

1543

NINA Rapport

Hybridisering mellom småblank og anadrom laks i Øvre Namsen

Sten Karlsson, Tor G. Heggberget, Ole Kristian Berg, Line Elisabeth Sundt-Hansen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

Hybridisering mellom småblank og anadrom laks i Øvre Namsen

Sten Karlsson
Tor G. Heggberget
Ole Kristian Berg
Line Elisabeth Sundt-Hansen

Karlsson, S. Heggberget, T.G. Berg, O.K. & Sundt-Hansen, L.E.
2018. Hybridisering mellom småblank og anadrom laks i Øvre
Namsen. NINA Rapport 1543. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, juli 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3281-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Kjetil Hindar

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

M-1104|2018

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Roar Lund

FORSIDEBILDE

Laksetrappa i Nedre Fiskumfoss © Line Elisabeth Sundt-Hansen

NØKKEWORD

- Norge
- Småblank
- Namsblank
- Atlantisk laks
- Namsenvassdraget
- Relikt laks
- Hybridisering
- Laksetrapp

KEY WORDS

Norway, Atlantic salmon, River Namsen, Relict salmon, [vernacular
names: Småblank, Namsblank, Hybridisation, Fish ladder

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlensgate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Karlsson, S., Heggberget, T.G. Berg, O.K. & Sundt-Hansen, L.E. 2018. Hybridisering mellom småblank og anadrom laks i Øvre Namsen. NINA Rapport 1543. Norsk institutt for naturforskning.

Småblank (namsblank) er en ferskvannsstasjonær laks i Øvre Namsen. Småblanken har vært fullstendig isolert fra anadrome laksebestander i omtrent 9500 år siden siste istid og har utviklet seg uavhengig av andre laksebestander. Småblank er distinkt og svært genetisk forskjellig fra andre anadrome og ferskvannsstasjonære laksebestander og er en unik evolusjonær grein i arten laks (*Salmo salar* L.). I 1975 ble det bygd en laksetrapp i Nedre Fiskumfoss som gjorde det mulig for anadrom laks å vandre 10 km opp i småblankens naturlige utbredelse i Øvre Namsen til Aunfoss i tillegg til cirka 4 km i sideelva Nesåa. Etter at laksetrappen ble bygd og fram til 1999 har det hvert år i gjennomsnitt vandret opp 165 laks, mens det etter år 2000 ble en markant økning med i gjennomsnitt 930 laks pr. år, med mer enn 2000 laks i enkelte år. I dette prosjektet har vi med molekylærgenetiske metoder identifisert anadrom laks, småblank og hybrider mellom disse i garnfangster av laksunger i hybridsonen og fra prøver av anadrom laks fanget i laksetrappa. Resultatene fra analysene kan oppsummeres slik:

- Det forekommer hybridisering mellom anadrom laks og småblank
- Siden 1998 har andelen laks med rent småblankopphav sunket dramatisk fra 20 % til omtrent null
- Det samlede arvematerialet av laks med småblankopphav i hybridsonen ble estimert til 21,4 % i garnfangsten fra 1998 og til 2,6 % i garnfangsten fra 2015 og 2017
- Den store dominansen av anadrom laks og at denne hybridiserer med småblank forventes føre til en utryddelse av småblank i hybridsonen (dvs i området i Namsen ovenfor Nedre Fiskumfoss og nedenfor Aunfoss inkludert sideelva Nesåa)
- Laks med delvis småblankopphav kan vandre ut og returnere til Namsen
- Dersom man hindrer anadrom laks å vandre opp laksetrappa i Nedre Fiskumfoss kan anadrom laks og deres hybrider med småblank over tid forsvinne og gjøre det mulig for en re-etablering av småblank på strekningen opp til Aunfoss, enten ved naturlig rekruttering eller ved utsettinger.

Sten Karlsson (sten.karlsson@nina.no), Tor Heggberget (tor.heggberget@nina.no), Line Elisabeth Sundt-Hansen (line.sundt-hansen@nina.no), NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Ole Kristian Berg (ole.k.berg@ntnu.no), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Institutt for biologi, 7491 Trondheim.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Materiale og metoder	8
2.1 Referansemateriale av småblank og anadrom laks.....	8
2.2 Prøver fra garnfiske	8
2.3 Prøver fra fisk i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss.....	8
2.4 Genetiske analyser	8
3 Resultater	10
3.1 Genetiske forskjeller mellom småblank og anadrom laks.....	10
3.2 Opphav til laks i garnfangster i hybridsonen i 1998, 2015 og 2017	10
3.3 Opphav til laks fanget i laksetrappa i 2016 og 2017	12
4 Diskusjon	13
5 Referanser	15

Forord

Fylkesmannen i Nord-Trøndelag ble i brev av 25.02.16 fra Miljødirektoratet bedt om å utrede stenging av fisketrappene i Øvre og Nedre Fiskumfoss av hensyn til namsblank. Svaret fra Fylkesmannen var: «Fisketrappene i Nedre og Øvre Fiskumfoss bør være åpne inntil man har mer kunnskap om, og i tilfelle hvordan namsblank og anadrom laks påvirker hverandre».

Denne rapporten presenterer resultater fra analyser av relativ forekomst av anadrom laks, småblank (namsblank) og hybrider mellom disse i hybridsonen mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss og danner et viktig faggrunnlag for videre vurdering av effektene av fisketrappene i Øvre Namsen på småblank og anadrom laks.

Denne rapporten representerer «Fase 1» i prosjektet «Effekter av fisketrapper på namsblank i Namsen» og er finansiert av Miljødirektoratet og egeninnsats fra NINA. I tillegg til innsamling av materiale i 2017, har NINA bidratt med eldre materiale samlet inn gjennom forskjellige prosjekter. «Fase 2» av prosjektet er tenkt å sammenstille resultater fra Fase 1 med resultater fra en pågående reguleringsundersøkelse for å gi en samlet evaluering av effekter av fisketrapper på småblank i Namsen. Finansieringen for gjennomføring av Fase 2 i prosjektet er imidlertid uavklart.

Vi takker hermed Miljødirektoratet for finansiering av Fase 1 av dette prosjektet. Ragnar Holm takkes også for en utmerket innsats for å samle inn laks fra fisketrappa i Nedre Fiskumfoss. Labingeniørene ved NINAs Genlab takkes for isolasjon av DNA og genotyping.

Trondheim, juli 2018

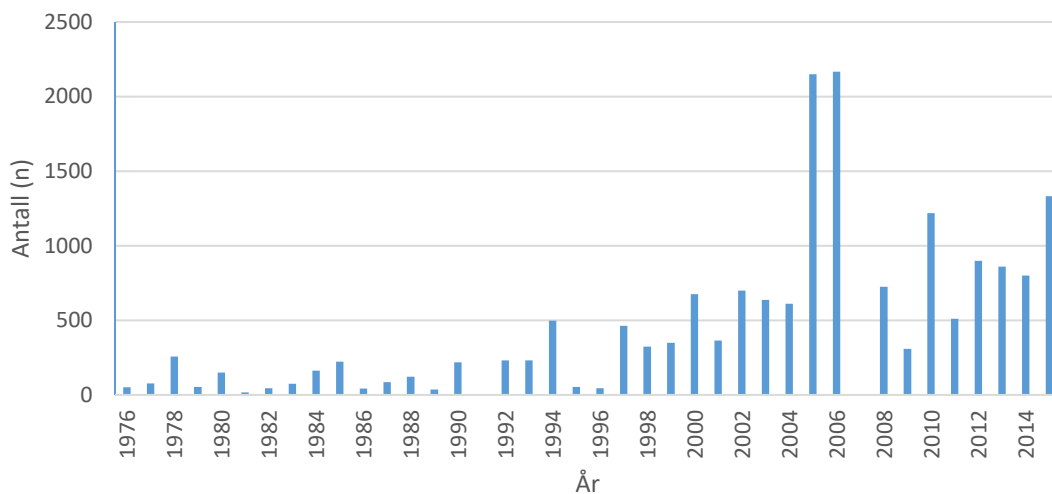
Sten Karlsson og Tor G. Heggberget (prosjektleder)

1 Innledning

Småblank er en ferskvannsstasjonær laks som har sin utbredelse i en cirka 85 km lang strekning i Øvre Namsen, fra Nedre Fiskumfoss til Namskroken og i en rekke tilløpsbekker og -elver. Småblank skiller seg fra andre ferskvannsstasjonære laksebestander i Norge og Europa for øvrig ved at den lever hele sitt liv i rennende vann, mens andre ferskvannsstasjonære bestander har sin viktigste vekstperiode i innsjøer, og blir dermed større ved kjønnsmodning enn småblank, slik som for eksempel bleka i Byglandsfjorden og vänerlaksen. Småblanken har vært isolert og utviklet seg genetisk uavhengig av anadrom laks siden siste istid. En avgjørende egenskap for å utvikle og opprettholde en bestand av småblank (og for alle ferskvannsstasjonære former av laks) som skiller seg fra anadrom laks er at hunnlaks blir kjønnsmoden i ferskvann. Kjønnsmodne dverghanner er en naturlig del av anadrome laksebestander men kjønnsmodning av hunner i ferskvannsfasen oppstår svært sjeldent (Hindar & Nordland 1989). Siden ferskvannsstasjonær laks lever hele sitt liv i ferskvann, mens anadrom laks også oppholder seg i havet, er miljøbetingelsene en stor del av livet svært forskjellige og de er derfor også utsatt for svært ulike seleksjonstrykk for ulike egenskaper. Blant ulike former av ferskvannsstasjonær laks er småblanken spesiell ved at den lever hele sitt liv i elva, dvs. rennende vann, og er derfor liten av vekst (Berg & Gausen 1988). Videre er det vist at småblank er svært genetisk forskjellig fra anadrom laks i nedre delen av Namsen (Vuorinen & Berg 1989, Sandlund mfl. 2014) og fra annen anadrom og ferskvannsstasjonær laks fra hele utbredelsesområdet (Bourret mfl. 2013). Småblank må derfor betraktes som en helt unik laksebestand ulik alle andre anadrome eller ferskvannsstasjonære laksebestander.

Namsen er påvirket av vannkraftreguleringer og i 1975 ble det bygget laksetrappet i Nedre- og Øvre Fiskumfoss. Dette utvidet den anadrome lakseførende strekning med omlag 10 km opp til Aunfoss og i tillegg cirka 4 km i sideelva Nesåa (Heggberget mfl. 1999). I tillegg ble det i perioden 1950-1976 årlig satt ut 20 000 – 100 000 yngel av anadrom laks ovenfor Aunfoss til Sagfossen (Vuorinen & Berg 1989). Mulig hybridisering mellom anadrom laks fra disse utsettingene og småblank ble undersøkt men ikke påvist av Vuorinen & Berg (1989) basert på materiale innsamlet i 1986 fra fem ulike stasjoner mellom Aunfoss og Mellingselva. Området mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss som siden bygging av trappa har gjort det mulig for anadrom laks å vandre opp og hybridisere med småblank, har imidlertid ikke blitt undersøkt før. Siden 1976 og frem til 1999 har årlig gjennomsnittlig oppgang av anadrom laks i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss hvert 165 individer, og en markant økning etter dette med i gjennomsnitt 930 individer og i noen år mer enn 2000 laks (**Figur 1**).

Oppgang av villaks i Nedre Fiskumfoss



Figur 1. Oppgang av anadrom laks i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss i årene 1976 til 2015.

I 1999 ble det foretatt en evaluering av fiskegangen i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss og en undersøkelse av fiskebestanden i området mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss. Fiskebestanden i området fra Nedre Fiskumfoss til Aunfoss ble undersøkt ved prøvefiske med garn og med elektrisk fiske i 1998. Anadrom laks og småblank ble kun skilt ut fra størrelse av Heggberget mfl. (1999), og har tidligere ikke blitt analysert genetisk for å skille mellom småblank og anadrom laks og for å identifisere hybrider mellom disse. Fisken fanget med garn fra denne undersøkelsen er preservert på sprit og er det beste materialet som finnes fra dette området. I dette prosjektet har vi analysert garnfiskefangstene fra 1998 med molekylærgenetiske markører for å skille mellom anadrom laks og småblank og for å identifisere hybrider. Videre har vi sammenliknet sammensetningen fra 1998 med den i tilsvarende garnfiskefangster i 2015 og 2017, for å vurdere utviklingen av småblankforekomst og hybridisering med anadrom laks. I tillegg har prøver av laks fanget i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss i 2016 og 2017 blitt analysert for å vurdere hvorvidt, og i hvor stor grad, avkom etter anadrom laks og småblank vandrer ut i havet og returnerer til hybridsonen mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss, siden dette vil kunne gi en økt innkrysningsgrad av anadrom laks i småblankbestanden i hybridsonen og også kunne bidra til et uønsket innslag av laks med småblankopphav i den anadrome bestanden.

2 Materiale og metoder

2.1 Referansemateriale av småblank og anadrom laks

Et tidligere analysert materiale av 177 småblank fra de ulike delbestandene ovenfor Aunfoss innsamlet i 2005 og 2008 (Sandlund mfl. 2014) og 56 skjellprøver av voksen laks fanget i 2012 og 2014 i nedre deler av Namsen på den naturlige anadrome strekningen, ble benyttet som referanse for å estimere sannsynlighet for hver enkelt fisk å tilhøre småblank *versus* anadrom laks (den statistiske metoden er beskrevet i detalj nedenfor).

I tillegg til referansematerialet som dannet grunnlag for å estimere sannsynlighet for å tilhøre småblank *versus* anadrom laks, estimerte vi sannsynligheten for å tilhøre småblank og anadrom laks for 102 småblank fanget i 2015 og 2017 ovenfor Aunfoss og 86 anadrom laks fanget i nedre Namsen i 2013-2015 og fra 131 anadrom laks fanget i Gaula i Trøndelag i 2012-2017. Det samlede referansematerialet av småblank (177 + 102 stikkprøver) og anadrom laks (56 + 86 + 131) danner grunnlaget for vurdering av hybridopphav i laks fanget i hybridsonen (mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss) og i laks fanget i trappa i Nedre Fiskumfoss. Prøvene fra Gaula ble benyttet for å vurdere muligheten for at referansematerialet av anadrom laks i Namsen kunne ha delvis opphav i småblank.

2.2 Prøver fra garnfiske

Prøver av laks fanget i 1998 med garnfiske fra Nedre Fiskumfoss til Aunfoss står beskrevet i Heggberget mfl. (1999). Det ble fisket ei natt med sju bunngarn i lenke på opptil tre garn fra land i stilleflytende områder med en maskevidde 12-19 mm. Tilsvarende garnfiske ble gjort i 2015 og i 2017. Hele fisker fra fangstene i 1998 var fiksert på sprit og det ble tatt ut en liten vevsprøve fra hver fisk til videre genetiske analyser. Små vevsprøver av fisk fanget i 2015 og 2017 ble fiksert på sprit i felt for videre genetiske analyser. Fra garnfangsten i 1998 ble det analysert 84 individer, fra 2015 17 individer og fra 2017 116 individer.

2.3 Prøver fra fisk i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss

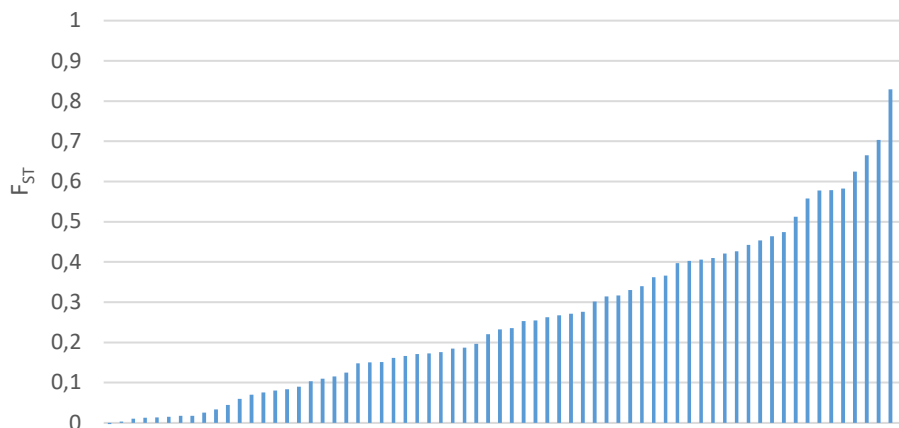
Laks fanget i trappa i august og september i 2016 og 2017 ble avlivet og frosset hel i individuelle poser og sendt til NINA for videre prøvetaking. En liten vevsprøve ble tatt og fiksert i sprit fra hver opptint laks. Fra prøvetaking i 2016 ble det analysert 40 individer og fra 2017 44 individer.

2.4 Genetiske analyser

DNA ble ekstrahert fra finneklipp ved hjelp av DNEASY tissue kit fra QIAGEN. Samtlige individer ble analysert for 96 enkelt nukleotid polymorfe loci (SNPer). Av disse er 81 lokalisert i kjerne-DNA og 15 i det mitokondrielle DNA. Det ble imidlertid benyttet to ulike sett av genetiske data med noen forskjellige SNP-markører, slik at det samlede datasettet hadde 68 felles SNP-markører i kjerne-DNA og de samme 15 SNP-markørene i det mitokondrielle DNA. SNP-genotyping ble utført med en EP1™ 96.96 Dynamic array IFCs (Fluidigm, San Fransisco, CA.).

For å oppnå et så høyt og sikkert skille mellom småblank og anadrom laks som mulig, estimerte vi den genetiske forskjellen mellom referanseprøvene av småblank og anadrom laks for hver av de 68 SNP-markørene (**Figur 2**) og luket ut de markørene (11 stykker) som hadde F_{ST} -estimerer (dvs. et mål på genetisk forskjell) mindre enn 0,05 i de videre analysene. Totalt ble det dermed benyttet 57 SNP-markører for å skille mellom småblank og anadrom laks.

Genetiske forskjeller mellom småblank og anadrom laks for 68 SNP-markører



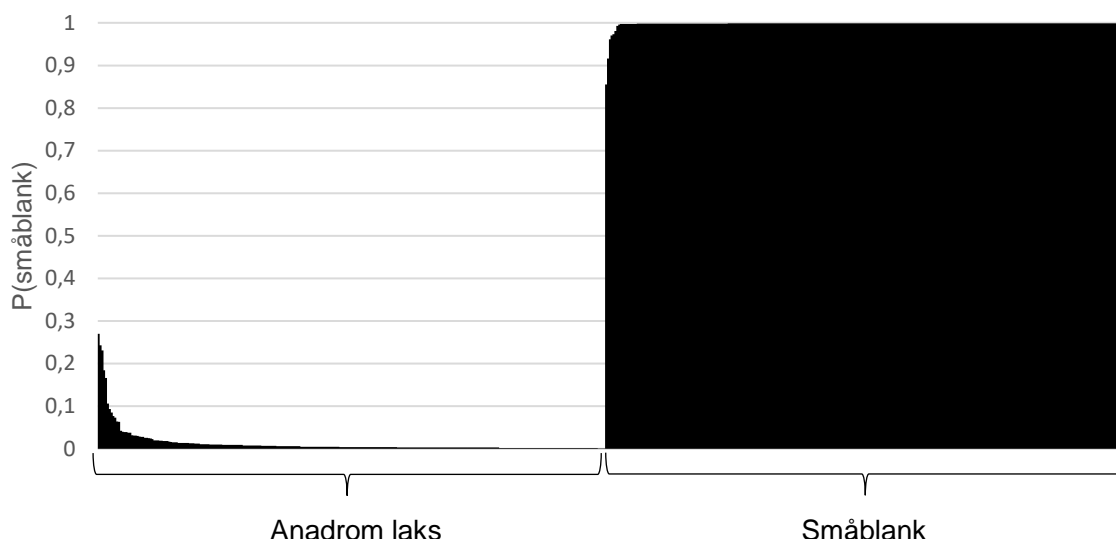
Figur 2. Genetiske forskjeller (F_{ST}) mellom småblank og anadrom laks for 68 SNP-markører.

Den statistiske metoden som ble benyttet for å skille mellom småblank og anadrom laks og for å estimere grad av innkrysning mellom disse for hvert enkelt individ, er den samme som beskrevet av Karlsson mfl. (2014). Det ble laget én kunstig bestand av småblank og én kunstig bestand av anadrom laks ved å benytte det genotypedede referansematerialet av henholdsvis 177 småblank og 56 anadrom laks. Disse kunstige bestandene ble laget i programmet HYBRIDLAB (Nielsen mfl. 2006) fra estimerte allelfrekvenser og tilfeldig parring slik at de representerer idealiserte bestander i Hardy-Weinberg likevekt. Et og et individ ble analysert sammen med disse idealiserte bestandene av småblank og anadrom laks i programmet STRUCTURE (Pritchard mfl. 2000) for å beregne sannsynligheten for å tilhøre disse to gruppene (småblank versus anadrom laks). Med denne metoden blir sannsynligheten for å tilhøre småblank og anadrom laks standardisert ved at estimatene for de ulike individene er sammenliknbare og uavhengige, siden de er beregnet på eksakt samme måte, men uavhengig av hverandre. Fra det samlede referansematerialet av småblank (ovenfor Aunfoss) og referansemateriale av anadrom laks (nedre del av Namsen og fra Gaula) ble det generert en sannsynlighetsfordeling ut fra individuelle estimater av sannsynlighet for å tilhøre småblank (sannsynlighet for å tilhøre anadrom = 1 minus sannsynlighet for å tilhøre småblank). Denne fordelingen ble benyttet for å vurdere sannsynligheten for om hver enkelt fisk fra hybridsonen og fra trappa var av rent småblankopphav, rent anadromt opphav eller om de var hybrider mellom disse.

3 Resultater

3.1 Genetiske forskjeller mellom småblank og anadrom laks

Det var meget god diskriminering mellom referansematerialene av småblank og anadrom laks, uten overlapp i fordeling av individuelle estimer for å tilhøre småblank (**Figur 3**). Blant 273 referanseindivider av anadrom laks var den største estimerte sannsynligheten å tilhøre småblank 0,270 og øvre 95-persentilen var 0,039. Blant 279 referanseindivider av småblank var den minste estimerte sannsynligheten å tilhøre småblank 0,855 og nedre 5-persentilen var 0,997. I referansematerialet for anadrom laks inngår 131 prøver fra Gaula i Trøndelag. Disse viste ingen forskjell fra prøvene av anadrom laks fra Namsen i forhold til sannsynlighet å tilhøre småblank og ikke i retning av at noen individer fra Namsen hadde estimerte sannsynligheter for å tilhøre småblank høyere enn for de fra Gaula, slik en kunne forvente dersom stikkprøvene av anadrom laks fra Namsen besto av individer med delvis småblankopphav som hadde smoltifisert og vandret ut fra hybridsonen mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss.

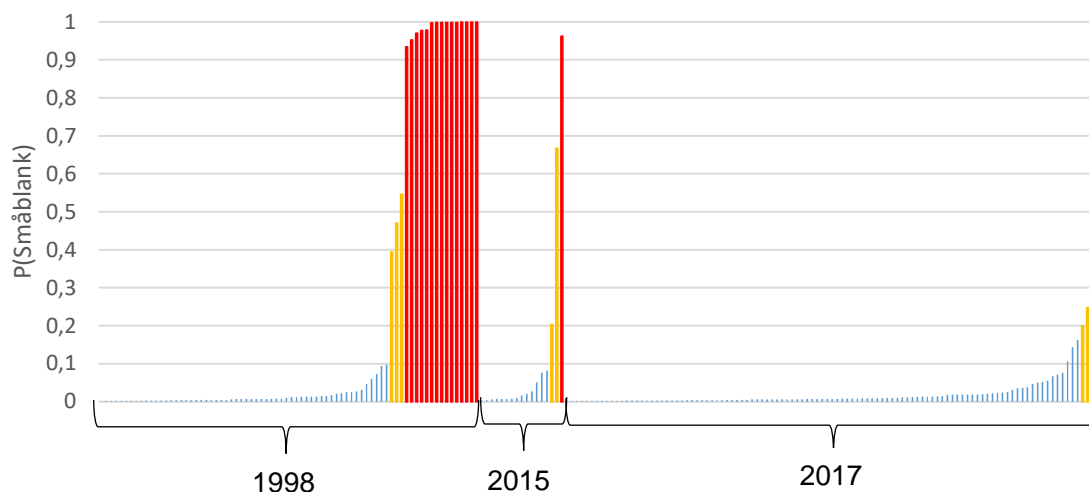


Figur 3. Genetisk diskriminering mellom småblank og anadrom laks ved individuelle estimer av sannsynlighet for å tilhøre småblank ($P(\text{småblank})$) for 279 referanseindivider av rent småblankopphav og 273 individer av anadrom laks, beregnet ut fra genetisk variasjon i 57 SNP-markører.

3.2 Opphav til laks i garnfangster i hybridsonen i 1998, 2015 og 2017

Blant 84 individer analysert fra garnfangster på strekningen Nedre Fiskumfoss til Aunfoss i 1998 ble åtte fisk genetisk identifisert som ørret og de resterende 76 ble identifisert som laks. Fra garnfangsten i 2015 ble 17 individer analysert og disse var laks. Fra garnfangsten i 2017 ble det identifisert ni ørret og 107 laks. All ørret ble ekskludert fra videre analyser.

Estimerte sannsynligheter å tilhøre småblank fra garnfangstene i 1998, 2015 og 2017 viste en tydelig forskjell i sammensetning med en markant mindre andel småblank i fangstene fra 2015 og 2017, sammenliknet med prøvene fra 1998 (**Figur 4**).



Figur 4. Individuelle estimater av sannsynligheten for at laks fra garnfangster i området Nedre Fiskumfoss til Aunfoss (hybridsone for småblank og anadrom laks) i årene 1998, 2015 og 2017 har opphav i småblank ($P(\text{Småblank})$). Individuer med sannsynlig rent anadromt opphav er blå søyler, individer som sannsynlig verken er av rent anadromt opphav eller rent småblankopphav men hybrider er oransje søyler og individer med sannsynlig rent småblankopphav er røde søyler.

Tar man utgangspunkt i referansematerialet av anadrom laks og småblank så er forventningen at 1 % av anadrom laks har en estimert sannsynlighet å tilhøre småblank $> 0,197$ og 1 % av individene av småblank har en estimert sannsynlighet å tilhøre småblank $< 0,968$. I garnfangsten fra 1998 var det av totalt 76 individer 15 individer av rent småblankopphav (20 %), 58 individer av rent anadrom opphav (76 %) og tre individer var hybrider mellom anadrom laks og småblank (4 %). Sammensetningen blant individene fra garnfangsten i 2015 var én med rent småblankopphav (6 %), 14 med rent anadromt opphav (82 %) og to hybrider mellom anadrom laks og småblank (12 %). Blant individene fra garnfangsten i 2017 var det ingen med rent opphav i småblank (0 %), 104 individer med rent opphav i anadrom laks (97 %) og tre hybrider mellom anadrom laks og småblank (3 %) (**Tabell 1**).

Tabell 1. Oversikt over sammensetningen av laks fanget i garn med rent småblankopphav, rent anadromt opphav og hybrider mellom småblank og anadrom laks. Med hybrider menes individer som sannsynligvis verken er av rent småblankopphav eller rent andromopphav, uten å spesifisere hvorvidt de er førstegenerasjons hybrid eller påfølgende innkryssinger.

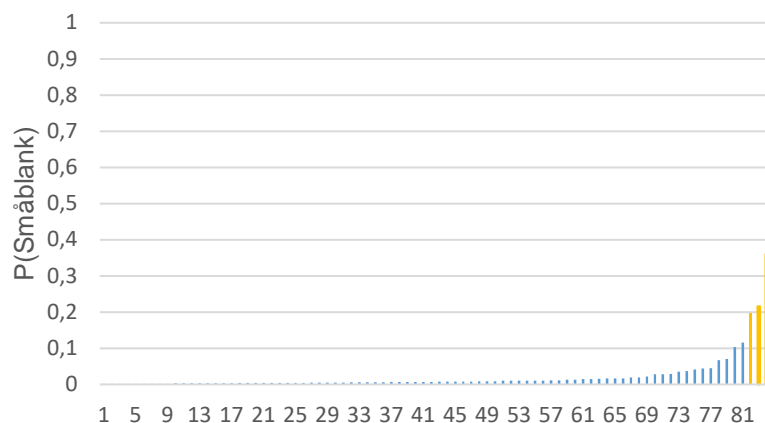
Fangstår	N ren småblank (%)	N ren anadrom (%)	N hybrider (%)	Totalt
1998	15 (20 %)	58 (76 %)	3 (4 %)	76
2015	1 (6 %)	14 (82 %)	2 (12 %)	17
2017	0	104 (97 %)	3 (3 %)	107

Med grenseverdien for ren anadrom laks benyttet her ($P(\text{småblank}) < 0,197$) skulle vi forvente at av i alt 200 individer analysert fra garnfangstene kan to være av rent anadromt opphav og ikke hybrider. Dette kan for eksempel være det ene individet fra 2015 eller noen av individene klassifisert som hybrider i 2017. Det er imidlertid meget usannsynlig at de tre individene med en estimert sannsynlighet å ha småblankopphav på 0,39, 0,47 og 0,55 er noe annet enn hybrider og sannsynligvis førstegenerasjonshybrider, eller tilsvarende opphavsandeler (for eksempel avkom av to førstegenerasjonshybrider). Det samme gjelder det ene individet fra 2015 med en estimert småblankandel på 0,67.

Gjennomsnittlig estimat av sannsynlighet for småblankopphav ($P(\text{småblank})$) kan skaleres opp mot tilsvarende gjennomsnittlige estimater for referansemateriale av anadrom laks og småblank slik at en får et estimat av andelen av det samlede arvestoffet i stikkprøvene som har opphav i småblank, på lik måte som beskrevet av Karlsson mfl. (2014) for estimat av innkrysning av rømt oppdrettslaks. Samlet arvemateriale i stikkprøven fra 1998 som har opphav i småblank var 21,4 % og for den sammenslåtte stikkprøven fra 2015 og 2017 var estimatet av arvematerialet med opphav i småblank 2,6 %. Disse estimatene viser en lav tilstedeværelse av arvemateriale fra småblank, og at denne minket kraftig fra 1998 frem til i dag.

3.3 Opphav til laks fanget i laksetrappa i 2016 og 2017

Det ble analysert 84 individer av anadrom laks fanget i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss i 2016 og 2017 og 81 av disse individene hadde sannsynligvis rent anadromt opphav, mens tre individer hadde sannsynligvis en liten andel småblankopphav (**Figur 5**). Det ene av disse individene hadde en sannsynlighet å tilhøre småblank på 0,36 og ingen av de 273 referanseindividene av anadrom laks hadde høyere estimat enn 0,27, og dette individet må derfor sies å ha relativt stor sannsynlighet for å ha en liten andel opphav i småblank. Disse resultatene indikerer at det er en viss mulighet for at hybrider mellom anadrom laks og småblank etablerer en anadrom livshistorie, og dermed kan påvirke laksebestanden i den naturlige anadrome delen av Namsen.



Figur 5. Individuelle estimater av sannsynligheten for at laks fanget i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss i 2016 og 2017 har opphav i småblank ($P(\text{Småblank})$). Individer med rent anadromt opphav er blå søyler og individer som sannsynlig verken er av rent anadromt opphav eller rent småblankopphav men hybrider, er oransje søyler.

4 Diskusjon

Siden laksetrappa i Nedre Fiskumfoss ble bygget i 1975 har det vandret anadrom laks til områder naturlig hjemmehørende for småblank. Fra 1975 og til og med 1999 vandret det i gjennomsnitt 165 laks opp trappa, mens det siden år 2000 har vandret i gjennomsnitt 930 laks opp trappa med over 2000 laks i noen år. I dette prosjektet har vi for første gang påvist hybridisering mellom anadrom laks og småblank i området mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss. Ved sammenlikning av sammensetningen av småblank, anadrom laks og hybrider i garnfangster fra 1998 med garnfangster i 2015 og 2017 er det tydelig at andelen laks med rent småblankopphav har blitt kraftig redusert fra 20 % i 1998 til tilnærmet lik null i 2015 og 2017. Siden mengden av anadrom laks i området har økt og hybridisering mellom anadrom laks og småblank skjer, er det grunn til å tro at det er en økt sannsynlighet for at småblank krysses med anadrom laks og dermed gir en lavere rekruttering av laks med rent småblankopphav. Dette støttes videre av at vi i de nyere prøvene kun identifiserte én hybrid med relativt stor andel småblankopphav og fem sannsynlige hybrider med lave andeler småblankopphav, mens det i stikkprøven fra 1998 var en mer tredelt gruppering med laks med rent småblankopphav, laks med rent anadromt opphav og tre individer tilsvarende førstegenerasjons hybrider. Den mest nærliggende tolkningen av dette er at etter hvert som det vandret mer anadrom laks opp trappa i Nedre Fiskumfoss (**Figur 1**) har det skjedd en økt hybridisering med småblank, som har ført til en betydelig mindre andel laks med rent småblankopphav.

Sandlund mfl. (2014) viste at småblankbestanden er oppdelt i tre sub-populasjoner i hovedelva fra Aunfoss til Mellingselva. I tillegg har Frøyningsselva alene egne isolerte bestander av småblank (Sægrov mfl. 2015). Hvorvidt området mellom Nedre Fiskumfoss og Aunfoss har, eller har hatt, en egen sub-populasjon er ukjent. Sandlund mfl. (2014) viste imidlertid at de ulike sub-populasjonene i hovedelva sannsynligvis har en begrenset genetisk utveksling ved nedstrøms asymmetrisk genflyt. Små bestander nedstrøms vandringshindre er spesielt sårbare og avhengig av nedvandring av småblank fra bestander oppstrøms disse vandringshindrene, slik som Aunfoss. Hvorvidt en slik nedstrøms vandring er tilstrekkelig stor for å opprettholde en bestand nedenfor Aunfoss eller om bestanden nedenfor Aunfoss naturlig har vært tilstrekkelig stor for å opprettholde seg selv vet vi ikke, men i forhold til dagens situasjon med anadrom laks i dette området er det tydelig at nedstrøms vandring fra ovenfor Aunfoss ikke er tilstrekkelig for å motvirke konkurranse og hybridisering med anadrom laks. Vi kan ikke utelukke, men det er lite sannsynlig at det før bygging av dammen i Aunfoss var mulig for oppstrøms vandring av småblank og at bestanden av småblank i dette området kunne ha bidratt til bestander oppstrøms Aunfoss.

Vi undersøkte også stikkprøver av laks fanget i laksetrappa. Det var spesielt ett individ som med relativt stor sannsynlighet ikke hadde rent anadromt opphav og det kan derfor se ut som at laks med delvis småblankopphav kan vandre ut i sjøen og komme tilbake for å gyte. Dette vil i så fall bety at det ikke bare er småblankbestanden som blir påvirket av hybridisering men også den anadrome bestanden, men sannsynligvis i veldig liten og minkende grad etter hvert som hybridsonen får en økt dominans av anadrom laks. Fordi de siste års garnfangster i hybridsonen nesten utelukkende besto av laks med rent anadromt opphav lik den for laksen fanget i laksetrappa har vi ikke mulighet å vurdere hvorvidt utvandring av laks med delvis småblankopphav er avhengig av hvor stor andel småblankopphav fisken har, men det er nærliggende å tro at sannsynligheten for utvandring øker med økt andel opphav fra anadrom laks.

Våre observasjoner indikerer at dersom man hindrer oppgang av anadrom laks i laksetrappa i Nedre Fiskumfoss, så kan småblank på nytt etablere seg, enten ved naturlig rekruttering og nedvandring av småblank fra ovenfor Aunfoss eller ved utsettinger, gitt at habitatet i dette området etter regulering er egnet for småblank. Sideelva Neselva vurderer vi som er et svært velegna område for produksjon av småblank. Man skulle kunne forestille seg at bestanden i hybridsonen også lang tid etter at man forhindret anadrom laks å vandre opp vil kunne bestå av individer med anadromt opphav. Ut fra observasjon av en stor dominans av laks med anadromt opphav og lav andel småblankopphav i mulige hybrider, samt indikasjoner på at laks med delvis småblankopphav vandrer ut, vil imidlertid laks med anadromt opphav kunne forsvinne fra hybridsonen og

kunne erstattes med småblank. En slik utvikling forventes å ta lang tid og bør utredes videre og overvåkes for å kunne gjøre de riktige tiltakene.

Den utviklingen vi har beskrevet i foreliggende rapport, tyder på at småblank i dette området vil forsvinne i løpet av relativt kort tid. Det faglige grunnlaget for å vurdere aktuelle tiltak for å styrke småblankbestanden i hybridsonen foreslår vi bør styrkes ved følgende analyser:

- Effekter av stenging av fisketrappa i Nedre Fiskumfoss
 - Muligheter og tidsaspekter for reetablering av småblank i hybridsonen
 - Betydning av fisketrappa i Fiskumfoss for laksefisket i hybridsonen
 - Betydning av fisketrappa i Fiskumfoss for fangst av laks i Namsenvassdraget og fjordområdene utenfor
- Effekter av utsetting av småblank fra øvre deler av Namsen i «hybridsonen»
- Vurdering av hvor egnet hybridsonen er for småblank dersom fisketrappa i Fiskumfossen stenges, og vurdere habitatforbedrende tiltak

Resultatene fra denne undersøkelsen kan oppsummeres slik:

- Vi har utviklet et verktøy for overvåkning av hybridisering mellom anadrom laks og småblank
- Det skjer hybridisering mellom anadrom laks og småblank på strekningen fra Nedre Fiskumfoss til Aunfoss
- Siden 1998 har andelen laks med rent småblankopphav på denne strekningen (hybridsonen) minnet dramatisk fra 20 % til omtrent null
- Det samlede arvematerialet av laks med småblankopphav i hybridsonen ble estimert til 21,4% i garnfangsten fra 1998 og til 2,6% i garnfangsten fra 2015 og 2017.
- Den store dominansen av anadrom laks og at denne hybridiserer med småblank forventes over tid å føre til en utryddelse av småblank i hybridsonen.
- Laks med delvis småblankopphav kan vandre ut i havet og etablere et anadromt livsmønster.
- Dersom man hindrer anadrom laks å vandre opp laksetrappa i Nedre Fiskumfoss kan anadrom laks og deres hybrider med småblank over tid forsvinne og gjøre det mulig for en reetablering av småblank, enten ved naturlig rekruttering eller ved utsettinger.

5 Referanser

- Berg, O.K. & Gausen, D. 1988. Life history of a riverine, resident Atlantic salmon *Salmo salar* L. Fauna Norvegica., Ser. A. 9: 63-68.
- Bourret, V., Kent, M.P., Primmer, C.R., Vasemägi, A., Karlsson, S., Hindar, K., McGinnity, P., Verspoor, E., Bernatchez, L. & Lien, S. 2013. SNP-array reveals genome-wide patterns of geographical and potential adaptive divergence across the natural range of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Molecular Ecology 22: 532-551.
- Heggberget, T.G., Rikstad, A., Thorstad, E. B. & Fiske, P. 1999. Effekter av kultivering for laks i Øvre Namsen. NINA Oppdragsmelding 589: 1 -20.
- Hindar, K. & Nordland, J. 1989. A female Atlantic salmon, *Salmo salar* L., maturing sexually in the parr stage. Journal of Fish Biology 35: 461-463.
- Karlsson, S., Diserud, O.H., Moen, T., & Hindar, K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression, Ecology and Evolution 4(16): 3256-3263.
- Nielsen, E.E., Bach, L.A. & Kotlicki, P. 2006. HYBRIDLAB (version 1.9): a program for generating simulated hybrids from population samples. Molecular Ecology Notes 6: 971-973.
- Pritchard, J.K., Stephens, M., & Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155: 945-959.
- Sandlund, O.T, Karlsson, S., Thorstad, E.B., Hindar, K., Berg, O.K., Kent M.P. & Norum Ine, C.J. 2014. Spatial and temporal structure of an endemic river-resident Atlantic salmon (*Salmo salar*) after millennia of isolation. Ecology and Evolution 4: 1538-1554.
- Sundt-Hansen, L.E., Berg, O.K., Bremset, G., Davidsen, J.G., Heggberget, T.G., Hellen, B.A., Kambestad, M., Museth, J., Rønning, L. & Sægrov, H. & 2017. Fiskebiologiske undersøkelser i Øvre Namsen. Årsrapport for 2016. NINA Rapport 1298. Norsk institutt for naturforskning.
- Vuorinen, J. & Berg, O.K. 1989. Genetic divergence of anadromous and nonanadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the River Namsen, Norway. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 406-409.

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

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

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

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3281-4

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger