

Genetisk profil, status og historikk for laksen og sjøauren i Modalselva



LABORATORIUM FOR FERSKVANNØKOLOGI OG INNLANDSFISKE

LFI Uni Research Miljø

Thormøhlensgt. 49B

5006 Bergen

TELEFON: 55 58 22 28

NOTAT: Genetisk profil, status og historikk for laksen og sjøauren i Modalselva

DATO: 29.09.2014

FORFATTERE: Helge Skoglund*, Vidar Wennevik†, Bjørn Torgeir Barlaup*, Øystein Skaala† og Kevin Glover†

GEOGRAFISK OMRÅDE:
Hordaland

*LFI Uni Research Miljø

†Havforskningsinstituttet, Bergen

SAMMENDRAG: Modalselva i Hordaland har vært kraftig påvirket av forsurening grunnet sur nedbør, og den opprinnelige laksebestanden er antatt utdødd. Dette notatet beskriver historikk, status og den genetiske profilen for laksen som er i vassdraget i dag. Fangststatistikken fra vassdraget er mangelfull og gir liten informasjon om hvor stor bestanden var tidligere. Ut i fra habitatforholdene, samt historiske beretninger om laksefangst, er det svært sannsynlig at vassdraget hadde en selvreproduserende og høstbar laksebestand før forsuringen tiltok. Laksen forsvant sannsynligvis på 1970-tallet, og utover 1980- og 1990-tallet var vassdraget kronisk forsuret. Det ble heller ikke funnet lakseunger i vassdraget på 1990-tallet. Det vurderes derfor som svært lite sannsynlig at deler av den opprinnelige laksebestanden kan ha overlevd igjennom den mest forsuringspåvirkede perioden. I de senere årene har forsuringen avtatt, men vannkvaliteten vurderes fortsatt å være kritisk for utvandrende smolt. Det har årlig blitt observert gyting og rekruttering av laks i vassdraget siden begynnelsen av 2000-tallet, men bestanden er fåtallig og i enkelte år med et betydelig innsalg av rømt oppdrettslaks. Den lave rekrutteringen fra vassdraget og den dårlige vannkvaliteten tilsier at gytebestanden i de senere årene sannsynligvis har vært opprettholdt av feilvandret fisk fra andre vassdrag. De genetiske analysene tilsier at dagens ungfisk i Modalselva synes å ha samme opphav som bestandene i Ekso og Daleelva. Dette tilsier at dagens laks i Modalselva i hovedsak har opphav fra feilvandret laks fra andre vassdrag i fjordsystemet, eller fra en nylig etablert bestand fra disse bestandene. Den genetiske sammensetningen tilsier at laksen i Modalen har liten likhet med oppdrettslaks, men at det ikke kan utelukkes at oppdrettslaks har bidratt i populasjonen.

OPPDRAUGSGIVER: Miljødirektoratet

ANTALL SIDER: 17

KONTAKTPERSON: Hanne Hegseth

FORSIDEFOTO: Oppe til venstre: Kjøring av fisk i Modalselva fra 1950-tallet (fotograf ukjent, bilde utlånt fra Modalen kommune); oppe til høyre: Storlaks fanget i Modalselva i på midten av 1960-tallet (fotograf ukjent, bilde utlånt fra Modalen kommune); nede: Partier fra lakseførende strekning i Modalselva nedstrøms Hellandsfossen (Foto: Uni Research Miljø v/Tore Wiers).

Bakgrunn og målsetting

Modalselva i Hordaland har vært kraftig påvirket av forsurening grunnet sur nedbør og den opprinnelige laksebestanden er derfor antatt utdødd. Vassdraget står nå øverst på Miljødirektoratets liste over prioriterte vassdrag med behov for kalking. Dersom kalking iverksettes vil det bedre de vannkjemiske forholdene slik at det igjen blir grunnlag for en levedyktig laksebestand i vassdraget. For å sikre en styrt reetablering ble det allerede våren 2014 iverksatt rognplanting av genbankmateriale fra Vossolaksbestanden. Dette for at smolt som vandrer ut av vassdraget når kalking blir iverksatt domineres av smolt med kjent genetisk opphav og ikke fra avkom fra rømt oppdrettslaks. Før eventuell kalking settes i gang ønsker Miljødirektoratet en kartlegging av den genetiske profilen av laksen som forekommer i vassdraget i dag, og av status og historikk for laksen og sjøaurebestanden i Modalselva. Dette notatet er utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet, og har til hensikt å:

- Utarbeide en genetisk profil for laksen som finnes i Modalselva i dag, og beskrive i hvor stor grad disse er i slekt med de andre laksestammene i Osterfjorden og oppdrettslaks
- Gi en beskrivelse av status og historikk for laksen og sjøørreten i Modalselva, herunder informasjon om når laksen forsvant fra elva og når den kom tilbake, samt en vurdering av hvorvidt Modalselva med sikkerhet opprinnelig var et laksevassdrag
- Oppgi informasjon om fangster av laks og sjøørret i Modalselva fra 2013 og så langt tilbake i tid som det finnes data fra vassdraget
- Gi en vurdering av hvorvidt laksen som finnes i vassdraget i dag kan ha slektskap med opprinnelig laksestamme i Modalselva, altså hvorvidt det er mulig/trolig at gener fra den opprinnelige laksestammen finnes i vassdraget i dag

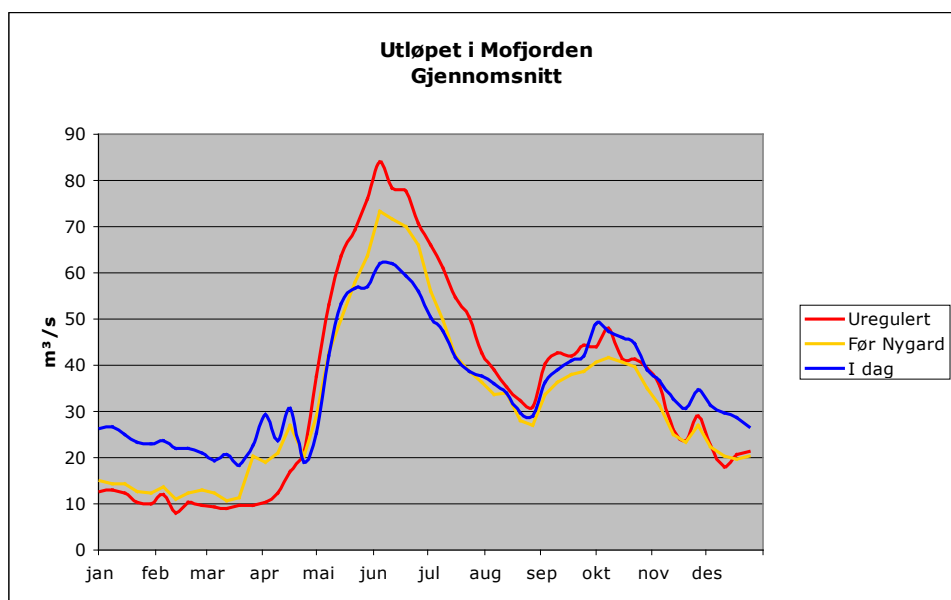
Det er i de senere årene foretatt en rekke fiskebiologiske undersøkelser fra Modalselva, blant annet som en del av forskningssamarbeidet mellom LFI Uni Research Miljø (heretter kalt LFI) og vassdragsregulanten BKK i prosjektet LIV (Livet I Vassdragene). Gjennom disse undersøkelsene foreligger det data på både fra ungfiskundersøkelser, gytefisktellinger, gjelleprøver og habitatkartlegging (Gabrielsen m.fl. 2011). I tillegg har LFI hatt en rekke pågående undersøkelser i Ekso, Daleelva, Vosso og andre nærliggende vassdrag (Gabrielsen m.fl. 2013, Barlaup 2013, Skoglund m.fl. 2014). Dette gir verdifull bakgrunnsinformasjon om tilstanden og forholdene til de øvrige bestandene i regionen.

Havforskningsinstituttet har samlet inne og analysert genetisk materiale fra en rekke av de øvrige laksebestandene i Osterfjordsystemet, noe som danner et godt grunnlag for å sammenligne den genetiske sammensetningen til dagens laks i Modalselva.

Kort beskrivelse av vassdraget og habitatforholdene for laks

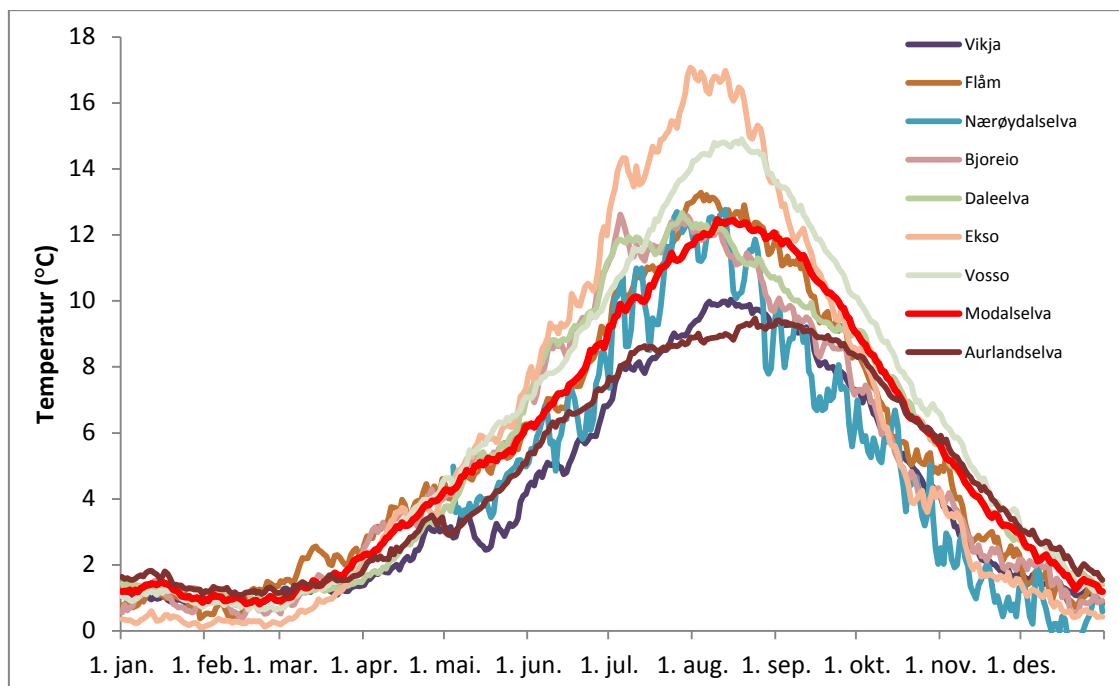
Vannføring og temperatur

Modalselva (også kalt Moelva og Steinslandsvassdraget) ligger i Modalen kommune og har sitt utspring fra Stølsheimen. Vassdraget er regulert med flere kraftverk, og der deler av nedbørsfeltet er fraført (til Evanger kraftverk), mens andre deler er overført (fra Eksingedalsvassdraget til Nygard pumpe). Elva har i dag en gjennomsnittlig vannføring på 33,6 m³/s ved utløpet i Mofjorden (data fra BKK), og er dermed blant de største vassdragene i Hordaland. Reguleringen ved Hellandsfossen kraftverk medfører at vannføringen på elvestrekningen mellom Almelid og Hellandsfossen er redusert, og opprettholdes gjennom minstevannføring (16.04-15.07: 3,0 m³/s, 16.07-30.09: 5 m³/s, 01.10-15.04: 2,2 m³/s). På elvestrekningen nedstrøms Hellandsfossen er gjennomsnittvannføringen kun i liten grad påvirket, men vannføringsregimet gjennom året er vesentlig endret ved at sommervannføringen er noe redusert og vintervannføringen økt (Figur 1). I tillegg kan det forekomme hurtige vannføringsendringer på elvestrekningen nedstrøms som følge av endringer i drift og utfall i Hellandsfossen kraftverk.



Figur 1. Gjennomsnittlig vannføring i Modalselva før regulering, før installering av Nygard pumpekraftverk i 2005, og dagens situasjon. Data fremskaffet av BKK.

Modalselva kan karakteriseres som forholdsvis sommerkald elv, og reguleringen bidrar sannsynligvis til lavere temperatur i sommerhalvåret. Temperaturforholdene er allikevel ikke spesielt lav i forhold til andre laksevassdrag med høytliggende nedbørsfelt i regionen (Figur 2), og temperaturforholdene vurderes derfor ikke som noen begrensning for å opprettholde en selvreproduserende laksebestand, eller for å reetablere laks i vassdraget.



Figur 2. Temperaturforhold (gjennomsnitt for årene med tilgjengelige data i perioden 1990-2012) i Modalselva og andre elver i regionen.

Lakseførende strekning og habitatforhold

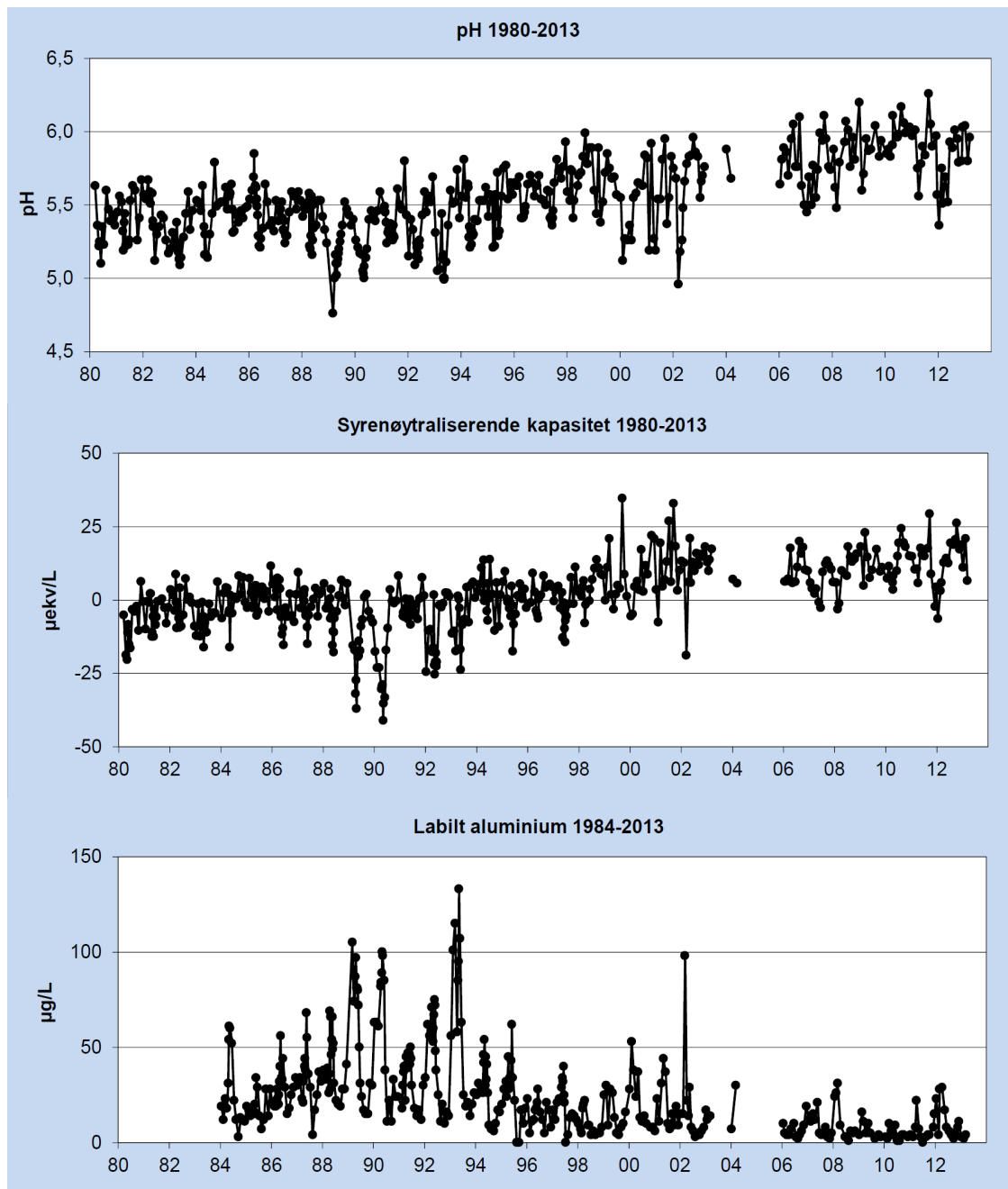
Modalselva har en opprinnelig lakseførende strekning på 6,3 km fra Mofjorden og opp til Hellandsfoss. I 1983 ble det bygget en fisketrapp som økte anadrom strekningen med om lag 2,1 km opp til Almelidfossen. I 1993 ble det også bygget en laksetrapp i Almelidfossen, men foreløpig er det ikke registrert oppgang av laksefisk i denne. Denne trappen er nylig utbedret, slik at anadrom fisk nå skal kunne vandre videre opp den om lag 7 km lange elvestrekningen opp til Steinslandsvatnet, samt tilhørende innløpselver.

Habitatforholdene på den anadrome elvestrekningen fra Almelid og ned til sjøen ble kartlagt i 2010 (Gabrielsen m.fl. 2011). Generelt kan elven karakteriseres å være forholdsvis hurtigrennende og med flere større kulper/renner, og bunnsubstrat dominert av stein og grus. Det er gode gyteforhold på flere streder på elvestrekningen, og habitatforholdene synes generelt å være godt egnet for ungfisk av laks.

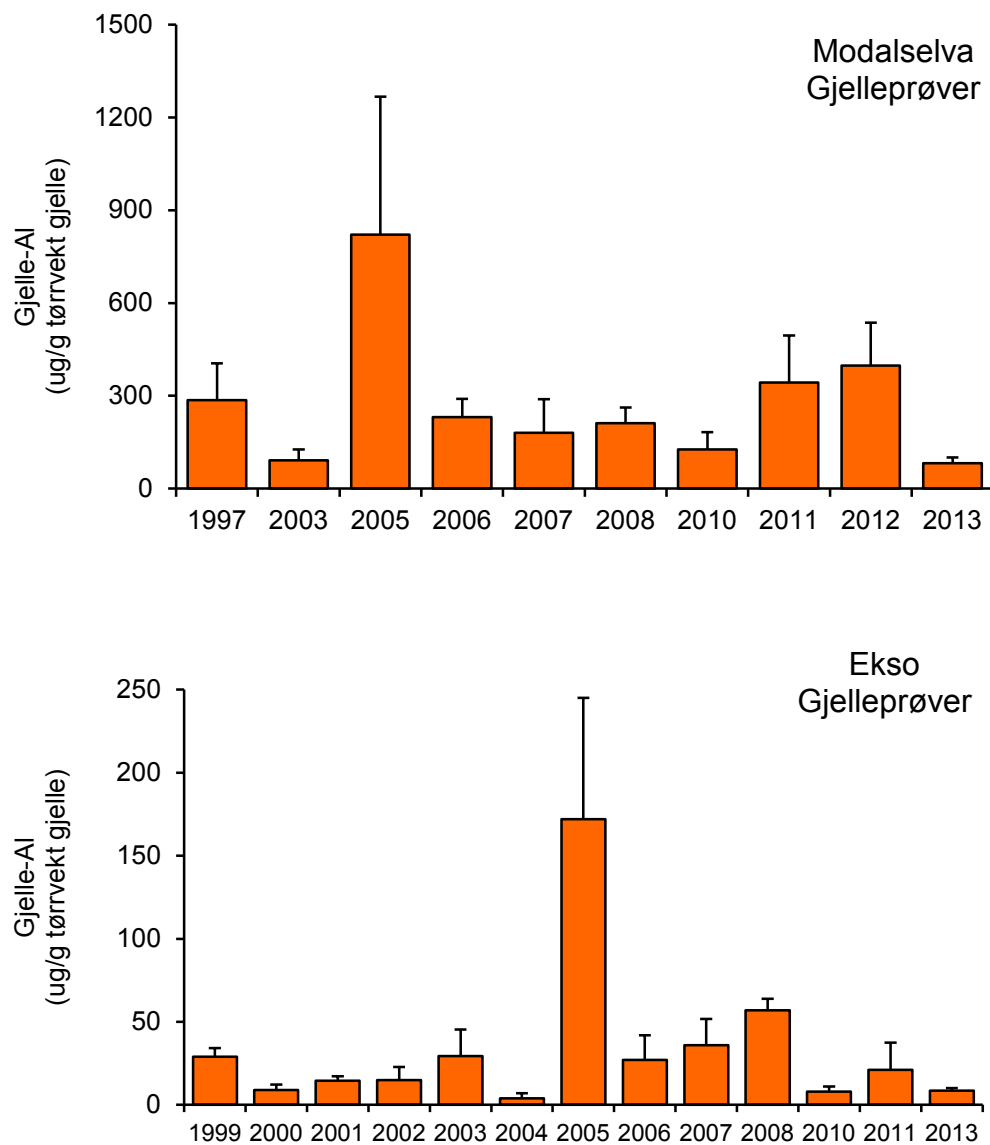
Vannkjemiske forhold

De vannkjemiske forholdene i Modalselva har vært overvåket kontinuerlig av NIVA i siden 1980, med unntak av perioden 2003-2006 (Garmo & Skancke 2013). Resultatene viser at Modalselva er forsuringspåvirket (Figur 3) og at verdiene for pH, ANC og giftig aluminium tilsvarer tilstandsklasse dårlig/svært dårlig i henhold til kriterier gitt for miljøtilstand i ferskvann (Haraldstad m.fl. 2012). Dette reflekteres også i gjennomgående høye verdier for giftig aluminium på gjellene hos ungfisk av laks og aure i vassdraget (Figur 4). Det har blitt registrert en betydelig bedring i de vannkjemiske forholdene utover 1990- og 2000-tallet, men vannkvaliteten er fortsatt på et nivå som er skadelig for

utvandrende laksesmolt, og de vannkjemiske forholdene vurderes fortsatt å være begrensende for å opprettholde en selvreproduserende laksebestand (Haraldstad m.fl. 2012).



Figur 3. Utvikling i pH, syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og labilt aluminium i Modalselva i perioden 1980-2013 (fra Garmo & Skancke 2013).



Figur 4. Gjennomsnittlige verdier med standardavvik for aluminium på fiskegjeller hos ungfisk av aure og/eller laks i perioden 1997-2013 i Modalselva (øverst) og fra Ekso som er kallet (nederst). Prøvene er tatt i ulike deler av sesongen i de ulike årene. Merk forskjellen på y-skalaen på de to figurene.

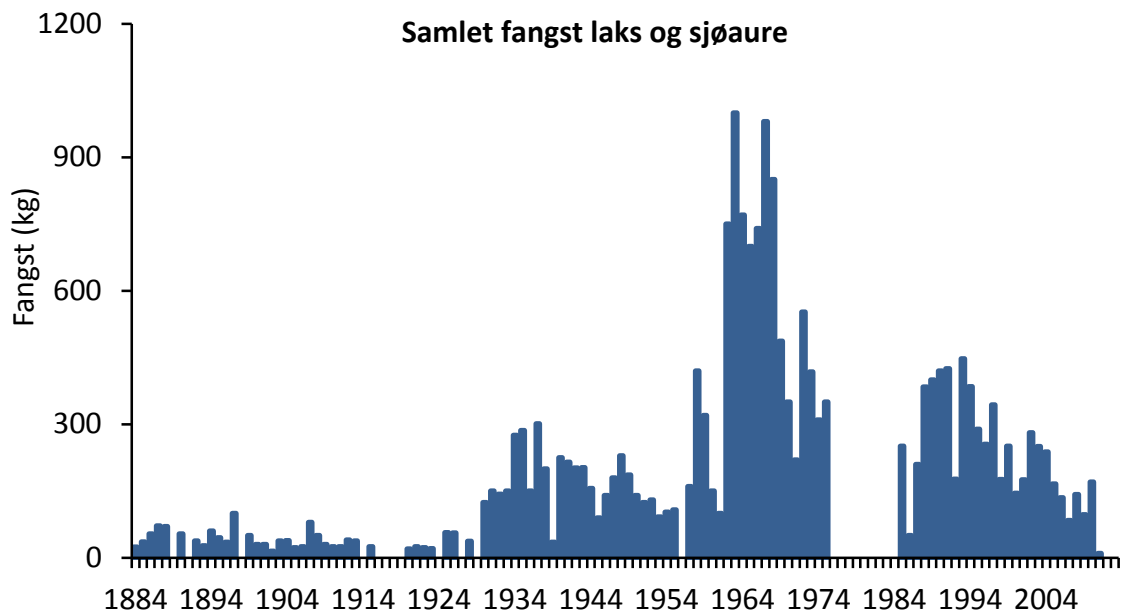
Det er også indikasjoner på at det kan forekomme episoder med gassovermetning fra Hellandsfoss kraftverk. Det pågår undersøkelser for å kartlegge omfanget av dette og hvorvidt det kan ha skadelige effekter bestanden av laks og sjøaure i Modalselva.

Status og historikk for bestanden av laks og sjøaure i Modalselva

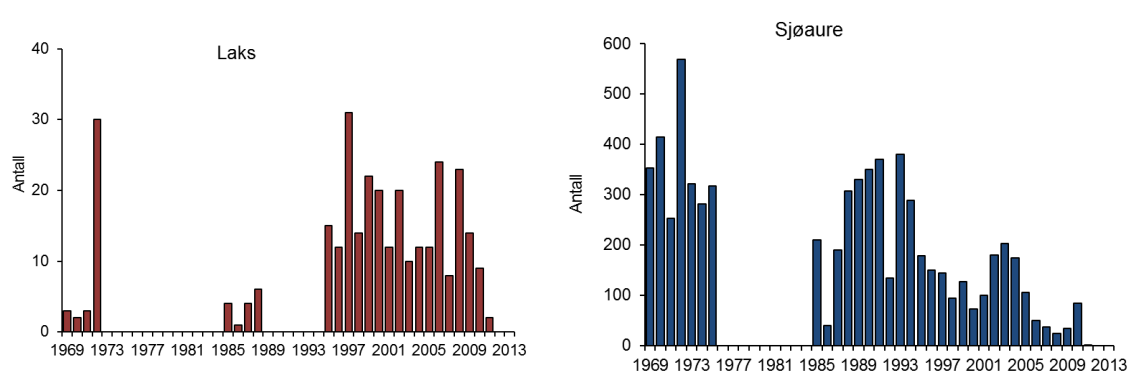
Fangststatistikk

Det finnes offisielle fangststatistikk for Modalselva tilbake til 1884, men statistikken er mangelfull gjennom store deler av perioden (Figur 5). Den høyeste registrerte fangsten er på 1000 kg samlet for laks og aure i 1963. Siden 1969, da det har vært skilt mellom laks og aure, er det i år med rapportert

fangst registret i gjennomsnitt 13 laks og 202 sjøaure. I tillegg oppgir Fjellheim (1994) at det i 1967 ble fanget 220 kg laks og 760 kg sjøaure. Det mangler imidlertid fangstdata for store deler av 1970-tallet. Manglende fangstrapportering bakover i tid skyldes trolig at fisket har vært dårlig organisert og at vassdraget ligger avsesides til. Som følge av svake fangster og negativ bestandsutvikling for sjøaure innførte det lokale forvaltningslaget stans i fiske etter sjøaure i 2012, 2013 og 2014. Sesongen 2014 var det åpnet opp for å fiske laks i vassdraget.



Figur 5. Samlet fangst av laks og sjøaure i Modalselva fra offisiell fangststatistikk i perioden 1984-2013.



Figur 6. Fangststatistikk for laks og sjøaure i Modalselva i perioden 1969-2013.

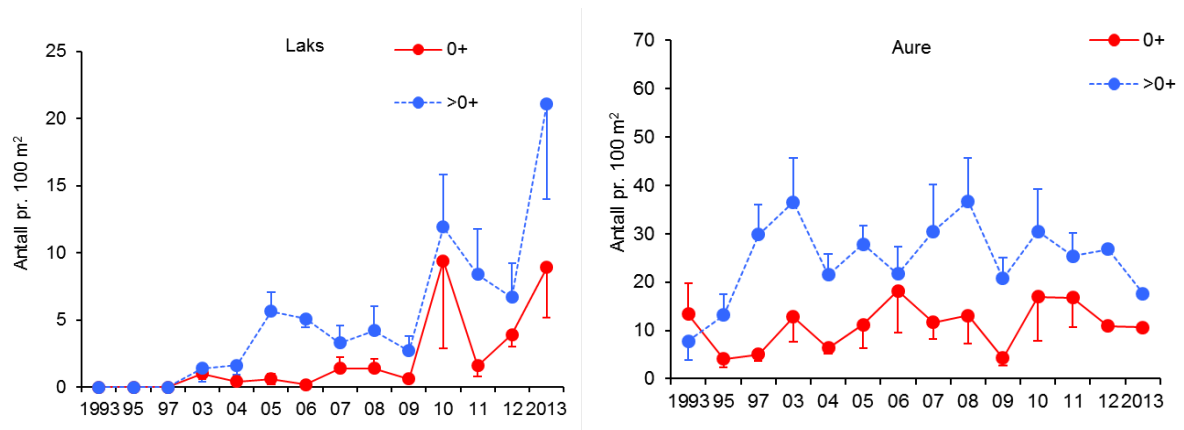
Historiske beretninger om laksefangst i Modalselva

De mangelfulle fangststatistikkene fra vassdraget gjør det vanskelig å vurdere både størrelse og utvikling til bestanden av laks og sjøaure over tid. De lave rapporterte laksefangstene gir ikke grunnlag for å vurdere den historiske utviklingen i laksebestanden og når den forsvant. Det finnes imidlertid flere historiske beretninger som vitner om laksefiske i Modalselva. I bygdeboka for Modalen er det beretninger om at rettigheter til laksefiske fra gardene på midten av 1800 tallet ble leid ut til engelskmenn (Farestveit 1990). I et avisutklipp i avisen Hordaland fra 1869 nevnes det at engelskmannen Henry Pottinger, som da leide fiskrettene i naboelva Ekso, bemerker at fiskeforholdene da var langt bedre i Modalselva, og at på Mo «hopper laksen på alle kanter». I 1881 ble fiskerettene leid ut for ti år til den bergenske skipsrederen Ellerhusen. I 1891 ble retten leid ut videre i ti år til bergenserne John Jakobsen Grøsvigen (Farestveit 1990, Rødland 2001). Dette viser at det tidligere ble utøvet et aktivt laksefiske i Modalselva.

Det har vært vanskelig å få sikker informasjon om hvor mye laks som har blitt tatt og når den forsvant fra vassdraget. I Sportsfiskerens Leksikon fra 1968 (Jensen 1968) opplyses det om lakseoppgang og om et organisert fiske etter laks og sjøaure i Modalselva, noe som tilser at det var laks i vassdraget i hvert fall frem til slutten av 1960-tallet. Både Hesthagen & Hansen (1991) og Lien m.fl. (1996) oppgir laksebestanden i Modalselva som tapt som følge av forsurening, men det er ikke opplyst om når den forsvant. Basert på fangster og utviklingen i vannkvalitet, er det sannsynlig at den opprinnelige laksebestanden i Modalselva forsvant på 1970-tallet. Det vil i så fall også sammenfalle i tid med økt forsurening og tap av flere av laksebestandene på Sørlandet.

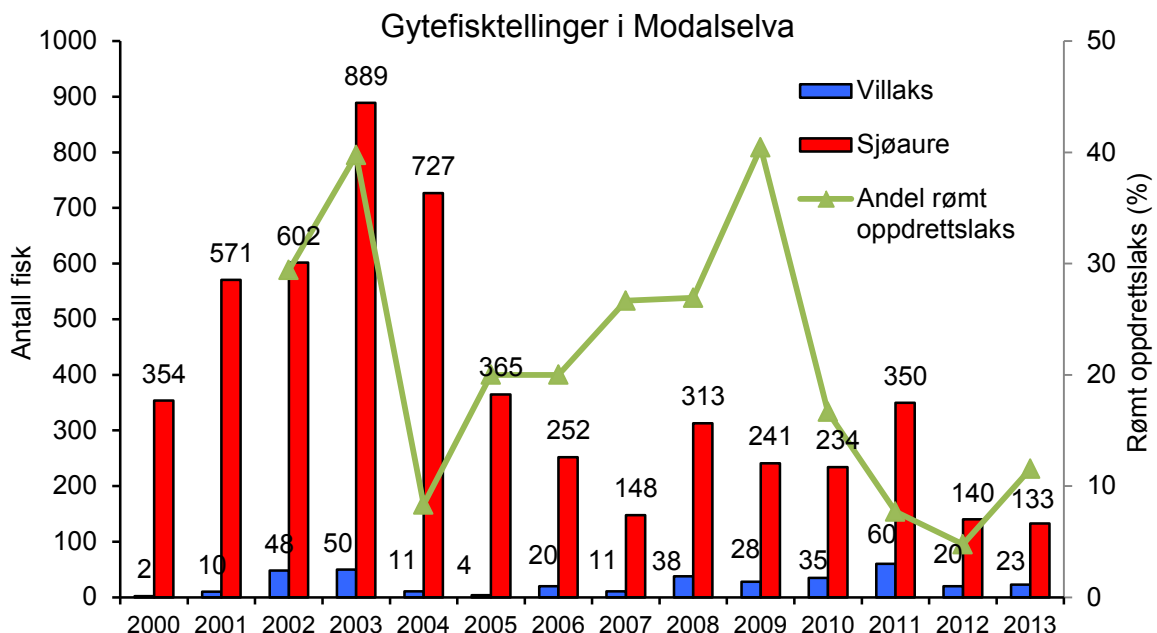
Status for dagens forekomst av laks og sjøaure

Det foreligger data fra ungfiskundersøkelser i Modalselva tilbake til 1993, med årlige undersøkelser siden 2003 (Figur 7). Ved elektrisk fiske i 1993, 1995 og 1997 ble det ikke registrert ungfisk av laks, noe som høyst sannsynlig skyldes de vannkjemiske forholdene. Fra og med 2003 har det blitt registrert lakseunger årlig, men tetthetene var svært lave frem til 2010. I perioden 2010-2013 har det blitt registrert en økning i tetthet av lakseunger, men tetthetene kan fortsatt karakteriseres som lave. Til sammenlikning har tettheten av ungfisk av aure generelt vært høyere og mer stabile gjennom perioden. Dette viser at produksjonen av laksesmolt inntil nylig har vært marginal eller fraværende i Modalselva, men at laksen i de senere år i økende grad har kolonisert vassdraget. Utviklingen i ungfisktettheter gjenspeiler også den positive utviklingen i vannkvalitet gjennom perioden. Selv om vannkvaliteten har bedret seg tilstrekkelig til at laksen overlever ungfiskstadiene, er det sannsynlig at de vannkjemiske forholdene fortsatt er begrensende for overlevelsen til utvandrende laksesmolt, som er det mest sensitive livsstadiet til laksen med hensyn på forsurening.



Figur 7. Gjennomsnittlige tettheter av ungfisk av laks og aure på stasjoner nedstrøms Hellandsfossen i Modalselva. Merk at y-aksen er forskjellig på de to figurene.

Ved gytefisktelling har det i perioden 2002-2013 blitt observert fra 2-83 laks i Modalselva (Figur 8). Innslaget av rømt oppdrettslaks har i gjennomsnitt vært 21 %, og i enkelte år over 40 %. Det må bemerkes at andelen rømt oppdrettslaks her kan være underestimert, ettersom en del laks erfaringsmessig kan bli feilbestemt som villaks ved gytefisktelling. Dette vil i så fall også resulterer i at villaksebestanden blir tilsvarende overestimert. Det har også i flere av årene i perioden aktivt blitt tatt ut rømt oppdrettslaks før gytesesongen i vassdraget. I skjellanalyser av 130 laks fanget i perioden 1999-2011 har innslaget av rømt oppdrettslaks variert fra 0-86 % mellom år (Urdal 2012). Gytefisktellene viser ingen klar trend i utviklingen til laksebestanden, mens gytebestanden av sjøaure har blitt betydelig redusert gjennom perioden (Figur 8).



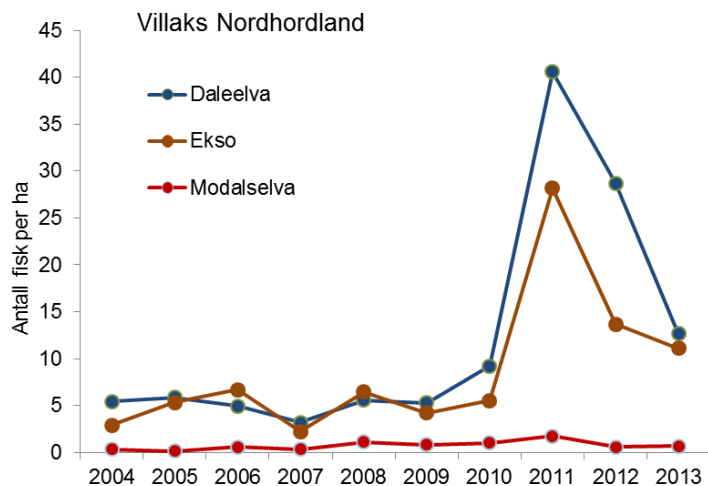
Figur 8. Antall laks, sjøaure og innslag av rømt oppdrettslaks fra drivtelling av gytefisk i Modalselva nedstrøms Hellandsfossen i perioden 2000-2013. I 2000 og 2001 er andelen rømt oppdrettslaks usikker.

Det observerte nivået på gytebestanden av laks i perioden 2000-2013 tilsvarer en eggetetthet mellom 0,1-0,6 egg per m², og dermed langt under det som antas å være tilstrekkelig for å sikre en fullverdig rekruttering i vassdraget. Nivået på bestanden kan derfor karakteriseres som marginal for opprettholdelse av en selvreproduserende laksebestand. Dette gjenspeiles også i de lave tetthetene av ungfisk. Den lave produksjonen av laksesmolt, samt det faktum at vannkvaliteten sannsynligvis har vært begrensende for overlevelse til utvandrende smolt, tilsier også at egenproduksjonen av laks i Modalselva med stor sannsynlighet har vært marginal eller fraværende. Den fåtallige bestanden av gytefisk som har vært i vassdraget i de senere årene har derfor sannsynligvis i stor grad har blitt opprettholdt gjennom fisk som har feilvandret fra andre vassdrag.

Modalen var tidligere kjent for å være en god sjøaureelv, og hadde en god gytebestand av sjøaure på begynnelsen av 2000-tallet. Utover 2000-tallet har imidlertid innsiget av sjøaure gått betydelig tilbake, og bestanden kan i de senere årene betegnes som lav til svært lav. Av den grunn har det lokale forvaltningslaget stanset fiske etter sjøaure fra 2012. Årsaken til tilbakegangen er imidlertid ikke kjent. En finner en tilsvarende utvikling også i noen andre vassdrag i fjordsystemet, som i Ekso, mens sjøaurebestanden i Daleelva derimot har vært forholdsvis stabilt god siden begynnelsen av 2000-tallet (Skoglund m.fl. 2014).

Status til laks i Modalelva sammenliknet med nærliggende vassdrag i Osterfjordsystemet

Felles for de fleste av de nærliggende lakseførende vassdragene i Osterfjordsystemet er at laksebestandene de siste tiårene har hatt lave og sårbare gytebestander av laks (Skoglund m.fl. 2014). Dårligst har bestandssituasjonen vært i Vossovassdraget og Ekso, som er nabovassdragene til Modalselva innerst i Osterfjordsystemet. Flere forhold synes å ha bidratt til denne situasjonen, men det synes å være et fellestrekk at mange av bestandene over tid har hatt lav sjøoverlevelse (Barlaup 2013). I tillegg viser telling av gytefisk og registreringsfiske på innvandrende laks at det har vært et betydelig innslag av rømt oppdrettslaks i elvene i fjordsystemet på 1990- og 2000 tallet (Barlaup 2013, Skoglund m.fl. 2014). Resultater fra det pågående Vossoprojektet har også vist at det forekommer spesielt høy dødelighet under smoltens utvandningsrute før den når havet (Barlaup 2013), og at det kan forekomme betydelig dødelighet som følge av påslag fra lakselus (Vollset m.fl. 2014). Det er sannsynlig at eventuell utvandrende smolt fra Modalselva er utsatt for de samme utfordringene i utvandningsruten og i sjøopphold som smolt fra nabovassdragene, og at dette har bidratt til å påvirke situasjonen til laksen i tillegg til forsuren. Høsten 2011 ble det imidlertid observert en markant økning i innsiget av gytefisk i alle de øvrige laksebestandene i fjordsystemet, og gytebestanden i 2012 og 2013 var også større enn i årene før 2011 (Skoglund m.fl. 2014). Dette skyldes høyst sannsynligvis spesielt god sjøoverlevelse for smolt som vandret ut av i havet våren 2009, og viser at smoltproduksjonen i disse vassdragene er tilstrekkelig til å gi solide innsig av laks dersom det er gunstige forhold for overlevelse i sjøfasen. Det ble også observert en større gytebestand av laks i Modalselva i 2011 sammenliknet med tidligere (60 villaks observert under gytefisketelling), men økningen er allikevel marginal sammenliknet med det en finner i blant annet Ekso og Daleelva (Figur 9), og trolig ikke høyere enn en kan forvente ut i fra økt antall feilvandrere. Dette bidrar til å forsterke inntrykket av at smoltproduksjonen i Modalelva er marginal, evt. at smoltkvaliteten er for dårlig, til at vassdraget har en selvreproduserende bestand av laks.

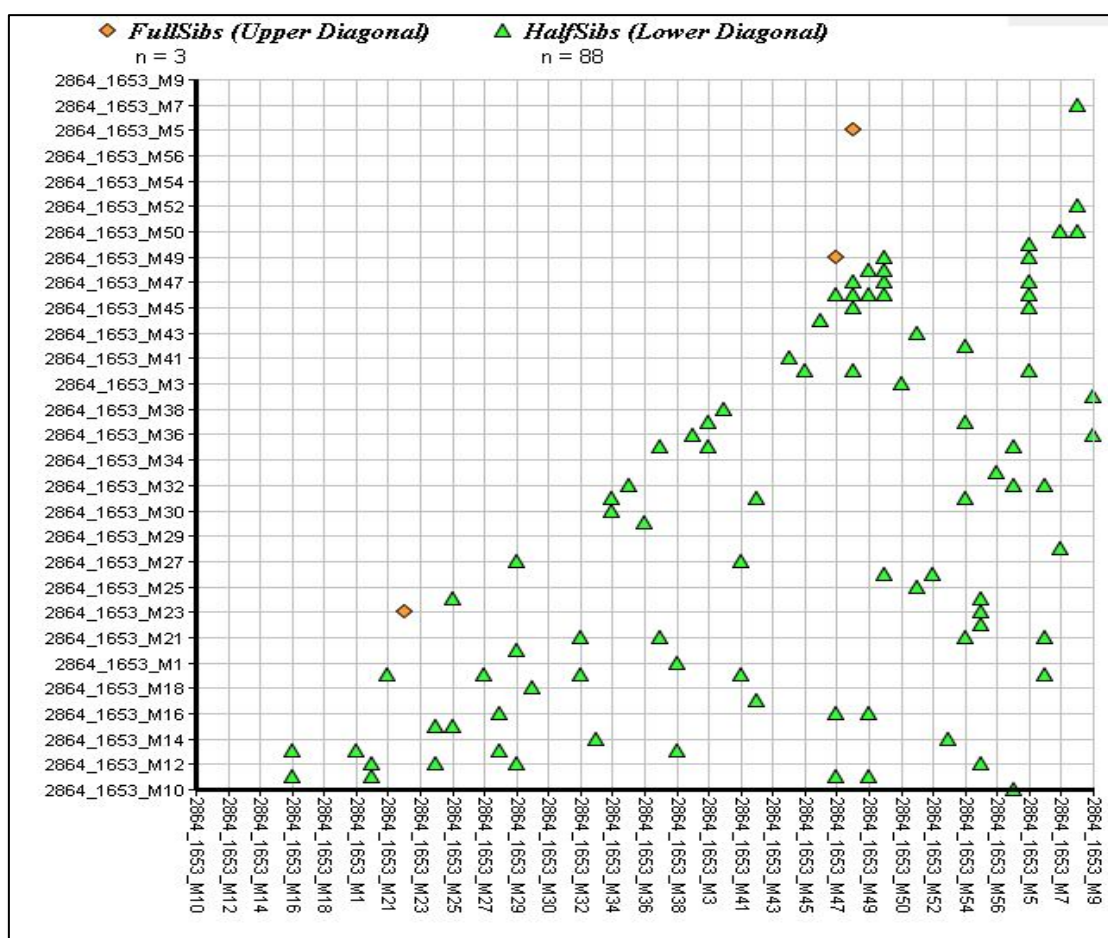


Figur 9. Antall villaks observert ved gytefisketelling per elveareal i Modalselva, Daleelva og Ekso i perioden 2004-2013. En positive utviklingen ble registrert fra 2011 i Daleelva, Ekso og en rekke andre Vestlandsvassdrag men ikke i Modalselva, noe som viser at smoltproduksjonen eller smoltkvaliteten i Modalselva er marginal sammenliknet med naboelvene.

Genetiske analyser av ungfisk fra Modalselva

De genetiske analysene ble utført på 57 lakseparr fra tre årsklasser fanget inn fra Modalselva den 15. april 2014. DNA ble isolert fra finneprøver ved bruk av Qiagen 96DnEasy isoleringskit, i henhold til produsentens anbefalte prosedyre. Mengden DNA i ekstraktene ble kvantifisert og en fortynnet løsning med konsentrasjon på 15 ng DNA/ul ble laget for kjøring av PCR for 18 mikrosatelittmarkører. PCR produkter ble størrelsesbestemt på en ABI 3730XL sekvenseringsmaskin, og alleler bestemt ved hjelp av programmet GENEMAPPER 5.0 .

Resultatene fra analysen av DNA markører i prøvene ble analysert på flere måter. For å avdekke eventuell familiestruktur i prøvene, noe som kan påvirke resultatene av andre statistiske analyser (Rodriguez-Ramilo & Wang 2012), ble datasettet analysert i programmet COLONY (Jones og Wang 2009)). COLONY påviser sannsynlige hel- og halvsøsken blant individer i en prøve, og kan gi indikasjoner på om sampling er foretatt på et for begrenset område, eller også om ungfisken i elva stammer fra et fåtall gytefisk. Resultatet er vist grafisk i Figur 10. I prøven fra Modalselva ble det påvist 3 sannsynlige helsøskenpar. Dette er et normalt resultat for prøver av ungfisk innsamlet med elektrofiske. Analysen av familiestruktur gir ingen indikasjon på at ungfiskmaterialet stammer fra et fåtall gytefisk/familier, men viser en normal familiestruktur i prøver fra i en vill laksepopulasjon.



Figur 10. Plott av familiestruktur estimert i programmet Colony i 57 parr fra Modalselva. Orange punkt representerer sannsynlige helsøskenpar, mens grønne punkt er mulige halvsøskenpar blant individene i prøven.

For å sammenlikne prøvene fra Modalselva med andre laksebestander i Osterfjorden ble et datasett satt sammen bestående av historiske og nåtidige prøver fra elvene Vosso, Ekso, Dalelva og Loneelva, samt nåtidige prøver fra Arnaelva, i tillegg til Modalselva. For enkelte av analysene inkluderte vi også et sammensatt datasett bestående av prøver av oppdrettslaks fra ulike lokaliteter, med bakgrunn i ulike avlsstammer (se Tabell 1).

Genetisk variasjon og diversitet i prøvene ble analysert i statistikkprogrammet R og pakken diveRsity (Keenan mfl. 2013). Diversitetsmål som heterozygositet, antall alleler og "allelic richness" (et mål for antall alleler i forhold til prøvestørrelse) viste at prøvene fra Modalselva hadde verdier på linje med nåtidige prøve fra de andre populasjonene i Osterfjordsystemet (se Tabell 1). For flere av elvene ble det observert høyere antall alleler/større allelic richness i nåtidige prøver i forhold til historiske prøver, noe som er forenlig med innkryssing av genmateriale fra rømt oppdrettsfisk (se Skaala mfl. 2006, Glover mfl. 2012 for diskusjon).

Tabell 1. Antall individer, antall alleler observert i 18 mikrosatelittloci, "allelic richness" og observert heterozygositet prøver fra elver i Osterfjorden.

Prøve nr	Populasjon	Antall individer	Antall alleler	"Allelic richness"	Forventet heterozygositet
1	Vosso 1980	50	177	8.85	0.75
2	Vosso 1993-1996	72	229	11.11	0.76
3	Ekso 1989-2000	60	244	11.98	0.77
4	Ekso 2005-2007	54	225	11.39	0.77
5	Daleelva 1989-1991	59	180	8.26	0.76
6	Daleelva 2005-2007	60	222	10.99	0.77
7	Arnaelva 2005-2007	60	221	10.83	0.77
8	Loneelva 1986-1993	66	178	8.59	0.74
9	Loneelva 2001-2007	59	207	10.4	0.76
10	Modalselva 2014	57	206	10.18	0.76
11	Blandet oppdrettsprøve	90	198	9.8	0.74

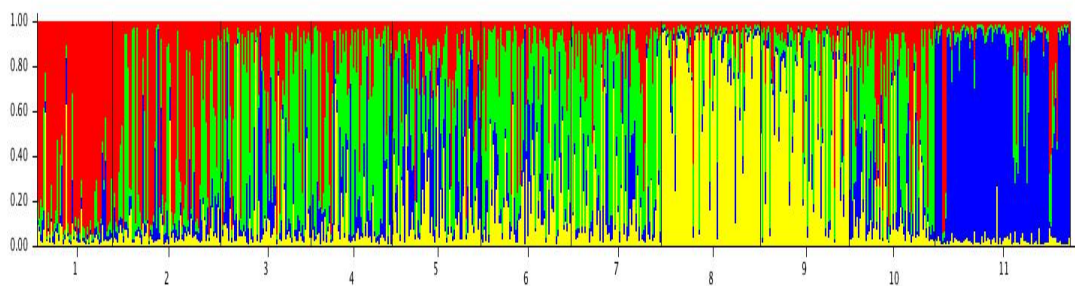
Tabell 2. Parvis genetisk differensiering mellom prøvene, målt som FST

	Vosso 80	Vosso 93-96	Ekso 89-00	Ekso 05-07	Daleelva 89-91	Daleelva 05-07	Arnaelva 05-07	Loneelva 86-93	Loneelva 01-07	Modalselva 14
Vosso 93-96	0.0073									
Ekso 89-00	0.0168	0.0038								
Ekso 05-07	0.0233	0.0099	0.0008							
Daleelva 89-91	0.0244	0.0075	-0.0007	0.0041						
Daleelva 05-07	0.0262	0.011	0.0031	0.0058	0.0034					
Arnaelva 05-07	0.0252	0.011	0.0055	0.0094	0.0052	0.0075				
Loneelva 86-93	0.0445	0.0329	0.0279	0.0321	0.0313	0.0232	0.0284			
Loneelva 01-07	0.0351	0.0182	0.0082	0.0116	0.007	0.0089	0.0133	0.0149		
Modalselva 14	0.0303	0.0152	0.0081	0.0131	0.0081	0.0095	0.0115	0.0357	0.0177	
Oppdrett	0.0411	0.0238	0.02	0.0202	0.0165	0.0221	0.0264	0.0495	0.0303	0.0257

Analyser av parvis FST, et mål på genetisk differensiering mellom populasjoner, i programmet GENEPOP 4.2.1 (Raymond og Rousset 1995) viste at den genetiske differensieringen mellom prøvene fra elvene i fjordsystemet var variabel (verdier fra 0.0 til 0.045, se Tabell 2). Den laveste genetiske differensieringen ble observert mellom de historiske prøvene fra Daleelva og Ekso, og den høyeste forskjellen ble funnet mellom historiske prøver fra Vosso og Loneelva. Det generelle bildet er at forskjellen mellom nåtidige prøver er lavere enn mellom historiske prøver, som tidligere observert mellom andre elver av Skaala mfl. (2006) og Glover mfl. (2012). Den laveste verdien for Modalselva ble observert i sammenlikningen mot de historiske prøvene fra Daleelva og Ekso (0.008), og forskjellen var også liten sammenliknet med nåtidige prøver fra de samme elvene. Den største differensieringen ble observert i forhold til den historiske prøven fra Loneelva.

Analyser av avvik fra Hardy-Weinberg likevekt, og koblingsulikevekt i GENEPOP 4.2.1 viste ingen spesielle trekk ved prøven fra Modalselva som kan antyde at prøven stammer fra et begrenset antall gytefisk og bekrefter resultatene fra analysen i COLONY.

Prøvene ble også analysert i programmet STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard mfl. 2000). Dette programmet utfører en cluster-analyse slik at individer tildeles medlemskap i en eller flere forhåndsdefinerte grupperinger, cluster. Strukturdiagrammet (Figur 11) viser genetisk likhet mellom individer og sett med prøver. Hver fisk blir representert med en vertikal linje som kan bestå av et eller flere farger. Hver genetisk gruppe blir angitt med en farge, og tar høyde for at en samlet prøve evt. kan bestå av fisk av forskjellige opphav (både genetisk blanding dvs. kryssninger mellom grupper og fysisk blanding). Vi kjørte 10 replikate run i Structure, med antall cluster satt fra 1-11, og resultatene ble analysert videre i programmet Structure Harvester. Ved hjelp av Structure Harvester og Evanno's metode (Evanno mfl. 2005) som er implementert i dette programmet, kan det "korrekte" antall cluster bestemmes. I dette datasettet var fire cluster det mest sannsynlige antallet. Et plott fra et run med antall cluster =4 er vist i Figur 11. Vossoprøvene, historisk og nåtidig ser ut til utgjøre det ene clusteret, mens Loneelva og oppdrettsprøven også utgjør relativt veldefinerte egne cluster. Det fjerde clusteret består av prøver fra Ekso, Daleelva og Modalselva. Det er få likhetstrekk mellom den blandete prøven av oppdrettslaks og elveprøvene, inkludert prøvene fra Modalselva.



Figur 11. Structure-plott med 4 cluster for elvene i Osterfjorden, og en blandet prøve av oppdrettslaks. (Vosso: 1-2, Ekso: 3-4, Dale: 5-6, Arna: 7, Lone: 8-9, Modalselva: 10, Oppdrettsprøve: 11, historisk prøve lavest tall).

Konklusjon genetisk analyser

Basert på de genetiske analysene av 57 parr fra Modalselva ser det ut til at disse har opphav i laks som ikke er veldig forskjellig fra laksen i Ekso og Daleelva. Videre viser antallet familier representert at prøvene ikke har opphav fra noen få tilfeldige gytere. Det er få likheter med en blandet prøve av oppdrettslaks, og mest sannsynlig har prøvene fra Modalselva opphav fra enten en nylig etablert populasjon i elva, eller et større antall feilvandret fisk fra andre vassdrag i fjorden, som Daleelva og Ekso. Det kan imidlertid ikke utelukkes at også rømt oppdrettslaks har bidratt til denne populasjonen, som den sannsynligvis har gjort til de andre populasjonene i fjorden. For Vosso er det vist med genetiske analyser at den nåtidige populasjonen er delvis oppblandet med rømt oppdrettslaks (Glover et al. 2013). Den blandete prøven av oppdrettslaks vi har benyttet i disse analysene representerer nødvendigvis ikke hele variasjonsbredden i rømt laks og analysene vi har gjennomført her kan derfor ikke kvantifisere andelen innkrysset rømt laks i Modalselva relativt til feilvandret fisk fra andre vassdrag i fjorden.

Oppsummering og konklusjon

- De fysiske forholdene tilsier at det er til dels svært gode gyte- og oppvekstforhold for laks i Modalselva. Disse gunstige habitatforholdene tilsier at det ligger godt til rette for å opprettholde en selvreproduserende laksebestand i elven dersom kalkingen iverksettes.
- Historiske kilder viser at det allerede på midten av 1800-tallet ble leid ut rettigheter til laksefiske i vassdraget og at det frem til 1960-tallet ble fisket laks. Fangststatistikken fra vassdraget er imidlertid svært mangelfull, og gir liten informasjon om hvor stor bestanden var tidligere. Sammen med habitatforholdene viser beretninger om laksefangst og utleie av fiskeretter at vassdraget med stor sannsynlighet hadde en selvreproduserende og høstbar laksebestand før forsuringen tiltok.
- Det foreligger ikke noen klar dokumentasjon om når laksen forsvant fra vassdraget, men ut i fra fangster og utvikling i vannkjemiske forhold er det sannsynlighet at laksen døde ut på 1970-tallet.
- Vannkjemisk overvåking viser at Modalselva har vært kronisk forsuret og overskrider tålegrensen for laks gjennom 1980- og 1990-tallet. Det ble ikke funnet lakseunger i vassdraget på 1990-tallet, og det er ikke identifisert noen mulige refugieområder hvor laksen kan ha overlevd. Det vurderes derfor som svært lite sannsynlig at deler av den opprinnelige laksebestanden kan ha overlevd igjennom den mest forsuringsutsatte perioden, og dermed at det kan være rester av den opprinnelige bestanden i vassdraget.
- Utover 2000-tallet har forsuringen avtatt, og det er også registrert en økning i tettheter av lakseunger i de senere årene. Tetthetene av ungfisk er fortsatt lave, og vannkvaliteten vurderes fortsatt å være kritisk for utvandrende smolt, som er det mest forsuringsømfintlige livsstadiet i laksens livssyklus.
- Siden 2000 er det årlig registrert gyting av laks i Modalselva, men gytebestanden har vært fåtallig og i enkelte år med et betydelig innslag av rømt oppdrettslaks. Den lave rekrutteringen fra vassdraget og den dårlige vannkvaliteten tilsier at gytebestanden i de senere årene sannsynligvis har vært opprettholdt av feilvandret fisk fra andre vassdrag.
- De genetiske analysene tilsier at dagens ungfisk i Modalselva synes å ha samme opphav som bestandene i Ekso og Daleelva. Dette tilsier at dagens laks i Modalselva i hovedsak har opphav fra feilvandret laks fra andre vassdrag i fjordsystemet, eller fra en nylig etablert bestand fra disse bestandene.
- De genetiske analysene tilsier at laksen i Modalen har liten likhet med oppdrettslaks. Dette sammenfaller også med at det ble observert en lav andel rømt oppdrettslaks i gytebestandene som er opphav for årsklassene som inngår i analysen.

Referanser

- Barlaup, B.T. (red.) 2013. Redningsaksjonen for Vossolaksen. DN-utredning 1-2013. 224 s.
- Evanno, G., Regnaut, S., and Goudet, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. *Molecular Ecology*, 14: 2611-2620.
- Farestveit, Olav (red). 1990. Bygdebok for Modalen herad: Mo sokn og Eksingedalen sokn. 2: Allmenn bygdesoge, Modalen kommune.
- Fjellheim, A. 1994. Hellandsfoss kraftverk. Undersøkelser for å fastlegge virkninger på fisk. LFI. Zoologisk Museum. UiB. LFI-rapport nr. 81.
- Gabrielsen, S.E., Barlaup, B.T., Halvorsen, G.A., Sandven, O.R., Wiers, T., Lehmann, G.B., Skoglund, H., Skår, B. & Vollset, K.W. 2011. «LIV – Livet i vassdragene» - Langsiktige undersøkelser av laks og aure i Modalselva i perioden 2006-2011. LFI-Rapport 188.
- Gabrielsen, S.E., Barlaup, B.T., Skoglund, H., Halvorsen, G.A., Sandven, O.R., Wiers, T., Lehmann, G.B., Pulg, U., Vollset, K.W. & Normann E.S. 2013. «LIV – Livet i vassdragene» - Langsiktige undersøkelser av laks og aure i seks regulerte elver i perioden 2006-2012. LFI-Rapport 194. 36 s.
- Glover, K. A., Quintela, M., Wennevik, V., Besnier, F., Sorvik, A. G. E., and Skaala, O. 2012. Three Decades of Farmed Escapees in the Wild: A Spatio-Temporal Analysis of Atlantic Salmon Population Genetic Structure throughout Norway. *Plos One*, 7.
- Glover, K. A., Pertoldi, C., Besnier, F., Wennevik, V., Kent, M., and Skaala, O. 2013. Atlantic salmon populations invaded by farmed escapees: quantifying genetic introgression with a Bayesian approach and SNPs. *Bmc Genetics*, 14.
- Jones, O. R., and Wang, J. 2010. COLONY: a program for parentage and sibship inference from multilocus genotype data. *Molecular Ecology Resources*, 10: 551-555.
- Lien, L., G.G. Raddum, A. Fjellheim & A.Henriksen. 1996. A critical limit for acid neutralizing capacity in Norwegian surface waters, based on new analyses of fish and invertebrate responses. *The Science of the Total Environment* 177: 173-193.
- Pritchard, J. K., Stephens, M., and Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155: 945-959.
- Raymond, M., and Rousset, F. 1995. Genepop (Version-1.2) – Population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity*, 86: 248-249.
- Rodriguez-Ramilo, S. T., and Wang, J. 2012. The effect of close relatives on unsupervised Bayesian clustering algorithms in population genetic structure analysis. *Molecular Ecology Resources*: no-no.
- Rødland, Kjartan. 2001. Modalen – Elva som fødte bygda.
- Skaala, O., Wennevik, V., and Glover, K. A. 2006. Evidence of temporal genetic change in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., populations affected by farm escapees: Interactions between Aquaculture and Wild Stocks of Atlantic Salmon and other Diadromous Fish Species: Science and Management, Challenges and Solutions. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1224-1233.
- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Lehmann, G.L., Normann, E.S., Wiers, T., Skår, B., Pulg, U., Vollset, K.W., Velle, G. & Gabrielsen, S.-E.. 2014. Gytefisktelling og registrering av rømt oppdrettslaks i elver på Vestlandet høsten 2013. LFI-rapport nr. 230.
- Urdal, K. 2012. Skjelprøvar frå Hordaland 2011 – innslag av rømt oppdrettslaks og vekstanalysar. Rådgivende Biologer AS. Rapport nr 1563.