



Taskforce lakselus – mekanismer for spredning av lakselus

Anna Solvang Båtnes, Lone Sunniva Jevne, Cecilie Miljeteig, Yngvar Olsen

1. Sammendrag

Prosjektet «Taskforce lakselus – mekanismer for spredning av lakselus» ved NTNU ble opprettet med bakgrunn i de økende lakselus-problemene som oppdrettsindustrien opplevde i 2015-2016, fordi man så at det fortsatt manglet kunnskap om lakselusas grunnleggende biologi, økologi og smitte/spredning, for å kunne håndtere utfordringen. Prosjektet har som hovedmål å etablere fundamental kunnskap om hvordan lakselus kan spres innen og mellom ville og oppdrettede bestander av laksefisk, og å etablere økt kompetanse på fagområdet i Midt-Norge.

Prosjektet er organisert som et doktorgradsprogram ved NTNU, og delt inn i arbeidsområder som vist i Figur 1. FHF-prosjekt 901241 finansierte en seniorforsker for å koordinere og lede forskningsarbeidet i Taskforce lakselus, NTNU finansierte en PhD-stipendiat og industripartnerne finansierte resten av prosjektet, som dekket 4 PhD-stipendiater. Forskningsarbeidet utføres av PhD-stipendiater, forskere, masterstudenter og veiledere ved NTNU, og deler av prosjektet pågår fortsatt.

Ett av gjennomførte arbeider i prosjektet undersøkte utvikling og spredning av lakselus. Dette ble studert med ulike metodikk i Frøya-området gjennom både datastudier og feltstudier, deriblant omfattende planktonprøvetaking. Det ble vist at for merder uten luseskjørt var tettheten av planktoniske stadier av lus positivt korrelert med vanntemperatur for laksens første år i sjø, og med både temperatur og antall voksne hunnlus andre året. Merder med luseskjørt fulgte de samme trendene, men korrelasjonen med temperatur var ikke signifikant andre året. Det ble videre ikke funnet noen indikasjoner på at lakselus kan bruke begroing som et mikrohabitat, og vasking av nøter forandret ikke tetthetene av planktoniske lus inne i merden. I løpet av brakkleggingsperioden ble det ikke funnet planktoniske stadier av verken lakselus eller skottelus.



Et annet arbeid undersøkte ferskvannsavlusning, og fant en gjennomsnittlig effekt på 86,3 % for lakselus og 99,6 % for skottelus. Den største nedgangen i lusetall kom i starten av avlusningen, og etter 5 timers behandlingstid var videre effekt liten.

Det er også gjort ulike undersøkelser av lysresponser hos planktoniske stadier av lakselus. Larvene tiltrekkes av lys, både dagslys og kunstig lys både over og under overflaten. Undervannslys i merder kan potensielt tiltrekke luselarver, men grunnet deres begrensede svømmekapasitet vil dette være avhengig av vannstrøm.

Det er utdannet 12 masterstudenter med kompetanse på lakselus i forbindelse med prosjektet, og flere andre holder på med sine oppgaver. Én av stipendiatene er ferdig med sin PhD, mens fire andre er rundt halvveis. Det forventes derfor at det kommer enda flere spennende resultater utover i 2021 og 2022. Prosjektet har altså bidratt til å øke kompetansen på lakselus og skottelus i Norge, og resultatene i prosjektet har blitt løpende kommunisert til næringen gjennom samlinger to ganger i året slik at kunnskapen kan spres og implementeres. Forskingen i prosjektet gir både basiskunnskaper om lusa, og utfører også anvendt forskning, for eksempel i forbindelse med avlusningsoperasjoner, som oppdrettsnæringen kan bruke som grunnlag i sitt arbeid med lus. Prosjektet er dermed en viktig støtte for næringen i «kampen mot lusa».

2. Abstract

The project "Taskforce salmon lice - spread and infection mechanisms of salmon lice" at NTNU was established as a consequence of the growing salmon lice problems that the farming industry experienced in 2015-2016. This was considered necessary due to the lack of knowledge about salmon lice basic biology, ecology and infection/spread. The main goal of the project is to establish fundamental knowledge about how salmon lice can be spread within and between wild and farmed stocks of salmonids, and to establish expertise in the area.

The project is organized as a doctoral program at NTNU and divided into work areas as shown in Figure 1. FHF project 901241 funded a senior researcher to coordinate and lead the research work in Taskforce salmon lice, NTNU funded a PhD student and the industry partners funded the rest of the project (4 PhD students). The research is carried out by PhD students, researchers, master students and supervisors at NTNU, and parts of the project is still ongoing.

The development and spread of salmon lice have been studied with different methodologies in the area around Frøya, Mid-Norway. This was investigated through both data studies and field studies, including extensive plankton sampling. It was shown that for cages without lice skirts, the density of planktonic stages of lice was positively correlated with sea temperature during the salmon's first year at sea, and with both temperature and the number of adult female lice in the second year. Cages with lice skirts followed the same trends, but the correlation with temperature was not significant the second year. Furthermore, no indications

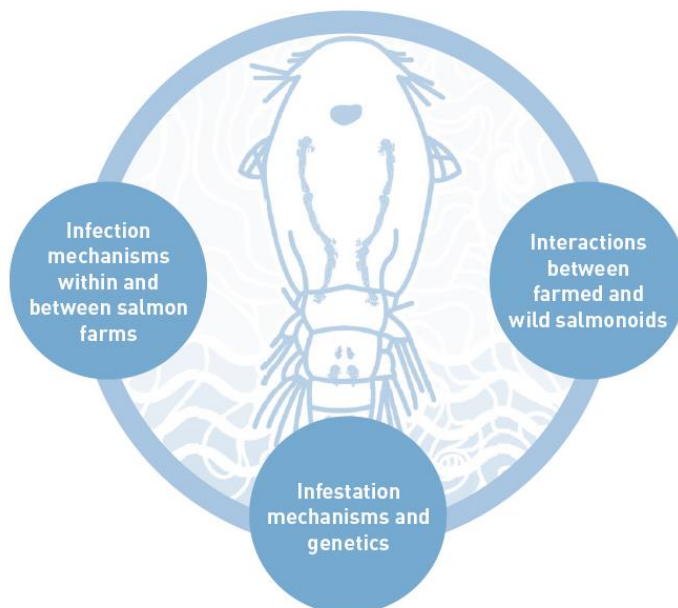


were found that salmon lice can use biofouling as a microhabitat, and *in situ* net-cleaning did not change the densities of planktonic lice inside the cage. During the following period, no planktonic stages of either salmon lice or *Caligus elongatus* were found.

Another study examined freshwater delousing and found an average effect of 86.3% for salmon lice and 99.6% for *C. elongatus*. The largest decrease in louse numbers came at the beginning of delousing, and after 5 hours of treatment there was only a limited additional effect.

Various studies of light responses have been made for the planktonic stages of salmon lice. The larvae are attracted to light, both daylight and artificial light both above and below the surface. Underwater lights in cages can thus potentially attract louse larvae, but due to their limited swimming capacity this will depend on water flow.

The project has educated 12 master students, and several others are currently working with their master projects. One PhD student has finished her PhD, while four others are approximately halfway. We therefore expect further exciting results to be delivered in 2021 and 2022. The project has thus contributed to increasing the competence on salmon lice in Norway, and results have been communicated to the industry through seminars arranged twice per year. The research in the project provides both basic knowledge about lice, and more applied results in connection with e.g. delousing operations that the aquaculture industry can use as a basis in its work with lice. The project is thus a support for the industry in the «battle against lice».



Figur 1. Arbeidsområder i Taskforce lakselus.



Innhold

1. Sammendrag	1
2. Abstract.....	2
3. Innledning	5
4. Problemstilling og formål	6
5. Prosjektgjennomføring, resultater og diskusjon	6
Smittmekanismer for lakselus innen og mellom oppdrettsanlegg.....	7
Lone Sunniva Jevne.....	7
Maria Guttu.....	8
Interaksjoner mellom oppdrettet og vill laksefisk.....	10
Ane Vigdisdatter Nytrø	10
Smittmekanismer og genetikk	10
Stine Østerhus.....	10
Prashanna Guragain	11
Annen aktivitet	12
Ferdige masteroppgaver	13
Pågående masteroppgaver	18
6. Hovedfunn	19
7. Leveranser	20
8. Referanser.....	23



3. Innledning

Bakgrunnen for prosjektet var den utfordrende situasjonen med lakselus i årene fram mot 2016. Økende resistens mot medikamentelle behandlinger gjorde at håndteringen av lakselus ble svært vanskelig, og overgangen fra medikamentelle til ikke-medikamentelle avlusningsmetoder var utfordrende. Problematikken omkring lakselus er todelt; den representerer 1) et problem knyttet til fiskehelse, fiskevelferd og produktkvalitet som har store kostnader for oppdrettene og 2) en mulig trussel for ville bestander av laksefisk, noe som er en bekymring blant annet for forvaltningen og for elveeiere. Selv om det var gjennomført en stor forskningsinnsats for å forstå lusa (Svåsand m. flere 2015), var det på dette tidspunktet bred enighet om at det var behov for mer grunnleggende biologisk kunnskap om lakselus og om hvordan lus smitter laks for å bedre kunne håndtere utfordringen i næringen. Med etableringen av Trafikklyssystemet i Norge i 2017 (Vollset m. flere 2018) hvor videre økning av produksjonsvolum på laks ble koblet til lusetallene, ble luseproblemet en begrensende faktor for videre vekst i oppdrett. Senere ble det også klart at det også var viktig å etablere for basiskunnskap for en annen lus som parasitterer laksen; skottelus.

Prosjektet Taskforce lakselus ved NTNU har tre ulike finansieringskilder. FHF (prosjektnummer 901241) finansierte en treårig stilling for en seniorforsker til koordinering og ledelse av arbeidet. NTNU finansierte en PhD-stipendiat, og industripartnere fra oppdrettsnæringen i Midt-Norge bidro med midler til 4 stipendiater samt driftsmidler. Disse ble alle organisert som ett prosjekt, og FHF's mal for organisering ble brukt. FHF-delen av prosjektet er avsluttet og den NTNU-finansierte stipendiaten er ferdig med sin PhD, men de resterende 4 PhD-stipendiatene er omtrent halvveis, og prosjektet pågår derfor fortsatt.

Prosjektledelsen ved NTNU består av prosjektleder Yngvar Olsen og forsker/koordinator Anna Solvang Båtnes. Prosjektet er organisert som et PhD-program ved NTNU, der PhD-stipendiatene, veiledere, koordinator, masterstudenter og andre ansatte utgjør prosjektgruppen. Veiledere er professorene Yngvar Olsen, Kjell Inge Reitan, Rolf Erik Olsen, Bengt Finstad, John Sølve Tyssedal, Per Winge og Atle M. Bones. Cecilie Miljeteig og Lone S. Jevne er ansatt som midlertidige forskere, og en rekke andre er og har vært involvert i praktisk arbeid for prosjektet. Eksterne partnere har også bidratt, for eksempel har støtte fra Blått Kompetansesenter være viktig for feltarbeid, og SINTEF og NINA er samarbeidspartnere i delprosjekter.

Prosjektet har et styre bestående av fire representanter fra partnerbedriftene og en representant fra NTNU. Generalforsamling avholdes en gang per år, og her velges styre for ett år av gangen. Prosjektet har en rådgivende gruppe som deltok på møter og workshops i oppstarten av prosjektet, og som etterpå har vært involvert i delprosjekter avhengig av kompetanse.

Denne rapporten er sluttrapport for FHF-prosjektet, men fungerer som statusrapport for Taskforce lakselus som helhet, og gir en oversikt over arbeid og resultater i prosjektet. PhD-stipendiatenes arbeidsområder og resultater i de tilfellene der de har kommet så langt, samt



resultater fra masteroppgaver og annen aktivitet, beskrives kort. En komplett publikasjons- og presentasjonsliste for prosjektet er vedlagt.

4. Problemstilling og formål

Hovedmålet for prosjektet er å etablere fundamental kunnskap om hvordan lakselus kan spres innen og mellom ville og oppdrettede bestander av laksefisk. Hovedstrategi for forskningen er å etablere kunnskap basert på økologiske, metabolske og molekylærbiologiske/genetiske metoder som kan forklare økologiske interaksjoner mellom parasitt og vert.

Resultatene vil ha umiddelbar nytte for forståelsen av hvordan smitte kan oppformerer og spres i oppdrettsanlegg gjennom normale driftsprosedyrer. De vil også være nyttige for forståelsen av smitte mellom vill og oppdrettet fisk og derfor bidra til å belyse den miljømessige problematikken. Forskningen som gjøres på smitte i og mellom anlegg, under operasjoner og drift av anlegg kan brukes direkte av oppdrettsnæringen som en del av beslutningsgrunnlag og lusestrategier. Grunnleggende kunnskap om lusas biologi og økologi øker vår forståelse av hvordan lusa fungerer, og kan for eksempel bidra med data til smittespredningsmodeller. Kunnskap om populasjonsgenetikk i ulike geografiske områder kan gi økt forståelse av smittespredning langs kysten, og utvikling av en metode for genredigering i lakselus kan bli et svært viktig verktøy for videre studier av lakselus.

I løpet av prosjektet produseres det doktorgrader, mastergrader, vitenskapelige og populærvitenskapelige artikler, og rapporter. Resultatene formidles også på ulike konferanser, seminarer, avisartikler og andre nyhetsoppslag. Resultatene som kommer fram i løpet av prosjektet formidles raskt videre til partnerne i prosjektet, slik at industrien kan ta kunnskapen i bruk. Dette gjøres gjennom å avholde møter for partnerne i prosjektet 1-2 ganger per år, gi ut nyhetsbrev og legge ut relevant informasjon på en intern prosjektnettside.

5. Prosjektgjennomføring, resultater og diskusjon

Prosjektet er inndelt i tre ulike temaer (Fig. 1), og det er 1-2 PhD-stipendiater under hvert tema. Prosjektet har også et antall masterstudenter som har tatt og tar sine oppgaver i samarbeid med PhD-stipendiater, forskere og professorer i prosjektet. I dette kapitlet presenteres PhD-stipendiatene og deres arbeider under de tre temaene, og deretter masterstudentenes arbeid og andre delprosjekter.



Smittemekanismer for lakselus innen og mellom oppdrettsanlegg

Lone Sunniva Jevne

Lone har i tre ulike arbeidspakker forsket på lakselus-smitte ved å undersøke lusas larvestadier og utviklingen av lusesituasjonen (på laks) for området Frøya Nord. Hun disputerte i juni 2020 med doktorgradsavhandlingen “Development and dispersal of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer 1837) in commercial salmon farming localities”, og avhandlingen er tilgjengelig [her](#).

- 1) Lusesituasjonen i området Frøya Nord fra 2013 til 2019 ble undersøkt. Det ble gjort en dataanalyse av produksjons-, miljø-, og værdata for et område på Frøya over tre produksjonssykluser, og målet med studien var å utforske og beskrive lusesituasjonen for hele området. Dette området praktiserte koordinert brakklegging.

Dette var en periode med et skifte i metoder for avlusninger, og gikk fra kun medikamentelle avlusninger til nærmere utelukkende mekaniske avlusninger i løpet av disse årene. Lusesituasjonen kan fort komme ut av kontroll, selv om hvert anlegg stort sett holder seg under de gjeldende lusegrenser. Økende resistensutvikling og nye avlusningsmetoder var nok deler av grunnene til at produksjonssyklusen som startet i 2015 (2015G) så ut til å komme ut av kontroll. Selv om det ikke var noen signifikante forskjeller i tid på første avlusning mellom 2015G og produksjonssyklusen som startet i 2017 (2017G), så traff avlusningene i 2017G på første topp i voksne hunnlus, mens de i 2015G kom et par uker etter toppen. Den/de ekstra ukene før avlusningene startet kan også ha bidratt til en eskalering av situasjonen i 2015G. Første utsett av rensefisk kom signifikant tidligere i produksjonssyklusen som startet i 2017. I tillegg brukte anlegg som hadde en innblanding av mer enn 4% rensefisk lengre tid på å nå 0,1 voksne hunnlus. Å gi noen konkrete råd for når en bør sette ut rensefisk blir spekulasjoner, men gitt at rensefisk kan ha en akklimatiseringsperiode, kan det ut fra et luseperspektiv være fornuftig å få ut den første rensefisken sammen med laksen, sånn at den har akklimatisert seg til voksne lus dukker opp. Arbeidet er publisert en vitenskapelig artikkel:

Jevne, L. S., & Reitan, K. I. (2019). How are the salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1837) in Atlantic salmon farming affected by different control efforts: A case study of an intensive production area with coordinated production cycles and changing delousing practices in 2013-2018. [*Journal of Fish Diseases*, 42\(11\), 1573-1586](#)

- 2) Finnes luselarver i begroingen på nøter, og øker vasking av nota tettheten av luselarver i vannmassene? Arbeidet ble gjort i samarbeid med SINTEF, og deler av studien ble gjort i samarbeid med masterstudent Margrete Slåttsve Øvrelid (se beskrivelse av resultater fra masteroppgaven under).

Antallet luselarver i vannet gjennom en vaskesyklus ble analysert på et anlegg med 10 m dype skjørt. Vi fant mer luselarver på innsiden av merda enn på utsida, men vi fant ingen



forskjell i antallet luselarver før og etter vasking av nøtene. Vasking av nøtene hadde altså ingen påvirkning på antallet luselarver i merden.

Luselarver i begroing på nøter ble undersøkt, og prøver ble tatt fra et anlegg uten skjørt. Biter av not ble analysert direkte for lus, og totalt ble kun en luselarve funnet i disse bitene. Resultatene fra disse forsøkene viser at luselarver mest sannsynlig ikke sitter fast i begroingen, og at vasking av merden ikke hadde noen signifikant effekt på antallet luselarver i vannmassene på utsiden av merden. Arbeidet er publisert i en vitenskapelig artikkel:

Jevne, L. S., Øvrelid, M. S., Hagemann, A., Bloecher, N., Steinhovden, K. B., Båtnes, A. S., Olsen, Y., Reitan, K. I. (2020). Biofouling on Salmon Pen Nets and Cleaner Fish Shelters Does Not Harbor Planktonic Stages of Sea Lice. [*Frontiers in Marine Science*, 7\(727\)](#).

- 3) Hvor mye luselarver finnes i vannet gjennom en produksjonssyklus, og er det avhengig av antall lus på laksen? Deler av dette arbeidet ble gjort i samarbeid med masterstudent Øystein Vågen Dimmen (se beskrivelse av resultater fra masteroppgaven under).

I denne studien tok vi prøver på tre anlegg hver måned gjennom en produksjonssyklus, og fulgte opp de samme stedene gjennom brakkleggingen. Første året korrelerte antallet luselarver best med temperatur for både merder med og uten luseskjørt. Andre året var merder med og uten luseskjørt litt mer forskjellige. På merdene med luseskjørt (7 m dype) var det antallet lus på laksen som korrelerte best med antallet luselarver. På merder uten luseskjørt korrelerte antallet luselarver med både antall voksne hunnlus og temperatur.

Det var nesten ingen forskjell i antallet luselarver vi fant på innsiden og utsiden av merder som hadde luseskjørt (7 meter dype). Dette var overraskende fordi vi fant en forskjell mellom innsiden og utsiden av merder med luseskjørt (10 meter dype) i en tidligere undersøkelse (masteroppgave Margrete Slåtsve Øvrelid). Selv om det er noen forskjeller mellom merder med og uten luseskjørt, så ser ikke luseskjørt i dette tilfellet ut til å hindre luselarver fra å komme seg ut av merden.

I brakkleggingsperioden fant vi ingen larver av lakselus, og heller ikke skottelus, som indikerer at brakklegging av anlegget også fjerner kildene til skotteluslarver. Arbeidet er publisert en vitenskapelig artikkel:

Jevne, L. S., Guttu, M., Båtnes, A. S., Olsen, Y., Reitan, K. I. (2021). Planktonic and parasitic sea lice abundance at three commercial salmon farms in Norway throughout a production cycle. [*Frontiers in Marine Science*](#).

Maria Guttu

Maria fokuserer på smittemekanismer for lakselus i forbindelse med drift og operasjoner på oppdrettsanlegg, og arbeidet pågår fortsatt.



- 1) «Registrering av lakselus under avlusing med ikke-medikamentelle metoder (RegLus-IMM)» er et større datainnsamlingsprosjekt der det i 2018-2019 ble samlet inn data fra avlusinger. Hovedmålet er å kartlegge lus gjennom hele avlusingsprosessen og dermed kvantifisere andel lus som faller av under trenging, se på avlusingseffekt, samt kvantifisere re-påslag etter behandling. Dette vil gi informasjon om hvordan lus som faller av i trenging kan påvirke omfanget av re-smitte etter avlusing.

For å øke antallet avlusninger som ble registrert, gjorde oppdretterne som er partnere i Taskforce lakselus selv tellingene og registrerte data. Det ble registrert data fra 266 avlusinger på merdnivå, der det ble brukt fem ulike avlusingsmetoder (ferskvann, Optilicer, SkaMik, FLS-avluser og Hydrolicer). Dataanalyser og opparbeiding av vitenskapelig artikkel pågår.

- 2) Undersøkelser av to ulike typer avlusing inkludert trenging har blitt gjort sammen med masterstudentene Juan Carlos Torres Puerto, Maria Gaasø, Preben Røstad Antonsen og Marit Nersten (noe av dette er ferdig mens andre deler er under opparbeiding; se beskrivelser av masteroppgaver under). Deler av materialet er under opparbeiding til vitenskapelig artikkel.

Det ble gjort registrering av lusetall (lakselus og skottelus) på 5 tidspunkter under ferskvannsavlusing (5 merdbehandlinger). Gjennomsnittlig effekt var på 86,3 % for lakselus og 99,6 % for skottelus. Den største nedgangen i lusetall kom i starten av avlusingen, og ut over 5 timers behandlingstid var videre effekt liten. Det har også blitt gjort registreringer av lusetall og lusas plassering på fisken før og etter avlusing med Hydrolicer (11 merdbehandlinger), og disse dataene er ikke ferdig behandlet.

Det har blitt gjort undersøkelser av ulike typer trenging i forkant av avlusingen, blant annet registreringer av lusetall og lusas plassering på fisken i løpet av trengingsprosessen. Under trenging og avlusing har det også blitt tatt prøver av vannmassene omkring merdene for å se på larvestadiene. Det planlegges i tillegg å hente inn eggstrenger som har gjennomgått ulike ikke-medikamentelle metoder og undersøke faktorer som klekkesuksess.

- 1) Eksperimenter for å undersøke energiforbruk og aktivitetsnivå hos lakselus- og skotteluslarver fra klekking til død er pågående, og dette er et arbeid som gjøres sammen med stipendiat Stine Østerhus og forskere Cecilie Miljeteig og Anna S. Båtnes. Lus fra laboratoriet utsettes for ulike miljøforhold, og det skal gjøres analyser av karboninnhold (kaloriinnhold), lipidinnhold og –sammensetning, genuttrykk og svømmeadferd gjennom alle larvestadiene. Det skal også hentes inn eggstrenger fra oppdrettsanlegg der lusa har gjennomgått ulike avlusinger, og de samme analysene skal utføres på disse. Se også arbeidspakke 2 for Stine Østerhus.



Interaksjoner mellom oppdrettet og vill laksefisk

Ane Vigdisdatter Nytrø

Ane jobber med lusesmitte mellom oppdrettet og vill laksefisk.

- 1) Historiske data for lusepress på innvandrende villaks ved Agdenes fra 1993 til i dag har blitt samlet inn, i tillegg til feltarbeid siden 2017.

Ulike stadier av lus på villaks, samt innvandringstidspunkt (opptil 1000 individer per år), overlevelse hos laks, voksne lus i sjøfasen, og potensielt smittepress skal analyseres. Arbeidet skal publiseres som vitenskapelig artikkel.

- 2) Det gjøres også feltforsøk med lus i frie vannmasser i forbindelse med trengingsoperasjoner på oppdrettsanlegg for kvantifisering av lus i avsilingsvann fra lossing og i tilknytning til merd. Gjennom dette kan man vurdere spredningsevne av lus som faller av og effekt av avsiling av innpumpet vann ved lossing av fisk. Dette gjøres med ulike metodikk som er under utarbeiding, primært ved kvantifisering av lus i Salsnesfilter og ved å bruke pumper utenfor merd med referansetelling før og etter lossing av fisk.
- 3) Det planlegges også å gjøre laboratorieforsøk for å undersøke svømmekapasitet hos kjønnsmodne og preadulte stadier av lus uten vert. Distanse, hastighet og responstid for ulike stimuli vil undersøkes i karforsøk.

Smitemekanismer og genetikk

Stine Østerhus

Stine fokuserer på grunnleggende biologi hos lakselus og skottelus, spesielt kopepodittstadiet.

- 1) Energiforbruk og aktivitetsnivå hos lakselus- og skotteluslarver fra klekking til død ved ulike miljøforhold undersøkes med ulike metodikk. Dette er et samarbeid med stipendiat Maria Guttu, forskere Cecilie Miljeteig og Anna S. Båtnes og masterstudent Elisabeth Fotland.

Elisabeth Fotland (se beskrivelse av resultater fra masteroppgaven under) har i samarbeid med Stine gjort en innledende undersøkelse av luselarvers energiforbruk fra klekking til slutten av kopepodittstadiet (14 dager). Energiforbruket ble undersøkt ved å måle karboninnhold (kaloriinnhold) samt ved å gjøre optiske analyser av lipidene (fettlageret) i luselarvene. Lakselus fra oppdrettsanlegg og «laborielus» som har blitt holdt i kultur på lab i mange år ble sammenlignet, og det viste seg at lusa fra oppdrettsanlegg brukte energilageret sitt saktere, og hadde dermed sannsynligvis lengre levetid, enn «laborielusa».



Videre forsøk utføres med lakselus av ulikt opphav (laboratoriet, vill laks og oppdrettslaks) og med skottelus ved ulike forhold og typer påvirkning/stress, som endringer i temperatur og salinitet. Arbeidet er påbegynt, og noen av planlagte forsøk er gjennomført. Det skal gjøres analyser av karboninnhold (kaloriinnhold), lipidinnhold og – sammensetning, genuttrykk og svømmeadferd gjennom alle larvestadiene.

Forsøkene vil vise om det er forskjeller mellom lus av ulikt opphav, og hvordan de påvirkes av f.eks. ulike årstider og forhold i sjøen. Levetid og svømmeadferd underveis i livsløpet vil gi informasjon om smittmekanismer, og resultatene fra forsøkene kan potensielt gi input til smittespredningsmodeller.

- 2) Kommunikasjon hos lakselus ved hjelp av kjemiske stoffer er av stor interesse med tanke på parasitt-vert-interaksjoner, blant annet i smitteprosessen. Det vil gjøres preferansestudier (adferd) med luselarver, med kjente attraktanter (bl.a. isophorone og «laksevann») som kontroll. Også laksens luktesans og luktreseptorer, som en del av interaksjonen mellom lus og laks, vil være et tema.
- 3) Siste arbeidspakke planlegges innenfor transcriptomics på både lus og laks. Her vil genuttrykket til voksne lus på laks sammenlignes, både lakselus med ulik opprinnelse (vill-, oppdrett- og labluselinje) og skottelus. I tillegg vil det sammenlignes både systemiske (blod) og lokale (bittsted) responser hos laksen ved smitte av nevnte lus. Dette vil gi informasjon om parasitt-vertsinteraksjoner og om disse er ulike ved forskjellige typer lus.

Prashanna Guragain

Prashanna jobber med genetikk og utvikling av en metode for genom-editering i lakselus.

- 1) Det er ulike utfordringer knyttet til utvikling av genom-editering i lakselus. En av dem er å finne mulige seleksjonsmarkører, det vil si et gen som ved endring gir en fenotype som viser at den ønskede genredigeringen har funnet sted. Pale-genet studeres som ett alternativ, og RNA-interferensstudier har blitt utført for validering. Valideringsprosessen og eksperimenter er fortsatt pågående.

Transformasjonsmetoder for levering av genetisk materiale er også en utfordring, og ulike metoder har blitt utprøvd uten å lykkes. Det skal gjøres forsøk med å bruke nanopartikler som leveringssystem, noe som har fungert i andre leddyr.

- 2) Rollen til fenylalanin-hydroksylasegenet (*PAH*) ble undersøkt i lakselus. RNAi-knockdown av genet ga interessante resultater, og vi så utviklingsdefekter, skallskifteproblemer og redusert svømmeevne hos luselarver. *PAH*-genet er antakelig viktig i lakselusas vekst og utvikling. Kunnskap om gener involvert i disse prosessene kan bli viktige steg i prosessen for å finne nye måter å bekjempe lakselus på. En artikkel er publisert i *Frontiers in Marine Science*:



Guragain P., Sporsheim B., Skjesol A., Båtnes A. S., Olsen Y., Bones A. M., and Winge P. (2020) Phenylalanine hydroxylase RNAi knockdown negatively affects larval development, molting and swimming performance of salmon lice. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.608463>

- 3) For å se på mulig slektskap og populasjoner av lus langs kysten av Norge, har lakselus fra ulike områder blitt sekvensert. Materiale ble samlet inn fra 11 av 13 produksjonsområder med hjelp fra partnerne i prosjektet. Analyser av materialet er i gang; DNA fra prøvene er ekstrahert og 2b-RAD-sekvensert. Dataanalyser pågår fortsatt.

Resultater fra dette arbeidet vil gi informasjon om slektskap/populasjoner av lus, og kan for eksempel være nyttig i arbeid med smittesporing og resistensforebygging, og dermed bidra til optimal bruk av metoder mot lus.

Annen aktivitet

Så langt har 12 masterstudenter tatt sin oppgave i Taskforce lakselus-prosjektet, og resultater fra disse oppgavene er oppsummert nedenfor. Sju andre masterstudenter er for øyeblikket i gang med oppgaver tilknyttet Taskforce, og disse er kort beskrevet under. 4-6 nye studenter vil også tas inn i prosjektet i løpet av høsten 2020.

I 2017 ble Andreas Misund engasjert av Taskforce lakselus for å gjennomføre en intervjuundersøkelse blant laksefiskere som hadde drevet med kilnot og/eller drivgarn mellom 1950 og 1980, og dermed har kunnskap om lakselus på tilbakevendende villaks før veksten i havbruksnæringen. Dette arbeidet resulterte i rapporten «Lakselus på villfisk – en kvalitativ studie av laksefiskere i sjø sine beskrivelser av og erfaringer med lakselus» og en vitenskapelig artikkel.

Arbeidet dokumenterer historisk forekomst av lakselus på villaks i et interessant perspektiv. Hovedfunn fra studien:

1. Omfanget av lakselus varierte fra 4-10 per fisk. Enkelte fiskere sa det kunne være opp til 30 lus pr fisk.
2. Det var hovedsakelig kjønnsmoden hunnlus (mørk med strenger) på fisken.
3. I senere tid oppdaget en fisker mer lus på fisken som satt rundt hoderegionen på fisken som var lysere i fargen og mindre i størrelse.
4. Lakselusa satte seg rundt gattåpningen og bakover mot sporen, og konsekvensene av lakselusa var at fisken fikk slitasjeskader rundt gattåpningen.

Misund, A. U. (2019). From a natural occurring parasitic organism to a management object: Historical perceptions and discourses related to salmon lice in Norway. *Marine Policy*, *99*, 400-406.

Prosjektet Profylax ble utført i 2018-2019, og 5 masterstudenter deltok på ulike områder i dette prosjektet (4 studenter i samarbeid med Taskforce lakselus, se under). Det ble gjort



forsøk med lakselus-koepoditter for å se på respons på ulike lysstimuli: bølgelengder (farger), ulik lysintensitet, og pulsering med forskjellig frekvens, og masteroppgavene ble skrevet på ulike aspekter av disse forsøkene. Det jobbes nå med å bearbeide data fra forsøkene videre for å publisere disse som vitenskapelig artikkel. Forsker Cecilie Miljeteig er ansatt i Taskforce lakselus i en periode for å lede arbeidet med denne artikkelen.

Taskforce lakselus har nå sine egne lakselus-kulturer på NTNU SeaLab (kontinuerlige kulturer; lus på laks). Det holdes lus med ulikt opphav: Laboratorielinjen *LsGulen* (Hamre et al. 2009), lakselus fra villaks, og lakselus fra oppdrettslaks, i tillegg til skottelus. Kulturene gir kontinuerlig tilgang på lus til de ulike forsøkene som gjøres.

Ferdige masteroppgaver

Molecular quantification of sea lice in and around sea cages - A study comparing the molecular quantification method qPCR against a conventional method.

Henriette Ingebrigtsen (2017) NTNU. <http://hdl.handle.net/11250/2446614>

To ulike metoder for å kvantifisere mengden luselarver i planktonprøver ble sammenliknet: manuell telling i mikroskop og molekylær analyse ved hjelp av qPCR. For lakselus klarte den molekylære analysen å detektere lus i kjente prøver, mens for skottelus i kjente prøver ble ikke alle detektert. Den estimerte mengden DNA i prøvene basert på molekylære metoder matchet ikke det kjente antallet luselarver i prøvene, og kunne ikke brukes som kvantitativ metode. Luselarvenes størrelse før og etter fiksering i 4 % formalin ble også undersøkt. Det var endringer i størrelsen til nauplius I og II, mens det var ingen endringer for koepoditter.

Characterization of planktonic sea lice distribution and association to fish farm installations.

Margrete Slåtsve Øvrelid (2017) NTNU. <http://hdl.handle.net/11250/2446823>

Tetthet av luselarver i og utenfor merder med og uten luseskjørt ble undersøkt ved hjelp av planktonhåvtrekk. Påvirkning av groe og vasking av nøter på antall luselarver ble også undersøkt. I merder med skjørt (10 m) var det høyere lusetall på innsiden, noe som indikerer en retensjon av luselarver på innsiden av skjørt. På merder uten skjørt var det ingen forskjell mellom innsiden og utsiden. Begroing på not kan til en viss grad holde igjen luselarver på innsiden av skjørtet, sannsynligvis på grunn av redusert strøm. Det ble ikke funnet mer luselarver i vannet umiddelbart etter vasking, og det så dermed ikke ut til at luselarver har tilhold i begroingen.

Effects of salmon crowding during operational practices in sea cages on the dispersion of salmon lice.

Juan Carlos Torres Puerto (2018) DTU, NTNU. <https://findit.dtu.dk/en/catalog/2397914637>



Luselarver i vannmassene under og etter trenging i forbindelse med avlusing ble undersøkt ved hjelp av planktonhåvtrekk på to ulike anlegg. Det var en tendens til flere luselarver i vannet tidlig i trengingen sammenliknet med på slutten, men grunnet lavt antall prøver og høy variasjon var det vanskelig å trekke konklusjoner. Resultatene vil bli tatt med i en mer omfattende analyse sammen med andre data.

Abundance of planktonic sea lice in intensive sea farm locations at Frøya: January-September 2018.

Øystein Vågen Dimmen (2019) NTNU <http://hdl.handle.net/11250/2618085>

Tetthet og fordeling av luselarver på innsida og utsida av merder ble undersøkt ved hjelp av planktonhåvtrekk. Prøvetakinger ble gjort en gang per måned fra januar til september 2018. Tettheten av planktoniske lus var sterkt korrelert med både sjøtemperatur og med antall voksne hunnlus på anlegget. Tettheten var lav fram til juli, og økte betydelig i august (mest lakselus, men også skottelus). Over 99% av luselarvene som ble funnet var nauplier, og færre enn 1% var kopepoditter. Det var ingen signifikant korrelasjon mellom begroingsgrad og tettheten av luselarver på innsiden vs. utsiden av merda. Fordeling av luselarver på 4 steder rundt en merd ble undersøkt, og det var mer lus der strømmen gikk ut enn der den gikk inn. Prøvetaking med planktonhåvtrekk der strømmen går ut av merda, ser altså ut til å fange opp nauplier produsert i merda.

Metode for kartlegging av den fototaktiske svømmeresponsen til Lepeophtheirus salmonis

Jørgen Andreas Åm Vatn (2019). NMBU, NTNU <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2600181>

Initiativtaker til Profylax-prosjektet.

Kopepoditter av lakselus tiltrekkes av lys, og denne adferden er antatt å være en av strategiene som de bruker for å finne en vert (laksefisk). I dette prosjektet ble det utviklet et forsøksoppsett for å kunne undersøke lysresponser (svømmeadferd) hos kopepoditter. Kopepodittene ble utsatt for lysstimuli med ulike farger, intensiteter og pulseringsintervaller, og svømmeadferden ble videofilmet. Svømmeadferden ble registrert ved hjelp av maskinsyn (deteksjons- og sporingsalgoritmer). Metoden lar oss studere adferd mer detaljert enn det har blitt gjort tidligere, og man kan studere lysrespons både hos grupper og enkeltindivider av lakselus.

Investigation of light response and swimming behaviour of salmon lice (Lepeophtheirus salmonis) using feature detection and tracking

Live Forfang Bjørnstad og Maria Arild Solstad (2019). NTNU <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2622957>



En del av Profylax-prosjektet.

Lakselus-copepoditter ble utsatt for lysstimuli med ulike farger, intensiteter og pulseringsintervaller, og svømmeadferden ble videofilmet. I denne oppgaven ble videoene analysert ved hjelp av maskinsynverktøy. Maskinsynverktøy for deteksjon og sporing ble brukt på videoene, inkludert bakgrunnssubtraksjon, filtre og egenskapsuttrekking, og avstand og hastighet ble regnet ut. Copepodittene hadde en overordnet respons mot lys, men svømmemønsteret var forskjellig avhengig av type lysstimuli. Median av maksimal svømmehastighet for lus i samme forsøk var 23-37 mm/s, og maksimal svømmehastighet registrert var 116 mm/s. Lysspredning fra kunstige lys i oppdrettsmerder ble modellert, og dette ble sammenliknet med copepodittene respons på ulik lysintensitet. Lysfølsomheten deres i forsøk tilsvarer respons opptil 42-58 m unna lys i merder.

Investigating the Phototactic Response of Salmon Lice: Design and Analysis of Experiments

Elisabeth Børset (2019). NTNU <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2617257>

En del av Profylax-prosjektet.

Lakselus-copepoditter ble utsatt for lysstimuli med ulike farger, intensiteter og pulseringsintervaller. Et pilotforsøk ble gjennomført før hovedforsøket. Denne masteroppgaven bidro med forsøksplanlegging for å optimalisere eksperimentene, samt statistiske analyser av resultater. I piloteksperimentet var det tydelig at copepodittene hadde positiv respons på hvitt, blått og grønt lys, mens det ikke var noen respons på rødt lys, og rødt lys ble derfor utelatt fra hovedforsøket. Lysresponsen økte med økende lysintensitet. Responsen var sterkest mot grønt lys, og svakere mot hvitt og blått lys. Pulserende lys med 2 sekunder på og 3 sekunder av ga sterkest respons, mens pulseringer med både kortere og lengre intervaller ga svakere respons.

The response of salmon lice nauplii and copepodids (Lepeophtheirus salmonis) to artificial light stimuli

Margrét Baldursdóttir Alsvik (2019). NTNU <https://hdl.handle.net/11250/2656636>

Lakselus-copepoditter tiltrekkes av lys, og med bruk av kunstige undervannslys i merder, er det en mulighet for at copepodittene trekker mot merder. Denne problemstillingen ble undersøkt ved å ta planktonhåvttrekk i en merd med og uten lys, og ved laboratorieforsøk med lysstimuli som simulerte undervannslys i merder. Samarbeidspartnere på deler av arbeidet var SINTEF og AKVA group.

Det ble tatt planktonprøver i merd gjennom to døgn; på dagtid uten undervannslys og på kveld/natt med undervannslys. Det var ikke signifikante forskjeller mellom dag og natt, men



en tendens mot høyere konsentrasjon av luselarver på dagtid, noe som kan tyde på at effekten av dagslys er sterkere enn effekten av kunstige lys.

I laboratoriet ble nauplier og kopepoditter utsatt for fiolett, blått/grønt og hvitt lys. Nauplier fra laboratorie-lus (*LsGulen*) responderte på fiolett og hvitt lys, mens nauplier fra vill lakselus ikke hadde noen respons, men det er usikkert om forskjellen kom av genetiske årsaker eller ulike klekkeforhold. Kopepoditter hadde signifikant respons på fiolett lys, og tendens til respons på hvitt og blått/grønt. Lakselus kan tiltrekkes av lys i merder, men har begrenset svømmekapasitet i forhold til havstrømmer.

*Sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus*) during freshwater treatment*

Maria Gaasø (2020). NTNU <https://hdl.handle.net/11250/2656633>

Ferskvannsavlusning i brønnbåt er en av metodene som brukes for å fjerne lus fra oppdrettslaks. I denne studien ble ferskvannsavlusning evaluert ved å gjøre lusetellinger på 5 tidspunkter gjennom behandlingsforløpet (5 avlusinger). Fisken ble også veid og målt. I tillegg ble det innhentet tall fra lusetellinger før og etter behandling, samt trengemetode.

Lusetallene ble sterkt redusert fra like før behandling til første telling i brønnene. Denne reduksjonen kan komme fra mekanisk stress under trenging og pumping i tillegg til effekten av ferskvann. Lusetallene fortsatte å synke noe utover i behandlingen (varighet ca 10 timer), men etter omtrent 5 timer var det liten videre effekt. Den totale avlusningseffekten for skottelus var 99,6 %. For lakselus var det totalt en effekt på 86,3 % (87,1 % for fastsittende, 92,0 % for pre-adulte, 77,7 % for voksne hanner, 89,5 % for voksne hunner og 97,9 % for eggstrenger). Fra slutten av avlusningen og til neste ukes telling i merd, var det en ytterligere reduksjon i antall lakselus, mens i noen tilfeller var det en økning i antall skottelus.

Det var ingen korrelasjon mellom laksens kondisjonsfaktor og lusetall, og heller ikke mellom laksens lengde og lusetall. Det var indikasjoner på at mer lus forsvant i trengeprosessen ved bruk av orkast enn ved kulerekke, men disse resultatene kunne ikke undersøkes statistisk. Resultatene i denne studien kan brukes som beslutningsstøtte for ferskvannsavlusning, for eksempel for varighet av behandlingen.

*Energy consumption in the free-living stages of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*)*

Elisabeth Fotland (2020). NTNU

I denne undersøkelsen ble energiinnhold og energiforbruk hos frittlevende stadier av lakselus fra klekking til 14 dagers alder undersøkt. Dette ble gjort både ved å analysere karboninnhold og deretter konvertere dette til kaloriinnhold, samt ved å farge lipid (fett) i luselarvene og måle arealet av dette på bilder av larvene. Laboratorielinjen *LsGulen* og lakselus fra et oppdrettsanlegg (*LsFrøya*) ble sammenliknet.



Ved dag 1 etter klekking var kaloriinnholdet i de to ulike typene lakselus relativt likt, men LsGulen forbrukte energien raskere. Ved dag 14 etter klekking var kaloriinnholdet i LsGulen kun 52 % av kaloriinnholdet i LsFrøya. Farget lipid ble målt fra dag 6 til dag 13 etter klekking, og også her var reduksjonen i lipid større for LsGulen enn LsFrøya. Ved dag 13 hadde LsGulen 47 % av lipidmengden målt i LsFrøya.

Energilageret hos «vill» lus ble altså forbrukt saktere, og denne forskjellen kan reflektere en lengre infektiv periode for «vill» lakselus. Forskjeller mellom laboratorie- og «vill» lakselus kan også gjelde andre fysiologiske egenskaper, og dette bør tas hensyn til når man planlegger laboratorieeksperimenter og også når man modellerer lakselusspredning.

Analysis of salmon lice count data for production zones 6 and 7 in Norway from 2017 to 2019.

Inge Hoven Brakestad (2020). NTNU

Målet å undersøke faktorer som påvirket antallet bevegelige lakselus på oppdrettsanlegg i produksjonszone 6 og 7 i Norge fra 2017 til 2019. Dette ble undersøkt ved å samle inn produksjonsdata fra de aktuelle områdene, og tilpasse forskjellige statistiske regresjonsmodeller. Modellene som ble forsøkt tilpasset var Poisson, quasi-Poisson, og en negativ binomial modell.

I tillegg ble det forsøkt å kontrollere for null-inflasjon (zero-inflation) i dataene gjennom en zero-inflated negative binomial regresjonsmodell. Det ble også tilpasset en random forest-modell, som var den som forklarte mest av variasjonen i observasjonene. Fra denne modellen var de faktorene som kunne forklare mest av variasjonen i antallet bevegelige stadier: Mekanisk avlusning, avstand fra kystlinje, korteste distanse mellom anlegg og sjøtemperatur.

The Effect of Natural and Artificial Light on in situ Vertical Migration of Salmon Lice (Lepeophtheirus salmonis) Copepodids

Rebekka Andersen (2020) NTNU.

Lakselus-copepoditter er vist å tiltrekkes av lys, og det har tidligere blitt foreslått at de oppholder seg i de øvre vannlagene om dagen og sprer seg nedover om natten («omvendt vertikal døgnmigrasjon»). I denne studien ble det i samarbeid med [SINTEF Ocean](#) designet og bygget en forsøksrigg med et 10,5 meter langt mesokosme (en transparent plast-sylinder) for å studere den vertikale migrasjonen til lakselus-copepoditter i felt. Sylinderen ble plassert vertikalt i sjøen ved siden av en flytebrygge, og et avbildningssystem ble brukt for å kontinuerlig registrere posisjonen til de tilsatte copepodittene. Forsøkene ble utført i januar-februar under naturlige lysforhold, samt kunstig lys fra bygninger og brygge. I siste del av eksperimentet ble en kommersiell undervannslampe plassert ved 8 m dybde, og denne var skrudd på kl. 11:00-14:00 og 23:00-02:00. Forsøkene med naturlige lysforhold ble på grunn



av tekniske problemer og værforhold for det meste utført når det var mørkt ute, mens forsøk med undervannslampe varte tre døgn.

Forsøkene viste at kopepodittene til en viss grad utførte omvendt vertikal døgnmigrasjon, selv om det var mye kunstig lys på lokaliteten. I forsøk med undervannslampe migrerte kopepodittene nedover om kvelden før lampen ble skrudd på, og fortsatte nedover mens lampen var på og etter at den ble skrudd av. Når det ble dagslys på formiddagen migrerte de oppover. Undervannslampen påvirket altså sannsynligvis den vertikale migrasjonen til kopepodittene på nattetid, men i mindre eller ingen grad på dagtid. Forholdene på forsøkslokaliteten lignet lysforhold på mange oppdrettsanlegg, og denne undersøkelsen gir nyttig informasjon om kopepoditters tiltrekning mot naturlig og kunstig lys. Man bør ta hensyn til disse egenskapene, samt kopepodittenes svømmeegenskaper og strømhastigheter på anleggene.

Pågående masteroppgaver

Astrid Marie Tonstad: Påvirkning av parasittbelastning på påslag av lakselus og skottelus (*Lepeophtheirus salmonis* & *Caligus elongatus*) hos vill atlantisk laks (*Salmo salar*).

Nicolas Sperre: Undersøkelser av sammenhengen mellom fysiologi og vandringsadferd hos sjøørret.

Preben Røstad Antonsen: Effekt av behandling med Hydrolicer på skottelus og lakselus.

Marit Nersten: Kartlegging av lus under trenging av oppdrettslaks.

Narve Nikolai Opsahl: Identifikasjon av seleksjonsmarkør for genredigering i lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) med RNA interferens (RNAi).

Camilla Karlsen: Effekt av forkortet sjøfase ved hjelp av «barnehagelokaliteter» eller storsmolt.

Max Tkachov: Mikroinjeksjoner i voksne hunnlus for overføring av genetisk materiale.

Taskforce lakselus er et prosjekt som fortsatt har mange pågående deler, men likevel har det til nå produsert viktige resultater. En ferdig doktorgrad belyser ulike aspekter ved smittespredning i og mellom oppdrettsanlegg (Jevne 2020). Blant annet ble hypotesen om at luselarvene kan oppholde seg i begroing på nøter undersøkt som en mye omtalt mekanisme. Det ble ikke funnet støtte for at luselarver bruker begroing på noten som habitat, eller at notvask øker tettheten av luselarver inne i og utenfor merden. Disse resultatene kan bidra som beslutningsstøtte i forbindelse med notvask. Masterstudenter har også produsert mange interessante oppgaver, der mye går inn som en del av PhD-stipendiatenes arbeid, mens andre er mer frittstående. Blant masteroppgavene kan man trekke fram at det ble funnet stor



forskjell i energiforbruk hos planktoniske stadier av lus med som har blitt holdt lenge i laboratoriet sammenliknet med lus fra oppdrettsanlegg. Dette kan ha betydning for hvilke luselarver som bør brukes i forskning på laboratoriet. I en annen masteroppgave ble tettheten av luselarver undersøkt på fire punkter rundt en merd, og selv om det ikke ble funnet signifikante forskjeller ble det konsistent funnet flest lus der vannstrømmen gikk ut. Dette verifiserer at prøvetaking på denne posisjonen fanger opp luselarver produsert i den aktuelle merden, og validerer dermed metodikken brukt i flere ulike studier. Ved undersøkelse av ferskvannsavlusning er det funnet at den største avlusningseffekten kommer i begynnelsen av avlusningen, og resultatene kan brukes i beslutningsgrunnlag for hvordan ferskvannsavlusning gjennomføres, for eksempel når det gjelder holdetid av laks. Disse eksemplene viser hvordan arbeidet i prosjektet foregår, og at det kommer fram resultater som er anvendelige.

De fleste av PhD-stipendiatene har fortsatt 1,5-2 år igjen, og det er også mange masteroppgaver som fortsatt pågår. Høsten 2020 tas det opp nye masterstudenter i prosjektet, og disse kommer til å være involvert fram til våren 2022. Det forventes nye resultater de kommende 1,5-2 år. Antall vitenskapelige publikasjoner kommer til å øke framover, siden de fleste artiklene kommer mot slutten av stipendiatperioden. Et eksempel på arbeider er «Registrering av lakselus under avlusing med ikke-medikamentelle metoder (RegLus-IMM)». Dette vil kvantifisere andel lus som faller av under trenging, samt finne ut om dette har en effekt i form av re-påslag etter behandling. Dette vil gi et grunnlag for å bedømme om trengingsprosessene bør endres, for eksempel om det bør legges en større innsats i å samle opp lus under trenging. Et annet pågående arbeid undersøker avlusing med Hydrolicer, inkludert trengingen i forkant av behandling. Her kartlegges lusetall (lakselus og skottelus) og lusas plassering på fisken gjennom trenging og avlusing, og resultatene vil gi et grunnlag for å forbedre metodene som brukes. Det arbeides også for å utvikle en metode for genomredigering i lakselus. Dette er utfordrende på grunn av lusas biologi, men med en slik metode, er det svært mange problemstillinger der man kan bruke genomredigering for å avklare gens funksjon. Dette gjelder for eksempel for å fastslå om et gen er viktig for interaksjonen mellom lus og laks, hvilke gener som er essensielle for vekst i lakselus og hvilke gener som styrer stadieutvikling og kjønnsutvikling. Dette kan bli viktig i utvikling av nye metoder for å håndtere luseproblematikken.

6. Hovedfunn

- Det ble ikke funnet noen indikasjoner på at lakselus bruker begroing som mikrohabitat, og vasking av nøter forandret ikke tetthetene av planktoniske lus inne i merden. På ett av to anlegg med luseskjørt ble det funnet høyere tetthet av planktoniske lus på innsiden enn på utsiden av merden. Denne forskjellen ble ikke



funnet for noen av anleggene uten luseskjørt. I løpet av brakkleggingsperioden ble det ikke funnet planktoniske stadier av verken lakselus eller skottelus.

- Ved ferskvannsavlusing ble det funnet gjennomsnittlig effekt på 86,3 % for lakselus og 99,6 % for skottelus. Den største nedgangen i lusetall kom i starten av avlusingen, og utover 5 timers behandlingstid var videre effekt liten.
- Studier av lakseluslarver viste at de tiltrekkes av lys, både dagslys fra havoverflaten og kunstig lys både over og under overflaten. Undervannslys i merder kan tiltrekke luselarver, men på grunn av deres begrensede svømmekapasitet vil effekten av dette være avhengig av vannstrøm. Gjennomsnittlig svømmehastighet for kopepoditter ble målt til 2,5-3,5 mm/s, og maksimal svømmehastighet var opptil 454 mm/s.
- Analyser av energiinnhold og energiforbruk hos luselarver viste at laboratorielinjen *LsGulen* forbrukte energien raskere enn lakselus fra et oppdrettsanlegg (*LsFrøya*). Ved dag 14 etter klekking hadde *LsGulen* kun halvparten av energiinnholdet i *LsFrøya*, og denne forskjellen kan reflektere en lengre infektiv periode for «vill» lakselus. Dette er viktig for smittespredningsmodeller, og forskjeller mellom lus av ulikt opphav bør tas hensyn til i planlegging og gjennomføring av forskning.
- Ved å slå ut fenylalanin-hydroksylasegenet (*PAH*) med RNAi-knockdown fikk luselarvene utviklingsdefekter, skallskifteproblemer og redusert svømmeevne. Dette viser at *PAH*-genet antakelig er viktig i lakselusas vekst og utvikling.
- En spørreundersøkelse blant fiskere som drev fangst av villaks før lakseoppdrett økte i omfang (fra 60- og 70-tallet og framover), viste at det var vanlig med 4-10 voksne hunnlus per fisk (opptil 30 lus per fisk). Lakselusa satt rundt gattåpningen og bakover mot sporen.

7. Leveranser

Det er produsert fem vitenskapelige artikler, hvorav fire er publisert og den siste er akseptert for publisering. En doktorgrad er fullført, og 12 masterstudenter har fullført sine oppgaver. Det har blitt publisert en populærvitenskapelig artikkel om prosjektet, og en rapport er produsert. Fire postere og ett muntlig foredrag har blitt presentert på internasjonale konferanser, i tillegg til en rekke presentasjoner på nasjonale konferanser og ulike seminarer. Det har i tillegg blitt holdt populærvitenskapelige innlegg om prosjektet og resultater, for eksempel deltok Lone Jevne i Forsker Grand Prix i 2019. Det er arrangert to åpne seminarer med tema «Genredigeringsteknologi» og «Marin kjemisk økologi; kommunikasjon mellom organismer i havet». Nye resultater i prosjektet er fortløpende delt med prosjektmedlemmene på møter avholdt 1-2 ganger per år (til sammen 6 møter fra våren 2017 til høsten 2020). Prosjektet har en [nettside](#) med informasjon og kontaktpersoner, og det legges også ut linker



til masteroppgaver, vitenskapelige artikler og medieoppslag på denne siden. Resultater og andre interne dokumenter deles med prosjektpartnerne på en lukket nettside. Nyheter deles også i nyhetsbrev og på prosjektets [Facebook-gruppe](#).

Noen av leveransene er listet opp her, mens en komplett oversikt finnes i vedlegget: «Taskforce lakselus publikasjons- og presentasjonsliste».

Vitenskapelige artikler

- Misund A. U. (2019) From a natural occurring parasitic organism to a management object: Historical perceptions and discourses related to salmon lice in Norway. [Marine Policy, 99, 400-406.](#)
- Jevne L. S. and Reitan K. I. (2019) How are the salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1837) in Atlantic salmon farming affected by different control efforts: A case study of an intensive production area with coordinated production cycles and changing delousing practices in 2013-2018. [Journal of Fish Diseases, 42\(11\), 1573-1586](#)
- Jevne, L. S., Øvreid, M. S., Hagemann, A., Bloecher, N., Steinhovden, K. B., Båtnes, A. S., Olsen, Y., Reitan, K. I. (2020). Biofouling on Salmon Pen Nets and Cleaner Fish Shelters Does Not Harbor Planktonic Stages of Sea Lice. [Frontiers in Marine Science, 7\(727\)](#). doi.org/10.3389/fmars.2020.00727
- Guragain P., Sporsheim B., Skjesol A., Båtnes A. S., Olsen Y., Bones A. M., and Winge P. (2020) Phenylalanine hydroxylase RNAi knockdown negatively affects larval development, molting and swimming performance of salmon lice. [Frontiers in Marine Science](#). doi: 10.3389/fmars.2020.608463
- Jevne, L. S., Guttu, M., Båtnes, A. S., Olsen, Y., Reitan, K. I. (2021). Planktonic and parasitic sea lice abundance at three commercial salmon farms in Norway throughout a production cycle. [Frontiers in Marine Science](#). <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.615567>

PhD

- Jevne L. S. (2020) Development and dispersal of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer 1837) in commercial salmon farming localities.

Populærvitenskapelige artikler

- Båtnes A. S., Bones A. M., Finstad B., Guragain P., Guttu M., Jevne L. S., Miljeteig C., Nytrø A. V., Olsen R. E., Reitan K. I., Winge P., Østerhus S. og Olsen Y. (2020) Prosjektet «Taskforce lakselus – mekanismer bak spredning av lakselus». [NFExpert 2020/1: 20-24.](#) <https://www.kyst.no/profile/magazines/130817>



Rapporter

- Misund A. U. (2017) Development and dispersal of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer 1837) in commercial salmon farming localities.

Masteroppgaver

- Ingebrigtsen, Henriette (2017) Molecular quantification of sea lice in and around sea cages - A study comparing the molecular quantification method qPCR against a conventional method. NTNU <http://hdl.handle.net/11250/2446614>
- Øvrelid, Margrete Slåtsve (2017) Characterization of planktonic sea lice distribution and association to fish farm installations. NTNU <http://hdl.handle.net/11250/2446823>
- Torres Puerto, Juan Carlos (2018) Effects of salmon crowding during operational practices in sea cages on the dispersion of salmon lice. DTU, NTNU <https://findit.dtu.dk/en/catalog/2397914637>
- Dimmen, Øystein Vågen (2019) Abundance of planktonic sea lice in intensive sea farm locations at Frøya: January-September 2018. NTNU <http://hdl.handle.net/11250/2618085>
- Vatn, Jørgen Andreas Åm (2019) Metode for kartlegging av den fototaktiske svømmerresponsen til *Lepeophtheirus salmonis*. NMBU, NTNU <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2600181>
- Børset, Elisabeth (2019) Investigating the Phototactic Response of Salmon Lice: Design and Analysis of Experiments. NTNU <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2617257>
- Bjørnstad, Live Forfang and Solstad, Maria Arild (2019) Investigation of light response and swimming behaviour of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) using feature detection and tracking. NTNU <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2622957>
- Alsvik, Margrét Baldursdóttir (2019) The response of salmon lice nauplii and copepodids (*Lepeophtheirus salmonis*) to artificial light stimuli. NTNU <https://hdl.handle.net/11250/2656636>
- Gaasø, Maria (2020) Sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus*) during freshwater treatment. NTNU <https://hdl.handle.net/11250/2656633>
- Fotland, Elisabeth (2020) Energy consumption in the free-living stages of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*). NTNU
- Inge Hoven Brakestad (2020) Analysis of salmon lice count data for production zones 6 and 7 in Norway from 2017 to 2019. NTNU



8. Referanser

Hamre L. A., Glover K. A. and Nilsen F. (2009) Establishment and characterisation of salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer 1837)) laboratory strains. *Parasitology International* 58(4), pp. 451-460

Svåsand T, Kroon Boxaspen K, Karlsen Ø, Stien LH, Taranger GL (red.). 2015. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2014. *Fisken og havet*, særnummer 2-2015.

Vollset, K. W., Dohoo, I., Karlsen, O., Halttunen, E., Kvamme, B. O., Finstad, B., et al. (2018). Disentangling the role of sea lice on the marine survival of Atlantic salmon. *Ices Journal of Marine Science*, 75(1), 50-60. doi:10.1093/icesjms/fsx104