

1960

NINA Rapport

## Evaluering av kultivering i Ørstaelva

Ingerid Julie Hagen, Sten Karlsson, Peder Fiske, Bjørn Bjøru,  
Espen Holthe, Håvard Lo, Bjørn Florø-Larsen og Vegard P. Sollien



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

### **NINA Temahefte**

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

# Evaluering av kultivering i Ørstaelva

Ingerid Julie Hagen

Sten Karlsson

Peder Fiske

Bjørn Bjøru

Espen Holthe

Håvard Lo

Bjørn Florø-Larsen

Vegard P. Sollien

Hagen, I.J., Karlsson, S., Fiske, P., Bjøru, B., Holthe, E., Lo, H.,  
Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2021. Evaluering av kultivering i  
Ørstaelva. NINA Rapport 1960. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, mars 2021

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4739-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

M-1999|2021

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Heidi Hansen

FORSIDEBILDE

Ørstaelva © Tor Aasen

NØKKEWORD

Kultivering

Ørstaelva

Laks

Genetikk

Ryman-Laikre effekt

Yngelutsetting

Rognplanting

Tilslag

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**  
Postboks 5685 Torgarden  
7485 Trondheim  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Oslo**  
Sognsveien 68  
0855 Oslo  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Tromsø**  
Postboks 6606 Langnes  
9296 Tromsø  
Tlf: 77 75 04 00

**NINA Lillehammer**  
Vormstuguvegen 40  
2624 Lillehammer  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Bergen**  
Thormøhlens gate 55  
5006 Bergen  
Tlf: 73 80 14 00

[www.nina.no](http://www.nina.no)



## Sammendrag

Hagen, I.J., Karlsson, S., Fiske, P., Bjøru, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2021. Evaluering av kultivering i Ørstaelva. NINA Rapport 1960. Norsk institutt for naturforskning

I dette prosjektet har vi benyttet genetiske analyser til å spore utsatt laks i Ørstaelva til stamlaksforeldre brukt i gyteårene 2010, 2012, 2013 og 2014. Andelen utsatt laks varierte fra svært lavt (1 – 2 %) i gyteårene 2012 og 2014 til henholdsvis 16 % og 12 % i gyteårene 2010 og 2013. I de gyteårene med lavest tilslag har ikke kultiveringen bidratt til den totale bestanden i Ørstaelva. Dette tilsier at laksen som har opphav i de evaluerte gyteårene for det meste var naturlig produsert, men at kultivering har gitt et beskjedent bidrag til bestanden i de årene da tilslaget var moderat.

Stamfiskens størrelse (lengde og vekt) og frekvensen av to forskjellige varianter (alleler) i genet Vgll3 som har stor betydning for alder ved kjønnsmodning (som igjen kan overføres til størrelse), ble sammenliknet med tilsvarende informasjon for individer fanget under sportsfiske i årene 2015 – 2020. Resultatene fra denne analysen viste at stamfisken i disse fangstårene var signifikant større enn det som er gjennomsnittet i sportsfiskefangstene, og at stamfisken hadde tilsvarende høyere frekvens av genet som er assosiert med høy sjøalder og høy vekt, sammenliknet med individer fanget under sportsfisket. Dette kan tilsa at stamfisken samlet inn i årene 2015 – 2020 ikke har vært et tilfeldig utvalg av bestanden, slik forvaltningen anbefaler. En slik kunstig seleksjon i kultivering er ikke understøttet av forvaltningens anbefalinger, og kan føre til utsettinger av individer som er dårligere tilpasset det elvespesifikke miljøet. Tilslaget i Ørstaelva varierer fra lite til moderat. Det er dermed mulig at en slik kunstig seleksjon kan påvirke frekvensen av Vgll3 i bestanden.

En samlet vurdering av kultiveringen i Ørstaelva tilsier at kultiveringen i de evaluerte gyteårene har hatt liten til moderat effekt i bestanden. Gytebestandsmålet er ikke oppnådd for denne bestanden, det har de siste årene heller ikke vært et høstbart overskudd i elven og bestanden er under sterk påvirkning av rømt oppdrettslaks. Dersom tilslaget kan økes ved å øke overlevelsen til utsatte individer, og kultiveringen drives i henhold til forvaltningens retningslinjer, kan kultivering gi et verdifullt bidrag til gytebestanden. Dersom tilslaget forblir lavt, er det sannsynligvis bedre å la stamfisken gyte naturlig i elven.

Ingerid Julie Hagen, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim;

[ingerid.hagen@nina.no](mailto:ingerid.hagen@nina.no)

Sten Karlsson, NINA; [sten.karlsson@nina.no](mailto:sten.karlsson@nina.no)

Peder Fiske, NINA; [peder.fiske@nina.no](mailto:peder.fiske@nina.no)

Espen Holthe, NINA; [espen.holthe@nina.no](mailto:espen.holthe@nina.no)

Bjørn Bjøru, Veterinærinstituttet, Postboks 4024, Angelltrøa, 7457 Trondheim;

[bjorn.bjoru@vetinst.no](mailto:bjorn.bjoru@vetinst.no)

Håvard Lo, Veterinærinstituttet; [havard.lo@vetinst.no](mailto:havard.lo@vetinst.no)

Bjørn Florø-Larsen, Veterinærinstituttet; [bjorn.floro-larsen@vetinst.no](mailto:bjorn.floro-larsen@vetinst.no)

Vegard P. Sollien, Veterinærinstituttet; [vegard-p.sollien@vetinst.no](mailto:vegard-p.sollien@vetinst.no)

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>4</b>
<b>Forord</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1 Kultivering i Norge .....	6
1.2 Behovet for å evaluere kultivering .....	6
1.3 Innkrysning av rømt oppdrettslaks .....	6
1.4 Gytebestandsoppnåelse og kultivering i Ørstaelva .....	7
1.5 Prosjektets delmål .....	8
<b>2 Materiale og metoder</b> .....	<b>9</b>
2.1 Prøver fra Ørstaelva .....	9
2.2 Genetisk tilordning av villfanget gytefisk til stamfiskforeldre .....	9
2.3 Beregning av tilslag av kultivert fisk .....	10
2.4 Beregning av effektiv bestandsstørrelse .....	10
2.5 Vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering .....	11
2.6 Innkrysning av rømt oppdrettslaks .....	11
2.7 Stamfiskens representativitet .....	11
<b>3 Resultater</b> .....	<b>12</b>
3.1 Tilslag av kultivert fisk .....	12
3.2 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultiveringen .....	12
3.3 Innkrysning av rømt oppdrettslaks .....	14
3.4 Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske .....	16
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>19</b>
4.1 Konklusjoner .....	20
4.2 Konkrete forvaltningsråd for kultivering i Ørstaelva .....	20
<b>5 Referanser</b> .....	<b>22</b>

## Forord

Molekylærgenetiske metoder har i større grad blitt tatt i bruk de senere årene, og er i dag en naturlig del av praktisk forvaltning. Utsettinger av klekkeriprodusert fisk har som formål å bidra til å supplere og øke produksjonen av fisk utover den naturlige produksjonen i bestanden. Kunnskap om hvorvidt utsettingene bidrar til økt produksjon av fisk er imidlertid ofte mangelfull. I tillegg til kunnskap om tilslag fra utsettinger er det også viktig å vite hvorvidt utsettingene ivaretar den genetiske integriteten og den genetiske variasjonen i bestanden. En rekke forskjellige kultiveringsprogram for laks har blitt evaluert med hjelp av molekylærgenetiske metoder og i denne rapporten blir kultiveringsprogrammet for laks i Ørstaelva evaluert med tanke på tilslag og bevaring av genetisk integritet og genetisk variasjon.

Vi takker Miljødirektoratet for oppdraget, Tor Aasen ved Ørstaelva klekkeri for å ha bidratt med verdifull informasjon fra klekkeriets arkiver, Sigrid Skoglund, Laila Saksgård og Gunnel Østborg ved NINA for skjellanalyser, Ida Pernille Øystese Andersskog, Hege Brandsegg, Line Birkeland Eriksen og Merethe Hagen Spets ved NINA Genlab for DNA ekstraksjon og genotyping.

11 mars 2021, Sten Karlsson og Ingerid Julie Hagen

# 1 Innledning

## 1.1 Kultivering i Norge

Kultivering av laksefisk har lang historie i Norge, og allerede i 1855 ble det etablert klekkerier for utsetting av anadrom fisk i flere elver (Berg 1986). I oppstarten av kultiveringspraksisen var kunnskapsgrunnlaget begrenset, og klekkeriene hadde lite spesifikke føringer for hvordan kultivering burde drives. Etter hvert som kunnskapsgrunnlaget har økt, har også føringer og regelverk rundt kultivering blitt mer detaljert. For eksempel ble det i 1988 anbefalt bruk av stamfisk av stedefgen stamme (Korsen mfl. 1988), hvilket ble lovfestet ved Lakseloven i 1992 (<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1992-05-15-47>). I 1995 ble det tilrettelagt for å sende inn skjellprøver til skjellkontroll for å skille rømt oppdrettslaks fra stamlaks, og fra og med 2014 har all stamlaks i tillegg blitt testet genetisk for å identifisere individer som er avkom etter rømt oppdrettslaks, men født i naturen. Videre har det blitt utarbeidet retningslinjer for utsetting av anadrom fisk (Anon. 2014), og en veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet (Karlsson mfl. 2016a). I dag drives det kultivering i om lag 60 laksebestander i Norge (Karlsson mfl. 2021).

## 1.2 Behovet for å evaluere kultivering

Kultiveringstiltak i form av fiskeutsettinger er et betydelig avvik fra de naturlige bestandsregulerende prosessene, og innebærer risiko for uønskede genetiske og økologiske effekter. I dag benyttes kultiveringstiltak hovedsakelig som et bevaringstiltak. Dersom det er behov for at en bestand kultiveres, er det viktig at effekten av kultiveringen evalueres. Evaluering gir informasjon om tilslaget av kultiveringen og hvordan tilslaget og antall stamfisk bør tilpasses for å få et optimalt forholdstall mellom antall gytefisk i elven, antall kultiverte foreldre og bidraget fra de enkelte stamfiskene. Dersom et begrenset antall stamfisk ligger til grunn for utsettinger av et relativt stort antall avkom, slik at den utsatte fisken gir et uforholdsmessig stort bidrag til den naturlige gytebestanden kan den totale effektive bestandsstørrelsen i bestanden bli redusert, selv om antall individer i elven øker. Dette kalles Ryman-Laikre effekten og har blitt dokumentert som følge av kultivering i laksebestandene i Eira, Bævra og Årøyelva (Hagen mfl. 2020) og internasjonalt (Christie mfl. 2012). For å unngå en Ryman-Laikre effekt er det viktig å tilpasse andelen utsatt fisk i totalbestanden i forhold til effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk. Et sentralt fokus ved evaluering av kultivering er derfor å tallfeste andel kultivert fisk i bestanden, effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk, og ut fra dette tilpasse kultiveringen slik at eventuelle negative effekter unngås, og utfallet blir mest mulig positivt for mottakerbestanden. Andelen kultivert fisk i bestanden er den parameteren som har størst betydning for hvilke genetiske effekter kultiveringen kan ha på bestanden (Hagen mfl. 2020). Dersom tilslaget ved kultivering er stort kan utsetting av klekkeriproduserte individer føre til store endringer i mottakerbestanden, mens effekten vil være liten dersom tilslaget er lite.

Et utvalg oppnevnt av Miljødirektoratet («Skårutvalget») for å vurdere kultivering av anadrom laksefisk anbefalte at motivasjonen for kultivering bør være bevaring av sårbare laksebestander og fortrinnsvis gjøres etter at andre kompenserende tiltak er utprøvd (Skår mfl. 2011). Videre anbefales det at molekylærgenetiske metoder bør benyttes for å studere effekter av utsettinger på den naturlige bestanden og optimalisere bruken av stamfisk (Skår mfl. 2011). En forutsetning for å kunne utføre en evaluering av kultivering med molekylærgenetiske metoder er at det blir samlet inn skjellprøver av all stamfisk, samt stikkprøver av bestanden i elven. Stamlaks kontrollen som ble innført i 2014 har medført at prøver av stamfisken er sikret og at utsatte individer er sporbare til stamlaksforeldre.

## 1.3 Innkryssing av rømt oppdrettslaks

Ørstaelva er sterkt påvirket av innkryssing fra rømt oppdrettslaks, og genetisk integritet er vurdert til å være svært dårlig (Diserud mfl. 2020). Sterk seleksjon for økonomisk viktige trekk har ført til



at oppdrettslaks er mindre tilpasset livet i naturen enn villaks, og innkrysning av oppdrettslaks i ville bestander har derfor negative konsekvenser for villaksen (Fleming mfl. 2000, McGinnity mfl. 2003). Oppdrettslaks og hybrider mellom oppdrettslaks og villaks vil utkonkurrere villaks når de er holdt i oppdrettsmiljø (Solberg mfl. 2013). I kultiveringsprogrammet for Eira er det vist at stamlaks med helt eller delvis opphav i oppdrettslaks har hatt høyere overlevelse enn stamlaks med rent villaksopphav og at denne effekten har forsterket graden av innkrysning av oppdrettslaks i bestanden (Hagen mfl. 2019a). Siden 2014 har det blitt gjennomført obligatorisk genetisk stamlakskontroll, for å luke ut stamlaks som sannsynligvis ikke har rent opphav i villaks, men har helt eller delvis opphav i rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2021).

## 1.4 Gytebestandsoppnåelse og kultivering i Ørstaelva

Ørstaelva er et nasjonalt laksevassdrag og hadde opprinnelig en stor bestandsstørrelse, men har ifølge Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) (Anon. 2020) ikke oppnådd gytebestandsmålet på 1353 kg ho-laks i årene 2018 og 2019. I 2019 lå gytebestandsoppnåelsen på 50 % av gytebestandsmålet, og det var ikke høstbart overskudd i elven. Det ble gjennomført ungfiskundersøkelser i Ørstaelva høsten 2018. Tettheten av ungfisk var relativt lav, men på grunn av at det mangler referansemateriale fra tidligere år var det ikke mulig å vurdere om tilstanden i 2018 representerte en nedgang i ungfisktetthet (Kålsås og Kambestad 2019). Tilsvarende lav ungfisktetthet har blitt observert i andre vassdrag med tilfredsstillende produksjon (Kålsås og Kambestad 2019). Kultiveringen i Ørstaelva er frivillig og har pågått siden 1960-tallet. Det settes hovedsakelig ut startfåret yngel og plommeseckyngel i elva (**tabell 1**). Prøver av innsamlet stamfisk blir sendt til skjellkontroll for å luke ut rømt oppdrettsfisk. Fra og med 2014 har all stamfisk klassifisert som villfisk etter skjellanalyse blitt sjekket for mulig oppdrettsopphav igjennom den genetiske opphavkontrollen.

**Tabell 1:** Oversikt over antall stamfisk som ble fanget og hvis skjell ble sendt til skjellkontroll for å luke ut individer som var rømt oppdrettsfisk, antall som ble godkjent ved skjellkontroll, antall som ble godkjent etter genetisk opphavskontroll (fra og med 2014) og antall øyerogn / plommeseckyngel og startfåret yngel som er satt ut samme år. Yngel og øyerogn som er satt ut et gitt år har opphav i stamfisken som er rapportert fanget det foregående året. Data er hentet fra Karlsson mfl. (2020) og VRL (<https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltestander/#/map>).

År	Stamfisk fanget	Godkjent v/ skjellkontroll	Godkjent v/ opphavskontroll	Antall rogn / plommeseckyngel / startfåret yngel satt ut
2010	45	43	-	18 liter / 118 000 rognkorn**
2011	49*	Ukjent	-	19,6 liter / 128 000 rognkorn **
2012	16	16	-	73 000 rognkorn**
2013	25	24	-	10 000 plommeseckyngel, 50 000 st.fåret yngel
2014	27	27	21	9500 plommeseckyngel, 99 000 st.fåret yngel
2015	67	67	53	53 000 st.fåret yngel
2016	86	46	30	110 000 st.fåret yngel
2017	61	50	40	125 000 st.fåret yngel
2018	55	50	40	96 000 st.fåret yngel, 18 liter øyerogn
2019	45	45	39	48 000 plommeseckyngel, 62 000 st.fåret yngel
2020	53	53	49	Ingen informasjon

\* Informasjon fra arkivet til Ørstaelva kultiveringsprogram; årsmelding til Fiskeremnd. Det ble i 2011 fanget 49 stamfisk, men skjellene etter disse har gått tapt.

\*\* Informasjon fra arkivet til Ørstaelva kultiveringsprogram; årsmelding til Fiskeremnd. Det rapporteres om rognkorn. Det er ikke oppgitt om dette er antall rognkorn ved stryking eller antallet som har blitt satt ut. Utsettingsstadium er ikke rapportert.

Denne rapporten omfatter gyteårsklassene 2010, 2012, 2013 og 2014. Fra gyteårsklassen 2010 ble det rapportert om 128 000 rognkorn og det antas at dette ble benyttet i utsettinger, men det

er ikke rapportert om utsettingsstadium. Fra gyteårsklassene 2012, 2013 og 2014 ble det satt ut henholdsvis 10 000 plommeseekkyngel og 50 000 startfôret yngel, 9500 plommeseekkyngel og 99 000 startfôret yngel og 53 000 startfôret yngel (**tabell 1**). I denne rapporten har vi kvantifisert tilslaget fra de rundt 350 000 utsatte individene og vurdert hvilke effekter utsetting av disse individene har hatt på bestanden i Ørstaelva.

## 1.5 Prosjektets delmål

Følgende delmål ble definert for prosjektet:

1. Vurdere om kultiveringen bidrar med returnerende voksen laks til elven fra gyteårene 2010, 2012, 2013 og 2014.
2. Vurdere om kultiveringen bidrar til å bevare den genetiske variasjonen og integriteten.
3. Vurdere om kultivering har bidratt til å forsterke graden av innkrysning av rømt oppdrettslaks i årene før 2014.
4. Vurdere om stamlakskontrollen har bidratt til mindre innkrysning.
5. Gi forslag til eventuelle nødvendige endringer i kultiveringspraksis.

## 2 Materiale og metoder

### 2.1 Prøver fra Ørstaelva

I dette prosjektet har vi benyttet følgende materiale:

- 1) DNA ekstrahert fra skjellprøver av stamfisk samlet inn for gyteårene 2010 – 2020 (med unntak av 2011; da skjellprøver fra dette året mangler).
- 2) DNA ekstrahert fra skjellprøver av laks fanget under sportsfisket i Ørstaelva fra fangst-årene 2015 – 2020 og tilordnet gyteårene 2010, 2012, 2013 og 2014.

Individer identifisert som rømt oppdrettslaks er ikke inkludert i denne rapporten. Tilordning til gyteår ble basert på lesing av vekstmønster i skjell for å bestemme ferskvannsalder og sjøalder (Lund & Hansen 1991). Individene som er fanget under sportsfisket er vurdert å representere gytebestanden i elva det året de ble fanget. **Tabell 2** viser antall laks som er genotypet for hvert gyteår, og **tabell 3** angir fordelingen av genotyped individene per fangstår.

**Tabell 2:** Antall individer som er tilordnet hvert av de evaluerte gyteårene.

Gyteår	Antall individer
2010	197
2012	83
2013	68
2014	99
Totalt	447

**Tabell 3:** Fangstår og antall genotyped individene som er samlet inn gjennom sportsfiske fra 2015 til 2020.

Fangstår	Antall individer
2015	84
2016	85
2017	72
2018	46
2019	93
2020	67

### 2.2 Genetisk tilordning av villfanget gytefisk til stamfiskforeldre

Kultivert fisk ble tilordnet stamfiskforeldre basert på prinsippet om mendelsk nedarving. Dette innebærer at for hvert gen (heretter markør) vil avkom arve ett av to alleler fra hver av foreldrene. For hver genetisk markør som ble analysert var et avkom nødt til å ha sammenfallende genotype med minst én av mors og én av fars to alleler på samme markør. Ved å analysere et tilstrekkelig høyt antall markører kan vi med tilnærmet 100 % sikkerhet identifisere hvilke foreldre et individ har. I denne analysen brukte vi genotyper med 81 SNP-markører (Single Nucleotide Polymorphisms). Analysen ble utført ved hjelp av et skript i Visual Basic (Thomas Moen, AquaGen AS, upublisert).

All stamfisk samlet inn for et gitt gyteår ble satt som mulige foreldre, uavhengig av oppgitt kjønn og om de var inkludert i eventuelle krysningstyper. For hver match mellom foreldre og avkom ble foreldreparet verifisert ved å kontrollere eventuelle krysningstyper og kjønn. Genetisk tilordning av avkom til stamfiskforeldre ble ytterligere kvalitetssikret ved å sammenlikne mitokondriell haplotype (basert på 15 mitokondrielle SNPer) hos hunnstamfisk med avkom. Prinsippet her er at mødre og avkom er nødt til å ha samme haplotype, fordi det mitokondrielle arvestoffet i sin helhet

og utelukkende nedarves fra mor til avkom. Det var ikke krysningslister tilgjengelig for gyteårene 2010, 2012 og 2013. Totalt ble 311 stamfisk samlet inn fra fangstårene 2015 til 2020. Disse har også blitt tilordnet stamfiskforeldre for å vurdere andelen kultivert fisk hos stamfisken, men ble ikke tatt med i den samlede evalueringen av kultivering. Dette er fordi stamfisken ikke er aldersbestemt, og de individene som ikke tilordnes stamfiskforeldre kan dermed ikke tilordnes en årsklasse. På grunn av mulig feilvandring ble det også forsøkt tilordning til stamfisk i Korsbrekk-elva (stamfiskårene 2013, 2014 og 2015), Bondalselva og Fetvassdraget (begge med stamfiskårene 2014 og 2015) og Strandaelva (all stamfisk fra 2014 og rundt halvparten av stamfisken fra 2015 da de resterende prøvene mangler; tilordningen til 2015 i Strandaelva er dermed ufullstendig).

## 2.3 Beregning av tilslag av kultivert fisk

Andel kultivert fisk har betydning for hvor store genetiske effekter kultivering kan påføre bestanden og er derfor en viktig parameter å beregne (Hagen mfl. 2020). I dette studiet har vi beregnet tilslaget av kultivert fisk for fire gyteårsklasser. Datamaterialet var stort og alle gyteårene er fulltallige (det vil si at alle smolt- og sjøaldere er representert), noe som gir grunnlag for en sikker beregning av tilslaget. Dersom stikkprøven (her prøver fra sportsfiske) fra bestanden i elva er et tilfeldig og representativt utvalg av bestanden, vil forholdet mellom antallet kultivert fisk og antallet naturlig produsert fisk være direkte overførbart til andel kultivert fisk. I Ørstaelva anser vi stikkprøven som et tilfeldig utvalg, og andelen kultivert fisk ble beregnet i henhold til følgende likning:

$$\text{Andel kultivert fisk} = \frac{\text{Antall utsatte individer}}{\text{Totalt antall individer}} \quad (\text{likning 1})$$

## 2.4 Beregning av effektiv bestandsstørrelse

Når det relative bidraget fra hver stamfisk er kjent, og dermed variasjon i antall avkom, kan effektivt antall stamfisk av hvert kjønn beregnes. Effektivt antall stamfisk ( $N_{ek}$ ) ble beregnet for hvert kjønn som følger (Caballero 1994):

$$N_{ek} = \frac{N\mu - 1}{\mu - 1 + \left(\frac{\sigma^2}{\mu}\right)} \quad (\text{Likning 2})$$

$N$  er antall ho- eller hann-stamfisk som ble brukt i kryssinger,  $\mu$  er gjennomsnittlig antall avkom per stamfisk og  $\sigma^2$  er variansen i antall avkom blant stamfiskene. Variansen i antall avkom ble skalert til 2, hvilket tilsvarer gjennomsnittlig antall avkom som hvert stamfiskpar må tilføre bestanden for å opprettholde en stabil bestandsstørrelse. Ut ifra dette ble totalt effektivt antall stamfisk for begge kjønn beregnet samlet i henhold til følgende formel:

$$N_{ek} = \frac{4 (N_{ek}^{\text{♀}} \cdot N_{ek}^{\text{♂}})}{N_{ek}^{\text{♀}} + N_{ek}^{\text{♂}}} \quad (\text{Likning 3})$$

Det er viktig å merke seg at beregningen av effektivt antall stamfisk blir mindre nøyaktig dersom det ikke er kjent hvor mange av den innsamlede og godkjente stamfisken som faktisk ble brukt i kryssinger, eller dersom tilslaget er veldig lavt. Når tilslaget er svært lavt er det sannsynlig at de fleste stamfiskene ikke vil få tilordnet noen avkom med mindre utvalgsstørrelsen er svært høyt. Gjennomsnittlig antall avkom per stamfisk kan dermed bli kunstig lavt, og varians i antall avkom kan bli kunstig høy. Under slike forutsetninger vil effektivt antall stamfisk bli betydelig lavere enn antallet stamfisk som var tatt inn i klekkeriet. Beregning av effektivt antall foreldre for den naturlig produserte laksen i elven ble gjort ved å benytte en såkalt «Sibship» metode (Wang 2009) som er implementert i programmet COLONY 2.0.2.3 (Jones & Wang 2010). I denne analysen identifiseres halv- og helsøsken ut fra genotypisk likhet innen gyteårsklasse. Ut fra sammensetningen av hel- og halvsøsken og ubeslektede individer i stikkprøven blir deretter effektivt antall foreldre

i bestanden estimert. Vi definerte alle individer som ikke ble tilordnet stamfiskforeldre som naturlig produsert (ikke kultivert). Naturlig produserte individer (heretter «ville») som ved hjelp av skjellanalyser ble tilordnet et gitt gyteår ble brukt som grunnlag for å beregne effektivt antall foreldre i vill andel av bestanden det samme gyteåret. Denne beregningen ble gjort for 2010, 2012, 2013 og 2014.

## 2.5 Vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering

For å vurdere en potensiell Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering ble den totale effektive bestandsstørrelsen beregnet ut fra følgende formel:

$$N_{eTotal} = \frac{1}{\left(\frac{x^2}{N_{ek}}\right) + \frac{(1-x)^2}{N_{evill}}} \quad (\text{Likning 4})$$

$N_{evill}$  tilsvarer effektivt antall foreldre i den ville bestanden (fra Sibship analyser),  $N_{ek}$  er effektivt antall stamfisk og  $x$  er andel kultivert fisk i gytebestanden for hvert gyteår. Beregning av  $N_{eTotal}$  ble gjort separat for hvert gyteår. Dersom  $N_{eTotal}$  er mindre enn effektiv bestandsstørrelse i den ville bestanden ( $N_{evill}$ ) kan vi si at den totale effektive bestandsstørrelsen hadde vært større uten noe bidrag fra utsatt fisk, det vil si en Ryman-Laikre effekt:

$$\frac{N_{eTotal}}{N_{evill}} < 1 \quad (\text{Likning 5})$$

## 2.6 Innkryssning av rømt oppdrettslaks

Beregning av genetisk innkryssning av oppdrettslaks ble utført med et sett genetiske markører identifisert som gode til å skille mellom villaks og rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2011). Genotyper fra disse markørene ble analysert i henhold til en metode utviklet av Karlsson mfl. (2014). I praksis betyr dette at genetisk innkryssning med oppdrettslaks ble vurdert individuelt for hver enkelt fisk og presentert som en P(Wild)-verdi mellom 0 og 1 i henhold til Karlsson mfl. (2014 og 2016b). Individer med rent villaksopphav får generelt P(wild)-verdier nær 1, mens individer med rent oppdrettsopphav får generelt P(wild)-verdier nær 0. For å skille ut individer med sannsynlig oppdrettsopphav har vi benyttet en P(wild)-grenseverdi på 0,71, hvilket er den samme som brukes som terskelverdi for å godkjenne stamfisk i stamlakskontrollen (Karlsson mfl. 2021).

## 2.7 Stamfiskens representativitet

Stamfisken bør i størst mulig grad representere gytebestanden (Karlsson mfl. 2016a). Dette betyr at stamfisken bør ha tilsvarende alders- og størrelsesfordeling som elvebestanden. Videre bør ikke stamfisken bestå av en stor andel kultivert fisk, da dette vil føre til mindre genetisk bredde i stamfisken (Hagen mfl. 2019b). I dette prosjektet har vi sammenliknet stamfiskens størrelsesfordeling med størrelsesfordelingen i prøvene fra sportsfiske. Prøver innsamlet igjennom sportsfiske ble antatt å være representative for gytebestanden. Informasjon om størrelse (vekt og lengde) ble hentet fra skjellkonvoluttene og fra informasjon om stamfisken som har blitt sendt til Veterinærinstituttet. For å undersøke om det var en forskjell på vekt og lengde i de to gruppene utførte vi en tosidig t-test i programvaren R (R Development Core Team 2018). For å unngå årseffekter benyttet vi stamfisk og sportsfiskeprøver som var fanget de samme årene (2015 – 2020). For å undersøke om det var funksjonelle genetiske forskjeller mellom stamfisken og laksen fanget i sportsfiske sammenliknet vi frekvensen av varianter i genet *vgll3*. Dette genet betinger og forklarer i stor grad alder ved kjønnsmodning (sjøalder) (Barson mfl. 2015). De to variantene av dette genet er «tidlig-varianten», som er assosiert med tidlig kjønnsmodning, og «sen-varianten» som er assosiert med sen kjønnsmodning. Forskjeller i frekvensen av disse variantene (allelene) mellom stamfisken og sportsfiskefangstene ble testet med en chi-kvadrat-test.

## 3 Resultater

### 3.1 Tilslag av kultivert fisk

Det ble totalt identifisert 45 individer fanget i sportsfisket som hadde opphav i stamfisk benyttet i kultivering i de evaluerte stamfiskårene. Tilslaget for kultivert laks i Ørstaelva varierte fra 1 % til 16 % (**tabell 4**). Det var dermed stor variasjon i tilslag av kultivert fisk i de evaluerte gyteårene i Ørstaelva.

**Tabell 4:** Antall prøver og andel kultivert fisk fra fire gyteår i Ørstaelva.

Gyteår	Totalt antall prøver	Antall kultiverte individer	Andel kultivert
2010	197	32	0,16
2012	83	2	0,02
2013	68	8	0,12
2014	99	1	0,01

Videre ble ni individer fanget under stamfiske tilordnet tidligere brukte stamfiskforeldre. På grunn av at stamfisken ikke er tilordnet gyteår ved skjellanalyser er stamfiskene som er tilordnet foreldre ikke med i beregningen av tilslag (**tabell 3**). De fleste av de tilordnede stamfiskene (7 stykker) har opphav i stamfisken som ble brukt i 2010. Ett individ har opphav i stamfisken brukt i 2013 og ett individ i stamfisken som ble brukt i 2015. Selv om stamfisken ikke bidrar i beregningen av tilslag, samsvarer antallet tilordninger til stamfisken i 2010 med resultater fra evalueringen for øvrig, som viser at utsettingene fra 2010-årsklassen hadde det høyeste tilslaget. Ingen individer ble tilordnet stamfisk fra Bondalselva, Korsbrekkelva, Fetvassdraget og Strandaelva.

### 3.2 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering

Beregning av effektivt antall stamfisk blir lite meningsfull dersom tilslaget er lavt, også ved gode utvalgsstørrelser, fordi en stor andel av stamfiskene ikke vil kunne få tilordnet noen avkom, selv om de kan ha bidratt med avkom i elven. Dette er tilfellet for gyteårene 2012 og 2014. Estimer av gjennomsnittlig antall avkom og varians i antall avkom per stamfisk blir da veldig usikkert og dermed blir også estimatet av effektivt antall stamfisk usikkert. Videre blir beregningen av effektivt antall stamfisk mindre nøyaktig dersom det antallet som ble brukt i krysninger ikke er kjent. Dette er tilfellet for gyteårene 2010 og 2012. I 2013 ble 20 av 24 individer brukt i krysninger og i 2014 ble 17 av 21 godkjente individer brukt i krysninger. I 2015 ble 29 av 53 godkjente stamfisk brukt i krysninger. Det er dermed sannsynlig at ikke alle 42 individer som det eksisterer skjellprøve fra, har blitt brukt i krysninger i 2010. For 2010 var det dermed hensiktsmessig å utføre en alternativ beregning av effektivt antall stamfisk, der vi beregnet effektivt antall stamfisk ut ifra de som hadde fått tilordnet avkom.

Dersom totalt effektivt antall gytefisk (bidrag fra vill gytefisk og kultivert fisk) er større enn effektivt antall vill gytefisk alene ( $N_{eTotal}/N_{eVill} > 1$ ) indikerer dette at kultivering har økt, eller i hvert fall gitt et bidrag til den effektive bestandsstørrelsen i elven. I **tabell 5** ser vi at  $N_{eTotal}/N_{eVill}$  ligger på omtrent 1 for alle gyteårene, hvilket tilsier at kultivering ikke har ført til en reduksjon i effektiv bestandsstørrelse, men heller ikke gitt et vesentlig bidrag til den samlede effektive bestandsstørrelsen for de evaluerte gyteårene. En Ryman-Laikre effekt innebærer redusert effektiv bestandsstørrelse som følge av kultivering, altså at  $N_{eTotal}/N_{eVill} < 1$ . For 2010 ligger denne verdien under 1 og indikerer dermed en Ryman-Laikre effekt for dette gyteåret. Som beskrevet ovenfor, er effektivt antall stamfisk for 2010 beheftet med usikkerhet, fordi vi ikke kjenner antall individer som ble brukt i krysninger, og det er sannsynlig at effektivt antall stamfisk er høyere da det som oftest utelates noen individer i krysninger. En alternativ beregning basert på individer som må ha blitt brukt i krysninger på grunn av at avkom fra disse er sporet, viste en svak økning i  $N_{eTotal}$  og ingen Ryman-Laikre effekt. Det er sannsynlig at den reelle effekten av kultivering for 2010



ligger et sted imellom disse to beregningene. Det er verdt å merke seg at estimatene for tilslag ikke har stor usikkerhet for noen av gyteårene. Tilslaget av kultivert fisk har betydning for hvor stor effekt kultivering kan ha (Hagen mfl. 2020). Selv om effektivt antall stamfisk for Ørstaelva er beheftet med usikkerhet for tre gyteår er det dermed likevel sannsynlig at kultivering ikke har medført noen betydelig reduksjon, men ikke heller økt den samlede effektive bestandsstørrelse.

**Tabell 5:** Effektiv bestandsstørrelse for vill ( $N_{eVill}$ ) og kultivert ( $N_{eKultivert}$ ) andel av bestanden, antall registrerte kultiverte avkom for hvert gyteår, antall registrerte ville avkom for hvert gyteår, antall stamfisk ( $N_{stamfisk}$ ) som er brukt i produksjon, forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand ( $N_{eTotal}/N_{eVill}$ ) og andel kultivert fisk i for hvert gyteår. For 2010 og 2012 er det ikke kjent hvor mange stamfisk som ble brukt i produksjonen.

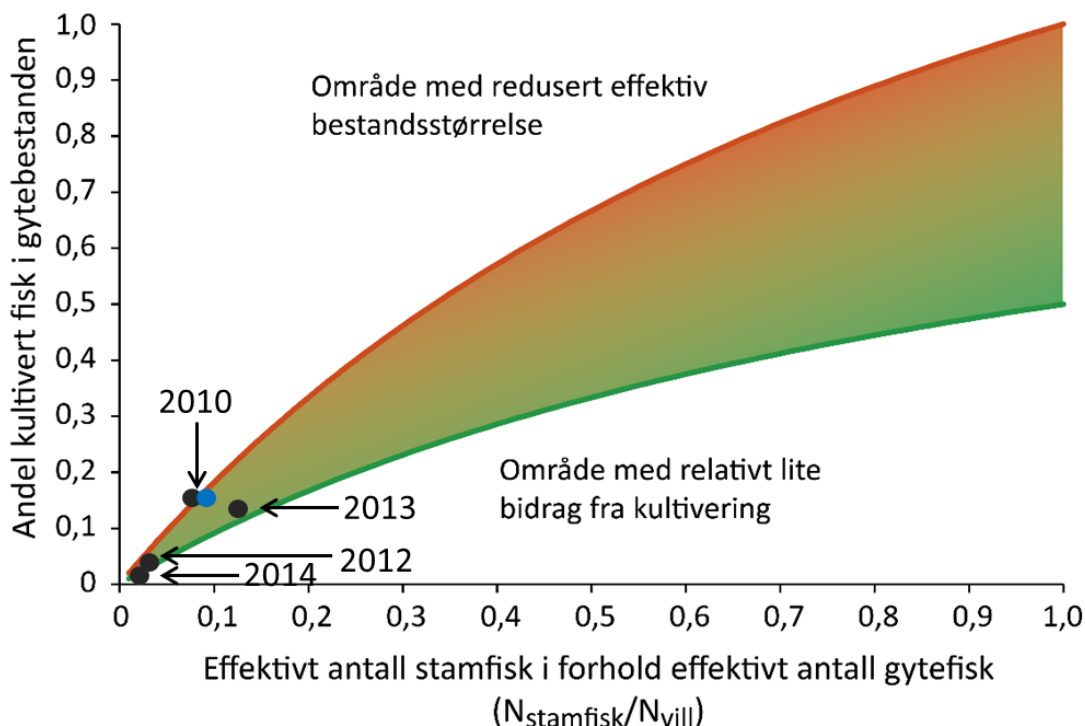
Gyteår	$N_{eVill}$	$N_{eKultivert}$	Registrerte kultiverte avkom	Registrerte ville avkom	$N_{stamfisk}$	$N_{eTotal}$	$N_{eTotal}/N_{eVill}$	Andel kultivert
2010	136	10,3	32	165	42*	129	0,95	0,16
2010**	136	12,6**	32	165	21**	138**	1,01**	0,16
2012	77	2,2	2	82	16*	79	1,03	0,02
2013	68	7,6	8	58	20	76	1,10	0,12
2014	99	1,8	1	94	17	101	1,01	0,01

\* Det antallet stamfisk som etter skjellkontroll ble klassifisert som villfisk.

\*\* Beregninger basert på stamfisk der avkom er gjenfanget og tilordnet.

I kultivering er det et mål at bidraget fra hver stamfisk bør være så likt som mulig. I **tabell 2** ser vi at effektivt antall stamfisk ( $N_{eKultivert}$ ) generelt var betydelig lavere enn det som var tilgjengelig. Dette tilsier at stamfisken kan utnyttes bedre. Det bør likevel bemerkes at dersom tilslaget er svært lavt, er det forventet at antall stamfisk vil være betydelig lavere enn det tilgjengelige antall stamfisk.

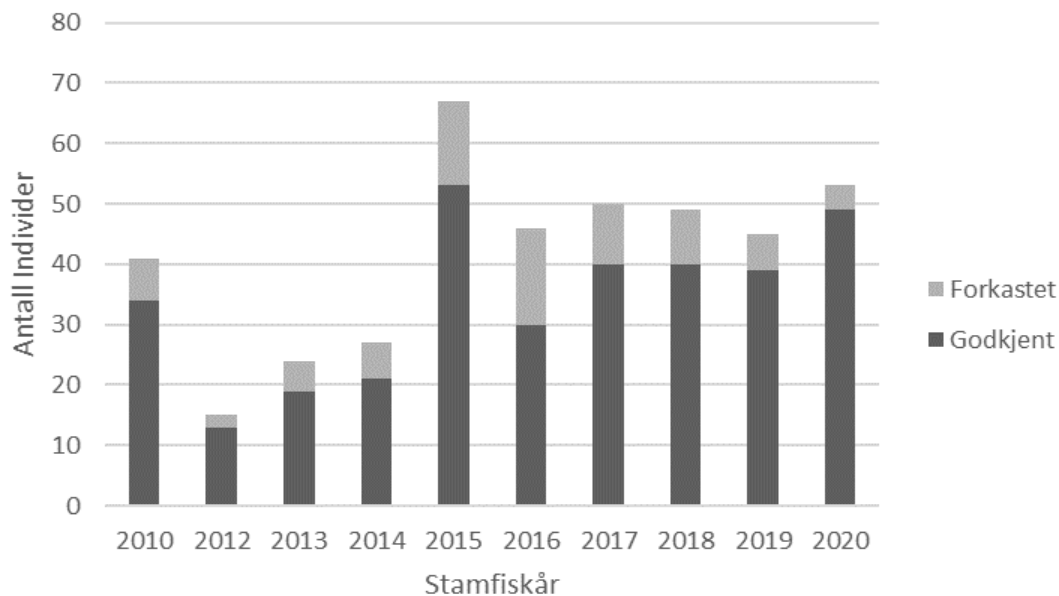
I **figur 1** er forholdet mellom andel kultivert fisk i bestanden plottet mot  $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$  for hvert av de evaluerte gyteårene. Gyteåret 2010 ligger på den røde linjen dersom vi antar at alle registrerte stamfisk ble brukt i kryssinger. En alternativ beregning basert på de 21 stamfiskene som har fått tilordnet avkom ga et mindre avvik mellom tilgjengelig antall stamfisk og effektivt antall stamfisk og dermed en svak økning i  $N_{eTotal}$ . Det er sannsynlig at den faktiske effekten av kultivering for 2010 ligger mellom de to beregningene. For gyteårene 2012 og 2014 var bidraget fra kultivering (tilslag) så lite at effekten av kultivering var ubetydelig. Resultatene som presenteres i **figur 1** er som beskrevet ovenfor beheftet med usikkerheten rundt effektivt antall stamfisk for de gyteårene da tilslaget var veldig lavt eller hvor det mangler opplysninger om antall stamfisk som ble brukt. Det er verdt å merke seg at estimatet for tilslag vurderes som sikkert. Eventuelle endringer i beregningen for  $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$  vil ved det beregnede tilslaget ikke kunne flytte datapunktene for gyteårene 2012 og 2014 i **figur 1** opp på den grønne linjen hvor kultivering gir høyest uttelling i form av å øke den effektive bestandsstørrelsen. I **figur 1** kan man se at kultivering i Ørstaelva har bidratt til en svak økning i effektiv bestandsstørrelse i gyteåret 2013. Kultivering kan gi en økning i effektiv bestandsstørrelse i Ørstaelva dersom andel kultivert fisk ligger på rundt 20 – 30 % og forholdstallet mellom effektivt antall stamfisk og effektivt antall ville gytere ligger på rundt 0,3 (**figur 1**).



**Figur 1:** Forhold mellom andel kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og  $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$  (x-aksen) for gyteårene 2010, 2012, 2013 og 2014. En alternativ beregning for 2010 basert på antall stamfisk som ble brukt i kryssninger er markert med blått. Rød linje angir forhold der totalt effektivt antall gytefisk (bidrag fra naturlig produksjon og fra kultivering) er den samme som bidraget fra kun naturlig produksjon. Grønn linje angir forhold som gir maksimalt effektivt antall gytefisk ved bidrag fra kultivering.

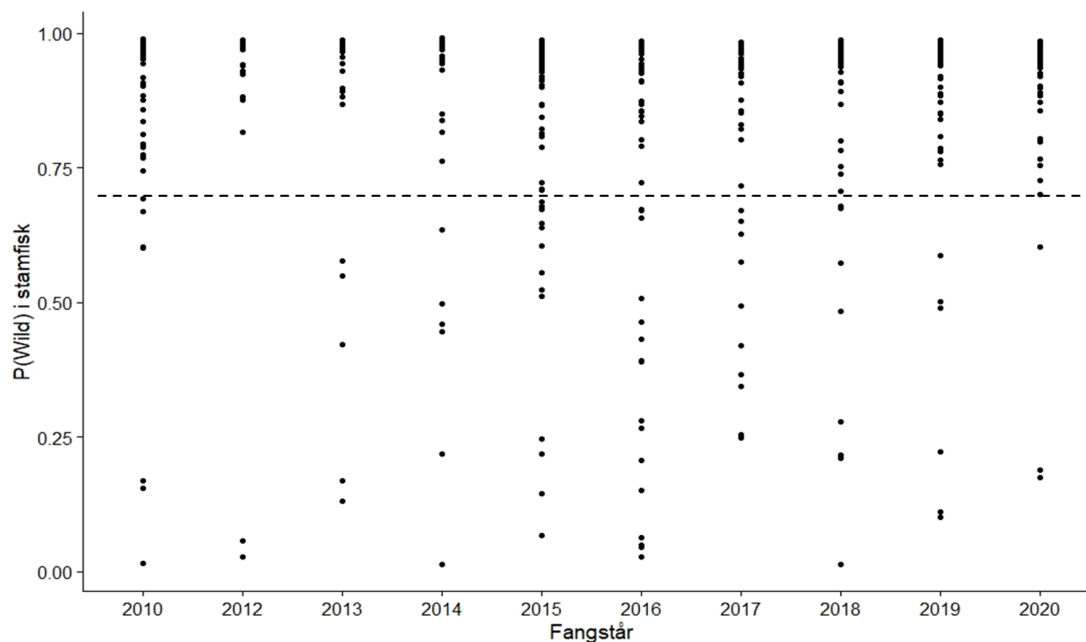
### 3.3 Innkryssning av rømt oppdrettslaks

Etter at den genetiske opphavskontrollen av stamfisk startet i 2014 har totalt 338 individer fra Ørstaelva blitt sendt til opphavskontroll. Av disse har 19 % (65 individer) en  $P(Wild)$  som tilsier at individene sannsynligvis ikke hadde rent villaksopphav, og ble dermed forkastet som stamlaks (**figur 2**). I kvalitetsnormen for innkryssning av rømt oppdrettslaks er Ørstaelva klassifisert som rød (Diserud mfl. 2020). Dette betyr at store genetiske endringer som følge av innkryssning er påvist. I henhold til informasjon om innkryssning i stamfisken har det vært et jevnt innsig av gytefisk som sannsynligvis ikke har rent villaksopphav eller som er rømt oppdrettslaks (**figur 2 og 3**).



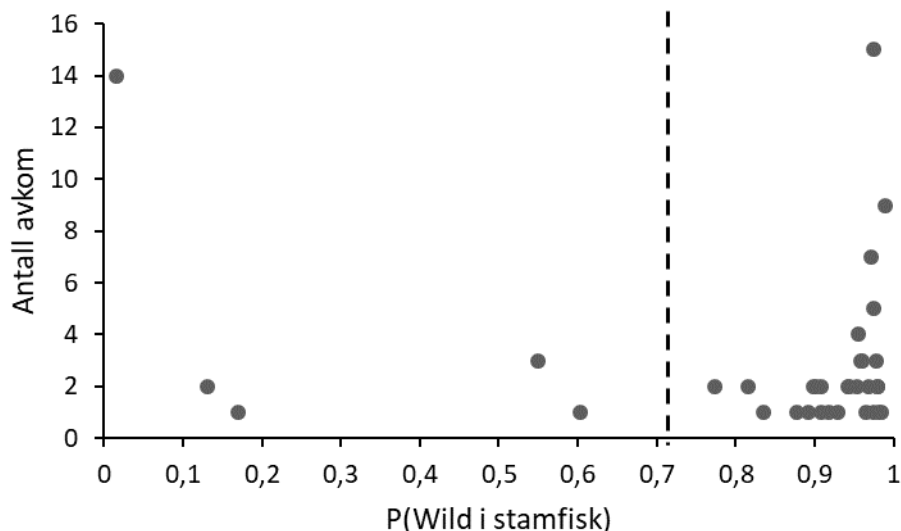
**Figur 2:** Antall stamlaks som ville vært godkjent eller forkastet i perioden 2010 – 2013 og som ble godkjent eller forkastet fra og med 2014 i henhold til stamlakskontrollens kriterier.

For gyteårene 2010, 2012 og 2013 har vi kvantifisert graden av innkryssing i stamfisk som ble fanget før opphavskontrollen ble innført i 2014. I disse gyteårene ble til sammen 82 individer godkjent til bruk som stamfisk. Det er ikke kjent om alle disse ble brukt i produksjonen. Av disse hadde 14 individer en sannsynlighet for innkryssing med oppdrettsfisk som tilsier at de ville vært forkastet i henhold til opphavskontrollen, det vil si en  $P(\text{Wild})$  under 0,71 (**figur 3**).



**Figur 3:** Grad av innkryssing av rømt oppdrettslaks uttrykt som  $P(\text{wild})$  i individer som er samlet inn som stamfisk fra 2010 til 2020. Den stiplede linjen indikerer  $P(\text{wild})$  terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.

Det har blitt produsert rogn og/eller yngel av innkrysset stamfisk som er brukt før 2014. Fra de totalt 14 stamfiskindividene som sannsynligvis ikke hadde rent villaksopphav fra årene 2010 - 2013 har det blitt registrert totalt 21 voksne avkom (**figur 4**). Særlig har ett individ med sannsynlig oppdrettsbakgrunn bidratt med 14 avkom.



**Figur 4:** Forholdet mellom  $P(\text{Wild})$  i stamfisk (x-aksen) og antall voksne avkom fra hver stamfisk som er registrert i Ørstaelva (y-aksen) og som har opphav i stamfisk før stamlakskontrollen ble opprettet i 2014. De fleste stamfisk med registrerte avkom har høy  $P(\text{wild})$  mens et fåtall har lav  $P(\text{Wild})$ . En stamfisk med lav  $P(\text{Wild})$  har fått 14 registrerte avkom. Den stiplede linjen angir grenseverdien for å forkaste stamfisk på grunn av sannsynlighet for oppdrettsopphav (0,71).

### 3.4 Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske

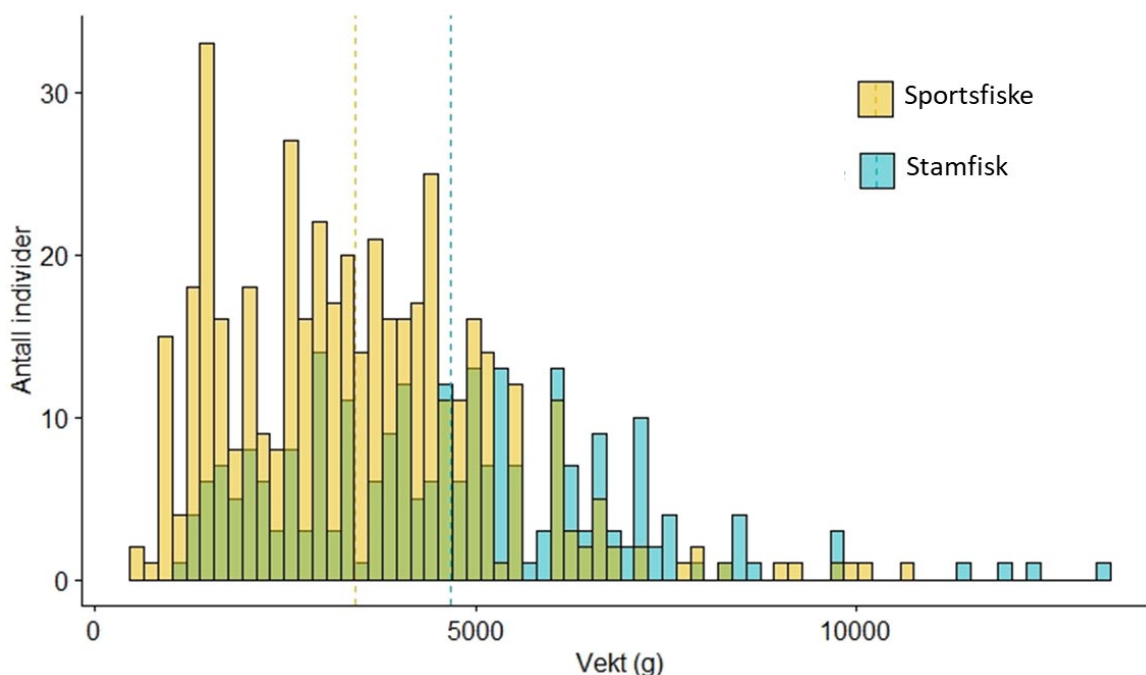
Stamfiskens vekt og lengde ble sammenliknet med tilsvarende data for individer fanget i Ørstaelva i løpet av sportsfiskesesongene 2015 – 2020. Stamfisken var i gjennomsnitt 1242 gram tyngre og 62 mm lengre enn individer fanget under sportsfisket de samme årene (**tabell 6**). Denne forskjellen er statistisk signifikant (tosidig t-test) og tilsier at stamfisken generelt har vært betydelig større enn gjennomsnittet i sportsfiskefangstene. Gjennomsnittsvekten til stamfisken lå på 0,8 percentilen for sportsfisket, hvilket betyr at stamfisken som samles inn i Ørstaelva representerer de tyngste 20 % av det som fanges under sportsfisket. Dette kan tilsi at stamfisken ikke er et tilfeldig utvalg av elvebestanden, men at store individer oftere blir valgt ut som stamfisk, noe som bør unngås. Alternativt kan det være at prøvene fra sportsfisket ikke er et representativt utvalg av elvebestanden, for eksempel fordi smålaks kan være lettere å fange på sportsfiskeredskap enn større laks.

**Tabell 6:** Gjennomsnittlig vekt og lengde for stamfisk og individer fanget under sportsfisket i løpet av 2015 – 2020. En  $p$ -verdi under 0,05 tilsier at forskjellene er statistisk signifikante.

	Stamfisk	Sportsfiske	$p$ -verdi
Gjennomsnittlig vekt (g)	4669	3426	< 0,000
Gjennomsnittlig lengde (mm)	762	700	< 0,000

Ved å studere størrelsesfordelingen for individer fanget i sportsfisket og individer fanget som stamfisk (**figur 5**) ser vi at størrelsesfordelingen til stamfisken er noe forskjøvet i forhold til individer fanget i sportsfiske. Individer med en vekt på 2 kg og mindre representerer i stor grad

ensjøvinterlaks (data ikke vist). Selv om stamfisken i Ørstaelva i gjennomsnitt var signifikant større enn resten av elvebestanden, hadde mange stamfisk en størrelse som tilsier at de sannsynligvis var ensjøvinterlaks.



**Figur 5:** Størrelsesfordeling presentert som vekt (g) blant individer som er fanget under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2015 – 2020. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig vekt for hver av de to gruppene. Der de to dataseriene overlapper er stolpene grønne.

Størrelse hos laks er nært knyttet til antall vintere som individet har tilbrakt i havet for å beite. Stamfisken i Ørstaelva var ikke aldersbestemt, slik at en direkte sammenlikning av sjøaldere mellom stamfisk og individer fanget i sportsfiske ikke kunne gjennomføres. Genet *vgll3* er nært knyttet til alder ved kjønnsmodning og sjøalder i laks (Barson mfl. 2015). Enkelt forklart kan dette genet komme i to varianter (alleler): «tidlig» og «sent». Individer med lav sjøalder har en høyere frekvens av «tidlig» allelet, mens individer med høy sjøalder har en høyere frekvens av «sent» allelet for *vgll3*. Vi beregnet frekvensen av de to mulige allelene i en genetisk markør som ligger i *vgll3* og sammenliknet frekvensen av de to variantene i stamfisk og individer fanget i sportsfisket fra 2016 – 2020 (**tabell 7**).

**Tabell 7:** Frekvens av «tidlig» og «sent» allel for en genetisk markør som ligger i *vgll3* for individer som er fanget i løpet av fangstårene 2015 – 2020. Individer fanget i sportsfiske har en høyere frekvens av «tidlig» variasjonen enn individer fanget i stamfisket.

	Frekvens «tidlig»	Frekvens «sent»
Stamfisk (N = 244)	0,64	0,36
Sportsfiske (N = 364)	0,72	0,28

Stamfisken hadde en signifikant høyere frekvens av «sent» allelet sammenliknet med individer fanget i sportsfiske de samme årene ( $P = 0,006$ ; chi-kvadrat-test). Dette sammenfaller med at stamfisken var større enn individer som ble fanget i sportsfisket. Stamfisken som ble samlet inn i Ørstaelva i perioden 2015 – 2020 har dermed hatt en annen størrelsesfordeling og en annen allelfrekvens enn det som har vært gjennomsnittet i sportsfiskefangstene de samme årene. Dette

kan tilsi at det i kultiveringsprogrammet har vært en kunstig seleksjon til fordel for stor stamfisk med en annen allelfrekvens. En slik kunstig seleksjon kan endre allelfrekvenser bort fra den fordelingen som ved naturlig seleksjon er gunstig for laksen i Ørstaelva.

Det er ikke funnet en stor andel kultivert fisk blant stamfisken som er brukt fra 2015 – 2020. Totalt ble det tilordnet ni innsamlede stamfisk, men fem av disse ble ikke brukt på grunn av høy sannsynlighet for oppdrettsopphav. Alle disse fem individene hadde foreldre blant stamfisken som ble brukt i 2010. Flesteparten av disse ble samlet inn i 2016, og én i 2018. Én kultivert stamfisk ble benyttet i produksjon i 2016. To kultiverte individer ble samlet inn under stamfisket i 2020. Det er ikke kjent om disse ble brukt i produksjon i 2020.

Fordi vi ikke har skjell fra stamfisken som ble samlet inn i 2009 og 2011 hadde vi ikke mulighet til å finne kultivert stamfisk med opphav i disse gyteårene. Stamfisken er ikke aldersbestemt slik at vi kunne se bort fra individer som stammer fra 2009 og 2011. Det er sannsynlig at mange av stamfiskene som er samlet inn i årene 2014 – 2017 har opphav i 2009-gyteåret og at stamfisken samlet inn i 2016 – 2020 har opphav i 2011-gyteåret. Det er dermed mulig at antallet kultiverte stamfisk er noe høyere enn våre resultater tilsier. I og med at tilslaget av kultivering i Ørstaelva er relativt lavt, er det lite sannsynlig at antallet kultiverte stamfisk som ikke er fanget opp, vil være stort nok til å redusere den genetiske bredden i stamfisken som har blitt brukt i Ørstaelva.



## 4 Diskusjon

I denne rapporten har vi evaluert kultiveringen for fire gyteår i Ørstaelva. I Ørstaelva er ikke kultiverte individer fysisk merket, noe som betyr at tilslaget av kultivert fisk ikke tidligere har vært kjent. For å vurdere kultiveringen har vi brukt genetisk sporing til stamfiskforeldre. Vurderingen omfatter tilslag av kultivert fisk, effektiv bestandsstørrelse for kultivert andel av bestanden i forhold til vill andel, stamfiskens representativitet, samt i hvilken grad individer som er innkrysset med oppdrettslaks har vært brukt som stamfisk før genetisk opphavskontroll ble innført i 2014. Prøvematerialet var stort, hvilket har gjort det mulig å gjøre en omfattende vurdering av kultiveringspraksisen i elva.

Tilslaget i Ørstaelva varierte fra 1 – 16 %. For at kultiveringen skal ha en effekt på bestanden må det være et visst tilslag. For gyteårene med svært lavt tilslag (2012 og 2014), har kultivering ikke hatt en betydelig effekt på bestanden. For gyteårene 2010 og 2013 var tilslaget beskjedent, men kultiveringen har likevel bidratt til bestanden i elven. Disse resultatene tilsier at laksen i Ørstaelva som har opphav i de evaluerte gyteårene for det meste var naturlig produsert, men at kultivering har bidratt til bestanden i de årene da tilslaget var moderat. Gyteåret 2010 har gitt opphav til en sterk årsklasse, der både naturlig produsert og utsatt fisk har hatt god overlevelse. I tillegg til forhold som har lagt til rette for god overlevelse er det sannsynlig at det i 2010 var et høyt antall gytefisk i elven. Beregninger av effektivt antall ville gytere for 2010 ligger betydelig høyere enn de andre evaluerte årene (**tabell 5**). For gyteåret 2010 ble det også observert en svak Ryman-Laikre effekt, når beregningen av effektivt antall stamfisk ble basert på alle innsamlede prøver. Dette er sannsynligvis ikke reelt, men kan være en effekt av det høye antallet stamfisk, der det er sannsynlig at ikke alle ble benyttet. Den reelle effekten av kultiveringen ligger sannsynligvis et sted mellom de to beregningene for 2010. Kultiveringen har dog ikke medført en økning i effektiv bestandsstørrelse i 2010.

Det har vært samlet inn et forholdsvis stort antall stamfisk fra Ørstaelva. Fordi det i de siste årene ikke har vært et høstbart overskudd i elven, representerer uttak av stamfisk med lavt tilslag en kostnad for bestanden som tilsvarer høsting. I gyteårene 2012 og 2014 da tilslaget var lavt, ville stamfisken sannsynligvis ha gitt større bidrag til bestanden dersom den hadde gytt naturlig i elven. Dersom kultiveringen i Ørstaelva opprettholdes, anbefaler vi at det gjøres tiltak for å øke overlevelsen til utsatt fisk, slik at stamfisken bidrar mer i kultiveringsprogrammet enn den ville gjøre ved naturlig gyting.

For å gjøre en god vurdering av kultivering er det viktig at så mye informasjon som mulig er tilgjengelig. Dette betyr at alle tilsiktede og tilfeldige hendelser som inntreffer under produksjonen bør dokumenteres. Dette inkluderer dokumentasjon av kryssninger, dødelighet og informasjon om mengde rogn som er brukt fra hver familie. Videre bør forhold i elva under og etter at utsettingen av yngel skjer også dokumenteres. I og med at tilslaget i Ørstaelva er variabelt, kan god dokumentasjon gi en forståelse av årsakene til det variable tilslaget. Dette innebærer blant annet tidspunkt og lokalitet for utsettinger, og vannføring og temperatur både i klekkeriet og i elva. Genetisk sporing av kultivert fisk blant prøver av ungfisk i elven vil kunne bidra med nyttig innsikt i hvor stor overlevelsen er i ferskvannsfasen og hvilke forhold som er knyttet til høy overlevelse.

Utviklingshastigheten hos rogn fra befruktning til klekking er i hovedsak bestemt av vanntemperatur (Crisp 1981). Dersom en kjenner vanntemperaturen i klekkeriet og i elven, så kan både tidspunkt for klekking og utvikling frem til swim-up beregnes (Crisp 1988). Dette kan gi forslag til utsettingstidspunkt. Ved utsetting av plommesecklarver er tidsvinduet for utsetting svært lite, kun noen få dager rett før plommesekken er oppbrukt (Wist mfl. 2019). Dette skyldes at temperaturene ofte er forholdsvis høye på dette tidspunktet og larvene utvikler seg raskt. En må derfor ha god kontroll på temperaturer i klekkeriet for å kunne sette ut plommesecklarver på et tidspunkt der det er sannsynlig at overlevelsen blir så god som mulig. I Ørstaelva har utsettingene fra 2012-årsklassen (plommeseckkyngel og startfåret yngel) og startfåret yngel utsatt i 2015 (2014 årsklassen) hatt dårlig overlevelse, mens utsettingene fra 2010-årsklassen (ukjent stadium) og startfåret yngel utsatt 2014 (2013-årsklassen) har hatt bedre overlevelse. Dersom temperaturene i klekkeriet ikke samsvarer med temperaturene på utsettingsstedet, eller nærmer seg ti grader, kan en kort periode med føring av yngelen i noen tilfeller øke overlevelsen av utsettingsmaterialet

(Bremset mfl. 2019). Mismatch mellom utviklingsstadium og utsettingstidspunkt for uførede laksunger kan være noe av årsaken til at utsetting av plommesekkengel ikke har forventet tilslag i Ørstaelva. En annen metode for å øke overlevelsen på utsettingsmaterialet i Ørstaelva kan være å fordele utsettinger fra de samme familiene på flere utsettingsstadier. For eksempel kan rogn fra en familie fordeles likt til rognplanting, uføret yngel, og startføret yngel. De ulike utsettingsstadiene kan spores ved bademerking av rogn (otillittmerking). Ved rognplanting er det også viktig å ha god kontroll på temperaturene i anlegget. Videre bør rogn settes så nært klekking som mulig, og ved et tidspunkt som er nært klekkesidspunktet for egg som er naturlig gytt i elva. Klekkerirogna sin utvikling bør styres slik at den klekker samtidig med rogn i naturlige gytegroper i elva. Dette sikrer at yngelen kommer opp fra grusen på et optimalt tidspunkt når den skal begynne å finne føde. Øyerogn graves ned rett før klekking, helst på lavere til middels vannføring. For å unngå flom kan rogn plantes tidligere. Rogna plantes helst på 70-90 % utvikling.

Stamlaksen i Ørstaelva var for fangstårene 2015 – 2020 betydelig større enn gjennomsnittet i sportsfiskefangstene (**tabell 6**). Denne forskjellen i kroppsstørrelse sammenfalt med forskjeller i frekvensen av genvarianter i *vgll3*-genet (**tabell 7**). Dette er et gen som har stor betydning for alder ved kjønnsmodning, hvilket igjen er koblet til antall vintre tilbrakt i havet og kroppsstørrelse (Barson mfl. 2015). Vi fant at stamfisker hadde signifikant høyere frekvens av varianten som sannsynliggjør høyere sjøalder og dermed høyere vekt enn det som var gjennomsnittet i prøver fra sportsfiske. Dette kan tilsi at stamfisker ikke er et tilfeldig utvalg av elvebestanden slik forvaltningen anbefaler (Skår mfl. 2011; Karlsson mfl. 2016a) og at det i kultiveringsprogrammet har vært en kunstig seleksjon for store individer. Genet *vgll3* viser en stor grad av elvespesifikk tilpasning, noe som betyr at det er et seleksjonstrykk i de forskjellige elvene som favoriserer (eller selekterer bort) individer med egenskaper som er koblet til varianter av genet. En kunstig seleksjon for en annen genfrekvens enn det som gjennom naturlig seleksjon er optimalt for lakser i Ørstaelva vil sannsynligvis ha negativ effekt på den lokale genetiske tilpasningen av bestanden i Ørstaelva. Videre kan seleksjon for individer med høy sjøalder negativt påvirke overlevelsen til utsatt fisk, i og med at høyere sjøalder er assosiert med lavere overlevelse.

Det ble sporet avkom etter stamfisk som var innkrysset med oppdrettslaks og som ble brukt i kultivering før opphavskontrollen ble innført i 2014. Disse resultatene viser at kultivering har potensiale til å påvirke innkryssningen i elven, i og med at enkelte innkryssede individer har bidratt med mange avkom før opphavskontrollen. Stamlaks-kontrollen har fjernet denne negative effekten av kultivering. Med et lavt tilslag vil effekten av opphavskontrollen være liten på den totale innkryssningen i bestanden.

## 4.1 Konklusjoner

- 1) Naturlig gyting står for mesteparten av produksjonen i Ørstaelva
- 2) Kultivering har varierende tilslag; dette varierer fra å være ubetydelig (1 %) til moderat (16 %). I årene der tilslaget har vært moderat, har kultivering (sannsynligvis) ført til en svak økning i effektiv bestandsstørrelse.
- 3) I årene der tilslaget har vært lavt, hadde stamfisker sannsynligvis gitt et større bidrag ved å gyte naturlig i elven.
- 4) Stamfisker ser ikke ut til å ha vært et tilfeldig utvalg av gytebestanden, slik forvaltningen anbefaler.

## 4.2 Konkrete forvaltningsråd for kultivering i Ørstaelva

Gytebestandsmålet i Ørstaelva har ikke vært oppnådd de siste årene. Ungfisktettheten ble i våren 2018 vurdert som lav, men det er usikkert om dette er en naturlig tilstand i Ørstaelva eller om lav ungfisktetthet er direkte knyttet til en sviktende gytebestand. Forvaltningens retningslinjer tilsier at andre tiltak for å bedre forholdene for laksebestanden bør bli vurdert før kultivering. Habitatforbedrende tiltak og redusert beskatning bør dermed vurderes opp mot videre kultivering av bestanden. At gytebestandsmålet ikke er oppnådd bør tas inn i betraktning i denne sammenheng. Gytbestandsmål oppnåelsen var på henholdsvis 69 %, 54 % og 37 % i 2018, 2019 og

2020 (<https://vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/report/80>). Samtidig har beskatningen vært relativt høy (se overnevnte lenke) hvilket sannsynligvis har begrenset den naturlige produksjonen fra gyteårene 2018 – 2020. Etersom tilslaget av kultivering har vært beskjedent, og dermed ikke ført til en betydelig økning i høstbart overskudd, er det sannsynlig at et økt antall gytefisk kan øke produksjonen i elven. Et økt antall gytefisk kan oppnås ved å begrense beskatningen.

Dersom kultivering av laksebestanden i Ørstaelva opprettholdes, anbefaler vi følgende:

1. Tiltak som kan forbedre tilslaget av kultiveringen bør iverksettes. Nøyaktig dokumentasjon av utsettingsprosessen og forholdene i elva vil sannsynligvis gjøre det lettere å få en god oversikt over hvilke forhold som gir best tilslag. Veiledning fra eksperter som jobber med rognplanting og yngelutsetting kan være hensiktsmessig, og sporing av kultivert fisk blant ungfisken i elva vil kunne gi viktig informasjon om overlevelse.
2. Tilslag av kultivert ungfisk bør undersøkes og dokumenteres. Dette vil gi informasjon om ferskvannsoverlevelse til utsatt øyerogn og yngel. En videre oppfølging av voksenfisk fra de samme årsklassene vil gi informasjon om sjøoverlevelse.
3. Stamfiskutvalget bør være tilfeldig og representere alders- og størrelsesfordelingen til bestanden. Gyteparer kan med fordel også benyttes som stamfisk.
4. Det bør brukes like mange hunner som hanner og antall befruktet rogn fra hver familie bør være likt, for å unngå overrepresentasjon av enkelte familier.
5. Avkom etter tidligere brukt stamfisk bør ikke brukes som stamfisk. I og med at utsatt fisk ikke er merket, vil slektskapsanalyser være et nyttig verktøy for å unngå gjenbruk av kultivert fisk, og for å unngå krysninger med slektninger, slik det ble gjort for stamfisken i 2020.

## 5 Referanser

- Anon. 2014. Retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. Miljødirektoratet, M186-2014. 12 s.
- Anon. 2020. Råd om beskatning av laks i sjølaksefiske. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 14, 155 s.
- Barson, N.J., Aykanat, T., Hindar, K., Baranski, M., Bolstad, G.H., Fiske, P., Jacq, C., Jensen A.J., Johnston, S.E., Karlsson, S., Kent, M., Moen, T., Niemelä, E., Nome, T., Næsje, T.F., Orell, P., Romakkaniemi, A., Sægrov, H., Urdal, K., Erkinaro, J., Lien, S. & Primmer, C.R. 2015. Sex-dependent dominance at a single locus maintains variation in age at maturity in salmon. *Nature* 528: 405-408.
- Berg, M. 1986. Det norske lakse- og innlandsfiskets historie, Universitetsforlaget AS, Oslo.
- Bremset, G., Holthe, E., Berg, M., Museth, J., Jensås, J.G. & Ulvan, E.M. 2019. Fiskebiologiske undersøkelser i Røssåga. Årsrapport for 2018. NINA Rapport 1558. Norsk institutt for naturforskning.
- Caballero, A. 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity* 73: 657-679.
- Christie, M.R., Marine, M.L., French, R.A., Waples, R.S. & Blouin, M.S. 2012b. Effective size of a wild salmonid population is greatly reduced by hatchery supplementation. *Heredity* 109: 254.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. - *Freshwater Biology* 11, 361-368.
- Crisp, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and swim-up times for salmonid embryos. - *Freshwater Biology* 19, 41-48.
- Diserud, O.H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K.A. & Skaala, Ø. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2020. NINA Rapport 1926. Norsk institutt for naturforskning.
- Fleming, I. A., Hindar, K., Mjølnerød, I. B., Jonsson, B., Balstad, T., & Lamberg, A. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267: 1517-1523.
- Hagen, I.J., Jensen, A.J., Bolstad, G.H., Diserud, O.H., Hindar, K., Lo, H. & Karlsson, S. 2019a. Supplementary stocking selects for domesticated genotypes. *Nature Communications* 10(1): 199.
- Hagen, I.J., Jensen, A.J., Bjørn, B., Holthe, E., Florø-Larsen, B., Lo, H., Ugedal, O. & Karlsson, S. 2019b. Evaluering av kultivering med molekylærgenetiske metoder. NINA Rapport 1531. Norsk institutt for naturforskning.
- Hagen, I.J., Ugedal, O., Jensen, A.J., Lo, H., Holthe, E., Bjørn, B., Florø-Larsen, B., Sægrov, H., Skoglund, H. & Karlsson, S. 2020. Evaluation of genetic effects on wild salmon populations from stock enhancement. *ICES Journal of Marine Science*.
- Holthe, E., Jensen, A.J., Berg, M., Bremset, G. & Jensås, J.G. 2015. Reetablering av laks i Vefsna. Årsrapport 2014. - NINA Rapport 1128. 34 s.
- Jones, O.R. & Wang, J. 2010. COLONY: a program for parentage and sibship inference from multi-locus genotype data. *Molecular Ecology Resources* 10: 551-555.
- Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., & Ugedal, O. 2016a. Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet. NINA Rapport 1269. Norsk institutt for naturforskning.
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Fiske, P., & Hindar, K. 2016b. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, 73: 2488-2498.
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Moen, T., & Hindar, K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression. *Ecology and Evolution*, 4: 3256-3263.
- Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Sollien, V.P., Andersskog, I. P. Ø., Brandsegg, H., Eriksen, L. B. & Spets, M. H. 2021. Stamlakskontroll 2020. NINA Rapport 1973. Norsk institutt for naturforskning.

- Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K.A. & Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 11: 247-253.
- Korsen, I., Johansen, O., Mork, J., Steinkjer, J. & Weiseth, A. 1988. Vurdering av kultiveringsvirksomheten, og bruk av stedegen fiskestamme til utsettinger. Innstilling fra stamfiskutvalget, Trondheim, Februar 1988.
- Kålås, S. og M. Kambestad 2019. Ungfiskgransking i Ørstaelva i 2018. Rådgivende Biologer AS, rapport 2966, 22 sider.
- McGinnity, P., Prodöhl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Maoiléidigh, N.ó., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. & Cross, T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 270: 2443-2450.
- R Development Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Ryman, N. & Laikre, L. 1991. Effects of Supportive Breeding on the Genetically Effective Population Size. *Conservation Biology* 5: 325-329.
- Skår K., Barlaup B., Bremset G., Dyrendal H.A., Limstrand R. & Wennevik V. 2011. Innstilling fra utvalg om kultivering av anadrom laksefisk (Utvalg utnevnt i brev av 26.10.10 fra Direktoratet for naturforvaltning). DN-utredning 11-2011.
- Solberg, M. F., Skaala, Ø., Nilsen, F. & Glover, K. A. 2013. Does Domestication Cause Changes in Growth Reaction Norms? A Study of Farmed, Wild and Hybrid Atlantic Salmon Families Exposed to Environmental Stress. *PLoS ONE*, 8: e54469.
- Wang, J.L. 2009. A new method for estimating effective population sizes from a single sample of multilocus genotypes. *Molecular Ecology* 18: 2148-2164.
- Wist, A.N., Bjørn, B., Sollien, V.P. og Skjøstad, M.B. 2019. Reetableringsprosjektet i Raumaregionen. Årsrapport 2018. Veterinærinstituttets rapportserie, 21-2019.







*Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.*

*NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.*

*NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.*

1960

NINA Rapport

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-4739-9

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger