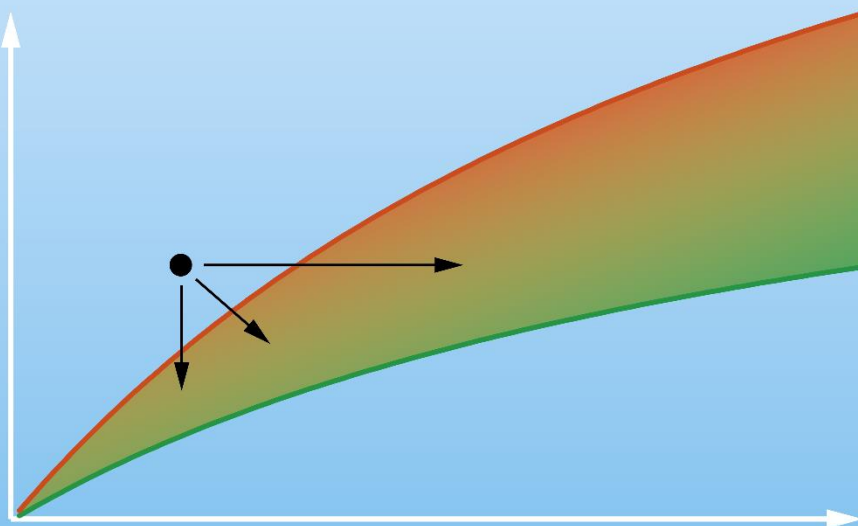


Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet

Sten Karlsson, Bjørn Bjørn, Espen Holthe, Håvard Lo, Ola Ugedal



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs 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 annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. 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 vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet

Sten Karlsson
Bjørn Bjørn
Espen Holthe
Håvard Lo
Ola Ugedal

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. 25 s.

Trondheim, mai, 2016

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2926-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Sten Karlsson

KVALITETSSIKRET AV

Kjetil Hindar

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsleder Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

M-564|2016

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Anne Kristin Jøranlid

FORSIDEBILDE

Ryman-Laikre effekten: Andel kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og effektivt antall stamfisk i forhold til effektivt antall vill gytefisk (x-aksen). Grønn linje angir maksimal total effektiv bestandsstørrelse og rød linje angir grensen for en reduksjon i total effektiv bestandsstørrelse som følge av utsettinger.

NØKKEWORD

Norge, fisk, laks, kultivering, veileder, stamfisk, Ryman-Laikre effekt

KEY WORDS

Norway, fish, Atlantic salmon, stocking, stock enhancement, guidelines, broodfish, Ryman-Laikre effect

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

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. 25 s.

Utsettinger av fisk gjøres i mange vann og vassdrag i Norge. Motivasjonen for å bedrive utsetting av fisk har forandret seg fra å ha vært rettet mot å øke mengden fisk utover naturlig produksjon til et økt fokus på å kompensere for skadelig menneskeskapt påvirkning og ivareta det biologiske mangfoldet. Utsetting av fisk kan potensielt gi mange positive effekter, og samtidig være med på å ta vare på det biologiske mangfoldet, men kan ved feil praksis også kunne føre til tap av genetisk variasjon og egenart av bestanden. For å unngå negative effekter bør kultiveringspraksisen så langt det er mulig ta hensyn til artens biologi. Denne veilederen består av to deler: 1. En innføring i de prinsipper som ligger til grunn for en kultivering som ivaretar bestandens genetiske variasjon og egenart. 2. Konkrete råd ved praktisk kultivering. Veilederen omtaler hvordan og hvorfor det er viktig å velge riktig stamfisk; hvorfor forholdet mellom antall stamfisk, antall utsatt fisk og naturlig bestandsstørrelse er viktig for å ivareta genetisk variasjon, og hvordan man kan finne denne balansen; hvordan og hvorfor krysning av stamfisk kan gi maksimal positiv effekt; hvorfor valg av utsettingsstadier er viktig for å unngå negative effekter og hvilke forhold som bør ligge til grunn ved slike valg, og til slutt, betydningen av å dokumentere og evaluere kultivering for å finne den optimale strategien i hvert enkelt tilfelle.

Ved å forholde seg til generelle råd er det mulig å unngå noen negative effekter av kultivering. I andre tilfeller er det nødvendig med god bakgrunnskunnskap om den spesifikke bestanden for å kunne gjøre justeringer av etablert kultiveringspraksis

Sten Karlsson¹, Bjørn Bjørn², Espen Holte², Håvard Lo² og Ola Ugedal¹. ¹Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, N-7485 Trondheim; ²Veterinærinstituttet, Postboks 5695 Sluppen, 7485 Trondheim.

E-post: sten.karlsson@nina.no

Abstract

Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H. & Ugedal, O. 2015. Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet – NINA Report 1269. 25 pp.

Stocking of fish is being practiced in many Norwegian lakes and rivers. The motivation for stocking has gradually changed from pure stock enhancement towards an increased focus on preserving biological diversity. Potentially, stocking of fish can have many positive effects. However, if practiced in a poor manner it can lead to loss of genetic variation and genetic integrity of fish populations. To avoid such negative effects, the stocking practice should aim at taking the biology of the species into consideration when developing a stocking program. This guide has two parts: 1. An introduction in the principles behind developing a successful stocking program that preserves genetic variation and integrity 2. A section of guidelines for conducting stocking in practice. In short, the guide includes why it is important to choose the right broodfish and how this can be done; why the relationship between number of broodfish, number of stocked fish, and the size of the natural population is important, and how the right balance between these can be found; why and how to conduct crossing of broodfish to gain maximal positive effect; why the life stage at which fish are being stocked is important; and finally, the importance of documenting and evaluating the stocking practice for the development of an optimal strategy in the specific cases.

Negative effects from stocking can be avoided by following some general rules and guidelines, but in order to minimize negative effects and to conduct adjustments of an established stocking practice accordingly, is it necessary to obtain population specific knowledge.

Sten Karlsson¹, Bjørn Bjørn², Espen Holte², Håvard Lo² og Ola Ugedal¹. ¹Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, N-7485 Trondheim; ²Veterinærinstituttet, Postboks 5695 Sluppen, 7485 Trondheim.

E-post: sten.karlsson@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Formålet med veilederen	7
1.2 Bakgrunn	7
1.2.1 Naturmangfoldloven og lakse- og innlandsfiskeloven	7
1.2.2 Genetisk variasjon hos laks	8
1.2.2.1 Oppdeling i bestander	8
1.2.2.2 Naturlig feilvandring	8
1.2.2.3 Genetiske tilpasninger	8
1.2.3 Utsettinger av laks	8
1.2.4 Rømt oppdrettslaks	9
2 Genetiske grunnprinsipper for kultivering	10
2.1 Bevaring av genetisk egenart	10
2.2 Bevaring av genetisk variasjon – Ryman-Laikre effekten	10
2.2.1 Forklaring av Ryman-Laikre effekten	11
2.2.2 Effektiv bestandsstørrelse	11
2.2.3 Beregning av Ryman-Laikre effekten	13
2.3 Dokumentasjon og evaluering av kultiveringstiltak	16
2.3.1 Sporing av utsatt fisk	16
2.3.2 Dokumentasjon	17
3 Praktisk kultivering	18
3.1 Valg av stamfisk	18
3.1.1 Opphav	18
3.1.2 Utvalg	18
3.1.3 Antall stamfisk	18
3.1.4 Kjønnfordeling	19
3.2 Krysninger	19
3.2.1 Unngå krysninger mellom nært beslektede individer	19
3.2.2 Likt bidrag fra hver stamfisk	19
3.3 Utsetting	20
3.3.1 Sett ut så tidlig stadium som mulig	20
3.3.2 Antall utsatt fisk	20
3.3.3 Merking/gjenkjenning	21
3.4 Dokumentasjon og evaluering	21
3.4.1 Dokumentering av aktivitet i anlegget	21
3.5 Konkrete eksempler	22
3.5.1 Overlevelse smolt til tilbakevandring	22
3.5.2 Overlevelse rogn til smolt	22
3.5.3 Utsetting som kompensasjon for tap av oppvekstareal	23
3.5.4 Utsetting som kompensasjon for tapt gyteareal	23
3.6 Enkle regler	24
4 Videre lesning	25

Forord

NINA har fått tilskudd å lage en veileder for hvordan man kan unngå eller minimalisere potensielle negative påvirkninger av kultivering, basert på nye retningslinjer- fundert i nasjonal og internasjonal forskning. Veilederen er ment som en veileder både til forvaltning og lokal praktisk kultivering med mål om å ivareta genetisk variasjon og integritet, det vil si ta vare på de lokale tilpasningene til bestandene.

Målet med veilederen er å gi en beskrivelse av de faktorer som påvirker genetisk variasjon og integritet ved kultivering. Forholdet mellom antall stamfisk, antall utsatt fisk og størrelsen på den naturlige bestanden påvirker bestandens genetiske variasjon. Dette forholdet har derfor blitt gitt stor plass i denne veilederen.

Vi takker Miljødirektoratet for finansiering og for tilliten til å utvikle denne veilederen.

24.05.2016, Sten Karlsson

1 Innledning

1.1 Formålet med veilederen

Denne veilederen har som mål å gi konkrete råd for hvordan man bør praktisere produksjon og utsetting av fisk for å ivareta bestanders genetiske variasjon og særegenhet. Et viktig mål er også å gi en innføring i de genetiske prinsipper som ligger til grunn for disse rådene. Veilederen har et spesielt fokus på utsettinger av laks, men prinsippene som ligger til grunn kan også benyttes for andre arter. Veilederen tar utgangspunkt i naturmangfoldloven og Miljødirektoratets retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. Utsetting av fisk som hovedregel har som formål å kompensere for redusert naturlig produksjon, samtidig som utsettingene skal ta vare på artens genetiske mangfold på lang sikt. Veilederen består av to deler:

Kapitel 2: Dette kapitlet gir en teoretisk innføring i grunnprinsipper for bevaring av genetisk egenart og variasjon, samt dokumentasjon og evaluering av kultiveringstiltak.

Kapitel 3: Dette kapitlet omhandler praktisk kultivering i form av konkrete retningslinjer for valg av stamfisk, kryssninger, utsettinger og dokumentasjon. Disse retningslinjene er basert på grunnprinsippene presentert i kapitel 2.

1.2 Bakgrunn

1.2.1 Naturmangfoldloven og lakse- og innlandsfiskeloven

Naturmangfoldlovens forvaltningsmål for arter sier at:

«Målet er at artene og deres genetiske mangfold ivaretas på lang sikt og at artene forekommer i levedyktige bestander i sine naturlige utbredelsesområder.»

Lakse- og innlandsfiskeloven sier at:

«Lovens formål er å sikre at naturlige bestander av anadrome laksefisk, innlandsfisk og deres leveområder samt andre ferskvannsorganismer forvaltes i samsvar med naturmangfoldloven og slik at naturens mangfold og produktivitet bevares.»

Med bakgrunn i naturmangfoldloven, lakse- og innlandsfiskeloven og kunnskap om anadrome arters biologi har Miljødirektoratet utarbeidet retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. De viktigste punktene i retningslinjene med tanke på bevaring av bestanders genetiske variasjon og egenart er:

1. Stamfisk som brukes for å produsere avkom for utsettinger skal fanges i samme vassdrag som avkommet skal settes ut i, og skal ikke ha opphav i rømt oppdrettslaks eller avkom etter rømt oppdrettslaks.
2. Utsettinger skal gjøres med tidligst hensiktsmessige stadium.
3. Bestandenens genetiske variasjon og egenart skal ivaretas.
4. Det skal utarbeides vassdragsvise kultiveringsplaner.
5. Utsatt fisk skal være identifiserbar for å vurdere måloppnåelse i henhold til kultiveringsplanen.

1.2.2 Genetisk variasjon hos laks

1.2.2.1 Oppdeling i bestander

Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) gyter i elver og oppholder seg i elven de første årene, frem til den er stor nok til å vandre ut i havet for å vokse seg stor. Dette betyr at det ikke forekommer utveksling av genetisk materiale mellom laks fra ulike elver i form av transport av egg, larver, yngel eller av ungfisk. Den voksne laksen har dessuten en sterk naturlig trang til å vandre tilbake til den elven, eller til den del av elven, som den ble født i for å gyte (såkalt homing). Som en følge av denne biologien til laksen finnes det mange genetisk adskilte bestander av laks som i all hovedsak er geografisk oppdelt etter vassdrag eller sidevassdrag. Den samlede genetiske variasjonen hos laks foreligger derfor ikke bare som genetisk variasjon mellom individer men også som genetisk variasjon mellom bestander.

1.2.2.2 Naturlig feilvandring

Laksebestandene er ikke totalt genetisk isolerte fra hverandre, fordi tilbakevandringen ikke bestandig skjer til den elven den ble født i. Det forekommer en viss grad av «feilvandring» som gjør at det i noen grad utveksles genetisk materiale mellom laksebestandene. En fordeling av den totale genetiske variasjonen til bestander, sammen med en viss grad av utveksling ved feilvandring, kan sies å være et velbalansert system som gjør laksen som art, robust mot tap av genetisk variasjon. Dette gjør at det også er mulig å kolonisere nye elver.

1.2.2.3 Genetiske tilpasninger

En viss grad av genetisk isolasjon er en forutsetning for at bestander av laks kan utvikle genetiske tilpasninger til elvespesifikke miljøforhold. Det finnes flere studier som indikerer slike genetiske tilpasninger hos laks. Forskjellige vassdrag har ulike miljøforhold som stiller ulike krav til laksens egenskaper. Mange av disse egenskapene har en genetisk komponent og ved naturlig utvalg vil de individene som får flest avkom forme den genetiske sammensetningen til bestanden. En laksebestand fra en annen elv, med andre miljøforhold, forventes derfor ikke å kunne produsere avkom med like stor overlevelse.

1.2.3 Utsettinger av laks

I 1855 begynte de første utsettingene av laks i Norge. I begynnelsen ble det stort sett satt ut yngel, men etter hvert ble det også vanlig å sette ut ènsomrig settefisk og smolt. I 1987 var produksjonen av lakseyngel for utsettinger fra den frivillige kultiveringen på 14,8 millioner. Samtidig ble det fra den pålagte kultiveringen satt ut 1,3 millioner yngel, 63 000 ènsomrig settefisk og 290 000 smolt.

I en oversikt over utsetting av laks i 1997 ble det satt ut 3,7 millioner yngel, 800 000 settefisk og 400 000 smolt. I årene 2005 til 2009 ble det årlig satt ut 5,2 millioner egg, 1,3 millioner plomme-sekkyngel, 1,2 millioner foret yngel og 400 000 smolt. Utfra standard overlevelse av yngre stadier frem til smolt kan man regne ut hvor mange smolt disse utsettingene tilsvarer (såkalt smoltekvivalenter). I 1997 ble det satt ut 530 000 smoltekvivalenter, og i årene 2005-2009 ble det satt ut 600 000 smoltekvivalenter årlig.

I årene 2010 til 2012 økte mengde utsatt smolt fra 450 000 i 2010, 550 000 i 2011 og 630 000 i 2012. Denne økningen skyldes i stor grad utsettinger knyttet til reetablering av laks etter bekjemping av *Gyrodactylus salaris* og redningsaksjonen for Vossolaksen. I tillegg ble det satt ut egg, yngel og settefisk i disse årene. Etter at strengere krav til utsetting av fisk ble innført i begynnelsen av 90-tallet har en erstattet smoltutsettinger med yngre stadier der det har vært mulig.

Undersøkelser har vist at utsettinger har vært vellykket i noen tilfeller, ikke hatt noen effekt i andre tilfeller og har hatt negativ effekt på en del bestander. Kunnskap om mulige genetiske forandringer som følge av utsetting av fisk i norske elver bør innhentes, og kultiveringsarbeidet bør vurderes i forhold til kvalitetsnormer for laks.

1.2.4 Rømt oppdrettslaks

Avlsprogram for laks startet i begynnelsen av 70-tallet, og det ble da samlet inn et stort antall villaks fra mange forskjellige elver. Ved rettet utvalg har man etter hvert forandret den genetiske sammensetningen til den opprinnelige ville laksen, og skapt oppdrettslaks med kommersielt viktige egenskaper, slik som blant annet rask vekst. Det er vist at rømt oppdrettslaks gyter med villaks. Egenskapene til oppdrettslaksen er ikke gunstig i det naturlige miljøet, det er blant annet vist at overlevelsen og gytesuksessen til avkom etter oppdrettslaks i naturen, er lavere enn hos villaksen.

Siden 1985 er alle som driver kultivering pålagt å benytte stamfisk som er fanget i den elven som skal kultiveres. Det er nå også pålagt at det skal benyttes skjellanalyser og genetiske analyser for å luke ut rømt oppdrettslaks samt avkom etter rømt oppdrettslaks i stamfiskpopulasjonen.

2 Genetiske grunnprinsipper for kultivering

Kunnskap om artens biologi danner fundamentet for alle mulige forvaltningstiltak for en art. Begrunnelsen for dette er innlysende, men arter og ulike bestander innen samme art finnes i dag som et resultat av genetiske tilpasninger til de naturgitte forholdene. Dette betyr at det er naturen som setter premissene for om en organisme vil lykkes med å føre sine arvelige egenskaper videre til neste generasjon eller ikke. Forvaltningsaktiviteter som ikke tar hensyn til dette forventes derfor å gi negative effekter på overlevelse og produktivitet i et kort og langt tidsperspektiv. Ved å benytte stamfisk formet av andre miljøbetingelser, motvirker man prosessen med naturlig utvalg, og forandrer den genetiske sammensetningen som er formet av tidligere generasjoner.

Selve begrepet «kultivering» medfører en betingelse om en positiv innvirkning på den bestanden som kultiveres. Stamfisk som benyttes ved kultivering må da nødvendigvis gis en fordel sammenlignet med hva de samme fiskene kunne oppnådd ved naturlig gyting, i de fleste tilfeller også sammenlignet med annen fisk som gyter naturlig i vassdraget. Stamfisk benyttet i kultivering oppnår en større overlevelse for sitt avkom gjennom opphold i et beskyttet klekkerimiljø, og den fordelene blir større jo eldre stadier som benyttes ved utsetting.

Hvis denne fordelene blir for stor, og den kultiverte fisken utgjør en for stor andel av bestanden, vil risikoen for kryssing av nært beslektede individer (innavl) øke, og medføre en reduksjon av genetisk variasjon hos laksen i vassdraget.

Ved å forholde seg til noen generelle råd er det mulig å unngå noen negative effekter av kultivering. I andre tilfeller er det nødvendig med god bakgrunnskunnskap om den spesifikke bestanden for å kunne gjøre justeringer av etablert kultiveringspraksis.

2.1 Bevaring av genetisk egenart

For arter som er naturlig gruppert i mange mer eller mindre genetisk adskilte bestander skal utsettinger skje med opphav i stamfisk fra den lokale bestanden. Stamfisk fra den lokale bestanden skal i størst mulig grad representere den genetiske sammensetningen til bestanden. Bevisst og ubevisst utvalg bør i størst mulig grad unngås. Man skal ikke bevisst velge de fiskene som man subjektivt mener er de beste, for eksempel utfra størrelse eller andre kriterier, men benytte et tilfeldig utvalg av stamfisk. For å visualisere dette, kan man forestille seg at man tar all gytefisk opp i en hatt og trekker tilfeldig det antall stamfisk man ønsker. Videre bør man unngå et utilsiktet utvalg blant det produserte avkommet, ved å etterstrebe så lav dødelighet som mulig i klekkeriet. Fisk som dør i anlegget er nødvendigvis, og sannsynligvis ikke de samme som de som dør i naturen.

Utsetting av fisk skal ikke føre til en økt grad av utveksling av gener (feilvandring) mellom bestander, utover det som skjer naturlig. Det er vist at kultivert laks som settes ut som smolt i mindre grad finner tilbake til den elv de ble satt ut i enn den naturlig produserte smolten. Ved å sette ut så unge stadier som mulig reduseres risikoen for økt grad av feilvandring sammenliknet med utsetting av smolt.

I følge retningslinjene for utsetting av anadrom fisk, gitt av Miljødirektoratet står det: *Smolt som utsetningsmateriale gir dårlig overlevelse, representerer det største avviket fra naturlig rekruttering, gir størst feilvandring og bør derfor bare brukes når de naturlige produksjonsforholdene gjør at yngre stadier ikke kan benyttes.*

2.2 Bevaring av genetisk variasjon – Ryman-Laikre effekten

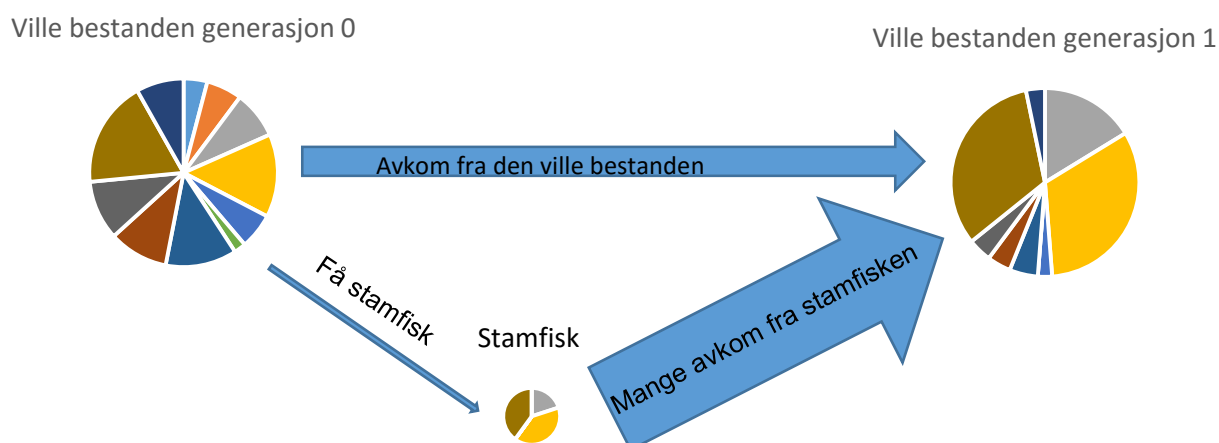
I 1991 beskrev Nils Ryman og Linda Laikre matematisk det forhold som kan benyttes for å beregne den totale effektive bestandsstørrelsen, når man kjenner den ville effektive bestandsstørrelsen, effektivt antall stamfisk og andel utsatt fisk.

For å opprettholde bestandens mulighet for genetisk tilpasning til kontinuerlig skiftende miljø og for å unngå gyting mellom nært beslektede individer (innavl), bør produksjon og utsetting av fisk skje på en slik måte at den ivaretar den genetiske variasjonen i bestanden.

Råd om hvordan dette best kan gjøres vedrører hvor mange stamfisk som benyttes, og hvor mange fisk som settes ut i forhold til den naturlige bestandsstørrelsen. I det følgende presenteres hvordan man utfra forholdet mellom den ville bestanden, antall stamfisk og andel utsatt fisk, kan vurdere effekten av kultivering og gi konkrete råd om justeringer.

2.2.1 Forklaring av Ryman-Laikre effekten

Hvis det produseres for mange avkom fra for få stamfisk, vil disse kunne bidra uforholdsmessig mye i forhold til avkom fra naturlig gyting. Denne effekten forventes å føre til at flere individer i bestanden blir nært beslektet, noe som etter hvert vil gi tap av genetisk variasjon. Denne effekten er forsøkt illustrert i **Figur 1**. De ulike kakestykkene i figuren representerer genetisk variasjon i en bestand. Om man tar ut noen få stamfisk fra kakediagrammet til venstre, og setter tilbake et stort antall avkom fra disse, vil den begrensede genetiske variasjonen fra disse stamfiskene dominere bestanden i neste generasjon (kakediagrammet til høyre). Til tross for at antall fisk i bestanden øker som følge av kultivering, så kan likevel den genetiske variasjonen minke. Denne effekten blir ofte kalt Ryman-Laikre effekten.



Figur 1. Illustrasjon på hvordan den genetiske variasjonen kan minke som følge av kultivering. Et lite antall stamfisk vil i begrenset grad representere den genetiske variasjonen og om et stort antall avkom fra disse settes tilbake til elven, vil disse kunne utgjøre en uforholdsmessig stor andel av den gytende bestanden, og fortrenge bidraget fra den ville fisken som samlet representerer en større genetisk variasjon.

2.2.2 Effektiv bestandsstørrelse

Effektiv bestandsstørrelse kan enkelt forklares som et standardisert mål på hvor mange individer som fører sine gener videre til neste generasjon. Effektiv bestandsstørrelse kan direkte relateres til forventet grad av innavl, tap av genetisk variasjon og forandring i genetisk sammensetning. Ved lav effektiv bestandsstørrelse forventes en høy grad av innavl, et raskt tap av genetisk variasjon og forandring i genetisk sammensetning.

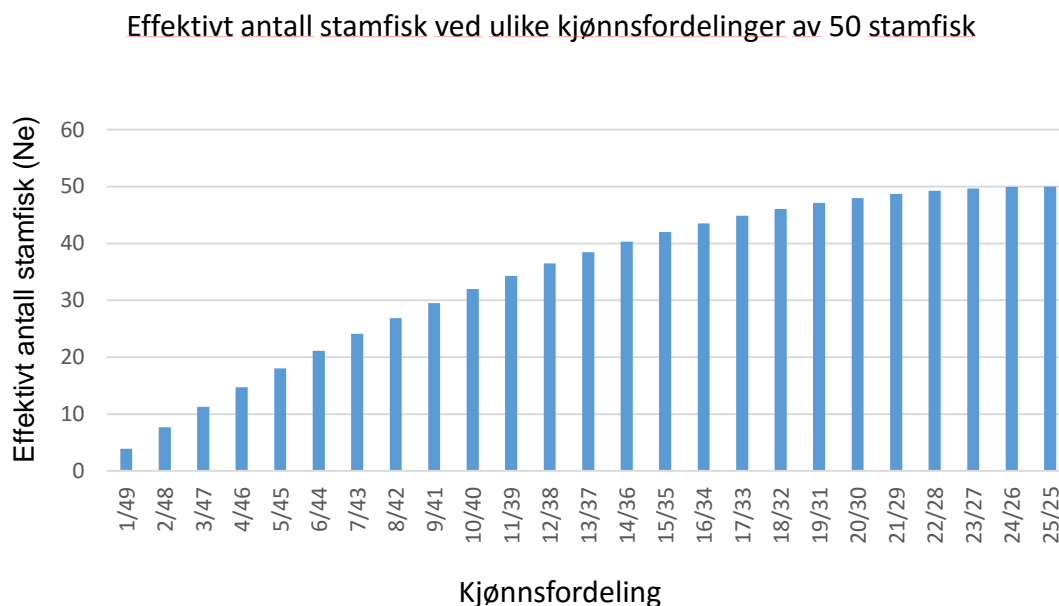
Beregningen av effektiv bestandstørrelse (N_e) forutsetter en idealisert bestand. I den idealiserte bestanden, er det like mange hunner som hanner, parring skjer tilfeldig mellom disse, og variasjonen i antall avkom fra hver stamfiskfamilie er lik gjennomsnittlig forventet antall avkom i en bestand som akkurat opprettholder seg selv, det vil si to avkom per familie, som bidrar i neste generasjon.

Faktisk antall gytefisk er som regel ikke det samme som effektivt antall gytefisk. Dette blir tydelig hvis man forestiller seg et ekstremt eksempel med en bestand av 50 gytefisk, der 49 av disse er hanner og det kun er én hunn. I denne situasjonen er alle avkom halvsøsken, og effektivt antall gytefisk er knapt fire og ikke 50. Effektiv bestandstørrelse (N_e) utfra antall hunner (N_f) og hanner (N_m) kan enkelt berignes med følgende formel:

$$N_e = (4 \times N_f \times N_m) / (N_f + N_m)$$

For å maksimere den effektive stamfiskbeholdningen, bør man derfor etterstrebe like mange hunner som hanner.

Figur 2 illustrerer hvordan den effektive stamfiskbeholdningen blir redusert ved ulik grad av skjev kjønnsfordeling. Om man for eksempel har 10 hunner og 40 hanner blir den effektive stamfiskbeholdningen 32 og ikke 50 som den hadde vært om man hatt 25 hunner og 25 hanner.

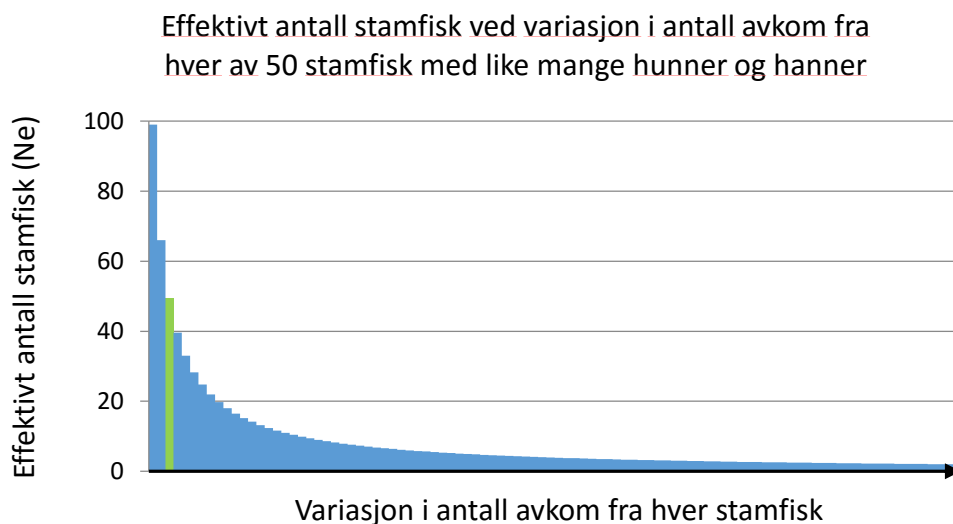


Figur 2. Effektivt antall stamfisk ved ulike kjønnsfordeling av 50 stamfisk. Den horisontale akse viser kjønnsforholdet som hunner/hanner.

Hvor mye avkom hvert enkelt par bidrar med, har stor betydning for hvor stor den effektive bestandstørrelsen er i forhold til faktisk antall gytefisk.

Om man igjen forestiller seg et ekstremt tilfelle med 50 gytefisk, og at disse består av 25 hunner og 25 hanner, men at det bare er én hunn og én hann som får avkom som bidrar til neste generasjon, mens de resterende 24 parene ikke får avkom. I dette tilfellet er effektivt antall stamfisk to og ikke 50. Figuren nedenfor illustrerer hvordan den effektive stamfiskbeholdningen blir redusert ved skjeve bidrag av avkom fra stamfisken (**Figur 3**). Merk at ved likt antall avkom fra hver stamfisk er det mulig å oppnå en tilnærmet fordobling av effektiv stamfiskbeholdning sammenliknet med faktisk antall stamfisk (husk at den idealiserte bestanden som bestanden relateres til ikke har en forventning om helt likt antall avkom fra hver gytefisk).

Ved utsetninger av kultivert fisk er det derfor viktig å etterstrebe så likt bidrag som mulig fra hver stamfisk.



Figur 3. Effektivt antall stamfisk ved ulike variasjoner i antall avkom blant 50 stamfisk med like mange hunner og hanner. Grønn stolpe angir en variasjon som gir like stort effektivt antall stamfisk som faktisk antall stamfisk. Merk at ved å oppnå tilnærmet likt antall avkom fra hver stamfisk kan effektivt antall stamfisk være nesten dobbelt så stor som faktisk antall stamfisk. Variasjonen i avkom fra hvert par øker mot høyre.

2.2.3 Beregning av Ryman-Laikre effekten

Kultivering bør ta vare på den genetiske variasjonen i bestanden og sørge for at utsettingen ikke fører til økt innavl og tap av genetisk variasjon. Dette kan oppnås ved å opprettholde en så høy total effektiv bestandsstørrelse som mulig. Den totale effektive bestandsstørrelsen beregnes ut fra:

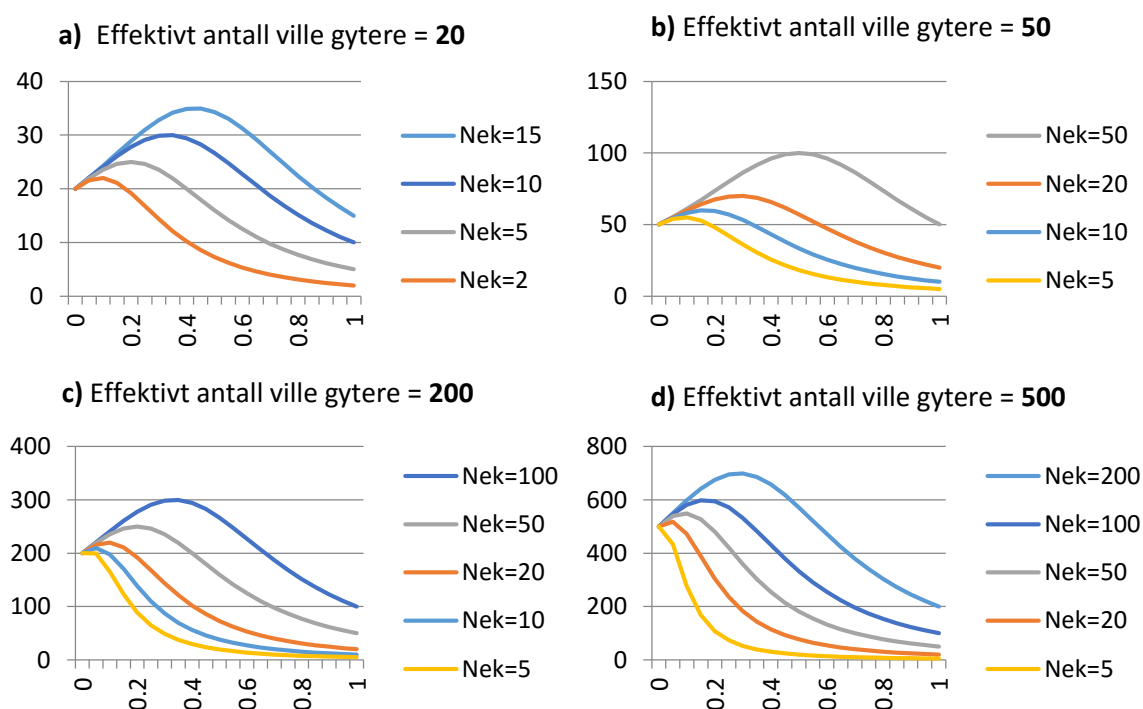
- Den effektive bestandsstørrelsen i den ville gytebestanden (N_{ev})
- Den effektive bestandsstørrelsen til den utsatte fisken (effektivt antall stamfisk (N_{ek}))
- Andel utsatt fisk i gytebestanden.

Vi gjentar her at den effektive bestandsstørrelsen ikke er det samme som faktisk bestandsstørrelse som beskrevet i kapittel 2.2.2. Dette gjelder både den ville gytebestanden og innfanget stamfisk til kultivering. Videre er det viktig å presisere at den genetiske effekten av kultivering blir gjeldene når den utsatte fisken returnerer og bidrar i naturlig gyting. Det er derfor andel kultivert fisk i gytebestanden og ikke antall utsatt fisk som er avgjørende.

Hvis effektivt antall stamfisk er lav og utsatt fisk utgjør en stor andel av en vill gytebestand, forventes den totale effektive bestandsstørrelsen å bli lavere som følge av kultivering enn hva den hadde vært uten utsetninger.

I figuren nedenfor er det beregnet total effektiv bestandsstørrelse ved ulikt effektivt antall stamfisk (N_{ek}) og ved ulike andeler kultivert fisk i gytebestanden fra 0-100%, for fire ulike størrelser av ville bestander (**Figur 4, a – d**). I figuren kan man for eksempel se at for en liten bestand (**Figur 4a**) der effektivt antall ville gytere er 20, oppnår man maksimal total effektiv bestandsstørrelse hvis:

1. 10% av bestanden er kultivert fisk og effektivt antall stamfisk (N_{ek}) er 2.
2. 20% av bestanden er kultivert fisk og effektivt antall stamfisk (N_{ek}) er 5.
3. 35% av bestanden er kultivert fisk og effektivt antall stamfisk (N_{ek}) er 10.
4. 45% av bestanden er kultivert fisk og effektivt antall stamfisk (N_{ek}) er 15.



Figur 4. Total effektiv bestandsstørrelse (y-aksen) beregnet utfra ulike effektivt antall stamfisk (N_{ek}) ved ulike andeler kultivert fisk i gytebestanden (x-aksen), for bestander med 20, 50, 200 og 500 effektivt antall vill gytefisk (figur a – d).

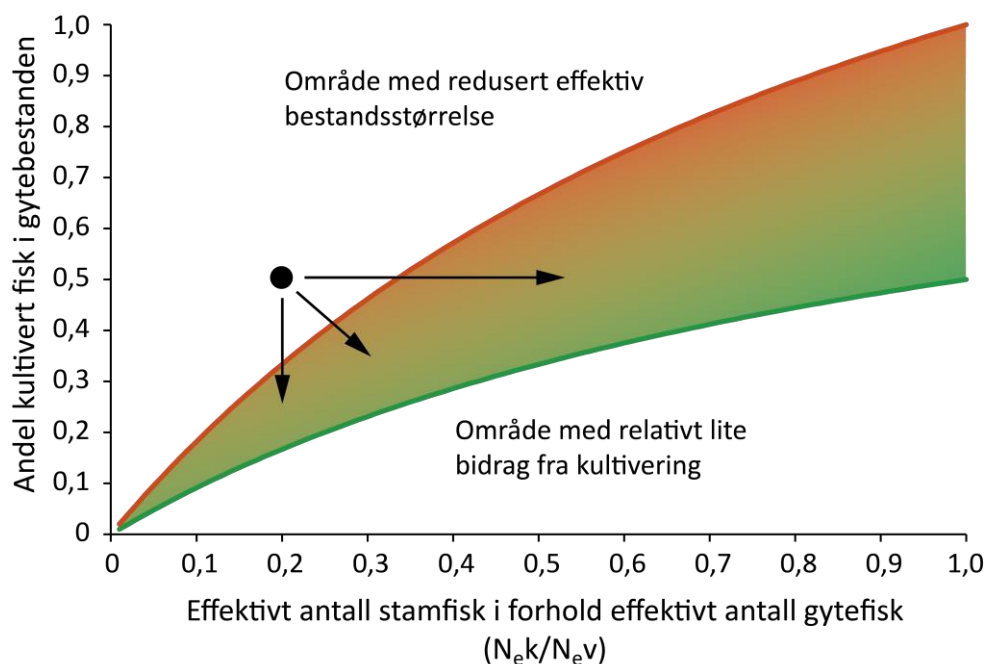
Ved større andel utsatt fisk i forhold til N_{ek} , enn vist i figurene, får man en reduksjon av den totale effektive populasjonsstørrelsen. Ved uforholdsmessig store andeler av kultivert fisk forventes den totale effektive bestandsstørrelsen å bli mindre enn den hadde vært uten utsetting av fisk.

Det er vanskelig å gi generelle råd om antall stamfisk og hvor mye fisk som skal settes ut, siden dette avhenger av størrelsen på den ville bestanden. Hvis man imidlertid kun ser på forholdet mellom antall stamfisk og antall vill gytefisk, er det mulig å gi generelle råd om hvilken andel kultivert fisk i den ville bestanden som gir maksimal total effektiv bestandsstørrelse, eller som fører til en reduksjon i effektiv bestandsstørrelse.

Figur 5 viser at større andel effektivt antall stamfisk i anlegget, i forhold til effektivt antall vill gytefisk i elv, tillater større andel kultivert fisk i bestanden uten å redusere den effektive bestandsstørrelsen. I praksis betyr dette at ved å ha et stort antall stamfisk (N_k) og oppnå maksimalt effektivt antall (N_{ek}) fra disse, som beskrevet i kapittel 2.2.2, kan man tillate en større andel kultivert fisk i elva.

Hvis man for eksempel antar en vill bestand med effektivt antall gytefisk på 100 og effektivt antall stamfisk på 20 (antall stamfisk er 20% i forhold til den effektive ville gytebestanden), så bør andel kultivert fisk i den ville gytebestanden være cirka 17% for å oppnå maksimal total effektiv bestandsstørrelse (120). Dette tilsvarer toppene på figur 4.

Andel kultivert fisk i det samme eksemplet bør ikke overstige 33% for å unngå en reduksjon av effektiv bestandsstørrelse som følge av kultivering. Hvis en observerer at andel kultivert fisk i gytebestanden med det samme eksemplet er 50% (svart punkt i figuren) forventes derved at total effektive bestandsstørrelse reduseres som følge av kultiveringen. For å justere dette forholdet kan enten antall fisk som settes ut reduseres (loddrett pil), antall stamfisk kan økes (vannrett pil), eller begge deler justeres (pil på skrå) slik at man havner innen det feltet som ikke fører til en reduksjon i effektiv bestandsstørrelse



Figur 5. Andel kultivert fisk i gytebestanden som gir maksimal total effektiv bestandsstørrelse (grønn linje) og som gir en reduksjon i total effektiv bestandsstørrelse (rød linje) ved ulike forhold mellom effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk.

Både effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk kan være betydelig forskjellig fra det faktiske antall stamfisk og gytefisk. Ved hjelp av molekylærgenetiske metoder er det mulig å beregne effektivt antall kultivert og vill gytefisk. Ved merking av utsatt fisk kan også andel kultivert fisk i gytebestanden beregnes.

Det kan likevel være hensiktsmessig å benytte annen kunnskap, om bestandsstørrelser, stamfiskbeholdning, og andel kultivert fisk i bestanden, for å vurdere eventuelle negative effekter på den effektive bestandsstørrelsen. Som en første tilnærming kan man for eksempel benytte faktisk antall (istedenfor effektivt antall) stamfisk i forhold til et antatt antall vill gytefisk og vurdere

hvorvidt dette forholdet er adekvat i forhold til andel kultivert fisk i gytebestanden (grønt område i figuren ovenfor). Denne tilnærmingen forutsetter at forholdet mellom faktisk antall stamfisk (N_k) og effektivt antall stamfisk (N_{ek}) er det samme som forholdet mellom faktisk antall vill gytefisk (N_v) og effektivt antall vill gytefisk (N_{ev}).

Hvis andel kultivert fisk i gytebestanden er ukjent og man kun vet hvor mange fisk av yngre stadier som settes ut, blir vurderingen vanskelig og sannsynligvis meget usikker. Det er først når den utsatte fisken kommer tilbake som voksen og reproducerer i naturen man får en genetisk effekt på den samlede bestanden. Det er derfor meget viktig at utsatt fisk er sporbar slik at andelen kultivert fisk i gytebestanden kan beregnes.

2.3 Dokumentasjon og evaluering av kultiveringstiltak

Hvorvidt fiskeutsettinger oppfyller målsetninger bør evalueres ved jevne mellomrom, og helst kontinuerlig. Grunnen til at det er nødvendig med gjentatte evalueringer, er at det ofte er store naturlige svingninger i bestanden, og at tilslag av kultivering kan variere mye mellom år. Sporing av utsatt fisk er avgjørende for en slik evaluering, men også at kultiveringspraksisen er nøye dokumentert. Resultatene fra evalueringene vil være grunnlag for å kunne foreslå eventuelle forandringer i kultiveringspraksisen.

2.3.1 Sporing av utsatt fisk

Den utsatte fisken bør kunne gjenkjennes på et eller annet hvis, enten ved for eksempel farge-merking av rogn, der fargestoffet kan detekteres i øresteinene hos den voksne fisken, eller ved klipping av fettfinne hos eldre laksunger, eller smolt. Med disse merkemethodene vil det være mulig å kunne si hvor stort tilslaget av kultiveringen er, og hvor stor andel den kultiverte fisken utgjør i forhold til den naturlig produserte fisken. Disse merkemethodene gir viktige opplysninger som sammen med opplysninger om antall stamfisk og bestandsstørrelse kan anvendes for grovt å vurdere genetiske effekter av kultiveringen.

Sporing av utsatt fisk med hjelp av molekylærgenetiske metoder gir betydelig mer informasjon om hver enkelt fisk, og forutsetter ingen fysiske tiltak for å merke den utsatte fisken. Den eneste, men meget viktige forutsetningen for å kunne spore utsatt fisk genetisk, er at man har en vevsprøve av samtlige foreldre til den utsatte fisken. Prinsippet for denne sporingen er relativt enkel: Hvert avkom arver et gen fra mor og et gen fra far, og hvis man vet hvilke gener mor og far har, vet man også nødvendigvis hvilke to gener som kan gjenfinnes hos avkommet. Ved å studere mange gener i arvematerialet kan man bli tilnærmet 100% sikker på mor- og farskapet til et avkom. I tillegg til å identifisere utsatt fisk, gir disse analysene også svar på en rekke andre viktige opplysninger for å vurdere kultivering: Siden mor- og far-stamfisken til hver enkelt kultivert fisk blir identifisert, er det mulig å beregne effektivt antall stamfisk relativt presist. Fisk som utfra den genetiske profilen ikke kan være avkom etter noen av stamfiskene kan klassifiseres som naturlig produsert fisk, og med ulike genetiske analyser kan også den effektive bestandsstørrelsen av disse beregnes. Ved en tilstrekkelig innsats kan man derfor med disse metodene få tilstrekkelige opplysninger om: 1. andel kultivert fisk i bestanden 2. effektivt antall stamfisk og 3. effektiv bestand av naturlig produsert gytefisk. Da kan man med stor nøyaktighet estimere hvorvidt kultiveringen oppnår målet om å ta vare på den genetiske variasjonen, for eksempel ved å plassere bestanden i figuren over (**Figur 5**).

Et viktig tilleggsmoment ved genetisk sporing av kultivert fisk er muligheten for å identifisere feilvandrende kultivert fisk fra andre bestander. Dersom man har den genetiske profilen til stamfisk fra andre kultiverte bestander kan en feilvandrer genetisk tilordnes til opphavsbestanden. Alternativt, hvis kultivert fisk fra andre bestander kun er fysisk merket, og disse ikke matcher stamfisken i den aktuelle bestanden, så er de kultivert fisk fra andre bestander uten at man vet hvilke.

2.3.2 Dokumentasjon

Ved å dokumentere ikke bare i hvilken elv stamfisken har blitt innsamlet, men også i hvilke deler av vassdraget, er det mulig å vurdere alternative innsamlingsstrategier utfra ny kunnskap. Hvis nye studier for eksempel skulle vise at gytefisken ikke fordeler seg tilfeldig i elven med tanke på alder, kjønn, størrelse og slektskap så er det viktig å justere innsamlingen slik at ingen grupper av bestanden blir utelatt.

Dersom man foretar noen form for utvalg blant den innsamlede stamfisken bør dette dokumenteres. Et slikt utvalg kan for eksempel være å luke ut kultivert fisk, rømt oppdrettslaks, avkom etter rømt oppdrettslaks, eller at man luker ut stamfisk som utfra genetiske analyser sannsynlig har opphav fra en annen bestand. Ved en evaluering vil slik dokumentasjon kunne bidra til nye og forbedrede prosedyrer.

Dokumentasjon av antall stamfisk som er benyttet er en forutsetning for å vurdere eventuelle justeringer utfra en evaluering av bestandsstatus og bevaring av genetisk variasjon. Hver stamfisk bør gis et unikt id nummer (for eksempel Floy-tag) sammen med alle tilgjengelige data. Dette er viktig for å sikre at alle mulige tilleggsopplysninger fra ulike analyser kobles til riktig stamfisk. Dette kan for eksempel være skjellanalyser, genetiske analyser og opplysninger om stamfiskbidrag og hvilke kryssninger som har blitt gjort.

Dokumentasjon om kjønn er viktig for å beregne effektivt antall stamfisk. På hvilken måte stamfisken krysses kan ha stor betydning for i hvilken grad den genetiske variasjonen videreføres fra stamfisk til den utsatte fisken. Ved å dokumentere hvilke stamfisk som er krysset kan man vurdere forbedringer ved krysningsregimet og gjøre genetisk sporing av utsatt fisk enklere og sikrere. Dokumenterte krysnings skjemaer bør også inneholde opplysninger om antall avkom fra hver familiegruppe så tett opp mot utsettingstidspunkt som mulig. For å kunne estimere effektivt antall stamfisk er det nødvendig med et tallfestet bidrag fra hver enkelt stamfisk. Av praktiske grunner er det i de aller fleste tilfeller ikke mulig å holde hver enkelt familie separat i anlegget frem til utsettingstidspunkt og da er det heller ikke mulig å oppnå full kontroll på hvor mange avkom som settes ut fra hver stamfisk. Det beste man kan oppnå er ofte å kontrollere og dokumentere hvor mange egg fra hver familiegruppe som ble produsert, og hvor mange av disse som slås sammen for videre produksjon av eldre stadier.

Dødeligheten i anlegget bør dokumenteres for å kunne vurdere omfanget av et potensiell utilsikket kunstig utvalg, og for å vurdere hvorvidt dødeligheten kan ha ført til ujevnt bidrag av antall avkom fra stamfiskene.

For å vurdere effekten av kultivering bør selvsagt antall og hvilke stadier av fisk som settes ut også dokumenteres. Disse opplysningene er nødvendige for å vurdere overlevelse av den utsatte fisken i forhold til den naturlig produserte fisken og hvorvidt omfanget er balansert med tanke på å ivareta den samlede genetiske variasjonen i bestanden.

3 Praktisk kultivering

Kultivering er ofte kompensasjon for redusert naturlig produksjon som følge av planlagte inngrep, eller uforutsette hendelser som har påvirket vassdragshabitatene negativt. Den negative innvirkningen kan måles og defineres og eventuelt gis som et utsettingspålegg. Det kommer også ønske om kultivering i områder der det foreligger et potensiale for økt produksjon, ved varige eller midlertidige støttetiltak. Redusert naturlig produksjon, eller et eventuelt uutnyttet potensiale for produksjon, må beregnes og brukes som utgangspunkt for tillatelse og plan for kultivering.

3.1 Valg av stamfisk

3.1.1 Opphav

- Riktig art. Artshybridisering mellom laks og ørret er ikke uvanlig, og slike individer kan være vanskelig og identifisere uten bruk av molekylærgenetiske metoder.
- Lokalt fanget. Stamfisken skal være fanget i det samme vassdraget som avkommet skal settes ut i.
- Ekskluder rømt oppdrettslaks og avkom etter rømt oppdrettslaks
- Hvis bestanden antas motta unaturlig mange fisk fra andre bestander bør disse ekskluderes, så langt det er mulig.
- Unngå å bruke kultivert fisk

Hvorfor: Fisk som er oppdelt i mange forskjellige genetisk adskilte bestander representerer en samlet genetisk diversitet for arten. Ved bruk av stamfisk fra andre bestander risikerer man å redusere denne diversiteten. Avkom etter slik stamfisk har en genetisk sammensetning som ikke er genetisk tilpasset de lokale miljøforhold. Ved bruk av tidligere kultivert fisk som stamfisk risikerer man at disse får et uforholdsmessig stort bidrag.

3.1.2 Utvalg

- Fange stamfisk fra mange forskjellige habitater, områder og tidspunkter.
- Benytt et representativt utvalg av stamfisk. Dette innebærer at det benyttes stamfisk fra ulike årsklasser (alder og størrelse), herunder også gyteparr. Unngå et bevisst valg av stamfisk med spesielle egenskaper (størrelse, sted i elv, alder etc.).

Hvorfor: Fisk i et vassdrag kan være fordelt i ulike habitater utfra alder, størrelse og årsklasse. For å sikre at den genetiske sammensetningen i bestanden som helhet ivaretas bør et representativt utvalg fra disse benyttes som stamfisk. Tidspunkt for oppvandring av fisk til elven varierer også, og det er derfor viktig å fange stamfisk både tidlig og seint i sesongen. Ved et bevisst utvalg av stamfisk utfra en subjektiv vurdering av egenskaper, risikerer man å produsere avkom med de samme genetiske egenskaper. Hvilke egenskaper som er best tilpasset det naturlige miljøet bestemmes imidlertid av miljøbetingelser etter at fisken er satt ut.

3.1.3 Antall stamfisk

- Antall stamfisk bestemmes av forholdet mellom størrelsen på gytebestanden og antall og stadium av kultivert fisk som skal settes ut i forhold til denne. Antall rognkorn skal ikke være styrende for hvor mange stamfisk man benytter. .

Hvorfor: Ved å la et fåtall stamfisk bidra med uforholdsmessig mange avkom til neste generasjon blir den genetiske variasjonen i bestanden redusert. Hva som er uforholdsmessig stort bidrag avhenger av hvor mange stamfisk som benyttes i forhold til antall vill gytefisk som finnes i elva.

3.1.4 Kjønnsfordeling

- a) Stamfisken bør bestå av like mange hunner som hanner

Hvorfor: Skjeve kjønnsfordelinger gir et lavere effektivt antall stamfisk enn jevne kjønnsfordelinger. Ved redusert effektivt antall stamfisk bør også antall avkom etter disse som settes ut minnes. Dette for å unngå at den kultiverte fisken utgjør en uforholdsmessig stor andel av den ville gytebestanden.

3.2 Krysninger

3.2.1 Unngå krysninger mellom nært beslektede individer

- a) I den grad det er mulig bør kultivert fisk ikke brukes som stamfisk. Hvis dette ikke kan unngås, enten fordi den kultiverte fisken ikke kan identifiseres eller fordi bestandssituasjonen gjør det nødvendig, bør kultivert fisk ikke krysses med kultivert fisk, men med naturlig produsert fisk.
- b) Krysninger mellom fisk av ulike årsklasser bør etterstrebes, spesielt hvis kultivert fisk benyttes som stamfisk.
- c) Hvis kultivert fisk ikke kan identifiseres kan molekylærgenetiske metoder benyttes for å beregne slektskap mellom stamfisk og unngå krysninger mellom nært beslektede individer.

Hvorfor: Krysning mellom nært beslektede individer fører til innavl og redusert genetisk variasjon. Ved kultivering basert på et begrenset antall stamfisk er sannsynligheten for nært slektskap mellom disse relativt stor. Ved å bruke kultivert fisk som stamfisk reduseres den effektive bestandstørrelsen sammenliknet med å bruke naturlig produsert fisk. Dette kan illustreres med et ekstremt eksempel der et fåtall stamfisk holdes i anlegg i flere generasjoner og et stort antall avkom etter disse settes ut i mange påfølgende år. Snart vil da all vill gytefisk ha opphav i den opprinnelige stamfisken.

3.2.2 Likt bidrag fra hver stamfisk

- a) Produsere hel- og halvsøskengrupper ved å krysse flere hanner med en hunnfisk
- b) Hver hanfisk bør befrukte like mange egg og egg fra like mange forskjellige hunnfisker
- c) Hel- og halv-søskengrupper bør holdes i separate klekkeenheter så langt som mulig. Hvis det blir nødvendig å slå sammen grupper skal det tas like mange egg fra hver familie.
- d) Rognporsjoner som er større enn gjennomsnittet bør reduseres, og overskuddsmaterialet skal destrueres.

Hvorfor: Ved å sørge for at hver stamfisk bidrar med like mange avkom, maksimeres effektivt antall stamfisk. Den genetiske variasjonen representert i stamfiskene videreføres i størst mulig grad, og risikoen for negative genetiske effekter på den ville bestanden blir mindre. Ved å produsere halv-søskengrupper økes sjansene for at bidraget fra hver stamfisk blir så likt som mulig når avkommet etter disse kommer tilbake som gytemoden fisk, både som følge av tilfeldigheter, men også ved at overlevelsen til avkom etter spesifikke krysninger kan variere. For å ta vare på den genetiske variasjonen er det i de fleste tilfeller nødvendig å benytte flere stamfisk enn det som kreves ut fra antall egg som skal produseres. Overskuddsmateriale må derfor ikke settes ut, men destrueres. Hvis ikke er mange av prosedyrene for å oppnå positiv genetisk effekt bortkastede.

3.3 Utsetting

Metode for kultivering velges ut fra hvilke forhold som begrenser produksjonen til den enkelte bestand. Da gjenstår det å avgjøre hvor mange stamfisk man skal benytte for å oppfylle målsettingen for kultivering.

Ved tap av oppvekstareal som for eksempel etter en regulering, bør smolt settes ut, eller man må finne nytt areal ovenfor anadrom sone til utsettinger.

Utsettinger som kompensasjon for lav sjøoverlevelse er en vanskelig situasjon i forhold til kultivering, da tilslaget fra både naturlig gyting og utsettinger er liten. Kompenserer man dette med for eksempel å sette ut mye smolt, kan man lett utarme genetikken ved å gi stamfisk for stor fordel. Antall stamfisk bør maksimeres, eller stamfiskhold/genbank bør vurderes. Utsettingsstadium er avhengig av tilgjengelig gyte- og oppvekst-areal.

3.3.1 Sett ut så tidlig stadium som mulig

- a) Fisk som skal settes ut, skal fortrinnsvis oppbevares så kort tid som mulig i et kunstig anleggsmiljø og skal derfor settes ut ved så tidlig stadium som mulig.
- b) Utsatt fisk skal i minst mulig grad konkurrere med naturlig produsert fisk. Det bør vurderes nøye hvilke stadier som settes ut, og hvor i elven de forskjellige stadiene blir satt ut.

Hvorfor: Hvilke avkom som overlever i et kunstig anleggsmiljø er forskjellig og kan ikke etterligne det utvalg som skjer i naturen. Dødeligheten i anlegg bør derfor minimeres og utvalg utsettes frem til de settes ut i naturen. Jo tidligere fisken settes ut i naturlig miljø, desto større er forutsetningene for at den genetiske sammensetningen til den kultiverte fisken er formet av et naturlig utvalg. Utsatt fisk som overlever i naturen blir også preget av de naturgitte forhold og er bedre rustet til å fullføre hele livsløpet. Det er for eksempel vist at kultivert laks som settes ut som smolt i mindre grad finner tilbake til den elv de ble satt ut i. For å få størst mulig tilslag av kultivering, og samtidig en størst mulig naturlig produksjon, bør den utsatte fisken i så liten grad som mulig konkurrere med den naturlig produserte fisken. I en bestand som ikke har oppnådd sitt fulle produksjonspotensial er dette mulig å oppnå ved å identifisere utsettingsområder med lite naturlig gyting og få fisk av unge stadier. I bestander der maksimalt produksjonspotensial er nådd er det ikke plass til flere fisk, og konkurranse mellom kultivert fisk og naturlig produsert fisk, økt dødelighet og redusert kondisjon, blir uunngåelig. I en slik situasjon er det derfor nødvendig å sette ut smolt, dersom man likevel vurderer kultivering som nødvendig, eller benytte områder ovenfor anadrom strekning.

3.3.2 Antall utsatt fisk

Andel kultivert fisk man kan ha i en gytebestand er vist i **figur. 5**. Figuren foresetter at man har en del kunnskap om den ville bestanden og tilslaget fra den kultiverte fisken. Dette er kunnskap man må finne ved kartlegging av bestandene og evaluering av kultiveringsarbeidet. Før man har denne kunnskapen kan man ved å gjøre noen forenklinger finne et startpunkt for kultivering og siden justere denne slik som vist i figur 5. For å vite hvor mye vi skal produsere fra hver stamfisk må vi lage oss et utgangspunkt på overlevelse på utsatt fisk og rogn, og hvor mye hvert par må produsere for å opprettholde bestanden.

- a) Antall utsatt fisk bør være så høyt at man får et ønsket tilslag av kultivering. Det vil si at antall fisk som settes ut og overlever til gytemoden alder er stort nok til å kompensere det antall stamfisk som ble tatt ut fra bestanden.

- b) Antall utsatt fisk bør ikke være så høyt at et uforholdsmessig stort antall overlever og bidrar til neste generasjons gyting.

Hvorfor: Når den utsatte fisken kommer tilbake for å gyte sammen med den naturlig produserte fisken kan effekten av kultivering måles. Hvor stor andel kultiverte gytefisk det blir i bestanden etter utsett er meget vanskelig å forutsi uten erfaring fra tidligere utsett. Hva som er en riktig andel kultivert fisk bestemmes av hvor mange stamfisk som blitt benyttet i forhold til den ville gytebestanden. Hvis det er en stor andel kultivert fisk, produsert fra et lite antall stamfisk, vil den begrensede genetiske variasjonen hos den kultiverte fisken kunne få et for stort bidrag til neste generasjon, og redusere den samlede genetiske variasjonen i bestanden. Ved å ha kjennskap om antall stamfisk og antall vill gytefisk kan man beregne hvilken andel kultivert fisk det bør være.

3.3.3 Merking/gjenkjenning

- a) All utsatt fisk bør kunne gjenkjennes
- b) Utsatt fisk bør gruppemerkes og kunne spores til stamfiskopphav

Hvorfor: En forutsetning for å evaluere effekten av kultivering i form av tilslag og bevaring av genetisk variasjon og integritet er at kultivert fisk kan gjenkjennes. Gruppemerking ved for eksempel finnekklipping eller fargemerking av egg kan gi informasjon om tilslaget av kultivering og andel kultivert fisk i bestanden. Denne type gruppemerking gir imidlertid ikke informasjon om en kultivert fisk har opphav i den lokale kultiveringen eller er en feilvandrende kultivert fisk fra nærliggende bestander som også fargemerker. Gruppemerking gir heller ikke umiddelbar informasjon om hvilket stamfiskopphav den kultiverte fisken har. Ved bademerking kan en skille mellom et begrenset antall ulike grupper av fisk. Det vil imidlertid være krevende analysemessig om man skall skille mellom flere enn to grupper.

Ved individuell merking er det mulig både å skille mellom lokal kultivert fisk og feilvandrende kultivert fisk, og å identifisere stamfiskopphavet. Det siste er nødvendig for å kunne beregne effektivt antall stamfisk og om tilslaget fra disse står i riktig forhold til den ville effektive bestandsstørrelsen, eller om kultiveringen fører til uønskede genetiske effekter. Individuell sporing ved fysisk merking kan være vanskelig å gjennomføre, spesielt ved utsetting av egg og unge stadier av fisk. Genetisk sporing forutsetter imidlertid ingen videre behandling av den utsatte fisken, men kun at man tar skjellprøve av all stamfisken (foreldrene).

3.4 Dokumentasjon og evaluering

3.4.1 Dokumentering av aktivitet i anlegget

- a) Antall stamfisk
- b) Hvor og når stamfisken er fanget
- c) Lengde og vekt på stamfisk
- d) Eventuelle utvalg av stamfisk
- e) Id-nummer på hver stamfisk
- f) Stamfiskens kjønn
- g) Stamfisk-krysninger (krysningsliste)
- h) Dødelighet av avkom
- i) Sortering og gruppering av familiegrupper
- j) Bidrag (antall rogn) fra hver kryssing
- k) Antall som settes ut av hvert stadium

Hvorfor: Ved evaluering av kultiveringsaktivitet er det viktig å vurdere hvilke tiltak eller justeringer som kan gjøres i forhold til den eksisterende praksisen. En evaluering vil fokusere på om fisken som settes ut overlever og returnerer som gytefisk i et ønsket omfang med tanke på å øke bestandsstørrelsen og samtidig ivareta den genetiske variasjonen og integriteten til bestanden. Justeringer som kan bli nødvendige kan være antall stamfisk som benyttes, antall og hvilke stadier som settes ut, måten kryssningene blir gjort på, hvordan man bedre kan oppnå likt bidrag fra hver stamfisk og hvordan man kan forbedre overlevelsen til fisken som settes ut.

3.5 Konkrete eksempler

Metode for kultivering velges ut fra hvilke forhold som begrenser produksjonen til den enkelte bestand. Da gjenstår det å avgjøre hvor mange stamfisk man skal benytte for å oppfylle målsettingen for kultivering.

Andel kultivert fisk man kan ha i en gytebestand er vist i **figur. 5**. Figuren foresetter at man har en del kunnskap om den ville bestanden og tilslaget fra den kultiverte fisken. Dette er kunnskap man må finne ved kartlegging av bestandene og evaluering av kultiveringsarbeidet.

Før man har denne kunnskapen kan man ved å gjøre en noen forenklinger, finne et startpunkt for kultiveringen og siden justere denne slik som vist i figur 5. For å vite hvor mye vi skal produsere fra hver stamfisk må vi lage oss et utgangspunkt på overlevelse på utsatt fisk og rogn, og hvor mye hvert par må produsere for å opprettholde bestanden. Ut fra hva man kan anta om overlevelse i ville bestander fra ulike livsstadier og hvor stor denne overlevelsen er i forhold til utsatt fisk kan man sette opp enkle tommelfingerregler for nødvendig antall stamfisk og antall fisk/rogn som settes ut. Tall for overlevelse varierer mellom bestander og år. For eksempel vil lav smoltalder gi større overlevelse fram til smolt enn høy smoltalder, og tilbakevandring etter 1 år i sjø gir større overlevelse til gyting enn etter flere år i sjø. Dette må en ta hensyn til når man skal tilpasse tankemåten til en bestemt bestand.

Beregningene under er ment som eksempler som kan benyttes inntil en har data for aktuelle bestander.

3.5.1 Overlevelse smolt til tilbakevandring

For at en bestand skal opprettholdes må det fra hvert par produseres 2 gytefisk. Vi antar 2 % overlevelse på utvandret smolt fram til oppvandring i elv. Vi forutsetter som en forenkling at 50 % av oppvandret fisk deltar i gyting, resten blir utkonkurrert eller beskattes. Dette betyr at 200 smolt er nødvendig fra hvert par for å produsere 2 gytefisk.

3.5.2 Overlevelse rogn til smolt

Dersom et par skal produsere 200 smolt må det deponeres et visst antall egg i grusen. Overlevelse fra beregnet rognantall i hunnfisk fram til smolt er beregnet til 0,5-4 prosent i ville bestander. For plantet øyerogn vil overlevelsen være større. Overlevelsen vil variere med hvor gode planteareal som er tilgjengelig.

Ved 3 % overlevelse fra utsatt øyerogn til smolt trengs det 6700 rognkorn.
(200 smolt = 3% av deponert rogn medfører at 100% deponert rogn er ca. 6700).

Ved 5 % overlevelse fra utsatt øyerogn til smolt trengs det 4000 rognkorn.
(200 smolt = 5% av deponert rogn medfører at 100% deponert rogn er 4000).

Ved 10% overlevelse fra utsatt øyerogn til smolt, trengs det 2000 rognkorn.
(200 smolt = 10% av deponert rogn medfører at 100% deponert rogn er 2000).

I praksis kan disse tallene ses på som en øvre grense på bidrag fra hvert par slik at hunner med for lite rogn likevel kan brukes.

Om en klarer å sørge for likt bidrag fra hvert par frem til smoltutgang, kan en teoretisk tillate seg å sette ut 8000 rogn pr par, ved en overlevelse på 5 % fra utsatt øyerogn til smolt. Ved utsett av tidligstadier vil imidlertid antallet fra hvert par som overlever frem til smolt være mer usikkert enn ved å sette ut standardiserte mengder smolt fra hvert par. Det foreslås derfor at en begrenser utsettet til 6000 rogn fra hvert par.

3.5.3 Utsetting som kompensasjon for tap av oppvekstareal

Ved tap av oppvekstareal som for eksempel etter en regulering, bør smolt settes ut, eller man må finne nytt areal ovenfor anadrom sone til utsettinger.

Ved utsetting av smolt kan vi anta at tilbakevandringen i beste fall er halvparten i forhold til villsmolt. Dette betyr at man trenger å sette ut minst 400 smolt for å oppnå samme resultat som 200 villsmolt. La oss derfor anta at man trenger å sette ut 500 smolt per par. Med disse tallene forventes at utsettingene gir samme gjennomsnittlige bidrag som hos vill gytefisk.

Dersom man i kultiveringsanlegget er nøye med kjønnsfordeling og likt bidrag fra hvert par fram til smoltstadiet, kan man anta at hver stamfisk får mer likt bidrag gjennom kultivering enn de ville fått i naturen. Dette øker den effektive bestandsstørrelsen (se figur 2 og 3) på det utsatte materialet. Det betyr at man kan tillate større bidrag fra hver hunn/par. Forenklet kan vi si at dersom vi standardiserer kjønnsfordeling og bidrag kan vi doble utsettet til 1000 smolt per par.

Ved antatt 50 % dødelighet fra rogn til smolt på anleggene, kan vi legge inn maksimalt 1000-2000 rognkorn per par på klekkeriet til smoltproduksjon. Familiene bør legges inn separat slik at man kan standardisere likt antall fra hver familie på et så sent stadium som mulig. For å få til dette legges det in et overskudd av rogn slik at man kan ta høyde for ulik overlevelse for de ulike familiene.

Et planlagt smoltutsett på 20 000 individ vil da kreve minimum 20 par (20 hunner og 20 hanner). Har man færre stamfisk anbefaler vi utfra hensyn til bevaring av genetisk variasjon at man likevel setter ut maksimalt 1000 smolt per par.

3.5.4 Utsetting som kompensasjon for tapt gyteareal

Som kompensasjon for tapt gyteareal kan det settes ut øyerogn eller uforet yngel på oppvekstområder. Utsetting som tilsvarer 200 smoltekvivalenter ved 5% overlevelse til smolt fra rogn gir et utsett på ca 4000 rogn fra hvert par. Da overlevelsen fra innlegg til utsetting varierer, kan man bruke som regel at man legger inn opptil 5500 rogn fra hver hunn/par, eller ca 1 liter rogn,

Et planlagt utsett på 100 000 rogn vil kreve minimum 20 par. Har man færre stamfisk setter man likevel ut kun 4000 rognkorn per par.

Dersom man i kultiveringsanlegget er nøye med kjønnsfordeling og likt bidrag fra hvert par frem til utsetting kan man anta at hver stamfisk får mer likt bidrag gjennom kultivering enn de ville fått i naturen. Dette øker den effektive bestandsstørrelsen (se figur 2 og 3) på det utsatte materialet. Det betyr at man kan tillate større bidrag fra hvert par. Ved rognutsett er bidraget fra hver familie til smoltutgangen mere usikkert enn ved direkte utsett av smolt. Forenklet kan vi si at dersom vi standardiserer kjønnsfordeling og familiebidrag kan vi øke utsettet, men ikke så mye som ved smoltutsett.

3.6 Enkle regler

Små utsettingspålegg:

Når man gir stamfisk en fordel gjennom kultivering er det viktig at det meste av genetikken er representert i utsettingsmaterialet. For å få til dette er ofte 50 stamfisk pr fiskegenerasjon brukt som minimumsmål hvis du har et representativt utvalg av stamfisk. For mange stammer utgjør dette minimum 10 stamfisk hvert år. Dersom utsettingspålegget er så lite at man ikke trenger så mange som 10 stamfisk, selv ved standardisert bidrag fra hver hunn, bør nødvendigheten av kultiveringen vurderes.

Utfra regneøvelsene og antagelsene gitt ovenfor kan man gi følgende råd:

Standardisering:

Med utgangspunkt i en overlevelse på 1 % fra smoltutsetting til oppvandring av voksen fisk og 2% for vismolten, sett ikke ut mer enn 1000 smolt fra hvert par.

Med utgangspunkt i en overlevelse på 5 % fra utsetting av øyerogn/plommeseckkyngel til smolt bør det ikke settes ut mer enn 6000 rognkorn pr par.

Antall stamfiskpar man trenger er da gitt: planlagt smoltutsetting deles på det standardiserte bidraget (1000 smolt) fra hvert par. En utsetting på 20.000 smolt krever da at en benytter minimum 20 par stamfisk. Mens en rognutsetting på 100.000 individ, med et standardisert bidrag på 6.000 rogn fra hvert par krever da at en benytter minimum 17 par.

Kjønnsfordeling:

Dersom det ikke er nok hanner, må det brukes færre hunner og utsettet reduseres.

Dersom det ikke er nok hunner, må utsettet reduseres (evt kanselleres).

Dersom det er overskudd av hanner kan disse brukes, men det medfører ikke økt bidrag fra hver hunn. Alternativt frys ned melken og bruk den i år med underskudd av hanner.

4 Videre lesning

- Anon. 2010. Status for norske laksebestander i 2010. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2, 213 s.
- Araki H. & Schmid C. 2010. Is hatchery stocking a help or a harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture*, 208, S2-S11.
- 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, 254-260.
- Hindar K., Ryman N. & Utter F. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48, 954–957
- Jørnand A. K. 2014. Retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. Miljødirektoratet, M186-2014. 12 s.
- Kultiveringsveileder fra Veterinærinstituttet: <http://www.vetinst.no/Temasider/Fisk/Vill-laksefisk/Kultiveringsveilederen>
- Laikre L., Schwartz M, Waples R, Ryman N. 2010. Compromising genetic diversity in the wild: unmonitored large-scale release of plants and animals. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 520-529.
- Palmé A., Wennerström L., Guban P., Ryman N. & Laikre L. 2012. Compromising Baltic salmon genetic diversity - conservation genetic risks associated with compensatory releases of salmon in the Baltic Sea. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2012:18
- 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. og 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.
- Verspoor E., Stradmeyer L., Nielsen J.L. 2007. *The Atlantic Salmon: Genetics, Conservation and Management*. Blackwell, Oxford, 500 pp.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2926-5

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 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