

Vurdering av kunnskapsgrunnlaget for å implementere lakselus på sjørret som en bærekraftsindikator i «produksjonsområdeforskriften»



Foto: Rune Nilsen, Havforskningsinstituttet

Ekspertgruppens leder og redaktør:

Frank Nilsen, *Professor ved Universitetet i Bergen*

Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):

Ingrid Ellingsen, *Seniorforsker ved SINTEF Ocean AS*

Bengt Finstad, *Seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

Kari O. Helgesen, *Forsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

Ørjan Karlsen, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Lars Qviller, *Forsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

Anne D. Sandvik, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Harald Sægrov, *Forsker ved Rådgivende Biologer AS*

Ola Ugedal, *Seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

Knut W. Vollset, *Forsker ved NORCE*

Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Helgesen, K. O., Karlsen, Ø., Qviller, L., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, O., Vollset, K.W. 2019. Vurdering av kunnskapsgrunnlaget for å implementere lakselus på sjøørret som en bærekraftsindikator i «produksjonsområdeforskriften». Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

ISBN 978-82-7744-200-6

Innhold

1 Sammendrag	4
2 Innledning	5
Oppdragets art	5
3 Kunnskapsstatus	5
Ørret – anadrom og stasjonær	5
Ørret, <i>Salmo trutta</i>	5
Livshistorie	5
Lakselus på sjøørret, smitteveier og smittetrykk	8
Patologi	8
Effekter på overlevelse og vekst	8
Kildene til lus på sjøørret	10
Effekter av lakselus på atferd til sjøørret	11
Andre påvirkninger enn lakselus	12
Ekspertgruppens vurdering av effekter av lakselus på sjøørret - konsekvenser på individ og populasjonsnivå	12
4 Diskusjon av mulige tilnærminger	13
Tapt marint leveområde som bærekraftsindikator	13
Hvordan kan modellene brukes til å evaluere effekter av lakselus på sjøørret	14
Bør bestandsovervåking inn som en komponent i trafikklyssystemet?	15
Lus på laks og ørret fra NALO som grunnlag for trafikklyssystemet	15
Påslag av lus på ørret i vaktbur.	15
5 Identifiserte kunnskapshull	16
6 Konklusjon	18
Referanser	19

1 Sammendrag

Nærings- og fiskeridepartementet har bedt "Ekspertgruppen" oppsummere det man vet om hvilke konsekvenser lakselus produsert i oppdrett har for sjøørretbestandene. Ekspertgruppen skal videre vurdere om den kan gjøre tilsvarende arbeid for sjøørret som den til nå har gjort for laks, og hvilke kunnskapshull som må tettes for å inkludere sjøørreten i en slik påvirkningsanalyse på sikt.

Beregningene ønskes brukt som en miljøindikator i det såkalte trafikkløssystemet. Trafikkløssystemet benytter dødelighet som følge av lakselus som miljøindikator på villaks i dag, der under 10 % lakselusindusert dødelighet kategoriseres som lav, mellom 10 % og 30 % som middels og over 30 % som høy. Sjøørret anses særlig sårbar for lakselus fordi den oppholder seg nær kysten under hele sjøoppholdet og kan overvintre i fjordområdene, ofte i samme områder som oppdrettsanleggene er lokalisert. Både tidligere og nyere rapporter indikerer at sjøørret som utsettes for smitte kan motvirke dødelighet ved å oppsøke ferskvann for avlusing (prematur tilbakevandring). Slik prematur tilbakevandring kan gå på bekostning av næringsopptak, og vil derfor også ha effekter på individene ved tapt tilvekst og redusert reproduksjon. En modell som estimerer prosentvis lakselusindusert dødelighet på like linje med laksesmolt vil kreve en langt mer komplisert modell på grunn av sjøørretens adaptive atferd. Foreløpig har vi for lite kunnskap til å implementere en slik dødelighetsmodell.

Ekspertgruppa foreslår en tilnærming som bruker smittepress til å vurdere når sjøørret ikke lenger kan oppholde seg i et område uten å få på seg dødelige mengder lakselus. En konsekvens av potensielt dødelige smittepress er at sjøørreten helt eller delvis forlater det marine miljø, og vi omtaler dette som tapt marint leveområde.

Modellene som benyttes på laks i dag beregner smittepress målt som tetthet av planktoniske lakselus i tid og rom. For å beregne sammenhengen mellom smittepress og antall lus per fisk, benyttes påslag på laksesmolt i bur, eller på trålfanget postsmolt laks.

Om det akkumulerte smittepresset i løpet av et gitt tidsrom overstiger definerte grenser i et område anses dette som tapt leveområde. Et slikt mål vil være gjennomsigtig og målbart med de metodene som benyttes i dagens overvåking (eksempelvis bur eller sjøørretfangst).

Parallelt med dette arbeidet må flere kunnskapshull tettes. I hovedsak dreier det seg om (1) å øke overvåkingen i flere produksjonsområder, (2) økt kunnskap om utbredelse og livshistorier, (3) økt kunnskap om bestandsstatus hos ørret, (4) økt kunnskap om vandringsatferd og vandringsruter både i relasjon til lakselus og generelt, (5) økt kunnskap om produksjonspotensialet i de ulike vassdragene, (6) justering av grenseverdier for dødelighet av lus på sjøørret samt (7) generell kunnskap om bestandseffekter av lakselus på sjøørret. Disse punktene er ikke en prioriteringsrekkefølge her men en oppsummering av punktene vi ønsker å belyse som kunnskapshull.

2 Innledning

Oppdragets art

Oppdraget er beskrevet som følger: «Ekspertgruppen skal utarbeide en kunnskapsoppdatering knyttet til sjøørret, som skal beskrive hva vi vet om lakseluspåvirkning fra oppdrett på sjøørret og hvilke konsekvenser slik påvirkning kan gi utslag i for sjøørretbestandene. Ekspertgruppen skal videre vurdere om vi har nok kunnskap til å gjøre tilsvarende vurderinger for sjøørret knyttet til lakseluspåvirkning som til nå er gjort for laks, og eventuelt hvilke kunnskapshull som må tettes for å inkludere sjøørreten i en slik påvirkningsanalyse på sikt».

Med en kunnskapsoppdatering forstår vi en sammenstilling av allerede kjent kunnskap om sjøørret. Vi anser det ikke som vårt mandat å gjennomføre en ny og fullstendig litteraturoppsummering, men vil i stor grad benytte oss av tidligere arbeid som har blitt gjort (for eksempel Karlsen mfl. 2016, Thorstad mfl. 2015, Thorstad & Finstad 2018) og oppdatere disse basert på ekspertgruppens oversikt over nye publiserte arbeid.

I dette dokumentet søker vi å utrede forskjellige løsninger for å beregne negative effekter av lakselus produsert i oppdrett på sjøørret. Innledningsvis gir vi en sammenstilling av kjent kunnskap om sjøørret som er relevant for problemstillingen, og vi kobler dette opp mot dødelighet som følge av lakselus. Vi legger så frem ulike forslag til hvordan vi kan møte problemstillingene vi er bedt om å belyse. Vi ser på hvilke av disse forslagene som er relevante med dagens kunnskap, og vi vil rangere disse ut i fra kunnskapsmangel, styrker og gjennomføringsevne.

3 Kunnskapsstatus

Ørret – anadrom og stasjonær

Ørret, *Salmo trutta*

Ørret er en laksefisk med naturlig utbredelse i Europa, Nord-Afrika og i det vestlige Asia, og den har blitt introdusert til mange andre steder i verden (Klemetsen mfl. 2003). Ørret finnes i mange ulike leveområder, fra små bekker til store elver, innsjøer og kystnære områder i sjøen, men den gyter kun i ferskvann. Anadrom ørret, det vil si ørret som har vandringer til saltvann, kalles sjøørret. Sjøørret og ferskvannsstasjonær ørret er samme art (*Salmo trutta*) og samme foreldre kan gi avkom med både anadrom og ferskvannsstasjonær livshistoriestrategi.

Det finnes trolig noen tusen elver og bekker med sjøørret langs hele norskekysten. Selv om bestandene i enkelte vassdrag er godt undersøkt (Elliott 1993, Jensen mfl. 2012, Jonsson & Jonsson 2009, Pemberton 1976), er antall bestander ukjent, og kunnskap om andeler sjøvandrende versus ferskvannsstasjonære individer i de kjente bestandene er mangelfull.

Livshistorie

Ørret forekommer både som ferskvannsstasjonære og anadrome bestander (Jonsson & Jonsson 2011, Klemetsen mfl. 2003, Thorstad mfl. 2016) (**Figur 1**). Individer i ferskvannsstasjonære bestander kan vandre mellom ulike leveområder i ferskvann, som mellom elver og innsjøer. I anadrome bestander har noen eller alle individene beitevandring til sjøen, og de har ofte flere vandringer til sjøen gjennom livet.

Fordelene med sjøvandring er tilgang på mer mat, mer plass, og dermed mindre konkurranse, som kan bidra til betydelig bedre vekst og reproduksjonsevne. Hunner av ørret vandrer oftere til sjøen enn hanner (Jonsson & Jonsson 2011). Hunner kan ha større fordel av beitevandring til saltvann, fordi økt kroppsstørrelse øker eggproduksjonen. Hanner kan enten ha som strategi å bli stor og dermed dominere i konkurransen på gyteplassene, eller de kan bli kjønnsmodne som små og forsøke seg på en snikestrategi som kjønnsmodne gytepar, og dermed oppnå en betydelig reproduktiv suksess uten kostnader ved sjøvandring (Jonsson & Jonsson 2011). Kostnader ved sjøvandring kan være knyttet til fysiologiske prosesser ved smoltifiseringen, økt parasittbelastning, andre typer patogener, predasjonsrisiko og energikostnader ved selve vandringen.

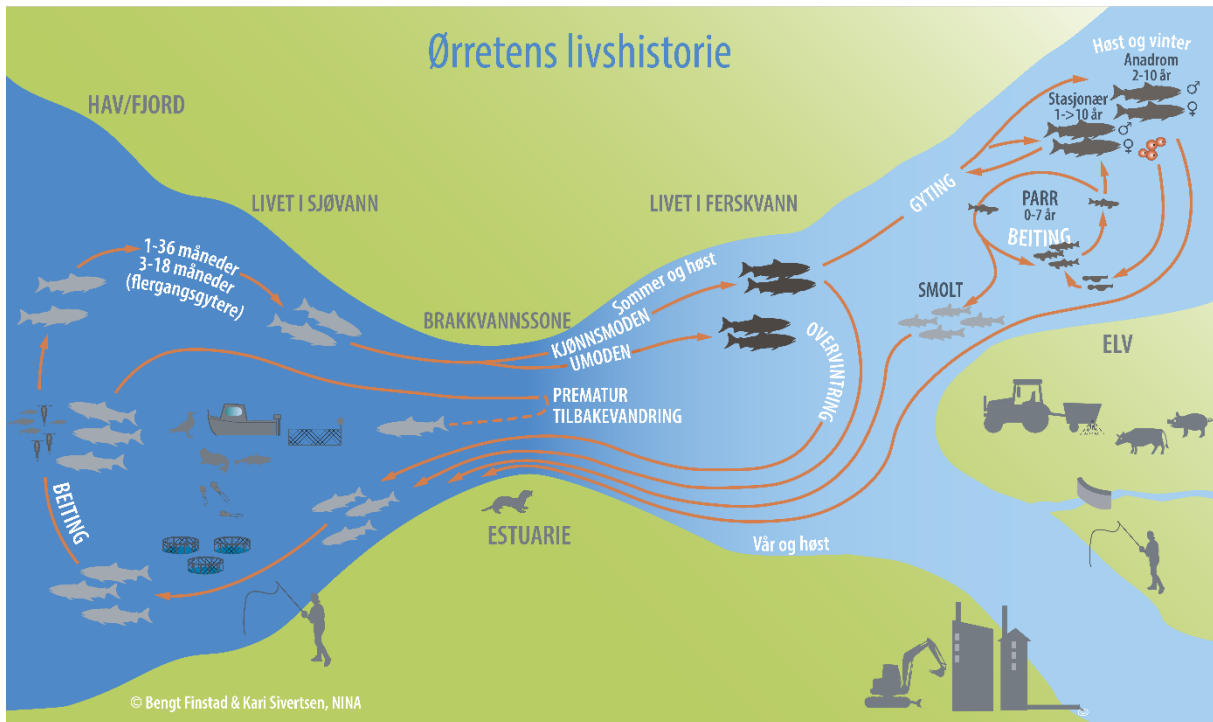
For anadrom ørret (sjøørret) anses derfor vandringen mellom ferskvann og saltvann som en adaptiv strategi der individer utnytter det optimale leveområdet i ulike deler av livssyklusen for å øke sin tilpasningsevne (Gross mfl. 1988). Sjøvandrende og ferskvannsstadjonære individer er vanskelige å gjenkjenne og skille basert på utseende (Koksvik & Steinnes 2005). Det er liten genetisk forskjell mellom anadrome og ferskvannsstadjonære individer innen en bestand. Det forekommer betydelig krysning mellom disse (Jonsson & Jonsson 2006), slik at ferskvannsstadjonære individer kan ha sjøvandrende mødre og omvendt (Limburg mfl. 2001). Anadromi er et trekk som kontrolleres av flere gener og miljø (Ferguson 2006). Innen ett vassdrag kan balansen mellom kostnader og fordeler med å leve stadjonært i ferskvann, og å vandre ut i sjøen medføre at flere ulike livshistoriestrategier utvikles og forekommer i samme system (Ferguson 2006).

Livshistoriestrategien som velges, og sammensetningen av ferskvannsstadjonaritet og anadromi innen en bestand, maksimerer trolig reproduktivt potensial for individer i bestanden. Valg av livshistorie synes å være stabil, men en bestand kan også endre tendensen til anadromi versus stadjonaritet ved ytre påvirkninger (Solomon 2006). Hvis dødeligheten i sjøen er høy og/eller det er dårlige vekstforhold i sjøen, kan ferskvannsstadjonaritet bli favorisert som optimal livshistoriestrategi i stedet for anadromi (Solomon 2006).

Ørret gyter i ferskvann, oftest i bekker og elver, om høsten, og eggene klekker følgende vår. Gyting i innsjøer kan også forekomme. Sjøørret vokser opp i bekker, elver eller innsjøer i 1-8 år (vanligvis 2-4 år) før de foretar den første sjøvandringen. De er da vanligvis 11-25 cm lange, men dette varierer mellom bestander. De kan enten bli værende i fjorder eller nær kystområder gjennom sommeren før de returnerer til ferskvann om høsten, eller umoden sjøørret kan bli værende i sjøen i ett eller to år før de returnerer til ferskvann. Vandring til åpne havområder er ikke vanlig, men kan forekomme. Mange individer foretar flere sjøvandring gjennom livet, og de kan ha repeterte gytinger. Ørreten returnerer vanligvis til elva den stammer fra for å gyte.

Sjøørretens atferd

Sjøørret og førstegangsutvandrende laks starter utvandring samtidig (se Karlsen mfl. 2016 for detaljer), men utvandringsforløpet virker å være noe mer irregulært og utstrakt hos ørret. Vårutvandringen er trolig en beitevandring. Fra elva Imsa er det kjent at det i tillegg kan foregå en betydelig høstvandring (Jonsson & Jonsson 2002), som kanskje kan tilskrives en overvintringsvandring.



Figur 1. Livssyklus hos ørret – stasjonær og anadrom (Finstad & Sivertsen, NINA).

Sjøørret kan returnere til elva gjennom hele året, men fra Imsa viser data over flere år at ca. 72% kommer tilbake til elva mellom august og oktober. Til sammenligning viste Jensen (1968) at ørret fra elva Istra hovedsakelig returnerte til elva mellom juli og november, og at hannfisk returnerte tidligere enn hunnfisk, men det motsatte er også observert i andre elver (Euzeneat 1999).

Generelt vandrer ørret tilbake til eleven den stammer fra det samme året, og overvintre der. Det er imidlertid vist at en andel av populasjonen vil overvintre andre steder enn i sin egen elv (Jensen mfl. 2015). I tillegg vil noen fisk, spesielt i Sør Norge stå i sjøen gjennom vinteren. Dette vil avhenge av ferskvannshabitatet. Lenger nord vil det være mer vanlig å overvintre i sjøen hvis ferskvannshabitatet fryser om vinteren.

Ørreten oppholder seg langs kystlinjen og foretar sjeldent lengre beitevandring i de åpne vannmassene (Davidsen mfl. 2018), men ørret har blitt fanget opp til 5 km fra kysten, så slike beitevandring forekommer (Thorstad mfl. 2014). Det er også gjort observasjoner av individer gjenfanget mer enn 800 km fra sin opprinnelseselv. Ved gjenfangst av merkede ørret gjenfinnes broparten av fisken i nærheten av elvemunningen til opprinnelseselven (Berg & Jonsson 1989). Det er videre vist at det er ingen korrelasjon mellom fiskestørrelse og avstand fra elvemunningen. Noen studier peker også på at det kan være genetisk populasjonsforskjeller i beitevandringstrategier (Jonsson mfl. 2005). Se ellers kunnskapsoppsummering av Thorstad mfl. (2014) for en mer detaljert beskrivelse av sjøørretens livshistorie og atferd.

Lakselus på sjøørret, smitteveier og smittetrykk

I den følgende teksten går vi systematisk gjennom (1) patologi av lakselus, (2) effekter på dødelighet, (3) opprinnelse av lus på sjøørret og (4) effekter av lakselus på atferd hos sjøørret

Patologi

Lakselusa spiser vertsfiskens skinn, vev og blod og forårsaker sår og vevsskader (se kunnskapsoppsummering i Finstad & Bjørn 2011, Finstad mfl. 2011, Karlsen mfl. 2016, Thorstad & Finstad 2018). Laboratorie- og feltundersøkelser har vist at lakselus kan forårsake ubalanse i ørretens osmoregulering (dvs. saltregulering), fysiologisk stress, anemi, redusert appetitt og vekst, økt sårbarhet for sekundære infeksjoner, redusert sykdomsmotstand og økt risiko for å dø. Dette blir spesielt fremtredende når lakselus utvikler seg fra fastsittende (chalimus 2) til bevegelige (pre-adult I) stadier.

Effekter på overlevelse og vekst

Bestandseffekter av lus: Undersøkelser basert på fangststatistikk og bestandsovervåking har vist endringer i bestandsstørrelser og endret livshistorie, og har knyttet dette til tilstedeværelsen av oppdrett og lakselus (Gargan mfl. 2016).

Fjørtoft mfl. (2014) benyttet arkivmateriale av skjell fra sjøørret og laks fra Etnevassdraget for å sammenligne vekst i ferskvann og sjø i de to periodene 1976–1982 og 2000–2007 i forhold til temperatur i elv, fjord og hav. Hos laks var veksten hos postsmolt i andre periode raskere enn i første periode, noe som kan forklares med observert temperaturstigning i det marine miljøet. Hos sjøørret var resultatet imidlertid motsatt, der ørreten i andre periode vokste saktere første og andre år i sjø sammenlignet med første periode på tross av temperaturøkning i fjorden. Hos sjøørret fant man også flere vekststopp indikert i skjellene fra andre periode enn i perioden 1976–1982. Den reduserte lengdeveksten tilsvarte en vektreduksjon på 20–40 %. Forfatterne konkluderte med at selv om endringer i mattilgjengelighet kan ha spilt en rolle for den reduserte veksten under sjøoppholdet, så var den negative endringen i vekst mest sannsynlig knyttet til de høye nivåene av lakselus i midtre og ytre deler av Hardangerfjorden i perioden 2000–2007.

Overvåking av lus og sammenligning med terskelverdier: I trafikklyssystemet benyttes indikatorer for årlig lakselusindusert dødelighet på produksjonsområdenivå, der under 10 % dødelighet kategoriseres som lav, mellom 10 % og 30 % som middels og over 30 % som høy (<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-16-2014-2015/id2401865/sec1>). Dette systemet er blant annet basert på Taranger mfl. (2015) og videre forklart i Vollset mfl. (2018). Disse verdiene er basert på tidligere laboratorieforsøk der en har sett på tålegrenser hos laks og sjøørret opp mot lusebelastning (Finstad & Bjørn 2011, Karlsen mfl. 2016). Havforskningsinstituttet koordinerer det årlige overvåkningsprogrammet på lakselus på laksefisk og gir ut en årlig risikorapport hvor effekter av lakselus på villfisk blir rapportert. I denne Risikorapporten blir fisken kategorisert inn i de ulike påvirkningsklassene basert på disse estimatene (Grefsrud mfl. 2018). Denne overvåkingen har generelt blitt delt opp i en tidlig periode og en sen periode i løpet av våren som skal tilsvare perioden når laksesmolten vandrer og når sjøørreten står i sjøen. I det siste perioden har det over flere år blitt

rapportert nivåer av lakselus på sjøørret som skulle tilsvare at en betydelig del av den anadrome delen av bestanden har nivåer av lus som de ikke ville overlevd i et laboratoriumsforøk. Dette har spesielt inntruffet i PO3 og PO4, men også ved flere andre stasjoner langs kysten.

Slippgruppestudier: Omfattende feltundersøkelser av vekst og overlevelse hos laks som er kjemisk beskyttet, sammenlignet med ubeskyttede kontrollgrupper har blitt brukt til å tallfeste dødelighet som følge av smitte av lakselus. Slike undersøkelser er relativt kostbare, arbeidskrevende, tar lang tid, og de kan underestimere effekten av lakselus av to årsaker. For det første gir middelet som tilsettes fiskeforet (emamektin benzoat) ikke nødvendigvis full beskyttelse for alle individene i den behandlede gruppen. Effekten av slik behandlingen avhenger av at fisken får i seg nok for med virkestoff, og hvor resistent lakselusa er mot emamektin benzoat. Resistensutvikling må antas å være størst i områder der lakseluspreparater har blitt brukt intensivt, som ofte vil være områder med stor oppdrettsaktivitet. Slippgruppestudier blir derfor mindre sensitive i områder med mye lakselus. For det andre er slike undersøkelser basert på klekkeriproduert laks for å kunne inkludere et stort nok antall fisk. På grunn av forskjeller i størrelse og egenskaper mellom klekkeriproduert og vill laksefisk krever overføring av resultater fra slike eksperiment til ville bestander nøye vurdering. Slike undersøkelser er også avhengig av gjenfangster av returnerende fisk, enten fra kommersielt fiske, sportsfiske eller fra fangstfeller.

Flere relevante undersøkelser på laks er gjennomført i flere elver og over flere år i både Irland og Norge (Jackson mfl. 2011a,b, 2013, 2014, Gargan mfl. 2012, Krkošek mfl. 2013, 2014, Skilbrei mfl. 2013). Resultater fra metaanalyser som inkluderte alle publiserte undersøkelser viste at beskyttelse mot lakselus hadde en betydelig positiv effekt på overlevelse fra smoltstadiet til de returnerte som voksne gytefisk. Relativ risiko i form av overlevelse i behandlet gruppe i forhold til overlevelse i ubehandlet gruppe var på 1,3:1 eller 1,4:1 (Krkošek mfl. 2013, 2014). Dette tilsvarer ifølge forfatterne en reduksjon i antall gytefisk som returnerer til elvene på 34-39 %, eller med andre ord, en redusert overlevelse fram til gyting på omlag en tredjedel. I Norge er det gjennomført et meta-analyse studie på alle norske slippgruppeforsøk fra 1996-2011 som konkluderer med en gjennomsnittlig reduksjon på cirka 11 %. Hovedkonklusjonen var at effekten avhenger av sjøoverlevelsen hos slippgruppene, hvor grupper med høy overlevelse har liten effekt av behandling og slippgrupper med lav overlevelse har stor effekt av behandling (Vollset mfl. 2015). Det er også viktig å påpeke at dette studiet ikke fant noen sammenheng mellom en enkel modell for smittepress fra oppdrett og effektstørrelse. Det er forøvrig et pågående arbeid med å koble de nye smittepressmodellene som brukes i ekspertgruppen til slike slippgruppeforsøk.

Det finnes kun én publisert undersøkelse der sjøoverlevelsen mellom sjøørret som er kjemisk beskyttet mot lakselus og ubeskyttede kontrollgrupper er blitt sammenlignet (Skaala mfl. 2014). Denne undersøkelsen viste generelt en lav overlevelse fra slipp til sjøørreten returnerte til elva, med 3,4 % overlevelse for beskyttet fisk og 1,8 % overlevelse for ubeskyttet kontrollfisk. Selv om disse overlevelsene er lave, så er de signifikant forskjellige mellom gruppene og viser i hvilken grad gytebestander av sjøørret kan reduseres på grunn av ekstra dødelighet forårsaket av lakselus (i dette tilfellet nesten en halvering).

Hvis denne typen studier skal gi dekkende kunnskap om lakselusindusert dødelighet for sjøørret kreves det en betydelig forskningsinnsats over flere år, og det ligger en betydelig

usikkerhet i overføringsverdien fra slike studier fordi omfanget krever bruk av klekkeriproduisert ørret, og behandlingen kan også påvirke ørretens overlevelse. For at slike undersøkelser skal bli tilstrekkelig informative må de følges opp av en rekke forsøk, både med slipp av kontrollgrupper som har fått samme fysiske behandling, og en rekke laboratorieundersøkelser som kan gi oss forståelse av hvordan ørreten reagerer på behandlingen den får. I tillegg avhenger disse studiene av at det blir gitt tillatelse til å bruke langtidsvirkende legemidler lusa ennå ikke er blitt resistent mot. Fordelen med en slik tilnærming er at den gir oss mulighet til å tallfeste lakselusindusert dødelighet i bestandene, slik vi gjør på laks.

Studier basert på fangststatistikk: En annen kilde til evaluering av tidstrender i sjøørretbestander er fangststatistikk. Otero mfl. (2017) brukte de offisielle sportsfiskefangstene av sjøørret fra 1969 til 2007, og viste at fangstene i Norge har økt med ca 15 % i denne perioden, og at fangstene påvirkes av vannføring og klima. Det ble ikke funnet noen effekt av tilstedeværelse av et oppdrettsanlegg nærmere enn 40 km fra elvemunningen. Forfatterne påpeker selv at det er problematisk å bruke datasettet til å konkludere om oppdrett har en effekt på sjøørret bestander, spesielt fordi bestander som har vært fredet eller har veldig få fangster i den siste perioden av datasettet (overvekt av bestander på Vestlandet) ikke er inkludert i datasettet. Dette betyr i praksis at mange av bestandene som det har vært mest bekymring for i forhold til påvirkning fra lus, ikke er inkludert i analysen. Generelt kan det påpekes at bruk av fangststatistikk for å evaluere effekter av lakselus isolert ansees som problematisk. Likevel er det viktig å påpeke at slike data kan være verdifulle for å evaluere storskala trender i bestander.

Kildene til lus på sjøørret

Lakselus kan bare fullføre livssyklusen på laksefisk. Kildene til lus på vill sjøørret kommer derfor hovedsakelig fra tre kilder: lus på oppdrettet laksefisk i anlegg, fra vill laksefisk, og fra rømt oppdrettet laksefisk. Betydningen av de ulike kildene vil nødvendigvis avhenge av oppdrettsintensitet og lus fra denne, da antallet oppdrettsfisk er vesentlig høyere enn villfisk langs store deler av kysten. Nylig er det vist at lus på sjøørret har høy forekomst av en genetisk variant som gir resistens mot lusemiddelet azametifos. Forekomsten var omtrent som på lus fra oppdrettslaks i de samme områdene (Fjørtoft mfl. 2017). Denne genvarianten var tidligere svært sjelden forekommende, men har blitt selektert fram ved legemiddelbehandlinger mot lus i oppdrettsanlegg (Fjørtoft mfl. 2017). Resultatene viser tydelig at lusen som finnes på de undersøkte sjøørretene kommer fra oppdrett. Sjøørret anses særlig sårbar for lakselus fordi den oppholder seg nær kysten under hele sjøoppholdet og den kan overvintre i fjordområdene, gjerne i samme områder som oppdrettsanleggene er lokalisert (Thorstad mfl. 2015).

Luesbelastning på vill laksefisk som følge av oppdrettsaktivitet er etter hvert godt dokumentert. Sjøørret i oppdrettsfrie områder har generelt lave nivå av lakselus (Serra-Llinares mfl., 2014, 2016, Karlsen mfl. 2018a). I oppdrettsintensive områder varierer nivået betydelig mellom ulike undersøkelser og områder, fra nivå sammenlignbart med oppdrettsfrie områder til så høye nivå at de innebærer en betydelig dødelighetsrisiko (Karlsen mfl. 2018b). Flere undersøkelser har vist høyere lakselusbelastning på vill sjøørret nær oppdrettsanlegg sammenlignet med lengre unna (Bjørn mfl. 2001, Bjørn & Finstad 2002, Gargan mfl. 2003, Middlemas mfl. 2013, Serra-Llinares mfl. 2014, 2016, Shephard mfl. 2016). Dette er spesielt fremtredende i områder der oppdrettsanlegg er nærmere enn 30 km. I en nylig publikasjon,

der antall klekte egg fra oppdrettsanlegg er eneste kilde til luselarver, er det funnet god sammenheng mellom modellert tetthet av luselarver og observerte lusetall av små stadier (copepoditt og chalimus) på fisk < 150g (Myksvoll mfl. 2018, Kristoffersen mfl 2018).

I en undersøkelse fra Irland og Skottland ble sjøørret fanget i elver med ulike avstander fra oppdrett undersøkt. Sjøørret fanget i elver nærmere oppdrettsanlegg hadde mer lus, og denne effekten ble tydelig forverret i varme år (Shephard mfl. 2016). Kondisjonen til denne sjøørreten var også lavere, og da spesielt i tørre år.

Det er også vist at lus på sjøørret sammenfaller med brakkleggingssyklusen i nærliggende oppdrettsanlegg (Vollset mfl. 2018). Sjøørret har langt mer lus når oppdrettsanleggene er i det andre produksjonsåret sammenlignet med det første. I det samme studiet er det også vist smittepressmodellen fra Veterinærinstituttet kan forklare en stor del av variasjonen i lusepåslag på sjøørret (Vollset mfl 2018).

Antall klekte luselarver øker oftest kraftig utover våren og sommeren, dette henger sammen med driftsform og økende temperatur. Resultatet i form av sesongdynamikk i tetthet av infektive larver kan sees både på <http://apps.vetinst.no/lusekart/> og <http://www.imr.no/lakseluskart/>. Generelt er det derfor sann at sjøørret som oppholder seg i sjøen vil oppleve et økende smittepress utover sommeren når temperaturen øker. En kritikk av korrelasjonen mellom modellert smittepress og lus på sjøørret har derfor vært at siden all overvåkning skjer på våren og forsommeren er det ikke mulig å statistisk skille om årsaken til at sjøørret får på seg mer lus utover våren og sommeren er fordi smitten fra oppdrett øker eller bare generelt at temperaturen øker (Jansen mfl. 2014). I Vollset mfl. (2018) viser de at selv om temperaturen styrer sesongdynamikken i lus på sjøørret, så er det smittepresset fra oppdrett som avgjør hvor stor lusebelastningen på sjøørret blir i de varmeste periodene. Epizootiske utbrudd av lakselus på sjøørret kan altså skje naturlig når sjøtemperaturen blir høy (se Nilsen mfl. 2017), men sannsynligheten for at dette skjer vil øke dramatisk med økt smittepresset fra oppdrett.

Effekter av lakselus på atferd til sjøørret

Prematur tilbakevandring til ferskvann er vanlig for sjøørret med høye nivå av lakselus (Birkeland & Jakobsen 1997). Prematur tilbakevandring kan medføre økt overlevelse og redusert lusenivå for individer, men reduserer også beiteperioden, næringstilgangen og dermed vekstpotensialet. Tilbakevandring kan derfor på sikt føre til redusert formeringsevne og overlevelse i bestanden. Sjøørret med sår kan også være mer sårbare for sopp og bakterieinfeksjoner i ferskvann enn uskadd fisk og gjøre fisken mer mottagelig for sykdommer.

Det er gjort undersøkelser av atferden til sjøørret over flere år (2012-2014) i Etne i ytre deler av Hardangerfjorden (Gjelland mfl. 2014, Halttunen mfl. 2018). Smittetrykket fra lakselus varierer mellom år i takt med brakkleggingsperiodene i området. I årene 2012–2014 (høyt-lavt-høyt smittetrykk) ble det merket og sporet 310 sjøørret med akustisk telemetri for å se om smittetrykket av lakselus påvirket sjøørretens vandring i fjorden. Den merkede ørreten holdt seg nærmere elva i år med høyt smittetrykk kontra i år med lavt smittetrykk (1949, 3102 og 2247 meter for respektive år 2012, 2013 og 2014). Sjøørreten oppholdt seg også i større grad i elveutløpet og i elva i år med høyt smittetrykk (11,6 %, 8,9 % og 16,4 % i sommersesongen for respektive år 2012, 2013 og 2014). Kortere sjøvandring både i omfang og tid vil redusere vekstmuligheter til sjøørret.

I 2016 og 2017 ble det gjennomført telemetrieforsøk med villfanget sjørøret i Sandnesfjorden i Aust-Agder (Serra-Llinares mfl. 2018, in prep). Fisken ble fanget i fjorden (2016) eller i felle ved utvandring fra elv (2017). Halvparten av fisken ble begge årene smittet med en relativt høy dose lakselus ($> 0,3$ lus/g fiskevekt). En stor del (40-60 %) av fisken vandret ut av fjorden i løpet av de første tre ukene og ble ikke observert å vende tilbake innen merkebatterienes levetid. Fisk som ble merket i 2017 har ikke vendt tilbake til hjemmelven høsten 2017 eller 2018. Av de som ble igjen i fjorden, returnerte de lusebefengte fiskene mye tidligere tilbake til elven enn kontrollfisken (18 ± 26 dager vs. 100 ± 49 dager respektivt), og de stod også betydelig nærmere ferskvannskilder under hele beiteperioden. Det ble ikke påvist signifikante forskjeller i dødelighet mellom smittet fisk og kontrollgruppen, dette kan skyldes at storparten av lusebefengt fisk returnerte til ferskvann relativt kort tid etter at lusen trolig har utviklet seg til skadelige stadier, men også at det var så få fisk igjen i fjorden at usikkerheten i datagrunnlaget gav testen lav styrke, og var lite egnet til å påvise slike forskjeller. Det ble her ikke observert forskjell i dybdebruk mellom infestert og kontrollfisk.

Andre påvirkninger enn lakselus

Andre faktorer enn lakselus kan påvirke sjørøretbestander negativt, og det er lokal og regional variasjon i hvilke faktorer som er de viktigste. Status for sjørøretbestander varierer over utbredelsesområdet i henhold til påvirkninger fra lokale og regionale faktorer. Disse inkluderer klimaendringer, forurensing, overfiske, sykdommer (forårsaket av virus, bakterier, sopp og parasitter, som også kan være knyttet til økt forekomst på grunn av oppdrett), kraftregulering, andre reguleringer av vassdrag, vandringshindre og habitatendringer. Noen faktorer, som kraftregulering, er påvirkninger i bestemte vassdrag, mens andre (som ferskvannsforsuring, lakselus og klimaendringer) kan påvirke flere bestander over større geografiske områder. Ofte kan flere menneskeskapte faktorer påvirke ørretbestander samtidig. Effekten av to samvirkende faktorer kan være komplekse, ikke-lineære og uforutsigbare, og den samlede effekten er ikke nødvendigvis klar ut fra kunnskap om effekten fra hver av faktorene alene. Klimaendring er spesielt en viktig faktor som vil samvirke med andre påvirkningsfaktorer, inkludert lakselus. Sjørøretbestander med redusert bestandsstørrelse og redusert genetisk variasjon og variasjon i livshistorietrekk på grunn av andre faktorer vil være mindre robuste til å tilpasse seg klimaendringer.

Ekspertgruppens vurdering av effekter av lakselus på sjørøret - konsekvenser på individ og populasjonsnivå

Basert på kunnskapsoppsummeringen fra 2016 (Karlsen mfl. 2016) og nyere data oppsummert i denne rapporten, anser vi at:

- Der er sannsynliggjort en økt dødelighet på lusebefengt sjørøret, men da sjørøret kan oppsøke ferskvann for avlusing er det vanskelig å tallfeste denne.
- Det er en tydelig respons hos en del av individene som er smittet med lakselus å avbryte beitevandringen og returnere til ferskvann tidligere enn normalt (prematur tilbakevandring).

Lakselus øker i liten grad faren for at ørret (sjøørret og stasjonær ørret) skal utryddes som art, men lakselus kan endre sjøørretens livshistorie gjennom å redusere veksten og overlevelsen i deler av det marine miljøet. Siden bare en del av ørreten vandrer til sjøen, vil redusert vekst og overlevelse redusere fordelene med sjøvandring, og lakselus kan dermed resultere i mindre grad av sjøvandring i områder med høye lusenivå. I ekstreme tilfeller kan dette i teorien føre til at livshistoriestrategien med sjøvandring forsvinner lokalt (Gargan mfl. 2003). Bestander som utnytter små bekker og elver med ustabile miljøforhold i deler av året, og som dermed er avhengige av å være i sjøen for å overleve gjennom ulike perioder (Limburg mfl. 2001), er spesielt sårbare ved økt marin dødelighet. Bestander i større vassdrag med stabile forhold for ørret gjennom året løper mindre risiko for slike negative effekter.

Redusert vekst i sjøen kan gi færre store hunnfisk, og kan forlenge generasjonstiden. Store individer bidrar med betydelig eggdeponering i bestanden, og både lengre generasjonstid og redusert størrelse på gytefisk kan dermed gi dårligere rekruttering mellom annet som følge av konkurranse med laks der størrelse vil være viktig. I tillegg regnes gjerne storvokste individer som verdifulle for sportsfiskere. Overvåking av ville bestander tyder på at slike endringer allerede har skjedd i noen vassdrag i oppdrettsintensive områder (Gargan mfl. 2016). Det finnes imidlertid få omfattende langtidsstudier av sjøørretbestander og undersøkelser av bestandseffekter av lakselus, så kunnskapen om dette er mangelfull.

4 Diskusjon av mulige tilnærminger

I de følgende avsnittene lister vi opp og diskuterer forskjellige mulige tilnærminger som kan brukes for å tilpasse konsekvensen av lakselus fra oppdrett på sjøørret som et element i trafikklyssystemet.

Tapt marint leveområde som bærekraftsindikator

Sjøørreten oppholder seg i kystnære farvann i hele den marine delen av sin livshistorie. Strategien med vandring til saltvann gir ørreten et betydelig utvidet leveområde. Man antar at dette er en viktig tilpasning med store fordeler for ørreten, både gjennom økt næringstilgang, økt reproduksjon og større konkurransedyktighet.

En viktig effekt av lus på sjøørret er at individene vil endre atferd når de blir befengt med lus. Dette er dokumentert i en rekke studier (Birkeland & Jakobsen 1996, Gjelland mfl. 2014, Halttunen mfl. 2018, Serra-Llinares mfl. 2018), både ved at fisken flytter seg horisontalt nærmere ferskvannskilder og vertikalt, nærmere overflaten (hvor det vanligvis er lavere salinitet). Lus vil dermed ha en effekt der man forhindrer sjøørreten i å benytte hele det marine habitatet (både horisontalt og vertikalt), som igjen vil kunne føre til redusert vekst og økt predasjon. Derfor vil sannsynligvis ikke direkte dødelighet av lus være en god miljøindikator for effekter av lus på sjøørret. Direkte dødelighet vil være et mål som avhenger sterkt av andre miljøforhold (som for eksempel hvor stor ferskvannsavrenningen er og hvor gode habitatforholdene er i nærliggende elver).

Et naturlig mål på hvordan lakselus fra oppdrett påvirker sjøørret er derimot hvor stor del av det naturlige marine habitat for sjøørreten som har forhøyede nivåer av lakselus og som kan føre til endret atferd hos sjøørret. En slik forringelse av det marine habitatet vil redusere fordelene ved en anadrom livshistorie, som igjen vil kunne føre til redusert overlevelse,

reproduksjon og derigjennom muligheter til å opprettholde bærekraftige populasjoner. Hvis habitatet forringes tilstrekkelig vil dette kunne føre til reduserte bestandsstørrelser, økt fare for utdøing i mindre populasjoner samt at hele den marine strategien kan forsvinne. Et slikt mål vil derfor kunne gi en bedre indikasjon på potensielle langtidseffekter på bestander og anadromi hos ørret. Dette vil kreve at en kvantifiserer hva som er det marine habitatet til ørreten i tid og rom og deretter modellerer smittepress på en god måte i de samme områdene og i det samme tidsrommet. Samtidig er den store fordelene med en slik tilnærming at den ikke diskriminerer mellom dødelighet, reproduksjon, fare for lokal utdøing eller tap av biologiske funksjoner. Modellene som per dags dato allerede er implementert vil være godt egnet til å beskrive en slik habitatsforringelse og følsomhet for ulike antagelser.

Ørretens kompliserte biologi gjør at man trenger meget store mengder data for å kvantifisere dødelighet slik vi gjør for laks, og slike estimater kan være vanskelige å oppnå. Ekspertgruppa vurderer derfor at den beste miljøindikatoren for ørret med dagens kunnskap, er i hvilken grad lakselus fra oppdrett fører til tapt marint leveområde. Gruppa er av den oppfatning at et slikt mål kan kvantifiseres ved å koble modellert smittepress i rom og tid opp mot påslag av lus i vaktbur, samt data fra NALO-programmet. Dette arbeidet vil være omfattende, men det er omforent enighet om at vi har data til å utvikle modeller som kvantifiserer tapt marint leveområde i dag. Et viktig element i dette arbeidet er å kunne beskrive sjøørretens marine habitatbruk i et slikt modellrammeverk på en god måte.

Hvordan kan modellene brukes til å evaluere effekter av lakselus på sjøørret

I arbeidet som er gjort så langt med trafikklyssystemet for å vurdere effekter av lakselus på utvandrende laksesmolt, er det blant annet brukt modellerte dødelighetsestimater. Modellene tar utgangspunkt i spesifikke svømmehastigheter og utvandringstidspunkt som er artsspesifikke. Sensitivitetsanalyser viser at de etablerte dødelighetsestimaterne for laksesmolt avhenger av at forutsetningene er korrekte (Kristoffersen mfl. 2018), og det hviler en usikkerhet ved dødelighetsestimaterne også for det spesifikke systemet modellene beskriver. Sjøørretens livshistorie bryter med disse fundamentale forutsetningene, og resultatene kan derfor ikke overføres direkte.

Modellrammverkene som benyttes for å beregne dødelighet på laks forutsetter at vi greier å plassere fisken i et beregnet smittepress. Sjøørret har et komplisert bevegelsesmønster i fjordområdene, og den vandrer sjelden ut i åpent hav. Ekspertgruppa vurderer derfor at vi har en lang vei å gå før vi har nok detaljkunnskap om sjøørretens områdebruk til å kvantifisere dødelighet som følge av modellert smittepress i tid og rom. Det kan derimot være mulig å bruke smittepress fra modellene til å finne områder hvor smittepresset er uakseptabelt høyt gitt at fisken oppholder seg i disse områdene i en gitt tidsperiode (Sandvik mfl. 2016, Kristoffersen mfl. 2018, Myksvoll mfl. 2018). Dermed vil det også være mulig å kvantifisere reduksjon i marint areal i et gitt område som sjøørreten kan benytte. Koblingen mellom et sånt mål og direkte dødelighet på anadrom fisk i et område slik det er foreslått i tidligere dokumenter som omhandler “produksjonsområdeforeskriften” (også omtalt som «trafikklyssystemet») er derimot uklare.

Bør bestandsovervåking inn som en komponent i trafikkløssystemet?

En direkte overvåking av bestander av sjøørret i ett utvalg av elver langs kysten sett i sammenheng med smittepress fra lakselus vil kunne gi et mer direkte svar på bærekraften i oppdrettsnæringa enn luseindusert dødelighet alene, da lakselus kan påvirke bestander negativt på flere måter enn ved kun å føre til direkte dødelighet. Populasjonsdynamikken vil alltid være et resultat av både dødelighet i forskjellige livsstadier og reproduksjon, og det er vanskelig å dokumentere årsakssammenhenger.

Overvåking av ørretpopulasjoner er samtidig tidkrevende, og det kan være mange årsaker bak svingninger i ørretpopulasjonene. For å skille ut effektene fra lus i oppdrett kreves det lange tidsserier, og vi har foreløpig lite data som kan brukes til slike studier.

Bestandsovervåking kan imidlertid brukes til å fange opp bestander som er spesielt sårbare, eller til å identifisere populasjoner i spesielt dårlig tilstand. Ekspertgruppa mener derfor at bestandsovervåkinger vil være et viktig tillegg til enhver annen miljøindikator.

Lus på laks og ørret fra NALO som grunnlag for trafikkløssystemet

NALO, Nasjonal lakselusovervåking, gjennomfører årlig en undersøkelse av lakselus på ruse og garnfanget sjøørret og sjørøye fra 3-6 stasjoner i hvert av de 13 produksjonsområdene. Arbeidet har med variasjon i omfang og metoder pågått siden 1992 (Finstad mfl. 1992, Finstad 1993, Nilsen mfl. 2018). I de senere år er Havforskningsinstituttets smittemodell en integrert del av overvåkingen (www.lakselus.no). Omfanget, metodene og kvaliteten på undersøkelsene er vesentlig forbedret de senere år.

I dag er metoden basert på en kombinasjon av geografisk dekning, tidsserier og adaptiv risikobasert overvåking. Med dette menes at det gjennomføres overvåking i kontrollområder hvor det ikke forventes noen påvirkning fra oppdrett mens andre stasjoner (eks. Hardanger) er etablert for å holde tidsserier og for å fange opp behov fra forvaltningen som effekt av brakklegging og effekt av nasjonale laksefjorder. I tillegg er andre stasjoner valgt basert på at smittemodellene indikerer at det er relativt mye lakselus i ett område.

I tolkingen av dataene sammenholdes derfor de fysiske observasjonene med modellprediksjonene. Dette gir anledning til å kalibrere sammenhengen mellom modell og observasjon, og gir også anledning til å se hvor mye lus det faktisk er på fisken der modellen viser høyt smittepress (Myksvoll mfl. 2018). En kan ut fra dette utlede hvor stort område som har et smittepress som vil gi mye lus på fisk som oppholder seg der. Studier av sammensetning av lakselus på enkeltindivider samt opplysninger om fiskens størrelse kan i tillegg benyttes for å si noe om når fisken ble smittet.

Ekspertgruppen vurderer at innsamling av slike data er svært viktig og vil være essensiell for andre tilnærminger som for eksempel påvirkninger på ørretens leveområder i de ulike produksjonsområdene.

Påslag av lus på ørret i vaktbur.

Vaktbur er små merder med oppdrettssmolt som står i sjøen i 2-3 uker. Disse står oftest relativt nært land. Påslag er målt i opptil 7 fjordsystemer langs kysten, i hver av disse posisjoneres fra 15 til 25 bur. Burene gir derfor et bilde på utbredelsen av lakselus i ulike

systemer i tid og rom. Vaktbur brukes for å finne sammenhengen mellom smittepress og lusepåslag i én dødelighetsmodell for laksesmolt (Aldrin 2016, Sandvik mfl. 2016, Kristoffersen mfl. 2018), og antas å være robust fordi vi vet hvor fisken har vært gjennom hele smitteperioden.

Telemetriforsøk med vill sjøørret indikerer at den oppholder seg i de øvre 1-3 meter i vannsøylen. Vaktburene henger fra 1-2 meter under overflaten og er derfor dekkende for vertikalposisjonen for vill laksefisk. Vaktburene inneholder oppdrettet laksesmolt. I laboratorieforsøk ble vill sjøørret lettere smittet enn oppdrettslaks (Bui mfl. 2018), og de fant at lusens utviklingshastighet var lik på disse artene. Dette er i samsvar med tidligere forsøk av Dawson mfl. (1997), mens det også er vist motsatt sammenheng (Glover mfl. 2003). Smitteeffektiviteten på vill sjøørret og laks anses derfor som relativt lik og dermed antas det at vaktbur med laksesmolt gir omtrent de samme resultatene som om det hadde vært sjøørret i burene. Ekspertgruppen vurderer det derfor slik at data fra lus på smolt i bur bør være en del av vurderingsgrunnlaget for trafikklyssystemet vedrørende sjøørret, og metoden bør brukes på riktige tidspunkter for å fange opp smittetrykket som sjøørret opplever under sin marine oppholdstid.

5 Identifiserte kunnskapshull

Lakselus talt på sjøørret har så langt i Trafikklysarbeidet blitt brukt som en indikator for hvor mye lakselus en kan forvente at det er på laks i det samme geografiske området, og dermed indirekte for å si noe om lakselusas effekt på dødelighet til utvandrende laksesmolt. Lakselus har imidlertid også direkte effekter på ørreten. Det er derfor naturlig at denne arten også inngår i en videre vurdering av effekten av lus i de ulike produksjonsområdene.

Et viktig første steg for å kunne starte arbeidet med å implementere sjøørret i trafikklyssystemet er å tilpasse modellverktøy for sjøørreten, først i form av smittepress og senere for å beregne påslag og mulige effekter av lakselus. Parallelt med dette arbeidet må det også settes inn tiltak for å tette flere kunnskapshull som er oppsummert og prioritert i tre ulike kategorier (bokstavene i parentes henviser til foreslåtte undersøkelser nedenfor):

Prioritet 1

- Det er middels kunnskap om grenseverdier for dødelighet av lus på sjøørret og hvilke nivåer med lakselus som gir prematur tilbakevandring. (b, e)
- Det er dårlig kunnskap om bestandseffekter av lus på sjøørret, og det er derfor stort behov for å fremskaffe slike data fremover.(a, f)
- Kunnskapsnivået om utbredelse og livshistorie hos sjøørret anses å være middels. Vi mangler også kunnskap hva som styrer forholdet mellom stasjonære og anadrome individer i ulike bestander. (b, f, g, i)

Prioritet 2

- Kunnskap om utvandring til sjø, oppholdstid i sjø, vandringsruter, oppvandring til ferskvann samt prematur tilbakevandring ansees som middels. (b, d, g)
- Vi har informasjon om påslag av lakselus på sjøørret fra hele norskekysten, men det er mangelfull dekning i flere produksjonsområder. (h)

Prioritet 3

- Kunnskap om bestandsstatus er dårlig i de fleste av de 1127 vassdragene med sjøørret rapportert i Miljødirektoratets villaksportal. (c, f)
- Vi har liten kunnskap om hvor mye sjøørretsmolt ulike vassdrag gir opphav til og kan per dags dato dermed ikke beregne noen god teoretisk smoltproduksjon for ulike fjorder eller produksjonsområder. (c, f, i)

Anbefalte undersøkelser for å tette disse kunnskapshullene fremover:

a) Slippstudier med utsett av behandlet og ubehandlet sjøørret i ulike fjordsystemer der tilbakevendning blir målt. Slike studier gir viktig informasjon om parasittindusert dødelighet i den marine fasen og vil være en viktig faktor for vurdering av bestandsreduserende effekter av lusesmitte. Både anleggsprodusert sjøørret av god smoltkvalitet samt villfisk av sjøørret må inngå i disse studiene. Det bør jobbes spesielt med å gjøre en vurdering av hvilken type lusebehandling som kan kunne brukes i slike studier.

b) Atferd hos sjøørret i fjordsystem med og uten lakselus for å øke kunnskapen om det marine habitatet til sjøørret. Det er vist at sjøørret kan respondere med prematur tilbakevandring til ferskvann som følge av infeksjoner med lakselus. Adferdsstudier med infisert og uinfisert sjøørret vil gi viktig informasjon om hvorvidt lakselus fører til endringer i habitatvalg, noe som igjen kan ha konsekvenser for fiskens videre formeringsevne og overlevelse. Slike studier kan utføres vha. individmerking og bruk av avansert merketeknologi (hydroakustiske merker og PIT-merker) og registreringer på sjøørret i utvalgte vassdrag i de 13 produksjonssonene for å overvåke bestandssvingninger som følge av lakseluspåvirkning.

c) Bestandsstatus hos sjøørret i laksevassdrag og i andre større vassdrag og bekker. Det vil være viktig å ha gode data på sjøørretbestandene om denne skal inngå som en del av trafikklyssystemet. Det er langt flere sjøørretvassdrag enn laksevassdrag og data fra disse må sammenstilles slik at man har oversikt over bestander og hvilke data som eventuelt mangler. Data fra et påbegynt arbeid på sjøørret i Vitenskapelig råd for lakseforvaltning kan brukes som et supplement til dette arbeidet.

d) Tidspunkt og forløp for utvandring og oppholdstid i sjø for sjøørret. Flere slike data må skaffes for å kunne beregne effekter av lakselus på sjøørret. Dette er spesielt viktig i forbindelse med modellering.

e) Grenseverdier for dødelighet av lus på sjøørret (og laks). Hoveddelen av slike undersøkelser er utført på sjøørret og overført til laks, men det trengs ytterligere kunnskap mht. (1) hvordan lusa påvirker de ulike livsstadiene hos sjøørret, (2) effekter på avkom, og (3)

variasjon og evolusjon av immunrespons. I tillegg er undersøkelser på grenseverdier hos voksen fisk kun foretatt på sjørøye, og det er dermed særs viktig å skaffe kunnskap om dette.

f) Utvikling og tilpasning av et modellverktøy til sjøørret. Det må etableres bestandsmodeller av sjøørret i de ulike sonene. Dette arbeidet kan blant annet bygge på populasjonsmodeller som er under utvikling i ICES arbeidsgruppe WGTRUTTA.

g) Kunnskap om saltholdighet og atferd hos sjøørret. Det er behov for økt kunnskap om atferd hos sjøørret, både med og uten lakselus. Lav saltholdighet er en begrensende faktor for forekomst av lakseluskopepoditter og det er behov for kunnskap om i hvor stor grad sjøørreten oppsøker områder med lavere saltholdighet for å unngå smitte og eventuelt redusere det osmotiske stresset lakselus kan forårsake. Dette er viktig kunnskapsgrunnlag for å kunne utvikle gode modeller.

h) Infeksjonsdynamikk av lakselus gjennom året på sjøørret. Sjøørret kan oppholde seg store deler av året i sjøen. Dette gjelder spesielt for sjøørret som gyter i bekker som er for små til at de kan overleve utenom gytetiden. Det betyr at man har behov for overvåkingsdata gjennom store deler av året for å sikre at man kan registrere infeksjonstopper som kan forekomme på helt andre tidspunkt enn for villaks

i) Kunnskap om hva som styrer forholdet mellom stasjonære og anadrome individer i ulike bestander. Kunnskap om hva som økologisk og genetisk styrer anadromi er mangelfull. Vår forståelse av mekanismene bak disse strategiene vil være meget viktig å forstå for å kunne gjøre evaluering av effekten av lakselus på den anadrome delen av ørretbestander.

6 Konklusjon

Ekspertgruppen har diskutert hvordan sjøørret kan inngå som en del av arbeidet med vurdere effekten av lakselus fra oppdrett. Laks og sjøørret har svært ulike livshistorier, og dette er av stor betydning når effekten av lakselus skal vurderes.

- Siden sjøørreten oppholder seg ved kysten og i fjordene i hele den marine fasen er de påvirket av lakselus fra oppdrettsanlegg over en langt større periode enn utvandrende laksesmolt. Det er også vist at sjøørret har en atferdsrespons til lakselusinfeksjoner som gir prematur tilbakevandring til ferskvann/områder med lav salinitet. I tillegg vil sjøørreten være av svært ulik størrelse og dermed vil effekten av infeksjoner være ulike. Dette betyr at tilnærmingene for å beregne effekten av lakselus på sjøørret vil være ulik de som er benyttet for laks. En mulig tilnærming som er diskutert i ekspertgruppen er å beregne endringer i tilgjengelig leveområde som følge av smittepress fra lakselus. Redusert tilgjengelighet av marint habitat vil gi effekter på sjøørretbestander i form av redusert reproduksjonspotensiale og overlevelse. Dette vil kunne inkludere effekter som fører til prematur tilbakevandring.
- I Trafikklysarbeidet så langt har lakselus talt på ørret blitt brukt som indikator for antall lus på laks i samme område. Lakselus påvirker også ørret, og det er naturlig at effekter fra lakselus på ørret inngår i en videre utvikling av Trafikklyssystemet. Når sjøørret kan inngå som en del av trafikklyssystemet avhenger av når viktige kunnskapshull er tettet og når metoder og modeller også er tilpasset sjøørret.

Ekspertgruppen foreslår derfor at sjøørret gradvis innarbeides i rapportene fra gruppen.

- Første trinn er å beregne endringer i tilgjengelig habitat for sjøørret som følge av smittepress med lakselus. Dette krever at det utarbeides en metodikk for å gjøre slike vurderinger. Dersom metodikken er etablert og testet kan dette trolig inngå i rapporten for 2019.
- Parallelt med dette arbeidet må det også settes inn tiltak for å tette flere kunnskapshull for å minimere usikkerheten til disse estimatene. Når sjøørret kan inngå som en del av parasittindusert dødelighet er avhengig av hvor raskt kunnskapshullene tettes.
- Man kan gjennomføre beregninger og analyser på sjøørret men først inkludere det i ekspertgruppens rapport når gruppen mener datagrunnlaget og modeller er gode nok til å inngå som en del av vurderingene for lakseluspåvirkning i de ulike produksjonsområdene.

Referanser

- Berg, O.K. & Jonsson, B. (1989). Migratory patterns of anadromous Atlantic salmon, brown trout, and Arctic charr from the Vardnes River in northern Norway. pp. 106–115. I: Proceedings of the Salmonid Migration and Distribution Symposium, Trondheim, June 23–25 1987, School of Fisheries, University of Washington, Seattle.
- 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. & Kristoffersen, R. (2001). Salmon lice infection of wild sea trout and Arctic charr in marine and freshwater: the effects of salmon farms. Aqua. Res. 32, 947-962.
- Bui, S., Halttunen, E., Mohn, A.M., Vågseth, T. & Oppedal, F. (2018). Salmon lice evasion, susceptibility, retention, and development differ amongst host salmonid species. ICES J. Mar. Sci. 75, 1071-1079.
- Davidson, J.G., Eldøy, S.H., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., Bordeleau, X., Daverdin, M., Whoriskey, F. & Koksvik, J.I. (2018). Marine vandringer og områdebruk hos sjøørret og sjørøye i Tosenfjorden – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2018-8: 1-84.
- Dawson, L.H.J., Pike, A.W., Houlihan, D.F. & McVicar, A.H. (1997). Comparison of the susceptibility of sea trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837)) infections. ICES J. Mar. Sci. 54, 1129-1139.
- Elliott, J. 1993. The pattern of natural mortality throughout the life cycle in contrasting populations of brown trout, *Salmo trutta* L. Fish. Res. 17, 123-136.

Formatte

Formatte

- Ferguson, A. (2006). Genetics of sea trout, with particular reference to Britain and Ireland. I: *Sea trout: biology, conservation and management* (Harris, G. & Milner, N. red), Blackwell Science Ltd. pp. 157-182.
- 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. red.). Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 281-305.
- Finstad, B. (1993). Økologiske og fysiologiske konsekvenser av lus på laksefisk i fjordsystem. NINA Oppdragsmelding 213: 1-18.
- Finstad, B., Bjørn, P.A., Todd, C.D., Whoriskey, F., Gargan, P.G., Forde, G. & Revie, C. (2011). The effect of sea lice on Atlantic salmon and other salmonid species (Chapter 10). I *Atlantic Salmon Ecology* (Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J., red.), pp. 253-276. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Finstad, B., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. (1992). Registreringer av lakselus på laksesmolt fanget i Trondheimsfjorden. NINA Oppdragsmelding 171: 1-11.
- Fjørtoft, H. B., Borgstrøm, R. & Skaala, Ø. (2014). Differential changes in growth patterns of anadromous brown trout and Atlantic salmon from the River Etneelva over a 25-year period. *Mar. Biol. Res.* 10, 301-307.
- Fjørtoft, H.B., Besnier, F., Stene, A., Nilsen, F., Bjørn, P.A., Tveten, A.-K., Finstad, B., Aspehaug, V. & Glover, K.A. (2017). The Phe362Tyr mutation conveying resistance to organophosphates occurs in high frequencies in salmon lice collected from wild salmon and trout. *Scientific Reports* 7, 14258.
- Gargan, P. G., Forde, G., Hazon, N., Russel, D.J.F. & 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.
- Gargan, P. G., Kelly, F. L., Shephard, S. & Whelan, K. F. (2016). Temporal variation in sea trout *Salmo trutta* life history traits in the Erriff River, western Ireland. *Aquacult. Env. Interac.* 8, 675-689.
- Gargan, P.G., Tully, O. & Poole, W.R. (2003). Relationship between sea lice infestation, sea lice production and sea trout survival in Ireland, 1992-2001. Blackwell Science Ltd., Osney Mead Oxford OX2 0EL UK,
- 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. *Aquacult. Env. Interac.* 5, 221-233.
- Glover, K.A., Skaala, Ø., Nilsen, F., Olsen, R., Teale, A.J. & Taggart, J.B. (2003). Differing susceptibility of anadromous brown trout (*Salmo trutta* L.) populations to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837)) infection. *ICES J. Mar. Sci.* 60, 1139-1148.
- Grefsrud, E.S., Glover, K., Grøsvik, B.E., Husa, V., Karlsen, Ø., Kristiansen, T., Kvamme, B.O., Mortensen, S., Samuelsen, O.B., Stien, L.H. & Svåsand, T. (red.) (2018). Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2018. Fisken og Havet, særnr. 1-2018.
- Gross, M.R., Coleman, R.M., and McDowall, R.M. (1988). Aquatic productivity and the evolution of diadromous fish migration. *Science* 239, 1291-1293.
- Halttunen, E., Gjelland, K.Ø., Hamel, S., Serra-Llinares, R.M., Nilsen, R., Arechavala-Lopez, P., Skarðhamar, J., Johnsen, I. A., Asplin, L., Karlsen, Ø., Bjørn, P.A. & Finstad, B.

Formatt

Formatt

Formatt

Formatt

- (2018). Sea trout adapt their migratory behaviour in response to high salmon lice concentrations. *J. Fish Dis.* 41, 953-967.
- 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.
- 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.
- Jensen, A. J., Finstad, B., Fiske, P., Hvidsten, N.A., Rikardsen, A.H. & Saksgård, L. (2012). Timing of smolt migration in sympatric populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic char (*Salvelinus alpinus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69, 711-723.
- Jensen, A.J., Diserud, O.H., Finstad, B., Fiske, P. & Rikardsen, A.H. (2015). Between-watershed movements of two anadromous salmonids in the Arctic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 72(6), 855-863.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2006). Life-history effects of migratory costs in anadromous brown trout. *J. Fish Biol.* 69, 860-869.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2009). A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *J. Fish Biol.* 75, 2381-2447.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2011. Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout - Habitat as a template for life histories. Springer.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. (2002). Migration of anadromous brown trout *Salmo trutta* in a Norwegian river. *Fresh. Biology* 47, 1391-1401.
- Karlsen, Ø., Asplin, L., Finstad, B., Sandvik, A.D., Serra-Llinares, R.M., Johnsen, I.A., Nilsen, R., Berg, M., Uglem, I. & Bjørn, P.A. (2018). Effekten av nasjonale laksefjorder på risikoen for lakselusinfestasjon hos vill laksefisk langs norskekysten - Sluttrapportering av ordningen med nasjonale laksefjorder. *Fisken og Havet* nr 2 - 2018.
- 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 nr. 14-2016.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecol. Freshw. Fish* 12, 1-59.
- Koksvik, J.I. & Steinnes, E. (2005). Strontium content of scales as a marker for distinguishing between sea trout and brown trout. *Hydrobiologia* 544, 51-54.

- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Helgesen, K.O., Vollset, K.W., Viljugrein, H. & Jansen, P.A. (2018). Quantitative risk assessment of salmon louse-induced mortality of seaward-migrating post-smolt Atlantic salmon. *Epidemics* 23, 19-33.
- Krkošek, M., Revie, C.W., Finstad, B. & Todd, C.D. (2014). Comment on Jackson et al. '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.* 37, 415-417.
- Limburg, K.E., Landergren, P., Westin, L., Elfman, M. & Kristiansson, P. (2001). Flexible modes of anadromy in Baltic sea trout: making the most of marginal spawning streams. *J. Fish Biol.* 59, 682-695.
- Middlemas, S.J., Fryer, R.J., Tulett, D. & Armstrong, J.D. (2013). Relationship between sea lice levels on sea trout and fish farm activity in western Scotland. *Fisheries Manag. Ecol.* 20, 68-74.
- Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Asplin, L., Johnsen, I.A., Karlsen, Ø., Kristensen, N.M., Melsom, A., Skarðhamar, J. & Ådlandsvik, B. (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system – from physics to fish. *PLoS ONE*, 13(7): e0201338
- 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. (2016). Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2015. En fullskalatest av modellbasert varslings og tilstandsbekreftelse. Rapport fra Havforskningen nr 2 -2016
- Nilsen, R., Elvik, K.M.S., Serra Llinares, R.M., Sandvik, A.D., Asplin, L., Johnsen, I.A., Bjørn, P.A., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Lehmann, G.B. & Vollset, K.W. (2018). Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs Norskekysten i 2017. Rapport fra havforskningen nr. 4-2018.
- Otero, J., L'Abée-Lund, J. H. & Vøllestad, A. (2017). Temporal and spatial variation in recreational catches of anadromous brown trout, *Salmo trutta*, in Norwegian rivers. *Hydrobiologia* 797, 199-213.
- Pemberton, R. (1976). Sea trout in North Argyll sea lochs, population, distribution and movements. *J. Fish Biol.* 9, 157-179.
- Sandvik, A.D., Bjørn, P.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. *Aquacult. Env. Interac.* 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 et al. (2016). *Aquacult. Env. Interac.* 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". *Aquacult. Env. Interac.* 5, 1-16.
- Shephard, S., MacIntyre, C. & Gargan, P. (2016). Aquaculture and environmental drivers of salmon lice infestation and body condition in sea trout. *Aquacult. Env. Interac.* 8, 597-610.
- Skaala, Ø, S. Kålås & R. Borgstrøm. (2014). Evidence of salmon lice-induced mortality of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in the Hardangerfjord, Norway, *Marine Biology Research* 10, 279-288.
- 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 and

- marine growth of sea-ranched Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts 1997–2009. J. Fish Dis. 36, 249-260.
- Solomon, D. (2006). Migration as a life-history strategy for the sea trout. I: *Sea trout: biology, conservation and management* (Harris, G. & Milner, N. red), Blackwell Science Ltd. Pp. 224-233.
- Taranger, G.L., Karlsen, Ø., Bannister, R.J., Glover, K.A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B.O., Boxaspen, K.K., Bjørn, P.A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H.C. & Svåsand, T. (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. ICES J. Mar. Sci. 72, 997-1021.
- Thorstad, E.B. & Finstad, B. (2018). Impacts of salmon lice emanating from salmon farms on wild Atlantic salmon and sea trout. NINA Report 1449, 1-22.
- 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. Aquacult. Env. Interac. 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., and Finstad, B. (2016). Marine life of the sea trout. Marine Biology 163, 1-19.
- Vollset, K. W., Dohoo, I., Karlsen, Ø., Halttunen, E., Kvamme, B. O., Finstad, B., Wennevik, V., Diserud, O. H., Bateman, A., Friedland, K. D., Mahlum, S., Jørgensen, C., Qviller, L., Krkošek, M., Åtland, Å. & Barlaup, B. T. (2018). Disentangling the role of sea lice on the marine survival of Atlantic salmon. ICES J. Mar. Sci 75, 50-60.
- 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 and Fisheries 17, 714-730.
- Vollset, K.W., Qviller, L., Skår, B., Barlaup, B.T. & Dohoo, I. (2018). Parasitic sea louse infestations on wild sea trout: separating the roles of fish farms and temperature. Parasites & Vectors 11, 609.