

Kunnskaps- og erfaringskartlegging av skottelus (KEKS)



Dette er en blank side

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

APN Island-kontor (svaradresse)

Akralind 4

201 Kópavogur, Island

E-post: iceland@akvaplan.niva.nowww.akvaplan.niva.no**Rapporttittel*****Kunnskaps- og erfaringskartlegging av skottelus*****Forfatter(e):**

Albert K. D. Imsland, Kjetil Sagerup, Mette Remen og Karin Bloch-Hansen, Akvaplan-niva AS

Willy Hemmingsen, Universitetet i Tromsø

Elisabeth Ann Myklebust, Cermaq, Finnmark

Akvaplan-niva rapport: APN-60795**Dato:** 02-07-2019**Antall sider:** 96 + 0**Distribusjon:**
Offentlig**Oppdragsgiver:**

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)

Oppdragsg. Referanse
901539

Sammendrag

Hovedformålet med dette prosjektet har, derfor, vært å kartlegge dagens kunnskaps- og erfaringsgrunnlag om skottelus i lakseoppdrett, og vurdere og prioritere videre forskningsbehov. Prosjektet er delt inn i fem arbeidspakker og kort sammendrag fra disse gis nedenfor.

AP1 – Review av litteratur om skottelus

Litteraturgjennomgang av fagfelleevaluert litteratur har dannet grunnlaget for et manuskript som summerer opp livssyklus, biologi og problematikk i forhold til skottelus i akvakultur av laksefisk. Review-artikkelen beskriver også geografisk fordeling og vertspreferanse til seks andre *Caligus* arter funnet på oppdrettslaks i forskjellige deler av verden. Optimal temperatur for skottelus er 14°C. Etter hvert som temperaturen øker, kan det forventes tidligere sesongmessige topper og utvikling av flere generasjoner per år i de nordlige regionene. Hvis sjøis begrenses ytterligere og nord-østpassasjen langs Sibirs nordkyst åpnes, kan dette føre til introduksjon av flere fiskearter fra nord i Stillehavet til i nordøst i Atlanterhavet. Dette kan også føre med seg flere arter av parasitter, inklusiv andre *Caligus* arter.

AP2 – Bruk av rognkjeks mot skottelus

Akvaplan-niva har, sammen med sine samarbeidspartnere, gjennom en årrekke gjennomført flere små- og stor-skala studier om bruk av rognkjeks som biologisk avluser på laks. Tilgjengelig data viser klart at rognkjeks beiter på skottelus og at denne beitingen kan økes både ved hjelp av tilvenning til levende fôr før sjøutsett og ved hjelp av avl. Voksne stadier av skottelus (5-6 mm) er mye mindre enn voksne hunnlakselus (8-12 mm) mens de er omtrent like store som voksne hannlakselus. Tidligere forsøk har klart indikert preferanse for de store hunnlusene, men rognkjeks er en utpreget opportunist og spiser aktivt de mindre stadiene, også hannlus, hos vanlig lakselus. Våre data indikerer at dette også er tilfelle med skottelus og at rognkjeks kan bidra aktivt i kampen mot økte forekomst av skottelus.

AP3 – Velferdsutfordringer knyttet til skottelus

Skottelus representerer en velferdsutfordring for laks i produksjonsområdene 9-13 i Norge, på Færøyene og på Island. Produksjonsområde Finnmark utgjør sammen med Island og Færøyene de geografiske områdene hvor problemet er størst. Funnene sammenfaller med analyser av datamateriale på forekomst av skottelus i samme område. Selv lave påslagsmengder er et velferdspøblem, spesielt for liten fisk. Ifølge spørreundersøkelsen er økt hoppeaktivitet med påfølgende slagskader, hudirritasjon og tap av appetitt de mest dominerende observasjonene. Omfang og alvorlighetsgrad av kliniske funn øker med mengden lus. Dette sammenfaller med hovedinntrykket fra litteraturen hvor det fremgår at lus gir beiteskader som kan føre til sekundære infeksjoner på grunn av sårutvikling.

Betydningen av skotteluspåslag for velferd hos rognkjeks er forbundet med betydelig usikkerhet. Sammenlignet med laks, tilsier trendbildet at rognkjeks oppfattes å ha en noe høyere tåleevne ved samme påslagsmengde lus. En slik konklusjon må imidlertid tolkes med forsiktighet da observasjon og helsemessig oppfølging av rognkjeks i oppdrett er utfordrende, og at kliniske funn ikke entydig kan knyttes til påslag av skottelus alene.

AP4 – Effekt av lusemidler og andre tiltak mot skottelus

Skottelus forekommer i antall som anses som problematiske for velferd i de undersøkte områdene (Island, Færøyene, Norge PO 9-13), og spesielt i PO 12 (Vest-Finnmark). Årsaken(e) til varierende infestasjonspress er ukjent. Skotteluspåslag er størst i uke 35- 45 i Norge, og infesterer laks både første og andre høst i sjø. Foretrukket behandling mot skottelus er fôrmiddelet emamectin benzoat (Slice Vet.), som gir varig effekt mot alle stadier skottelus, og som i tillegg kan forhindre påslag av lakselus. Slice brukes primært første høst i sjø.

Andre tiltak (badebehandling/ikke-medikamentelle) kan ha god umiddelbar effekt, men effekten kan være kortvarig, spesielt i perioder med høyt smittepress. Det mangler god dokumentasjon på effekt av bademidler og ikke-medikamentelle metoder på skottelus, og det oppfattes som vanskelig å effektevaluere. Det ønskes kartlegging av resistensutvikling.

AP5 – Videre FoU behov

Oppdretterne i Finnmark, til dels også i Troms, på Færøyene og på Island har gjort seg erfaringer med skottelus. Erfaringene er noe motstridende og viser stort behov for mer forskning på alle nivåer. Det ønskes fra næringens side mer fokus på forebyggende tiltak, som er effektiv mot både lakselus og skottelus. For lakseoppdretterne i områder med skottelusproblematikk er det viktig å få på plass verktøy og metoder til å forebygge og kontrollere parasitten på best mulig måte. Midler og metoder må ta hensyn til fiskevelferden og ivareta miljøet.

Prioritering av videre FoU arbeid

- ✓ Økt biologisk kunnskap om skottelus. Det haster med å få oversikt over formeringsevne, generasjonsintervall og levetid ved relevante temperaturintervaller (5-15°C) og miljøvariabler (salinitet).
- ✓ Dokumentere om de forebyggende tiltakene som allerede er i bruk mot lakselus virker mot skottelus og evt. finne fram tiltak som virker mot begge arter lus.
- ✓ Forskning på rognkjeks som lusespiser må trappes opp samt forskning om hvordan rognkjeks påvirkes av skottelus.
- ✓ Økt kunnskap om behandlingseffekt og behandlingsstrategi, både medikamentelle og ikke-medikamentelle metoder.
- ✓ Økt kunnskap om velferdsfordringer for laks og rognkjeks ved skotteluspåslag.
- ✓ Økt kunnskap om årsaksfaktorer som kan forklare variasjoner i smittepress og geografiske forskjeller i forekomst av skottelus.
- ✓ Kartlegging av resistensutvikling hos skottelus som følge av legemiddelbruk.
- ✓ Finne ut hva som er den største vektoren for oppblomstring av skottelus om høsten.

Prosjektleder

Albert K. D. Imsland



Kvalitetskontroll

Anton A. Giæver



INNHOLDSFORTEGNELSE

1 BAKGRUNN	1
2 ARBEIDSBESKRIVELSE/GJENNOMFØRING	3
2.1 Innhenting av erfaringsbasert kunnskap	3
2.2 Oppstarts-, arbeids- og avslutningsmøter, engasjement fra næringen.....	5
2.2.1 Oppstartsmøte 15. februar 2019	5
2.2.2 Prosjektgruppemøter.....	5
2.2.3 Avslutningsmøte 27. juni 2019.....	5
2.2.4 Engasjement fra næringen	5
3 AP1. KARTLEGGING AV EKSISTERENDE KUNNSKAP, NASJONALT OG INTERNASJONALT, OM SKOTTELUS – REVIEW	6
4 AP2. KARTLEGGE OM DET ER EN SAMMENHENG MELLOM BRUK AV RENSEFISK OG FOREKOMST AV SKOTTELUS I LAKSEANLEGG.....	8
4.1 Innledning.....	8
4.2 Materiale og metoder.....	8
4.3 Resultater.....	11
4.4 Diskusjon.....	15
4.5 Konklusjoner: sammenheng rognkjeks og skottelus	17
4.6 Referanser AP2.....	17
4.7 Resultater fra spørreundersøkelse.....	18
4.7.1 Beiter rognkjeks på skottelus?	18
4.7.2 Fører rognkjeksens beiting på skottelus til at forekomsten av skottelus på laks reduseres?	19
5 AP3. KARTLEGGE I HVILKEN GRAD SKOTTELUS REPRERENTERER EN VELFERDSUTFORDRING FOR LAKS OG ROGNKJEKS.....	20
5.1 Innledning.....	20
5.2 Materiale og metode	20
5.3 Resultater.....	21
5.3.1 Litteraturgjennomgang velferdsutfordring	21
5.3.2 Resultater fra spørreundersøkelse.....	24
5.4 Konklusjoner og videre arbeid	30
5.5 Referanser AP3.....	31
6 AP4. EVALUERE EFFEKT OVERFOR SKOTTELUS AV ULIKE LUSEMIDLER OG ANDRE TILTAK SOM BENYTTES FOR FOREBYGGING OG KONTROLL AV LAKSELUS	33
6.1 Formål.....	33
6.2 Metode.....	33
6.3 Resultater.....	34
6.3.1 Registrering av skottelus	34
6.3.2 Forekomst av skottelus i PO 9 - 13 (Norge).....	36
6.3.3 Beslutningsgrunnlag for behandling.....	38
6.3.4 Behandlingseffekt.....	39
6.3.5 Utfordringer knyttet til behandling av skottelus.....	45
6.3.6 Forebyggende metoder/strategier	45
6.4 Konklusjoner og videre arbeid	46
6.5 Referanser AP 4.....	46

7 AP5. AVDEKKE, VURDERE OG PRIORITERE VIDERE FOU-BEHOV FOR Å ØKE NÆRINGENS MULIGHET TIL Å FOREBYGGE UTFORDRINGER MED SKOTTELUS	48
7.1 Avdekke videre behov for forskning	48
7.1.1 Vurdering	48
7.2 Prioritering av videre FoU arbeid	49
8 HOVEDFUNN.....	50
9 VEDLEGG 1: MANUSKRIFT TIL REVIEW-ARTIKKEL.....	51
10 VEDLEGG 2: SPØRREUNDERSØKELSE – SPØRSMÅL OG RESULTATER.....	75
Q 1 - 2: Om deltakerne.....	75
Q 3 - 4: AP1. Faktorer som påvirker skotteluseforekomst	76
Q 4 - 5: AP2. Effekt av rensefisk på skottelusforekomst.....	77
Q 6 - 11: AP3. Om skottelus og fiskevelferd.....	78
Q 12 – 18: AP4. Om skottelus, behandlingstiltak og effekt	83
Q 19 – 20: AP 5. FoU-behov	87

1 Bakgrunn

Bekjempelse av lakselus *Lepeophtheirus salmonis* er en av de største utfordringene i norsk lakseoppdrett og kostet oppdrettsnæringen mer enn 5 mrd. NOK i 2014 (Iversen et al., 2016) tilsvarende 9% av anleggets inntekter uten lusepåslag (Abolofia et al. 2017). Havbruksnæringen har stort fokus på forebygging og kontroll av lus, med fokus på lakselus *Lepeophtheirus salmonis*. Skottelusa *Caligus elongatus* har alltid vært der, men har ikke vært ansett som like problematisk. Dette har endret seg de seneste år. Med økende matfiskproduksjon i nordlige områder av landet har det blitt tydelig at også skottelus kan være en velferdsutfordring, både for laksefisk og rognkjeks (Hjeltnes mfl. 2018, Nodland 2017ab, Solsletten 2018). Per i dag avluses det spesielt mot skottelus både i Finnmark og Troms (Elisbeth Ann Myklebust, Områdeansvarlig Cermaq Fiskehelse Finnmark; Kjetil Olsen, Marin Helse, sitert av Nodland 2017a). Et gjennomsnitt på 5 til 10 skottelus i snitt har vært brukt som vurderingsgrense for tiltak i disse områdene (Kjetil Olsen, Marin Helse, sitert av Nodland 2017a). Innrapportering av skottelus er ikke omfattet av luseforskriften, og det er følgelig heller ikke offentlige registre over skottelusnivåene i norske oppdrettsmerder. Det er imidlertid vanlig å registrere skottelus ved de ukentlige tellingene av lakselus i Nord-Norge.

Skottelus følger ofte med villfisk som kommer inn i store populasjoner i Nord-Norge. Dersom denne blir stående ved oppdrettsanleggene slår lusa seg også på oppdrettslaksen i merdene. Men selv om det ikke er grenseverdier knyttet til skottelus på oppdrettslaks, kan det være et velferdsproblem dersom det blir for mye av den i merdene (Olsen, 2011). Erfaringer viser at skottelus uroer fisken og kan føre til stress og økt hopping og dermed ytre skader og økt dødelighet. Voksne skottelus som beiter på vertens hud lager små sår og fører til irritasjon. Erfaring i Finnmark (Elisabeth Ann Myklebust, Cermaq Finnmark, pers. med.) viser at skottelus har en tendens til å føye seg sammen på laksen og derav forårsake større sår på fisken. Voksen skottelus oppfører seg likt en bevegelig lakselus. Lakselus og skottelus forekommer oftest på samme tid av året og da er det være vanskelig å skille mellom fastsittende lakselus og skottelus. Påslag i Nord-Norge tar seg opp i september og toppe seg i oktober (Olsen, 2011), mens nylige funn fra Troms viser at skottelus finnes i stort antall i på laksen i merdene fra oktober til slutten av mars (Imsland et al., 2018).

I motsetning til lakselus finnes skottelus også på en rekke andre fiskearter (Kebata, 1979). Voksne stadier av skottelus er mye mindre enn voksne lakselus (Piasecki, 1996) mens begge kjønn er like store. Skottelus anses som mye bedre svømmer enn lakselus. Studier på villfisk langs kysten av Norge viste at skottelus ble funnet på 27 av 52 arter studert og som regel med høyere mengde om høsten (Heuch et al., 2007). Denne observasjonen demonstrerer vanskeligheten med å bestemme årsaks- eller artssammenheng i det sesongmessige infestasjonsmønsteret som observeres på oppdrettslaks, der korrelasjon i infestasjon mellom arter er knyttet til derivate, og ikke kausale, sammenhenger. Studien viste også at vill rognkjeks er den dominerende smitekilden av skottelus etterfulgt av torskefisk og flatfisk (rødspette).

Rognkjeks brukes nå i utstrakt grad for biologisk avlusing i Nordland, Troms og Finnmark. En av de store utfordringene er at man røkter to arter, og at begge arter må avluses mot skottelus samtidig. Man vet i dag lite om effekt av avlusningsmidler på rognkjeks. Erfaringer fra Cermaq

i Finnmark tilsier at fôrmiddelet Slice (emamectin) kan være effektivt mot begge arter. Effekt på all fisk fremsettes som en forutsetning, da skottelus kan hoppe fra fisk som har spist Slice til fisk som ikke har det (Elisabeth Ann Myklebust, Cermaq Fiskehelse, sitert av Nodland 2017b). I tillegg kan det være vanskelig å finne et optimalt behandlingsregime som passer begge lusearter. Dette skyldes at man har mindre kunnskap om hvordan ulike behandlinger virker mot skottelus, og at ulike stadier av skottelus og lakselus infiserer fisken. Ved valg av behandlingsmetode må det tas hensyn til at ulike midler har ulik virkningsgrad på forskjellige lusestadier (Berit Seljestokken, Grieg Seafood Finnmark, sitert av Solsletten 2018). Behandles det mye for skottelus kan dette også føre til økt resistensutvikling på lakselus (Andersen, 2017). Hyppige og ensidig legemiddelbehandlinger gir resistens mot parasitter. Per i dag har vi ikke nok kunnskap om behandling mot skottelus (Andersen, 2017).

Det er manglende oversikt over omfanget av utfordringer med skottelus både i den nordlige landsdelen og resten av landet, og om hvordan situasjonen utvikler seg. Det er mangelfull kjennskap til denne fiskelusartens biologi og vertstilpasning, om sammenheng mellom bruk av rensefisk og forekomst av skottelus, om mulig velferdsutfordring for laks og rognkjeks og om effekt av ulike lusemidler på forekomst av skottelus. Hovedformålet med KEKS er å kartlegge dagens kunnskaps- og erfaringsgrunnlag om skottelus i lakseoppdrett, og vurdere og prioritere videre forskningsbehov.

Delmål:

- Kartlegge eksisterende kunnskap, nasjonalt og internasjonalt, om skottelus og nært beslektede arter som kan forventes å opptre på omtrent samme måte.
- Kartlegge om det er en sammenheng mellom bruk av rensefisk og forekomst av skottelus i lakseanlegg
- Kartlegge i hvilken grad skottelus representerer en velferdsutfordring for laks og rognkjeks
- Evaluere effekt overfor skottelus av ulike lusemidler og andre tiltak som benyttes for forebygging og kontroll av lakselus *Lepeophtheirus salmonis*
- Avdekke, vurdere og prioritere videre FoU-behov for å øke næringens mulighet til å forebygge utfordringer med skottelus.

2 Arbeidsbeskrivelse/gjennomføring

2.1 Innhenting av erfaringsbasert kunnskap

For innhenting av erfaringsbasert kunnskap til de ulike arbeidspakkene ble det utarbeidet en spørreundersøkelse. Målgruppe for informasjonsinnhenting var fiskehelsepersonell, lusekoordinatorene og annet nøkkelpersonell i næring og forvaltning med relevant kunnskap. Svar på spørsmål skulle avgrenses til inntrykk/erfaringer siste 3 år i definerte geografiske områder. Undersøkelsen besto av totalt 20 spørsmål og ble utformet i www.surveymonkey.com

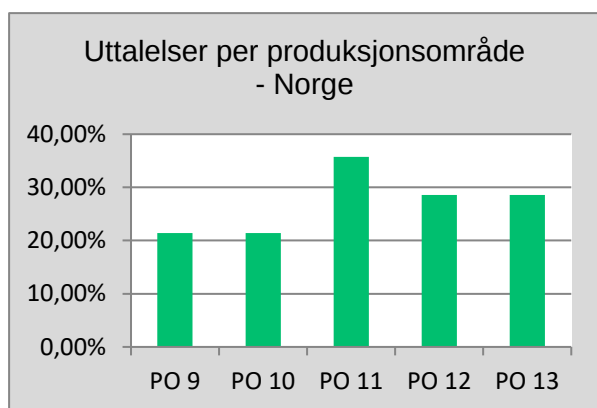
Undersøkelsen omfattet Island, Færøyene og produksjonsområdene (PO) 9-13 i Norge. For å avdekke geografiske forskjeller mellom land og produksjonsområder ble svarene knyttet til de geografiske områdene det ble rapportert fra.

Spørreundersøkelsen omfattet både laks og rognkjeks. Målsetningen var å innhente kunnskap om følgende:

- Kartlegge i hvilken grad skottelus representerer en velferdsutfordring.
- Identifisere ved hvilket infestasjonspress skottelus påvirker fiskevelferd.
- Kartlegge hvilke kliniske funn som observeres ved skotteluspåslag hos hhv. laks og rognkjeks i oppdrett, og kvantifisere forekomst av kliniske funn.
- Kartlegge hvilke vurderinger som legges til grunn for beslutning om avlusing på indikasjon skottelus (evt. andre avbøtende tiltak).
- Kartlegge erfaringer med tiltak mot skottelus.
- Kartlegge utfordringer knyttet til behandling av skottelus.
- Kartlegge effekt av rognkjeks på forekomst av skottelus på laks.
- Identifisere faktorer som påvirker infestasjonspress av skottelus på lokalitetsnivå.

Mottakere av spørreundersøkelsen ble oppfordret til å benytte kommentarfelt for formidling av supplerende opplysninger og utfyllende informasjon. Dette for å øke informasjonsutbyttet og presisjon på svar.

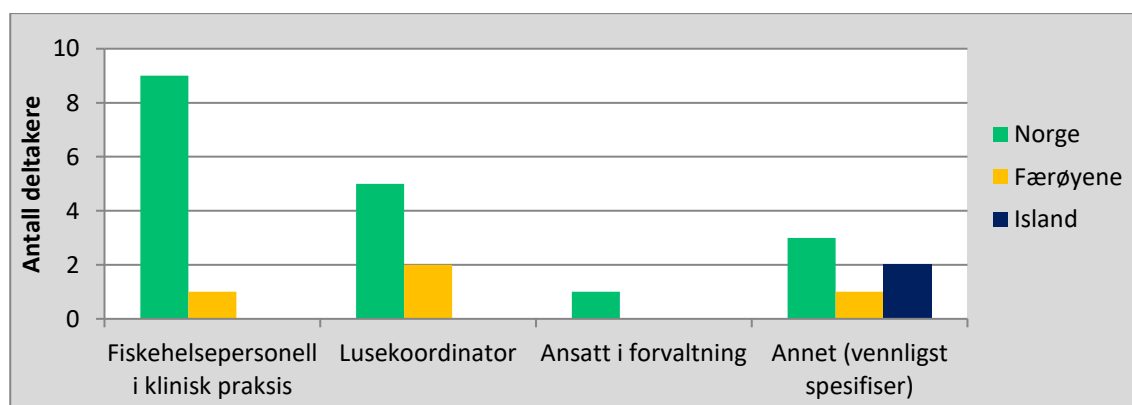
Gjennom spørreundersøkelsen ble det innhentet 20 uttalelser, hvorav 2 fra Island, 4 fra Færøyene og 14 fra Norge. Antall uttalelser fra de enkelte produksjonsområdene i Norge varierte fra 3-5 stk. Prosentvis fordeling av svar per produksjonsområde fremgår av Figur 1.



Figur 1: Prosentvis fordeling av antall uttalelser per produksjonsområde.

Fiskehelsepersonell med erfaring fra klinisk praksis utgjør den største gruppen av respondenter i spørreundersøkelsen. Den enkelte har uttalt seg med bakgrunn i egen erfaring fra geografisk område. Lusekoordinatorer i samtlige PO er representert i den norske undersøkelsen. Denne gruppen var forventet å ha en generell oversikt over status i tilhørende produksjonsområde, og var viktig å få inn i undersøkelsesmaterialet. Fra Island er deltakerne i undersøkelsen representert ved biologisk personell hos næringsaktører. Tilsvarende gjelder Færøyene. I tillegg er det innhentet opplysninger fra representant for det Færøyske Mattilsynet (Fiskaaling).

De enkelte uttalelser i undersøkelsen bygger på eget erfaringsgrunnlag og subjektive vurdering av status i gitt område. Omfanget uttalelser er begrenset tross god geografisk dekningsgrad. Det kan følgelig ikke trekkes bastante slutninger med bakgrunn i dataene, men analyseresultatene må tolkes forsiktig og som en indikasjon på mulige trender.



Figur 2: Antall deltakere i spørreundersøkelsen fra hhv. Norge, Island og Færøyene og deres bakgrunn.

Resultater fra spørsmål i spørreundersøkelsen er omtalt under tilhørende arbeidspakkebeskrivelser. Alle spørsmål og resultater er gjengitt i vedlegg 2 til rapporten.

2.2 Oppstarts-, arbeids- og avslutningsmøter, engasjement fra næringen

Det ble avholdt åpent oppstarts- og avslutningsmøter med deltagelse fra næringen, samt referansegruppen og prosjektgruppen for prosjektet.

2.2.1 Oppstartsmøte 15. februar 2019

Referansegruppen nedsatt av FHF (Elisabeth Ann Myklebust (Cermaq), Berit Seljestokken (Grieg Seafood Finnmark), Remi Mathisen (Nordlaks), Bjørn Mikalsen (Lerøy Aurora), Tone Ingebrigtsen (Salmar Nord) samt prosjektgruppen (Albert K. D. Imsland, Mette Remen, Karin Bloch-Hanssen, Kjetil Sagerup, Per-Arne Emaus (Akvaplan-niva) og Willy Hemmingsen (Universitetet i Tromsø) ble innkalt til statusmøte på Framsenteret, Tromsø onsdag 13.02.2019. Møtet var åpent og innkalling ble, foruten prosjekt- og referansegruppe, sendt til sentrale aktører i region nord Norge. Fra FHF deltok Kristian Prytz.

På møtet ble det gjennomgått planer for alle arbeidspakker i prosjektet og videre fremdrift diskutert inklusivt innsamling av data fra de ulike produksjonsområdene i Norge, Færøyene og Island.

2.2.2 Prosjektgruppemøter

Fra oppstart i februar til avslutning i juni holdt prosjektgruppen fem arbeidsmøter der fremdrift, og evt. kunnskapshull, i de ulike arbeidspakkene ble diskutert.

2.2.3 Avslutningsmøte 27. juni 2019

Avslutningsmøtet var åpent og innkalling ble, foruten prosjekt- og referansegruppe, sendt til sentrale aktører i region nord Norge. Møtet ble avholdt i Alta 27. juni 2019 med representanter fra referanse- og prosjektgruppe til stede samt deltagere fra Mattilsynet (Elisabeth Arild) og FHF (Kjell Maroni).

På møtet ble det gått i detaljer gjennom funn i all arbeidspakker i prosjektet og tempoplan for slutføring av prosjektet.

2.2.4 Engasjement fra næringen

Kunnskaps- og erfaringskartleggingen i prosjektet ble i stor grad gjennomført i tett samarbeid med sentrale oppdrettsaktører i PO9-13 i Norge, samt på Færøyene og på Island (se 2.1 ovenfor). I tillegg ble det samlet inn data fra ulike oppdrettere i nord Norge for å kartlegge omfanget av skottelusinfestasjon og de ulike metodene (medikamentelle og ikke-medikamentelle) som blir brukt i kampen mot skottelus.

3 AP1. Kartlegging av eksisterende kunnskap, nasjonalt og internasjonalt, om skottelus – review

Arbeidspakke 1 ble løst gjennom å lage en review-artikkel for publisering i journalen "Aquaculture and Environment Interactions" (<https://www.int-res.com/journals/aei/home>).

Arbeidspakkens mål var i henhold til oppdraget å "Kartlegge eksisterende kunnskap, nasjonalt og internasjonalt, om skottelus og nært beslektede arter som kan forventes å opptre på omtrent samme måte".

Manuskriptet som nå foreligger har følgende inndeling:

1. Introduction
2. Life cycle and behaviour of *Caligus* spp.
3. Morphology of *Caligus* spp.
4. Effects on the host
5. Geographical distributions and host preferences of selected *Caligus* spp.
6. Interactions between wild and farmed fish
7. Genetics
8. Control of sea lice
9. Predicted effects of climate change and invasions
10. Conclusions and recommendations
11. References

Manuskriptet følger denne rapporten som vedlegg 1 og kan på ingen måte refereres til, eller kopieres fra, før etter publisering som en vitenskapelig artikkel. Manuskriptet blir sendt journal rett over sommeren. Det blir derfor mulighet til å komme med tilbakemeldinger som forfatterne vil ta hensyn til.

Hoveddelene av litteraturgjennomgangen (review) er presentert under som en oversettelse av oppsummeringen fra reviewen "Caligus elongatus and other sea lice of the genus *Caligus* as parasites of farmed Atlantic salmon":

Denne review'en ble foreslått som en kunnskapsinnhenting etter rapporter om uvanlig store lusepåslag av *Caligus elongatus* (skottelus) hos oppdrettslaks i Nord-Norge. Det gis en kort introduksjon til luseproblemet i oppdrettsanlegg. Deretter deles artikkelen inn i ni seksjoner. Den første seksjonen gjennomgår eksisterende kunnskap om livssyklusen og adferd til *Caligus* arter. Den andre beskriver morfologien til forskjellige stadier i livssyklusen til *C. elongatus* som en representativ art av slekten *Caligus*. Den tredje beskriver effekten av *Caligus* infestasjoner på laksefisk som vert. Deretter beskrives geografisk fordeling og vertspreferanse til seks *Caligus* arter funnet på oppdrettslaks i forskjellige deler av verden: *C. elongatus*, *C. curtus*, *C. clemensi*, *C. rogercresseyi*, *C. teres* og *C. orientalis*. Femte del av artikkelen beskriver spillet mellom oppdrettsfisk og villfisk og så presenteres informasjon om to ulike genotyper av *C. elongatus*. Dette etterfølges av et avsnitt som gjennomgår ulike metoder for avlusing og kontroll av lus i oppdrett. På bakgrunn av klimatiske endringer diskuteres mulige virkningene

på fordelingen og forekomsten av *Caligus* arter. Siste del av review'en inneholder konklusjoner og anbefalinger for videre studier av de kraftige påslagene som forårsaket denne vurderingen. Det anbefales først å få en bekreftelse på *Caligus* identitet og genotype som forårsaker problemet, videre studier om bruken av rognkjeks som rensefisk, og en undersøkelse av den vertikale fordelingen av frittlevende larvestadier av *C. elongatus* i vannsøylen.

Det henvises til Vedlegg 1 som inneholder manuskriptet til review-artikkelen. Det understrekes at manuskriptet ikke kan kopieres, refereres, eller på annen måte brukes før etter at dette er publisert som forfatterevaluert (per-reviewed). Manuskriptet sendes til journal høsten 2019.

4 AP2. Kartlegge om det er en sammenheng mellom bruk av rensefisk og forekomst av skottelus i lakseanlegg

4.1 Innledning

I motsetning til lakselus finnes skottelus også på en rekke andre fiskearter (Kabata, 1979). Voksne stadier av skottelus er mye mindre enn voksne lakselus (Piasecki, 1996) mens begge kjønn er like store. Skottelus anses som mye bedre svømmer enn lakselus og det er eksperimentelt vist at voksne skottelus har evne til å re-smitte andre arter av fisk hvis den blir tatt av den opprinnelige verten (Øines mfl. 2006). Voksne skottelus kan derfor smitte fra arter som rognkjeks eller sei, noe som er en plausibel forklaring til observasjonene av raske økninger av skottelus hos laks. Studier på villfisk langs kysten av Norge viste at skottelus ble funnet på 27 av 52 arter studert og som regel med høyere mengde om høsten (Heuch mfl., 2007). Studien viste også at vill rognkjeks er den dominerende smitekilden av skottelus etterfulgt av torskefisk og flatfisk (rødspette).

Rognkjeks brukes nå i utstrakt grad for biologisk avlusing i Nordland, Troms og Finnmark (Imsland mfl., 2018), men til nå er kunnskap om effekt av rognkjeks på forekomst av skottelus fragmentert og det foreligger ikke enhetlige retningslinjer om bruk av rognkjeks mot skottelus. Akvaplan-niva har, sammen med sine samarbeidspartnere, gjennom en årrekke gjennomført flere små- og stor-skala studier om bruk av rognkjeks som biologisk avluser på laks. I disse forsøkene er det blitt fokusert på vanlig lakselus, mens det har også vært samlet inn data om skottelus. I denne rapporten har vi forsøkt å systematisere eksisterende kunnskap med det formålet å kunne avdekke sammenheng mellom bruk av rensefisk og forekomst av skottelus.

4.2 Materiale og metoder

Forsøk 1. Ulik innblanding av rognkjeks: effekt på forekomst av skottelus

For å vurdere hvor effektivt rognkjeks beiter skottelus fra atlantisk laks ble seks småskala merder ($5 \times 5 \times 5$ m) hver tilsatt 120 laks med en gjennomsnittlig vekt på 619 g. To av merdene ble ytterligere fylt med 12 rognkjeks (10% tetthet) og to merder med 18 rognkjeks (15% tetthet) som hadde en gjennomsnittlig vekt på 54,0 g. To merder uten rognkjeks fungerte som kontroll.

Ved oppstart av forsøket ble det foretatt en lustelling når fisken ble overført til merdene, samt at det ble telt lus på fisken hver 14 dag gjennom hele forsøksperioden. Ved hver lustelling ble tretti fisk bedøvet og eventuelle lus på fisken ble registrert. Etter at tellingen var ferdig ble eventuelle lus liggende i bedøvelsesbeholderen også registrert.

Forsøk 2. Tilvenning av rognkjeks til levende fôr: effekt på forekomst av skottelus

I dette forsøket ble det undersøkt om ulike fôrregimer på yngelstadiet kan stimulere til økt interesse for lakselus i sjøfasen. To grupper av juvenil rognkjeks (10 g) ble fôret på enten standard marint tørrfôr eller på blanding av voksen Artemia og frossen lakselus og skottelus i 12 uker. Etter det ble gruppene flyttet til forsøksmerder (5x5x5 m). Tre grupper ble etablert: a) laks og rognkjeks fôret på marint tørrfôr (MF gruppe); b) laks og rognkjeks fôret med levende (Artemia og frossen lus) fôr (LF gruppe); c) kontroll gruppe av laks uten rognkjeks til stede (kontroll gruppe). Vekst og skottelus effektivitet ble undersøkt jevnlig gjennom 63 dagers forsøksperiode.

Forsøk 3. Er beiting på skottelus arvelig betinget?

En mulig arvelig komponent på skottelus spising er blitt undersøkt i to familieforsøk.

Familieforsøk A. I dette forsøket ble det brukt ni genetisk ulike familier av rognkjeks (se Imsland mfl., 2016 for videre detaljer). Dette ble gjennomført ved å bruke villfisk som ble fanget med garn i Sandnessundet utenfor Kraknes, Troms i løpet av mai 2014 for produksjon av ni familiegrupper av rognkjeks yngel. Ved forsøksstart ble 40 fisk fra hver av de ni familiegruppene ($n = 40$, $N = 360$) valgt på bakgrunn av deres familie tilhørighet og individuell vekt. All utsortert fisk hadde en individuell vekt som var $\pm 25\%$ av gjennomsnittsvekten hos familien. Etter utvelgelsen ble all fisk overført til forsøksanlegget til GIFAS på Langholmen. Tjue rognkjeks fra hver familie ble satt ut i en av ni 5x5x5 m merder og tjue inn i en annen merd slik at en dermed fikk etablert dupliserte behandlinger for hver genetisk familie. I hver av de ni merdene ble det også satt ut 400 atlantisk laks med en gjennomsnittlig vekt på 123 g. Gjennom hele studieperioden ble det regelmessig gjennomført telling av skottelus på laksen.

Familieforsøk B. I dette forsøket ble det brukt 10 genetiske familier produsert ved Akvaplan-niva sin forskningsstasjon på Kraknes (Troms) våren 2018. For å undersøke mulig arvelig komponent på lusespising ble disse 10 familiene ($N=480$, opphavsvekt 46,5 g) fordelt på 10 små-skala merder (5x5x5 m). I hver merd var det 400 laks med snittvekt 387 g. Gjennom hele studieperioden ble det regelmessig gjennomført kontrollert mageskylling (se Imsland mfl., 2014a) i tillegg til telling av skottelus på laksen.

Forsøk 4. Effekt av rognkjeks på forekomst av skottelus: stor-skala forsøk

1. Lerøy Aurora (lokalitet Solheim)

Et storskala eksperiment ble gjennomført på et kommersielt lakseoppdrett ved 69.80°N, 19.41°E (Lerøy Aurora, Troms fylke, Norge) fra 10. oktober 2015 til 16. mai 2016. Forsøket ble gjennomført i åtte store sjømerder (160 m omkrets, 37688 m³ volum) med 0+ smolt av atlantisk laks ($n=193304 \pm 2089$ merd-1) med en gjennomsnittlig ($\pm$ SEM) vekt på 198 ± 20 g. Den 10. oktober ble det satt ut rognkjeks i seks merder med henholdsvis 4, 6 og 8% tetthet

(8000, 12000 og 16000 stk.) som hadde en snittvekt ($\pm$ SEM) på 25 ± 2 g. Dødeligheten ble overvåket gjennom hele forsøksperioden.

Lakselus og skottelus ble telt hver 14. dag gjennom prøveperioden. Ved hver telling ble 30 laks per merd (Ntotal = 240) bedøvd og telt. Påslag av lakselus på alle de eksperimentelle gruppene var naturlige påslag og ikke eksperimentelle utfordringer.

2. Nordlaks (lokaliteter Finnkjerka og Mollgarven)

Lokaliteten Finnkjerka er lokalisert sør i Raftsundet og det finnes to nærliggende lokaliteter i samme «basseng», Korsnes og Mollgavlen (Fig. 3). Erfaringsvis vil disse lokalitetene påvirke hverandre i stor grad når det gjelder lakselus og smittepress. I siste produksjonsperiode hadde man utsett av samme generasjon på disse tre lokalitetene og dette gir seg utslag i økende luseutfordringer mot slutten av produksjonssyklusen da smittepress av lus mot hver lokalitet øker i takt med økende lusenivåer og økt biomasse i bassenget utover i perioden.

På alle tre lokaliteter har man jobbet forebyggende mot lusepåslag da det er brukt skjørt for vår del på begge lokaliteter og i tillegg rognkjeks på Finnkjerka. Rognkjeks fra Mørkvedbukta AS og fra Arctic Cleanerfish ble satt ut sammen med smolten i uke 25 i merdene på Finnkjerka og etterfylt 10. oktober med et mindre parti.

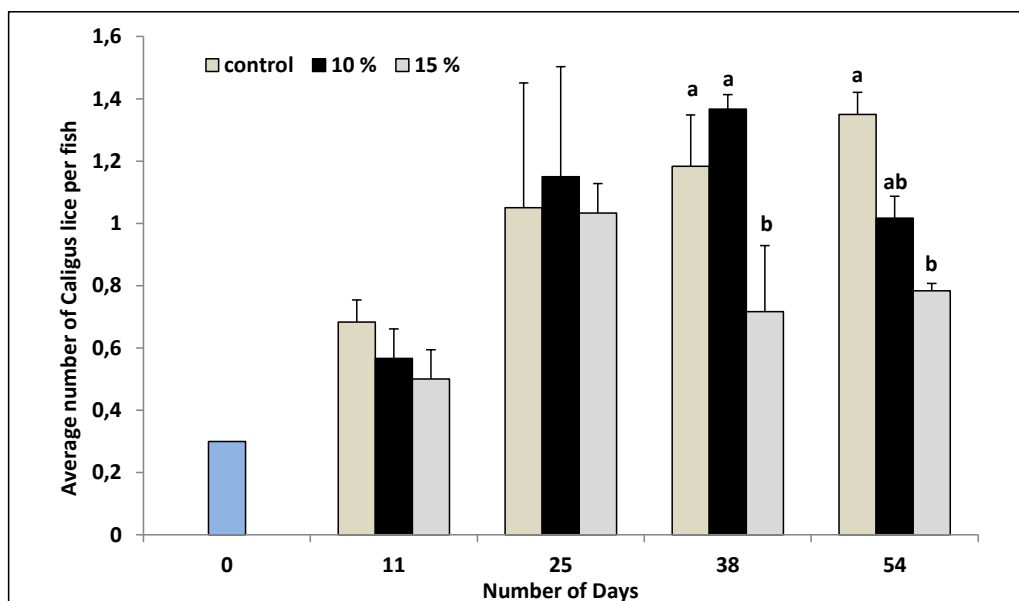


Figur 3. Kartutsnitt av området sør i Raftsundet med de tre nærliggende lokalitetene som i stor grad påvirker hverandre. Tidevanns-strømmen som veksler N/S fører til transport av luselarver kontinuerlig frem og tilbake rundt disse anleggene og det er sannsynlig at dette vil sørge for en opphopning og høye konsentrasjoner av luselarver.

4.3 Resultater

Forsøk 1. Ulik innblanding av rognkjeks: effekt på forekomst av skottelus

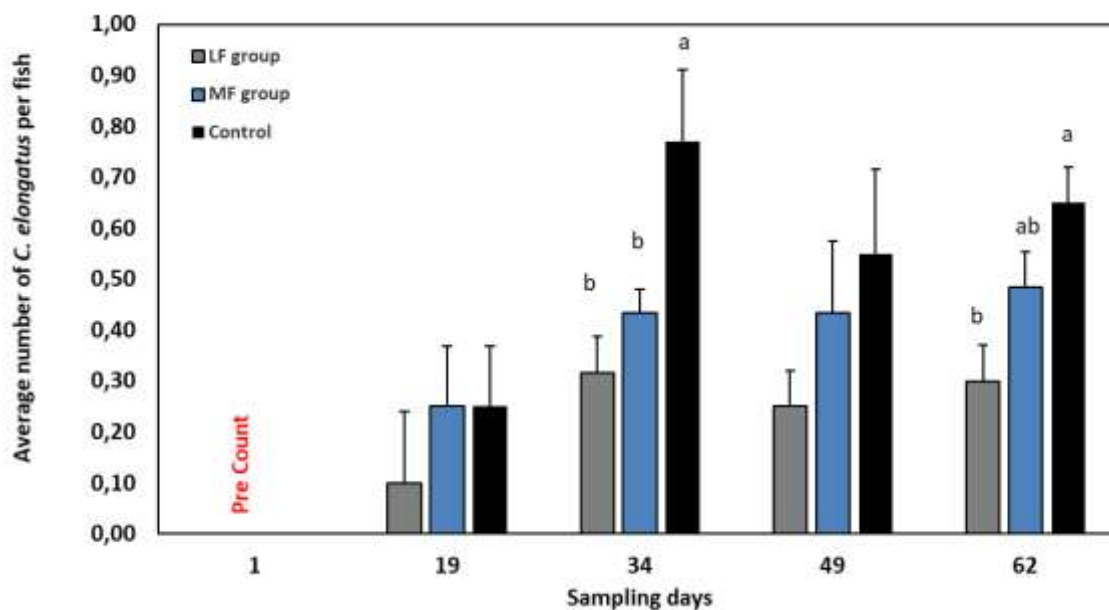
Ved dag 38 hadde laks i merdene med 15% rognkjeks signifikant mindre antall av skottelus pr laks sammenlignet med både kontrollgruppen og 10% rognkjeks gruppen (Figur 4., $P < 0.05$) Tilsvarende trend ble sett på dag 54 der laks i 15% rognkjeks gruppen signifikant mindre skottelus sammenlignet med kontrollgruppen.



Figur 4. Gjennomsnittlig antall skottelus, *Caligus elongatus*, per laks registrert for hver duplikat behandling ved hvert prøvetakningstidspunkt. Verdiene representerer gjennomsnitt $\pm$ SD. Ulike bokstaver ovenfor søylene indikerer statistisk forskjell ($P < 0.05$).

Forsøk 2. Tilvenning av rognkjeks til levende fôr: effekt på forekomst av skottelus

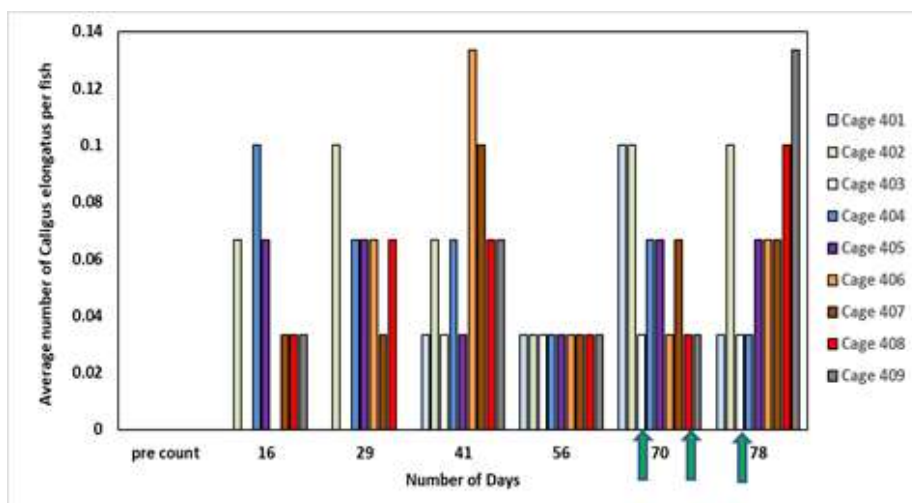
Ingen skottelus ble funnet ved oppstart av forsøket (Figur 5). Ved dag 34 ble det funnet signifikant mindre av *C. elongatus* stadier på laks i både LF og MF gruppen sammenlignet med kontroll ($P < 0.05$). Ved dag 62 ble også funnet 50% mindre skottelus på laks i LF gruppen sammenlignet med kontroll.



Figur 5. Gjennomsnittlig ($\pm$ SD) antall av skottelus, *C. elongatus* per fisk i de tre forsøksgruppene gjennom forsøksperioden. Gjennomsnittlige verdier som ikke deler bokstav er signifikant forskjellige.

Forsøk 3. Er beiting på skottelus arvelig betinget?

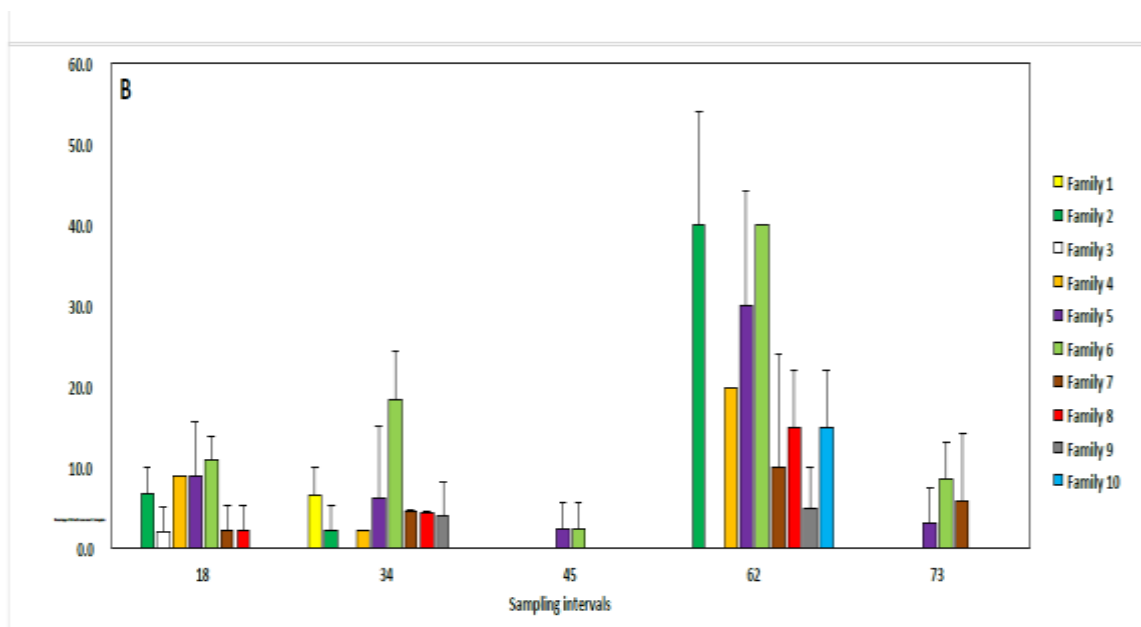
Familieforsøk A. Det ble funnet forskjeller i forekomst av skottelus på laks i de ulike forsøksmerdene (Figur 6) og skottelusspising varierte mellom forsøksfamiliene. Generelt sett var de lavere antall skottelus i de merdene som hadde familie nr. 2 til stede noe som kan indikere en arvelig komponent.



Figur 6. Gjennomsnittlig antall av skottelus, *C. elongatus*, på laks i de ulike forsøksmerdene i familieforsøk A (Imstrand et al., 2016). Pilene viser merder som inneholdt familie nr. 2.

Familieforsøk B. Beiting av skottelus varierte mellom familier (Figur 7) i dette forsøket. Skottelus ble funnet i magen hos syv familier (i hovedsak voksne hunndyr) ved dag 18. Andel

av undersøkte rognkjeks som ble funnet med skottelus i magen varierte fra 2% til 11% på dag 18. Ved dag 62 ble det observert en kraftig økning i antall rognkjeks med skottelus i magen der mellom 5% til 40% av fisk fra åtte familier ble funnet med skottelus i magen. Familier 5 og 6 (halv-søsken med samme far) hadde skottelus i magen ved alle undersøkte tidspunkt og hadde dessuten mest skottelus i magen ved alle fem undersøkte tidspunkt.

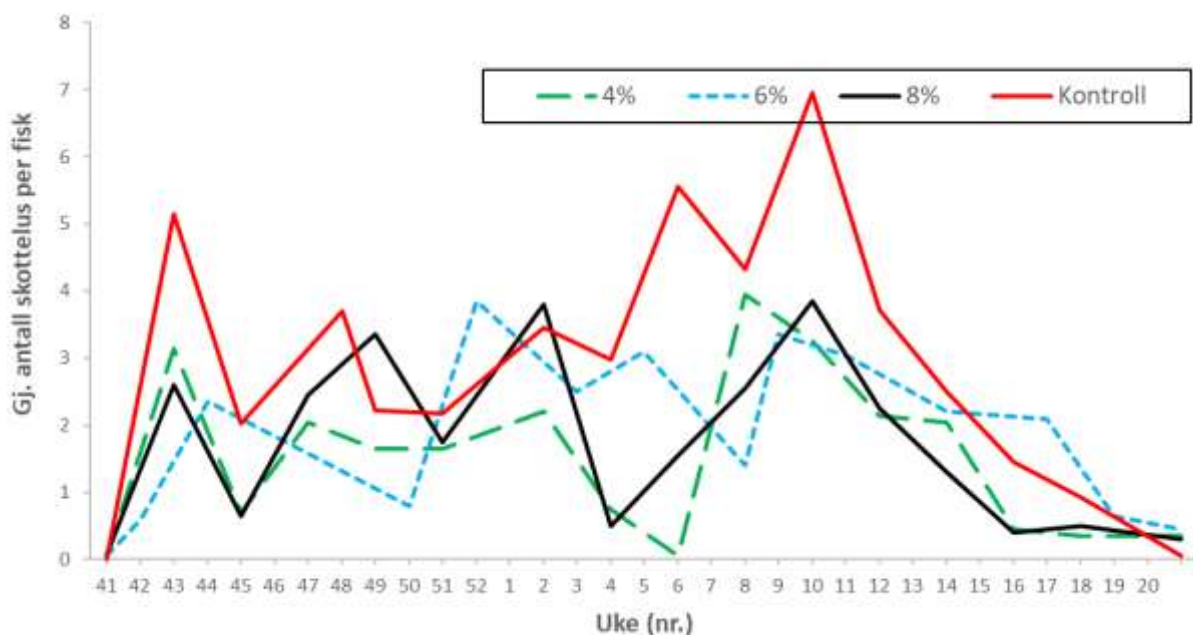


Figur 7. Prosentvis andel av rognkjeks funnet med skottelus i magen hos 10 rognkjeks familier ved ulike måltidspunkt. Verdier er vist som gjennomsnitt $\pm$ SD.

Forsøk 4. Effekt av rognkjeks på forekomst av skottelus: stor-skala forsøk

1. Lerøy Aurora

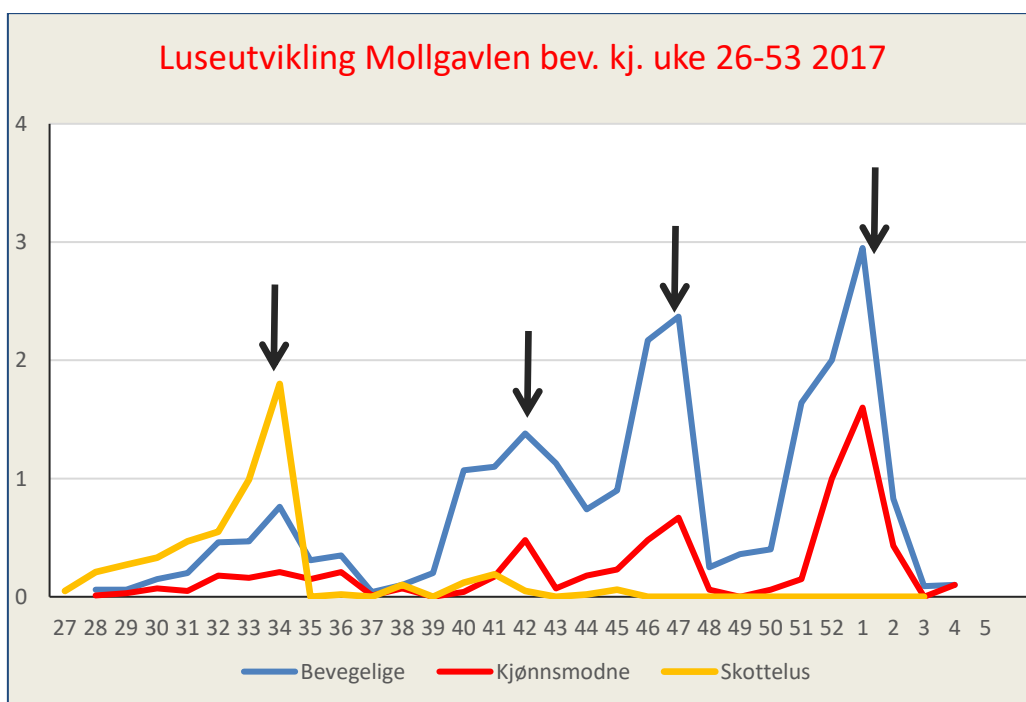
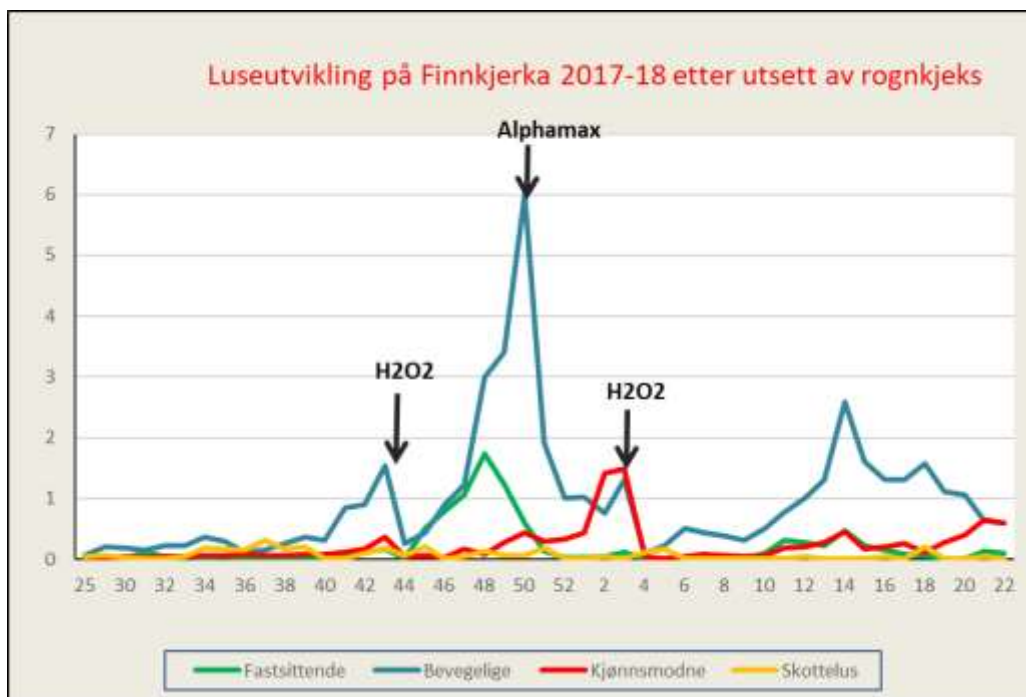
Nivåene av skottelus steg i alle gruppene gjennom høsten (Figur 8). Det ble funnet signifikant lavere nivåer av skottelus i rognkjeks-gruppene fra slutten av februar til begynnelsen av april. I løpet av april sank nivået av skottelus i alle de eksperimentelle gruppene og det endelige infestasjonsnivået i mai var på lik linje med nivåene observert i oktober året før.



Figur 8. Forekomst av skottelus per laks i storskala merder. Viser for 0% (kontroll), 4%, 6% og 8% tetthet av rognkjeks registrert for hver duplikat behandling for hvert prøvetakingstidspunkt (hver 14. dag).

□ Nordlaks

Det var mindre skottelus på laks på Finnkjerka sammenlignet med nabolokaliteten Mollgarven (Fig. 9). Tydeligst er effekt vinter og vår, men vi ser jo også en økning av skottelus på Mollgavlen fra uke 25 som vi ikke ser på Finnkjerka. Nabolokaliteten (Mollgavlen) hadde ikke rognkjeks. Her hadde Nordlaks større utfordringer og måtte slakte ut tidligere med en snittvekt ca. 800 g under snittvekt på Finnkjerka.



Figur 9. Luseutvikling fra uke 25, 2017 og tidspunkt for ulike avlusninger (piler) på lokalitetene Finnkjerka (med rognkjeks) og Mollgarven hos Nordlaks.

4.4 Diskusjon

Forsøk 1. Ulik innblanding av rognkjeks: effekt på forekomst av skottelus

Data fra forsøk med ulik innblanding av rognkjeks indikerer en effekt av innblanding der laks i gruppen med 15% av rognkjeks hadde lavere forekomst av skottelus mot slutten av forsøksperioden. Tilsvarende trend er funnet for vanlig lakselus (Imslund mfl., 2014a) der lakselus

ble aktivt beitet på, noe som resulterte i lavere gjennomsnittlig antall av lakselus pr. fisk av bevegelige stadier og kjønnsmodne hunner når rognkjeks var tilstede i merdene. Rognkjeks holdt nede nivået av kjønnsmodne hunnlus av lakselus til nivåer lik eller lavere enn tellingen ved forsøksstart. For skottelus er trenden ikke like klar, men 15% innblanding av rognkjeks resulterte i 40-50% mindre skottelus på laks i den gruppen sammenlignet med kontrollgruppen.

Forsøk 2. Tilvenning av rognkjeks til levende fôr: effekt på forekomst av skottelus

I dette forsøket ble det generelt funnet lite lus (begge arter). Men effektiv lusespising ved lave lusenivåer er en veldig viktig egenskap for biologisk kontroll av lus i lakseoppdrett. Det ble funnet klare indiser (telling av skottelus på laks) at begge forsøksgruppene (marint fôr (MF) og levende fôr (LF)) beitet på skottelus gjennom hele forsøksperioden. Lavere nivåer av skottelus ble sett i disse gruppene sammenlignet med kontroll gruppen.

Generelt var skottelusnivået lavest i LF noe som indikerer at tidlig tilvenning til levende fôr kan føre til økt beiting på levende fôr hos rognkjeks (inkludert skottelus) i laksemerder. Ved forsøksslutt var det 38% mindre skottelus funnet i LF gruppen sammenlignet med MF gruppen. Sammenlignet med kontroll gruppen var det 54% mindre skottelus i LF gruppen.

Tidligere forsøk med rognkjeks har indikert at lusebeiting øker over tid (Imsland mfl., 2014a-c). Dette indikerer læring, eller kondisjonering, hos rognkjeks og at de individene som er kondisjonerte til lusespising forut sjøutsetting kan være mer effektive lusebeitere. Hos andre arter er det blitt indikert at levende fôr kan føre til at oppdrettsfisk viser mer "naturlig" adferd (Tanaka mfl., 1998) og kan forbedre furasjering (spising) hos fisk som blir utsatt for nytt levende fôr (Massee mfl., 2007) som f.eks. skottelus i dette forsøket.

Forsøk 3. Er beiting på skottelus arvelig betinget?

Resultater fra begge forsøk indikerer at spising av skottelus vil kunne variere mellom ulike familier. De familiene som spiste mest skottelus (forsøk A – familie 2 og forsøk B – familier 5 og 6) var også de familiene som spiste mest lus og hadde en adferd som kan beskrives som godt tilpasset lusespising (Imsland mfl., 2016). For familie 2 ble det funnet opptil 92% mindre lus på laks i de merder der denne familien var tilstede (Imsland mfl., 2016). Selv om næringsrik laksepellet var tilgjengelig for alle familiene, viste familie 2 i forsøk A og familier 5 og 6 en preferanse for andre og mindre energirike byttedyr sammenlignet med de andre familiene. Dette bekrefter at den genetiske påvirkningen på spisevaner (inkludert lusespising) kan være sterk (Imsland mfl., 2016). Gitt forskjellene som er registrert i inntaket av naturlige matkilder mellom de familiene funnet mest aktive i skottelusspising og de andre familiene, kan disse fiskene være mer disponert til å aktivt oppsøke naturlige matkilder fremfor laksepellets. Hvis denne adferden er genetisk betinget trenger den genetiske sammensetningen for disse familiene videre forskning.

Samlet indikerer resultatene fra begge familieforsøk at dersom disse observerte forskjellene har en genetisk basis så vil selektive avlsprogram kunne videreføre disse gunstige egenskapene og forsterke i fremtidige rognkjeks populasjoner.

Forsøk 4. Effekt av rognkjeks på forekomst av skottelus: stor-skala forsøk

Det gjennomsnittlige antallet av skottelus var lavere i rognkjeksgruppene både hos Lerøy Aurora og Nordlaks. Det relativt høye antallet av skottelus hos Lerøy Aurora gjennom hele studieperioden var typisk for hele lokaliteten, da disse lusene er kjent for å bevege seg fra fisk til fisk (Heuch mfl., 2007). Til tross for tilstedeværelsen av rognkjeks var det et tilstrekkelig høyt antall lus andre steder på lokaliteten for å tillate en kontinuerlig reinfisering i merdene med rognkjeks. Det er, videre, godt kjent at rognkjeks er en foretrukket vert for skottelus (Øines mfl. 2006; Mitamura mfl., 2012).

Hos Nordlaks var snittvekten ved utslakting på Finnkjerka 3,82 kg. sammenlignet med fisk fra Mollgavlen der vi ble tvunget til å slakte ut med et snitt på 3,18 kg. pga. høye lusetall. Grunnen til at luseutfordringene har vært lavere på Finnkjerka er nok først og fremst at rognkjeks har hatt en forebyggende effekt. Vi kan anta at smittepresset har vært like høyt mot alle lokalitetene i Raftsundet.

4.5 Konklusjoner: sammenheng rognkjeks og skottelus

Tilgjengelig data viser klart at rognkjeks beiter på skottelus og at denne beitingen kan økes både ved hjelp av tilvenning til levende fôr før sjøutsett og ved hjelp av avl. Voksne stadier av skottelus (5-6 mm) er mye mindre enn voksne hunnlakselus (8-12 mm) mens de er omtrent like store som voksne hannlakselus. Tidligere forsøk har klart indikert preferanse for den de store hunnlusene, men rognkjeks er en utpreget opportunist og spiser aktivt de mindre stadiene, også hannlus, hos vanlig lakselus. Våre data indikerer at dette også er tilfelle med skottelus og at rognkjeks kan bidra aktivt i kampen mot økte forekomst av skottelus.

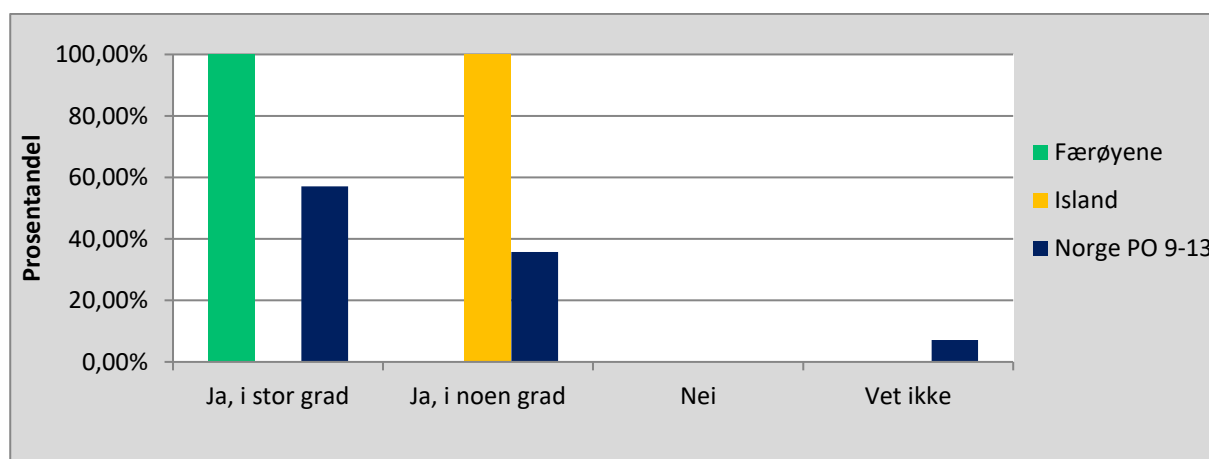
4.6 Referanser AP2

- Heuch, P.A., Oines, O., Knutsen, J.A., Schram, T.A., 2007. Infection of wild fishes by the parasitic copepod *Caligus elongatus* on the south east coast of Norway. Dis. Aquat. Org. 77, 149-158.
- Imslund, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A., 2014a. The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 425-426, 18-23.
- Imslund, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A., 2014b. Notes on behaviour of lumpfish in sea pens with and without Atlantic salmon. Journal of Ethology 32, 117-122.
- Imslund, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A., 2014c. Assessment of growth and sea lice infection levels in Atlantic salmon stocked in small-scale cages with lumpfish. Aquaculture 433, 137-142.
- Imslund, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Mortensen, A., Hansen, Ø.J., Puvanendran, V., Hangstad, T.A., Jónsdóttir, Ó.D.B., Emaus, P.A., Elvegård, T.A., Lemmens, S.C.A., Rydland, R., Nytrø, A.V., Jonassen, T.M., 2016. Is cleaning behavior in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) parentally controlled? Aquaculture 459, 156-165.

- Imsland, A.K., Hanssen, A., Reynolds, P., Nytrø, A.V., Jonassen, T.M., Hangstad, T.A., Elvegård, T.A., Urskog, T.C., Mikalsen, B. 2018. It works! Lumpfish can significantly lower sea lice infections in large scale salmon farming *Biology Open* 7, 7, bio036301. doi:10.1242/bio.036301
- Kabata, Z., 1979. Parasitic Copepoda of British fishes. The Ray Society, London.
- Massee, K.C., Kim, J., Berejikian, B.A., Hardy, R.W., 2007. Prey selection and efficiency of naïve and experienced juvenile sockeye salmon. *J. Fish Biol* 70, 1213–1223.
- Mitamura, H., Thorstad, E.B., Uglem, I., Bjorn, P.A., Okland, F., Naesje, T.F., Dempster, T., Arai, N., 2012. Movements of lumpsucker females in a northern Norwegian fjord during the spawning season. *Env. Biol. Fish.* 93, 475–481.
- Piasecki, W., 1996. The developmental stages of *Caligus elongatus* von Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae). *Can. J. Zool.* 74, 1459–1478.
- Tanaka, M., Seikai, T., Yamamoto, E., Furuta, S., 1998. Significance of larval and juvenile ecophysiology for stock enhancement of the Japanese founder, *Paralichthys olivaceus*. *Bull. Mar. Sci.* 62, 551–571.
- Øines, Ø., Simonsen, J., Knutsen, J., Heuch, P., 2006. Host preference of adult *Caligus elongatus* Nordmann in the laboratory and its implications for Atlantic cod aquaculture. *J. Fish Dis.* 29, 167–174.

4.7 Resultater fra spørreundersøkelse

4.7.1 Beiter rognkjeks på skottelus?

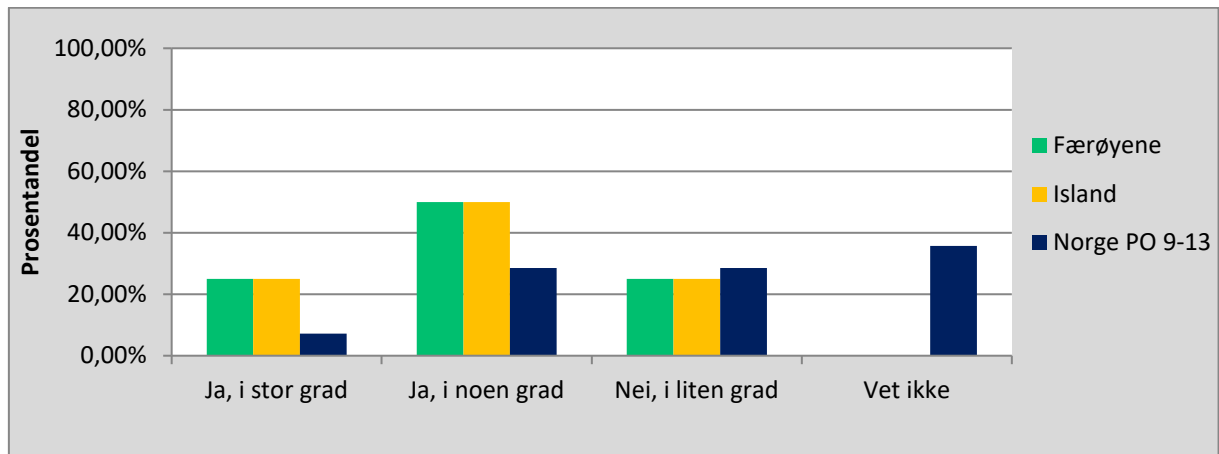


Alle deltagere var enige om at rognkjeks beiter på skottelus, men omfanget er uklart. På Færøyene var alle enige om at rognkjeks beiter i stor grad på skottelus, mens i Norge var meningene delte om rognkjeks beiter i stor grad eller i noen grad.

Det ble kommentert at:

- ☐ "Er det skottelus, ser det ut til at rognkjeks foretrekker denne. Men om det skyldes smak eller at denne er mer tilgjengelig er uvisst"
- ☐ "Det virker som at i den grad rognkjeks spiser lus så spiser den den lusa som er til stede; er det mye skottelus så spiser RK mye skottelus og er det mye lakselus så spiser den mye lakselus"

4.7.2 Fører rognkjeksens beiting på skottelus til at forekomsten av skottelus på laks reduseres?



Spørreundersøkelsen avdekker ulik oppfatning i hvilken grad beiting på skottelus av rognkjeks fører til at skottelus på laks reduseres. De fleste i all tre landene mener at beitingen reduserer mengde skottelus på laks i stor eller noen grad, mens det er også deltagere i all tre land som ikke finner effekt av beitingen hos skottelus på forekomst av skottelus på laks.

Det ble kommentert at:

- ☐ Norge: "Mitt inntrykk er at om rognkjeks fungerer så er det i de tilfellene hvor man har et lavt lusetrykk"
- ☐ Færøyene: "Effekt avhenger av caligus mengde"

5 AP3. Kartlegge i hvilken grad skottelus representerer en velferdsutfordring for laks og rognkjeks

5.1 Innledning

De senere år har det vært løftet frem at forekomsten av skottelus (*Caligus elongatus*) er økende i deler av Nord-Norge og at arten kan være en velferdsutfordring for både laks og rognkjeks i oppdrett (Hjeltnes m.fl 2018, Nodland 2017ab, Solsletten 2018). Erfaring viser at påslag av skottelus uroer fisken og fører til økt hoppeaktivitet med påfølgende ytre skader og forøket dødelighet. Det er også hevdet at skottelusas beiteaktivitet kan gi sårskader hos både laks (Elisabeth Ann Myklebust, Cermaq Finnmark, pers. med.) og rognkjeks (Fiskehelserapporten, Veterinærinstituttet 2018). Det foreligger imidlertid begrenset publisert kunnskap om kliniske funn ved påslag av skottelus og påvirkning på fiskevelferd hos begge arter. Målsetningen med arbeidet i denne arbeidspakken har derfor vært å sammenstille eksisterende kunnskap, innhente erfaringsbasert kunnskap og opparbeide ny kunnskap om tema.

Arbeidet omfattet:

1. Litteraturstudier av vitenskapelige publikasjoner og rapporter om fiskevelferd relatert til *Caligus elongatus* og nært beslektede arter, hos laks og rognkjeks i oppdrett nasjonalt og internasjonalt.
2. Innhenting av erfaringsbasert kunnskap ved bruk av spørreskjema i Norge (PO9-13), på Færøyene og på Island. Målet var å fremskaffe informasjon om følgende tema:
 - Identifisere i hvor stor grad skottelus representerer et velferdsproblem.
 - Identifisere hvilke nivåer av skottelus som påvirker fiskevelferd for laks og rognkjeks.
 - Identifisere kliniske funn og observasjoner på laks og rognkjeks ved skotteluspåslag.
 - Avdekke hvilke velferdsrelaterte vurderinger som legges til grunn ved beslutning om avlusing og evt. andre forebyggende eller avbøtende tiltak (omtalt under AP4)

Med basis i resultater og funn fra studiene ble det utarbeidet innspill til AP5 som omfatter konkretisering av satsingsområder for videre forsknings- og utviklingsarbeid.

5.2 Materiale og metode

En sammenstilling av eksisterende kunnskap om arten *Caligus elongatus* og fiskevelferd ble gjennomført som et litteraturstudium av forskerevaluert (per reviewed) publikasjoner. I tillegg ble noen mastergradsoppgaver, doktorgradsoppgaver og nasjonale rapporter brukt som supplement. Litteratur ble funnet gjennom bruk av søkemotorer Google Scholar og Web of Science. Søkeord brukt var "Caligus elongatus" i kombinasjon med et eller flere av ordene "lesion", "immunology", "lumpfish", "skin", "mortality", "wounds", "dermis", "trauma",

"epidermis", "skin erosions", "haemorrhages", "stress", "osmoregulation", "pathology", "welfare", "infestation" og "infection". Resultatene fra hvert enkelt søk ble gjennomgått og litteratur som inneholdt noe om helse eller skader ble med videre og gjennomgått i detalj.

Erfaringsbasert kunnskap om skottelus og effekt på fiskevelferd ble innhentet gjennom spørreundersøkelsen. Målgruppen var fiskehelsepersonell, lusekoordinatorene og annet nøkkelpersonell i næring og forvaltning fra Nord-Norge (PO9-13), Island og Færøyene. Den enkelte skulle med bakgrunn i egne observasjoner i felt og øvrig erfaringsgrunnlag fra de seneste tre år bistå med informasjon inn i prosjektet. De enkelte besvarelsene ble forankret til produksjonsområde/land. Dette for å kunne analysere data geografisk og identifisere mulige geografiske forskjeller. Deltakere i undersøkelsen uttalte seg kun om det geografiske området de selv hadde erfaring fra.

Spørreundersøkelsen omfattet følgende spørsmål:

1. Basert på en generell vurdering, hvor stort velferdsproblem mener du skottelus på laks utgjør i produksjonsområdet/-ene du rapporterer fra
2. Ved hvilke nivåer av skottelus per fisk påvirkes fiskevelferden, og i hvilken grad?
3. Hvilke skader kliniske funn er observert som følge av skotteluspåslag de siste tre år, og hvor vanlig er det å observere de ulike parameterne ved påslag i produksjonsområdet du har erfaring fra?
4. Påvirker skotteluspåslag velferden til rognkjeks?
5. Ved hvilke mengder skottelus på rognkjeks påvirkes fiskevelferd, og i hvilken grad?
6. Angi hvilke skader/kliniske funn av betydning for fiskevelferd som er observert på rognkjeks ved skotteluspåslag

Samtlige spørsmål inkluderte også kommentarfelt for nyansering av svar og formidling av tilleggsinformasjon.

5.3 Resultater

5.3.1 Litteraturgjennomgang velferdsutfordring

Skottelus har ikke preadulte stadier, og begynner først å bevege seg rundt på vertens hudoverflate etter skallskifte fra chalimus IV til mobile voksne. De voksne stadiene ernærer seg på slimlaget på fisken og etterlater seg en mørkere stripe som viser området av skinnen hvor slimlaget er beitet ned. Dette området er like bredt som ryggskjoldet/hodebryststykket (carapace). Ved stort påslag vil mye av slimlaget til fisken bli beitet ned. Hvis mange lus sitter på samme område vil de beite på dypere hudlag og sår og blødninger vil dannes. Vedvarende stor tetthet av skottelus vil resultere i nedbeitet hud, muskler og tilslutt brusk (Hogans and Trudeau 1989).

Skottelus har som kjent mange verter og er registrert på minst 80 arter av fisk. Mindre kjent er det at skottelus også fester seg på vågehval. I et screeningstudium av ektoparasitter på vågehval høstet rundt Island ble skottelus funnet på 12 % (prevalens) av vågehvalene (Olafsdottir and

Shinn 2013). Skottelus ble hovedsakelig funnet i månedene august og september. Det ble ikke funnet skottelus på dyr skutt i april - juni, noe som tyder på at påslagene av skottelus skjedde i Islandske farvann (Revie et al. 2002).

To genotyper av skottelus er påvist. Rognkjeks er hovedsakelig vert for genotype 1, mens torsk, sei og sjøørret har en jevnere fordeling av begge genotypene (Øines and Heuch 2007). Øines and Heuch (2007) fant videre at genotype 1 var overrepresentert i prøver samlet på våren og at genotype 2 ble funnet å øke gradvis utover høsten. Undersøkelsen viste videre at laks fra oppdrettsanlegg i Finnmark (Alta og Sørøya), Færøyene, Canada og Scotland hadde 100 % av genotype 1, selv om prøvene var tatt gjennom hele året (Øines and Heuch 2007).

Betydelig påslag av lus (både lakse- og skottelus) gir stor skade fordi lusa spiser på fiskens hudlag. Dette fører til ødem og blødninger i dermis (lærhud, nest ytterste hudlag) og kan resultere i død i ytterste konsekvens, sannsynligvis på grunn av osmoregulatoriske forhold (Wootten et al. 1982). I Wootten et al. (1982) sin gjennomgang av litteratur hevder forfatterne at de fleste utbruddene av luseinfestasjoner med skader skyldes lakselus. Kun to episoder med skader av skottelus var frem til 1982 rapportert, og i det ene tilfellet var fisken allerede svekket av bakterie-sykdommen vibriosis (Wootten et al. 1982). Videre beskriver Wootten et al. (1982) at oppdretterne rapporterer om økt hopping ved skotteluspåslag med påfølgende slagskader og sekundære infestasjoner.

Skader forårsaket av lus (lakselus og skottelus) kan være knyttet til et lite område av skinnet, eller mer omfattende, avhengig av størrelse på fisken, mobilitet på parasittene og antallet parasitter. Infestasjoner kan resultere i kløe, hudirritasjon og sårddannelser, sult, redusert vekst, sekundære infeksjoner og dødelighet (Tørud and Håstein 2008). Det hevdes at skader og helseproblemer fra lus utelukkende skyldes mekanisk skade som følge av lusas beiteaktivitet (Pike and Wadsworth 1999). Det er foreslått at lus kan resultere i infeksjon med andre agens, for eksempel bakterien *Vibrio* (Wootten et al. 1982). Det finnes ikke eksperimentelle bevis på direkte infeksjoner fra skotte- eller lakselus. Det sies derfor i litteraturen at infeksjonene er sekundære. Imidlertid fant Nylund et al. (1991) bakterier i midtre tarmparti hos lakselus. Disse bakteriene ble ikke identifisert, men indikerer at lakselus kan overføre bakterier mellom laks. I et senere studium påviste Nylund et al. (1993) at lakselus kunne være vektor for smittsom laksanemi (ILA), og indikerer at lakselus og kanskje også skottelus kan være vektor for også andre virus- og bakterielle sykdommer (Nylund et al. 1994).

Skottelusen er en bedre svømmer enn lakselus, noe som også rapporteres fra oppdretterne. Skottelus slipper taket i laksen raskere enn lakselus og gjennomgang av lusedata i dette prosjektet viser at skottelus kan re-innfeste/ gi nypåslag hos laks kort tid etter gjennomførte badebehandlinger og ikke-medikamentelle avlusninger. Dette, sammen med at skottelus opptrer på flere verter (arter), gir en høyere risiko for at skottelusa kan overføre av sykdom til verter sammenlignet med lakselus (Costello 2006).

Det kliniske bildet av skader på fisk ved skotteluspåslag er ikke dokumentert like grundig som for lakselus. Siden de voksne stadiene av skottelus er mindre i størrelse enn lakselusa er det forventet at de fysiske skadene av beiteaktivitet på skinn/hudlag er mindre (Pike and Wadsworth 1999). Risikorapporten fra Havforskningsinstituttet sier for eksempel lite om skottelus. I rapporten fra 2018 er skottelus kun nevnt i en setning under parasitter og

konklusjonen er at "Skottelus (*Caligus elongatus*) fra rognkjeks kan smitte over på annen fisk, men det er trolig uvanlig da rognkjeks synes å være en foretrukket vert" (Grefsrud et al. 2018). Det finnes også lite dokumentert kunnskap om fysiologiske skader på villfisk fra skottelus. I et studium hvor sildelarver ble klekket i kar og føret med naturlig (ikke frosset) zooplankton og smittet med frittsvømmende copepodittlarver av skottelus, rapporterte forfatterne om skader fra fastsittende skottelus-stadier. To copepoditter hadde festet seg dypt i muskelvev inn mot ryggraden og forårsaket dype sår mens en chalimus larve (de fastsittende stadiene på fisken) også hadde festet seg dypt inn i vevet nært ryggrad (Karlsbakk et al. 2003). I et tilsvarende studium ble det funnet at torskelarver ble infisert med både copepoditter, chalimus larver og voksne skottelus (Karlsbakk et al. 2001), men ingen fysiologiske skader ble rapportert.

Det rapporteres om økt hoppeaktivitet ved påslag av skottelus (spørreundersøkelse, denne rapporten). Det er noe ulik oppfatning av antallet skottelus som skal til for å øke hoppefrekvens, men hos liten laks observeres økt hoppeaktivitet allerede ved lave påslag (5-10 skottelus/fisk) ifølge undersøkelsen. Stresset fisk produserer mer slim til ytterhuden, noe som gir bedre forhold for skottelus (Paulsen 2018). Slik sett innebærer stress hos laks i generell forstand bedre forhold for påslag av nye skottelus. Vedvarende og kronisk stress påvirker fiskens immunsystem (Tort 2011), noe som kan bety at laksen blir mer mottakelig for sekundære infeksjoner og stress-relaterte sykdommer.

Atlantisk laks ser ut til å ha en begrenset medfødt og ervervet immunrespons mot lakselus (MacKinnon 1993, Pike and Wadsworth 1999). I en studie av Reilly and Mulcahy (1993) ble laks injisert med rå-ekstrakt av skottelus og lakselus. Det ble laget ulike proteinekstrakt fra hver av artene og både ekstrakter fra lakselus, skottelus og blanding av ekstraktene resulterte i antistoffproduksjon (Reilly and Mulcahy 1993). For at ervervet immunforsvar skal resultere i en effektiv bekjempelse av luseartene må fisken skille ut slim som inneholder antistoffer. I et studium av Atlantisk-, Chinook- og Coho-laks viser Pike and Wadsworth (1999) at Atlantisk laks reagerer dårligst i forhold til immunologisk respons mot copepoditter av lakselus. Coho-laks responderte best med en velutviklet betennelsesreaksjon. Coho-laks kvittet seg med copepodittene fra gjeller og forekomst av skottelus på fiskens skinn ble kraftig redusert, mens Atlantisk laks hadde en svært begrenset respons. Chinook-laks sin respons på copepodittene var mellom disse to ytterpunktene. Hvorvidt dette kan bety at det kan avles på laks for å styrke immunologiske responser mot skottelus og lakselus er ukjent.

Utvikling av vaksine mot lakselus (evt. skottelus) bygger på prinsippet om at det forekommer en immunrespons som kan trigges. Forsøkene på å utvikle vaksiner mot lakselus var allerede i gang for 30 år siden (Rae 2002). I 2008 skriver Tørud and Håstein (2008) at ingen kommersielle vaksiner mot lus er tilgjengelige, men at det arbeides for å utvikle en slik vaksine. Arbeidet pågår fremdeles og minst tre prosjekter med mål om vaskineutvikling mot lakselus pågår nå (<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/>) i regi av FHF.

5.3.2 Resultater fra spørreundersøkelse

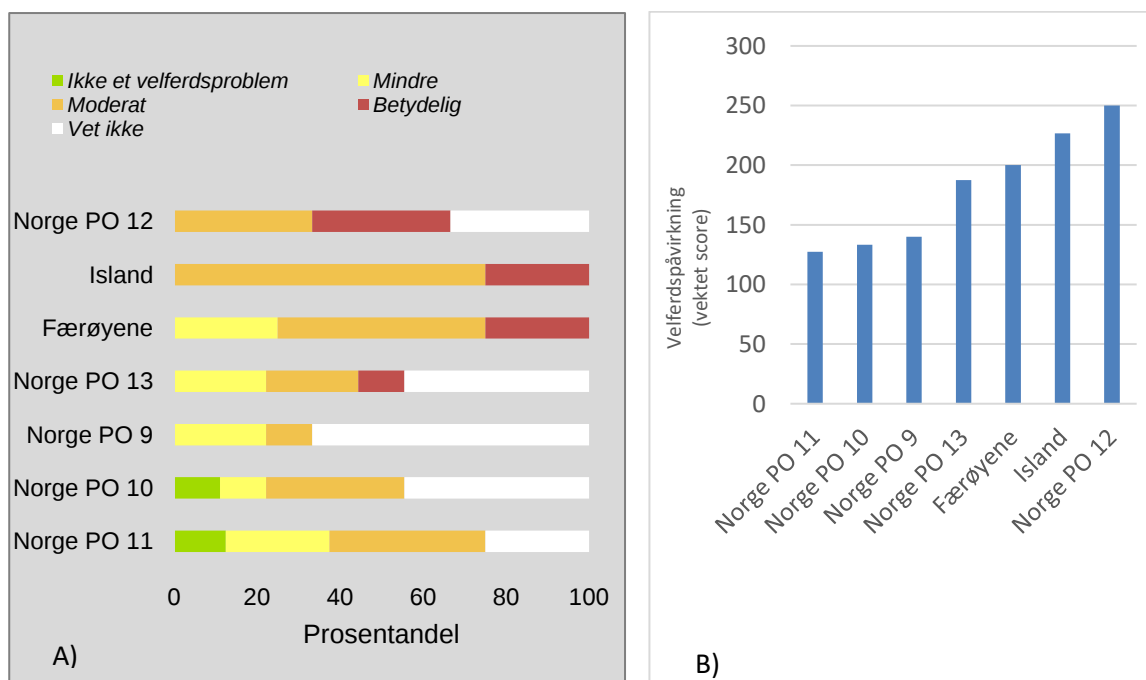
Ved presentasjon av resultater på de enkelte spørsmål er et begrenset utvalg grafiske fremstillinger omfattet. Fremstilling av resultater på samtlige spørsmål i spørreundersøkelsen fremgår av rapportens Vedlegg 2.

Del 1 – om velferdspåvirkning på laks

Spørsmål: Basert på en generell vurdering, hvor stort velferdsproblem mener du skottelus på laks utgjør i produksjonsområdet/-ene du rapporterer fra?

Målsetningen med spørsmålet var å få kvantifisert betydningen av skottelus påslag for fiskevelferd i de enkelte geografiske områdene, og identifisere geografiske forskjeller.

Svar på dette spørsmålet gjenspeilet ulik oppfatning av hvor stor betydning skottelus har for fiskevelferd innad de enkelte geografiske områdene. I PO 12 og på Island har samtlige svart skottelus utgjør et *moderat* til *betydelig* velferdsproblem. I PO13 og på Færøyene er oppfatningen svært forskjellig, og svarene spriker fra *mindre velferdsproblem* til *betydelig*. Det er kun i PO10 og PO11 at alternativet "*utgjør ikke et velferdsproblem*" er benyttet, men også her er erfaringene forskjellige, noe som reflekteres i ulike svar.



Figur 10 A) og B): Resultater fra spørsmål om hvor stort velferdsproblem skottelus utgjør i de enkelte geografiske områder. Tabell A) Fordeling av svaralternativ i % per geografisk område. Tabell B) Vektet score for de ulike produksjonsområder/land.

For å kvantifisere svarene og identifisere geografiske forskjeller mellom PO og land ble det utarbeidet en vektet scoreverdi per område. Denne ble beregnet på bakgrunn av sum av prosentandel av svar per kategori, multiplisert med hhv 0 (ikke et velferdsproblem), 1 (mindre),

2 (moderat) eller 3 (betydelig). Svaralternativ: *Vet ikke* ble ekskludert fra beregningen. Av vektet score (Fig. 10B) fremgår at skottelus er et økende velferdsproblem fra PO9 i Nordland til PO13 i Finnmark. PO12 utgjør sammen med Island, Færøyene og PO13 de geografiske områdene hvor skottelus utgjør størst velferdsproblem. Resultatene sammenfaller med funn i AP4, hvor PO12 og 13 fremkommer med høyest forekomst av skottelus på fisk.

En årsak til ulik oppfatning av problemstillingen i de enkelte PO/land kan skyldes forskjeller i infestasjonspress innad i de geografiske områdene. Dette er også angitt frem i kommentarfeltet til spørsmålet. Det må også tas i betraktning at uttalelsens i undersøkelsen gjenspeiler den enkeltes erfaringsbakgrunn og kunnskap, og at denne vil variere med anleggstilknypning og geografisk tilhørighet.

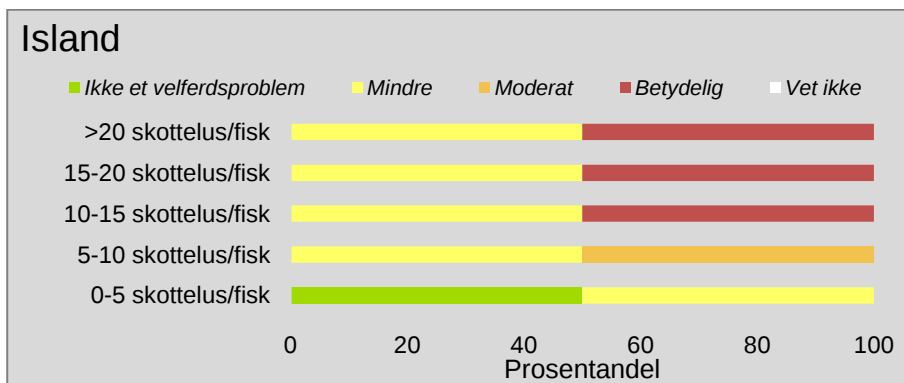
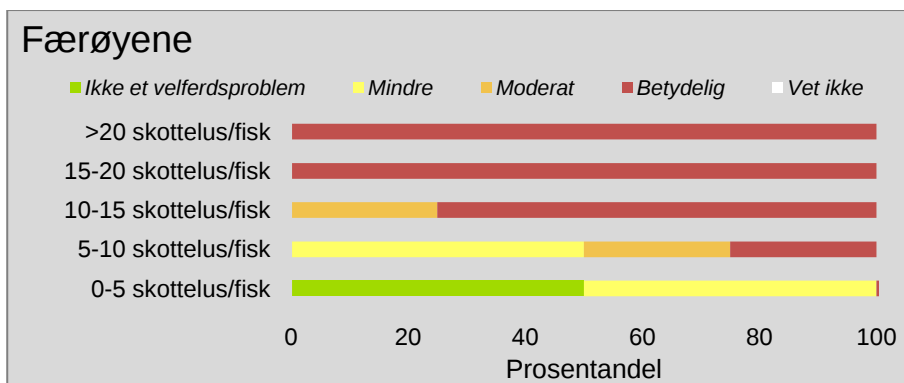
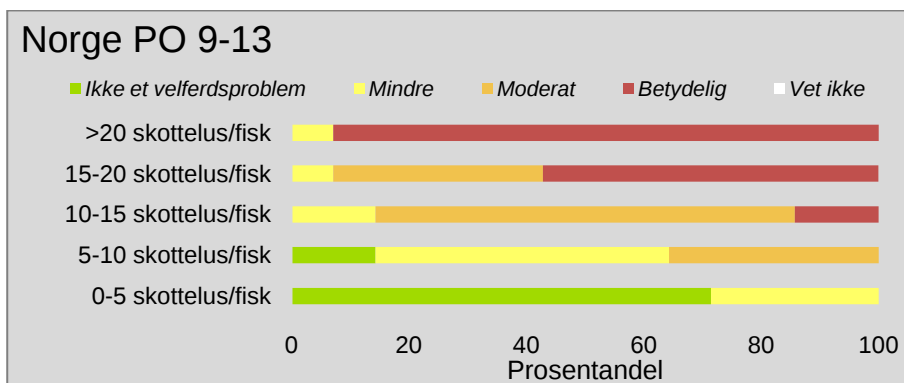
Det anmerkes også i kommentarfelt at det er utfordrende å vekte betydningen av skottelus på fiskevelferd. Dette fordi konsekvens av påslag påvirkes av faktorer som eks. størrelsen på fisk, varighet på påslag og mengde skottelus per fisk. I tillegg er sjøtemperatur en viktig faktor (slagskader/sårutvikling/tilhelingsgrad) og fiskens generelle helsestatus (eks. skinnhelse) har betydning.

Spørsmål: *Ved hvilke nivåer av skottelus påvirkes fiskevelferden, og i hvilken grad?*

I spørsmålet skulle den enkelte angi grad av velferdspåvirkning ved definerte påslagsmengder av skottelus (fra 0 til > 20 lus/fisk). Spørsmålet skilte ikke på fastsittende og voksne stadier.

Svar på dette spørsmålet er fremstilt for de enkelte land (Fig 11). Velferdspåvirkning vektet svært forskjellig ved ulike påslagsmengder. Trendbildet for både Norge og Færøyene viser en økende påvirkning med påslagsmengde. Fisker påvirkes allerede ved infestasjonspress 0-5 skottelus/fisk, og påslag ≥ 10 -15 skottelus/fisk kan utgjøre et *betydelig problem*.

Det Islandske materialet omfatter kun to besvarelser, og svarene viser stor variasjon i oppfatning av betydning ved de angitte påslagsmengder.



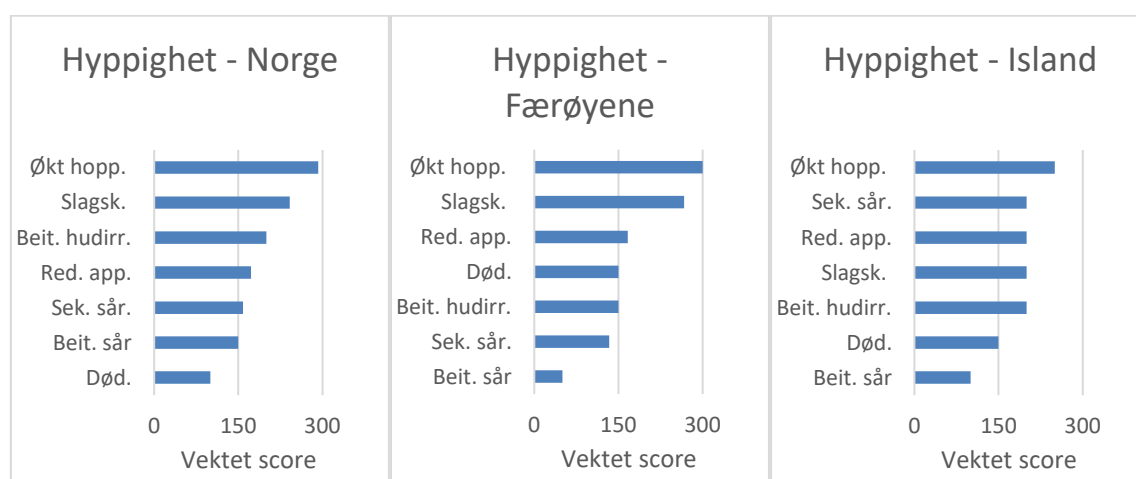
Figur 11: Fremstilling av svar på spørsmål om velferdspåvirkning ved ulike påslagsmengder av skottelus i hhv Norge, Færøyene og på Island. Svaralternativ er oppgitt i % for de ulike kategorier.

I kommentarfelt fremkommer at fiskestørrelse har stor betydning for tåleevne, og at det derfor er vanskelig å definere påvirkningsgrad eksakt. Dette kan være årsak til variasjonene som sees i besvarelser på dette spørsmålet, spesielt ved lavere påslagsmengder. På bakgrunn av resultater og kommentarer fremstår $\geq 5-10$ skottelus/laks som et grovt innslagspunkt for moderat/betydelig velferdspåvirkning hos liten fisk (< 300 gram), mens tålegrensen hos større fisk er vanskelig å angi. Det løftes også frem at konsekvens for fisk vil avhenge av faktorer som generell hud- og helsestatus, sjøtemperatur og varigheten av påslag.

Spørsmål: *Hvilke skader kliniske funn er observert på laks som følge av skotteluspåslag de seneste tre år, og hvor vanlig er det å observere de ulike parameterne ved påslag i produksjonsområdet du har erfaring fra?*

Dette spørsmålet hadde som mål å identifisere hvilke kliniske funn og skader som er vanligst forekommende på laks ved skotteluspåslag. Den enkelte ble bedt om å rangere hvor ofte konkrete forhåndsdefinerte kliniske funn observeres. Alternativene tok utgangspunkt i klinikk som kan forventes som en direkte konsekvens av beiteskader ved lusepåslag, potensielle sekundære skader og stressrelatert påvirkning. Evt. andre observasjoner/kliniske funn som ikke fremkom av spørsmålet skulle angis i kommentarfelt.

Svarene er analysert geografisk for hhv. Norge, Færøyene og Island. Besvarelsene synliggjør noe variasjon i hvilke kliniske funn som er vanligst forekommende. Det ble utarbeidet vektet score for å kvantifisere geografisk forskjeller basert på antall besvarelser per svaralternativ (Figur 12).



Figur 12. Hyppighet av de ulike kliniske funn som er observert ved skotteluspåslag i hhv Norge, Island og på Færøyene basert på vektet score. Vektet score = sum av prosentandel av svar per kategori, multiplisert med enten 0 (aldri), 1 (sjelden), 2 (moderat) eller 3 (hyppig forekommende). Svar i kategorien: Vet ikke ble ekskludert fra beregningen av prosentandel av svar per kategori).

Trendbilde viser i grove trekk et sammenfallende kliniske bilde i Norge, på Island og på Færøyene. De vanligst forekommende observasjonene er 1) økt hoppeaktivitet, 2) hoppeskader (mekanisk skade/traume), 3) hudirritasjon som en direkte konsekvens av beiteaktivitet og 4) nedsatt appetitt. Dødelighet ved skotteluspåslag rapporteres å være mindre vanlig i Norge sammenlignet med Færøyene og på Island. Svarene uttrykker at sårutvikling som en direkte konsekvens av beiteaktivitet er mindre vanlig, men at sår kan utvikles som en konsekvens av mekaniske skader (sekundært til hoppeskader).

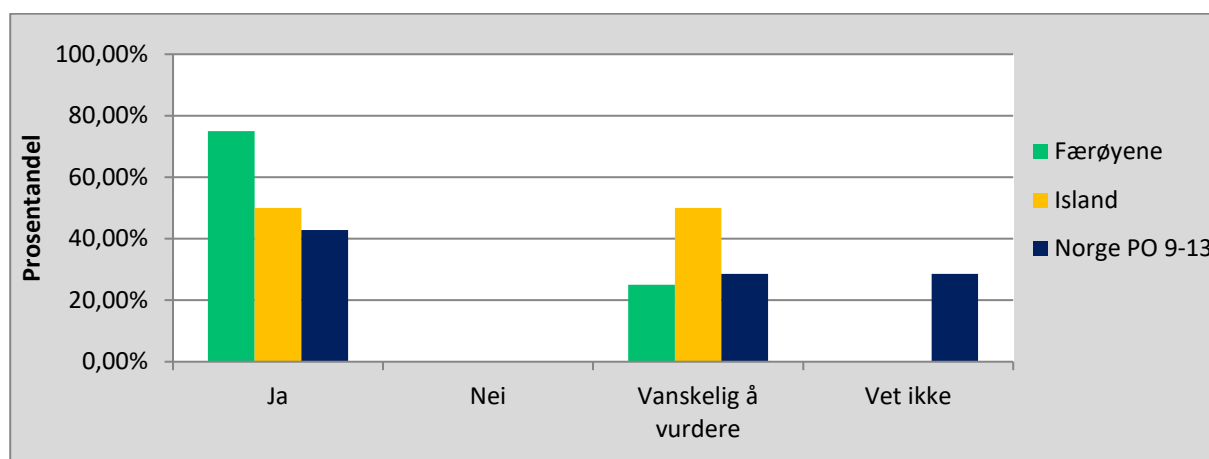
I kommentarfeltet på dette spørsmålet fremkom at omfang av kliniske funn avhenger av smittepress, og at man på liten fisk ser stressadferd/økt hoppeaktivitet ved lavere antall skottelus enn hos større fisk. Det anmerkes videre at god hudhelse og intakt slimlag beskytter fisken mot beiteskader, og påvirker omfang av punktblødninger/"rødbuk" og sårutvikling.

Håndteringsskader som oppstår ved bruk av ikke-medikamentelle avlusingmetoder trekkes frem som en faktor som både disponerer for påslag, påvirker beiterelatert sårutvikling. Hoppeaktivitet kan resultere i akutt død som en direkte følge av mekanisk skade (nakkeskader, sprukken nyre, hjerneblødning), og dødelighet hos fisk med underliggende sykdom (eks. CMS og HSMB. Fra Færøyene kommenteres observasjon av beiteskader i form av sårutvikling, spesielt i hoderegion og rundt øyne ved større påslag.

Del 2 – om skottelus og velferdspåvirkning på rognkjeks

Spørsmål: *Påvirker skotteluspåslag velferden til rognkjeks?*

Av besvarelsene fremgår en oppfatning om at velferd hos rognkjeks påvirkes ved påslag av skottelus. Andelen som gir uttrykk for en slik oppfatning er forholdsmessig størst på Færøyene (75%), men også i Norge er denne oppfatningen dominerende. Ingen har benyttet svaralternativ *nei* på dette spørsmålet. En betydelig andel svarer imidlertid at det er *vanskelig å vurdere* om rognkjeks påvirkes.



Figur 13. Fremstilling av %-vis fordeling av svaralternativer på spørsmål om betydningen av skotteluspåslag på velferd hos rognkjeks i Norge, på Færøyene og på Island.

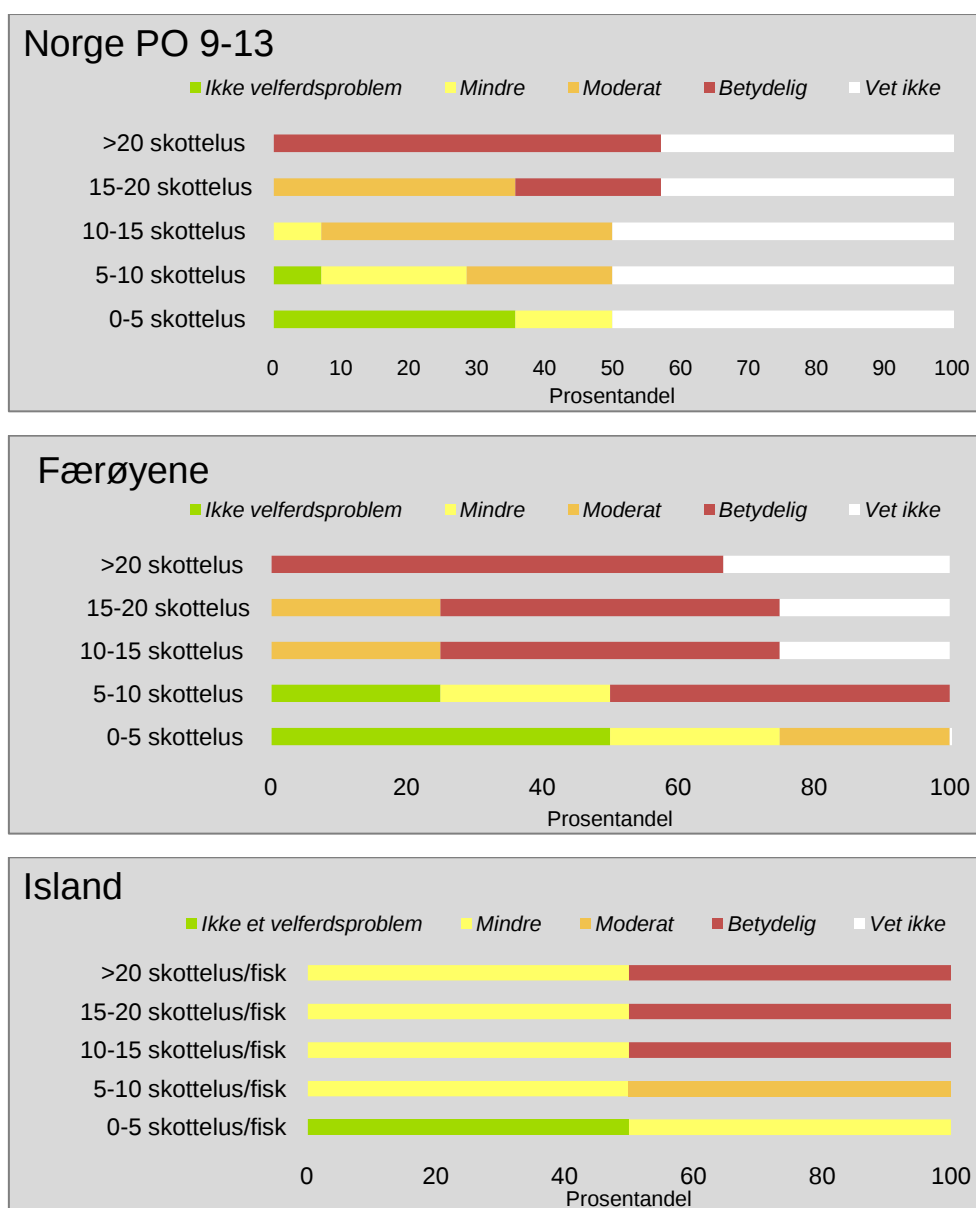
Resultatene og kommentarene til dette spørsmålet tiliser mangel på kunnskap om hvordan rognkjeks påvirkes ved skotteluspåslag. Dette kan skyldes en begrenset forutsetning for observasjon av rognkjeks på merdnivå, og at man ikke med sikkerhet kan knytte kliniske funn til skottelus alene. I kommentarfelt fra besvarelse på Færøyene anmerkes at det observeres økende grad av skinnirritasjon og sårutvikling på rognkjeks ved økende mengde skottelus. Andre beskriver forøket dødelighet og redusert appetitt ved større påslag. Det fremgår også av kommentarfelt at enkelte, tross betydelige mengder lus på rognkjeks i liten grad ser beiteskader eller adferdsendring.

Oppsummert gir svar og kommentarer uttrykk for mangelfull kunnskap og usikkerhet knyttet til dette spørsmålet.

Spørsmål: Ved hvilke mengder skottelus på rognkjeks påvirkes fiskevelferden, og i hvilken grad?

Målsetningen med spørsmålet var å identifisere rognkjeksens tåleevne ved ulike mengder skottelus. Velferdspåvirkning skulle angis med henvisning til antall lus/fisk.

Besvarelsene viser ulik oppfatning av påvirkningsgrad ved angitte mengder lus, og flere har valgt svaralternativ "vet ikke" på dette spørsmålet. Dette var ikke overraskende tatt i betraktning usikkerheten som fremkom på spørsmålet om generell betydning av skotteluspåslag på rognkjeks. Trendbildet for både Norge og Færøyene viser imidlertid at økende mengde lus gir tilsvarende økt negativ påvirkning. Svarene fra Færøyene gir uttrykk for betydelig effekt på velferd allerede ved 5-10 skottelus, mens de norske besvarelsene angir en litt høyere tåleevne (betydelig påvirkning ved ≥ 15 -20 lus/fisk). Generelt fremkommer at rognkjeks har en høyere tåleevne enn laks ved tilsvarende mengde skottelus.



Figur 14. Oppfatning av velferdspåvirkning ved definerte påslagsmengder av skottelus på rognkjeks i Norge, på Færøyene og Island.

Av kommentarfelt til dette spørsmålet fremgår at størrelsen på rognkjeks har betydning, og at liten fisk har lavere toleranse enn større fisk. Videre påpekes at det ikke telles lus på rognkjeks rutinemessig, og at spørsmålet derfor er vanskelig å svare på. Enkelte viser til at de har observert større mengder skottelus på rognkjeks (>50) uten at det har forekommet beiteskader.

Spørsmål: *Angi hvilke skader/kliniske funn av betydning for fiskevelferd som er observert på rognkjeks ved skotteluspåslag.*

På dette spørsmålet ble den enkelte bedt om å beskrive funn og observasjoner.

Flere svarer at det i liten grad observeres skader på rognkjeks som med sikkerhet kan knyttes til skottelus. Enkelte beskriver imidlertid at de har sett beiteskader og påfølgende sårutvikling som en direkte konsekvens av beiteaktivitet, mens andre er usikre på om sårskader skyldes andre årsaksfaktorer. Det løftes også frem at adferd og appetitt vanskelig lar seg observere/måle under oppdrettsbetingelser, og at dette gjør det utfordrende å vurdere om, og i hvilken grad rognkjeks påvirkes. Økt dødelighet hos rognkjeks ved høyt infestasjonspress kan heller ikke utelukkende knyttes til skottelus alene. Rognkjeksdødelighet er generelt vanskelig å tallfeste eksakt, og er et parameter som må tolkes med forsiktighet.

Av konkrete kliniske observasjoner og funn ved skotteluspåslag nevnes: endring i slimlag, hudlesjoner, sårutvikling og sekundære infeksjoner (eks. tenacibaculum). Videre fremgår tap av appetitt og redusert beiteadferd. Fra Færøyene kommenteres observasjon av sår på rognkjeks etter ikke-medikamentelle avlusingstiltak, men det anmerkes at man ikke med sikkerhet kan skille om lesjonene skyldes skotteluspåslag eller er en direkte konsekvens av håndteringsskader.

5.4 Konklusjoner og videre arbeid

Skottelus utgjør en velferdsutfordring for laks i produksjonsområdene 9-13 i Norge og på Færøyene og Island. Oppfatningen av hvor stort problemet er varierer innad i de enkelte produksjonsområder og land, og reflekterer lokale variasjoner i smittepress. PO12 utgjør sammen med Island, Færøyene og PO13 de geografiske områdene hvor skottelus har størst påvirkning på fiskevelferd. Funnene sammenfaller med analyser av datamateriale på forekomst av skottelus i PO9-13 (arbeidspakke 4).

Selv lave påslagsmengder påvirker fiskens velferd negativt. Tålegrense er korrelert med fiskestørrelse, og hos liten laks (<300 gram) kan negativ påvirkning være betydelig allerede ved påslag ≥ 5 -10 skottelus/fisk.

Det typiske "kliniske bilde" som sees ved skotteluspåslag fremstår tilnærmet likt i Norge, på Færøyene og på Island, og domineres av følgende observasjoner:

- Økt hoppeaktivitet
- Slagskader
- Hudirritasjon som følge av beiteskader
- Redusert appetitt

Sårskader som en direkte konsekvens av beiteaktivitet fremstår mindre hyppig forekommende i følge undersøkelsen. Tilsvarende gjelder dødelighet. I litteratur beskrives at rene beiteskader og sekundære infeksjoner kan oppstå ved større påslag av skottelus og lakselus. Litteraturen skiller imidlertid ikke mellom de to omtalte luseartene i sine beskrivelser. Hovedinntrykket fra litteraturen er at lus gir beiteskader og potensielt sekundære infeksjoner på grunn av sårutvikling, mens et studium viser at lakselus også kan fungere som vektor for sykdommer, som påvist med smittsom laksanemi (ILA).

Fisken generelle helsestatus og spesielt hudhelse trekkes frem som viktige faktorer som påvirker både tåleevne, omfang og uttrykk på kliniske symptomer ved skottelusinfeksjoner hos laks.

På spørsmål om konsekvens av skottelus på rognkjeks, uttrykker svar på spørreundersøkelsen stor usikkerhet. Det er en generell oppfatning om at skottelus påvirker velferd, men betydelig variasjon i vektning av påvirkningsgrad ved ulike påslagsmengder. Sammenlignet med laks, tilsier trendbildet at rognkjeks oppfattes å ha en noe høyere tåleevne ved samme påslagsmengde lus. Resultatene må imidlertid tolkes med forsiktighet da det av kommentarfeltene fremkommer at dette er vanskelig å uttale seg om med sikkerhet. Dette skyldes begrenset forutsetning for observasjon og helsemessig oppfølging av rognkjeks på merdnivå, og at kliniske funn på rognkjeks ikke med sikkerhet kan knyttes til skotteluspåslag. Det er også vanskelig å fange opp endringer i adferd hos rognkjeks og måle fóropptak.

Basert på resultater fra arbeid i AP3 vurderes følgende tema aktuelle for videre FoU-arbeid:

- Generelt behov for ytterligere kunnskap om patologisk og klinisk konsekvens av skotteluspåslag hos både laks og rognkjeks.
- Identifisere betydningen av hudhelse for fiskens tåleevne ved skotteluspåslag. Kan en styrking av hudhelse (eks. helsefôr) bidra til mindre påslag og konsekvens av beiteskader?
- Kartlegge konsekvens av stress og håndtering i tilknytning IMM og påvirkning på smittepress og konsekvens av skotteluspåslag på laks og rognkjeks.

5.5 Referanser AP3

- Costello, M. J. 2006. Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends in Parasitology* **22**:475-483.
- Grefsrud, E., K. Glover, B. Grøsvik, V. Husa, Ø. Karlsen, T. Kristiansen, B. Kvamme, S. Mortensen, O. Samuelsen, L. Stien, and T. Svåsand. 2018. Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2018. Institute of Marine Research.
- Hjeltnes, B., 2018 Fiskehelserapporten 2017.
- Hogans, W. E., and D. J. Trudeau. 1989. Preliminary studies on the biology of sea lice, *Caligus elongatus*, *Caligus curtus* and *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligoida) parasitic on cage-cultured salmonids in the lower Bay of Fundy. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences.
- Karlsbakk, E., E. Otterlei, H. Hoie, and A. Nylund. 2001. Parasites of cultured cod (*Gadus morhua*) postlarvae fed natural zooplankton. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* **21**:63-70.
- Karlsbakk, E., K. Skajaa, and A. Nylund. 2003. Parasites of cultured herring (*Clupea harengus*) larvae fed natural zooplankton. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* **23**:25-34.
- MacKinnon, B. M. 1993. Host response of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to infection by sea lice (*Caligus elongatus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **50**:789-792.

- Nodland, E. 2017a. <https://ilaks.no/rensefisk-og-skottelus-er-en-ny-problemstilling-for-oss/>.
- Nodland, E., 2017b. <https://ilaks.no/kunne-i-ekstreme-tilfeller-telle-opp-mot-1000-skottelus-per-fisk/>.
- Nylund, A., B. Bjørknes, and C. Wallace. 1991. *Lepeophtheirus salmonis*-a possible vector in the spread of diseases on salmonids. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* **11**:213-216.
- Nylund, A., T. Hovland, K. Hodneland, F. Nilsen, and P. Lovik. 1994. Mechanisms for transmission of infectious salmon anaemia (ISA). *Diseases of Aquatic Organisms* **19**:95-95.
- Nylund, A., C. Wallace, and T. Hovland. 1993. The possible role of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) in the transmission of infectious salmon anaemia. *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice* **28**:367-373.
- Olafsdottir, D., and A. P. Shinn. 2013. Epibiotic macrofauna on common minke whales, *Balaenoptera acutorostrata* Lacepede, 1804, in Icelandic waters. *Parasites & Vectors* **6**.
- Paulsen, N. 2018. *Skottelus (Caligus elongatus)*. En litteraturgjennomgang. University of Bergen, Bergen, Norway.
- Pike, A. W., and S. L. Wadsworth. 1999. Sealice on salmonids: Their biology and control. Pages 233-337 in J. R. Baker, R. Muller, and D. Rollinson, editors. *Advances in Parasitology*, Vol 44.
- Rae, G. H. 2002. Sea louse control in Scotland, past and present. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science* **58**:515-520.
- Reilly, P., and M. Mulcahy. 1993. Humoral antibody response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) immunised with extracts derived from the ectoparasitic caligid copepods, *Caligus elongatus* (Nordmann, 1832) and *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer, 1838). *Fish & Shellfish Immunology* **3**:59-70.
- Revie, C. W., G. Gettinby, J. W. Treasurer, and G. H. Rae. 2002. The epidemiology of the sea lice, *Caligus elongatus* Nordmann, in marine aquaculture of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Scotland. *Journal of Fish Diseases* **25**:391-399.
- Solsletten, V., 2018. <https://www.intrafish.no/nyheter/1648171/store-mengder-skottelus-gikk-ut-over-fiskevelferden>.
- Tort, L. 2011. Stress and immune modulation in fish. *Developmental & Comparative Immunology* **35**:1366-1375.
- Tørud, B., and T. Håstein. 2008. Skin lesions in fish: causes and solutions. *Acta Veterinaria Scandinavica* **50**:S7.
- Wootten, R., J. W. Smith, and E. A. Needham. 1982. Aspects of the biology of the parasitic copepods *Lepeophtheirus-salmonis* and *Caligus-elongatus* on farmed salmonids, and their treatment. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Section B-Biological Sciences* **81**:185-197.
- Øines, Ø., and P. Heuch. 2007. *Caligus elongatus* Nordmann genotypes on wild and farmed fish. *Journal of Fish Diseases* **30**:81-91.

6 AP4. Evaluere effekt overfor skottelus av ulike lusemidler og andre tiltak som benyttes for forebygging og kontroll av lakselus

6.1 Formål

I tråd med bestilling fra FHF, var hovedmålet med arbeidspakke 4 å samle eksisterende kunnskap om ulike lusebehandlings effekt på skottelus, samt kunnskap om forebyggende strategier. Det er kartlagt geografiske og sesongmessige variasjoner i forekomst av skottelus, behov for, og type behandling, effekt og effektvarighet av ulike behandlingstyper. Videre er det innhentet erfaringsbasert kunnskap om tema som beslutningsgrunnlag for behandling, resistensproblematikk, utfordring knyttet til behandling av to arter fisk (rognkjeks og laks) og to arter lus (skottelus og lakselus), praktiske utfordringer med skottelusbehandling og forebyggende metoder/strategier.

6.2 Metode

Arbeidet med AP 4 har vært tredelt. Det er gjennomført 1) en litteraturgjennomgang, 2) en analyse av produksjonsdata og 3) en innhenting av erfaringsbasert kunnskap (intervju) i Norge (PO 9-13), på Færøyene og på Island:

1) Litteraturgjennomgang er utført ved hjelp av databaser for vitenskapelige tidsskrift, samt innhenting av informasjon fra populærvitenskapelige artikler, og prosjektrapporter (fhf.no). Litteraturgjennomgang har fokusert på innhenting av kunnskap om relevante lusemidler og ikke-medikamentelle metoders effekt på *Caligus elongatus* og nært beslektede arter nasjonalt og internasjonalt.

2) Analyser av produksjonsdata fra Grieg Seafood Finnmark, Cermaq, Nordlaks, Mowi, SalMar, Lerøy Aurora og Norwegian Royal Salmon har blitt brukt til å lage grafiske fremstillinger av skottelusforekomst i PO 9-13 i 2018, og effekt av ulike behandlinger. Det er blitt tilsendt ukentlige skottelustall (fastsittende lakselus + skottelus, se 6.3.1), temperatur og fiskestørrelse på enhetsnivå, og en oversikt over behandlingstype- og tidspunkt på enhetsnivå. Datasettene ble standardisert og kombinert ved hjelp av Excel/Matlab for å finne utvikling i skottelustall fra uka før behandling, og inntil 9 uker etter igangsetting av behandling. Analysemetode- og fokus ble diskutert på prosjektets første åpne arbeidsmøte.

3) Intervjumetodikken er beskrevet under 2.1. Spørreundersøkelsen omfattet følgende spørsmål:

Q 12. Hvilke stadier og evt. kjønn av skottelus registreres i praksis ved gjennomføring av lusetellinger per i dag?

Q 13. Telles og journalføres forekomst av skottelus i tilknytning til lakselustellingene?

Q 14. Er det vanskelig å skille skottelus og lakselus fra hverandre ved lusetelling?

Q 15. Er det gjennomført avlusningstiltak på indikasjon skottelus ved lokaliteter i produksjonsområdene du har erfaring fra siste tre år?

Q 16. Hvilke(n) faktor(er) utløser beslutning om avlusning på indikasjon skottelus?

Q 17. Hvilke behandlingstiltak er/har vært aktuelle ved avlusning på indikasjon skottelus de siste tre år, og hva er erfaring med effekt?

Q 18. Representerer bruk av rensefisk en utfordring når behandlingstiltak mot skottelus må gjennomføres?

Q 19. Representerer behandlingstiltak og forebyggende tiltak som retter seg mot skottelus noen spesielle praktiske utfordringer sammenlignet med lakselus?

Samtlige spørsmål inkluderte også kommentarfelt for nyansering av svar og formidling av tilleggsinformasjon.

6.3 Resultater

6.3.1 Registrering av skottelus

Gjennom intervjurunde, innsamling av tallmateriale og diskusjoner i prosjektgruppa, har følgende informasjon fremkommet om registrering av skottelus.

Skottelus telles og journalføres i Norge (PO 9-13), på Island og på Færøyene. Skottelustall registreres ukentlig i Norge, og journalføres i interne, men ikke offentlige systemer (Altinn). På Færøyene er det tredjepart (Fiskaaling) som teller hver 14. dag (pålagt ved forskrift)

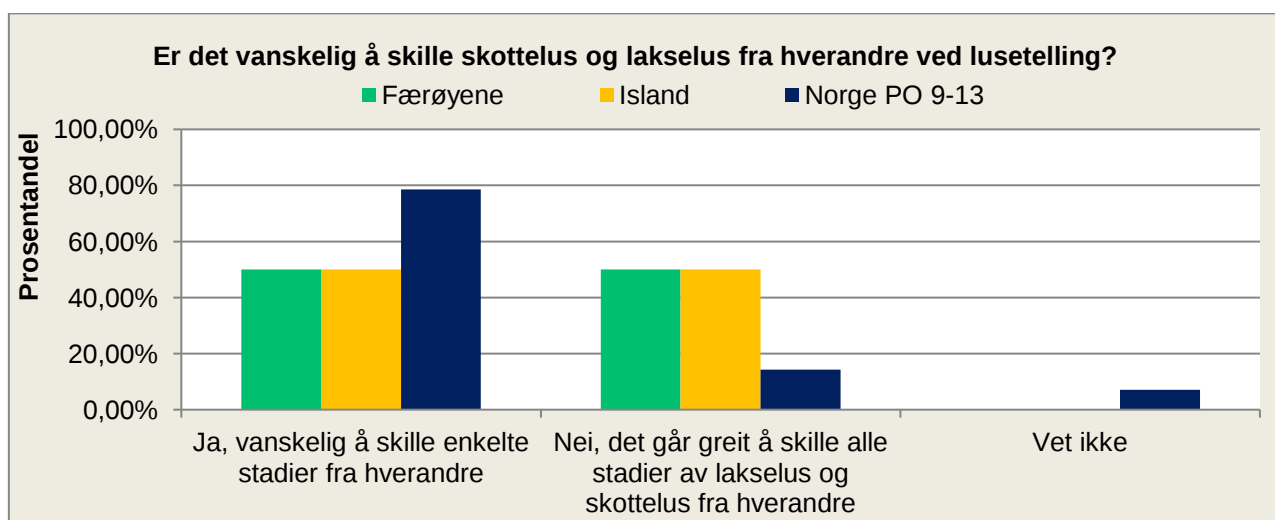
Det finnes ikke en standardisert måte å telle skottelus på. Det er vanlig å registrere fastsittende skottelus som fastsittende lakselus i Altinn. I PO 12 praktiseres det differensiering av lakselus og skottelus, også ved fastsittende stadier (Fig. 16). Sum av lus registrert som fastsittende lakselus og skottelus ble av prosjektgruppa vurdert som det mest korrekte tallet for antallet skottelus, og det mest sammenlignbare tallet for de ulike produksjonsområdene. Sum av skottelus + fastsittende blir derfor brukt i analyser og grafiske fremstillinger av lusetellinger fra

de 98 lokaliteter undersøkte lokalitetene. Forskjellen i skottelusetall ved å bruke kun skottelustall vs. fastsittende+skottelus er liten (Fig. 16).

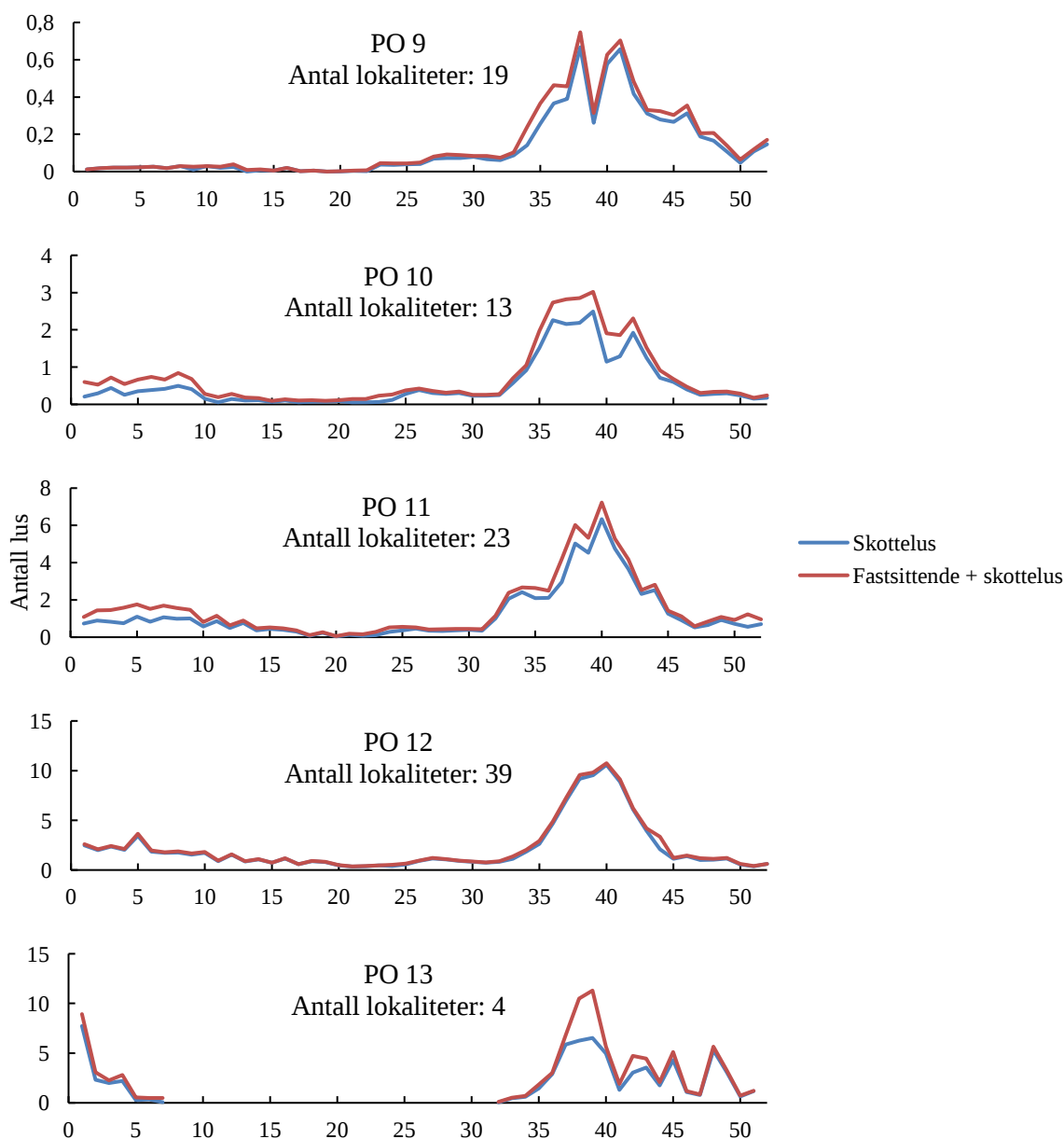
Det poengteres fra fiskehelsepersonell i PO12 at det er mulig å differensiere alle stadier skottelus og lakselus, men at det kreves god opplæring (Fig. 15 og vedlegg 2). Det beskrives som utfordrende å skille

- 1) Tidlig faste stadier skottelus/ fast lakselus
- 2) Voksne skottelushanner/ små bevegelige stadier av lakselus

I tilfeller med mye lus, og mange ulike stadier lus, er det mest feilregistrering. Det kan være store mengder i tellekar, som det kan være vanskelig å telle. Det er også utfordrende ved telling at skottelus er mobil, og kan hoppe av før fisken havner i tellekaret.



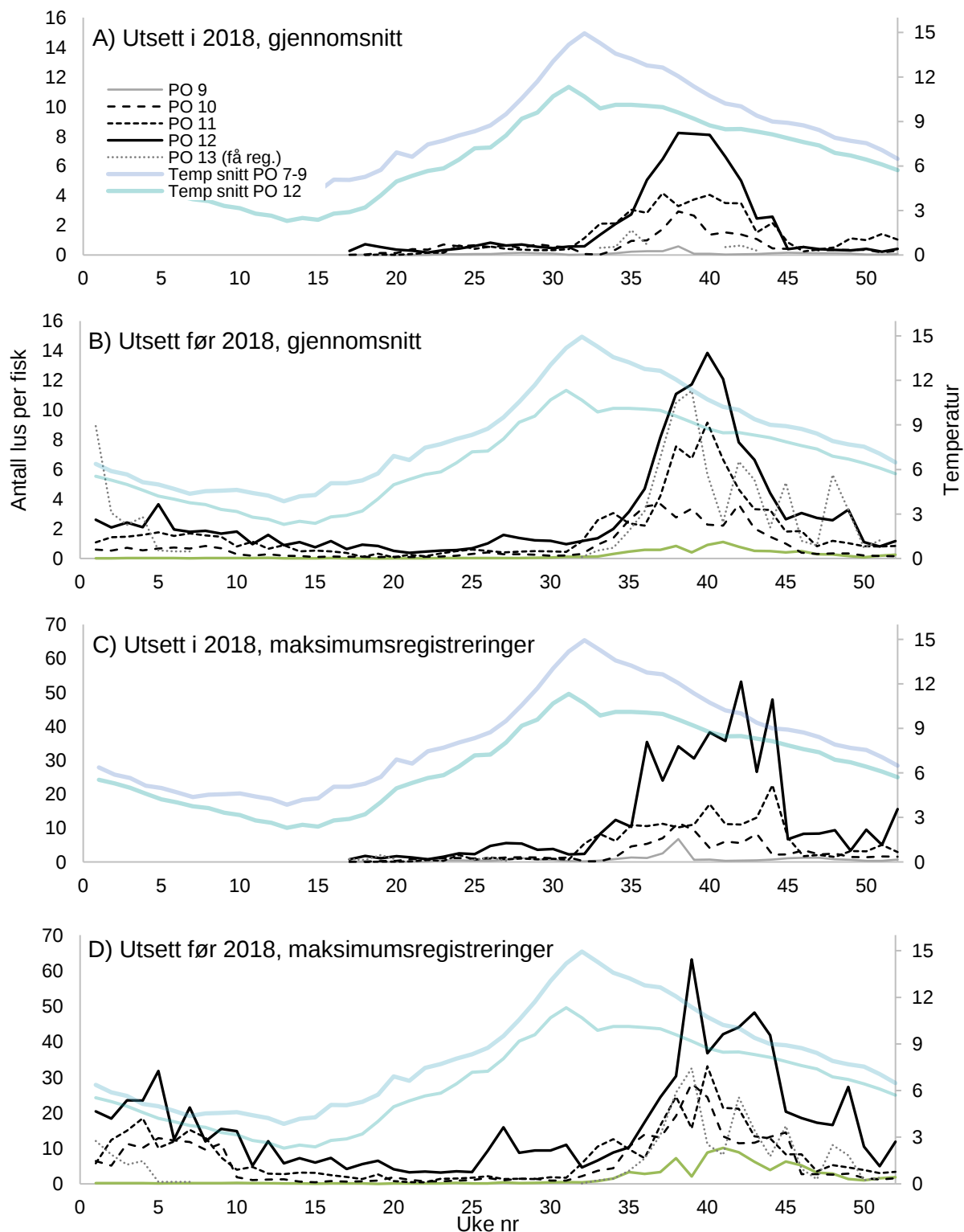
Figur 15. Resultater fra intervjurunde. Viser andel av deltakere som enten synes det er vanskelig, eller greit å skille ulike stadier lakselus og skottelus fra hverandre.



Figur 16. Gjennomsnittlig antall registrerte skottelus, og gjennomsnittlig sum av registrerte fastsittende lakselus og skottelus per uke i 2018, ved de 98 undersøkte lokalitetene fra aktører i PO 9-13. Det er ulike akseintervaller på y-akse i figurene fra de ulike produksjonsområdene.

6.3.2 Forekomst av skottelus i PO 9 - 13 (Norge).

Sum av registrert skottelus og fastsittende lakselus er undersøkt ved 98 lokaliteter, fordelt på 5 produksjonsområder (PO 9-13). Dette representerer produksjonsområder nord for Bodø. Det er skilt mellom fisk satt ut i 2018 (uke 17-47, snittvekt 492 g), og fisk satt ut tidligere enn 2018 (snittvekt 2630 g). I figur 17 er gjennomsnittstall og maksimumsregistreringer per uke per produksjonsområde og utsettsår presentert for 2018.



Figur 17. Gjennomsnittlige (A-B) eller maksimumsregistreringer (C-D) av skottelus (sum av registrerte fastsittende lakselus+skottelus) per uke i 2018, i produksjonsområde (PO) 9-13, fordelt på utsett før 2018 (B og D) og i 2018 (A og C). Snitttemperaturer fra 3-5 m dybde fra PO 9 og 12 er oppgitt i figuren.

Figuren viser at skottelustallene i PO 9-13 er høyest i perioden uke 35-45, og at tallene i hovedsak er lave på våren og forsommeren (uke 10-30). Skottelustoppnen nås 6-10 uker etter sesongens temperaturmaksimum, og økningen ser ut til å skje samtidig i alle

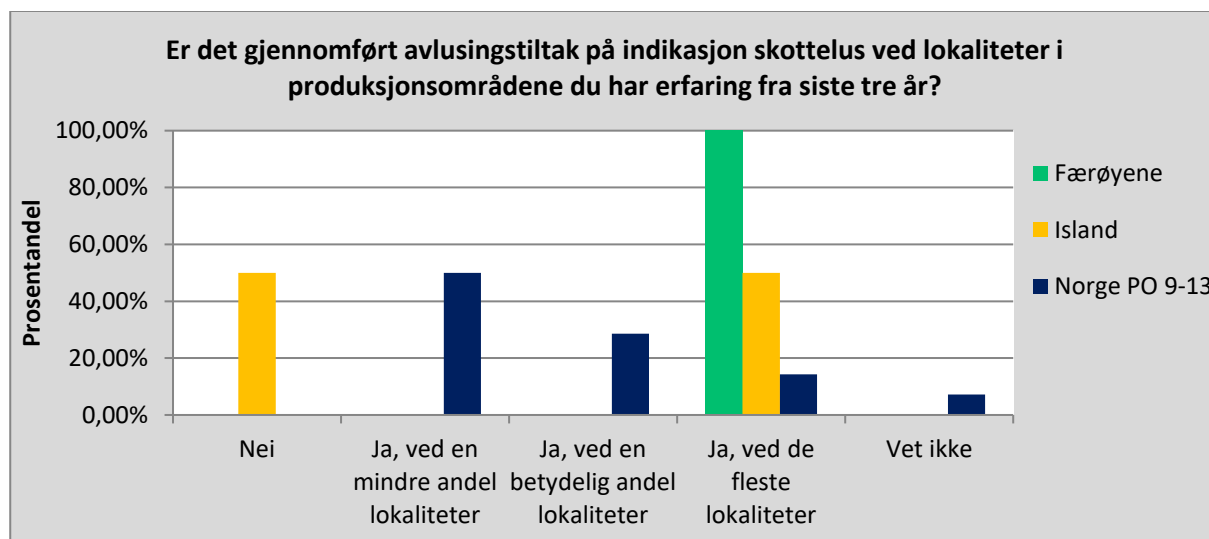
produksjonsområder. Det ble registrert mest skottelus i PO 12 i 2018, både når man ser på fisk satt ut i 2018, og fisk satt ut før 2018. Maksimumsregistreringene tyder på at antallet skottelus per fisk kan bli betydelig høyere i dette området enn i andre produksjonsområder (muligens med unntak av PO 13, som det er lite data fra). Hva som er grunnen til at det er høyere registrerte antall i PO 12 er uvisst. Det kan være knyttet til plassering av lokalitetene, tilstedeværelse av villfisk med skottelus, vannstrøm, temperatur, internsmitte/smitte mellom nabolokaliteter i fjordsystemene, større fokus på problemet, behandlingstrategier (f.eks. behandlinger mot lakselus som er lite effektive mot skottelus) mm.

Når det gjelder utvikling i forekomst, pekes det på økt forekomst, og påslag tidligere på året, primært i PO 12.

På Færøyene oppgis det at skottelus primært er en utfordring i perioden juli til mars. Skottelus har vært et betydelig problem lenge, i mer enn 15 år. Problemet beskrives som økende og starter tidligere (juli mot slutten av september).

6.3.3 Beslutningsgrunnlag for behandling

Avlusning på indikasjon skottelus er vanlig på Færøyene, i varierende grad vanlig i Norge, og i praksis utfordrende på Island, der myndighetene er restriktive med å tillate medikamentelle behandlinger (Fig. 18, Vedlegg 2). Skottelusas påvirkning på fiskevelferd oppgis som beslutningsgrunnlag for behandling i Norge, ved Færøyene og på Island. På Færøyene praktiseres det forebyggende Slicekur før utsett, og det gjøres i større grad koordinerte vurderinger og avlusninger.



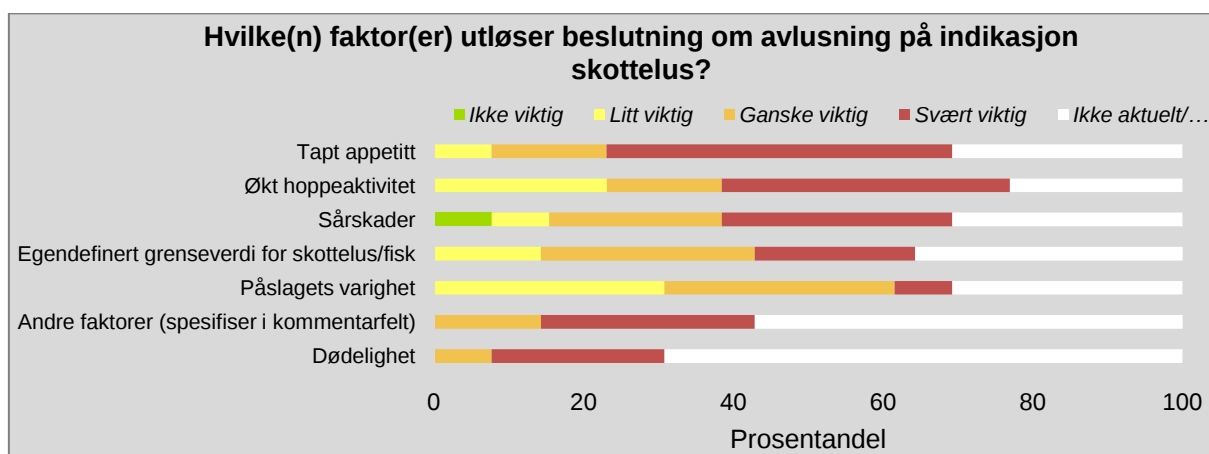
Figur 18. Spørsmål 15 fra intervjurunden. Se Vedlegg 2 for mer informasjon.

I Norge er dette en beslutning som tas på lokalitets- eller enhetsnivå, på grunnlag av en helhetlig vurdering i samråd med fiskehelsepersonell. Faktorer som oppgis som viktige er antall/stadier skottelus, antall/stadier lakselus størrelse på fisken, tid frem til utslakting, merdbilde, klinikk og appetitt. Ved appetittsvikt kan det være nødvendig å redusere lusenivå før orale lusebehandlinger.

Blant observerbare effekter på fisken, oppgis tap av appetitt, økt hoppeaktivitet og sårskader som de tre viktigste (Fig. 19). Når det gjelder antallet lus per fisk, så vurderes toleransegrensen som høyere hos større fisk.

Det poengteres fra fiskehelsepersonell at fisken bør behandles før det utvikler seg til sår og dødelighet. Økt hoppeaktivitet og redusert appetitt, samt klinisk observasjon av fisken er da viktig. Hudirritasjon, "rødbuk" og forekomst av andel fastsittende stadier er av stor betydning for vurderingen som gjøres ift. behov for behandling. Mye fastsittende betyr at situasjonen kommer til å vedvare. Hudirritasjon blir til sår dersom tiltak ikke iverksettes. En grenseverdi for antall er veiledende for når man bør gå inn å gjøre klinisk vurdering.

Erfaringer fra Finnmark tilsier at ved første høst i sjøen og økende mengder skottelus, bestilles Slicekur den uka antall skottelus overstiger 5. Man antar at da vil skottelustallene stige, men man ønsker å utsette kuren så lenge som mulig med tanke på å være mest mulig effektiv også i perioden med mest lakselus.



Figur 19. Spørsmål 16 fra intervjurunden. Se Vedlegg 2 for mer informasjon.

6.3.4 Behandlingseffekt

6.3.4.1 Litteraturgjennomgang

Det er gjennomført et litteraturstudie med det formål å kartlegge eksisterende kunnskap om effekt av behandlingsmetoder som benyttes mot lakselus (*L. salmonis*), på skottelus (*C. elongatus*). Dette omfatter både medikamentelle fôr- og badebehandlinger, og ikke-medikamentelle behandlinger. Funnene er kort oppsummert under, per behandlingstype.

6.3.4.1.1 Medikamentelle metoder

De mest brukte legemidlene mot lus på laks er i dag fôrmidlene emamectin benzoat (Slice Vet.), teflubenzuron (Ektobann) og diflubenzuron (Releeze), og bademidlene hydrogenperoksid, azametifos (Salmosan/Azasure) deltametrin (Alphamax) og cypermetrin (Betamax; Remen og Sæther 2018).

Eamectin benzoat tilhører gruppen avermectiner, og er effektiv mot både fastsittende og voksne stadier lakselus og skottelus. Effekten er god på skottelus, inntil 55 dager etter behandling (Agusti-Ridaura 2019, Stone et al. 2000). Det er observert resistensutvikling hos lakselus (Aaen et al. 2015). Undersøkelser av skottelus ved Bremanger tyder på at skottelus i dette området ikke har utviklet resistens mot emamectin benzoat (Agusti-Ridaura et al. 2019). Det er ikke utført tilsvarende analyser av sensitivitet på Færøyene (Kirstin Eliassen, Fiskaaling) eller i Nord-Norge (Tor Einar Horsberg, NMBU). Eamectin benzoat ble i 2019 brukt i alle fylker fra Agder til Finnmark (Remen 2019).

Pyretroider (cypermetrin/deltametrin) forhindrer lukking av Na⁺-kanalene etter nervecellenes depolarisering, og fører til koordinasjonssvikt, paralyse og død (Horsberg og Samuelsen 1999). Pyretroider virker mot fastsittende stadier av lakselus (Treasurer and Wadsworth 2004). Det er observert god effekt av deltametrin på immobilisering av skottelus (Agusti-Ridaura 2019). Resistensutvikling har redusert effekten hos lakselus (Aaen et al. 2015), men det ble ikke observert redusert sensitivitet hos skottelus fra Bremanger (deltametrin, Agusti-Ridaura 2019). Sensitivitet er ikke undersøkt i andre områder, og kun for genotype 1. Av pyretroidene, var det kun deltametrin som var i bruk i Norge i 2018, og bruken var høyest i de nordligste fylkene (Remen 2019).

Azametiphos (Salmosan/Azasure) klassifiseres som organofosfat, som virker lammende som et resultat av at nervesynapsene forstyrres (Horsberg og Samuelsen 1999). Effekt av azametifos er undersøkt i et forsøk der samlet effekt på lakselus og skottelus ble vurdert (Roth et al. 1996). Resultatene viser at middelet kan være effektivt, men at sensitivitet varierer. Resultater fra et sensitivitetsstudie, med lavere doser (inntil 0,002 mg/l) og lengere eksponeringstid (24 t) enn det som er beskrevet i preparatomtalen for lakselus (0,1 mg/l, inntil 60 min), tyder på at middelet er effektivt også mot skottelus (100% immobilisering ved dose >0,0003 mg/l, 24 t). Også for dette middelet er det utviklet resistens hos lakselus (Aaen et al. 2015). Studier av skottelus fra Bremanger tyder ikke på resistensutvikling hos skottelus, men dette er ikke undersøkt i andre områder, og ikke for genotype 2 (Agusti-Ridaura 2019). Bruken av azametiphos har vært synkende i Norge i perioden 2014-2018 (Remen 2019).

Hydrogenperoksid er et etsende oksidasjonsmiddel. Gassbobler som dannes når hydrogenperoksid spaltes til vann og oksyngengass fører til at vevstrukturer sprenges (Aaen et al. 2015). Behandlingen er hovedsakelig effektiv mot voksne lus (MacKinnon 1997), men resulterer ikke alltid i at lusa dør (Bravo et al. 2010). Resultater fra et sensitivitetsstudie på skottelus, med lavere doser (inntil 600 mg/l, 30 min, 12 °C) enn det som er beskrevet i preparatomtalen for behandling av lakselus (1500 mg/l ved 8-14 °C, inntil 20 min etter inndosering), ga en immobiliseringsprosent på mellom 33 og 100%. Også for dette middelet er det utviklet resistens hos lakselus (Aaen et al. 2015). Studier av skottelus fra Bremanger ga lavere immobiliseringsrate på skottelus hentet fra oppdrettslaks vs. villsei, men hvorvidt dette kan knyttes til resistensutvikling er usikkert. Resistensutvikling hos skottelus er ikke undersøkt i andre områder (Tor Einar Horsberg, NMBU), og ikke for genotype 2 (Agusti-Ridaura 2019). Bruken av hydrogenperoksid har vært synkende i Norge i perioden 2015-2018, og ble i 2018 mest brukt i Hordaland og i Troms (Remen 2019).

Kitinsyntesehemmere (teflubenzuron og diflubenzuron) hemmer produksjon av kitin, som er nødvendig for skalldannelse under skallskifte (Horsberg og Samuelsen 1999). Middelet er effektivt på fastsittende og preadulte stadier av lakselus (Campbell et al 2006). Det er ikke gjort studier på effekt på skottelus, men det kan forventes at kitinsyntesehemmer er effektive mot fastsittende stadier. Kitinsyntesehemmere er imidlertid tungt nedbrytbare, og av miljøhensyn er det fastsatt begrensende vilkår for bruk (Mattilsynet 2016, Samuelsen et al. 2013, Akvakulturdriftsforskriften § 15a). Bruken av kitinsyntesehemmere er synkende, og ble kun registrert brukt på Vestlandet i 2018 (Remen 2019).

6.3.4.1.2 Ikke medikamentelle metoder

Av ikke-medikamentelle behandlinger (ofte forkortet til IMM), brukes mekaniske (ulike former for spyling), termiske (varmt vann) og ferskvannsbaserte behandlinger. Termisk behandling er mest vanlig i produksjonsområdene som har vært i fokus i dette prosjektet i 2018 (egne data).

Det finnes generelt lite informasjon om effekt av ikke-medikamentelle metoder på skottelus, både i vitenskapelige databaser og i FHF's prosjektdatabase (<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen>). Skottelus blir i liten grad registrert eller viet oppmerksomhet i rapporter som dokumenterer effekt av ikke-medikamentelle metoder på lakselus. Brukte søkeord i FHF prosjektdatabase inkluderte skottelus, termisk, ferskvann og mekanisk, med avgrensning på Havbruk og periode 2010-2019.

Ferskvannsbehandling kan være effektivt mot skottelus, ved behandling i brønnbåt (3 t). I gjennomsnitt ble 86% fjernet (Lorentzen 2015).

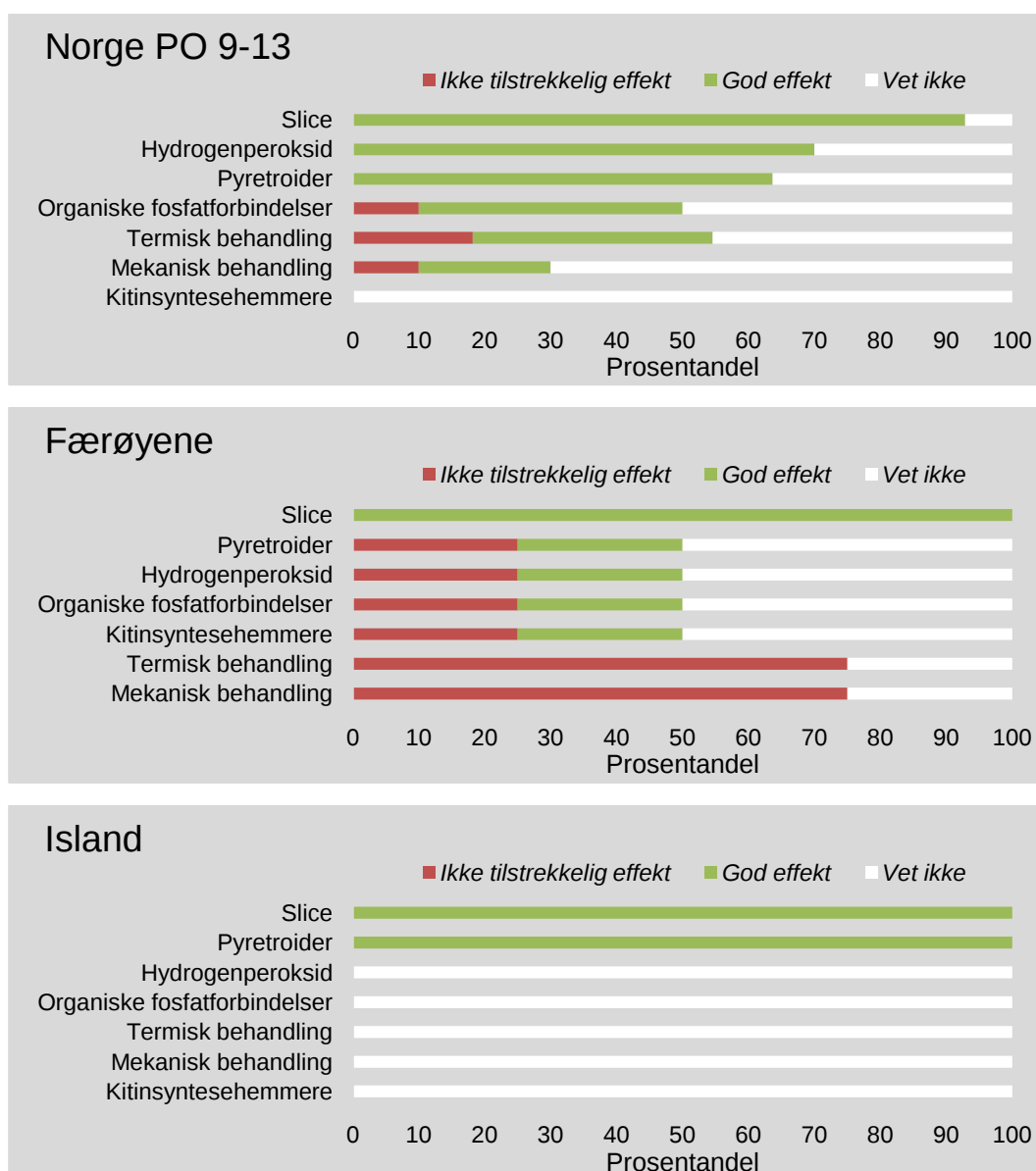
6.3.4.2 Intervjurunde

I intervjurunden oppgis det fra alle undersøkte områder at det fôrmiddelet Slice Vet. (emamectin benzoat) har god effekt mot skottelus (Fig. 20), og at effekten er varig. Effekten omfatter alle stadier skottelus.

Oppfatningen er mer varierende når det kommer til effekt av medikamentelle badebehandlinger (pyretroider, hydrogenperoksid og organiske fosfatforbindelser) og ikke-medikamentelle metoder (IMM, ferskvann, termisk eller mekanisk). Aktører fra Norge og Island oppfatter badebehandlinger og IMM som mer effektive enn aktører fra Færøyene (Fig. 20). Erfaringen med behandling på Island er begrenset.

Det oppgis i kommentarfelt at hydrogenperoksid og azametiphos har begrenset effekt på fastsittende stadier av skottelus. Det oppfattes også som vanskelig å gjøre gode effektevalueringer (mobil lus). Eksisterende kunnskap om effekt av ulike behandlinger er derfor begrenset.

Flere kommenterer at effekten av bademidler eller IMM kan være god, men at det kan oppstå raskt repåslag/nypåslag. Det blir også kommentert at håndteringen (brønnbåt) ser ut til å øke repåslag. Effekt av IMM kan være avhengig av smittepress, med begrenset effekt ved høyt og vise versa. Ikke-medikamentelle metoder utføres oftest på indikasjon lakselus i Norge, og det er ikke like stort fokus på effektevaluering på skottelus. Det kommenteres at det kan være mye larver og voksne i sjøen etter IMM, som lett kan reinfestere laksen. Oppsamling av lus anses derfor som en nyttig videreutvikling av metodikken.



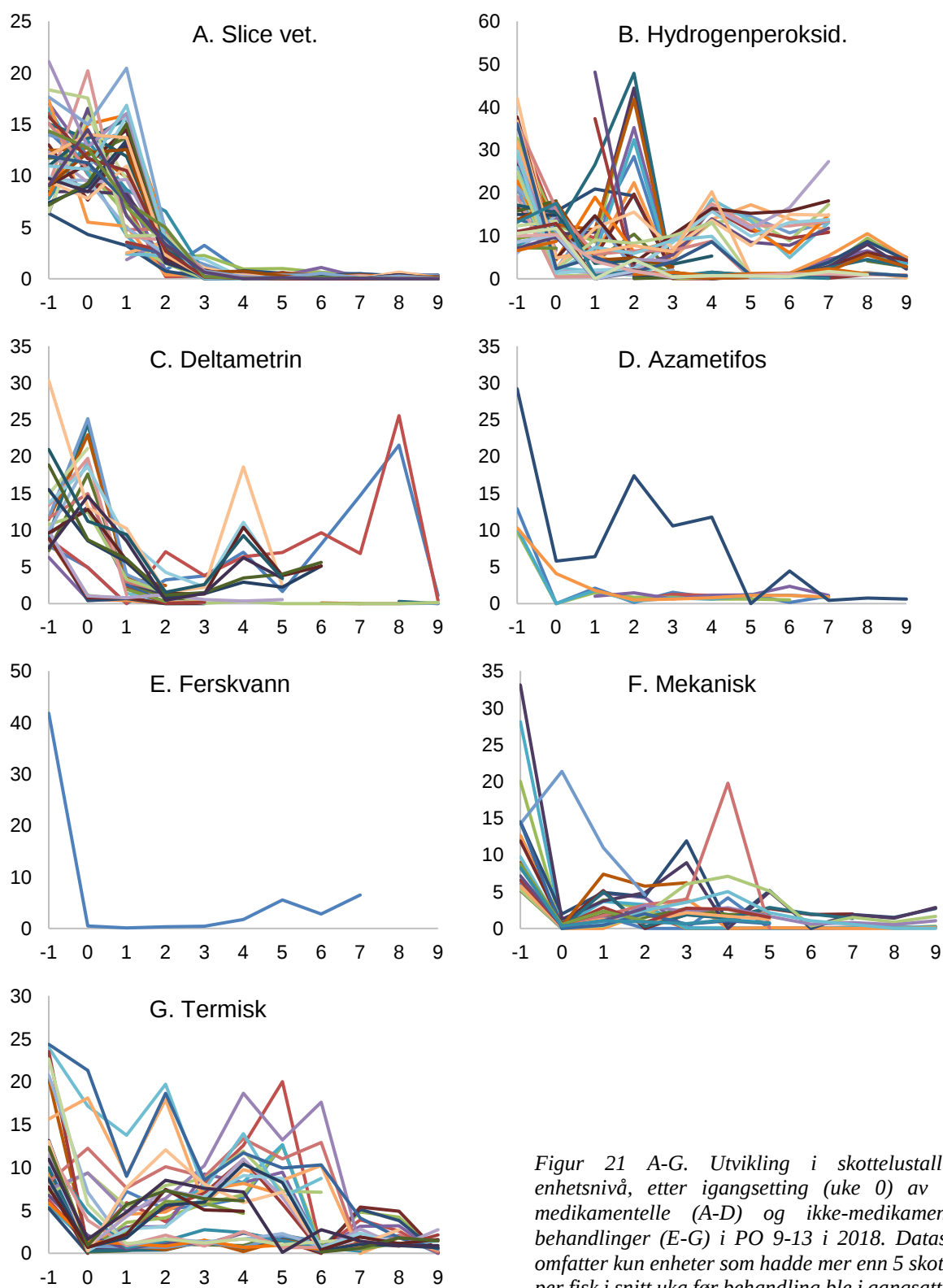
Figur 20. Spørsmål 17 fra intervjurunden: Hvilke behandlingstiltak er/har vært aktuelle ved avlusing på indikasjon skottelus de siste tre år, og hva er erfaring med effekt?

6.3.4.3 Analyse av produksjonsdata

På grunnlag av informasjon om skottelustall og behandlingstidspunkt og -type på enhetsnivå fra oppdrettere i PO 9-13, er det laget en oversikt over utvikling i skottelustall fra uka før igangsetting av behandling (uke -1) til og med 9 uker etter igangsetting (Fig. 21).

Utviklingen i skottelustall etter igangsetting av ulike behandlinger i 2018, stemmer godt overens med bildet som fremkommer fra intervjurunden (Fig. 21 A-G). Selv om det tar noe tid før full effekt oppnås (2-3 uker), er Slice effektiv mot alle stadier av skottelus, og effekten er varig (Fig. 21A). Hvor lenge effekten varer vil være temperaturavhengig (mer langvarig effekt på lavere temperatur).

Når det gjelder bademidlene (hydrogenperoksid, deltametrin, azametifos, Fig. 21B-D) og ikke-medikamentelle metoder (ferskvann, mekanisk, termisk, Fig. 21E-G)), så kan effekten enten leses av ved uke 0 eller uke 1, avhengig av hvordan lusetellingene journalføres. Felles for alle, er at behandlingene i hovedsak fører til en betydelig reduksjon i skottelusnivå. Etter dette, kan skottelusenivåene i noen tilfeller holde seg lave, og i andre tilfeller øke raskt etter behandling (1-5 uker). Hvilke faktorer som påvirker effektvarighet er uvisst. Temperatur/tid på året, skottelusas utviklingshastighet, vannstrøm, fiskestørrelse, behandlingshyppighet, villfiskforekomst og stående biomasse i området kan være relevante faktorer å undersøke nærmere. Når det gjelder ferskvannsbehandling, er det manglende kunnskap om skottelusas toleranse for variasjoner i salinitet.



Figur 21 A-G. Utvikling i skottelustall på enhetsnivå, etter igangsetting (uke 0) av ulike medikamentelle (A-D) og ikke-medikamentelle behandlinger (E-G) i PO 9-13 i 2018. Datasettet omfatter kun enheter som hadde mer enn 5 skottelus per fisk i snitt uka før behandling ble i gang (uke -1).

6.3.5 Utfordringer knyttet til behandling av skottelus

Følgende utfordringer er blitt nevnt i intervjuer og ved diskusjoner med fiskehelsepersonell- eller ansvarlige i prosjektmøter:

Resistensproblematikk:

- Det er ikke oppdaget resistens mot legemidler hos skottelus, men dette er i liten grad undersøkt (Tor Einar Horsberg, NMBU; Kirstin Eliassen, Fiskaaling). Ny studie fra Rogaland (Agusti-Ridaaura et al. 2019) tyder ikke på resistensutvikling.
- Resistens mot Slice beskrives som problematisk dersom det skulle oppstå.
- Oppdrettere i PO 12 ønsker kommersielt tilgjengelig bioassay for å kartlegge resistensutvikling.
- Det er blitt fremsatt at sannsynligheten for resistensutvikling er lavere for skottelus enn for lakselus, pga. større vill populasjon, men det mangler kunnskap om dette.
- Økt bruk av Slice mot skottelus i Norge vil kunne øke resistensen hos lakselus, som i de fleste tilfeller er tilstede ved skotteluspåslag. Dette vil øke behovet for annen lusebehandling.
- Roteringsplaner anses som viktig.

Praktiske utfordringer:

- Skottelus er mobil, kan hoppe over til fisk med dårlig appetitt, som ikke spiser medisinfôr.
- Påslag av skottelus tidligere på året gjør det mer utfordrende å vente lenge nok med Slicebehandling til at man også får en tilstrekkelig effekt på lakselus.
- Lus i vannmassene etter IMM, raskt repåslag
- Færøyene: Utfordring med tilbakeholdelsestid på Slice ref. utslaktingstidspunkt.
- Ofte flere stadier skottelus. H_2O_2 / org. fosfatforb. virker dårlig på fastsittende.
- Behandling av to arter fisk (rognkjeks og laks): begge arter med påslag, men manglende kunnskap om effekt av behandling på rognkjeks. Skottelus på rognkjeks registreres ikke.
- Krav fra Mattilsynet om utfisking av rensefisk ved behandling: utfordrende å oppnå effektiv utfisking.

6.3.6 Forebyggende metoder/strategier

Det er i liten grad utviklet forebyggende metoder som er effektive mot skottelus, og dette er et tema det har vært lite fokusert på. Mye brukte tiltak mot lakselus, som avskjerming mot øvre vannlag (f.eks. skjørt eller snorkel), rensefisk (se AP 2), eller felles brakklegging (Revie et al. 2002a) er ikke nødvendigvis like effektive mot skottelus. Det trengs mer kunnskap for å konkludere. Det er imidlertid resultater fra nyere forsøk som viser positive effekter:

I et forsøk i kommersiell skala, der salinitet ble redusert (10-30 psu, fluktuerende) ved hjelp av lenser (2 m dyp) og ferksvannstilsetning, ble det vist at antallet skottelus ble redusert med 31% sammenlignet med kontrollmerd (Drivdal et al. 2019).

Resultater av studier av lusenivå i flytende, lukkede merder med grovfiltrering (25 mm) av inntaksvann, viser at skottelusinfestasjon ble unngått i en periode der skottelusinfestasjon ble påvist ved en nærliggende lokalitet med åpne merder (Nilsen et al. 2017). Hvorvidt dette skyldes dybden vannet ble hentet fra (25 m), forhindret vertshopping eller andre faktorer er uvisst.

I videre arbeid med utvikling av forebyggende tiltak, vil det være viktig at tiltaket er effektivt mot begge arter lus (lakselus og skottelus). Oppsamling av lus som løsner i forbindelse med orkast eller behandling (bademidler eller IMM) foreslås som forebyggende tiltak mot reinfestering etter behandling.

6.4 Konklusjoner og videre arbeid

Skottelus registreres ukentlig i interne systemer i produksjonsområde 9-13 i Norge, og diffensiering av alle stadier lakselus og skottelus er mulig, gitt god opplæring. Skottelus forekommer i antall som anses som problematiske for velferd i de nordligste produksjonsområdene, og spesielt i PO 12 (Vest-Finnmark). Årsaken(e) til at infestasjonspress er høyere i PO12 er ukjent. Skotteluspåslag er størst i uke 35- 45, og infesterer laks både første og andre høst i sjø. Det forekommer skottelus i antall som gir grunnlag for behandling i Norge, på Færøyene og på Island. Foretrukket behandling er fôrmiddelet emamectin benzoat (Slice Vet.), som gir varig effekt mot alle stadier skottelus, og som i tillegg forhindrer påslag av lakselus (Norge). Slice brukes primært første høst i sjø. Det foreligger ikke observasjoner som tyder på resistensutvikling mot Slice, og det beskrives som problematisk hvis dette oppstår. Det ønskes kommersielt tilgjengelig bioassays og kartlegging av sensitivitet. Andre tiltak (badebehandling/ikke-medikamentelle) kan ha god umiddelbar effekt, men effekten kan være kortvarig, spesielt i perioder med høyt infestasjonspress. Det mangler god dokumentasjon på effekt av bademidler og ikke-medikamentelle metoder på skottelus.

Basert på resultater fra arbeid med AP 4 er følgende tema aktuelle for videre arbeid:

- Standardisering av skottelusetelling- og registrering
- Årsaker til varierende forekomst av skottelus i PO 9-13
- Utvikling av forebyggende tiltak mot skottelus, som også er effektive mot lakselus
- Studere skottelusas toleranse for ferskvann/reduert salinitet
- Effekt av håndtering/påkjente slimhinner på skotteluspåslag
- Årsaker til varierende behandlingseffekt ved badebehandling og IMM
- Kartlegging av skottelusmobilitet og reinfestering etter IMM/badebehandling
- Effekten av behandling på skottelus på rognkjeks
- Kartlegging av resistensutvikling hos skottelus og lakselus som følge av legemiddelbruk

6.5 Referanser AP 4

Agusti-Ridauro, C., Hamre, L. A., Espedal, P. G., Øines, Ø., Horsberg, T. E., & Kaur, K. (2019). First report on sensitivity of *Caligus elongatus* towards anti-louse chemicals and identification of mitochondrial cytochrome C oxidase I genotypes. *Aquaculture*, 507, 190-195.

Bravo, S., Treasurer, J., Sepulveda, M. & Lagos, C. (2010). Effectiveness of hydrogen peroxide in the control of *Caligus rogercresseyi* in Chile and implications for sea louse management. *Aquaculture*, 303, 22-27.

- Campbell, P. J., Hammell, K. L., Dohoo, I. R., & Ritchie, G. (2006). Historical control clinical trial to assess the effectiveness of teflubenzuron for treating sea lice on Atlantic salmon. *Diseases of aquatic organisms*, 70(1-2), 109-114.
- Drivdal, M., Sperre, K.H., Halsband, C., Nilsen, M., Jonassen, T. (2019). Prosjektrapport: Miljøregulering som forebyggende prinsipp mot lakselus (FHF prosjekt 901457). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901457/>
- Heuch, P. A., Øines, Ø., Knutsen, J. A., & Schram, T. A. (2007). Infection of wild fishes by the parasitic copepod *Caligus elongatus* on the south east coast of Norway. *Diseases of aquatic organisms*, 77(2), 149-158.
- Horsberg, T. E. & Samuelsen, O. B. (1999). Behandling. I: *Fiskehelse og fiskesykdommer* (red. T. Poppe), ss. 324-338. Oslo: Universitetsforlaget
- Karbowski, C. M., Finstad, B., Karbowski, N., & Hedger, R. D. (2019). Sea lice in Iceland: assessing the status and current implications for aquaculture and wild salmonids. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 149-160.
- Lees, F., Gettinby, G., & Revie, C. W. (2008). Changes in epidemiological patterns of sea lice infestation on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Scotland between 1996 and 2006. *Journal of fish diseases*, 31(4), 259-268.
- Lorentzen, K. 2015. Ferskvannsavlusning i brønnbåt: oppsummering av resultatene. Innlegg på FHF Havbrukssamling, Gardemoen, 14.10.15. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901006/>
- MacKinnon, B. M. (1997). The importance of host stress in sea lice infestations. Report of the Workshop on the interactions between salmon lice and salmonids. Edinburgh, 11.-15. November 1996
- Nilsen, A., Nielsen, K. V., Biering, E., & Bergheim, A. (2017). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture*, 466, 41-50.
- Mattilsynet (2016). Veileder – forsvarlig foreskrivning og bruk av legemidler. https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/legemidler_til_fisk/?subTopic=538&s=veiledere
- Remen, M. og Sæther, K., 2018. Medikamentbruk for kontroll av lakselus. FHF Sluttrapport. <https://fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=901463>
- Remen, M. 2019. Utvikling i lusemiddelbruk. Presentasjon ved Lusekonferansen (FHF), Clarion Hotel & Congress i Trondheim 23.01.19. <https://www.fhf.no/media/1283/44-remen-lusemiddelbruk.pdf>
- Revie, C. W., Gettinby, G., Treasurer, J. W., & Rae, G. H. (2002a). The epidemiology of the sea lice, *Caligus elongatus* Nordmann, in marine aquaculture of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Scotland. *Journal of Fish Diseases*, 25(7), 391-399.
- Revie, C. W., Gettinby, G., Grant, A. N., & Reid, S. W. J. (2002b). Sea lice infestations on farmed Atlantic salmon in Scotland and the use of ectoparasitic treatments. *Veterinary Record*, 151(25), 753-757.
- Roth, M., Richards, R. H., Dobson, D. P., & Rae, G. H. (1996). Field trials on the efficacy of the organophosphorus compound azamethiphos for the control of sea lice (Copepoda: *Caligidae*) infestations of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 140(3), 217-239.
- Samuelsen, O., Tjensvoll, T., Hannisdal, R., Agnalt, A. L., & Lunestad, B. T. (2013). Flubenzuron i fiskeoppdrett-miljøaspekter og restkonsentrasjoner i behandlet fisk. http://www.imr.no/filarkiv/2013/04/hi-rapp_2-2013c.pdf_1/nb-no
- Stone, J., Sutherland, I. H., Sommerville, C., Richards, R. H., & Varma, K. J. (2000). Field trials to evaluate the efficacy of emamectin benzoate in the control of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) and *Caligus elongatus* Nordmann, infestations in Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 186(3-4), 205-219.
- Treasurer, J. W., & Wadsworth, S. L. (2004). Interspecific comparison of experimental and natural routes of *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* challenge and consequences for distribution of chalimus on salmonids and therapeutant screening. *Aquaculture research*, 35(8), 773-783.
- Aaen, S. M., Helgesen, K. O., Bakke, M. J., Kaur, K., & Horsberg, T. E. (2015). Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. *Trends in parasitology*, 31(2), 72-81.

7 AP5. Avdekke, vurdere og prioritere videre FoU-behov for å øke næringens mulighet til å forebygge utfordringer med skottelus

7.1 Avdekke videre behov for forskning

Skottelus er ett økende problem for lakseoppdretterne i Finnmark (PO 12 spesielt) og det er de seinere år blitt vanlig å avluse p.g.a. skottelus. Problemet er størst om høsten, og da særlig 2. året i sjø. Liten fisk (≤ 1 kg) behandles med Slice (emamectin benzoat i fôr) tidlig høst og da unngår man problemet i stor grad. For større fisk benyttes godkjente badebehandlingsmidler eller ikke-medikamentelle metoder (termiske, spyling og ferskvann). Skottelusa er ikke vertsspesifikk og virker i stor grad til å kunne bytte vert underveis i livsløpet. Behandlinger uten langvarig effekt og uten å få fjernet eller drept all lusa fra vannmassene under avlusing, gir ofte (tilsynelatende) dårlig behandlingsresultat og rask oppgang i lusetallene etter behandling. Det er også krevende å få gode registreringer av skottelus da den lett hopper av laksen under trenging eller håving. Det er derfor god grunn til å anta at det som registreres av skottelus på laksen under lusetelling ikke er faktisk forekomst.

Oppdretterne i Finnmark, til dels også i Troms, på Færøyene og på Island har gjort seg erfaringer med skottelus. Erfaringene er til dels motstridende og viser stort behov for mer forskning på alle nivåer.

7.1.1 Vurdering

Prosjektet har samlet kunnskap og erfaringer om skottelus og dens påvirkning på laks og rognkjeks. Det er klare indikasjoner på at skottelus påvirker både laks og rognkjeks, men det virker å være flere momenter som påvirker vertens reaksjon og graden av skade som registreres. Forskning på skottelus, lakselus og rensefisk (spesielt rognkjeks) må settes i sammenheng. Det er viktig at forebyggende tiltak og behandlingsmetodikk tilpasses slik at begge lusearter hensyntas. Det er ikke hensiktsmessig å sette inn ett tiltak mot lakselus og ett annet mot skottelus. Ren infestasjon med en av luseartene forventes ikke å forekomme i de berørte områdene. Det anses derfor som viktig å overvåke følsomhetsstatus på skottelus på linje med lakselus. Videre er det behov for mer detaljkunnskap om biologien til skottelusa, interaksjon mellom verter og koinfeksjon med lakselus. Kunnskap på dette området vil være viktig for målrettet bruk av eksisterende, og evt. videreutvikling av nye forebyggende metoder og behandlingsstrategier som bekjemper både skottelus og lakselus. For lakseoppdretterne i områder med skottelusproblematikk er det viktig å få på plass verktøy og metoder for å forebygge og kontrollere parasitten på best mulig måte. Midler og metoder må ta hensyn til fiskevelferden og ivareta miljøet.

For lakseoppdretterne i områder med skottelusproblematikk er det viktig å få på plass verktøy og metoder til å forebygge og kontrollere parasitten på best mulig måte. Midler og metoder må ta hensyn til fiskevelferden og ivareta miljøet.

7.2 Prioritering av videre FoU arbeid

- ☐ Økt biologisk kunnskap om skottelus. Det haster med å få oversikt over formeringsevne, generasjonsintervall og levetid ved relevante temperaturintervaller (5-15 °C) og miljøvariabler (salinitet).
- ☐ Dokumentere om de forebyggende tiltakene som allerede er i bruk mot lakselus virker mot skottelus og ev. finne fram til tiltak som virker mot begge arter lus.
- ☐ Økt kunnskap om konsekvens av skotteluspåslag på rognkjeks og dens effektivitet som biologisk avluser eks. effekt på beiteadferd, beitepreferanser (lakselus/skottelus), smittepress og fiskevelferd.
- ☐ Forskning på rognkjeks som lusespiser må trappes opp samt forskning om hvordan rognkjeks påvirkes av skottelus.
- ☐ Økt kunnskap om behandlingseffekt og behandlingsstrategier, både medikamentelle og ikke-medikamentelle metoder. Det er svært krevende å registrere faktisk forekomst av skottelus p.g.a. mobiliteten og evnen til å hoppe av verten. Oppsamling av lus og luselarver/egg fra vannmassene. Årsaker til varierende behandlingseffekt ved badebehandling om IMM. Tellemetodikk må standardiseres.
- ☐ Økt kunnskap om velferdsutfordringer for laks og rognkjeks ved skotteluspåslag. Det er sprik i erfaringene og det er registrert kraftig hopping på laks selv ved relativt lavt infestasjonsnivå.
- ☐ Økt kunnskap om årsaksfaktorer som kan forklare variasjoner i smittepress og geografiske forskjeller i forekomst av skottelus.
- ☐ Kartlegging av resistensutvikling hos skottelus som følge av legemiddelbruk.
- ☐ Finne ut hva som er den største vektoren for oppblomstring av skottelus om høsten. Sette tallene for et år i system, kartlegge utviklingen for et større område uke for uke. Legge dette inn i oseanografiske modeller (f.eks. Stoms) for å finne spredning fra anleggene, og dermed kartlegge laksen sin rolle i spredningen av skottelus.

8 Hovedfunn

- Det er behov for mer kunnskap om skottelus (formeringssevne, generasjonsintervall, levetid ved ulike temperaturer).
- Gjennomgang av publiserte og upubliserte data indikerer at rognkjeks kan bidra aktivt i kampen mot økte forekomst av skottelus. Beting kan sannsynligvis økes vha. tilvenning til levende fôr og avl.
- Skottelus representerer en velferdsutfordring for laks i produksjonsområdene 9-13 i Norge, på Færøyene og på Island. Omfang og alvorlighetsgrad av kliniske funn øker med mengden lus.
- Skottelus forekommer i antall som anses som problematiske for velferd i de undersøkte områdene, og spesielt i PO 12 (Vest-Finnmark). Årsaken(e) til varierende infestasjonspress er ukjent.
- Skotteluspåslag er størst i uke 35- 45 i Norge, og skottelus infesterer laks både første og andre høst i sjø.
- Foretrukket behandling mot skottelus er fôrmiddelet emamectin benzoat (Slice Vet.), som gir varig effekt mot alle stadier skottelus

.

9 Vedlegg 1: Manuskript til review-artikkel

Det understrekes at manuskriptet ikke kan kopieres, refereres, eller på annen måte brukes før etter at dette er publisert som forfatterevaluert (per-reviewed). Manuskriptet sendes til journal høsten 2019.

Tittel

***Caligus elongatus* and other sea lice of the genus *Caligus* as parasites of farmed Atlantic salmon.**

Forfattere

Hemmingsen, Willy*, MacKenzie, Ken, Sagerup, Kjetil***, Remen, Mette***, Block-Hansen, Karin***, Imsland, Albert******

* Univ Tromsø, Dept Arctic & Marine Biol, N-9037 Tromsø, Norway

** Univ Aberdeen, Sch Biol Sci Zool, Tillydrone Ave, Aberdeen AB24 2TZ, Scotland

*** Akvaplan Niva, Fram Ctr, NO-9296 Tromsø, Norway

**** Akvaplan Niva Iceland Off, Akralind 4, IS-201 Kopavogur, Iceland

Abstract

This review was prompted by reports of unusually large numbers of sea lice identified as *C. elongatus* infesting farmed salmon in northern Norway. Following a brief introduction to the sea lice problem in salmonid aquaculture, the review is divided into a further nine sections. The first is a review of existing information on the life cycle and behaviour of *Caligus* spp. The second is a description of the morphology of different stages in the life cycle of *Caligus elongatus* as a representative species of the genus. The third describes the effects of caligid infestations on salmonid hosts. The fourth reviews information on the geographical distributions and host preferences of the six species of *Caligus* reported from farmed salmonids in different parts of the world: *C. elongatus*, *C. curtus*, *C. clemensi*, *C. rogercresseyi*, *C. teres* and *C. orientalis*. The fifth section describes interactions between farmed and wild fish and the sixth presents the information available on the genetics of *C. elongatus*. This is followed by a section reviewing the different methods used to control sea lice infestations. The eighth section discusses the predicted effects of climate change and invasive host species on the distribution and occurrence of caligid copepods, and the ninth gives our conclusions and recommendations on how to further investigate the infestation that prompted this review. These include the confirmation of the identity of the caligid causing the problem, a review of the use of lumpfish as cleaners and, if *C. elongatus* is confirmed as the culprit, confirmation of the genotype

involved and a study of the vertical distribution in the water column of the infective stages. The final section is a comprehensive reference list.

1. Introduction

The parasitic copepod family Caligidae comprises more than 30 genera (Kabata, 1979) and more than 450 species (Dojiri and Ho, 2013). Members of two of these genera – *Lepeophtheirus* and *Caligus* - have achieved notoriety by having the greatest economic impact of any group of parasites in salmonid fish mariculture (Costello, 2006) and have become collectively known as “sea lice”. Although this notoriety is mainly due to the particularly serious impact of the species *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837), members of the genus *Caligus* are also implicated. Johnson *et al.* (2004) estimated that in marine and brackish water fish cultures, 61% of copepod infestations are caused by members of the family Caligidae, 40% of which are caused by species of *Caligus* and 14% by species of *Lepeophtheirus*. Costello (2009) estimated that in 2006 the worldwide salmonid farming industry had a total loss of U.S. \$480 million due to salmon lice infestations.

A major difference between *L. salmonis* and *Caligus* spp. lies in their host specificities: *L. salmonis* is essentially a parasite of salmonid fish (Kabata (1979) considered reports from non-salmonid hosts to be unusual and would probably offer no chance for further development and survival of the parasite), whereas many *Caligus* spp. tend to be much less host specific (Kabata, 1979; Pike and Wadsworth, 1999). At least 245 species of *Caligus* are currently recognized (Jones and Johnson, 2014). The most common species infecting farmed salmonids are *Caligus elongatus* von Nordmann, 1832 in the North Atlantic, *C. orientalis* Gussev, 1951 and *C. clemensi* Parker and Margolis, 1964 in the North Pacific, and *C. rogercresseyi* (Boxshall and Bravo, 2000) and *C. teres* Wilson, 1905 in Chile (Johnson *et al.*, 2004). Those aspects of the biology and ecology of sea lice of relevance to mariculture were reviewed by Wootten *et al.* (1982), Pike and Wadsworth (1999), Tully and Nolan (2002), Johnson *et al.* (2004), Boxaspen (2006), Costello (2006) and Jones and Johnson (2014).

The present review has been undertaken in response to reports of unusually large numbers of caligid copepods identified as *C. elongatus* on farmed Atlantic salmon in North Norway. This situation is unusual because epizootics of *C. elongatus* were previously rare in Norway (Boxaspen, 2006). Possible reasons for this phenomenon are investigated by reviewing the existing literature on this and other members of the genus *Caligus*.

2. Life cycle and behaviour of *Caligus* spp.

Most caligid species were earlier considered to have 10 developmental stages in their life cycle: two free-living planktonic nauplius stages, one free-swimming infective copepodid stage, 4 attached chalimus stages, one or two pre-adult stages and one adult stage (Wootten *et al.*, 1982). Then it was discovered that preadult stages were absent in three species of *Caligus* - *C. punctatus* Shiino, 1955, *C. elongatus* and *C. rogercresseyi* (see Kim, 1993; Piasecki and MacKinnon, 1995; Piasecki, 1996; González and Carvajal, 2003). More recent studies have confirmed that the caligid life cycle has only 8 stages: members of the genus *Lepeophtheirus* have only two chalimus and two pre-adult stages, whereas those of the genus *Caligus* have a

different life cycle, with four chalimus stages and no pre-adult stage (Hamre *et al.*, 2013; Venmathi Maran *et al.*, 2013) (Fig. 1). The following descriptions of the different developmental stages of *Caligus* spp. are based on those of Hogans and Trudeau (1989) and Piasecki (1996) for *C. elongatus*.

The newly hatched nauplius I stage reflects the short cylindrical shape of the egg, shortly after which it attains the elongated oval shape characteristic of the nauplius stages I and II. Both nauplius stages are slightly less than 0.5 mm in length. They are free-swimming in the plankton and have three pairs of locomotory appendages: first antennae, second antennae and mandibles. The duration of each naupliar stage lasts for 30-35 hours at around 10°C, but is considerably prolonged at lower water temperatures. The next stage is the infective copepodid, which has a more elongated hydrodynamic shape and is slightly longer than the nauplii but still less than 1 mm long. The copepodid has 10 appendages, with poorly developed postantennary processes, first and second maxillae, maxillipeds and three pairs of legs added to the antennae and mandibles of the nauplius. The life span of the copepodid is about 50 hours at 13°C. Nauplii and copepodid stages are both positively phototactic, with this ability being much more highly developed in the copepodid. Host location and contact by copepodids of *L. salmonis* were studied by Heuch and Karlsen (1993), who described a burst-swimming response to movements of water currents, such as that caused by movement of a fish within centimetres of the copepodid. Norði *et al.* (2015) found differences in the spatial distribution of copepods of *L. salmonis* and *C. elongatus* in a strait between two of the Faroe Islands where six salmon farms were located. They considered the differences to be possibly related to different vertical migration patterns between the two species. Copepodids of *L. salmonis* are most abundant in the top four metres of the water column (Hevroy *et al.*, 2003; Costello, 2006). There have been no studies designed to map the vertical distribution of *C. elongatus* copepodids, but the near surface distribution of *L. salmonis* copepodids may not be beneficial for *C. elongatus* because of its wider host range, which includes pelagic and demersal species.

On contact with a suitable fish host, the copepodid temporarily attaches to the host skin using the second antennae and maxillipeds. It then extrudes a frontal filament which penetrates the epidermis and anchors into the basement membrane around the scale, after which it moults to the chalimus stage I. The first chalimus stage is slightly longer and wider than the copepodid, but still less than 1 mm long on average. The chalimus II is slightly larger again at 1-2 mm long and has added a fourth leg. The copepod continues to grow with the following two moults into chalimus stages III and IV. By stage III the sexes are distinguishable based on the number of abdominal segments and features of some of the appendages, and a fifth leg has been added. The fourth stage shows pronounced dorsoventral flattening, the cephalothorax has become wider, sexual dimorphism is more obvious and another ventral appendage - the sternal furca - makes its first appearance.

After the final moult, young adults remain attached by the frontal filament for a short time before breaking free and becoming fully motile. Sexual dimorphism in *C. elongatus* adults is very obvious: males are smaller than females, with a slimmer posterior body region, and there are differences between the sexes in the structure of some of the appendages.

The entire generation time of *C. elongatus* is approximately 5 weeks at 10°C. Hogans and Trudeau (1989) found the optimum temperature for *C. elongatus* to be around 14°C and that there are probably 4 to 8 generations completed annually in the Bay of Fundy. Studies of the epidemiology of *C. elongatus* infections on farmed salmonids show a consistent seasonal pattern which is quite different to that observed for *L. salmonis* (Revie *et al.*, 2002; McKenzie *et al.*, 2004). Wootten *et al.* (1982) found large numbers of chalimus stages on farmed salmon without any corresponding increase in adult stages thereafter, suggesting that either they failed to develop to maturity or had left the salmon after maturing, possibly to move to wild fish hosts.

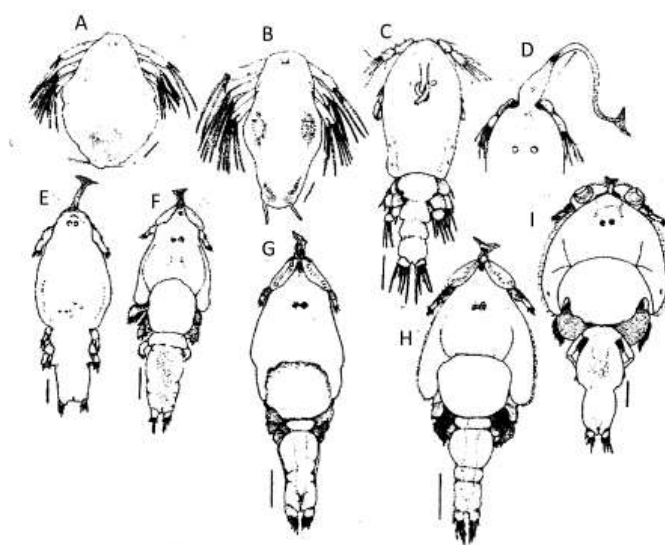


Figure 1. Life cycle of *Caligus elongatus*: A = nauplius I, B = nauplius II, C = copepodid, D = anterior of copepodid with frontal filament extended, E = chalimus I, F = chalimus II, G = chalimus III, H = chalimus IV, I = young adult male (Modified from Hogans and Trudeau, 1989).

Most caligids have direct life cycles as described above, without intermediate hosts. However, a study by Hayward *et al.* (2011) provided evidence of a possible two-host life cycle in some species, with different fish species serving as intermediate and final hosts. The *Caligus* sp. in this scenario - *C. chiastos* — has become a serious pest of ranched tuna *Thunnus maccoyii* in South Australia, but it has never been reported from wild tuna. Adult stages only of *C. chiastos* were found on the ranched tuna, but larval stages were found in abundance on one out of a number of wild fish species examined from the immediate vicinity of the tuna cages. The host of the larval stages – Degen's leatherjacket *Thamnaconus degeni* – remains heavily infected at a time of year when there are fewer adult forms on tuna, suggesting the close presence of the natural final host. This indicates possible opportunistic behaviour resulting from the parasite coming into close contact with a naïve species – bluefin tuna - which it would not normally encounter. A similar situation occurs with cultured red seabream *Pagrus major* in Japan and Korea, where only adult forms of *Caligus sclerotinosus* are found on the bream, but in this case

no possible intermediate host has been identified (Ho *et al.*, 2004; Venmathi Maran *et al.*, 2012). Such opportunistic behaviour is of considerable relevance to pest control management in mariculture, but no ontogenetic host switching of this kind has been reported for any of the *Caligus* species reported from farmed salmonids.

Adult caligids are frequently found in marine plankton samples, with 10 named species reported only from the plankton with no known fish hosts. The various hypotheses proposed to explain the presence of caligids in the water column were reviewed by Venmanathi Maran *et al.* (2016). These are: 1) accidental occurrence, 2) behavioural detachment from the host during mate location, 3) host switching, and 4) an ontogenetic strategy as described above.

3. Morphology of *Caligus* spp.

The first detailed description of the morphology of an adult caligid copepod was that of *Caligus curtus* Müller, 1785, a common parasite mainly of gadid fish and the type species of its genus (Parker *et al.*, 1968). This study formed the basis for the descriptions of the morphological features common to all adult caligids by Kabata (1979). Here we focus on the features that make the chalimus and adult stages of *Caligus* spp. such successful parasites and serious pathogens; we also highlight the features that serve as the most reliable for specific identification.

Schram (2004) compared the distinguishing features of the naupliar and copepodid stages of *C. elongatus* and *L. salmonis*. Basic measurements of the length and width of these stages are of little practical value because they overlap, but Schram described differences in shape, but more importantly in colour, which are of practical use in distinguishing between the two species: larvae of *L. salmonis* are black and brown, whereas those of *C. elongatus* are red.

Initial attachment of the infective copepodid to the host is achieved with the help of the second antennae and maxillipeds. By the copepodid stage these have assumed the form of grasping appendages armed with strong claws that provide temporary attachment until the frontal filament is extruded and anchors the parasite securely, after which the copepodid moults into the chalimus I, followed by a further three moults into chalimus stages II, III and IV before reaching the final adult stage (Piasecki and MacKinnon, 1995). There are very clear differences between *C. elongatus* and *L. salmonis* in the structure of the frontal filaments: that of *C. elongatus* is long and slender, whereas in *L. salmonis* it is short and stout (Pike *et al.*, 1993).

The body of an adult caligid consists of four sections or tagmata: the cephalothorax, the fourth leg-bearing somite, genital complex and abdomen. The cephalothorax is formed from the fusion of the cephalon, the maxilliped-bearing somite, and the first, second and third leg-bearing somites (Kabata, 1979; Dojiri and Ho, 2013). The paired appendages on the ventral part of the chalimus IV and adult caligid cephalothorax consist of first and second antennae, postantennary processes, first and second maxillae, maxillipeds and three pairs of swimming legs (Fig. 2). The tenacious grip that adult caligids exert on the body surface of their host fish is due mainly to the convex shape of the dorsal shield or carapace that covers the cephalothorax. This low profile is ideal for attachment to a slippery surface that is often swept by strong water currents. The edge of the shield is sealed by a peripheral flap that acts as a marginal valve when suction is

generated, preventing entry of water between the edge of the shield and the host's skin. Members of the genus *Caligus* additionally possess two antero-lateral subcircular cups called lunules which act as accessory suckers; these are absent in some other caligid genera, including *Lepeophtheirus*. A ventrally located cuticular structure called the sternal furca (Fig. 2) may also play a role by acting as a brake when the copepod is in danger of slipping backwards, and/or by raising the cephalothorax and so reducing pressure under it, thereby helping to increase the suction force (Kabata and Hewitt, 1971; Kabata, 1979). Further adhesion is supplied by the second antennae and maxillipeds. The terminal hooks of the second antennae pierce the epidermis of the host and anchor the parasite to its temporary site of attachment (Kabata, 1979). The maxillipeds have a similar role, but were considered by Kabata (1981) to be of minor importance. These features all contribute towards the secure adhesion of an adult caligid to the skin of its host while also permitting it to move across the surface with ease.

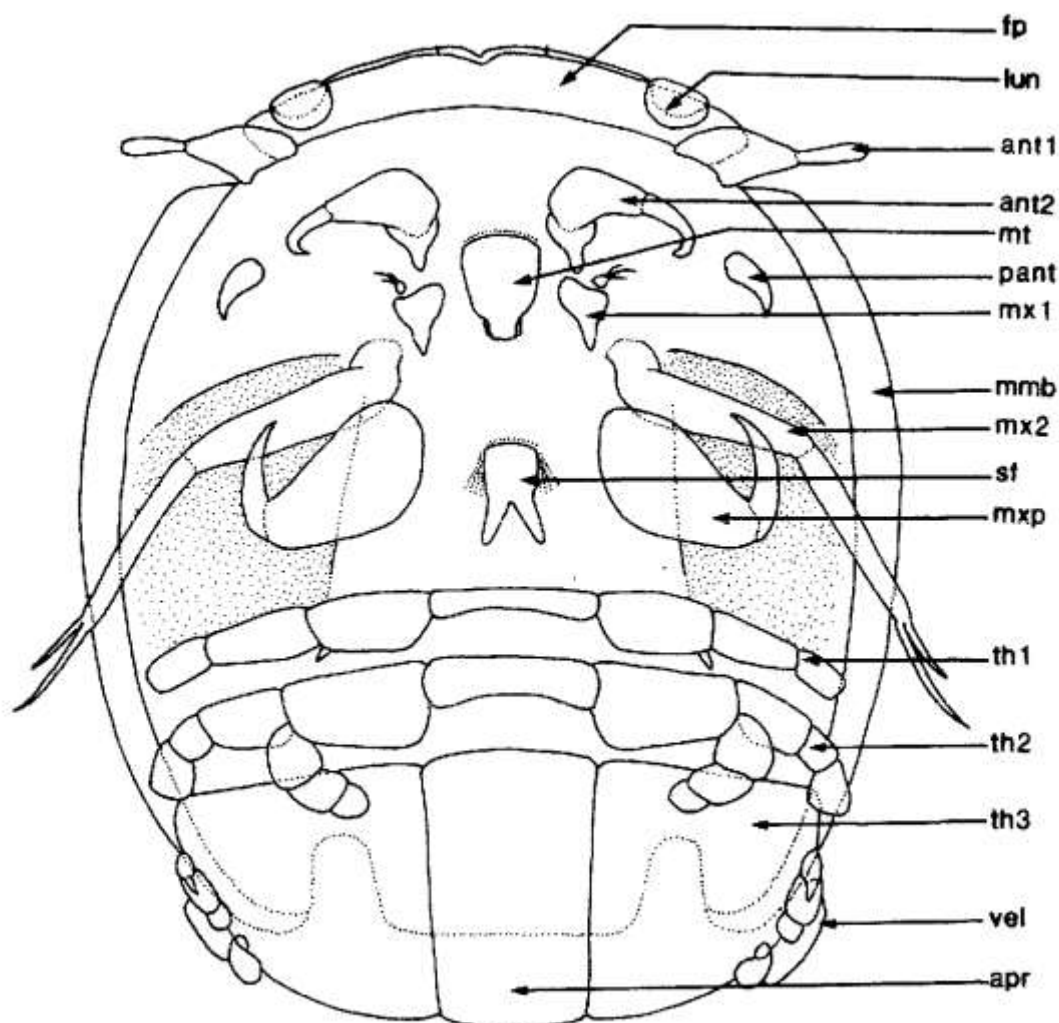


Figure 2. Ventral surface of caligid cephalothorax showing appendages: ant1 = first antenna, ant2 = second antenna, apr = apron of third leg, fp = frontal plate, lun = lunule, mmb = marginal membrane, mt = mouth tube, mx1 = first maxilla, mx2 = second maxilla, mxp = maxilliped, pan = postantennary process, sf = sternal furca, th1 = th3 = first to third legs, vel = velum (after Margolis and Kabata, 1988).

The mouth in caligid copepods takes the form of a tube or syphon formed by the overlapping labrum and labium, with associated features including a pair of mandibles (Fig. 3). When not in use it is folded against the ventral surface of the body; for feeding it moves in the anteroposterior plane to a position perpendicular to the copepod body (Kabata, 1979). Pressing the distal end of the mouth into the skin spreads the marginal membrane to seal the opening, pushes away the labial fold and exposes a divided bar called a strigil which is armed with many fine sharp teeth (Fig. 4). The sawing action of the strigil releases pieces of epidermal tissue which are picked up by the mandibles and transferred into the buccal cavity (Kabata, 1974).

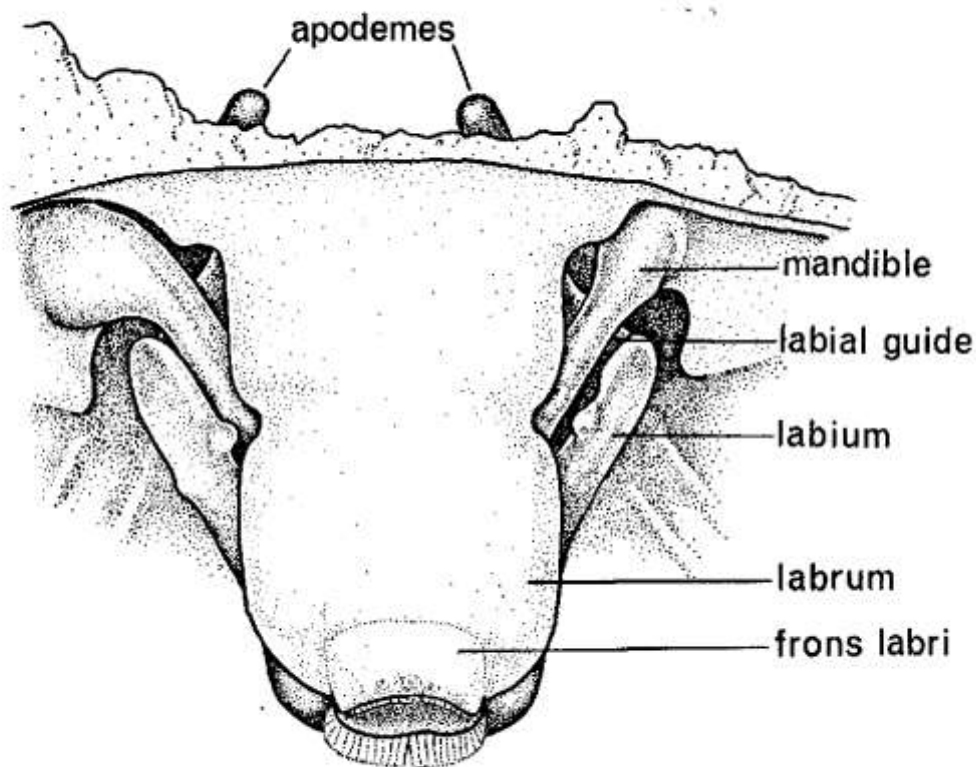


Fig. 3.

Mouth cone of *Caligus curtus* (after Kabata, 1974).

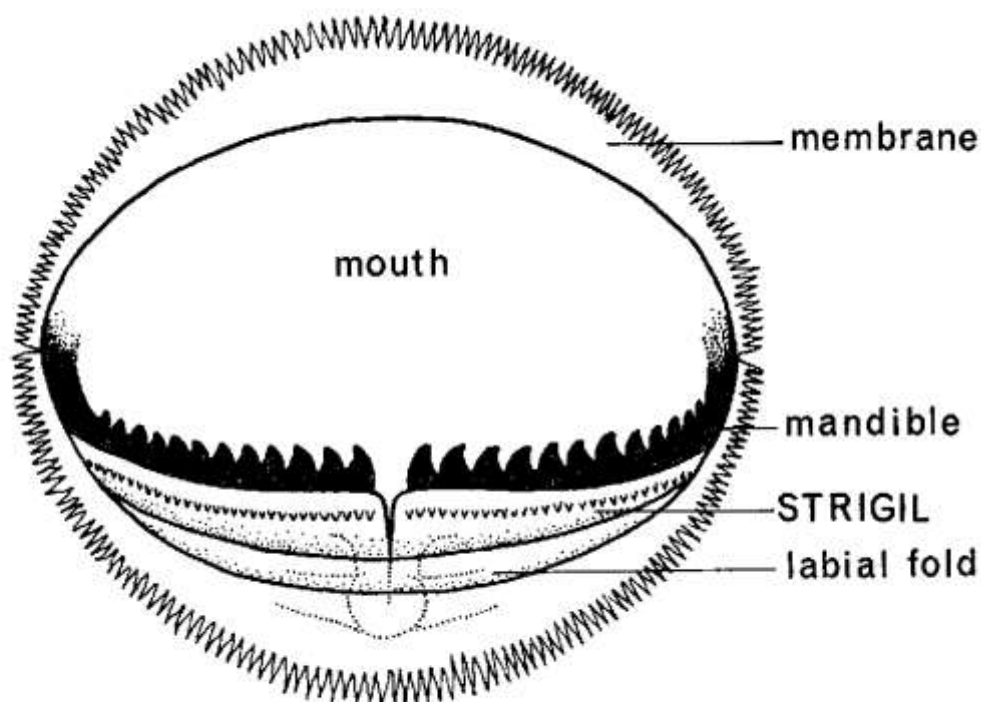


Figure 4. Diagrammatic face-on view of caligid mouth (after Kabata, 1974).

Figures 5 and 6 show dorsal views of the females and males of the four most common species of *Caligus* infecting farmed salmonids. The first thing that strikes one on looking at these figures is the marked difference in size between *C. curtus* and the three other species. *Caligus curtus* is closer in size to *L. salmonis*, but much larger than the three other species of *Caligus* featured. The other major interspecific difference is the shape of the cephalothorax. It should be noted that the size and shape of the genital complex in female caligids may vary depending on the state of maturity and stage in egg-laying (Parker *et al.*, 1968). In addition, the body size of a parasitic copepod may vary depending on the host species on which it is found (Cressey, 1967; Lewis *et al.*, 1969; Cressey and Collette, 1970). The shape of the cephalothorax is a more constant feature, but for a confirmatory specific identification it may be necessary to check some finer details such as the structure of certain appendages.

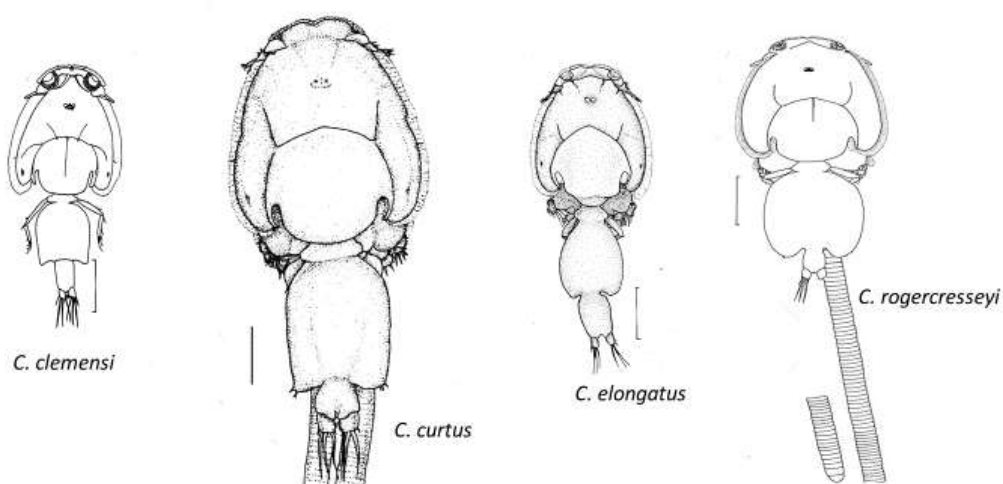


Figure 5. Comparison of dorsal views of females of the four most common *Caligus* spp. infecting farmed salmonids. Scale bars = 1 mm.

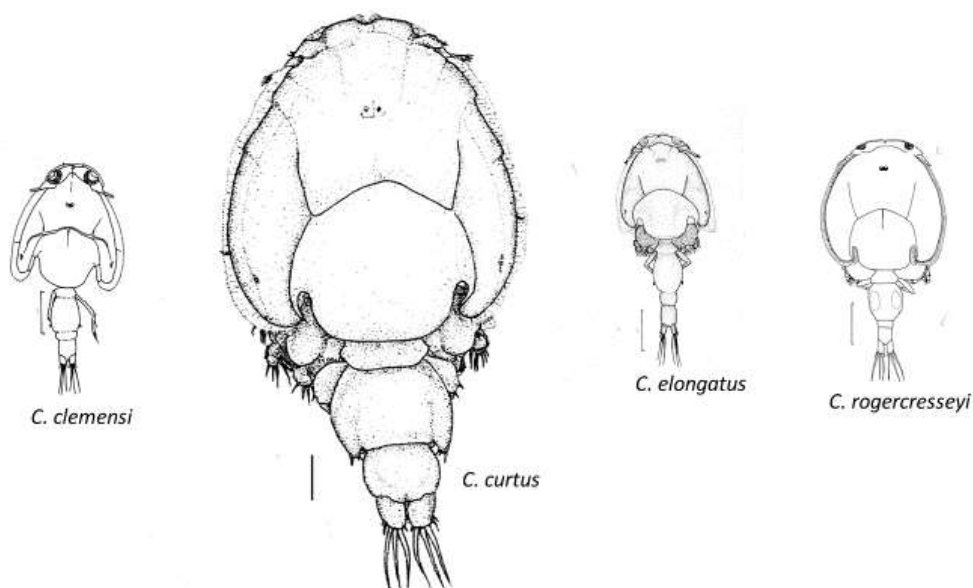


Figure 6. Comparison of dorsal views of males of the four most common *Caligus* spp. infecting farmed salmonids. Scale bars = 1 mm.

4. Effects on the host

Kabata and Hewitt (1971) concluded that the attachment of caligids and their movements over the host surface contribute little or nothing to the damage resulting from their activities, but that feeding was mainly, or even solely, responsible for the damage caused. The damage caused by

heavy infestations of caligids, in particular *L. salmonis*, on farmed salmonids has been well-documented (Johnson *et al.*, 2004; Costello, 2006), and includes descriptions of extensive areas of skin erosion and haemorrhaging. Hogans and Trudeau (1989) and Brandal *et al.* (1976) demonstrated that blood was part of the diet of *C. elongatus* and *L. salmonis* respectively, but according to Costello (2006) it is not an important component. Most studies of the pathological effects of caligid infections on farmed salmonids have been carried out on *L. salmonis*. This is due in large part to the fact that the infection intensities of *L. salmonis* tend to be higher and the effects on the host more severe than is the case with *Caligus* spp. *Lepeophtheirus salmonis* is a specialist parasite of salmonid fishes and is more likely to remain within the confines of a fish farm, whereas *Caligus* spp. are much less host specific and therefore more likely to move between farmed salmonids and wild hosts of other species.

MacKinnon (1993) described the damage caused by the feeding of chalimus stages of *C. elongatus*: a hole lined with necrotic cells was excavated in the epidermis down to the basement membrane and in some cases there was evidence of slight hyperplasia around the excavated area. Hogans and Trudeau (1989) found that adults of *C. elongatus* tended to congregate on the dorsal and lateral surfaces of the head and on the anterior portion of the abdomen between the opercula. The copepods stripped the mucous covering, then fed directly on the skin, musculature and blood. In severe cases they continued to feed through the skin into the subcutaneous musculature, eventually destroying somatic musculature and cartilage. The final cause of death is usually reported as osmoregulatory failure.

The distribution of attached and mobile stages of caligids on their hosts is an important factor in relation to the extent of damage caused to the host. Treasurer and Bravo (2011) studied the spatial distribution of chalimus and adult stages of *C. rogercesseyi* and *C. caligus* on Atlantic salmon and compared their results with those for *L. salmonis*. Adults of both *Caligus* species had a predilection for the abdominal surface of the body, while chalimus stages were more commonly found attached to the fins. These distributions were significantly different to those of *L. salmonis*, adults of which are significantly more common on the back and on the head of young salmon. No chalimi of either *Caligus* species was found on the gills, whereas chalimi of *L. salmonis* do occur on the gills. Treasurer and Bravo (2011) concluded that *L. salmonis* represents a more significant threat to salmon than either *Caligus* species due, along with other factors, to their propensity for sensitive areas where the epidermis is thin, such as the head.

An additional effect of infection of fish with ectoparasites such as caligids is to allow secondary bacterial or viral infections to infect areas stripped of mucous, or in epidermal tissue lesions. At some Scottish salmonid sea-cage sites in 1980, heavy infestations of *C. elongatus* were associated with outbreaks of vibriosis, although it was not clear whether the copepods were attacking fish already debilitated by the disease, or whether the infection was facilitated by the damage done by the copepods (Wootten *et al.*, 1982). The possible role of *L. salmonis* in the transmission of the virus responsible for infectious salmon anaemia (ISA) was investigated by Nylund *et al.* (1993). The results of their experiments were inconclusive, but Oelckers *et al.* (2014) confirmed that *C. rogercesseyi* is capable of transmitting the ISA virus to naïve salmon. The virus did not appear to be capable of replicating in the copepods, but remained viable after

48 hours away from the host from which they acquired the virus. The probability of *Caligus* spp. being responsible for transmission of microorganisms is greater than for *L. salmonis* because the former parasitize a wider range of fish hosts.

5. Geographical distributions and host preferences of selected *Caligus* spp.

In this section we focus on those species of the genus *Caligus* that have been found on cultured salmonids.

5.1 *C. elongatus*. This species has a cosmopolitan distribution, having been reported from most regions of the world, often under its incorrect name of *Caligus rapax* (see Kabata, 1979). The North Atlantic seems to be where it is most abundant, but it has also been reported from the South Atlantic and South Australia (Parker, 1969). It is known to infect at least 80 species of fish (Kabata, 1979; Øines *et al.* (2006). The only region where *C. elongatus* has been reported as being more abundant than *L. salmonis* on farmed Atlantic salmon is the Bay of Fundy in the Northwest Atlantic (Hogans and Trudeau, 1989). One can only speculate on the reasons for this, but it may be that the copepods on different sides of the North Atlantic are different genotypes of *C. elongatus* with different host preferences.

Several publications identify lumpfish *Cyclopterus lumpus* as a favoured host for *C. elongatus*. Boxshall (1974) found chalimus larvae occurring commonly on the skin and fins of all 11 of the lumpfish he examined from the North Sea. Lumpfish were the preferred host for two genotypes of *C. elongatus* in experimental studies carried out by Øines *et al.* (2006), with one genotype also favouring cod *Gadus morhua* in one experiment. Heuch *et al.* (2007) found lumpfish to be the most heavily infected of 52 wild fish species examined for *C. elongatus* off the south-east coast of Norway, followed by tub gurnard *Chelidonichthys lucerna*, pollack *Pollachius pollachius* and sea trout *Salmo trutta*; herring *Clupea harengus* and saithe *Pollachius virens* were other favoured hosts. Heavy infestations of North Sea herring with *C. elongatus* were reported by MacKenzie and Morrison (1989). A survey of the occurrence of *C. elongatus* on 6,334 individuals of 35 species of wild fishes caught in inshore waters off Maine in the northwest Atlantic found 10 species to be infected. Only one lumpfish was examined, but it had by far the highest median intensity of 22. Of the other infected species, three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* was the most heavily infected at 12.3% prevalence (Jensen *et al.*, 2016). *Caligus elongatus* also occurs commonly on wild Atlantic salmon *Salmo salar*, although levels of infection on returning wild salmon caught in the Northeast Atlantic were found to be much lower than those of *L. salmonis* (Berland, 1993; Jacobsen and Gaard, 1997; Copley *et al.*, 2005). Amongst farmed salmonids, arctic charr *Salvelinus alpinus* are more susceptible than Atlantic salmon to *C. elongatus* (Mustafa *et al.*, 2005).

5.2 *C. curtus*. This is the type species of the genus *Caligus*. Its natural range is the Arctic-Boreal Atlantic and contiguous waters. It is predominantly a parasite of gadid fishes, but has also been reported from a variety of other fish, including elasmobranchs (Parker *et al.*, 1968). It is one of only two species of *Caligus* reported from off the north coast of Norway, the other being *C. elongatus* (see Karasev, 2003). It is not considered to be a serious pathogen of farmed

salmonids: Hogans and Trudeau (1989) found that it accounted for only 0.7% of all the sea lice collected from farmed salmon in the Bay of Fundy, despite the common occurrence of its gadid hosts around the salmon cages.

5.3 *C. clemensi*. This species is native to the Northeast Pacific where it infests a wide range of mainly pelagic fishes (Parker and Margolis, 1964). Jones and Johnson (2014) listed 13 fish species as reported hosts for *C. clemensi*, including Atlantic salmon and 6 species of the genus *Oncorhynchus*. Apart from *Oncorhynchus* spp., its main natural hosts appear to be Pacific herring *Clupea pallasii*, three-spined stickleback, and Alaska pollock *Theragra chalcogrammus* (see Parker and Margolis, 1964; Arai, 1969; Margolis *et al.*, 1975; Arthur and Arai, 1980; Margolis and Kabata, 1988).

5.4 *C. rogercresseyi*. This species is native to the southeast Pacific where it occurs along the coast of Chile and southern Argentina (Bravo *et al.*, 2006), and possibly the coast of Peru (Conroy, 2001; Bravo *et al.*, 2011). It parasitizes a wide range of wild fish, but its most favoured host appears to be the rock cod or robalo *Eleginus maclovinus*, which occurs commonly around salmonid cages, along with the Chilean silverside *Odontesthes regia*, which has also been reported as a host (Carvajal *et al.*, 1988). Salmonid farming began in Chile in the early 1980s, but *R. rogercresseyi* was not reported from these fish until 1992, when heavy caligid infestations were recorded on coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, rainbow trout and Atlantic salmon by Gonzalez and Carvajal (1994) and Carvajal *et al.* (1998). These authors identified the copepod responsible as *Caligus flexispina* Lewis, 1964, but Boxshall and Bravo (2000) confirmed that it was a hitherto undescribed species which they named *C. rogercresseyi*. It is now the dominant species of *Caligus* affecting farmed salmonids in Chile, the most susceptible species being rainbow trout and Atlantic salmon (Mancilla-Schulz *et al.*, 2018).

5.5 *C. teres*. Like *C. rogercresseyi*, this species is native to the southeast Pacific, where it has been reported from fish of a variety of taxonomic groups. It was first described by Wilson (1905) from the chimaera *Callorhynchus callorhynchus* and an unidentified ray off the coast of Chile, and has since been reported from the peruvian hake *Merluccius gayi peruanus* and the silverside *Odontesthes* sp. (see Fernández *et al.*, 1986). It was the first native caligid to transfer to farmed salmonids in Chile in the early 1980s, when it was found infesting coho salmon (Reyes and Bravo, 1983). When the culture of rainbow trout in Chile began in 1987, they were found to be highly susceptible to *C. teres* (see Bravo, 2003). It is not considered to be as great a threat as *C. rogercresseyi* to Chilean salmonid farming.

5.6 *C. orientalis*. This species is distributed in the northwest Pacific Ocean off Russia, Japan and China. It is unusual amongst caligids in that it has been reported from a wide range of both marine and freshwater fishes. Heavy infections of cultured rainbow trout in brackish water in Japan were reported by Urawa and Kato (1991), but no further similar cases have been reported since and this copepod was not considered to be important for marine rainbow trout culture in Japan by Nagasawa (2014).

6. Interactions between wild and farmed fish

Large aggregations of wild fish are attracted to fish farms, one of the main reasons being the attraction of waste fish feed (Uglen *et al.*, 2014). The extent and scale of both the attraction and repulsion of fish farms for wild organisms, and the reasons for it, were reviewed by Callier *et al.* (2018). Some of the wild fish species attracted to fish farms are natural hosts for *C. elongatus* and could be an important source of infection for the farmed fish. Saithe are the most abundant wild fish species reported as congregating around salmonid cages in Norway (Uglen *et al.*, 2009). Because they are predominantly pelagic feeders, saithe are consistently found in higher concentrations immediately beside and beneath farm cages (Dempster *et al.*, 2010). Dempster *et al.* (2009) found that saithe, cod and haddock *Melanogrammus aeglefinus* dominated the farm-associated wild fish assemblages around salmon farms in coastal Norway. These three species, plus mackerel *Scomber scombrus*, were significantly more abundant at farm than at control locations. Somdal and Schram (1992) found *C. elongatus* on only two out of 454 mackerel caught in the Northeast Atlantic, which suggests it is probably not a favoured host. Other species commonly found around salmon farms included two-spotted goby *Gobiusculus flavescens* and poor cod *Trisopterus minutus* (see Carss, 1990; Dempster *et al.*, 2010). The latter species was listed among the hosts for *C. elongatus* by Kabata (1979).

7. Genetics

Genetic analyses of mitochondrial COI from samples of *C. elongatus* indicated two distinct clades, possibly revealing two closely related species (Øines and Heuch, 2005). The different genotypes did not appear to be associated with sample site or host species. A later study (Øines *et al.*, 2006) revealed that the two genotypes varied slightly in their host preferences, lice from wild lumpfish being all of genotype 1, while those from wild saithe were mainly of genotype 2. Adult lumpfish from both original host species presented experimentally to lumpfish, sea trout, cod, Atlantic salmon and plaice *Pleuronectes platessa* showed a distinct preference for lumpfish and cod. The differences between the two genotypes were investigated in more detail by Øines and Schram (2008), using two mitochondrial and one nuclear genetic markers, backed up by a morphological analysis of a selected group of characters. The mitochondrial genes indicated genetic distances between the two genotypes within the lower range previously reported for other crustacean species, but the nuclear 18S sequences showed no detectable difference. Two of the three selected morphological characters supported the division based on the molecular results. The authors were unable to draw any firm conclusion regarding the species status of the two genotypes, although their results did suggest the possibility of two sibling species. The *Caligus* species closest to *C. elongatus* in the molecular analysis were *C. gurnardi* and *C. belones*, which are also similar morphologically.

8. Control of sea lice

Since salmonid culture began in the 1960s, a great deal of time and effort has been expended in finding ways to control caligid infestations. In his review of the different methods used, Costello (1993) divided them into three categories: chemical, physical and biological. We discuss them below under the same headings.

8.1 Chemical methods

The first efforts to control *L. salmonis* on farmed salmonids in Norway used formalin and acetic acid baths with limited success (Hastein and Bergsjø, 1976). Early experiments with onions and garlic fared no better (Anon, 1991; Boxaspen and Holm, 1992). Since these early days many chemicals, including hydrogen peroxide, but mostly insecticides, have been used against sea lice. Among the most widely used are the organophosphates trichlorfon (as Neguvon) and dichlorvos (as Nuvan and Aquaguard), pyrethroids, flubenzuron and ivermectin. Some have been used in combination for greater effect.

Wootten *et al.* (1982) found that the effects of chemotherapy using Dichlorvos were similar on *C. elongatus* and *L. salmonis* on Scottish salmonid farms, but Landsberg *et al.* (1991) found a freshwater dip to be more effective than copper, formalin and trichlorfon treatments against *C. elongatus* on red drum *Sciaenops ocellatus* held in seawater ponds. Freshwater dips are not considered to be entirely effective, however, especially against older stages of sea lice (Stone *et al.*, 2002; Wright *et al.*, 2016). Bron *et al.* (1993a) found treatment with dichlorvos to be more effective against *C. elongatus* than against *L. salmonis*.

Although effective, these chemicals all carry user safety and environmental risks, can adversely affect fish health and can impact negatively on the public image of aquaculture. They also carry the risk of reduced sensitivity and resistance to chemical treatments on the part of the parasites. Efforts have therefore been made to replace them with more environmentally friendly methods (Jackson *et al.*, 2017; Bui *et al.*, 2019), such as those described below.

8.2 Physical methods

These include methods involving modifications to the design and structure of farm cages or additions of filtration and sieving devices. The use of plankton nets around salmon cages has proved effective in reducing sea lice infestations on the farmed fish (Stien *et al.*, 2018; Grøntvedt *et al.*, 2018), although they may not completely prevent entry of copepodid stages. Increasing the depth of the nets also increases their efficiency. A recent development is the use of “snorkel” sea cages. These are cages with a net roof that hold the salmon deep in the water column but allow them access to the surface via an enclosed tarpaulin tube called a snorkel. This gives the salmon the opportunity to refill their open swim bladders by gulping air at the surface so that they can maintain their buoyancy in deeper water. This system was tested by Stien *et al.* (2016) and Oppedal *et al.* (2017) and was found to significantly reduce loads of *L. salmonis* on farmed salmon. Oppedal *et al.* (2017) tested five different systems with net roofs set at 0, 4, 8, 12 and 16 metres and found that *L. salmonis* infestation decreased exponentially with depth: infestation levels in shallow snorkels (0 and 4m) were consistently 4 to 10 times higher than those in deep snorkels (12 and 16m).

These plankton nets and snorkels are designed to keep farmed fish away from the near-surface layers favoured by infective stages of *L. salmonis*. While the use of plankton nets of the mesh size used in these situations may be effective in controlling *L. salmonis* infestations, they may not be as effective a barrier against the copepodids of smaller caligids such as *C. elongatus*. There is also evidence that copepodids of *C. elongatus* may occur at greater depths than those of *L. salmonis* (see Nordi *et al.* (2015).

In an effort to reduce the numbers of sea lice re-entering the marine environment via harvest water outflow, O'Donohoe and McDermott (2014) used a system consisting of two sieves of different sizes. They reported a reduction in sea lice numbers of 89.5%, thus considerably reducing the risk of re-infestation.

8.3 Biological methods

These methods include the use of cleaner fish, fallowing, vaccination, selective breeding and fish behaviour.

The cleaner fish selected for lice control on salmon farms in the northern hemisphere are wrasse (Labridae) and lumpfish. Wrasse are efficient cleaners but have the major disadvantage that they tend to become inactive in winter (Powell *et al.*, 2017). Lumpfish, on the other hand, continue to feed at low temperatures and are thus the obvious candidate for use in salmon farms in colder regions such as northern Norway. Lumpfish are generally effective in reducing numbers of *L. salmonis* on farmed salmon (Bolton-Warberg, 2017; Imsland *et al.*, 2018), but where *C. elongatus* infestation is the problem their use comes with a considerable risk attached, as lumpfish have been shown to be a favoured host of this caligid (see section 4 above). Another disadvantage of lumpfish as cleaners is that they are opportunistic feeders and are less effective when other food sources such as zooplankton or salmon pellets are readily available (Imsland *et al.*, 2015; Eliassen *et al.*, 2018).

Fallowing is a method of controlling disease, including sea lice infestations, in aquaculture. In this method, sites are emptied of fish and not restocked for a period of time. Its effectiveness is linked to the persistence of the pathogen in the water with a reduced biomass of suitable hosts and the length of the fallowing period (Werkman *et al.*, 2011). While fallowing is an effective method of controlling *L. salmonis* infestations, it has been found to have no observable effect on *C. elongatus* (see Bron *et al.*, 1993b; Treasurer, 1998; Revie *et al.*, 2002), because the latter will persist around the fallowed site on its numerous natural wild hosts.

Raynard *et al.* (2002) reviewed efforts to develop a vaccine against sea lice, but it remains elusive (Bui *et al.*, 2019).

Selective breeding for disease resistance is a long-established practice in terrestrial farming, but is still in the exploration phase in aquaculture, although studies of genomics and selective breeding of parasite-resistant salmon is increasing (Bui *et al.*, 2019). Gharbi *et al.* (2015) combined experimental trials and diagnostics to provide a practical protocol for quantifying resistance to *L. salmonis* in Atlantic salmon. Their model predicted that substantially fewer chemical treatments would be needed to control infestations in selected populations and that chemical treatment could be unnecessary after 10 generations of selection. Experimental exposures of different wild populations and families of farmed Atlantic salmon have demonstrated the considerable potential of selective breeding for increasing resistance to infestation with *L. salmonis* (see Gjerde *et al.*, 2011; Lush *et al.*, 2019) and *C. rogercresseyi* (see Llorente *et al.*, 2012). The only similar experiments carried out with *C. elongatus* are those of Mustafa and MacKinnon (1999) and Glover *et al.* (2005). Mustafa and MacKinnon (1999) exposed lice-free farmed Atlantic salmon of 73 full-sibling families to salmon already infested with *C. elongatus*. The amount of variation in infestation levels they found between families

indicated moderate genetic-based variability and suggested that resistance to infestation with *C. elongatus* may be heritable. Glover *et al.* (2005) measured the variations in abundance of both *L. salmonis* and *C. elongatus* between 30 full-sibling families of farmed Atlantic salmon. The differences in abundance between families were statistically significant for *L. salmonis*, but not for *C. elongatus*.

Bui *et al.* (2019) proposed that natural host behaviour patterns could be harnessed to control parasitic infections, with particular reference to Atlantic salmon and sea lice. The reasoning behind this approach is that because wild salmon have co-evolved with *L. salmonis*, so certain behaviour patterns they use to avoid infestation in the wild should be retained in farmed salmon. To use these behavioural patterns to reduce sea lice infestations, fish farmers must draw on existing knowledge of wild salmon behaviour and also observe the behaviour of farmed salmon. Recognising the farmed salmon as a species with an evolutionary history and taking advantage of their naturally developed responses to parasites by modifying aquaculture systems accordingly will facilitate management of the health and welfare of farmed fish. This approach combined with selective breeding could signal the future direction of salmonid farming.

9. Predicted effects of climate change and invasions

Trying to predict the effects of climate change on any organism is a difficult task. Predictions are made on the assumption that current changes will continue into the future, which is by no means certain. What is certain is that climate change affects parasites in two ways: through direct effects on the parasite itself, and through indirect effects on other hosts in its life cycle. The probable effects of climate change on aquatic parasites were reviewed by Marcogliese (2001, 2008) and Löhmus and Björklund (2015). Here we discuss the effects that are most likely to affect parasitic copepods, and caligids in particular.

The two effects of climate change most likely to affect caligid copepods are increasing acidification and temperatures in the sea. As atmospheric carbon dioxide continues to increase, more of it is being absorbed by both oceanic and freshwater systems, leading to changes in water chemistry and a continuous reduction in pH, with potentially serious consequences for many aquatic organisms. If current trends continue, it is predicted that many marine organisms, particularly pteropods and crustaceans, will have difficulty maintaining their external calcium carbonate exoskeletons (Orr *et al.*, 2005). However, studies on the probable effects of increasing water temperature on free-living marine copepods indicate an antagonistic effect of increased warming and acidification. The impacts of future climate change on community structure, diversity, distribution and phenology of 14 different species of free-living marine copepods in the North Atlantic were evaluated by Villarino *et al.* (2015). Their projections indicated poleward shifts, earlier seasonal peaks and changes in biodiversity spatial patterns, but with important range variations between species. Other studies indicated that higher temperatures reduced energy status and decreased copepodite and nauplii abundance, but also that acidification partially counteracted some observed effects of increased temperature, while adding to others (Garzke *et al.*, 2015; Pedersen and Hanssen, 2017). Similar changes may be expected for parasitic copepods such as caligids. The optimum temperature for *C. elongatus* was found to be around 14°C (Hogans and Trudeau, 1989) so, as temperatures increase, earlier

seasonal peaks and more annual generations may be expected for northern parts of its distribution such as northern Norway. Other effects are more difficult to predict because of the above-mentioned antagonistic effects of temperature and acidification.

One of the results of current climate warming is expansion of host geographical ranges, with the result that species that have evolved in isolation may be brought into close contact. These host species carry their established parasites with them and expose them to new potential hosts, providing them with opportunities to expand their host range. Many invasive species have been introduced accidentally, while others have been introduced deliberately. The opening of the sea passage along the north coast of Siberia will inevitably lead to more introductions of North Pacific species into the northeast Atlantic and possibly beyond (Chan *et al.*, 2018). One invasive species of relevance to this review is the pink salmon *O. gorbuscha*, which was introduced to rivers in the Kola Peninsula in northwest Russia in the period 1956-1959 and began to appear in Norwegian rivers from 1960 (Berg, 1977; Mo *et al.*, 2018). This salmonid is a known host of *C. clemensi* (see Parker and Margolis, 1964). The only report of parasites in invasive pink salmon is that of Grozdilova (1974) from the White Sea, and *C. clemensi* was not found in this study. Another common host of *C. clemensi* is the Pacific herring, which also occurs in the White Sea along with Atlantic herring (Froese and Pauly, 2019). Although there appears to be no report of *C. clemensi* parasitizing this particular population of Pacific herring, its close proximity to the Barents Sea and other parts of the northeast Atlantic, combined with the current trend of climate change, may provide an opportunity for *C. clemensi* to colonise this region in the future, with possibly serious consequences for salmonid culture.

10. Conclusions and recommendations

This review was prompted by reports of large numbers of sea lice identified as *C. elongatus* infesting farmed salmon in northern Norway. The salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* is usually the most numerous species of sea louse on salmon farms in the North Atlantic, including southern and western Norway, so the occurrence of such large numbers of *C. elongatus* is very unusual. Northern Norway has lower sea temperatures than regions further south, but the optimum temperature for *C. elongatus* is reported as being 14°C (Hogans and Trudeau, 1989), and there are fewer generations per year at temperatures lower than this. The occurrence of such large numbers of *C. elongatus* in northern Norway thus contradicts the published information. Assuming that the identification of the culprit as *C. elongatus* is correct, one possible explanation is that this infestation is caused by a different genotype of *C. elongatus* with a greater tolerance of cold temperatures. This hypothesis is given some credibility by the study of Øines and Schram (2008), who identified two genotypes of *C. elongatus* which were different enough to suggest the possibility of their being considered as sibling species. The dominance of *C. elongatus* over *L. salmonis* reported by Hogans and Trudeau (1989) on farmed salmon in the northwest Atlantic may also be explained by the presence there of another genotype of *C. elongatus*. More research is needed into the genetics of *C. elongatus* in different parts of its wide geographical distribution.

Another possibility is that the copepods infesting the fish in these northern farms are not all *C. elongatus*, but a mix of this and another species. If we consider those species that are known to

cause problems in salmonid farming, the most obvious candidates for the other species are *C. curtus* and *C. clemensi*. The former is not regarded as a serious pathogen of farmed salmonids and is easily recognized by its much greater size than other species of *Caligus* reported from farmed salmonids, although it is comparable in size to *L. salmonis*. *Caligus clemensi* has not been reported from the North Atlantic but, as discussed earlier in this review, one of its natural hosts is the invasive Pacific pink salmon, which is now caught on a regular basis in Norwegian rivers (Mo *et al.*, 2018). Another of its natural hosts is the Pacific herring, which has a long-established resident population in the White Sea (Froese and Pauly, 2019). An extension of the range of *C. clemensi* into north Norway is thus a distinct possibility. A less likely possibility, but still one to consider, is an infestation by another species of *Caligus* hitherto unreported from farmed salmonids.

The design of plankton nets and snorkels is aimed at keeping farmed fish away from the near-surface layers favoured by infective stages of *L. salmonis*. They may not be as effective against those of *C. elongatus*, which are found over a greater depth range. Fallowing is not effective against *C. elongatus*.

The wisdom of using lumpfish as cleaner fish on salmonid farms must be questioned, given that several studies have identified lumpfish as an attractive host for *C. elongatus*. In a situation where *C. elongatus* is the dominant species of sea louse, this attraction may outweigh the value of these fish as control agents for sea lice.

Our recommendations are therefore as follows.

- Confirm the identity (or identities) of the caligids causing this problem by having a large number of parasites examined by expert parasitologists.
- If *C. elongatus* is confirmed as the culprit, have a sample sequenced and compared with existing sequences for the two genotypes reported previously.
- If another species of caligid is present, further action will depend on its specific identity, distribution and host preferences.
- Check numbers of *C. elongatus* on lumpfish used as cleaner fish and compare with numbers on the farmed salmonids. If the results indicate that lumpfish are serving as reservoirs of infection, abandon their use and look for better control methods.
- Determine which wild fish species present in the vicinity of the affected farms may be serving as reservoir hosts.
- Carry out a study of the distribution in the water column of copepodids of *C. elongatus* or whatever species is identified as causing the problem. This information will be necessary for the development of appropriate control measures.

11. References

- Anon. (1991). Onion research. *Scottish Fish Farmer* No. 34 August.
- Arai, H. (1969). Preliminary report on the parasites of certain marine fishes of British Columbia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26, 2319-2337.
- Arthur, J.R. and Arai, H. (1980). Studies on the parasites of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii* Valenciennes): survey results. *Canadian Journal of Zoology* 58, 64-70.

- Berg, M. (1977). Pink salmon, *Oncorhynchus gorbusha* (Walbaum) in Norway. *Report of the Institute for Freshwater Research, Drottningholm* 56, 12-17
- Berland, B. (1993). Salmon lice on wild salmon (*Salmo salar* L.) in western Norway. In: Boxshall, G.A. and D. Defaye (eds.) *Pathogens of Wild and Farmed Fish: Sea Lice*. Ellis Horwood, Chichester, UK, pp. 179-187.
- Bolton-Warberg, M. (2017). An overview of cleaner fish use in Ireland. *Journal of Fish Diseases* 41, 935-939.
- Boxaspen, K. (2006). A review of the biology and genetics of sea lice. *ICES Journal of Marine Science* 63, 1304-1316.
- Boxaspen, K. and Holm, J.C. (1992). New biocides used against sea lice compared to organophosphorus compounds. In: De Pauw, N. and Joyce, J. (eds.). *Aquaculture and the Environment, 1991*. European Aquaculture Society special publication no. 16, Ghent, pp. 393-402.
- Boxshall, G. (1974). Infections with parasitic copepods in North Sea marine fishes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 54, 355-372.
- Boxshall, G. and Bravo, S. (2000). On the identity of the common *Caligus* (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) from salmonid netpen systems in southern Chile. *Contributions to Zoology* 69, 137-146.
- Brandal, O., Egildus, E. and Romslo, I. (1976). Host blood: a major food component for the parasitic copepod *Lepeophtheirus salmonis* Krøyeri (sic) 1838 (Crustacea: Caligidae). *Norwegian Journal of Zoology* 24, 341-343.
- Bravo, S. (2003). Sea lice in Chilean salmon farms. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 23, 197-200.
- Bravo, S., Boxshall, G.A. and Conroy, G. (2011). New cultured host and a significant expansion of the known geographical range of the sea louse *Caligus rogercresseyi*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 31, 156-160.
- Bravo, S., Perroni, E., Torres, E. and Silva, M.T. (2006). Report of *Caligus rogercresseyi* in the anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in the Rio Gallegos Estuary, Argentina. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 26, 186-191.
- Bron, J.E., Sommerville, C., Wootten, R. and Rae, G.H. (1993a). Influence of treatment with dichlorvos on the epidemiology of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) and *Caligus elongatus* Nordmann, 1832 on Scottish salmon farms. In: Boxshall, G.A. and D. Defaye (eds.) *Pathogens of Wild and Farmed Fish: Sea Lice*. Ellis Horwood, Chichester, UK, pp. 263-274.
- Bron, J.E., Sommerville, C., Wootten, R. and Rae, G.H. (1993b). Fallowing of marine Atlantic salmon, *Salmo salar* L., farms as a method for the control of sea lice. *Journal of Fish Diseases* 16, 487-493.
- Bui, S., Oppedal, F., Sievers, M. and Dempster, T. (2019). Behaviour in the toolbox to outsmart parasites and improve fish welfare in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 11, 169-186.
- Callier, M.D., Byron, C.A., Bengston, D.A., Cranford, P.J., Cross, S.F., Focken, U., Jansen, H.M., Kamermans, P., Kiessling, A., Landry, T., O'Beirn, F., Petersson, E., Rheault, R.B., Strand, Ø, Sundell, K., Sväsand, T., Wikfors, G.H. and McKindsey, C.W. (2018). Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture* 10, 924-949.
- Carss, D.N. (1990). Concentrations of wild and escaped fishes immediately adjacent to fish farm cages. *Aquaculture* 90, 29-40.
- Carvajal, J., Gonzalez, L. and George-Nascimento, M. (1998). Native sea lice (Copepoda: Caligidae) infestation of salmonids reared in netpen systems in southern Chile. *Aquaculture* 166, 241-246.
- Chan, F.T., Stanislawczyk, K., Sneekes, A.C., Dvoretzky, A., Gollasch, S., Minchin, D., David, M., Jelmert, A., Albretsen, J. and Bailey, S.A. (2018). Climate change opens new frontiers for marine species in the Arctic: Current trends and future invasion risks. *Global Change Biology* 2018, 1-14.
- Conroy, G. (2001). Diseases found in tilapia culture in Latin America. *Global Aquaculture Advocate* 4, 52-55.
- González, L. and Carvajal, J. (2003). Life cycle of *Caligus rogercresseyi*, (Copepoda: Caligidae) parasite of Chilean reared salmonids. *Aquaculture* 220, 101-117.
- Copley, I., Tierney, T.D., Kane, F., Naughton, O., Kennedy, S., O'Donohoe, P., Jackson, D. and McGrath, D. (2005). Sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus*, levels on salmon returning to the west coast of Ireland, 2003. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85, 87-92.

- Costello, M.J. (1993). Review of methods to control sea lice (Caligidae: Crustacea) infestations on salmon (*Salmo salar*) farms. In: Boxshall G.A. and D. Defaye (eds.) *Pathogens of Wild and Farmed Fish: Sea Lice*. Ellis Horwood, Chichester, UK, pp. 219- 252.
- Costello, M.J. (2006). Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends in Parasitology* 22, 475-483.
- Costello, M.J. (2009). The global economic cost of sea lice to the salmonid farming industry. *Journal of Fish Diseases* 32, 115-118.
- Cressey, R.F. (1967). Genus *Gloiopotes* and a new species with notes on host specificity and intraspecific variation (Copepoda: Caligoida). *Proceedings of the United States National Museum* 122, 1-22.
- Cressey, R.F. and Collette, B.B. (1970). Copepods and needlefishes: a study in host-parasite relationships. *Fishery Bulletin* 68, 347-432.
- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Uglem, I. and Bjørn, P.-A. (2010). Species-specific patterns of aggregation of wild fish around fish farms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86, 271-275.
- Dempster, T., Uglem, I., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J., Nilsen, R. and Bjørn, P.A. (2009). Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Marine Ecology Progress Series* 385, 1-14.
- Dojiri, M. and Ho, J.-S. (2013). Systematics of the Caligidae, copepods parasitic on marine fishes. *Crustaceana Monographs* 18, i-xiii, 1-448.
- Eliassen, K., Danielsen, E., Johanessen, Á., Joensen, L.L. and Patturson, E. (2018). The cleaning efficacy of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) in Faroese salmon (*Salmo salar* L.) farming pens in relation to lumpfish size and seasonality. *Aquaculture* 488, 61-65.
- Froese, R. and Pauly, D. (Editors 2019). Fishbase, World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- Garzke, J., Hansen, T., Ismar, S.M.H., and Sommer, U. (2016). Combined effects of ocean warming and acidification on copepod abundance, body size and fatty acid content. *PLoS ONE* 11(5), e015952.
- Gharbi, K., Matthews, L., Bron, J., Roberts, R., Tinch, A. and Stear, M. (2105). The control of sea lice in Atlantic salmon by selective breeding. *Journal of the Royal Society Interface* 12: 20150574, 8 pp.
- Gjerde, B., Ødegård, J. and Thorland, I. (2011). Estimates of genetic variation in the susceptibility of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis*. *Aquaculture* 314, 66-72.
- Gonzalez, L. and Carvajal, J. (1994). Parasitos en los cultivos marinos de salmónidos en el sur de Chile. *Investigaciones Pesquera (Chile)* 38, 87-96.
- Grøntvedt, R.N., Kristoffersen, A.B. and Jansen, P.A. (2018). Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture* 495, 865-872.
- Grozdilova, T.A. (1974). Parasite fauna of the gorbusha *Oncorhynchus gorbusha* of the White Sea. *Parazitologiya* 8, 293-298 (In Russian).
- Hamre, L.A., Eichner, C., Caipang, C.M.A., Dalvin, S.T., Bron, J.E., Nilsen, F., Boxshall, G. and Skern-Mauritsen, R. (2013). The salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) life cycle has only two chalimus stages. *PLOS ONE* 8, e73539, 9 pp.
- Hastein, T. and Bergsjø, T. (1976). The salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* as the cause of disease in farmed salmonids. *Rivista Italia Piscicoltura e Ittiopatologia* A.11, 3-4.
- Hayward, C.J., Svane, I., Lachimpadi, S.K., Itoh, N., Bott, N.J. and Nowak, B.F. (2011). Sea lice infections of wild fishes near ranches southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyi*) in South Australia. *Aquaculture* 320, 178-182.
- Heuch, P.A., Øines, Ø., Knutsen, J.A. and Schram, T.A. (2007). Infection of wild fishes by the parasitic copepod *Caligus elongatus* on the south east coast of Norway. *Diseases of Aquatic Organisms* 77, 149-158.
- Heuch, P.A. and Karlsen, H.E. (1997). Detection of infrasonic oscillations by copepodids of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Journal of Plankton Research* 19, 735- 747.
- Havrøy, E.M., Boxaspen, K., Oppedal, F., Taranger, G.L. and Holm, J.C. (2003). The effect of artificial light treatment and depth on the infestation of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) culture. *Aquaculture* 220, 1-14.
- Ho, J.S., Gómez, S., Ogawa, K. and Aritai, M. (2004). Two species of parasitic copepods (Caligidae) new to Japan. *Systematic Parasitology* 57, 19-34.

- Hogans, W.E. and Trudeau, D.J. (1989). Preliminary studies on the biology of sea lice, *Caligus elongatus*, *Caligus curtus* and *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligoida), parasitic on cage-cultured salmonids in the lower Bay of Fundy. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 1715, iv + 14 pp.
- Imsland, A.K.D., Hanssen, A., Nytrø, A.V., Reynolds, P., Jonassen, T.M., Hangstad, T.A., Elvegård, T.A., Urskog, T.C. and Mikalsen, B. (2018). It works! Lumpfish can significantly lower sea lice infestation in large-scale salmon farming. *Biology Open* 7 bio036.301.doi:10.1242/bio.036.301.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E. and Elvegård, T.A. (2015). Feeding preferences of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) maintained in open-net pens with Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 436, 47- 51.
- Jackson, D., Moberg, O., Stenevik Djupeväg, E.M., Kane, F. and Hareide, H. (2017). The drivers of sea lice management policies and how best to integrate them into a risk management strategy: An ecosystem approach to sea lice management. *Journal of Fish Diseases* 41, 927-933.
- Jacobsen, J.A. and Gaard, E. (1997). Open-ocean infestation by salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*): comparison of wild and escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *ICES Journal of Marine Science* 54, 1113-1119.
- Jensen, A.J., Zydlewski, G.B., Barker, S. and Pietrack, M. (2012). Sea lice infestations of a wild fish assemblage in the Northwest Atlantic Ocean. *Transactions of the American Fisheries Society* 145, 7-16.
- Johnson, S.C., Treasurer, J.W., Bravo, S., Nagasawa, K. and Kabata, Z. (2004). A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zoological Studies* 43, 229-243. Jones, S. and Johnson, S. (2014). Biology of sea lice, *L. salmonis* and *Caligus* spp., in western and eastern Canada. *Canadian Science Advisory Secretariat Research Document* 19, i-v, 1-18.
- Kabata, Z. (1974). Mouth and mode of feeding of Caligidae (Copepoda), parasites of fishes, as determined by light and scanning electron microscopy. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 31, 1583-1588.
- Kabata, Z. (1979). *Parasitic Copepoda of British Fishes*. The Ray Society, London, 468 pp.
- Kabata, Z. (1981). Copepoda (Crustacea) parasitic on fishes: problems and perspectives. *Advances in Parasitology* 19, 1-71.
- Kabata, Z. and Hewitt, G.C. (1971). Locomotory mechanisms in Caligidae (Crustacea: Copepoda). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 28, 1143-1151.
- Karasev, A.B. (2003). *The catalogue of parasites of the Barents Sea fishes*. PINRO Press, Murmansk, 150 pp.
- Kim, I.H. (1993). Developmental stages of *Caligus punctatus* Shiino, 1955 (Copepoda; Caligidae). In: Boxshall G.A. and D. Defaye (eds.) *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice*. Ellis Horwood, Chichester, UK, pp. 16-29.
- Landsberg, J.H., Vermeer, G.K., Richards, S.A. and Perry, N. (1991). Control of the parasitic copepod *Caligus elongatus* on pond-reared red drum. *Journal of Aquatic Animal Health* 3, 206-209.
- Lewis, A.G., Dean, J. and Gilfillan III, E. (1969). Taxonomy and host associations of some parasitic copepods (Crustacea) from pelagic teleost fishes. *Pacific Science* 23, 414-437.
- Lhorente, J.P., Gallardo, J.A., Villanueva, B., Araya, A.M., Torrealba, D.A., Toledo, X.E. and Neira, R. (2012). Quantitative genetic basis for resistance to *Caligus rogercresseyi* sea lice in a breeding population of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 324-325, 55-59.
- Löhmus, M. and Björklund, M. (2015). Climate change: what will it do to fish-parasite interactions? *Biological Journal of the Linnean Society* 116, 397-411.
- Lush, L., Marshall, K., Eaves, A., Salvo, F., Murray, H.M. and Hamoutene, D. (2019). Susceptibility of farmed and two origins of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) to experimental infestations with sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*). *Aquaculture* 503, 602- 608.
- MacKenzie, K. and Morrison, J.A. (1989). An unusually heavy infestation of herring (*Clupea harengus* L.) with the parasitic copepod *Caligus elongatus* Nordmann, 1832. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 9, 12-13.
- MacKinnon, B.M. (1993). Host response of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to infection by sea lice (*Caligus elongatus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 30, 789-792.
- Mancilla-Schulz, J., Marín, S.L. and Molinet, C. (2018). Dynamics of *Caligus rogercresseyi* (Boxshall and Bravo, 2000) in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in southern Chile: Are we controlling sea lice? *Journal of Fish Diseases* 42, 357-369.

- Marcogliese, D.J. (2001). Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal of Zoology* 79, 1331-1352.
- Marcogliese, D.J. (2008). The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Revue Scientifique et Technique – Office International des Epizooties* 27, 467-484.
- Margolis, L. and Kabata, Z. (Editors, 1988). Guide to the Parasites of Fishes of Canada. Part II – Crustacea. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 101, 184 pp.
- Margolis, L., Kabata, Z. and Parker, R.R. (1975). Catalogue and synopsis of *Caligus*, a genus of Copepoda (Crustacea) parasitic on fishes. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* No. 192, vi and 117 pp.
- McKenzie, E., Gettinby, G., McCart, K. and Revie, C.W. (2004). Time-series models of sea lice *Caligus elongatus* (Nordmann) abundance on Atlantic salmon *Salmo salar* L. in Loch Sunart, Scotland. *Aquaculture Research* 35, 764-772.
- Mo, T.A., Thorstad, E.B., Sandlund, O.T., Berntsen, H.H., Fiske, P. and Uglem, I. (2018). The pink salmon invasion: a Norwegian perspective. *Journal of Fish Biology* 93, 5-7.
- Mustafa, A. and MacKinnon, B.M. (1999). Genetic variation in susceptibility of Atlantic salmon to the sea louse *Caligus elongatus* Nordmann, 1832. *Canadian Journal of Zoology* 77, 1332-1335.
- Mustafa, A., MacKinnon, B.M. and Piasecki, W. (2005). Interspecific differences between Atlantic salmon and arctic charr in susceptibility to infection with larval and adult *Caligus elongatus*: effect of skin mucus protein profiles and epidermal histological differences. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 35, 7-13.
- Nagasawa, K. (2015). Parasitic copepods of marine fish cultured in Japan: a review. *Journal of Natural History* 49, 2891-2903.
- Norði, G.A., Simonsen, K., Danielsen, E., Eliassen, K., Mols-Mortensen, A., Christiansen, D.H., Steingrund, P., Galbraith, M. and Patursson, Ø. (2015). Abundance and distribution of planktonic *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* in a fish-farming region in the Faroe Islands. *Aquaculture Environment Interactions* 7, 15-27.
- O'Donohoe, P. and McDermott, T. (2014). Reducing sea lice infestation risk from harvest water at a salmon farm site in Ireland using a bespoke sieving and filtration system. *Aquacultural Engineering* 60, 73-76.
- Oelckers, K., Vike, S., Duesund, H., Gonzalez, J., Wadsworth, S. and Nylund, A. (2014). *Caligus rogercresseyi* as a potential vector for transmission of Infectious Salmon Anaemia (ISA) virus in Chile. *Aquaculture* 420-421, 126-132.
- Øines, Ø. and Heuch, P.A. (2005). Identification of sea louse species of the genus *Caligus* using mtDNA. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85, 73-79.
- Øines, Ø. and Schram, T. (2008). Intra- or inter-specific difference in genotypes of *Caligus elongatus* Nordmann 1832? *Acta Parasitologica* 53, 93-105.
- Øines, Ø., Simonsen, J.H., Knutsen, J.A. and Heuch, P.A. (2006). Host preference of adult *Caligus elongatus* Nordmann in the laboratory and its implications for Atlantic cod aquaculture. *Journal of Fish Diseases* 29, 167-174.
- Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D.W., Bui, S. and Stien, L.H. (2017). Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea cages. *Pest Management Science* 73, 1935-1943.
- Orr, J.C., Fabry, V.J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S.C., Feely, R.A., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, R.M., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, R., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar, R.G., Plattner, G.K., Rodgers, K.B., Sabine, C.L., Sarmiento, J.L., Schlitzer, R., Slater, R.D., Totterdell, I.J., Weirig, M.F., Yamanaka, Y. and Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437(7059), 681-686.
- Parker, R.R. (1969). Validity of the binomen *Caligus elongatus* for a common parasitic copepod formerly misidentified with *Caligus rapax*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26, 1013-1035.
- Parker, R.R., Kabata, Z., Margolis, L. and Dean, M.D. (1968). A review and description of *Caligus curtus* Müller, 1785 (Caligidae: Copepoda), type species of its genus. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 25, 1923-1969.
- Parker, R.R. and Margolis, L. (1964). A new species of parasitic copepod, *Caligus clemensi* sp. nov. (Caligoida: Caligidae), from pelagic fishes in the coastal waters of British Columbia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 21, 873-889.

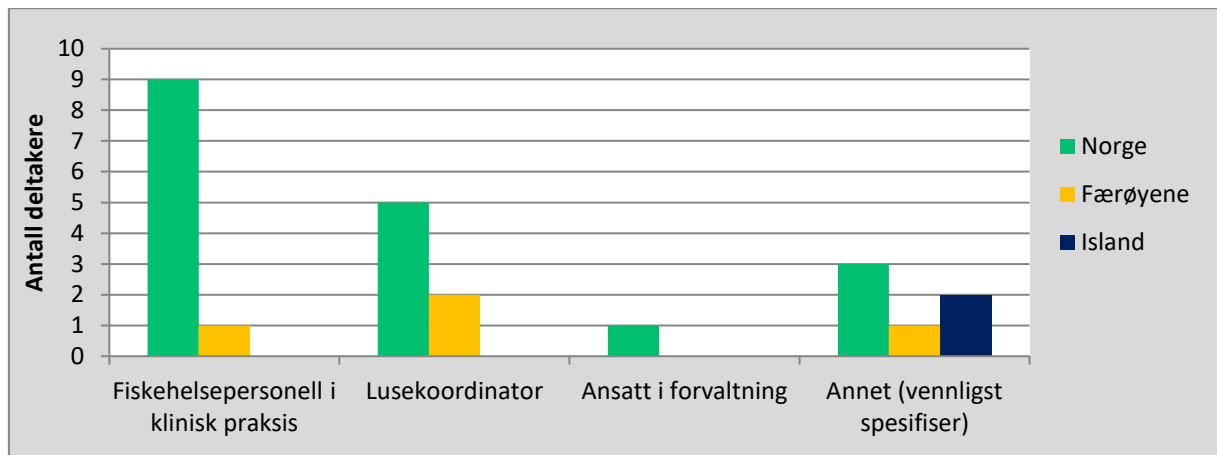
- Pedersen, A.P. and Hanssen, A.E. (2017) Ocean acidification ameliorates harmful effects of warming in primary consumer. *Ecology and Evolution* 8, 396-404.
- Piaseckicki, W. (1996). The developmental stages of *Caligus elongatus* von Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae). *Canadian Journal of Zoology* 74, 1459-1478.
- Piasecki, W. and MacKinnon, B.M. (1995). Life cycle of the sea louse *Caligus elongatus* von Nordmann, 1832 (Copepoda, Siphonostomatoida, Caligidae). *Canadian Journal of Zoology* 73, 74-82.
- Pike, A.W. Mackenzie, K. and Rowand, A. (1993). Ultrastructure of the frontal filament in chalimus larvae of *Caligus elongatus* and *Lepeophtheirus salmonis* from Atlantic salmon, *Salmo salar*. In: Boxshall G.A. and D. Defaye (eds.) *Pathogens of Wild and Farmed Fish: Sea Lice*. Ellis Horwood, Chichester, UK, pp. 99-113.
- Pike, A.W. and Wadsworth, S.L. (1999). Sealice on Salmonids: Their Biology and Control. *Advances in Parasitology* 44, 233-337.
- Powell, A., Treasurer, J.W., Pooley, C.L., Keay, A.J., Lloyd, R., Imsland, A.K. and de Leaniz, C.G. (2017). Use of lumpfish for sea lice control in salmon farming: challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture* 10, 683-702.
- Raynard, R.S., Bricknell, I.R., Billingsley, P.F., Nisbet, A.J., Vigneau, A. and Sommerville, C. (2002). *Pest Management Science* 58, 569-575.
- Revie, C.W., Gettinby, G., Treasurer, J.W. and Rae, G.H. (2002). The epidemiology of the sea lice, *Caligus elongatus* Nordmann, in marine aquaculture of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Scotland. *Journal of Fish Diseases* 25, 391-399.
- Reyes, X. and Bravo, S. (1983). Salmón coho *Oncorhynchus kisutch*, cultivado en Puerto Montt, Chile, nuevo huésped para el copépodo *Caligus teres* (Caligidae). *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 11, 55-57.
- Schram, T. (2004). Practical identification of pelagic sea lice larvae. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84, 103-110.
- Somdal, O. and Schram, T.A. (1992). Ectoparasites on northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) from western and North Sea stocks. *Sarsia* 77, 19-31.
- Stien, L.H., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J.E., Wright, D.W. and Oppedal, F. (2016). 'Snorkel' sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture* 458, 29-37.
- Stien, L.H., Lind, M.B., Oppedal, F., Wright, D.W. and Seternes, T. (2018). Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture* 490, 281-287.
- Stone, J., Boyd, S., Sommerville, C. and Rae, G.H. (2002). An evaluation of freshwater bath treatments for the control of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), infections in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases* 25, 371-373.
- Treasurer, J.W. (1998). Sea lice management methods in Scotland. *Caligus Newsletter* 5, 8-12.
- Treasurer, J.W. and Bravo, S. (2011). The spatial distribution patterns of *Caligus rogercressyi* and *C. elongatus* on Atlantic salmon hosts (*Salmo salar*). *Aquaculture* 320, 154-158.
- Tully, O., Poole, W.R., Whelan, K.F. and Merigoux, S. (1993). Parameters and possible causes of epizootics of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) infesting sea trout (*Salmo trutta* L.) off the west coast of Ireland. In: Boxshall G.A. and D. Defaye (eds.) *Pathogens of Wild and Farmed Fish: Sea Lice*. Ellis Horwood, Chichester, UK, pp. 202-213.
- Uglem, I., Dempster, T., Bjørn, P.-A., Sanchez-Jerez, P. and Økland, F. (2009). High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated movements of wild fish among farms. *Marine Ecology Progress Series* 384, 251-260.
- Uglem, I., Karlsen, Ø., Sanchez-Jerez, P. and Sæther, B.-S. (2014). Impacts of wild fishes attracted to open-cage salmonid farms in Norway. *Aquaculture Environment Interactions* 6, 91-103.
- Urawa, S. and Kato, T. (1991). Heavy infections of *Caligus orientalis* (Copepoda: Caligidae) on caged rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in brackish water. *Gyobyo Kenkyu* 26, 161-162.
- Venmathi Maran, B.A., Oh, S.-Y., Soh, H.Y., Choi, H.J. and Myoung, J.-G. (2012). *Caligus sclerotinosus* (Copepoda: Caligidae), a serious pest of cultured red seabream *Pagrus major* (Sparidae) in Korea. *Veterinary Parasitology* 188, 355-361.

-
- Venmathi Maran, B.A., Moon, S.Y., Ohtsuka, S., Oh, S.-Y., Soh, H.Y., Myoung, J.-G., Iglukowska, A. and Boxshall, G.A. (2013). The caligid life cycle: new evidence from *Lepeophtheirus elegans* reconciles the cycles of *Caligus* and *Lepeophtheirus* (Copepoda: Caligidae). *Parasite* 20 (15), 1-22.
- Venmathi Maran, B.A., Suárez-Morales, E., Ohtsuka, S., Soh, H.Y. and Hwang, U.W. (2016). On the occurrence of caligids (Copepoda: Siphonostomatoida) in the marine plankton: a review and checklist. *Zootaxa* 4174(1), 437-447.
- Villarino, E., Chust, G., Licandro, P., Butenschön, M., Ibaibarriaga, L., Larrañaga, A. and Irigoien, X. (2015). Modelling the future biogeography of North Atlantic zooplankton communities in response to climate change. *Marine Ecology Progress Series* 531, 121- 142.
- Werkman, M., Green, D.M., Murray, A.G. and Turnbull, J.F. (2011). The effectiveness of fallowing strategies in disease control in salmon aquaculture assessed with an SIS model. *Preventive Veterinary Medicine* 98, 64-73.
- Wilson, C.B. (1905). North American parasitic copepods belonging to the family Caligidae. Pt. 1. The Caliginae. *Proceedings of the United States National Museum* 28, 479-672.
- Wootten, R., Smith, J.W. and Needham, E.A. (1982). Aspects of the biology of the parasitic copepods *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* on farmed salmonids, and their treatment. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 81B, 185-197.
- Wright, D.W., Oppedal, F. and Dempster, T. (2016). Early-stage sea lice recruits on Atlantic salmon are freshwater sensitive. *Journal of Fish Diseases* 39, 1179-1186.
- Draft – not to be copied or cited

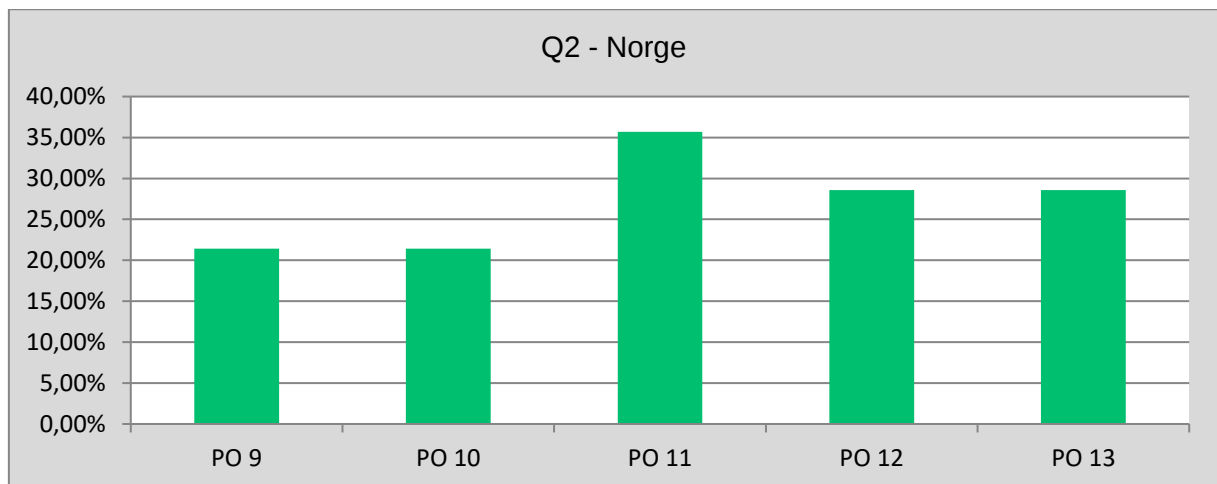
10 Vedlegg 2: Spørreundersøkelse – spørsmål og resultater

Q 1 - 2: Om deltakerne

Q1. Din bakgrunn.

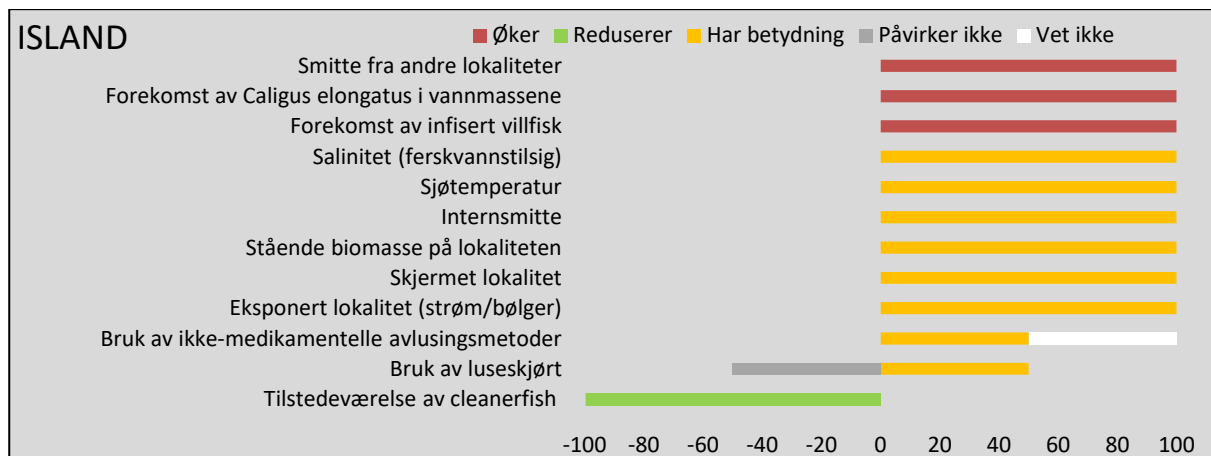
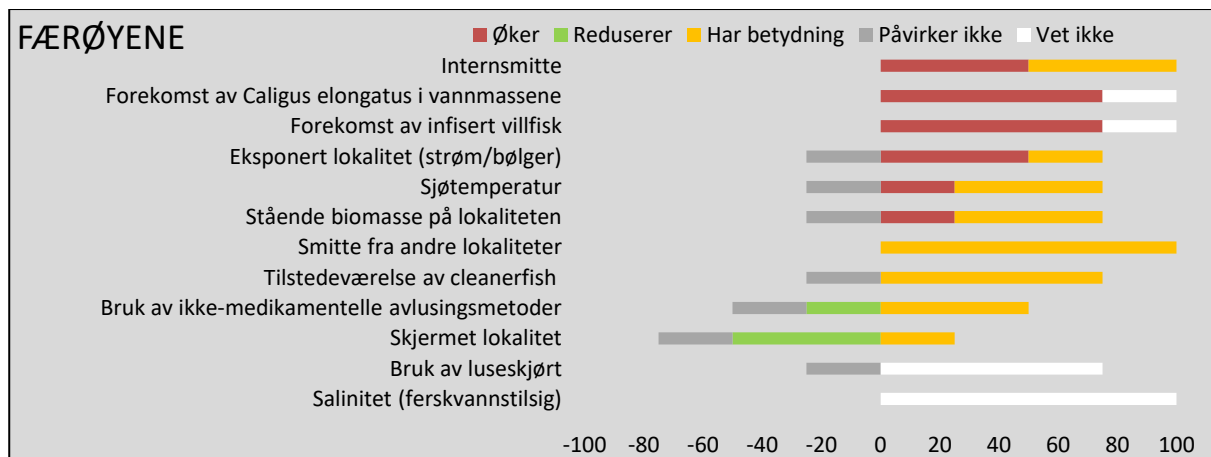
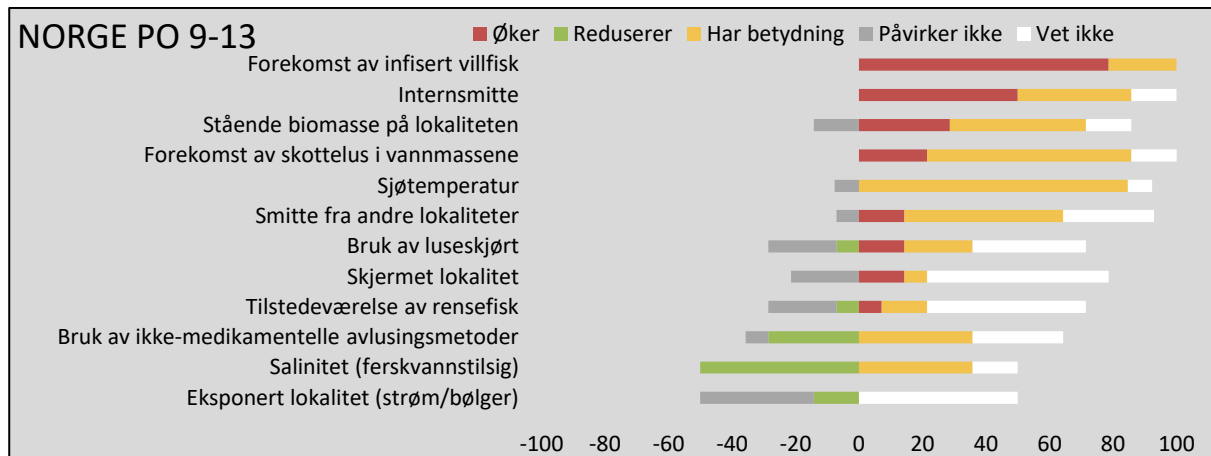


Q2. Kryss av for hvilke(t) produksjonsområde(r) du rapporterer fra



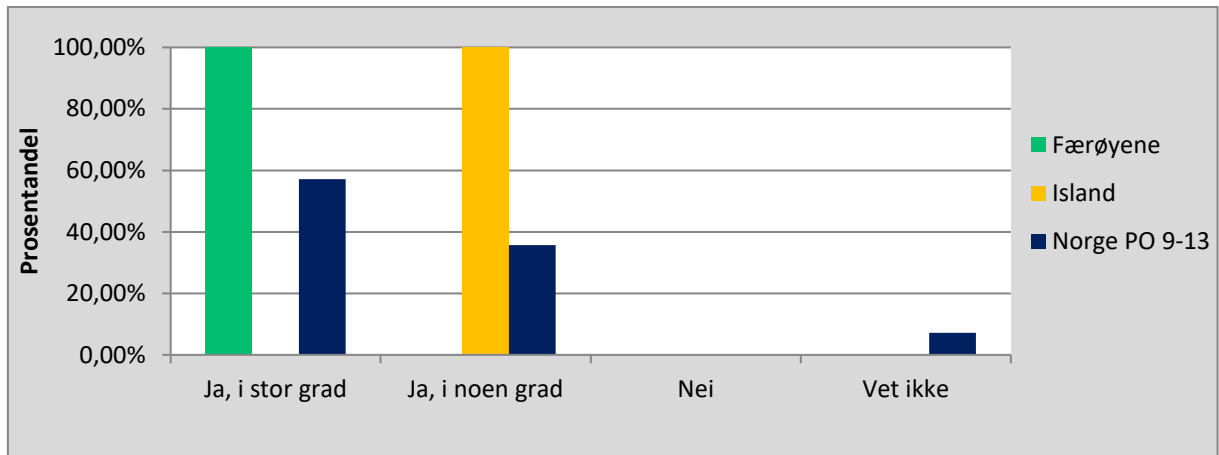
Q 3 - 4: AP1. Faktorer som påvirker skotteluseforekomst

Q3. Basert på din erfaring, hvilke(n) faktor(er) tror du har betydning for variasjon i skotteluspåslag mellom lokaliteter?

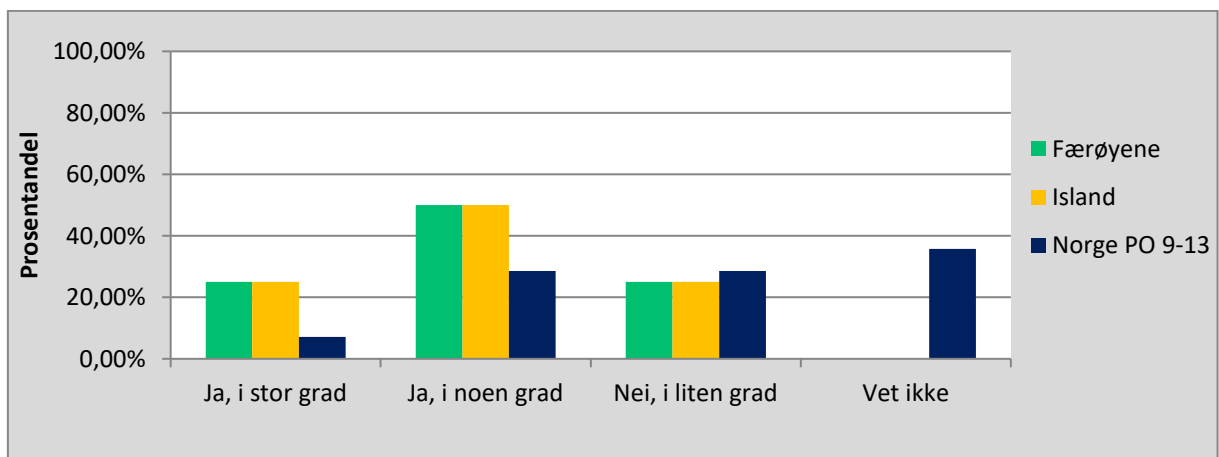


Q 4 - 5: AP2. Effekt av rensefisk på skottelusforekomst

Q4. Beiter rognkjeks på skottelus?

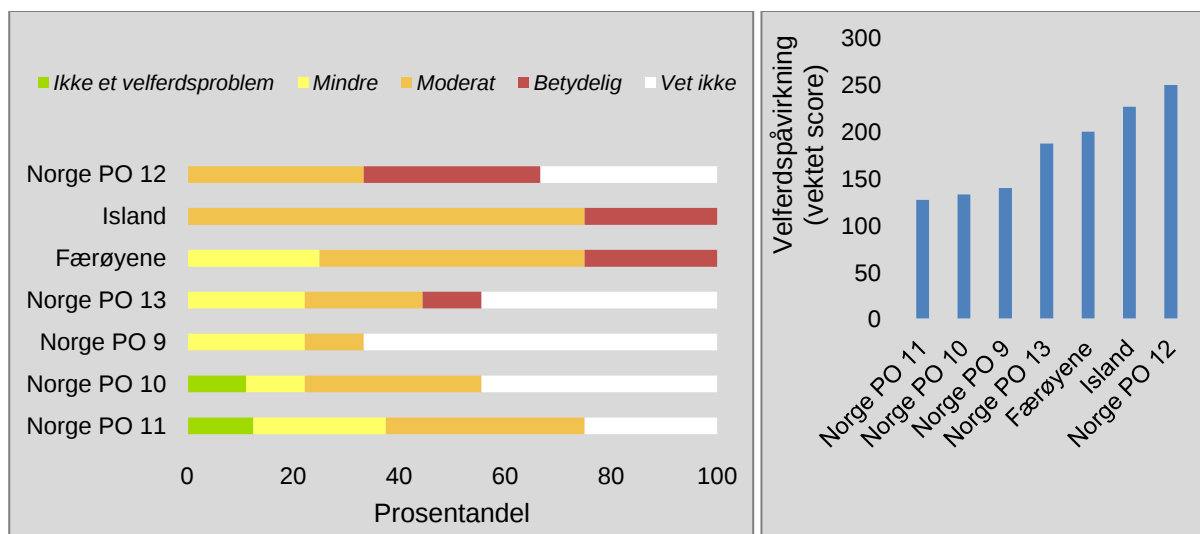


Q5. Fører rognkjeksens beiting på skottelus til at forekomsten av skottelus på laks reduseres?



Q 6 - 11: AP3. Om skottelus og fiskevelferd

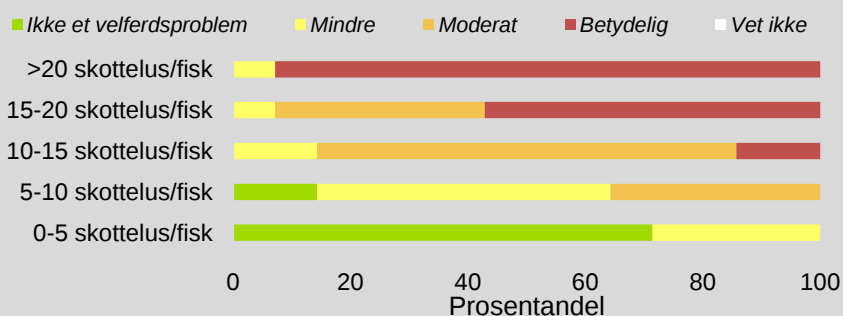
Q6. Basert på en generell vurdering, hvor stort velferdsproblem mener du skottelus på laks representerer i produksjonsområdet/-ene du rapporterer fra?



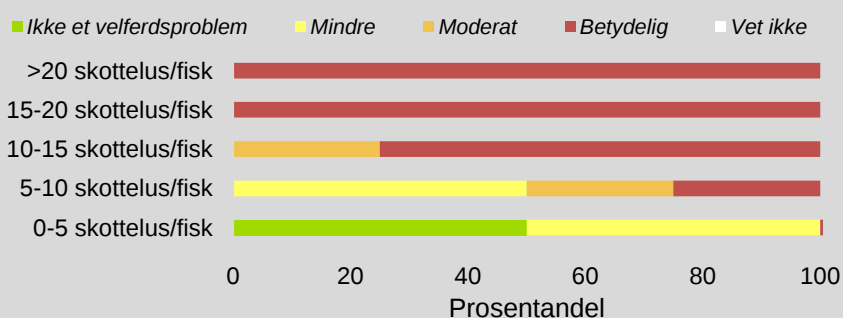
Vektet score= Sum av prosentandel av svar per kategori, multiplisert med enten 0 (ikke et velferdsproblem), 1 (mindre), 2 (moderat) eller 3 (betydelig). Svar i kategorien Vet ikke er ekskludert fra beregningen av prosentandel av svar per kategori.

Q 7. Ved hvilke nivåer av skottelus per fisk påvirkes fiskevelferden, og i hvilken grad? Spørsmålet skiller ikke på stadier av skottelus.

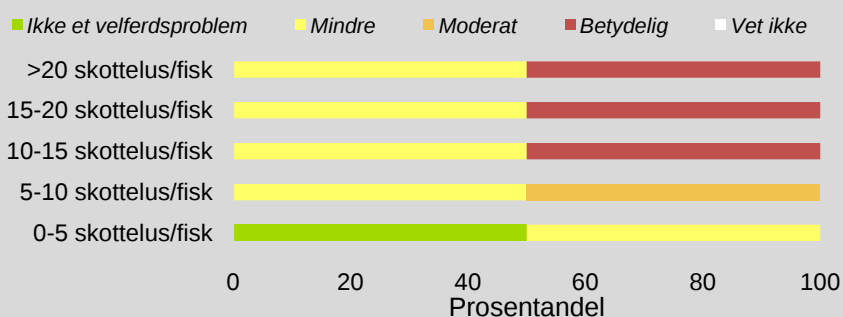
Norge PO 9-13



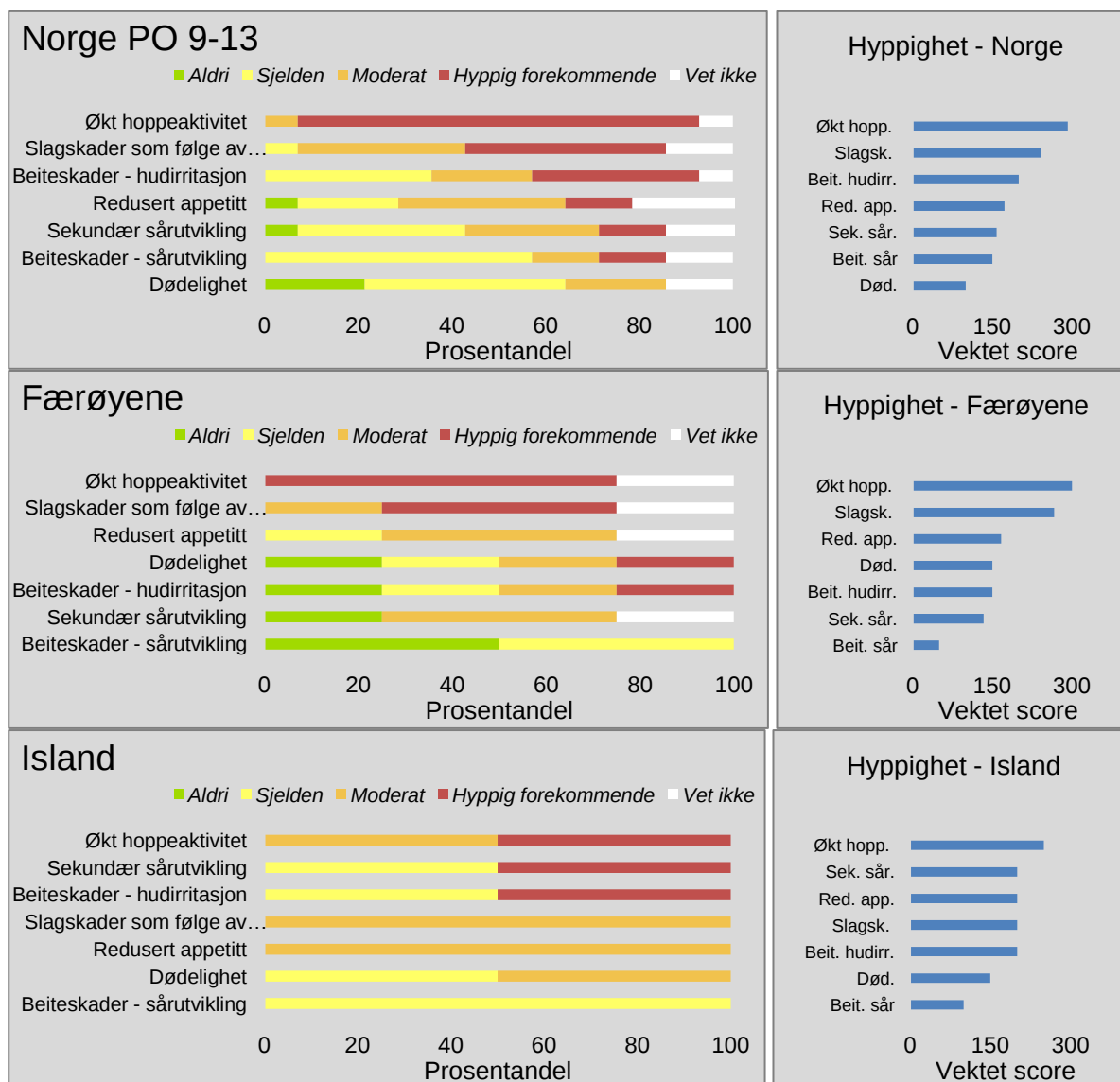
Færøyene



Island

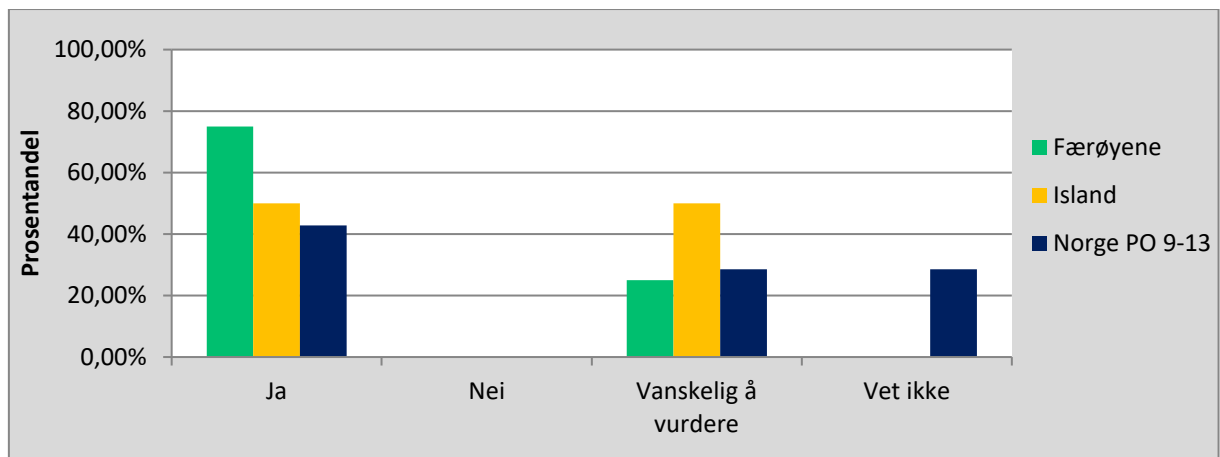


Q 8. Hvilke skader/kliniske funn er observert som følge av skotteluspåslag de seneste tre år, og hvor vanlig er det å observere de ulike parameterne ved påslag i produksjonsområdet du har erfaring fra?

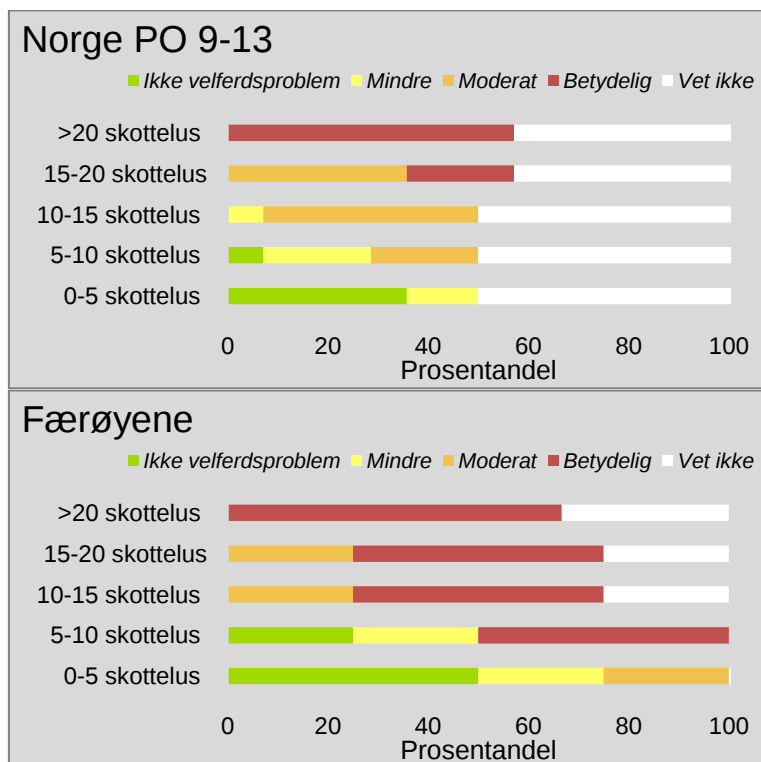


Vektet score = Sum av prosentandel av svar per kategori, multiplisert med enten 0 (ikke et velferdsproblem), 1 (mindre), 2 (moderat) eller 3 (betydelig). Svar i kategorien Vet ikke er ekskludert fra beregningen av prosentandel av svar per kategori.

Q 9. Påvirker skotteluspåslag velferden til rognkjeks?



Q10. Ved hvilke mengder skottelus på rognkjeks påvirkes fiskevelferden, og i hvilken grad?



Q11. Angi i kommentarfeltet hvilke skader/kliniske funn av betydning for fiskevelferd som er observert på rognkjeks ved skotteluspåslag

Kommentarer

- Ved noen tilfeller er det registrert at skottelus går dypere inn i huden og delvis under skjell. I disse tilfellene kan det oppstå små sår og blødninger, men dette er ikke det som er normalt.
- Kjenner ikke til at det er observert skader på rognkjeks som man for sikkert kan si er relatert til skottelus.
- Ingen funn av hudskader
- Endret adferd, svimet i overflaten, dødelighet. Beiteskader i huden. Trolig nedsatt appetitt, men vanskelig å vurdere.
- Skader i hud med utvikling av bakterielle sår i etterkant. Kan se ut som om rognkjeks er mere utsatt for dette enn laksen, men noe usikkert da rognkjeks generelt har mye sår og dårlig hud i sjøanleggene.
- Redusert beiteadferd og økt sårutvikling, men dette kan også være en konsekvens av håndtering (behandling).
- Redusert appetitt, endring i slimlaget
- Har ikke funnet beiteskader på rognkjeks, eller sår som jeg tror stammer fra skottelus.
- Generelt observeres økt forekomst av irritert hudlag og sår i området mellom sugekopp og anus.
- Det er observert sår/skader, men det er vanskelig å skille mellom mekaniske sår og skottelus beiting.
- Beiteskader med efterfølgende infeksjoner av bla. *Tenacibaculum*
- Ikke lett å observere skader av skottelus på rognkjeks, men økt mengde sårisk (tenacibaculum etc.)
- Ikke observert klinikk på rognkjeks som med sikkerhet kan knyttes til skottelus.

Q 12 – 18: AP4. Om skottelus, behandlingstiltak og effekt

Q12. Hvilke stadier og evt. kjønn av skottelus registreres i praksis ved gjennomføring av lusetellinger per i dag?

Kommentarfelt Norge

1. Bevegelige og kjønnsmodne. Fastsittende er vanskelig å skille.
2. Fastsittende skottelus registreres ofte som fastsittende lakselus. Vi registrerer fastsittende som fastsittende, mens øvrige stadier registreres som skottelus
3. Alle stadier
4. Alle stadier registreres i en sekkepost, skottelus
5. Kun adulte lus uavhengig av kjønn. Noen tar med (sikre) fastsittende stadier av skottelus som "adult" skottelus, mens andre registrerer som "fastsittende" (noe som også oppfordres til fra de fleste FHP, dog noe variasjon i rådene her).
6. Registrerer kun antall skottelus uansett stadie.
7. Registreres kun som skottelus
8. Skottelus voksen hann og hunn, og flere fastsittende stadier. De minste blir nok ikke registrert. Bare totalantallet registreres, uansett stadie.
9. Operatørene skiller ikke på kjønn og stadier. Når jeg er ute og teller, skiller jeg mellom faste og voksne skottelus, og i sjeldne tilfeller mellom de ulike chalimus-stadiene.
10. Vi opererer bare med én samlekategori; "skottelus". Regelen er at alt som sitter fast med kitinstreng skal registreres som "fastsittende". I tilfeller med mye skottelus fører dette ofte til at mengden lakselus blir overvurdert (ser ut som det er mye fastsittende lakselus som også går inn i statistikken i alt-inn) og mengden skottelus blir undervurdert. Skottelusa er jo fastsittende helt fram til adult og man ser ofte tydelig at det er skottelus til tross for at den er fastsittende, men man har blitt enige om denne regelen da man har antatt at det er mest formålstjenlig (ikke underestimere lakseluspåslag).

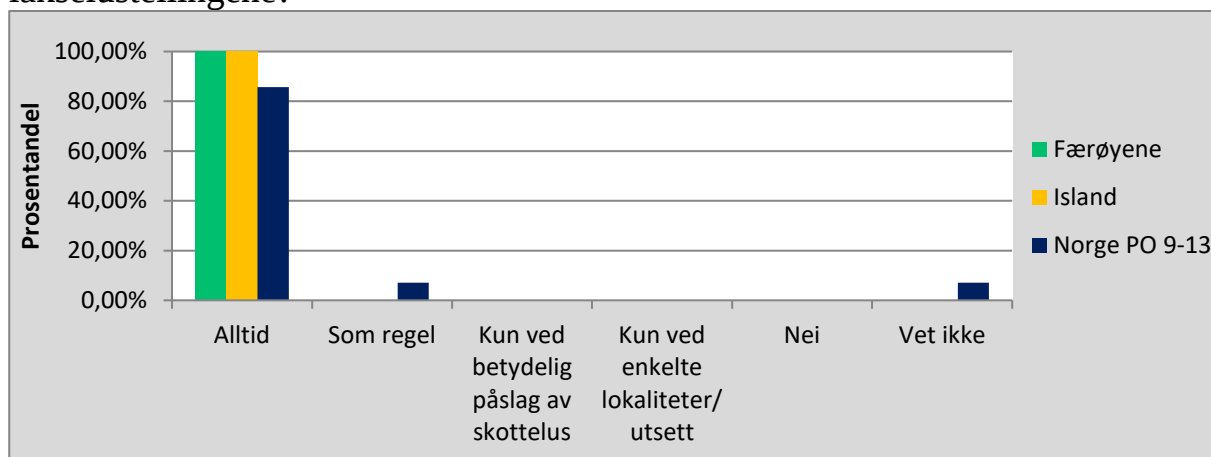
Kommentarfelt Færøyene

1. Voksne caligus.
2. Alle stadier under ett, det blir ikke skilt mellom kjønn.
3. Bare voksne skottelus registreres, blir ikke fordelt på kjønn. Det har tidligere vært registrert skottelus på kjønn på Færøyene.
4. Mobile og voksne.

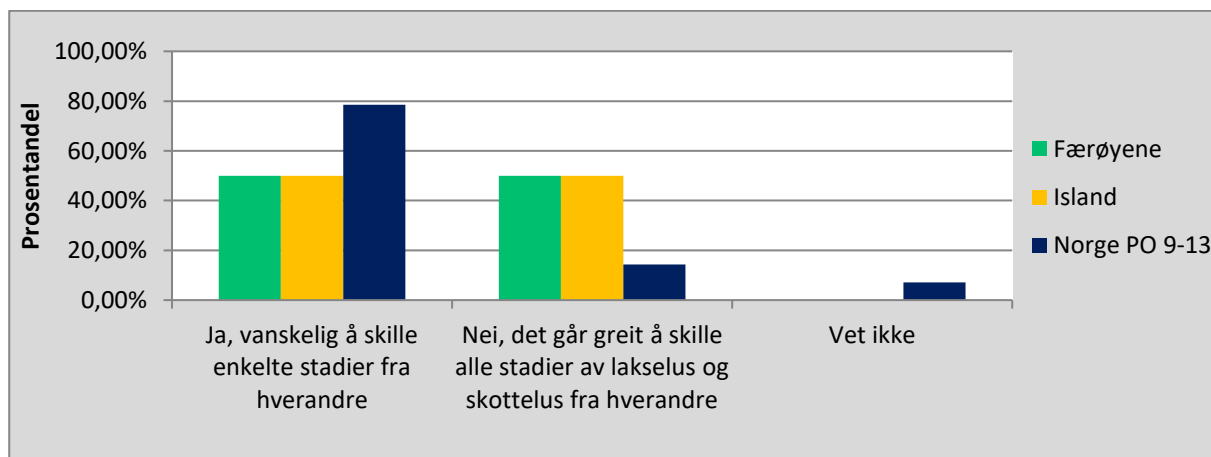
Kommentarfelt Island

1. Vi begynte i år å registrere kjønnsmodne hunnlus av *C. elongatus* men tidligere ble det kun telt som "skottelus".
2. Skottelus telles ukentlig ved temperaturer over 4 °C. Ikke kategorisert.

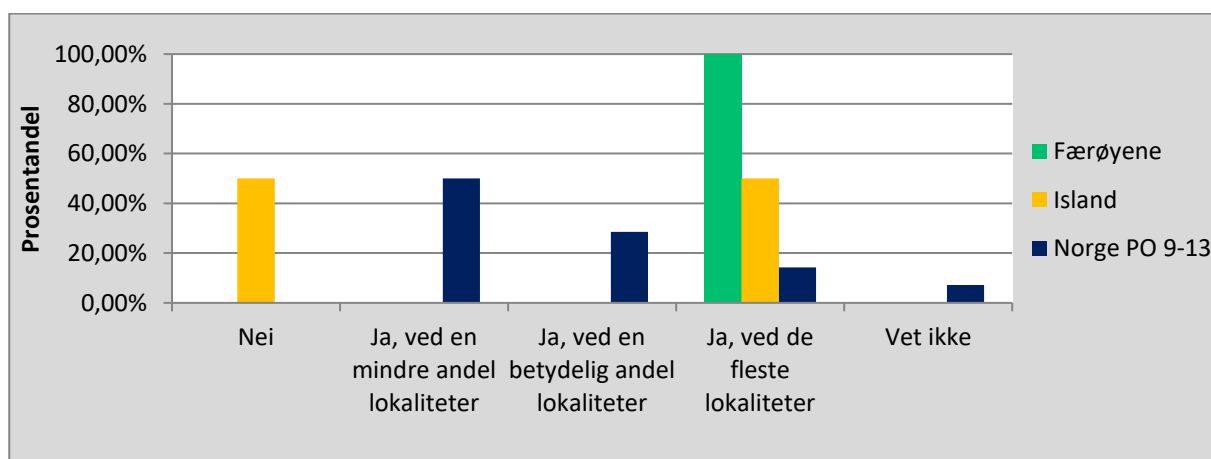
Q 13. Telles og journalføres forekomst av skottelus i tilknytning til lakselustellingene?



Q 14. Er det vanskelig å skille skottelus og lakselus fra hverandre ved lusetelling? Spesifiser evt. hvilke stadier som er vanskelige å skille i kommentarfeltet.

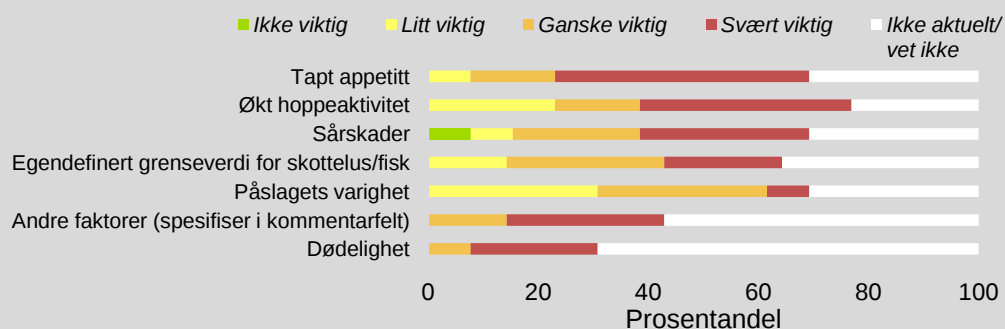


Q 15. Er det gjennomført avlusingstiltak på indikasjon skottelus ved lokaliteter i produksjonsområdene du har erfaring fra siste tre år? Angi evt. forskjeller mellom produksjonsområdene du rapporterer fra i kommentarfeltet

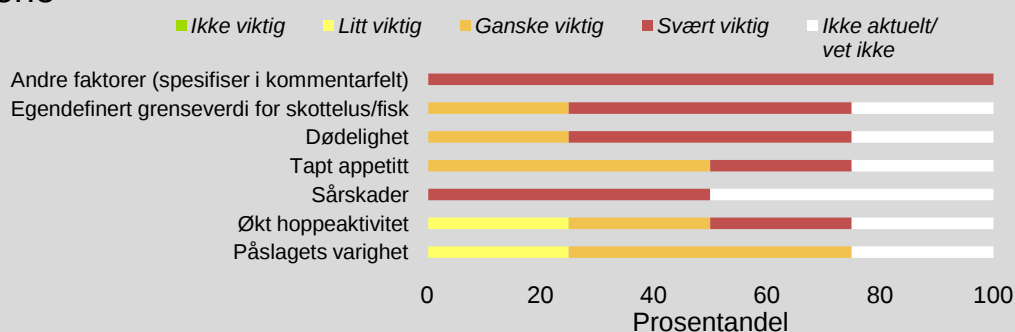


Q16. Hvilke(n) faktor(er) utløser beslutning om avlusning på indikasjon skottelus? Kontraindikasjoner (stikkord) ønskes i kommentarfelt.

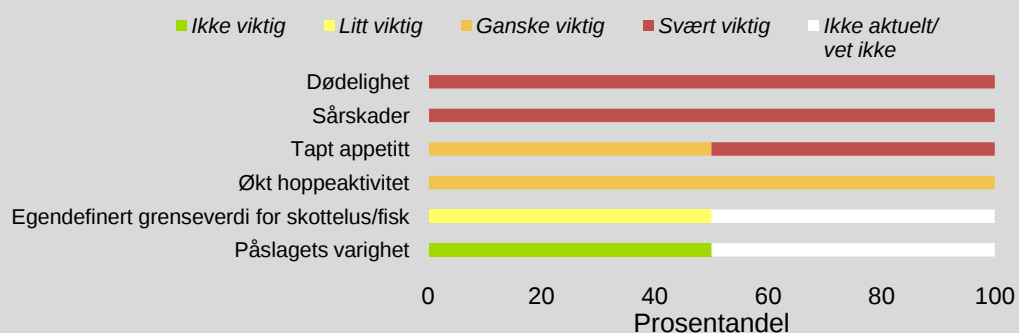
Norge PO 9-13



Færøyene



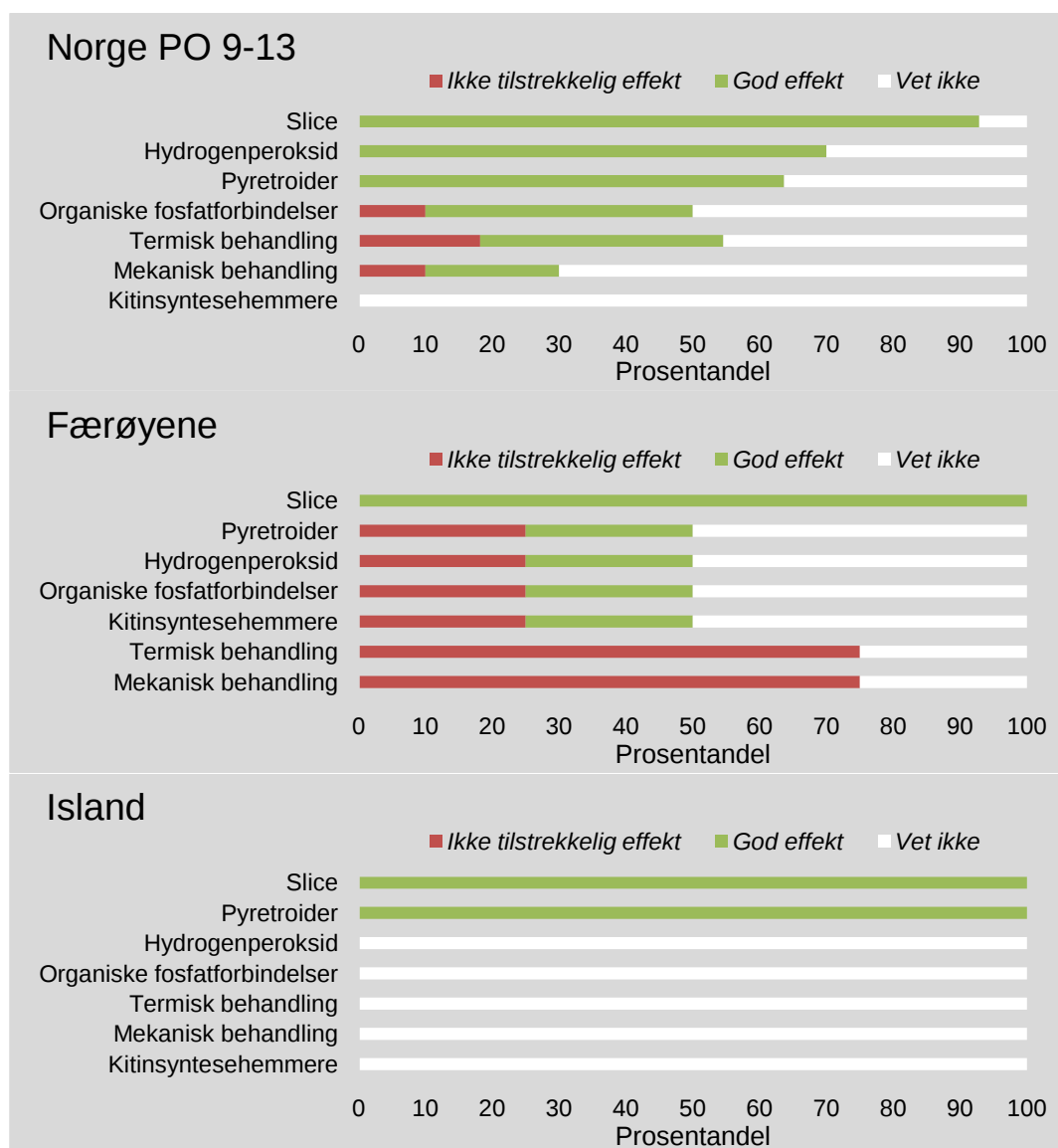
Island



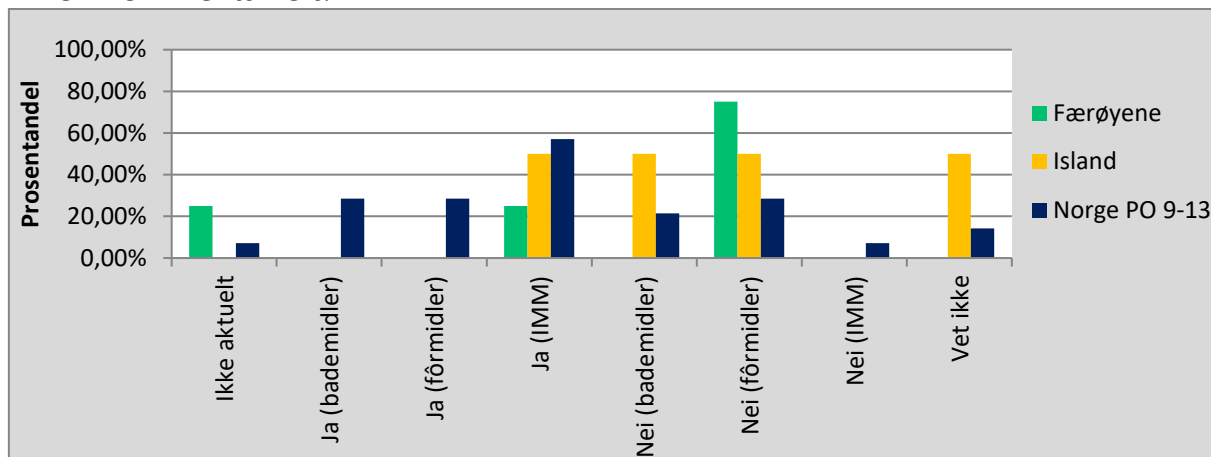
Svar sortert etter vektet score. Vektet score tilsvarer sum av prosentandel av svar per kategori, multiplisert med enten 0 (ikke et velferdsproblem), 1 (mindre), 2 (moderat) eller 3 (betydelig). Svar i kategorien Vet ikke er ekskludert fra beregningen av prosentandel av svar per kategori.

.

Q17. Hvilke behandlingstiltak er/har vært aktuelle ved avlusing på indikasjon skottelus de siste tre år, og hva er erfaring med effekt? Bruk kommentarfeltet for å utdype svaret ditt ved behov.

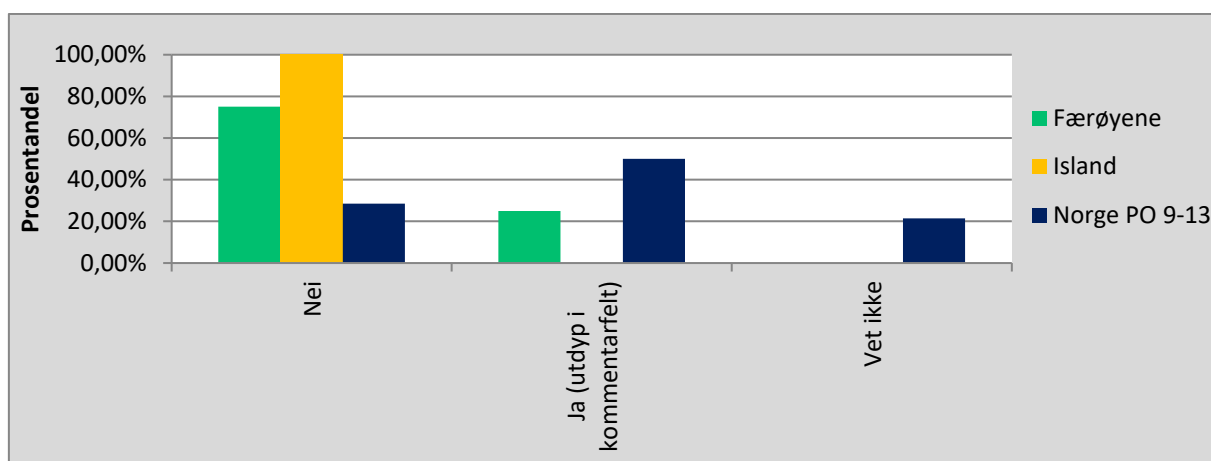


Q 18. Representerer bruk av rensefisk en utfordring når behandlingstiltak mot skottelus må gjennomføres? Kryss av aktuelle svar. Utdyp gjerne hvorfor/hvorfor ikke i kommentarfelt.



Q 19 – 20: AP 5. FoU-behov

Q 19. Representerer behandlingstiltak og forebyggende tiltak som retter seg mot skottelus noen spesielle praktiske utfordringer sammenlignet med lakselus?



Q 20. Har du innspill til tema som bør følges opp gjennom fremtidig FoU-satsning for å opparbeide ytterligere kunnskap og kompetanse om forekomst, konsekvenser av, forebyggende tiltak mot, og behandling av skottelus hos hhv laks og rognkjeks?

Kommentarfelt Norge

1. Formering, utbredelse/temperaturpreferanser, årstidsvariasjoner, hvilke andre arter kan virke som transportvert.
2. Hvor kommer skottelusa fra? Registrering av villfisk-innsig og eventuell påvirkning på skottelus vet vi for lite om.
3. Vi vet veldig lite, men tror en del mer. Fakta på alle felt mangler i stor grad.
4. Vil vært greit å vite mere om bruk av rognkjeks øker mengden skottelus på laksen, når rognkjeks blir mye infisert. Kan skottelusa hoppe over på / persistere på rognkjeks når laksen oralbehandles, for siden å hoppe tilbake på laksen?

-
5. Bruk av rognkjeks fungerer ikke som en vektor på skottelus, dvs. påstanden om at rognkjeks øker skottelusforekomsten i vesentlig grad. Jeg personlig mener det er feil og det er et blindspor i jobben som gjøres.
 6. Mer kunnskap om skottelus-biologi og vertstilpasning, epidemiologi. Kartlegging av velferdsutfordringer for laks og rognkjeks. Kartlegging av legemiddelbruk jf. resistensutvikling.
 7. Forebyggende tiltak mot skottelus bør forskes på. Det finnes ingen per i dag, og de som brukes mot lakselus er ikke effektive mot skottelus.
 8. Grunnleggende biologi. Utviklingshastigheter: nauplii til kopepoditt, smittevindu (hvor lenge overlever kopepodittene), utviklingshastighet fra kop via de forskjellige stadiene til adult. Vi bør vite mer om de velferdsmessige konsekvensene for å vite hvor vi skal intervenere.
 9. Vil være interessant å se hvilken påvirkning lusebehandling (kjemisk og mekanisk) har på rognkjeks.
 10. Mer kunnskap om påslag og forekomst. Forekomst i vannmassene og spredningsmodeller.
 11. Kunnskap om overlevelse og livssyklus på villfisk og laks.