

Jan Grimsrud Davidsen og Gaute Kjærstad

Oppdrett av laksefisk i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden

Konsekvenser for villaks, sjørørret, sjørøye og ulike arter av
hvitfisk

NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk notat 2019-13



NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2019-13

Jan Grimsrud Davidsen og Gaute Kjærstad

**Oppdrett av laksefisk i åpne anlegg i
Bindalsfjorden og Tosenfjorden**
Konsekvenser for villaks, sjørørret, sjørøye og
ulike arter av hvitfisk

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Botanisk notat og Zoologisk notat. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Notatserien benyttes til rapportering fra mindre prosjekter og utredninger, datadokumentasjon, statusrapporter, samt annet materiale som ikke har en endelig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/web/museum/publikasjoner>

Referanse

Dauidsen, J.G. & Kjærstad, G. 2019. Oppdrett av laksefisk i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden. Konsekvenser for villaks, sjørørret og sjørøye og ulike arter av hvitfisk – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2019-13: 1-19.

Trondheim, november 2019

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Institutt for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 80
e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Hans K. Stenøien (instituttleder)

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Indre del av Tosenfjorden. Foto: Jan Grimsrud Dauidsen

www.ntnu.no/museum

ISBN 978-82-8322-207-4
ISSN 1894-0064

Sammendrag

Dauidsen, J.G. & Kjærstad, G. 2019. Oppdrett av laksefisk i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden. Konsekvenser for villaks, sjørørret og sjørøye og ulike arter av hvitfisk – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2019-13: 1-19.

Villaks, sjørørret og sjørøye er alle viktige sportsfisk i Bindalsfjorden, Tosenfjorden og tilstøtende vassdrag. Sportsfisket er en viktig del av lokal kultur og identitet, men bidrar også til næringslivet, herunder salg av fiskekort og overnatting for tilreisende. Hvitfisk er en gruppe av viktige arter for kommersielt fiske og bidrar til arbeidsplasser og næringsvirksomhet. I tillegg er flere av disse artene også av betydning for lokal kultur og tradisjonelt matauk-fiske i sjøen.

Veksten av ny oppdrettsvirksomhet langs kysten utfordrer forvaltningsmyndighetene. God kystsonerplanlegging krever tilgang på informasjon om konsekvenser av aktuelle inngrep hvilket er spesielt utfordrende i sjøen da datagrunnlaget mange steder er mangelfullt.

Med utgangspunkt i tilgjengelig informasjon og litteratur ble det i denne konsekvensutredningen gjort en vurdering av risiko for genetisk innblanding i anadrome vassdrag i Bindalsfjorden og Tosenfjorden fra rømt oppdrettslaks. Videre ble det gjort en vurdering av risikoen for spredning av patogener (lakselus og andre parasitter, virus og bakterier) mellom oppdrettsfisk i Bindalsfjorden og Tosenfjorden og villaks, sjørørret, sjørøye og hvitfisk.

Det vurderes at hele Bindalsfjorden og Tosenfjorden har stor verdi for sjørørret, sjørøye og villaks og at oppdrett i åpne anlegg i disse fjordene har en middels negativ virkning på de tre artene. Derfor blir den endelige vurdering at økt produksjon av oppdrettslaks i åpne anlegg i fjordsystemene vil ha stor negativ betydning for sjørørret, sjørøye og villaks. For hvitfisk så vurderes det at de to fjordsystemene har middels verdi for disse artene og at oppdrett i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden har liten negativ virkning. En økning av produksjonen i åpne anlegg vurderes derfor til å ha liten til middels negativ betydning for hvitfisk. Til grunn for vurderingen er lagt den kunnskapen vi har per i dag. Men det understrekes at det er store kunnskapshull når det kommer til potensielle negative effekter av oppdrett på laksefisk og at effektene på villaks, sjørørret, sjørøye og hvitfisk derfor kan være større enn det som fremkommer av ovenstående vurdering.

Ved sammenstilling av kjent kunnskap er det tydelig at det ikke er lokaliteter i Bindalsfjorden og Tosenfjorden som har en plassering som er godt egnet for oppdrett i åpne anlegg og som samtidig ivaretar hensynet til bestandene av vill laksefisk. Samlet sett framstår området mellom Terråk og Urvoldvassdraget, området rundt øya Øksningen og den ytre halvdel av Tosenfjorden som det viktigste å skjerme for økt press på villaks, sjørørret og sjørøye, men lokalisering av nye lokaliteter med åpne anlegg i indre deler av Tosenfjorden vil uten tvil øke presset på sjørørretbestandene i Bogelva og Storelva, mens etablering av åpne anlegg nord og øst for Stavøya og Imøya antakeligvis vil ha en negativ påvirkning på sjørørretbestanden i Eidevassdraget. Åpne anlegg i selve Bindalsfjorden vil påvirke all villaks som vandrer til og fra havet, samt sjørørret fra Urvoldvassdraget, Åelva og, antakeligvis, Eidevassdraget.

Basert på eksisterende kunnskap anbefales det å ikke tillate økt produksjon av laksefisk i åpne oppdrettsanlegg i Tosenfjorden og Bindalsfjorden. For å unngå økt negativ påvirkning av vill fisk i fjordsystemene bør produksjonen benytte seg av teknologi som hindrer utveksling av patogener mellom oppdrettsfisk og vill fisk. Eksempler på dette er lukkede anlegg i sjøen eller anlegg på land.

Nøkkelord: innkryssing – kystsonerplanlegging – lakselus – rømt oppdrettslaks – sykdomssmitte

Jan Grimsrud Dauidsen og Gaute Kjærstad, NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Forord	5
1 Innledning	6
2 Metoder.....	7
2.1 Områdebeskrivelse	7
2.2 Metode for konsekvensvurdering.....	9
3 Vurdering av eventuelle negative effekter fra oppdrett i åpne anlegg på vill laksefisk.....	10
3.1 Effekter fra rømt oppdrettslaks på villaks, sjørørret og sjørøye.....	10
3.2 Effekter fra lakselus på villaks, sjørørret og sjørøye.....	10
3.3 Sykdomssmitte mellom oppdrettslaks og villaks, sjørørret og sjørøye.....	12
3.3 Effekter fra rømt oppdrettslaks på hvitfisk	13
4 Konsekvensvurdering av økt oppdrettsaktivitet i Bindalsfjorden og Tosenfjorden	14
4.1 Status og verdi	14
4.2 Virkning	14
4.3 Konsekvenser	14
5 Vurdering av eventuelle nye lokaliteter for oppdrett samt anbefalinger for framtiden	15
6 Referanser	16

Forord

NTNU Vitenskapsmuseet fikk sommeren 2019 i oppdrag fra Bindal kommune å utarbeide en rapport som vurderer konsekvensene av oppdrett i åpne anlegg for villaks, sjøørret, sjørøye og hvitfisk i Bindalsfjorden og Tosenfjorden. Konsekvensene skulle utredes med utgangspunkt i tilgjengelig informasjon og litteratur. Kartet er utarbeidet av Marc Daverdin med grunnlag i opplysninger fra Barentswatch.no.

Vi ønsker med dette å takke for oppdraget.

Trondheim, November 2019

Jan Grimsrud Davidsen
Prosjektleder

1 Innledning

Villaks, sjørret og sjørøye er alle viktige sportsfisk i Bindalsfjorden, Tosenfjorden og tilstøtende vassdrag. Sportsfisket er en viktig del av lokal kultur og identitet, men bidrar også til næringslivet, herunder salg av fiskekort og overnatting for tilreisende (Liu mfl., 2019). Hvitfisk er en gruppe av viktige arter for kommersielt fiske og bidrar til arbeidsplasser og næringsvirksomhet. I tillegg er flere av disse artene også av betydning for lokal kultur og tradisjonelt matauk-fiske i sjøen.

Med etableringen av oppdrett i Tosenfjorden og indre deler av Bindalsfjorden har det kommet ny næringsaktivitet og arbeidsplasser til lokalområdet. Men siden oppdrettsanleggene er lokalisert i fjordsystemet er dette en aktivitet som har stort potensiale for å komme i konflikt med villaks, sjørret og sjørøye (Thorstad mfl., 2015; Moore mfl., 2018; Fjelldal mfl., 2019) og ulike arter av hvitfisk (Dempster mfl., 2009; Dempster mfl., 2010; Uglem mfl., 2014).

Veksten av ny oppdrettsvirksomhet langs kysten utfordrer forvaltningsmyndighetene. God kystsoneplanlegging krever tilgang på informasjon om konsekvenser av aktuelle inngrep hvilket er spesielt utfordrende i sjøen da datagrunnlaget mange steder er mangelfullt.

Med utgangspunkt i tilgjengelig informasjon og litteratur vil det i denne konsekvensutredningen (KU) bli gjort en vurdering av følgende elementer:

- Risiko for spredning av patogener (lakselus og andre parasitter, virus og bakterier) mellom oppdrettsfisk i Bindalsfjorden og Tosenfjorden og villaks, sjørret, sjørøye
- Risiko for genetisk innblanding i anadrome vassdrag i Bindalsfjorden og Tosenfjorden fra rømt oppdrettslaks
- Risiko for spredning av patogener mellom oppdrettsfisk i Bindalsfjorden og Tosenfjorden og hvitfisk

Vurderingen vil bruke samme metode som Davidsen mfl. (2017). Det finns per i dag ikke god nok kunnskap til å gi en vurdering av effekten fra et eksakt produksjonsvolum (MTB). Vi vil i stedet gjøre en vurdering av de enkelte risikofaktorer ved økning av produksjonen i åpne anlegg i de to fjordsystemer. Vi vil videre gjøre en vurdering av hvilke områder i fjordsystemet hvor vill laksefisk vil være ekstra sårbare for ny etablering av åpne anlegg.



Flostrømmen nederst i Åbjøravassdraget er et attraktivt område for fiske etter sjørret og villaks.
Foto: Jan Grimrud Davidsen

2 Metoder

2.1 Områdebeskrivelse

Bindalsfjorden og Tosenfjorden

Bindalsfjorden (figur 1) ligger i Bindal og Sømna kommuner i Nordland. Fjorden strekker seg 17 km nordøst og så sørøstover til øya Øksningen. Fra Øksningen deler fjorden seg i to og Tosenfjorden går nordøstover, mens Sørfjorden går sørvestover. Tosenfjorden ligger i Brønnøy og Bindal kommuner. Fjorden er 37 km lang og 550 meter dyp. Innerst i fjorden ligger tettstedet Tosbotn.

Gytevassdrag for villaks, sjørøret og sjørøye

Viktige vassdrag i området for villaks og sjørøret er Urvoldvassdraget, Åbjøravassdraget og Eidevassdraget. Videre er Urvoldvassdraget et av de sørligste gytevassdrag i Norge for sjørøye. I tillegg finns det en del mindre elver og bekker som samlet sett kan ha stor betydning som gyte- og oppveksthabitat for spesielt sjørøret i fjordsystemene (se vedlegget "Notat fra befarig av bekker og elver i Bindal 2016" i Davidsen mfl., 2018). Kvaliteten til laksepopulasjonen i Åbjøravassdraget er jevnfør kvalitetsnormen (Anon., 2014) vurdert som moderat mens den ikke er vurdert for de andre laksvassdrag i fjordsystemene (www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander). Gytebestandsmåloppnåelse og høstbart overskudd siste fem år ble vurdert som svært dårlig for Storelva i Tosbotn og Eidevassdraget og som moderat i Åbjøravassdraget. Bestandstilstanden for sjørøret er vurdert som dårlig for Terråkelva, moderat for Bogelva, Tosbotnelva og Åbjøravassdraget, mens den regnes som god for Urvoldvassdraget og Eidevassdraget (Anon., 2019b).

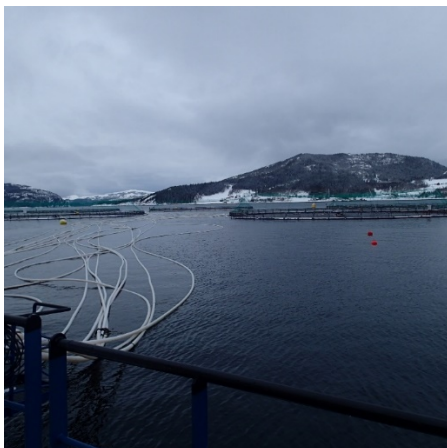
Hvitfisk i fjordsystemene

Sei og torsk er de vanligste artene, men det fiskes også etter andre arter som for eksempel lyr, uer og kveite. Jevnfør fiskeridirektoratet sin kartløsning «Ygdrasil» er det angitt at det er fiskeplasser for passive redskaper langs omtrent hele kystlinjen i Bindalsfjorden og i ytre og midtre deler av Tosenfjorden. Videre er det angitt at det i omtrent hele Tosenfjorden og indre og østlige deler av Bindalsfjorden er lokale viktige gytefelt for torsk.

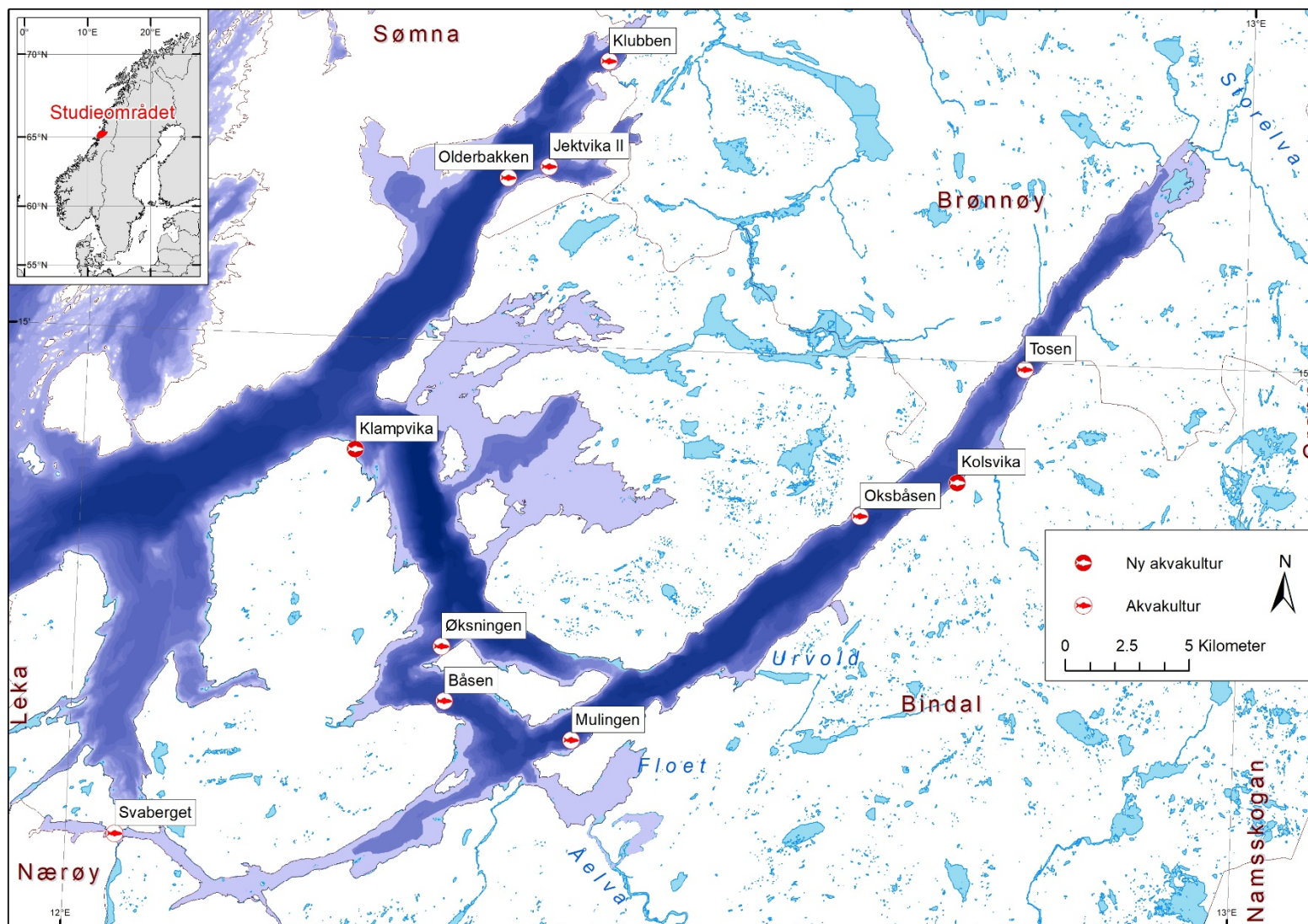
Lokaliteter for oppdrett av laks

Bindalsfjorden og Tosenfjorden benyttes av SinkabergHansen for produksjon av laksesmolt. Per oktober 2019 har de konsesjon på fem lokaliteter i disse to fjordene: Tosen, Oksbåsen, Båsen, Mulingen og Øksningen. I tillegg produseres det settefisk på Svaberget i Sørfjorden.

Den tilstøtende fjorden Ursfjord benyttes av Mowi som har tre lokaliteter: Olderbakken, Jektvika II og Klubben. I tillegg til ovenstående har Salmonor en lokalitet som er godkjent, men enda uten produksjon, (Kolsvika, Tosenfjorden) og en som er under godkjenning (Klampvika, Bindalsfjorden).



Oppdrettslokalitet med åpne anlegg i Tosenfjorden. Foto: Jan Grimsrud Davidsen



Figur 1: Lokalisering av oppdrettsanlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden. Lokaliteten Klampvika er enda ikke godkjent, mens Kolsvika er godkjent men enda ikke i drift. Ved Svaberget er det produksjon på land og i sjøen, mens resterende lokaliteter er produksjon i åpne anlegg i sjøen

2.2 Metode for konsekvensvurdering

For å gi en mest mulig objektiv og systematisk vurdering av konsekvensene knyttet til oppdrett i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden har vi gjennom en tre-trinns prosedyre analysert verdi, virkning og konsekvens av økt produksjon av laksefisk i åpne anlegg.

Trinn 1 Status/Verdi

Verdisetting for fjordsystemenes betydning for villaks, sjørørret og sjørøye er gjort med bakgrunn i tidligere innsamlet informasjon om områdebruk i Bindalsfjorden og Tosenfjorden til sjørørret og sjørøye (Bordeleau mfl., 2018; Davidsen mfl., 2018), overvåkning av oppvandringen av laks, sjørørret og sjørøye til Urvollvassdraget og Åbjøravassdraget (Davidsen & Lamberg, 2016; 2017; Lamberg mfl., 2018) samt annen relevant litteratur. Viktige kriterier for vurdering av verdi: hvor stor en del av den marine næringsvandringen de enkelte arter oppholder seg i de to fjordsystemer, samt viktigheten av denne perioden for individets overlevelse og mulighet for å reproducere.

Verdien blir fastsatt langs en skala som spenner fra *liten verdi* til *stor verdi* (se eksempel).

Verdivurdering	
<i>Liten</i>	<i>Stor</i>
<i>Middels</i>	
----- -----	
<input type="checkbox"/>	

Trinn 2 Virkning

Trinn 2 består i å beskrive og vurdere type og omfang av mulige virkninger fra produksjon av laksefisk i åpne anlegg i de to fjordsystemene på villaks, sjørørret og sjørøye. Virkningene blir vurdert langs en skala fra *stor negativ virkning* til *stor positiv virkning* (se eksempel).

Virkning				
<i>Stort neg.</i>	<i>Middels neg.</i>	<i>Lite / intet</i>	<i>Middels pos.</i>	<i>Stor pos.</i>
----- ----- ----- -----				
<input type="checkbox"/>				

Trinn 3 Konsekvens

Det tredje og siste trinnet i vurderingene består i å kombinere verdien og virkningen av de foreslåtte tiltak for å få den samlede konsekvensvurderingen av en eventuell økning av produksjonen av laksefisk i åpne anlegg i de to fjordsystemer.

Denne sammenstillingen gir et resultat langs en skala fra *svært stor positiv konsekvens* til *svært stor negativ konsekvens* (se under).

Beskrivelse
Svært stor positiv betydning
Stor positiv betydning
Middels positiv betydning
Liten positiv betydning
Ubetydelig/ingen betydning
Liten negativ betydning
Middels negativ betydning
Stor negativ betydning
Svært stor negativ betydning

3 Vurdering av eventuelle negative effekter fra oppdrett i åpne anlegg på vill laksefisk

3.1 Effekter fra rømt oppdrettslaks på villaks, sjørøret og sjørøye

Rømming av oppdrettslaks utgjør en trussel mot den genetiske integriteten (innblanding av oppdrettsgener til vill fisk) til ville laksebestander og sammen med lakselus er det de største miljøutfordringene i oppdrett av laks (Grefsrud mfl., 2018). Konsekvensen av at oppdrettsfisken rømmer og gyter sammen med villfisk, kan være at det oppstår en genetisk endring i den ville populasjonen av laks. Det er godt dokumentert at rømt oppdrettslaks kan gyte og etterlate seg avkom i naturen (Sægrov mfl., 1997; Clifford mfl., 1998; Crozier, 2000; Glover mfl., 2013; Karlsson mfl., 2016). Tilsvarende er det dokumentert at innkryssing av rømt oppdrettslaks reduserer den genetiske variasjonen som finnes naturlig mellom bestandene (Skaala mfl., 2006; Glover mfl., 2013). Tidligere undersøkelser av hvilke typer elver som tiltrekker seg rømt oppdrettslaks viste at økt vannføring, større laksebestand og økt oppdrettsintensitet i regionen økte antall oppdrettslaks i elven (Fiske mfl., 2006; Fiske, 2013). Basert på dagens kunnskap er det usikkert om en bestand kan gjenopprette sin naturlige tilstand dersom innkryssing av rømt oppdrettslaks opphører (Grefsrud mfl., 2018).

Det har gjennom de siste årene blitt registrert rømt oppdrettslaks i flere av vassdragene i Tosenfjorden. Åelva er med i det nasjonale programmet for overvåking av rømt oppdrettslaks som årlig beregner innslaget av rømt oppdrettslaks i et utvalg av landets laksevassdrag. For perioden 2015-2018 har beregnet årsprosent for rømt oppdrettslaks i Åelva ligget på henholdsvis 4 %, 14 %, 8 % og 4 %, hvilket regnes som lave til moderate innslag (Anon., 2016; 2017; 2018; 2019a). I Urvoldvassdraget har innslaget av rømt oppdrettslaks registrert på videoovervåking i perioden 2015-2017 ligget på henholdsvis 8 %, 11 % og 1 % (Davidsen & Lamberg, 2016; 2017; Lamberg mfl., 2018). Under drivtelling i 2016, 2017 2018 ble det i Storelva i Tosbotn registrert et innslag på henholdsvis 9 %, 1 % og 2 %, mens det i Bogelva i 2016 og 2018 lå på henholdsvis 4 % og 0 % (Kanstad-Hanssen mfl., 2017a; Kanstad-Hanssen mfl., 2017b; Anon., 2018).

I juli 2019 meldte SinkabergHansen at det rømte anslagsvis 49 525 oppdrettslaks fra Oksbåsen i Tosenfjorden. Den rømte fisken var yngre fisk som ikke forventes å gå opp i vassdragene i fjorden dette året men tidligst etter et eller to år i sjøen. Etter en slik periode i havet vil den ha mistet en del av de karaktertrekk som kjennetegner oppdrettslaks og det kan derfor bli vanskelig å skille den ut fra villaks uten å bruke genetiske analyser. I 2018 ble det registrert 1455 oppvandrende villaks i Åelva, 140 i Urvoll, 70 Storelva i Tosbotn og 42 i Bogelva (Lamberg mfl., 2018; Kanstad-Hanssen mfl., 2019). Antall oppdrettslaks som rømte fra Oksbåsen var derved 29 ganger større enn det samlede antall villaks som vandret opp i laksevassdragene i Tosenfjorden i 2018. Per 09.08.2019 var det jevnfør SinkabergHansen ved hjelp av gjenfangstgarn, innleide fiskefartøy og dusørfiske kun gjenfanget 12 691 individer av fisken som rømte (25,6 %). Gjenfangstprosenten kan dog øke litt da det også ble tatt ut noe rømt fisk i vassdragene rundt, men resultatene fra dette foreligger enda ikke.

3.2 Effekter fra lakselus på villaks, sjørøret og sjørøye

Lakselus er en naturlig parasitt som har utviklet seg til å bli et betydelig problem for oppdrettsnæringen, dette fordi lakselus lever av slim, hud, muskel og blod, og kan påføre skader direkte samt åpne opp for sekundærinfeksjoner. Kjønnsmodne lakselus på oppdrettet laksefisk slipper planktoniske luselarver som spres med vannstrømmene, og disse kan infestere laks, sjørøret og sjørøye som oppholder seg langs kysten. Det er en betydelig produksjon av lakselus fra norske oppdrettsanlegg (Jansen mfl., 2012; Aldrin mfl., 2013; Kristoffersen mfl., 2014; Kristoffersen mfl., 2017) og med økningen i antall verter i oppdrett, ca. 500 ganger så mye oppdrettsfisk som villfisk, er det en økologisk ubalanse mellom antall lakselus og antall vill laksefisk (Grefsrud mfl., 2018). Antall lakselus på villaks, sjørøret og sjørøye er høyere i områder med

lakseoppdrett enn i sammenlignbare områder uten oppdrett (Bjørn mfl., 2001; Bjørn & Finstad, 2002; Bjørn mfl., 2011; Middlemas mfl., 2013) samlet sett er det sannsynliggjort at lakselus kan gi negative bestandeffekter både på laks og sjørret (Thorstad mfl., 2015; Vollset mfl., 2016). Det har så langt vært gjort lite forskning på effekter fra lakselus på sjørøye, men et nylig eksperimentelt studie viste at lakselus kan ha en stor negativ effekt på veksten til sjørøye (Fjelldal mfl., 2019).

Risikoen for at vill laksefisk infesteres av lakselus påvirkes av i hvilken grad fiskens leveområde i tid og rom sammenfaller med fordelingen av lakselus som slippes fra norske oppdrettsanlegg. Vandringsmønster og områdebruk til villaks i Bindalsfjorden og Tosenfjorden er ikke kartlagt mens det har vært gjort grundige undersøkelser for sjørret og sjørøye (Davidsen mfl., 2018). I det følgende diskuteres derfor viktigheten av fjordsystemene for laks på et mer bredt grunnlag, mens vurderingen for sjørret og sjørøye baserer seg på de gjennomførte undersøkelser.

Villaksen passerer elveosen og fjorden utenfor vassdraget sitt når den skal på næringsvandring til havområdene utenfor Norge. Første gangen den vandrer betegnes den som smolt/postsmolt, mens den i følgende år betegnes som støing. Overgangen fra ferskvann til sjøvann er en mer sårbar fase for smolt enn støinger. Dette da overflaten hos smolten er forholdsvis større enn volum sammenlignet med støinger og det er dermed mer krevende å regulere osmobalansen. I en undersøkelse fra Altaelva (Strand mfl., 2011), ble det observert at laksesmolt i den tidlige del av utvandringen var dårligere tilpasset sjøvann (lavere nivå av ATP-ase) og at de oppholdt seg en periode på noen dager i elveosen/estuariet før enn de vandret ut i fjorden. Smolten som vandret seinere hadde høyere verdier av ATP-ase og vandret rett ut. Telemetristudier på utvandrende laksesmolt (Thorstad mfl., 2004; Thorstad mfl., 2007; Davidsen mfl., 2009; Thorstad mfl., 2012) viser generelt at de oppholder seg kort tid i elveosen og kun få dager i fjordsystemene men at denne perioden, tross det korte oppholdet, er veldig viktig for overlevelsen. Økt belastning på postsmolten grunnet infestasjon av lakselus vil derfor være kritisk, da dette direkte eller indirekte, eksempelvis grunnet økt risiko for predasjon på postsmolt med svekket svømmeevne, vil øke dødeligheten under utvandringen.

Tilgjengelige data på utvandrende støinger og oppvandrende gytelaks viser at laksen i større vassdrag oppholder seg kort tid i elveos/estuarie når den vandrer til og fra sjøen (se Halttunen mfl., 2009; Thorstad mfl., 2010; Davidsen mfl., 2013 og referanser i disse), men datagrunnlaget på dette er relativt beskjedent. Dette skyldes blant annet at de fleste studier på oppvandrende laks er gjennomført med radiotelemetri hvilket kun fungerer når fisken er i ferskvann. Støinger og gytelaks er grunnet økt størrelse mer robuste enn postsmolt overfor påslag av lakselus og den negative effekten fra lakselus er derfor mindre enn på postsmolt. Ved store påslag vil lakselus dog, på samme måte som ved postsmolt, også være kritisk for laksestøinger, da disse er i en sårbar fase med lav kondisjon under begynnelsen av utvandringen. Basert på ovenstående vurderes det at en økning i antall lakselus over det som er naturlig nivå uten oppdrett i fjorden, vil være negativt for postsmolt, og til en viss grad for støinger, mens det i mindre grad vil påvirke gytelaksen.

I en tidligere undersøkelse ble det ved hjelp av merking med elektroniske merker vist at sjørret og sjørøye bruker hele fjordsystemet, men at kjerneområdet for individer fra Åelva, Urvoldvassdraget og Leirelva var i den indre delen av Bindalsfjorden, dvs. området mellom Terråk og Urvoldvassdraget, området rundt øya Øksningen og den ytre halvdel av Tosenfjorden (Davidsen mfl., 2018). Sjørret fra Storelva i Tosbotn benyttet stort sett kun den indre delen av Tosenfjorden. Månedene april til juli var den viktigste perioden for den marine næringsvandringen til veteraner (de som hadde vært minimum en sesong i sjøen før) med flest individer i sjøen, mens postsmolten og andregangsvandrerne fra Leirelva i gjennomsnitt oppholdt seg 21 dager lengre i sjøen. Selv om det var et kjerneområde for begge artene er det dokumentert at eksempelvis lakselus kan smitte sjørret opp til 30 km unna lokaliteter for oppdrett (Thorstad m. fl., 2015; Moore m. fl., 2018) så i praksis vil all sjørret og sjørøye i Bindalsfjorden og Tosenfjorden være innenfor risikozonen av de lokale anleggene.

I 2017 ble det på videoovervåkingen av oppvandrende fisk registrert mer lakselus på sjørreten i Urvoldvassdraget enn i 2015 og 2016. Dette indikerer at det har vært en økning i lusepresset i

fjorden i løpet av de siste tre årene (Lamberg mfl., 2018). Det ble videre i 2017 registrert tidlig oppvandring av en del små individer, noe som kan tyde på prematur tilbakevandring (Birkeland, 1996; Birkeland & Jakobsen, 1997; Serra-Llinares mfl., 2018). Prematur tilbakevandring er et begrep som brukes om sjørret som vandrer tidligere tilbake til ferskvann enn de ellers ville ha gjort grunnet påslag av lakselus. I områder med ferskvann eller lav salinitet vil lakselusa slippe fisken og det vil i tillegg være enklere for fisken å regulere ionbalansen. Ulempen ved for tidlig tilbakevandring er redusert vekst i sjøen. Ifølge www.barentswatch.no gjennomfører både Mowi og SinkabergHansen årlig tiltak mot lakselus i fjordsystemene. Lokalitetene Mullingen, Båsen og Øksningen var alle over lusegrense én eller flere perioder i 2017, mens Øksningen (per uke 45) i 2019 var over grensa en gang. Lokaliteten Jektvika II var over grensa gjentatte ganger i 2014 og 2019, mens Olderbakken passerte grensa en gang i 2014 (per uke 45, 2019).

Undersøkelsene av områdebruk til sjørret og sjørøya i Tosenfjorden og Bindalsfjorden viste at disse artene ikke hadde forlenget opphold rundt de undersøkte oppdrettslokaliteter. Dette kan skyldes at artene primært oppholder seg i de øverste fem meter av vannsøylen (Eldøy mfl., 2017; Kristensen mfl., 2018; Atencio, 2019), mens overskudsfôret finnes nærmere bunnen. Dermed er dette fôret mer tilgjengelig for fisk som torsk og sei som foretrekker dypere vannlag (Uglem mfl., 2014). Det er tidligere vist at oppdrettsanlegg kan tiltrekke seg store mengder torskefisk (Dempster mfl., 2009; Dempster mfl., 2010), og det kan også hende dette bidrar til at sjørreten og sjørøya ikke finner områdene ved oppdrettsanlegg attraktive.

3.3 Sykdomssmitte mellom oppdrettslaks og villaks, sjørret og sjørøye

Smittefarlige sykdommer er et alvorlig problem i oppdrett av fisk i Norge (Grefsrud mfl., 2018). Sykdom er en unormal tilstand der den smittede (infriserte) verten ikke klarer å opprettholde en eller flere kroppsfunksjoner. De vanligst forekommende virusene forårsaker årlig 400 til 500 utbrudd av sykdom langs hele kysten (Svåsand mfl., 2016; Hjeltnes mfl., 2017).

Det er sannsynlig at det spres betydelige mengder patogener til miljøet fra smittet og syk fisk i oppdrett, og at villfisk i nærheten av anlegget kommer i kontakt med patogenene (eksponering). Konsekvensene av eksponering for et patogen varierer. Det er oftest en kompleks interaksjon mellom verter, patogener, predatorer og andre miljøfaktorer (Dobson & Hudson, 1986; Combes, 2001; Wobeser, 2013).

Selv om det vil være noen genetiske forskjeller mellom oppdrettslaks og villaks så er dette samme art, og man forventer at de samme patogenene som utgjør et problem i oppdrett vil kunne infisere og gi sykdom hos villaks der forholdene ligger til rette for det. For sjørret og sjørøye vil en forvente at de patogener som gir sykdom i laks som oftest også vil kunne infisere disse. Utfallet av en infeksjon vil imidlertid forventes å være forskjellig for de ulike artene. Også fiskens generelle tilstand, ulike livsstadier og perioder med store fysiologiske endringer (f.eks. smoltifisering) kan påvirke både mottakelighet for patogener og utfall av en infeksjon (Grefsrud mfl., 2018).

I både 2016, 2017 og 2018 har det i oppdrettsanleggene i fjordsystemet (lokalitetene Tosen, Oksbåsen, Mullingen og Båsen; www.barentswatch.no) vært utbrudd av SAV-viruset som forårsaker fiskesykdommen pancreas disease (PD) (McLoughlin & Graham, 2007). Det kan forventes at et antall villfisk smittes i områder hvor PD er et problem og at enkelte av disse utvikler sykdom, men det er ukjent hvor stort et problem dette er. Basert på dagens kunnskap vurderer Havforskningsinstituttet at det er lite risiko for at SAV-viruset vil kunne ha bestandsreduserende effekt på villaks og sjørret, mens dette ikke er mulig å vurdere for sjørøye grunnet manglende kunnskap (Grefsrud mfl., 2018). Usikkerheten rundt vurderingen er dog stor.

Manglende datagrunnlag er en stor utfordring for vurderingen av effekter av smitte fra oppdrettsfisk til villfisk. Dagens data er mangelfulle, gir i beste fall en grov samlet oversikt over tilstanden i næringen og er vanskelig eller ikke tilgjengelig. Det er flere årsaker til dette, men resultatet er at

man i økende grad har et mangelfullt bilde av sykdomssituasjonen i norsk oppdrettsnæring (Grefsrud mfl., 2018).

Som beskrevet i kapittel 3.2 oppholder sjørret og sjørøye seg i fjordsystemet, og dermed i nærhet av lokalitetene for oppdrett, under hele den marine næringsvandringen, mens laksen kun vandrer gjennom fjordene på veien til og fra havområdene. Dette gjør at sjørret og sjørøye vil ha større eksponeringstid for virus og bakterier med opphav fra oppdrettslokalitetene enn villaksen.

3.3 Effekter fra rømt oppdrettslaks på hvitfisk

Det er tidligere vist at marine fisk kan bli tiltrukket av overskudsføret fra åpne oppdrettsanlegg (Dempster mfl., 2009; Uglem mfl., 2014; Svåsand mfl., 2016) og dermed oppholde seg lengre nær slike lokaliteter enn det som er naturlig. Videre så spiser fisk som sei, torsk, smørflundre, havmus, brosme og uer av fekalier eller børstemark og andre dyr som lever av fekalier (Grefsrud mfl., 2018). Når dette skjer øker risikoen for smitte fra patogener som parasitter (slik som skottelus), virus og bakterier (Dempster mfl., 2009; Dempster mfl., 2010; Johansen mfl., 2011). I tillegg til at smittet vill fisk selv kan utvikle sykdom, kan de være bærere av patogenene og derved spre dem videre utover i fjordsystemene for så å smitte andre fisk. Eksempelvis har viruset Infeksiøs lakseanami (ILA) blitt funnet hos torsk og sei som har stått rundt merder med ILA-utbrudd (MacLean mfl., 2003). En annen potensiell problemstilling, men som det per i dag er lite kunnskap om, er om støy fra aktivitet knyttet til oppdrettsanlegg i sjøen forstyrrer torskens kommunikasjon under gytingen om våren. Temaet er under utredning men resultatene vil først foreligge om noen år.



Fangst av sjørret for merking i elveosen ved utløpet fra Urvoldvassdraget. Foto: Jan Grimsrud Davidsen

4 Konsekvensvurdering av økt oppdrettsaktivitet i Bindalsfjorden og Tosenfjorden

4.1 Status og verdi

Undersøkelsene av områdebruk til sjøørret og sjørøye i Tosenfjorden og Bindalsfjorden (Davidsen mfl., 2018) viste at de bruker hele fjordsystemet under hele den marine næringsvandringen, men at kjerneområdene varierer mellom individer fra de ulike vassdrag. Villaksen bruker fjordsystemene under utvandringen til havområdene og på turen tilbake til hjemmevassdraget. Selv om disse oppholdene strekker seg til få dager per gang, er oppholdene, spesielt for førstegangsvandrene (postsmolten) viktige og en kritisk periode i laksens liv. **Det vurderes derfor at hele Bindalsfjorden og Tosenfjorden har stor verdi for sjøørret, sjørøye og villaks.** Det eksisterer ikke noen god kartlegging av utbredelsen av hvitfisk i de aktuelle fjordsystemene, men tilgjengelig informasjon tilsier at området er viktig som lokalt gyteområde for torsk og at det foregår noe fiske etter spesielt torsk og sei. **Det vurderes at Bindalsfjorden og Tosenfjorden har middels verdi for hvitfisk.**

4.2 Virkning

Oppdrett i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden medfører en økning i eksponeringen av patogener, slik som lakselus, virus og bakterier, overfor villaks, sjøørret og sjørøye som oppholder seg i fjordsystemene. Videre vil rømt oppdrettslaks potensielt utgjøre en alvorlig trussel mot den genetiske integritet til populasjonene i vassdragene rundt de to fjordene. Gjennom de siste årene med drift av åpne oppdrettsanlegg i området har det blitt registrert rømming av laks fra anlegg i sjøen, alvorlig utbrudd av virussykdom og en økt forekomst av lakselus på villfisk. Siden sjøørret og sjørøye oppholder i fjordsystemene under hele den marine næringsvandringen vil de ha en åpenbar økt risiko for eksponering for patogener fra de åpne anlegg. For villaks vil eksponeringen være kortere i tid, men under en kritisk fase i livssyklusen (overgangen fra ferskvann til sjøvann). **Det vurderes derfor at oppdrett i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden har en middels negativ virkning på sjøørret og sjørøye og villaks.** Hvitfisk som tiltrekkes av spillfor eller fekalier fra oppdrettslokalitetene i fjordsystemene har økt risiko for smitte fra patogener, men kunnskapen om hvor store de negative konsekvenser av dette er mangelfull. **Basert på kunnskapen det eksisterer per i dag vurderes det at oppdrett i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden har en liten innvirkning på hvitfisk i fjordsystemene.**

4.3 Konsekvenser

Oppdrett av laksefisk i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden har medført rømming fra anlegg i sjøen, utbrudd av sykdommer og økning av lakselus i fjorden. Dette er faktorer som alle har stor negativ påvirkning for laksefisk i området og spesielt for sjøørret og sjørøye som er fjordsystemet under hele den marine næringsvandringen. Ved en økning av produksjonen i området, enten ved etablering av flere lokaliteter med åpne anlegg eller ved økt biomasse på eksisterende anlegg, vil risikoen for negativ påvirkning av bestandene av villaks, sjøørret og sjørøye i vassdrag som drenerer til de to fjordsystemer øke. **Det vurderes derfor at økt produksjon av oppdrettslaks i åpne anlegg i Bindalsfjorden og Tosenfjorden vil ha stor negativ betydning for sjøørret, sjørøye og villaks, mens det vil ha liten negativ betydning for hvitfisk.** Det understrekes at vurderingen for hvitfisk er noe usikker da kunnskapsgrunnlaget er mangelfullt.

5 Vurdering av eventuelle nye lokaliteter for oppdrett samt anbefalinger for framtiden

Villaks fra vassdragene i Bindalsfjorden og Tosenfjorden vil måtte passere alle anlegg som plasseres i området. Lokaliteter i midtre og indre deler av Tosenfjorden vil antas i hovedsak å påvirke villaks fra Storelva i Tosbotn og Bogelva ved Kolsvika. De ytre deler av Tosenfjorden og indre deler av Bindalsfjorden vil berøre laks fra førnevnte vassdrag samt fra Urvoldvassdraget, Åelva og Terråkelva. Plassering i midtre og ytre deler av Bindalsfjorden vil berøre all villaks fra vassdrag som drenerer til fjordsystemene.

De største sjørretpopulasjonene (Urvoldvassdraget og Åelva) har sitt marine kjerneområde i den indre delen av Bindalsfjorden, dvs. området mellom Terråk og Urvoldvassdraget, området rundt øya Øksningen og den ytre halvdel av Tosenfjorden, mens sjørret fra Storelva i Tosbotn har sitt kjerneområde i innerste del av Tosenfjorden. Marin områdebruk til sjørret fra Bogelva og Eidevassdraget er ikke kartlagt, men om en legger atferden fra populasjoner i undersøkte vassdrag til grunn kan en anta at sjørret fra Bogelva har midtre og indre del av Tosenfjorden som sitt kjerneområde, mens at sjørret fra Eidevassdraget primært bruker områdene nord og øst for Stavøya og Imøya samt ytre del av Bindalsfjorden.

Sjørøye gyter kun i Urvoldvassdraget. Individene herfra har sitt marine kjerneområde i den indre delen av Bindalsfjorden, dvs. området mellom Terråk og Urvoldvassdraget, området rundt øya Øksningen og den ytre halvdel av Tosenfjorden.

Ulike arter av hvitfisk bruker begge fjordsystemene og det er kartlagt gyteområder for torsk i det meste av Tosenfjorden og indre deler av Bindalsfjorden.

Når en legger ovenstående til grunn er det tydelig at det ikke er lokaliteter i Bindalsfjorden og Tosenfjorden som har en plassering som er godt egnet for oppdrett i åpne anlegg og som samtidig ivaretar hensynet til bestandene av vill fisk. Samlet sett framstår området mellom Terråk og Urvoldvassdraget, området rundt øya Øksningen og den ytre halvdel av Tosenfjorden som det viktigste å skjerme for økt press på villaks, sjørret og sjørøye, men lokalisering av nye lokaliteter med åpne anlegg i indre deler av Tosenfjorden vil uten tvil øke presset på sjørretbestandene i Bogelva og Storelva, mens etablering av åpne anlegg nord og øst for Stavøya og Imøya antakeligvis vil ha en negativ påvirkning på sjørretbestanden i Eidevassdraget. Åpne anlegg i selve Bindalsfjorden vil påvirke all villaks som vandrer til og fra havet, samt sjørret fra Urvoldvassdraget, Åelva og, antakeligvis, Eidevassdraget.

Basert på eksisterende kunnskap anbefales det å ikke tillate økt produksjon av laksefisk i åpne oppdrettsanlegg i Tosenfjorden og Bindalsfjorden. For å unngå økt negativ påvirkning av vill fisk i fjordsystemene bør produksjonen benytte seg av teknologi som hindrer utveksling av patogener mellom oppdrettsfisk og vill fisk. Eksempler på dette er lukkede anlegg i sjøen eller anlegg på land.

6 Referanser

- Aldrin, M., Storvik, B., Kristoffersen, A. B. & Jansen, P. A. 2013. Space-time modelling of the spread of salmon lice between and within Norwegian marine salmon farms. - Plos One 8, e64039: 1-10.
- Anon. 2014. Status for norske laksebestander i 2014. - Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 6: 225 s.
- Anon. 2016. Rømt oppdrettslaks i vassdrag. Rapport fra det nasjonale overvåkingsprogrammet 2015. - Fisken og Havet særnr. 2b: 56 s.
- Anon. 2017. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2016. Rapport fra det nasjonale overvåkingsprogrammet. - Fisken og Havet særnr. 2b: 52 s.
- Anon. 2018. Rømt oppdrettslaks i vassdrag. Rapport fra det nasjonale overvåkingsprogrammet 2017. - Fisken og Havet særnr. 2-2018: 69 s.
- Anon. 2019a. Rømt oppdrettslaks i vassdrag. Rapport fra det nasjonale overvåkingsprogrammet 2018. - Fisken og Havet 2019-4: 52 s.
- Anon. 2019b. Klassifisering av tilstanden til 430 norske sjøørretbestander. - Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 7: 150 s.
- Atencio, B. J. 2019. The migratory behaviour of Atlantic salmon, brown trout and Arctic charr post-smolts in a Norwegian fjord. Master's thesis - UiT The Arctic University of Norway, Tromsø. 63 s.
- Birkeland, K. 1996. Consequences of premature return by seas trout (*Salmo trutta*) infested with the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer): migration, growth and mortality. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 53: 2808-2813.
- 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. - Environmental Biology of Fishes 49: 129-137.
- Bjørn, P. A., Finstad, B. & Kristoffersen, R. 2001. Salmon lice infection of wild sea trout and Arctic char in marine and freshwater: the effects of salmon farms. - Aquatic Research 32: 947-962.
- 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 Journal of Marine Science 59: 131-139.
- Bjørn, P. A., Sivertsgård, R., Finstad, B., Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M. & Kristoffersen, R. 2011. Area protection may reduce salmon louse infection risk to wild salmonids. - Aquaculture Environment Interactions 1: 233-244.
- Bordeleau, X., Davidsen, J. G., Eldøy, S. H., Sjørnsen, A. D., Whoriskey, F. G. & Crossin, G. T. 2018. Nutritional correlates of spatio-temporal variations in the marine habitat use of brown trout, *Salmo trutta*, veteran migrants. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 75: 1744-1754.
- Clifford, S. L., McGinnity, P. & Ferguson, A. 1998. Genetic changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations of northwest Irish rivers resulting from escapes of adult farm salmon. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 358-363.
- Combes, C. 2001. Parasitism: The ecology and evolution of intimate interactions. - University of Chicago Press, Chicago, USA. 552 s.
- Crozier, W. W. 2000. Escaped farmed salmon, *Salmo salar* L., in the Glenarm River, Northern Ireland: genetic status of the wild population 7 years on. - Fisheries Management and Ecology 7: 437-446.
- Davidsen, J. G., Rikardsen, A. H., Halttunen, E., Thorstad, E. B., Økland, F., Letcher, B. H., Skarøhamar, J. & Næsje, T. F. 2009. Migratory behaviour and survival rates of wild northern Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolts: effects of environmental factors. - Journal of Fish Biology 75: 1700-1718.
- Davidsen, J. G., Rikardsen, A. H., Halttunen, E., Mitamura, H., Thorstad, E. B., Præbel, K., Skarøhamar, J. & Næsje, T. F. 2013. Homing behaviour of Atlantic salmon during final marine phase and river entry. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 70: 794-802.
- Davidsen, J. G. & Lamberg, A. 2016. Statusrapport for overvåkingen av gytefisk i Åbjøra- og Urvoldvassdraget i 2015. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 9: 23 s.

- Davidson, J. G. & Lamberg, A. 2017. Statusrapport for overvåkingen av gytefisk i Åbjøra- og Urvoldvassdraget i 2016. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2017-6: 42 s.
- Davidson, J. G., Sjørnsen, A. D., Rønning, L., Davidson, A. G. & Daverdin, M. 2017. Kartlegging av sjøørret i habitatområde ved utløpet av Stjørdalselva, Nord-Trøndelag og konsekvensanalyse av tre utfyllingsalternativer. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-4: 27 s.
- Davidson, J. G., Eldøy, S. H., Sjørnsen, A. D., Rønning, L., Bordeleau, X., Daverdin, M., Whoriskey, F. & Koksvik, J. I. 2018. Marine vandring og områdebruk hos sjøørret og sjørøye i Tosenfjorden. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2018-8: 84 s.
- Davidson, J. G., Eldøy, S. H., Halvorsen, A., Sjørnsen, A., Rønning, L., Daverdin, M., Bårdsen, M. T. & flere, m. 2019. Sjøørret og sjørøye i Skjerstadvfjorden - Marine vandring, områdebruk og populasjonsgenetikk. - under utarbeidelse: s.
- Dempster, T., Uglem, I., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J., Nilsen, R. & Bjørn, P. A. 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. - *Marine Ecology Progress Series* 385: 1-14.
- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Uglem, I. & Bjørn, P.-A. 2010. Species-specific patterns of aggregation of wild fish around fish farms. - *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86: 271-275.
- Dobson, A. P. & Hudson, P. J. 1986. Parasites, disease and the structure of ecological communities. - *Trends in Ecology & Evolution* 1: 11-15.
- Eldøy, S. H., Davidson, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F. G., Aarestrup, K., Næsje, T. F., Rønning, L., Sjørnsen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. V. 2017. Marine depth use of sea trout *Salmo trutta* in fjord areas of central Norway. - *Journal of Fish Biology* 91: 1268-1283.
- Fiske, P., Lund, R. A. & Hansen, L. P. 2006. Relationships between the frequency of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in wild salmon populations and fish farming activity in Norway 1989-2004. - *ICES Journal of Marine Science* 63: 1182-1189.
- Fiske, P. 2013. Overvåking av rømt oppdrettslaks i elv om høsten 2010-2012. - NINA Rapport 989: 38 s.
- Fjellidal, P. G., Hansen, T. J., Karlsen, Ø. & Wright, D. W. 2019. Effects of laboratory salmon louse infection on Arctic char osmoregulation, growth and survival. - *Conservation Physiology* 7: 1-11.
- Glover, K. A., Pertoldi, C., Besnier, F., Wennevik, V., Kent, M. & Skaala, Ø. 2013. Atlantic salmon populations invaded by farmed escapees: quantifying genetic introgression with a Bayesian approach and SNPs. - *BMC Genetics* 14: 1-19.
- 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. 2018. Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2018. - *Fisken og Havet*: 184 s.
- Halttunen, E., Rikardsen, A. H., Davidson, J. G., Thorstad, E. B. & Dempson, J. B. 2009. Survival, migration speed and swimming depth of Atlantic salmon kelts during sea entry and fjord migration. I Nielsen, J. L., Arrizabalaga, H., Fragoso, N., Hobday, A., Lutcavage, M. & Sibert, J., (red.). *Tagging and tracking of Marine Animals with Electronic Devices, Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries* 9. s.35-49 - Springer Dordrecht.
- Hjeltnes, B., Bornø, G., Jansen, M. D., Haukaas, A. & Walde, C. S. 2017. Fiskehelserapporten 2016. - Veterinærinstituttets rapportserie 2017-4: 124 s.
- Jansen, P. A., Kristoffersen, A. B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M. & Stien, A. 2012. Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. - *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 2330-2338.
- Johansen, L.-H., Jensen, I., Mikkelsen, H., Bjørn, P.-A., Jansen, P. A. & Bergh, Ø. 2011. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. - *Aquaculture* 315: 167-186.
- Kanstad-Hanssen, Ø., Gjertsen, V., Bjørnbet, S., Bentsen, V. & Lamberg, A. 2017a. Drivtelling av gytefisk, med registrering av innslag og uttak av rømt oppdrettslaks, i lakseførende elver i Nordland og Troms i 2016. - *Ferskvannsbilogen* 2017-1: 41 s.
- Kanstad-Hanssen, Ø., Lamberg, A., Gjertsen, V., Bjørnbet, S. & Bentsen, V. 2017b. Drivtelling av gytefisk, med registrering av innslag og uttak av rømt oppdrettslaks, i lakseførende elver i Nordland og Troms i 2017. - *Ferskvannsbilogen* 2017-9: 47 s.

- Kanstad-Hanssen, Ø., Lamberg, A., Gjertsen, V. & Bentsen, V. 2019. Drivtelling av gytefisk, med registrering av innslag og uttak av rømt oppdrettslaks, i lakseførende elver i Nordland i 2018. - 2019-1: 29 s.
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Fiske, P. & Hindar, K. 2016. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. - ICES Journal of Marine Science 73: 2488–2498.
- Kristensen, M. L., Righton, D., Del Villar-Guerra, D., Baktoft, H. & Aarestrup, K. 2018. Temperature and depth preferences of adult sea trout *Salmo trutta* during the marine migration phase. - Marine Ecology Progress Series 599: 209-224.
- Kristoffersen, A. B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A. & Jansen, P. A. 2014. Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. - Epidemics 9: 31-39.
- Kristoffersen, A. B., Qviller, L., Helgesen, K. O., Vollset, K. W., Viljugrein, H. & Jansen, P. A. 2017. Quantitative risk assessment of salmon louse-induced mortality of seaward-migrating post-smolt Atlantic salmon. - Epidemics 23: 19-33.
- Lamberg, A., Sjørnsen, A. D. & Davidsen, J. G. 2018. Overvåkning av av laks, sjøørret og sjørøye i Åbjøra- og Urvoldvassdraget 2017. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2018-9: 40 s.
- Liu, Y., Bailey, J. L. & Davidsen, J. G. 2019. Social-Cultural Ecosystem Services of Sea Trout Recreational Fishing in Norway. - Frontiers in Marine Science 6: 1-13.
- MacLean, S. A., Bouchard, D. A. & Ellis, S. K. 2003. Survey of nonsalmonid marine fishes for detection of infectious salmon anemia virus and other salmonid pathogens. I Miller, O. & Cipriano, R. C., (red.). International response to infectious salmon anemia: prevention, control and eradication. s.135-143 - Dept Commerce, National Marine Fisheries Service Washington DC, USA.
- McLoughlin, M. F. & Graham, D. A. 2007. Alphavirus infections in salmonids - a review. - Journal of Fish Diseases 30: 511–531.
- 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 Management and Ecology 20: 68-74.
- Moore, I., Dodd, J. A., Newton, M., Bean, C. W., Lindsay, I., Jarosz, P. & Adams, C. E. 2018. The influence of aquaculture unit proximity on the pattern of *Lepeophtheirus salmonis* infection of anadromous *Salmo trutta* populations on the isle of Skye, Scotland. - Journal of Fish Biology 92: 1849-1865.
- Serra-Llinares, R. M., Freitas, C., Nilsen, R., Elvik, K. M. S., Albretsen, J., Bøhn, T., Karlsen, Ø. & Bjørn, P. A. 2018. Towards direct evidence of the effects of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) on sea trout (*Salmo trutta* L.) in their natural habitat: proof of concept for a new combination of methods. - Environmental Biology of Fishes 101: 1677-1692.
- Skaala, Ø., Wennevik, V. & Glover, K. A. 2006. Evidence of temporal genetic change in wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L) populations affected by farmed escapees. - ICES Journal of Marine Science 63: 1224-1233.
- Strand, J. E., Davidsen, J. G., Jørgensen, E. H. & Rikardsen, A. H. 2011. Seaward migrating Atlantic salmon smolts with low levels of gill Na⁺, K⁺ - ATPase activity; is sea entry delayed? - Environmental Biology of Fishes 90: 317-321.
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Stien, L. H., Taranger, G. L. & Boxaspen, K. K. 2016. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. - Fisken og Havet særnr. 2: 192 s.
- Sægvog, H., Hindar, K., Kålås, S. & Lura, H. 1997. Escaped farmed Atlantic salmon replace the original salmon stock in the River Vosso, western Norway. - ICES Journal of Marine Science 54: 1166-1172.
- 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. - Environmental Biology of Fishes 71: 305-311.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Plantalech Manel-la, 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.
- Thorstad, E. B., Whoriskey, F. G., Rikardsen, A. H. & Aarestrup, K. 2010. Aquatic nomads: the life and migrations of the Atlantic salmon. I Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J., (red.). Atlantic Salmon Ecology. s.1-32 - Wiley-Blackwell New York.

- Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H. & Finstad, B. 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. - Journal of Fish Biology 81: 500-542.
- 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. - Aquaculture Environment Interactions 7: 91–113.
- Uglem, I., Karlsen, Ø., Sanchez-Jerez, P. & Sæther, B.-S. 2014. Impacts of attraction of wild marine fish to open cage salmonid farms in Norway. - Aquaculture Environmental Interactions 6: 91-103.
- 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.
- Wobeser, G. A. 2013. Essentials of disease in wild animals. - Wiley-Blackwell, Oxford. 256 s.

NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Institutt for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Instituttet påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-8322-207-4
ISSN 1894-0064

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/museum