
RAPPORT NR. MA 20-03 | Audny Hellebø & Paul Jacob Helgesen

STRØMMEN-RØR: FULLSKALA UTTESTING I SJØ

AUTOMASJON, LUSETALL OG VELFERD

TITTEL	Strømmen-Rør: Fullskala uttesting i sjø
FORFATTERE	Audny Hellebø & Paul Jacob Helgesen
PROSJEKTLEDER	Paul Jacob Helgesen
RAPPORT NR.	MA 20-03
SIDER	37
PROSJEKTNUMMER	54958
PROSJEKTITTEL	Fullskala uttesting av Strømmen-rør for å dokumentere fiskevelferd og forebyggende effekt mot lakselus (901455)
OPPDRAGSGIVER	Fjord Miljø AS
ANSVARLIG UTGIVER	Møreforskning Ålesund AS og Segel AS
ISSN	0804-5380
DISTRIBUSJON	Åpen
NØKKELORD	Strømmen-rør, Laks, Velferd, Lakselus, Merdmiljø
DATO	31.01.2020

SAMMENDRAG

Hovedmålet i prosjektet var å ha en generasjon laks i sjøen uten å håndtere fisk på grunn av lakselus. Smolt med snittvekt på 70 g ble satt ut i mai 2018 i merder med 8 meter lange luseskjørt og rensfisk. Eksperimentelle merder ble utrustet med Strømmen-rør som gir utskifting av vann i merden. Lusenivået holdt seg lavt og fisken ble slaktet i oktober 2019 uten hverken medikamentell eller andre behandlinger. Kontrollmerdene *uten* Strømmen-rør ble slaktet ut først på grunn av høyest antall kjønnsmoden hunnlakselus. En mulig forklaring kan være at mer utskifting av vann i merden transporterer bort luselarver.

Strømmen-røret har vist seg å ha høy kvalitet og godt automatisert styresystem. I de første 6 månedene skilte merdene med Strømmen-rør seg positivt ut med lavere dødelighet, bedre tilvekst og færre oksygendropp. Etter dette har det vært mye sykdom i alle merder, og det har derfor ikke vært mulig å skille Strømmen-rør merdene fra kontrollmerdene med hensyn til fiskevelferd på laks. Rensfisk hadde høyere overlevelse i Strømmen-rør merdene.

Prosjektet har vist at Strømmen-rør har forebyggende effekt mot lakselus, krever ikke håndtering av fisken, er tilpasset eksisterende oppdrettsanlegg og gjeldene krav, og er i tråd med næringen sine krav til fiskevelferd. Strømmen-røret er tilstrekkelig dimensjonert for kommersielle oppdrettsmerder og styring av miljøet. Prosjektet har gitt oss ny kunnskap knyttet til riktig bruk av skjørt og metoder for å utligne salinitetsforskjeller.

© FORFATTER/MØREFORSKING

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller framstille eksemplar til privat bruk. Uten særlig avtale med forfatter/Møreforskning er all annen eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt så langt det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

FORORD

Dette er sluttrapporten for FHF-prosjektet: Fullskala uttesting av Strømmen-rør for å dokumentere fiskevelferd og forebyggende effekt mot lakselus (901455). Prosjektet er et Prosjekt i bedrift og Fjord Miljø AS er eier og bidragsmottaker. Samarbeidspartnere i prosjektet er Fjord Miljø AS, Salmar Farming AS, Møreforskning Ålesund AS og Segel AS.

I denne rapporten fremkommer det informasjon om systemet til Strømmen-røret og resultater fra prosjektperioden da Strømmen-rør ble testet ut på en av Salmars lokaliteter. Strømmen-røret er utviklet for å ivareta miljøet i merden når man må bruke skjørt for å skjerme mot lakselus. Fokus har vært på å utvikle systemet for kommersiell drift, forbedring av systemet, vurdering av fiskevelferd og lakselus. På grunn av sykdom på laksen og med dette tidvis høy dødelighet på hele lokaliteten så har det gitt flere utfordringer. Både i gjennomføring og mulighet til å dra konklusjoner på resultat.

Prosjektet for øvrig har vært vellykket gjennomført med god dialog mellom partene og god tilrettelegging fra lokaliteten. Driftsleder, de ansatte på lokaliteten og fiskehelsetjenesten Åkerblå har vært fantastiske og gjort dette prosjektet mulig å gjennomføre!

Igjennom dette prosjektet så er det blitt generert mye kunnskap om salinitetsutfordringer ved bruk av skjørt og vi er på sporet av metoder for å kunne utnytte dette på en lokalitet. Vi har også gjennomført velferdsscoring igjennom et helt utsett.

Vi vil også rette en takk til FHF for at prosjektet kunne gjennomføres og for god fleksibilitet til de endringer som var nødvendig for å gjennomføre prosjektet.

Med vennlig hilsen

Paul Jacob Helgesen (Segel AS)
Audny Hellebø (Møreforskning Ålesund AS)



Figur 1. Strømmenrør-flex - det forbedrede fleksible Strømmen-røret som ble utviklet igjennom prosjektet.

INNHOOLD

Oppsummering.....	7
Innledning.....	8
Material	10
Strømmen-rør	10
Lokaliteten	12
Laks	13
Rensefisk.....	13
Metode.....	14
Telling av lakselus	14
Scoring av velferd - Laks	14
Scoring av velferd - Rensefisk.....	14
Resultat og diskusjon	15
Utrusting av testlokalitet med Strømmen-rør og drifting	15
Lus.....	23
Velferd	25
Oppsummering og Konklusjon	31
Hovedfunn.....	33
Leveranser	33
Referanser	34
Vedlegg.....	35

OPPSUMMERING

Strømmen-røret er en innretning som skal sikre god tilførsel av friskt vann i en oppdrettsmerd der skjørt blir benyttet for å redusere påslag av lakseluslarve (*Lepeophtheirus salmonis*). Oppfinneren, Sven Jørgen Strømmen, har tatt patent på Strømmen-røret (patentnummer 342818). I 2018 fikk Fjord Miljø delfinansiering av FHF til å teste Strømmen-rør og SalMar Farming AS takket ja til å teste nyvinningen på en av sine lokaliteter.

Fullskala uttesting av Strømmen-rør på en lokalitet med atlantisk laks (*Salmo Salar*) ble startet opp i mai 2018. Forsøket varte til fisken var ferdig utslaktet i løpet av oktober 2019. På lokaliteten var det mulighet for tre eksperimentelle merder med Strømmen-rør og tre kontrollmerder. Den tredje merden med Strømmen-rør skulle settes i drift når fisken på lokaliteten ble splittet. Grunnet sykdom på lokaliteten, som kom i november 2018, ble fisken splittet sent, først i uke 25 i juni 2019. Det tredje Strømmen-røret kom derfor i drift sent i prosjektet. Med bakgrunn i driftserfaringer med de første rørene ble det utviklet et Strømmen-flex som ble satt ut til sist. Selv om lusetallene ikke var for høye ble det ved splitting gjennomført mekanisk avlusing med vann (hydrolicer) på fisken som ble forflyttet til ny merd. Dette var en beslutning som ble tatt med bakgrunn i Salmar farming AS standard prosedyre, siden fisken likevel måtte håndteres og lusetallene var såpass høye. Første slaktedato for laks fra lokaliteten var uke 28 juli 2019.

Igjennom dette prosjektet ville man teste teorien om at Fjord Miljø AS sitt Strømmen-rør i kombinasjon med dyp skjerming mot lakselus ville ha en forebyggende effekt mot lakselus, samtidig som merdmiljø og fiskevelferd er ivaretatt.

I prosjektet har det vært 5 arbeidspakker. Innholdet i arbeidspakkene:

- 1 Dimensjonere løsningen for testmerder på aktuell lokalitet
- 2 Utvikle løsning for styring og beredskap
- 3 Utruste testlokalitet
- 4 Drifte lokalitet og Strømmen-rør
- 5 Dokumentere fiskevelferd og forebyggende effekt mot lus

Hovedmålet i prosjektet var å ha en generasjon laks i sjøen uten å måtte håndtere fisk på grunn av lakselus. Målet ble oppnådd.

INNLEDNING

Oppdrett av laksefisk er en svært viktig eksportnæring for nasjonen Norge og med et fortsatt stort vekstpotensial. Men utfordringene med lakselus er et hinder for videre vekst. Å lykkes med forebyggende virkemiddel mot lakselus er avgjørende både for omdømmet og videre vekst av næringen.

Når fisk står i settefiskanlegg blir den overvåket tett og verdier for m.a. oksygen, pH, temperatur og vannkjemi blir loggført. Men når smolten blir satt ut i sjøen er det mange tilfeldigheter som avgjør om fisken vil få et godt miljø. For å skjerme laksen mot lusa så kan man bruke dype skjørt på 8 m eller mer, men en blir da avhengig av å kompensere miljøet i merden. Det er behov for å finne metoder som sikrer at fiskene har et godt miljø til enhver tid. Det er også sannsynlig at risikoen for sykdommer blir betydelig redusert ved gode miljøforhold i merden. I de norske fjordene varierer forholdene gjennom året, og det er vanlig å få dropp i oksygen ved strømvending selv uten å bruke luseskjørt.

At ulike metoder for skjerming mot lakselus gir en forebyggende effekt er godt dokumentert. Men bruk av denne type metoder for å fysisk skille laksen fra lakselusa har også vist at det påvirker miljøet i merden, appetitten til fisken, tilvekst, risiko for AGD med mer. Derfor er det motstand i næringen mot bruk av skjørt spesielt med tanke på risikoen for kritiske oksygenivå. Vi er kjent med tilfelle av akutt dødelighet også med bruk av korte skjørt.

Tidligere forskning har konkludert med at det ikke var mulig å pumpe opp vann, uten at dette raskt sank ned igjen pga. større tetthet og ofte lavere temperatur. Strømmen-røret er designet for optimal spredning av vannet og klarer å blande vannet i merden slik at vannet i overflaten er lik inntaket på 13 meter. Strømmen-røret har tidligere vært testet i kortere perioder med fisk i merd, og klarer å opprettholde tilfredsstillende oksygenivå i kombinasjon med skjørt på 8 meter. Igjennom denne utprøvingen ble Strømmen-røret testet i en hel produksjonssyklus i sjø. Under utprøvingen så har fiskevelferd og funksjonene på systemet vært i fokus.

I Norge så fikk vi en dyrevernlov i 1974 som baserte seg på den engelske Brambellkommissjonen fra 1965. Dyrevernloven ble erstattet i 2010 av dyrevelferdsloven (<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97>). Dyrevelferdsloven inneholder prinsipper og bestemmelser om hvordan mennesker skal behandle tamme og ville dyr. I begrepet dyrevelferd innbefattes hvordan dyret har det, og hvordan det opplever og takler miljøet det lever i, både fysisk og psykisk. Formålet med loven er å fremme god dyrevelferd og respekt for dyr. Det er også blitt utarbeidet tilsvarende indikatorer for rognkjeks og berggylt, som blir benyttet som rensefisk i oppdrettsmerder (Espmark, Noble et al. 2019).

Det er vanskelig å få gode mål på dyrevelferd siden dyret selv ikke kan fortelle hvordan det har det. Innenfor lakseoppdrett har man utviklet et sett med velferdsindikatorer for å prøve å gi et mål på hvordan laksen har det (Stien, Bracke et al. 2013, Pettersen, Bracke et al. 2014, Noble, Nilsson et al. 2017). Velferdsindikatorerne blir gjerne delt inn i flere kategorier: operasjonelle indikatorer, laboratorieindikatorer og miljøindikatorer. Operasjonelle indikatorer er en samling

av ytre, makroskopiske kjennetegn som røkterne kan registrere for hvert individ som blir undersøkt. Laboratorieindikatorer krever at det blir sendt prøve fra individene til laboratorium. Miljøindikatorer går på registreringer av det ytre miljø – som oksygen, salinitet, temperatur og strøm. I utprøvingen av Strømmen-røret har de ulike indikatorene blitt undersøkt. Et scoringsskjema for operasjonelle indikatorer har blitt brukt under lusetelling både for laks og rensfisk. Laboratorieindikatorer er blitt benyttet av fiskehelsetjenesten. På lokaliteten har det vært sensorer for registrering av miljø og miljødata er blitt kontinuerlig loggført.

MATERIAL

STRØMMEN-RØR

Strømmen-røret sitt formål er å sikre et godt merdmiljø – spesielt når luseskjørt blir brukt. Røret som er testet ut har fast lengde på 12 m (Figur 2). Røret tar opp vann nederst og fordeler dette ut gjennom fire munnstykker på 1 m dybde. Røret har oksygensensor og hastigheten på motoren som pumper opp vann blir styrt av oksygenivået. Røret blir i dag produsert og solgt av Fjord Miljø AS (www.fjordmiljo.no).

Det som er unikt for Strømmen-røret med fast lengde er mellom annet (tekst hentet fra brosjyre laget av Fjord Miljø):

- det har en kapasitet og spredningsdesign som skifter ut vannet i merden veldig effektivt, så effektivt at skjørtene må modifiseres med mulighet for å jevne ut salinitetsforskjellen som oppstår.
- det gir kontrollert tilførsel av vann fra ønsket dyp og sprer dette effektivt i øvre del av merdvolumet. Det blir ikke tatt med vann (og partikler) fra hele vannsøylen, kun inntaksdypet, og man har kontroll på inntak/utløp.
- det har regulerbar effekt og pumpehastigheten på vannet kobles mot oksygenivå i merden.
- har en alarmfunksjon i tilfelle driftsstans - slik at man sikrer fiskevelferden og gode miljøparametere
- beredskap og driftssikkerhet har stort fokus - HMS er ivaretatt
- systemet kan kombineres med eksisterende oppdrettsanlegg, og krever lite tilpasning av produksjonsenheter



Figur 2. Strømmen-røret med fast lengde.

MATERIALVALG

Strømmen-røret er bygd i materialer med høy kvalitet og god robusthet og lang levetid. Teknologi til Strømmen-røret er nøye utvalgt etter grundig gjennomgang av dokumentasjon på utstyr som har vært utprøvd i tøffe miljø over tid.

DESIGN

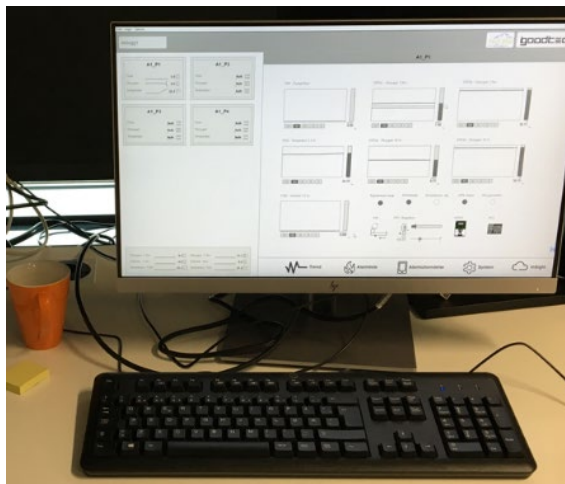
I design har rømmingssikkerhet og fiskevelferd vært viktig. Inntaket nederst er mellom annet utstyrt med nett for å sikre velferd til rensefiske.

HMS

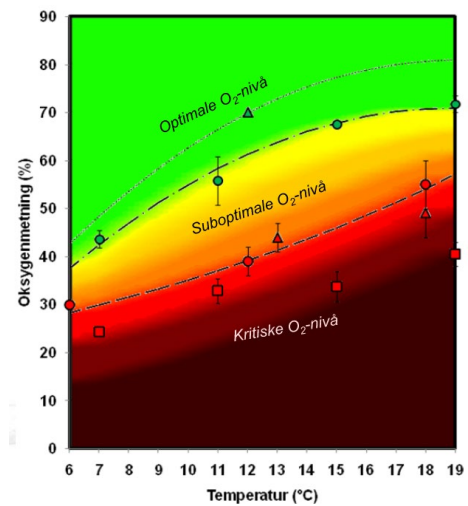
Det er blitt utarbeidet brukerhåndbok for Strømmen-røret og styringssystemet. Systemet leveres med produktsertifikat etter NS 9415-2009.

STYRINGSSYSTEM

Styringssystemet er automatisert med innebygde alarmer for oksygennivå, alarmer for driftsavbrudd, ved tap av signal og skjørtalarm. Pumpehastigheten reguleres automatisk for å opprettholde optimale oksygennivå i merden og kan enkelt følges i sanntid (Figur 3). De valgte grenseverdiene for automatiseringen er forankret i ønsker fra oppdretter og forskning (Figur 4) (Remen, Oppedal et al. 2012). Innledningsvis var det planlagt å bygge opp systemet i prosjektet basert på kommunikasjon med eksisterende sensorer og data på anlegget. Det viste seg imidlertid at de eksisterende sensorene ikke var tilstrekkelig utbygd. Det ble derfor nødvendig å dimensjonere systemet med egne sensorer for å dokumentere miljøparameterne godt nok, og for at prosjektet kunne gjennomføres som planlagt med hensyn til automatisert styring.



Figur 3. Styringssystemet er automatisert og tilstanden i merdene kan følges i sanntid.



Figur 4. Oksygenmetning (%) ved ulike temperaturer (°C) (figuren er hentet fra «Hvorfor måle oksygen i laksemerder» av Mette Remen, Havforskningsinstituttet).

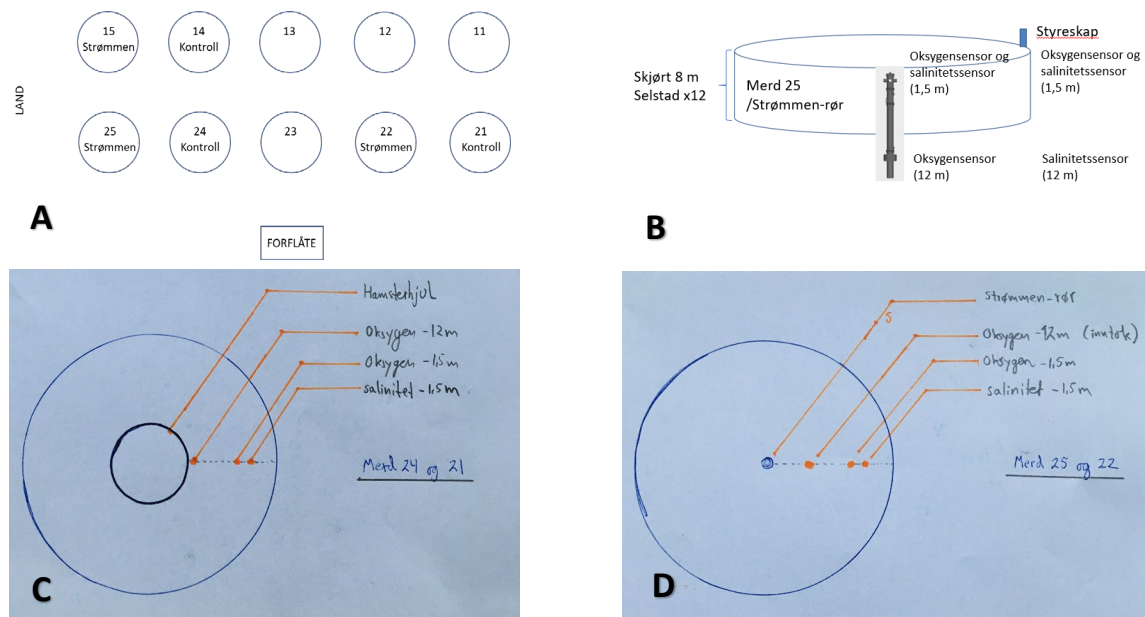
SKJØRTALARM

Styringssystemet fikk også skjørtalarm. Dette ble vurdert som en nødvendig funksjon sett fra Fjord Miljø AS sin side med tanke på krefter som kan oppstå på skjørtet, spesielt i årstider med mye smeltevann og ved pumping av vann fra dypet. Forskjell på egenskaper i vannet på innside og utside skjørt vil da føre til krefter som deformerer skjørtet, endrer funksjonalitet, og i ytterste konsekvens utgjøre en sikkerhetsrisiko. Med riktig teknologi for utjevning av salinitetsforskjeller eliminerer man risiko og øker i tillegg utskifting av vann i skjørtet og forbedrer merdmiljøet.

LOKALITETEN

Strømmen-røret ble testet ut i fullskala på lokaliteten Lybergsvika (SalMar, lokalitetsnummer 14043). Lokaliteten ble tilpasset med løsning for landstrøm og strømtilførsel ut til merdkant. Førringsstasjon for rensefisk er av typen vannpumpedrevet automat. Lokaliteten er godkjent for 10 stykk 157 meters merder. Ved oppstart av fullskala forsøk ble 5 merder, merd 21 - 25, tatt i bruk (Figur 5A). Merdene fikk 8 meter lange skjørt uten skvettkant og det ble også benyttet rensefisk. Merd 25 og 15 er de innerste merdene, og er de merdene som historisk sett har hatt størst miljøutfordringer. De ytterste merdene, merd 21 og 11, har vanligvis levert best på lokaliteten. Etter splitting ble merd 11 - 15 også tatt i bruk (Figur 5A). Lokaliteten har historisk hatt utfordringer med miljø på grunn av lite vanngjennomstrømning, og merd 25 har vært verst.

Eksperimentellemerder, merd 22 og 25, fikk Strømmen-rør montert i sentrum (Figur 5C), mens kontrollmerder, merd 21 og 24, ble utstyrt med Midt-Norsk ring (Figur 5D). Merd 23 inngår ikke i prosjektet. Etter splitting ble ytterligere en eksperimentellmerd tatt i bruk. I merd 15 ble det installert et Strømmen-flex rør. Med bakgrunn i driftserfaring ble nederste del av røret byttet ut med et fleksibelt rør. Det kan foldes sammen og har mye lavere vekt enn de faste rørene. Med Strømmen-flex kan oppdretter også heise opp kun inntaket for rengjøring.



Figur 3. **A:** Tegning som viser merdene på lokaliteten. I merd 21-25 ble det satt ut smolt V-2018. Merd 11-15 ble tatt i bruk når fisk i merd 21-25 ble splittet V-2019. **B:** Skisse av merd 25 med Strømmen-rør og sensorer for registrering av oksygen (O_2) og salinitet (‰), samt plassering av sensorene for lokaliteten utenfor merd 25. Målingene skjer på 1,5 og 12 m dybde. På salinitetssensoren registreres også temperatur. Vanninntaket skjer i nedre del av Strømmen-røret. **C:** Skisse av kontrollmerdene, 21 og 24, som viser plassering av oksygen og salinitetssensor. På salinitetssensoren registreres også temperatur. **D:** Skisse av eksperimentellmerdene, 22 og 25, som viser plassering av Strømmen-rør, oksygen- og salinitetssensor. På salinitetssensoren registreres også temperatur.

SKJØRT

Gjennomtrengelige skjørt ble valgt av oppdretter basert på vurdering om kapasitet for salinitetsutjevning. Det var ikke tilgjengelig salinitetsdata på testlokaliteten, men det ble studert variasjon av salinitetsdata på nabolokalitet. Senere i prosjektet ble det bestemt at testmerder måtte utstyres med «ventiler» for å jevne ut salinitetsforskjellen utenfor og innenfor skjørtet. Fjord Miljø utstyrte en testmerd, merd 15, med ventiler som lettere kunne røktes og vedlikeholdes på lokaliteten.

Skjørtalarm ble vurdert som en nødvendig funksjon av Fjord Miljø AS med tanke på krefter som kan oppstå på skjørtet, spesielt i årstider med mye smeltevann og ved pumping av vann fra dypet. Forskjell i vannegenskaper på innside- og utsideskjørt vil kunne føre til krefter som deformerer skjørtet, endrer funksjonalitet, og i ytterste konsekvens utgjøre en sikkerhetsrisiko.

MILJØSENSORER

Miljøsensorer for lokaliteten ble plassert utenfor merd 25 (Figur 5B). Dette var miljøsensorer som målte temperatur, salinitet og oksygenmetning på 1,5 m dybde, og temperatur og salinitet på 12 m dybde.

Det var også miljøsensorer plassert i de ulike merdene. I merdene, som inngikk i prosjektet, var det miljøsensorer som registrert oksygen på 1,5 og 12 m dybde, samt temperatur og salinitet på 1,5 m dybde (Figur 5C og D). Oksygenverdien på 1,5 m avgjør om Strømmen-røret skal pumpe mer eller mindre vann. Det ble antatt at O₂-verdien på 1,5 m ville ha den minst gunstige verdien og derfor ble det plassert sensor her. Reguleringen av pumpa skjer automatisk og vannet blir hentet gjennom inntaket som er på ca. 12 m. Alle miljødataene er tilgjengelig via en web-løsning.

LAKS

Det ble satt ut smolt fra Sætre med snittvekt på 70 g i merdene nærmest fôrflåten (Figur 5A):

- Merd 24 og 25: ~190 000 i hver merd i uke 20 (2018)
- Merd 21 og 22: ~190 000 i hver merd i uke 21 (2018)

Ved hvert utsett ble smolten fordelt likt mellom en kontrollmerd (kontroll) og en eksperimentellmerd (Strømmen) for å minimere effekt av ulike utsettstidspunkt. Sjøtemperaturen ved utsett var på 9,1 °C. Laksen ble splittet i uke 25 i 2019. Utslaktning ble startet i uke 28 og lokaliteten var ferdig utslaktet i uke 42 i 2019.

RENSEFISK

Før utsett av laks ble det satt ut rognkjeks, og underveis ble det påfylt mer både med rognkjeks og ulike leppefiskarter. Rensefisk (rognkjeks) ble satt ut i uke 20 (merd 24 og 25) og uke 22 (merd 21 og 22). Antall rognkjeks pr merd var ~7 000 og snittvekt ved utsett var ~60 g. I ukene 31- 35 ble det satt ut mer rensefisk, da av artene berggylt, bergnebb og grønngylt. Totalbeholdning av rensefisk pr merd var ~16 500 i uke 35. Det ble tilsatt mer rensefisk ti ganger i løpet av produksjonstiden i sjø. Fôringsautomaten for rensefisk var fra Betten Maskinstasjon.

METODE

TELLING AV LAKSELUS

I henhold til «Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg» ([FOR-2012-12-05-1140](#)) ble det ukentlig telt lakselus på 20 laks fra hver merd. Grensene for lakselus er gitt i § 8 og der lokaliteten ligger, så må man iverksette tiltak dersom antall voksne hunnlus overstiger 0,2 per laks i ukene mellom 16 og 21. De øvrige ukene i året er grensen på 0,5 voksne hunnlus.

Laksen ble lokket med fôr opp i en not i merden (orkast), og tatt opp i kar på båtdekket med håv. I karet ble laksen bedøvet (benzoak) før lus ble telt.

Noen ganger ble lusetallet kontrolltelt etter at Møreforsking var på lokaliteten. I disse tilfellene er lusetallene fra Møreforsking sitt besøk det som er blitt benyttet i databehandlingen.

SCORING AV VELFERD - LAKS

Scoringsskjema for ytre velferdsindikatorer hos laks ble benyttet minimum en gang i måneden i forbindelse med lusetelling (Vedlegg 1). Laksen ble først undersøkt for lakselus, deretter scoret i henhold til skjemaet. Det ble mellom annet registrert vekt, lengde, sår, skinnskader, finneskader og gjelleskader. I starten ble laksen scoret hyppigere – men da laksen ble syk fra november 2018 ble scoring gjennomført sjeldnere for å ikke belaste laksen mer enn nødvendig. Det benyttede scoringsskjemaet var basert på operasjonelle velferdsindikatorer fra FHF (Fishwell), scoringsveilederen til havforskningsinstituttet (SWIM) og allerede innarbeidede scoringer som lokaliteten benyttet.

SCORING AV VELFERD - RENSEFISK

Scoringsskjema for ytre velferdsindikatorer hos rensefisk ble benyttet (Vedlegg 2). Rensefisken ble scoret når den ble håvet opp under lusetelling. De ble da sortert ut i eget kar og når laksen var ferdig undersøkt ble rensefisken overført til kar med bedøvelse og så undersøkt i henhold til skjemaet. Levende rensefisk i dødfiskhåven ble bedøvet før den ble scoret. Dersom den var i god forfatning ble den ført tilbake til merd. Rensefisk i dårlig forfatning ble avlivet med sterk bedøvelse og gikk i ensilasjen. Død rensefisk i dødfiskhåven ble ikke scoret. Det benyttede scoringsskjemaet var utarbeidet fra scoringsskjema for laks (Vedlegg 1).

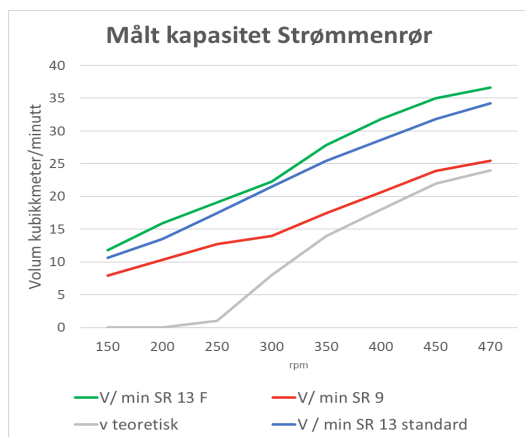
RESULTAT OG DISKUSJON

UTRUSTING AV TESTLOKALITET MED STRØMMEN-RØR OG DRIFTING

AUTOMASJONSTEST – FØR LAKSEN BLE SATT UT

Lybergsvika ble utrustet med Strømmen-rør, skjørt, elektriske skap, sensorer, sentralisert styring på flåte og nettbasert løsning med alarm til driftsleder og andre utvalgte før fisken ble satt ut. Alt ble kablet, koblet og testet. Igjennom testperioden før laksen ble satt i sjøen fikk man mistanke om at teoretisk mengdeberegning av vanngjennomstrømming var feil. Den målte kapasiteten til ulike modeller av Strømmen-rør viste seg å være høyere enn teoretisk beregnet (Figur 6). På høye turtall var den teoretiske mengdeberegningen mer korrekt. I Figur 6 ser man også at flex-modellen er den som har høyest kapasitet. Flex-modellen kan variere lengden på røret og derav på hvilken dybde vannet blir hentet fra. Denne modellen ble utviklet gjennom prosjektet - og ble tatt i bruk i merd 15 - helt mot slutten i prosjektet etter at fisken var splittet. Strømmen-røret har derfor større kapasitet til vannutskiftning enn forventet.

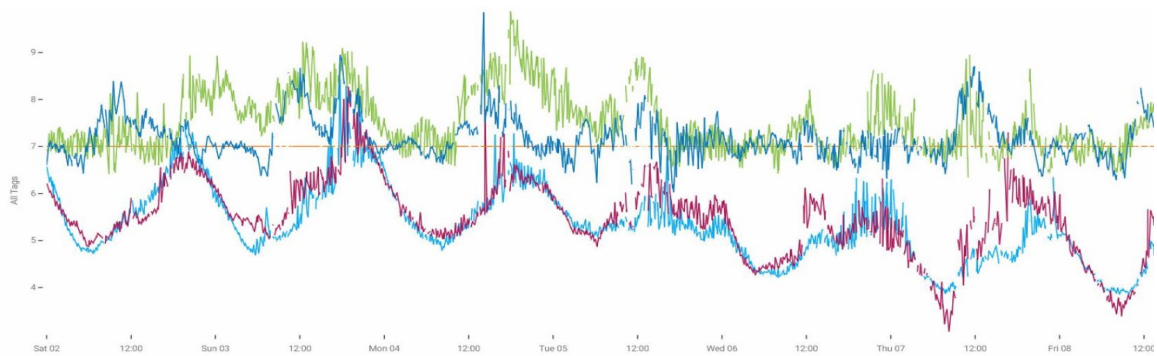
Innledningsvis var det også en del utfordringer med feilmeldinger på sensorer. Dette ble det jobbet med og feilmeldingene ble løst. Utover dette fungerte det automatiserte systemet som forventet.



Figur 4. Målt kapasitet på vanngjennomstrømming i ulike modeller av Strømmen-røret ved ulike pumpehastighetsnivåer. De ulike modellene Strømmen-rør: Strømmen-rør flex 13m (grønn), Strømmen-rør 13m (blå), Strømmen-rør 9m (rød) og teoretisk beregning (grå).

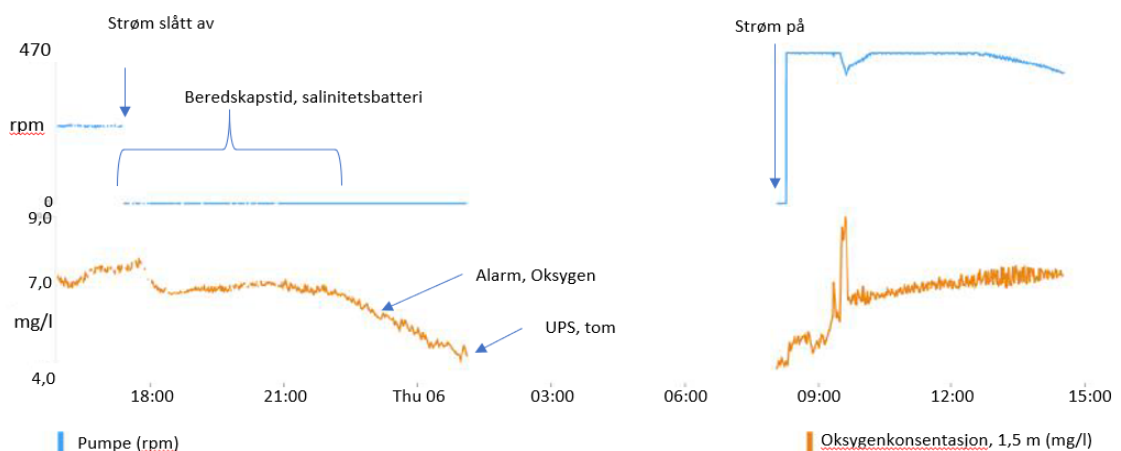
AUTOMASJON – LAKS I SJØEN

Da fisken kom i merdene fikk man stor nytte av systemet på et tidlig tidspunkt. I juni 2018 ble det oksygennedgang i merdene. Døgnet rundt så holdt Strømmen-røret oksygenivået i merdene på ønsket nivå (Figur 7, grønn og mørkblå linje). Det ønskede oksygenivået er markert i Figur 7 med den rette, gule linjen på 7 mg/l. Pumpehastigheten til Strømmen-røret økte automatisk ved oksygennedgangen for å holde oksygenivået stabilt. Til sammenligning så ligger kontrollmerdene langt under ønsket oksygenivå (Figur 7, lysblå og rød linje).



Figur 5. Oksygen (mg/l) målt på 1,5 m gjennom syv dager, 02. juni-08. juni 2018 i ulike merder. Automatisert styring var stilt inn på 7 mg/l for Strømmen-rør merder. Grønne kurver = merd 25, Mørkeblå kurver = merd 22, Røde kurver = merd 24, Lyseblå kurver = merd 21.

Igjennom hele produksjonssyklusen i sjø så har systemet vist at tilgjengelig pumpekapasitet har blitt regulert godt av det automatiserte systemet. Systemet har også vist seg å være driftssikkert. Et eksempel på dette er da strømmen på anlegget og flåten ble kuttet onsdag 5. september kl. 1730 (Figur 8). Strømmen ble kuttet i forbindelse med resetting av fôringsanlegget og pumpene til Strømmen-røret ble dermed stoppet. På deler av anlegget ble heller ikke strømmen slått på igjen da personellet forlot anlegget for kvelden. Pumpen gikk på minimumsinnstilling før strømburddet med bakgrunn i ønskede oksygennivå. På grunn av batteripakke i hvert enkelt styringskap vil systemet logge utviklingen og sende alarmer om nødvendig. Dette gir oppdretter avgjørende beslutningsstøtte selv på avstand og tid til handling. I dette tilfellet valgte oppdretter å ikke sende noen ut for å sette på igjen strømmen. Dette med bakgrunn i lav biomasse og at fisken dermed hadde plass under skjørtet. Oksygenivået oppe i skjørtet falt raskt på få timer, og forble lavt gjennom hele natten. Når pumpen ble slått på igjen gikk den automatisk opp til maksimal ytelse på grunn av de lave oksygenverdiene. Oksygenforholdene forbedrer seg raskt



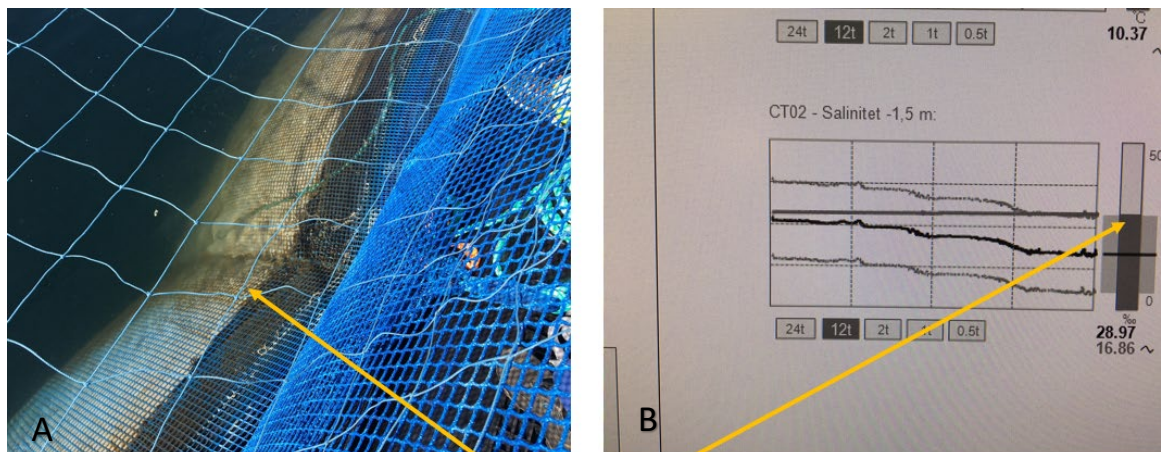
Figur 6. Utviklingen i oksygenivå i merd med Strømmen-rør i forbindelse med strømstans onsdag 5. sept. 2018 kl. 1730 på 1,5 m dybde. I merden var det 197 282 fisk og en biomasse på 107 000 kg.

over kritiske nivå, føring kan gå som normalt, og man ser også at pumpen reduserer turtall da nivået stabiliserer seg midt på dagen. I en situasjon med høyrere biomasse, og et strømbrudd utenfor oppdretters kontroll ville man fått beredskapstid nok til å eventuelt heise skjørtene for å unngå kritisk situasjon for fisken. Dette ble en test på at systemet fungerer. Batteribackup i skapene sikrer at oppdretter får alarm ved negativ utvikling av oksygennivå slik at man har tid til å gjøre nødvendige tiltak.

UTFORDRING MED SALINITETSFORSKJELLER

Det var ikke tilgjengelig salinitetsdata på testlokaliteten, så derfor ble det før oppstart studert salinitetsdata fra nabolokaliteten. Det ble derfor i dimensjoneringen av skjørtet tatt høyde for å ha god kapasitet for salinitetsutjevning. Men etter oppstart viste de reelle salinitetsmålingene at salinitetsvariasjonen var mye større og at endringene skjedde mye raskere enn forventet.

Salinitetssensorene på innsiden og utsiden av merd 25 var plassert på 1,5 meter dybde slik at den fanget opp situasjoner med brakkvannslag. Alarm for skjørt ble stilt inn som en direkte sammenheng mellom målt salinitetsforskjell og tillatt tilstand på skjørtet i merden basert på driftsleder sin observasjon på merdkant ved oppstart (Figur 9). Av hensyn til sikkerhet på flytekrage og not ble pumpehastighet automatisk nedjustert til minimum ved overskridelse av alarmgrense på salinitet. Videre ble det sendt en melding både på epost og SMS til driftsansvarlig. På denne måten vil oppdretter få tidlig varsling dersom salinitetsforskjeller deformerer skjørtet. Det gir viktig beredskapstid til å utføre riktige handlinger.

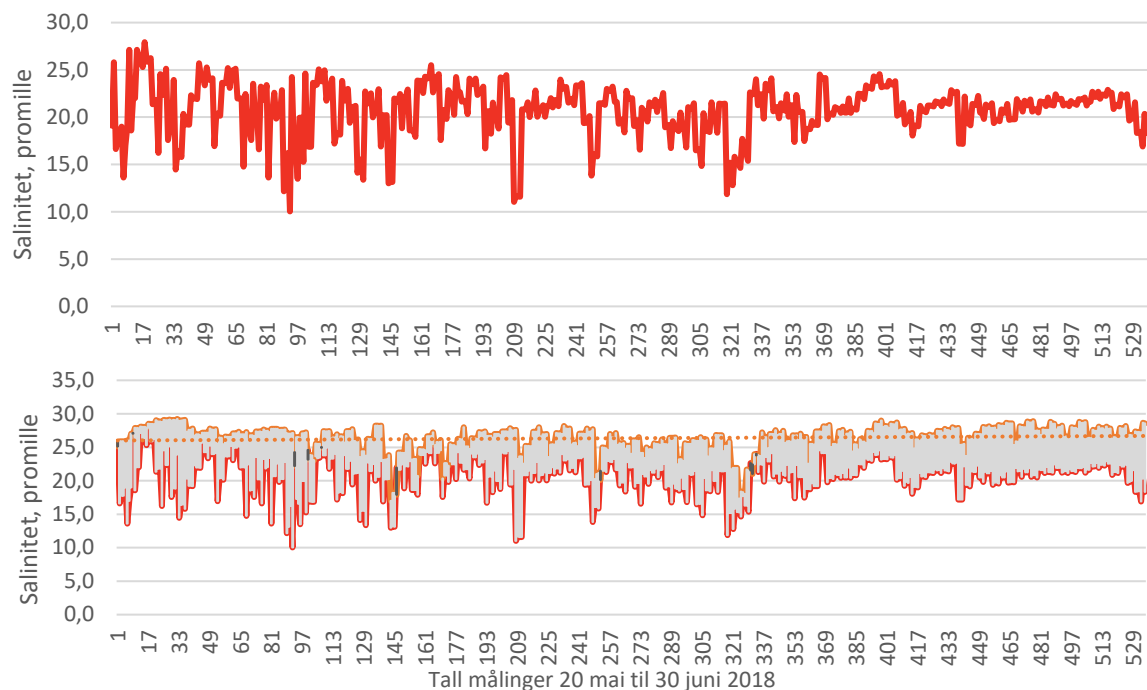


Figur 7. A: Visuell inspeksjon som viser deformasjon av skjørt/not. B: Bilde av skjerm på styringssystemet som viser innstillingene for skjørtalarmen.

Registreringer viste at salinitetsforskjellene mellom innside og utside av skjørt gikk over valgte terskelverdier på tross av gjennomtrengelige skjørt. Forklaringen på dette er at det tunge saltvannet ikke bare synker ned igjen ved siden av Strømmen-røret, men at kapasitet og spredningsdesign gjør at egenskapene til vannet i hele vannsøylen innenfor skjørtet blir endret.

Siden utligning av disse forskjellene gjennom skjørtet ikke gikk raskt nok, opplevde man å måtte skru av Strømmen-røret på grunn av for stor forskjell i salinitet innenfor og utenfor skjørtet. Skjørtene ble raskt begrodd og evnen til utligning ble redusert til under nødvendig nivå. Kanskje kunne dette blitt løst med en serviceordning der skjørtene ble skiftet med jevne mellomrom i en rulleringsordning. Det ble ikke vurdert som aktuelt fra oppdretter sin side i prosjektet. Problemene med tette skjørt skjedde etter bare seks uker drift i sjøen. Det var tydelig at en løsning for salinitetsutjevning må være på plass for at pumping av vann fra dypet skal kunne utnyttes maksimalt året rundt alle steder.

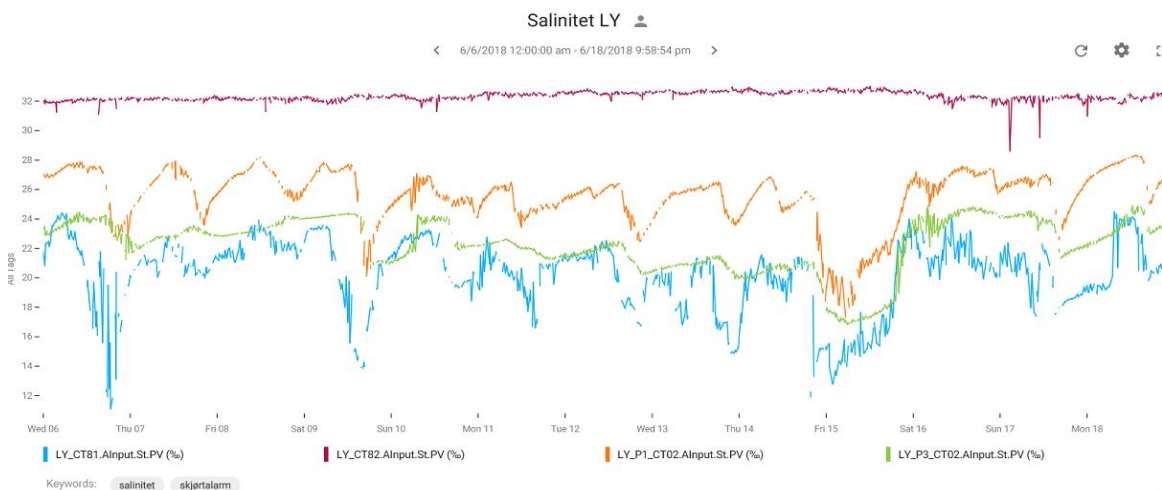
Registreringene avdekket også mer ekstreme variasjoner enn det som var forventet på forhånd. Disse variasjonen betyr at merder og nøter vil kunne utsettes for svært store påkjenninger selv uten noen form for pumpesystem i merden. Den store og raske endringen som kan skje på en lokalitet i løpet av kort tid er godt dokumentert i dette prosjektet (Figur 10). Figuren viser endringer i salinitet på lokaliteten og responsen inne i merd med 8 meter gjennomtrengelig skjørt og overlapp på 10 meter. En registrerte at en del av justeringen av salinitet inne i merden skjedde gjennom overlappen ved ekstreme salinitetsforskjeller.



Figur 8. Salinitet lokalitetssensor på utsiden av merdene og salinitetssensor på 1,5 m dybde på innside skjørt, merd 25, i perioden 20. mai 2018 – 30. juni 2018 (529 målinger). Rød linje viser variasjon på lokaliteten, oransje linje viser innside merd. Skjørtet var gjennomtrengelig og hadde lengde på 8 m med en overlapp på 10 m.

SALINITETSUTFORDRING - UTVIKLING AV VENTILER

Erfaringene tidlig i prosjektet tilsa at det var nødvendig med mer effektiv utligning av saltnivå innenfor/utenfor skjørtet i overflaten. Tilpasningen skjedde ikke raskt nok når man pumpet opp vann med 32 ‰ samtidig som forholdene på utsiden kunne endre seg raskt. Derfor må man ha effektive ventiler som er lette å vedlikeholde. I forsøket var det lagt inn en «skjørtalarm» slik at det blir sendt SMS til driftsleder samtidig som pumpe automatisk blir redusert til minimumsnivå. Skjørtalarmen blir utløst ved gitt differanse mellom lokalitetssensor (CT81 i Figur 11) og de enkelte salinitetssensorene inne i skjørtene. Man ser av kurvene at skjørtene er gjennomtrengelige og at saliniteten inne i skjørtet tilpasser seg utsiden. Man kan videre se at kontrollmerden i større grad følger saliniteten på lokaliteten, mens det er større differanse til testmerden.

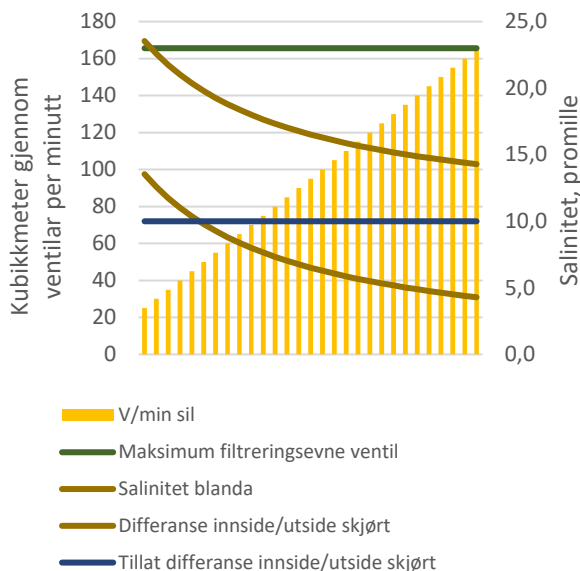


Figur 10. Salinitetsmålinger på lokaliteten 6. - 18. juni 2018. Blå kurve (CT81) er lokalitetsmåler på -1,5 meter på utsida av merd 25. Lilla kurve (CT82) er lokalitetsmåler på 12 m dybde utenfor merd 25 (tilsvarer inntaket på Strømmen-røret). Oransje kurve (P1_CT02) er målt på 1,5 m dybde i Strømmen-rør merd 25. Grønn kurve (P2_CT02) er målt på 1,5 m inne i skjørt i kontrollmerd 24.

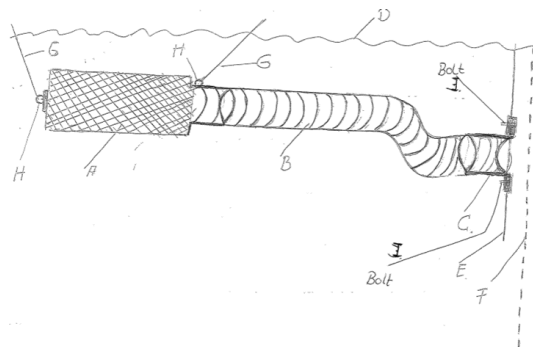
Målet med ventiler var at Strømmen-røret skulle kunne gå på maksimal kapasitet under alle forhold for å holde oksygenkonsentrasjonen på, eller over, ønsket nivå. Ved høy biomasse blir det enda viktigere at forskjell i salinitet ikke utgjør en begrensende faktor for pumpedrift, men tvert om, utgjør en stor mulighet for energieffektiv pumpedrift og optimalt merdmiljø.

Det ble derfor utviklet ventiler som ble montert på merd 25. Fire ventiler ble montert da skjørtet ble skiftet ut til et helt tett skjørt med komplett lukking. Dermed måtte utskifting av vann skje gjennom ventilene og man kunne få vurdert effekten isolert. Hver ventil ble montert i flytekraven slik at den lå ca. 0,5-1 meter under overflaten.

Krav til ventilfunksjon med
40 m³/min pumpe, 10 ‰ overflate



Figur 12. I en «ekstrem situasjon» med 10 ‰ i overflaten, og 32 ‰ ved inntak må ventilløsningen ta inn 45 m³ per minutt for at differansen på utsiden og innsiden av skjørtet skal være under 10 ‰.



Figur 11. Prinsippskisse av ventil. A: Sil 85-400my. Kan ha ulik utforming. Silen kan skiftes ut som en del av normalt vedlikehold/røkting. B: Fleksibel slange/spiralslange. Gjør det mulig å heve og senke silen uten å påvirke (C) gjennomføringen i skjørtet/lukket merd. C: Gjennomføring som består av to deler som klemmer skjørtet mellom delene når den er montert. (Den delen som er på innsiden må være utformet slik at den har en glatt overflate slik at den ikke utgjør risiko for gnag på nota.) D: Vannspeil, viser overflaten. E: Tett presenning. Dette kan være skjørt rundt en åpen merd, eller presenning for en lukket merd. Kan også være karvegg i annet materiale. F: Notpose, G: Fortøyningsliner, H: Fortøyningspunkter. (tegning: Sven Jørgen Strømme)

Overflatevannet med lav salinitet kom inn i merden gjennom fleksibel slange som var koblet inn på skjørtet på ca. 3 meter dyp. Det ble også gjort forsøk med gjennomføring på 0,5 meter dyp. Overflatevannet fra utsiden av skjørtet er lettere enn vannet på innsiden av skjørtet og stiger opp i merden når det kommer ut på innsiden. Ventilløsningen kunne røktes ved å heise ventilen opp på flytekraven og skifte ut filterduken med en ren duk. Deretter kunne duken vaskes i vanlig vaskemaskin på flåten.

Målinger viste at man fikk inn 1 m³ i minuttet. Selv med fire ventiler ble dette for lite (Figur 16A). Når saliniteten på overflaten utenfor skjørtet er 10 ‰ vil minimumsinnstillingen på pumpen være for høy, og pumpen må stoppe. Når saliniteten på overflaten er 20 ‰ kan pumpen gå med inntil maksimalt 50 % av kapasiteten. Saliniteten på overflaten må være over 21 ‰ for at pumpen skal kunne gå på maksimalt.

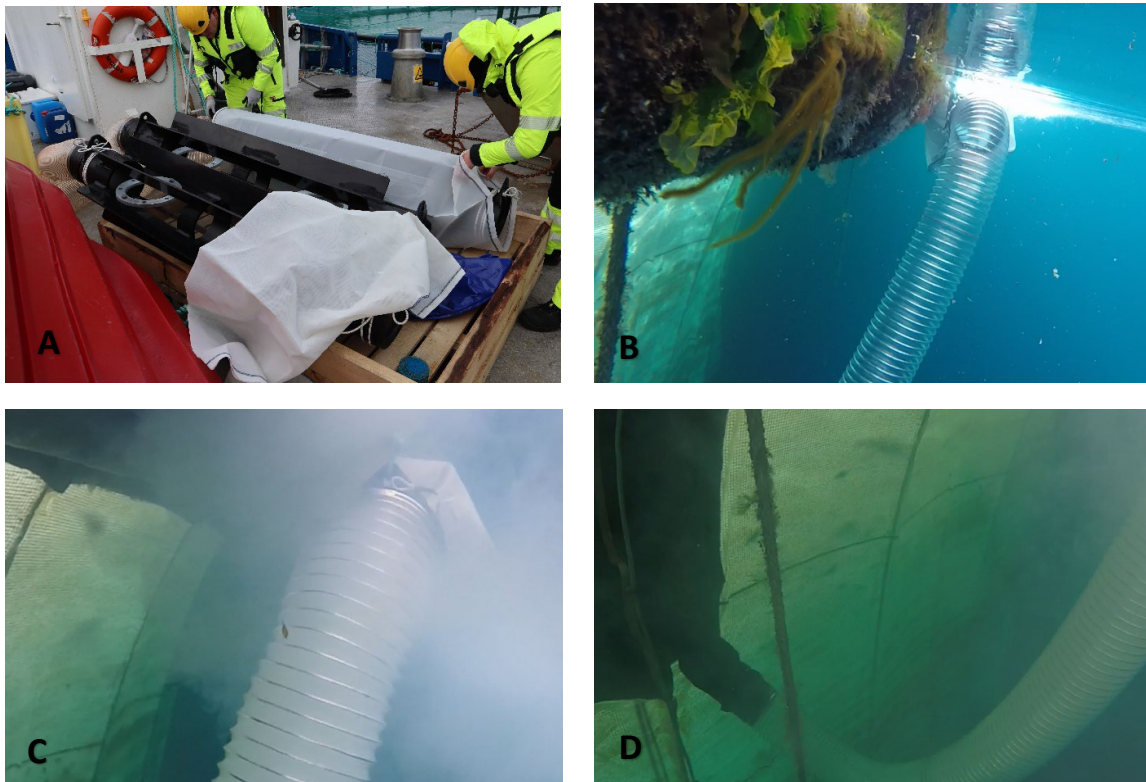
Det ble videre gjort forsøk med å integrere utskiftbar filterduk i toppen på skjørtet på åtte ulike punkt rundt merden. Utfordringen med dette var at de store kreftene løftet skjørtet og filter ut av sjøen før det fikk virke. Denne løsningen var også mer utsatt for bølger og strøm.

Svært mange fjordlokaliteter vil kunne ha like stor variasjon i salinitet som testlokaliteten. Her må man utligne den osmotiske trykkforskjellen innenfor og utenfor skjørtet. I dette ligger også en stor positiv mulighet som fjordlokaliteter kan utnytte til forbedring av merdmiljøet. Men da må kapasiteten på ventilene være tilstrekkelig.

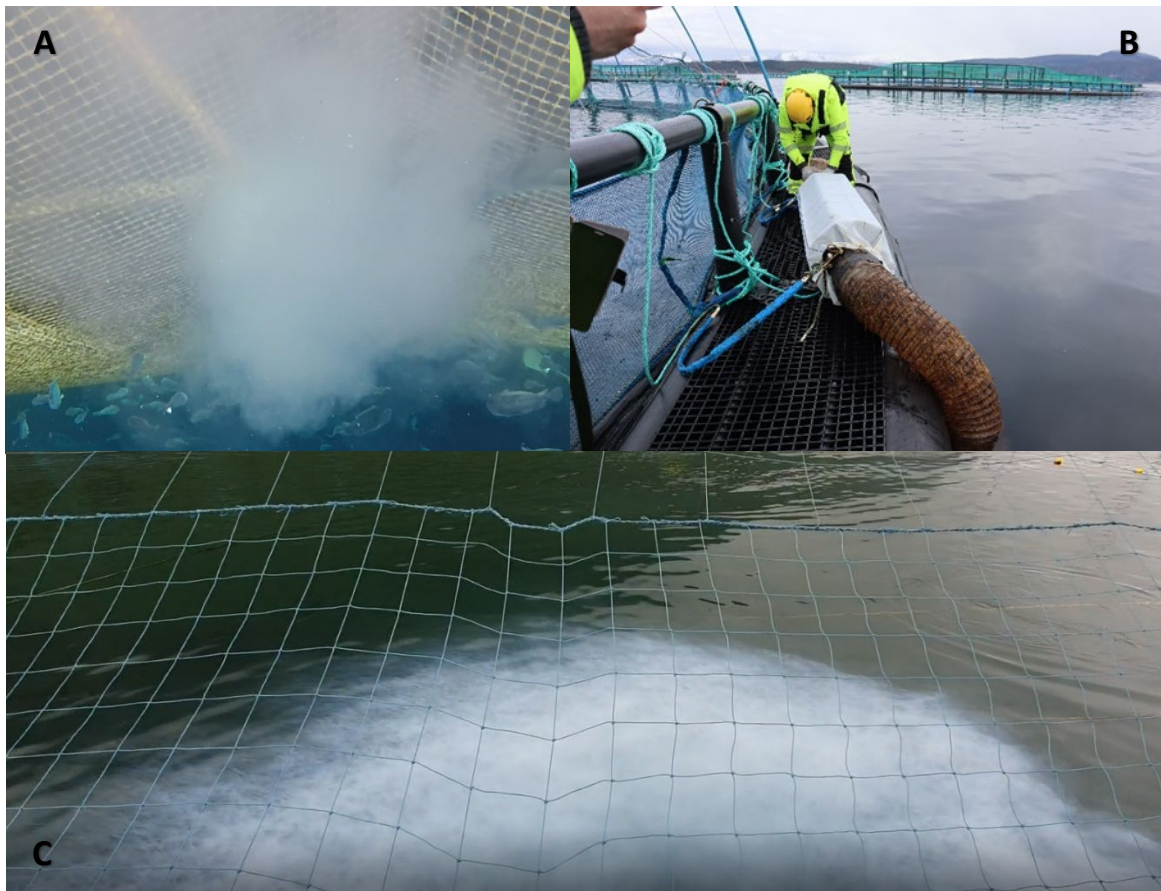
Ventiler vil gjøre det mulig å regulere oksygenivå, temperatur og salinitetsnivå. Regulering av salinitetsnivå reduserer risiko for skader på utstyr, og risiko for rømming ved bruk av skjørt. I tillegg kan effektive ventiler fungere som et naturlig «batteri» ved strømbrydd ved at ventilene vil ta inn vann så lenge det er osmotisk trykkforskjell. Dette gir økt beredskapstid. I vanlig driftssituasjon vil effektive ventiler gi reduserte utgifter og mindre energiforbruk i forhold til oppnådde målparameter.

Dimensjonerende kapasitet av filterfunksjonen er avhengig av valgt kapasitet på Strømmen-rør og den laveste salinitet som vil oppstå på lokaliteten. Sammenhengen mellom salinitet i overflaten, minimumskapasitet av ventil ved pumping av 40 kubikkmeter vann per minutt er vist i Figur 16B. Når saliniteten i overflaten er høyere enn 21 ‰ må kapasiteten være 4 kubikkmeter per minutt. Noe som tilsvarer prototypen som ble testet i prosjektet. Men når saliniteten i overflaten går ned mot 10 ‰ krever det en kapasitet på minimum 48 kubikkmeter i minuttet.

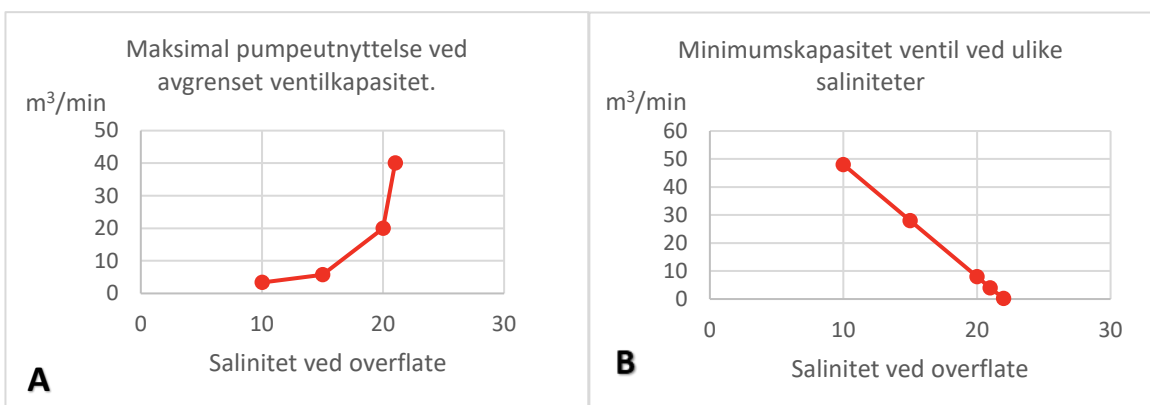
Dette prosjektet har fått bekreftet Fjord Miljø sin hypotese om at det er mulig å transportere vann gjennom passive ventiler. Det er behov for videre utvikling og forskning på hvordan kapasiteten kan økes.



Figur 13. A: Ventiler for å jevne ut salinitetsforskjell gjøres klar for å monteres på skjørt på merd 15. B: Fleksibel slange mellom ventil og skjørt. C: Farget vann på vei gjennom fleksibel slange. D: Viser gjennomføring i skjørt.



Figur 14. A: Vann med lavere salinitet stiger opp frå inntaket i skjørt på ca. 3 meters dybde. B: Skifte av filterduk kan gjennomføres på gangbanen, eventuelt om bord i fortyd arbeidsbåt. C: Den hvite skyen viser en kubikkmeter per minutt per ventil fra prototype som ble utviklet i prosjektet. Vannet beveger seg innover mot sentrum av merden.

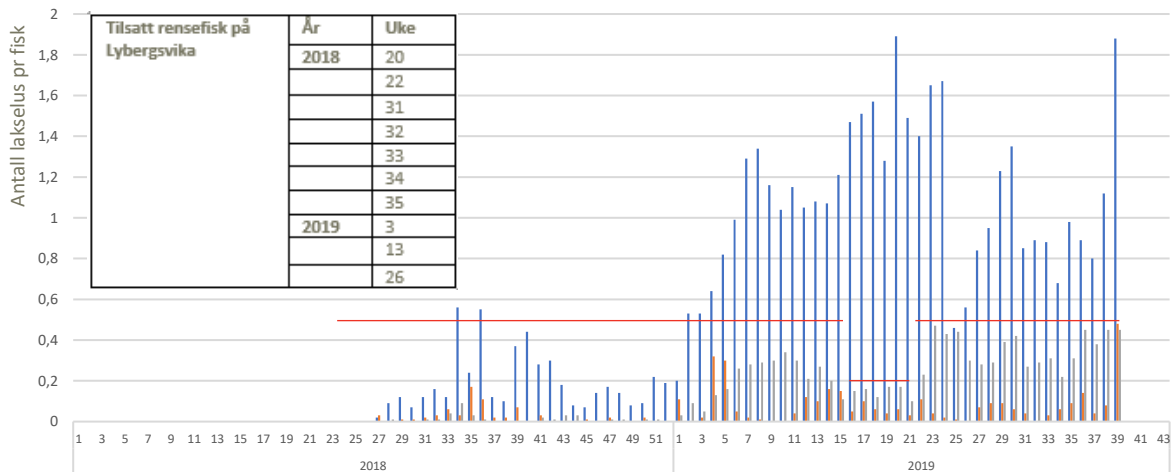


Figur 15. A: Viser maksimalt mengde vann man kan pumpe med Strømmen-rør når ventilkapasiteten er avgrenset til 4 kubikkmeter per minutt avhengig av hva saliniteten er i overflaten ved lokaliteten. B: Viser minimumskapasitet ventilløsningen må ha på en merd for at Strømmen-røret skal kunne utnytte sin maksimale pumpekapasitet avhengig av saliniteten i overflaten på lokaliteten.

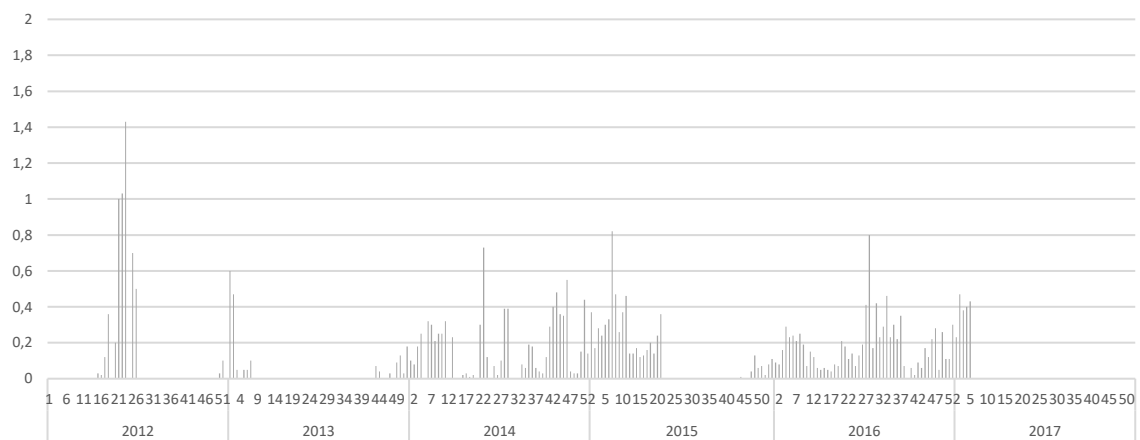
LUS

Lange skjørt og renseskisk ble brukt forebyggende for å holde lusetallet nede. Det ble observert at vann med høy risiko for lusearver likevel kom inn i alle merder gjennom overlapp og over skjørtekanten. Det ble satt ut renseskisk på lokaliteten ti ganger (tabell i Figur 17).

Fôringautomaten til rognkjeks bruker vannpumpe for å fordele fôret og vanninntaket var på utsiden av merden. Ved rengjøring av not ble det også benyttet vann fra utsiden av merd. Antallet kjønnsmoden hunnlus pr laks lå i hele perioden under grensen for å iverksette tiltak (grå søyler i Figur 17). På lokaliteten har en i tidligere produksjoner vært over tilsvarende lusenivå (Figur 18). Dette gjelder i 2012, 2014 og 2016. I 2013, 2015 og 2017 var lokaliteten brakklagt hele eller deler av perioden. I 2019 ble fisken som ble forflyttet til en ny merd under splitting mekanisk behandlet (hydrolicer) i tråd med Salmar farming AS standard prosedyre, siden fisken likevel måtte håndteres og lusetallene var såpass høye.



Figur 16. Lus på Lybergsvika. Bevegelige lus (blå), fastsittende lus (oransje) og voksne hunnlus (grå) pr fisk fra utsett til uke 39 i 2019 for hele lokaliteten. 0,2 voksne hunnlus er grensen i ukene 16-21 ellers er grensen på 0,5 (markert med røde linjer).



Figur 17. Historiske lusedata fra Lybergsvika pr uke i 2012-2017 (kilde: barentswatch.no). 0,2 voksne hunnlus er grensen i ukene 16-21 ellers er grensen på 0,5.

NABOLOKALITETER OG LUSEPÅVIRKNING

Lybergsvika ligger i Romsdalsfjorden og det er flere matfisklokaliteter og to stamfisklokaliteter i nærheten (Figur 19). Den nærmeste lokaliteten og lokaliteten lengst innerst i fjorden er stamfisklokaliteter. Her er det tillatt med høyere lusetetthet pr fisk siden antallet laks er mye lavere. Disse lokalitetene hadde tiltak mot lus både ved å tilsette rensefisk og med mekanisk fjerning. Lokalitet 1 fjernet mekanisk i uke 38, 39 og 40 i 2018 og i uke 6 og 15 i 2019. Lokalitet 2 hadde mekanisk fjerning i uke 38 og 39 i 2019. Av de tre nærmeste matfisklokalitetene, lokalitet 3, 4 og 5, så gikk lokalitet 4 over lusegrensa uke 18, 19, 20 og 21 i 2019. Av lokalitetene lenger unna så var det flere som gikk over lusegrensen.

Strømretningen i Romsdalsfjorden er sammensatt. Den har en hovedstrømretning som er nord-nordvestlig utgående på grunn av avrenning fra store elver i indre fjordområder. Om vinteren kan innstrømming fra kystvann skje (Stene, Viljugrein et al. 2014, Stene, Gansel et al. 2018). Når det er kalde vintre vil innstrømmende kystvann gi tungt vann nederst i fjorden siden utstrømmende vann vil ha lavere salinitet og derfor lavere tetthet. Når det er milde vintre så vil hovedstrøms retning være utgående på grunn av snøsmelting og nedbør som regn. Lybergsvika ligger litt isolert for seg selv med tanke på påvirkning fra andre lokaliteter.

Elven Rauma har stor påvirkning. Vindretning og flo og fjære påvirker salinitetsnivået i overflaten på lokaliteten. Vind fra vest vil i kombinasjon med smelting gi salinitetsdropp på lokaliteten (jmf. Figur 10).



Figur 18. Oppdrettslokalitetene i Romsdalsfjorden pr. oktober 2019 (bilde fra Barentswatch). Lybergsvika med blå sirkel. Stamfisklokaliteter med grønn sirkel. Avstanden fra Lybergsvika til lokalitet 3, 4 og 5 er på 8-18 km. Matfisklokaliteter merket med sirkel i et kvadrat.

LUS PÅ MERDNIVÅ OG OPPSUMMERING LUS

Lokaliteten holdt seg under lusegrensen i hele perioden. Lusepresset i fjorden var relativt lavt. Skjørtene fungerte ikke optimalt siden det til tider kom inn store mengder vann i merden gjennom overlappen i skjørtet og over skjørtekanten. Dette reduserte skjermingen, og var ikke i tråd med tiltenkt skjerming i prosjektplanen. Salinitetsforskjeller gjorde også at overlappen åpnet seg, selv om den var montert i henhold til anbefalingene til leverandør. Da fisken nådde slaktevekt ble merden med høyest antall kjønnsmoden lus tatt først ut til slakt. Dette for å sikre at lusetallet på lokaliteten ble holdt så lavt som mulig. Kontrollmerd 24 hadde høyest antall kjønnsmoden hunnlus i uke 27 i 2019 og ble derfor slaktet først ut. Deretter ble kontrollmerd 21

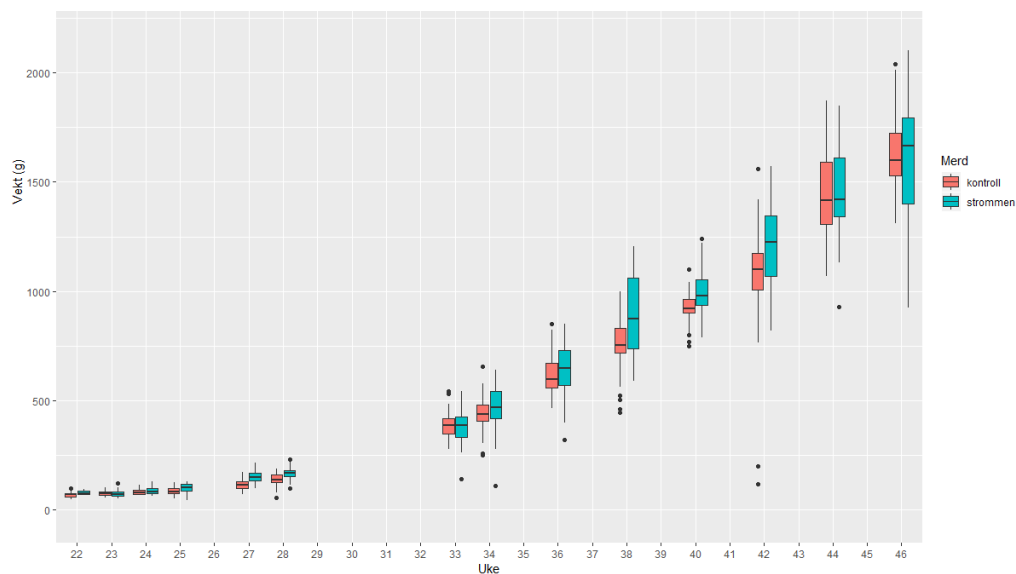
tatt ut, siden den hadde mest kjønnsmoden hunnlus av de gjenværende merder. Igjennom prosjektet så har det noen uker vært kontrollmerdene som har hatt lavest nivå av kjønnsmoden hunnlus, og andre uker vært de eksperimentelle som har hatt minst. Totalt sett har Strømmen-merder hatt færrest kjønnsmodne hunnlus, færrest bevegelige og færrest fastsittende lus pr fisk (Tabell 1). Trolig kan mer utskiftning av vann ha bidratt til at nivået ble lavere i Strømmen-rør merdene enn i kontrollmerdene. Den ene Strømmen-rør merden (merd 22) har lavest nivå av lus i alle stadier. Merd 22 hadde mer utskiftning av vann siden den hadde en mer effektiv propell og i tillegg gikk pumpen på et høyere turtall (pers. kom. driftsleder Lars Kjetil Hunnes).

Tabell 1. Gjennomsnittlig telte lus pr fisk fra utsett til start på utslakting (uke 22 i 2018 til uke 28 i 2019).

Merd	Kontroll	Strømmen	Kontroll	Strømmen	Totalt	
	21	22	24	25	Kontroll	Strømmen
Fastsittende lus	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04
Bevegelige lus	0,64	0,60	0,62	0,62	0,63	0,61
Kjønnsmodne lus	0,16	0,11	0,15	0,12	0,16	0,12
Totalt	0,85	0,75	0,82	0,78	0,83	0,77

VELFERD

I løpet av de første 6 månedene i sjø vokste fisken godt og hadde god appetitt (Figur 20). Strømmen-rør merdene merket seg positivt ut ved at fisken stod høyere under startfôring, det var derfor lettere å se fisken og fôre på rett sted, og fisken hadde raskest vektutvikling. Det var også 47 % lavere dødelighet i Strømmen-rør merdene frem til sykdomsutbruddet (Tabell 2) og det var færre oksygendropp i Strømmen-rør merdene (Tabell 3). Denne trenden ble oppsummert i en foreløpig rapport for prosjekt- og styringsgruppen i prosjektet.



Figur 19. Boksplokk som viser vektutvikling (g) i kontroll- og Strømmenmerder fra utsett uke 22 til og med uke 46 i 2018. De fargede boksene inkluderer 50 % av de tyve laksene som ble målt og veid, medianen er markert i boksene. Standardavviket vises ved strekene som går opp og ned fra de fargede boksene. Prikkene er individ som er utelatt fordi de avviker for mye fra gruppen. Figuren er laget i R Studio versjon 1.1.456.

Etter de første 6 månedene i sjø, gikk appetitten ned og dødeligheten på laks opp på lokaliteten (Figur 21). Dette skjedde i alle merdene på lokaliteten. Det ble påvist kardiomyopatisyndrom (CMS) og hjerteskjelettmuskelbetennelse (HSMB) av fiskehelseansvarlig veterinær fra Åkerblå AS.

Tabell 2. Dødelighet på lokaliteten fra utsett (uke 20) til sykdomsutbrudd (uke 46) og fra sykdomsutbrudd til splitting (uke 24 2019).

Type merd	Merd	Antall fisk sett ut i merd	Antall fisk tapt Uke 20-46 2018	% Tap Uke 20-46 2018	Antall fisk tapt Uke 47 i 2018 til Uke 24 i 2019	% Tap Uke 47 i 2018 til Uke 24 i 2019
Kontroll	21	197 043	2 474	1,3	19 376	9,8
	24	192 164	3 192	1,7	24 597	12,8
Tot. Kontroll		389 207	5 666	1,5	43 973	11,3
Strømmen	22	198 130	1 577	0,8	25 739	13,0
	25	191 907	1 580	0,8	26 919	14,0
Tot. Strømmen-rør		390 037	3 157	0,8	52 658	13,5
Merd 23	23	173 981	2 667	1,5	22 273	12,8
Totalsum	Alle	953 225	11 490	1,2	118 904	12,5

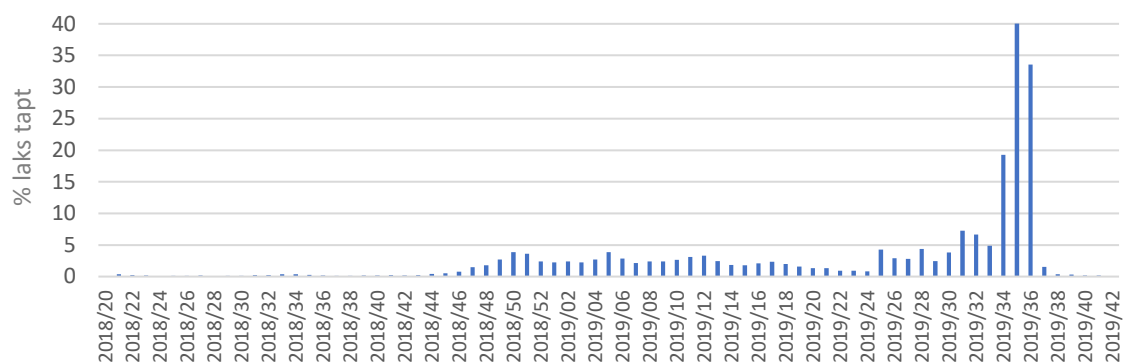
Tabell 3. Antall registreringer av oksygenmålinger under 6 mg/L («lav») og over 6 mg/l («normal») for kontrollmerdene (kontroll), merder utstyrt med Strømmen-rør (Strømmen) og utenfor merdene (lokalitet) på 1,5 m (beregnet fra gjennomsnittsmålinger pr time) fra utsett og frem til uke 46 i 2018.

Måned	1,5 m			Normal oksygenverdi		
	kontroll	Strømmen	lokalitet	kontroll	Strømmen	lokalitet
jun			13	66	66	20
jul	161	22	45	1327	1466	699
aug	235	78	152	1253	1410	592
sep*	47	52	1	1377	1354	719
okt*	138	113		744	764	436
nov	14	15		512	508	263
Totalsum	595	280	211	5279	5568	2729
Totalsum kontroll	5874					
Totalsum strømmen	5848*					
Totalsum lokalitet	2940**					

*=manglende rengjøring av inntaket på Strømmen-røret som gav redusert gjennomstrømming av vann.

**=noe lavere enn for kontroll siden noen registreringer ble fjernet (for eksempel når sensorene ble rengjort).

***= det er flere målinger for merdene enn lokalitet siden det er angitt sum av målinger for hhv kontroll (merd 21 og 24) og Strømmen (merd 22 og 25).



Figur 20. Prosentvis døde fisk pr uke på Lybergsvika fra utsett til slakt.

Splittingen av laksen, som var tiltenkt å skje før jul, ble utsatt på ubestemt tid. Tilveksten var heller ikke blitt som ventet på grunn av redusert appetitt og mindre utfôring. Situasjonen så ut til å bedre seg i løpet av vinteren 2019, men splitting ble fortsatt satt på vent siden laksen var svak og det var forhøyet dødelighet i alle merder. Etter hvert gikk dødeligheten litt ned og appetitten opp.

Splitting ble utført i juni i uke 25. Lokaliteten hadde da innhentet tillatelse for å kunne overgå tillat biomasse for økologisk laks. Ved splitting var det ikke for høye tall av kjønnsmoden hunnlus (Figur 17), men nivået var like under, og det ble derfor valgt å avluse laksen under splitting. Det var kun fisken som ble forflyttet til ny merd, merd 11-15 (Figur 5A), som ble avluset. Laks fra merd 21 gikk til merd 11, laks fra merd 22 gikk til merd 12 og så bortetter. SalMars avlusings-enhet der lusa spyles av fisken mens den transporteres igjennom et rørsystem ble benyttet. I merd 15 ble det satt opp det nye Strømmenrør-flex og i de andre nye merdene ble det benyttet Midt-Norsk ring. Det var ikke satt ut nye miljøsensorer i disse merdene. Merd 15 hadde også fått montert ventiler i skjørtet, som var tiltenkt å bedre salinitetsforskjellen mellom innside og utside av merden.

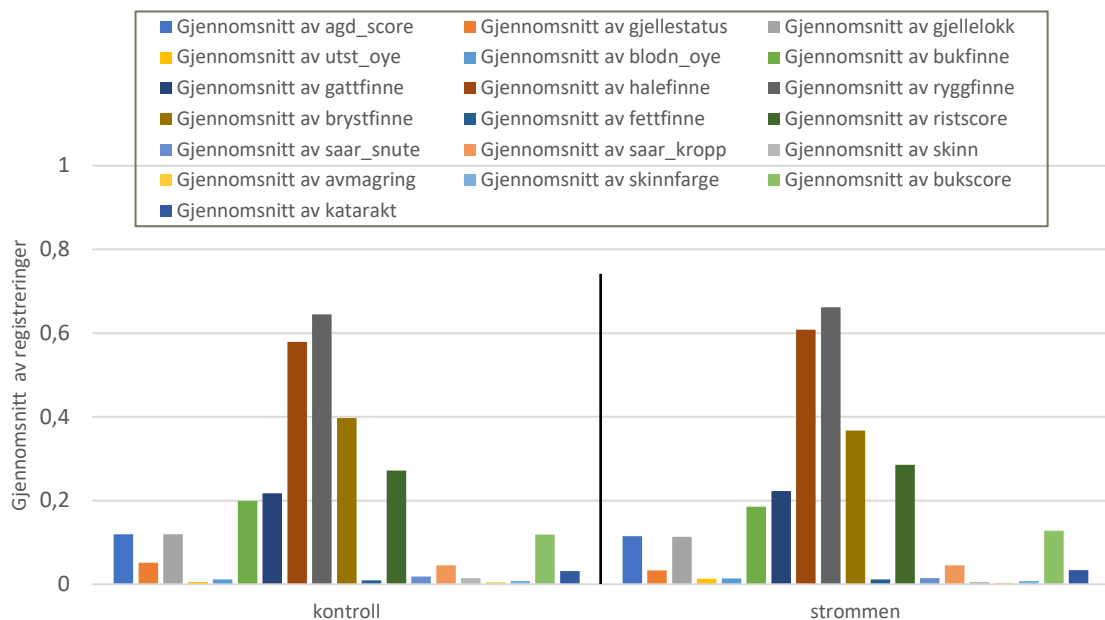
Ved utslaktning ble kontrollmerdene som ble benyttet fra utsett slaktet først, siden det var mest lus der. Etter dette ble det igjen økt dødelighet på lokaliteten (Figur 21) og de eksperimentellmerdene 22 og 25 ble hasteslaktet. Dårlig gjellehelse kombinert med vannbåren smitte var konklusjon på dødeligheten den siste perioden. Dødelighet og utfôring blir derfor ikke noe godt mål på hvordan Strømmen-røret leverte siden sykdom inntraff i uke 46 i 2018 og har preget hele uttestingsperioden i sjø. Kontrollmerdene unnslopp den siste dødelighetsperioden siden de alt var utslaktet på grunn av høyest lusetall. I Tabell 4 viser likevel oppsummert dødelighet for alle merder fra splitting i 2019 til utslaktning senere på året.

Tabell 4. Dødelighet på lokaliteten i tidsperioden fra etter splitting, uke 25 i 2019, til all fisk på lokalitet er utslaktet i uke 42 i 2019. (*=to av fire merder blir slaktet ut tidlig)

Type merd	Merd	Utslaktet uke i 2019	Rekkefølge utslaktet	Antall fisk i merd	Antall fisk tapt	% Tap Uke 25-42 2019
Kontroll	11	39-40	9	70 738	7 327	10,4
	14	36	5/6/7	75 258	12 537	16,7
	21	29-30-31	2	103 242	2 425	2,3
	24	28-29	1	89 841	1 187	1,3
Totalt Kontroll				339 079	23 476	6,9*
Strømmen	15	36	5/6/7	70 501	9 415	13,4
	22	31 & 36-37	3	95 900	11 435	11,9
	25	34	4	94 244	11 649	12,4
Totalt Strømmen				260 645	32 499	12,5
Tidl. Strømmen	12	41-42	10	72 631	12 480	17,2
Totalt tidl. Strømmen				72 631	12 480	17,2
Merd 23 og 13	13	38	8	70 415	11 029	15,7
	23	36	5/6/7	76 670	14 897	19,4
Tot. Merd 23 og 13				147 085	25 926	17,6
Totalsum				819 440	94 381	11,5

Igjennom hele perioden i sjø så har laksen også blitt fulgt opp med velferdsscoreing (Stien, Bracke et al. 2013, Pettersen, Bracke et al. 2014, Noble, Nilsson et al. 2017). Velferdsscoreing er et forsøk på å gi et mål på hvordan fisken har det basert på scoring av ytre, makroskopiske kjennetegn. Velferdsscoreingen ble gjennomført for å vurdere om Strømmen-røret endret velferden til laksen. Etter de første 6 månedene i sjø ble scoring under lusetelling redusert. En ønsket minst mulig håndtering av laksen på grunn av sykdom og siden laksen snudde seg i kastet.

Det ble ikke funnet noen forskjell i scoring mellom Strømmenrør- og kontrollmerder (Figur 22). Av registrerte funn så var det stort sett scoring på finneskader – kategori 1 som er beskrevet som «ett arrvev eller splitting», og er noe de aller fleste laks har.



Figur 21. Gjennomsnitt av scoringer på laks i Strømmen- og kontrollmerder.

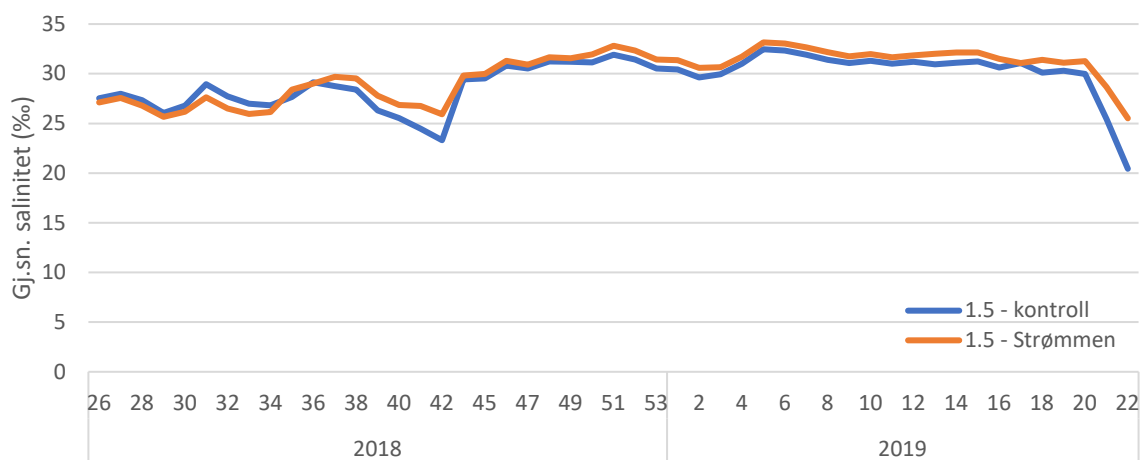
Rensfisk ble benyttet på lokaliteten for å holde lusetallet nede. På anlegget var det både rognkjeks, berggylt, bergnebb og grønngyldt. Rensfisk ble også scoret, men det var varierende hvilken art og hvor mange man fikk opp av rensfisk under lusetelling. Scoringsskjemaet var utarbeidet av prosjektgruppen (Vedlegg 2). Det var få registreringer og med lav alvorlighetsgrad både for Strømmen- og kontrollmerder.

Før splitting av laks og før utslakting så ble rensfisken fangstet i merd. Både ved fangsting før splitting og før slakting, så var trenden at det var høyere antall overlevende rensfisk i Strømmen- enn i kontrollmerdene (pers. kom. driftsleder). Rognkjeks, som var mest brukt på lokaliteten, var observert hvilende på Strømmen-røret, noe som kan ha bidratt til økt overlevelse.

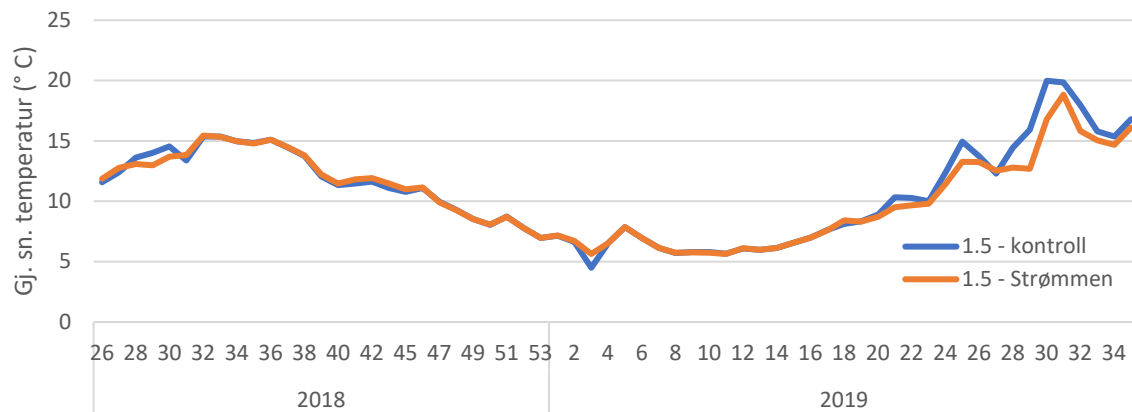
Merdene som ble benyttet fra utsett var utstyrt med sensorer for salinitet, temperatur og oksygen. Voksen laks er lite påvirket av saltholdighet, men endringer i saltholdighet kan sammen med andre uheldige faktorer medføre stress (Bakke, Bjerknes et al. 1991, Johansson, Ruohonen et al. 2006). Gjennomsnittlig var trenden at Strømmen-merdene lå 1-2 ‰ over kontrollmerdene i salinitet (Figur 23). Strømmen-røret henter vann fra 12 m og sprer dette i merden, så høyere salinitet var som forventet. Salinitetsforskjell mellom innside og utside skjørt har det vært jobbet mye med igjennom prosjektet og det har blitt utviklet ventiler for å utligne forskjellen.

Optimal temperatur for vekst hos laks antas å være 13 °C (Handeland, Arnesen et al. 2003). Både Strømmen- og kontrollmerdene hadde lavere temperatur enn optimalt i største del av perioden (Figur 24). Den gjennomsnittlige temperaturprofilen er nokså lik for begge type merder, men Strømmen-merdene unngår temperaturbunnen på vinteren (uke 3 i 2019) og temperaturtoppen på våren (uke 20 i 2019). I uke 30 i 2019 så er kontrollmerdene opp mot 20 °C. Igjennom adferdsforsøk vet man at laks vil unngå så høye vanntemperaturer og at oksygenforholdene blir verre (Figur 3) (Oppedal, Dempster et al. 2011, Oppedal, Vågseth et al. 2011).

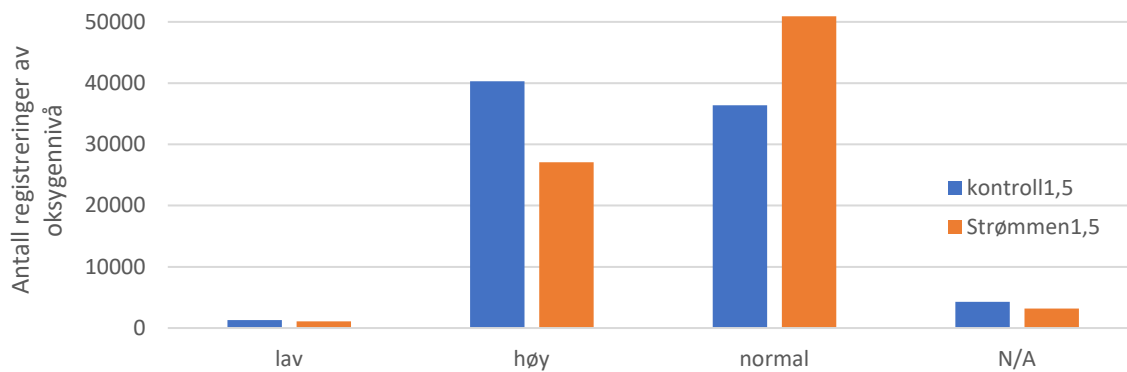
Oksygenverdiene i en merd kan endres raskt, og Strømmen-røret er innstilt slik at det skal pumpe mer vann ved lave oksygenverdier. I merdene med Strømmen-rør var oksygennivået mer stabilt, det var færre høye målinger (over 8 mg/l) og færre lave målinger (under 5 mg/l) (Figur 25). I perioder var det lavere oksygennivå på 12 m, i disse periodene kan det kanskje vurderes å stoppe pumpa eller at oksygen blir tilført. I midt-norsk ringen så blir luft tilført og slik tilsatt 20 % oksygen. Strømmen-røret, som er brukt her, tilsetter ikke oksygen. Det ble bekreftet at oksygenverdien på 1,5 m var plassert riktig for å fange opp dårligste oksygenverdi i merden, for oksygensensoren på anlegget var plassert på 5 m dyp og disse målte høyere nivå. Andre studier der skjørt er brukt, bekrefter også at det er dårligst oksygenverdier høyt i merden (Jónsdóttir, Volent et al. 2020).



Figur 22. Salinitetstrenden målt på 1,5 m for Strømmen- og kontrollmerder uke 26 i 2018 til uke 22 i 2019. Fra uke 34 i 2018 ble midt-norsk ringen tatt i bruk i kontrollmerder.



Figur 23. Temperaturtrenden målt på 1,5 m for Strømmen- og kontrollmerder i uke 26 i 2018 til uke 34 i 2019.



Figur 24. Antall ganger oksygensensoren har registrert oksygenverdi på lav (under 5 mg/l), høy (over 8 mg/l) og normal (mellom 5-8 mg/l) på 1,5 m dybde i Strømmen- og kontrollmerder fra uke 26 i 2018 til uke 35 i 2019. N/A er ikke aksepterte målinger.

OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Hovedmålsetningen i prosjektet, å ha en generasjon laks i sjøen uten å måtte behandle fisk for lakselus, ble oppnådd. Strømmen-røret viste seg også å være driftssikkert med solide komponenter, og når alarmene til styringssystemet var riktig innstilt, så fungerte styringssystemet som ønsket. I de første seks månedene med drift ble det observert forskjeller mellom Strømmen- og kontrollmerder, i favør av Strømmen-merder. Dette var observasjonene:

- Under startfôring stod laksen høyere i merdene med Strømmen-røret. Det var derfor enklere å få fôret laksen.
- Det er færre registreringer av oksygennivå under 6 mg/L med Strømmen-røret.
- Dødeligheten i merder med Strømmen-røret var nesten halvert.
- Da Strømmen-rørene ble installert var det mye maneter i merdene. Etter 1-2 timer i drift med Strømmen-rørene var det ikke lenger synlig maneter i Strømmen merdene.

Etter de første seks månedene i sjø gikk appetitt ned og dødeligheten opp i alle merder, og det varte nesten helt frem til slakt. Like etter at slakt var påbegynt, kom det økt dødelighet igjen i alle gjenværende merder. Dødelighet, tilvekst og fôrfaktor blir derfor vanskelige parametere siden det var mye sykdom. Det kunne derfor vært ønskelig med en ny uttesting. Etter endt produksjon i sjø er disse forskjellene observert (resultat og pers. kom. driftsleder, Lars Kjetil Hunnes):

- Høyere overlevelse på rensesk i Strømmen-rør merder.
- Rognkjeks hviler på røret og det var observert rognkjeksreir på røret.
- Av merdene som var med fra utsett, så ble Strømmen-rør merdene uslaktet til sist siden de hadde lavest lusetall.
- Slaktevekt er 70 g høyere per fisk i Strømmen-rør merd 15 mot kontrollmerd 14. Disse merdene har likt tidspunkt for utslakting. Det ble produsert 4 tonn mer fisk i merd 15, altså det var en økt slaktevekt med 1,23 %.
- Det var ikke redusert dødelighet i Strømmen-merdene etter at sykdom inntraff.
- Strømmen-rør merdene hadde 7,2 % lavere nivå av lus (Tabell 1).
- Det kom inn vann med høy risiko for lusesmitte i alle merder både gjennom overlapp, over skjørtekant, via fôringsautomat for rensesk og ved rengjøring av not.

Etter det vi kjenner til er dette det første utsett i sjø, under en normal produksjon, som har blitt fulgt opp med ytre velferdsindikatorer fra utsett til slakt. Her var målsetningen å se om det var forskjell mellom de to ulike type merdene på velferd. Vi observert ingen forskjell mellom Strømmen- og kontrollmerder verken for laks eller rensesk. Men vi så vanskeligheten av å få et representativt utvalg i prøvetakingen når sykdommen på laks inntraff.

Strømmen-røret fikk flere forbedringer igjennom prosjektet. Røret har fått en fleksibel lengde – slik at lengden kan justeres etter behov. Da røret med fast lengde ble testet ut så viste det seg at oksygenivået i perioder var dårligere på 12 m enn på 1,5 m. Da ble vann med dårligere oksygenivå fordelt i merden. Ved slike tilfeller så kunne røret ha blitt slått av, eller med nytt flex-rør kunne inntaket ha blitt endret til et sted i vannsøylen der oksygenivået var høyest

mulig. Det nye røret vil være enklere å håndtere fordi det kan komprimeres. Det ble også observert at regelmessig renhold på miljøsensorer kan være utfordrende og en god plan trengs for å sikre riktige miljømålinger.

Skjermingen mot lus ble ikke god nok selv om det ble brukt 8 m lange skjørt. Det ble identifisert flere introduksjonsveger for luselarvene. Det kom inn mye vann gjennom skjørtoverlappen og over skjørtekanten. I tillegg brukte fôringsautomaten til rensfisk en vannpumpe og inntaket til vannpumpen var på utsiden av merden. Ved rengjøring av not ble det brukt vann fra utsiden av merden til å rengjøre innsiden. Dersom ovenstående introduksjonsveger blir fjernet så vil det gi potensiale for en mer helhetlig skjerming og slik redusert tilførsel av luselarver inn i merden.

Igjennom prosjektet har man fått ny kunnskap og erfaring, identifisert og gjennomført forbedringer av både Strømmen-rør og ventiler for salinitetsutjevning. En har identifisert forbedringspotensial for luseskjerming. Men i og med at det ble så mye sykdom på anlegget, så har man ikke fått svar på alt man hadde målsetning om med tanke på vekst, dødelighet, utfôring og slaktekvalitet. Det bør derfor gjennomføres et nytt forsøk med forbedret variant av Strømmen-rør og luseskjerming.

HOVEDFUNN

- Hovedmålsettingen om å unngå håndtering av laksen på grunn av lakselus gjennom produksjon av en generasjon ble oppnådd
- Strømmen-røret har driftssikre komponenter tilpasset eksisterende oppdrettsanlegg og gjeldende krav til HMS
- Høyere overlevelse på rensefisk i merder med Strømmen-rør
- Automatisert regulering førte til færre oksygendropp og økt beredskap

LEVERANSER

- Referat fra oppstartmøte 1
- Undertegnet samarbeidsavtale
- Referat fra styringsgruppemøte 1
- Referat fra styringsgruppemøte 2
- Førebels rapport etter 6–8 måneders drift i sjø
- Referat fra styringsgruppemøte 3
- Referat styringsgruppemøte 4
- Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer
- Populærvitenskaplig artikkel
- Faktaark
- Faglig sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer
- Presentasjon til bruk på ulike samlinger

REFERANSER

- Bakke, H., V. Bjerknes and A. Øvreeide (1991). "Effects of rapid changes in salinity on the osmoregulation of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*)." *Aquaculture* **96**(3-4): 375-382.
- Espmark, Å. M. O., C. Noble, J. Kolarevic, G. M. Berge, G. H. Aas, S. A. Tuene, M. H. Iversen, H. I. Wergeland, L.-H. Johansen and E. Burgerhout (2019). "Velferd hos rensefisk-operative velferdsindikatorer (OVI)-RENSVEL." *Nofima rapportserie*.
- Handeland, S., A. Arnesen and S. Stefansson (2003). "Seawater adaptation and growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) of wild and farmed strains." *Aquaculture* **220**(1): 367-384.
- Johansson, D., K. Ruohonen, A. Kiessling, F. Oppedal, J.-E. Stiansen, M. Kelly and J.-E. Juell (2006). "Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site." *Aquaculture* **254**(1): 594-605.
- Jónsdóttir, K. E., Z. Volent, P. Klebert, R. Mathisen, S. Andorsen, R. Sæternes and L. M. Sunde (2020). "Påvirker tetthetsgradient strømmen og oksygenivået i en fiskemerde med luseskjørt?" *Norsk Fiskeoppdrett* **1**.
- Noble, C., J. Nilsson, L. H. Stien, M. H. Iversen, J. Kolarevic and K. Gismervik (2017). "Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd."
- Oppedal, F., T. Dempster and L. H. Stien (2011). "Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review." *Aquaculture* **311**(1): 1-18.
- Oppedal, F., T. Vågseth, T. Dempster, J.-E. Juell and D. Johansson (2011). "Fluctuating sea-cage environments modify the effects of stocking densities on production and welfare parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)." *Aquaculture* **315**(3): 361-368.
- Pettersen, J. M., M. B. M. Bracke, P. J. Midtlyng, O. Folkedal, L. H. Stien, H. Steffenak and T. S. Kristiansen (2014). "Salmon welfare index model 2.0: an extended model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon, based on a review of selected welfare indicators and intended for fish health professionals." *Reviews in Aquaculture* **6**(3): 162-179.
- Remen, M., F. Oppedal, T. Torgersen, A. K. Imsland and R. E. Olsen (2012). "Effects of cyclic environmental hypoxia on physiology and feed intake of post-smolt Atlantic salmon: Initial responses and acclimation." *Aquaculture* **326-329**: 148-155.
- Stene, A., L. Gansel and M. D. Jansen (2018). Strategier for å begrense spredning av virus mellom sjølokalteter med laksefisk. Fokus på Salmonid Alphavirus (SAV) og Pancreas Disease (PD), NTNU i Ålesund, Veterinærinstituttet.
- Stene, A., H. Viljugrein, H. Yndestad, S. Tavorntpanich and E. Skjerve (2014). "Transmission dynamics of pancreas disease (PD) in a Norwegian fjord: aspects of water transport, contact networks and infection pressure among salmon farms." *Journal of Fish Diseases* **37**(2): 123-134.
- Stien, L. H., M. Bracke, O. Folkedal, J. Nilsson, F. Oppedal, T. Torgersen, S. Kittilsen, P. J. Midtlyng, M. A. Vindas and Ø. Øverli (2013). "Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation." *Reviews in Aquaculture* **5**(1): 33-57.

VEDLEGG

		20 Individuell laks pr merd																						
		Lybergsvika																						
Merd:	Utørt av:																							
Dato:	Bedøvesmiddel:																							
Registrering	Vekt (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Kar	Totale	snitt
Lengde (cm)																								
Lakselus - faststående																								
Lakselus - bevegelige																								
Lakselus - voksne humulus (+/- med/uten eggstreng)																								
Skottelus - bevegelige																								
Skottelus - voksne humulus (+/- med/uten eggstreng)																								
Skinnfarge (1:lysere, 2:mørkere)																								
Aumagringsstadium (1:aumagret, 2:oper fukt)																								
Snoftfiseringsstadium (1:oper)																								
Kjønnsmodning (1:vev σ^1 , 2:sk m σ^1 , 3:sk m σ^2 , 4:skok)																								
Skinm (1:hebradet arnev)																								
Buk-Score (1:små røde flekker, 2:20-40% av buk m/flekker, 3:5-40%)																								
Sår-kropp (1:små, 2:livstruende, 3:mekansk, 4:ingehitt)																								
Sår-Smule (som over)																								
RIS-Score (1:1-5% mangler, 2:medium 5-20% mangler, 3:over 20% mangler)																								
SPORfime (1:ett arnev eller spitting, 2:mer, 3:skstrem)																								
GAITfime (som over)																								
BUKfime (som over)																								
BRYSfime (som over)																								
RYGGfime (som over)																								
FETTfime (som over)																								
Katarakt (1:1-50% ett øye, 2:50% begge øyer, 3:50% ett øye, 4:50% begge øyer)																								
Øyebelting (1:ett øye, 2:begge øyer)																								
Utslående øye (som over)																								
Gjelleblokk skade/forkorning (1:delvis ensidig, 2:delvis tosidig, 3:ett traverende, 4:to traverende)																								
Gjellestatus (1:midte tegn til infeksjon/necrose/sår, 2:aktivt)																								
AGD-score (1:1 punkt, 2:2-3 flekker, 3:3-20% flekker, 4:4-50% flekker, 5:50% flekker)																								
Deformitet rygg (1:små, 2:tydelig/deform)																								
Deformitet overlippe (som over)																								
Deformitet underkjeve (som over)																								
PCR vev (1:egde, 2:ipete, 3:nyre)																								

Bevlus i kar: Kj.m.lus i kar:

Bevskotte: Skotte.kj.m.:

Skjema 1.1.v.6

Kun avvik fra normalen blir score

Vedlegg 1. Scoringsskjema for velferd hos laks.

Ark: Dato:

Utført av:

Registrering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Merd																				
Funnert (1:dødfiskhäv, 2:orkast, 3:ruse/reine)																				
Tilstand (1:død)																				
Art (1:rognekles, 2:bergnebb, 3:berggyll, 4:grønngyll)																				
Vekt (g)																				
Lengde (cm)																				
Høyde (cm) (for rognkiele)																				
Skottelus - voksne hanner																				
Skottelus - voksne hunnlus (+/- med/uten eggstreng)																				
Avmagrinns stadium (1:svmager, 2:tape fisk)																				
Skinn (1:helbredet arve)																				
Buk-score (1:små tøde flekker, 2:20-40% av buk m/flekker, 3:>40%)																				
Sår-Kropp (1:små, 2:livstruende, 3:mekansk, 4:fulgebitt)																				
Sår-Snute (som over)																				
Rist-Score (1: <5% mangler, 2: mellom 5-20% mangler, 3: over 20% mangler)																				
Halefenne (1:inos/moderat arvev eller spitting, 2:mer, 3:alvorlig)																				
Gattfenne (som over)																				
Sugakopp (som over)																				
Brystfenne (som over)																				
Ryggefenne (som over)																				
Katarakt (1:<50% ett øye 2:<50% begge øyer 3:>50% ett øye 4:>50% begge øyer)																				
Øyelidning (1:ett øye, 2:begge øyer)																				
Ustående øye (som over)																				
Gjellelokk skade/forkorting (1:delvis ensidig, 2:delvis tosidig, 3:ett fraværende, 4:to fraværende)																				
Gjellestatus (1:imide tegn til infammasjon/nekrose/sår, 2:alvorlig)																				
AGD-score (1:1 hvit, slimete flekk, 2: 2-3 flekker, 3:<20% flekker, 4:<50% flekker, 5:>50% flekker)																				
Deformert rygg (1:imstenkt, 2:tydelig/ekstrem)																				
Deformert overkjeve (som over)																				
Deformert underkjeve (som over)																				
Obduksjon (1:ja, 2:nei)																				
Ved obduksjon: Antall lus i magesekken																				
PCR vev (1:gjelle, 2:hjerte, 3:nyre)																				

Kun avvik fra normalen blir scoreet

Skjema 1.2.194



MØREFORSKING

MØREFORSKING AS
Postboks 5075
6021 Ålesund
TEL +47 70 11 16 00
www.moreforsk.no
NO 991 436 502
