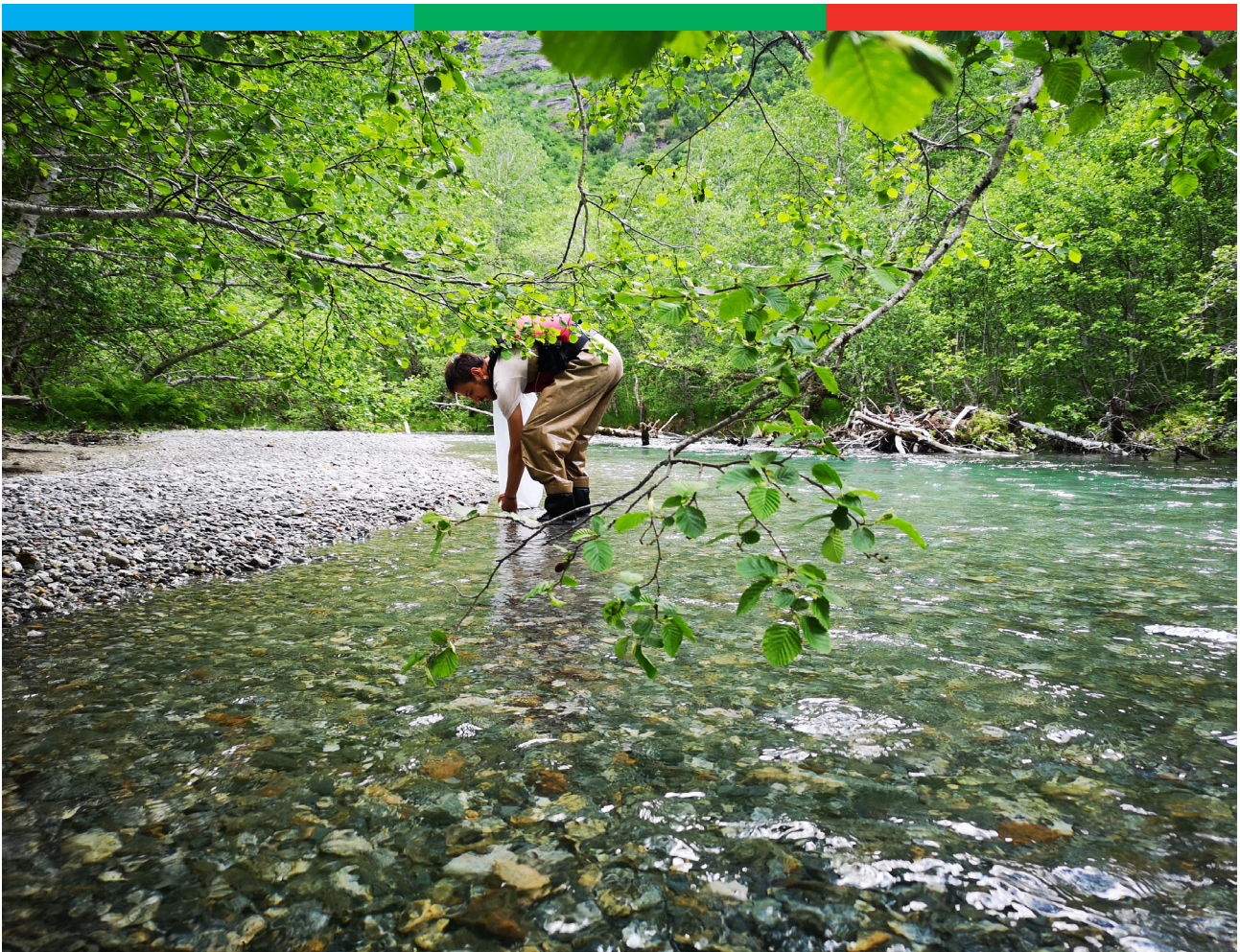




Evaluering av kultiveringsarbeidet på laks i Mossa ved hjelp av molekylærgenetiske metoder



Evaluering av kultiveringsarbeidet på laks i Mossa ved hjelp av molekylærgenetiske metoder

Forfattere

Sten Karlsson, NINA (Norsk institutt for naturforvaltning)
Ingerid Julie Hagen, NINA (Norsk institutt for naturforvaltning)
Håvard Lo, Veterinærinstituttet

Forslag til sitering

Karlsson, Sten, Hagen, Ingerid Julie, Lo, Håvard. Evaluering av kultiveringsarbeidet på laks i Mossa ved hjelp av molekylærgenetiske metoder. VI-rapport. Veterinærinstituttet 2021. © Veterinærinstituttet, kopiering tillatt når kilde gjengis

Kvalitetssikret av

Bjørn Bjøru, Forsker Veterinærinstituttet
Kristin Bø, Forsker Veterinærinstituttet

Publisert

2021 på www.vetinst.no
ISSN 1890-3290 (elektronisk utgave)
© Veterinærinstituttet 2021

Oppdragsgiver eller Samarbeidspartner

Oppdragsgiver NTE Energi AS

Kolofon

Design omslag: Reine Linjer
Foto forside: Mari Berger Skjøstad. Yngelutsett
www.vetinst.no

Innhold

1 .. Innledning	4
1.1 Vassdrag og regulering	4
1.2 Bestandstatus	4
1.3 Kompensasjonsutsettinger	5
1.4 Rognproduksjon Lundamo.....	6
1.5 Ungfiskundersøkelser	6
1.6 Problemstillinger belyst.....	7
2 .. Materiale og metoder	8
2.1 Prøvemateriale	8
2.2 Genetiske analyser.....	8
3 .. Resultater	9
3.1 Stamfisk fra Lundamo	9
3.2 Genetisk integritet.....	10
3.3 Genetisk variasjon i stamfiskbeholdningen	10
3.4 Ungfisk fra Mossa.....	11
3.4.1 . Andel kultivert fisk i bestanden.....	12
3.4.2 . Genetisk integritet	12
3.4.3 . Genetisk variasjon gyteårgang 2019.....	13
3.4.4 . Genetisk variasjon gyteårgang 2018.....	13
3.5 Vill stamfisk fra Mossa.....	14
3.6 Vurdering av Ryman-Laikre effekt.....	14
4 .. Diskusjon og vurderinger.....	14
4.1 Råd til videre kultiveringspraksis	15
4.1.1 . Innsamlingsstrategier	15
4.1.2 . Utsettingsstrategier	16
5 .. Referanser.....	16
6 .. Vedlegg.....	17

Sammendrag

På Lundamo settefiskanlegg er det en beholdning av 59 stamlaks fra Mossa. Disse stamlaksene er avkom etter villfanget laks i Mossa, såkalt F1-stamfisk og har blitt benyttet til rognproduksjon for utsetninger i 10 år. I dette prosjektet har vi med molekylærgenetiske metoder undersøkt tilslaget fra utsetninger og vurdert kvaliteten på F1-stamfisken. Tre av stamfiskene hadde sannsynlig ikke rent villaksopphav, men delvis opphav i rømt oppdrettslaks. Stamfiskbeholdningen består av 10 helsøskengrupper med sterkt varierende antall individer (1 til 11), og effektiv populasjonsstørrelse (N_e -stam) ble beregnet til åtte. Denne stamfiskbeholdningen (F1) og dens opphavsfisk (F0) har siden 2010 levert totalt 53.500 smolt og 680.300 settefisk til Mossavassdraget. Settefisken er siden 2015 satt ut på høsten med størrelser fra 50 mm til 100 mm, med et gjennomsnitt på mellom 70 og 80 mm. Ved ungfiskundersøkelser året etter vil da den kultiverte fisken være anslagsvis 80 til 130 mm, og noen vil kanskje gå ut som smolt våren etter utsetting. Andel kultivert fisk i bestanden av ungfisk i den aktuelle størrelsen fra 80 mm til 130 mm ble beregnet til 10,7%.

Det ble fanget 18 nye stamlakser fra elva i 2019 og 2020, hvorav én ble bestemt til utsatt smolt, fire hadde sannsynlig opphav i rømt oppdrettslaks og 13 ble godkjent brukt som stamfisk. Blant disse var det én som ble sporet som avkom etter stamfisk på Lundamo. I tillegg var en fisk klassifisert som «utsatt smolt», og ikke inkludert i gentestene, dvs 2 av 18 stamfisk eller 11,1 % av stamfisken i 2019 og 2020 var kultivert fisk.

Effektivt antall vill gytefisk ble estimert utfra identifisering av hel- og halvsøsken i stikkprøven av 36 årsyngel (0+) og i stikkprøven av 80 ettåringer (1+). For årsyngel som representerer gyteåret 2019 ble effektivt antall vill gytefisk estimert til åtte (CI: 4-23) og for ettåringer som representerte gyteåret 2018 ble effektivt antall vill gytefisk estimert til 51 (CI: 35-79). Slektskap mellom årsyngel var tydelig gruppert etter innsamlingsstasjon og forutsetningene for å estimere effektivt antall gytefisk vil være sterkt påvirket av dette og sannsynligvis være underestimert for gyteår 2019.

Det er generelt lite innkryssing av rømt oppdrettslaks både i ungfiskbestanden og blant gytefisken, noe som gir en god genetisk integritet for bestanden.

Analysene viser at det er tilslag fra utsetninger av laks i Mossa som har opphav i stamlaks fra settefiskanlegget på Lundamo. Analysene viser også at stamlaksen i anlegget på Lundamo består av noen få familiegrupper og effektivt antall stamlaks er estimert til kun åtte. Denne stamlaksen har blitt brukt til utsetninger i mange år og det har vært et tilslag fra disse utsetningene. Fordi effektivt antall stamlaks er lavt, er det sannsynlig at et begrenset antall opphavsfisk til stamlaksen på Lundamo over tid har gitt et uforholdsmessig stort bidrag til bestanden, og vi anbefaler at denne stamfisken ikke blir brukt i videre kultivering i Mossavassdraget.

1 Innledning

Den overordnede målsetningen for laksebestanden i Mossa er at den skal kunne oppnå gytebestandsmål og høstbart overskudd uten utsett av yngel eller smolt. Frem til dette oppnås kompenseres det med utsetting av laks. I pågående prosjekt i regi av Sweco på oppdrag fra NTE, vil en forsøke identifisere flaskehals for lakseproduksjon og foreslå tiltak for å forbedre forholdene for laks i vassdraget.

Med utgangspunkt i en intensjon om å foreta en vurdering av genetisk variasjon og integritet for den egenproduserte stamfiskbeholdningen ved Lundamo settefiskanlegg ble det gjennomført et møte hos Sweco i februar 2020, med deltagelse fra Miljødirektoratet, Veterinærinstituttet, Sweco og NTE.

I tillegg til å vurdere den genetiske sammensetningen til stamfisken ved Lundamo settefiskanlegg ble det foreslått å undersøke hvor stor andel av ungfisken i Mossa som har opphav i denne stamfisken via utsettinger. Veterinærinstituttet og NINA utarbeidet et prosjektforslag som ble forelagt NTE tidlig i mai, med klarsignal om oppstart i slutten av mai. Det ble foretatt prøveuttak av stamfisken på Lundamo i mai/juni og fra ungfisk i forbindelse med undersøkelser i Mossa i september 2020. I tillegg forelå i utgangspunktet en genetisk kartlegging av stamfisk fra Mossa gjennom pålagt opphavskontroll for årene 2019 og 2020. Foreløpige rådata fra de påfølgende genetiske analysene ble sendt til NTE i oktober 2020.

1.1 Vassdrag og regulering

Mossavassdraget ligger i Inderøy kommune i Trøndelag, og har et samlet nedbørfelt på 131 km². Arealet av tre innsjøer (Meltingvatnet og Store- og Lille Grønsjø) utgjør ca 10 % av nedbørfeltet. Vassdraget er regulert av NTE og Mosvik kraftverk har vært i drift siden januar 1984. Ved reguleringen ble 55 % av nedbørfeltet ført bort fra vassdraget. Restvannføringen er 25 - 30 % ved Lille Meltingen og mye av dette utgjøres av Tverrelva. Restvannføringen øverst i hovedelva var svært liten før minstevannføring ble innført i 2007. Kravet er nå at det slippes 100 l/s fra 15. mai til 30. september, og 50 l/s fra 1. oktober til 14. mai. Slippet sikrer vann i den øvre delen av elva, som har hatt 95 - 100 % redusert vanntilførsel siden reguleringen i 1984. Fra 2012 er minstevannføringen frivillig endret slik at det slippes 100 l/s hele året.

1.2 Bestandstatus

Lakseførende strekning opp til Liafossen er 11,2 km og gytebestandsmål er beregnet til 154 kg hunnfisk (Lakseregistret). Mossavassdraget var før reguleringen klassifisert som et middels smålaksvassdrag, med fangster på i gjennomsnitt 633 kg fra 1963 og fram til etablering av kraftverket. Etter regulering har det vært lite og ingen fangst av laks i vassdraget, og de siste årene har det vært fiskeforbud. I Lakseregistret er bestanden av laks kategorisert dårlig/svært dårlig på grunnlag av gytebestandsmåloppnåelse og høstingspotensiale. Genetisk integritet er vurdert til svært god eller god (Diserud mfl. 2020), basert på prøvematerialet i dette prosjektet

1.3 Kompensasjonsutsettinger

I henhold til konsesjonsvilkårene er NTE pliktig til å sette ut yngel og/eller settefisk i Mossa etter nærmere bestemmelser fra Miljødirektoratet. Fram til og med 2009 ble det kun satt ut smolt av varierende alder, størrelse og antall. Siden 2010 er det i tillegg satt ut startfôret yngel, og fra og med 2015 er denne yngelen foret hele sommeren for utsetting i august/september (tabell 1). Gjeldende pålegg fra Forvaltningen er utsetting av 70.000 sommerfôret yngel, og utsettinger av smolt ble avsluttet i 2018. I perioden 2018 - 2023 pågår det arbeid i regi av Sweco, knyttet til vassdragets flaskehals for lakseproduksjon og tiltak som kan gjennomføres for å forbedre forholdene for produksjon av laks i vassdraget. Den overordnede målsetningen er at laksebestanden i vassdraget skal klare seg selv uten utsett av yngel eller smolt. Frem til dette oppnås skal det kompenseres med utsetting av laks.

Tabell 1: Oversikt over utsatt yngel og smolt i Mossa siden 1998. Tall fra Trond Staberg, Mosvik klekkeri.

År	Smolt	Settefisk	Merknad
1998	20 000		
1999	17 000		
2000	18 000		
2001	20 000		
2002	23 000		
2003	20 000		
2004	18 000		
2005	11 000		
2006	16 000		
2007	10 000		
2008	8 000		Første innlegg ved Lundamoanlegget
2009	3 500		
2010	5 000	2 500	Yngel kun startfôret i kort tid
2011	1 700	60 000	Yngel kun startfôret i kort tid
2012	7 000	48 000	Yngel kun startfôret i kort tid
2013	9 000	52 000	Yngel kun startfôret i kort tid
2014	8 500	56 000	Yngel kun startfôret i kort tid
2015	11 500	52 000	Yngel (sommer-)fôret til september
2016	5 500	80 000	Yngel (sommer-)fôret til september
2017	4 000	126 800	Yngel (sommer-)fôret til september
2018	8 000	40 000	Yngel (sommer-)fôret til september
2019		85 000	Yngel (sommer-)fôret til september
2020		78 000	Yngel (sommer-)fôret til september
Totalt	244 700	680 300	55.200 smolt fra stamfisk Lundamo

Settefisken er satt ut samme år som klekking (0+), mens smolt stort sett er satt ut 2 år etter klekking (2-årssmolt) Fargede felt angir årganger fisk med genetisk opphav i 28 stamfisk (F0) fanget i 2008, 2009, 2010 og 2011. Oransje farge er avkom denne stamfisken (F1), gul farge er avkom fra den stamfisken igjen (F2). Grønn farge angir år med innlegg av rogn for stamfiskproduksjon ved Lundamo Settefiskanlegg. Sweco med prosjekt fra 2010.

Fram til 2011 ble det hvert år samlet inn stamfisk i Mossa, og fra 1994 ble det sendt inn skjellprøver fra all stamfisken til Veterinærinstituttet for skjellanalyse og opphavskontroll.

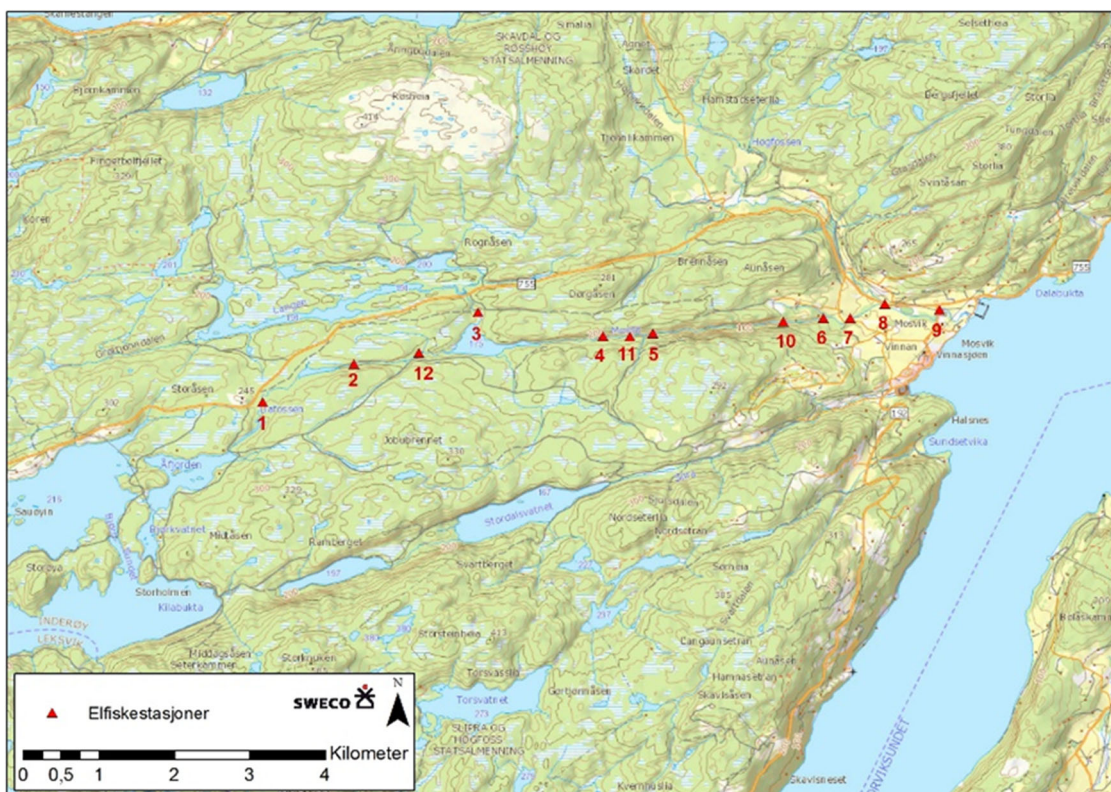
Etter 2011 er alt fiskemateriale som er tilbakeført til vassdraget basert på rogn som er produsert av egen stamfiskbeholdning på Lundamo settefiskanlegg, før det i 2019 og 2020 på nytt ble tatt inn ny stamfisk fra Mossa. 150 hofisk innsendt til opphavskontroll siden 1994 har en gjennomsnittslengde på 58 cm, noe som tilsvarer en snittvekt på ca 1,5 kg. For å produsere pålagt antall fisk til utsett kreves anslagsvis 50-60 kg hofisk, og dette medfører et årlig behov på 35-40 par stamfisk for å oppfylle dagens utsettingspålegg på 70.000 startfôret yngel. Gytebestanden i Mossa har vært gjennomgående fåtallig etter regulering i 1984, og det vil ikke være mulig å skaffe nødvendig antall vill stamfisk hvert år slik situasjonen har vært med gytebestanden de siste årene.

1.4 Rognproduksjon Lundamo

Øyerogn produsert ved Lundamo settefiskanlegg er hvert år siden 2011 overført til Mosvik klekkeri for klekking og startfôring før utsetting i Mossa. Den stamfisken som siden 2011 har produsert rogn ved Lundamo settefiskanlegg har opphav i inntil 28 ville stamfisk (F0) samlet i Mossa fra 2008 til 2011 (tabell 2). Per 01.05.2020 var beholdningen på 59 individer. Antall ville opphavsfisk og kjønnsfordelingen på denne (21 ho + 7 hann), sammen med et relativt lavt antall stamfisk (F1) ved Lundamoanlegget, tilsier at den genetiske bredden på dette stamfiskmaterialet er relativt lav. Det samme stamfiskmaterialet har nå vært brukt til produksjon av rogn hvert år i 10 år, noe som medfører lite genetisk variasjon mellom flere årganger av utsatt fisk, med økt sannsynlighet for innavl og negative konsekvenser tilknyttet dette. Det var derfor behov for å en grundigere vurdering av den genetiske bredden på stamfiskmaterialet. Gjennom de pågående utredningsarbeidene er det tidligere vurdert at den kortsiktige strategien er å forbedre eksisterende stamfiskmateriale og fortsatt benytte dette for utsetting frem til ungfiskundersøkelser tilsier at dette ikke er nødvendig og/eller andre tiltak blir vedtatt.

1.5 Ungfiskundersøkelser

Sweco (Andresen mfl. 2018) har gjennomført undersøkelser og beregnet ungfisktettheter på 12 stasjoner siden 2010 (Figur 1). I 2018 ble det funnet laks på 10 av stasjonene, men med relativt lave tettheter sammenlignet med tilsvarende uregulerte vassdrag. Siden 2010 er det ikke funnet årsyngel (0+) av laks på mer enn seks av 12 stasjoner, og tetthetene av alle årsklasser i 2018 var gjennomgående høyere enn tidligere år. Ørret ble funnet på alle stasjoner, men også her med relativt lave tettheter. Det har ikke vært mulig å skille mellom utsatt og naturlig produsert laks i vassdraget, men siden 2015 vil all 0+ som samles inn før settefisken settes ut i september være naturlig produsert. Sweco konkluderer med at pålegget om minstevannføring har gitt positive resultater for oppvandring og naturlig gyting i hele vassdraget, og medført en generell økning i produksjon av ungfisk, spesielt etter selv pålagt utvidet minstevannføring i 2015, men at det allikevel er nødvendig med utsett av yngel for å opprettholde ønsket produksjon i vassdraget.



Figur 1: Kart med elfiskestasjoner for ungfiskundersøkelser i Mossa (fra Andersen, Sweco 2018)

1.6 Problemstillinger belyst

Det er tre parametere som er grunnleggende for å evaluere den genetiske effekten av fiskeutsettingene, og for å gi råd om hvordan pålegget om videre utsetting av 70.000 startfôret yngel kan gjennomføres på beste mulig måte;

1. Kvaliteten på stamfiskbeholdningen på Lundamo vil være avgjørende for kvaliteten på det utsatte materialet, og vil kunne vurderes med molekylærgenetiske metoder.
2. Andel kultivert fisk i bestanden/populasjonen i elva vil være avgjørende for i hvilken grad det genetiske materialet fra stamfisken blitt overført til den naturlige bestanden. Kultivert fisk vil kunne identifiseres ved genetisk tilordning av foreldre (stamfisken) og andel kultivert i forhold til naturlig produsert fisk vil kunne beregnes.
3. Effektivt antall vill gytefisk i vassdraget i forhold til effektivt antall stamfisk og andel kultivert fisk vil være avgjørende for hvor stor den genetiske effekten vil være på den naturlige bestanden.

Med kunnskap om andel kultivert fisk i gytebestanden, genetisk bredde på den kultiverte fisken og effektiv (N_e) gytebestand for de to siste gyteårsklassene i vassdraget, kan effekten av kultivering vurderes, og det vil kunne gis råd om videre behov for kultivering og eventuelle justeringer av kultiveringspraksis framover.

2 Materiale og metoder

2.1 Prøvemateriale

Det er analysert totalt 76 stamfisk av laks fra Mossa, av disse er 59 individer egenprodusert stamfisk fra Lundamo. Veterinærinstituttet sendte ut nødvendig utstyr slik at personellet ved Settefiskanlegget på Lundamo kunne merke stamfisken og ta ut vevsprøver for genetiske profilering, og analyser med hensyn på innkryssning av rømt oppdrettslaks ((P(Wild)) og slektskap. Stamfisken på Lundamo har opphav i 28 (21 ho + 7 hann) ville stamfisk fanget i Mossa i 2008, 2009, 2010 og 2011 (tabell 2).

Vill stamfisk fra høsten 2019 (7 laks) og 2020 (10 laks) er også tatt med i de genetiske analysene. Her er genetisk profilering og beregning av P(Wild) allerede gjennomført, men det er kjørt foreldresporing for å sjekke om noen av disse er avkom fra stamfisken på Lundamo.

Lundamoanlegget har informert om at det har vært lav dødelighet på den egenproduserte stamfisken, noe som tilsier at vi ved uttak i juni 2020 har fått vevsprøver av de fleste individene som er benyttet ved rognproduksjon for de siste 2-3 årene. Før den tid kan det være noen stamfisk som tidligere er benyttet som er gått ut, og da vil sporing til eldre årsklasser være noe mangelfull. Dette gjelder for eksempel sporing av de 17 individene av voksen stamfisk fra 2019 og 2020, der beregnet andel utsatt fisk vil være et minimumstall. Det er sannsynlig at vi har genetisk profil på de aller fleste stamfiskene som ble benyttet ved innlegg av rogn 2018, som ble settefisk i 2019, og 1+ parr ved innsamling i 2020. Parr estimert til å være 2+ ved innsamling i 2020 vil stamme fra rogninnlegg 2017. De aller fleste stamfiskene som ble benyttet den gang var nok også i live ved prøveuttak i juni 2020.

I august 2020 gjennomførte Sweco et el-fiske på 12 stasjoner fordelt over hele Mossa-vassdraget. Sweco fikk tilsendt utstyr for uttak av vevsprøver (fettfinne på sprit) av den yngelen som ble samlet inn ved dette prøvefisket. Totalt ble det tatt prøver av 141 stk yngel og parr for genetiske analyser, 6 av disse viste seg senere å være ørret. Dette ble gjennomført før utsetting av årets kull av 70.000 startfôret yngel. Det betyr at all den 0+ yngel som ble fanget under dette el-fisket var naturlig produsert i elva etter gyting i 2019. Ut fra lengdefordelingen ble fisken fordelt i tre grupper, 43 stk estimert til årsyngel (0+, 38-57 mm), 80 stk ble estimert til 1+ (69-99 mm) og 18 stk til 2+ (102-127 mm). Sammen med data fra aldersbestemmelse av stamfisk fra Mossa indikerer dette at utvandrende smolt stort sett er tre år gammel, men også noen få to- og fireåringer.

2.2 Genetiske analyser

Fra spritfikserte vevsprøver og skjellprøver ble DNA (arvestoffet) ekstrahert med DNEASY tissue kit fra QIAGEN. Prøvene ble analysert for genetisk variasjon i 96 SNP-markører med EP1TM 96.96 Dynamic array IFCs SNP-genotypingsplattformen (Fluidigm). Førtiåtte av SNP-markørene ble benyttet for å skille mellom rømt oppdrettslaks og villaks (Karlsson mfl. 2011) og for å estimere grad av innkryssning av rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2014). Metoden for å estimere innkryssning av oppdrettslaks er den samme som den som blir benyttet i den obligatoriske stamlakskontrollen (Karlsson mfl. 2021) og for den nasjonale kartleggingen av innkryssning (Karlsson mfl. 2016a) og vurderingen i henhold til kvalitetelementet «genetisk integritet» for kvalitetsnormen for ville bestander av atlantisk laks (Diserud mfl. 2020).

Åtte av SNP-markørene viser generelt store forskjeller mellom ørret og laks og disse ble benyttet til artsidentifisering. Seks individer blant ungfiskmaterialet var ørret og én ble identifisert som mulig hybrid mellom ørret og laks, og disse ble ekskludert fra videre analyser.

Syttifire SNP-markører ble benyttet til genetisk tilordning av foreldrestamfisk til avkom ved genetisk kombinatorikk i henhold til Mendelsk nedarving; fra hver og en av foreldrene til et avkom nedarves én av to mulige alleler (genvarianter) og dersom avkommet har en genotype som er i samsvar (match) med dette for et tilstrekkelig antall SNP-markører kan man med tilnærmet 100 % sikkerhet fastslå foreldre-avkom match. Dette ble gjort i et program i Visual Basic program (Thomas Moen, Aqua Gen AS, upublisert). Effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk ble beregnet med den såkalte Sibship-metoden (Wang 2009) implementert i programmet COLONY 2.0.2.3 (Jones & Wang 2010). Prinsippet for beregningen av effektivt antall gytefisk er å identifisere hel- og halvsøsken i en stikkprøve og ut fra sammensetningen av hel- og halvsøsken og ubeslektede individer estimere effektivt antall gytefisk som har skapt denne sammensetningen; jo flere hel- og halvsøskengrupper som detekteres i en stikkprøve desto færre gytefisk har produsert avkom i det aktuelle gyteåret. Effektivt antall gytefisk er et standardisert mål på hvor mange gytefisk som viderefører sine gener til neste generasjon, og tar hensyn til kjønnsfordeling og variasjon i antall avkom mellom familier (Karlsson mfl. 2016b).

Femten SNP-markører var lokalisert i det mitokondrielle arvestoffet. Dette arvestoffet nedarves i sin helhet i rett nedstigende ledd kun fra mor til avkom, og genetiske varianter i dette arvestoffet representerer derfor ulike mor-linjer. Variasjon i de 15 SNP-markørene ble satt sammen til en sammensatt haplotype.

3 Resultater

3.1 Stamfisk fra Lundamo

Kvaliteten på stamfiskbeholdningen som finnes ved settefiskanlegget Lundamo vil være avhengig av genetisk integritet og genetisk variasjon.

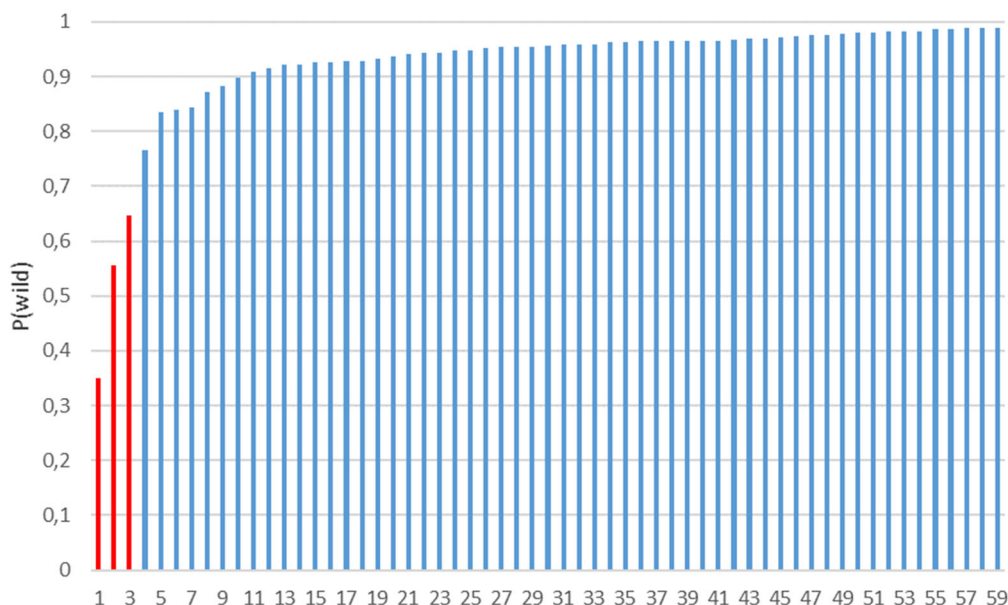
Genetisk integritet i denne sammenhengen ble målt ved hvor mye innkrysning det var av rømt oppdrettslaks. Vi vet at opphavet til denne fisken er maksimalt 28 stamfisk (21 hofisk og 7 hannfisk) som er fanget i Mossa i årene 2008, 2009, 2010 og 2011 (tabell 2). Den gangen ble det enda ikke benyttet genetisk opphavskontroll for stamfisken, men bare skjellanalyse for å sortere ut rømt oppdrettsfisk. Fra og med 2014 ble det pålegg om genetisk opphavskontroll for all stamfisk som benyttes ved kultivering på laks i Norge, og dette sorterer i tillegg ut avkom etter rømt oppdrettsfisk.

Genetisk variasjon er avhengig av antall individer i populasjonen og slektskapet mellom disse. Sammen med antall fisk totalt er andelen hel- og halvsøskengrupper i beholdningen viktig, i tillegg til fordelingen i antall av fisk mellom de forskjellige søskengruppene, og slektskapet mellom søskengruppene (familiene). En tredje variabel som benyttes er mitokondriell

Haplotype, som sier noe om maternal arv (mor-linjer) hos de forskjellige familiene i stamfiskbeholdningen.

3.2 Genetisk integritet

Av de 59 fiskene som ble testet var det 3 fisk (5,1 %) som havnet under grensen som er satt for godkjenning til bruk i kultivering. Grenseverdien er satt til $P(\text{Wild}) = 0,71$, og de tre fiskene hadde $P(\text{Wild})$ -verdier fra 0,35 til 0,65 (figur 2).

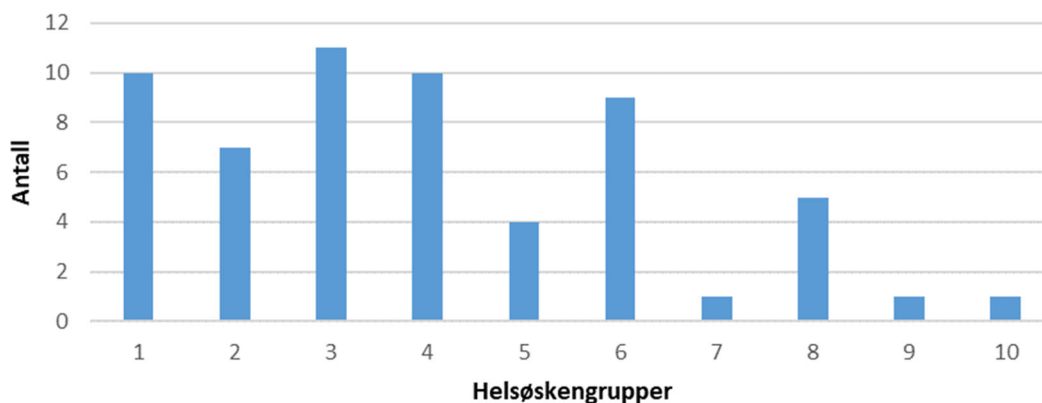


Figur 2: Estimater av sannsynlighet for villaksopphav ($P(\text{wild})$) for 59 stamfisk fra Mossa ved Settefiskanlegget Lundamo

På grunn av forholdsvis stor usikkerhet i disse estimatene på individnivå forventes i gjennomsnitt 8,4 % av individene i en stikkprøve med rent villaksopphav ha en $P(\text{Wild})$ -verdi under 0,71 og vi kan derfor ikke si om en andel av fisken faktisk har opphav i rømt oppdrettslaks.

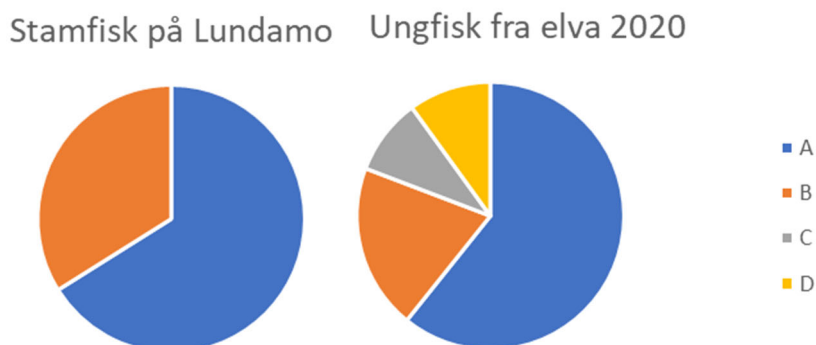
3.3 Genetisk variasjon i stamfiskbeholdningen

Stamfiskbeholdningen på Lundamo er basert på 4 årganger stamfisk (opphavsfisk) fanget i Mossa i 2008, 2009, 2010 og 2011. Da som nå, var det begrenset tilgang på stamfisk i elva, og ut fra det antall stamfisk som ble godkjent gjennom Stamfiskkontrollen disse årene ser vi at det er maksimalt 28 stamfisk som er opphav til hele beholdningen (tabell 2 i vedlegg). Dette stemmer bra med de tallene som kommer frem etter de genetiske analysene, der det er funnet totalt 10 helsøskengrupper eller familier. Det er i seg selv ikke et høyt antall med tanke på mengden fisk som er produsert og tilbakeført vassdraget fra denne stamfiskbeholdningen, og i tillegg fremkommer det at antallet i hver familie varierer i stor grad, med tre familier med bare ett individ og tre familier med 10 individ eller mer (figur 3).



Figur 3: Oversikt over helsøskengrupper i stamfiskbeholdning på Lundamo, med antall individer i hver søskengruppe

Ut fra sammensetningen av hel- og halvøsken ble effektivt antall stamfisk beregnet til åtte. Dette er et meget lavt tall sammenlignet med antall fisk totalt (N) på 59, men ikke overraskende lavt i forhold til kjønnsfordeling og antall (21 hunnfisk og 7 hannfisk) på fisken som har gitt opphav til denne fisken. De lave antall hunnfisk som ligger til grunn for denne stamfisken vises også ved at det kun ble observert to forskjellige mitokondrielle haplotyper blant stamfisken, mens det i prøvene av 130 ungfisk fra elva i 2020 ble observert fire forskjellige haplotyper (figur 4).



Figur 4: Mitokondrielle haplotyper i 59 F1-stamfisk på Lundamo settefiskanlegg og i 130 ungfisk samlet inn i Mossa i 2020.

3.4 Ungfisk fra Mossa

Det ble tatt prøve av totalt 141 fisk mellom 43 mm og 145 mm ved elfiske i august 2020. Ut fra gentestresultatene viste det seg at 6 av disse var ørret og én var hybrid mellom laks og ørret. De resterende 134 individene ble bekreftet til laks, og alder på disse er estimert ut fra størrelse og vekst på naturlig produsert fisk.

36 individer fra 43 til 57 mm ble antatt å være årsyngel fra naturlig gyting, 80 individer fra 69 til 99 mm ble antatt å være 1+, og 17 individer fra 102 mm til 127 mm ble antatt å være 2+. I tillegg var det ett individ på 145 mm som ble antatt å være 3+.

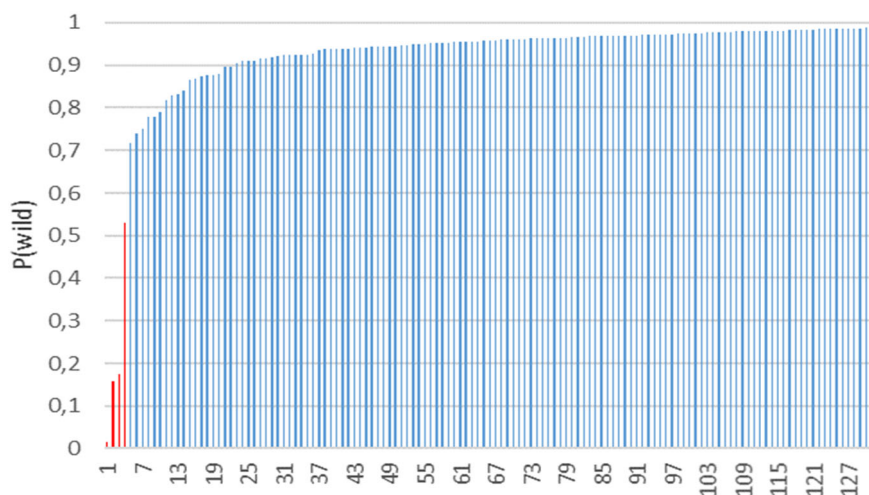
3.4.1 Andel kultivert fisk i bestanden

Ifølge rapport etter ungfiskundersøkelsene i 2018 (Sweco 2018) har lengden på utsatt fisk fra Mosvik klekkeri siden 2015 ligget mellom 50 og 100 mm, og hatt en snittstørrelse i de ulike årene på mellom 70 og 80 mm. Med en antatt vekst på ca. 30 mm per år vil settefiskene ved fangst, ett år etter utsetting, ligge mellom 80 og 130 mm, med snittstørrelse på 100 til 110 mm. Da er det grunn til å anta at all fisk som er under 80 mm i slutten av august er naturlig produsert ved gyting i elva, og det er heller ikke funnet noen fisk under 80 mm som kan spores tilbake til Lundamofisken.

Av 75 fisk i den antatte størrelsen mellom 80 og 130 mm stammer 7 stk. fra 12 av de 59 stamfiskene på Lundamo, noe som gir en andel kultivert fisk på 10,7 %. Størrelsesgruppen fra 80 til 130 mm vil sannsynligvis bestå av minst to årsklasser villfisk (1+ og 2+). De syv kultiverte fiskene kan også stamme fra minst to årsklasser, men på grunn av størrelsen de hadde ved utsetting var de sannsynligvis ettårig fisk (1+). Dette er et begrenset prøvemateriale som gir store feilmarginer, men det er flere grunner til å anta at dette likevel er minimumstall på andel kultivert fisk i totalbestanden. Kultivert fisk vil på grunn av størrelsen ved utsetting tilbringe kortere tid i elva og vil dermed være mindre fangbar ved elfiske. De største settefiskene kan gå ut som smolt allerede påfølgende vår og vil dermed være helt utilgjengelig for fangst, og resten av settefiskene vil være tilgjengelig for fangst bare det ene året etter utsetting.

3.4.2 Genetisk integritet

Fire av 134 individer (2,2, %) hadde en $P(\text{wild})$ -verdi $< 0,71$ som er satt som grense for å forkaste stamfisk ved at den da med stor sannsynlighet ikke har rent villaksopphav (figur 5).



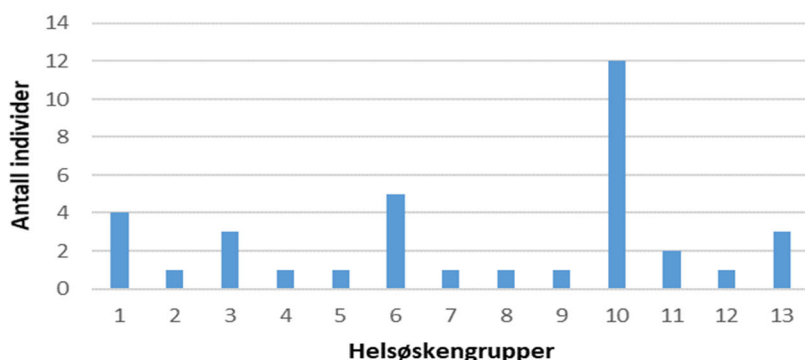
Figur 5: Estimater av sannsynlighet for villaksopphav ($P(\text{wild})$) for 134 ungfisk fra Mossa i august 2020

I forhold til usikkerheten på individnivå for disse estimatene er dette en lavere andel enn det som i gjennomsnitt forventes hvis hele stikkprøvene hadde bestått av individer med rent villaksopphav (Karlsson mfl. 2021). Tre individer hadde imidlertid ett forholdsvis lavt $P(\text{Wild})$ estimat $< 0,18$, og dette kan indikere at det allikevel har vært noe gyteaktivitet fra oppdrettsfisk de siste årene.

3.4.3 Genetisk variasjon gyteårgang 2019

I de innsamlede ungfiskmaterialene var det 36 individer av laks som med sikkerhet stammer fra naturlig gyting i Mossa høsten 2019. Fisk av denne størrelsen (0+) ble bare funnet på de fire nederste (stasjon 6, 7, 8 og 9) av de totalt 12 el-fiskestasjonene som ble undersøkt (figur 1).

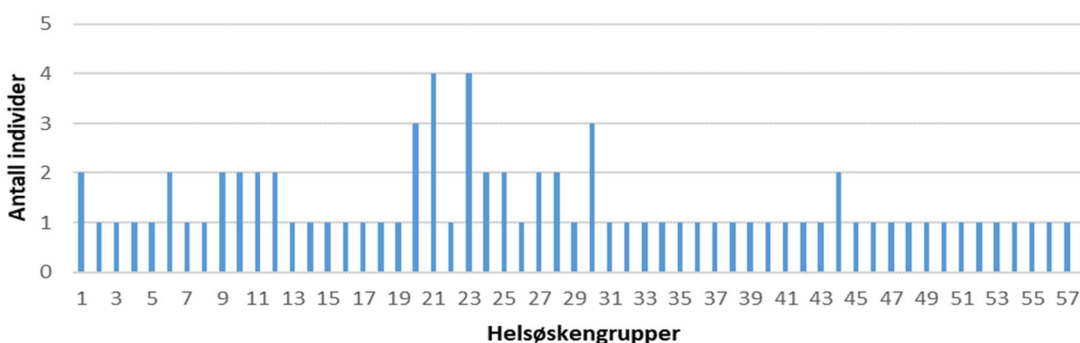
Det tyder på at bare en liten del av vassdraget ble utnyttet av laks ved gyting i 2019, og de genetiske analysene tyder på at det totale antallet gytefisk (N gyt) var lavt. Analysene viste en kraftig sampling-bias med klumpvis fordeling av familier og få familier per stasjon. Dette medfører en metodisk underestimering av effektivt antall gytefisk (N_e gyt). Totalt ble de funnet 13 forskjellige helsøskengrupper blant årsyngelen (figur 6), og på grunn av ulikt bidrag og ulikt antall individer per familie ble effektivt antall gytefisk (N_e gyt) beregnet til åtte (CI:4-23).



Figur 6: Helsøskengrupper blant årsyngel fra Mossa 2020, med antall individer i hver gruppe

3.4.4 Genetisk variasjon gyteårgang 2018

I de innsamlede ungfiskmaterialene var det 80 individer av laks som med stor sannsynlighet stammer fra naturlig gyting i Mossa høsten 2019. Fisk av denne størrelsen (1+) ble funnet på de fleste av de totalt 12 el-fiskestasjonene, unntatt stasjon 5 og 11 midt i vassdraget (figur 1). Det tyder på at en stor del av vassdraget ble utnyttet av laks ved gyting i 2018, og analysene tyder på at det totale antallet gytefisk (N gyt) var relativt høyt. Analysene viste ingen tydelig sampling-bias med klumpvis fordeling av familier. Dette medfører et realistisk estimat av effektivt antall gytefisk (N_e gyt). Totalt ble de funnet 58 forskjellige helsøskengrupper blant ettåringene (figur 7).



Figur 7: Helsøskengrupper blant ettårig villfisk fra Mossa 2020, med antall individer i hver gruppe

På grunn av relativt likt bidrag med antall individer per familie ble effektivt antall gytefisk (Ne gyt) beregnet til 51 (CI:35-79). I størrelsesgruppen over 100 mm som antas å være toåringer (2+) ble det fanget 17 individer. Fire av de 17 individene i den gruppen kunne spores til stamfisken på Lundamo. Stikkprøve av naturlig produsert fisk var for liten (13) til å estimere effektivt antall gytere (Ne gyt) i 2017.

3.5 Vill stamfisk fra Mossa

De siste to sesongene er det fanget totalt 25 stamfisk i Mossa som har gått til skjellanalyse og genetisk opphavskontroll. I 2019 ble det sendt inn skjellprøver av 14 fisk hvorav syv viste seg å være sjøørret, og disse ble ikke sendt videre til gentest. Fem av de syv laksene ble godkjent på gentest.

I 2020 ble det fanget 11 stamfisk, én fisk ble identifisert som sannsynlig utsatt smolt, og har ikke blitt gentestet, to fisk ble ikke godkjent på grunn av sannsynlig opphav i rømt oppdrettslaks ($P(\text{wild}) < 0,71$), mens åtte ble godkjent til bruk i kultivering. Alle disse 17 fiskene ble også forsøkt sporet tilbake til stamfisken på Lundamo, og én fisk fra 2020 ble tilordnet foreldre fra Lundamo, men det var den ene av de som ikke ble godkjent til bruk som stamfisk. I tillegg er den ene fisken fra 2020 som ikke gikk til gentest (nr 3385) klassifisert som «utsatt smolt» etter skjellanalyse. To av 11 stamfisk i 2020 var dermed avkom av fisken på Lundamo, men ingen av de syv stamfiskene fra 2019 kunne tilordnes Lundamo.

Totalt syv par med stamfisk er godkjent de siste to årene og kunne vært et godt genetisk bidrag til stamfiskbeholdningen ved Settefiskanlegget på Lundamo.

3.6 Vurdering av Ryman-Laikre effekt

Med effektivt antall stamfisk (Lundamo) på åtte, en andel på 10,7 % kultivert fisk i bestanden, og en Ne-vill for gyteårgang 2018 på 51, vil kultiveringen ikke gi noen Ryman-Laikre effekt på bestanden. Dette regnestykket oppsummerer kun effekten fra et enkelt gyteår uavhengig av tidlige års utsetninger der man benyttet de samme stamfiskmaterialet og vil derfor ikke tegne et korrekt bilde av den samlede effekten på bestanden. Det er nå satt ut fisk fra samme stamfiskebestand, eller fra opphavet til denne, siden 2010. Totalt er det satt ut ca 60.000 smolt og 600.000 yngel/settefisk med det samme genetiske opphavet (tabell 1). Vi har ikke et datamateriale for å tallfeste det totale bidraget fra disse utsettingene, men ut fra resultater i dette prosjektet vet vi at det har vært et betydelig tilslag fra utsettingene basert på de samme stamfiskene, og at bidraget fra disse over tid har blitt uforholdsmessig stort (Ryman-Laikre effekt).

4 Diskusjon og vurderinger

Det viktige faktorene i vurdering av videre bruk av stamfiskbeholdningen på Lundamo er genetisk status, sammenlignet med i hvor stor grad stamfisken har bidratt til gytepopulasjonen i Mossa samlet siden 2010.

Dagens stamfiskbeholdning (59 fisk), med beregnet effektivt antall stamfisk på åtte (CI:4-24), totalt 10 helsøskengrupper eller familier, hvorav tre familier med kun ett individ, vil på en

utilstrekkelig måte representere den genetisk variasjonen i bestanden. For utsetting i ett eller to år kunne den genetiske variasjonen vært tilstrekkelig til å dekke utsettingspålegget, men nå er samme beholdning brukt siden 2010, og hvert år er omlag 60 % av denne fisken brukt ved innlegg av rogn (jfr innlegg 2020). Samlet er det satt ut inntil 53.500 smolt og 680.300 yngel av F1- og F2-materiale som har opphav i 28 opphavsfisk (F0) fra 2008, 2009, 2010 og 2011 (totalt 21 ho + 7 hann). Det er heller ikke brukt standardisert bidrag fra familier og individer. Det er ikke dokumentert tilslag av utsatt fisk tidligere, men det er grunn til å anta at det prosentvise bidraget av kultivert fisk i bestanden har vært betydelig i store deler av denne perioden, og spesielt fra 2015 da strategien skiftet til større sommerfôret yngel. Bidraget som her er vurdert til 10,7 % er i stor grad relatert til en relativt god gytebestand i 2018, kanskje et av de beste årene for naturlig gyting (Ne-vill = 51 / 85 000 yngel satt ut 2019) på mange år, og med gyting over hele vassdraget. Fisk som ble satt ut i 2020 vil relateres til en tilsvarende dårlig gyteårgang i 2019, med gyting bare nederst i vassdraget. Ved ellers samme betingelser vil prosent bidrag til totalbestanden dermed kunne bli mye høyere for neste årgang kultivert fisk som vil bli relatert til gytebestanden i 2019 (Ne-vill = 8 og 78 000 yngel satt ut 2020).

4.1 Råd til videre kultiveringspraksis

Med tradisjonell kultivering, med årlig fangst av stamfisk for uttak av rogn, vil det ikke være mulig å produsere det antall fisk som beskrevet i utsettingspålegget. Det vil kreve 35-40 par stamfisk og noen sesonger vil det medføre uttak av hele gytebestanden. Hvis ikke bestanden i vassdraget tar seg kraftig opp vil dagens pålegg på 70.000 startfôret yngel betinge hold av en begrenset stamfiskpopulasjon. Med tanke på hvor mye dagens stamfiskbestand er brukt, og med den andel kultivert fisk som er påvist i bestanden, vil vi ikke anbefale at dagens stamfiskbeholdningen videreføres. En eventuell ny stamfiskpopulasjon må bygges opp over tid og fornyes kontinuerlig med nye familier og ny genetikk. Ved innsamling av 4-5 nye familier av villfisk (F0) i året vil man etter fire til fem år ha rikelig tilgang på stamfisk (F1) med god genetisk variasjon, og kan gradvis øke antallet fisk som tilbakeføres til vassdraget. Alternativet vil være at utsettingspålegget reduseres eller fjernes, og erstattes med andre tiltak som kan forbedre forholdene for naturlig produksjon av fisk i vassdraget.

4.1.1 Innsamlingsstrategier

Etablering av en stamfiskpopulasjon i fangenskap kan gjøres ved årlig fangst av ny stamfisk (opphavsfisk) for akkumulering til ønsket antall familier, eller ved fangst av parr for oppfôring til stamfisk/opphavsfisk. Ved et tradisjonelt stamfiske kan det samtidig skapes et overskudd av rogn for en begrenset kultivering i innsamlingsperioden, men det vil være risiko for en begrenset årlig tilgang på stamfisk. Det kan også samles gytepar for bruk ved innlegg av rogn og/eller til cryopreservering av melke. Ved en slik strategi bør det samles 4-5 par eller familier hvert år, for å få en kontinuerlig fornyelse av genetikk inn i kultiveringsarbeidet. De siste to årene er det samlet inn 14 stamfisk som ble godkjent til bruk gjennom opphavskontrollen, av disse er 8 brukt ved innlegg av 4 nye familiegrupper ved Lundamoanlegget (vedlegg 2).

Ved innsamling av parr for oppfôring til stamfisk/opphavsfisk vil det gå minst tre år før det kan produseres rognmaterialer for utsetting, og sannsynligvis enda flere år før det kan produseres en tilstrekkelig mengde rogn til dagens utsettingspålegg. På sikt vil innsamling og oppfôring av parr være en enklere metode for å sikre tilstrekkelig genetisk variasjon i en ny stamfiskbeholdning. Ulempen er at det krever god anleggskapasitet og kontinuerlig drift

gjennom året med månedlig tilsyn av fiskehelsepersonell. I tillegg vil det være en del formaliteter med oppdatering av tillatelser og bruk av anlegg.

En kombinasjon av alle metoder vil være det beste for å sikre en god stamfiskbestand og samtidig gi en årlig produksjon av rognmaterialer for utsetting. Uansett innsamlingsstrategi vil det være påkrevet med genetisk kontroll av slektskap for all innsamlet fisk og stamfisken bør som minste krav være familiemerket. Helst bør det være merking på individnivå med kontroll av slektskap slik som ved genbankanleggene, jfr Miljødirektoratet sitt administrasjonssystem, Fagsystem for Akvatiske Genressurser, FAGER.

4.1.2 Utsettingsstrategier

Det er allerede tatt en avgjørelse på å slutte med utsetting av smolt til fordel for yngre stadier settefisk. Det settes nå ut relativt stor sommerfôret yngel i september, og ut fra størrelsen kan det forventes at denne fisken i stor grad vil gå ut som to-årssmolt, 1,5 år etter utsetting. Vi vil anbefale at man vurderer å sette ut yngelen litt tidligere, og forslagsvis tidlig i august, for å få en bedre akklimatisering av yngelen, med godt næringsopptak gjennom naturlig fôr før temperaturene faller mot vinteren. Erfaringsmessig er det en fordel å benytte flere strategier parallelt; både øyerogn, uforet yngel, startfôret yngel og sommerfôret yngel kan settes ut. Hvis forholdene i elva og ved utsetting av fisken varierer mye, vil dette kunne gi en bedre sikkerhet for at den aktuelle årgangen av settefisk blir godt representert i bestanden.

5 Referanser

- Diserud, O. H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K. A. & Skaala, Ø. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander - oppdatert status 2020. NINA Rapport 1926. Norsk institutt for naturforskning.
- Jones, O.R. & Wang, J. 2010. COLONY: a program for parentage and sibship inference from multi-locus genotype data. *Molecular Ecology Resources* 10: 551-555.
- Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H. & Ugedal, O. 2016b. Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet - NINA Rapport 1269. 25 s.
- Karlsson, S., Diserud, O.H., Fiske, P. & Hindar, K. 2016a. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *ICES Journal of Marine Science* 73: 2488-2498
- Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Sollien, V.P., Andersskog, I. P. Ø., Brandsegg, H., Eriksen, L. B. & Spets, M. H. 2021. Stamlaks kontroll 2020. NINA Rapport 1973. Norsk institutt for naturforskning.
- Karlsson, S., Diserud, O.H., Moen, T. & Hindar, K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression. *Ecology and Evolution* 4: 3256-3263.
- Karlsson S., Moen T., Lien S., Glover K. & Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 11 (Suppl. 1): 247-253.
- Wang, J.L. 2009. A new method for estimating effective population sizes from a single sample of multilocus genotypes. *Molecular Ecology* 18: 2148-2164.
- Andersen L. E. mfl, Sweco Rapport R10206800-1: Mossa; Status for anadrom fisk 2018.
- Lakseregisteret (hvilken ref?)

6 Vedlegg

Tabell 2: Innlegg Mossarogn på Lundamo fra 2008 til 2020 for produksjon av egen stamfiskbeholdning

Mulig brukt ved innlegg fra 2008 til 2011						
Lokalt ID-nr	Art	Kjønn	Lengde (mm)	Klassifisering	Dato	Ne-vill
128	Laks	Ho	650	Utsatt smolt	13.10.2008	
129	Laks	Ho	540	Villfisk	13.10.2008	
130	Laks	Ho	650	Utsatt smolt	13.10.2008	
131	Laks	Ho	560	Villfisk	13.10.2008	
133	Laks	Ho	700	Villfisk	13.10.2008	3,5
134	Laks	Ho	520	Villfisk	13.10.2008	
135	Laks	Ho	610	Villfisk	13.10.2008	
137	Laks	Hann	510	Villfisk	13.10.2008	
138	Laks	Hann	680	Villfisk	08.10.2009	
139	Laks	Ho	590	Utsatt smolt	08.10.2009	
140	Laks	Hann	580	Villfisk	08.10.2009	4,8
141	Laks	Ho	670	Utsatt smolt	08.10.2009	
143	Laks	Hann	510	Villfisk	08.10.2009	
146	Laks	Hann	620	Villfisk	25.10.2010	
148	Laks	Ho	620	Villfisk	25.10.2010	
149	Laks	Ho	670	Villfisk	25.10.2010	
150	Laks	Hann	620	Villfisk	25.10.2010	
3352	Laks	Ho	690	Villfisk	25.10.2010	6,4
3355	Laks	Ho	810	Villfisk	25.10.2010	
3357	Laks	Ho	770	Villfisk	25.10.2010	
3358	Laks	Ho	690	Villfisk	25.10.2010	
3359	Laks	Ho	640	Villfisk	25.10.2010	
3361	Laks	Ho	590	Villfisk	25.10.2010	
3362	Laks	Hann	585	Villfisk	01.11.2011	
3363	Laks	Ho	550	Villfisk	01.11.2011	3,2
3364	Laks	Ho	580	Villfisk	01.11.2011	
3365	Laks	Ho	690	Villfisk	01.11.2011	
3366	Laks	Ho	640	Villfisk	01.11.2011	
N = 28	7 hann + 21 ho		$Ne = (4 \times N_{\text{♀}} \times N_{\text{♂}}) / (N_{\text{♀}} + N_{\text{♂}})$		Maks Ne-vill =	17,9
Brukt ved innlegg 2019 og 2020						
Lokalt ID-nr	Art	Kjønn	Lengde (mm)	Klassifisering	Dato	Ne-vill
3372	Laks	Ho	550	Villfisk	16.09.2019	
3373	Laks	Hann	530	Villfisk	16.09.2019	2
3382	Laks	Ho	740	Villfisk	16.09.2020	
3383	Laks	Hann	620	Villfisk	16.09.2020	
3384	Laks	Ho	720	Villfisk	16.09.2020	6
3388	Laks	Hann	530	Villfisk	16.09.2020	
3389	Laks	Ho	690	Villfisk	16.09.2020	
3391	Laks	Hann	590	Villfisk	16.09.2020	
N = 8	4 hann + 4 ho		$Ne = (4 \times N_{\text{♀}} \times N_{\text{♂}}) / (N_{\text{♀}} + N_{\text{♂}})$		Maks Ne-vill =	8

Innlegg 2020

Det er lagt inn rogn fra egen stamfiskbeholdning ved Lundamoanlegget i 2020. 35 av de 55 godkjente stamfiskene er brukt til produksjon av 45 kryssinger (familier) som nå for er gjort med grunnlag i genetiske slektskapsanalyser. Rogna ligger i 23 forskjellige klekkesylindre ved Settefiskanlegget Lundamo, her vist i vedlagt utskrift (tabell 3) av kryssingsliste fra Fager/kultiveringsregisteret. I tillegg ble fire par ville stamfisk godkjent i 2020, som er lagt inn ved Mosvik klekkeri, tre av disse er overført til Lundamo for eventuell produksjon av ny årgang av stamfisk (tabell 2).

Tabell 3: Innlegg Mossarogn på Lundamo 2020, fra 35 av totalt 55 stamfisk, 45 familier og 23 sylindre

Lokalt nr	Art	Kjønn	Krysset med	Familier skapt	Sylinder til skapt fam
32	Laks	Ho	9	21180104001	2021-01 (Kultivering)
9	Laks	Hann	18, 32	21180104001, 21180104023	2021-01 (Kultivering), 2021-23 (Kultivering)
55	Laks	Ho	36	21180104002	2021-02 (Kultivering)
36	Laks	Hann	2, 55, 6	21180104002, 21180104014, 21180104018	2021-02 (Kultivering), 2021-14 (Kultivering), 2021-18 (Kultivering)
38	Laks	Ho	22	21180104003	2021-03 (Kultivering)
22	Laks	Hann	38	21180104003	2021-03 (Kultivering)
48	Laks	Ho	42	21180104004	2021-04 (Kultivering)
42	Laks	Hann	48	21180104004	2021-04 (Kultivering)
23	Laks	Ho	46	21180104005	2021-05 (Kultivering)
46	Laks	Hann	17, 20, 23	21180104005, 21180104008, 21180104012	2021-05 (Kultivering), 2021-08 (Kultivering), 2021-12 (Kultivering)
16	Laks	Ho	25	21180104009	2021-09 (Kultivering)
25	Laks	Hann	13, 16, 31	21180104007, 21180104009, 21180104020	2021-07 (Kultivering), 2021-09 (Kultivering), 2021-20 (Kultivering)
43	Laks	Ho	34	21180104006	2021-06 (Kultivering)
34	Laks	Hann	43	21180104006	2021-06 (Kultivering)
13	Laks	Ho	25	21180104007	2021-07 (Kultivering)
20	Laks	Ho	46	21180104008	2021-08 (Kultivering)
5	Laks	Ho	37	21180104010	2021-10 (Kultivering)
37	Laks	Hann	1, 5, 52, 58	21180104010, 21180104017, 21180104019, 21180	2021-10 (Kultivering), 2021-17 (Kultivering), 2021-19 (Kultivering), 2021-21
4	Laks	Ho	44	21180104011	2021-11 (Kultivering)
44	Laks	Hann	12, 4	21180104011, 21180104013	2021-11 (Kultivering), 2021-13 (Kultivering)
17	Laks	Ho	46	21180104012	2021-12 (Kultivering)
12	Laks	Ho	44	21180104013	2021-13 (Kultivering)
6	Laks	Ho	36	21180104014	2021-14 (Kultivering)
7	Laks	Ho	40	21180104015	2021-15 (Kultivering)
40	Laks	Hann	7	21180104015	2021-15 (Kultivering)
8	Laks	Ho	56	21180104016	2021-16 (Kultivering)
56	Laks	Hann	8	21180104016	2021-16 (Kultivering)
58	Laks	Ho	37	21180104017	2021-17 (Kultivering)
1	Laks	Ho	37	21180104019	2021-19 (Kultivering)
2	Laks	Ho	36	21180104018	2021-18 (Kultivering)
31	Laks	Ho	25	21180104020	2021-20 (Kultivering)
52	Laks	Ho	37	21180104021	2021-21 (Kultivering)
50	Laks	Ho	29	21180104022	2021-22 (Kultivering)
29	Laks	Hann	50	21180104022	2021-22 (Kultivering)
18	Laks	Ho	9	21180104023	2021-23 (Kultivering)

Ansvarlige hos de involverte institusjoner

Bjørn Høgaas, Fagansvarlig NTE Energi AS

Nina Stenset, Fagkonsulent NTE Energi AS

Lars Erik Andersen, Prosjektleder Sweco

Sten Karlsson, Senior forsker, Akvatisk Naturmangfold, NINA

Håvard Lo, Prosjektleder, Veterinærinstituttet, Seksjon for Miljø- og Smittetiltak

Frisk fisk



Sunne dyr



Trygg mat



Faglig ambisiøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute

Ås

Trondheim

Sandnes

Bergen

Harstad

Tromsø

postmottak@vetinst.no
www.vetinst.no