

Effekten av nasjonale laksefjorder på risikoen for lakselusinfestasjon hos vill laksefisk langs norskekysten - Sluttrapportering av ordningen med nasjonale laksefjorder

Ørjan Karlsen, Lars Asplin, Bengt Finstad, Anne D. Sandvik, Rosa Maria Serra-Llinares, Ingrid Askeland Johnsen, Rune Nilsen, Marius Berg, Ingebrigt Uglem og Pål Arne Bjørn



Prosjektrapport

Rapport:
FISKEN OG HAVET

Nr. – År:
2–2018

Dato:
20.11.2017

Tittel (norsk og engelsk):

Effekten av nasjonale laksefjorder på risikoen for lakselusinfestasjon hos vill laksefisk langs norskekysten - Sluttrapportering av ordningen med nasjonale laksefjorder

The effect of national salmon fjords on the risk of salmon lice infestation on wild salmonids along the Norwegian coast – final report of the scheme of national salmon fjords

Forfattere:

Ørjan Karlsen, Lars Asplin, Bengt Finstad, Anne D. Sandvik, Rosa Maria Serra-Llinares, Ingrid Askeland Johnsen, Rune Nilsen, Marius Berg, Ingebrigt Uglem og Pål Arne Bjørn

Distribusjon: Åpen

Havforskningsprosjektnr.:
14650

Oppdragsgiver(e):
Mattilsynet

Program:
Akvakultur

Forskningsgruppe:
Reproduksjon og utviklingsbiologi

Antall sider totalt:
38

Emneord:

Nasjonale laksefjorder
Nasjonale laksevassdrag
Lakselus

prosjektleder

faggruppeleder



Innhold

1	Sammendrag	4
2	Innledning.....	5
	2.1 Avgrensning av oppdraget fra Mattilsynet og Miljødirektoratet.....	5
	2.2 Etablering av de nasjonale laksefjordene	5
	2.3 Effekter av lakselus på vill laksefisk.....	6
	2.4 Smoltbiologi	7
	2.5 Tålegrenser - lakselus/laksefisk	8
3	Gjennomføring av vurderingen	8
4	Lakselusinfestasjon på sjørret i nasjonale laksefjorder.....	8
5	Modellert smittepress av lakselus.....	16
	5.1 Modellmetodene.....	16
	5.1.1 Smittepress	16
	5.1.2 Virtuell smolt – estimert dødelighet på utvandrende postsmolt laks	17
	5.2 Smittepress av lakselus i de nasjonale laksefjordene	17
	5.3 Estimert dødelighet på utvandrende smolt av laks 2016 og 2017	25
	5.3.1 Ryfylke (Produksjonsområde 2)	25
	5.3.2 Karmøy til Sotra (Produksjonsområde 3)	25
	5.3.3 Nordhordland til Stadt (Produksjonsområde 4)	26
	5.3.4 Stadt til Hustadvika (Produksjonsområde 5)	27
	5.3.5 Nordmøre og Sør-Trøndelag (Produksjonsområde 6)	27
	5.3.6 Nord-Trøndelag med Bindal (Produksjonsområde 7).....	27
	5.3.7 Helgeland til Bodø (Produksjonsområde 8).....	28
	5.3.8 Vestfjorden og Vesterålen (Produksjonsområde 9).....	28
	5.3.9 Andøya til Senja (Produksjonsområde 10).....	29
	5.3.10 Kvaløya til Loppa (Produksjonsområde 11).....	29
	5.3.11 Vest-Finnmark (Produksjonsområde 12).....	29
	5.3.12 Øst-Finnmark (Produksjonsområde 13)	29
	5.4 Oppsummert vurdering av egnetheten til nasjonale laksefjorder	30
	5.5 Konklusjon	32
6	Referanser	33

1 Sammendrag

I 2007 ble 29 nasjonale laksefjorder opprettet. Disse er ment å gi et utvalg av de viktigste laksebestandene i Norge en særlig beskyttelse, inkludert mot oppdrettsvirksomhet i nærliggende fjord- og kystområder.

En statistisk analyse av data innsamlet i perioden 2004-2010 viste at lusepåslaget på vill sjøørret langs norskekysten ble påvirket av luseproduksjon fra oppdrett, saltholdighet, fiskestørrelse, år og periode. Imidlertid viste også analysene at en stor andel av variasjonen ikke kunne forklares med gjeldende datamateriale og gjeldende analyser. Etter en evaluering av metodene ble derfor overvåkingen omstrukturert for å øke antall fisk fanget, økt kvalitet på innsamlingen, bedre dekning i tid og rom, samt at bruk av modeller ble inkorporert. Modellen som brukes i denne rapporten har hatt voldsom utvikling de siste årene, både på grunn av økt regnekraft, men kanskje spesielt etter 2011 da NorKyst 800 ble tilgjengelig for hele landet.

Etterhvert har også innføringen av det nye Trafikklyssystemet ført til et betydelig utviklingsarbeid i forhold til spredningsmodelleringen og anvendelsen av resultatene fra denne, hvor Havforskningsinstituttet i 2017 produserer ukentlig estimat for mengden og fordelingen av lakseluskopepoditter fra operative oppdrettsanlegg i hele landet.

I denne rapporten er effekten av lakselus fra oppdrettsanlegg vurdert for både sjøørret og utvandrende postsmolt av laks. For sjøørret har vi brukt overvåkingsdata for å sammenholde infestasjonen på ruse og garnfanget sjøørret med avstand til nærmeste oppdrettsanlegg, vi har vurdert i hvilken grad sjøørret i de ulike fjordene er influert av oppdrettsanlegg liggende utenfor fjorden. For utvandrende postsmolt laks har vi brukt en koblet hydrodynamisk-biologisk modell for å vurdere driften av lakselus inn i de ulike fjordene, og til sist har vi brukt en nyutviklet smoltmodell for å beregne dødelighet på utvandrende postsmolt laks som vandrer ut fra nasjonale laksevassdrag. Ut ifra dette har vi vurdert om de nasjonale laksefjordene har medført et generelt bedre vern av vill laksefisk.

I en statistisk analyse av i hvilken grad antall lakselus på vill sjøørret/sjørøye i nasjonale laksefjorder ble påvirket av avstand til nærliggende oppdrettsanlegg, ble det funnet en sammenheng mellom lus på vill sjøørret og daglig produksjon av lakseluslarver i oppdrettsanlegg som er opptil 30 km fra fangstlokaliteten for årene 2008-2012. Disse analysene ble senere utvidet til å inkludere effekten av temperatur. Konklusjonen fra disse analysene var at store laksefjorder virket etter hensikten i den betydning at det var mindre lus på sjøørret/sjørøye i de største nasjonale laksefjordene enn i de mindre laksefjordene. Årsaken til dette var blant annet avstanden til nærmeste oppdrettsanlegg. I sluttrapporten har vi vurdert dataene innsamlet i etterkant av denne analysen, dvs. inkludert årene 2013-2017, og selv om vi ikke har reanalysert disse dataene, peker de i samme retning.

I midtveisevalueringen ble det vist til at det som er styrende for transport av lakselus inn i en fjord ikke primært er avstanden til anleggene, men om vannstrømmene transporterer lus fra anlegg og til laksefjordene. For å vurdere dette har vi benyttet en koblet hydrodynamisk-biologisk modell for å vurdere transport av lakselus inn i de nasjonale laksefjordene. Da disse metodene er nyutviklet, samtidig som modellene er forbedret, bruker vi bare de siste årene i tidsserien til disse analysene.

De nasjonale laksefjordene varierer mye i størrelse, beliggenhet og breddegrad. I tillegg varierer det om de ligger i indre fjord eller ytre kyststrøk, samtidig som også mengde oppdrettsaktivitet både utenfor og innenfor de ulike verneområdene varierer. Modellert tetthet av lakselus i og rundt de nasjonale laksefjordene viser at fjordene, som ser ut til å virke etter hensikten, har noen fellestrekk. Det er formålstjenlig at laksefjorden utgjør en vesentlig del av utvandningsruten til vill laksefisk, og det er fordelaktig at det ikke er stor oppdrettsvirksomhet oppstrøms for laksefjorden.

Nasjonale laksefjorder som bare er fjordarmer et stykke inne i et fjordsystem og der smoltutvandringruten går gjennom områder med mye oppdrettsaktivitet, har sannsynligvis liten effekt på dødeligheten til utvandrende postsmolt laks.

Effekten av de små nasjonale laksefjordene ser ut til å være sterkt avhengig av produksjonsmønsteret i oppdrettsnæringen i nærområdet, og infeksjonspresset i de små verneområdene ser ut til å sammenfalle med produksjonsintensiteten i området. Dette betyr at lavt infeksjonsnivå hos lokal sjøørret og sannsynligvis også hos laksesmolt, ikke kan bli tatt for gitt i slike områder. Dette er vist både for Etnefjorden i Hardangerfjordsystemet og Ørstafjorden i Storfjordsystemet. Det er også slik at de fjordene hvor den nasjonale laksefjorden går helt ut til kysten virker bedre enn fjordene med en delvis beskyttelse (Sognefjorden vs. Trondheimsfjorden), da risikoen for å få strømmer som transporterer lus langt innover fjorden er større.

2 Innledning

2.1 Avgrensning av oppdraget fra Mattilsynet og Miljødirektoratet

Hovedhensikten med den nasjonale overvåkingen av lakselus på vill laksefisk [NALO (som ble initiert i 1992, Jakobsen mfl. 1992), inkludert MTs OK-program lakselus] har siden 2007 vært å framskaffe datagrunnlag for å kunne evaluere effekten av nasjonale laksefjorder (Anon. 2002, 2006). Den endelige evalueringen skal gjøres innen 10 år etter iverksatt tiltak. Styringsgruppen for nasjonale laksevassdrag og nasjonale laksefjorder bestemte at det skulle gjøres en midtevaluering i 2012. Denne rapporten er sluttrapporteringen av evalueringen av de nasjonale laksefjordene med hensyn på effekten lakselus har på vill laksefisk.

Mattilsynet har på vegne av styringsgruppen for nasjonale laksefjorder og laksevassdrag gitt Havforskningsinstituttet i oppdrag å evaluere effekten av tiltaket på risiko for lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten. Evalueringen er gjort i samarbeid med Norsk institutt for naturforskning, som også har fått midler fra Miljødirektoratet for å delta i arbeidet med evalueringen.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) med samarbeidspartnere har samlet inn et omfattende overvåkingsmateriale angående påslag av lakselus hos vill laksefisk langs norskekysten i perioden 1992-2010. Fram til 2005 var denne innsamlingen finansiert av Miljødirektoratet. Fra 2006 overtok Mattilsynet ansvaret for å overvåke infeksjonsnivået av lakselus på vill laksefisk langs hele norskekysten (MTs OK-program lakselus), og fra 2010 har Havforskningsinstituttet (HI) hatt koordineringsansvaret.

2.2 Etablering av de nasjonale laksefjordene

Det viktigste formålet med å etablere nasjonale laksefjorder er å beskytte villaks mot negative påvirkninger fra laks i oppdrettsanlegg i form av genetisk påvirkning og spredning av parasitter og sykdommer (se oppsummering i Aasetre & Vik (2013) og referanser i denne samt Serra-Llinares mfl. 2014, 2016; Vøllestad mfl. 2014). Imidlertid begynte beskyttelse av laksefjorder med etablering av midlertidige sikkerhetssoner i 1989, basert på § 5 av "lov om oppdrett av fisk, skalldyr m.v.". Sikkerhetssonene var en del av Lenka-programmet som fokuserte på en reguleringsplan basert på egnetheten av kystområdene, og etablerte midlertidige sikkerhetssoner for laksefisk omkring viktige lakseelver (Sønvisen 2003). De midlertidige sikkerhetssonene ble etter hvert evaluert (Sjåstad 1996), og en offentlig utredning om lakseforvaltningen foreslo deretter etablering av nasjonale laksefjorder og laksevassdrag (NOU 1999). I februar 2003 vedtok Stortinget ordningen med nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. I den første fasen i 2002 ble til sammen 21 laksefjorder og 37

laksevassdrag beskyttet. Ferdigstillingen av ordningen med nasjonale laksevassdrag og laksefjorder ble behandlet i Stortinget i vårsesjonen 2007, da ordningen ble utvidet til å omfatte 52 nasjonale laksevassdrag og 29 nasjonale laksefjorder (Anon. 2002, 2006). Stortinget vedtok samtidig forslaget fra Energi- og miljøkomiteen om at ordningen skulle evalueres når det var mulig å vurdere de konkrete effektene. Denne evalueringen skal i henhold til Stortingets vedtak skje senest ti år etter at ordningen ble opprettet.

Forvaltningen og oppdrettsnæringen har brukt og bruker store ressurser på å få kontroll med populasjonsveksten til lakselus, og redusert interaksjonen mellom lakselus på oppdrettet og vill laksefisk. Etableringen av 29 nasjonale laksefjorder, der oppdrettsnæringen har fått sterke restriksjoner på sin aktivitet (Anon. 2006), er et viktig element i dette. Hovedargumentet for innsatsen har vært å redusere smittepresset på villlevende laksefisk: Lakselusnivået på vill laksefisk er derfor det endelige kriteriet for å måle om tiltakene har vært vellykket. Overvåkingsprosjektene utført i NALO (Bjørn mfl. 2010, 2011a; 2012, 2013b; Helland mfl. 2012, 2015; Nilsen mfl. 2014, 2016, 2017) har hatt som hensikt 1) å skaffe data for å kunne evaluere effektene av nasjonale laksefjorder med hensyn til infeksjonspresset fra lakselus, og 2) foreta en nasjonal overvåking av intensitet og om mulig kartlegge konsekvenser av lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs hele norskekysten. Dette har blitt utført for å vurdere om tiltakene som forvaltningen har iverksatt er riktige og tilstrekkelige, og inkluderer oppfølging av St.prp. nr. 32 ”Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder”, og ”Regjeringens strategi for en miljømessig bærekraftig havbruksnæring”, samt danner grunnlag for å kunne vurdere status i de 13 produksjonsområdene Meld. St. 16 (2014-2015) «Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett». Sluttevalueringen er basert på data fra NALO 2004–2017. Biomasse og antall fisk, lusetall og hydrografi fra nærliggende oppdrettslokaliteter samt modellerte dødelighetsestimater på utvandrende laksesmolt og områder simulert med- og uten oppdrettsanlegg er brukt til å evaluere anleggenes betydning for lusebelastning på villfisk både innenfor og utenfor nasjonale laksefjorder.

2.3 Effekter av lakselus på vill laksefisk

Lakselus lever av skinn, underhudsvev, slim og blod. Forsøk både på eksperimentelt infisert laksefisk (Grimnes & Jakobsen 1996; Bjørn & Finstad 1997; 1998; Finstad mfl. 2000; Wagner mfl. 2003; 2004; Wells mfl. 2006, 2007; Tveiten mfl. 2010; Øverli mfl. 2014) og på naturlig infisert postsmolt laks og sjøørret (Holst mfl. 2003; Andreassen 2013) har vist at lakselus kan stresse fisken, medføre problemer med vann- og saltbalansen og nedsatt immunologisk kapasitet, da spesielt når lusa utvikler seg fra fastsittende larve til bevegelig lus. Andre effekter som redusert vekst, svømmeevne, reproduksjon og dødelighet har også blitt påvist (se Finstad & Bjørn (2011) og referanser i denne).

Det er vist at smolt beskyttet mot lakselus med ulike midler har en høyere overlevelse enn de ubeskyttede, men helst når forholdene for overlevelse i havet er dårlige (Vollset mfl. 2016). Det er antatt at forskjeller i overlevelsen i sjø er forårsaket av at kontrollfisken blir infisert av lakselus i løpet av den første delen av vandringen. Så lenge behandlingen ikke forstyrrer fisken på andre måter, vil denne type eksperimenter gi en idé om effektene av lus på hele bestander (Finstad & Jonsson 2001; Hazon mfl. 2006; Skilbrei & Wennevik 2006; Hvidsten mfl. 2007; Skilbrei mfl. 2008; Jackson mfl. 2011, 2013; Gargan mfl. 2012; Krkosěk mfl. 2013; Skilbrei 2013; Vollset mfl. 2016). Det kan være en rekke feilkilder eller metodefeil man ikke kan kontrollere i denne type forsøk (Vollset mfl. 2016). Det gjennomsnittlige tapet av smolten fra klekkeriet i Daleelva (i Osterfjorden) forårsaket av lakselus ble estimert til ca. 15 % i perioden 1997 til 2009 (Skilbrei mfl. 2013). Dette er sammenlignbart med anslaget på 18 % i den større metaanalysen gjort i ettertid med data fra flere forsøk (Vollset mfl. 2016). I tillegg var tendensen nesten alle årene at ubehandlet smolt var litt mindre (~0,1 kg) når den kom tilbake som smålaks etter ett år i sjø. Dette antyder at det har vært lakselus til stede i utvandningsruten de fleste årene, også når det ikke har vært noen signifikant forskjell i overlevelse mellom gruppene. Samtidig tyder dette på at mange smolt har overlevd påslaget av lakselus, men hatt dårligere vekst i havet. Beskyttet smolt vokser raskere enn ubeskyttet første året (Skilbrei & Wennevik

2006). Det er i tillegg vist at lakselus kan endre veksten og alder ved kjønnsmodning hos den tilbakevandrende laksen (Vollset mfl. 2014). I en nylig analyse av en tidsserie i en fjord med ett oppdrettsanlegg i Irland ble det estimert at antall returnerende smålaks var > 50 % lavere i etter år med høyt smittepress fra nærliggende anlegg (Shephard & Gargan 2017).

I motsetning til laks, hvor smolten vandrer til oppvekstområder i havet og først returnerer til kysten når de er kjønnsmodne, oppholder sjøørret og sjørøye seg i fjordene og på kysten gjennom en lengre periode. De er derfor normalt utsatt for luseinfestasjon i mye lengre perioder enn laksesmolten. Sjøørret smoltifiserer gjerne ved 12–25 cm kroppslengde og vandrer ut i fjordene på beitevandring sent på våren og om sommeren. Overlevelsen til lakselus faller ved lavere salinitet (Wright mfl. 2016), og lakselus vil aktivt unngå vann med saltholdighet under ca. 20 (Heuch 1995). Sjøørret kan derfor oppsøke ferskere vann for å kvitte seg med lus. Prematur tilbakevandring av fisk med betydelige infestasjoner og hudskader er observert (Finstad mfl. 1992, 1994; Jakobsen mfl. 1992; Finstad 1993; Birkeland & Jakobsen 1994, 1997; Birkeland 1996; Kambestad mfl. 2015). Andre undersøkelser tydet på at også nordnorsk sjørøye trolig ble sterkt infisert i områder med lakseoppdrettsanlegg (Finstad 1993). Det er også vist atferdsendringer hos sjøørret i områder med høyt smittepress (Gjelland mfl. 2014; Halttunen mfl. i trykk). I Irland har en analyse av data indikert at lakselus reduserer vekst og kondisjon til sjøørret (Shephard mfl. 2016). En omfattende litteraturstudie av effekter av lakselus på sjøørret er nylig publisert (Thorstad mfl. 2014, 2015).

2.4 Smoltbiologi

Postsmolt av laks vandrer fra elvene og til åpent hav. En anser at det bare er i denne perioden at fisken er utsatt for smittepress av lus. Selv om den tilbakevandrende laksen også vil smittes av lus, anser vi at effekten på denne fisken oftest er minimal, og vurderes ikke her.

Det mest relevante for i hvilken grad utvandrende laks smittes av lakselus avhenger av smittepresset den opplever. Dette smittepresset øker normalt utover våren og sommeren, og øker normalt tidligere i sør enn i nord. Ett økende smittepress vil normalt medføre høyere påslag på vill laksefisk.

Postsmolt av laks som vandrer til åpent hav er mellom 12 og 25 cm. Tid for utvandringen fra elvene ser i stor grad ut til å være styrt av vanntemperatur, vannføring og forandringer i disse. Det virker ikke å være en spesifikk vanntemperatur som utløser vandringen, men en kombinasjon av temperatur og økningen i temperatur om våren før utvandring. Den relative betydningen av ulike omgivelsesfaktorer for start og forløp av smoltutvandringen synes å variere mellom vassdrag, og populasjonsspesifikke tilpasninger til lokale forhold synes å kunne innvirke på tidspunktet for utvandringen (Jonsson 1991). Når fisken vandrer ut er derfor viktig i forhold til smittepresset. Da vi har begrenset kjennskap til forløpet i utvandringen fra de fleste elvene har vi i smoltmodellen valgt en helt flat fordeling av fisk sentrert rundt forventet utvandringstid for området (Karlsen mfl. 2016, trafikkllyrappporten våren 2016 med utvandringstabeller, www.imr.no).

Smoltutvandring foregår gjerne i 3–7 uker fra april til juli, tidligst i sør (Orell mfl. 2007). En stor andel av smolten i en elv kan vandre ut i sjøen i løpet av en relativt kort periode (1–2 uker), og stort sett gruppevis eller i stimer (Hvidsten mfl. 1995; Davidsen mfl. 2005). Vandringmønsteret i den første fasen av smoltens utvandring er komplekst og varierer både med elv og fjord, der noen postsmolt har en direkte svømmeatferd mot åpent hav, andre langt mer komplekst. Vandringmønster (Hedger mfl. 2008) vil også påvirke risikoen for å bli smittet. Dette fordi det er mest lakselus i fjordene og langs kysten, og jo lengre den oppholder seg her jo større er normalt risikoen for å bli smitte med lakselus. I denne rapporten har vi derfor fokusert på å benytte modeller som beregner risikoen for at utvandrende postsmolt laks skal bli smitte av lakselus fra elv til fjord. Det er lagt inn noen forenklinger i denne modellen, men det er sannsynlig at det kan være avvik som vil ha stor betydning er dette kommentert.

Hvilken elv fisken vandrer fra, avstand mellom elv og hav, og vandringshastighet har derfor også betydning for når fisken er i det eksponerte området. Fisk som vandrer fra elver langt inne i fjorden vil ha en større del av vandringsveien i eksponert sone.

2.5 Tålegrenser - lakselus/laksefisk

Tålegrensene for når skade og død oppstår er ikke godt nok dokumentert – da spesielt på ville laksefisk. Tidligere studier har vist at cirka 30 larver kan ta livet av en 40 grams oppdrettet laksesmolt. Dette betyr at en relativ intensitet på 0,75 lus per gram fiskevekt, eller ca. 11 larver, kan drepe en nylig utvandret villsmolt på rundt 15 gram (Finstad mfl. 2000). I denne rapporten har vi fulgt de verdier som er oppgitt i Taranger mfl. (2012) hvor risiko for dødelighet skalerer med antall lus/gram fiskevekt. For laks og førstegangsutvandrende sjørret/sjørøye antar en ingen dødelighet om postsmolten har < 0,1 lus/gram fiskevekt, 50 % ved 0,1-0,2 lus/g, 75% fra 0,2-0,3 lus/g og 100% dødelighet ved > 0,3 lus/g.

3 Gjennomføring av vurderingen

For å svare opp om i hvilken grad de nasjonale laksefjordene virker etter hensikten, har vi gjennomført to hovedtyper av analyser. I midtveisvurderingen ble det gjort statistiske analyser av datasettene innsamlet gjennom NALO. Disse dataene er noe utvidet med å sammenligne også de senere år. Som anbefalt i denne evalueringen har vi i andre halvdel av denne rapporten vektlagt modeller som sier noe om fordeling av smittsomme kopepoditter i tid og rom.

Med modell menes her en koblet biologisk-hydrodynamisk modell som følger driften av smittsomme lakselus. Ut ifra tettheten av disse kan en regne sannsynlighet for infestasjon, og derfra da regne sannsynlighet for effekt av lakselus på fisken som oppholder seg i dette området. Vi presenterer derfor smittepresskart som sier noe om fordelingen av lakselus i og rundt de nasjonale laksefjordene.

I de senere årene er det utviklet en metode der virtuell smolt vandrer gjennom lusekonsentrasjonsfeltet (beregnet med den biologisk-hydrodynamiske modellen), fra elvene til havet. Denne metoden er utviklet for å tallfeste hvor mange lakselus en utvandrende postsmolt laks vil infesteres av. Den virtuelle molten er sluppet i utløpet av elvene hver time i en gitt tidsperiode dekkende for forventet utvandringstidsrom. Utvandringstidspunkter er estimert for de i overkant av 400 laksevassdrag av data levert av Norsk institutt for naturforskning (NINA) ifm. arbeidet med trafikkløssystemet for de 13 sonene langs norskekysten. Beregningene er gjort for alle lakseførende elver i 2016 og 2017.

4 Lakselusinfestasjon på sjørret i nasjonale laksefjorder

Telling av lakselus på sjørret fanget på ulike lokaliteter langs norskekysten, innsamlet gjennom det nasjonale overvåkingsprogrammet på effekter av lakselus på vill laksefisk (NALO), utgjorde basis for midtveisevurderingen av de nasjonale laksefjordene. Selv om overvåkingsprogrammet i utgangspunktet ikke var designet for å undersøke effektene av nasjonale laksefjorder, ble det da inkludert 9 beskyttede områder (inne i de nasjonale laksefjordene). Etter denne midtveisevurderingen, ble overvåkingsprogrammet tilpasset for å gi en bedre geografisk dekning av de nasjonale laksefjordene, i tillegg til at innsatsen per område ble økt for å få et bedre statistisk grunnlag. Vi har nå bedre datasett fra i alt 14 nasjonale laksefjorder (Tabell 1), samt utvidete tidsserier som enkelte steder dekker 2008-2017. Noen av disse fjordene representerer store verneområder og stor avstand til intensiv oppdrettsaktivitet (Kysten Jæren-Dalane, Svennerbassenget, Porsanger- og

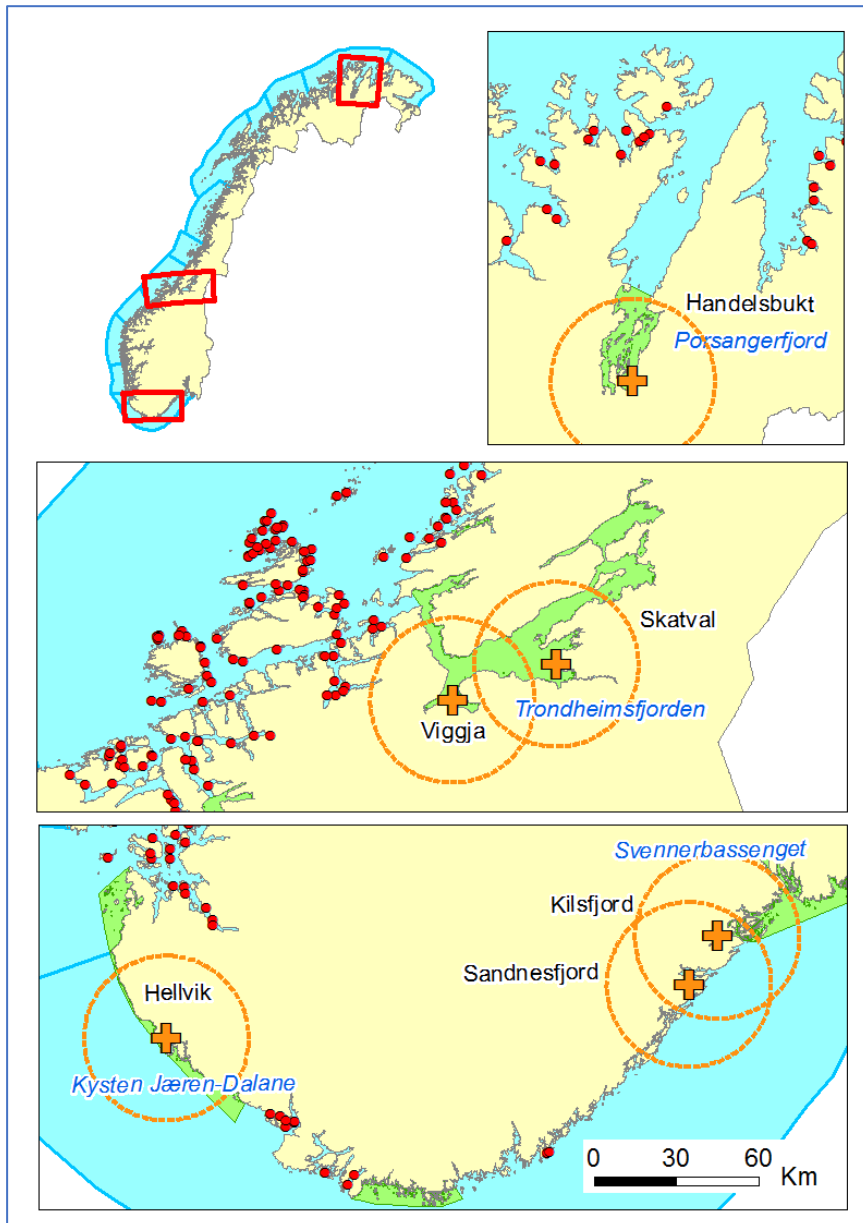
Trondheimsfjorden) (Figur 1) mens andre representerer små verneområder i områder med varierende oppdrettsintensivitet (Figur 2). I tillegg inkluderes data fra ytterlige ett område (Sandnesfjord) som har stor avstand (88 km) til nærmeste oppdrettsanlegg og kan representere en «stor nasjonal laksefjord».

Tabell 1. De 29 nasjonale laksefjordene sortert etter størrelse (km²). Fjordene undersøkt er vist med avstanden mellom lokalitet undersøkt og nærmeste oppdrettsanlegg for laks eller regnbueørret. * markerer nye stasjoner i forhold til midtveisevalueringen.

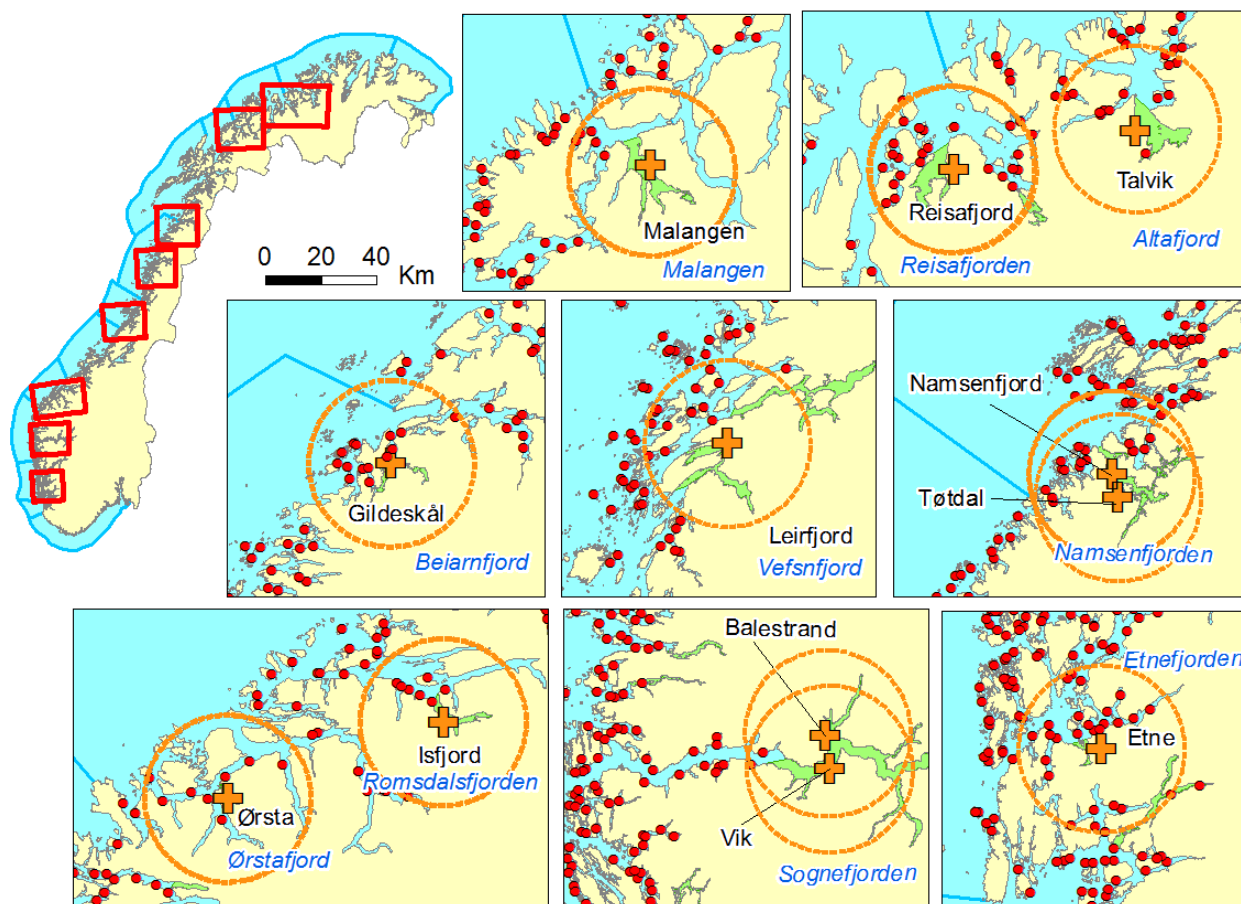
Fjord	Fylke	Areal (Km ²)	Fiskelokalitet	Avstand til nærmeste fiskeanlegg (Km)
Trondheimsfjord	Sør Trøndelag	1526,49	Skatval/Viggja	81/55
Tanafjord	Finnmark	809,92	-	-
Svennerbassenget*	Telemark	619,25	Kilsfjord	120
Sognefjord	Sogn og Fjordane	611,08	Balestrand/Vik	36/25
Kysten Jæren-Dalane	Rogaland	445,61	Hellvik	52
Porsangerfjord	Finnmark	423,57	Handelsbukta	108
Lindesnes - Mannefjord	Vest Agder	229,64	-	-
Ranafjord	Nordland	215,32	-	-
Namsfjord	Nord Trøndelag	183,87	Tøtdal/Namsenfjord	27/17
Neidenfjord - Bøkefjord	Finnmark	177,21	-	-
Altafjord	Finnmark	174,69	Talvik	13
Malangen*	Troms	173,42	Malangen	25
Reisafjord*	Troms	149,72	Reisafjord	13
Vefsnfjord*	Nordland	142,53	Leirfjord	23
Halsafjord	Møre og Romsdal	137,46	-	-
Sandsfjord	Rogaland	102,63	-	-
Kongsfjord	Finnmark	100,17	-	-
Fjordene rundt Osterøy	Hordaland	66,76	-	-
Romsdalsfjord	Møre og Romsdal	65,66	Isfjord	9
Sunddalsfjord	Møre og Romsdal	50,51	-	-
Kvænangen	Troms	42,69	-	-
Beiarfjord*	Nordland	38,13	Gildeskål	7
Repparfjord	Finnmark	36,40	-	-
Førdefjord	Sogn og Fjordane	35,40	-	-
Etnefjord - Ølsfjord	Hordaland-	31,79	Etne	14
Dalsfjord	Sogn og Fjordane	30,75	-	-
Åfjord	Sør Trøndelag	27,27	-	-
Nordfjord	Sogn og Fjordane	23,65	-	-
Ørstafjord	Møre og Romsdal	16,17	Ørsta	11

I midtveisevalueringen ble antall lakselus på sjørret fanget inne i store nasjonale laksefjorder (> 30 km avstand fra fangstposisjon til nærmeste oppdrettsanlegg) i 2008-2012. Disse ble sammenlignet med antall lakselus på sjørret fanget i de små beskyttede fjordene. Dataanalyse av 42 lokalitet-år-periodekombinasjoner fra de store nasjonale laksefjordene, viste at 70 % av fisken som ble fanget, ikke var infisert med lus (Serra-Llinares mfl. 2014). I tillegg var det både lav prevalens (< 50 % prevalens) i 71 % av prøvene og lav gjennomsnittlig intensitet (> 10 lus kun unntaksvis). Infestasjonen

av lakselus på vill sjøørret fanget inne i de minste fjordene undersøkt (Etnefjord og Ørstafjord) viste derimot stor variasjon mellom år, med antall lus oscillerende i samsvar med de store variasjonene i biomasse i de omkringliggende oppdrettsanleggene. På bakgrunn av disse analysene konkluderte vi med at områdevern virket, og understreket betydningen av oppdrettsanlegg som kilde for lus på vill laksefisk.



Figur 1. Store nasjonale laksefjorder (> 30 km avstand til nærmeste oppdrettsanlegg). Stiplede ringer indikerer 30 km fra fangstlokalitet (kryss), mens røde punkter viser oppdrettsanlegg. Merk at ikke alle oppdrettsanlegg er aktive til enhver tid.



Figur 2. Mindre nasjonal laksefjorder (<30 km til nærmeste oppdrettsanlegg). Stiplede ringer indikerer 30 km fra fangstlokalitet (kryss), mens røde punkter viser oppdrettsanlegg. Merk at ikke alle oppdrettsanlegg er aktive til enhver tid.

Vi har sett på disse analysene med det utvidede datasettet innhentet i etterkant av midtveis-evalueringen, og analysen dekker nå både de data som var med i midtveisanalysen samt alle data innhentet 2013-2017 (Tabellene 2 og 3). Dette nye datasettet inkluderer totalt 1574 sjørret fanget i de store nasjonale laksefjordene (> 30 km fra nærmeste oppdrettsanlegg): kysten Jæren-Dalane, Svennerbassenget, samt Porsanger- og Trondheimsfjorden (Figur 1). I disse fjordene, og inkludert nye data, hadde 65 % av fisken ikke lus, og 94 % av fisken hadde mindre enn 10 lus/fisk. For hele datasettet, hadde sjørreten fanget på 72 % av lokalitetene lav prevalens (< 50 %) og 92 % hadde en estimert midlere intensitet (snitt antall lus på fisk med lus) på under 10 lus/fisk (Tabell 2). Når dette omsettes til estimert lakselusrelatert dødelighet er denne for alle fiskelokalitetene inne i de store fjordene alltid liten i tiden vi forventer at laks- og førstegangsutvandrende sjørret vandrer ut fra elvene på våren, men øker noen steder utover sommeren, men det observeres allikevel bare en lokalitet med > 30 % estimert lakselusrelatert dødelighet (Tabell 2).

Tabell 2. Infestasjon av lakselus på sjøørret/sjørøye fanget inne i store laksefjorder (dvs. > 30 km fra nærmeste oppdrettsanlegg til fiskelokalitet) i 2008-2017. Tabellen inkluderer antall fanget (N total), vekt med største og minste (range), prevalens (andel av fisken med lus), intensitet, andel av N total med mer enn 0,1 lus/gram fiskevekt, og estimert risiko for lakselusrelatert dødelighet beregnet som beskrevet i Taranger mfl. (2012).

		År	Uke	N	Vekt (range)	Prev [95%CI]	Int [95%CI]	% over 0.1 [95%CI]	Risiko [95%CI]	
Svennerbasenget	Kilsljørd	2016	21	24	119 (9-425)	12 [4-31]	1 [1-1]	0 [0-14]	0 [0-0]	
			25	17	356 (44-1144)	82 [59-94]	2 [1-4]	0 [0-18]	1 [0-4]	
			26	6	304 (56-767)	33 [10-70]	1 [1-1]	0 [0-39]	0 [0-0]	
		2017	20	12	309 (114-855)	0 [0-24]	-	0 [0-24]	0 [0-0]	
			2008	23	21	284 (83-681)	0 [0-15]	-	0 [0-16]	0 [0-0]
				26	24	314 (53-1430)	0 [0-14]	-	0 [0-14]	0 [0-0]
	2009	23	14	230 (120-522)	21 [8-48]	1 [1-1]	0 [0-22]	0 [0-0]		
		24	9	197 (38-466)	0 [0-30]	-	0 [0-30]	0 [0-0]		
		28	5	134 (92-188)	60 [23-88]	1 [1-1]	0 [0-43]	0 [0-0]		
		29	14	167 (84-532)	57 [33-79]	2 [2-3]	0 [0-22]	0 [0-0]		
	2010	22	24	243 (68-519)	12 [4-31]	2 [1-2]	0 [0-14]	0 [0-0]		
		26	21	231 (68-962)	19 [8-40]	3 [1-3]	0 [0-16]	0 [0-0]		
		34	39	245 (65-683)	41 [27-57]	5 [3-8]	0 [0-9]	1 [0-3]		
		2011	22	25	178 (52-490)	8 [2-25]	1 [1-1]	0 [0-13]	0 [0-0]	
	27		25	172 (71-1140)	64 [45-80]	4 [3-5]	0 [0-13]	2 [0-6]		
	2012	23	14	199 (56-410)	21 [8-48]	1 [1-1]	0 [0-22]	0 [0-0]		
		27	22	312 (69-756)	64 [43-80]	3 [2-5]	9 [3-28]	2 [0-5]		
	2014	21	38	184 (66-592)	3 [0-13]	1 [1-1]	0 [0-9]	0 [0-0]		
		26	37	136 (57-825)	84 [69-92]	5 [4-6]	11 [4-25]	4 [1-8]		
	2015	23	22	189 (41-559)	36 [20-57]	2 [1-4]	0 [0-15]	1 [0-3]		
27		56	238 (43-1205)	34 [23-47]	2 [2-4]	0 [0-6]	0 [0-0]			
2016	21	12	34 (19-56)	17 [5-45]	1 [1-1]	0 [0-24]	0 [0-0]			
	22	33	106 (24-637)	24 [13-41]	1 [1-2]	0 [0-10]	0 [0-0]			
	24	43	199 (40-2698)	98 [88-100]	13 [10-17]	49 [35-63]	28 [18-40]			
	19	20	282 (32-680)	5 [0-24]	1 [1-1]	0 [0-16]	0 [0-0]			
2017	20	52	167 (20-790)	15 [8-28]	1 [1-2]	0 [0-7]	0 [0-0]			
	21	17	92 (44-202)	6 [0-27]	1 [1-1]	0 [0-18]	0 [0-0]			
Kysten Jæren-Dalane	Helvik	2011	21	10	149 (54-373)	10 [1-40]	1 [1-1]	0 [0-28]	0 [0-0]	
			24	16	236 (74-445)	50 [28-72]	1 [1-2]	0 [0-19]	0 [0-0]	
		2012	21	15	216 (41-1285)	47 [25-70]	3 [1-6]	0 [0-20]	0 [0-0]	
			24	23	240 (60-668)	83 [63-93]	3 [2-5]	0 [0-14]	0 [0-0]	
		2013	21	37	254 (65-730)	11 [4-25]	2 [1-3]	0 [0-9]	0 [0-0]	
			24	37	190 (65-630)	8 [3-21]	1 [1-2]	0 [0-9]	0 [0-0]	
	2014	21	44	289 (40-1250)	32 [20-47]	2 [2-4]	0 [0-8]	0 [0-0]		
		26	50	220 (53-1060)	100 [93-100]	21 [17-30]	44 [31-58]	37 [29-47]		
	2015	22	11	306 (87-626)	73 [43-90]	5 [3-9]	0 [0-26]	0 [0-0]		
		22	25	131 (39-344)	0 [0-13]	-	0 [0-13]	0 [0-0]		
Trondheimsfjord	Slåtveit	2008	26	11	272 (83-654)	27 [10-57]	7 [1-10]	0 [0-26]	0 [0-0]	
			27	13	277 (84-437)	77 [50-92]	4 [3-5]	0 [0-23]	0 [0-0]	
			23	21	219 (88-618)	33 [17-55]	1 [1-2]	0 [0-16]	0 [0-0]	
		2009	27	9	262 (50-526)	56 [27-81]	5 [3-7]	0 [0-30]	2 [0-7]	
			22	9	384 (19-945)	33 [12-65]	12 [1-21]	11 [1-44]	8 [0-25]	
		2010	26	20	199 (27-903)	5 [0-24]	4 [4-4]	0 [0-16]	0 [0-0]	
			23	31	140 (15-500)	0 [0-11]	-	0 [0-11]	0 [0-0]	
		2011	27	25	245 (46-842)	72 [52-86]	11 [7-19]	16 [6-35]	13 [5-26]	
	23		28	157 (23-587)	29 [15-47]	7 [4-10]	7 [2-23]	5 [1-12]		
	2012	26	25	457 (56-1789)	44 [27-63]	6 [3-10]	4 [0-20]	2 [0-6]		
		23	45	93 (14-243)	24 [14-39]	2 [2-3]	0 [0-8]	0 [0-1]		
	2013	27	37	389 (36-1243)	81 [66-91]	10 [7-15]	11 [4-25]	11 [5-21]		
		23	49	286 (20-1996)	49 [36-63]	5 [3-7]	2 [0-11]	1 [0-2]		
	2014	27	28	396 (141-986)	86 [69-94]	11 [8-14]	11 [4-27]	13 [5-25]		
2017		22	2	130 (118-141)	0 [0-66]	-	0 [0-66]	0 [0-0]		
	23	14	156 (27-557)	0 [0-22]	-	0 [0-30]	0 [0-0]			
Porsangerfjord	Håndelsbukta	2008	28	16	326 (40-1180)	6 [0-28]	4 [4-4]	0 [0-19]	0 [0-0]	
			27	28	269 (74.5-988.2)	7 [2-23]	1 [1-1]	0 [0-12]	0 [0-0]	
		2009	32	26	161 (21-880)	23 [11-42]	2 [1-3]	0 [0-13]	0 [0-0]	
			28	34	215 (74-466)	24 [12-40]	1 [1-2]	0 [0-43]	0 [0-0]	
		2010	32	22	-	55 [35-73]	2 [1-2]	-	-	
			28	22	157 (59-272)	0 [0-15]	-	0 [0-15]	0 [0-0]	
		2011	32	13	411 (68-2557)	15 [4-42]	1 [1-1]	0 [0-23]	0 [0-0]	
			28	22	221 (82-804)	0 [0-15]	-	0 [0-15]	0 [0-0]	
		2013	32	21	281 (80-483)	67 [45-83]	7 [4-13]	0 [0-16]	5 [1-12]	
			28	27	557 (89-1496)	26 [13-45]	3 [2-5]	0 [0-13]	0 [0-0]	
2015	33	17	365 (74-3302)	47 [26-69]	2 [2-3]	0 [0-18]	0 [0-0]			

Tabell 3. Infestasjon av lakselus på sjøørret/sjørøye fanget inne i små laksefjorder (dvs. < 30 km fra nærmeste oppdrettsanlegg til fiskelokalitet) i 2008-2017. Tabellen inkluderer antall fanget (N total), vekt med største og minste (range), prevalens (andel av fisken med lus), intensitet, andel av N total med mer enn 0,1 lus/gram fiskevekt, og estimert risiko for lakselusrelatert dødelighet beregnet som beskrevet i Taranger mfl. (2012).

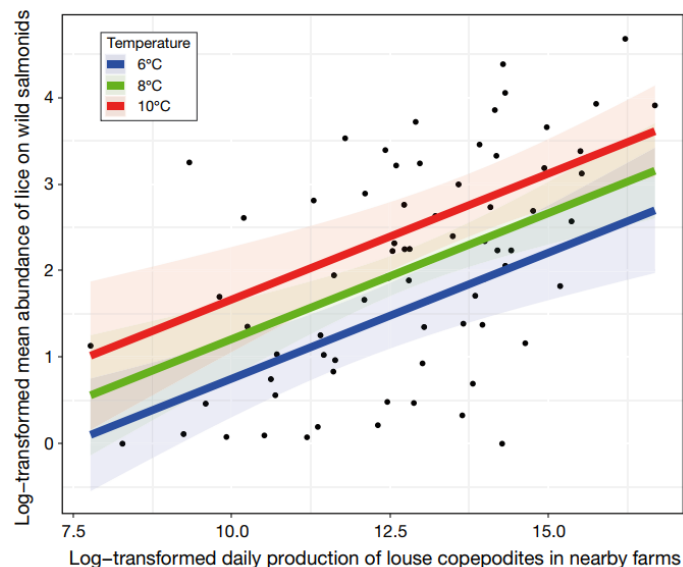
	År	Uke	N total	Vekt (range)	Prev [95%CI]	Int [95%CI]	% over 0.1 [95%CI]	Risiko [95%CI]	
Ene	2008	22	18	175 (50-750)	83 [61-94]	56 [34-92]	61 [39-80]	65 [45-81]	
		22	28	203 (11-2110)	46 [30-64]	5 [3-10]	4 [0-18]	2 [0-5]	
	2009	26	24	149 (60-390)	92 [74-98]	28 [16-48]	50 [31-69]	38 [23-54]	
		33	20	164 (66-542)	50 [30-70]	8 [5-17]	10 [3-30]	6 [1-13]	
	2010	21	28	433 (78-1617)	57 [39-73]	9 [4-17]	0 [0-12]	2 [0-4]	
		25	26	340 (64-1502)	92 [76-98]	115 [67-186]	54 [35-71]	54 [36-71]	
	2011	22	22	94 (59-254)	23 [10-43]	7 [2-16]	0 [0-15]	2 [0-7]	
		25	37	112 (37-818)	27 [15-43]	16 [3-62]	5 [1-18]	3 [0-14]	
	2012	14	29	380 (69-1589)	45 [28-62]	14 [8-28]	3 [0-17]	7 [2-16]	
		21	130	74 (21-953)	51 [42-59]	16 [9-37]	14 [9-21]	10 [6-16]	
		22	398	524 (82-2800)	52 [47-57]	7 [6-9]	17 [6-39]	10 [3-24]	
		23	89	100 (20-1504)	85 [77-91]	98 [77-125]	78 [68-85]	68 [59-77]	
		24	205	104 (20-2206)	99 [97-100]	139 [124-156]	92 [88-95]	91 [87-94]	
		25	120	85 (24-1270)	100 [97-100]	88 [74-110]	95 [90-98]	91 [86-95]	
		26	8	142 (38-478)	100 [68-100]	163 [58-336]	100 [68-100]	94 [62-100]	
		21	168	47 (18-96)	0 [0-2]		0 [0-2]	0 [0-0]	
		22	153	42 (20-76)	20 [15-27]	2 [2-3]	1 [0-5]	0 [0-1]	
		2013	23	164	47 (16-788)	30 [23-37]	3 [3-5]	6 [3-11]	3 [1-5]
	24		215	36 (16-100)	72 [65-77]	11 [9-13]	45 [38-51]	31 [25-37]	
	25		261	52 (20-1974)	78 [73-83]	19 [16-23]	44 [38-50]	35 [30-41]	
	26		56	131 (24-1026)	70 [57-80]	23 [15-33]	30 [20-43]	27 [17-38]	
	20		144	134 (24-2148)	79 [72-85]	18 [15-24]	46 [38-54]	29 [23-36]	
	21		461	70 (16-2220)	39 [35-44]	8 [6-12]	11 [9-14]	4 [3-6]	
	2014	22	462	59 (18-1550)	34 [29-38]	4 [3-5]	5 [3-7]	2 [1-3]	
		23	370	102 (16-2464)	64 [59-69]	15 [12-18]	29 [25-34]	18 [15-22]	
		24	111	93 (20-1148)	96 [91-99]	56 [46-67]	86 [78-91]	73 [65-80]	
		25	110	81 (18-1510)	87 [80-92]	67 [49-90]	56 [47-65]	48 [39-57]	
		26	26	189 (32-1238)	96 [81-100]	60 [39-83]	65 [46-81]	54 [36-71]	
		27	26	154 (30-754)	88 [71-96]	35 [22-53]	62 [43-78]	43 [26-58]	
		17	35	329 (26-3043)	57 [41-72]	24 [15-39]	6 [2-19]	15 [8-25]	
		20	47	63 (23-174)	30 [19-44]	4 [2-7]	2 [0-11]	1 [0-5]	
	2015	21	64	183 (36-1164)	69 [57-79]	9 [7-13]	14 [8-25]	9 [5-13]	
		22	15	310 (29-2090)	80 [55-93]	8 [3-22]	7 [0-30]	5 [0-15]	
		23	59	113 (24-2132)	64 [52-75]	15 [9-24]	29 [19-41]	18 [11-27]	
		24	186	113 (26-3520)	69 [62-75]	15 [11-21]	25 [20-32]	16 [12-20]	
		25	98	180 (18-3106)	68 [59-77]	27 [20-39]	45 [35-55]	32 [25-41]	
		26	181	100 (20-2124)	84 [78-89]	30 [24-39]	50 [43-57]	37 [31-43]	
		27	26	69 (34-208)	92 [76-98]	27 [12-56]	38 [22-57]	26 [12-44]	
		29	52	56 (29-499)	65 [52-77]	9 [7-13]	42 [30-56]	22 [13-32]	
		30	18	103 (32-1003)	50 [29-71]	6 [3-10]	11 [3-33]	7 [0-24]	
		22	65	52 (24-115)	74 [62-83]	7 [5-11]	25 [16-36]	13 [7-21]	
	2016	26	33	172 (38-1274)	85 [69-93]	52 [33-79]	55 [38-70]	46 [30-62]	
		27	8	106 (46-238)	100 [68-100]	31 [23-46]	100 [68-100]	87 [47-97]	
		20	85	59 (25-217)	66 [55-75]	4 [3-6]	7 [3-15]	3 [1-5]	
		21	191	69 (19-2163)	63 [56-69]	6 [4-9]	15 [11-21]	5 [3-8]	
	2017	23	115	54 (25-372)	69 [60-76]	15 [10-22]	33 [25-42]	22 [16-30]	
		24	127	63 (27-1429)	69 [60-76]	20 [15-29]	43 [34-51]	32 [25-40]	
		22	12	162 (112-336)	0 [0-24]	-	0 [0-24]	0 [0-0]	
		23	4	162 (75-243)	0 [0-49]	-	0 [0-49]	0 [0-0]	
	Balestrand	2008	27	4	320 (55-774)	0 [0-49]	-	0 [0-49]	0 [0-0]
			32	2	72 (31-112)	0 [0-66]	-	0 [0-66]	0 [0-0]
			23	21	132 (26-278)	71 [50-86]	5 [3-7]	5 [0-23]	2 [0-5]
		2009	29	14	239 (90-602)	14 [4-40]	8 [6-8]	0 [0-22]	3 [0-6]
			22	20	158 (17-366)	30 [15-52]	3 [2-3]	0 [0-16]	0 [0-0]
		2010	26	17	183 (92-415)	47 [26-69]	3 [1-5]	0 [0-18]	1 [0-4]
			23	17	237 (50-695)	12 [3-34]	11 [2-11]	0 [0-18]	1 [0-4]
		2011	26	12	203 (44-751)	0 [0-24]	-	0 [0-24]	0 [0-0]
			23	15	319 (26-1467)	67 [42-85]	5 [3-8]	7 [0-30]	1 [0-4]
		2012	26	20	166 (54-416)	55 [34-74]	5 [4-9]	5 [0-24]	2 [0-8]
			23	27	151 (71-410)	19 [8-37]	2 [1-2]	0 [0-13]	0 [0-0]
2013		26	20	174 (40-1050)	10 [3-30]	3 [1-3]	0 [0-16]	0 [0-0]	
	21	23	184 (64-802)	26 [13-46]	4 [2-7]	0 [0-14]	0 [0-0]		
2014	22	2	84 (75-92)	0 [0-66]	-	0 [0-66]	0 [0-0]		
	26	11	108 (19-398)	73 [43-90]	53 [28-79]	73 [43-90]	49 [24-73]		
Østafjord	2010	21	4	98 (76-132)	50 [15-85]	2 [2-2]	0 [0-49]	0 [0-0]	
		25	20	240 (70-730)	90 [70-97]	24 [12-52]	25 [11-47]	25 [11-43]	
		29	20	261 (50-687)	75 [53-89]	9 [5-15]	15 [5-36]	11 [4-21]	
	2011	22	22	235 (54-915)	68 [47-84]	8 [5-16]	5 [0-22]	4 [1-11]	
		27	28	203 (70-927)	100 [88-100]	10 [8-14]	32 [18-51]	16 [10-27]	
	2012	21	21	116 (26-387)	33 [17-55]	52 [24-117]	24 [11-45]	22 [8-43]	
		26	22	244 (48-1575)	64 [43-80]	44 [24-73]	36 [20-57]	35 [17-55]	
	2014	25	44	201 (31-1105)	98 [88-100]	67 [51-86]	71 [56-82]	68 [56-79]	
		26	14	63 (22-141)	100 [78-100]	130 [96-167]	100 [79-100]	96 [79-100]	
	2015	24	36	247 (29-1079)	75 [59-86]	4 [3-7]	3 [0-14]	2 [0-3]	
		28	36	188 (32-903)	89 [75-96]	24 [18-33]	61 [45-75]	48 [34-62]	
	2016	24	112	50 (21-422)	98 [94-100]	14 [12-18]	85 [77-90]	50 [43-57]	
		27	56	63 (26-458)	100 [94-100]	45 [34-64]	95 [85-98]	76 [66-84]	
	2017	21	92	86 (25-758)	93 [86-97]	28 [20-40]	57 [47-67]	44 [36-54]	
		22	51	72 (19-565)	98 [90-100]	70 [53-95]	92 [82-97]	81 [70-89]	
		23	58	43 (18-115)	100 [94-100]	97 [71-131]	97 [88-99]	87 [78-94]	

Tabell 3. Forts.

		År	Uke	N total	Vekt (range)	Prev [95%CI]	Int [95%CI]	% over 0.1 [95%CI]	Risiko [95%CI]		
Kornslåstorf Isfjord		2008	22	3	228 (52-548)	100 [44-100]	4 [1-6]	0 [0-56]	0 [0-0]		
			25	5	896 (464-1437)	20 [1-62]	1 [1-1]	0 [0-43]	0 [0-0]		
			27	21	109 (31.04-183.36)	81 [60-92]	22 [15-36]	43 [25-64]	34 [19-52]		
			30	3	398 (81-967)	100 [44-100]	5 [2-7]	0 [0-56]	0 [0-0]		
		2009	22	22	113 (26-641)	68 [47-84]	4 [3-7]	0 [0-15]	2 [0-5]		
			28	21	423 (37-1662)	86 [65-95]	8 [5-12]	14 [5-35]	5 [1-17]		
		2010	23	20	272 (35-1202)	30 [15-52]	4 [2-8]	0 [0-16]	1 [0-3]		
			26	18	160 (49-398)	33 [16-56]	13 [4-37]	6 [0-26]	7 [0-24]		
			30	21	191 (72-635)	86 [65-95]	7 [5-11]	24 [11-45]	10 [4-26]		
		2011	22	31	161 (60-724)	19 [9-36]	2 [1-2]	0 [0-11]	0 [0-0]		
			27	26	151 (67-482)	46 [29-65]	18 [8-35]	12 [4-29]	15 [4-29]		
		2012	22	23	136 (30-698)	39 [22-59]	3 [2-4]	0 [0-14]	0 [0-0]		
			26	22	203 (52-1514)	68 [47-84]	18 [12-28]	27 [13-48]	25 [12-44]		
		2013	18-19	32	197 (70-543)	53 [36-69]	5 [3-8]	0 [0-17]	4 [1-7]		
			23-24	247	55 (21-396)	40 [35-47]	2 [2-2]	2 [0-8]	0 [0-1]		
			26-27	190	132 (22-3000)	77 [71-83]	19 [15-24]	30 [22-40]	25 [17-33]		
			31-32	32	82 (53-170)	97 [84-100]	9 [7-14]	57 [37-76]	23 [11-41]		
		2014	23	11	316 (44-838)	64 [35-85]	5 [1-9]	9 [1-38]	2 [0-5]		
			25	6	196 (128-308)	100 [61-100]	117 [63-224]	83 [44-99]	92 [50-100]		
			27	50	181 (72-840)	94 [84-98]	31 [23-45]	58 [44-71]	41 [31-52]		
		2015	23	48	119 (15-830)	52 [38-66]	3 [3-5]	2 [0-11]	1 [0-3]		
			27	57	187 (37-902)	93 [83-97]	26 [17-41]	35 [24-48]	29 [19-40]		
			28	7	63 (27-144)	86 [49-99]	40 [11-90]	43 [16-75]	43 [8-79]		
		Namsfjord Tastul		2009	24	21	483 (120-793)	0 [0-15]	-	0 [0-16]	0 [0-0]
					28	22	259 (63-768)	36 [20-57]	2 [1-3]	0 [0-15]	0 [0-0]
				2010	23	21	409 (67-1072)	0 [0-15]	-	0 [0-16]	0 [0-0]
					27	16	392 (74-1060)	31 [14-56]	6 [3-10]	0 [0-19]	0 [0-0]
				2011	24	20	422 (69-1360)	25 [11-47]	8 [3-14]	0 [0-16]	1 [0-3]
28	36				139 (54-332)	69 [53-82]	18 [7-43]	11 [4-25]	9 [3-22]		
2013	24-25			27	178 (29-838)	15 [6-32]	5 [2-10]	0 [0-13]	0 [0-0]		
	29-30			68	173 (28-639)	97 [90-99]	27 [21-34]	59 [47-70]	55 [44-65]		
2014	24			16	318 (23-981)	31 [14-56]	4 [2-7]	0 [0-19]	0 [0-0]		
	29			51	300 (58-929)	73 [59-83]	12 [4-39]	4 [1-13]	6 [2-15]		
	24			72	196 (12-2380)	22 [14-33]	4 [2-9]	3 [1-10]	1 [0-2]		
2015	25			47	45 (8-450)	2 [0-11]	3 [3-3]	0 [0-8]	0 [0-0]		
	28			5	1053 (560-1790)	40 [12-77]	10 [6-10]	0 [0-43]	0 [0-0]		
	29			53	484 (66-1703)	23 [13-36]	6 [2-13]	0 [0-7]	0 [0-1]		
	30			4	376 (38-625)	25 [1-70]	2 [2-2]	0 [0-49]	0 [0-0]		
2016	24			16	126 (17-745)	44 [23-67]	23 [2-56]	6 [0-28]	9 [0-28]		
	25			14	104 (14-249)	71 [45-88]	3 [2-4]	0 [0-22]	0 [0-0]		
	26			15	340 (66-1194)	60 [36-80]	5 [2-12]	0 [0-20]	0 [0-0]		
2017	28	51	144 (31-585)	100 [93-100]	75 [64-88]	94 [84-98]	90 [82-95]				
	23	37	194 (17-2588)	11 [4-25]	3 [1-5]	0 [0-9]	0 [0-0]				
Melsjøfjord Gibbeskj.		2017	25	21	138 (25-1650)	24 [11-45]	5 [2-11]	0 [0-17]	0 [0-0]		
			2010	24	37	388 (74-3442)	5 [1-18]	2 [1-2]	0 [0-9]	0 [0-0]	
Vefsnfjord Lerfjord		2010	28	37	269 (55-1026)	14 [6-28]	8 [1-12]	3 [0-14]	3 [0-14]		
			2011	24	20	358 (71-1502)	25 [11-47]	23 [11-43]	5 [0-24]	7 [1-20]	
		2011	29	21	346 (83-1119)	43 [24-63]	4 [2-6]	0 [0-16]	0 [0-0]		
			2016	24	56	182 (32-1529)	46 [34-59]	23 [12-44]	11 [5-22]	11 [5-21]	
		2016	28	50	246 (37-1029)	100 [93-100]	50 [40-63]	78 [65-87]	78 [66-86]		
			2017	23	46	78 (20-1700)	2 [0-11]	4 [4-4]	0 [0-8]	0 [0-0]	
		2017	24	74	51 (15-668)	1 [0-7]	1 [1-1]	0 [0-5]	0 [0-0]		
			2016	27	51	194 (31-1000)	2 [0-10]	1 [1-1]	0 [0-7]	0 [0-0]	
Mølmen Mølmen		2016	31	62	232 (30-847)	16 [9-27]	8 [2-29]	2 [0-9]	2 [0-5]		
			2017	27	48	219 (37-1273)	10 [5-22]	1 [1-1]	0 [0-7]	0 [0-0]	
		2016	27	23	204 (36-1749)	39 [22-59]	4 [1-10]	4 [0-21]	1 [0-3]		
			2016	28	23	252 (33-1288)	52 [33-71]	3 [2-5]	0 [0-14]	0 [0-0]	
2016	31	42	95 (42-728)	93 [81-98]	39 [30-49]	81 [67-90]	71 [57-82]				
	2017	28	36	348 (35-1522)	50 [34-66]	4 [2-11]	0 [0-10]	1 [0-2]			
Ålufjord Tafvik		2008	28	24	152 (46-572)	0 [0-14]	-	0 [0-14]	0 [0-0]		
			33	24	197 (30-496)	54 [35-72]	3 [2-6]	0 [0-14]	2 [0-6]		
			2009	28	18	403 (71-2234)	39 [20-61]	2 [1-2]	0 [0-18]	0 [0-0]	
		2009	32	26	469 (70-1796)	54 [35-71]	2 [1-2]	0 [0-13]	0 [0-0]		
			2010	27	20	902 (102-1818)	70 [48-85]	4 [3-7]	0 [0-43]	4 [0-8]	
		2010	31	22	345 (95-936)	68 [47-84]	6 [3-19]	0 [0-49]	12 [0-25]		
			2011	27	40	170 (37-2046)	0 [0-9]	-	0 [0-9]	0 [0-0]	
		2011	31	23	386 (60-1395)	81 [63-93]	30 [23-39]	44 [26-63]	40 [33-64]		
			2012	27	20	618 (77-2030)	20 [8-42]	3 [1-5]	0 [0-16]	1 [0-3]	
		2012	30	19	823 (45-1895)	74 [51-88]	12 [9-17]	0 [0-17]	5 [0-13]		
			28-29	80	452 (22-1868)	76 [66-84]	16 [13-19]	11 [6-20]	14 [10-21]		
		2013	32-33	40	246 (14-2320)	78 [62-88]	9 [7-12]	13 [6-26]	18 [10-29]		
			2014	28	45	130 (33-1234)	42 [29-57]	4 [2-6]	2 [0-12]	0 [0-1]	
		2014	29	74	147 (16-1494)	47 [36-59]	3 [3-5]	3 [1-9]	1 [0-4]		
			33	17	212 (22-1520)	76 [53-90]	16 [11-23]	41 [22-64]	34 [20-52]		
			34	34	224 (81-1196)	94 [81-98]	14 [11-18]	29 [17-46]	25 [16-36]		
			27	45	124 (17-1710)	40 [27-55]	2 [1-3]	0 [0-8]	0 [0-0]		
		2015	28	58	80 (17-1320)	64 [51-75]	5 [3-7]	14 [7-25]	4 [2-8]		
			33	19	161 (26-616)	84 [62-94]	28 [19-36]	53 [32-73]	52 [33-71]		
			34	15	184 (23-1050)	67 [42-85]	32 [18-47]	47 [25-70]	38 [16-63]		
2016	27	17	138 (35-1094)	35 [17-59]	3 [1-6]	6 [0-27]	1 [0-4]				
	28	38	95 (31-679)	55 [40-70]	5 [4-8]	21 [11-36]	5 [2-9]				
	31	40	163 (47-576)	65 [50-78]	9 [6-12]	13 [6-26]	12 [6-22]				
	32	5	446 (160-1000)	100 [57-100]	8 [4-13]	0 [0-43]	24 [4-40]				
2017	26	94	92 (14-929)	0 [0-4]	-	0 [0-4]	0 [0-0]				
	27	78	118 (14-2418)	9 [4-17]	1 [1-1]	0 [0-5]	0 [0-0]				
	28	14	58 (21-257)	14 [4-40]	1 [1-1]	0 [0-22]	0 [0-0]				
	29	71	173 (17-2039)	31 [21-42]	4 [3-6]	3 [1-10]	1 [0-3]				
	30	41	311 (26-2041)	73 [58-84]	11 [7-22]	10 [4-23]	10 [5-19]				

Infestasjonen av lus på sjøørret og sjørøye på fiskelokalitetene som ligger < 30 km fra nærmeste oppdrettsanlegg (Figur 2) er betydelig høyere (Tabell 3), selv om det er stor variasjon i infestasjoner både mellom fjorder og mellom år. Sognefjorden har det største beskyttede areal blant disse, med kun 1-2 oppdrettsanlegg innenfor 30 km distanse fra stasjonene hvor sjøørret ble undersøkt. I løpet av den syvårige dataserien som er tilgjengelig fra disse stasjonene er det kun et enkelt tilfelle hvor lusenivået blir kritisk på slutten av sesongen. I alle de resterende målingene fra Sognefjorden er lusenivået på sjøørret lavt (Tabell 3). I andre mindre nasjonale laksefjorder ser en derimot oftere høyere lusepåslag, med forventet høy risiko for populasjonsreducerende effekt hos sjøørret. Dette er spesielt tydelig i de to minste nasjonale laksefjordene vi har data fra, Ørsta og Etne. I disse fjordene registreres nesten årlig nivåer som indikerer moderat til høy risiko for populasjonsreducerende effekt. Noen ganger også tidlig i sesongen (Tabell 3).

For å undersøke betydningen av distansen til oppdrettsanlegg som en faktor for smittepress på sjøørret både i og utenfor nasjonale laksefjorder ble det gjennomført en grundigere analyse på tilgjengelige data (både villfisk og oppdrettsfisk) til midtvalueringen av nasjonale laksefjorder. Ved å bruke hele datamaterialet fra overvåkingsprogrammet i 2010-2011 ble det funnet en positiv korrelasjon mellom lus på sjøørret og den beregnede daglige produksjonen av infektive kopepoditter fra oppdrettsanlegg innenfor 30 kilometer fra fangstlokaliteten (Serra-Llinares mfl. 2014). I en utvidet analyse ble i tillegg temperatur tatt med som forklaringsvariabel da utviklingstid og eggproduksjon til lakselus er temperaturavhengig. Disse analysene bekreftet sammenhengen som ble funnet i 2014 (Figur 3), men at temperatur i tillegg hadde en additiv effekt (Serra-Llinares mfl. 2016).



Figur 3. Beregnet antall lakselus (med 95 % konfidensintervaller) av alle stadier på vill laksefisk som en funksjon av smittepress fra nærliggende anlegg (uttrykt som daglig produksjon av kopepoditter) ved 3 ulike temperaturer. Bare oppdrettsanlegg innen en sjøavstand på 30 km fra fangstlokaliteten er inkludert (Serra-Llinares mfl. 2016).

I tillegg ble en oppfølgende analyse gjort på datasettet med en ZANB GLM-modell (zero-altered negative binomial generalized linear mixed models) for å undersøke følgende spørsmål: Hva påvirker tilstedeværelse eller fravær av lus? Og når lus er tilstede, hva påvirker antall lus i et område? Resultater fra denne analysen identifiserte en signifikant effekt av både temperatur og smittepress fra nærliggende oppdrettsanlegg på både sannsynlighet for å finne lus på en sjøørret (binær del av ZANB GLMM), og på intensiteten av infestasjonen (nullavkortet del av ZANB GLMM), på tross av stor variasjon rundt de tilpassede verdier (se Serra-Llinares mfl. (2016) for alle detaljer i denne analysen).

På bakgrunn av disse analysene har vi konkludert med at et område som er stort nok til å holde oppdrettsanlegg på en minimums distanse (her beregnet til 30 km sjøvei) ser ut til å forbli upåvirket fra direkte smittepress fra lus i oppdrettsanlegg. Infestasjonsnivåene på villfisk i disse områdene var stabilt lavt over flere år, og populasjonseffektene av lus innenfor verneområdene var antatt å være ubetydelige. Dette blir derfor regnet som en naturlig parasitt-verts-dynamikk, karakterisert av tilfeldig økninger i prevalens med lav gjennomsnittlig intensitet (Tingley mfl. 1997). Antall lus på sjørret i områder nærmere oppdrettsanlegg (<30 km) varierer derimot mye mer og kommer ofte opp i nivåer hvor det forventes en signifikant negativ effekt på både individer og bestander.

Lus fra oppdrettsanlegg har vist seg å være den viktigste kilden til lus på sjørret, men den store variasjonen mellom individer, lokaliteter og år har likevel vist seg å være vanskelig å forklare med konvensjonelle statistiske modeller. En av hovedgrunnene til dette kan være nauplier og kopepoditters spredningspotensial over store områder ved hjelp av vannbevegelser i fjordene. Disse strømmene kan variere svært mye i både tid og rom. I tillegg varierer de nasjonale laksefjordene i både størrelse, beliggenhet, breddegrad, om de er i indre eller ytre del av fjordsystemene og i hvor stor grad de er eksponert for oppdrett i nærområdene. Derfor er den beste tilnærmingen for evaluering av effekten av alle nasjonale laksefjorder modellering kalibrert med direkte overvåking i felt.

5 Modellert smittepress av lakselus

Vi har brukt Havforskningsinstituttets hydrodynamiske smittemodell (Asplin mfl. 2011) for å vurdere mengden av smittsomme lakselus inne i og utenfor de nasjonale laksefjordene, og har i tillegg gjort beregninger der vi 1) har sett på smittepress for vill fisk som står inne i fjordene og 2) virtuell smolt som sendes gjennom lusefeltene for å vurdere infestasjonen disse akkumulerer på vandringen fra elv til hav.

Lakselus kan spres langt med strømmene fra stedet de er klekket, spesielt siden de har et flere dager langt ikke-smittsomt nauplius før de utvikles til det smittsomme kopepodittstadium. Kilder til lakselus kan derfor ligge flere 10-talls km unna en nasjonal laksefjord eller utvandningsruten for laksesmolt og fortsatt bidra med et smittepress.

Spredningsmodellen for lakselus benytter rapporterte mengder fisk, gjennomsnittlig antall hunnlus og vanntemperatur til å estimere mengden lakselusnauplier som slippes ut i vannmassene (Asplin mfl. 2011, 2014; Johnsen mfl. 2014, 2016; Samsing mfl. 2016a; Sandvik mfl. 2016). I en region vil det være en rekke anlegg med ulik maksimalt tillatte biomasse, og selv om alle anleggene har mindre hunnlus enn grenseverdien kan det være store forskjeller i utslipp av nauplier fra de ulike kildene. Dernest varierer produksjonssyklusen i oppdrettsanleggene slik at de gjerne bare annet hvert år har potensielt mye lus, og det bidrar til variasjoner i fordelingen av smittsom lakselus. Vannstrømmen varierer mye (mellom år, måned, dag, time – alle tidsskalaer) og transporterer lakselusa den ene eller andre veien og potensielt derfor øke eller redusere smittepresset. Det er også sesongmessige og mellomårslige forskjeller i vanntemperatur og saltholdighet, noe som også påvirker mengde og fordeling av smittsom lakselus. Alle disse forholdene er inkludert i spredningsmodellen, og resultatene gjenspeiler at det ofte ikke er enkelt å generalisere smittepresset langs kysten.

5.1 Modellmetodene

5.1.1 Smittepress

I forbindelse med det nye forvaltningssystemet for bærekraftig oppdrett (Meld. St. 16 (2014-2015)) har Havforskningsinstituttet utviklet et såkalt smittepresskart basert på resultater fra den hydrodynamiske spredningsmodellen for lakselus (Sandvik mfl. 2016). Smittepresskartet viser

geografiske områder som for en valgt tidsperiode inneholder tilstrekkelig mengde lakseluskoepoditter til at vill fisk som oppholder seg der risikerer et påslag på mer enn 10 lus (rød farge). Kartet viser også områder med risiko for moderat påslag, mellom 1 og 10 lus (gul farge) og lite påslag, mindre enn 1 lus (grønn farge). Smittepresskartene kan lages for ulike tidsperioder og er et resultat av beregnet mengde koepoditter kalibrert mot observert påslag av lakselus på smolt i vaktbur.

5.1.2 Virtuell smolt – estimert dødelighet på utvandrende postsmolt laks

Havforskningsinstituttet har også utviklet en metode der virtuell smolt vandrer gjennom lusekonsentrasjonsfeltet (beregnet med den biologisk-hydrodynamiske modellen), fra elvene til havet. Denne vandringsmodellen er utviklet for å kunne estimere hvor mange lus utvandrende smolt, som går gjennom ett smittefelt, infesteres av.

Vandringsveien er lagt til korteste vei, men med noe tilfeldig variasjon. Hver virtuell fisk starter i gridcellen nærmest elven. Deretter flyttes den til gridcellen nærmest havet, men med en tilfeldig variasjon hvor en sier at i 4/5 tilfeller velges denne, mens i 1/5 tilfeller velger den en annen tilstøtende gridcelle. Fisken kan ikke gå tilbake til gridcellen den kom fra. Tidssteget er 1 time, noe som gir den virtuelle fisken en maksfart på 22 cm/s, mens pga. den tilfeldige bevegelsen blir gjennomsnittlig effektiv fart noe lavere, 13,2–19,8 cm/s. Disse verdiene er innenfor tidligere observerte verdier på mellom 14–24 cm/s (Thorstad mfl. 2004; Finstad mfl. 2005; Økland mfl. 2006; Davidsen mfl. 2009; Plantalech Manel-La mfl. 2009; Urke mfl. 2013, 2015). Når den virtuelle postsmolten når et punkt 4 km fra nærmeste landpunkt anser vi at fisken har nådd havet.

Tidsrom for utvandring er basert på en gjennomgang av all tilgjengelig informasjon nylig utført av NINA i forbindelse med en statusvurdering av effekten av lakselus på vill laksefisk som ble gjort for Nærings- og Fiskeridepartementet våren og sommeren 2017 (Karlsen mfl. 2016, trafikklyrappporten våren 2016 med utvandringstabeller, www.imr.no). Da tidsrommet for utvandring for de fleste elvene er ukjent, har vi antatt en jevn utvandring i ett tidsintervall, hvor det slippes likt antall fisk hver time hele døgnet.

Antall lus denne fisken infesteres av beregnes fra modellert konsentrasjon av smittsomme lakseluslarver, beregnet med den koblete hydrodynamiske-biologiske modellen med 800x800 m horisontal oppløsning som beskrevet ovenfor. Ved å sette vekten til fisken til 20 g (Rikardsen mfl. 2004), kan vi regne ut antall lus/gram fiskevekt, og ut i fra dette regne en sannsynlighet for død (Taranger mfl. 2012).

Verdiene kalibreres mot data fra trålfangst av utvandrende postsmolt laks fra NALO, men dette arbeidet er i skrivende stund ikke avsluttet. Verdiene som presenteres for dødelighet skal derfor ikke tas som absolutte. Analysen dekker alle lakseførende elver i Norge i 2016 og 2017.

5.2 Smittepress av lakselus i de nasjonale laksefjordene

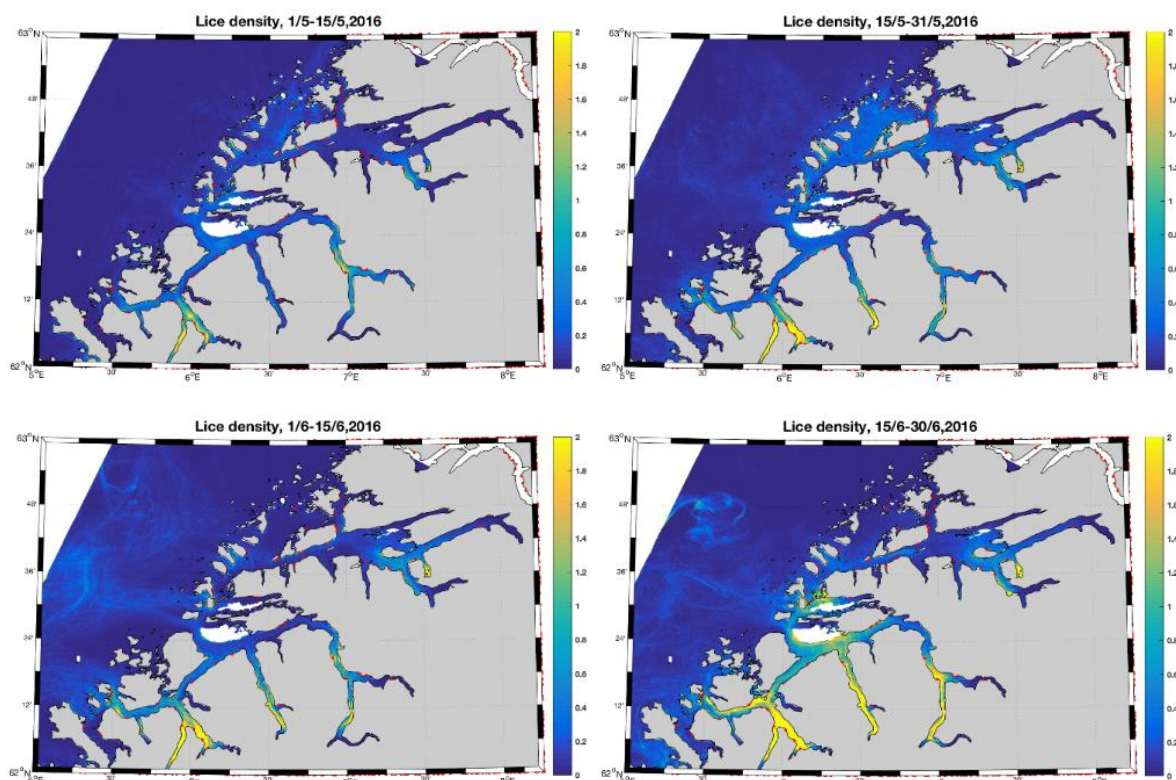
Fra hver kjønnsmoden hunn lus i oppdrett klekkes det 200–500 nauplier. Hunnlusen produserer fortløpende nye eggstrenger, sommerstid ofte hver tiende dag (Heuch mfl. 2000). Eggene klekkes til frittlevende nauplier som ved ca. 40 døgngader utvikles til koepoditter (Samsing mfl. 2016b). Koepodittene er det smittsomme stadiet til lakselus og hvis den finner en vert (laks, sjøørret, sjørøye, regnbueørret) kan den feste seg og utvikles videre, finner den ingen vert dør den etter 170 døgngader (Samsing mfl. 2016b). På en vert vil lakselus utvikle seg gjennom to fastsittende (chalmus) stadier, deretter har lusen tre mobile (bevegelige) preadulte og adulte stadier (Hamre mfl. 2013; Venmathi Maran mfl. 2013).

På våren med temperaturer ofte på 7–10 °C vil derfor lakselus drive med vannstrømmene i 3–7 dager før de blir smittsomme, og de vil være smittsomme i underkant av 2 uker før de dør. Lakselus med en

massiv reproduksjon og et innledende ikke-smittsomt stadium av flere dagers varighet, er tilpasset en strategi der avkom spres i stor grad fra opphavet.

I hvilken grad de nasjonale laksefjordene er beskyttet mot transport av lakselus inn i disse er derfor i stor grad styrt av vannstrømmene i området, og derfor av lokaliseringen av utslippene i tid og rom. Ser en for eksempel på utslippene fra anleggene i Romsdalsfjorden om våren ser en periodevise endringer som i stor grad skyldes driftsformen. Setter en utslippene fra alle anleggene i fjorden likt, og følger driften til lakselusen, var ett av anleggene som ligger nær grensen til den nasjonale laksefjorden Isfjorden opphav til 68% av alle lusepartiklar som var inne laksefjorden i tidsrommet 1.april til 1. juli. Det skal bemerkes at de reelle utslippene vil variere med antall lus, antall fisk og/eller temperatur, og det trenger derfor ikke være det anlegget der de fleste partiklene kommer fra som bidrar mest til lusenivået inne i fjorden.

Hvis man ser på en liten nasjonale laksefjord, Ørstafjorden, med simulering med 160m horisontal oppløsning i mai og juni 2016 ser vi at det er relativt liten transport av lus inn i fjorden (Figur 4). Men tidvis er det episoder når det strømmer lus fra sør hvor det er transport fra utsiden og inn i Ørstafjorden. Når strømmen i hovedfjorden er nordlig ligger partiklene opp mot land på øyene utenfor og det er ingen transport inn i Ørstafjorden. Utvandrende smolt som går korteste vei til havet mellom øyene får ikke på seg mye lus, men dersom smolten følger strømmen i hovedfjorden (enten sør eller nordover) vil vandringsruten bli lenger og smolten vil også svømme gjennom områder med mye større tetthet av luselarver.

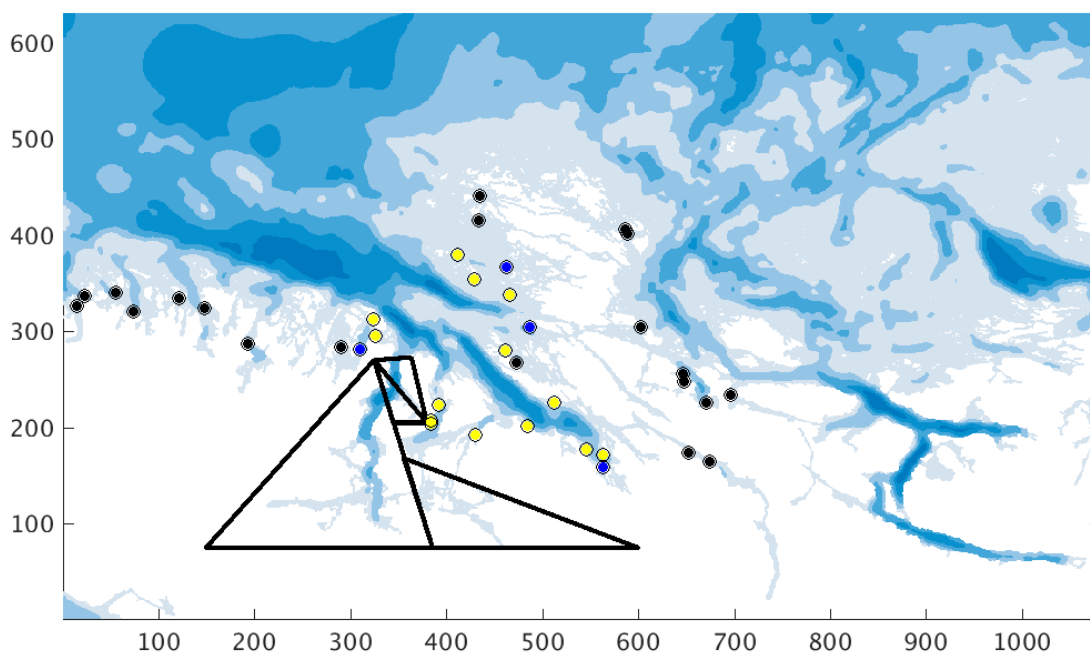


Figur 4. Tetthet av lakseluskoepoditter fra 1. mai til 30. juni 2016 i Stor- og Romsdalsfjord.

Tilsvarende har vi kjørt smitte modellen med 160 m horisontal oppløsning i Namsen/Viknaområdet (Figur 5). Ut fra disse utslippene har vi med bruk av smitte modellen beregnet hvor mange lus som transporteres fra anleggene og er innom Namsenfjord i løpet av en tremåneders periode. Disse analysene viser at 20% av alt som slippes ut fra ett av anlegget som er markert med gult i figur 5 havner inne i laksefjorden. Videre kommer 10, 9, 5, 4, 2 % av utslippene fra de gule anleggene inne i

laksefjorden. I denne simuleringen var utslippene fra alle anleggene satt like høyt hele tidsperioden, og brukes bare som eksempel på hvordan plassering av anleggene i forhold til dominerende vannstrømmer kan være viktigere enn reell sjøavstand fra anlegg til den nasjonale laksefjorden.

Det som er styrende for hvor mange lakselus som faktisk transporteres inn i nasjonale laksefjorder er ikke bare vannstrømmene, men i stor grad om anleggene er plassert slik at den dominerende strømmen transporteres inn i fjordene, antall fisk i anleggene, produksjonssyklus og ikke minst antall lus på fisken i anleggene. Disse forholdene varierer betydelig mellom år, og vi har for å vurdere status på de nasjonale laksefjordene benyttet de to siste årene slik at vi til en viss grad dekker opp både økningen i biomasse og anlegg som har vært siden de nasjonale laksefjordene ble etablert, og vi dekker opp variasjonen skapt av produksjonssyklusen i anleggene.

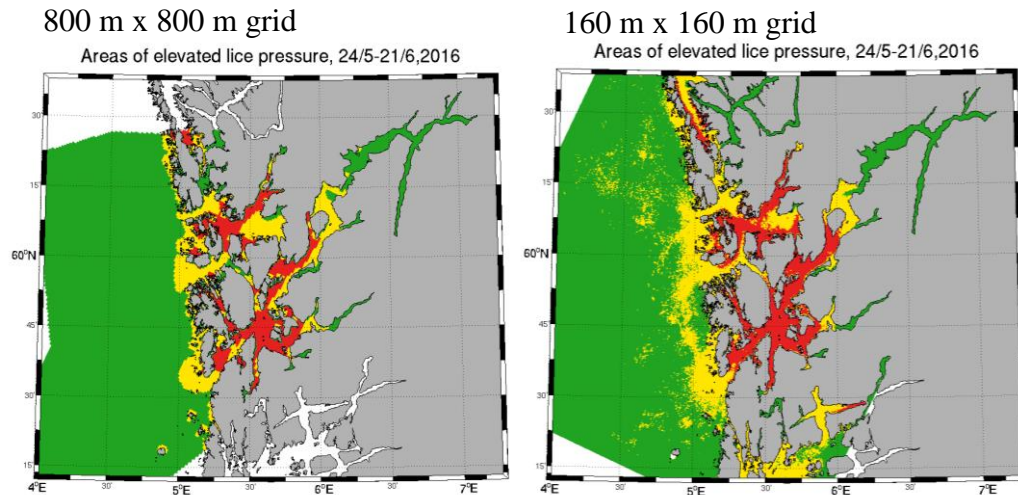


Figur 5. Trekantene viser utstrekningen av Namsenfjorden. Svarte sirkler viser oppdrettsanlegg som bidrar lite ($< 0,5\%$), blå sirkler anlegg der få partikler ($0,5\text{--}1\%$) ender i laksefjorden, gule sirkler anlegg der mer enn 1% av partiklene ender inne i laksefjorden.

Hvor stor del av ruten fisken vandrer i området med lakselusmitte vil påvirke grad av infestasjon. Eksempelvis ligger om lag $1/3$ (30 km) av vandringsruten til smolten som vandrer ut fra Rauma og rett ut inne i den nasjonale laksefjorden. Dette betyr at selv om laksefjorden kan beskytte smolten $1/3$ av veien, er den ikke upåvirket. Men øker tiden fisken eksponeres ved at den har en lengre del av vandringsruten sin i områder med lakselus øker sannsynligheten for at den blir infestert (Karlsen mfl. 2016). Driver det lus inn i de nasjonale laksefjordene øker tiden smolten blir eksponert.

I det følgende vil vi vise et utvalg av modellresultater for å illustrere hovedpoengene i det vi har funnet. Det er også bare benyttet modellresultater fra den landsdekkende NorKyst800 som har 800 m horisontal gitteropløsning. Dette medfører kanskje at mengden smittsomme kopepoditter er underestimert i de innerste og trangeste fjordene, mens resultatene i ytre fjordstrøk og på kysten er sammenlignbare med modellresultater der finere horisontal oppløsning er benyttet (Johnsen mfl. 2014).

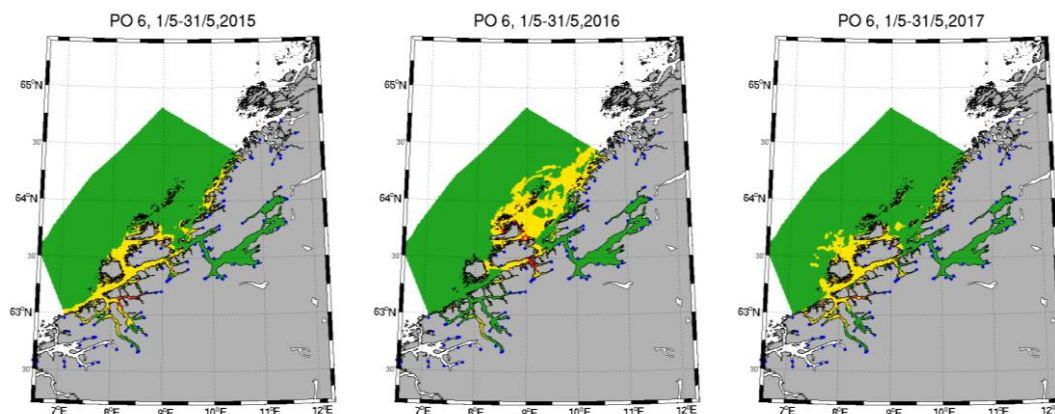
En sammenligning av modellresultatene fra en 800 m modell og en 160 m modell som dekker den smale nasjonale laksefjorden Etne viser at 160 m modellen transporterer lusene noe lengre inn i smale fjorder (e.g. Etne, Samnangerfjorden), men det er ikke vesentlige forskjeller i resultatene (Figur 6).

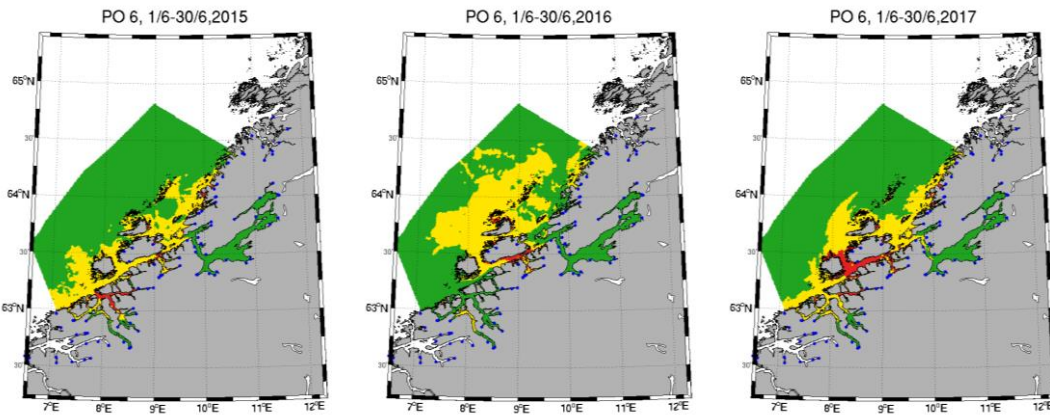


Figur 6. En sammenligning av modellresultatene for en modell kjørt med 800x800 m horisontal oppløsning mot en kjørt med 160x160 m horisontal oppløsning for Hardanger- og Bjørnafjorden. Se tekst for forklaring av fargene.

Foruten størrelsen, finnes det hovedsakelig to typer nasjonale laksefjorder: De som er beskyttet hele veien ut til kysten og de som bare er beskyttet i en fjordarm og der utvandrende laksesmolt må passere områder med oppdrettsanlegg. Ute på kysten vil spredningen av lakselus typisk foregå over et større område og med et redusert smittepress for villfisk.

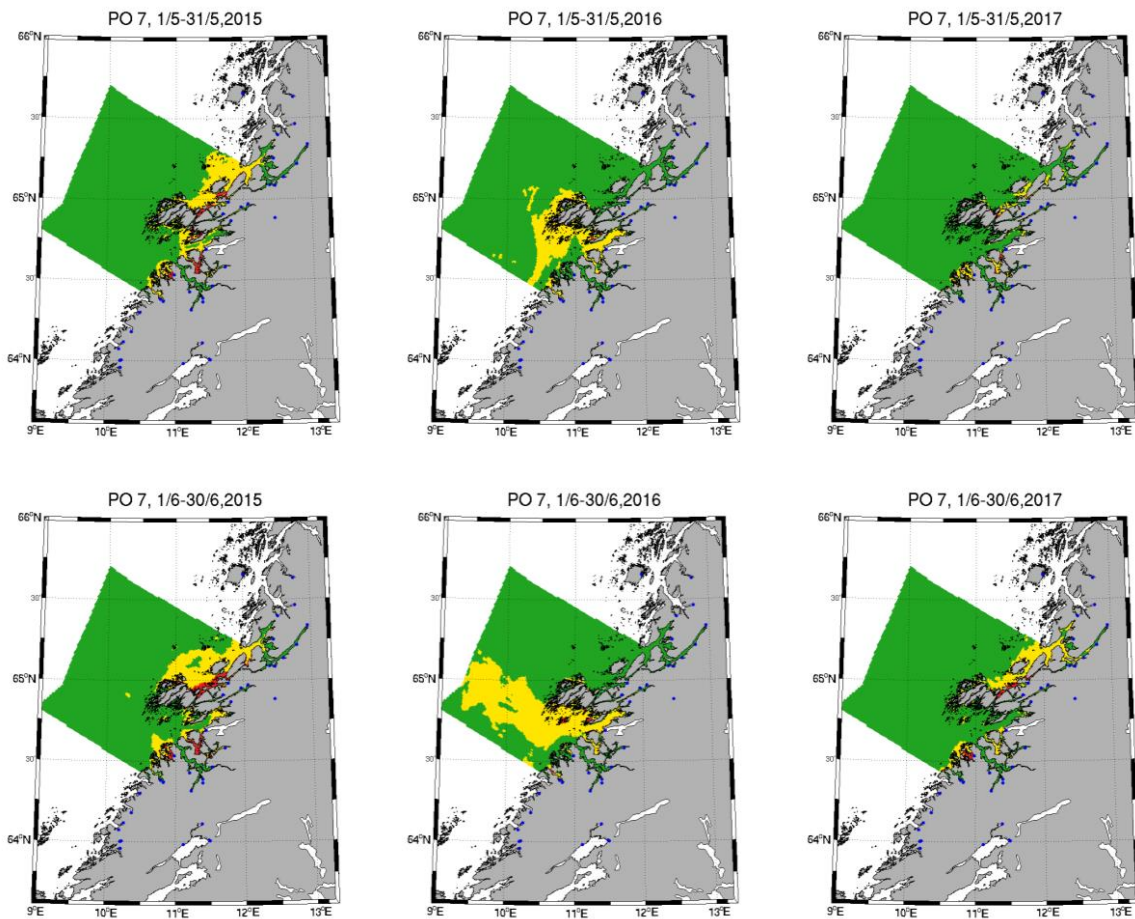
Et eksempel på en nasjonal laksefjord som sannsynligvis vil fungere er Trondheimsfjorden (Figur 7). Også Åfjorden like nord for Trondheimsfjorden er beskyttet helt ut til kysten.





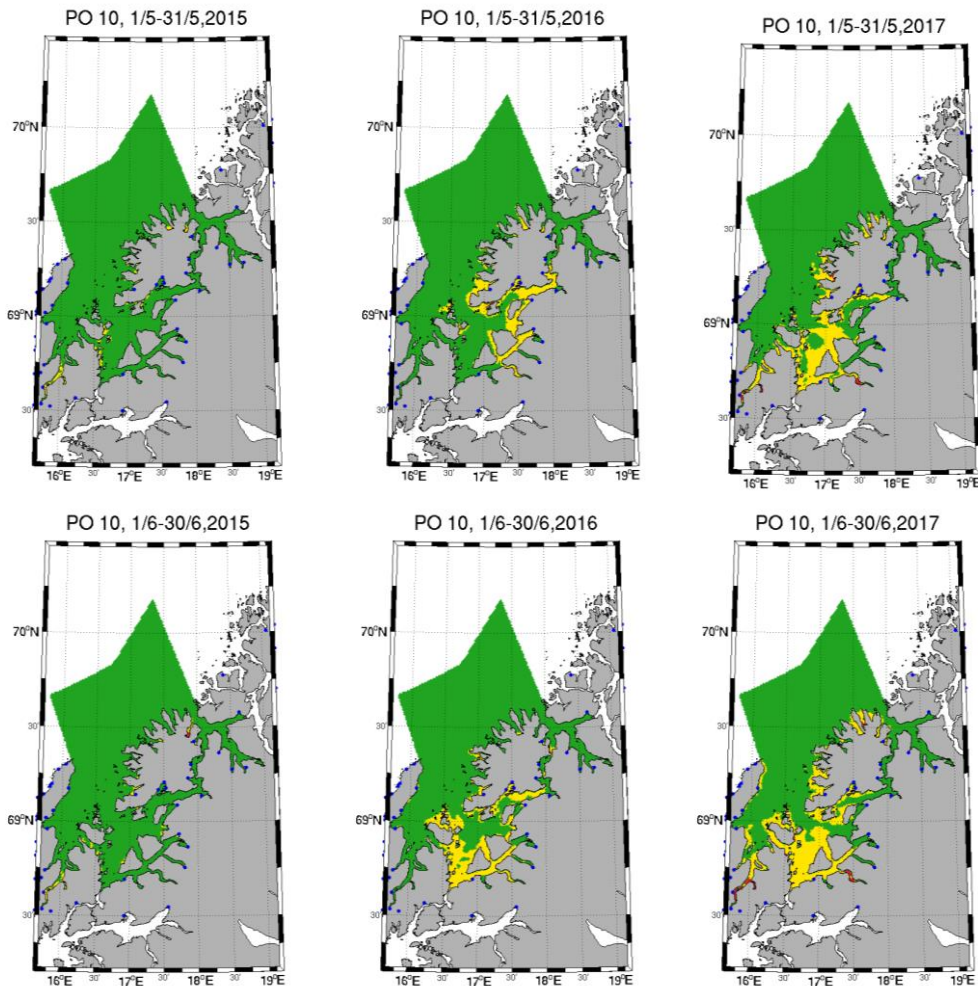
Figur 7. Beregnet smittepress for mai og juni i 2015, 2016 og 2017 for produksjonsområde 6 (Nordmøre og Sør-Trøndelag).

Lenger nord ser også Namsenfjorden ut til å ha lavt smittepress helt ut til kysten, men det kan være moderat smittepress videre utover (Figur 8).



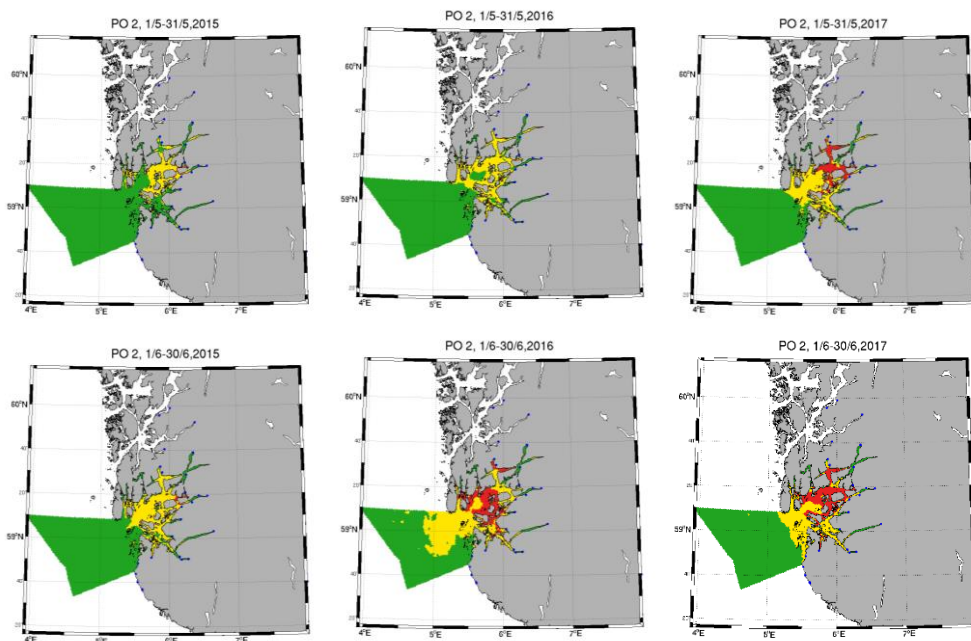
Figur 8. Beregnet smittepress for mai og juni i 2015, 2016 og 2017 for produksjonsområde 7 (Nord-Trøndelag med Bindal).

Enda lenger nordover er det mindre tetthet av oppdrettsanlegg og dermed et lavere smittepress. Dette fører til at det ikke er mulig å avgjøre om det lave smittepresset skyldes nasjonale laksefjorder eller ikke. Et eksempel er likevel Malangen der forholdene er gode både i juni og juli 2015 og 2016, mens det syd for Senja er periodevis et høyt smittepress (Figur 9).



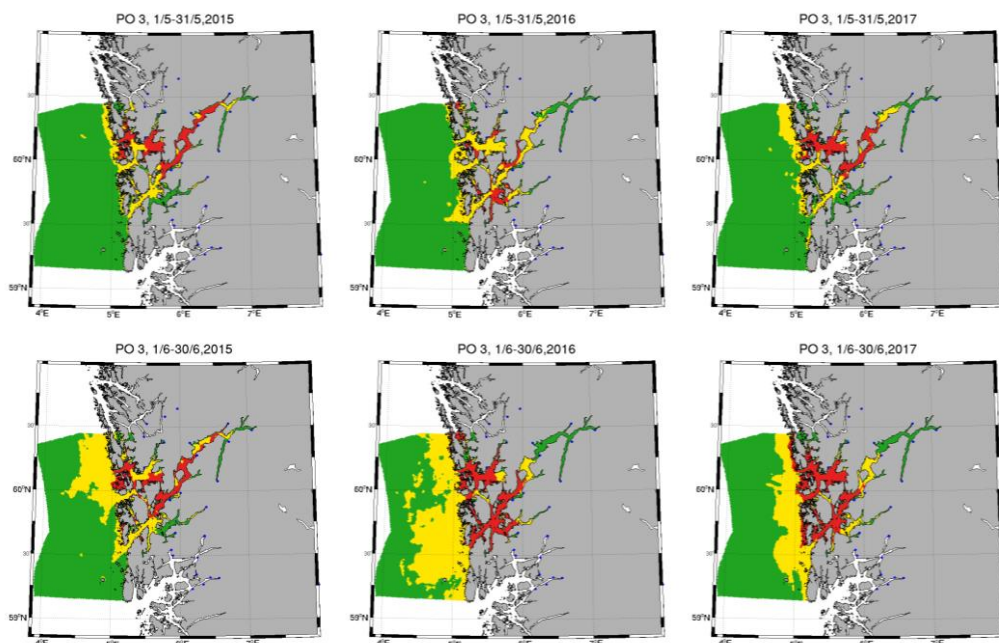
Figur 9. Beregnet smittepress juni og juli i 2015, 2016 og 2017 for produksjonsområde 10 (Andøya til Senja).

I oppdrettsintensive områder der den nasjonale laksefjorden bare er en fjordarm et stykke inn fra kysten, kan det forekomme høyt smittepress i utvandningsruten. For eksempel er det i Boknafjorden et moderat smittepress mai og juni både 2015 og 2016 i utvandningsruten for smolt fra Suldalslågen/Sandsfjorden, mens det er høyt smittepress for sent utvandrende fisk i juni 2016 (Figur 10).



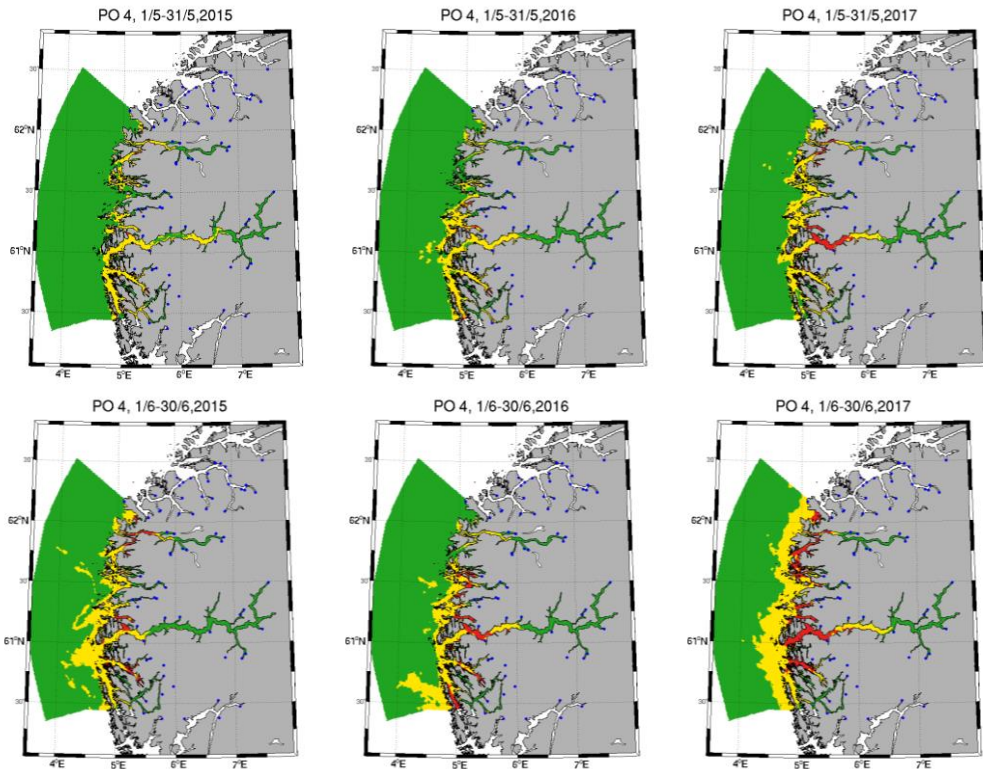
Figur 10. Beregnet smittepress i mai og juni i 2015, 2016 og 2017 for Produksjonsområde 2 (Ryfylke).

Etnefjorden i Hardangerfjordsystemet i produksjonsområde 3 (Karmøy til Sotra) ligger et stykke inne fra kysten, og smolten må passere områder med mye oppdrettsaktivitet. Soneforskriften i Sunnhordland har ført til at det annethvert år er stor fisk ute i fjorden og motsatt. Dette vises på det beregnede smittepresset hvor det i 2015 kun var et moderat smittepress i utvandningsruten, mens det i 2016 var høyt smittepress og spesielt for sent utvandrende smolt (Figur 11).



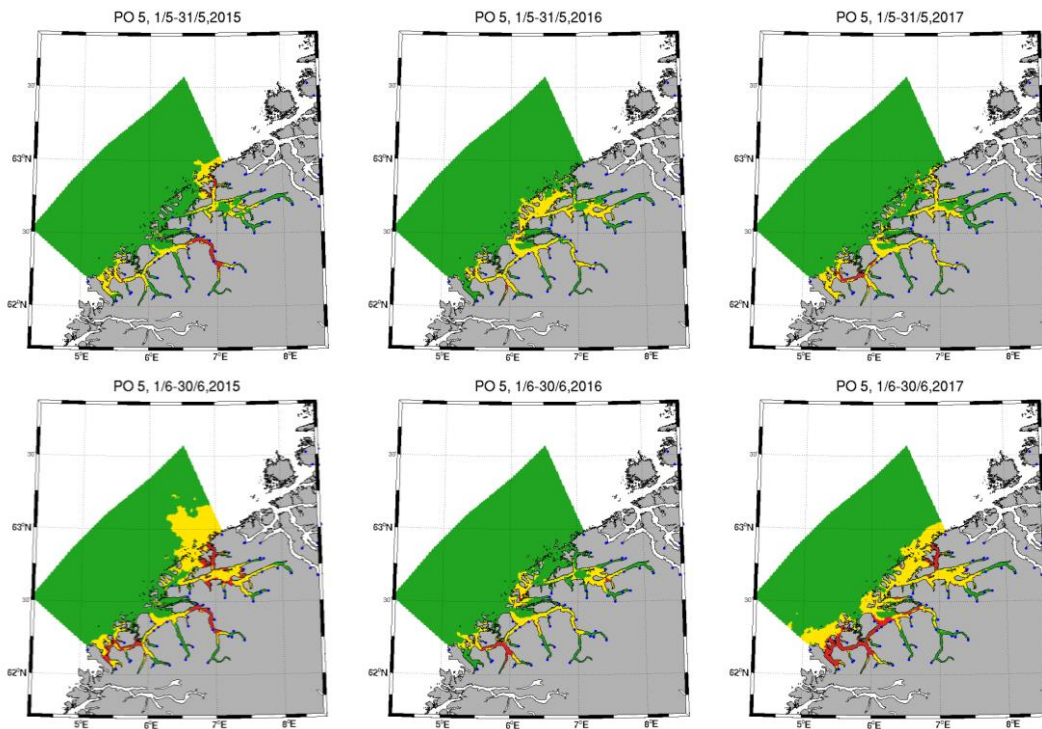
Figur 11. Beregnet smittepress for mai og juni i 2015 og 2016 for produksjonsområde 3 (Karmøy til Sotra).

Store deler av indre Sognefjorden og innover i Nordfjord er det en nasjonal laksefjord. Utvandrende smolt må passere et belte av lakseluskoopeditter på vei ut til kysten begge steder, og det beregnede smittepresset i ytre deler er moderat og høyt (Figur 12).



Figur 12. Beregnet smittepress for mai og juni 2015, 2016 og 2017 for produksjonsområde 4 (Nordhordland til Stadt).

Ørsta fjorden og Romsdalsfjorden er også eksempler der utvandrende smolt må passere områder med høyere smittepress på vei til havet (Figur 13).



Figur 13. Beregnet smittepress i mai og juni i 2015 og 2016 for produksjonsområde 5 (Stadt til Hustadvika).

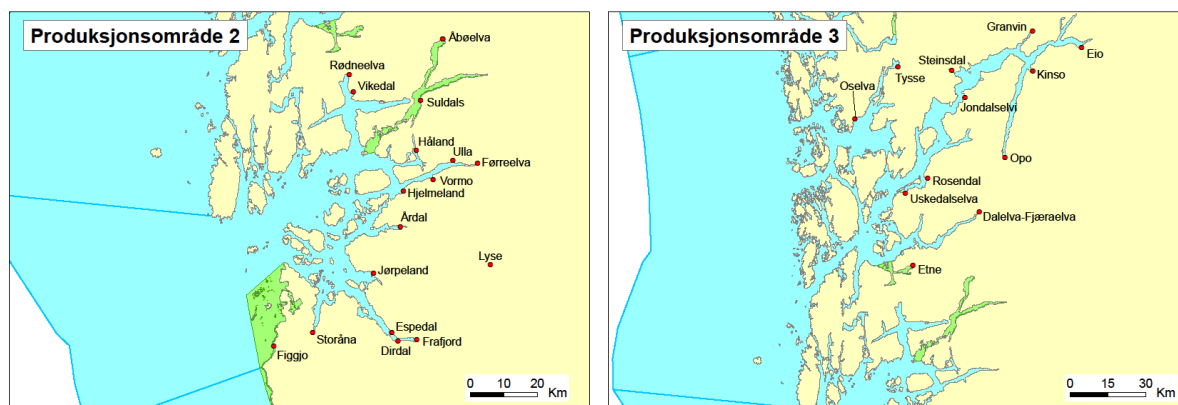
Siden vi her antar at lusen kommer fra oppdrettsanleggene, vil deres utslipp, og lokalisering i forhold til vannstrømmene være svært viktig for om de påvirker laksefisk inne i fjordene. Modellresultatene viser at laksefjordene har en effekt, men denne er i stor grad avhengig av i hvilken grad det transporteres lus inn i fjordene. Modellresultatene indikerer at nasjonale laksefjorder som dekker mesteparten av utvandringens ruten for smolt til havet, og der det ikke er stor akvakulturaktivitet "oppstrøms", ser ut til å fungere etter hensikten. Nasjonale laksefjorder som bare er fjordarmer et stykke inne i et fjordsystem og der smoltutvandringens ruten går gjennom områder med mye oppdrettsaktivitet, har sannsynligvis liten effekt på utvandrende laks.

Både i dataanalysen og med disse modellresultatene viser at store fjorder vil ha områder som er delvis beskyttet mot lakselus. I tillegg indikerer data at fjorder som munner ut ved kysten er mindre influert enn de som bare utgjør indre del eller en fjordarm av en fjord. Selv i de som ender på kysten er det transport inn, og det er derfor viktig at anleggene som kan bidra med lus lokaliseres på en slik måte, eller har en driftsform som gjør at de ikke har utslipp som ender i fjordene.

5.3 Estimert dødelighet på utvandrende smolt av laks 2016 og 2017

5.3.1 Ryfylke (Produksjonsområde 2)

Figgjo på kysten Jæren-Dalane (NLF 4) og Suldalsågen i Sandsfjorden (NLF nr. 5) er nasjonale laksevassdrag (Figur 14). Figgjo er kystnært, og ligger sør for noe reelt smittepress, og det estimeres derfor ingen dødelighet. For Suldalslågen som renner ut i Sandsfjorden estimeres det mindre enn 10 % dødelighet både i 2016 og 2017. Laksefjorden gir beskyttelse for fisk som oppholder seg inne i fjorden, men da laks som vandrer ut av denne fjorden fremdeles må vandre ut gjennom Boknafjorden, vil det være en begrenset beskyttelse for utvandrende laks (jf. Figur 10).



Figur 14. Avgrensingen av produksjonsområde 2 (Ryfylke) og 3 (Karmøy til Sotra), hvor alle elvene som renner ut i dette området er markert. Nasjonale laksefjorder er vist med grønn farge.

5.3.2 Karmøy til Sotra (Produksjonsområde 3)

Etnefjorden (NLF 6) utgjør en liten del i ett stort fjordsystem med intensivt oppdrett (Figur 14). Laksefjorden vil gi noe lokal beskyttelse for laksefisk som oppholder seg i fjorden, men beskyttelsen er begrenset pga. transport av lus inn til laksefjorden fra områdene utenfor (jf. Figur 11). For utvandrende smolt er det estimert 20 % dødelighet i 2016 og liten dødelighet i 2017. Den mellomårlege variasjonen er resultat av brakklegging vekselvis inne og ute i Hardangerfjorden. Laksen som vandrer fra Etne har størsteparten av vandringsruten utenfor den nasjonale laksefjorden, og fjorden gir trolig noe, men en begrenset beskyttelse mot lakselus. Estimaten er basert på korteste

vandringsvei ut til havet, og hvis fisken velger å gå innover, noe forsøk har vist at den kan gjøre, vil den oppleve et betydelig høyere smittepress fordi den oppholder seg i område med forhøyet smittepress i en lengre periode.

5.3.3 Nordhordland til Stadt (Produksjonsområde 4)

I dette området er det 5 nasjonale laksefjorder; fjordene rundt Osterøy (NLF 7) med Vosso, indre del av Sognefjorden (NLF 8) med Vikja, Nærøydalselva, Flåmselva, Lærdalselva, Årøyelva, Dalsfjorden med Gaula, Førdefjorden med Nausta, og Nordfjord med Oldenelva, Strynelva, Eidselva (Figur 15).



Figur 15. Avgrensingen av produksjonsområde 4 (Nordhordland til Stadt) og 5 (Stadt til Hustadvika), hvor alle elvene som renner ut i dette området er markert. Nasjonale laksefjorder er vist med grønn farge.

Vosso har lav estimert dødelighet på den utvandrende smolten begge år. Vosso ligger i indre del av et fjordsystem, vil dermed lokalt gi delvis beskyttelse av villfisk som oppholder seg i området. Fisken vil ikke være beskyttet når den forlater Osterfjorden. Store deler av utvandningsruten er beskyttet, og fjorden vil derfor ha noe effekt (jf. Figur 12). Det estimeres 1-2 % dødelighet begge årene.

Den nasjonale laksefjorden i indre del av Sognefjorden strekker seg omtrent halvveis ut i den 20 mil lange fjorden (Figur 15). Laksen fra den indre delen vil derfor være beskyttet bare i den første delen (Sognefjorden har relativt mange anlegg ved inngangspartiet, og innover i fjorden). Det estimeres høy dødelighet i 2016, fra 25-33 %, og svært høy i 2017, fra 76-81 %.

For Gaula i Dalsfjorden (NLF 9) og Nausta i Førdefjorden (NLF 10) estimeres det lav dødelighet begge år. For begge fjordene går den nasjonale laksefjorden helt ut til kysten.

I Nordfjord (NLF 11) estimeres dødeligheten for de to innerste elvene Oldenelva og Strynelva ca. 3 % i 2016 og 21-24 % i 2017. Dette er også fjorder hvor deler av vandringruten er beskyttet, men med smittepress i ytre deler (jf. Figur 12). For Eidselva regnes omtrent tilsvarende dødelighet. I dette tilfellet er fisken fra de indre delene beskyttet ett stykke utover, mens smittepresset er høyere i ytre deler i 2017.

5.3.4 *Stadt til Hustadvika (Produksjonsområde 5)*

Ørstaelva som renner ut Ørstafjorden (NLF 12) er beskyttet i hele denne fjorden (Figur 15). Denne fjorden er også modellert med 160 m horisontal oppløselighet, og indikerer normalt ett lavt smittepress inn i fjorden tidlig (mai) i sesongen (jf. Figur 13). Fisken som vandrer ut er derfor trolig beskyttet storparten av denne fjorden, men er ikke beskyttet langs kysten. Estimert liten dødelighet i 2016 og 18 % dødelighet i 2017.

I Romsdalsfjorden (NLF 13) estimeres det lav dødelighet for postsmolt som vandrer ut fra Rauma. Estimert dødelighet var 1 % i 2016 og 9 % i 2017. Dette er også en situasjon hvor fisken etter å ha svømt ut av laksefjorden (Figur 16) må gjennom ett relativt stort område med oppdrettsaktivitet (jf. Figur 13). Laksefjorden vil derfor ha en begrenset effekt.

5.3.5 *Nordmøre og Sør-Trøndelag (Produksjonsområde 6)*

På Nordmøre er både Sunndalsfjorden (NLF 14) med Driva og Halsafjorden (NLF 15) med Surna eksempler på fjorder som er delvis beskyttende for utvandrende postsmolt laks ved at det er mye oppdrettsaktivitet i ytre deler av fjordene (Figur 16). Estimert dødelighet for begge elvene er 0-1 % i 2016 og hhv. 17 og 3 % i 2017.



Figur 16. Avgrensingen av produksjonsområde 6 (Nordmøre og Sør-Trøndelag), hvor alle elvene som renner ut i dette området er markert. Nasjonale laksefjorder er vist med grønn farge.

Trondheimsfjorden (NLF 16) med Orkla, Gaula, Nidelva, Stjørdalselva, Værdalselva, Figga, Steinkjervassdraget er lang (Figur 16), og er beskyttet hele veien ut. Det er lite lus i fjorden, og laksefjorden beskytter store deler av vandringsruten. I dette området er det stor oppdrettsaktivitet utenfor fjorden, og modellen indikerer en betydelig drift av lakselus fra sør og forbi utløpet av fjorden. Estimert dødelighet < 1 % i 2016 og < 5 % i 2017.

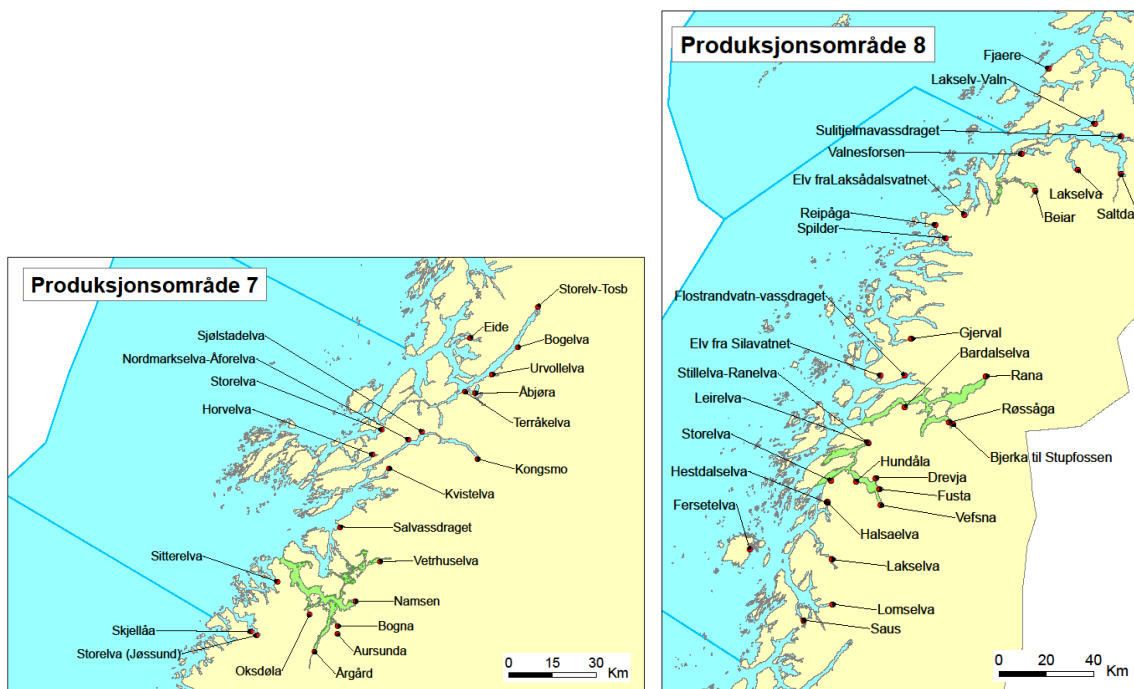
Åfjorden (NLF 17) med Stordalselva–Nordalselva har estimert dødelighet 0-1 % dødelighet begge årene. Dette er en relativt kystnær liten fjord som munner ut på kysten. Dette medfører at laksen er eksponert for lakselus relativt kort tid.

5.3.6 *Nord-Trøndelag med Bindal (Produksjonsområde 7)*

Namsenfjorden (NLF 18) med Årgårsvassdraget og Namsen er eksempel på en laksefjord som munner ut på kysten (Figur 17), og fjorden gir god beskyttelse. Det estimeres 0-1 % dødelighet begge årene.

5.3.7 Helgeland til Bodø (Produksjonsområde 8)

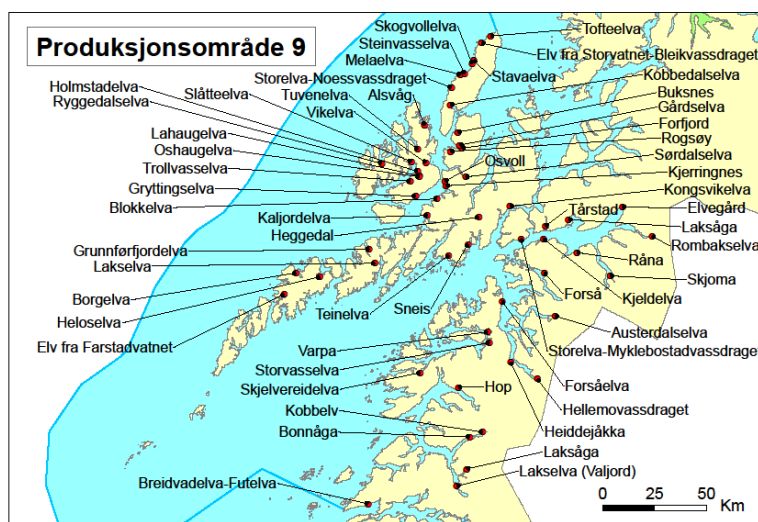
I dette området er Vefsnfjorden (NLF 19) med Vefsna og Ranfjorden (NLF 20) med Ranselva eksempler på fjorder som munner ut på kysten, mens Beiarfjorden (NLF 21) med Beiarelva er eksempler på fjorder som er delvis beskyttende for utvandrende postsmolt laks ved at ytre del av fjorden ikke er beskyttet (Figur 17). Relativt lave utslipp av lus gjør at det regnes ikke over 1 % dødelighet for noen av elvene som renner gjennom de nasjonale laksefjordene i disse fylkene.



Figur 17. Avgrensingen av produksjonsområde 7 (Nord-Trøndelag med Bindal) og 8 (Helgeland til Bodø), hvor alle elvene som renner ut i dette området er markert. Nasjonale laksefjorder er vist med grønn farge.

5.3.8 Vestfjorden og Vesterålen (Produksjonsområde 9)

I dette området er det ingen nasjonale laksevassdrag (Figur 18).



Figur 18. Avgrensingen av produksjonsområde 9 (Vestfjorden og Vesterålen) hvor alle elvene som renner ut i dette området er markert. Nasjonale laksefjorder er vist med grønn farge.

5.3.9 Andøya til Senja (Produksjonsområde 10)

Roksdalsvassdraget (NLF 22) på Andøya er nasjonalt laksevassdrag, men uten NLF (Figur 19). Lenger nord er Malangen (NLF 23) med Målselv eksempel på en nasjonal laksefjord som munner ut på kysten. Det regnes ikke over 1 % dødelighet for noen av elvene som renner gjennom de nasjonale laksefjordene i dette området.

5.3.10 Kvaløya til Loppa (Produksjonsområde 11)

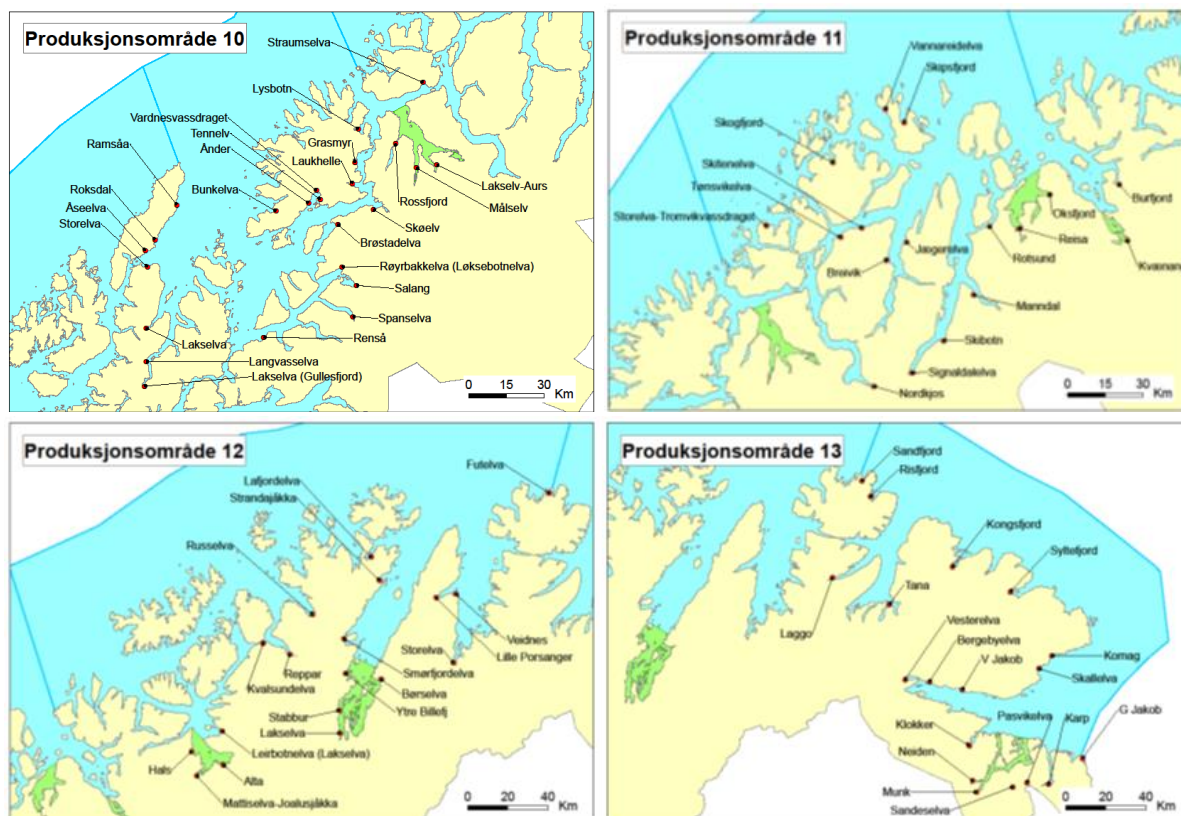
Reisafjorden (NLF 24) med Reisaelva er eksempel på en fjord som munner ut på kysten (Figur 19), mens Kvænangen (NLF 25) med Kvænangselva er eksempel på en fjord som er delvis beskyttet. Utslippene av lakselus i området er relativt lave under smoltutvandringen, og det regnes ikke over 1 % dødelighet for noen av elvene som renner gjennom de nasjonale laksefjordene i dette området.

5.3.11 Vest-Finnmark (Produksjonsområde 12)

Altafjorden (NLF 26) med Altaelva og Porsanger (NLF 28) med Stabburselva, Lakselva og Børselva er eksempler på fjorder som er delvis beskyttet ved at det er anlegg utenfor den nasjonale laksefjorden (Figur 19), og Repparfjorden (NLF 27) med Repparfjordelva som munner ut ved kysten. Det regnes 0-1 % dødelighet for elvene som renner gjennom de nasjonale laksefjordene i dette området.

5.3.12 Øst-Finnmark (Produksjonsområde 13)

I dette området er det 3 nasjonale laksefjorder, Tanafjorden (NLF 29) med Tana og Langfjordvassdraget, Kongsfjorden (NLF 30) med Kongsfjordelva samt Neidenfjorden/Bøkfjorden (NLF 33). I tillegg er Komagelva og Vestre Jakobselv nasjonale vassdrag uten NLF. Alle NLF i dette området munner på kysten (Figur 19), men det er også relativt liten oppdrettsaktivitet, og det regnes ikke over 1 % dødelighet for noen av elvene.



Figur 19. Avgrensingen av produksjonsområde 10 (Andøya til Senja), 11 (Kvaløya til Loppa), 12 (Vest-Finnmark) og 13 (Øst-Finnmark), hvor alle elvene som renner ut i dette området er markert. Nasjonale laksefjorder er vist med grønn farge.

5.4 Oppsummert vurdering av egnetheten til nasjonale laksefjorder

Arealbeskyttelse gjennom opprettelse av nasjonale laksefjorder er en av hovedstrategiene myndighetene har valgt for å beskytte vill laksefisk mot lakselusmitte fra oppdrettsanlegg (Aasetre & Vik 2013; Vøllestad mfl. 2014). Innenfor en nasjonal laksefjord er beskyttelsestiltakene rettet mot oppdrettsnæringen antatt å minimalisere smittepresset på vill laksefisk. Lakselusmitte fra oppdrettsanlegg i nærheten av den nasjonale laksefjorden, samt fra de anleggene som fortsatt er tillatt innenfor verneområdene (Anon. 2002; 2006), vil fortsatt representere et smittepress mot vill laksefisk i laksefjordene (Svåsand mfl. 2016). Dette er kanskje spesielt aktuelt i små nasjonale laksefjorder som er omgitt av intensiv oppdrettsaktivitet (Bjørn mfl. 2011b).

Resultatene fra midtveisevalueringen tyder på at størrelsen til de nasjonale laksefjordene var en nøkkelfaktor for om fjordene virket etter hensikten. Lakselusinfestasjonen på lokal sjøørret fanget innenfor store nasjonale laksefjorder hvor avstanden til nærmeste oppdrettsanlegg var > 30 km sjøavstand, slik som Porsangerfjorden i Nord-Norge, Trondheimsfjorden i Midt-Norge og delvis Sognefjorden og kysten på Jæren i Sør Norge var vedvarende lav over tid, og hadde sannsynligvis ingen eller liten effekt på vill laksefisk. Lakselusinfestasjonen var i samsvar med infeksjonsnivå som tidligere har blitt rapportert i oppdrettsfrie områder både i Nord-Norge (Bjørn & Finstad 2002; Rikardsen 2004) og i Sør-Norge og representerer sannsynligvis et naturlig infeksjonsnivå karakterisert med periodevis høy prevalens men lav intensitet (Tingley mfl. 1997).

Dersom det var ett eller flere oppdrettsanlegg innen en avstand på 30 km, viste infeksjonsnivået av lakselus på sjøørret en klar positiv sammenheng med akkumulert daglig produksjon av infektive lakseluslarver i oppdrettsanleggene i nærheten. Lakselusinfestasjonen på vill sjøørret i to av de minste nasjonale laksefjordene undersøkt, Ørstadfjorden i Storfjord og Etnefjorden i Hardangerfjordsystemet, er gode eksempler på dette. Disse fjordene er ikke bare små, men ligger også i områder med svært høy oppdrettsaktivitet. Lakselusinfestasjonen på vill sjøørret som ble fanget innenfor disse to verneområdene var svært høy gjennom mesteparten av undersøkelsesperioden, og ”middels” til ”stor” antatt bestandsreduksjon ble estimert ved gjentatte prøveuttak (Taranger mfl. 2012). Tilsvarende infestasjoner på vill laksefisk har tidligere bare blitt funnet i områder med svært intens oppdrettsaktivitet i Norge (Birkeland 1996; Birkeland & Jakobsen 1997; Bjørn mfl. 2001; Bjørn & Finstad 2002; Bjørn mfl. 2011b), og indikerer at verneområdene ikke er tilstrekkelig store til å ha ønsket effekt. Små nasjonale laksefjorder i områder med generelt høy oppdrettsaktivitet i nærheten, ser derfor ut til å ha begrenset effekt til å beskytte vill laksefisk mot lakselusmitte fra oppdrettsanlegg, og må derfor kombineres med andre tiltak (Bjørn mfl. 2011b).

Hovedhensikten med opprettelse av nasjonale laksefjorder var å beskytte viktige bestander av laks mot skadelige effekter fra oppdrettsanlegg, inkludert lakselus. Innsamling av vill laksesmolt i sjø er imidlertid både vanskelig og kostbart (Finstad mfl. 2000; Finstad mfl. 2005; Bjørn mfl. 2007). På grunn av dette er lakselusinfestasjonen på sjøørret vanligvis brukt for å vurdere infestasjonspresset på vill laksefisk. Arealbeskyttelsen har nødvendigvis ikke samme effekt på laks som på sjøørret på grunn av artenes store forskjeller i marin økologi. Mens sjøørret og sjørøye benytter mesteparten av sin marine beiteperiode innen fjordene og relativt nært hjemmeelva (Jensen 1968; Berg & Berg 1987; Thorstad mfl. 2004, 2007, 2016), forlater laksesmolten selv store fjorder og kysten i løpet av ca. 14-30 dager og kan derfor utsettes for store variasjoner i infestasjonspress gjennom utvandringen (Finstad mfl. 2005; Davidsen mfl. 2008).

Effekten av små nasjonale laksefjorder er sterkt avhengig av produksjonsmønsteret i oppdrettsnæringen i nærområdet. Infestasjonspresset i små verneområder ser ut til å sammenfalle med produksjonsintensiteten i området, både som en funksjon av biomasse og som følge av estimert produksjon av infektive luselarver (Serra-Llinares mfl. 2014; 2016). Dette betyr at lavt infestasjonsnivå hos lokal sjøørret ikke kan bli tatt for gitt i slike områder, heller ikke tidlig i sesongen. Dette kommer svært godt fram i de små nasjonale laksefjordene som ligger inne i områder med

generell høy oppdrettsproduksjon, slik som er tilfelle i for eksempel Etnefjorden i Hardangerfjordsystemet og Ørstafjorden i Storfjordsystemet. I Etnefjorden ble det funnet ekstremt høye infestasjoner på sjøørreten hvert år med unntak av tidlig i sesongen i 2011, 2013, 2015 og 2017 da de ytre delene av Hardangerfjorden var brakklagt. Også i Ørstafjorden ble det funnet regelmessige infestasjonstopper. I de minste nasjonale laksefjorder som ligger i områder med intensiv oppdrettsaktivitet, som Etnefjorden og Ørstafjorden, ser graden av beskyttelse ut til å være utilstrekkelig for å sikre vern av villfisk mot skadelige effekter fra akvakultur.

I midtveisevalueringen ble en tredjedel av de aktuelle nasjonale laksefjordene undersøkt (Bjørn mfl. 2013a). Tabellene i sluttevalueringsrapporten er utvidet til å omfatte 14 av de 29 nasjonale laksefjordene. De fleste av de gjenværende nasjonale laksefjorder var betraktelig mindre enn noen av de store nasjonale laksefjordene vi refererer til. Selv om individuelle studier av hver enkelt laksefjord kan være nødvendig for å evaluere graden av beskyttelse, kan en forvente at kapasiteten til de minste fjordene til å motstå lusesmitte fra oppdrettsanlegg er begrenset. Det er derfor rimelig å anta at vern av store arealer bidrar best til å sikre beskyttelse for vill laksefisk.

I tidsperioden undersøkt har de koblede biologisk-hydrodynamiske modellene blitt kraftig forbedret (Asplin mfl. 2004, 2011, 2014; Albretsen mfl. 2011; Johnsen mfl. 2014, 2016; Samsing mfl. 2016a), til at de i dag anses om gode nok til å kunne brukes for å predikere smitte (Sandvik mfl. 2016; Myksvoll mfl. in rev.). Dette har gjort oss i stand til å vurdere transport av lus inn i de nasjonale laksefjordene, og slik også vurdere hvorfor noen fjorder virker mens andre virker mindre beskyttet. I det påfølgende har vi undersøkt transport inn i alle de nasjonale laksefjordene i områdene med oppdrettsaktivitet.

I denne sluttrapporten har vi implementert modellresultater. Modellen er vist å kunne predikere smitte på sjøørreten i NALO programmet med rimelig grad av sikkerhet (Myksvoll mfl. i trykk). Analysene av virtuell smoltutvandring er helt ny, og ikke i like stor grad kalibrert mot observasjoner. Siden smittepresset er basert på de samme modellresultatene for fordeling av smittsomme kopepoditter som ovenfor, er det sannsynlig at resultatene har tilsvarende gyldighet og at evt. store avvik skyldes manglende kjennskap til smoltbiologi (f.eks. utvandningsrute og -tid).

Risikoen for utvandrende postsmolt av laks er avhengig av flere faktorer, når fisken vandrer fra elvene, form på denne utvandringen, hvor fort de vandrer gjennom fjordene, hvor de vandrer, og fordelingen av lakselus i tid og rom (Karlsen mfl. 2016).

Modellresultatene viser hovedsakelig det samme som analysene fra observasjonene. Store nasjonale laksefjorder der hele utvandningsruten og beiteområdet er regulert, vil gi villfisken en god beskyttelse. Der den nasjonale laksefjorden bare er små fjordarmer med stor oppdrettsproduksjon like utenfor og i utvandningsruten til laksesmolt, vil beskyttelsen for villfisk være redusert.

Dynamikken i vannmassene er imidlertid stor slik at det enkelte år, som 2017, vil være en betydelig transport av lus innover slik at også den delen som er nasjonal laksefjord vil ha store konsentrasjoner av lakselus. I 2017 ble det estimert mye lus på fisken som vandrer ut fra disse elvene, og dette har sammenheng med en relativt langvarig transport av lakselus innover i fjorden (Johnsen mfl. 2017). Dette medførte at den utvandrende fisken opplevde store konsentrasjoner av lus i tillegg til at den oppholdt seg i eksponert sone lengre enn i år med strøm ut fjorden. Dette demonstrerer at beskyttelsen i inder deler av Sognefjorden varierer mye mellom år, og at laksefjorden ikke fungerer godt.

5.5 Konklusjon

Små fjorder som ligger ved kysten der smolten vandrer direkte ut i åpent hav, har normalt lav risiko for lakseluspåslag – eks. kysten Jæren Dalane (R), Åfjorden (ST), Beiarfjorden (N).

Små fjorder der smolten må vandre ut til kysten og eksponeres for lakselus når den forlater fjorden, har ofte høy risiko for lakseluspåslag – eks. Etne (H) og Isfjorden (M&R).

Store nasjonale laksefjorder (eks. Trondheimsfjorden (ST), Namsenfjorden (NT), Sognefjorden (S&F), Tanafjorden (F) – rimelig god grad av beskyttelse ved utvandring.

Nasjonale laksefjorder kan beskytte sjørret som oppholder seg innen verneområdet til en viss grad, mens beskyttelsen for utvandrende postsmolt også vil avhenge sterkt av infeksjonstrykket og tidsforbruket i andre deler av utvandningsruten. Siden nasjonale laksefjorder sjelden dekker hele fjordsystem og kystnære områder, kan reguleringen slik den i dag er utformet, ikke være det eneste beskyttelsestiltaket. Andre forvaltningstiltak som regionalisert og synkronisert våravlusning, lavere lusegrense, eller til og med biomassereduksjon eller større avstand til oppdrettsanlegg, må derfor også vurderes for å redusere påvirkningen til vedtatte nivå (Anon 2003, 2007, 2009, 2013).

I forbindelse med det nye forvaltningssystemet for lakseoppdrett, det såkalte trafikklssystemet (www.imr.no med vedlagte dokumenter rundt dette), legges det til grunn at oppdrettsaktiviteten skal være bærekraftig innenfor hvert av de vedtatte 13 produksjonsområdene langs kysten og at målet for bærekraft bl.a. er populasjonsregulerende effekt av lakselus på ville fiskebestander. Dersom denne reguleringen håndheves og dersom en går videre med å tildele de enkelte oppdrettsanlegg innenfor hvert produksjonsområde, og innfører utslippskvoter for lakselusnauplier basert på hvilken grad det enkelte anlegget påvirker villfisken, er dette et forvaltningstiltak som vil kunne supplere tiltaket.

6 Referanser

- Aasetre, J. & Vik, J. (2013). Framing the environment - Disputes and developments in the management of Norwegian salmon fjords. *Ocean & Coastal Management* 71.
- Albretsen, J., Sperrevik, A. K., Staalstrøm, A., Sandvik, A. D., Vikebø, F. & Asplin, L. (2011). NorKyst-800 report no. 1: User manual and technical descriptions. *Fisken og havet*, s. 51.
- Andreassen, K. B. (2013). Effekter av infeksjon med lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på vill smolt av laks (*Salmo salar* L.) og ørret (*Salmo trutta* L.). Master thesis, Universitetet i Tromsø, Norge. 61 s.
- Anon. (2002). Om opprettelse av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. St.prp. nr. 79. Miljøverndepartementet, Oslo, Norge.
- Anon. (2006). Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. St.prp. nr. 32. Miljøverndepartementet, Oslo, Norge.
- Asplin, L., Boxaspen, K. K. & Sandvik, A. D. (2011). Modeling the distribution & abundance of planktonic larval stages of *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. I *Salmon Lice: An Integrated Approach to Understanding Parasite Abundance & Distribution* (Jones, S. & Beamish, R., eds.). Oxford, UK.: Wiley-Blackwell.
- Asplin, L., Johnsen, I. A., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J. & Boxaspen, K. K. (2014). Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Mar. Biol. Res.* 10, 216-225.
- Asplin, L., Johnsen, I. A., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J. & Boxaspen, K. K. (2004). Modelled distribution of sea lice in a Norwegian fjord. *ICES C.M.* P:11, 12 s.
- Berg, O. K. & Berg, M. (1987). Migrations of sea trout, *Salmo trutta* L., from the Vardnes river in northern Norway. *J. Fish Biol.* 31, 113-121.
- Birkeland, K. (1996). Consequences of premature return by sea trout (*Salmo trutta*) infested with the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*): Migration, growth, and mortality. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53, 2808-2813.
- Birkeland, K. & Jakobsen, P. J. (1994). Omfanget av lakselus på vill laksefisk i fylkene Nordland, Nord- og Sør-Trøndelag, Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland i 1993. Rapport, Zoologisk institutt, Økologisk avdeling, Universitetet i Bergen.
- Birkeland, K. & Jakobsen, P. J. (1997). Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation as a causal agent of premature return to rivers and estuaries by sea trout, *Salmo trutta*, juveniles. *Env. Biol. Fish.* 49, 129-137.
- Bjørn, P. A. & Finstad, B. (1997). The physiological effects of salmon lice infection on sea trout postsmolts. *Nordic J. Fresh. Res.* 73, 60-72.
- Bjørn, P. A. & Finstad, B. (1998). The development of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on artificially infected post smolts of sea trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Zool.* 970-977.
- Bjørn, P. A. & Finstad, B. (2002). Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), infestation in sympatric populations of Arctic char, *Salvelinus alpinus* (L.), and sea trout, *Salmo trutta* (L.), in areas near and distant from salmon farms. *ICES J. Mar. Sci.* 59, 131-139.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Asplin, L., Askeland Johnsen, I., Nilsen, R., Serra Llinares, R. M., Lindstrøm, U., Helland, I. P., Berg, M. & Harbitz, A. (2013a). Effekten av nasjonale laksefjorder på risikoen for lakselusinfeksjon hos vill laksefisk langs norskekysten. Midtevaluering av ordningen med nasjonale laksefjorder. *Rapport fra Havforskningen*.
- Bjørn, P. A., Finstad, B. & Kristoffersen, R. (2001). Salmon lice infection of wild sea trout and Arctic charr in marine & freshwater: the effects of salmon farms. *Aqua. Res.* 32, 947-962.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Kristoffersen, R., McKinley, R. S. & Rikardsen, A. H. (2007). Differences in risks & consequences of salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), infestation on sympatric populations of Atlantic salmon, brown trout, and Arctic charr within northern fjords. *ICES J. Mar. Sci.* 64, 386-393.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø. & Hvidsten, N. A. (2010). Nasjonal lakselusovervåkning 2009 på ville bestander av laks, sjøørret og sjørøye langs norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. *NINA Rapport*, s. 1-50. Trondheim.
- Bjørn, P. A., Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Asplin, L., Askeland Johnsen, I., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I. & Barlaup, B. (2013b). Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2013. Sluttrapport til Mattilsynet. *Rapport fra Havforskningsinstituttet*, s. 34.

- Bjørn, P. A., Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Asplin, L., Boxaspen, K. K., Finstad, B., Uglem, I., Berg, M., Kålsås, S., Barlaup, B. & Vollset, K. W. (2012). Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2012. Sluttrapport til Mattilsynet. *Rapport fra Havforskningen* 31-2012.
- Bjørn, P. A., Nilsen, R., Serra Llinares, R. M., Asplin, L., Boxaspen, K. K., finstad, B., Uglem, I., Kålsås, S., Barlaup, B. & Wiik Vollset, K. (2011a). Sluttrapport til Mattilsynet over lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2011. *Rapport fra Havforskningen* 19-2011, 34 s.
- Bjørn, P. A., Sivertsgård, R., Finstad, B., Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M. & Kristoffersen, R. (2011b). Area protection may reduce salmon louse infection risk to wild salmonids. *Aqua. Env. Inter.* 1, 233-244.
- Davidsen, J., Svenning, M.-A., Orell, P., Yoccoz, N., Dempson, J. B., Niemelä, E., Klemetsen, A., Lamberg, A. & Erkinaro, J. (2005). Spatial & temporal migration of wild Atlantic salmon smolts determined from a video camera array in the sub-Arctic River Tana. *Fisheries Research* 74, 210-222.
- Davidsen, J. G., Plantalech Manel-la, N., Økland, F., Diserud, O. H., Thorstad, E. B., Finstad, B., Sivertsgård, R., McKinley, R. S. & Rikardsen, A. H. (2008). Changes in swimming depths of Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts relative to light intensity. *J. Fish Biol.* 73, 1065-1074.
- Davidsen, J. G., Rikardsen, A. H., Halttunen, E., Thorstad, E. B., Økland, F., Letcher, B. H., Skarðhamar, J. & Næsje, T. F. (2009). Migratory behaviour and survival rates of wild northern Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolts: effects of environmental factors. *J. Fish Biol.* 75, 1700-1718.
- Finstad, B. (1993). Økologiske og fysiologiske konsekvenser av lus på laksefisk i fjordsystem. *NINA Oppdragsmelding*.
- Finstad, B. & Bjørn, P. A. (2011). Present status and implications of salmon lice on wild salmonids in Norwegian coastal zones. I *Salmon Lice: An Integrated Approach to Understanding Parasite Abundance and Distribution* (Jones, S. & Beamish, R., ed.), s. 281-305. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Finstad, B., Bjørn, P. A., Grimnes, A. & Hvidsten, N. A. (2000). Laboratory and field investigations of salmon lice [*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)] infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolts. *Aqua. Res.* 31, 795-803.
- Finstad, B., Bjørn, P. A., Nilsen, S. T. & Hvidsten, N. A. (1994). Registreringer av lakselus på laks, sjøørret og sjørøye. *NINA Oppdragsmelding* 287.
- Finstad, B., Hvidsten, N. A. & Johnsen, B. O. (1992). Registreringer av lakselus på laksesmolt fanget i Trondheimsfjorden. *NINA Oppdragsmelding* 171.
- Finstad, B. & Jonsson, N. (2001). Factors influencing the yield of smolt releases in Norway. *Nordic J. Fresh. Res.* 75, 37-55.
- Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E. B., Bjørn, Pål A. & McKinley, R. S. (2005). Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *J. Fish Biol.* 66, 86-96.
- Gargan, P. G., Forde, G., Hazon, N., F., R. D. J. & Todd, C. D. (2012). Evidence for sea lice-induced marine mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in western Ireland from experimental releases of ranched smolts treated with emamectin benzoate. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69, 343-353.
- Gjelland, K. Ø., Serra-Llinares, R. M., Hedger, R. D., Arechavala-Lopez, P., Nilsen, R., Finstad, B., Uglem, I., Skilbrei, O. T. & Bjørn, P. A. (2014). Effects of salmon lice infection on the behaviour of sea trout in the marine phase. *Aqua. Env. Inter.* 5, 221-233.
- Grimnes, A. & Jakobsen, P. J. (1996). The physiological effects of salmon lice infection on post-smolt of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Fish Biol.* 48, 1179-1194.
- Halttunen, E., Gjelland, K. Ø., Hamel, S., Serra Llinares, R. M., Nilsen, R., Arechavala-Lopez, P., Skarðhamar, J., Johnsen, I. A., Asplin, L., Skaala, Ø., Karlsen, Ø., Bjørn, Pål A. & Finstad, B. (in press). Sea trout adapt their migratory behaviour in response to high salmon lice concentrations. *J. Fish Dis.* in press.
- Hamre, L. A., Eichner, C., Caipang, C. M. A., Dalvin, S. T., Bron, J. E., Nilsen, F., Boxshall, G. & Skern-Mauritzen, R. (2013). The salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) life cycle has only two chalimus stages. *PLoS ONE* 8 (9), e73539.
- Hazon, N., Todd, C. D., Whelan, B., Gargan, P. G., Finstad, B., Bjørn, P. A., Wendelar Bonga, S. E. & Kristoffersen, R. (2006). Sustainable management of interactions between aquaculture & wild salmonid fish. Final report for the SUMBAWS EU project. 1-293.
- Hedger, R. D., Martin, F., Hatin, D., Caron, F., Whoriskey, F. G. & Dodson, J. J. (2008). Active migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* smolt through a coastal embayment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 355, 235-246.
- Helland, I. P., Finstad, B., Uglem, I., Diserud, O. H., Foldvik, A., Hanssen, F., Bjørn, P. A., Nilsen, R. & Jansen, P. A. (2012). Hva avgjør lakselusinfeksjon hos vill laksefisk? Statistisk bearbeiding av data fra nasjonal lakselusovervåking, 2004-2010. *NINA Rapport* 891, 51 s.

- Helland, I. P., Uglem, I., Jansen, P. A., Diserud, O. H., Bjørn, P. A. & Finstad, B. (2015). Statistical and ecological challenges of monitoring parasitic salmon lice infestations in wild salmonid fish stocks. *Aqua. Env. Inter.* 7, 267-280.
- Heuch, P. A. (1995). Experimental evidence for aggregation of salmon louse copepodids (*Lepeophtheirus salmonis*) in step salinity gradients. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 75, 927-939.
- Heuch, P. A., Nordhagen, J. R. & Schram, T. A. (2000). Egg production in the salmon louse [*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)] in relation to origin and water temperature. *Aqua. Res.* 31, 805-814.
- Holst, J. C., Jakobsen, P. J., Nilsen, F., Holm, M., Asplin, L. & Aure, J. (2003). Mortality of seaward-migrating post-smolts of Atlantic salmon due to Salmon lice infection in Norwegian salmon stocks. I *Salmon at the Edge*, s. 136-137: Blackwell Science Ltd.
- Hvidsten, N. A., Finstad, B., Kroglund, F., Johnsen, B. O., Strand, R., Arnekleiv, J. V. & Bjørn, P. A. (2007). Does increased abundance of sea lice influence survival of wild Atlantic salmon post-smolt? *J. Fish Biol.* 71, 1639-1648.
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T. G. (1995). Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase & social interaction. *Nordic J. Fresh. Res.* 70.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., Kelly, S. & Drumm, A. (2013). Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *J. Fish Dis.* 36, 273-281.
- Jackson, D., Cotter, D., ÓMaoiléidigh, N., O'Donohoe, P., White, J., Kane, F., Kelly, S., McDermott, T., McEvoy, S., Drumm, A., Cullen, A. & Rogan, G. (2011). An evaluation of the impact of early infestation with the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* on the subsequent survival of outwardly migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts. *Aquaculture* 320, 159-163.
- Jakobsen, P. J., Birkeland, K., Grimnes, A., Nylund, A. & Urdal, K. (1992). Undersøkelser av lakselusinfeksjoner på sjøaure og laksesmolt i 1992. *Rapport fra Zoologisk museum. Rapport til Direktoratet for naturforvaltning*, 38 s.
- Jensen, K. W. (1968). Sea trout (*Salmo trutta* L.) of the River Istra, western Norway. *Rep Inst Freshwater Res Drottningholm* 48, 185-213.
- Johnsen, I. A., Asplin, L. C., Sandvik, A. D. & Serra-Llinares, R. M. (2016). Salmon lice dispersion in a northern Norwegian fjord system and the impact of vertical movements. *Aqua. Env. Inter.* 8, 99-116.
- Johnsen, I. A., Fiksen, Ø., Sandvik, A. D. & Asplin, L. (2014). Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. *Aqua. Env. Inter.* 5, 127-141.
- Johnsen, I. A., Sandvik, A. D. & Asplin, L. (2017). Bevegelsen til vatnet forklarer høge lusenivå i Sognefjorden. http://www.imr.no/nyhetsarkiv/2017/juni/bevegelsen_til_vatnet_forklarer_hoge_luseniva_i_sognefjord_en/nb-no.
- Jonsson, N. (1991). Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic J. Fresh. Res.* 66, 20-35.
- Kambestad, M., Johnsen, G. H. & Urdal, K. (2015). Lakselusinfestasjoner på oppdrettslaks og på prematurt tilbakevandret sjøørret i Hardangerfjorden og Bjørnafjorden i 2015. *Rådgivende Biologer AS, rapport 2189*, s. 30.
- Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. & Svåsand, T. (2016). Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjons-områder basert på lakselus som indikator. *Rapport fra Havforskningen*, 137 s.
- Krkosek, M., Revie, C. W., Gargan, P. G., Skilbrei, O. T., Finstad, B. & Todd, C. D. (2013). Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proc. Biol. Sci.* 280.
- Myksvoll, M. S., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Asplin, L., Johnsen, I. A., Karlsen, Ø., Kristensen, N. M., Melsom, A., Nilsen, R., Skarðhamar, J. & Ådlandsvik, B. (i trykk). Validation of a national operational salmon lice monitoring system - from physics to fish. *Plos One*
- Nilsen, R., Bjørn, P. A., Serra-Llinares, R. M., Asplin, L., Johnsen, I. A., Skulstad, O. F., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Barlaup, B. & Vollset, K. W. (2014). Sluttrapport til Mattilsynet - Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2014. *Rapport fra Havforskningen*.
- Nilsen, R., Bjørn, P. A., Serra-Llinares, R. M., Asplin, L., Sandvik, A. D., Johnsen, I. A., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Barlaup, B., Vollset, K. W. & Lehmann, G. B. (2016). Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2015. En fullskala test av modellbasert varsling og tilstandsbekreftelse. *Rapport fra Havforskningen*, 55 s.

- Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Elvik, K. M. S., Asplin, L., Bjørn, Pål A., Johnsen, I. A., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Vollset, K. W. & Lehmann, G. B. (2017). Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs Norskekysten i 2016. Med vekt på modellbasert varsling og tilstandsbekreftelse. In *Rapport fra Havforskningen*, 55 s.
- NOU (1999). Til laks åt alle kan ingen gjera? Miljøverndepartementet. Statens forvaltningstjeneste, Oslo.
- Orell, P., Erkinaro, J., Svenning, M. A., Davidsen, J. G. & Niemelä, E. (2007). Synchrony in the downstream migration of smolts and upstream migration of adult Atlantic salmon in the subarctic River Utsjoki. *J. Fish Biol.* 71, 1735-1750.
- Plantalech Manel-La, N., Thorstad, E. B., Davidsen, J. G., Økland, F., Sivertsgård, R., McKinley, R. S. & Finstad, B. (2009). Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of the marine migration. *Fish. Man. Ecol.* 16, 147-154.
- Rikardsen, A. H. (2004). Seasonal occurrence of sea lice *Lepeophtheirus salmonis* on sea trout in two north Norwegian fjords. *J. Fish Biol.* 65, 711-722.
- Rikardsen, A. H., Haugland, M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Knudsen, R., Dempson, J. B., Holst, J. C., Hvidsten, N. A. & Holm, M. (2004). Geographical differences in marine feeding of Atlantic salmon post-smolts in Norwegian fjords. *J. Fish Biol.* 64, 1655-1679.
- Samsing, F., Johnsen, I., Stien, L. H., Oppedal, F., Albretsen, J., Asplin, L. & Dempster, T. (2016a). Predicting the effectiveness of depth-based technologies to prevent salmon lice infection using a dispersal model. *Preventive Veterinary Medicine* 129, 48-57.
- Samsing, F., Oppedal, F., Dalvin, S., Johnsen, I., Vågseth, T. & Dempster, T. (2016b). Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow universal models of temperature dependence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 73, 1841-1851.
- Sandvik, A. D., Bjørn, Pål A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skarðhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M. S. & Skogen, M. D. (2016). Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aqua. Env. Inter.* 8, 527-542.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R. & Asplin, L. (2016). Nearby farms are a source of lice for wild salmonids: a reply to Jansen mfl. (2016). *Aqua. Env. Inter.* 8, 351-356.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Harbitz, A., Berg, M. & Asplin, L. (2014). Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian "National Salmon Fjords". *Aqua. Env. Inter.* 5, 1-16.
- Shephard, S. & Gargan, P. (2017). Quantifying the contribution of sea lice from aquaculture to declining annual returns in a wild Atlantic salmon population. *Aqua. Env. Inter.* 9, 181-192.
- Shephard, S., MacIntyre, C. & Gargan, P. (2016). Aquaculture and environmental drivers of salmon lice infestation and body condition in sea trout. *Aqua. Env. Inter.* 8, 597-610.
- Sjåstad, K. (1996). Evaluering av midlertidige sikringssoner for laksefisk 1989-1994. Fiskeridirektoratet, Bergen. .
- Skilbrei, O. T. (2013). Migratory behaviour and ocean survival of escaped out-of-season smolts of farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aqua. Env. Inter.* 3, 213-221.
- Skilbrei, O. T., Finstad, B., Urdal, K., Bakke, G., Kroglund, F. & Strand, R. (2013). Impact of early salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation and differences in survival & marine growth of sea-ranched Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts 1997–2009. *J. Fish Dis.* 36, 249-260.
- Skilbrei, O. T., Glover, K. A., Samuelsen, O. B. & Lunestad, B. T. (2008). A laboratory study to evaluate the use of emamectin benzoate in the control of sea lice in sea-ranched Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 285, 2-7.
- Skilbrei, O. T. & Wennevik, V. (2006). Survival and growth of sea-ranched Atlantic salmon, *Salmo salar* L., treated against sea lice before release. *ICES J. Mar. Sci.* 63, 1317-1325.
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Stien, L. H., Taranger, G. L. & Boxaspen, K. K. (2016). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og Havet, særnummer 2-2016*.
- Sønvisen, S. A. (2003). Integrated coastal zone management (ICZM): The allocation of space in Norwegian aquaculture - from local lottery to central planning? : Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø, Tromsø.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Bjørn, P. A., Jansen, P. A., Heuch, P. A., Grøntvedt, R. N., Asplin, L., Skilbrei, O. T., Glover, K. A., Skaala, Ø., Wennevik, V. & Boxaspen, K. K. (2012). Forslag til førstegangs målemetode for miljøeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på villlevende laksefiskbestander *Fisken og Havet 13-2012 Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7-2012*.

- Thorstad, E. B., Todd, C. D., Bjørn, P. A., Gargan, P. G., Vollset, K. W., Halttunen, E., Kålås, S., Uglem, I., Berg, M. & Finstad, B. (2014). Effekter av lakselus på sjøørret - en litteraturoppsummering. *NINA Rapport*, s. 1-144.
- Thorstad, E. B., Todd, C. D., Uglem, I., Bjørn, P. A., Gargan, P. G., Vollset, K. W., Halttunen, E., Kålås, S., Berg, M. & Finstad, B. (2015). Effects of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on wild sea trout *Salmo trutta*—a literature review. *Aqua. Env. Inter.* 7, 91-113.
- Thorstad, E. B., Todd, C. D., Uglem, I., Bjørn, P. A., Gargan, P. G., Vollset, K. W., Halttunen, E., Kålås, S., Berg, M. & Finstad, B. (2016). Marine life of the sea trout. *Marine Biology* 163, 47.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Bjørn, P. A. & McKinley, R. S. (2004). Migration speeds and orientation of Atlantic salmon and sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Env. Biol. Fish.* 71, 305-311.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Plantalech, N., Bjørn, P. A. & McKinley, R. S. (2007). Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. *Hydrobiologia* 582, 99-107.
- Tingley, G. A., Ives, M. J. & Russell, I. C. (1997). The occurrence of lice on sea trout (*Salmo trutta* L.) captured in the sea off the East Anglian coast of England. *ICES J. Mar. Sci.* 54, 1120-1128.
- Tveiten, H., Bjørn, P. A., Johnsen, H. K., Finstad, B. & McKinley, R. S. (2010). Effects of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on temporal changes in cortisol, sex steroids, growth and reproductive investment in Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *J. Fish Biol.* 76, 2318-2341.
- Urke, H., Kristensen, T., Ulvund, J. B. & Alfredsen, J. A. (2013). Riverine and fjord migration of wild & hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fish. Man. Ecol.* 20, 544-552.
- Urke, H. A., Kristensen, T. & Ulvund, J. B. (2015). Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lardalselvi 2014. *INAQ AS rapport 1393*, 19 s.
- Venmathi Maran, B. A., Moon, S. Y., Ohtsuka, S., Oh, S.-Y., Soh, H. Y., Myoung, J.-G., Iglukowska, A. & 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.
- Vollset, K. W., Barlaup, B. T., Skoglund, H., Normann, E. S. & Skilbrei, O. T. (2014). Salmon lice increase the age of returning Atlantic salmon. *Biol. Lett.* 10.
- Vollset, K. W., Krontveit, R. I., Jansen, P. A., Finstad, B., Barlaup, B. T., Skilbrei, O. T., Krkošek, M., Romunstad, P., Aunsmo, A., Jensen, A. J. & Dohoo, I. (2016). Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish & Fisheries* 17, 714-730.
- Vøllestad, L. A., Skurdal, J. & L'Abée-Lund, J. H. (2014). Evaluation of a new management scheme for Norwegian Atlantic salmon *Salmo salar*. *Fish. Man. Ecol.* 21, 133-139.
- Wagner, G. N., McKinley, R. S., Bjørn, P. A. & Finstad, B. (2003). Physiological impact of sea lice on swimming performance of Atlantic salmon. *J. Fish Biol.* 62, 1000-1009.
- Wagner, G. N., McKinley, R. S., Bjørn, P. A. & Finstad, B. (2004). Short-term freshwater exposure benefits sea lice-infected Atlantic salmon. *J. Fish Biol.* 64, 1593-1604.
- Wells, A., Grierson, C. E., MacKenzie, M., Russon, I., Middlemiss, C., Bjørn, P. A., Finstad, B., Wendelaar Bonga, S. E., Todd, C. D. & Hazon, N. (2006). Physiological effects of simultaneous, abrupt seawater entry and sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation of wild, sea-run brown trout (*Salmo trutta*) smolts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64, 1360-1369.
- Wells, A., Grierson, C. E., Marshall, L., MacKenzie, M., Russon, I. J., Reinardy, H., Sivertsgård, R., Bjørn, P. A., Finstad, B., Wendelaar Bonga, S. E., Todd, C. D. & Hazon, N. (2007). Physiological consequences of premature freshwater return; for wild sea-run brown trout (*Salmo trutta*) postsmolts infested with sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64, 1360-1369.
- Wright, D. W., Oppedal, F. & Dempster, T. (2016). Early-stage sea lice recruits on Atlantic salmon are freshwater sensitive. *J. Fish Dis.* 39, 1179-1186.
- Økland, F., Thorstad, E. B., Finstad, B., Sivertsgård, R., Plantalech, N., Jepsen, N. & McKinley, R. S. (2006). Swimming speeds and orientation of wild Atlantic salmon post-smolts during the first stage of the marine migration. *Fisheries Management & Ecology* 13, 271-274.
- Øverli, Ø., Nordgreen, J., Mejdell, C. M., Janczak, A. M., Kittilsen, S., Johansen, I. B. & Horsberg, T. E. (2014). Ectoparasitic sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) affect behavior and brain serotonergic activity in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Perspectives on animal welfare. *Physiology & Behavior* 132, 44-50.

Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
Institute of Marine Research

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes
NO-5817 Bergen
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 31
E-post: post@hi.no

www.hi.no

