

1940

NINA Rapport

Evaluering av frivillig kultivering i Bondalselva

Ingerid Julie Hagen, Sten Karlsson, Peder Fiske, Bjørn Bjøru,
Espen Holthe, Håvard Lo, Bjørn Florø-Larsen & 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 frivillig kultivering i Bondselva

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., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2023. Evaluering av frivillig kultivering i Bondalselva. NINA Rapport 1940. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, mai 2023

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4717-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Gunnbjørn Bremset

ANSVARLIG SIGNATUR

Assisterende forskningssjef Tonje Aronsen (sign.)

OPPDRAKSGIVER

Statsforvalteren i Møre og Romsdal

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Geir Moen

FORSIDEBILDE

Bondalselva sett fra Kvistad bru © Svein Aam, Møre-Nytt

NØKKELOD

Bondalselva

Laks

Salmo salar

Kultivering

Evaluering

Genetikk

Ryman-Laikre effekt

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

Sammendrag

Hagen, I.J., Karlsson, S., Fiske, P., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2023. Evaluering av frivillig kultivering i Bondselva. NINA Rapport 1940. Norsk institutt for naturforskning.

Det har vært gjennomført frivillig kultivering i Bondselva i Hjørundfjorden i flere tiår. Imidlertid har det tidligere ikke vært gjennomført evaluering av hvordan kultiveringen bidrar til lakseproduksjon, og heller ingen vurderinger av hvilke genetiske effekter kultiveringsvirksomheten har hatt. Formålet med dette prosjektet er å evaluere kultiveringseffekter på laksebestanden i Bondselva. Hovedvekt i undersøkelsene er lagt på årsklassene med opphav i gytesesongene 2014 - 2016.

De evaluerte gyteårsklassene omfatter i hovedsak individer som ble satt ut i plommeseekkyngelstadiet, samt et lite antall individer som ble satt ut i øyerognstadiet. Fra gytesesongene 2014 og 2015 var andelen utsatt fisk lav: i gyteårsklassen 2014 ble det funnet 2,6 % kultivert fisk, mens det i gyteårsklassen 2015 ikke ble funnet noen kultiverte individer. Ut fra normal levealder hos laks er det forventet at all fisk fra gyteårsklassene 2014 og 2015 har returnert, men det er først etter fiskesesongen 2023 at de siste fiskene med opphav i gyteårsklassen 2016 er forventet å ha returnert til Bondselva. De foreløpige resultatene for gyteårsklassen 2016 er 10,5 % utsatt fisk, noe som er omtrentlig som forventet ut fra omfanget på utsettingene.

Når det gjelder gyteårsklassene 2014 og 2015 er det sannsynlig at stamfiskene ville ha fått flere avkom dersom de hadde fått gyte naturlig. For disse årene har kultivering i større grad vært en ekstra høsting av gytefisk enn et bidrag til økt bestandsrekruttering. Det var flere usikkerheter knyttet til gyteårsklassen 2016, både med hensyn til effektivt antall naturlig gytende fisk og effektivt antall stamfisk. Dette gjør at det blir vanskelig å beregne kultiveringens påvirkning på bestanden for gyteårsklassen 2016. Selv om de foreløpige resultatene tyder på at tilslaget var forholdsvis høyt, vurderes det som lite sannsynlig at kultiveringen påvirket den effektive bestandsstørrelsen negativt i noen nevneverdig grad.

De viktigste konklusjoner og anbefalinger er: a) Det meste av laksen i Bondselva som stammer fra gyteårene 2014 - 2016 var naturlig produsert og gytebestandsmålet er for det meste oppnådd. Det er sannsynlig at gytebestandsmålet vil bli oppnådd også dersom kultiveringen avvikles. b) En reduksjon i beskatning vil sannsynligvis ha større betydning for å sikre gytebestandsmåloppnåelse enn kultivering. c) Dersom kultivering videreføres bør det gjøres tiltak for å øke overlevelsen til utsatt rogn og yngel. d) Det bør benyttes like mange hunner og hanner som stamfisk, og rognporsjoner fra hver hunnfisk bør standardiseres, slik at hver familiegruppe har like forutsetninger for likt bidrag. e) Individer som ikke blir godkjent i opphavskontroll skal ikke brukes i krysninger.

Ingerid Julie Hagen (ingerid.hagen@nina.no), Sten Karlsson, Peder Fiske & Espen Holthe, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim.

Bjørn Bjørn (bjorn.bjorn@vetinst.no), Håvard Lo, Bjørn Florø-Larsen & Vegard P. Sollien, Veterinærinstituttet, Postboks 4024, Angelltrøa, 7457 Trondheim.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
1.1 Kultivering i Norge	6
1.2 Behovet for å evaluere kultivering	6
1.3 Innkrysning av rømt oppdrettslaks og genetisk integritet.....	7
1.4 Tilstand i Bondalselva.....	7
1.5 Prosjektets delmål	8
2 Metode	9
2.1 Materiale	9
2.2 DNA-isolasjon og genotyping	9
2.3 Genetisk tilordning av villfanget gytefisk til stamfiskforeldre	9
2.4 Genetisk tilordning av stamfisk.....	10
2.5 Beregning av tilslag av kultivert fisk	10
2.6 Beregning av effektiv bestandsstørrelse	10
2.7 Antall foreldre i vill andel av bestanden i Bondalselva	11
2.8 Vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering	11
2.9 Andel kultivert fisk i forhold til naturlig smoltproduksjon.....	11
2.10 Stamfiskens representativitet i forhold til sportsfiske	12
2.11 Innkrysning av rømt oppdrettslaks	12
3 Resultater	13
3.1 Tilslag av kultivert fisk.....	13
3.2 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultiveringen i Bondalselva	13
3.3 Stamfiskens representativitet i forhold til gytebestanden.....	16
3.4 Genetisk innkrysning av oppdrettsfisk.....	17
4 Diskusjon	19
5 Konklusjoner og anbefalinger	21
6 Referanser	22

Forord

Statsforvalteren i Møre og Romsdal vurderer at den frivillige kultiveringsvirksomheten i lakse-vassdragene bør evalueres. I Bondalselva i Hjørundfjorden er det frivillig kultivering med utset-tinger av plommeseekkyngel og utlegging av øyerogn. Grunnet manglende merking av øyerogn og plommeseekkyngel har tilslaget på utsettingene vært ukjent. Videre har det ikke vært kjent om kultiveringen bidrar til å opprettholde den genetiske integriteten og variasjonen i bestanden. For å gjøre en vurdering av tilslag i Bondalselva, er det nødvendig å bruke molekylærgenetiske me-toder. I denne rapporten har vi benyttet genetiske verktøy for å evaluere kultiveringen som ble gjort fra stamfisk brukt i 2014 - 2016. Prosjektet ble finansiert av Statsforvalteren i Møre og Romsdal og omfattet først gyteåret 2014. Etter kommunikasjon med Statsforvalteren ble pro-sjektet utvidet til å omfatte gyteårene 2015 og 2016. Vi takker Statsforvalteren i Møre og Romsdal for oppdraget, og Svein Aam i Møre-Nytt for tillatelse til bruk av framsidebildet fra Bondalselva. Vi vil også takke labingeniørene på NINAGEN for DNA-ekstraksjon og genotyping.

Trondheim, mai 2023

Ingerid Julie Hagen,
prosjektleder

1 Innledning

1.1 Kultivering i Norge

På 1850-tallet ble de første klekkeriene for utsetting av anadrom fisk i flere norske elver etablert (Berg 1986). I oppstarten av kultiveringspraksisen var kunnskapsgrunnlaget begrenset, og klekkeriene hadde få eller ingen føringer for hvordan kultivering burde drives. Etter hvert som kunnskapsgrunnlaget har økt, har også regelverket rundt kultivering blitt mer detaljert. Stamfiskutvalget anbefalte i sin innstilling fra 1988 bruk av stedegen stamme ved kultivering (Anonym 1988). Dette ble i 1992 et lovfestet krav i den nye Lakseloven (<https://lov-data.no/dokument/NL/lov/1992-05-15-47>). I 1995 ble det tilrettelagt for å sende inn skjellprøver til skjellkontroll for å ta ut rømt oppdrettslaks basert på vekstmønstre i skjell, og fra og med 2014 ble det i tillegg til vanlig skjellkontroll vedtatt at all stamlaks skulle testes genetisk for å identifisere og fjerne individer som sannsynligvis ikke har rent villaksopphav (hybrider mellom villaks og oppdrettslaks). Videre har miljømyndighetene på grunnlag av faglige anbefalinger (Anonym 2011) utarbeidet retningslinjer for utsetting av anadrom fisk (Anonym 2014), og det har blitt utarbeidet en veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet (Karlsson et al. 2016). I 2022 ble det tatt ut stamlaks fra 50 vassdrag i Norge (Karlsson et al. 2023).

1.2 Behovet for å evaluere kultivering

Kultiveringstiltak i form av fiskeutsettinger er et betydelig avvik fra naturlige bestandsregulerende prosesser og kan føre til uønskede genetiske og økologiske effekter. Fiskeutsettinger benyttes i dag hovedsakelig som et bevaringstiltak, og retningslinjene fra forvaltningen tilsier at kultivering bør gjøres etter at andre kompensierende tiltak har blitt forsøkt (Anonym 2014). Dersom det er behov for at en bestand kultiveres, er det viktig at effekten av kultiveringen evalueres (Anonym 2011; Karlsson et al. 2016). Evaluering gir informasjon om tilslag av kultivert fisk og hvordan både tilslaget og antall stamfisk bør tilpasses for å få et best mulig forholdstall mellom antall gytefisk i elva, antall kultiverte foreldre og bidraget fra de enkelte stamfiskene. Dersom en stor del av gytebestanden har opphav i et begrenset antall stamfisk kan den totale effektive bestandsstørrelsen bli redusert (**figur 1**). Dette kalles Ryman-Laikre effekten (Ryman & Laikre 1991) og har blitt dokumentert som følge av kultivering i norske laksebestander som i Eira, Bævrå, Årøyelva (Hagen et al. 2020) og Daleelva i Vaksdal (Hagen et al. 2023). Tilsvarende endringer er funnet i utenlandske elver (Christie et al. 2012).



Figur 1: Illustrasjon av den såkalte Ryman-Laikre effekten og påvirkning på genetisk variasjon dersom et fåtall stamfisk blir opphav til en stor andel av bestanden. Dersom denne praksisen gjentas over flere år vil kultiveringen føre til en utarming av bestandens genetiske variasjon.

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 elvebestanden. Andelen kultivert fisk i bestanden har stor betydning for hvilke genetiske effekter kultiveringen kan ha (Hagen et al. 2020). Dersom tilslaget ved kultivering er stort kan utsetting av klekkerproduserte individer føre til store endringer i mottakerbestanden, mens effekten vil sannsynligvis være liten dersom tilslaget er lite. For å kunne tilordne villfanget gytefisk til stamfiskforeldre benyttes det molekylærgenetiske metoder. En forutsetning for å evaluere kultivering er derfor at det blir samlet inn skjellprøver av all stamfisk, samt stikkprøver av bestanden i elva. 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 og genetisk integritet

Sterk seleksjon for økonomisk viktige trekk har ført til at oppdrettslaks er mindre tilpasset livet i naturen enn villaks, og innkryssing av oppdrettslaks i ville bestander har derfor negative konsekvenser for villaksen (Glover et al. 2017). Laks født i naturen som har gener som helt eller delvis stammer fra oppdrettslaks har dårligere overlevelse (Wacker et al. 2021) og reproduksjon enn laks med rent villaksopphav. Det er også vist at innkryssing av rømt oppdrettslaks fører til endret vekst og sjøalder i villfisk (Bolstad et al. 2017; 2021). I kunstige miljøer har derimot oppdrettslaks bedre overlevelse, slik at oppdrettslaks og hybrider mellom oppdrettslaks og villaks vil utkonkurere villaks når de er holdt i oppdrettsmiljø (Solberg et al. 2013). I kultiveringsprogrammet for Eira i Møre og Romsdal hvor det har blitt satt ut ettårig og toårig smolt, er det vist at stamlaks med helt eller delvis opphav i oppdrettslaks fikk flere voksne avkom enn stamlaks med rent villaksopphav. Denne effekten har forsterket graden av innkryssing av oppdrettslaks i elvebestanden og dokumenterer risikoen for utilsiktet seleksjon i kultiveringsanlegg (Hagen mfl. 2019). Fra og med 2014 har det blitt gjennomført obligatorisk genetisk stamlaks kontroll for å fjerne stamlaks som sannsynligvis ikke har rent opphav i villaks (Karlsson et al. 2023).

1.4 Tilstand i Bondalselva

Gytebestandsmålet i Bondalselva (097.1Z) er på 582 kg hunnfisk (Hindar et al. 2007). Ifølge Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL), har Bondalselva god gytebestandsmåloppnåelse og et noe varierende, men i hovedsak tilfredsstillende høstbart overskudd ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](https://www.vitenskapsradet.no)). Genetisk integritet i Bondalselva er vurdert til å være svært dårlig som følge av innkryssing med rømt oppdrettslaks (Diserud et al. 2020). Fra og med 2014 har kultivering i Bondalselva for det meste omfattet utsetting av plommeseckkyngel, i tillegg til utlegging av et lite antall øyerogn (**tabell 1**). Miljømyndighetene har ikke pålagt utsettinger i Bondalselva, men kultiveringen har foregått i mange tiår i frivillig regi.

Tabell 1. Oversikt over antall stamfisk som ble fanget og antall stamfisk som ble godkjent etter opphavskontroll og antall øyerogn/plommeseekkyngel som ble satt ut. 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 et al. (2023) og Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (<https://www.viten-skapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>). De evaluerte gyteårene og antall utsatte rogn/yngel fra disse er uthevet.

Utsettingsår	Stamfisk fanget	Stamfisk godkjent	Antall rogn og yngel satt ut
2014	29	19	70 000 plommeseekkyngel (2013)
2015	35	25	100 000 plommeseekkyngel (2014)
2016	28	25	100 000 plommeseekkyngel (2015)
2017	37	31	6000 øyerogn + 80 000 pl.seekkyngel (2016)
2018	34	28	80 000 plommeseekkyngel (2017)
2019	43	33	50 000 plommeseekkyngel (2018)
2020	55	47	80 000 plommeseekkyngel (2019)
2021	40	32	80 000 plommeseekkyngel (2020)
2022	40	34	Ingen informasjon

Denne rapporten omfatter gyteårsklassene 2014, 2015 og 2016. Fra stamfisken brukt i 2014 og 2015 ble det satt ut 100 000 plommeseekkyngel fra hvert gyteår, mens det fra stamfisken brukt i 2016 ble satt ut 6000 øyerogn og 80 000 plommeseekkyngel (**tabell 1**). Vi har kvantifisert bidraget fra de til sammen 286 000 utsatte individene og vurdert hvilke effekter utsetting av disse har hatt på laksebestanden i Bondalselva.

1.5 Prosjektets delmål

Prosjektet hadde følgende delmål:

1. Vurdere om kultiveringen bidrar med tilbakevandrende voksenlaks til elva fra gyteårsklassene 2014, 2015 og 2016.
2. Vurdere om kultiveringen bidrar til å bevare den genetiske variasjonen og integriteten i bestanden.
3. Vurdere om stamfiskene representerer elvebestanden i vekt og lengde.
4. Vurdere graden av innkryssing fra rømt oppdrettslaks i bestanden og om kultiverte individer som følge av stamlakskontrollen er mindre innkrysset enn naturlig produsert laks.
5. Gi forslag til eventuelle nødvendige endringer i kultiveringspraksis.

2 Metode

2.1 Materiale

Fra Bondalselva finnes det ikke prøver av stamfisk før 2014. Det har derfor ikke vært mulig å evaluere gyteårene før 2014. Vi har benyttet materiale som er samlet inn i løpet av sportsfiskesesongene 2019 - 2022 i evalueringen. Fra sportsfiskesesongene 2019 - 2022 ble det samlet og sendt inn til sammen 1478 skjell som ble klassifisert som villfisk (**tabell 2**). Alle disse har blitt analysert for vekstmønstre i skjellene og klassifisert som villfisk eller oppdrettsfisk, i tillegg til at både smoltalder og sjøalder bestemmes slik at gyteåret til individene er kjent. I dette prosjektet har vi studert laks som etter alderslesing på skjell har blitt tilordnet gyteårene 2014, 2015 og 2016. Antall individer klassifisert som villfisk fra respektive fangstår og gyteår er listet i **tabell 2**.

Tabell 2. Totalt antall skjell samlet inn i Bondalselva igjennom sportsfiske i sesongene 2019 - 2022 og klassifisert som villfisk og hvordan disse er tilordnet gyteårsklassene 2014 - 2017. Tall i parentes angir prosentandel av den totale fangsten per år som ble tilordnet de respektive gyteårene.

Fangstår	Totalt antall skjell	Gyteår 2014	Gyteår 2015	Gyteår 2016	Gyteår 2017
2019	123	15 (12%)	0	0	0
2020	535	210 (39%)	172 (32%)	77 (14 %)	0
2021	136	20 (15%)	61 (45%)	35 (26 %)	16 (12 %)
2022	684	3 (0,4%)	20 (3%)	148 (22 %)	388 (57 %)

Ut fra skjellmaterialet fra perioden 2019 - 2022 var gjennomsnittlig smoltalder hos laks fanget i Bondalselva 2,9 år, mens gjennomsnittlig sjøalder var 1,6 år. Dette gir en gjennomsnittsalder på rundt 4,5 år. Fangstårene 2019 - 2022 har dermed omfattet all laks som kunne tilhøre gyteår 2014, og tilnærmet all laks fra gyteår 2015 (**tabell 2**). Gyteåret 2016 er ikke fulltallig i løpet av fiskesesongen 2022, ved å ikke inkludere de eldste individene, men prøvene fra fangstårene 2019 - 2022 vil likevel gi en god indikasjon på tilslaget fra gyteåret 2016. Basert på dette materialet har vi tilfeldig valgt ut og genotypet totalt 313 individer: 114 fra gyteåret 2014, 104 fra gyteåret 2015 og 95 fra gyteåret 2016. Tidligere evaluering av norske laksebestander har vist at rundt 100 individer fra hver gyteårsklasse gir en god indikasjon på andelen kultivert fisk og et godt grunnlag for evaluering.

2.2 DNA-isolasjon og genotyping

Arvestoffet (DNA) ble ekstrahert fra skjell ved bruk av Qiagen tissue ekstraksjons-kit, og 96 SNP-markører (Single Nucleotide Polymorphisms) ble genotypet på en Fluidigm SNP genotypingsplattform. Dette er det samme SNP-verktøyet som benyttes til å skille mellom villaks og oppdrettslaks og til å beregne grad av innkrysning med rømt oppdrettslaks (Karlsson et al. 2011). Femten av markørene er lokalisert i det mitokondrielle arvestoffet og 81 av markørene er lokalisert i kjerne-DNA. Blant den sistnevnte gruppen ble 68 brukt til foreldre-avkom tilordning.

2.3 Genetisk tilordning av villfanget gytefisk til stamfiskforeldre

Kultivert fisk ble tilordnet stamfiskforeldre basert på Mendelsk nedarving. Dette innebærer at avkom arver ett av to gener fra hver av foreldrene. Ved å analysere et tilstrekkelig antall gener kan vi med tilnærmet 100 % sikkerhet identifisere foreldrene til et individ. I denne analysen brukte vi 68 SNP-markører. Analysen ble utført ved hjelp av et skript i Visual Basic (Thomas Moen, AquaGen AS, upublisert). For å ta høyde for mulige feil i krysningslistene og som en ekstra kvalitetskontroll, ble all stamfisk satt som mulige foreldre, uavhengig av oppgitt kjønn og stamfiskår. For å ta høyde for mulig feil i alderslesing av skjell ble fisken også forsøkt tilordnet stamfisken fra 2017.

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, da mitokondriet i sin helhet og utelukkende nedarves fra mor til avkom. På grunn av mulig feilvandring av kultivert fisk mellom andre nærliggende kultiverte elver, ble det også gjort foreldre/avkom-analyser med fisk fanget i Bondalselva til stamfisk brukt i Korsbrekkelva, Ørstaelva, Fetvassdraget og Strandaelva for 2014 og 2015. For gyteåret 2016 ble dette utvidet til alle overnevnte elver samt Myklebustelva (Oselva), Øyraelva og Aureelva.

2.4 Genetisk tilordning av stamfisk

Det anbefales ikke å bruke utsatt fisk som stamfisk. I tilfeller der utsatt fisk ikke er fysisk merket og ikke kan identifiseres ved skjellesing (som ved utsetninger av tidlige livshistoriestadier), er det mulig at utsatt fisk blir utilsiktet brukt som stamfisk. Dette kan føre til mindre genetisk variasjon blant utsatt fisk sammenliknet med om ubeslektet stamfisk hadde vært brukt. Gjennomføring av denne analysen var identisk med beskrivelsen i avsnitt 2.2. Stamfisk samlet inn i 2017 - 2022 ble forsøkt genetisk tilordnet til stamfisk brukt i 2014 - 2018.

2.5 Beregning av tilslag av kultivert fisk

Andel kultivert fisk i bestanden har betydning for hvor store genetiske effekter kultivering kan påføre bestanden og det er derfor viktig å beregne denne parameteren (Hagen et al. 2020). Dersom stikkprøven 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 Bondalselva vurderes stikkprøven som et tilfeldig utvalg og representativ for bestanden, og andel kultivert fisk ble beregnet i henhold til følgende likning:

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

2.6 Beregning av effektiv bestandsstørrelse

Effektivt antall foreldre er som regel forskjellig og ofte mindre enn det faktiske antall foreldre. Ulikt antall hunn- og hannfisk og en stor forskjell i antall avkom, vil føre til at effektivt antall foreldre blir mindre enn faktisk antall foreldre. Effektivt antall foreldre for kultivert fisk ble beregnet separat for hanner og hunner for hvert gyteår ut ifra antall tilordnede avkom i henhold til følgende formel (Caballero 1994):

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

N er antall hunn-stamfisk eller hann-stamfisk, μ er gjennomsnittlig antall avkom per stamfisk og σ^2 er variansen i antall avkom blant stamfiskene. Variansen i antall avkom ble skalert til 2, hvilket tilsvarer gjennomsnittlig antall avkom for å opprettholde en stabil bestandsstørrelse. Ut ifra dette ble totalt effektivt antall stamfisk beregnet i henhold til følgende formel:

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

2.7 Antall foreldre i vill andel av bestanden i Bondalselva

Beregning av effektivt antall foreldre i vill andel av bestanden kan gjøres ut ifra informasjon fra gytefisktellinger, eller annen informasjon om antall individer som er antatt å befinne seg i elva et gitt gyteår. Estimert antall gytefisk (ved gytefisktellinger eller andre metoder) kan ikke direkte benyttes som det effektive antallet foreldre, da ikke alle individer bidrar likt (altså at $N_e/N < 1$). I laksebestander kan forholdet mellom effektivt antall gytefisk og antall fisk i elva variere mye både mellom bestander og mellom forskjellige år innen hver bestand (Ferchaud et al. 2016; Wacker et al. 2022). I evaluering av kultivering bruker vi et forhold mellom effektivt antall gytefisk og gytefisk observert ved tellinger eller beregnet gytebestand på $1/3$ til $1/2$ (Ferchaud et al. 2016; Wacker et al. 2022). Med disse forholdstallene tar vi høyde for usikkerheten i N_e/N -forholdet.

Det ble ikke gjort gytefisktellinger i Bondalselva de aktuelle gyteårene, men VRL har beregnet biomassen (kg) av hunnfisk i Bondalselva basert på innsig og fangstrapporater. Dette er dermed et estimat av hvor mange kg hunnfisk som sannsynligvis er igjen i elva etter at fangstene er rapportert ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](http://Hjem - Vurdering av enkeltbestander (vitenskapsradet.no))). Fra dette og den gjennomsnittlige vekten på hunnfisk i Bondalselva beregnet vi et sannsynlig antall gytefisk per gyteår, under forutsetning om at det er like mange individer av hvert kjønn til stede i elva. Deretter ble effektivt antall vill gytefisk antatt å være $1/3$ til $1/2$ av beregnet antall gytefisk i elven. Disse estimatene er beheftet med en god del usikkerhet, men vil likevel gi informasjon om gytebestandens størrelsesorden de aktuelle årene.

2.8 Vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering

Dersom en stor andel av gytefisken stammer fra et lite antall stamfisk vil dette føre til at den totale effektive bestandsstørrelsen (som inkluderer bidraget fra stamfisk og bidraget fra vill gytefisk) blir redusert som følge av kultivering. Den totale effektive bestandsstørrelsen med bidrag fra kultivering og den naturlige reproduksjonen ble beregnet med 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 effektiv bestandsstørrelse i den ville bestanden, 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 man si at den totale effektive bestandsstørrelsen hadde vært større uten noe bidrag fra utsatt fisk, det vil si at vi ser en Ryman-Laikre effekt:

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

2.9 Andel kultivert fisk i forhold til naturlig smoltproduksjon

Gytebestandsmålet for Bondalselva er vurdert til 582 kg hunnlaks eller 844 520 egg ved en egg-tetthet på fire per m^2 (Hindar et al. 2007). Utsettingene i Bondalselva dreier seg om 100 000 utsatte plommeseckkyngel i 2014 og 2015, og 86 000 øyerogn/plommeseckkyngel i 2016. Dersom vi antar at uttak av stamfisk ikke går på bekostning av gytebestandsmåloppnåelse, bør den utsatte yngelen utgjøre henholdsvis 10,1 % (ved 86 000 utsatte individer) til 11,6 % (ved 100 000 utsatte individer) ved en egg-tetthet på fire egg per m^2 . I disse beregningene er det tatt høyde for at naturlig gytt rogn har en overlevelse på 90 % fra naturlig gyting til swimup. Ved en egg-tetthet på tre egg per m^2 og overlevelse fra naturlig gyting til swimup på 90 % forventes den utsatte laksen å utgjøre 14,9 % ved 100 000 utsatte plommeseckkyngel og ved en egg-tetthet på fem egg per m^2 forventes andelen kultivert fisk å ligge på 9,5 % ved 100 000 utsatte plommeseckkyngel. Disse estimatene er naturligvis beheftet med stor usikkerhet, men kan likevel gi en indikasjon på hvilket tilslag som kan forventes av kultivering.

2.10 Stamfiskens representativitet i forhold til sportsfiske

Stamfisken bør i størst mulig grad representere gytebestanden (Anonym 2011). Dette betyr at stamfisken bør ha tilsvarende alders- og størrelsesfordeling som elvebestanden. I dette studiet har vi sammenliknet stamfiskens størrelsesfordeling med størrelsesfordeling blant fisk fanget i sportsfiske i fangstårene 2017 og 2019 - 2022. 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 Team 2018). For å unngå årseffekter sammenliknet vi stamfisk og sportsfiskeprøver som var fanget i samme år.

2.11 Innkryssning av rømt oppdrettslaks

Beregning av genetisk innkryssning av oppdrettslaks ble utført med et sett genetiske markører som er gode til å skille mellom villaks og rømt oppdrettslaks (Karlsson et al. 2011). Genotyper fra disse markørene ble analysert i henhold til en metode utviklet av Karlsson et al. (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 et al. (2014). Individuer 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, som er den samme som brukes som terskelverdi for å godkjenne stamfisk i stamlakskontrollen (Karlsson et al. 2023).

3 Resultater

3.1 Tilslag av kultivert fisk

I dette studiet har vi beregnet tilslaget av kultivert fisk for tre gyteårsklasser. Gyteårene 2014 og 2015 er representert med alle mulige aldersklasser og datagrunnlaget gir således en sikker beregning av tilslaget. Gyteåret 2016 er ikke fulltallig og savner noen av de eldste individene, men det er lite sannsynlig at fangståret 2023 vil føre til at andel kultivert fisk fra gyteåret 2016 endres betydelig, i og med at det meste av laksen som ble produsert i 2016 vil ha gått opp i Bondalselva i 2021 og 2022 (jamfør data i **tabell 2** fra tidligere fangstår og gyteår).

Fra gyteåret 2014 ble det identifisert tre individer som stammer fra utsetninger i Bondalselva. Alle disse gikk opp i elva som to-sjøvinterlaks i 2019. Det ble ikke identifisert utsatte individer fra stamlaks brukt i 2015. Fra gyteåret 2016 ble det identifisert 10 kultiverte individer. Tilslaget for kultivert laks i Bondalselva ligger dermed på 2,6 % for gyteåret 2014, < 1 % for gyteåret 2015, og 10,5 % for 2016 (**tabell 3**). Det ble ikke identifisert individer blant stamfisken som har opphav i utsetninger. Ingen individer fanget under sportsfisket i Bondalselva ble tilordnet stamfisk brukt i 2014 og 2015 i Korsbrekkelva, Ørstaelva, Strandaelva eller Fetvassdraget. To individer fanget i sportsfisket i Bondalselva i 2022 ble tilordnet stamfisk brukt henholdsvis i Strandaelva (098.3Z) og Aureelva (097.72Z) i 2016. Disse to individene er ikke med i videre beregninger.

Tabell 3. Antall prøver og andel kultivert fisk fra tre gyteår i Bondalselva identifisert ved genetisk tilordning til stamfiskforeldre. Tabellen omfatter kultiverte individer som stammer fra stamfisk benyttet i Bondalselva.

Gyteår	Totalt antall prøver	Antall kultiverte individer	Andel kultivert
2014	114	3	2,6
2015	104	0	0
2016	95	10	10,5

Ut fra at utsettingene forventes å utgjøre rundt 10-12 % av produksjonen i Bondalselva hvert år (se **avsnitt 2.9**), er tilslaget fra kultivering betydelig lavere enn forventet for gyteårsklassene 2014 og 2015. Når det gjelder 2016-årsklassen, da det ble satt ut rundt 86 000 individer, tilsvarer utsettingene 10,1 % av den estimerte samlede produksjonen, gitt en middels egg tetthet på fire egg per m². Tilslaget for utsettingene dette året var på 10,5 %, og har dermed hatt en overlevelse som var lik eller litt over forventingen.

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

Det finnes ikke krysningslister fra Bondalselva for de evaluerte gyteårene. I evalueringen antar vi derfor at alle individer som ble godkjent i henhold til stamlakskontrollen har blitt benyttet i kryssinger. Fra de 28 stamfiskene som ble klassifisert som villfisk etter skjellkontroll i 2014 ble det funnet avkom etter seks stamfisker (tre par). Ett av disse parene var ikke godkjent i henhold til den genetiske opphavskontrollen, og hadde P(Wild) verdier på 0,017 og 0,343. Fra de 28 stamfiskene som ble klassifisert som villfisk etter skjellkontroll i 2016 ble det funnet avkom etter åtte hoer og seks hanner. Ett av disse parene var ikke godkjent som stamfisk i henhold til den genetiske opphavskontrollen, og hadde P(Wild) verdier på 0,132 og 0,656. For 2014 blir det lite meningsfullt å beregne effektivt antall stamfisk, da kun tre avkom ble identifisert. For 2015 var ingen kultiverte individer observert. Ingen videre beregninger ble gjort for disse gyteårene.

Estimert antall gytefisk basert på beregnet gytebestand i kg hunnfisk (**tabell 4**; [Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](#)) gir en indikasjon på gytebestandens størrelsesorden.

Gytebestanden i 2014 var på rundt gytebestandsmålet (582 kg hunnfisk), mens i 2015 var gytebestanden sannsynligvis over 2500 kg, og i 2016 var gytebestanden sannsynligvis over 1500 kg hunnfisk. Antallet hunnfisk dette representerer avhenger av gjennomsnittsvekten. I Hindar et al. 2007 oppgis det at gjennomsnittsvekt for hunnfisk i Bondalselva er 2,1 kg. Dette er lavere enn gjennomsnittsvekten til rapportert hunnfisk i sportsfiskefangst fra årene 2017 og 2019 - 2022 som er på 3,4 kg. Rapportert fangst av hannfisk i samme periode hadde en gjennomsnittsvekt på 3,2 kg. Til sammenlikning hadde hunnstamfisken samlet inn i løpet av 2014 - 2022 en gjennomsnittsvekt på 4,3 kg. Det er sannsynlig at store hunnfisk i større grad har blitt brukt som stamfisk, en praksis som har vært observert i en rekke andre kultiveringsprogram (Hagen mfl. 2021b; 2021c; 2022; 2023). Gjennomsnittsvekten til hannstamfisk for de samme årene var 3,0 kg, hvilket er lavere enn gjennomsnittsvekten til individer fanget i sportsfisket (se **tabell 6**). Det er dermed en del variasjon i datagrunnlaget for gjennomsnittlig vekt på hunnfisk i Bondalselva. Vi har valgt å benytte gjennomsnittsvekt på hunnfisk fanget i sportsfisket i årene 2017 og 2019 - 2022 da dette sannsynligvis i større grad representerer gytebestanden i de evaluerte gyteårene, sammenliknet med estimatet i Hindar et al. (2007). Beregnet gytebestand (fra VRL sine data) angir kg hunnfisk, mens antall ville gytere omfatter begge kjønn. Vi har antatt at gytebestanden har bestått av like store antall hanner som hunner og doblet estimert antall hunner for å oppnå et estimert antall gytefisk av begge kjønn (**tabell 4**). Omregning av kg hunnfisk til antall gytefisk er beheftet med en rekke usikkerheter, men vil likevel gi informasjon om gytebestandens størrelsesorden.

Tabell 4. Beregnet gytebestand i kg hunnfisk fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](#)). Beregnet gytebestand av kg hunnfisk er regnet om til antall hunnfisk basert på gjennomsnittlig vekt for på hunnfisk fanget i sportsfisket i årene 2017 og 2019 - 2022. Antall gytefisk er basert på antagelsen om lik kjønnsfordeling.

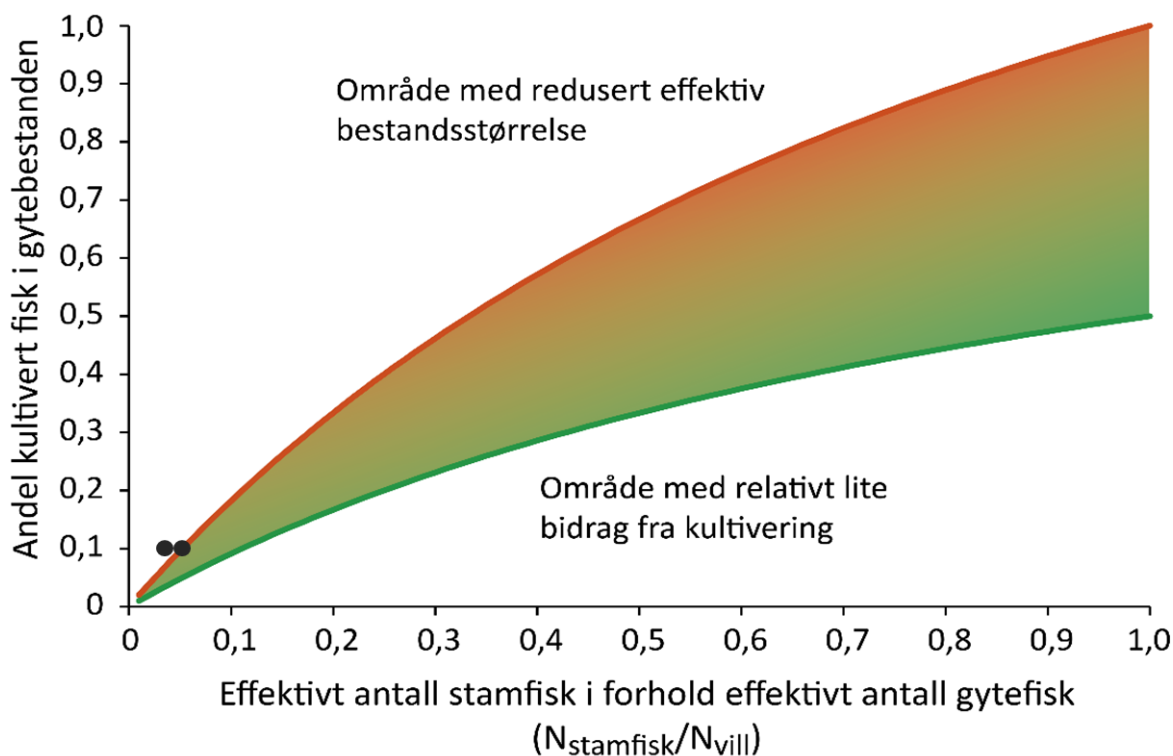
År	Beregnet gytebestand (kg ♀)	≈ ♀ á 3,4 kg	≈ antall gytefisk (♀ * 2)
2014	Ca. 582 (tilsv. gytebestandsmål)	≈ 171	≈ 342
2015	Over 2500 kg	>729	>1458
2016	Over 1500 kg	>438	>876

For gyteåret 2016 har vi benyttet estimert antall gytefisk (**tabell 4**) til å vurdere kultiveringens effekt på den totale effektive bestandsstørrelsen for dette gyteåret (**tabell 5**). Som beskrevet tidligere er det i laksebestander generell usikkerhet rundt forholdstallet mellom antall vill gytefisk og effektivt antall vill gytefisk (N_e/N -ratio). For den ville andelen av bestanden har vi derfor antatt en N_e/N -ratio som strekker seg fra $1/3$ (nedre estimat) til $1/2$ (øvre estimat) av beregnet antall gytefisk (**tabell 5**).

Tabell 5. Estimert antall gytefisk som beregnet i tabell 4, nedre og øvre estimat for effektiv bestandsstørrelse for vill (N_{eVill}) basert på estimert antall gytefisk og en antatt N_e/N ratio mellom $1/3$ og $1/2$, effektiv bestandsstørrelse for den kultiverte ($N_{eKultivert}$) andelen av bestanden, antall registrerte kultiverte avkom for hvert gyteår, antall registrerte ville avkom for hvert gyteår, antall stamfisk ($N_{Stamfisk}$) som er brukt i kryssinger, forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) og andel kultivert fisk for hvert gyteår i Bondalselva.

Gyte år	≈ gytefisk	N_{eVill} $1/3-1/2$ av ≈ gytefisk	$N_{eKultivert}$	Antall kultiverte avkom	Antall ville avkom	$N_{Stamfisk}$	N_{eTotal}/N_{eVill}	Andel kultivert
2014	≈342	114 - 171	-	3	111	28	-	2,6 %
2015	≈1458	486 - 729	-	0	104	30	-	0,0 %
2016	≈876	292 - 451	14,7	10	85	27	0,88 - 0,98	10,5 %

For 2016 ligger forholdet mellom total effektiv bestandsstørrelse og vill effektiv bestandsstørrelse (N_{eTotal}/N_{eVill}) under 1, hvilket tilsier at kultivering har ført til en svak reduksjon i den totale effektive bestandsstørrelsen i elva. Når tilslaget er lavt til moderat, slik som i 2016, er det sannsynlig at en del stamfisk ikke vil få tilordnet avkom, selv om de kan ha bidratt med avkom i elva. Dette betyr at effektivt antall stamfisk underestimeres, hvilket igjen kan føre til en overestimering av en eventuell Ryman-Laikre effekt. Det er mulig at dette er tilfellet for 2016, og dersom effektivt antall stamfisk er underestimert er det sannsynligvis ingen Ryman-Laikre effekt dette året. For eksempel med en $N_{eStamfisk}$ på 20, som kan oppnås dersom ytterligere tre avkom fra forskjellige foreldre blir observert, vil kultiveringen ha ført til en svak økning i den totale effektive bestandsstørrelsen dersom gytebestanden ligger i nedre estimat av beregnet N_{eVill} . Det er verdt å merke seg at estimatet for tilslag regnes som sikkert. I **figur 2** er andel kultivert fisk i bestanden plottet mot $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ for gyteåret 2016. Usikkerheten i estimatene er indikert som de to ulike punktene for hvert gyteår i henhold til nedre ($1/3$) og øvre ($1/2$) beregning for N_{eVill} basert på beregnet gytebestand. En økning i $N_{eStamfisk}$, vil føre til at punktene beveger seg mer mot høyre, og inn i området på figuren der kultiveringen gir et bidrag til den totale effektive bestandsstørrelsen. Ettersom det er sannsynlig at $N_{eStamfisk}$ kan være høyere enn det som er beregnet basert på observerte avkom, er det dermed også sannsynlig at en større utvalgsstørrelse vil føre til at punktene flyttes mot høyre.



Figur 2. Forhold mellom kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ (x-aksen) for gyteåret 2016 i Bondalselva. Punktene angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ i forhold til nedre og øvre estimat for N_{eVill} . 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.

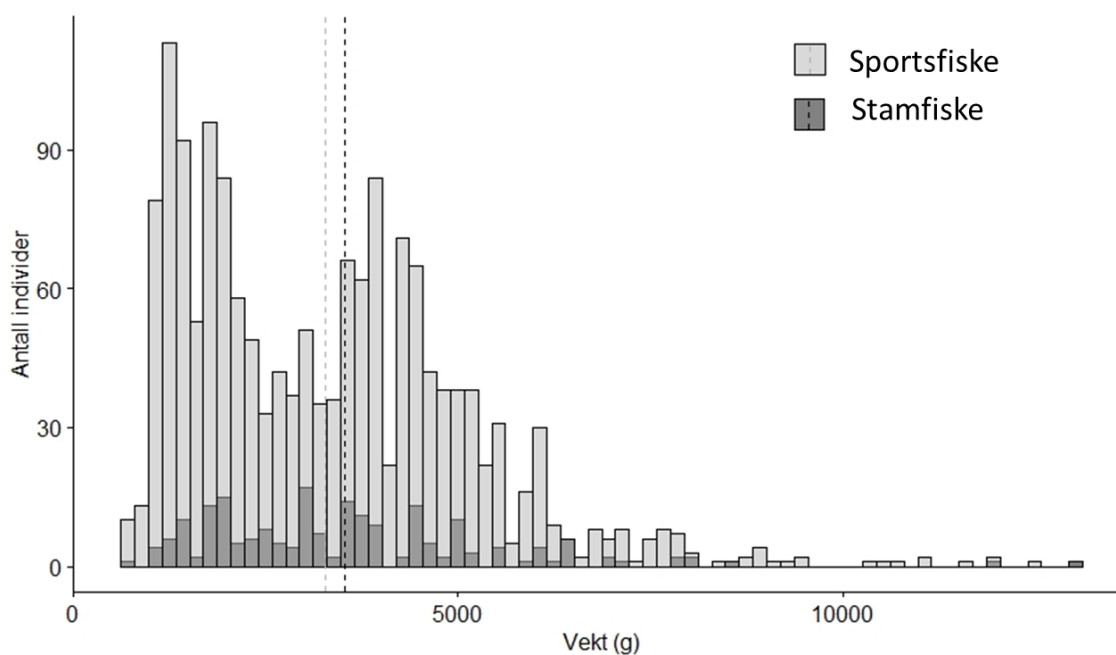
3.3 Stamfiskens representativitet i forhold til gytebestanden

Stamfiskens vekt og lengde ble sammenliknet med tilsvarende data for individer fanget i elva i løpet av sportsfiskesesongene 2017 og 2019 - 2022. Stamfisker var i gjennomsnitt 264 gram tyngre enn individer fanget under sportsfisket de samme årene (**tabell 6**). Denne forskjellen er ikke statistisk signifikant ($p = 0,06$; tosidig t-test) i henhold til den tradisjonelt brukte grensen som tilsier at p -verdien bør ligge under 0,05 for å være signifikant. Det var ingen signifikant forskjell i lengde mellom stamfisk og individer fanget i sportsfisket.

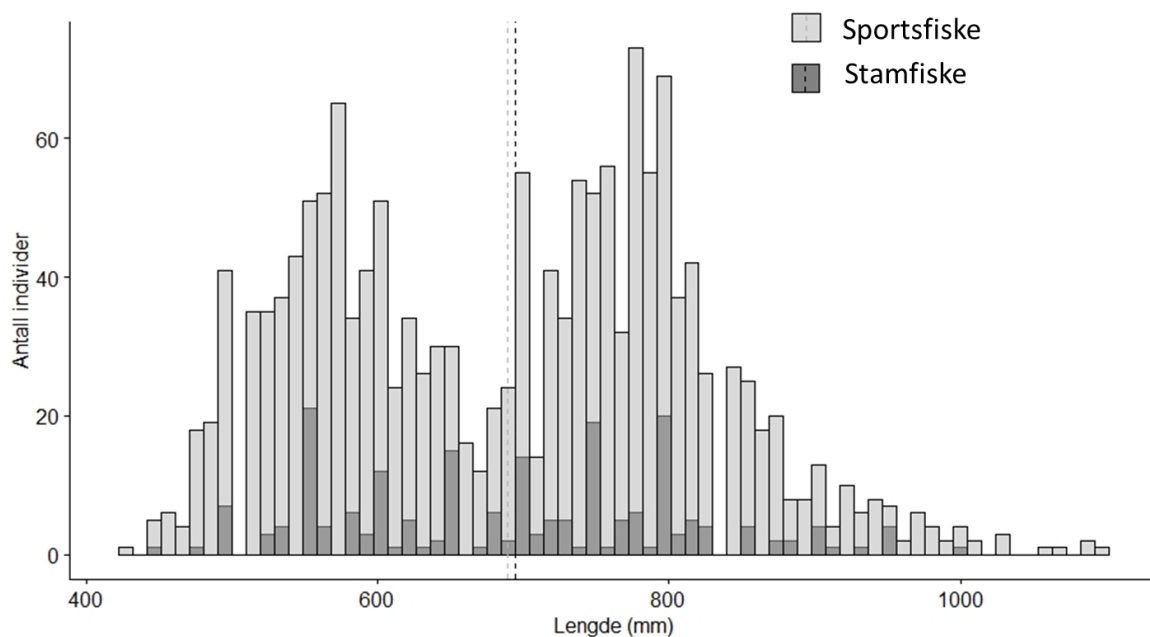
Tabell 6. Gjennomsnittlig vekt og lengde for stamfisk og individer fanget under sportsfisket i Bondalselva i løpet av 2017 og 2019 - 2020. Forskjellene er ikke statistisk signifikante i henhold til en p -verdi på 0,05.

	Stamfisk	Sportsfiske	p -verdi
Gjennomsnittsvekt (g)	3535	3271	0,06
Gjennomsnittslengde (mm)	695	690	0,52

Ved å studere størrelsesfordelingen for individer fanget i sportsfisket og individer fanget som stamfisk (**figurer 3 og 4**) ser vi at størrelsesfordelingen til stamfisken er i liten grad forskjøvet i forhold til individer fanget i sportsfiske. Individer med en vekt på 2 kg og mindre representerer i stor grad ensjøvinterlaks. En stor del av stamfisken som fanges i Bondalselva hadde vekt og lengde som tilsier at de sannsynligvis var ensjøvinterlaks, og at stamfisken sannsynligvis representerer en stor del av variasjonen som finnes i elvebestanden.



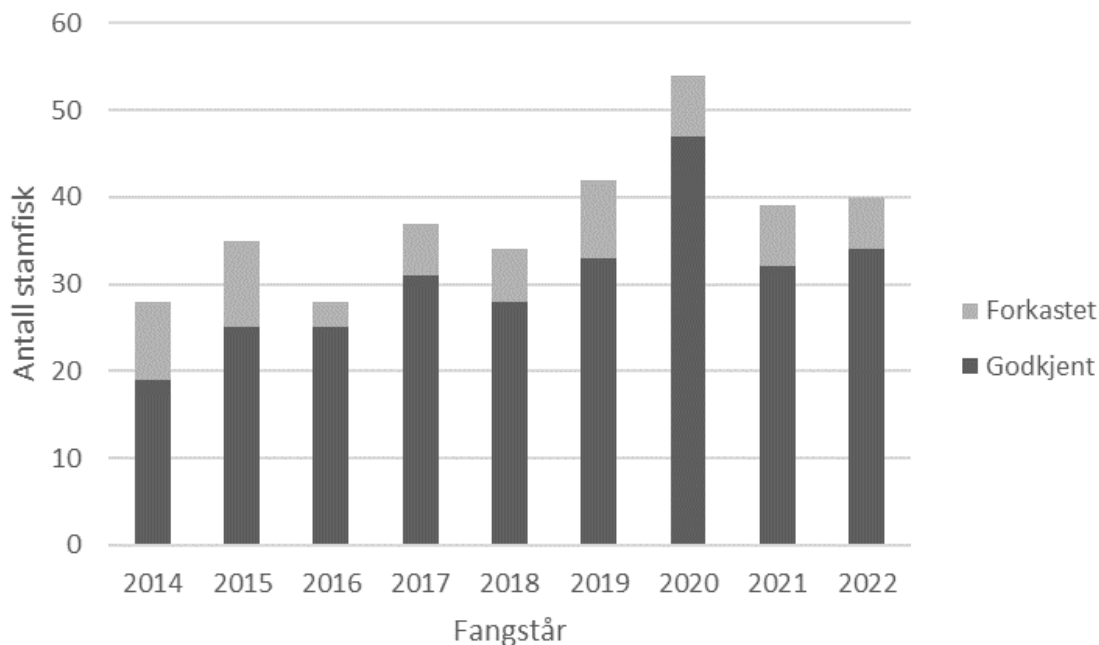
Figur 3. Størrelsesfordeling presentert som vekt (g) blant individer fanget under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2017 og 2019 - 2022. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig vekt for hver av de to gruppene.



Figur 4. Størrelsesfordeling presentert som lengde (mm) blant individer fanget under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2017 og 2019 - 2022. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig lengde for hver av de to gruppene.

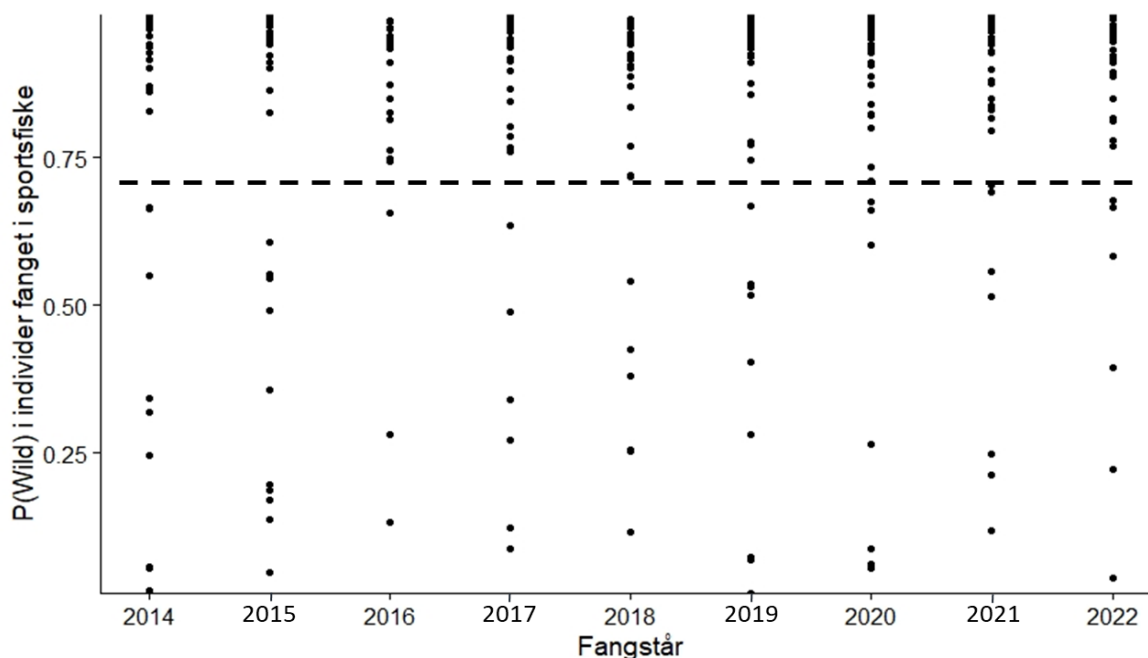
3.4 Genetisk innkryssing av oppdrettsfisk

Etter at den genetiske opphavskontrollen startet i 2014 har totalt 337 individer blitt sendt til genetisk opphavskontroll. Av disse har 19 % (63 individer) en P(Wild) som tilsier at individene sannsynligvis ikke hadde rent villaksopphav, og skulle dermed ikke brukes som stamlaks (**figur 5**).

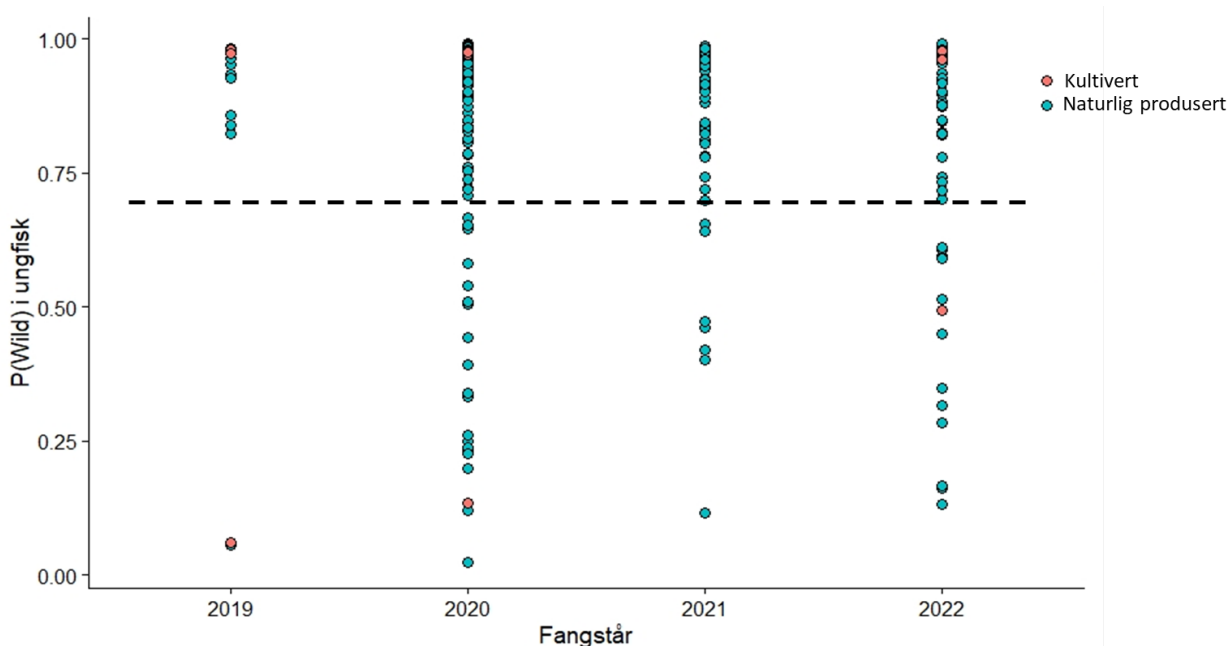


Figur 5: Fordeling av P(Wild) i stamfisk som er sendt til opphavskontroll fra Bondalselva siden oppstarten av opphavskontrollen i 2014 og til og med 2022. Individuer med P(Wild) under 0,71 skal forkastes som stamfisk. Av totalt 337 individer som ble sendt til opphavskontroll i denne perioden hadde 63 individer en P(Wild) under 0,71.

I **figur 6** er sannsynligheten for rent villaksopphav illustrert for all stamlaks som har vært gjenstand for genetisk opphavskontroll fra 2014 til 2022, og tilsvarende for individer fanget i sportsfisket i **figur 7**. Sannsynligheten er indikert som en $P(\text{Wild})$ verdi fra 0 til 1. Individer med en $P(\text{Wild})$ nær null er sannsynligvis av rent oppdrettsopphav. Det har vært et jevnt innsig av individer som sannsynligvis er avkom etter rømt oppdrettslaks og individer som sannsynligvis er rømt oppdrettslaks. Individer fanget i sportsfisket som er av kultivert opphav og som har lav $P(\text{Wild})$ stammer fra stamfisk som ikke ble godkjent ved den genetiske opphavskontrollen (**figur 7**).



Figur 6. Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{Wild})$ i individer som er samlet inn som stamfisk fra 2014 til 2022. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{Wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.



Figur 7. Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{Wild})$ i individer som er fanget i sportsfisket 2019 - 2022 og som har gyteår 2014, 2015 og 2016. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{Wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.

4 Diskusjon

Vi har i dette prosjektet evaluert den årsklassevise effekten av kultivering av laks i Bondalselva for gyteårene 2014 - 2016. Til evalueringen har vi benyttet sportsfiskefangster fra fangstårene 2019 - 2022. Evalueringen omfatter tilslag av kultivert fisk og forholdet mellom effektiv bestandsstørrelse for kultivert andel av bestanden i forhold til vill andel. Videre har vi vurdert bruken av stamfisk, og om denne representerer gytebestanden slik forvaltningen anbefaler, samt betydningen av stamlakskontrollen for bestanden i Bondalselva.

Tilslaget i Bondalselva varierte mellom de forskjellige gyteårene. I 2014 var tilslaget lavt, i 2015 var tilslaget null eller svært lavt, mens i 2016 var tilslaget moderat. Samtidig var naturlig produksjon i de samme årene høy nok til at det var et høstbart overskudd i elva, ettersom det meste av laksen som gikk opp i elva i fangstårene 2019 - 2022 var naturlig produsert. Det er sannsynlig at det i årene 2014 og 2015 har vært stor dødelighet på de utsatte individene. I de evaluerte gyteårene ble det satt ut plommeseckkyngel og noe øyerogn i Bondalselva. Ved utsetting av plommeseckkyngel tar det kort tid før plommesekken er oppbrukt, fordi temperaturene ofte er relativt høye på denne tiden av året og yngelen utvikler seg raskt (Wist et al. 2019). Det er derfor viktig med god kontroll på temperaturer i klekkeriet for å kunne sette ut plommeseckkyngel på et tidspunkt der det er sannsynlig at overlevelsen blir så god som mulig. Ved rognplanting er det også viktig å ha god kontroll på temperaturene i anlegget. Utviklingen til klekkerirogn bør styres slik at den klekker samtidig med rogn i naturlige gytegroper i elva. Dette sikrer at yngelen kommer opp fra grusen på et gunstig tidspunkt for å finne føde. Det er sannsynlig at den betydelige mellomårsvariasjonen i tilslag skyldes at yngel fra 2014 og 2015 har blitt satt ut i elva på et tidspunkt da den har hatt dårlige forutsetninger for overlevelse gitt utviklingsstadium.

For gyteårene 2014, og særlig 2015 er det sannsynlig at stamfisken kunne fått flere avkom dersom den hadde gytt naturlig i elva. Det er dermed sannsynlig at kultiveringen for disse årene ikke har bidratt å styrke bestanden, men isteden bidratt til færre gytefisk i elva ved uttak av stamfisk. For 2016 var tilslaget moderat og gytebestanden var relativt stor dette året. Det er betydelige usikkerheter i både effektivt antall vill gytefisk og effektivt antall stamfisk. Dette gjør at det blir vanskelig å beregne kultiverings påvirkning på bestanden. Et sannsynlig scenario for gyteåret 2016 er at kultiveringen ikke har påvirket effektiv bestandsstørrelse betydelig dette året.

Det ble observert kun 13 avkom etter stamfisk brukt i Bondalselva. For det meste stammet disse avkommene fra forskjellige stamfisk, hvilket tyder på at bidraget fra de forskjellige familiegroper var relativt likt. I 2016 ble det brukt færre hanner enn hunner. Effektivt antall stamfisk kan økes ytterligere ved å bruke likt antall hunner og hanner. Et skjevt bidrag mellom ulike familier vil senke den effektive bestandsstørrelsen, mens et likt bidrag vil øke den effektive bestandsstørrelsen. Videre er det viktig at rognporsjonene standardiseres, altså at like mengder rogn brukes fra hver hunnfisk, og at overskuddet fra individer som produserer svært mye rogn ikke brukes.

Stamlaksene i Bondalselva var for fangstårene 2017 og 2019 - 2022 av en størrelse som var relativt lik gjennomsnittet i sportsfiskefangstene. Dette tilsier at stamfisken for det meste representerer elvebestanden i størrelse og vekt, slik forvaltningen anbefaler. I retningslinjene fra forvaltningen stipuleres det at «uttak av stamfisk foretas fra alle fenotypiske aldersgrupper og komponenter av donorpopulasjon» (Anonym 2011). Gyteparr kan med fordel også benyttes som stamfisk. Kunstig seleksjon for store individer som stamlaks har vært observert i en rekke andre kultiveringsprogram (Hagen et al. 2021b; 2021c; 2022; 2023). Kroppsstørrelse hos laks er nært knyttet til antall sjøvintre, noe som igjen i stor grad er genetisk bestemt (Barson et al. 2015). Frekvensen av genvariantene som påvirker sjøalder varierer mellom ulike laksebestander og er tilpasset miljøet i de ulike elvene (Barson et al. 2015). En kunstig seleksjon der store individer foretrekkes som stamfisk kan dermed føre til at det settes ut individer der frekvensen av gener som påvirker sjøalder blir endret i forhold til det som ved naturlig seleksjon er gunstig for bestanden. En slik kunstig seleksjon for store individer var ikke observert i Bondalselva.

Det er observert 13 avkom etter stamfisk og to av disse var avkom etter ikke-godkjent stamfisk. På grunn av en stor grad av innkrysning med rømt oppdrettslaks i Bondalselva (Diserud et al. 2020) er det viktig at retningslinjene rundt stamlakskontrollen følges.

For å gjøre en god vurdering av kultivering er det viktig at så mye informasjon som mulig er tilgjengelig. Dette inkluderer dokumentasjon av krysninger, dødelighet og informasjon om mengde rogn som er brukt fra hver familie. Videre bør forhold i elva, under og etter utsettinger, dokumenteres. Det var betydelig mellomårsvariasjon i tilslaget i Bondalselva, og god dokumentasjon kan gi en forståelse av hvilke forhold som gir det beste tilslaget. Dette innebærer blant annet tidspunkt og lokalitet for utsettinger, samt vannføring og temperatur både i klekkeriet og i elva.

Retningslinjene fra forvaltningen tilsier at kultivering kun bør gjøres etter at andre kompensende tiltak har blitt forsøkt (Anonym 2014). Gytebestandsmålet er for det meste oppnådd i Bondalselva og tilslaget fra de evaluerte årsklassene tilsier at kultiveringen ikke bidrar vesentlig til at gytebestandsmålet er nådd. Det er sannsynlig at gytebestandsmålet vil bli nådd også dersom kultiveringen avvikles. For gyteårene 2014 og 2015 er det sannsynlig at kultiveringen hadde en negativ effekt på bestanden, i og med at kultiveringen fjernet gytefisk fra bestanden uten at stamfisken fikk et vesentlig bidrag. Beskatningen i Bondalselva har ligget på et relativt høyt nivå enkelte år ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](http://vitenskapsradet.no/Hjem-Vurdering-av-enkeltbestander)). En reduksjon i beskatning vil sannsynligvis ha større betydning enn kultivering for å sikre gytebestandsmåloppnåelse.

5 Konklusjoner og anbefalinger

De gjennomførte undersøkelsene og evalueringen av kultiveringsvirksomheten i Bondalselva leder til de følgende konklusjoner og anbefalinger:

1. Det meste av laksen i Bondalselva som stammer fra gyteårene 2014 - 2016 var naturlig produsert og gytebestandsmålet er for det meste oppnådd. Det er sannsynlig at gytebestandsmålet vil bli oppnådd også dersom kultiveringen avvikles.
2. En reduksjon i beskatning vil sannsynligvis ha større betydning for å sikre gytebestandsmåloppnåelse enn kultivering.
3. Dersom kultiveringen vedvarer, bør det gjøres tiltak for å øke overlevelsen til utsatt rogn og yngel. Dette innebærer blant annet å synkronisere temperaturer i elva og i klekkeriet, slik at rogn og yngel har best mulig forutsetninger for god overlevelse.
4. Videre bør det benyttes like mange hunner og hanner som stamfisk, og rognporsjoner fra hver hunnfisk bør standardiseres, slik at hver familiegruppe har like forutsetninger for likt bidrag. Gyteparr kan med fordel benyttes som stamfisk.
5. Individer som ikke blir godkjent i opphavskontroll skal ikke brukes i krysninger.

6 Referanser

- Anonym 1988. Vurdering av kultiveringsvirksomheten, og bruk av stedegen fiskestamme til utsettinger. Innstilling fra stamfiskutvalget, Trondheim, Februar 1988. Direktoratet for naturforvaltning.
- Anonym. 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. Direktoratet for naturforvaltning.
- Anonym. 2014. Retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. Miljødirektoratet, M186-2014. Miljødirektoratet.
- Anonym 2022. Status for norske laksebestander i 2022. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 17. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. <https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>
- 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.
- Berg, M. 1986. Det norske lakse- og innlandsfiskets historie, Universitetsforlaget AS, Oslo.
- Bolstad, G.H., Hindar, K., Robertsen, G., Jonsson, B., Sægrov, H., Diserud, O.H., Fiske, P., Jensen, A.J., Urdal, K., Næsje, T.F., Barlaup, B.T., Florø-Larsen, B., Lo, H., Niemelä, E. & Karlsson, S. 2017. Gene flow from domesticated escapes alters the life history of Wild Atlantic salmon. *Nature Ecology & Evolution* 1, 0124.
- Bolstad, G.H., Karlsson, S., Hagen Ingerid, J., Fiske, P., Urdal, K., Sægrov, H., Florø-Larsen, B., Sollien Vegard, P., Østborg, G., Diserud Ola, H., Jensen Arne, J. & Hindar, K. 2021. Introgression from farmed escapees affects the full life cycle of Wild Atlantic salmon. *Science Advances* 7(52) eab
- Caballero, A. 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity* 73 (Pt 6): 657-679.
- Christie, M.R., Marine, M.L., French, R.A., Waples, R.S. & Blouin, M.S. 2012. Effective size of a Wild salmonid population is greatly reduced by hatchery supplementation. *Heredity* 109, 254.
- Diserud, O.H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K.A. & Skaala, Ø. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander-oppdattert status 2020
- Ferchaud, A.L., Perrier, C., April, J., Hernandez, C., Dionne, M. & Bernatchez, L. 2016. Making sense of the relationships between N_e , N_b and N_c towards defining conservation thresholds in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Heredity* 117, 268-278.
- Glover, K. A., Solberg, M. F., McGinnity, P., Hindar, K., Verspoor, E., Coulson, M. W., Hansen, M. M. et al. 2017. Half a century of genetic interaction between farmed and Wild Atlantic salmon: status of knowledge and unanswered questions. *Fish and Fisheries*, 18, 890–927.
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Wacker, S., Florø-Larsen, B., Urdal, K. & Sægrov, H. 2023. Evaluering av frivillig kultivering av laks i Vestland fylke. Arnaelva, Daleelva, Loneelva og Osenelva Vestre Hyen. NINA Rapport 2174. Norsk institutt for naturforskning.
- Hagen, I.J., Jensen, A.J., Bolstad, G.H., Diserud, O.H., Hindar, K., Lo, H. & Karlsson, S. 2019. Supplementary stocking selects for domesticated genotypes. *Nature Communications* 10(1): 199.
- 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*.
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Sægrov, H., Hellen, B.A., Øygard, J.-I. & Lo, H. 2021a. Genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva. NINA Rapport 1987. Norsk institutt for naturforskning (NINA).
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Urdal, K. & Hellen, B.A. 2021b. Evaluering av kultivering av laks i Korsbrekkelva. NINA Rapport 1961. Norsk institutt for naturforskning (NINA).

- Hagen, I.J., Karlsson, S., Fiske, P., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2021c. Evaluering av kultivering i Ørstaelva. NINA Rapport 1960. Norsk institutt for naturforskning (NINA).
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2022. Evaluering av frivillig kultivering i Fetvassdraget. NINA Rapport 2027. Norsk institutt for naturforskning (NINA).
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Storeid, S.E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Sæggrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226. 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.
- Karlsson, S., Diserud, O.H., Moen, T. & Hindar, K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression. *Ecology and Evolution* 4(16): 3256-3263.
- Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., & Ugedal, O. 2016. Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet. NINA Rapport 1269. Norsk institutt for naturforskning.
- Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Havn, J. B., Sollien, V. G., Tønder, T. S., Andersskog, I. P. Ø., Brandsegg, H., Eriksen, L. B., Forfang, K., Opsahl, N. N., & Spets, M. H. 2023. Stamlauskontroll 2022. NINA Rapport 2268. Norsk institutt for naturforskning.
- 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(3): 325-329.
- 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(1): e54469.
- Wacker, S., Aronsen, T., Karlsson, S., Ugedal, O., Diserud, O. H., Ulvan, E. M., Hindar, K., Næsje, T. 2021. Selection against individuals from genetic introgression of escaped farmed salmon in a natural population of Atlantic salmon. *Evolutionary Applications* 14, 1450-1460.
- Wacker, S., Aronsen, T., Hagen, I.J., Karlsson, S., Berntsen, H.H., Skoglund, H., Solem, Ø., Sæggrov, H. & Ugedal, O. 2022. Estimering av effektivt antall gytefisk fra stikkprøver av ungfisk av laks. Betydning av genetiske markører, antall prøver og romlig fordeling. HydroCen rapport 28. Norwegian Research Centre for Hydropower Technology
- Wist, A.N., Bjørn, B., Sollien, V.P. og Skjøstad, M.B. 2019. Reetableringsprosjektet i Raumaregionen. Årsrapport 2018. Veterinærinstituttets rapportserie, 21-2019. Veterinærinstituttet.

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.

1940

NINA Rapport

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4717-7

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

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger