	"

*MNH = Midt-Norsk Havbruk; MH = Marine Harvest

5 RESULTATER

KAP. 5.1 – 5.11 BESKRIVER HVER ENKELT EVALUERING AV HYDROLICERENE I DETALJ. FOR LESERE SOM KUN ØNSKER Å FÅ EN OVERSIKT OVER RESULTATENE MED TILHØRENDE DISKUSJON OG KONKLUSJONER ANBEFALES Å GÅ TIL KAP. 5.12

5.1 HYDROLICER Versjon 3: Hydro og Marcus

Hydrolicer LG9332 Hydro versjon 3, som har 6 parallelle linjer, kan under optimale forhold avluse om lag 210 tonn laks i timen (35 tonn per linje) i følge "Brukerhåndbok for Hydrolicer", (2018). Videre er det på et 24-timers drift er det oppnådd et resultat på 2000 tonn avlusset fisk (kyst.no, 2016).

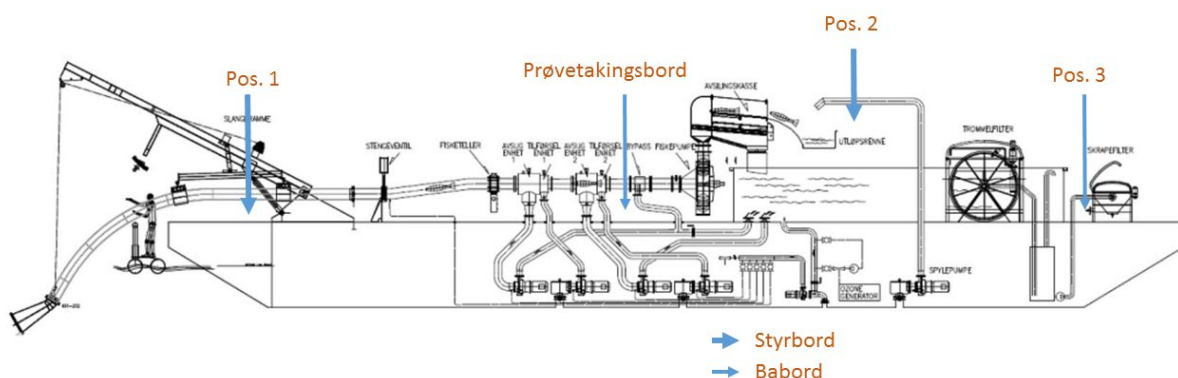
I oppdrettsnæringen i Norge brukes i stor grad trykk/vakuum pumper for flytting av voksen laks. På Hydrolicer versjon 3 derimot, blir fisken blir pumpet fra merd gjennom systemet ved bruk av Aqua-Life Biostream BP120 fiskepumper (Figur 4 og 5). Pumpen blir drevet hydraulisk der noen tekniske data for denne pumpetyper er som følger: rørdiameter 12", maksimal

pumpekapasitet for fisk og vann er henholdsvis 80 – 100 tonn/time og 1100 m³/time, maksimal løftehøyde 8 m, og maksimal fiskestørrelse 6 - 7 kg. I følge leverandør er de oppgitte tallene å anse som omtrentlige avhengig av blant annet fisketetthet og transportlengder. Vanligvis behandles 150 - 200 tonn fisk/time. En viktig effektivitetsfaktor er til enhver tid tilgjengeligheten av fisk foran pumpeinntakene (Figur 6), med andre ord i hvor stor grad personellet på merden klarer å opprettholde høy fisketetthet ved trenging. Fisketellere fra Aquascan brukes på hver av de seks linjene. I kontrollrommet på hydroliceren kan man på en dataskjerm blant annet observere fiskens atferd i selve avlusingsenheten (Figur 7). Fiskens hastighet gjennom systemet er omlag 2 m/s. Dette kan endres ved å regulere turtallet på Biostream BP120 pumpene. Figur 1 viser en prinsippskisse av hydrolicer-konseptet.

Fisken føres gjennom et rør i lukket vannsøyle. Her skapes det under- og overtrykk, som igjen skaper turbulensstråler som går motsatt vei av vannstrømmen i røret. Dette gjøres ved at det suges ut vann fra røret via langsgående slisser, samt at det trykkes vann inn igjen gjennom tverrgående slisser (Figur 5 og 7). Disse turbulensstrømmingene "løfter" lusa av laksen. Lus i vannflowen skilles ut med vann gjennom avsilere, før dette går til filter som tar lusa ut av vannet. Figur 8 viser dette systemet montert på dekket av Hydrolicer LG9332 Hydro.

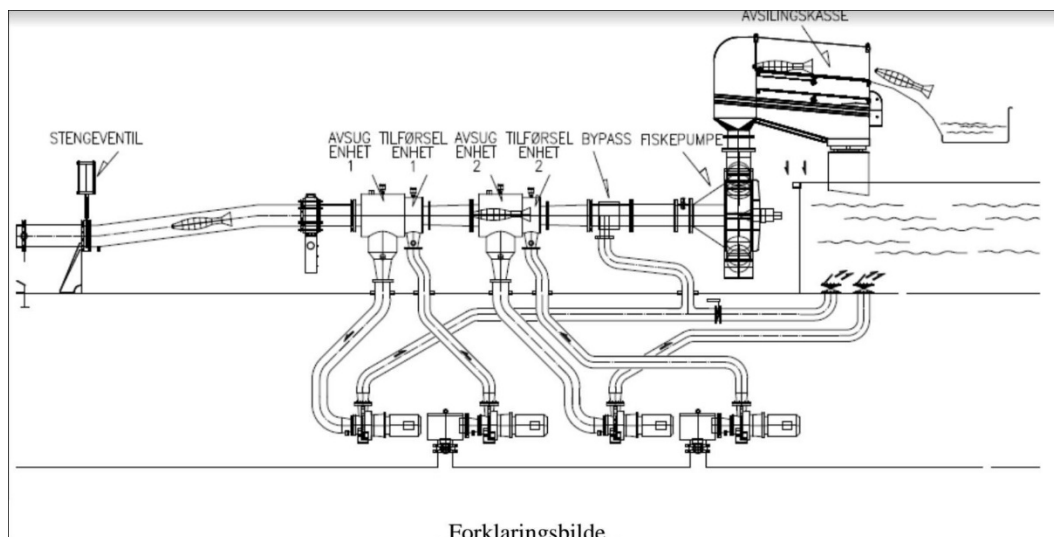
Utløpsvannet siles av og passerer trommelfiltre (Figur 4 og 9) hvor lus, skjell og eventuelt annet partikulært materiale samles opp i en container der innholdet senere går til ensilasje. Prosessvann og fisk separeres i en silkasse (Figur 4) hvorpå fisk sammen med friskt sjøvann passerer gjennom en renne med fall ut i merd for avluset fisk (Figur 4, 5 og 7).

Lysåpningen på trommelfiltrene er 80 µm noe som betyr at lus i alle stadier samles opp for senere destruering. Oppsamlet lus destrueres i kvern på hver enkelt lokalitet og går til ensilering. Tabell 3 viser de tre hydrolicere som ble evaluert i dette prosjektet.

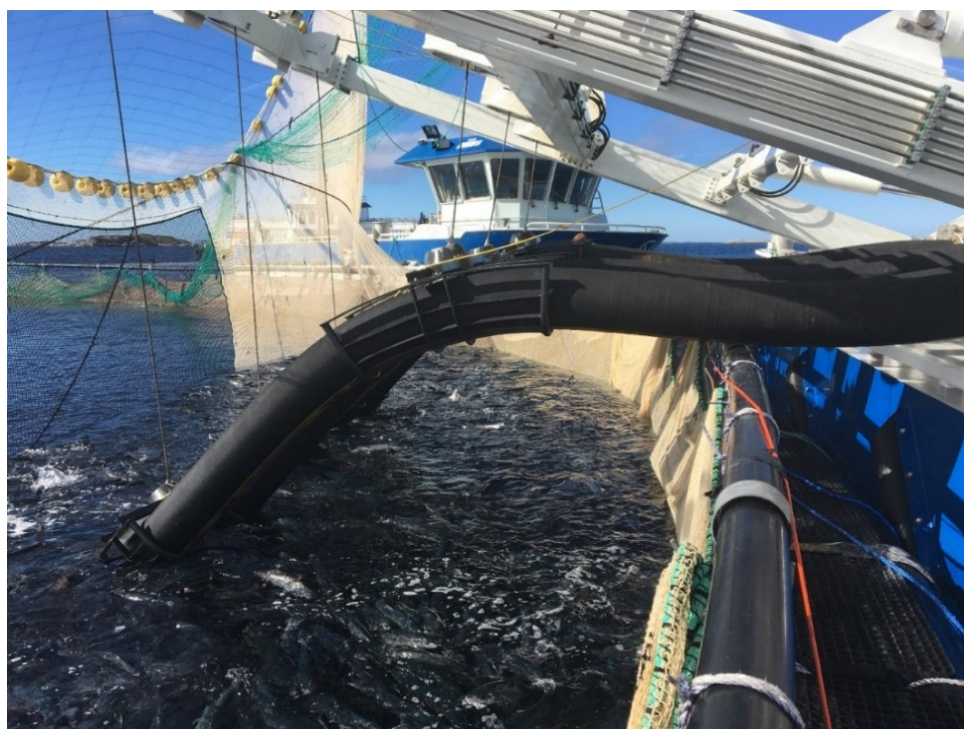


Figur 4 – Prinsippskisse for Hydrolicer LG9332 Hydro versjon 3 med seks parallelle (like) linjer. Laks i avkast pumpes inn (venstre side). Fisken passerer fisketeller, to seriekoblede enheter for lus fjerning (basert på avsuging og trykksetting av vann), en Aqua-Life Biostream BP120 fiskepumpe per linje som så løfter fisken opp til en silkasse der fisk og prosessvann separeres. Fisken går til merd i en delvis vannfylt renne og prosessvannet går til trommelfiltre som separerer ut fast stoff som lus og skjell. Figuren viser også hvor det ble tatt ut fisk til evaluering. Posisjon 1 – Fisk før avlusning ble håvet fra merd til vannfylte kar for senere prøvetaking og evaluering stress, velferd og lusetall. Posisjon 2 – Fisk

etter avlusing ble behandlet på samme måte. Posisjon 3 – Fisk tatt ut ved utløp til merd (kun ved innledende forsøk) der den avlusede fisken ble håvet direkte fra rennen. Avlivet fisk ble båret fra Posisjon 1-3 til et arbeidsbord for analysearbeid plassert under tak midt på lekteren. *Kilde: MNH*



Figur 5 – Forstørret figur som viser de to seriekoblede enhetene for lusfjerning, fiskepumpen og silkassen som separerer fisk og prosessvann. Hver enhet for avlusing har egen krets for henholdsvis avsuging og tilførsel av trykksatt. Hydrolicer versjon 3 har seks slike system i parallell for å øke kapasiteten av fisk til avlusing. Fiskens bevegelsesretning er fra venstre mot høyre. *Kilde: MNH.*



Figur 6 – Laks til avlusing pumpes fra avkast til Hydrolicer LG9332 Hydro i seks parallelle rørsystem.



Figur 7 – Kontrollrom på Hydrolicer LG9332 Hydro. Bildet viser merden som fisken skal hentes fra. På dataskjermen midt i bildet ser vi merden avluset fisk skal overføres til (på motsatt side av hydroliceren). Her ser vi også utløpsrennen fisken passerer etter avlusing. De tre sorte enhetene til høyre for utløpsrennen er trommelfiltere for rensing av prosessvann. Det gule karet, plassert foran rekkverket, er beregnet på fisk tatt ut etter avlusing (Posisjon 2). På dataskjermene til høyre i bildet sees fire enheter for avlusing. Mest framtrødende her er delen med spalter som suger ut vann før reduksjonen i tverrsnitt og tilsatsen av trykksatt vann.






Figur 8 - Bildet viser to seriekoblede enheter (nærmeste rørgate) for avlusing på hydrolicerens dekk. Som vist har Hydrolicer LG9332 Hydro seks parallelle rørgater.



Figur 9 – Hydrolicer LG9332 Hydro: tre parallelle trommelfiltre fjerner partikulært materiale og lus fra prosessvannet før utlipp til sjø.

Tabell 3 - Faktaboks over de involverte fartøyene

Navn	LG9332 Hydro	LG9401 Marcus	LH2245 HYDRO FLOW
	 Foto: SINTEF Ocean	 Foto: Marine Traffic	 Foto: Kyst.no / Hydrolicer
Byggeår	2016	2016	2017
#enheter/linjer	12 / 6	12 / 6	8 / 4
Hydrolicer-versjon	3	3	6.1
Fiskepumpe	Aqua-Life Biostream BP120	Aqua-Life Biostream BP120 (Byttet til PG Hydroflow i ettertid)	PG Hydroflow injektorpumpe

5.2 Innledende test: Raudøya den 9 september 2016

5.2.1 Gjennomføring

Fisken ble tatt ut fra Merd 4 på lokaliteten Raudøya som tilhører Bjørøya Fiskeoppdrett. Rundvekt og gaffellengde (middelverdi \pm SD, $n = 41$) var henholdsvis $1,9 \pm 0,4$ kg og 54 ± 4 cm. Fisken hadde PD diagnose. Fiskens gjennomløpstid gjennom hydroliceren, det vil si fra merd-til-merd (avlusing) var 30 – 40 sek. Følgende fiskegrupper ble tatt ut til analyse ($n = 10$):

Merd (0 min) – trengt fisk ble håvet enkeltvis fra merd (før behandling). Fisken ble umiddelbart avlivet før blodprøver og diverse målinger ble foretatt i perioden kl. 09:37 – 11:04.

Merd (30 min) – fisken ble håvet opp i et 1000-L kar med sjøvannsgjennomstrømning hvor den ble holdt i 30 min før første fisk ble avlivet og målt (kl. 10:47 - 12:08).

Silkasse (0 min) – pumpet og avluset fisk ble håvet ut fra silkassens utløp. Fisken ble umiddelbart avlivet og målt i perioden kl. 11:16 – 12:48.

Silkasse (30 min) – avluset fisk ble håvet fra silkassen og overført til et 1000-L kar med sjøvannsgjennomstrømning hvor fisken ble holdt i omlag 30 min før første fisk ble avlivet og målt. Uttaket fra karet skjedde i perioden kl. 12:50 – 13:35.

Kommentar: Pumpetrykket ble justert midt under første kjøring (ca kl. 11:30). For Linje 1 gjaldt Hu1 1,05 bar og Hu2 1,09 bar for første halvdel av kjøringen noe som ble øket til henholdsvis 1,08 og 1,12 bar under siste halvdel.

5.2.2 Stress

Resultatene som viser fiskens stressnivå i de ulike posisjonene er vist i Tabell 4. I hovedsak ser vi ved å sammenlikne med referansedata vist i *Boks 1 Kunnskapsstatus* at:

- (i) Fisken var betydelig stresset som en følge av trenging i merd før den ble behandlet i hydroliceren. Dette var tilfelle både med hensyn til blodkjemi og muskelaktivitet.
- (ii) Et 30 min opphold i kar med god vannkvalitet før stressmåling medførte et generelt høyere stressnivå enn ved 0 min.

Tabell 4 – Håndteringsstress hos laks før (merd) og etter lusbehandling (silkasse) ved sjøtemperatur 14,2 °C. Sammenlikning av stressnivå ved 0 min vs 30 min etter håving til kar.

Parameter	Merd (0 min)	Merd (30 min)	Silkasse (0 min)	Silkasse (30 min)
Trengetid i avkast (min)*	0 →87	40	99 →191	163
Oppholdstid i kar (min)**	-	30 → 81	-	193 → 238
Kortisol (nmol/l)	349 ± 37 ^a	800 ± 115 ^b	783 ± 162 ^{abc}	1106 ± 130 ^c
Glukose (mmol/l)	3,5 ± 0,2 ^a	3,6 ± 0,2 ^a	3,8 ± 0,3 ^a	3,6 ± 0,3 ^a
Laktat (mmol/l)	3,3 ± 0,3 ^a	5,7 ± 0,4 ^b	3,4 ± 0,4 ^a	5,4 ± 0,4 ^b
Natrium (mmol/l)	157 ± 4 ^a (Na elektrode)	167 ± 2 ^{bc} (ICP-MS)	156 ± 1 ^{ac} (Na elektrode)	175 ± 1 ^b (ICP-MS)
Klorid (mmol/l)	129 ± 1 ^a	143 ± 3 ^{bc}	133 ± 1 ^{ac}	146 ± 1 ^b
Blod pH	7,38 ± 0,03 ^a	7,31 ± 0,02 ^a	7,33 ± 0,03 ^a	7,35 ± 0,02 ^a
Muskel pH	6,84 ± 0,09 ^a	6,95 ± 0,04 ^{ab}	7,02 ± 0,05 ^b	6,86 ± 0,05 ^{ab}

Middelverdi ± SEM (n =10 - 11); ulik bokstav, "a", "b" eller "c", viser at verdiene er signifikant forskjellige (p<0.05). * Trengetiden satt til "0 min" ved uttak av første fisk fra avkast kl. 09:37. Alle tider relateres til dette. Trengetiden i avkast før uttak av fisk kommer derfor i tillegg til tallene oppgitt i tabellen; **10 fisk håvet til kar fra avkast. Deretter fikk fisken stå i ro i 30 min (med vanngjennomstrømming) før prøveuttak av fisk startet. Tidsintervallet viser følgelig tiden det tok for uttak og analyse av all fisk i karet.

5.2.3 Sensorfisk

Siden dette ikke ble en gjennomføring etter protokollen anses ikke dataene fra sensorfiskene representative og presenteres heller ikke her.

5.3 Avlusing 1: Nausttaren den 26 september 2016

Lokalitet: Nausttaren, Bjørøya Fiskeoppdrett

Merd: 4 (avluset fisk til Merd 4)

Antall fisk avluset: 180 033

Biomasse: 753 777 kg

Snittvekt: 4,1 kg

Sjøtemperatur: 13,8 °C

Tidligere avlusinger: Fisken ble behandlet med medisinfør i april og juni 2016. Deretter ble fisken avluset med hydrolicer to uker før (medio september 2016) denne avlusingen.

Fisken hadde PD (pancreas disease) diagnose

5.3.1 Gjennomføring

Oksygenmetningen i sjøen ved hydroliceren var 102 %. Fisken ble pumpet fra Merd 4 over i en tom merd. Rundvekt og gaffellengde av laks som ble tatt ut til analyse av stress var henholdsvis (middelverdi \pm SD, n=25) $3,6 \pm 0,6$ kg og 63 ± 3 cm.

Basert på erfaringer fra innledende test (se ovenfor), der flere stressparametre viste høyere verdier etter 30 min enn ved 0 min, ble kun målinger etter 30 min benyttet videre i prosjektet. Dette ble gjort for å være sikker på å kunne registrere eventuelle stressresponser da responstidene for flere av stressparametrene er betydelig lenger enn den korte gjennomløpstiden fisken har gjennom hydroliceren. Dessuten måtte antall målepunkter reduseres for at det skulle være tidsmessig mulig for 1-2 personer (budsjettert bemanning) å bli ferdig med alle prøveuttak før avlusingen var avsluttet for dagen.

Posisjon 1 (merd) - Fem fisk ble håvet enkeltvis (kl 10:15) fra avkast i merd til kar på dekk (379 liter) med god vanngjennomstrømning (Figur 10). Fem nye fisk ble deretter håvet (kl 11:43) på nytt til karet. I begge tilfellene fikk fisken stå i karet i 30 min før avliving og analyse (stress). Oksygenmetningen og vanntemperaturen i karet var henholdsvis 95 \rightarrow 88 % og 14,2°C. Fisken var generelt rolig i karet og ingen panikksvømming forekom. Håvingen fra avkast til kar, og fra kar til avliving med slag mot hodet, tok 5 – 10 sek per fisk. I tillegg ble det håvet fisk til et bedøvningskar for telling av lus og evaluering av velferd (Figur 11).

Posisjon 2 (silke) – Samme prosedyre ble gjentatt ved silkassen (etter pumping og avlusing) der fisken ble håvet til et tilsvarende kar med gjennomstrømning av sjøvann plassert nær silkassen (Figur 12). De fem siste fiskene ble håvet enkeltvis fra silkassen til kar plassert ved siden av kl 14:00. Etter 30 min ble fisken avlivet og analysert.

Posisjon 3 (renne) – Tilslutt (kl. 15:30) ble fem fisk ble tatt ut fra rennen som er hydrolicerens utløp til merd (Figur 13). En håv ble satt ned midt i rennen hvor en fisk i gangen ble tatt ut og overført til et tilsvarende kar som nevnt ovenfor med kontinuerlig gjennomstrømning av sjøvann. Deretter ble fisken behandlet på samme måte som nevnt ovenfor. Fisk fra Posisjon 3 ble kun tatt ut i forbindelse med Avlusing 1.



Figur 10 – *Posisjon 1*: Laks fra merd ble håvet enkeltvis over i ett kar med vanngjennomstrømning (overløp) der fisken ble holdt i 30 min før avliving og måling av stress.



Figur 11 – *Posisjon 1*: Laks ble håvet enkeltvis fra produksjonsmerd til et bedøvningskar for lustelling og evaluering av velferdsscore.



Figur 12 – *Posisjon 2*: Etter å ha passert avlusingsenhetene og de hydrauliske fiskepumpene (Hydrolicer LG9332 Hydro) passerer fisken en silkasse plassert foran en vannfylt renne (venstre bilde) med fall der fisken ledes passivt ut i merd for avluset fisk. Høyre bilde viser ett av to kar, plassert ved siden av silkassen/rennen, som fisk ble håvet enkeltvis til for analyse (stress, velferd og lustelling).



Figur 13 – *Posisjon 3*: Renne for overføring av avluset laks til merd. Fisken ble raskt håvet enkeltvis over til et kar med vanngjennomstrømning for analyse av stress (gult kar skimtes til høyre for rennen nær merden).

5.3.2 Stress

Fiskens stressnivå i Posisjon 1, 2 og 3 er vist i Tabell 5. Selv om det i noen tilfeller var noen mindre, men statistisk signifikante forskjeller mellom fisk tatt ut i de ulike posisjonene, var det tydelig at all fisk var betydelig stresset (jfr *Boks 1 Kunnskapsstatus*) og at årsaken til det var trenging i merd før avlusing.

Tabell 5 – Fiskens stressnivå før (P1) og etter avlusing (P2), samt ved hydrolicerens utløp til merd for avluset fisk (P3). Fisken fikk hvile i 30 min i kar med vanngjennomstrømning før analyse. Fiskens kroppstemperatur (middelverdi \pm SD, n=24) var $14,7 \pm 0,4$ °C.

Stressparameter	Merd (30 min) Posisjon 1	Silkasse (30 min) Posisjon 2	Renne (30 min) Posisjon 3
Trengetid i avkast (min)*	0	110	325
Oppholdstid i kar (min)**	131	125	54
Kortisol (nmol/l)	791 ± 124^a	947 ± 140^a	(-)
Laktat (mmol/l)	$8,2 \pm 0,8^a$	$8,1 \pm 0,6^a$	$8,6 \pm 1,1^a$
Natrium (mmol/l)	169 ± 2^a	173 ± 2^a	170 ± 2^a
Klorid (mmol/l)	138 ± 2^{ac}	146 ± 2^b	144 ± 1^{bc}
Blod pH	$7,42 \pm 0,03^a$	$7,34 \pm 0,01^b$	$7,29 \pm 0,03^b$
Muskel pH	$6,75 \pm 0,07^a$	$6,73 \pm 0,04^a$	$6,50 \pm 0,04^b$

Middelverdier \pm SEM (merd og silkasse: n = 10; renne: n=5); *fisken var trengt i avkast (ukjent tid) før håving til kar ca kl 10:15. Setter trengetid = 0 min ved dette tidspunktet; **30 min + tiden det tok fra første til siste fisk var avlivet og analysert; forskjellig bokstav (a-c) betyr at verdiene oppgitt for Posisjon 1-3 er forskjellige ($p < 0,05$).

5.3.3 Sensorfisk

Gjennomføring: Hver størrelse av sensorfisker ble sendt gjennom henholdsvis Løp 1 og Løp 6 på lekteren tre ganger hver. Som det vises i Figur 5 er det fysiske forskjeller mellom linjeparane 1 og 2, 3 og 4, samt 5 og 6. Linjeparet nærmest i bildet har hydrolicerene plassert noen meter lenger fra inntaket enn det første. Dette gjelder for avlusingsforsøkene 1 til 5 (lekter *Hydro* og *Marcus*), men ikke for de resterende. Hvorvidt dette egentlig påvirker fisken spesielt er ikke enkelt å vurdere, og heller ikke essensielt i prosjektet. Prosessparameterne var ikke betydelig forskjellige mellom linjene.

Resultatene fra sensorfiskene er presentert i tabellen under. Forklaring til parameterne finnes i Kapittel 4.4. Sammenligning av alle data fins i Kapittel 5.12.

Tabell 6 - Resultater fra sensorfisker, Avlusing 1 (Nausttaren 26. september 2016)

Avlusing 1	Pumpetid liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm liten sensorfisk	Pumpetid stor sensorfisk (sek)	Integrert g-norm stor sensorfisk
Snitt	21,0	40,9	25,2	60,0
Standardavvik	3,2	11,4	6,2	23,6
Max	27,2	64,4	36,6	100,3
Min	16,4	27,7	18,1	30,8
n	6	6	6	6

5.3.4 Avlusing og velferd

Slimlaget på fisken ble vurdert som godt, både før og etter behandling. Velferdsscore og effektiviteten av lusfjerningen er vist i Tabell 7. Avhengig av lusestadium, ble 66 til 82 % av lusene fjernet i avlusingsprosessen. Fisken hadde en del skjelltap og i noen grad hudblødninger før avlusing men slimtapet ble regnet som neglisjerbart. Avlusingen førte til noe mer skjelltap ($p < 0,05$) og til omlag en tredobling av tilfellene med hudblødninger ($p < 0,05$).

Tabell 7 – Forekomst av lakselus og velferdsscore før (P1) og etter avlusing (P2).

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd	2,0 ± 0,5 ^a	2,2 ± 0,4 ^a	1,7 ± 0,3 ^a	1,2 ± 0,1 ^a	0,1 ± 0,0 ^a	0,6 ± 0,1 ^a
P2: Silkasse	0,4 ± 0,1 ^b	0,4 ± 0,1 ^b	0,6 ± 0,1 ^b	1,7 ± 0,1 ^b	0,0 ± 0,0 ^a	1,2 ± 0,1 ^b
Effektivitet (%)	80	82	65	-		

Middelverdier ± SEM ($n = 50$); "a og "b" betyr at verdiene henholdsvis før (P1) og etter (P2) avlusing er forskjellige ($p < 0,05$)

Ti fisk i hver gruppe (fisk tatt ut for stressmåling) vurdert på bakgrunn av bilder tatt før og etter avlusing. Det er vanskelig å konkludere entydig ut i fra bildene alene. Generelt hadde noen fisk skjelltap, rødlige bukfinner og noe rødlig buk både før og etter avlusing (Figur 14).



Figur 14 – Venstre bilde viser laks tatt ut fra merd (Posisjon 1) mens høyre bilde viser fisk etter avlusing fra Posisjon 2. Noen fisk har ett kutt under ryggfinnen som ble påført med en skalpell for å kunne måle initiell pH i muskelen.

5.3.5 Oppsamling av skjell og lus etter avlusing

Som nevnt ovenfor, benyttes et kar for oppsamling av lus og skjell. Dette er materiale som blir filtrert ut i trommelfiltrene (80 μm lysåpning). Volumet på karet som ble benyttet var på 750 liter (Figur 15). Etter at all fisken hadde blitt avluset denne dagen (kl 16:35 slutt) ble volumet på oppsamlet masse målt. Det ble tatt prøve av materialet som senere ble sjekket i mikroskop. Det viste seg at mesteparten besto av skjell iblandet en del lus. Tettheten av denne massen (våtvekt) ble bestemt til 1,09 kg/l. Basert på karhøyde (volum) og tetthet, ble oppsamlet biologisk materiale for hele avlusingsprosessen denne dagen estimert til 690 kg våtvekt. Med et tørrstoffinnhold på 23,3 %, tilsvarer dette 161 kg tørrvekt. Totalt antall fisk som ble avluset denne dagen var 180 033 stk. Anslagsvis tilsvarer dette et gjennomsnittlig "tap" på i underkant av 1 g tørrvekt per fisk. Skjelltapet skyldtes i hovedsak to forhold: (a) fra fisk trengt i merd (store mengder fisk og vann blir pumpet gjennom systemet), og (b) fra selve avlusingsprosessen (hydrolicer).

Maskevidden på filterduken er 80 μm . Til sammenlikning kan nevnes at størrelsen på lakselus i Nauplius I stadiet varierer mellom $540 \pm 40 \mu\text{m}$ i lengde og $220 \pm 10 \mu\text{m}$ i bredde mens voksne hunnlus kan bli 8 – 12 mm lange (Schram, 1993). Løse eggstrenger har en lengde på rundt 14 mm mens størrelsen på ett egg (oval form) ligger rundt $400 \times 250 \mu\text{m}$ (Prestvik m. fl., 2010).



Figur 15 – Oppsamling av biologisk materiale (hovedsakelig skjell og lus) etter filtrering av avløpsvann fra Hydrolicer LG9332 Hydro.

5.3.6 Etterkontroll

Dato: 10.10.2016

Merd: 4

Fisk til stressanalyse: rundvekt $3,7 \pm 0,7$ kg og gaffellengde 64 ± 4 cm ($n = 10$)

Sjøtemperatur: $13,7$ °C

To uker etter avlusing ble det foretatt etterkontroll av fisken (varighet 2 t 30 min). Fisken ble håvet ut fra merden der oksygenmetningen var 85 %. Kortisol og klorid var signifikant lavere (Tabell 8) enn etter avlusing (Tabell 5), mens både laktat og natrium var uforandret i forhold til både før og etter avlusing. pH i blod var litt lavere enn både før og etter avlusingen to uker tidligere. Vi må her ta i betraktning den forholdsvis høye sjøtemperaturen som gjør at fisk stresses lett både før og under avlusing, samt ved uttak av fisk for etterkontroll.

Tabell 8 –Blodkjemi hos laks ved etterkontroll to uker etter avlusing.

Stressparameter	Merd 4
Kortisol (nmol/l)	225 ± 90 ^y
Laktat (mmol/l)	6,3 ± 1,2
Natrium (mmol/l)	167 ± 3
Klorid (mmol/l)	137 ± 1 ^y
Blod pH	7,27 ± 0,02 ^{xy}

Middelverdi ± SEM (n =10); "x og "y" betyr forskjellig fra henholdsvis P1 og P2 (p<0,05)

Resultatene fra lusetellingen og evalueringen av velferd er vist i Tabell 9. Vi ser at i løpet av de to ukene som hadde gått siden avlusingen hadde det skjedd en dramatisk økning i påslaget av lus (sjøtemperatur 14 °C). Samtidig ble antall tilfeller av fisk som hadde hudblødninger redusert fra en midlere score på 1,2 etter avlusing (Tabell 7) til 0,8. Graden av skjelltap økte fra 1,7 like etter avlusning (Tabell 7) til 2,2 to uker senere (siden statistisk behandling ikke var mulig vet vi ikke om forskjellen i middelverdiene for skjelltap var statistisk signifikant). I kontrast til dette syntes slimlaget å være tilfredsstillende både før og etter avlusingen (Tabell 7) samt ved etterkontroll (Tabell 9).

Tabell 9 – Forekomst av lakselus og velferdsscore evaluert 14 dager etter avlusing (etterkontroll).

Posisjon	Antall lakselus*			Velferdsscore*		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merd 4	5,6	9,1	3,1	2,2	0,0	0,8

Middelverdier (n = 20); *På grunn av at kun middelverdier var tilgjengelige var det ikke mulig å kjøre statistikk på data for etterkontroll

5.3.7 Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll

Visuell evaluering av bilder (ikke vist) av ti laks tatt ut etter avlusing (P3) og ved etterkontroll (EK) viste ingen tydelige forskjeller med hensyn til ytre skader. I begge tilfeller hadde fisken noen mindre områder med skjelltap og et par fisk i hver gruppe hadde noen større områder med skjelltap. Fisken hadde generelt rødlig finner og noen små sår i buken. Slimlaget lar seg imidlertid ikke evaluere ut fra slike bilder.

5.4 Avlusing 2: Digerneset den 5 oktober 2016

Lokalitet: Digerneset, Marine Harvest

Merd: Laks fra Merd 1 (snittvekt: 2,8 kg) og Merd 2 (snittvekt: 2,7 kg) til Merd 4 (avluset fisk)

Antall fisk avluset: 144 156 (Merd 1) og 144 769 (Merd 2)

Biomasse: 400 156 kg (Merd 1) og 396 222 kg (Merd 2)

Varighet av avlusning: 3 t 50 min (Merd 1) og ca 4 t (Merd 2)

Sjøtemperatur: 12 °C på 3 m dyp

Tidligere behandlinger og avlusinger: *Sortering av fisk (trenging, men ikke avlusing) ble foretatt 15.06.16.*

Avlusing ble foretatt med Enabler One (FLS Lusespyler) 19.08.16-25.08.16.

5.4.1 Gjennomføring

Avlusing 2 ble foretatt med Hydrolicer LG9401 Marcus. I prinsippet ble avlusingen gjennomført som beskrevet under Avlusing 1 med unntak av det ikke ble tatt ut fisk fra Posisjon 3. Fiskens rundvekt og lengde (middelverdi \pm SD, $n=10$) var henholdsvis $2,5 \pm 0,5$ kg og 56 ± 4 cm (fisk til stressmålinger).

5.4.2 Stress

På grunn tidspress, ble stress kun evaluert etter avlusing med fisk fra Merd 1, mens luse- og velferdsevalueringen ble gjort på fisk fra Merd 2 (Posisjon 2). Resultatene for stressmålingene er vist i Tabell 10. Som vi ser var fisken betydelig stresset etter avlusingen (Jfr *Boks 1 Kunnskapsstatus*). Videre er det klart at fisken hadde hatt en stor grad av muskelaktivitet før avlusing. Siden vi ikke i dette tilfellet ikke har stressdata fra Posisjon 1, samt at på grunn av at fisken ble holdt levende i kar i 30 min etter uttak fra silkassen, kan vi i dette tilfellet strengt tatt ikke vurdere om det var trening i merd eller stress assosiert med avlusingen som var dominerende faktor. Målt stressrespons er som kjent summen av stress i alle trinn i en prosesslinje. Basert på erfaringer fra andre avlusinger i dette prosjektet er det imidlertid all grunn til å anta at stress i forbindelse med trening i merd var dominerende faktor også her.

Tabell 10 – Blodkjemi og muskelaktivitet hos laks tatt ut etter avlusing av fisk fra Merd 1. Fiskens kroppstemperatur var $13,8 \pm 0,3$ °C.

Stressparameter	Silkasse (Posisjon 2)
Kortisol (nmol/l)	521 ± 26
Laktat (mmol/l)	$5,9 \pm 0,6$
Natrium (mmol/l)	159 ± 1
Klorid (mmol/l)	143 ± 1
Blod pH	$7,31 \pm 0,05$
Initiell pH i muskel	$6,88 \pm 0,07$

Middelverdi \pm SEM ($n = 10$)

5.4.3 Sensorfisk

Resultatene fra sensorfiskene er presentert i Tabell 11. Forklaring til parameterne finnes i Kapittel 4.4. Sammenligning av alle data fins i Kapittel 5.12.

Tabell 11 - Resultater fra sensorfisker, Avlusing 2 (Digerneset, 5. oktober 2016)

Avlusing 2	Pumpetid, liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm, liten sensorfisk	Pumpetid, stor sensorfisk (sek)	Integrert g-norm, stor sensorfisk
Snitt	18,9	37,8	20,4	45,4
Standardavvik	2,9	9,6	6,6	28,5
Max	23,2	53,1	36,0	114,6
Min	15	25,0	15,5	25,8
n	10	10	7	7

5.4.4 Avlusing og velferd

På grunn av for kort tid til å gjennomføre hele testen med fisk fra Merd 1, måtte telling av lus og vurdering av velferd utføres med fisk fra Merd 2. Avlusingen førte til en betydelig reduksjon i forekomsten av lus ($p < 0,05$). Avlusingseffektiviteten for lusstadiene kopepoditt/chalimus, preadulte/adult hann og adult hunn var henholdsvis 83, 93 og 92 % (Tabell 12).

Fisken hadde tidligere gjennomgått tre mekaniske lusbehandlinger noe som den bar preg av før avlusingen denne dagen i og med at fisken hadde skjelltapsscore på 1,5 før avlusing. Sett i forhold til dette, var økningen i tap av skjell (score 1,9) relativt liten ($p < 0,05$). Avlusingen førte til noe tap av slim ($p < 0,05$) og til en markert økning med hensyn til forekomst av hudblødninger ($p < 0,05$).

Tabell 12 – Forekomst av lakselus og velferdsscore før (P1) og etter avlusing (P2).

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd 2	0,6 ± 0,1 ^a	4,0 ± 0,3 ^a	2,6 ± 0,3 ^a	1,5 ± 0,1 ^a	0,0 ± 0,0 ^a	0,5 ± 0,1 ^a
P2: Silkasse	0,1 ± 0,1 ^b	0,3 ± 0,1 ^b	0,2 ± 0,1 ^b	1,9 ± 0,1 ^b	0,5 ± 0,1 ^b	1,8 ± 0,1 ^b
Effektivitet (%)	83	93	92	-		

Middelverdier ± SEM (n = 50); forskjellig bokstav, "a" eller "b", betyr signifikant forskjell mellom P1 og P2 ($P < 0,05$)

5.4.5 Oppsamling av skjell og lus etter avlusing

For hele avlusingen denne dagen ble det samlet opp 1823 kg våtvekt av skjell og lus samt eventuelt annet fast stoff som ikke passerte trommelfilteret. I tørrvekt tilsvarer dette 425 kg.

Totalt (Merd 1 og 2) passerte 289 615 fisk gjennom hydroliceren, noe som grovt regnet gir ett skjelltap fra hver fisk på 1,5 g tørrvekt. Det må gjøres oppmerksom på at benyttet masse representerer summen av skjell, lus og eventuelt annet partikulært materiale i vannet som ble pumpet gjennom systemet.

5.4.6 Etterkontroll

Dato: 17.10.2016

Merd: 4

Fisk til stressanalyse: rundvekt $3,5 \pm 0,6$ kg og gaffellengde 67 ± 3 cm ($n = 10$)

Sjøtemperatur: $11,8$ °C

Fisken ble håvet ut fra Merd 4 der arbeidet med prøvetaking tok i overkant av 2 timer. Som vist i Tabell 13 var fisken også ved denne etterkontrollen stresset. Det relativt høye innholdet av laktat i blodet viser at fisken hadde hatt en betydelig grad av svømmeaktivitet, trolig i forbindelse med prosedyren for å få tak i fisken til analyse. Innholdet av laktat, natrium samt pH i blod var det samme som etter avlusing tolv dager tidligere mens kortisol- og kloridnivåene var signifikant lavere ved etterkontroll.

Tabell 13 – Blodkjemi hos laks tatt ut for etterkontroll tolv dager etter avlusing.

Stressparameter	Merd 4
Kortisol (nmol/l)	240 ± 60^y
Laktat (mmol/l)	$7,5 \pm 1,2$
Natrium (mmol/l)	159 ± 3
Klorid (mmol/l)	133 ± 2^y
Blod pH	$7,35 \pm 0,06$

Middelverdi \pm SEM ($n = 10$); ^y betyr at verdiene var forskjellig sammenliknet med etter avlusing ($P2$) ($p < 0,05$)

Fra Tabell 14 ser vi at i løpet av 12 dager ved sjøtemperaturer på $12-14$ °C så økte forekomsten av bevegelige og kjønnsmodene lus per fisk fra henholdsvis $0,3$ til $5,1$ og fra $0,2$ til $1,1$ ($p < 0,05$). Det var derimot tilnærmet ingen endring med hensyn til fastsittende lus.

Med hensyn til velferdsscore var det en viss endring i forhold til umiddelbart etter avlusing (Tabell 14). Score for skjelltap og hudblødninger ble begge redusert fra $1,9$ og $1,8$ til $1,1$ mens score for slimtap ble redusert fra $0,5$ til $0,1$ ($p < 0,05$). I tillegg ble det gitt følgende midlere score for "sår" (score 0-3): $0,4 \pm 0,1$ og for "øyeblødning" (score 0-2): $0,8 \pm 0,1$.

Tabell 14 – Forekomst av lakselus og velferdsscore evaluert ved etterkontroll 12 dager etter avlusing.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merd 4	0,1 ± 0,1 ^x	5,1 ± 0,6 ^y	1,1 ± 0,3 ^y	1,1 ± 0,1 ^y	0,1 ± 0,1 ^y	1,1 ± 0,1

Middelverdier ± SEM (n = 20); "x" og "y" betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med henholdsvis før (Posisjon 1) og etter (Posisjon 2) avlusing (p<0,05).

5.4.7 Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll

Hovedinntrykket er det samme som nevnt tidligere i forbindelse med evalueringen ved Nausttaren (Avlusing 1). Bildene er ikke vist i denne rapporten.

5.5 Avlusing 3: Fleina den 12 oktober 2016

Lokalitet: Fleina, Gildeskål, Marine Harvest

Merd: 3 (avluset fisk til Merd 10)

Snittvekt: 3,3 kg

Antall fisk avluset: 145 303

Biomasse: 476 000 kg

Sjøtemperatur: 11,4 °C

Varighet av avlusing: > 5,5 t

Tidligere behandlinger og avlusinger: *Sortering (trenging, ikke avlusing) ble foretatt 26.04.16. Deretter ble det foretatt tre avlusinger med Enabler One (FLS Lusespyler) på følgende tidspunkter 02.06.16 - 06.06.16, 10.08.16 -15.08.16 og 18.09.16 – 28.09.16.*

Fisken hadde CMS (cardiomyopathy syndrome) diagnose

5.5.1 Gjennomføring

Avlusing 3 ble foretatt med Hydrolicer LG9401 Marcus som beskrevet for Avlusing 2. Fisken som ble tatt ut for evaluering av stress hadde rundvekt og gaffellengde (middelverdier ± SD, n=10) på henholdsvis 3,7 ± 0,7 kg og 63 ± 4 cm. Oksygenivåene i merd og i karene (ved P1 og P2) var henholdsvis 89 og 83 – 87 % metning.

5.5.2 Stress

Tabell 15 viser som tidligere summen av håndteringsstress som en følge av trening i merd, pumping og avlusing (P2). Basert på parametre knyttet til muskel (initiell pH og laktat) ser vi at fisken var stresset til utmattelse. Kortisolnivået var høyt og pH i blodet var svært lav, noe som ytterligere tilsier at fisken var betydelig stresset (Jfr. *Boks 1 Kunnskapsstatus*).

Tabell 15 – Blodkjemi og muskelaktivitet hos laks tatt ut etter avlusing (Posisjon 2). Fiskens kroppstemperatur var $13,2 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$.

Stressparameter	Silkasse (P2)
Kortisol (nmol/l)	517 ± 40
Laktat (mmol/l)	$6,4 \pm 0,8$
Natrium (mmol/l)	178 ± 3
Klorid (mmol/l)	145 ± 2
Blod pH	$7,22 \pm 0,03$
Initiell pH i muskel	$6,71 \pm 0,05$

Middelverdi \pm SEM ($n = 10$)

5.5.3 Sensorfisk

Resultatene fra sensorfiskene er presentert i Tabell 16. Forklaring til parameterne finnes i Kapittel 4.4. Sammenligning av alle data fins i Kapittel 5.12.

Tabell 16 - Resultater fra sensorfisker, Avlusing 3 (Fleina, 12. oktober 2016)

Avlusing 3	Pumpetid liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm liten sensorfisk	Pumpetid stor sensorfisk (sek)	Integrert g-norm stor sensorfisk
Snitt	21,3	44,3	24,6	62,0
Standardavvik	3,4	10,5	9,0	39,4
Max	26,9	64,1	47,2	164,7
Min	15,9	28,1	17,3	31,6
n	12	12	18	18

5.5.4 Avlusing og velferd

Effektiviteten av avlusingen varierte mellom 74 og 91 % avhengig av hvilket stadium vi betrakter. Som vi ser av Tabell 17 (P1), var fisken trolig preget av tidligere avlusinger siden velferdsscorene for skjelltap og hudblødning var relativt høye med middelverdier på henholdsvis 1,2 og 1,1. Etter avlusing økte disse verdiene til henholdsvis 1,7 og 1,5.

Tabell 17 – Forekomst av lakselus og velferdsscore før (P1) og etter avlusing (P2).

Posisjon	Antall lakselus*			Velferdsscore*		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd	1,1	6,4	2,5	1,2	0,0	1,1
P2: Silkasse	0,3	1,2	0,2	1,7	0,0	1,5
Effektivitet (%)	73	81	92	-		

Middelverdier ($n = 30$); *På grunn av at kun middelverdier var tilgjengelige var det ikke mulig å sammenlikne gruppene statistisk

5.5.5 Etterkontroll

Dato: 21.10.2016

Merd: 10

Fisk til stressanalyse: rundvekt $3,8 \pm 0,5$ kg og gaffellengde 65 ± 3 cm ($n = 10$)

Sjøtemperatur: $11,8$ °C

Til tross for dette hadde fisken relativt lavt kortisolinnhold (Tabell 18) som var betydelig lavere enn like etter avlusing (Tabell 15). Lav blod-pH kombinert med høyt innhold av laktat tyder på acidose som en følge av håndteringsstress, antakeligvis i forbindelse med innfangning av fisk til analyse. Nivåene av natrium og klorid var begge lavere enn like etter avlusing ($p < 0,05$), se Tabell 15, noe som sammen med lavt kortisolnivå indikerer at fisken var mindre stresset enn rett etter avlusingen (laktat og pH har raskere responstid som i dette tilfelle sannsynligvis ble raskt påvirket som en følge av innfangning av fisk til analyse).

Tabell 18 – Blodkjemi for laks ved etterkontroll ni dager etter avlusing.

Stressparameter	Merd 10
Kortisol (nmol/l)	60 ± 21^y
Laktat (mmol/l)	$7,5 \pm 0,9$
Natrium (mmol/l)	157 ± 3^y
Klorid (mmol/l)	133 ± 2^y
Blod pH	$7,22 \pm 0,04$

Middelverdi \pm SEM ($n = 10$); "y" betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med P2, like etter avlusing ($p < 0,05$).

Tabell 19 viser at det var en beskjeden økning i antall fastsittende og bevegelige lus per fisk ni dager etter avlusing, mens antall kjønnsmodne lus per fisk økte fra 0,2 til 0,8. Betrakter vi velferdsscore, ser vi at ni dager i merden etter avlusing førte til noe mer tap av skjell og slim samt til økt forekomst av hudblødninger. En alternativ forklaring kan være at forskjellene kan ha vært en effekt av uttak av relativt få fisk per gruppe slik at observasjonene i virkeligheten kunne tilskrives selve avlusingen ni dager tidligere. I tillegg ble det gitt følgende midlere score for henholdsvis "øyeskade", "sår" og "finneskader": 0,3, 0,1 og 1,9 (Tabell 20).

Tabell 19 – Forekomst av lakselus per fisk og velferdsscore ni dager etter avlusing.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merd 10	$0,5 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,3$	$0,8 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$

Middelverdier \pm SEM ($n = 20$)

Tabell 20– Utvidet velferdsscore ved etterkontroll

Posisjon	Øyblødning (0-2)	Finneskader (0-2)	Sår (0-3)
Merd 10	0,3 ± 0,1	1,9 ± 0,2	0,1 ± 0,1

Middelverdier ± SEM (n = 20)

5.5.6 Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll

Hovedinntrykket er det samme som nevnt tidligere i forbindelse med evalueringen ved Nausttaren (Avlusing 1). Bildene er ikke vist i rapporten.

5.6 Avlusing 4: Nausttaren den 24 november 2016

Lokalitet: Nausttaren, BF

Merd: 9 (avluset fisk til Merd 9)

Snittvekt: 4,1 kg

Antall fisk avluset: 176 314

Biomasse: 717 673 kg

Sjøtemperatur: 8,5 °C

Tidligere avlusninger: Fisken ble behandlet med medisinfor i april og juni 2016. Deretter ble fisken avluset med hydrolicer medio september og 26 september 2016 (Avlusing 1). Deretter ble fisken avluset 11. oktober, 31 oktober og 10. november 2016, alle ganger med bruk av hydrolicer.

Fisken hadde PD diagnose

5.6.1 Gjennomføring

Det var rolig sjø på lokaliteten der pumpingen av fisk inn på Hydrolicer LG9332 Hydro startet kl 09:20. Fisken som ble evaluert med hensyn på stress hadde rundvekt, gaffellengde og kroppstemperatur (middelverdi ± SD, n=10) på henholdsvis 3,7 ± 0,8 kg, 66 ± 3 cm og 10,2 ± 0,4 °C. I karet hvor fisken ble holdt i 30 min før avlusing og prøvetaking var oksygenmetningen 79 % mens pH og vanntemperaturen var henholdsvis 7,85 og 8,4°C.

5.6.2 Stress

Som vist i Tabell 21 var fisken betydelig stresset (kortisol, laktat, pH i blod og muskel), men dog ikke utmattet (Jfr *Boks 1 Kunnskapsstatus*), etter trenging i merd og avlusing.

Tabell 21 – Blodkjemi og muskelaktivitet hos laks tatt ut fra Posisjon 2 etter avlusing.

Stressparameter	Silkasse (P2)
Kortisol (nmol/l)	546 ± 36
Laktat (mmol/l)	6,8 ± 1,2
Natrium (mmol/l)	155 ± 2
Klorid (mmol/l)	139 ± 1
Blod pH	7,55 ± 0,03
Initiell pH i muskel	7,01 ± 0,07

Middelverdi ± SEM (n =10)

5.6.3 Sensorfisk

Resultatene fra sensorfiskene er presentert i tabellen under. Forklaring til parameterne finnes i Kapittel 4.4. Sammenligning av alle data fins i Kapittel 5.12.

Tabell 22 - Resultater fra sensorfisker, Avlusing 4 (Nausttaren, 24. november 2016)

Felt 4	Pumpetid liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm liten sensorfisk	Pumpetid stor sensorfisk (sek)	Integrert g-norm stor sensorfisk
Snitt	23,6	61,9	31,3	93,1
Standardavvik	2,3	9,7	11,2	51,4
Max	28	75,2	47,2	164,7
Min	20,9	49,5	19,8	39,3
n	6	6	6	6

5.6.4 Avlusing og velferd

Avlusingen førte til at antall bevegelige lus ble redusert med 78 % ($p < 0,05$, Tabell 23). For fastsittende og kjønnsmodne lus på fisken var ikke antall lus før og etter avlusing signifikant forskjellig ($p > 0,05$), følgelig er det ikke oppgitt tall for effektivitet.

Generelt var fisken tydelig preget av tidligere mekaniske lusbehandlinger med midlere velferdsscore på 2,4 for skjelltap og 0,7 for slimtap før avlusing (Tabell 23). Blant de 10 fiskene som ble sjekket i Posisjon 2 ble én fisk karakterisert som "øyeblikk". I tillegg ble det observert gjelleblødning på tre av tyve fisk før avlusing og på to av ti fisk etter avlusing, noe som tilsvarer en score på 0,2. Én fisk før, og én fisk etter behandling hadde sårskade. Ingen fisk hadde finneskader.

Tabell 23 – Forekomst av lakselus per fisk og velferdsscore før (Posisjon 1) og etter (Posisjon 2) avlusing.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd	0,1 ± 0,1 ^a	8,6 ± 3,9 ^a	1,5 ± 0,5 ^a	2,4 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1 ^a	0,2 ± 0,1 ^a
P2: Silkasse	0,2 ± 0,1 ^a	1,9 ± 0,7 ^b	0,6 ± 0,5 ^a	2,5 ± 0,2 ^a	0,8 ± 0,1 ^a	0,4 ± 0,2 ^a
Effektivitet (%)	-	78	-	-		

Middelverdier ± SEM (P1: n = 20) og (P2: n = 10); forskjellig bokstav, "a" eller "b", betyr signifikant forskjell mellom P1 og P2 ($p < 0,05$).

5.6.5 Oppsamling av lus og skjell etter avlusing

Avlusingen førte til at det ble samlet opp et volum på totalt 0,50 m³ våt masse (fra filtrene). Omregnet til tørrstoff tilsvarer det om lag 127 kg eller grovt regnet 0,7 g per fisk.

5.6.6 Etterkontroll

Dato: 8.12.2016

Merd: 9

Fisk til stressanalyse: rundvekt $4,1 \pm 1,2$ kg og gaffellengde 64 ± 5 cm ($n = 10$)

Sjøtemperatur: $7,3$ °C

Etterkontrollen ble utført 14 dager etter avlusingen. Laksens snittvekt var da $4,4$ kg og antall fisk i merden var 173 321 stk, noe som utgjorde en total biomasse på $753\,474$ kg. Det var vanskelig å ta fisken opp fra merden, noe som kan ha medført en god del stress før fisken ble avlivet og evaluert. Verdiene i Tabell 24 er til dels motstridende. Med hensyn på kortisol og klorid var fisken tydelig mindre stresset ved etterkontroll enn ved avlusning (Tabell 21) mens natrium- og blod pH-verdiene indikerer det motsatte. Uendret laktatnivå i forhold til avlusingsdagen viser at fisken i begge tilfellene hadde hatt betydelig muskelaktivitet før uttak av fisk til analyse.

Tabell 24 – Blodkjemi hos laks evaluert 14 dager etter avlusning.

Stressparameter	Merd 9
Kortisol (nmol/l)	88 ± 19^y
Laktat (mmol/l)	$6,3 \pm 1,4$
Natrium (mmol/l)	164 ± 2^y
Klorid (mmol/l)	131 ± 1^y
Blod pH	$7,17 \pm 0,06^y$

Middelverdi \pm SEM ($n = 7, 9$ eller 10); "y" betyr signifikant forskjellige verdier fra like etter avlusning ved Posisjon 2 ($p < 0,05$)

I forhold til lusetalene registrert rett etter avlusning (Tabell 23) ble det i løpet av de to ukene etter avlusning registrert en økning (ikke testet statistisk) i antall lakselus per fisk som vist i Tabell 25.

Med hensyn til velferdsparametre ble det registrert en tilsynelatende økning i tap av skjell og en bedring med hensyn til slimlag og blødninger i hud (Tabell 25). I hvilken grad denne trenden er reell er usikkert fordi gruppene ikke ble sammenliknet statistisk (se kommentar i Tabell 25). I tillegg ble det gitt score $0,2$ (på en skala fra 0 til 2) for øyblødning. Ingen sår (med åpning gjennom hud) ble funnet blant de 20 fiskene som ble tatt ut ved etterkontrollen.

Tabell 25 – Forekomst av lakselus og velferdsscore evaluert 14 dager etter avlusning.

Posisjon	Antall lakselus*			Velferdsscore*		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merd 9	1,3	1,8	0,8	2,7	0	0,2

Middelverdier \pm SEM ($n = 20$); *På grunn av at kun middelverdier var tilgjengelige var det ikke mulig å kjøre statistikk på data for etterkontroll

5.6.7 Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll

Hovedinntrykket basert på vurdering av bilder av fisk tatt ut like etter avlusing (P2) vs ved etterkontroll (EK), er det samme som ved tidligere evalueringer, som for eksempel ved Nausttaren (Avlusing 1). Det er generelt vanskelig å vurdere om det var tydelige forskjeller mellom P2 og EK. Bildene er ikke vist i rapporten.

5.7 Avlusing 5: Humulen den 30 januar 2017

Lokalitet: Humulen, MNH

Merd: 6 (avluset fisk til Merd 12)

Snittvekt: 3,8 kg

Antall fisk: 128 361

Biomasse: 483 290 kg

Sjøtemperatur: 6,7°C på 1 m dybde

pH i merd: 8,46

Oksygenmetning i merd: 75 %

Vind: 4 m/s som økte til 7,6 m/s

Tidligere avlusinger: *Fisken ble behandlet i juli, september og oktober 2016 med Slice når fisken stod ved en annen lokalitet (Årsethforden) i perioden april til og med november 2016. Her ble fisken også avluset med hydrolicer i oktober og ved ferskvannsbehandling i november rett før flytting til Humulen.*

5.7.1 Gjennomføring

Pumpingen av fisk fra avkast i merd til avlusing (Hydrolicer LG9332 Hydro) ble startet kl. 10:10. Fisken (P1 gruppen) ble overført til kar 5 min senere før blodprøver ble tatt etter 30 min, dvs. kl. 10:45. I løpet av avlusingen denne dagen ble det tatt to avkast pluss kulerekke. Fiskens rundvekt og lengde (middelverdi \pm SD, $n=10$) var henholdsvis $3,4 \pm 0,6$ kg og 62 ± 3 cm (fisk til stressmåling).

5.7.2 Stress

Som vi ser av Tabell 26, var fisken betydelig stresset (kortisol, laktat, pH i blod og muskel, jfr. *Boks 1 Kunnskapsstatus*) etter trenging og avlusing.

Tabell 26 –Blodkjemi og pH i muskel for laks etter avlusing (Posisjon 2).

Stressparameter	Silkasse (P2)
Kortisol (nmol/l)	418 \pm 55
Laktat (mmol/l)	7,2 \pm 0,9
Natrium (mmol/l)	168 \pm 2
Klorid (mmol/l)	139 \pm 2
Blod pH	7,29 \pm 0,05
Initiell pH i muskel	6,97 \pm 0,09

Middelverdi \pm SEM ($n = 10$)

5.7.3 Sensorfisk

Sensorfiskene ble ved en feil satt opp klare til nye forsøk, uten at dataene fra Avlusing 5 var tatt ut og lagret. Data fra sensorfiskene fra denne feltrunden foreligger derfor ikke.

5.7.4 Avlusing og velferd

Fisken fra merden hadde gjennomsnittlig 1,4 bevegelige og 1,1 kjønnsmodne lus per fisk. Ved dette utgangspunktet var effektivitetene av avlusingen på henholdsvis 86 og 55 % (Tabell 27). Behandlingen førte til en signifikant reduksjon i antall bevegelige og kjønnsmodne lus ned til henholdsvis 0,2 og 0,5 lus per fisk.

Velferdsscore ble vurdert på fisk fra merd og silkasse (Linje 4 var ikke operativ). Fisken fra merden (n=20) hadde jevnt over en del finneslitasje og det ble også observert finnesplitt på enkelte individer. Det var ingen tegn til at avlusingen førte til en forverring av denne tilstanden (n=25). Fisken var i utgangspunktet noe "tørr" før behandling der den fikk et ytterligere redusert slimlag etter avlusingen ($p < 0,05$), se Tabell 27. Etter avlusing hadde 1 av 25 fisk øyeblikning. Generelt sett kunne man observere en tydelig økning med hensyn til skjell- og slimtap, i tillegg til økt forekomst av hudblødninger, etter avlusingen ($p < 0,05$).

Tabell 27 – Forekomst av lakselus og velferdsscore før (P1) og etter avlusing (P2).

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd	0 ± 0	1,4 ± 0,4 ^a	1,1 ± 0,3 ^a	0,3 ± 0,1 ^a	1,0 ± 0,1 ^a	0,1 ± 0,1 ^a
P2: Silkasse	0 ± 0	0,2 ± 0,1 ^b	0,5 ± 0,2 ^b	1,6 ± 0,1 ^b	1,4 ± 0,1 ^b	1,1 ± 0,2 ^b
Effektivitet (%)	-	86	55	-		

Middelverdier ± SEM (P1: n = 20) og (P2: n = 25); forskjellig bokstav, "a" og "b", betyr signifikant forskjell mellom P1 og P2 ($p < 0,05$)

5.7.5 Oppsamling av lus og skjell

Våtvekten av oppsamlet materiale fra filteret var 625 kg etter at 128 361 laks hadde blitt avluset. Omregnet til tørrvekt blir dette omtrent 146 kg eller anslagsvis 1,1 g per fisk.

5.7.6 Etterkontroll

Dato: 13.02.2017

Merd: 12

Fisk til stressanalyse: rundvekt 4,2 ± 0,8 kg og gaffellengde 68 ± 4 cm (n = 10)

Sjøtemperatur: 6,3°C

Basert på videoobservasjon fra et kamera i merden, samt fra fisk som ble håvet opp fra større dyp, så imidlertid fiskens atferd ut til å være normal og velferden var tilsynelatende god. Ved

etterkontroll var analysetiden for uttak av fisk og måling av stress omlag 1 time. Under uttaket av fisk ved håving ble følgende vannkvalitetsparametre målt: 87 % oksygenmetning, pH 8,5 og temperatur 6,5 °C. Fra Tabell 28 ser vi at stressbelastningen fisken var blitt utsatt for var moderat, spesielt var kortisolverdiene relativt lave. Laktatnivået var lavere enn ved tidligere evalueringer, men likevel forhøyet i forhold til hvilenivå. Imidlertid var blod-pH lav noe som tyder på metabolsk acidose relatert til fluktprespons ved innfangning fra merd. Kloridinnholdet ved etterkontroll lå på samme nivå som ved avlusing (Tabell 26).

Tabell 28 – Blodkjemi hos laks to uker etter avlusing.

Stressparameter	Merd 12
Kortisol (nmol/l)	83 ± 25 ^y
Laktat (mmol/l)	4,0 ± 1,0 ^y
Natrium (mmol/l)	(-)
Klorid (mmol/l)	141 ± 8
Blod pH	7,15 ± 0,03 ^y

Middelverdi ± SEM (n = 10); "y" betyr signifikant forskjellige verdier fra like etter avlusing ved Posisjon 2 (p<0,05)

Fra Tabell 29 ser vi at påslaget av lus var lavt 14 dager etter avlusing. Det var kun for bevegelige lus at det ble observert en økning, fra 0,2 til 0,5 lus per fisk (p<0,05).

Når det gjelder velferdsscore ved etterkontroll (Tabell 29), så viser resultatene at fisken ikke fikk ytterligere skjelltap etter avlusing (p>0,05). Videre var det en tydelig forbedring med hensyn til tilstedeværelse av slimlag (p<0,05) og forekomsten av hudblødninger ble omtrent halvert i løpet av den aktuelle perioden (p<0,05).

Tabell 29 – Forekomst av lakselus og velferdsscore evaluert to uker etter avlusing.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merd 12	0 ± 0	0,5 ± 0,1 ^y	0,5 ± 0,1	1,7 ± 0,2	0 ± 0 ^y	0,5 ± 0,1 ^y

Middelverdier ± SEM (n = 20); "y" betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med like etter avlusing ved Posisjon 2 (p<0,05)

Ingen gjelleskader ble observert i forbindelse med etterkontroll. Derimot ble det observert noen fisk med øyeblikning, sår og finneskader som vist i Tabell 30.

Tabell 30 – Utvidet velferdsscore ved etterkontroll.

Posisjon	Øyblødning (0-2)	Finneskader (0-2)	Sår (0-3)
Merd 10	0,2 ± 0,1	1,8 ± 0,2	0,2 ± 0,2

Middelverdier ± SEM (n = 20)

5.7.7 Bilder av laks etter avlusing og etterkontroll

Figur 16 viser laks tatt ut rett etter avlusing (Posisjon 2) sammenliknet med fisk håvet fra merd i forbindelse med etterkontroll to uker senere. Ut i fra disse bildene kan det se ut som flere fisk ved etterkontrollen hadde større områder med skjelltap enn tilfellet var rett etter avlusing. Imidlertid viste velferdsscorene for skjelltap at det ikke var statistisk forskjell mellom de to evalueringstidspunktene (Tabell 27 og 29). Merk at de fotograferte individene var fisk til stressmålinger (n = 10), dette var ikke de samme individene som ble vurdert med hensyn på velferdsscore (n= 20 - 25). Trolig skyldtes denne uoverensstemmelsen individvariasjoner innen hver gruppe med fisk sett i forhold til det relativt lave antall individer som ble evaluert per gruppe.



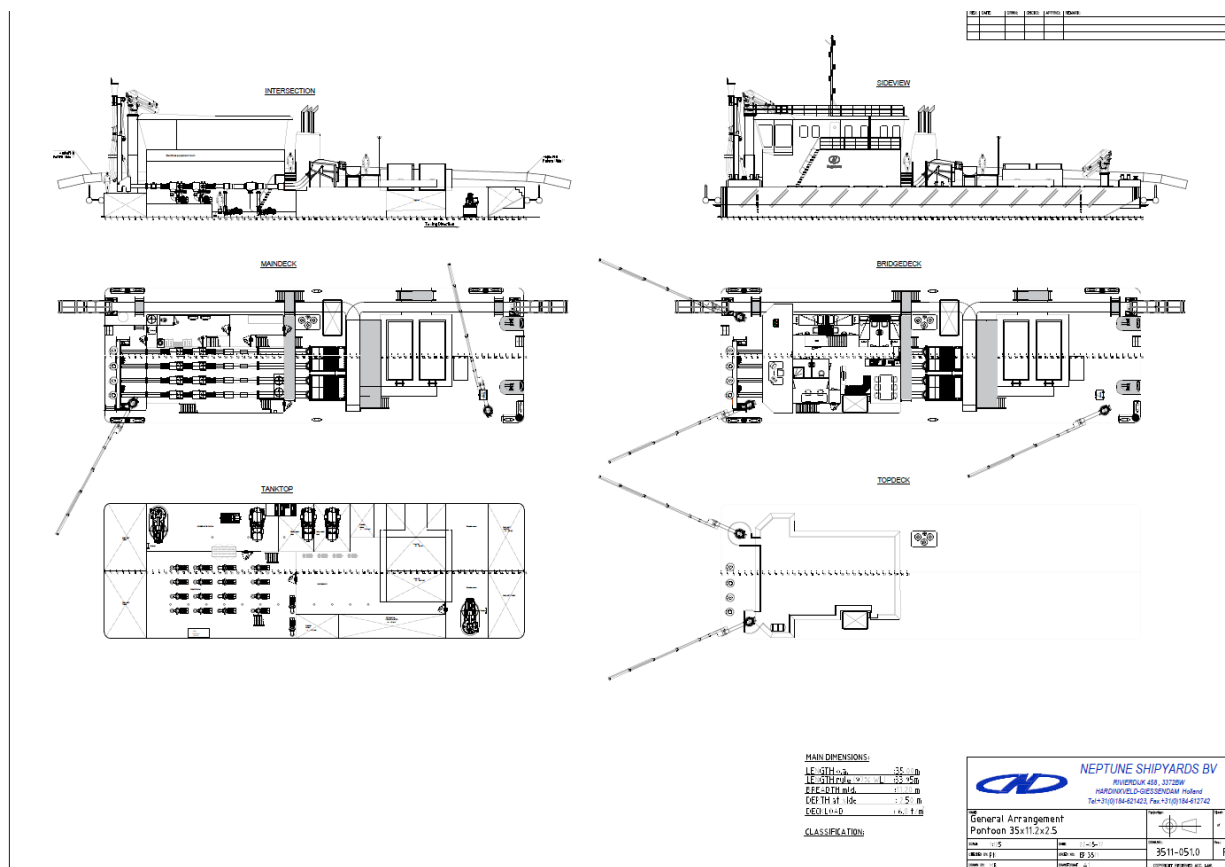
Figur 16 - Bilder av ti laks som ble rutinemessig tatt ut til evaluering av stress (i) rett etter avlusing (P2) med Hydrolicer versjon 3 (venstre bilde) og (ii) ved etterkontroll to uker senere (høyre bilde).

5.8 HYDROLICER Hydroflow versjon 6.1

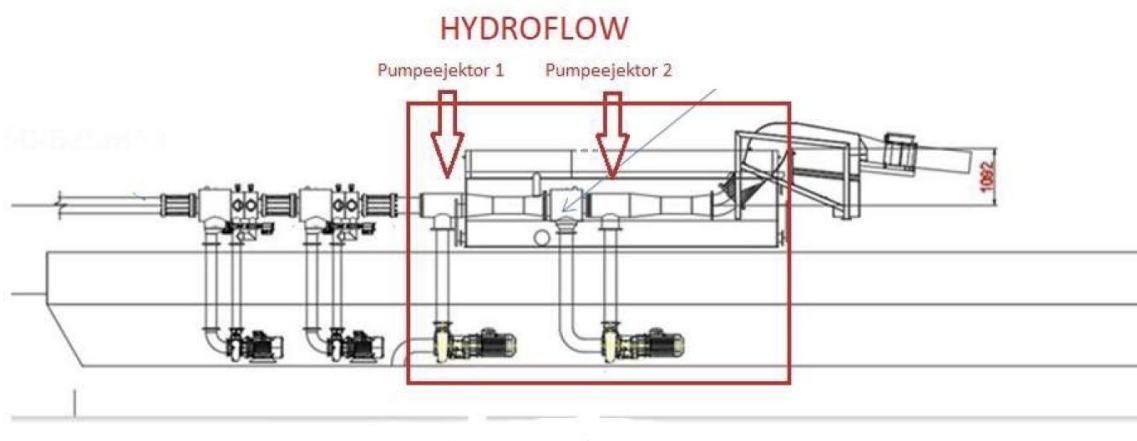
I henhold til prosjektplanen gjensto tre evalueringer av hydroliceren etter at evalueringen utført i januar 2017 var avsluttet. På grunn av at en ny versjon av hydroliceren, Hydrolicer LH2245 Hydroflow, var under planlegging og bygging ble det besluttet å gjennomføre de tre siste evalueringene på den nye versjonen (Figur 17 - 20). Etter en innkjøringsperiode ble hydroliceren igjen satt inn i rutinemessig drift for avlusing av laks. De tre siste evalueringene ble derfor gjennomført først i juni 2018.

I forhold til Hydrolicer versjon 3, var det blitt gjort en del tekniske endringer. De hydraulisk drevne Aqua-life BioStream pumpene ble erstattet med ejektorpumper (PG Hydroflow). På generelt grunnlag er ejektorpumper kjent for å være skånsomme for flytting av laks (Nilsen m.fl., 2010). Dessuten hadde det blitt gjort endringer i dysesystemet der hvor selve lusfjerningen finner sted ved at trykket og spylevinkelen i det nye systemet ble redusert for at

belastningen på fisken skulle bli mindre. Dessuten ble det innført en anordning for å sentrere fisken i røret i det den passerer lusfjerningsenhetene noe som gjør det mulig å "spyle" fisken fra alle kanter. Hver prosesslinje består av to enheter for lusfjerning etterfulgt av to ejetorpumper koplet i serie. Ejetorpumpene får da en total løftehøyde på 3 m. Rørdiameteren i linjen er 12" (305 mm) mens rørene i lusfjerningsenhetene har en diameter på 270 mm. Det testede systemet har 4 linjer, hver med en kapasitet på 550 m³/time (35-40 tonn fisk/time). Effektbehovet er 160 kW per linje. Systemet kan behandle laks av størrelse 1 - 6,5 kg. Under drift kan man endre på to variable, nemlig vannhastighet gjennom systemet og dysetrykk på spylevannet i enhetene for lusfjerning. Typisk vannhastighet ved avlusing ligger i området 1,6 – 2,3 m/s mens typisk dysetrykk ligger i området 0,8 – 1,5 bar. I følge personell om bord på hydroliceren, gir det nye systemet, Hydrolicer versjon 6.1, en mer effektiv lusfjerning samt mindre skjelltap i forhold Hydrolicer 3 versjonen. Videre er det på utløpssiden er det satt inn en annen type filtere (for oppsamling av skjell og annet fast materiale før utslipp til sjø). Lysåpningen på filteret er som før 80 µm. I motsetning til på Hydrolicer versjon 3, blir antall fisk nå registret på utløpssiden med utstyr fra Vaki Aquaculture Systems Ltd (Island).



Figur 17 – Hydrolicer versjon 6.1 der fiskens innløpside er på venstre side i tegningen ovenfor. Etter avlusning kommer fisken ut i en renne med utløp til høyre eller venstre side av systemet (valgfritt). Systemet har fire linjer, hver med to lusfjerningsenheter og to ejektorpumper i serie. *Kilde: MNH*



Figur 18 – Forstørret utsnitt av en linje som viser to seriekoblede enheter for lusfjerning etterfulgt av to seriekoblede Hydroflow ejektorpumper (rød boks). Utløp til silkasse (Posisjon 2) til høyre i tegningen. *Kilde: Brukerhåndbok for Hydrolicer versjon 6.1, 27.4.2018*



Figur 19 – Hydrolicer LH2245 Hydroflow ved merd (venstre bilde). Fire inntaksslanger (linjer) for fisk senkes ned i merden (høyre bilde).



Figur 20 – Utløpssiden på Hydrolicer LH2245 Hydroflow. Fisken telles etter pumping (doble ejetorpumper) med Vaki fisketellere (gule lokk) før avluset laks kommer ut i rennen fylt med vann for overføring til merd. Posisjon 2: Fisk for lustelling, evaluering av stress og velferdsscore ble håvet ut på utløpssiden og overført til kar plassert ved rennen (høyre bilde).

De tre siste evalueringene i prosjektet ble utført tre dager på rad ved samme lokalitet. Evalueringene av Hydrolicer LH2245 Hydroflow ble utført på samme måte som tidligere, der fisk fra merd ble håvet enkeltvis til to kar med rennende sjøvann. Lustelling og evaluering av velferdsscore ble fortatt på 60 fisk det ene karet, mens i det andre karet ble stressnivået i 10 fisk bestemt etter 30 min i karet (Posisjon 1). Samme prosedyre ble gjentatt på avluset fisk (Posisjon 2), det vil si etter håving fra utløp til rennen (Figur 20). Som ved tidligere avlusinger ble det også utført etterkontroll av fisken omlag to uker etter avlusing. På en av de tre dagene ble det fra starten av kjørt fisk gjennom hydroliceren uten at lusfjerningsenhetene var aktiverte. Hensikten var å undersøke hvilken effekt dette hadde på fisken. På grunn av at en forholdsvis liten biomasse ble kjørt gjennom systemet, og på grunn av treghet (tidsforsinkelse) i systemet, lot det seg ikke gjøre under kommersiell drift å sammenlikne eventuelt skjelltap, målt som oppsamlet våtmasse (se Figur 15), med det som man får under normal drift.

5.9 Avlusing 6: Lyngøya 5 juni 2018

Lokalitet: Lyngøya, MNH

Merd: 2 (avluset fisk til Merd 7)

Snittvekt: 3,8 kg

Antall fisk avluset: 128 418

Biomasse: 491 000 kg

Sjøtemperatur: 10,1°C

Tidligere avlusinger: *Hydrolicer i desember 2017 og februar 2018*

Den triploide fisken i merden hadde PD-diagnose

5.9.1 Gjennomføring

Fisken var sultet i tre døgn før avlusingen tok til. Nota var linet opp kvelden før avlusingen (bunnen løftet til halv dybde). Første avkast ble satt omtrent kl. 09:00 noe som også tilsvarte starten på trengeprosessen. Avlusingen ved bruk av Hydrolicer LH2245 Hydroflow startet kl. 09:15 der fisk i Merd 2 ble avluset og overført til Merd 7. Første avkast ble tømt kl. 10:40 (140 tonn) og deretter ble andre avkast tømt i perioden kl. 11:00 - 12:25 (107 tonn), og til slutt ble fisk fra "kulerekke" avluset fra kl. 12:35 inntil merden var tømt kl. 14:40.

Posisjon 1: Kl. 10:22 ble 5 fisk håvet enkeltvis fra merd opp i et kar med vanngjennomstrømning. På dette tidspunktet hadde fisken blitt trengt i drøyt 80 min. Etter 30 min hvile i karet ble fisken avlivet ved slag i hodet før prøveuttak. På tilsvarende måte ble 5 nye fisk håvet fra merd (kulerekke) kl. 12:55 før 30 min hvile med påfølgende analyse.

Posisjon 2: Fem fisk ble på samme måte håvet i to omganger (ca kl. 11:30 og 14:00) i det avluset fisk ble håvet fra utløpsrenne til kar, noe som betyr at fisken kunne relateres til henholdsvis andre avkast og kulerekke.

Generelt for all fisk som ble satt i kar i perioden 5 – 7 juni var at fisken stod rolig i karene under hele hvileperioden på 30 min (gjelder både i Posisjon 1 og 2). For å skjerme fisken, ble det alltid benyttet lokk over karene. Oksygennivået i karene ble målt sporadisk og det varierte mellom 90 og 106 % metning. Laksens kroppstemperatur, gaffellengde og vekt var henholdsvis $10,1 \pm 0,1$ °C, 61 ± 3 cm og $3,8 \pm 0,6$ kg ($n = 20$).

5.9.2 Stress

Som ved tidligere avlusinger var fisken betydelig stresset før avlusingen ble gjennomført (Tabell 31). Med unntak av at konsentrasjonene av Na^+ og Cl^- i blod var høyere etter avlusing var det ellers ingen signifikante forskjeller i fiskens stressnivå før og etter avlusing.

Tabell 31 – Stress målt som endringer i blodkjemi og muskelaktivitet hos laks før (Posisjon 1) og etter (Posisjon 2) avlusing.

Stressparameter	Merd (P1)	Silkasse (P2)
Kortisol (nmol/l)	664 ± 56	701 ± 41
Laktat (mmol/l)	5,0 ± 0,3	4,3 ± 0,3
Natrium (mmol/l)	147 ± 1 ^a	157 ± 5 ^b
Klorid (mmol/l)	137 ± 1 ^a	147 ± 3 ^b
Blod pH	7,33 ± 0,03	7,40 ± 0,04
Initiell pH i muskel	6,97 ± 0,04	7,04 ± 0,07

Middelverdi ± SEM (n =10); "a" og "b" indikerer signifikant forskjell mellom fisk tatt ut fra Posisjon 1 og Posisjon 2 (p<0,05)

5.9.3 Sensorfisk

Resultatene fra sensorfiskene er presentert i Tabell 32. Forklaring til parameterne finnes i Kapittel 4.4. Sammenligning av alle data fins i Kapittel 5.12.

Tabell 32 - Resultater fra sensorfisker, Avlusing 6 (Lyngøya, 5. juni 2018)

Avlusing 6	Pumpetid liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm liten sensorfisk
Snitt	25,4	49,6
Standardavvik	6,4	15,2
Max	32,1	71,6
Min	16,8	30,1
n	5	5

Kun små sensorfisker ble benyttet fordi de store ikke lot seg pumpe gjennom. Dette diskuteres i Kapittel 6.

5.9.4 Avlusing og velferd

Som Tabell 33 viser, førte avlusingen til en signifikant reduksjon i antall lus på fisken. Dette var tilfelle for bevegelige og kjønnsmodene lus som ble fjernet med effektiviteter på henholdsvis 86 og 75 %.

Avlusingen førte til et signifikant tap av skjell (Tabell 33). Derimot var det ingen signifikant forskjell med hensyn til hudblødning før og etter avlusing. Resultatene fra utvidet velferdsscore er vist i Tabell 34. Vi ser her at hverken graden av snotesår, finneskader eller sår ble påvirket av avlusingen. Frekvensen av fisk med øyblødning var derimot noe høyere etter avlusing (p<0,05).

Tabell 33 – Forekomst av lakselus og velferdsscore før (P1) og etter avlusing (P2).

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap* (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd	0,2 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	1,5 ± 0,1 ^a	-	0,5 ± 0,1 ^a
P2: Silkasse	0,1 ± 0,0 ^a	0,1 ± 0,1 ^b	0,1 ± 0,0 ^b	2,1 ± 0,1 ^b	-	0,7 ± 0,1 ^a
Effektivitet (%)	-	86	75	-		

Middelverdier ± SEM (n = 60); * vanskelig å bedømme om det var forskjell mht slimtap før og etter avlusing; forskjellig bokstav, "a" eller "b," betyr signifikant forskjell mellom P1 og P2 (p<0,05)

Tabell 34 – Utvidet velferdsscore for fisk i merd (Posisjon 1) og etter avlusing (Posisjon 2).

Posisjon	Snutesår (0-3)	Øyblødning (0-2)	Finneskade (0-2)	Sår (0-3)
P1: Merd	0,5 ± 0,1 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	0,8 ± 0,1 ^a	0,0 ± 0,0 ^a
P2: Silkasse	0,4 ± 0,1 ^a	0,8 ± 0,1 ^b	0,7 ± 0,1 ^a	0,0 ± 0,0 ^a

Middelverdier ± SEM (n = 60); forskjellig bokstav, "a" eller "b", betyr signifikant forskjell mellom P1 og P2 (p<0,05)

5.9.5 Oppsamling av lus og skjell

Et tomt kar for oppsamling av skjell og annet partikulært materiale fra filteret (Figur 21) ble satt inn kl. 10:20, det vil si 65 min etter avlusingen tok til. Mengde oppsamlet masse i karet ble estimert kl. 15:05, 25 min etter at avlusingen var avsluttet for dagen. Oppsamlet volum over den nevnte tidsperioden var 0,67 m³ (inklusive vann). Omregnet til tørrvekt (basert på et tørrstoffinnhold på 23,3 % og tetthet 1,09 g/cm³) tilsvarte dette anslagsvis 170 kg partikulært materiale etter alle 128 418 fisk hadde passert hydroliceren. Dersom alt dette hadde vært skjell, får vi et "worst-case" estimat for skjelltap på 1,3 g per fisk. Som nevnt tidligere, må man også ta i betraktning at store mengder vann fra merden ble pumpet gjennom systemet. Det var tydelig at trenging i merd også medførte et tap av skjell i noen grad.



Figur 21 – Oppsamling av partikulært materiale fra filterene (80 μm) som prosessvannet fra avlusingen passerer gjennom før utslipp til sjø. Bildet til venstre viser transportbåndet som transporterer hovedsakelig skjell og lus fra filteret til oppsamlingskassen vist til høyre.

5.9.6 Etterkontroll

Dato: 19.06.2018

Merd: 7

Fisk til stressanalyse: rundvekt $4,2 \pm 0,9$ kg og gaffellengde 68 ± 4 cm ($n = 10$)

Sjøtemperatur: 10,6 °C

pH i merd: 8,3

Etterkontrollen ble utført 14 dager etter avlusning. Fiskens stressnivå, lusetall og velferdsscore er vist i Tabell 35 - 37. Ti fisk ble håvet fra merd for analyse. Det syntes som om det var lite slimtap fra fiskens skinn. Som vi ser fra Tabell 35, var fisken stresset definert ut fra muskelaktivitet (høyt laktatinnhold, jfr. *Boks 1 Kunnskapsstatus*). Imidlertid var kortisolinnholdet betydelig lavere sammenliknet med før og etter avlusning ($p < 0,05$). Natriuminnholdet i blodet var ikke forskjellig fra like etter avlusning men signifikant høyere enn før avlusning. Kloridinnholdet var ikke signifikant forskjellig sammenliknet med før og like etter avlusning.

Lusetallene ved etterkontroll var ikke signifikant forskjellig fra før og etter behandling, mens velferdsscore for skjelltap var litt lavere enn rett etter avlusning ($p < 0,05$). Dessuten var det mindre hudblødning ved etterkontroll sammenliknet med fisk trent i merd og rett etter avlusning (Tabell 36). Utvidet velferdsscore (Tabell 37) viser at forekomsten av sårskader ikke var endret i forhold til før og like etter avlusning. Frekvensen av øyeblikninger var på nivå med situasjonen

før avlusing (P1) men var signifikant lavere enn like etter avlusing (P2). Noe lavere score for finneskader ble funnet ved etterkontroll, sammenliknet med situasjonen ved P1 og P2 ($p < 0,05$).

Tabell 35 – Fiskens stressnivå ved uttak fra merd to uker etter avlusing.

Stressparameter	Merd 7
Kortisol (nmol/l)	63 ± 27^{xy}
Laktat (mmol/l)	$7,6 \pm 0,6^{xy}$
Natrium (mmol/l)	168 ± 4^x
Klorid (mmol/l)	139 ± 2

Middelverdier \pm SEM ($n = 10$); "x og "y" betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med henholdsvis før (P1) og etter (P2) avlusing ($p < 0,05$)

Tabell 36 – Forekomst av lakselus og velferdsscore evaluert to uker etter avlusing.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap* (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merd 7	$0,1 \pm 0,0$	$0,4 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,1^y$	(-)	$0,2 \pm 0,1^{xy}$

Middelverdier \pm SEM ($n = 60$); * vanskelig å bedømme slimtap; forskjellig bokstav "x" og "y" betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med henholdsvis før (P1) og like etter (P2) avlusing ($p < 0,05$)

Tabell 37 – Utvidet velferdsscore evaluert to uker etter avlusing.

Posisjon	Snutesår (0-3)	Øyblødning (0-2)	Finneskade (0-2)	Sår (0-3)
Merd 7	$0,4 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1^y$	$0,5 \pm 0,1^{xy}$	$0,1 \pm 0,0$

Middelverdier \pm SEM ($n = 60$); forskjellig bokstav, "x" eller "y", betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med henholdsvis før (P1) og like etter (P2) avlusing ($p < 0,05$)

5.10 Avlusing 7: Lyngøya 6 juni 2018

Lokalitet: Lyngøya, MNH

Merd: 3 (avluset fisk til Merd 2)

Snittvekt: 3,9 kg

Antall fisk avluset: 84 280

Biomasse: 330 000 kg

Sjøtemperatur: 10,1 °C

Tidligere avlusinger: *Hydrolicer i desember 2017 og februar 2018*

Fisken i merden hadde PD-diagnose

5.10.1 Gjennomføring

Målsetningen for denne dagen var å undersøke i hvilken grad selve avlusingen ("lussylingen") påvirket fisken i forhold til effektivitet og skjelltap. Dette ble gjort ved at fisk fra merden ble pumpet gjennom hydroliceren på vanlig måte men med den forskjell at de to "spyleenhetene" ikke var innkoblede. For i størst mulig grad å redusere antall fisk som da ikke ble avluset, ble kun en linje (Linje 2) tatt i bruk samtidig som at fisk i Posisjon 2 ble først evaluert (uten spyling). Dermed kunne alle linjer koples inn for vanlig drift før fisk fra merd ble tatt ut til analyse i Posisjon 1. Linje 2 ble startet kl. 09:20 (uten spyling) og avsluttet kl 09:45. I denne perioden ble det utført lustelling og evaluering av velferdsscore. Fra kl. 10:00 gikk man over til normal drift. Stressmålinger ble utført fra kl. 10:08 (5 fisk) og fra kl. 12:10 (5 fisk). Merk at stressmålingene ble foretatt under normal drift da det ble antatt at en eventuell stresseffekt grunnet spyling ville mest trolig ha vært minimal eller neglisjerbar, spesielt med tanke på den svært korte eksponeringstiden fisken utsettes for spyling (få sekunder). Kl. 11:00 var første avkast tømt (70 tonn), deretter "kulerekke" fra kl 11:45 fram til 14:20 da avlusningen ble avsluttet for dagen (totalt 330 tonn laks). Under avlusningen var vannhastigheten 2,1 – 2, 2 m/s og dysetrykkene (avlusing) var 1,15 bar (1. stasjon) og 0,95 bar (2. stasjon). Rundvekt og gaffellengde for fisken det var tatt stressmålinger av var henholdsvis $5,1 \pm 0,9$ kg og 64 ± 3 cm ($n = 19$).

5.10.2 Stress

Resultatene for stressmålingene, foretatt under normal drift, er vist i Tabell 38. Fisken var betydelig stresset (kortisol, laktat, blod-pH, initiell pH i muskel, jfr *Boks 1 Kunnskapsstatus*). Med hensyn til alle stressparametrene var det ingen signifikant forskjell før og etter avlusing.

Tabell 38 – Stress målt som endringer i blodkjemi og muskelaktivitet hos laks tatt ut før (Posisjon 1) og etter (Posisjon 2) avlusing.

Stressparameter*	Merd (P1)	Silkasse (P2)
Kortisol (nmol/l)	715 ± 42	743 ± 44
Laktat (mmol/l)	5,7 ± 0,4	5,7 ± 0,7
Natrium (mmol/l)	154 ± 2	151 ± 1
Klorid (mmol/l)	140 ± 1	140 ± 1
Blod pH	7,32 ± 0,02	7,27 ± 0,02
Initiell pH i muskel	7,11 ± 0,05	6,98 ± 0,06

Middelverdi ± SEM (n =10); *ingen signifikante forskjeller mellom Posisjon 1 og Posisjon 2

5.10.3 Sensorfisk

Resultatene fra sensorfiskene er presentert i Tabell 39. Forklaring til parameterne finnes i Kapittel 4.4. Sammenligning av alle data fins i Kapittel 5.12. Som vi ser fra Tabell 40 var pumpetiden (gjennomløpstiden) kortere og integrert g-norm lavere når enhetene for lusfjerning ikke var innkoblede.

Tabell 39 – Resultater fra sensorfisker, Avlusing 7 (Lyngøya, 6. juni 2018)

Avlusing 7	Pumpetid liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm liten sensorfisk
Snitt	27,0	48,2
Standardavvik	5,8	9,1
Max	35,5	57,1
Min	19,1	32,9
n	4	4

Tabell 40 - Resultater fra sensorfisker, Avlusing 7 (Lyngøya, 6. juni 2018), uten innkoblede hydrolicerenheter for fjerning av lus. Sensorfiskene ble kun pumpet gjennom systemet.

Avlusing 7 Kun pumping	Pumpetid liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm liten sensorfisk
Snitt	16,2	28,2
Standardavvik	4,8	11,9
Max	24,1	48,7
Min	10,4	14,4
n	5	5

Det synes tydelig at nulltesten uten aktive hydrolicerenheter genererte mindre akselerasjon for sensorfiskene. Kun små sensorfisker ble benyttet fordi de store ikke lot seg pumpe gjennom. Dette diskuteres i Kapittel 6.

5.10.4 Avlusing og velferd

Tabell 41 viser lusetall og velferdsscore for fisk i merd sammenliknet med fisk som kun hadde blitt pumpet gjennom Linje 2 på Hydrolicer LH2245 Hydroflow uten at de to enhetene for avlusing var innkoblede sammenliknet med under vanlig drift hvor avlusingsenhetene var innkoblede. For fastsittende lus var det ingen endring før og etter avlusing. I forhold til merd, ble antall bevegelige lus på fisken fjernet med en effektivitet på 92 % under vanlig drift. Under slike forhold var effektiviteten for fjerning av kjønnsmodne lus 75 %. Merk at lusetallene for merd (P1) og hydrolicer, uten at "spyleenhetene" var innkoblede, var statistisk sett like.

Tabell 41 viser også velferdsscore. I forhold til merd medførte avlusingen økt skjelltap og økt forekomst av hudblødninger ($p < 0,05$). Når "spyleenhetene" ikke var innkoblede, var det ingen statistisk forskjell mellom merd og etter kun pumping gjennom systemet når det gjelder skjelltap. Som vi ser fra Tabell 42, var det ingen statistiske forskjeller mellom gruppene med hensyn snutesår, øyeskader, finneskader, sår og gjelleblødninger.

Tabell 41 – Forekomst av lakselus og velferdsscore for fisk i merd (Posisjon 1), etter kun pumping gjennom hydrolicer (uten "spyling") i Posisjon 2, samt etter avlusing (med "spyling", normal drift) i Posisjon 2.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap* (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd	0,1 ± 0,0	1,2 ± 0,2 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	0,9 ± 0,1 ^a	-	0,0 ± 0,0 ^a
P2: Silkasse (uten "spyling")	0,1 ± 0,0	0,9 ± 0,2 ^a	0,3 ± 0,1 ^a	1,0 ± 0,1 ^a	-	-
P2: Silkasse (med "spyling")	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0 ^b	0,1 ± 0,1 ^b	2,0 ± 0,1 ^b	-	0,4 ± 0,1 ^b
Effektivitet (%)	-	92**	75**	-		

Middelverdier ± SEM (n = 60); forskjellig bokstav, "a" eller "b", betyr signifikant forskjell mellom P1 og P2 ($p < 0,05$); * vanskelig å bedømme om det var forskjell mht slimtap før og etter avlusing; ** beregnet ut fra P1 vs P2 ved "spyling"

Tabell 42 – Utvidet velferdsscore for fisk i merd (Posisjon 1), etter pumping gjennom hydrolicer (uten "spyling"), samt etter avlusing (med "spyling") i Posisjon 2.

Posisjon*	Snutesår (0-3)	Øyblødning (0-2)	Finneskade (0-2)	Sår (0-3)	Gjelleblødning (0-2)
P1: Merd	0,5 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,0 ± 0,0	-
P2: Silkasse (uten "spyling")	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,0
P2: Silkasse (med "spyling")	0,6 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0

Middelverdier ± SEM (n = 60); *det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene

5.10.5 Etterkontroll

Dato: 22.06.2018

Merid: 2

Rundvekt og lengde av fisk til stressmåling: $4,1 \pm 1,0$ kg; 67 ± 5 cm (n=10)

Sjøtemperatur: 10,4 °C

pH i merid: 8,1

Med hensyn til uttaket av fisk for etterkontroll hadde vi ikke kontroll på hvilke individer som var avluset og hvilke som ikke var det (fordi en del fisk var kun pumpet gjennom hydroliceren i forbindelse med testen 6 juni). Det er imidlertid mest sannsynlig at uttaket representerte avluset fisk fordi andelen fisk som ble avluset var betydelig større enn andelen som passerte gjennom hydroliceren uten at enhetene for avlusing var aktiverte. Det var generelt vanskelig å få tatt ut fisk fra merden til analyse. Flere avkast måtte til noe som kan ha påvirket fiskens stressnivå. Til tross for dette ser vi fra Tabell 43 at kortisolnivået var svært lavt noe som indikerer at det var selve prøveuttaket som førte til den beskjedene økningen. Videre var nivåene av laktat og klorid lavere enn både før og etter avlusing ($p < 0,05$). Nivået av natrium var derimot ikke signifikant forskjellig fra før og etter avlusing.

Tabell 43 – Fiskens stressnivå ved etterkontroll seksten dager etter avlusing.

Stressparameter	Merid 2
Kortisol (nmol/l)	21 ± 14^{xy}
Laktat (mmol/l)	$3,4 \pm 0,3^{xy}$
Natrium (mmol/l)	150 ± 1
Klorid (mmol/l)	132 ± 0^{xy}

Middelverdier \pm SEM (n = 10); "x" og "y" betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med henholdsvis før (P1) og etter avlusing ($p < 0,05$)

Tabell 44 viser at lusetallene var fremdeles lave to uker etter avlusing der antall bevegelige lus var fremdeles lavere enn tilfellet var før avlusing ($p < 0,05$).

Samme tabell viser også at lave verdier av velferdsscore ble observert på dette tidspunktet. Ellers var andel fisk med snutesår, finneskader og sår på nivå med situasjonen før avlusing (Tabell 45). Forekomsten av øyeblikninger var lavere enn både før og etter avlusing ($p < 0,05$).

Tabell 44 – Forekomst av lakselus og velferdsscore på fisk evaluert seksten dager etter avlusing.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap* (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merid 2	$0,1 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1^x$	$0,1 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,1^y$	0	$0,1 \pm 0,0^y$

Middelverdier \pm SEM (n = 56); forskjellig bokstav, "x" og "y", betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med henholdsvis før (P1) og etter (P2) avlusing ($p < 0,05$); *vanskelig å bedømme slimtap

Tabell 45 – Utvidet velferdsscore for fisk i merd evaluert seksten dager etter avlusing.

Posisjon	Snutesår (0-3)	Øyebødning (0-2)	Finneskader (0-2)	Sår (0-3)
Merd 2	0,6 ± 0,1	0,0 ± 0,0 ^{xyz}	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1

Middelverdier ± SEM (n = 56); forskjellig bokstav, "x", "y" og "z", betyr signifikant forskjellige verdier sammenliknet med henholdsvis før (P1), etter (P2 med "spyling") avlusing, samt etter (P2) hydrolicer uten "spyling" (p<0,05)

5.10.6 Bilder av laks fra merd og etter avlusing

Bilag 2 viser bilder av laks som ble tatt ut for stressmåling i Posisjon 1 og i Posisjon 2. Bortsett fra at fisk i begge grupper hadde noe skjelltap og rødlige finner, var det ut fra bildene, som ved tidligere avlusinger, vanskelig å komme opp med en entydig konklusjon om hvorvidt avlusingen skader fisken på noen måte. Man må også ta i betraktning at fisken var betydelig stresset på grunn av trenging i merd, før fisken ble pumpet inn på hydroliceren.

5.11 Avlusing 8: Lyngøya 7 juni 2018

Lokalitet: Lyngøya, MNH

Merd: 4 (avluset fisk til Merd 3 og 4)

Snittvekt: 3,5 kg

Antall fisk avluset: 152 915

Biomasse: 570 000 kg

Sjøtemperatur: 10,1°C

Tidligere avlusinger: Avlusing med hydrolicer i desember 2017, deretter med ferskvann i januar 2018

Fisken i merden hadde PD-diagnose

5.11.1 Gjennomføring

Avlusingen av fisk i første avkast startet kl. 09:05 og i periodene kl. 10:55 – 12:15 ble fisk i andre, og i tredje avkast (kl. 12:30 – 13:05) avluset. Deretter, fra kl. 13:45, gikk den avlusede fisken via returrennen tilbake til Merd 4 (splitting). Ved slutt kl. 15:40 hadde 570 tonn (152 915 laks) blitt avluset denne dagen, fordelt på 57 900 laks til Merd 3 og 95 015 laks til Merd 4. De første fem fiskene til stressmålingene ble håvet fra merd til kar kl. 09:10 (P1). Etter 30 min i karet ble fisken avlivet og analysert. Fem fisk etter avlusing (P2), som ble håvet ut kl. 09:45, ble behandlet på samme måte. En ny runde med fisk fra merd og etter avlusing ble tatt ut henholdsvis kl. 12:45 (P1) og kl. 14:03 (P2). Som tidligere var fiskene i karene rolig og de hadde en blå-grønn ryggfarge før avlusing, noe som indikerte at de hadde blitt stresset i avkastet. Oksygenmetningen i karene med fisk varierte mellom 78 og 93 % og vanntemperaturen lå

mellom 9,2 og 9,6 °C. Målt under drift var oksygenmetningene i utløpsrenne (med fisk), utløpsvann fra filter, samt i overflatevann utenfor lekteren henholdsvis 98, 104 og 107 %.

På inn- og utløpssidene av begge lusfjerningsenhetene (under dekk), i hver linje, er et kort stykke av røret transparent (tverrstripede deler som vist i Figur 18), noe som gjør det mulig å studere fisken visuelt i det den passerer gjennom røret. Basert på visuell overvåking over en periode var det tydelig at i de aller fleste tilfellene gikk laksen gjennom systemet med halen først ("hodet mot strømmen"). I følge personellet om bord, gir denne orienteringen en mer effektiv fjerning av lus. Ofte var det kun en fisk i gangen som passerte avlusingsenheten mens noen ganger passerte 2-3 fisk så å si samtidig gjennom systemet. Rundvekt og gaffellengde av fisken det ble tatt stressmålinger av var henholdsvis $4,6 \pm 0,9$ kg og 63 ± 3 cm ($n = 20$).

5.11.2 Stress

Som vist i Tabell 46, var det med hensyn til alle stressparametrene ingen signifikante forskjeller mellom fisk i merd og etter avlusing. I begge tilfellene var fisken betydelig stresset (jfr. *Boks 1 Kunnskapsstatus*).

Tabell 46 – Stress målt som endringer i blodkjemi og muskelaktivitet hos laks tatt ut før (Posisjon 1) og etter (Posisjon 2) avlusing.

Stressparameter*	Posisjon 1 (merd)	Posisjon 2 (silke)
Kortisol (nmol/l)	711 ± 77	660 ± 53
Laktat (mmol/l)	$5,5 \pm 0,3$	$5,3 \pm 0,4$
Natrium (mmol/l)	161 ± 7	160 ± 4
Klorid (mmol/l)	139 ± 1	142 ± 1
Blod pH	$7,25 \pm 0,03$	$7,29 \pm 0,02$
Initiell pH i muskel	$7,03 \pm 0,06$	$7,08 \pm 0,05$

Middelverdi \pm SEM ($n = 10$); *Det var ingen signifikante forskjeller mellom fisk fra Posisjon 1 og Posisjon 2.

5.11.3 Oppsamling av skjell

Før oppstart av avlusingsprosessen var oppsamlingskaret for skjell og lus tomt (kl. 09:10). Etter avlusingen var avsluttet ble oppsamlet masse fra filteret målt kl. 16:35. Høyden på oppsamlet masse i karet var da 55 cm tilsvarende et volum på $0,59 \text{ m}^3$. Ved slutt kl.15:40 hadde 570 tonn (152 915 laks) blitt avluset denne dagen, fordelt på 57 900 laks til Merd 3 og 95 015 laks til Merd 4. Omregnet til tørrvekt, basert på et tørrstoffinnhold på 23,3 %, tilsvarte dette $0,14 \text{ m}^3$ eller tilnærmet 153 kg tørrstoff (tetthet $1,09 \text{ g/cm}^3$). Dersom man regner at massen utelukkende bestod av skjell, tilsvarer dette et skjelltap på omtrent 1 g tørrvekt per fisk. Som tidligere nevnt, pumpes store mengder vann gjennom systemet under avlusingen. En ukjent andel av dette skjelltapet stammer fra trengeprosessen i merd.

5.11.4 Sensorfisk

Resultatene fra sensorfiskene er presentert i Tabell 47. Forklaring til parameterne finnes i Kapittel 4.4. Sammenligning av alle data fins i Kapittel 5.12.

Tabell 47 - Resultater fra sensorfisker, Avlusing 8 (Lyngøya, 7. juni 2018)

Avlusing 8	Pumpetid liten sensorfisk (sek)	Integrert g-norm liten sensorfisk	Pumpetid stor sensorfisk (sek)	Integrert g-norm, stor sensorfisk
Snitt	23,3	39,4	110,3	144,5
Standardavvik	6,1	8,1	24,8	29,7
Max	33,9	53,4	135,0	174,2
Min	19,5	33,8	85,5	114,8
n	4	4	2	2

I dette feltforsøket er det tatt med resultatene fra store sensorfisker, men $N = 2$. Systemet lot så vidt sensorfiskene passere, med relativt store måleforskjeller mellom de to gjennomkjøringene. Tallene fra de store sensorfiskene i dette feltforsøket bør derfor ikke vektlegges stor betydning.

5.11.5 Avlusing og velferd

Som Tabell 48 viser var lusetallene lave før avlusingen tok til. Hydroliceren reduserte likevel lusetallene for bevegelige og kjønnsmodene stadier med en effektivitet på henholdsvis 95 og 88 %.

Videre var det tydelig at avlusingen førte til et signifikant tap av skjell, mens graden av hudblødning var ikke forskjellig før og etter avlusing. Utvidet velferdsscore (Tabell 49) viser at fisken i merden hadde en del snutesår, øyeblikninger og finneskader. Disse parametrene ble ikke signifikant påvirket av hydrolicerbehandlingen. Andel fisk med sår var neglisjerbar både før og etter avlusing.

Tabell 48 – Forekomst av lakselus og velferdsscore før (P1) og etter avlusing (P2).

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap* (0-2)	Hudblødning (0-3)
P1: Merd	0,0 ± 0,0	0,60 ± 0,10 ^a	0,25 ± 0,07 ^a	0,6 ± 0,1 ^a	-	0,1 ± 0,0
P2: Silkasse	0,0 ± 0,0	0,03 ± 0,02 ^b	0,03 ± 0,02 ^b	1,9 ± 0,1 ^b	-	0,2 ± 0,1
Effektivitet (%)	-	95	88	-		

Middelverdier ± SEM (n = 60); forskjellig bokstav, "a" eller "b", betyr signifikant forskjell mellom P1 og P2 ($p < 0,05$); *vanskelig å bedømme slimtap, ingen merkbar reduksjon

Tabell 49 – Utvidet velferdsscore før (Posisjon 1) og etter avlusing (Posisjon 2).

Posisjon*	Snutesår (0-3)	Øyblødning (0-2)	Finneskade (0-2)	Sår (0-3)
P1: Merd	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,0,00
P2: Silkasse	0,3 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,0,03

Middelverdier ± SEM (n = 60); *ingen signifikante forskjeller mellom P1 og P2

5.11.6 Etterkontroll

Dato: 22.06.2018

Merd: 3

Rundvekt og lengde: 4,4 ± 0,7 kg; 69 ± 4 cm (n=10)

Sjøtemperatur: 10,4 °C

pH i merd: 8,1

Som Tabell 50 viser, var fisken lite stresset, spesielt med tanke på kortisol og klorid (jfr. *Boks 1 Kunnskapsstatus*). Laktatverdiene var noe forhøyet, sannsynligvis på grunn av innfangning for prøveuttak. Laktat- og natriumverdiene var lavere enn ved avlusing, men verdiene var ikke signifikant forskjellige.

Tabell 50 – Fiskens stressnivå (blodkjemi) femten dager etter avlusing.

Stressparameter	Merd 3
Kortisol (nmol/l)	14 ± 8 ^{xy}
Laktat (mmol/l)	3,9 ± 0,7
Natrium (mmol/l)	153 ± 1
Klorid (mmol/l)	131 ± 1 ^{xy}

Middelverdier ± SEM (n = 10); "x" og "y" betyr signifikant forskjellige verdier henholdsvis før (P1) og etter (P2) avlusing (p<0,05)

Antall lakselus per fisk og velferdsscore er vist i Tabell 51. Etter 15 dager var det ingen signifikant økning i antall fastsittende og kjønnsmodne lus på fisken. Det var derimot antydning til en økning av lus i bevegelige stadier men den eneste signifikante observasjonen var at lusetallet var fremdeles lavere enn før avlusingen 7 juni.

Med hensyn til velferdsscore, var andelen fisk med skjelltap høyere enn før avlusing men lavere enn umiddelbart etter avlusing (p<0,05). Det var ingen endring når det gjelder hudblødning. Ellers viser Tabell 52 at det ved etterkontroll var færre øyblødninger, men flere fisk med sårskader enn både før og like etter avlusing (p<0,05).

Tabell 51 – Forekomst av lakselus og velferdsscore på fisk evaluert femten dager etter avlusing.

Posisjon	Antall lakselus			Velferdsscore		
	Fast	Bevegelig	Kjønnsmoden	Skjelltap (0-3)	Slimtap* (0-2)	Hudblødning (0-3)
Merd 3	0,04 ± 0,03	0,26 ± 0,10 ^x	0,09 ± 0,04	1,2 ± 0,1 ^{xy}	(-)	0,1 ± 0,1

Middelverdier ± SEM (n = 47); "x" og "y" betyr signifikant forskjellige verdier i forhold til henholdsvis før (P1) og etter (P2) avlusing (p<0,05); *vanskelig å bedømme slimtap

Tabell 52 – Utvidet velferdsscore femten dager etter avlusing.

Posisjon	Snutesår (0-3)	Øyeskader (0-2)	Finneskader (0-2)	Sår (0-3)
Merd 3	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1 ^{xy}	0,6 ± 0,1	0,21 ± 0,06 ^{xy}

Middelverdier ± SEM (n = 47); "x" og "y" betyr signifikant forskjellige verdier i forhold til henholdsvis før (P1) og etter (P2) avlusing (p<0,05)

5.12 Sammenfatning av resultatene for alle avlusingene

Dette kapittelet oppsummerer alle resultatene med hensyn til stress, fiskevelferd, lusetall og systemevaluering (akselerasjon og gjennomløpstid).

5.12.1 Stress

Tabell 53 viser en oversikt over alle stressmålingene som ble foretatt i forbindelse med evalueringene av Hydrolicer versjon 3 og 6.1. For vurdering av data, referer til *Boks 1 Kunnskapsstatus*.

Tabell 53 – Oversikt over stressparametre i blod (kortisol, laktat, natrium, klorid og pH) og hvit muskel (initiell pH) hos laks før og etter avlusing samt ved etterkontroll to uker etter avlusing. I alle tilfellene på hydrolicerene ble fisken holdt levende i gjennomstrømningskar i minst 30 min før fisken ble avlivet og analysert.

Lokalitet (dato)	Sjøtemp. (°C)	Måle- pkt.*	Kortisol (nmol/l)	Laktat (mmol/l)	Na ⁺ (mmol/l)	Cl ⁻ (mmol/l)	pH i blod	Initiell pH i muskel
Hydrolicer versjon 3								
Raudøya (09.09.16)	14,2	P1	800 ± 115 ^a	5,7 ± 0,4	167 ± 2	143 ± 3	7,31 ± 0,02	6,95 ± 0,04
		P2	1106 ± 130 ^b	5,4 ± 0,4	175 ± 1	146 ± 1	7,35 ± 0,02	6,86 ± 0,05
		EK	-	-	-	-	-	-
Nausttaren (26.09.16)	13,8	P1	791 ± 124 ^{ac}	8,2 ± 0,8	169 ± 2	138 ± 2 ^a	7,42 ± 0,03 ^a	6,75 ± 0,07
		P2	947 ± 140 ^{bc}	8,1 ± 0,6	173 ± 2	146 ± 2 ^b	7,34 ± 0,01 ^b	6,73 ± 0,04
	13,7	EK	225 ± 90 ^a	6,3 ± 1,2	167 ± 3	137 ± 1 ^a	7,27 ± 0,02 ^c	-
Digerneset (05.10.16)	13,8	P1	-	-	-	-	-	-
		P2	521 ± 26 ^a	5,9 ± 0,6	159 ± 1	143 ± 1 ^a	7,31 ± 0,05	6,88 ± 0,07
	11,8	EK	240 ± 60 ^b	7,5 ± 1,2	159 ± 3	133 ± 2 ^b	7,35 ± 0,06	-
Fleina (12.10.16)	11,4	P1	-	-	-	-	-	-
		P2	517 ± 40 ^a	6,4 ± 0,8	178 ± 3 ^a	145 ± 2 ^a	7,22 ± 0,03	6,71 ± 0,05
	11,8	EK	60 ± 21 ^b	7,5 ± 0,9	157 ± 3 ^b	133 ± 2 ^b	7,22 ± 0,04	-
Nausttaren (24.11.16)	8,5	P1	-	-	-	-	-	-
		P2	546 ± 36 ^a	6,8 ± 1,2	155 ± 2 ^a	140 ± 1 ^a	7,55 ± 0,03 ^a	7,01 ± 0,07
	7,3	EK	88 ± 19 ^b	6,3 ± 1,4	164 ± 2 ^b	131 ± 1 ^b	7,17 ± 0,06 ^b	-
Humulen (30.01.17)	6,7	P1	-	-	-	-	-	-
		P2	418 ± 55 ^a	7,2 ± 0,9 ^a	168 ± 2	139 ± 2	7,29 ± 0,05 ^a	6,97 ± 0,09
	6,3	EK	83 ± 25 ^b	4,0 ± 1,0 ^b	-	141 ± 8	7,15 ± 0,03 ^b	-
Hydrolicer versjon 6.1								
Lyngøya (05.06.18)	10,1	P1	664 ± 56 ^a	5,0 ± 0,3 ^a	147 ± 1 ^a	137 ± 1 ^a	7,33 ± 0,03	6,97 ± 0,04
		P2	701 ± 41 ^a	4,3 ± 0,3 ^a	157 ± 5 ^b	147 ± 3 ^b	7,40 ± 0,04	7,04 ± 0,07
		EK	63 ± 27 ^b	7,6 ± 0,6 ^b	168 ± 4 ^b	139 ± 2 ^{ab}	-	-
Lyngøya (06.06.18)	10,1	P1	715 ± 42 ^a	5,7 ± 0,4 ^a	154 ± 2	140 ± 1 ^a	7,32 ± 0,02	7,11 ± 0,05
		P2	743 ± 44 ^a	5,7 ± 0,7 ^a	151 ± 1	140 ± 1 ^a	7,27 ± 0,02	6,98 ± 0,06
		EK	21 ± 14 ^b	3,4 ± 0,3 ^b	150 ± 1	132 ± 0 ^b	-	-
Lyngøya (07.06.18)	10,1	P1	711 ± 77 ^a	5,5 ± 0,3	161 ± 7	139 ± 1 ^a	7,25 ± 0,03	7,03 ± 0,06
		P2	660 ± 53 ^a	5,3 ± 0,4	160 ± 4	142 ± 1 ^a	7,29 ± 0,02	7,08 ± 0,05
		EK	14 ± 8 ^b	3,9 ± 0,7	153 ± 1	131 ± 1 ^b	-	-

Middelverdier ± SEM (n = 10); *P1 (Posisjon 1, merd), P2 (Posisjon 2, etter avlusing) og EK = etterkontroll av fisk to uker etter avlusing. Rød bokstav, "a", "b" og "c", angir at det var forskjell på fiskens stressnivå før (P1), etter (P2) avlusing, eller ved etterkontroll (p < 0,05). Dersom ingen av delene er angitt, betyr det at det ikke var signifikant forskjell mellom P1, P2 og EK.

5.12.2 Sensorfisk

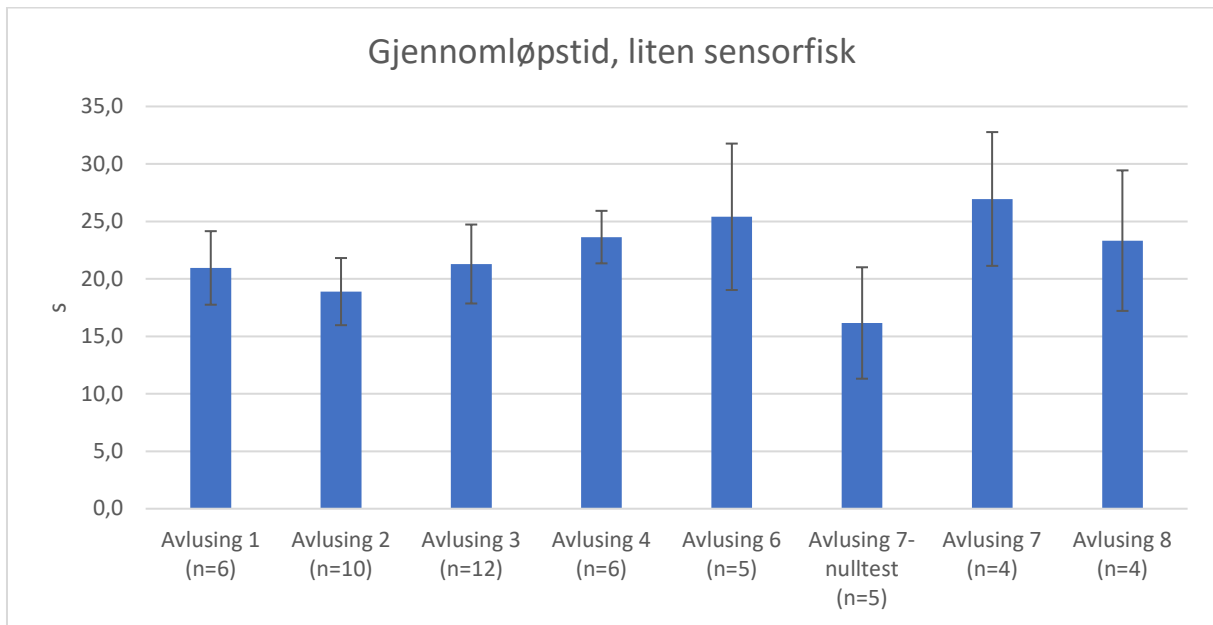
Tabell 54 viser gjennomsnittlige data fra alle sensorfiskkjøringene inndelt i *stor* eller *liten* type sensorfisk og etter feltforsøk.

Tabell 54 - Gjennomsnitt og SD fra sensorfiskdata for alle avlusinger

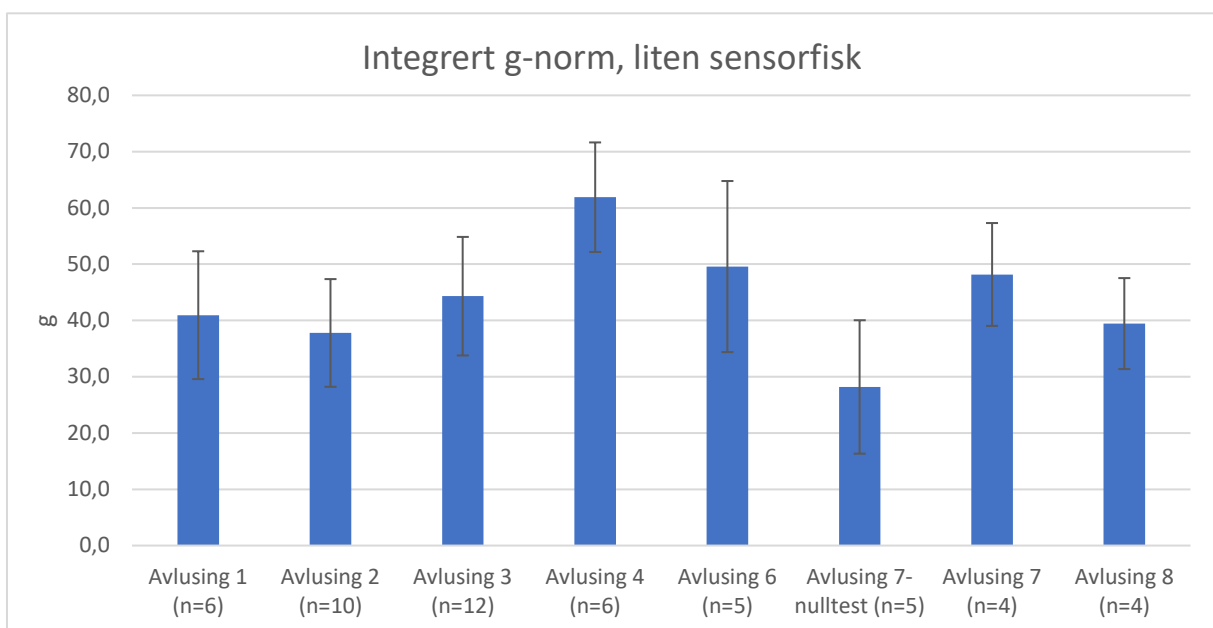
		Før pumpe		F.o.m. pumpe		Totalt			
Lokalitet	Størrelse	Tid	Integrert	Tid	Integrert	Tid	Integrert	%-andel f.o.m. pumpe	N
(dato)	sensorfisk	[s]	[g-norm]	[s]	[g-norm]	[s]	[g-norm]		
Hydrolicer Versjon 3									
Nausttaren (26.09.16)	Stor	15,7 ± 0,6	19,2 ± 0,8	9,5 ± 6,0	40,8 ± 23,2	25,2 ± 6,2	60,0 ± 23,6	212	6
	Liten	16,2 ± 1,2	21,3 ± 2,3	4,7 ± 3,0	19,6 ± 11,4	21,0 ± 3,2	40,9 ± 11,4	92	6
Digerneset (05.10.16)	Stor	14,2 ± 0,9	17,7 ± 1,6	6,1 ± 6,0	27,8 ± 27,4	20,4 ± 6,6	45,4 ± 28,5	157	7
	Liten	14,3 ± 1,2	19,3 ± 2,6	4,6 ± 2,1	18,5 ± 7,7	18,9 ± 2,9	37,8 ± 9,6	96	10
Fleina (12.10.16)	Stor	14,8 ± 1,3	17,4 ± 1,9	6,4 ± 3,8	29,0 ± 15,2	21,2 ± 4,9	46,4 ± 16,8	166	12
	Liten	13,7 ± 3,0	20,0 ± 5,0	7,6 ± 3,6	24,3 ± 11,5	21,3 ± 3,4	44,3 ± 10,5	121	12
Nausttaren (24.11.16)	Stor	14,2 ± 1,0	17,0 ± 1,5	17,1 ± 12,1	76,2 ± 52,9	31,3 ± 11,2	93,1 ± 51,4	449	6
	Liten	13,9 ± 0,8	17,1 ± 1,4	9,8 ± 2,2	44,8 ± 9,6	23,6 ± 2,3	61,9 ± 9,7	262	6
Humulen (30.01.17)	Stor	-	-	-	-	-	-	-	-
	Liten	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrolicer Versjon 6.1									
Lyngøya (05.06.18)	Stor	-	-	-	-	-	-	-	-
	Liten	19,0 ± 6,1	35,7 ± 15,1	6,4 ± 2,1	13,9 ± 5,3	25,4 ± 6,4	49,6 ± 15,2	39	5
Lyngøya NULLTEST	Stor	-	-	-	-	-	-	-	-
	Liten	11,4 ± 4,9	18,9 ± 11,5	4,7 ± 1,8	9,3 ± 3,6	16,2 ± 4,8	28,2 ± 11,9	49	5
Lyngøya (06.06.18)	Stor	-	-	-	-	-	-	-	-
	Liten	18,5 ± 4,8	31,6 ± 9,1	8,5 ± 3,2	16,6 ± 6,4	27,0 ± 5,8	48,2 ± 9,1	52	4
Lyngøya (07.06.18)	Stor	89,8 ± 21,3	121,1 ± 26,5	20,5 ± 3,5	23,4 ± 3,2	110,3 ± 24,8	144,5 ± 29,7	19	2
	Liten	13,7 ± 3,5	21,6 ± 6,3	9,6 ± 4,4	17,8 ± 6,0	23,3 ± 6,1	39,4 ± 8,1	82	4

For Avlusing 8 (Lyngøya 7.6.2018) må resultatene fra stor type sensorfisk ikke tillegges stor vekt: Her var det et problem å få sensorfiskene gjennom systemet og dette ga seg utslag i store variasjoner og en N på kun 2.

Figurene 23-25 viser pumpetider (gjennom hydrolicerene, fra innløp i merd til silkasse (Posisjon 2) og integrerte g-normer for liten og stor sensorfisk.



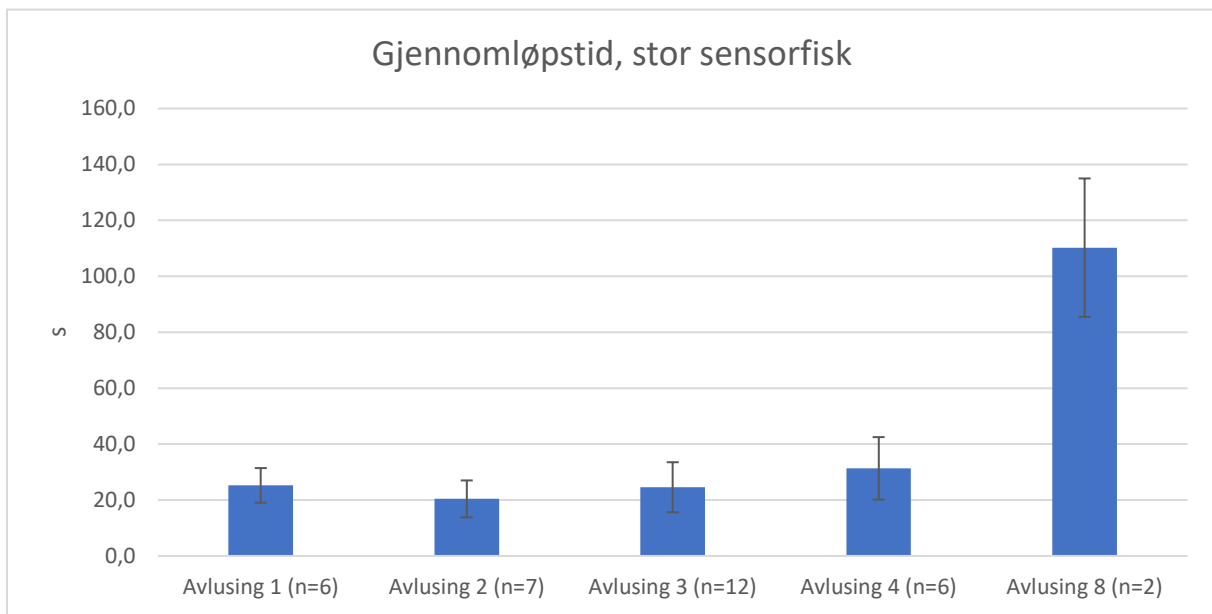
Figur 22 – Pumpetider for liten sensorfisk for Avlusing 1 - 8. Middelerverdi \pm SD. "Nulltest" er gjennomløpstid for sensorfiskene når enhetene for avlusing ikke var innkoblede.



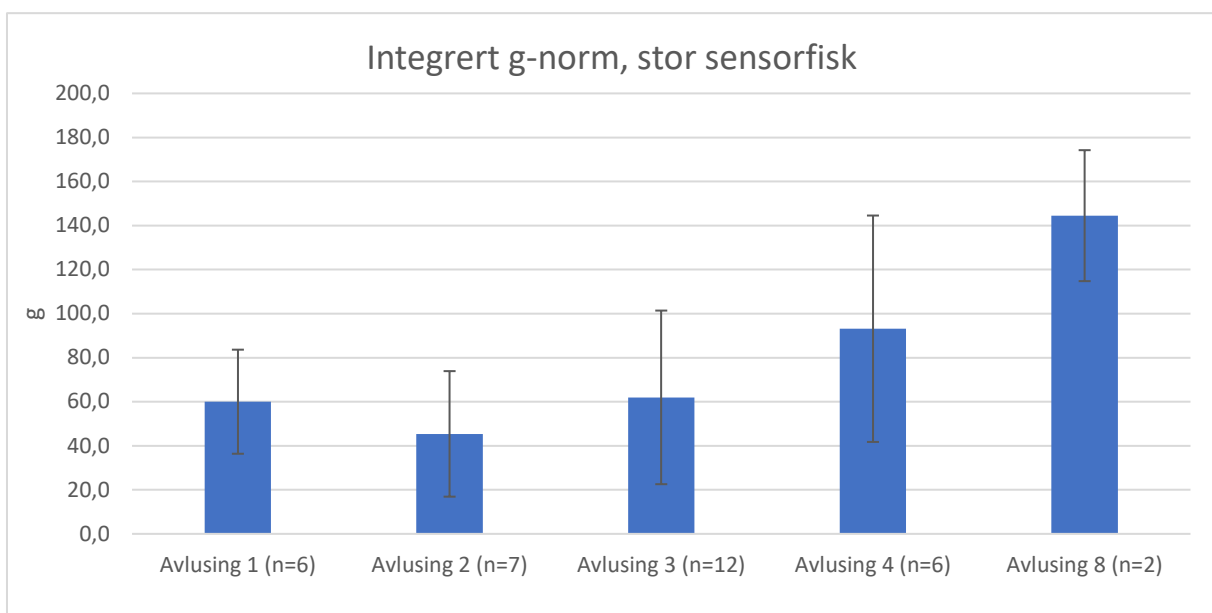
Figur 23 - Integrert g-norm for liten sensorfisk for Avlusing 1-8. Middelerverdi \pm SD. "Nulltest" er gjennomløpstid for sensorfiskene når enhetene for avlusing ikke var innkoblede.

For Avlusing 7 Nulltest var det tydelig at gjennomløpstida er lavere enn alle andre avlusinger. Siden prosessinnstillingene var like for resten av systemet (kun hydrolicerenhetene var slått av), må dette tolkes til at sensorfiskene bremses opp av hydrolicerenhetene. Integrert g-norm var

også lavere, men dette er til dels proporsjonalt med gjennomsnittstid og skyldes ikke primært en endring i akselerasjon direkte fra hydrolicerenhetene. Plott som viser eksempler på dette og diskuterer temaet nærmere finnes i Kapittel 6.2. Som beskrevet i Kapittel 4.4 er integrert g-norm proporsjonal med loggetid når sensorfisker ikke er i bevegelse – en stilltestående sensorfisk utsettes for 1g/s.



Figur 24 – Gjennomsnittstid for stor sensorfisk. Store sensorfisker kunne ikke brukes under Avlusing 6 – 7. Middelerverdier \pm SD.

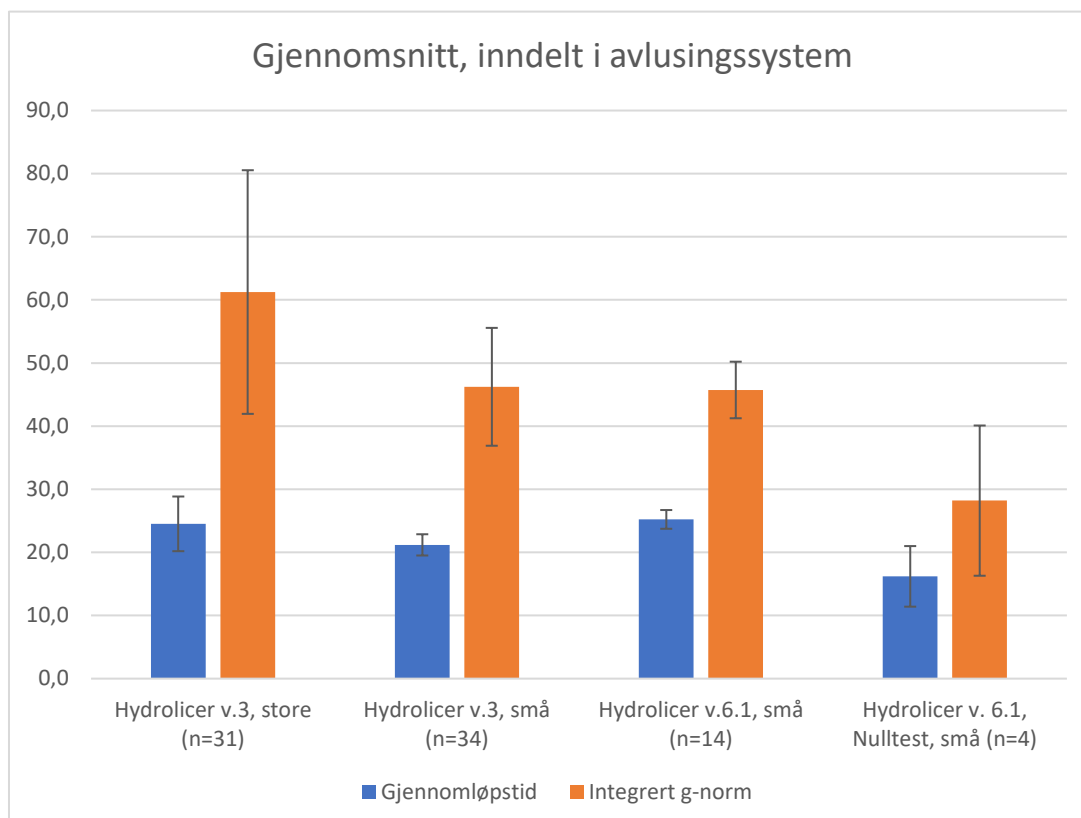


Figur 25 - Integrert g-norm for stor sensorfisk. Store sensorfisker kunne ikke brukes under Avlusing 6 – 7. Middelerverdier \pm SD.

Tabell 55 oppsummerer gjennomsnittsverdier for tidligere nevnte parametre, inndelt etter versjoner av hydrolicer og Figur 26 viser sensorfiskdata presentert som søylediagram.

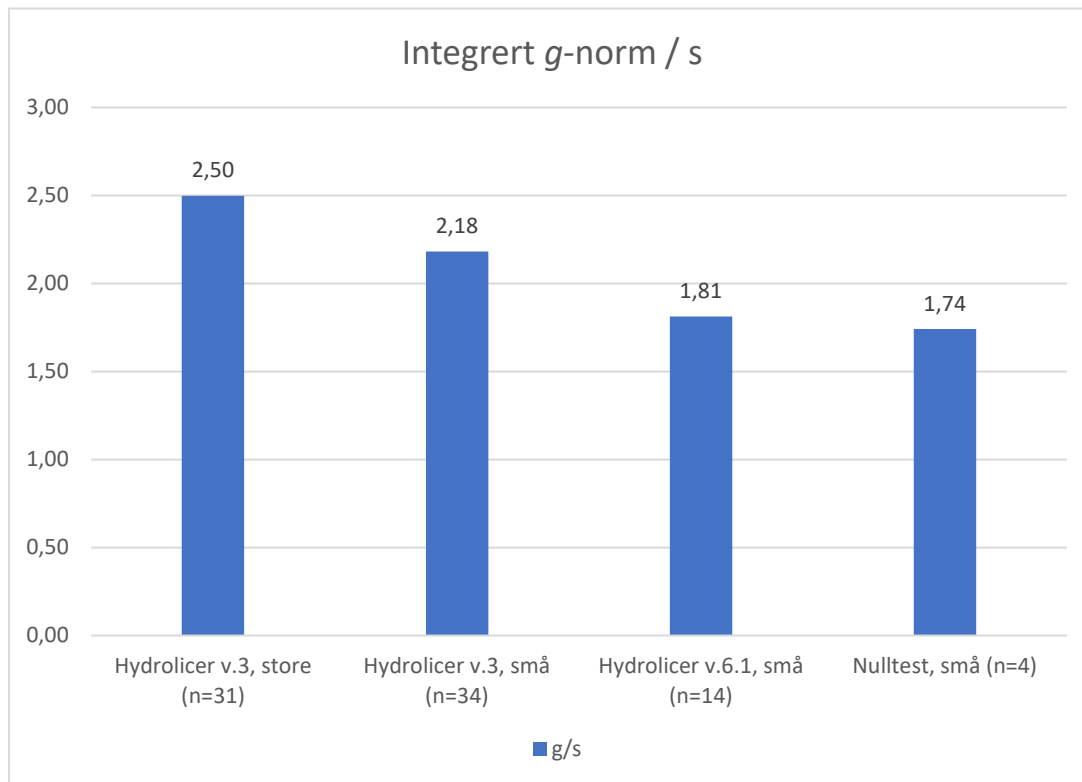
Tabell 55 – Gjennomsnittsverdier, inndelt i avlusingsversjoner

Størrelse sensorfisk	Tid [s]	Integrert [g-norm]	[g/s]	%-andel f.o.m. pumpe	N
Hydrolicer versjon 3					
Stor	24,5 ± 4,3	61,2 ± 19,3	2,50	246	31
Liten	21,2 ± 1,7	46,2 ± 9,3	2,18	143	34
Hydrolicer versjon 6.1					
Stor	110,3 ± 24,8	144,5 ± 29,7	1,31	19	2
Liten	25,2 ± 1,5	45,7 ± 4,5	1,81	58	14
Nulltest					
Liten	16,2 ± 4,8	28,2 ± 11,9	1,74	49	4



Figur 26 - Gjennomsnitt av gjennomløpstid og integrert g-norm inndelt i avlusingsystem. Data fra stor type sensorfisk i Hydrolicer versjon 6.1 er utelatt på grunn av lav N (2). "Nulltest" er gjennomløpstid for sensorfiskene når enhetene for avlusning ikke var innkoblede.

Her er det viktig å presisere at inndelingen mellom Hydrolicer versjon 3 og 6.1 ikke bare omfatter endringer i selve avlusingsenhetene og styringen av disse, men også en konsekvent endring fra impellerbaserte fiskepumper (Aqualife) til ejektorbaserte (PG Hydroflow) fiskepumper. Sensorfisken utsettes som nevnt for 1g/s når den ligger i ro. Avviket fra dette forholdstallet er dermed målet på hvor mye akselerasjon sensorfisken utsettes for.



Figur 27 – Gjennomsnitt av integrert g-norm per sekund gjennomløpstid. "Nulltest" er gjennomløpstid for sensorfiskene når enhetene for avlusing ikke var innkoblede.

Her ser vi at Hydrolicer versjon 3 påførte både store og små sensorfisker for i gjennomsnitt 2,5 og 2,18 ganger mer akselerasjon enn en stillestående sensorfisk. Det er tydelig at Hydrolicer versjon 6.1 medfører en del lavere akselerasjon (tall kun gjengitt fra små sensorfisker her, på grunn av lav N for stor type sensorfisk). En granskning av loggesignalet (se Figur 32 og 33) fra ejektorpumpene (Avlusing 6-8) sammenlignet med impellerpumpene (Avlusing 1-5) indikerer at fiskepumpa står for en god del av disse kreftene.

5.12.3 Lusetall og avlusingseffektivitet

Alle lusetall før og etter avlusing, samt ved etterkontroll to uker senere, er vist i Tabell 55. Her er også effektiviteten for lusfjerning med to versjoner av hydrolicer sammenliknet.

Tabell 55 – Antall fastsittende (F), bevegelige (B) og kjønnsmodene (K) lakselus per fisk før (P1) og etter (P2) avlusing, samt effektivitet av avlusingene ved bruk av Hydrolicer versjon 3 og Hydrolicer versjon 6.1. Etter to uker ble det utført etterkontroll (EK) av avluset laks.

Lokalitet (dato)	Sjøtemp. (°C)	Målepkt.*	Antall fisk	Fast (F)	Bevegelig (B)	Kjønnsmoden (K)	Effektivitet** (%)
Hydrolicer versjon 3							
Nausttaren (29.09.16)	13,8	P1	50	2,0 ± 0,5 ^a	2,2 ± 0,4 ^a	1,7 ± 0,3 ^a	80 (F), 82 (B), 65 (K)
		P2	50	0,4 ± 0,1 ^b	0,4 ± 0,1 ^b	0,6 ± 0,1 ^b	
Digerneset (05.10.16)	13,7	EK [§]	20	5,6	9,1	3,1	-
	13,8	P1	50	0,6 ± 0,1 ^a	4,0 ± 0,3 ^a	2,6 ± 0,3 ^a	83 (F), 93 (B), 92 (K)
		P2	50	0,1 ± 0,1 ^b	0,3 ± 0,1 ^b	0,2 ± 0,1 ^b	
	11,8	EK	20	0,1 ± 0,1 ^b	5,1 ± 0,6 ^a	1,1 ± 0,3 ^a	-
Fleina (12.10.16)	11,4	P1 [§]	30	1,1	6,4	2,5	73 (F), 81 (B), 92 (K)
		P2 [§]	30	0,3	1,2	0,2	
	11,8	EK	20	0,5 ± 0,2	1,1 ± 0,3	0,8 ± 0,2	
Nausttaren (24.11.16)	8,5	P1	20	0,1 ± 0,1	8,6 ± 3,9	1,5 ± 0,5	- (F), 78 (B), - (K)
		P2	10	0,2 ± 0,1	1,9 ± 0,7	0,6 ± 0,5	
	7,3	EK [§]	20	1,3	1,8	0,8	
Humulen (30.01.17)	6,7	P1	20	0,0 ± 0,0	1,4 ± 0,4 ^a	1,1 ± 0,3 ^a	- (F), 86 (B), 55 (K)
		P2	25	0,0 ± 0,0	0,2 ± 0,1 ^b	0,5 ± 0,2 ^b	
	6,3	EK	20	0,0 ± 0,0	0,5 ± 0,1 ^{ab}	0,5 ± 0,1 ^b	
Hydrolicer versjon 6.1							
Lyngøya (05.06.18)	10,1	P1	60	0,2 ± 0,1	0,7 ± 0,1 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	- (F), 86 (B), 75 (K)
		P2	60	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,1 ^b	0,1 ± 0,0 ^b	
		EK	60	0,1 ± 0,0	0,4 ± 0,1 ^{ab}	0,2 ± 0,1 ^b	
Lyngøya (06.06.18)	10,1	P1	60	0,1 ± 0,0	1,2 ± 0,2 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	- (F), 92 (B), 75 (K)
		P2	60	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0 ^b	0,1 ± 0,1 ^b	
		P2#	60	0,1 ± 0,0	0,9 ± 0,2 ^a	0,3 ± 0,1 ^a	
		EK	56	0,1 ± 0,1	0,5 ± 0,1 ^b	0,1 ± 0,0 ^b	
Lyngøya (07.06.18)	10,1	P1	60	0,0 ± 0,0	0,6 ± 0,1 ^a	0,3 ± 0,1 ^a	- (F), 95 (B), 88 (K)
		P2	60	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 ^b	0,0 ± 0,0 ^b	
		EK	47	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,1 ^b	0,1 ± 0,0 ^{ab}	

Middelverdier ± SEM; *P1: fisk i merd (før avlusing), P2: like etter avlusing (silkasse), P2#: hydrolicer uten avlusingsenhetene innkoblede; EK: fisk i merd to uker etter avlusing; **Basert på antall lus før (P1) vs etter (P2) hydrolicer; rød bokstav, "a" og "b" angir at det var forskjell på fiskens stressnivå før (P1), etter (P2) avlusing, eller ved etterkontroll ($p < 0,05$). Dersom ingen av delene er angitt, betyr det at det ikke var signifikant forskjell mellom P1, P2 og EK. "§" betyr at kun middelverdier var tilgjengelige etter lusetelling, dvs dataene kunne ikke behandles statistisk

5.12.4 Velferdsscore

Tabell 56 viser en oversikt over hvordan avlusingen påvirket skjelltap, slimtap og hvorvidt fisken fikk hudblødninger etter behandlingen. De samme parametrene ble sjekket på nytt, to uker avlusing. I forbindelse med Avlusing 6 - 8 ble det benyttet en utvidet velferdsscore som innbefattet snutesår, øyblødning, finneskader og sår. I to tilfeller (Avlusing 3 og 5) ble øyblødning, finneskader og sår kun evaluert ved etterkontroll. En oversikt over disse resultatene er gitt i Tabell 57.

Tabell 56 – Velferdsscore før (P1) og etter (P2) avlusing ved bruk av Hydrolicer versjon 3 og versjon 6.1 Etter to uker ble det utført etterkontroll (EK) av avluset laks.

Lokalitet (dato)	Sjøtemp. (°C)	Målepunkt*	Antall fisk	Skjelltap (0 - 3)	Slimtap (0 - 2)	Hudblødning (0 - 3)
Hydrolicer versjon 3						
Nausttaren (29.09.16)	13,8	P1	50	1,2 ± 0,1 ^a	0,1 ± 0,0	0,6 ± 0,1 ^a
		P2	50	1,7 ± 0,1 ^b	0,0 ± 0,1	1,2 ± 0,1 ^b
	13,7	EK ^s	20	2,2	0,0	0,8
Digerneset (05.10.16)	13,8	P1	50	1,5 ± 0,1 ^a	0,0 ± 0,0 ^a	0,5 ± 0,1 ^a
		P2	50	1,9 ± 0,1 ^b	0,5 ± 0,1 ^b	1,8 ± 0,1 ^b
	11,8	EK	20	1,1 ± 0,1 ^a	0,1 ± 0,1 ^a	1,1 ± 0,1 ^{ab}
Fleina (12.10.16)	11,4	P1 ^s	30	1,2	0,0	1,1
		P2 ^s	30	1,7	0,0	1,5
	11,8	EK	20	2,0 ± 0,2	1,1 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Nausttaren (24.11.16)	8,5	P1	20	2,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		P2	10	2,5 ± 0,2	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0,2
	7,3	EK ^s	20	2,7	0,0	0,2
Humulen (30.01.17)	6,7	P1	20	0,3 ± 0,1 ^a	1,0 ± 0,1 ^a	0,1 ± 0,1 ^a
		P2	25	1,6 ± 0,1 ^b	1,4 ± 0,1 ^a	1,1 ± 0,2 ^b
	6,3	EK	20	1,7 ± 0,2 ^b	0,0 ± 0,0 ^b	0,5 ± 0,1 ^{ab}
Hydrolicer versjon 6.1						
Lyngøya (05.06.18)	10,1	P1	60	1,5 ± 0,1 ^a	**	0,5 ± 0,1 ^a
		P2	60	2,1 ± 0,1 ^b	**	0,7 ± 0,1 ^b
		EK		1,8 ± 0,0 ^a	**	0,2 ± 0,1 ^c
Lyngøya (06.06.18)	10,1	P1	60	0,9 ± 0,1 ^a	**	0,0 ± 0,0 ^a
		P2	60	2,0 ± 0,1 ^b	**	0,4 ± 0,1 ^b
		P2#	60	1,0 ± 0,1 ^a	**	-
		EK	56	1,0 ± 0,1 ^a	**	0,1 ± 0,0 ^a
Lyngøya (07.06.18)	10,1	P1	60	0,6 ± 0,1 ^a	**	0,1 ± 0,0
		P2	60	1,9 ± 0,1 ^b	**	0,2 ± 0,1
		EK	47	1,2 ± 0,1 ^c	**	0,1 ± 0,1

Middelverdier ± SEM; *P1: fisk i merd (før avlusing), P2: like etter avlusing (silke), P2#: like etter avlusing når enhetene for avlusing ikke var innkoblede; EK: fisk i merd to uker etter avlusing; **For Hydrolicer versjon 6.1 var det ingen merkbar forskjell i slimlag før og etter avlusing; rød bokstav, "a", "b" og "c", angir at det var forskjell på fiskens stressnivå før (P1), etter (P2) avlusing, eller ved etterkontroll ($p < 0,05$). Dersom ingen av delene er angitt, betyr det at det ikke var signifikant forskjell mellom P1, P2 og EK. "s" betyr at kun middelverdier var tilgjengelige etter evaluering av velferdsscore, dvs dataene kunne ikke behandles statistisk

Tabell 57 – Utvidet velferdsscore før (P1) og etter (P2) avlusing ved bruk av Hydrolicer versjon 6.1. To uker senere ble det utført etterkontroll (EK) av avluset laks.

Lokalitet (dato)	Sjøtemp. (°C)	Målepunkt*	Antall fisk	Snutesår (0-3)	Øyblødning (0-2)	Finneskader (0-2)	Sår (0-3)
Hydrolicer versjon 3							
Fleina (12.10.16)	11,8	EK	20	-	0,3 ± 0,1	1,9 ± 0,2	0,1 ± 0,1
Humulen (30.01.17)	6,3	EK	20	-	0,2 ± 0,1	1,8 ± 0,2	0,2 ± 0,2
Hydrolicer versjon 6.1							
Lyngøya (05.06.18)	10,1	P1	60	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1 ^a	0,8 ± 0,1 ^a	0,0 ± 0,0
		P2	60	0,4 ± 0,1	0,8 ± 0,1 ^b	0,7 ± 0,1 ^a	0,0 ± 0,0
		EK		0,4 ± 0,0	0,2 ± 0,1 ^a	0,5 ± 0,1 ^b	0,1 ± 0,0
Lyngøya (06.06.18)	10,1	P1	60	0,5 ± 0,1	0,8 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1	0,0 ± 0,0
		P2	60	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1	0,0 ± 0,0
		P2#	60	0,6 ± 0,1	0,9 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1	0,1 ± 0,0
		EK	56	0,6 ± 0,1	0,0 ± 0,0 ^b	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
Lyngøya (07.06.18)	10,1	P1	60	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1 ^a	0,9 ± 0,1	0,0 ± 0,0 ^a
		P2	60	0,3 ± 0,1	1,0 ± 0,1 ^a	0,8 ± 0,1	0,0 ± 0,0 ^a
		EK	47	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1 ^b	0,6 ± 0,1	0,2 ± 0,1 ^b

Middelverdier ± SEM; *P1: fisk i merd (før avlusing), P2: like etter avlusing (silkasse), P2#: like etter avlusing når enhetene for avlusing ikke var innkoplet; EK: fisk i merd to uker etter avlusing; rød bokstav, "a" og "b" angir at det var forskjell på fiskens stressnivå før (P1), etter (P2) avlusing, eller ved etterkontroll ($p < 0,05$). Dersom ingen av delene er angitt, betyr det at det ikke var signifikant forskjell mellom P1, P2 og EK.

6 DISKUSJON

6.1 Stress

Ut i fra innledende test, samt fra Avlusing 1-8 (Tabell 53), var det store bildet tydelig nemlig at laksen, både før og like etter avlusing, var betydelig stresset (jfr. *Boks 1 Kunnskapsstatus*). Dette var tilfelle ved alle sjøtemperaturer (6,3 - 14,2 °C). Videre var det ofte ingen konsistente eller signifikante forskjeller i stressnivå mellom fisk i merd og etter avlusing. Her er det flere forhold man må ta i betraktning. Trenging i merd i noen timer førte til at fisken ofte var nær utmattelse definert ut fra muskelkjemi, jfr. *Boks 1 Kunnskapsstatus*). Til sammenlikning var oppholdstiden for fisken i hydrolicerene trolig relativt lik oppholdstiden for sensorfisken, det vil si fra 15 til <60 sek. Dette i seg selv skulle tilsi at trenging i merd (timer) mest trolig var dominerende stressfaktor. Siden fisken før avlusing var nær utmattet vil eventuelle ytterligere stressbelastninger være vanskelig å detektere fordi "taket var nådd". Videre er det viktig å påpeke at det ble tatt høyde for at fiskens gjennomløpstid var kort da fisken ble holdt i kar i 30 min før avlusing og prøveuttak. Dersom avluset fisk hadde blitt tatt prøve av umiddelbart etter håving ved silkassen kan man ellers for flere stress parametre ikke kunne forvente å finne signifikante forskjeller fra merd fordi responstiden etter en gitt stressbelastning er mye lenger enn pumpetiden. Dette gjelder for eksempel kortisol. På den annen side er responstiden for pH og

laktat svært kort. I denne studien valgte vi å ta utgangspunkt i responstiden for kortisol (20-30 min til maksimalt utslag). Til tross for at fisken i merden var betydelig stresset før avlusing ble det likevel enkelte signifikante forskjeller ved prøveuttak etter 0 vs 30 min (se "Innledende forsøk"). Følgelig ble prøveuttak etter 30 min valgt som standard i denne undersøkelsen.

Ved etterkontrollene var kortisolnivåene langt lavere enn under avlusingene. Dette indikerer at fisken i ukjent grad var helt eller delvis restituert etter avlusingen om lag to uker tidligere. Uttaket fra merd var vanskelig å få til uten å stresse fisken i noen grad. Stress ved prøveuttak vil raskt gi seg til kjenne som reduksjon i initiell pH i muskel og i blod pH med en tilhørende økning i laktat (og en viss økning i kortisol). Det er derfor rimelig å anta ved etterkontroll at effekt av prøveuttak var dominerende stresseffekt og som i hovedsak skyldtes metabolsk acidose. I tilfeller der det ble målt signifikante forskjeller i klorid og natrium kan dette tolkes som at fisken hadde problemer med å opprettholde ionebalansen, noe som kan være en følge av stress. I flere tilfeller ble det funnet signifikant lavere kloridnivåer ved etterkontroll, noe som tyder på at fisken i ukjent grad var restituert etter avlusingen. Siden fisken påviselig ble påvirket av prøveuttak - i forbindelse med etterkontroll - kan vi generelt anta at fisken i merden (før prøveuttak) var i realiteten mindre stresset enn det våre resultater viser, med andre ord betyr det at fisken var restituert etter avlusing i større grad enn det resultatene viser.

Det at fisken var betydelig stresset før avlusing, som en følge av trenging i merd, var ikke uventet. Blant annet er dette dokumentert i tidligere FHF-prosjekter i forbindelse trenging i ventemerder samt av Erikson m.fl. (2016). Man må generelt anta at alle havbruksoperasjoner, som innbefatter trenging på tilsvarende måte som her, vil stresse fisken i mer eller mindre grad. Ved lave sjøtemperaturer (f.eks. < 5°C) er det dog mulig å oppnå et bedre resultat med hensyn til stress, men i forbindelse med avlusing er dette som kjent ikke spesielt relevant. Ved høye sjøtemperaturer, når lusetallene som regel er høyest, har man et scenario hvor fisken blir mest stresset med de konsekvensene det kan føre til over tid.

Som beskrevet ovenfor, brukes to ulike pumpetyper på Hydrolicer versjon 3 og versjon 6.1 der sist nevnte versjon benytter ejetorpumper som tidligere har vist seg å være skånsomme for flytting av fisk (Nilsen m.fl., 2010). På grunn av at fisken alltid var betydelig stresset før avlusing var det ikke mulig å gi en vurdering av de to pumpekonseptene med hensyn på stress.

Ved sammenlikning av alle avlusingene må det påpekes at det kan være flere faktorer enn de vi har målt her som kan påvirke fiskens evne til å takle stress, produsere slim, og evne til å motstå skjelltap. Eksempelvis kan dette være fiskens genetiske egenskaper, helsestatus og miljøforhold.

Resultatene fra dette prosjektet viser nok en gang at trening i merd i forkant av, eller under, en merdoperasjon (i dette tilfellet avlusing) representerer en stor stressbelastning på fisken. Ny teknologi, eller bedre rutiner for skånsom flytting av fisk, bør derfor utvikles.

6.2 Sensorfisk

Korrelering mellom sensorfiskdata og blodverdier lot seg dessverre ikke gjøre av den grunn at fisken som nevnt var stresset når den kom inn i avlusingssystemet som sensorfiskene evaluerer og dette nivået ikke endret seg gjennom systemet. Sensorfiskene kan brukes til en evaluering av det hydrauliske systemet; hva er gjennomløpstida, hvor mye akselerasjon utsettes sensorfisken for i de ulike deler av systemet og hvilke fiskestørrelser fungerer systemet for. Sensorfiskene har bidratt til identifisering av svakheter i pumpesystemer både i dette og lignende prosjekter og har på den måten bidratt som et verktøy til videreutvikling av systemer for fiskehåndtering.

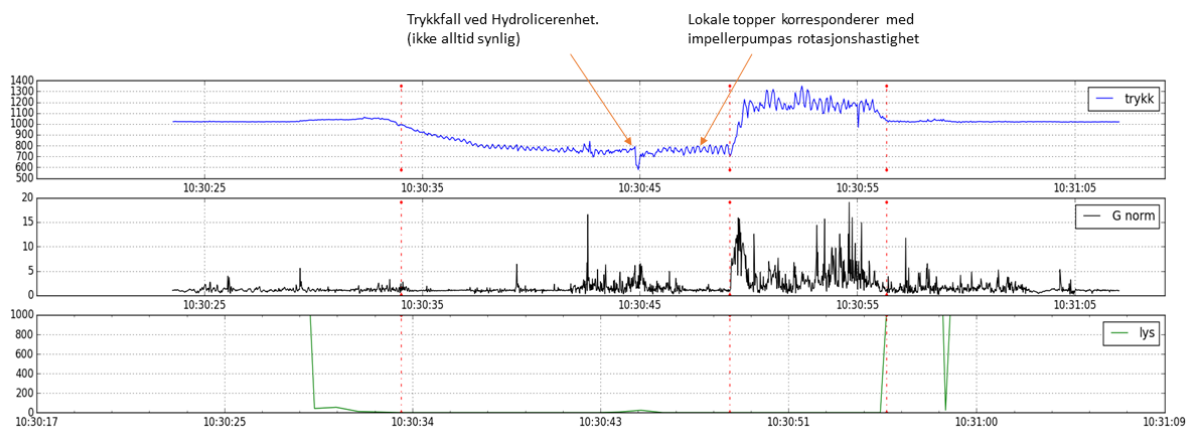
Gjennomløpstiden for sensorfiskene varierte til dels mye under ellers like forhold, dette gjaldt spesielt den store typen sensorfisker. For impellerpumpene (Avlusing 1-5) er det fysisk mulig at sensorfiskene ble med flere ganger rundt i pumpehuset, da dette er impellerpumper med én skovel. Figur 28 og 29 viser to ekstremt forskjellige forløp, der sensorfisken oppholdt seg i pumpehuset 16 ganger lengre i siste forløp. Også for ejetorpumpene var det tidsforskjeller i den siste delen av forløpet (med høyere trykk). Spesielt de store sensorfiskene hadde problemer med å komme gjennom systemet, og ble i to av tre avlusinger ikke brukt på grunn av dette. Årsaken er ikke helt klar, men enkel test med kamera festet til enden av sensorfisken indikerte at den stoppet ved en av ejetormodulene, muligens på grunn av et ujevnt vanntrykk radielt (i tverrsnitt) i røret som presset sensorfisken mot ytterkanten. Gjennomløpstiden for fisk med egenbevegelser er derimot ikke nødvendigvis like variabel, eller variabel på grunn av de samme årsakene. En levende fisk vil både kunne posisjonere seg mer som den ønsker og har ikke minst en annen hydrodynamisk form, oppdrift og overflate.

Fartøyene som inngikk i studien fra og med Avlusing 1 til og med 8 benyttet ikke det produsenten kaller crossoverfunksjon. Dette er en lukket, intern regulering av fødevann til ejetorpumpene som sikrer samme vannstrøm i linjene før og etter pumpene. Tidligere løsninger innebar inntak av fødevann fra bunn av lekteren, noe som manuelt måtte innreguleres for at systemet skulle fungere optimalt. Denne teknologien er per oktober 2018 kun installert i fartøyet MS Steyer og burde medføre jevnere gjennomløpstid gjennom systemet. Det burde også minimere muligheten for at fisk 'stopper opp' i lokale bakevjer, som av og til observert med sensorfiskene i kombinasjon med ejetorpumpene.

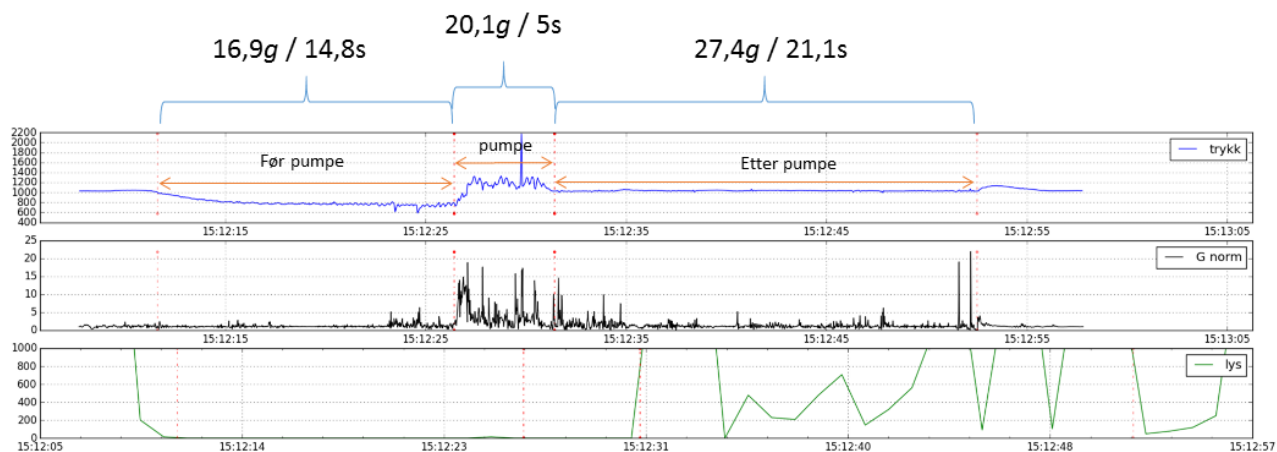
Figur 22 viser for Avlusing 7 at det er ca 10 sekunder kortere gjennomløpstid for små sensorfisker i systemet uten hydrolicerenhetene aktivert, kontra aktivert (*Avlusing 7-nulltest* mot *Avlusing 7*). Dette indikerer at hydrolicerenhetene påvirker vannstrømmen betydelig, i hvert fall for sensorfiskene som er uten egenbevegelse.

Utviklingen av hydrolicer-teknologien gikk svært raskt under prosjektets varighet. De 8 avlusingene omfattet flere mindre endringer i driftsrutiner og -protokoll og to større endringer i maskinvaren. Den første var endringen fra Hydrolicer 3 til 6.1, den andre fra Aqualife's impellerbaserte fiskepumper til ejetorbaserte PG Hydroflow pumper. De raske endringene i teknologien og det relativt lange tidsrommet feltforsøkene strakte seg over gjør det vanskelig å sammenligne feltforsøkene på en god måte.

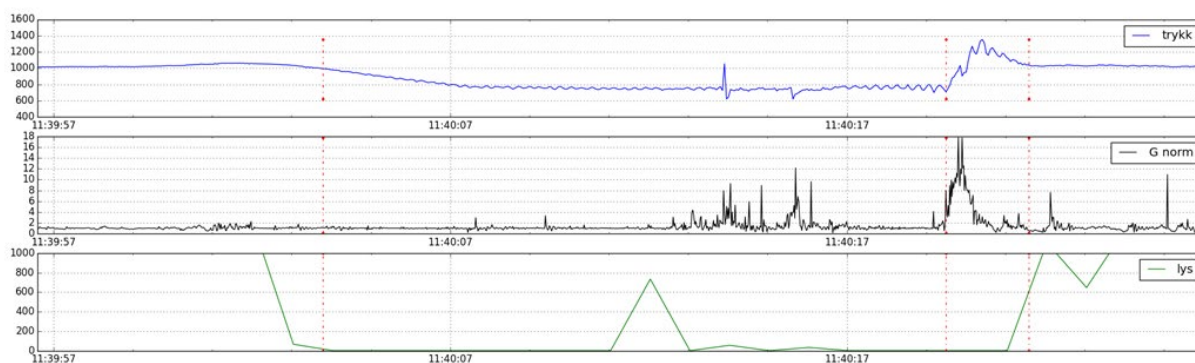
Under følger en rekke plott fra pumpeforløp som eksempler på ulike egenskaper som ble observert i systemene. Alle loggninger fra gjennomkjøringene med sensorfiskene ble evaluert i slike plott, der start og sluttidspunkt ble satt manuelt. For enkelte gjennomkjøringer manglet deler av informasjonen, for eksempel mistet enkelte sensorfisker signalet fra trykksensoren. Disse dataene er dermed ikke tatt med, da tidskorreleringen til *start*, *pumpe*, og *stopp* ikke kunne gjøres nøyaktig. Se også Kapittel 4.4 for detaljer.



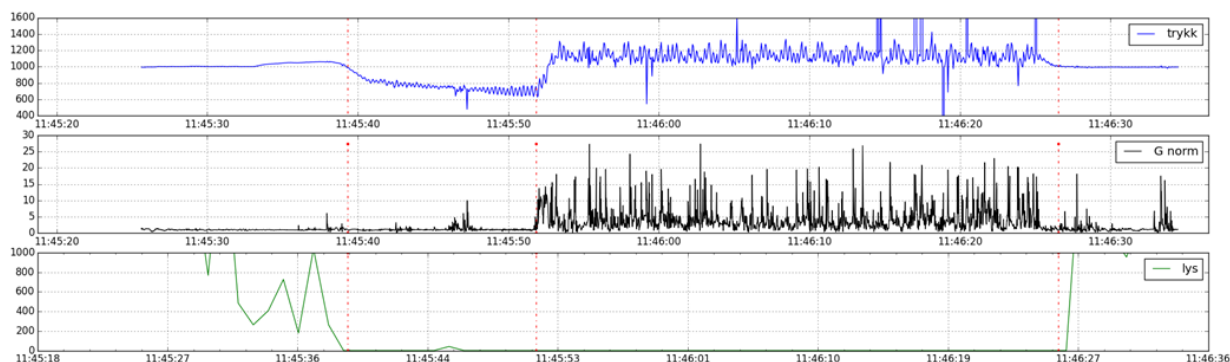
Figur 28 - Eksempel på data fra sensorfisk. Her synes hydrolicerenhetene tydelig som en endringer i trykkkurven (øverst). Trykkvariasjonene fra impellerpumpa synes også som overliggende signatur. Nederst er lyskurven, som kun ble benyttet til lokalisering av sensorfiskene. Ved starttidspunkt (1. røde strek) er lyset registrert lik null, med en liten forhøyning midt i forløpet når sensorfisken passerer fisketelleren. Ved slutten av forløpet registreres det umiddelbart mye lys når sensorfisken kommer ut på silkassen. Fra avlusing 2.



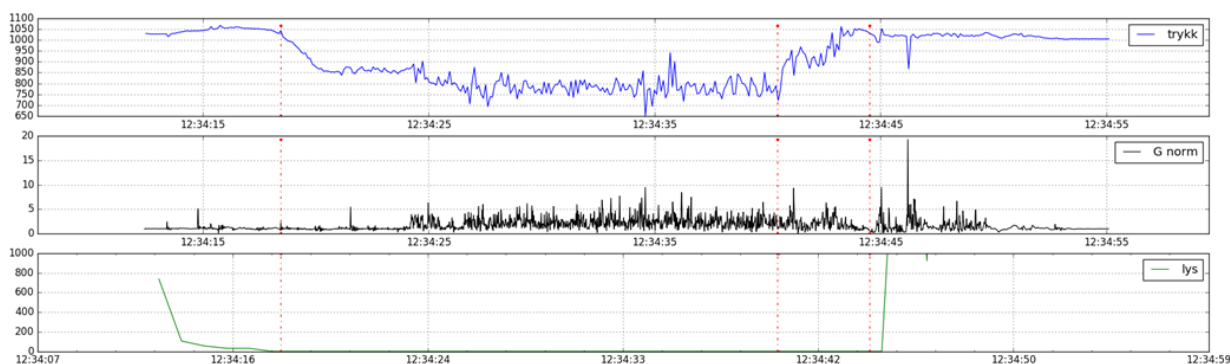
Figur 29 - Plott av integrert g-norm før, under og etter fiskepumpe. Dette forløpet er spesielt fordi det inkluderer renna etter silkassen (se Figur 13). Her synes det tydelig at sensorfiske utsettes for lite akselerasjon i renna (1,3 g/s) og før pumpa inkludert hydrolicerenhetene (1,1 g/s), mot (4,0 g/s) i pumpa. Fra Avlusing 2.



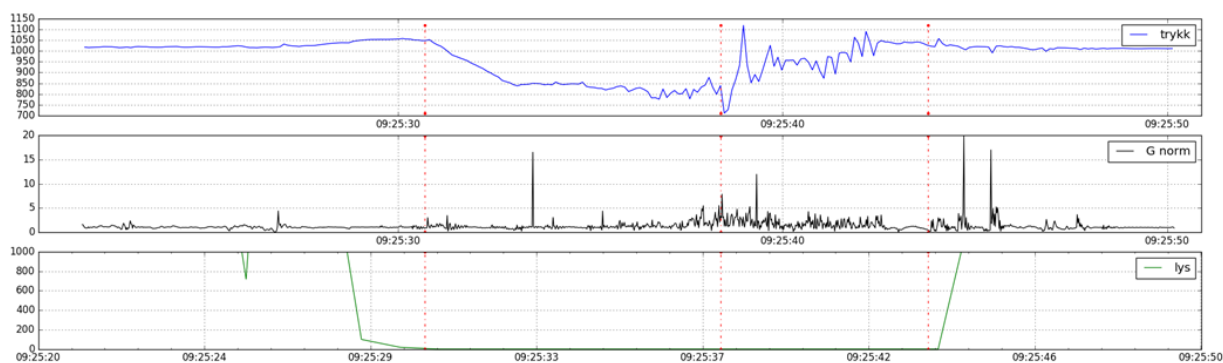
Figur 30 - Ekstremt kort forløp. Her ser vi at det registreres lite integrert g-norm i gjennomkjøringen inntil sensorfisken når fiskepumpe (mellom 2. og 3. røde strek). Oppholdstida i pumpa er kun 2,1s. Integrert g-norm: 8,5. Liten sensorfisk. Fra Avlusing 3.



Figur 31 - Ekstremt langt forløp. Her blir sensorfisken fanget i pumpehuset og blir trolig med flere ganger rundt før den kommer ut. Oppholdstid i pumpa: 34,7 s. Integrrert g-norm: 150,2. Stor sensorfisk. Fra Avlusing 4.



Figur 32 - I Avlusing 6-8 inngikk kun fartøyet HydroFlow med ejektorpumper. Gjennomløpstida gikk noe opp i disse feltforsøkene, mens gjennomsnittlig g-norm gikk ned. I figuren over ser en at pumpa (mellom 2. og 3. røde strek) ikke har den typiske økningen i akselerasjon som kjennetegnet impellerpumpene. Liten sensorfisk. Fra Avlusing 7.



Figur 33 - Nulltest (hydrolicerenhetene ikke aktive). Med ejektorpumpe. Liten sensorfisk. Fra Avlusing 7.

Tilstøtende prosjekter som har trukket veksler eller videreutvikler kunnskapen fra Hydrolicer-prosjektet er LAKSIT (FHF), Salmon Insight (NFR), Crowdguard (NFR) og Kvalisys (FHF). I FHF-prosjektet KVALISYS (901397) er det et mål å utvikle instrumenteringsmetoder som kan brukes til kvantifisering av de fysiske forholdene i et mekanisk avlusingsystem, slik at en på forhånd kan si noe om utformingen av systemet for minimal belastning på fisken. I en videreutvikling av sensorfiskene bør muligheten undersøkes for også å inkludere trengeprosessen som en del av det som måles. Dersom dette kan gjøres representativt, kan slike målinger muligens korreleres mot fiskens stressrespons i takt med graden av trenging og trengetid, som framstår som et viktig ledd å observere og instrumentere ut fra erfaringene i dette prosjektet.

6.3 Avlusing

Antall lakselus per fisk før og etter avlusing samt ved etterkontroll er vist i Tabell 55. For fastsittende lusestadier varierte lusetallene for fisk i merd mellom 0,0 og 2,0. I tre av åtte tilfeller var lusetallene før avlusing høye nok til at man kunne måle effekt av avlusing. I disse tilfellene varierte effektiviteten av hydrolicerbehandlingen (andel lus fjernet) mellom 73 og 83 %. I to tilfeller, for Avlusing 1 og 4, skjedde det markant økning i antall fastsittende lus to uker etter avlusing der midlere lusetall per fisk var henholdsvis 5,6 (ved ca 14 °C) og 1,3 (ved ca 8°C).

Med hensyn til bevegelige lusestadier ble fisken avluset ved midlere lusetall mellom 0,6 og 8,6. Ved alle åtte avlusinger ble det oppnådd signifikant lavere lusetall ved bruk av hydrolicer. Lusetallene etter avlusing lå mellom 0,0 og 1,9 der effektiviteten varierte mellom 78 og 95 %. Ved etterkontroll var lusetallene ved to tilfeller (Avlusing 1 og 2) høyere og på nivå med situasjonen før avlusing to uker tidligere. Sjøtemperaturen var da 12-14 °C. For de andre avlusinger var lusetallene etter to uker i hovedsak på nivå med lusetallene like etter avlusing (Posisjon 2).

Antall kjønnsmodene lus per fisk før avlusing varierte fra 0,3 til 2,6, mens etter avlusing var laveste og høyeste lusetall 0,0 og 0,6. Effektiviteten varierte fra 55 til 92 %. Situasjonen ved etterkontroll var i hovedsak som for bevegelige lusstadier.

Ved høye lusetall før avlusing, som ved Avlusing 3 og 4, ser vi at lusetallene, spesielt for bevegelige stadier, var relativt høye også etter avlusing med Hydrolicer versjon 3. Alle avlusinger med Hydrolicer versjon 6.1 ble derimot foretatt når lusetallene var lave. Siden enhetene for lusfjerning ikke var identiske (se beskrivelse av systemene ovenfor) for de to versjonene av hydroliceren var det av interesse å sammenlikne de to systemene med hensyn til effektiviteten for avlusingen. På grunn av de store forskjellene i lusetall før avlusing er det vanskelig å gi en vurdering av de to hydrolicerversjonene.

I forbindelse med Avlusing 7 ble normal drift av hydroliceren sammenliknet med en situasjon hvor fisken kun ble pumpet gjennom Hydrolicer versjon 6.1 uten at enhetene for avlusing var innkoblede. Som vi ser fra Tabell 55, var det ingen signifikant forskjell i lusetall for fisk i merd og fisk som kun ble pumpet gjennom hydroliceren. Det betyr at når fisken ble utsatt for trykkforskjeller og turbulens i rørsystemet i forbindelse med pumping, så hadde det i seg selv ingen effekt på lusetallene. Normal drift førte derimot til signifikant reduksjon i lusetall.

6.4 Velferd

Tabell 56 viser en oversikt over de primære velferdsparametrene (skjelltap, slimtap og hudblødning) som ble brukt i prosjektet. Bilag 1 viser sammenhengen mellom score og typiske bilder for de ulike velferdsparametrene. I alle tilfellene hadde fisken blitt avluset opptil flere ganger før de aktuelle avlusingene ble foretatt noe som sannsynligvis forklarer hvorfor fisken ble gitt score mellom 0,3 og 2,4 for skjelltap før avlusingene tok til. Som vi ser fra tabellen medførte avlusing til ytterligere et signifikant tap av skjell med velferdsscore i området 1,2 – 2,5. Dersom vi betrakter forskjellen i skjelltap før og etter avlusing (Δ -skjelltap) for fem Hydrolicer versjon 3 og tre Hydrolicer versjon 6.1 avlusinger får vi følgende Δ -verdier: 0,5, 0,4, 0,5, 0,1 og 1,3 *versus* 0,6, 1,1 og 1,3. I seks tilfeller ble det gjort et grovt overslag over skjelltap per fisk basert på oppsamlet partikulært materiale filtrert fra prosessvannet dividert med antall fisk som ble avluset de aktuelle dagene. For Hydrolicer versjon 3 var skjelltapene for Avlusing 1, 2, 4 og 5 anslagsvis 1,0, 1,5, 0,7 og 1,1g tørrvekt per fisk mens for Hydrolicer versjon 6.1 var tallene for Avlusing 6 og 8 anslagsvis 1,3 og 1,0 g tørrvekt per fisk. Det må presiseres at disse tallene er sannsynligvis overestimerte fordi tørrvektene er baserte på summen av skjell + lus + eventuelt annet partikulært materiale.

Når fisken kun ble pumpet gjennom hydroliceren, uten at enhetene for avlusing var innkoblede, ble skjelltapet (velferdsscore) vurdert likt med det i merd. Normal drift med aktiverte enheter for avlusing førte derimot til en signifikant økning i velferdsscore for skjelltap. Dette resultatet henger sammen med fjerning av lus (Tabell 55) på en slik måte at effektiv avlusing fører samtidig til et visst skjelltap. Ved etterkontroll to uker etter avlusing var skjelltapet likt det før avlusing i tre tilfeller, likt det etter avlusing i ett tilfelle, samt mellom skjelltapet før og etter avlusing i ett tilfelle (tre tilfeller uten statistikk ikke vurdert).

Under avlusing er det rimelig å anta at tap av slim henger sammen med tap av skjell, ved at høyt slimtap også kan medføre høyt skjelltap. Statistisk sett var det dog ikke en entydig sammenheng (Tabell 56). Dette kan ha sammenheng med at slimtap var generelt vanskelig å bedømme samt at scorene for slimtap som oftest var lave (0,0 – 0,8). Dessuten var Δ -verdiene (P1 vs P2) også i hovedsak lave. Ved etterkontroll ble det i ett tilfelle (Avlusing 3) observert at slimtapet var betydelig høyere enn etter avlusingen. Dette er vanskelig å forklare, spesielt når vi ikke har detaljert informasjon om hva som kan ha skjedd med fisken i ukene mellom avlusing og etterkontroll. Ellers var score for slimtap lavere ved etterkontroll enn etter avlusing

(Avlusing 2, 4 og 5) noe som tyder på at slimlaget regenereres. For Hydrolicer versjon 6.1 ble det ansett vanskelig å vurdere om det var forskjell på slimlaget før og etter Avlusing 6, 7 og 8. Det ble konkludert med at det var ingen merkbar reduksjon i slimlaget.

Med hensyn hudblødning ble det i fem av åtte avlusinger observert signifikant høyere velferdsscore etter avlusing, mens i to tilfeller (ett tilfelle for hver av hydrolicerversjonene), var det ingen signifikant forskjell mellom fisk i merd og avluset fisk (ett tilfelle uten statistikk ikke vurdert). Dersom etterkontroll tas med i bildet ser man en generell trend, nemlig at velferdsscore for hudblødning øker som en følge av avlusing for så å avta ned mot, eller til, nivået man hadde i merden før avlusing (tre tilfeller uten statistikk ikke vurdert). Dersom vi sammenlikner midlere velferdsscore for hudblødning etter avlusing ved bruk av de to versjonene av hydrolicer får vi for *Hydrolicer versjon 3* – 1,2 ($\Delta 0,6$), 1,8 ($\Delta 1,3$), 1,5 ($\Delta 0,4$), 0,4 ($\Delta 0,2$), 1,1 ($\Delta 1,0$) og for *Hydrolicer versjon 6.1* – 0,7 ($\Delta 0,2$), 0,4 ($\Delta 0,4$), 0,2 ($\Delta 0,1$). Tallene i parentes beskriver forskjellen (Δ) mellom merd (P1) og etter avlusing (P2). Tilsynelatende ser det ut til sistnevnte versjon av hydrolicer er mer skånsom mot fisken. Vi kan imidlertid ikke se bort fra at siden evalueringen av Hydrolicer versjon 3 i flere tilfeller ble foretatt ved høyere lusetall og ved noe høyere score for hudblødning før avlusing, kan være flere faktorer en må ta hensyn til her.

For Hydrolicer versjon 6.1 ble det i tillegg benyttet utvidet velferdsscore som innbefattet snotesår, øyblødning, finneskader og sår (Tabell 57). Som vi ser fra tabellen var det for alle tre avlusingene ingen signifikante forskjeller med hensyn til snoteskader mellom fisk fra merd, like etter avlusing og ved etterkontroll. Dette betyr at fisken, som hadde velferdsscore for snotesår fra 0,4 til 0,5 i merd, hadde troligvis fått skadene i løpet av oppdrettsfasen og at behandlingen med hydrolicer ikke påvirket fisken i så måte. I hovedsak kan man si det samme om finneskader og sår. Forekomsten av sår var for øvrig svært beskjeden i alle tilfellene. En del fisk i alle tre merdene hadde øyblødninger (midlere score 0,4, 0,8 og 0,7). Siden fisken som ble undersøkt i Posisjon 1 (før avlusing) også hadde slike blødninger kan det tenkes at høy fisketetthet og trenging i avkast var årsaken til disse skadene. For én av tre avlusinger ble det observert en signifikant økning i velferdsscore for øyblødning (Avlusing 6: fra 0,4 til 0,8). Videre må sies at det var ingen signifikant forskjell på fisk som kun var pumpet gjennom hydroliceren (når avlusingsenhetene ikke var aktiverte) og fisk som passerte under normal drift (Avlusing 7). Laveste score (0,0 - 0,2) for øyblødninger ble i alle tilfeller observert i forbindelse med etterkontroll. Dette kan indikere restitusjon i løpet av to uker etter trenging og avlusing.

I de fleste tilfellene varierte midlere velferdsscore for skjelltap mellom 1,2 og 2,5 noe som tilsvarer fra "tap av enkeltskjell/flekkvise områder med skjelltap" til "flekkvise områder med skjelltap/store områder med skjelltap", se illustrasjoner i Bilag 1. Midlere score for slimtap varierte mellom 0,0 og 1,4 noe som tilsvarer fra "ingen slimtap" til "reduisert klebrighet til hanske/ingen klebrighet til hanske, tørr". Når det gjelder variasjonsbredden for hudblødninger

betyr midlere score mellom 0,1 og 1,8 henholdsvis *"ingen blødning/minimale blødninger"* og *"minimale blødninger/moderate blødninger"*, se Bilag 1.

Tabell 57 viser også utvidet velferdsscore (øyeblikning, finneskader og sår) evaluert i forbindelse med etterkontroll for Avlusing 3 og 5 (Hydrolicer versjon 3). Dersom vi sammenlikner med etterkontrollene for Avlusing 6 – 8 (Hydrolicer versjon 6.1) ser vi at velferdsscorenivåene for øyeblikning og sår ligger på samme nivå. Med hensyn finneskader derimot, var velferdsscore betydelig høyere i forbindelse med Avlusing 3 og 5. I disse to tilfellene var midlere lå score på 1,8 og 1,9, noe som tilsier utpregede skader (skala 0 - 2). Hvis vi legger resultatene fra Avlusing 6 – 8 til grunn, kan vi ikke se bort fra at årsaken til finneskadene kan skyldes forhold i merd før, eller etter, avlusing. Betydingen av parametrene for utvidet velferdsscore er vist i Bilag 1.

7 KONKLUSJONER

- Effektivitetene for avlusing ved bruk av Hydrolicer versjon 3 og 6.1 var for fastsittende lus 73 – 83 %, bevegelige lus 78 - 95 % og kjønnsmodene lus 55 – 92 %
- Avlusing ved bruk av hydrolicer medførte skjelltap og mindre/moderate hudblødninger
- To uker etter avlusing viste fisken tegn til restitusjon med hensyn til stressnivå, hudblødning og slimlag
- Det ble ikke påvist sår, snute- eller finneskader ved bruk av hydrolicer (datagrunnlag: tre avlusinger)
- På grunn av at fisken, trengt i merd, var betydelig stresset før avlusing ble det i hovedsak ikke observert ytterligere endringer i stressnivå ved bruk av hydrolicer
- Sensorfiskene ga en systembeskrivelse av pumpe- og avlusingsprosessen ut fra målinger av akselerasjon og tidsforløp, men det var ikke mulig å relatere stressparametre til målingene fra sensorfiskene

8 REFERANSER

Erikson, U., Gansel, L., Frank, K., Svendsen, E., Digre, H., 2016. Crowding of Atlantic salmon in net-pen before slaughter. *Aquaculture* 465, 395-400.

Holan, A.B., Roth, B., Wesmajervi, M.S., Kolarevic, J., Hansen, Ø.J, Iversen, A., Hermansen, Ø., Gjerde, B., Hatlen, B., Mortensen, A., Lein, I., Johansen, L.-H., Noble, C., Gismervik, K., Espmark, Å. M., 2017. Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI). Nofima rapportserie (10/2017), ISBN 978-82-8296-498-2.

Hjeltnes, B., Bang-Jensen, B., Bornø, G., Haukaas, A., Walde, C. S. (red), 2017. Fiskehelse rapporten 2017, Veterinærinstituttet rapportserie nr 1a/2018. www.vetinst.no/fiskehelse rapporten

Nilsen, A., Erikson, U., Aunsmo, A., Østvik, A., Heuch, P. A., 2010. Mekanisk fjerning av lakselus "FLS avlusersystem"- test av ejektorpumpe fra Flatsetsund Engineering AS. Rapport 11, 24 sider. Veterinærinstituttet, Oslo.

Prestvik, Ø., Erikson, U., Arff, J., 2010. Bruk av Salsnes filterteologi for fjerning av lakselus fra pumpevann ved et lakseslakteri. SINTEF-rapport SFH80 A104017, 14 sider.

Schram, T.A., 1993. Supplementary descriptions of the development stages of *Lepeophteius salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligidae). In: *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice* (ed. G.A. Boxhall and D. Defaye), pp. 30-47. Chichester: Ellis Horwood Ltd.

Soltveit, T., Drønen, O.A., 2018. "Vi produserer jo Hydrolicere så det koster etter" [nettartikkel]
Hentet fra <https://www.kyst.no/article/vi-produserer-jo-hydrolicer-saa-det-koster-etter/> 30.10.2018

BILAG

Bilag 1 – Evalueringsskjema for velferdsscore



Velferdsevaluering: Scoring

Siri Ag
Veterinær, Midt-Norsk Havbruk AS



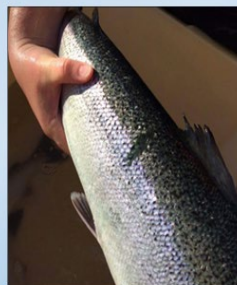
Skjelltap

- 0-3
- 0 – ingen skjelltap
 - 1 – tap av enkeltskjell
 - 2 – flekkvise områder med skjelltap
 - 3 – store områder med skjelltap



Skjelltap

1 – tap av enkeltskjell



M N Midt-Norsk
H Havbruk AS

Skjelltap

2 – flekkvise områder med skjelltap



M N Midt-Norsk
H Havbruk AS

Skjelltap

3 – store områder med skjelltap



M N Midt-Norsk
H Havbruk AS

Restituerende skjelltap

- Nye skjell, helingsfase
- Normal velferdsscoreing
- Kommenteres «gammelt skjelltap»



Hudblødning

Inkluderer på kropp og buk («rødbuk»)

0-3

- 0 – ingen blødning
- 1 – minimale blødninger
- 2 – moderate blødninger
- 3 – kraftige blødninger og blødninger assosiert med skjelltap

Hudblødning

1 – minimale blødninger



Hudblødning

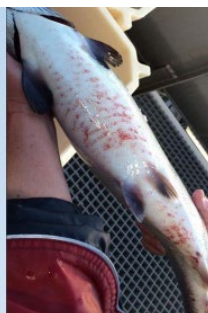
2 – moderate blødninger



M N Midt-Norsk
H Havbruk AS

Hudblødning

3 – kraftige blødninger
og blødninger assosiert med skjelltap



M N Midt-Norsk
H Havbruk AS

Slimtap

- 0-2
- 0 – ingen slimtap
 - 1 – redusert klebrighet til hanske
 - 2 – ingen klebrighet til hanske, tørr

M N Midt-Norsk
H Havbruk AS

Gjelleblødning

- 0-2
- 0 – ingen blødning
 - 1 – siveblødning
 - 2 – pumpeblødning

Øyblødning

0-2

- 0 – ingen blødning
- 1 – liten blødning
- 2 – kraftig blødning/punkttert øye

Øyblødning

1 – liten øyblødning



Øyblødning

2 – kraftig øyblødning/punkttert øye





Sår
(åpning gjennom hud)

- 0-3
- 0 – ingen sår
 - 1 – 1 lite sår, mindre enn et kronestykke
 - 2 – ca et kronestykke stort eller flere små sår
 - 3 – store, betydelige sår



Sår

1 – ett lite sår, mindre enn et kronestykke



Sår

2 – kronestykke stort sår eller flere små sår



Sår

3 – betydelige sår og/eller avrivninger

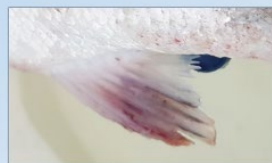
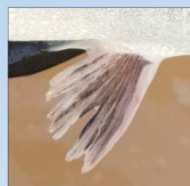


Finneskader

- 0-2
- 0 – ingen ferske finneskader
 - 1 – blødning eller ferske, grunne rifter
 - 2 – Dype rifter ned til finnebasis, evt blottlagte finnestråler

Finneskader

1 – blødning eller grunne rifter



Finneskader

2 – dype rifter ned til finnebasis, evt blottlagte
finnestråler



Bilag 2 – Bilder av laks fra merd og etter avlusing ved bruk av Hydrolicer versjon 6.1

Bildene viser fisk som ble analysert med hensyn på stress før (merd, Posisjon 1) og etter avlusing (silkasse, Posisjon 2). Fem fisk fra hver gruppe ble tatt ut og analysert på to ulike tidspunkter i løpet av avlusingene som ble foretatt ved Lyngøya den 6 juni 2018.

Fisk fra merd (begge sider vist på ti fisk) - Posisjon 1





Etter avlusing (begge sider vist på ni fisk) - Posisjon 2



