DIREKTORATET FOR NATURFORVALTNING

UTREDNING

DN-utredning 7-2010

Etablering av nye laksestammer på Sørlandet

Erfaringer fra arbeidet i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking

Etablering av nye laksestammer på Sørlandet

DN-utredning 7-2010

Utgiver:
Direktoratet for naturforvaltning

Dato: Desember 2010

Antall sider: 126

Emneord: laks, genetikk, forsuring, kalking, ferskvann, elver, regulering

Keywords: atlantic salmon, genetics acidification, liming, freshwater, rivers

Bestilling:
Direktoratet for naturforvaltning,
postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00
Telefaks: 73 58 05 01
www.dirnat.no/publikasjoner

Refereres som:
Trygve Hesthagen, redaktør 2010.
Etablering av nye laksestammer
på Sørlandet. Erfaringer fra arbeidet i
Mandalselva og Tovdalselva etter kalking.
DN-utredning 7-2010

ISBN (Trykt): 978-82-7072-758-2
ISBN (PDF): 978-82-7072-761-2
ISSN (Trykt): 0804-1504
ISSN (PDF): 1891-4616

Layout: Guri Jermstad AS

Foto forside: Tore Wiers, Uni Miljø, LFI

EKSTRAKT:

I Tovdalselva og Mandalselva døde laksebestandene ut i løpet av 1970-tallet. I 1996/97 ble de to elvene kalket for å oppnå en tilfredsstillende vannkvalitet for laks. Det ble også opprettet et prosjekt for å etablere nye laksebestander i de to elvene. Dette skulle gjennomføres ved utlegging av rogn og utsetting av settefisk og smolt, basert på genetiske vurderinger med hensyn til valg av stammer, og på en veterinærmessig forsvarlig måte for å hindre spredning av sykdommer og parasitter. Det ble valgt laksestammer fra to naboelver, fra Storelva i Vegårsvassdraget til bruk i Tovdalselva, og fra Bjerkreimselva til bruk i Mandalselva. I Tovdalselva kom utsettingene i gang allerede ett år etter kalkingsstart. I Mandalselva startet derimot ikke utsettingene før sju år etter kalkingsstart pga oppbygging av stamfiskbestand og strenge veterinærbestemmelser. Et uventet høyt antall naturlig oppvandret gytefisk førte til en betydelig ungfiskproduksjon før utsettingene kom i gang. Etter kalkingen har vannkvaliteten i begge elvene hovedsak vært tilfredsstillende for laks. Dette gjelder spesielt siden 2006, da det vannkjemiske målet ble økt fra pH 6,2 til 6,4 under smoltens utvandringsperiode. I Tovdalselva har fangstene av voksen laks vært lave, med 1 650 kg som høyest utbytte. Gytebestandsmålet er derfor ikke på langt nær nådd. I Mandalselva har derimot utbyttet av laks siden 2001 variert mellom 6 000 og 12 000 kg. Gytebestandsmålet er derfor i ferd med å bli nådd, bortsett fra på reguleringspåvirkede strekninger. Analyse av gamle og nye lakseskjell viser at de nye laksestammene i Mandalselva og Tovdalselva er genetisk forskjellige fra tidlig 1900-tall. I Tovdalselva har utsettingene av Storelvlaks i stor grad påvirket den genetiske utviklingen i den nye laksestammen. Målet med styrt reetablering er derfor i stor grad oppnådd. I Mandalselva har derimot utsettingene av Bjerkreimslaks hatt liten genetisk påvirkning på den nye laksestammen. Det anbefales at utsettingene i Mandalselva avsluttes, mens de fases ut i nær framtid i Tovdalselva.

ABSTRACT:

In southernmost Norway, 21 acidified salmon rivers with lost or damaged populations are now being limed. The strategy employed to reestablish and recover salmon stocks after liming has ranged from natural spawning of strayers, to supplementary stockings of hatchery-reared eggs and fish. Two of the limed rivers; Tovdalselva and Mandalselva, which have lost their native populations of salmon, have been limed continually since 1996/97. The water quality has generally been satisfactory, with a special focus on smolts during the critical period of the spring snowmelt. Supplementary stockings of salmon eggs, fry and smolts were carried out in both Tovdalselva and Mandalselva, starting one and seven years after liming, respectively. The fish were offspring of native strains from two nearby rivers, the Storelva and Bjerkreimselva, respectively. In River Mandalselva, the salmon stock increased rapidly after liming, apparently due to the spawning of large number of wild strayers, and since 2001 the catches of adult have ranged between 6000 and 12000 kg. However, the development in River Tovdalselva has been rather slow due to few strayers, with a maximum yield so far of 1650 kg. In River Mandalselva, we were not able to control the genetic dynamics which were only to a small extent influenced by the stocked strain, while this could be done in River Tovdalselva. Thus, in cases where released fish are intended to displace strayers during the recolonization process, stocking should commence as soon as possible after the water quality has been sufficiently improved by liming. The number of stocked salmon must also be greater than the existing population of strayers. In River Mandalselva, the number of spawners is now close to the suggested spawning target, and further stocking is not necessary. In River Tovdalselva, however, the spawning target has not yet been met, and stocking may need to continue for a few more years.

Forord

Direktoratet for naturforvaltning (DN) opprettet i 1997 "Reetableringsprosjektet" for laks på Sørlandet. På den tiden hadde de fleste laksestammene i denne landsdelen vært tapt i rundt 30 år. Prosjektet har hatt fokus på å etablere nye laksebestander i Mandalselva og Tovdalselva, og å skape en vannkvalitet som ikke er til skade på laksens rekruttering og overlevelse. Videre skulle det gjennomføres en genetisk og veterinærmessig forsvarlig fiskekultivering gjennom valg av laksestammer og tiltak for å hindre spredning av sykdommer og parasitter. Forsterkningstiltakene er basert både på utlegging av rogn, og utsetting av énsomrig settefisk og smolt. Prosjektet skulle sikre en vitenskapelig basert kunnskapsoppfølging gjennom ulike FoU-aktiviteter. Det har vært ledet av Direktoratet for naturforvaltning (DN), med deltakelse fra fylkesmennene i Vest-Agder og Aust-Agder, Agder Energi Produksjon (AEP), Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Prosjektet er finansiert av DN, med bidrag fra Agder Energi Produksjon.

Kontaktperson for prosjektet reetablering av laks på Sørlandet i DN er Roy M. Langåker.

Trondheim, desember 2010
Yngve Svarte
Direktør Artsforvaltningsavdelingen

Gamle fangstanlegg for laks ved utløpet av Mandalselva. Dette forteller at Mandalselva hadde en stor laksebestand før sur nedbør utryddet laksen i elva. At laksebestanden var stor viser også offisiell fangsstatistikk med innrapporterte årlige fangster på 34 000 kg på slutten av 1800-tallet. Foto: Svein Haugland

Innhold

Forord ... 3

Sammendrag ... 5

1 Innledning ... 7

Syntese ... 8

2 Områdebeskrivelse ... 27

2.1 Om vassdragene ... 27

2.2 Vannkjemisk utvikling etter kalking ... 28

3 Vannkjemiens betydning for laksens fysiologiske status, og bestandsutvikling ... 37

4 Kultiveringsstrategier og bestandsutvikling ... 47

4.1 Kultiveringsstrategier ... 47

4.2 Rognplanting som metode for å styrke reetableringen av laksebestandene i Tovdalselva og Mandalselva ... 48

4.3 Utviklingen i tettheten av laksunger i Mandalselva og Tovdalselva basert på elfiske ... 52

4.4 Utviklingen i bestandene av voksen laks etter kalkingen av Tovdalselva og Mandalselva ... 58

4.5 Sammenhengen mellom eggtetthet og rekruttering hos laksen i Tovdalselva og Mandalselva ... 64

4.6 Sammenhengen mellom vekst og tetthet hos lakseunger i Mandalselva og Tovdalselva ... 66

5 Komparative studier av vekst og overlevelse hos laks av Mandals- og Bjerkreimsstammen i Mandalsvassdraget ... 69

5.1 Forsøk med planting av rogn av laks fra Bjerkreimselva og Mandalselva i Kosåna ... 69

5.2 Komparative studier av vekst og overlevelse av utsatt énsomrig settefisk av laks av Mandals- og Bjerkreimsstammen i Mandalselva: en analyse basert på gjenfangster av parr ved elfiske ... 71

5.3 Komparative studier av vekst og overlevelse hos énsomrig settefisk av Mandals- og Bjerkreimslaks i Mandalselva: en analyse basert på gjenfangster av smolt ... 75

5.4 Overlevelse og feilvandring hos laks satt ut som smolt i Mandalselva, med vekt på effekter av Laudal kraftverk og komparative studier av smolt av Bjerkreims- og Mandalsstamme ... 76

6 Smoltundersøkelser ... 80

6.1 Smolten Tovdalselva, utvandringstidspunkt, størrelse og alder i perioden 2004-09 ... 80

6.2 Smolten i Mandalselva, utvandringstidspunkt, størrelse og alder i perioden 2001-09 ... 83

7 Genetisk bestandsutvikling av laksen i Tovdalselva og Mandalselva ... 91

8 Modellering av utviklingen i de reetablerte laksebestandene i Tovdalselva og Mandalselva ... 95

9 Vedlegg ... 107

Sammendrag

De gamle laksestammene i Tovdalselva og Mandalselva døde ut rundt 1970 på grunn av forsuring. Kalkingen i disse to elvene startet i 1996 og 1997, og det har gitt grunnlag for nye laksestammer. Laksebestanden i Mandalselva har økt raskt, og gitt grunnlag for et betydelig fiske. Prosjektet har generert ny kunnskap om oppbyggingen av nye laksestammer i fisketomme elver. I Sør-Norge kalkes det eller har vært kalket i 22 lakseførende elver der laksebestanden enten gikk tapt eller ble sterkt redusert pga sur nedbør. I disse elvene blir det nå årlig fisket 45-50 tonn laks, eller 10-12 % av den totale elvefangsten av laks i Norge. Kalking er derfor et svært viktig tiltak for å bevare og styrke den norske villaksen.

Sur nedbør har utryddet laksen i minst 18 norske vassdrag. I tillegg har det ført til at mengden laks ble sterkt redusert i 40-50 andre elver. På Sørlandet er de fleste laksestammene utryddet pga sur nedbør. I 1997 satte Direktoratet for naturforvaltning i gang omfattende undersøkelser i forbindelse med oppbygging av nye laksestammer i Tovdalselva og Mandalselva. Hovedmålsettingen med prosjektet var å undersøke om kalkingen ga en så god vannkvalitet for alle livsstadier hos laks at det lot seg gjøre å bygge opp igjen nye laksestammer. Disse elvene ble kalket i 1996 og 1997. I Mandalselva er reguleringer for vannkraftproduksjon også en trussel for laksen. I begge elvene viste yngeltellinger før kalkingsstart at de opprinnelige laksebestandene hadde gått tapt. Det ble riktignok fanget noe laks før kalkingene på 1990-tallet. Men dette var fremmed laks, som enten var rømt oppdrettfisk, fisk fra ulike forsøksutsettinger av smolt eller feilvandret laks fra andre elver.

For å etablere nye laksestammer ble det gjennomført fiskeutsettinger. Det ble valgt å bruke lakserogn fra to naboelver; fra Storelva (Vegårsvassdraget) til bruk i Tovdalselva, og fra Bjerkreimselva til bruk i Mandalselva. Hensikten med kultiveringen var tosidig: (i) sørge for at de nye laksebestandene skulle etableres så raskest mulig, og (ii) forsøke å få tilbake laksestammer som genetisk sett liknet de som var utdødd. Vi antok at lokale stammer er best mulig tilpasset disse elvene. I Tovdalselva er det i perioden 2000-09 lagt ut ca 2,6 millioner befruktet rogn, og satt ut 6 750 settefisk. I Mandalselva er det etter kalking lagt ut ca 1,7 millioner rogn, mens utsettingene har omfattet ca 750 000 énsomrig settefisk og 50 000 smolt. All fisk som er satt ut er merket for å kunne bli gjenkjent. Både i Tovdalselva og Mandalselva har den utplantede lakserogna stort sett hatt høy overlevelse fram til klekking.

Det er avgjørende at kalkingen gir en stabil og god vannkvalitet om våren, for å unngå helseskader og økt dødeligheten hos laksesmolten når den når havet. Smolt er laksunger som etter å ha oppholdt seg i elva i 1-5 år, gjør seg klar til å vandre til havs. De har da vanligvis en lengde på 12-15 cm, og utvandingen skjer fra slutten av april og fram til begynnelsen av juni. Laksesmolten er mye mer sårbar for surt vann med giftig aluminium enn både egg, fiskeunger og voksne individ. Omfattende studier har vist at for å unngå økt dødelighet når smolten kommer ut i havet, må pH i ferskvann være minst 6,4. Men både i Mandalselva og Tovdalselva inntraff det episoder med pH under 6,2 på våren i løpet av de første årene etter kalkingsstart. Det ble også funnet laksesmolt med helseskader, noe som trolig skyldtes dårlig vannkvalitet. I 2006 ble derfor pH-målet økt til 6,4 under smoltutvandringsperioden om våren, og siden har smolten generelt hatt god helsetilstand.

Det ble ikke funnet forskjeller i overlevelse hos rogn av Bjerkreimslaks og fremmed laks som vandret opp i Mandalselva etter kalking. Det har heller ikke systematiske forskjelliger i overlevelse eller vekst verken hos énsomrig settefisk eller smolt hos de to stammene. I Mandalselva har den utsatte laksen utgjort en liten del av totalfangsten. Elva hadde derfor en høy oppvandring av gytelaks av fremmed stamme, som ga et mye større bidrag til ungfiskproduksjonen enn utlagt rogn og utsatt fisk. Den utsatte smolten i Mandalselva hadde stor feilvandring, basert på gjenfangster av voksne individ. Årsaken til dett er ukjent, men kan ha sammenheng faktorer som vannkvalitet og smoltens helsetilstand.

Mandalselva fikk en kraftig økning i antall gytelaks etter kalking, med fangster på 6 000 - 12 000 kg siden 2001. Historisk sett er dette et høyt utbytte, idet vanlige fangster på slutten av 1800-tallet og begynnelsen av 1900-tallet lå på 10 000 - 15 000 kg. Mye gytefisk har gitt opphav til en meget god bestand av laksunger. På mange elvestrekninger er

mengden ungfisk nå så høy at veksten har avtatt. Dette skyldes trolig konkurranse om plass og næring. Det er derfor grunn til å tro at elvas bæreevne med hensyn til produksjon av laks nå er i ferd med å bli nådd. På noen strekninger er bærevnen redusert som følge av reguleringsinngrep og lav minstevannføring.

I Tovdalselva har etableringen av ny laksestamme gått saktere enn forventet. Hittil er fangsten på 1650 kg i 2006 den høyeste. Historisk sett er dette lavt, idet vanlig utbytte på slutten av 1800-tallet og tidlig 1900-tall lå mellom 6 000 og 10 000 kg. Mengden lakseunger i Tovdalselva er også betydelig lavere enn i Mandalselva. Tovdalselva har derfor ikke hatt nok gytefisk til å utnytte elvas bæreevne med hensyn til produksjon av laksunger. Dette kan blant annet ha sammenheng med lave utsettingsmengder, at en del Tovdalslaks vandrer opp i Otra, og økt dødelighet hos smolt som går inn i kraftverket i Boenfossen. Gytelaks hadde også problem med å forsere Boenfossen før utbedringen i 2003, og Teinefosssen lengre opp. Det kunne også ha sammenheng med at vannkvaliteten ikke var god nok i de første årene etter kalking.

De nye laksebestandene i Mandalselva og Tovdalselva er genetisk forskjellige fra de som var i elvene tidlig på 1900-tallet. Det er analyser av arvestoff i fiskeskjell som viser dette. De opprinnelige laksestammene døde derfor med all sannsynlighet ut på grunn av forsuring. De genetiske undersøkelsene i Tovdalselva viser at man har lyktes med kultiveringsarbeidet, idet Storelvlaks i stor grad har påvirket den genetiske utviklingen i den nye stammen. Dette skyldes at utsettingen av fisk og utplanting av befruktet rogn kom i gang kort tid etter kalkingsstart. I tillegg hadde Tovdalselva relativt få oppvandrede gytemodne laks de første årene etter kalking. I Mandalselva har derimot utsettingene av Bjerkreimslaks hatt liten genetisk påvirkning på den nye laksestammen som har etablert seg i elva. Dette skyldes blant annet at antall utsatt fisk av denne stammen var mye lavere enn avkomet fra stort antall gytefisk av ukjent stamme som vandret opp i elva. I tillegg kom utsettingene av Bjerkreimslaks først i gang sju år etter kalkingsstart. Videre utsettinger i Mandalselva vil derfor ikke i noen særlig grad bidra til å øke bestanden ytterligere, eller påvirke den genetiske sammensetningen i bestanden. Det blir derfor anbefalt at fiskeutsettingene i Mandalselva avsluttes. I Tovdalselva er derimot gytebestanden fremdeles for lav til at bæreevnen blir utnyttet. Men antall gytefisk er nå så stor at videre utsettinger på dagens nivå ikke vil ha særlig effekt verken for å øke bestanden ytterligere, eller påvirke bestandens genetiske sammensetning. Det blir derfor anbefalt at utsettingene i Tovdalselva blir avsluttet i løpet av få år. Bestanden kan også styrkes gjennom fangstreguleringer og andre tiltak.

Terskel med fisketrapp på minstevannsføringstrekningen ovenfor Laudal i Mandalselva. Foto: Roy M. Langåker

1 Innledning

Norske laksebestander har i betydelig grad blitt skadet av sur nedbør. Minst 18 bestander har gått tapt, mens ytteligere 40-50 bestander har blitt redusert. Dette omfatter i stor grad elver på Sørlandet og sørvestlandet. Utviklingen i fangststatistikken tyder på at de første forsuringskadene på laks skjedde allerede på slutten av 1800-tallet (Hesthagen & Hansen 1991). Laksefangstene på Sørlandet viste nemlig en klar nedgang i allerede før 1900. Fangstreduksjonene fortsatte også i økende grad etter 1900, og på 1920-tallet var utbyttet sterkt redusert. Tidlig på 1900-tallet var det også omfattende fiskedød i flere elver på Sørlandet og sørvestlandet. Nedgangen i laksebestandene i Sør-Norge ble koblet til surt vann allerede på slutten av 1920-tallet (Dahl 1927). Det samme gjaldt den omfattende dødeligheten på rogn og yngel i mange klekkerier. Dette ble etter hvert i stor grad forhindret etter at kalkfiltre ble innstallert (Sunde 1926). På 1930-tallet foreslo fiskersekretær Syver E. Sunde at Mandalselva kunne kalkes, der laksebestanden allerede var sterkt redusert (Sunde 1934). Han mente at en avsyring med kalksteinmel var "meget lett gjennemførlig", og at utgiftens størrelse ville bli avgjørende for hvorvidt planen kunne gjennomføres. Men det skulle gå over 50 år før den første lakselver på Sørlandet ble kalket. Dette skjedde med fullkalkingen av Audna i 1985. På 1980-tallet ble ytterligere to lakseførende elver kalket, nemlig Vikedalselva og Soknedalselva i Rogaland. I dag blir 21 norske lakseførende vassdrag fullkalket (Hesthagen & Larsen 2003, Hesthagen mfl. 2011). I tillegg ble Vosso i Hordaland kalket fram til og med 2006.

Tovdalselva og Mandalselva hadde de største laksefangstene på Sørlandet før forsuringen gjorde seg gjeldende. Fullkalkingen i disse to elvene ble satt i gang i henholdsvis 1996 og 1997. Samtidig opprettet Direktoratet for naturforvaltning (DN) et forskningsprosjekt med fokus på kalking og reetablering av laks i de to elvene. Dette blir seinere referert som "Reetablerings-prosjektet". Målsettingen med prosjektet var å skape en så god vannkvalitet at selvreproduserende laksebestander kunne etableres, samt gjennomføre en faglig forsvarlig fiskekultivering og sikre en faglig basert kunnskapsoppfølging og forvaltning. Det ble bestemt å ta stamfisk fra to naboelver for utsettinger i de to elvene; fisk fra Storelva i Holt i Aust-Agder til bruk i Tovdalselva og fisk fra Bjerkreimselva til bruk i Mandalselva (**figur 4.1**). I 2003 ble det lagt fram en oppsummering av resultatene fra prosjektet så langt (Haraldstad & Hesthagen 2003 red.). Ellers er referansene til årsrapportene fra prosjektet gitt nedenfor.

Mandalselva er sterkt berørt av vassdragsreguleringer (**kapittel 2.1**). Det er tidligere foretatt en vurdering av produksjonspotensialet for laks i elva, samt tap som følge av disse inngrepene (Ugedal mfl. 2006). Det blir blant annet tatt vann inn i Laudal kraftverk, noe som hittil har gitt et betydelig smolttap (Uglem mfl. 2005). I Tovdalsvassdraget er også lakseførende strekning noe berørt av vassdragsreguleringer, med en viss endring i vannføringen i løpet av året. Ellers blir en del av vannet benyttet til kraftproduksjon i Boen kraftverk nær utløpet av elva. I 2010 startet arbeidet med å dokumentere tap av utvandrende smolt og vinterstøinger.

Denne rapporten gir en oppsummering av resultatene fra Reetableringsprosjektet fram til og med 2009. Dette omfatter kalking og vannkvalitet, fiskens helsetilstand (presmolt/smolt), tilslag av rognplanting og utsetting av énsomrig settefisk og smolt, overlevelse og vekst hos ulike laksestammer, smoltutvandring, utvikling i tettheten av ungfisk, fangsutbytte ved sportsfiske, bestandssammensetning (villfisk, utsatt fisk og oppdrettsfisk), genetisk bestandsutvikling og modellering av utviklingen i de nye laksebestandene. I Tovdalselva og Mandalselva er det gjennomført en rekke undersøkelser i løpet av prosjektperioden (**tabell 1.1 & 1.2**).

Syntese

Bakgrunn og mål

I løpet av 1900-tallet ble nesten alle laksestammene på Sørlandet utryddet av sur nedbør. Blant disse elvene er Mandalselva en gammel "storhet", som på slutten av 1800-tallet figurerte helt på toppen av statistikken over laksefangster i norske elver, med over 34 000 kg. Også Tovdalselva lå høyt på laksestatistikken i denne tidsperioden, med over 16 000 kg. Sur nedbør førte til at laksebestandene i begge disse elvene ble betydelig redusert allerede først på 1900-tallet, for å dø helt ut rundt 1970.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) satte i 1997 i gang et prosjekt for å etablere nye laksestammer i Tovdalselva og Mandalselva. De to elvene ble kalket i henholdsvis 1996 og 1997. Prosjektet skulle overvåke vannkvaliteten og styre den genetiske utviklingen i de nye laksebestandene som skulle etableres, basert på utsettinger av laks med kjent opphav. Reetableringsprosjektet har dokumentert at det er mulig å etablere nye laksestammer i elver der de opprinnelige bestandene har dødd ut som følge av menneskeskapt forsuring. Det er nå etablert nye, livskraftige laksebestander i begge elvene. Grunnlaget for dette er kalking av elvevannet, naturlig kolonisering av laks og utlegging av befruktet rogn og utsettinger av fisk basert på gytefisk fra naboelver.

Mange av lakselvene på Sørlandet er også sterkt påvirket av vassdragsreguleringer, noe som har redusert produksjonspotensialet for laks. Dette gjelder ikke minst Mandalselva, der inngrepene omfatter minstevannføringer på enkelte elvestrekninger, bygging av terskler og dammer, og inntak av vann til Laudal kraftverk. Vannføringen på resten av lakseførende strekning er høyere om sommeren enn den ville ha vært uten reguleringsinngrep. Den lakseførende strekningen av Tovdalselva er også i noen grad berørt av vassdragsreguleringer. Dette skyldes inngrep i Uldalsgreina, som omfatter om lag halvparten av nedbørfeltet til Herefossfjorden. Dette har ført til at vannføringen på lakseførende strekning er noe endret i deler av året. I tillegg blir en del vann benyttet til kraftproduksjon i Boen kraftverk, med fare for at utvandrende smolt og vinterstøinger av laks blir drept dersom de kommer inn i kraftturbinen.

Den atlantiske laksen som art har i de siste ti-årene gått sterkt tilbake i store deler av sitt naturlige utbredelsesområde. Norge er i dag laksens viktigste leveområde, både på grunn av det høye antallet bestander, og den andelen av artens totale forekomst som våre bestander utgjør. Ingen land har flere lakseførende vassdrag enn Norge. I USA er den atlantiske laksen nesten utryddet, og nå ført opp på listen over truede arter. I Canada er laksebestandene så redusert at det ikke tillates kommersielt fiske. Laksebestandene i Sør-Europa er også blitt meget svake. Situasjonen for de nordeuropeiske bestandene er noe bedre, men også her er de på et historisk lavmål. I dette store generelle negative bildet for vill atlantisk laks, er resultatene fra Reetableringsprosjektet oppsiktsvekkende positive. Kalking av elver og etablering av nye laksestammer på Sørlandet har gitt størst positiv effekt på norsk villaks i de siste 20 årene. Fra null egenprodusert laks før kalking, har fangstene i for eksempel Mandalselva nå steget til et nivå på opp mot 12 tonn i året. Samtidig med arbeidet i Reetableringsprosjektet er nye laksebestander etablert i flere kalkede elver på Sørlandet. Disse nye bestandene har gitt positive bidrag til en ellers negativ utvikling hos laksen i store deler av utbredelsesområdet.

Reetableringsprosjektet har lykkes i å nå felles mål. Nye laksestammer er etablert der de gamle stammene har gått tapt. De nye bestandene er fortsatt svært unge, og det ligger store utfordringer i en videre oppfølging. Dette gjelder behov for optimalisering av kalkingen i forhold utvikling i mengden sur nedbør, og effekter på laks i både elver og brakkvann. Helt åpenbart ligger også utfordringen i å fjerne eller redusere skader som vannkraftreguleringer har påført flere lakselver i regionen. Dette arbeidet er godt i gang i noen elver på Sørlandet, og det ligger et stort potensial for ytterligere økt lakseproduksjon i andre regulerte elver. Et annet spørsmål er hvordan de nye laksestammene tilpasser seg genetisk over tid. Hvordan vandrer de ut til oppvekstområdene i havet og hvordan er mattilgangen for laks der? Videre studier av disse forholdene vil gi nødvendig kunnskap for å kunne sette inn målrettede tiltak til beste for laksen. Ellers er Sørlandet en region der lakseoppdrett i sjøen har lite omfang. Dette fører til at en i stor grad unngår trusselfaktorene fra oppdrettsnæringen. Dette gjør at det kan bli et viktig referanseområde mht effekter av lakseoppdrett på villaks.

Vannkvalitet og kalking

Innledning

I Mandalselva og Tovdalselva ble det satt i gang vannkjemiske måleserier i henholdsvis 1965 og 1980. Siden har det vært tatt månedlige vannprøver i begge elver. Etter kalkingsstart i 1996 og 1997, har det også vært kontinuerlige pH-målinger nederst i begge vassdragene. Hensikten har vært å dokumentere om vannkvalitetsmålet som DN har satt blir oppnådd, og identifisere mulige episoder under vannkvalitetsmålet. Det foreligger også vannkjemiske målinger på ikke-kalkede strekninger i de to elvene.

Vannkvalitet før og etter kalking

Mandalselva og Tovdalselva hadde før kalking en akutt giftig vannkvalitet for laks. For å unngå fysiologiske skader og økt dødelighet hos laksesmolt, er det satt en nedre grense på 10 µg/L giftig labilt aluminium. I Mandalselva var pH i hovedsak 4,7-5,1, mens innholdet av labilt aluminium var rundt 80-150 µg/L. I perioder ble det målt over 200 µg/L giftig aluminium. Fra rundt 1990 og utover har vannkvaliteten bedret seg noe. I Tovdalselva lå pH fra 1980 og fram til kalkingsstart høsten 1996 på rundt 4,9-5,2. Noen enkeltmålinger viste pH over 5,5. Innholdet av giftig aluminium var svært variabelt, men med flest målinger rundt 100-200 µg/L. Fra 1994 og fram til kalkingsstart høsten 1996 var mengden giftig aluminium avtakende, med få verdier over 100 µg/L. Vannkvaliteten på ikke-kalkede strekninger av Mandalselva og Tovdalselva har bedret seg i løpet av de siste ti-årene. Vannet er imidlertid fortsatt kronisk surt og giftig for laks, med pH under 5,5 og med over 50 µg/L giftig aluminium. I Mandalsvassdraget startet kalkingen i 1982 med Logåna, og på 1980/90-tallet ble flere innsjøer kalket. På midten av 1990-tallet ble det installert fire doseringsanlegg fordelt på sideelvene Høyeåna, Hesså og Kosåna. I juni 1997 satte DN i gang kalking av hovedvassdraget for å sikre tilfredsstillende vannkvalitet for laksen, med bygging av anlegg på Smeland, Håverstad og Bjelland. I Tovdalsvassdraget ble kalkingen satt i gang i stor skala i oktober 1996, med bygging av fem kalkdoserere. Disse ble etablert ved Bås, Skjeggedalsåna, Vatnedalsåna og Klepslandsåna (som ble flyttet til Hovlandsåna i 2003), samt én på utløpet av Herefossfjorden. Det ble også satt opp én doserer i Kateåsåna, i tillegg til at Ogge, Høvringsvatn og flere mindre innsjøer blir kalket ved hjelp av båtspredning om sommeren.

Det spres oppslammet kalksteinsmel fra dosererne i begge vassdragene. Mengden kalk som utdoseres styres etter vannføring og pH oppstrøms anleggene. I Mandalsvassdraget har kalkforbruket variert mellom 6 000 og 8 000 tonn pr. år, bortsett fra et betydelig større forbruk i 2000. I Tovdalsvassdraget har forbruket ligget under 6 000 tonn pr. år, bortsett fra i 1999 og 2000. De årlige variasjonene i kalkforbruk skyldes variasjon i nedbørsmengde, redusert forsuringsbelastning, og økt pH-mål fra våren

Boenfossen i Tovdalselva. Boenfossen kan være vanskelig å passere for oppvandrende laks. Foto: Frode Korglund

Kalkingdoseringsanlegg ved Høyevassdraget et sidefelt i Mandalsvassdraget. De sju kalkdosererne i Mandalsvassdraget utdoserer mellom seks og 12 tonn kalksteinsmel per år avhengig av årlig nedbørmengde.
Foto: Øyvind Jorstad

2006. Mandalselva har en relativ stabil avrenning gjennom året. Det er derfor primært endringer i forsuringsbelastning og pH-mål som har forårsaket et variert kalkforbruk. Etter 2004 har kalkforbruket blitt redusert med 25 % i forhold til middelforbruket for hele kalkingsperioden (1997-2009). I Tovdalselva har det årlige kalkforbruket vært mer stabilt, men også her har det vært mye lavere etter 2004. I tillegg vil også årsvariasjonen i avrenning forårsake varierende kalkbehov.

Ut fra de månedlige prøvene har vannkvaliteten etter kalking i hovedsak vært god, med pH 6,0-6,4 og 5-25 µg/L giftig aluminium. De kontinuerlige pH-loggerne ved Kjølemo i Mandalselva og ved Boen i Tovdalselva, har imidlertid påvist episoder med dårligere vannkvalitet. I 1998 ble det flere ganger registrert pH-verdier under 5,8, og det samme gjaldt i desember/januar i 2000/01. Det var altså en dårligere vannkjemisk måloppnåelse før 2002 sammenlignet med seinere år. Det er særlig viktig med god og stabil vannkvalitet i forkant av og under perioden når den forsuringsfølsomme laksesmolten forlater elva og forbereder seg på et liv i saltvann. Dette er tiden fra april og fram til begynnelsen av juni. Variasjonen i pH på våren har vært størst i Mandalselva. I seinere år har den vannkjemiske måloppnåelsen vært bedre i Tovdalselva enn i Mandalselva. I Tovdalselva kan det imidlertid fremdeles inntreffe episoder med noe dårlig vannkvalitet. Dette var blant annet tilfelle våren 2008. De to elvene har svært forskjellig vannføring og årsavrenning, og dette vil påvirke den vannkjemiske måloppnåelsen. Mens Tovdalselva har tydelige sesongvariasjoner i vannføring inkludert flommer, er dette mer fraværende i Mandalselva. Dette skyldes blant annet at Mandalsvassdraget har flere større reguleringsmagasiner, og disse demper vannføringstoppene i hovedelva.

Konklusjon

Etter kalkingen har vannkvaliteten i både Mandalselva og Tovdalselva i hovedsak vært tilfredsstillende for laks. De kontinuerlige pH-målingene viser imidlertid at det fortsatt inntreffer episoder med dårlig vannkvalitet. Dette var likevel i hovedsak før 2004. Vannkvaliteten på de ikke-kalkede strekningene i de to vassdragene er fortsatt skadelig for laks, med pH under 5,5 og over 50 µg/L giftig aluminium.

Vannkvalitet etter kalking og effekter på laksesmolt

Innledning

Det biologiske målet for kalkingen er å oppnå en tilfredsstillende vannkvalitet for laks. Det har vært spesielt fokus på vannkvaliteten om våren, da laksungene smoltifiserer og gjør seg klare til å vandre ut i havet. Smolten er det mest ømfintlige stadiet hos laksen, og selv lave konsentrasjoner av giftig aliminium kan skade saltvannstoleransen. Det er satt vannkjemiske mål for kalkingsvirksomheten, og de er knyttet til pH. Disse målene er satt for å unngå en vannkvalitet som øker laksens dødelighet. Kalkingen skal følgelig gi en vannkvalitet som er så god at laksesmolten ikke blir utsatt for økt dødelighet verken i elva eller i første sjøfase. pH er valgt som et vannkjemisk mål fordi den er lett å måle og viser en god sammenheng med giftig aluminium.

Tidligere forsøk har vist at det kan opereres med fire pH-grenser med hensyn til mulige effekter på laksesmolt; med verdier under henholdsvis 5,8, 6,0, 6,2 og 6,4. pH-verdier under 5,8 har vanligvis skadelige effekter på laksesmolt. Kalkingsstrategien både i Mandalselva og Tovdalselva hadde i starten et vannkjemisk tiltaksmål på pH ≥ 6,2 under utvandringsperioden for smolten om våren. Men på bakgrunn av nye undersøkelser av smoltens helsetilstand ved ulike vannkvaliteter, bestemte DN at fra våren 2006 skulle pH-målet heves til 6,4. For Mandalselva gjelder dette pH-målet fra 15. april til 31. mai, og for Tovdalselva fra 1. mai til 30. juni. Resten av året er pH-målet lavere fordi andre stadier hos laks enn smolt er mindre ømfintlige for surt vann. I Mandalsvassdraget er pH-målet satt til 6,0 for perioden fra 1. juni til 14. februar, og 6,2 for perioden fra 15. februar til 14. april. I Tovdalsvassdraget er pH-målet satt til 6,0 for perioden fra 1. juli til 14. februar, og til 6,2 fra 15. februar til 30. april. Når pH målet på 6,4 først skal nås 1. mai, kan smolt fra dette vassdraget ha en forringet kvalitet i forhold til målsetningen med tiltaket. Dette kan være en medvirkende årsak til en svakere økning i laksefangstene i Tovdalselva enn i Mandalselva.

Smoltkvaliteten etter kalking

Smoltkvaliteten har etter kalkingsstart vært undersøkt årlig både i Mandalselva og Tovdalselva. Hensikten med disse undersøkelsene har vært å vurdere om kalkingen har gitt smolten tilfredsstillende vannkvalitet. Smoltkvaliteten undersøkes ved å (i) måle mengden giftig aluminium på gjellene (gjelle-Al), og (ii) deres fysiologiske tilstand basert på blodprøver. Det har vist seg at smolt selv med relativt lave nivåer av gjelle-Al i ferskvann, kan gi økt dødelighet når den kommer ut i saltvann.

Etter at kalkingen startet har smoltens fysiologiske tilstand i hovedsak vært tilfredsstillende både i Mandalselva og Tovdalselva. I de første årene etter kalking var det likevel episoder med så lav pH at det kan ha svekket smoltkvaliteten. Men etter at pH-målet ble økt til 6,4 fra våren 2006, har smolten i begge elvene hatt lite gjelle-Al. Med disse resultatene forventer vi at laksesmolten i begge elver har en tilnærmet normal overlevelse både i ferskvann og første sjøfase. Men det inntreffer fremdeles episoder med så dårlig vannkvalitet at det har påvirket smoltens helsetilstand. Dette var tilfelle i Tovdalselva våren 2008. Man vet ikke nøyaktig hvor lang tid det tar før laksesmolt blir frisk etter en slik skadelig forsuringsepisode, og om den blir frisk nok til å tåle overgangen til sjøvann. Dette vil blant annet avhenge av varigheten og styrken på episoden. Men nye resultater tyder på at selv to uker kan være for kort tid til at smolten gjenvinner normal helse etter en forsuringsepisode.

Konklusjon

Laksesmolten både i Tovdalselva og Mandalselva hadde helseskader i de første årene etter kalkingsstart. Dette skyldtes at vannkvaliteten i denne perioden ikke var tilfredsstillende. Undersøkelser foretatt i regi av Reetableringsprosjektet har vist at vannkvalitetsmålet under smoltutvandringsperioden om våren måtte økes til pH 6,4. Dette ble gjennomført våren 2006, og siden har smolten i hovedsak hatt god helsetilstand. Både Tovdalselva og Mandalselva er fortsatt avhengig av kalking for å opprettholde livskraftige og høstbare laksebestander.

Effekter av rognplanting og fiskeutsettinger etter kalking

Innledning

For å etablere nye laksestammer i Mandalselva og Tovdalselva, ble det valgt stamfisk fra to naboelver. Dette ble gjort fordi en antok at det ville bli etablert nye stammer som var mest mulig like de opprinnelige. Som stamfiskmateriale ble det valgt laks fra Storelva i Vegårsvassdraget i Aust-Agder til bruk i Tovdalselva, og laks fra Bjerkreimselva i Rogaland til bruk i Mandalselva. Ved å velge stamfisk fra disse to

Laksesmolt frå Mandalselva. Etter 2005 har smolten i Tovdalselva og Mandalselva generelt hatt god helsetilstand. Tidligere ble det funnet helseskader på laksesmolt som trolig skyltes for dårlig vannkvalitet. Foto: Frode Kroglund

nærliggende vassdragene, ville det også være liten risiko ved å flytte fisk over miljø- og sykdomsmessige regioner. Det var forventet at de to laksestammene skulle representere noe av det genetiske mangfoldet som gikk tapt pga forsuringen på Sørlandet. Stamfisk fra de to elvene ble etablert på Finså klekkeri AS (Storelvlaks) og NINAs Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims (Bjerkreimslaks). Det ble også bygget et stamfiskanlegg ved Storelva for å skaffe rogn til å bygge opp og vedlikeholde bestanden av stamfisk fra Storelva på Finså klekkeri.

Utlegging av rogn

I Tovdalselva er det i perioden 2000-09 lagt ut 2,6 millioner befruktede øyerogn av laks. Dette ble gjort ved å plassere rognkasser på faste stasjoner i øvre deler av lakseførende strekning, dvs fra utløpet av Herefossfjorden og ned til Teinefossen. I Mandalsvassdraget ble det i perioden 2003-09 lagt ut 1,7 millioner befruktede rogn. Den ble i hovedsak lagt ut i sidevassdragene Kosåna og Lågåna. Generelt har denne rogna gitt godt tilslag, med overlevelse fram til klekking på rundt 85-98 %. Unntakene var årene 2007 og 2008 i Tovdalselva, da rognoverlevelsen bare var på henholdsvis 53 og 5 %. Dette skyldtes trolig at stamfisken hadde dårlig rognkvalitet. I 2009 ble det benyttet ny stamfisk, og det året var rognoverlevelsen tilbake på et normalt nivå (88 %). All rogn ble fargemerket på øyerognstadiet, ved en metode som avsetter et fargemerke i øresteinen (otolitten). Dette kan seinere avleses både hos laksunger og eldre individ. På grunn av usikkerheter ved metoden, har prosjektet valgt å ikke bruke resultatene fra disse merkeforsøkene.

Utsetting av énsomrig settefisk

I Mandalselva har det etter kalking vært satt ut rundt 750 000 énsomrige laksunger (1997-2006). I 2004 og 2005 omfattet utsettingene både unger av Bjerkreims- og Mandalsstamme. Settefisken ble merket ved å fjerne fettfinnen og deler av høyre og venstre bukfinne. Tilslaget er kontrollert ved innsamling av fisk med elektrisk fiskeapparat på en del elvestrekninger oppstrøms Laudal, og ved fangst av smolt i smoltfella ved Hesså.

Det har vært en relativt lav andel utsatt fisk på de undersøkte elfiskestasjonene, med en variasjon på 1-16 % av antall individ fanget. I løpet av 2006 og 2007 ble det gjenfanget nærmere 60 individ, som da var smolt. Dette var fisk som to år tidligere ble satt ut som énsomrig settefisk av enten Bjerkreims- eller Mandalslaks. Man kjenner ikke den naturlige smoltproduksjonen i Mandalselva, og heller ikke fangsteffektiviteten til smoltfella. Det er anslått at den énsomrige settefisken av de to stammene som ble satt ut oppstrøms Hesså i 2004 og 2005, utgjorde maksimum rundt henholdsvis 10 og 3 % av den totale smoltproduksjonen.

Utsetting av smolt

Kort tid før Mandalselva ble kalket våren 1997, ble det satt ut smolt produsert ved Finså klekkeri både i elvevann (ved Stoveland) og brakkvann (nær elvemunningen). Fra elvegruppen er det ikke rapportert om gjenfangster av voksne individ, sannsynligvis fordi de ble skadet eller døde pga surt og aluminiumsholdig vann. Derimot foreligger det 29 gjenfangster av voksen laks fra brakkvannsgruppen.

Det tilsvarer 1,5 % av antall individ som ble satt ut våren 1997. Etter kalkingen har ulike utsettingsforsøk med smolt gitt svært variable resultater. Det er kun den utsatte smolten i 1998 og 2000 som har gitt relativt høye gjenfangster (> 2 %). I resten av perioden har de innrapporterte gjenfangstene utgjort mindre enn 0,5 % av utsettingsantallet.

Det viser seg at utsatt smolt i Mandalselva har svært høy feilvandring til andre elver. Dette gjaldt spesielt utsettingene i brakkvann før kalkingen i 1997, med 71 % feilvandring. Det var også høy feilvandring i de to smoltutsettingene med best gjenfangst etter kalkingen, i 1998 og 2000, med henholdsvis 19 og 49 %. Av alle gjenfangster basert på voksne individ utsatt som smolt i Mandalselva, er bare 56 % rapportert fra denne elva. De fleste feilvandrerne er registrert i Otra (21 %). Det foreligger gjenfangster fra elver på hele strekningen mellom Numedalslågen i Vestfold og Oselva i Hordaland.

Konklusjon

Lakserogna som ble lagt ut i Tovdalselva og Mandalsvassdraget hadde generelt høy overlevelse fram til klekking (> 85 %). I Tovdalselva var det imidlertid to år med lav rognoverlevelse, spesielt ett år med bare 5 % overlevelse. Dette skyldtes trolig at stamfisken hadde dårlig rognkvalitet. Rognplanting synes likevel å være en effektiv metode ved etablering av nye laksestammer. Resultatene viser imidlertid at kvaliteten på rogna er viktigere enn kvantiteten. Det foreligger ingen sikre gjenfangstdata etter rognplantingene. På forsøksstrekningene i Mandalselva har den énsomrige settefisken utgjort en relativt liten del av den totale ungfiskbestanden, i hovedsak under 5 %. I tillegg har den utsatte smolten gitt både lave gjenfangster og høy feilvandring. Årsaken til høy feilvandring er ukjent, men det kan ha sammenheng med faktorer som endret vannkvalitet pga forsuring og kalking, dårlig smoltkvalitet, effekter av merking og håndtering etc. Smoltutsettinger med lav overlevelse og høy feilvandring gir følgelig ikke den tiltenkte bestandseffekten. Før man har funnet ut av årsaken(e) til disse resultatene, kan ikke smoltutsettinger i kalkede elver anbefales som forsterkningstiltak. Det er ukjent om naturlig smolt i kalkede elver har samme grad av feilvandring.

Bestandsutvikling

Innledning

Etter hvert som både den naturlige gytingen og utsettingene kom i gang Tovdalselva og Mandalselva, ble det forventet økte tettheter av yngel og eldre laksunger. I begge elvene ble det foretatt ungfisktellinger på faste stasjoner med elektrisk fiskeapparat, både før kalkingsstart (siden 1995), og seinere hvert år. Sportsfiskefangstene ble benyttet som mål på mengden voksen fisk som har kommet tilbake til elvene som kjønnsmodne individ.

Laksen i norske lakselver skal nå forvaltes ut fra gytebestandsmål (GBM), som er et mål på mengden gytefisk som må være igjen i elva etter avsluttet fiske om høsten for å sikre bestandens langsiktige levedyktighet. I forbindelse med etablering av nye laksebestander, er antall gytefisk i forhold til gyte-

Hauefossen i Mandalselva. Fossen er vandringshinder for laks på høy vannføring. Foto: Svein Haugland

Laks på vei tilbake til Sørlandselv. Foto: Tore Wiers

bestandsmålet benyttet som et kriterium på hvor langt en er kommet i gjenoppbyggingen av disse stammene.

Utviklingen i ungfiskbestandene

I Tovdalselva hadde laksen vellykket gyting allerede samme året som kalkingen startet, dvs høsten 1996. Ett år seinere ble det registrert laksyngel på tre av 11 elfiskestasjoner. Reetableringen gikk imidlertid sakte, for fem år etter kalkingsstart (2001) var det i gjennomsnitt bare 6 yngel pr. 100 m² elveareal. Etter ni år med kalking hadde gjennomsnittlig yngeltetthet økt til 35 individ pr. 100 m². I 2005 ble det for første gang funnet laksyngel på alle forsøksstasjonene langs elva. Det har vært størst tetthet av laksyngel i nedre del av elva, fra Boen til Flakksvann. Etter hvert har det også blitt bra med ungfisk på enkelte stasjoner i øvre deler, dvs mellom Herefossfjorden og Flå. Eldre laksunger har hatt lav utbredelse og tetthet gjennom hele undersøkelsesperioden. Dette indikerer at gytebestandsmålet ikke er nådd.

I Mandalselva ble det fanget laksyngel på to stasjoner allerede året før fullkalkingen startet, dvs i 1996. Dette skyldtes trolig at det ble lagt ut skjellsand i elveløpet. Etter fullkalking skjedde det en rask økning i rekrutteringen, og allerede i 1998 ble det fanget yngel på 11 av 18 forsøksstasjoner (61 %). Siden 2002 har det vært fanget laksyngel på alle de undersøkte stasjonene. Det har også vært en relativt rask økning i mengden laksyngel, med en gjennomsnittlig tetthet på 20 individ pr. 100 m² allerede i 2000. I 2002 og 2003 skjedde det en markert økning i rekrutteringen, med yngeltettheter på henholdsvis 54 og 64 individ pr. 100 m². I de to påfølgende årene var det imidlertid lave tettheter i deler av elva, som på strekningen Laudal - Holum. I løpet av årene 2006-09 ble det registrert noe lavere yngeltettheter enn i tidligere år. Eldre laksunger har hatt en kraftig økning både i forekomst og tetthet etter kalking, i takt med økningen i mengden yngel. Allerede i 1998 var det ett år gamle laksunger på 8 av 18 undersøkte stasjoner (44 %). Mengden ettåriger og eldre laksunger har seinere vært jevnt økende til dagens nivå på 10-15 individ pr. 100 m². De høyeste tetthetene av eldre laksunger er registrert i øvre deler av Mandalselva.

Utviklingen i bestandene av voksen fisk

Mandalselva har hatt en kraftig økning i mengden oppfisket laks etter kalkingsstart. Allerede i 2000 ble det tatt nærmere 5 000 kg, og ett år seinere var utbyttet hele 11 420 kg. Seinere har oppfisket kvantum laks variert rundt mellom 6 000 og 12 000 kg. I Tovdalselva har fangstene av laks vært betydelig lavere. Fram til og med 2004 var det årlige utbyttet under 350 kg, mens det for perioden 2005-09 varierte mellom 1 100 og 1 651 kg. Både i Mandalselva og Tovdalselva har hovedtyngden av laks nå sitt opphav fra naturlig rekruttert fisk, eller fra utlagt øyerogn. Blant voksne individ er mer enn 95 % villfisk.

Sammenhengen mellom mengden egg som gytes og mengden ungfisk

Vi har benyttet flere metoder for å vurdere om gytebestandsmålet (GBM) er nådd. En måte er å se på sammenhengen mellom anslått eggmengde fra naturlig gyting, og mengden laksunger i etterfølgende år basert på elfiske. I Tovdalselva har vi også inkluderet mengden utlagt rogn. I disse analysene er det benyttet data fra perioden 1995-2005. For begge elvene ble det funnet en rettlinjet (lineær) sammenheng mellom eggmengde og tetthet av laksunger. Dette gjelder spesielt for yngel. Det betyr

Fiske i Mandalselva. Foto: Svein Haugland

Fornøyd fisker i Mandalselva. Foto: Svein Haugland

at dersom mengden egg fortsetter å øke, vil tettheten av ungfisk også økte. Resultatene tyder på at bæreevnen for laksunger er høyere enn det som hittil er målt. Følgelig er gytebestandsmålet i de to elvene i den aktuelle perioden enda ikke nådd. Dette gjelder spesielt Tovdalselva hvor størrelsen på gytebestanden er lav, og rognmengden tilsvarende lav.

Sammenhengen mellom tilvekst og tetthet hos laksunger

I Mandalselva avtar størrelsen på laksungene med tettheten av både yngel og ettåringer. Det tyder på at tettheten av laksunger nærmer seg bæreevnen for fiskeproduksjon. Det er imidlertid noen områder i elva hvor mengden laksunger ikke synes å ha noen betydning for kroppsstørrelsen. For Tovdalselva var det ingen sammenheng mellom størrelsen på laksungene og fisketettheten. Det var heller ingen størrelsesforskjell hos verken yngel eller ettåringer innen ulike deler av elva. Disse resultatene tyder på at i Tovdalselva ligger tettheten av laksunger godt under bæreevnen mht fiskeproduksjon.

Konklusjon

I Tovdalselva har etableringen av ny laskestamme gått saktere enn forventet. Denne vurderingen gjelder både for mengden ungfisk på ulike stasjoner, og fangstene av voksne individ. Forholdet mellom antall egg gytt og tettheten av ungfisk, samt forholdet mellom størrelse og tetthet hos ungfisk, viser at bæreevnen ikke er nådd. Beregning av antall egg som er naturlig gytt pluss antall rogn plantet, viser at etter 13 år med kalking er gytebestandsmålet ennå ikke nådd.

I Mandalselva tyder derimot resultatene på at gytebestandsmålet for laks er i ferd med å bli nådd. En indikasjon på dette er at mange elvestrekninger har relativt høye tettheter av ungfisk, og at størrelsen på laksungene avtar med økende tetthet. Det siste skyldes sannsynligvis konkurranse om plass og næring. Bæreevnen er likevel ikke nådd på alle strekninger av elva, der gytebestanden trolig fortsatt er for lav. Oppstrøms Laudal kraftverk har fangstene av laks i mange år vært lave, selv om det både i 2008 og 2009 gikk opp over 1 000 gytemodne individ (Svein Haugland pers. medd.). På denne strekningen kan følgelig fangstutbyttet gi et skjevt bilde av størrelsen på gytebestanden. I Mandalselva har sportsfisket gitt fangster på ca 6 000 til 12 000 kg for perioden 2001-09. Dette er historisk sett et relativt høyt utbytte. I årene 2007-09 ble det tatt noe mindre laks enn i de to foregående år. Bedre helsestatus hos smolten i seinere år har derfor tilsynelatende ikke gitt økt mengde oppfisket laks. Dette kan ha sammenheng både med de fysiske forholdene under fisket som vannføring og vanntemperatur, og lavere sjøoverlevelse i seinere år.

Sammenligning av ulike laksestammer

Innledning

I Mandalselva ble det testet om det var forskjeller mellom Bjerkreimslaks og avkom av villfisk av ukjent stamme som vandret opp i elva og gytte. Dette omfattet egenskaper som overlevelse, vekst, tidspunkt for smoltutvandring og presisjon i tilbakevandringen hos voksne individ. Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims har produsert øyerogn av Bjerkreimslaks for utsettinger i Mandalselva. Parallelt ble det tatt rogn av stamfisk fra Mandalselva og lagt inn på Finså klekkeri. Seinere ble denne rogna overført til Ims som øyerogn, der rogn fra begge stammer ble oppdrettet under samme forhold. Rognplantingen ble foretatt i 2007 og 2008. På Finså klekkeri ble det også produsert både énsomrig settefisk og smolt av de to stammene for utsetting i henholdsvis 2004 og 2005 og 2005-07. Den énsomrige settefisken ble merket med finneklipping (fettfinne + høyre/venstre bukfinne), mens smolten ble individmerket med Carlin-merker.

Utlegging av befruket rogn

Rogn fra de to stammene ble lagt ut i Kosåna og Logåna, og de hadde høy og nær identisk overlevelse fra øyerognstadiet og fram til yngelen forlot grusen og startet næringsopptak (> 85 %). I laboratorieforsøk på Ims hadde begge stammene også tilsvarende høy overlevelse fram til klekking. Det ble heller ikke påvist størrelsesforskjeller hos yngelen i tidlig vekstfase.

Utsettinger av settefisk

Den énsomrige settefisken ble satt ut i Rolandsbekken, samt på ulike strekninger i øvre deler av Mandalselva i juli måned i 2004 og 2005. Totalt omfattet dette 122 237 individ. Fisken ble gjenfanget med elektrisk fiskeapparat på høsten i 2004, 2005 og 2006. Fisk fra de to stammene hadde ingen systematiske forskjeller verken i vekst eller overlevelse. Det var heller ingen klar sammenheng mellom utsettingsmengde og antall individ

Fiskeundersøkelser ved hjelp av elektrisk fiske.
Foto: Frode Kroglund

Lakseunger fanget ved hjelp av elektrisk fiske.
Foto: Frode Kroglund

som ble gjenfanget samme høst. Det foreligger 14 sammenlignbare datasett mht tetthet og vekst for de to stammene, fordelt både på énsomrig og ettårig fisk. Mandals- og Bjerkreimslaks ga høyest gjenfangst i henholdsvis 10 og 4 av utsettingsforsøkene. Blant ettåringene var det høyest gjenfangst av Mandalslaks både i 2005 og 2006. Størrelsen på settefisken kan imidlertid ha hatt en viss betydning for resultatene. I 2004 hadde Mandalslaksen høyere gjennomsnittlig lengde enn Bjerkreimslaksen. Året etter var derimot størrelsesforholdet motsatt. På de ulike strekningene av hovedelva ble det funnet betydelige forskjeller både i antall gjenfangster og vekst. Det ble funnet best vekst hos begge stammene i Rolandsbekken, hvor det ikke forekommer noen naturlig laksebestand.

Gjenfangster av settefisk som smolt

Overlevelsen hos den énsomrige settefisken ble også testet på basis av smoltfangstene i fella på Hesså. Det ble gjenfanget over dobbelt så mange smolt av Bjerkreimslaks som av Mandalslaks, med henholdsvis 40 og 18 individ. Justert for forskjellig antall utsatte individ i de to gruppene, ble det gjenfanget henholdsvis 0,97 og 0,39 smolt pr. 1 000 utsatte énsomrige individ i de to gruppene. Smoltutvandringen foregikk hovedsakelig i mai måned, med noe tidligere utvandring hos Mandalslaks enn hos Bjerkreimslaks. Anleggsprodusert smolt hadde noe seinere utvandring enn villsmolt.

Smoltutsettinger

Totalt ble det satt ut 12 682 smolt av Mandalslaks og 10 446 av Bjerkreimslaks (2005-07). Overlevelsen fram til voksne individ har vært svært lav, med bare henholdsvis 17 og 8 registrerte gjenfangster. Dette tilsvarer gjenfangster på henholdsvis 1,34 og 0,77 individ pr. 1 000 utsatt smolt. Feilvandringen hos begge gruppene var svært høy, med henholdsvis 69 og 75 %.

Konklusjon

Det ble ikke funnet entydige resultater av utsettingsforsøkene med Bjerkreims- og Mandalslaks, på basis av rogn, énsomrig settefisk og smolt. Men hos begge stammene viste både felt- og laboratorieforsøkene at den utlagte rogna hadde høy overlevelse fram til klekking. Det var heller ingen vekstforskjeller mellom de to stammene, basert på målinger like etter klekking. Følgelig er det ikke grunnlag for å konkludere med forskjeller i overlevelse eller vekst mellom Bjerkreimslaks og ny Mandalslaks. Gjenfangstene av énsomrig settefisk på ungfiskstadiet, både samme år (0+) og ett år seinere (1+), tyder på at stamme betyr mindre for tilvekst og overlevelse enn andre forhold. Dette kan være faktorer som størrelse ved utsetting og lokale forhold på utsettingsstedet (habitatkvalitet og forekomst av villfisk). Overlevelsen hos énsomrig settefisk ble også testet fram til smoltstadiet, basert på fangster i smoltfella på Hesså. Det var over dobbelt så mange gjenfangster av Bjerkreimssmolt som av Mandalssmolt. Blant den anleggsproduserte smolten, var det derimot omtrent dobbelt så mange gjenfangster av voksne individ av Mandalslaks som av Bjerkreimslaks. Det var svært høy feilvandring hos begge stammene. Resultatene fra de sammeliknende forsøkene gir ikke grunnlag for å konkludere med stammeforskjeller i egnethet i vekst og overlevelse hos laks i Mandalselva.

Etablering av nye laksebestander er blant annet gjennomført ved utlegging av befruktede lakserogn i gruskasser som plasseres på utvalgte steder i elva. I Tovdalselva er laksebestanden etablert ved hjelp av lakserogn fra Storelva i Aust-Agder. Foto: Tore Wiers

Genetisk utvikling i laksebestandene

Innledning

Fisketomme elver innenfor laksens naturlige utbredelsesområde blir rekolonisert forholdsvis raskt når elvemiljøet blir gjort levelig eller tilgjengelig. Det er antydet at på våre breddegrader tar det laksen ca. tre generasjoner fra ei elv blir egnet for fisk til den når bærekapasiteten gjennom naturlig rekolonisering. Det tilsvarer en periode på mellom 12 og 20 år. Dette tidsrommet kan imidlertid kortes ned ved hjelp av utsettinger. De første feilvandrerne til en fisketom elv kommer høyst sannsynlig fra både nær- og fjerntliggende elver. I tillegg vil det i varierende grad være innslag av både settefisk og rømt oppdrettslaks. De ulike innvandrerne kan spores genetisk, blant annet ved å se om stikkprøver av fisk fra en nykolonisert elv viser stor genetisk variasjon over tid. Etter hvert som produksjonen av laks i elva øker, vil individ som er født i elva i større og større grad dominere i prøvene. Laksebestanden i en nykolonisert elv skal derfor over tid vise økende genetisk likhet, både mellom år og mellom årsklasser.

I Tovdalselva og Mandalselva ble det gjennomført undersøkelser for å se om det over tid var økende genetisk likhet mellom årsklasser. Videre ble det undersøkt i hvilken grad laksebestandene ble genetisk lik laksestammene som ble valgt som utsettingsmateriale, dvs Storelvlaks i Tovdalselva og Bjerkreimslaks i Mandalselva. Det er tidligere vist at i Nidelva og Otra er det store genetiske forskjeller hos laks fanget før og etter forsuring/annen forurensning og tiltak i form av kalking/fjerning av giftig avløp. Det er derfor overveiende sannsynlig at laksen i disse elvene også døde ut.

Genetisk analyse av opprinnelige og ”nye” laksestammer

Genetiske analyser av skjell ble benyttet for å undersøke om dagens laksebestander på Sørlandet likner de som var der før de ble utryddet av forsuring. Laks på 1910-tallet og 1950-tallet fra Tovdalselva hadde små genetiske forskjeller, dvs før stammen ble utryddet av forsuring. Derimot var det store genetiske forskjeller mellom voksen laks fra 1950-tallet og ungfisk fanget i 1997. Dette var den første naturlig rekrutterte årsklassen etter kalking. Den nye Tovdalslaksen har over tid blitt mer og mer genetisk lik Storelvlaksen, altså den stammen som har blitt plantet ut som rogn. I de siste årene er det små genetiske forskjeller hos Tovdalslaksen, i motsetning til stor genetisk forskjell mellom år i de første årene etter kalking. Dette tolker vi som at laksebestanden i Tovdalselva har endret seg fra å være en blanding av naturlig koloniserende og utsatte individ til å bli en selvreproduserende stamme. Den genetiske forskjellen er fortsatt stor mellom den laksestammen som ble utryddet av forsuring i Tovdalselva, og den som har etablert seg etter kalking.

I Mandalselva er også laksen fra tidlig på 1900-tallet genetisk forskjellig fra den stammen som etablerte seg i elva etter kalking. Undersøkelser av ungfiskbestanden av laks fra 1995 og fram til 2009, viser at laksen Mandalselva har gått fra å være en blanding av naturlig koloniserte og utsatte individ til å bli en egen selvreproduserende bestand. Følgelig kan den utsatte Bjerkreimslaksen i liten grad spores genetisk.

Konklusjon

De genetiske analysene viser at de nye laksestammene som har etablert seg i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking er genetisk forskjellige fra de som var her tidlig på 1900-tallet. I Tovdalselva har utsettingen av Storelvlaks (1997) og seinere omfattende planting av rogn i stor grad påvirket den genetiske utviklingen i den nyetablerte laksestammen. Prosjektet har derfor lyktes med å etablere en ny laksestamme i elva som genetisk ligner donorbestanden (Storelvlaks). I Mandalselva har derimot utsettingene av Bjerkreimslaks i liten grad påvirket den genetiske utviklingen av den nye laksestammen i elva. I Mandalselva har derfor ikke prosjektet lyktes med en genetisk styring av ny laksestamme. Utsettingene ble satt i gang for seint i forhold til kalkingsstarten, og i et for lite omfang i forhold til den omfattende naturlige rekrutteringen.

Modellering av bestandsutviklingen hos laks i Mandalselva og Tovdalselva etter at elvene ble kalket

Innledning

På bakgrunn av kunnskap om omfanget av naturlig gyting og utsettinger i Tovdalselva og Mandalselva, er det gjort modellering av utviklingen i de to laksebestandene. I begge elvene ble de første utsettingene altså satt i gang like etter at kalkingen startet, samtidig med at fisk av ulikt opphav gikk opp i elvene for å gyte. I Mandalselva er det gjort sammenlignende studier av utsatt Bjerkreimslaks og ny Mandalslaks, dvs avkom av villfisk av forskjellig opphav som søkte opp i elva. Vi har informasjon om livshistorie-parametrene gjennom livssyklusen til de to stammene. Tilsvarende ble det for Storelvlaks i Tovdalselva gjort tester mot villaks i elva. Ved hjelp av modeller kan man beregne hvor lang tid det tar å gjennomføre en "planlagt fortrenging" av tilfeldige oppvandrere (naturlige gytere) med kontrollerte utsettinger av en valgt laksestamme.

Modelleringer

I Mandalselva antar vi at Bjerkreimslaks og ny Mandalslaks har like egenskaper med hensyn til vekst og overlevelse. I så fall vil laksen i elva, med sin historikk for utsettingene og naturlige kolonister, bli dominert av avkom etter naturlige kolonister, dvs ny Mandalslaks. Fra 2004 begynte Mandalselva å nå opp til sitt antatte potensial mht smoltproduksjon, dvs opp til gytebestandsmålet. Eventuelle forskjeller i parametre på ungfiskstadiet vil ikke ha noen nevneverdig påvirkning på den totale smoltproduksjonen, eller på forholdet mellom fisk av ulikt opphav. Dette fordi overlevelsen for den dominerende kategorien "naturlig kolonisert fisk" holdes konstant og bestandsstørrelsen ligger rundt gytebestandsmålet. Selv når avkom etter utsatt laks antas å ha 10 % bedre overlevelse på ungfiskstadiet, utgjør de bare ca 2,5 % av smoltbestanden. For Tovdalselva er sammensetningen av smoltbestanden dominert av avkom etter utsatt fisk og hybrider, dvs. krysninger mellom avkom etter utsatt fisk og tilfeldige oppvandrere, mens andelen "rene" avkom etter naturlige gytere er relativt liten. I Tovdalselva er det større endringer i bestandens sammensetning dersom vi antar at det eksisterer forskjeller i ungfiskenes livshistorie-parametre.

Laksen er tilbake i Sørlandselvene etter å ha vært utdødd på grunn av sur nedbør i nesten 50 år.
Foto: Ørnulf Haraldstad

Det ble foretatt testing av to alternative scenarioer mht bestandsutvikling; (i) hva skjer om vi stopper utsettingene etter 2008? (ii) hva skjer om vi fortsetter med årlige utsettinger på samme nivå som i 2008? For Mandalselva vil en full stopp i utsettingene resultere i at smolten av "ren" utsettingsstamme forsvinner nærmest umiddelbart, mens vi fortsetter å ha litt under 10 % hybrider. Produksjonspotensialet for smolt er trolig allerede snart nådd, eller i ferd med å bli nådd. Følgelig blir det ingen videre økning i total fiskeproduksjon. I Tovdalselva vil totalproduksjonen fortsette å øke, men vil relativt raskt flate ut. Antall smolt av ren utsettingsstamme fluktuerer rundt samme nivå. Følgelig vil økningen i antall smolt hovedsakelig komme i kategorien hybrider mellom utsettingsstamme og naturlig gytefisk.

Konklusjon

Modellen viser at målet med styrt reetablering i stor grad er oppnådd i Tovdalselva. Blant ungfisk dominerer utsettingsstammen (Storelvlaks) og hybrider, mens andelen kolonister er liten og avtagende. I Mandalselva har man ikke lyktes med å styre reetableringen basert på utsetting av en utvalgt stamme (Bjerkreimslaks). Årsaken synes å være det store forspranget til avkom av et høyt antall naturlig oppvandret gytefisk (kolonister) som reproduserte i elva før utsettingene ble satt i gang. Tidspunktet for starten på utsettingene i forhold til kalkingsstart (og dermed starten på naturlig gyting av oppvandrende laks) er svært viktig for muligheten til å styre utviklingen ved etableringen av nye laksestammer. Mandalselva har nå trolig en laksebestand som ligger nær gytebestandsmålet. Det vil derfor være liten effekt av videre utsettinger, både med hensyn til en ytterligere bestandsøkning og genetisk påvirkning. Tovdalselva har fortsatt en bestand som ligger godt under gytebestandsmålet. Gytebestanden er likevel så stor at videre rognplanting på dagens nivå, rundt 3 % av totalt eggantall, vil ha liten effekt på bestandens størrelse og genetiske sammensetning.

Oppsummering

Laksestammene i både Tovdalselva og Mandalselva gikk tapt rundt 1970. Dette er dokumentert ved manglende forekomst av laksunger før kalking, og ved genetiske analyser. Kalkingen i de to elvene ble satt i gang henholdsvis høsten 1996 og våren 1997. I første fase av kalkingen ble det i perioder dokumentert en for dårlig vannkvalitet. Laksemolten fikk derfor en noe varierende og til dels dårlig helsetilstand. I perioden fra mars til mai forbereder de største lakseungene seg til et liv i sjøvann. Når de er tilpasset dette nye miljøet, kalles de smolt. De har da

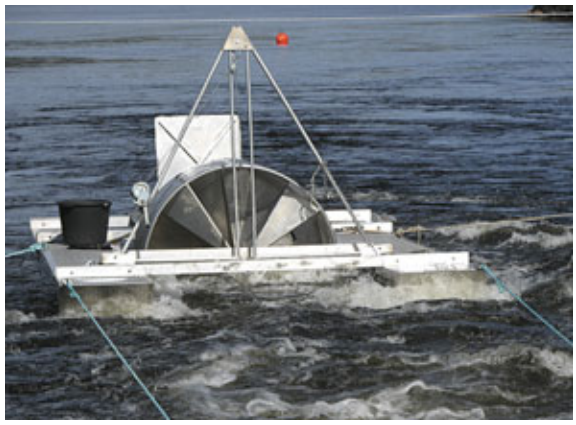
Bjerkreimselva er etter mange års kalking blitt Rogalands største elv når det gjelder fangst av laks. Før kalking var laksebestanden truet av utryddelse. Ved etablering av ny laks i Mandalselva ble befruktet rogn fra Bjekreimslaks benyttet. Foto: Roy M. Langåker

gjennomgått både fysiologiske og utseendemessige endringer. Det mest påfallende er at smolten er blank. Men etter at DN i 2006 bestemte å øke pH til > 6,4 på våren, har laksesmolten i hovedsak hatt god helsetilstand. Resultatene viser derfor at vannkvalitetsmålene både i Tovdalselva og Mandalselva nå i hovedsak er nådd.

Ett av målene til Reetableringsprosjektet var å påvirke den genetiske utviklingen i de nye laksebestandene i Tovdalselva og Mandalselva. Dette skulle gjøres ved hjelp av forsterkningsutsettinger med stammer av kjent genetisk bakgrunn. Som utgangspunkt for reetableringen valgte prosjektet å basere gjenoppbyggingen av nye laksestammer på stamfisk fra to geografisk nærliggende elver. Det ble satset på stamfisk fra Storelva og Bjerkreimselva til bruk i henholdsvis Tovdalselva og Mandalselva. I Mandalselva gikk det opp et betydelig antall gytemoden laks allerede første høsten etter kalkingsstart (1997). Det var ikke forventet at det skulle vandre opp så mye fremmed laks de første årene etter kalkingsstart. Allerede året etter kalkingsstart hadde elva en betydelig mengde naturlig rekrutterte laksunger, og i påfølgende år økte både antall gytemodne laks og mengden laksunger.

I Mandalselva har utsettingene av Bjerkreimslaks bestått både av rognplanting, og utsetting av énsomrig settefisk og smolt. Men gytebestanden i elva økte raskt før disse utsettingene ble satt i gang. Allerede i 2001, dvs fire år etter kalkingsstart, ga sporstfiske et utbytte på over 10 000 kg laks. Det var også en sterk økning i tettheten av laksunger. Det førte til at store deler av elva ble kolonisert av laksunger av fremmed stamme før den første rogna av Bjerkreimslaks ble lagt ut. Vi valgte derfor å gjennomføre en del av forsøkene mellom Bjerkreimslaks og ny Mandalslaks i øvre deler av elva, samt i sidevassdrag med ingen eller lav naturlig forekomst av laks.

For Mandalselva viser både bestandsstudier, genetiske analyser og modelleringene at prosjektet ikke har lyktes i noen særlig grad mht genetisk påvirkning av ny laksestamme, basert på utsetting av Bjerkreimslaks. Årsaken synes å være at de første voksne individene av ukjent stamme som gytte fikk for stort "forsprang" før utsettingene av Bjerkreimslaks kom i gang. I tillegg var de årlige utsettingsmengdene lave i forhold til størrelsen på den naturlige rekrutteringen. Dersom Bjerkreimslaksen skal bli genetisk merkbar i Mandalselva, vil det være nødvendig med omfattende utsettinger over flere



Smolthjulet blir benyttet for å fange laksesmolt som er på vandring fra elva og ut mot havet. Dette har gitt ny kunnskap om smoltvandring og helsestatus til smolten i de kalkede Sørlandselvene. Foto: Roy M. Langåker

laksegenerasjoner. Men da Mandalselva allerede har en stor gytebestand, er det lite sannsynlig at videre utsettinger av Bjerkreimslaks i noen særlig grad vil kunne påvirke den genetiske utviklingen hos laksen i elva. Siden vi heller ikke har funnet tydelige forskjeller i overlevelse og vekst mellom Bjerkreimslaks og ny Mandalslaks, tilrår vi at utsettingene av Bjerkreimslaks avsluttes. Med en så vidt stor naturlig rekruttering som elva nå har, vil heller ikke ytterligere utsettinger øke gytebestanden. Dette skyldes at de fleste naturlige laksbestander har lav overlevelse på ungfiskstadiet, dvs fra rogna klekker og fram til fisken forlater elva som smolt. At gytebestandsmålet for Mandalselva nå er i ferd med å bli nådd, tilsier at store deler av elva ikke lenger har behov for utsettinger. Bare i områder der reguleringer har gitt negative effekter på fiskeproduksjonen, kan det fortsatt være aktuelt med utsettinger. Det viktigste vil likevel være å gjennomføre tiltak for å øke den naturlige fiskeproduksjonen på disse områdene. Dette kan blant annet gjøres ved å redusere negative effekter på opp- og nedvandrende laks.

I Tovdalselva har fiskekultiveringen kun bestått av rognplanting, bortsett fra utsetting av noe settefisk i 1997. Rognplantingen ble satt igang allerede våren 2000, og har siden vært videreført hvert år. Det er totalt lagt ut rundt 2,6 millioner rogn av Storelvstammen. I de første årene etter kalking var det liten oppgang av gytefisk fra andre elver. Dette førte til at reetableringsprosessen gikk mye saktere enn i Mandalselva. Fem år etter at kalkingen startet ble det bare tatt 345 kg laks i Tovdalselva. Selv om fangstene i seinere år har økt noe, er gytebestandsmålet på langt nær nådd. Rekordfangsten

Kartlegging av elvebunnen på minstevannsføringstrekning ovenfor Laudal i Mandalselva. Her er det fokus på kartlegge områder egnet for gyting og som leveområde for fiskeunger. Foto: Roy M. Langåker

hittil er fra 2006, og lyder på 1 651 kg. Den naturlige rekrutteringen har også vært lav, og tettheten av ungfisk er ikke på et så høyt nivå at den påvirker tilveksten hos laksungene.

I Tovdalselva har utsettingene av Storelvlaks i stor grad påvirket den genetiske utviklingen hos den nye laksestammen. Prosjektet har derfor vært vellykket med hensyn til genetisk påvirkning. Det er imidlertid langt igjen til gytebestandsmålet er oppnådd. For å nå dette målet må rekrutteringen økes ytterligere. Dersom dette skal gjøres ved hjelp av rognplanting, må utsettingsmengdene i betydelig grad økes. I løpet av de tre siste årene (2007-09) har det i gjennomsnitt vært plantet ut 180 000 øyerogn pr. år. Det er neppe realistisk å mangedoble denne mengden, og vi foreslår derfor at utsettingene fases ut i løpet av de nærmeste årene. Et alternativt tiltak for å øke gytebestanden og dermed rekrutteringen, er å begrense beskatningen.

Prosjektet har vist at ved etablering av nye laksestammer, er tidspunktet for oppstart med rognplanting/fiskeutsettinger i forhold til igangsetting av kalking, svært viktig for muligheten til å kunne påvirke bestandsutviklingen. I Tovdalselva ble det alt året etter kalkingsstart satt ut laks i form av settefisk (1997), og siden 2000 har det vært årlig utlegging av øyerogn av Storelvlaks. Det var også av stor betydning at elva ikke i særlig grad ble kolonisert av fremmed gytefisk i de første årene etter kalkingsstart. Kombinasjonen av store rognplantinger/utsettinger og få kolonister tidlig i reetableringsprosessen, var derfor avgjørende for at den genetiske utviklingen under oppbyggingen av ny laksestamme i Tovdalselva kunne påvirkes.

Totalt blir nå 21 lakseførende elver her i landet kalket. I tillegg ble Voss kalket fram til 2006. I samtlige elver hvor laksen har gått tapt pga sur nedbør, er det nå etablert nye laksestammer. Det har også utviklet seg et godt laksefiske i mange av de kalkede elvene, med en årlig totalfangst på 45-50 tonn. Dette utgjør rundt 10-12 % av all laks fanget i norske elver. Kalkingen av de sure lakselvene har følgelig vært et svært viktig tiltak for å bevare og styrke den norske villaksen.

Framtidsutsikter og videre forskning og overvåking

Dersom Tovdalselva og Mandalselva skal produsere et høstbart overskudd av laks, må kalkingene fortsette. Vi antar at uten kalking vil overlevelsen til smolten i vesentlig grad blitt redusert. Dette gjelder spesielt for postsmolt i løpet av de første dagene og ukene i sjøen. Det er nødvendig å overvåke smoltens

helsetilstand i årene framover, både på kalkede og ikke-kalkede elvestrekninger. Dette vil gi informasjon om vannkvaliteten er tilfredsstillende. På bakgrunn av prognosene for utviklingen i mengden sur nedbør, er det forventet at kalkingen kan trappes noe ned i årene framover.

I Tovdalselva er gytebestandsmålet ennå ikke nådd, idet største fangst hittil bare er rundt 1 650 kg (2006). Ut fra de historiske laksefangstene i elva, synes det å være et betydelig potensial for økt produksjon. Fra slutten av 1800-tallet og fram til rundt 1910, var vanlige årsfangster rundt 6 000 til 10 000 kg laks. Tilsvarende fangster i dag forutsetter imidlertid samme overlevelse i sjøfasen som tidligere. Det bør likevel være forventninger om et årlig utbytte på minst 4 000 - 5 000 kg. Det er viktig å overvåke bestandsutviklingen hos laksen i Tovdalselva i årene framover, både når det gjelder ungfisk og gytefisk. Det er forventet at laksebestanden i elva vil fortsette å øke i kommende 10-årsperiode. Det kan ta nærmere 20 år fra ei elv blir vannkvalitetsmessig tilfredsstillende for laks, til den når bærekapasiteten gjennom naturlig rekolonisering. For laksen i Tovdalselva vil dette i så fall skje rundt 2016. For Tovdalselva bør det være fokus på mulig smolttap i Boen kraftverk, og oppvandringsforholdene i Boenfossen og Teinefossen. Overvåkingsprosjekter som omfatter telling av smolt på nedvandring, telling av voksen fisk på oppgang, registreringer av gytegroper, og telling av gytefisk på høsten, peker seg ut som aktuelle. Resultatene fra slike undersøkelser vil belyse problemstillinger knyttet til fiskeproduksjon og gytebestandsmål. Det vil også kunne avdekke unormal dødelighet gjennom livssyklusen. Dette kan gi grunnlag for å vurdere effekter av trusler som forsuring, vannkraftproduksjon, samt beskatning, og videre sette inn tiltak for å fjerne eller redusere negative effekter. Det er usikkert hvilke betydning reguleringene i Tovdalsvassdraget har på fiskeproduksjon. Det gjelder blant annet om reguleringen av Uldalsgreina fører til stranding av ungfisk, og om smolt og vinterstøinger blir ført inn i tunnelen til Boen kraftverk.

For Tovdalselva kan nærheten til Otra ha en negativ effekt på mengden oppvandrede laks. Dette skyldes at Otra har stor sommervannføring, og tiltrekker seg derfor mye av laksen i fjordsystemet utenfor. Otra har en konstant minstevannføring på ca 50 m^3/sek, mens den for Tovdalselva i store deler av innsigsperioden for laks er under 5 m^3/sek. I tillegg munner Otra direkte ut i et smalt fjordområde som laksen må passere for å komme til Tovdalselva. At Otra har stor tiltrekkingskraft på voksen laks, viser seg ved at de fleste feilvandrerne fra smoltutsettinger i Audna og Mandalselva har blitt gjenfanget nettopp i Otra.

I Mandalselva har laksebestanden økt rask etter kalking. Dette har skjedd til tross for høy reguleringsgrad, med to minstevannføringsstrekninger som omfattes av dam- og terskelbygging, og økt dødelighet hos smolt og vinterstøinger gjennom Laudal kraftverk. Fra smoltgruppene som ble satt i tunnelen til kraftverket er det totalt rapportert 21 gjenfangster (0,7 % av antall utsatt), mens det av gruppen som ble satt ut nedenfor tunnelen ble rapportert 101 gjenfangster (3,5 % av antall utsatt). Under dagens miljøforhold er gytebestandsmålet for laks i Mandalselva nå i ferd med å bli nådd. Men kalkingen med påfølgende etablering av ny laksestamme har synliggjort effektene av reguleringen. Ifølge vilkårene for den eksisterende konsesjonen fra 1977, kan regulanten bli pålagt å øke minstevannføringen dersom forholdene gjør det mulig å opparbeide Mandalselva til ei god lakselv. Dette arbeidet er i sluttfasen, og Norges vassdrags og energidirektorat (NVE) sendte sin innstilling til Olje og Energidepeartementet (OED) i mars 2010. NVE forslår å øke minstevannføringen ut fra Manflåvann til 15-20 m^3/sek på sommeren og 6 m^3/sek vinterstid. Det er all grunn til å forvente at mer vannslipp fra dam Manflå vil gi økt fiskeproduksjon på minstevannføringsstrekningen mellom dam Manflå og utløp Laudal kraftverk. Det er også lagt fram planer om å iverksette restaureringstiltak på de to minstevannføringsstrekningene, blant annet ved å fjerne terskler. På den måten vil en kunne gjenskape ei elv som er mer lik den før reguleringen. Det gjennomføres også tiltak for å redusere mengden smolt og vinterstøinger som går inn i tunnelen til Laudal kraftverk. Det forventes at disse tiltakene vil gi en positiv effekt på bestandene av laks og sjøaure. Ut fra de historiske fangstene i Mandalselva, synes det fremdeles å være et potensial for økt fiskeproduksjon. Men mengden gytefisk som kommer tilbake blir påvirket av miljøforholdene i havet, og dette innbærer en usikkerhet. I årene framover blir det viktig å overvåke livsmiljøet og bestandsstituasjonen for laksen i Mandalselva. Dette vil være et viktig grunnlag for å vurdere effekten av ulike trusselfaktorer, pågående og nye tiltak i forhold til elvas bæreevne (gytebestandsmål), produksjon og beskatning.

Forklaringen på noen ord og uttrykk som er benyttet i syntese-kapittelet.

Ord/uttrykk	Forklaring
Carlin-merke	Et grønt plastmerke på ca 2 cm som festes i ryggfinnen på fisken. Merket er utstyrt med et nummer som viser hvor og når den ble satt ut, og en addresse til merkesentralen slik at det kan sendes inn og bli registrert (Norsk institutt for naturforskning)
Forsterkningsutsettinger	Utsettinger av fisk i lokaliteter som også har naturlig rekruttering, dvs en selvreproduserende bestand
Gytebestandsmål	Gytebestandsmål betegner nivået for størrelsen på den gytebestanden som sikrer bestandens langsiktige levedyktighet, ved at tilgjengelige gyte- og oppvekstområder blir tatt i bruk
Kolonister	De første individene som tar i bruk områder som tidligere ikke har hatt fisk, eller der hvor leveforholdene er endret slik at det igjen er levelige forhold
Labilt aluminium	Aluminium i vann består av en urganisk og en organisk del (fraksjon). Den uorganiske delen, også kalt labilt aluminium, er giftig for fisk og andre vannlevende organismer som oppholder seg i surt vann
Livshistorie	Beskriver ulike stadier i fiskens livsløp, som tidspunkt for klekking, vekst, alderen når den forlater elva som smolt, alderen når den vender tilbake til elva som kjønnsmoden, etc
Oppdrett/kultivert fisk	Fisk som er klekt og produsert i anlegg
pH-mål	En bestemt pH som forventes å ikke påføre fisk og andre vannlevende organismer skader eller økt dødelighet
Parr (lakseparr)	Ungestadiet fra den begynner å ta til seg næring til den forlater elva som smolt. Yngel blir også benyttet som betregnelse for deres første leveår
Reetablering	Brukes der stedegne bestander har blitt utryddet, og ny bestand kommet til
Settefisk	Brukes vanligvis på fisk som er klekt og produsert i et anlegg, basert på stamfisk fra en bestemt lokalitet
Slurry	Finpartiklet kalksteinsmel som er oppslemmet i vann
Smolt	Stadiet i laksens livshistorie da den forlater elva og vandrer ut i havet
Smoltifisering	Overgangen fra parr til smolt. Dette styres av hormoner, og fører til endret utseende og atferd
Smoltkvalitet	Smoltens helsetilstand, ofte målt for å vurdere hvor godt den vil klare overgangen fra ferskvann til saltvann. Måles ved mengden aluminium avsatt på gjellene, og ved hjelp av blodprøver
Stedegen fisk	Fisk som er naturlig produsert i et bestemt vassdrag
Tetthet (fisketetthet)	Antall fisk pr. arealenhet, oftest pr. 100 m^2 elveareal
Ungfisk	Hos laks brukes dette om stadiene fra yngel og fram til fisken smoltifiserer og går ut i havet (se dette)
Utbredelse	Romlig fordeling og forekomst av en art innen et område eller habitat

Finnså klekkeri har vært sentralt i arbeidet med etablering av nye laksestammer i Mandalselva og Tovdalselva. Foto: Svein Haugland

Stamfisk av laksestammen i Storelva ved Finnså klekkeri. Rogna fra Storelvslaksen er benyttet ved etablering av ny laksestamme i Tovdalselva.
Foto: Svein Haugland

Referanser

Dahl, K. 1927. The effect of acid water on trout fry. Salmon and Trout Magazine 46: 35-43.

Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. 2003 [Red.]. Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver.
– Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-utredning 2003-5.

Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) in Norway due to acidification. Aquacult. Fish. Manage. 22: 85-91.

Hesthagen, T. & Larsen, B.M. 2003. Recovery and re-establishment of Atlantic salmon, *Salmo salar L.*, in limed Norwegian rivers. Fish. Manage and Ecol. 10:87-95.

Hesthagen, T., Larsen, B.M. & Fiske, P. 2011. Liming restores Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations in acidified Norwegian rivers. Can. J. Fish. Aquat. Sci. (I trykken)

Sunde, S.E. 1926. Surt vand dræper laks- og ørretyngel. Norsk Jæger – og Fisker-Forenings Tidsskrift 55: 121-124.

Sunde, S.E. 1934. Laksefiskeriene. S. 9-10 I: Fiskeri-inspektørens innberetning om ferskvannfiskeriene for året 1933. Med statistikk over laks – og sjøaurefiskeriene for 1932. Landbruksdepartementet. Trykt i Centraltrykkeriet. Oslo.

Ugedal, O., Larsen, B.M., Forseth, T. & Johnsen, B.O. 2006. Produksjonspotensial for laks i Mandalselva og vurdering av tap for følge av kraftutbygging. NINA Rapport 146.

Uglem, I., Økland, F., Forseth, T., Diserud, O., Fiske, P., Thorstad, E.B., Hvidsten, N.A. & Berger, H.M. 2005. Smoltutvandring forbi Laudal kraftverk i Mandalselva. NINA Rapport 13.

Årsrapporter i Reetableringsprosjektet

Johnsen, B.O. red., 1999. Reetableringsprosjektet. Årsrapport 1998. DN-utredning 1999-7.

Hesthagen, T. red., 2001a. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 1999. DN-utredning 2001-5.

Hesthagen, T. red. 2001b. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2000. DN-utredning 2001-6.

Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. red. 2003. Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver.
– Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-utredning 2003-5.

Hesthagen, T. red. 2005a. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003. DN-utredning 2005-9.

Hesthagen, T. red. 2005b. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. DN-utredning 2005-10.

Hesthagen, T. red. 2006. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2005. DN-utredning 2006-4.

Hesthagen, T. red. 2007. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006. DN-utredning 2007-3.

Tabell 1.1. *Type data og prøver fra Tovdalsvassdraget i perioden ≤ 1996 til 2009.*

Type data/prøver	Gj.	≤96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	ført														
Hydrologi	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vanntemperaturmålinger	Ja			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vannkjemiske målinger	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fysiologi: gjelle Al	Ja					X			X	X	X	X	X	X	X
Fysiologi: gjelle Na+K+ TPase	Ja										X	X	X	X	X
Genetikk: ungfisk	Ja		X								X	X			
Genetikk: voksen fisk	Ja	X				X		X		X		X		X	
Rogn: utplanting	Ja					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rogn: fargemerket	Ja						X	X	X	X	X	X	X	X	
Yngel (0+): utsettinger	Ja			X											
Yngel (0+): finnemerket	Nei			X											
Yngel/Parr: elfiske	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Smolt: utsettinger	Nei														
Smolt: Carlin-merket	Nei														
Smolt: fellefangst	Ja									X	X	X	X	X	X
Smolt: telemetri	Nei														
Smolt: skjell/otolitter	Ja									X	X	X	X	X	X
Presmolt i innsjø: fangst	Nei														
Voksen: telling	Ja							X							
Voksen: fangstutbytte	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen: fangst i ulike soner	Ja						X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen: størrelse	Ja			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen: skjellprøver	Ja			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen: otolitter	Ja										X	X	X	X	X
Voksen: Grunnstoff/otolitt	Nei														
Voksen: skille vill/utsatt	Ja														
Gytegropregistreringer	Ja									X					
Habitatkartlegging	Ja									X					
Konsekvensutredning	Nei														
Verdivurdering	Nei														
Tiltak for å bedre oppgang	Ja								X						

Tabell 1.2. *Type data og prøver fra Mandalsvassdraget i perioden ≤ 1996 til 2009.*

Type data/prøver	Gj.	≤96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	ført														
Hydrologi	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vanntemperaturmålinger	Ja			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vannkjemi	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fysiologi: Gjelle-Al	Ja				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fys:GjelleNa+K+ ATPase	Ja											X	X	X	X
Genetikk: ungfisk	Ja		X							X	X			X	
Genetikk: voksen fisk	Ja	X		X		X			X			X		X	
Rogn: utplanting	Ja								X	X	X	X	X	X	X
Rogn: fargemerking	Ja								X	X	X	X	X	X	
Yngel (0+): utsettinger	Ja		X	X	X	X	X	X	X	X		X			
Yngel (0+): finnemerkinger	Ja		X	X	X	X	X	X	X	X		X			
Yngel/Parr: elfiske	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Smolt:utsettinger	Ja		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
Smolt: Carlin-merket	Ja		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
Smolt: fellefangst	Ja						X	X	X	X	X	X	X	X	X
Smolt: telemetri	Ja								X	X					
Smolt: skjell/otolitter	Ja						X	X	X	X	X	X	X	X	X
Presmolt i innsjø: fangst	Ja												X		
Voksen fisk: tellinger	Ja								X	X	X	X	X	X	X
Voksen fisk: fangstutbytte	Ja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen fisk:fangst ulike soner	Ja						X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen fisk:størrelse (lengde)	Ja			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen fisk: skjellprøver	Ja			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Voksen fisk: otolitter	Ja										X	X	X	X	X
Voksen: Grunnstoff i otolitter	Ja											X			
Voksen fisk: vill vs utsatt	Ja					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gytegropregistreringer	Ja							X							
Habitatkartlegging	Ja										X				
Konsekvensutredning	Ja											X			
Verdivurdering	Ja					X	X								
Tiltak for bedret oppgang	Nei														

2 Område-beskrivelse

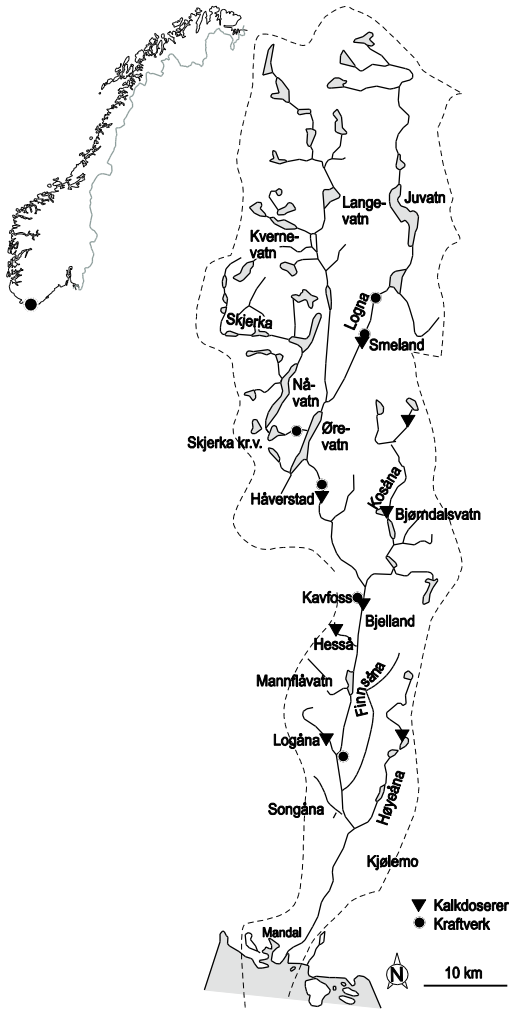
2.1 Om vassdragene

Mandalsvassdraget ligger i Vest-Agder og Aust-Agder fylker. Nedbørfeltet er på 1.800 km^2, og har en gjennomsnittlig vannføring ved utløpet på 89 m^3/sek. I Mandalsvassdraget kan anadrom fisk vandre ei strekning på 48 km, til Kavfossen i Bjelland (**figur 2.1**). Kalkingen startet i Logåna i 1982, og på 1980/1990-tallet ble flere innsjøer i vassdraget kalket. På midten av 1990-tallet ble det satt opp fire kalkdoseringsanlegg i sideelvene Høyeåna, Hesså og Kosåna. Våren 1997 ble det satt igang kalking av hovedvassdraget, med anlegg på Smeland, Håverstad og Bjelland.

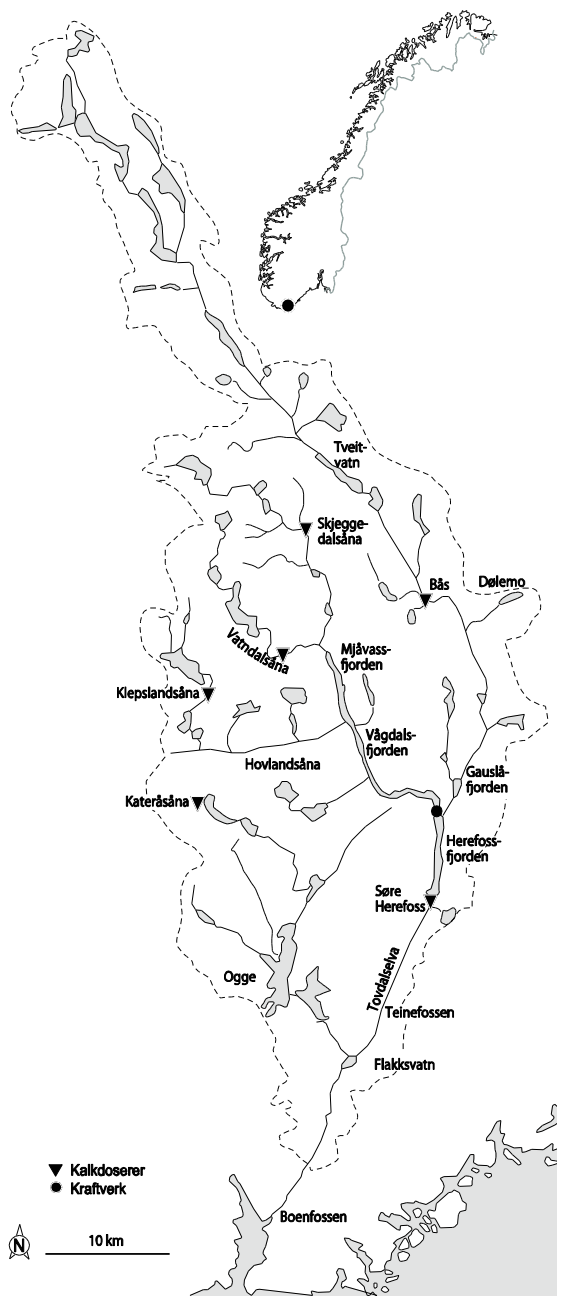
Mandalsvassdraget er sterkt berørt av flere vassdragsreguleringer, med en total reguleringsgrad på 14 %. Det først kraftverket, Skjerka kraftverk i Åseral, stod ferdig allerede i 1932. Seinere er det bygd ytterligere tre kraftverk ovenfor lakseførende strekning, ved Håverstad i 1955, Logna i 1961 og Smeland i 1985. På lakseførende strekning er det bygd to kraftverk; Bjelland i 1975 og Laudal i 1981. Vann til Laudal kraftverk blir tatt inn i en tunnel ved utløpet av Mannflåvann. To elvestrekninger har redusert vannføring som følge av reguleringene; elva mellom Kavfossen og utløpet av Bjelland kraftverk og elva mellom dam Mannflå og Laudal. På de to strekningene er minstevannføringen i løpet av vinteren på henholdsvis 1,0 og 1,5 m^3/sek. På den 5 km lange strekningen Laudal-Mannflå er det bygd tre fisketrapper og flere løsmasseterskler. Dette vanskeliggjør oppgangen for laks.

Tovdalsvassdraget ligger hovedsakelig i Aust-Agder fylke, med mindre arealer i Vest-Agder og Telemark. I øvre deler består vassdraget av Tovdalsgreina i øst og Uldalsgreina i vest (**figur 2.2**). Nedbørfeltet er på 1 885 km^2, og gjennomsnittlig vannføring ved utløpet er 65 m^3/sek. I Tovdalselva strekker den lakseførende strekningen seg til øvre del av Herefossfjorden, ei lengde på 45,5 km. Kalkingen av vassdraget ble satt i gang i stor skala med slurry-doserere i oktober 1996. Det ble etablert fem hoveddoserere; ved Bås, Skjeggedalsåna, Vatnedalsåna, Hovlandsåna [flyttet fra Klepslandsåna i 2003] og utløp Herefossfjorden, samt dosereren i Kateåsåna. I tillegg ble Ogge og Høvringsvatn og flere mindre innsjøer også kalket.

Tovdalsvassdraget er i relativt liten grad berørt av vassdragsreguleringer. I Uldalsgreina er det imidlertid flere kraftverksmagasiner, og med Hanefoss kraftverk nederst. Denne greina utgjør ca halvparten av nedbørfeltet til Herefossfjorden. Dette fører til at vannføringen på lakseførende strekning er noe redusert på forsommeren når laksen vandrer opp i Tovdalselva. Ellers blir deler av vannet i Tovdalselva benyttet til kraftproduksjon i Boen kraftverk. Det innebærer at en del av smolten føres inn i kraftverket. Det har elles vist seg at laksen tidligere har hatt visse problemer med å forsere Boenfossen både ved lave og noe høyere vannføringer. Høsten 2003 ble det åpnet ny fisketrapp i denne fossen, og dette gjorde oppvandringen av laks og sjøaure mer uavhengig av vannføringen. Både fangstøkningen og fordelingen av fangstene innen elva i seinere år kan tyde på at tiltaket har hatt en viss effekt. Fram til og med 2003 ble nesten all laks tatt nedstrøms Boenfossen, mens i 2008 utgjorde fangstene oppstrøms ⅔ av totalen.



Figur 2.1. *Mandalsvassdraget med angivelse av kalkdoserere og kraftverk.*



Figur 2.2. *Tovdalsvassdraget med angivelse av kalkdoserere og kraftverk.*

2.2 Vannkjemisk utvikling etter kalking

Av Frode Kroglund
NIVA - Sørlandsavdelingen, Grimstad

Sammendrag

Hensikten med kalking er å redusere konsentrasjon av giftig aluminium (LAl) til nivåer hvor det ikke lenger utøver noen belastning for fisk. Dette oppnås ved å heve pH. Tiltaksstrategien var lik i begge vassdragene frem til 2006. Fra da av har denne vært forskjellig, hvor perioden med høyt pH-mål (best vannkvalitet) har vært satt til 15. april til 31. mai i Mandalselva og fra 1. mai til 30. juni i Tovdalselva. Denne forskjellen i pH mål vil kunne påvirke laksesmolt i Tovdalselva i en negativ retning. Samtidig er det utviklet modeller som angir hva vannkvalitet ville ha vært hvis vassdragene var ukalket. Det beregnes her at vannkjemien i Tovdalselva har utviklet seg sterkere i positiv retning enn i Mandalselva. Tovdalselva er således mindre følsom for svikt i kalkingsstrategier i dag enn Mandalselva. Kalkingen har i hovedtrekk vært tilfredsstillende og resultert i forventet endring i pH og LAl begge elvene. Kalkingsinnsatsen ble redusert i årene 2004 til 2008, uten at denne reduksjonen synes å være forankret i bevisste strategiske valg. I 2008 var kalkforbruket igjen opp på nivåer benyttet før 2004. Til tross for slike avvik er det ingen opplagte og tydelige målbare underskridelser av det vannkjemiske målet basert på månedlige vannprøver. I perioder kan likevel konsentrasjonen av LAl overskride anbefalte grenser. Dette vil kunne gi år til år forskjeller i en belastning.

Innledning

Vannkjemien i Tovdalselva og Mandalselva før kalking var akutt giftig for laks. De to elvene ble fullkalket fra henholdsvis oktober 1996 og juni 1997. Det biologiske målet for kalkingen er forankret i laksesmolt. Det kjemiske tiltaket er å redusere konsentrasjonen av giftig aluminium (LAl) til nivå hvor eksponeringene ikke påfører individ eller bestand skade. Det er en nær sammenheng mellom reduksjonen i giftighet til Al og mål-pH. pH brukes derfor som det operasjonelle kjemiske målet.

Før vannkvalitetsmålene for Mandalselva og Tovdalselva ble endelig fastlagt, ble det gjennomført to renneforsøk gjennom Reetableringsprosjektet (Kroglund mfl. 1999). Disse, sammen med tilsvarende forsøk utført i Suldalslågen, demonstrerte avgiftingsrater til aluminium og sammenhengen mellom kationisk Al i vann, og gjelle-Al og fysiologisk respons hos lakseparr og smolt (Kroglund mfl. 2008, Teien mf. 2005, 2006). pH målene er i alle elver sesongstratifisert, hvor høyest pH-mål benyttes i vårperioden for å beskytte laksesmolt. Laksesmolt som eksponeres for LAl har redusert saltvannstoleranse. Opprinnelig ble pH-målet i Mandalselva og Tovdalselva satt til 6,2 fra 15. februar til 1. juni og til 6,0 resten av. Dette reduserte pH-mål var til dels motivert ut fra forsøk utført i Logåna i 1997 og 1998 (Kroglund mfl. 1999, Kroglund & Teien 2003), som igjen var inspirert av resultatene oppnådd i Audna tidligere på 1990-tallet (Kroglund mfl. 1993). Rådet i forhold til redusert pH-mål om våren ble imidlertid gitt med forbehold. Hvis konsentrasjonen av LAl om våren var for høy i forhold til laksesmoltens toleranse burde pH-målet endres og følge de mål som benyttes i de fleste kalka elver.

I undersøkelsesprogrammet utført i perioden 1999 til 2005 ble det påvist "urovekkende" høy gjelle-Al hos presmolt av laks om våren. pH-målet ble derfor fra 2006 økt til pH 6,4 (jfr. Kroglund mfl. 2005). Mens det opprinnelig var meningen at pH målet skulle variere likt gjennom sesongen i begge elvene iverksettes høy pH i Tovdalselva først fra 1. mai. Dette pH nivået opprettholdes til 30. juni. Denne forskyvingen i tid for høy pH kan ha negativ innvirkning på smoltkvalitet. Kalkingsperiodene er angitt i **tabell 2.1**.

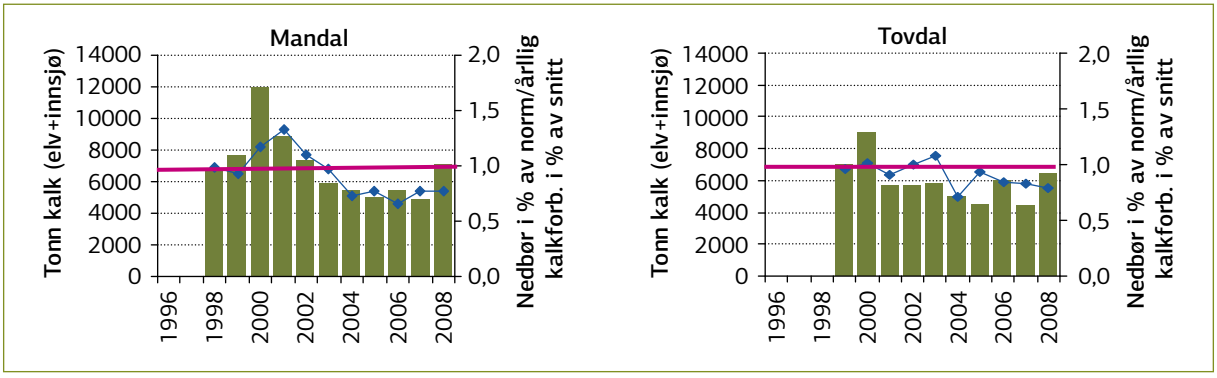
I sammenstillingen av fysiokjemiske forhold, samt smoltens helsestatus i Mandalselva og Tovdalselva, er data på vannføring, temperatur, kalkforbruk, vannkjemi og smoltstatus sammenstilt. I tillegg er det utført beregninger av hvordan vannkvalitet i de to elvene ville ha vært uten kalking. Forskjeller i vannføring mellom elvene er gitt i **vedlegg 1**. Forskjellene i vannkjemi, men også i vannføring og temperatur mellom vassdragene vil ha betydning for kalkforbruket, men også for smoltifisering, smoltutvandring og overlevelse i tidlig marin fase.

Kalkforbruk

Kalkingsstrategien i vassdragene er omtalt i **kapittel 2.1**. Kalkforbruket har variert mellom år, noe som blant annet skyldes årsvariasjoner i vannføring, endret forsuringsbelastning, og endret pH-mål fra 2006 (**figur 2.3**). Det årlige kalkforbruket i vassdragene er normalisert i forhold til vannføring (jfr **vedlegg 1**). Beregningsgrunnlaget for disse vurderingene er gitt av Hindar mfl. (2008). I Mandalselva ble det utdosert mest kalk i forhold til vannføring i 2000 og 2001. I perioden 2004 til 2006 ble det utdosert kun 75 % av middelforbruket for hele perioden, Mengden kalk økte igjen i 2007 og 2008. Så fremt ikke forsuringsbelastningen har avtatt tilsvarende, kan dette antyde at det fra og med 2004 var en "underkalking", alternativt en "overkalking" årene forut. Dette blir diskutert i kapitlene nedenfor. I Tovdalselva har det årlige kalkforbruket vært mer stabilt, dog var det også her et klart lavere forbruk i 2004 og jevnt noe lavere fra 2004 enn nivået var årene forut. Ut fra kalkforbruk kan det forventes år til år variasjon i vannkjemi.

Tabell 2.1. *Kalkingsperiodene og pH-mål benyttet i Mandalselva og Tovdalselva.*

Periode	pH-mål	Mandalselva	Tovdalselva
1996/7 t.o.m. 2005	Lav pH; 6,0	1. juni til 14. feb	1.juni til 14. feb
	Høy pH; 6,2	15. feb til 31. mai	15. feb til 31. mai
Fra 2006	Lav pH; 6,0	1. juni til 14. feb	1. juli til 14. feb
	Presmolt; 6,2	15. feb til 14. april	15. feb til 30. april
	Smolt; 6,4	15. april til 31. mai	1. mai til 30. juni

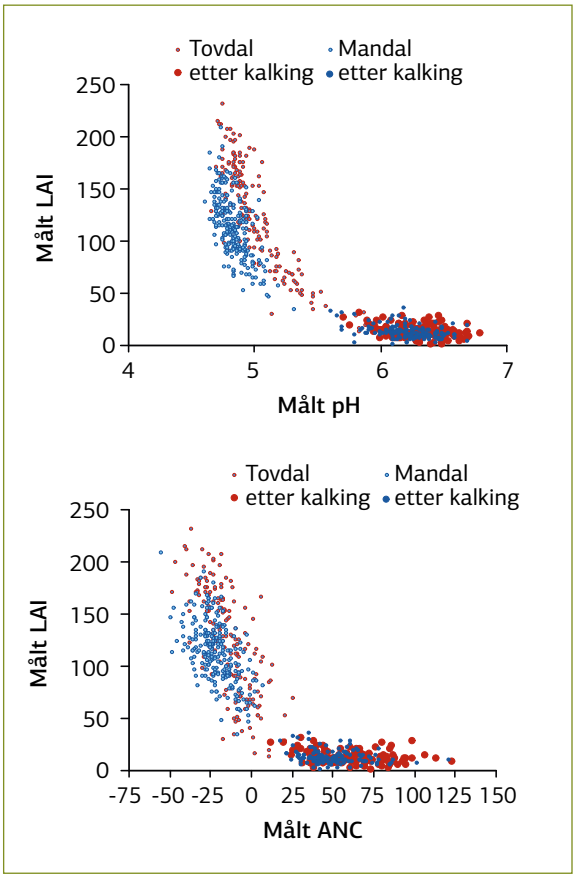


Figur 2.3. *Kalkforbruk i elv og innsjøer i Mandals- og Tovdalsvassdraget i perioden 1998-2008. Normalisert kalkforbruk er vist som punkter.*

Har vannkjemien etter kalking vært tilfredsstillende?

Kalkingen ble igangsatt fordi vassdragene var sure og inneholdt dødelige konsentrasjoner av giftig eller labilt Al (LAl). I løpet av perioden 1980-2005 er forsuringsbelastningen over Norge redusert betydelig (SFT 2008). Dette påvises som reduksjon i SO_4 og NO_3-N i vassdragene, og som igjen bidrar til økt pH og ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og redusert LAl. Overvåkingsdata fra innsjøer i Sør-Norge viser imidlertid at den forbedrede vannkvaliteten pga redusert sur nedbør stanset opp rundt år 2000, tross for ytterligere utslippsreduksjoner. Tilsvarende endringer i vannkjemien kan også forventes i kalka elver, men her vil kalkingen ha en direkte effekt på vannkvalitetsindikatorene som benyttes (pH, LAl, Ca og ANC). Kalkingen har som mål å påvirke disse parametrene, og i en kalket elv kan effekten av redusert sur nedbør derfor ikke måles direkte. Men effekten kan imidlertid modelleres såfremt det foreligger data fra ukalket vassdrag. Det er her benyttet multiple relasjoner mellom ulike vannkjemiske parametere og pH, LAl, Ca og ANC. For å etablere modellene brukes kun data fra perioden før kalking (1980-96) og kun parametere som ikke påvirkes av kalking. Modellene benyttes deretter på vann fra den kalka perioden for å estimere "ukalkede" verdier. Mens de estimerte verdiene antyder endringer i vannkjemi, angir de målte verdiene etter at kalkingen ble igangsatt grad av måloppnåelse. Alle modellene er høyst signifikante og vassdragsspesifikke, men trenger ikke være gyldig mange år framover i tid (**vedlegg 1**). Foruten å modellere hva vannkjemi ville ha vært uten kalking, må vannkvalitet forankres i hva som er kritisk eller tilfredsstillende for de aktuelle artene. Laks har et strengt vannkvalitetskrav hvor LAl-konsentrasjoner > 5 µg Al/l vil medføre økende skade (Kroglund mfl. 2007, 2008). I smoltifiseringsperioden bør LAl og ANC være henholdsvis < 5 µg/l og > 50 µekv/l, mot < 40 µg/l og > 15 µekv/l resten av året. Sammenhengene mellom pH og LAl var forskjellig i Mandalselva og Tovdalselva (**figur 2.4**). Målepunktene antyder at innholdet av LAl i forhold til pH var 40-50 µg/l høyere i Tovdalselva enn i Mandalselva før kalking. Dette innebærer at mer giftig Al skulle avgiftes i Tovdalselva. Etter kalking har innholdet av LAl i begge elvene i hovedsak vært lavere enn 25 µg/l (**figur 2.4** & **2.5**). Det måles likevel verdier som overskrider fiskens kritiske grenser i perioder. Før kalking var også ANC-verdiene klart under laksens toleransegrense i begge vassdragene, mens de etter kalking har variert mellom 25-100 µekv/l (**figur 2.4** & **2.5**).

pH kan modelleres tilfredsstillende i både Mandalselva (r^2=0,87) og i Tovdalselva (r^2=0,77). Det er dermed mulig å modellere hva pH ville ha vært i dag hvis elva var ukalka. pH i Mandalselva var stabil omkring 4,8 ±0,1 i perioden 1980-96 eller før kalkingen ble igangsatt (**figur 2.5**). For perioden 1997-2008 modelleres det et ukalket pH-nivå på 5,0±0,1. Kalkingen hevet pH til 6,2±0,3. pH-variasjonene i Mandalselva har hele tiden vært små, og episoder synes å ha vært fraværende. I Tovdalselva har pH vært mer variabel. Før kalkingen var middel-pH i elva 5,0±0,2, mens kalkingen har hevet den til 6,3±0,3 (**figur 2.5**). Basert på modellen forventes det at pH hadde vært pH 5,2±0,2 i perioden 1997 til 2008 hvis elva fortsatt var ukalket I begge elvene antyder modellene at det har vært en svak pH-økning i perioden 1980-2008, noe som sannsynligvis kan tilskrives redusert mengde sur nedbør. Endringene i middelverdi er angitt i **tabell 2.2**.



Figur 2.4. *Sammenhenger mellom pH og LAl og mellom ANC og LAl i Mandalselva og Tovdalselva. Data fra perioden før kalking er skilt fra datapunkter fra etter kalking.*

Også nivåene av LAl kunne modelleres tilfredsstillende i både Mandalselva (r^2=0,74) og Tovdalselva (r^2=0,92). Det er dermed mulig å modellere hva LAl villa ha vært i dag hvis elva var ukalka. I Mandalselva var midlere LAl-konsentrasjon før 1996 på 114±30 µg/l (**figur 2.5**). Hvis elva fortsatt var ukalka forventes det ut fra modellen en LAl konsentrasjon på 55±22 µg/l. Dette antyder en halvering av konsentrasjon på 2000-tallet sammenliknet med 1980/90-tallet. I det kalka vannet var konsentrasjonen av LAl på 14±14 µg/l. I Tovdalselva var konsentrasjonen 124±50 µg/l før 1996. Hvis elva fortsatt var ukalka forventes det at nivået på 2000-tallet ville ha vært 25±30 µg/l. Modellene antyder at konsentrasjonene av LAl har avtatt over tid, men samtidig antyder modellene at mer LAl skal avgiftes i Mandalselva enn i Tovdalselva i dag. I det kalka vannet er LAl-konsentrasjonen redusert til moderat lave verdier. Endringene i middelverdi er angitt i **tabell 2.2**.

Modellering av pH og LAl etter 1996 tyder på at vannkvaliteten i ukalka vann i Tovdalselva i dag er bedre enn i Mandalselva. Dette begrunnes i at pH sannsynligvis er litt høyere samtidig som at LAl er betydelig lavere. Årsaken til forskjellen er ikke avklart, men kan skyldes både forskjeller i sammenheng mellom pH/LAl innen vassdrag, forskjeller i øvrig vannkjemi samt usikkerheter knyttet til modellene. Basert på modellert pH og LAl, er vannkvaliteten nå sannsynligvis på et nivå hvor svake laksebestander kan opprettholdes uten tiltak. Det er likevel antatt at dagens vannkjemi vil ha negative effekt på smoltens vekst og kvalitet, og svekke smoltens sjøoverlevelse (jfr. Kroglund mfl. 2007, 2008). Kalkingen av begge vassdragene er derfor fortsatt påkrevd for å opprettholde et laksefiske.

Vannkvalitet kan også vurderes ut fra ANC. Modellene var tilstrekkelig robuste til at en verdi som angir ukalket ANC kan beregnes (r^2>0,90). I Tovdalselva var middel ANC før 1996 -16,8±15,2 µekv/l. Etter 1996

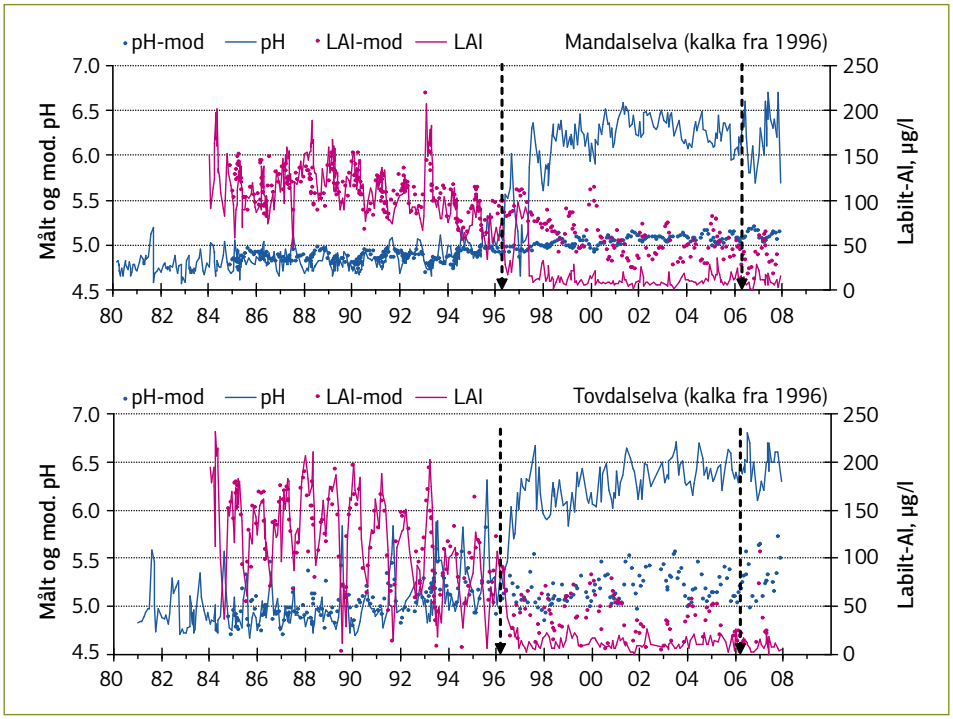
Tabell 2.2. *Middelverdi ± 1 standardavvik for pH, labilt Al (µg/l), ANC (µekv/l), Ca (mg/l) og TOC (mg/l) for perioden før kalking (1980 til 1996) og fra 1997. Året 1996 er utelatt da det er usikkerheter knyttet til oppstartsperiodene. I tabellen er det inkludert verdier for modellerte verder fra 1996. Disse angir hva verdiene ville ha vært hvis elva var ukalket.*

	Mandalselva			Tovdalselva		
Parametre	Ukalket	Beregnet ukalket	Kalket	Ukalket	Beregnet ukalket	Kalket
	1980-96	1997-2008	1997-2008	1980-96	1997-2008	1997-2008
pH	4,8 ±0,1	5,0±0,1	6,2±0,3	5,0±0,2	5,2±0,2	6,3±0,3
LAl	114±30	55±22	14±14	124±50	25±30	14±14
ANC	-23,2±11,3	5,2±11,2	48,9±19,2	-16,8±15,2	16,5±14,6	61,8±22,4
Ca	0,68±0,21	0,60±0,09	1,50±0,29	0,96±0,15	0,90±0,11	1,76±0,28
TOC	2,8±0,7	3,5±0,9	3,5±0,9	3,4±0,8	4,4±0,9	4,4±0,9

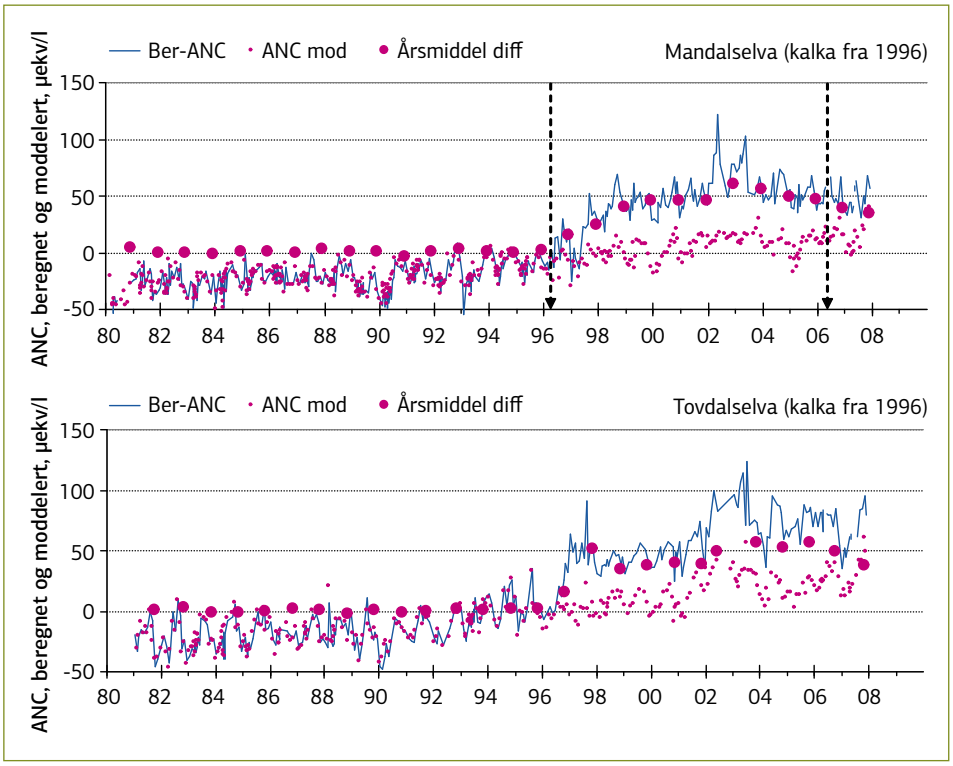
modelleres det en ANC verdi på 16,5±14,6 µekv/l. I Mandalselva var ANC -23,2±11,3 µekv/l før 1996, mens det senere modelleres en verdi på 5,2±11,2 µekv/l. På basis av ANC antyder dette en forbedring i vannkjemi. Forbedringene har resultert i at i dag har Tovdalselva bedre vannkvalitet enn i Mandalselva. Kalkingen hevet ANC til 48,9±19,2 µekv/l i Mandalselva og 61,8±22,4 µekv/l i Tovdalselva. Endringene i middelverdi er angitt i **tabell 2.2**.

Mens kalkingen i Mandalselva økte ANC til > 45 µekv/l for årene 2000-05, har verdiene i de to siste årene vært < 38 µekv/l (**figur 2.6**). Samme reduksjon i ANC er registrert i Tovdalselva de senere år. Reduksjonen i ANC de senere årene skyldes lavere kalkforbruk i 2006 og 2007 enn årene forut (**figur 2.3**). Dette gjenspeiles i de målte Ca-konsentrasjonene, som antyder en avtagende utvikling fra ca. 2006 (**figur 2.7**). Kalkforbruket synes derfor å ha avtatt etter 2006, til tross for økt pH mål om våren. Dette kan skyldes at en naturlig forbedret vannkvalitet med redusert kalsiumbehov, alternativt at vassdraget tidligere var "overkalket". pH-mål kunne også vært underskredet oftere (underkalking) nå enn tidligere, og/eller at vannføringen har økt (økt fortynning av kalk). Vi kan ikke ut fra ANC eller Ca alene konkludere med at vannkvalitetsmålet er underskredet i de siste årene, verken i Mandals- eller Tovdalselva. Selv om pH-målene i hovedsak synes å være oppnådd, er målet fra 2006 underskredet over lengre perioder i Mandalselva. Dette diskuteres i detalj i FoU rapportene fra vassdragene (DN 2009).

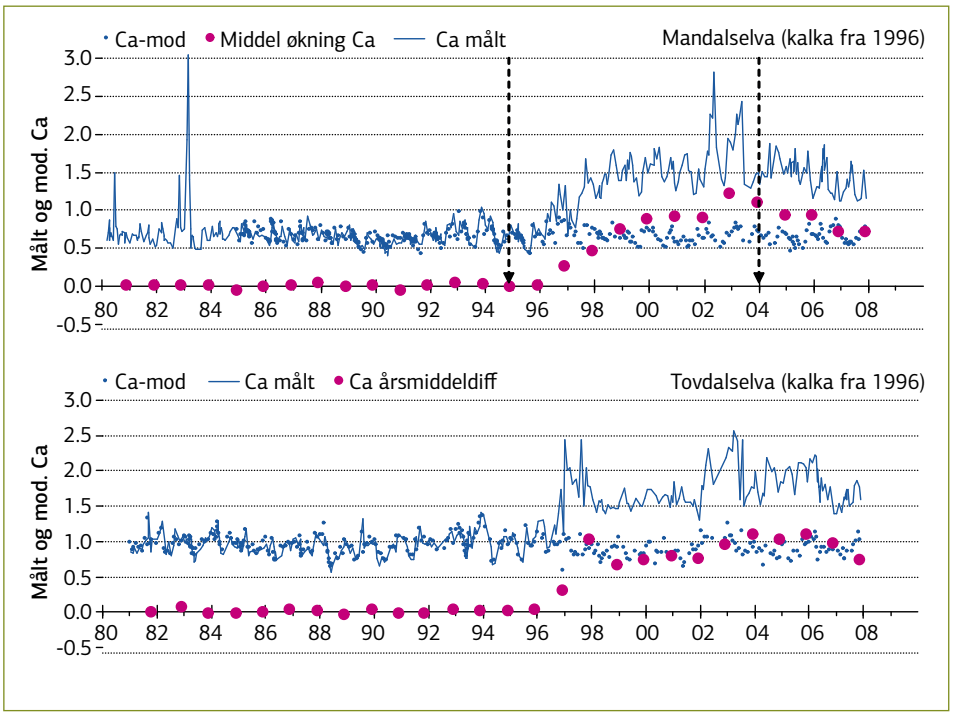
Foruten endringer i vannkvalitet knyttet til forsuring og kalking, er innholdet av organisk karbon (TOC) under endring i vassdragene. Mens konsentrasjonene ofte var under 3,0 mg C/l tidlig på 1990-tallet, har de på 2000-tallet økt med over 50 %. Denne økningen i humusinnhold vil ha en direkte effekt på kalkbehovet, hvor det er behov for mer kalk med økende humus. Dette sammen med at det måles redusert kalking de senere år, gjør det aktuelt å utrede mer i detalj om dagens kalking er tilstrekkelig. Det må også vurderes om redusert kalking kan være en årsak til lavere laksefangster de senere årene.



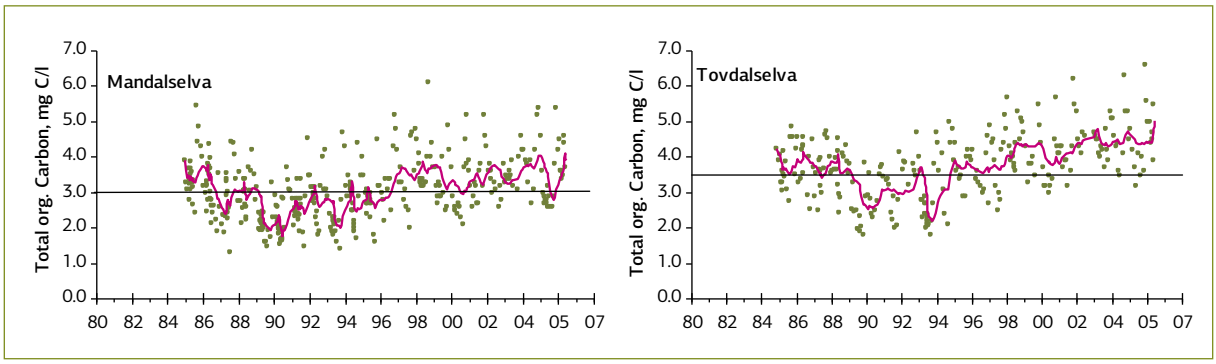
Figur 2.5. *Månedlig variasjon i pH og labilt Al (LAl) i Mandalselva ved Marnardal og Tovdalselva ved Boen. Målte verdier er angitt med hel strek. Modellerte verdier er angitt med sirkler. Vertikale stipla linjer angir kalkingsstart samt tidspunkt for endring i pH-mål.*



Figur 2.6. *Månedlig variasjon i ANC ved Marnardal i Mandalselva og ved Boen Tovdalselva. Målte verdier er angitt med hel strek. Modellerte verdier er angitt med små sirkler. Årsmiddel for differansen mellom målt og beregnet er gitt med store fylte sirkler. Vertikale stipla linjer angir kalkingsstart samt tidspunkt for endring i pH-mål.*



Figur 2.7. *Månedlig variasjon i kalsium (Ca) i Mandalselva ved Marnardal og Tovdalselva ved Boen. Målte verdier er angitt med hel strek. Modellerte verdier er angitt med små sirkler. Årsmiddel for differansen mellom målt og beregnet er gitt med store fylte sirkler. Vertikale stipla linjer angir kalkingsstart samt tidspunkt for endring i pH-mål.*



Figur 2.8. *Månedlig variasjon i humus (total organisk karbon, mg C/l) i Mandalselva og Tovdalselva for årene 1985 til 2006. Punktene er forbundet med flytende gjennomsnitt. Middelverdi for vassdraget er angitt med horisontal strek.*

Kontinuerlig pH

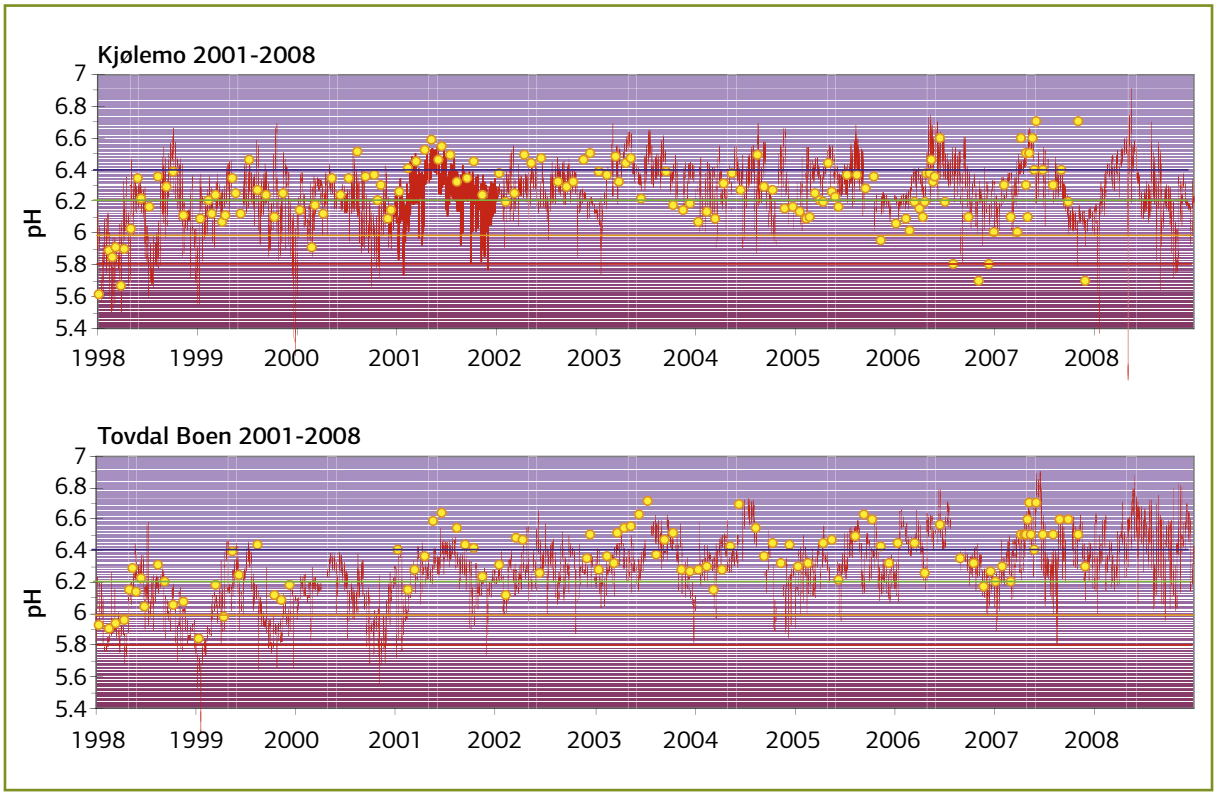
De månedlige prøvene viser altså at kalkingen har gitt en vannkvalitet som i hovedsak er tilfredsstillende for laks. Samtidig tyder dataene på redusert måloppnåelse i senere år. Dette kan ha sammenheng med at månedlige målinger ikke nødvendigvis påviser episoder med dårlig vannkvalitet. Derfor er det foretatt en analyse av dataene fra pH-loggerne ved henholdsvis Kjølemo i Mandalselva og Boen i Tovdalselva (**figur 2.9**). Begge disse lokalitetene ligger langt nedi vassdragene. Disse dataene inngår som en del av FoU virksomhet knyttet til kalking, og rapporteres årlig (R. Høgberget, pers. medd., NIVA). De påpeker årlige underskridelser i forhold til de definerte vannkvalitetsmålene. Graden av underskridelsene varierer fra år til år og mellom vassdragene.

Laksesmolt og laksunge. Laksen gjennomgår både ytre og indre forandringer når den skal tilpasse seg et pelagisk liv i havet. Denne prosessen skjer i løpet av våren og kalles smoltifisering. I denne fasen er laksen ekstremt følsom for surt og aluminiumsrikt vatn.
Foto: Roy M. Langåker

Det er antydet fire pH-grenser mht effekter på laks; 6,4, 6,2, 6,0 og 5,8, hvor pH-verdier under 5,8 kan resultere i en kritisk belastning. Det økologiske resultatet av en slik belastning vil variere med hvilke livsstadier av laks som er tilstede i elva, andel av elva som er berørt, samt temperatur og eksponeringsvarighet. I 1998 forekom pH-verdier < 5,8 flere ganger i Mandalselva, samt i desember/januar 2000/01. Måloppnåelsen er oppsummert i **tabell 2.3**. Det var en dårligere måloppnåelse før 2002 enn tilfellet har vært senere. pH-målet om våren var da kun delvis oppnådd. Antall dager med underskridelse og grad av underskridelse har variert mellom årene. I de senere årene har det vært en bedre måloppnåelse i Tovdalselva enn i Mandalselva. pH-målet (her satt til 6,4) om våren var klart underskredet de første årene i begge vassdragene. Variasjonen i pH i mai måned var størst i Mandalselva. Denne variasjonen i pH kan ha svekket smoltkvalitet. Etter en episode vil god smoltkvalitet kunne gjenetableres, men dette tar tid. Når episoden avtar vil belastningen avta raskt, men de fysiologiske skadene vil vedvare over lenger tid. Mens man tidligere antydet at én uke var tilstrekkelig (Kroglund & Staurnes 1999, Kroglund mfl. 2001), tyder nye forsøk samt bruk av andre indikatorer for smoltkvalitet på at selv to uker ikke er tilstrekkelig. Den "kraftige" episoden våren 2008 kan ha hatt betydelig innvirkning på smoltkvalitet.

Tabell 2.3. *Syntese av måloppnåelse basert på pH i Mandalselva og Tovdalselva for perioden 1998 til 2008. Det er skilt mellom vår-perioden (mai) og resten av året, som er skilt i forhold til episoder med pH < 5,8 og 6,0.*

	Mandalselva			Tovdalselva		
År	**Vår**	**Resten av året**	**Resten av året**	**Vår**	**Resten av året**	**Resten av året**
		<5,8	<6,0		<5,8	<6,0
1998	6,1-6,3	Ofte	Ofte	6,1-6,3	2 episoder	Ofte
1999	6,1-6,3	i jan og des.	I korte perioder	6,0-6,2	4 episoder	Ofte
2000	6,1-6,3	2 korte episoder	Ofte	>6,3	Lang periode høst	Ofte
2001	>6,4		Lang periode om vinteren og høsten	>6,2		Lang periode vinter/ høsten
2002	6,2-6,4		Sjeldent	>6,1		Sjeldent
2003	>6,3		Sjeldent	>6,2		Sjeldent
2004	>6,3		Sjeldent	> 6,3		Sjeldent. Lang periode høst
2005	>6,3		Aldri	>6,2		Sjeldent
2006	6,2-6,4		Sjeldent	>6,4		Sjeldent
2007	>6,4		Sjeldent	>6,4		To korte episoder
2008	<5,8		Ofte	>6,4		Sjeldent



Figur 2.9. *Daglig variasjon i pH i Mandalselva v/Kjølemo (øverst) og Tovdalselva v/Boen (nederst). Det er i figuren antydet fire pH-grenser: 6,4, 6,2, 6,0 og 5,8, hvor pH-verdier lavere enn 5,8 kan resultere i en kritisk belastning for smolt. Perioden fra 1. mai til 1. juni er antydet med en hvit vertikal strek.*

Referanser

Direktoratet for naturforvaltning, 2009. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2008. Notat 2-2009

Hindar, A., Kroglund, F., Wright, R.F., Skjelkvåle, B.L. & Henriksen, A. 2008. Beregning av dagens og framtidig kalkbehov for innsjøer og lakseelver i Norge. NIVA-rapport 5619/08. 29s.

Kroglund, F., Lydersen, E. & Rosseland, B.O. 1993. Endringer i aluminiumskjemi i blandsoner med kalket og surt vann -områder karakterisert av aluminiums ulikevekt og stor giftighet for fisk. i: TVLF og Naturens Tålegrense-seminar. Stjørdal, februar 1993:45-47.

Kroglund, F. & Staurnes, M. 1999. Water quality requirements of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56(11): 2078-2086.

Kroglund, F., Teien, H.C., Lucassen, E., Håvardstun, J. Rosseland, B.O., Salbu, B. & Pettersen, M.N. 1999. Avgiftingsrater til aluminium i humusrike vannkvaliteter og effekter på fisk. Vedlegg 2 I: Reetableringsprosjektet, Årsrapport 1998. Utredning for DN 1999-7.

Kroglund, F. & Teien, H.C. 2003. Fysiologiske responser hos laks relatert til avgiftingsrater til aluminium i kalket surt humøst vann. I: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997-2002.

Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Salbu, B. & Lucassen, E. 2001. Water quality dependent recovery from aluminum stress in Atlantic salmon smolt. Water Air and Soil Pollution 130(1-4):911-916.

Kroglund, F. 2005. Smoltundersøkelser; Smoltkvalitet i Mandalselva, Otra, Tovdalselva og Nidelva våren 2004. Reetablering av laks på Sørlandet Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. Utredning 2005-10.

Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Nilsen T., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H.C. & Salbu, B. 2007. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon postsmolt survival. Aquaculture 273: 360–373.

Kroglund, F., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Salbu, B., Kristensen, T. & Finstad, B. 2008. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar L*) exposed to reduced pH and increased aluminum in episodes. Hydrol. Earth Syst. Sci. 12: 491–507.

SFT 2008. Overvåking av langtransportert luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2006. Statlig program for forurensningsovervåking , SPFO-rapport; 1000/2007, SFT-rapport;TA-2322/2007. Statens forurensningstilsyn (SFT) Oslo.

Teien, H.C, Andrén, C., Kroglund, F. & Salbu, B. 2005. Changes in gill reactivity of aluminium species following liming of an acid and aluminium-rich humic water. Verh. Int. Verein. Limnol. 29: 837-840.

Teien, H.C., Kroglund, F., Salbu, B. & Rosseland, B.O. 2006. Gill reactivity of aluminium-species following liming. Sci. Tot. Environ. 358: 206-220.

Inspeksjon og uttak av dagens fangst i felle for smolt av laks og aure i Mandalselva. Foto: Svein Haugland

3 Vannkjemiens betydning for laksens fysiologiske status, og bestandsutvikling

Av Frode Kroglund
NIVA-Sørlandsavdelingen, Grimstad

Sammendrag

Målet med kalkingen er å redusere konsentrasjonen av giftig eller labilt Al til nivåer hvor det ikke lenger påvirker laksens helsestatus. En indikasjon på konsentrasjon av labilt Al i vann, får man ved målinger av Al på fiskens gjeller. I Mandalselva og Tovdalselva er dette gjennomført årlig siden henholdsvis 1999 og 2003. Til og med våren 2005 ble det årlig målt konsentrasjoner av Al på fiskens gjeller som kan ha forårsaket økt dødelighet hos postsmolten i havet. I 2006 ble kalkingsstrategien endret ved å heve pH-målet om våren fra 6,2 til 6,4. Siden har konsentrasjonen av Al på gjellene vært tilfredsstillende ut fra dagens kunnskap om kritiske nivåer for laksesmolt. Denne nivåendringen i gjelle-Al kan ikke begrunnes ut fra de vannkjemiske analysene av Al utført over samme tidsperiode. Gjelle-Al er således en mer følsom parameter enn målinger av giftig (labilt) Al i vann. Dato for iverksettelse av høyere pH-mål om våren er noe senere i Tovdalselva enn i Mandalselva. Dette kan være forklaringen på noe høyere gjelle-Al konsentrasjoner hos smolten her enn i Mandalselva. Dette kan medføre at smoltkvaliteten i Tovdalselva er svekket sammenlignet med i Mandalselva. Svekkelsen kan innebære redusert sjøoverlevelse hos laksesmolt. Bedre helsestatus hos smolt i senere år har i liten grad gitt seg utslag i økt mengde tilbakevandret voksen fisk. Dette kan enten skyldes lavere smoltproduksjon, men uten at det kan knyttes til dårligere vannkvalitet. Det kan imidlertid ha sammenheng med at sjøoverlevelsen hos laksen i senere år har vært lavere enn tidlig på 2000-tallet.

Innledning

Smoltkvalitet er undersøkt årlig siden 1999 i Mandalselva og periodisk i Tovdalselva. Hensikten har vært å vurdere vannkjemisk og biologisk måloppnåelse knyttet opp mot kalkingstiltakene. Resultater fra disse undersøkelsene ble sist oppsummert i årsrapporten fra Reetableringsprosjektet for 2007. Det fokuseres her kun på data fra Mandalselva og Tovdalselva, hvor data fra andre elver bare omtales hvis relevant.

Metoder

Prøvetakingsprotokoll og analysemetoder er i henhold til standard rutiner (Teien 2005). I vurderingene er gjelle-Al <30 µg Al/g gjelle tv (målt på utvandrende smolt) betraktet som en indikasjon på en smolt med tilfredsstillende hypoosmotisk kapasitet (**tabell 3.1**). Ved høyere konsentrasjoner forventes det økt sannsynlighet for redusert postsmolt overlevelse. Forsøk har vist at 50 µg Al/g gjelle tv gir en reduksjon i postsmoltoverlevelse på ca 50 % (Kroglund mfl. 2007a, 2008a). Dette nivået betraktes her som uakseptabelt høyt. I perioder med rask og episodisk endring i vannkvalitet kan imidlertid gjelle-Al angi responsklasse feil. Mens akkumulering og eliminering av Al på gjeller vil være noe forsinket i forhold til utviklingen i vannkvalitet i løpet av en episode tyder nyere data på at restituering av blant annet viktige gjelle enzymer tar uker selv om indikatoren på eksponering (her gjelle-Al) er tilbakeført til normalverdier. Dette kan omformuleres til at mens høye konsentrasjoner av Al på en gjelle forventes å indikere skade, er ikke lave konsentrasjoner ensbetydende med tilfredsstillende forhold.

For Na^+K^+-ATPase, betraktes verdier lavere enn 2 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1} som indikasjon på fravær av smoltifisering, og verdier på 2-5 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1} som akseptable for en tidlig presmolt (**tabell 3.1**). Konsentrasjoner på 5-10 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1} antyder enn begynnende smoltifisering, mens fullverdig smolt bør ha verdier omkring 15 µmol ADP•mg protein-^{1}•t-^{1}. Det er ikke her mulig å skille lave verdier som skyldes ufullstendig smoltifisering fra inhibering av aktivitet som følge av belastning(er). Det forventes økende Na^+K^+-ATPase verdier fra april og ut mai, mens aktiviteter deretter kan avta som følge av desmoltifisering, eller at smolt vandret utenfor sitt optimale smoltvindu (McCormick mfl. 1998).

Tabell 3.1 *Klassifiseringskriterier for gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) og Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}).*

	Gjelle-Al	Na^+K^+ATPase
Svært god	0-15	>12
God	15-30	7-12
Moderat	30-60	5-7
Dårlig	60-150	3-5
Svært dårlig	>150	<3

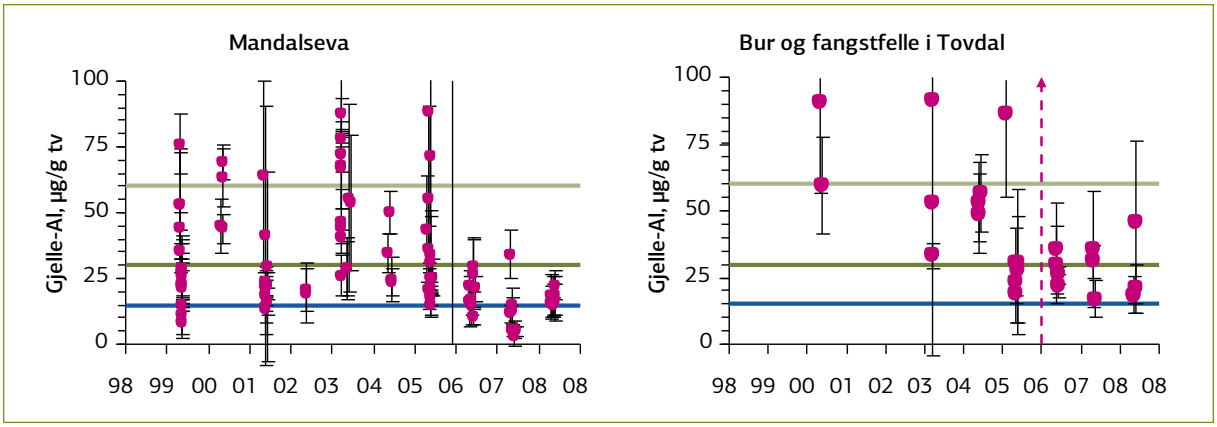
Resultater

Gjelle-Al og gjelle Na^+K^+-ATPase hos smolt i Mandalselva og Tovdalselva

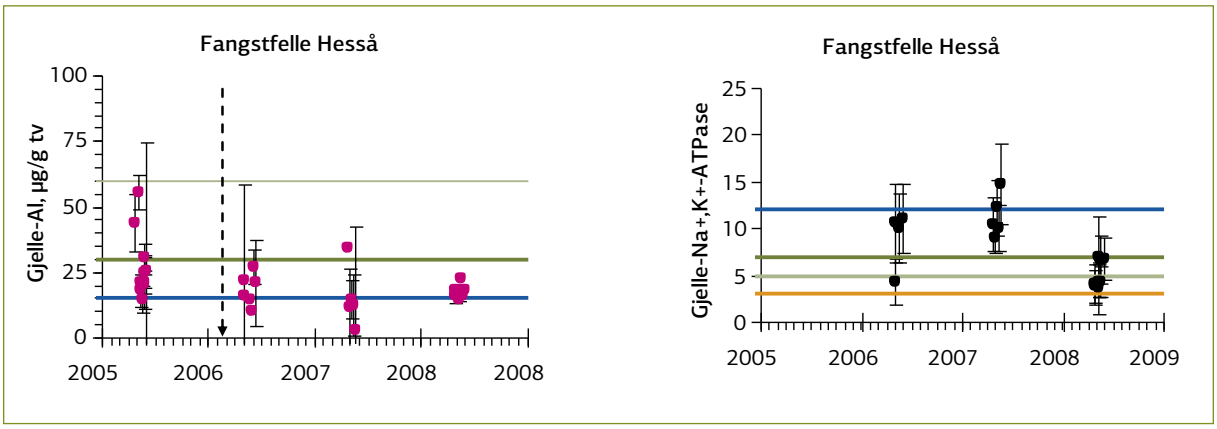
I perioden 1999-2005 var gjelle-Al variabel og til dels høy både i Mandalselva og Tovdalselva (**figur 3.1**). I Mandalsvassdraget var det sterke tendenser til at høyere verdier nederst (Møll) enn lengre opp (Hesså). For Tovdalselva foreligger det ingen tilsvarende geografisk fordeling av respons. Økningen i gjelle-Al nedover i vassdraget kan skyldes tilførsler av Al fra sure sidebekker, hvor disse ikke avgiftes tilfredsstillende med nåværende kalkingsstrategi. Etter at pH-målet ble revidert våren 2006, har gjelle-Al i hovedsak vært < 30 µg Al/g gjelle tv. Endringene i nivå kan tyde på en positiv respons på endret pH-mål om våren.

Gjelle-Al målt i fellefanget utvandrende smolt ved Finså og Hesså (Mandalselva) og Boen (Tovdalselva) samlet for årene 1999-2008 er presentert i **figur 3.2**. Resultatene illustrerer godt endringen i gjelle-Al etter 2006 sammenliknet med tidligere år. Det konkluderes derfor med at endringen i pH-mål resulterte i redusert Al-belastning på gjellene hos laksesmolt. Kalkingen synes også normalt tilfredsstillende basert på analyser av gjelle Na^+K^+-ATPase. I 2006 og 2007 var verdiene under hovedutvandringen for smolt i Mandalselva høye, og indikerte god smoltkvalitet (**figur 3.2**). Våren 2008 var verdiene imidlertid noe lavere med <7 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}, uten at dette kan knyttes til gjelle-Al. Denne reduksjonen kan skyldes lavere pH-verdier ved Kjølemo, forskjeller i temperatur, eller forskjeller i tidspunktet for smoltifisering (**kapittel 6**). Det er tidligere dokumentert at redusert enzymaktivitet hos smolt kan knyttes til vannkvalitet, hvor aktivitet påvirkes i løpet av få timer, mens det kan ta uker å gjenetablere normal aktivitet (Nilsen mfl. 2010). Likeledes vil utvikling i smoltifisering være knyttet til faktorer som ikke har med kalkingen, for eksempel temperatur.

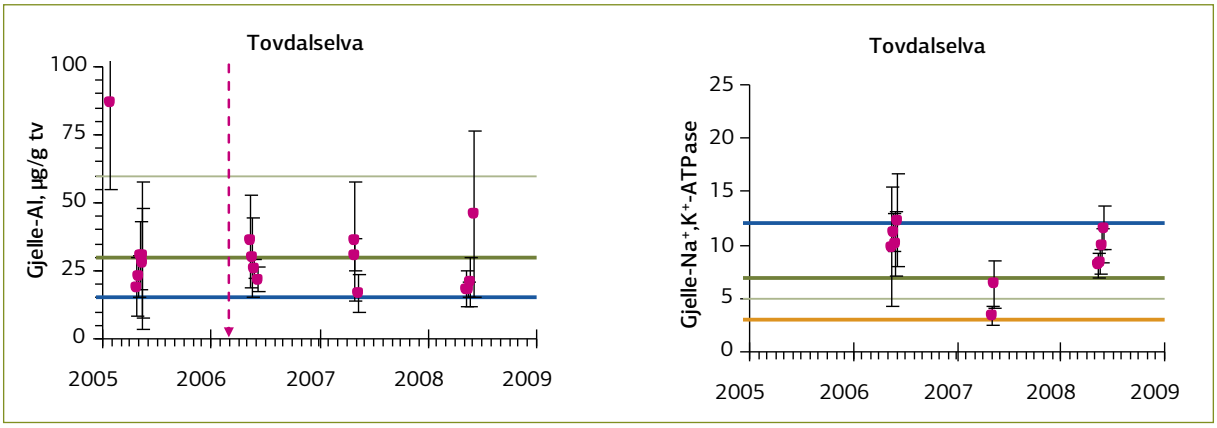
Hovedtrekkene fra Mandalselva er også tilsvarende tydelige i Tovdalselva (**figur 3.3**). Gjelle-Al nivåene har siden 2006 vært betydelig lavere sammenliknet med tidligere år. I Tovdalselva har nivåene av gjelle Na^+K^+-ATPase vært tilfredsstillende for smolt i alle årene, også i 2008. Lave verdier i 2007 antas å skyldes at prøvene ble tatt for tidlig på sesongen. Reduksjonen i aktivitet som påvises i Mandalselva våren 2008, var fraværende i Tovdalselva og Storelva i Holt (11-12 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}).



Figur 3.1. *År til år variasjon i gjelle-Al hos laksesmolt målt på samtlige stasjoner prøvetatt i Mandalselva (venstre figur)og Tovdalselva (høyre figur) i perioden 1999 til 2008.*



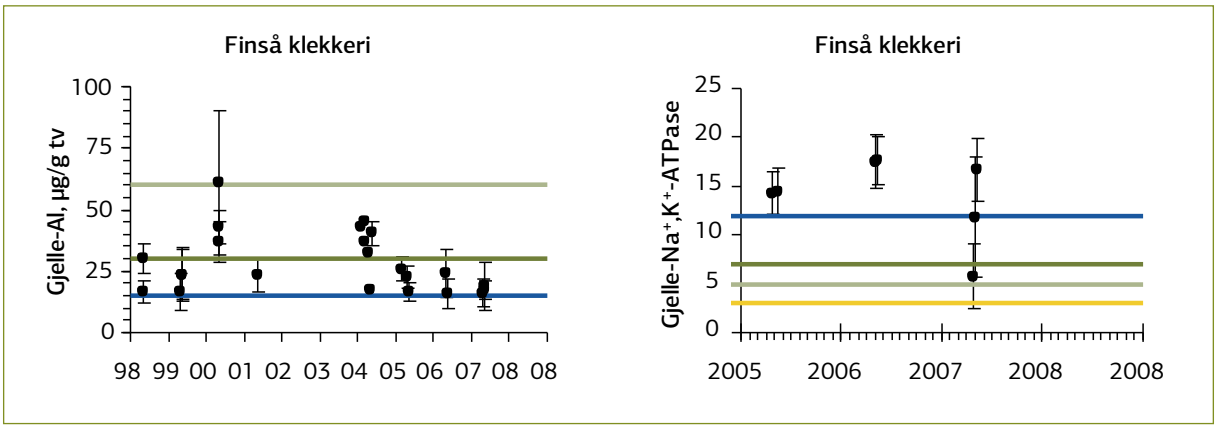
Figur 3.2. *År til år variasjon i gjelle-Al målt ved Hesså i Mandalselva (venstre figur) og gjelle Na^+K^+-ATPase (høyre figur) i perioden 2005-08.*



Figur 3.3. *Årlig variasjon i gjelle-Al (venstre figur) hos smolt fanget ved Boen i Tovdalselva i perioden 2005-08, og gjelle Na^+K^+-ATPase (høyre figur) i perioden 2006-08.*

Gjelle-Al og gjelle Na^+K^+-ATPase hos smolt på Finså klekkeri

Det ble tatt prøver for analyse av gjelle-Al og gjelle Na^+K^+-ATPase fra smolt ved Finså klekkeri de fleste årene mellom 1998 og 2007. Dette var altså smolt som ble satt ut i Mandalselva i perioden 1997 til 2007 (**kapittel 5.4**, **vedlegg 7a**). Med unntak av prøver tatt i 2000 og 2004, var verdiene på et nivå hvor det ikke forventes vesentlig forringelse av saltvannstoleranse (**figur 3.4**). Saltvannstester utført i perioden 1998-2001 påviste normal saltvannstoleranse, med unntak av i 1999 (Kroglund 2003). Analyser av gjelle enzymet Na^+, K^+-ATPase utført i årene 2005-07, tyder på at fisken var saltvannstolerant i alle år. Basert på slike verdier synes smolt produsert ved Finså klekkeri å ha en tilfredsstillende kvalitet. Prøver tatt på klekkeriet trenger imidlertid ikke gi korrekt status for smolten etter utsetting i vassdraget. Fra fisken settes ut til den når sjøen vil den reagere på vannkjemien. Det er vist at saltvannstoleranse kan skades etter få dager i moderat forsuret vann (Kroglund mfl. 2007a). De årene det ble utført vurdering av smoltkvalitet både øverst og nederst på anadrom strekning, ble det påvist dårligere smoltkvalitet nederst i elva, men bare inntil 2005. Med endringer i blant annet kalkingsstrategi og økt pH fra 2006, var smoltkvaliteten normal også nederst på anadrom strekning (Kroglund mfl. 2007b).



Figur 3.4. *Årlig variasjon i gjelle-Al og gjelle Na^+K^+-ATPase hos smolt produsert ved Finså klekkeri i perioden 1998 til 2007.*

Hvor mange laks kan man forvente i elvene, og har smoltkvaliteten betydning for laksefangstene i påfølgende år?

Det er satt gytebestandsmål (GBM) for laks i Mandals- og Tovdalselva (Hindar mfl. 2007, Anon. 2010). Det foreligger også slike mål for andre aktuelle elver; Otra, Nidelva, Storelva i Holt og Bjerkreimselva (**tabell 3.2**). Beregningsgrunnlaget er ikke oppgitt for Storelva, Nidelva og Otra. Ved å anta at smolttetthet og eggdeponering er lik den i Mandalselva og Tovdalselva, kan produksjonsareal og smoltproduksjon beregnes. Basert på antagelsen om at det skal være 6 smolt pr. 100 m^2, skal det utvandre ca 220 000 smolt fra Mandalselva og 160 000 smolt fra Tovdalselva. Otra skal bidra med 100 000 smolt, Bjerkreimselva med 270 000 smolt og Storelva med 25 000 smolt. Disse tallene representerer den smoltproduksjon som disse elvene minst må ha for at GBM skal kunne oppnås, gitt normal sjøoverlevelse.

Etter kalking er det fanget betydelige mengder laks både i Mandalselva og Bjerkreimselva. Tiltak mot industriforurensninger som forsuret Otra ble igangsatt i samme tidsperiode som kalkingen av Mandalselva og Tovdalseva (Kroglund mfl. 2008b). Den laksen som fanges i ei elv kan enten stamme fra smolt som utvandret fra samme elv eller fra andre elver, alternativt rømt oppdrettsfisk. Innenfor Reetableringsprosjektet har vi ikke målt direkte hvor hovedmengden av oppfanget laks kommer fra, men har gjort vurderinger ut fra endringer i genetisk sammensetning (**kapittel 7**). Antall smolt som vandrer tilbake til heimelva som voksne individ, vil avhenge av antall smolt som forlater vassdraget,

Tabell 3.2. *Gytebestandsmål (GBM) målt i kg hunner, elveareal, antatt eggdeponering pr. m^2, sum egg deponert, forventet eggoverlevelse og beregnet smoltproduksjon fra de ulike elvene. Tallene er hentet fra Hindar mfl. (2007) og Anon. (2010). Tall som er antatt er gitt grå bakgrunn.*

Elv	GBM	Lavt estimat	Høyt estimat	Areal	GBM egg/m^2	Egg lagt for å nå GBM	Over-levelse egg til smolt	Gj.snitt vekt hunner	Antall hunner for å nå GBM	Ber. antall smolt 100/m^2	Beregnet smolt-produksjon
Mandalselva	5.155	3.866	7.733	3.737.510	2	7.475.020	0,030	2,5	2.062	6	224.251
Tovdalselva	3.721	2.791	5.582	2.697.890	2	5.395.780	0,030	2,4	1.551	6	161.873
Otra	2.341	1.756	3.511	1.697.170	2	3394936	0,030	2,5	936	6	101.848
Nidelva	1.663	831	2.494	1.205.620	2	2411836	0,030	2,5	665	6	72.355
Storelva	565	424	848	409.570	2	819736	0,030	2,5	226	6	24.592
Bjerkreimselva	4.319	3.239	5.399	1.401.090	4	6262480	0,044	2,5	1728	17,4	272.418

samt overlevelsen i havet. Det er ikke fastlagt hvor stor sjøoverlevelsen er for smolt fra elver innenfor Agderregionen. I senere år har det imidlertid vært en betydelig reduksjon i sjøoverlevelsen hos laks fra norske vassdrag, selv om denne reduksjonen ikke er like dramatisk som i andre land omkring Nord Atlanteren. Redusert sjøoverlevelse kan bl.a. knyttes til endringer i marint klima, samt økt smittepress fra lakselus. Smittepresset fra lakselus er imidlertid lavt innenfor Agderregionen. Ulike sykdommer, innblanding av rømt oppdrettslaks, vannkjemiske forhold samt habitatødeleggelser kan alle bidra til redusert smoltproduksjon og redusert sjøoverlevelse (Anon. 2010). Flere av disse faktorene er i liten grad til stede i kalkede elver på Sørlandet, bortsett fra at flere inngrep i form av kraftproduksjon. Trusselsbildet den enkelte laksebestand står overfor, er således mer mangfoldig enn bare forsuring. Suksess i forhold til kalking avhenger dermed av hvordan ulike lokale og regionale trusler bidrar til å svekke den enkelte laksebestand.

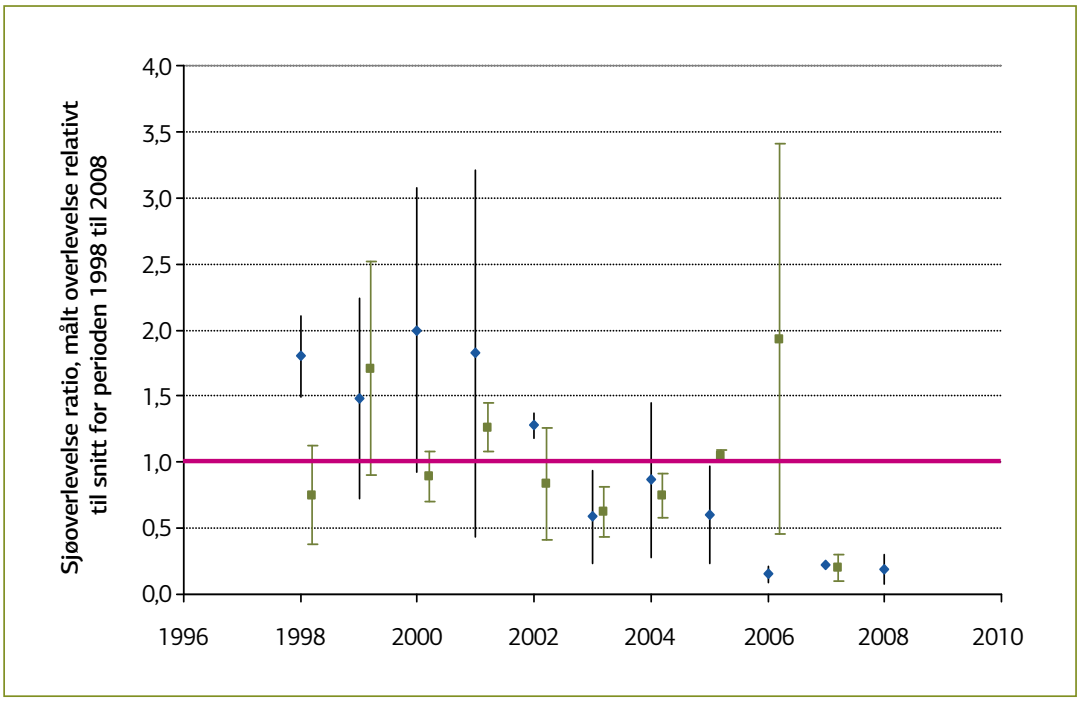
Overlevelsen i sjøen fra smolt til voksen laks varierer mye mellom år (Anon. 2010). Laks i Norge er ikke et unntak fra laks internasjonalt. Det er grunn til å anta at laks fra Agder også påvirkes av noen av de faktorer som påvirker laks ellers i Norge. Denne år til år variasjonen i sjøoverlevelse bidrar til at enkelte år karakteriseres som gode fangstår, mens andre år oppfattes som dårlige. Hvis årsaken til variasjonen er å finne i havet, ligger det utenfor Reetableringsprosjektets arbeidsområde. Hvis årsaken derimot skyldes svikt i tiltaksstrategien i form av kalking, er dette viktig å få fastlagt slik at avbøtende tiltak kan iversettes. Vannkvaliteten i Mandalselva før og etter kalking er vurdert i **kapittel 2.2**. Det er også gjort vurderinger av nåværende og fremtidig kalkingsbehov.

Reetableringsprosjektet har gjort målinger av sjøoverlevelse for anleggsprodusert Carlinmerket laksesmolt (**kapittel 5.4**). Sjøoverlevelsen har vært lavere enn forventet, samtidig som feilvandringen har vært betydelig. Noen av utsettingene er gjort oppstrøms Laudal kraftverk, som har forårsaket økt dødelighet gjennom turbinen. Likeledes er flere av utsettingene gjort i en periode før vannkvalitetsmålet var endelig oppfylt (**tabell 4.1**). Dermed kan smoltkvaliteten ha vært svekket i enkelte år (**figur 3.1** & **3.2**). Gjenfangstene er imidlertid lavere enn det som er observert i de sørlige indeksvassdragene Imsa (Rogaland) og Drammenselva (Buskerud). Gitt at den lave sjøoverlevelsen som er målt stemmer, må enten smoltproduksjonen være betydelig høyere enn beregnet, eller at vassdragene årlig tilføres mye laks av fremmede stammer. Basert på sjøoverlevelse målt i Imsa og Drammenselva, kan det lages en forventet tilbakevandringsindeks for årene 1998 til 2008, hvor verdi 1,0 tilsvarer middelverdien målt over samme periode (**figur 3.3**). I Drammenselva og Imsa er midlere sjøoverlevelse for perioden 1998 til 2008 på henholdsvis 0,9±0,8 og 4,5±3,3 % (Anon. 2010). I årene 1998 til 2001 var sjøoverlevelsen ca 1,5 til 2,0 ganger indeksnivået. For perioden 2002 til 2005 var verdiene i underkant av 1,0, for å avta til nivåer omkring 0,2 etter 2005. Dette innebærer en faktor på 10 i variasjon i sjøoverlevelse innenfor perioden 1998-2008. Samtidig var det også stor år til år variasjon mellom Imsa og Drammenselva (**figur 3.5**). Det må antas at fangstene i Mandalselva og Tovdalselva også er påvirket av mange av de samme faktorene som påvirker sjøoverlevelsen hos laksen i Imsa og Drammenselva. For å skille årlig variasjon i fangst knyttet til rene marine faktorer fra faktorer som påvirker sjøoverlevelse i ferskvann, kan fangstene normaliseres i forhold til indeksverdien. Når betydningen av marine faktorer er redusert, kan betydningen av lokale forhold diskuteres.

For å vurdere om dagens laksefangster er på et normalnivå for vassdraget, trenger man opplysninger om hvor mange smolt som utvandrer ut fra elvene, og hva som er forventet normaltilstand med hensyn til laksefangst. Det forutsettes da at elvene er upåvirket av menneskelig inngrep. Data på både smoltproduksjon og sjøoverlevelse vil være viktig. Smoltproduksjonen er estimert i **tabell 3.2**. Denne er knyttet til GBM og er beheftet med en del forutsetninger (jfr. Hindar mfl. 2007). Ved å anta en sjøoverlevelse for smolt innenfor intervallet 0,5 til 5 %, kan det estimeres hvor mange laks den forventede smoltproduksjonen i elvene skal bidra med. Hvis man samtidig antar en midlere vekt på laks fra elvene på Sørlandet på 2,5 kg (jfr. **kapittel 4.4**), kan estimatet for antall omregnes til et estimat for vekt.

Fangstene av laks har variert fra år til år i Mandalselva og Otra. I Tovdalselva har derimot fangstene i større grad vært økende (**tabell 3.5**). I Nidelva er fangstene lave, og i Storelva svært lave. Gjennomsnittlig fangst for årene 2005 til 2010 er også angitt.

Settes fangbarheten til 50 % kan det beregnes en forventet laksefangst fra de respektive elvene gitt forutsetningene og beregningene over (**tabell 3.4**). De estimerte laksefangstene kan deretter knyttes til de faktiske fangstene (**tabell 3.5**). Sammenlignes



Figur 3.5. *Indeks for sjøoverlevelse hos laks basert på observert sjøoverlevelse i Drammenselva og Imsa. Beregningene er utført for smålaks (blå punkt) og mellomlaks (røde punkt). Indeksverdi 1 tilsvarer middelverdien for perioden 1998 til 2008.*

Tabell 3.4. *Estimat for antall kg laks som overlever i sjøen fra de respektive elvene basert på en beregnet smoltproduksjon (GBM) og en antatt sjøoverlevelse innenfor intervallet 0,5 til 6 %. Det ants videre at snittvekt til fisken er 2,5 kg.*

	Sjøoverlevelse	0,5 %	1 %	2 %	3 %	4 %	6 %
Elv	Antall smolt	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Tovdalselva	161860	2023	4047	8093	12140	16186	24279
Mandalselva	224239	2803	5606	11212	16818	22424	33636
Otra	101830	1273	2546	5092	7637	10183	15275
Nidelva	72337	904	1808	3617	5425	7234	10851
Storelva	24574	307	614	1229	1843	2457	3686

Tabell 3.5. *Oppgitt fangst av laks (kg) fra fem elver i Agder for årene 2000 til 2010. Snitt fangst for årene 2005 til 2010 er også angitt. (Data fra Scanatura).*

Elv	Snitt fangst	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
Tovdalselva	1357	1232	1584	1494	1078	1658	1096	487	335	298	225
Mandalselva	8215	5722	5694	7878	6766	12190	11039	6575	8129	7715	10662
Otra	7618	6844	4329	7987	5868	10693	9986	5677	7366		
Nidelva	661	432	661	839	713						
Storelva	33	10	67	23							

observert og estimert fangst i Mandalselva og Otra, antyder det en sjøoverlevelse på henholdsvis 3 og 6 %. Disse verdiene er ikke urimelig, og tyder på at GBM i hovedsak er oppnådd (Anon. 2010). Hvis smoltproduksjonen i Tovdalselva er på bæreevnen er sjøoverlevelsen < 1 %, og GBM klart underskredet. Tilsvarende lave verdier beregnes også for Nidelva og Storelva. Det foreligger ingen opplysninger om at smolt fra ulike elver innenfor Agderregionen utvandrer til ulike havområder, og dermed utsettes for ulike belastninger. Derfor må vi foreløpig anta at alle bestandene belastes likt fra fjord til hav. En så stor spredning i sjøoverlevelse innenfor en liten region synes ut fra dette usannsynlig hvis marine faktorer skal være eneste årsak. Årsaken til forskjellene må derfor være mer lokale. For Nidelva sin del er antall år siden kalkingsstart en rimelig sannsynlig faktor. I tillegg er elva sterkt regulert. Laksen i Tovdalselva kan ha vanskeligheter med hensyn til oppvandring forbi Boenfossen og Teinefossen, noe som kan ha bidratt til en forsinket etablering av laks. I Storelva er lav fangst knyttet til aluminium i brakkvann. I tillegg kan vannkjemien i alle elvene være en faktor av betydning.

I Tovdalselva, Nidelva og Storelva kan smoltproduksjonen fortsatt være lavere enn vassdragets bæreevne. Dette kan skyldes at bestanden er under etablering og at antall gytelaks fortsatt er for lavt til å fylle vassdraget. Følgelig er antall tilbakevandrende laks lavere enn naturtilstanden, både som følge av svekket smoltkvalitet, lokale forhold, og kanskje ukjente marine faktorer. Disse kan i tillegg samvirke. Innenfor Agderregionen kan man se bort fra lakselus som noen vesentlig faktor (Bjørn mfl. 2010). Andelen oppdrettsfisk i fangstene er også lav (**kapittel 4.4**). Faktorer knyttet til marint klima, samt beiteforhold i havet, kan påvirke all laks fra Sør-Norge likt hvis laks fra ulike regioner benytter de samme beiteområdene i havet, eller utsettes for de samme begrensningene på ulike beiteområder. Hvis fangstene er høyere enn de estimerte, kan dette skyldes at sjøoverlevelsen er god, alternativt at ikke all voksen fisk som gikk opp i disse elvene ikke vandret ut fra de samme elvene som smolt. Men estimatet over kan også gi et feilaktig uttrykk av sjøoverlevelsen hvis det fanges mye fisk av fremmed opphav i en elv. Men selv om man antar et bidrag av laks av fremmed opphav på hele 50 % i Mandalselva og Otra, vil sjøoverlevelsen likevel være rundt 3 til 4 %. Den nære sammenhengen i fangst mellom Mandaselva og Otra kan skyldes at begge elvene har lik reetableringsrate, alternativt at de mottar laks fra en felles kilde (**figur 3.6**). Den store forskjellen mellom Mandalselva og Tovdalselva er da ikke forklart.

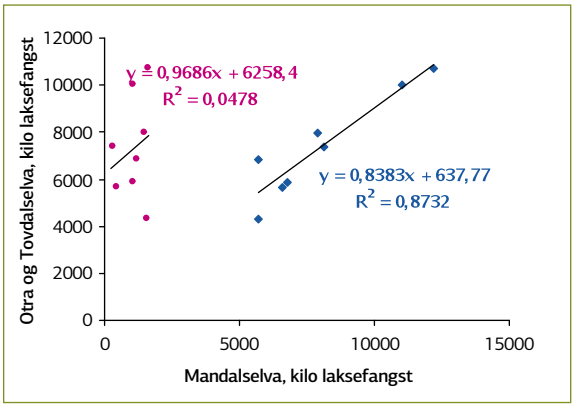
En annen viktig feilkilde knyttet til estimering av sjøoverlevelse, er smoltproduksjonen. Hvis denne er vesentlig høyere enn 6 individ pr. 100 m^2, øker størrelsen på smoltutgangen med den følge at sjøoverlevelsen må justeres ned. Økes smoltantallet til 8 individ pr. 100 m^2, innebærer det en økning av innsiget av laks på 33 %. Observert laksefangst de senere år antyder da en lavere sjøoverlevelse enn det som estimeres ved en smolttetthet på 6 individ pr. 100 m^2. Samtidig, hvis smolttettheten økes, innebærer dette en lavere dødelighet fra egg til smolt, gitt at antall hunnlaks i GBM beholdes. Det er også mulig at GBM er satt for lavt for disse elvene hvis økt overlevelse fra egg til smolt er urimelig. Hvis GBM er satt for lavt, er dagens fangster faktisk langt dårligere enn hittil antydet (Anon. 2010). Inntil det er dokumentert at elvene innenfor Agderregionen er forskjellige fra de i landet for øvrig, må vi anta at dagens beregning av GBM er gyldig.

Tabell 3.6. *Hvis all smolt som utvandret fra en elv returnerer til samme elv og hvis 50 % av denne fanges innenfor elva, kan en anslå et nivå for sannsynlig sjøoverlevelse når estimert produksjon knyttes til faktisk fangst. Tall med grå bakgrunn antyder kombinasjoner hvor estimert og oppgitt fangst er i samme størrelsesorden. Samsvar kan tolkes som mulig sjøoverlevelsesnivå.*

Sjøoverlevelse	0,5 %	1 %	2 %	3 %	4 %	6 %
Tovdalselva	1012	2023	4047	6070	8093	12140
Mandalselva	1401	2803	5606	8409	11212	16818
Otra	636	1273	2546	3819	5092	7637
Nidelva	452	904	1808	2713	3617	5425
Storelva	154	307	614	922	1229	1843

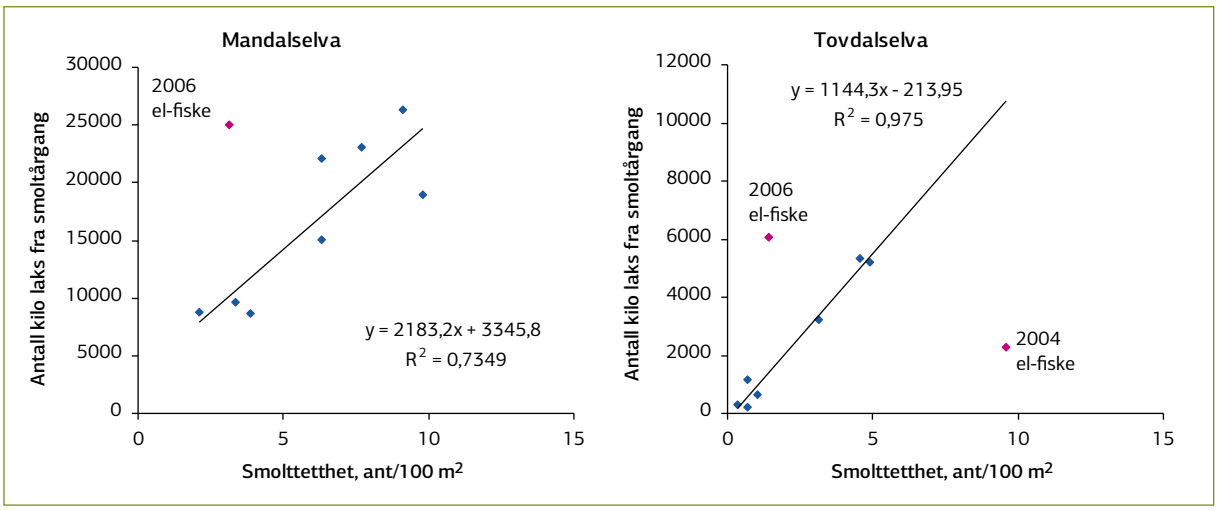
Normaltilstanden er at smolt som forlater et vassdrag har en god kvalitet. Det er kjent at i saltvann er det en rekke metaller samt miljøgifter som påvirker smoltens evne til å regulere saltnivået kroppsvesker (Rosseland & Kroglund 2010). En smolt eksponert for aluminium i ferskvann vil ha redusert evne til å opprettholde saltbalansen med det resultat at den tørker ut, og får svekket fluktrespons og redusert sjøoverlevelse. I forsøk er det påvist smolt med en aluminiumskonsentrasjon (Al) på gjellene på ca 50 µg Al/g gjelle tv, vil ha redusert sjøoverlevelse på ca 50 % hos (Kroglund mfl. 2008). En smolt som eksponeres for aluminium forut for smoltutvandringen vil ikke være restituert før flere uker etter at belastningen avtok (Kroglund mfl. i prep.). Det kan derfor forventes at sjøoverlevelsen til smolt fra Mandalselva og Tovdalselva vil være redusert hvis gjelle-Al er for høyt. Dette skal da forårsake redusert fangst av laks, såfremt andre faktorer ikke overskygger denne ene faktoren. Andre vesentlig faktorer kan imidlertid være variasjon i smoltproduksjon og marin overlevelse. Fangst av laks forventes å være lav når smoltutvandringen er lav, som er tilfellet i en tidlig etableringsfase. Når en eventuell effekt av forhøyet gjelle-Al skal vurderes, må de målte konsentrasjonene også knyttes til tidspunkt for smoltutvandring. Gjelle-Al verdier målt på fisk fanget i juni har liten relevans hvis hovedmengden av smolten forlot elva i mai.

Det foreligger ingen direkte tall for smoltproduksjon i Mandalselva og Tovdalselva. Det kan imidlertid estimeres på grunnlag av produksjonsareal og forventet tetthet av presmolt i form av tettheten av eldre fisk høsten før den vandrer ut. Dette tallet angir tilstanden uten menneskelig påvirkning, og trenger ikke å være representativt for dagens tilstand. Ved å benytte tettheten av eldre lakseunger (**kapittel 4.3**), nedjustert for en vinterdødelighet på 30 %, kan årlig smolttetthet estimeres. Beregning av smolttetthet er imidlertid samtidig følsom for årsvariasjoner i blant annet hvem som foretar elfiske, vannføring forut for og under el-fisket, temperatur etc (Bohlin mfl. 1989). Den estimerte verdien er likevel det mest håndfaste tallet vi har for smoltproduksjon. I fangststatistikken er antall fisk fanget angitt til størrelsesklasser, og vi antar at de tre størrelsesklassene representerer 1, 2 og 3-sjøvinter laks. De ulike størrelsesklassene er plassert i forhold til det året de forlot elva som smolt. Årlig laksefangst er også justert i forhold til årlig variasjon i indeksverdiene for små og mellomlaks (**vedlegg 2**, **figur 3.7**). For å estimere vekten, er den for smålaks satt til 2,5 kg, for mellomlaks til 5,0 kg, og for de > 7 kg til 10 kg. Smoltkvaliteten i Mandalselva og Tovdalselva er vurdert ut fra gjelle-Al og kontinuerlig logging av pH (**tabell 3.1** & **3.2**, **kapittel 2.2**). Aluminium synes ikke å påvirke tidspunktet for smoltutvandringen, og trenger derfor ikke å bli inkludert i vurderingsgrunnlaget (Kroglund & Finstad 2003, Kroglund mfl. 2007a). Smoltutvandringen varierer imidlertid årlig med blant annet hydrologi og temperatur (**kapittel 6**).



Figur 3.6. *Samlet fangst av laks i Tovdalselva og Otra i relasjon til fangst av laks i Mandalselva i perioden 2000-2008.*

Gjelle-Al var i januar 2005 høy som følge av sjøsaltepisoden samme år. Gjelle-Al verdier målt på fisk fanget i smoltfella i april det året var i området 50 µg, mens det i mai ble målt 20 µg. Reduksjonen i tettheten av fisk i aldersgruppene ≥ 1+ i 2006 kan skyldes sjøsaltepisoden i januar 2005, men også skifte i prøvetaker. Gjelle-Al nivåene var lavere fra våren 2006 enn nivået var perioden forut. Basert på kriterier i Vanndirektivet, tilsvarte nivåene fra 2006 god til høy økologisk status. Årene forut varierte derimot status i området moderat til god hvert år. Det er ingen entydige signaler på at laksefangstene i Mandalselva og Tovdalselva er redusert pga ugunstig vannkvalitet. Vinteren 2005 var det imidlertid fiskedød i en sidegren til Mandalselva (Kroglund mfl. 2007a). Denne skyldtes at vannkvaliteten ble forringet av en sjøsaltepisode i en periode der det vannkjemiske tiltaket i form av kalking ikke fungerte. En tilsvarende fiskedød ville trolig også ha inntruffet i hovedelva hvis vassdraget ikke var kalket. Her bidro således kalkingen til å beskytte fisken mot denne forsuringsepisoden.



Figur 3.7. *Smolttetthet beregnet fra tettheten av eldre ungfisk høsten før smoltutgangen, i forhold til laksefangstene i Mandalselva og Tovdalselva hvor fangsten av smålaks, mellomlaks og storlaks fra den enkelte års smoltutgang er korrigert på bakgrunn av indeksverdiene i* ***figur 3.5****.*

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført flere forsøk for å finne ut hvor skadelig vannkvaliteten i sørlandselvene er for laks, og hvor mye kalk det er behov for for at laksen skal ha en god helsestatus.
Foto: Roy M. Langåker

Referanser

Anon. 2010. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2b. 516 s.

Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø. & Hvidsten, N.A. 2010. Nasjonal lakselusovervåkning 2009 på ville bestander av laks, sjøørret og sjørøye langs Norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. NINA Rapport 547. 50 s.

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiol. 173: 9-43.

Kroglund, F. 2003. Helsestatus til smolt produsert ved Finså og Audna klekkeri i perioden 1998 til 2001, s. 87-90. I: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN Utredning 2003-5.

Kroglund F. & Finstad, B. 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. Aquaculture 222:119-133.

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sægrov, H. & Sættem, L. M. 2007 Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226. 78 s.

Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Nilsen T., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H.C. & Salbu, B. 2007a. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon postsmolt survival. Aquacult. 273: 360–373.

Kroglund, F., Barlaup, B., Teien, H.-C. og Stefansson, S. 2007b. Smoltkvalitet i Mandalselva, Tovdalselva, Nidelva og Storelva våren 2006. I: Hesthagen, T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006. DN-utredning 2007-3.

Kroglund, F., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Salbu, B., Kristensen, T. & Finstad, B. 2008a. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) exposed to reduced pH and increased aluminum in episodes. Hydrol. Earth Syst. Sci. 12: 491–507.

Kroglund, F., Høgberget, R., Hindar, K., Østborg, G. & Balstad, T. 2008b. Laks og vannkvalitet i Otra, 1990-2006. NIVA Rapport 5531-2008. 49 s.

McCormick, S.D., Hansen, L.P., Quinn, T.P. & Saunders, R.L. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 77-92.

Nilsen, T.O., Ebbesson, L.O.E., Kverneland, O.G., Kroglund, F., Finstad, B. & Stefansson, S.O. 2010. Effects of acidic water and aluminum exposure on gill Na+, K+-ATPase á-subunit isoforms, enzyme activity, physiology and return rates in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). Aquat. Toxicol. 97: 250-259. doi:10.1016/j.aquatox.2009.12.001.

Rosseland, B.O & Kroglund, F. 2010. Ecological consequences of pollution: Kap 15. Lessons from acidification and pesticides. I: Salmon Ecology; Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skuldal, J. (red). Wiley, Blackwell Publishing Ltd.

Teien, H.C. 2005. Transformasjon av aluminium tilstandsformer i subletale blandsoner – mobilitet og biotilgjengelighet til fisk. Dr.grads avhandling 2005 ved Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås. 85 s.

Her sages det hull i isen i Kosåna for å plassere ut gruskasser med befruktede rogn av laks av Bjerkreimsstammen. Foto: Tore Wiers

4 Kultiverings-strategier og bestandsutvikling

4.1 Kultiveringsstrategier

Av Trygve Hesthagen
NINA, Trondheim

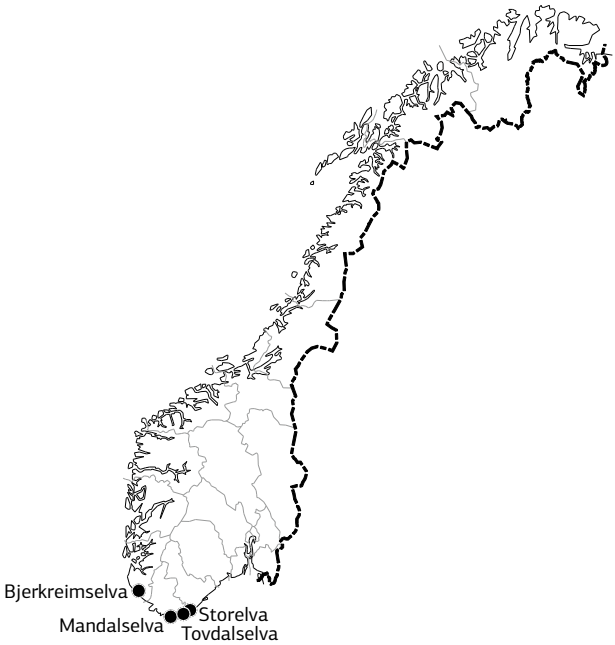
Ved reetablering av nye laksestammen i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking, var det et ønske at deres genetiske sammensetning skulle i mest mulig grad likne de opprinnelige laksestammene. Det ble derfor valgt stamfisk fra to naboelver som utsettingsmateriale, med fortsatt intakte laksebestander etter flere tiår med moderat forsuring. Ved å velge stamfisk fra nærliggende vassdrag, var det også mindre risiko for forflytting av fisk over miljø- og sykdomsmessige regioner. De to stammene som ble valgt til utsettingsstammer måtte også sikres i en levende genbank. Valget på stamfiskmateriale for Tovdalselva og Mandalselva falt på laks fra henholdsvis Storelva i Vegårsvassdraget (Aust-Agder) og fra Bjerkreimselva (Rogaland) (**figur 4.1**). Stamfisk fra de to elvene ble etablert på henholdsvis Finså klekkeri og NINAs Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims. I tillegg ble det i Mandalselva brukt stamfisk blant villfisken som søkte opp i vassdraget. Rogna ble lagt inn på Finså, hvor ungfisken også ble produsert.

Det har vært en betydelig kultiveringsaktivitet både i Tovdalselva og Mandalselva, som har omfattet både utlegging av befruktet rogn og utsetting av énsomrig settefisk og smolt (**tabell 4.1**). I Mandalselva er det i perioden 1997 til 2009 lagt ut 1 721 500 rogn, 74 9913 énsomrig settefisk og 49 583 smolt. I Tovdalselva har det i hovedsak vært lagt ut befruktet rogn, med totalt 2 567 200 individ i årene 2000 til 2009, samt 6 750 settefisk i 1997. Utsettingene av énsomrig settefisk i Mandalselva i 2006 er tidligere ikke rapportert. De ble foretatt mellom Laudal og Auslebø, og omfattet 26 000 og 21 000 individ av henholdsvis Mandals- og Bjerkreimsstammen énsomrig settefisk ble merket ved hjelp av finneklipping, mens smolten ble Carlin-merket.

All rogn ble fargemerket, som viser seg i øresteinen (otolitten) hos både laksunger og eldre individ (jfr. Barlaup & Moen 2001, Barlaup mfl. 2008a, b, Moen mfl. 2010, **tabell 1.1** og **1.2**). Men pga usikkerheter ved metoden, har prosjektet valgt å ikke bruke resultatene fra disse merkeforsøkene (Holthe & Moen 2010 (vedlegg 3), jfr. Hesthagen & Barlaup 2010 (vedlegg 4), Moen mfl. 2010.

Tabell 4.1. *Antall rogn, énsomrig settefisk og smolt utsatt i Mandalselva og Tovdalselva i perioden 1997-2009.*

	Mandalselva			Tovdalselva	
År	**Rogn**	**Settefisk (0+)**	**Smolt**	**Rogn**	**Settefisk (1+)**
1997		37 000	3 982		6 750
1998		33 777	1 995		
1999		63 993	4 073		
2000		128 046	8 843	18 000	
2001		114 891	2 909	240 000	
2002		121 627	7 604	249 200	
2003	176 000	85 164		279 000	
2004	255 500	91 000	5 974	560 000	
2005	258 000	27 415	8 650	207 000	
2006	254 500	47 000	5 553	475 000	
2007	213 500		8 925	150 000	
2008	245 000			208 000	
2009	319 000			181 000	
Totalt	1 721 500	749 913	49 583	2 567 200	6 750



Figur 4.1. *Lokalisering av elvene som har inngått i Reetableringsprosjektet.*

Referanser

Barlaup, B.T. & Moen, V. 2001. Planting of salmonid eggs for stock enhancement – a review of the most commonly used methods. Nordic J. Freshwat. Res. 75: 7-19.

Barlaup, B.T., Gabrielsen, S-E., Skoglund, H., Wiers, T. & Moen, V. 2008a. Rognplanting i Tovdalselva, Mandalselva og Nidelva i 2007, s. 20-24. I: Hesthagen T. (red.), Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2007. DN-utredning 2008-8:13-19.

Barlaup, B.T., Gabrielsen, S-E., Skoglund, H., Wiers, T. & Moen, V. 2008b. Undersøkelser av smoltutgangen i Tovdalselva i 2007. I: Hesthagen T. (red.), Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2007. DN-utredning 2008-8:20-24.

Hesthagen, T. & Barlaup, B.T. 2010. En vurdering av fargemerking som metode for å evaluere effekten av rognplanting i Reetableringsprosjektet. Notat levert Direkorattet for naturforvaltning, Trondheim, i januar 2010. 5 s.

Holthe, E. & Moen, V. 2010. Forventet andel kultivert fisk i Tovdalselva og Mandalselva i 2007 og 2008. Notat fra Veterinærinstituttet, Trondheim, fra 15.03. 2010. 6 s.

Moen, V., Holthe, E. & Hokseggen, T. 2010. Veterinærinstituttets praksis og rutiner ved bademerking og identifikasjon av merke i øresteiner (otolitter) til laksefisk. Veterinærinstituttets rapportserie nr 1-2011. In prep.

4.2 Rognplanting som metode for å styrke reetableringen av laksebestandene i Tovdalselva og Mandalselva

Av Bjørn T. Barlaup[1], Sven-Erik Gabrielsen[1], Helge Skoglund[1], Einar Kleiven[2] og Vidar Moen[3]

Medarbeidere: Jim Güttrup[4], Tore Wiers[1], Gunnar B. Lehmann[1], Ole R. Sandven[1], Kai Severinsen[5] og Kristian Hestvåg[6]

[1]Laboratorium for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske, LFI-UNI Miljø, Thormøhlensgt 49, 5006 Bergen. [2]NIVA-Sørlandsavdelingen, Televeien 3, N-4879 Grimstad. [3]Veterinærinstituttet, Seksjon for Miljø- og smittetiltak, Tungasletta 2, 7485 Trondheim. [4]Tvedestrand kommune, 4900 Tvedestrand. [5]Topdalsveien 317, 4658 Tveit. [6]Finså klekkeri AS, 4534 Marnardal

Sammendrag

I Tovdalselva er det i perioden 2000-09 totalt plantet ut 2,567 200 millioner befruktet øyerogn. I Mandalselva har tilsvarende rognplanting pågått årlig siden 2003, og det er fram til og med 2009 ble det plantet ut 1 721 500 millioner rogn. I Tovdalselva er det benyttet stamlaks av Storelvstammen, mens det i Mandalselva er benyttet stamfisk både av ny Mandalsstamme og Bjerkreimsstamme. Rognplantingen har i hovedsak vært gjennomført ved bruk av gruskasser og/eller Whitlock-Vibertbokser. Generelt har rognoverlevelsen vært høy (> 80 %), bortsett fra årene 2007 og 2008 da overlevelsen i Tovdalselva var unormalt lav med henholdsvis 53 og 5 %. Dette skyldes trolig dårlig rognkvalitet fra stamfiskanlegget. I 2009 var imidlertid rognoverlevelsen i Tovdalselva tilbake på et normalt nivå (> 85 %). Samlet sett viser forsøkene i Tovdalselva og Mandalselva at rognplanting er et effektivt metode ved etablering av nye laksestammer. Imidlertid viser også resultatene at kvaliteten på den utlagte rogna er langt viktige enn kvantiteten.

Bakgrunn og hensikt

Høsten 1999 ble det i FoU-gruppa for Reetableringsprosjektet foreslått å undersøke mulighetene for å legge ut øyerogn som en alternativ kultiveringsstrategi ved reetableringen av laks i Tovdalsvassdraget. Etter en gjennomgang av ulike tilgjengelige metoder (Barlaup & Moen 2001), og etter at den første utprøving av rognplanting i Tovdalselva i

2000 ga positive resultat, ble det besluttet å benytte metoden i Reetableringsprosjektet. Resultatene fra rognplantingen er tidligere rapportert (Barlaup mfl. 2003, 2005a,b,c, 2007). Hovedmål-settingen med prosjektet har vært å finne fram til gode metoder for rognplanting, og å bruke disse til å styrke reetableringsarbeidet. Her presenteres hovedresultatene fra dette arbeidet.

Metoder

Stamfisk og rogn

Til utsetting av øyerogn i Tovdalselva ble det brukt lakserogn fra Storelvstammen i Vegårvassdraget (Storelva i Holt). Stamfisken ble produsert på fiskeanlegget på Finså i Marnadal. I Mandalsvassdraget ble det brukt lakserogn fra Bjerkreimsstammen (Bjerkreimselva i Rogaland) og i tillegg rogn fra villaks tatt i Mandalselva. Etter stryking og befruktning ble rogna desinfisert med buffodin, og lagt inn i klekkesylindre for svelling. Død rogn ble plukket ut jevnlig etter innlegging og fram til øyerognstadiet. Antallsberegning ble foretatt ved hjelp av tellerenne og Brofeldts skala. Temperaturen i klekkeriet ble logget med en minilogger med et intervall på 2 timer. Før utlegging ble all rogn fargemerket. Merket avsettes i øresteinen (otolitten) og gjør det mulig å identifisere fisk som stammer fra rognplantinger (Moen 1996).

Utlegging av rogn og evaluering av tilslag

På øyerognstadiet ble rogna overført til perforerte plastkasser (21 cm høy, 40 cm bred og 60 cm lang) i elva som på forhånd var fylt med grus. Kassene var plasserte på steder som ble vurdert som egnet for rognplanting, blant annet med tanke på å unngå fare for tørrlegging og utspyling av rogn og for å oppnå gunstige oppvekstsbabitat for yngel. Som regel ble det benyttet fire eller fem Whitlock-Vibertbokser (W-V bokser) á 500 eller 1000 rogn som ble gravd ned i hver gruskasse. Dette er plastikkbokser (15 cm × 9 cm × 6 cm), hvor rogna legges sammen med litt grus (Whitlock 1978). I tillegg ble noe av rogna gravd direkte ned i gruskassene gjennom et drensrør av plast (ca. 20 cm langt). Når drensrøret trekkes opp, raser grusen over og omslutter eggene. De blir da liggende i lommer innimellom grusen som i en naturlig gytegrop. Det er svært viktig at grusen i kassene har riktig kornfordeling. Hvis det er for mye finpartikulært materiale i grusen, vil dette føre til dårlig vanngjennomstrømming. Eggene vil da blir utsatt for oksygensvikt. Dersom grusen er for grov, kan hulrommene blir for store og eggene lekker da ut av kassen.

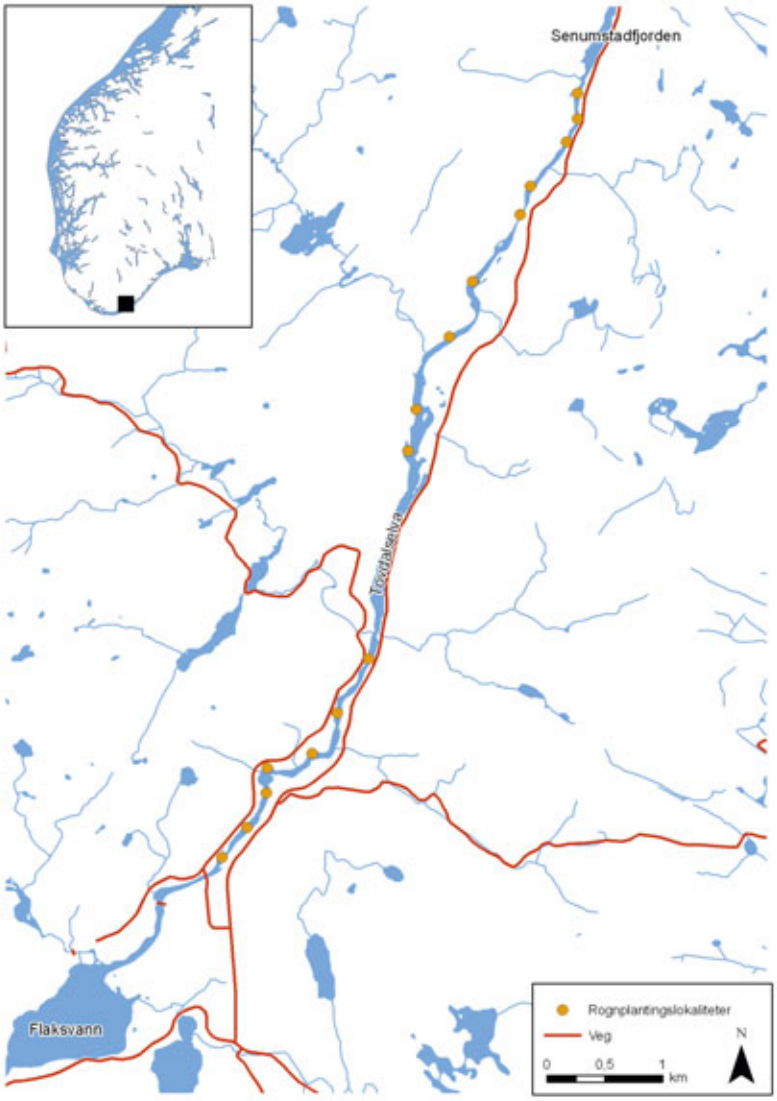
Overlevelsen fram til yngelen kommer opp av grusen ble målt ved å telle antall gjenværende døde rognkorn og plommesekkyngel i et utvalg av kassene og i WV-boksene. Dette ble i hovedsak utført i siste halvdel av juni eller begynnelsen av juli, etter at all yngelen hadde kommet opp av grusen. For å gjennomføre en sammenliknende undersøkelse av rognoverlevelsen hos Bjerkreimslaks og villaks fra Mandalselva, ble det i 2007 og 2008 utført et forsøk med utlegging av rogn i Kosåna i Mandalsvassdraget. Rogn fra Bjerkreimssstammen ble produsert på Ims, mens den fra villaks i Mandalselva ble overført på øyerognstadiet fra Finså til Ims. Bakgrunnen for flyttingen var ønske om å oppnå en mest mulig lik ontogenetisk utvikling hos de to rognpartiene. I utgangspunktet hadde de ulike befruktningstidspunkt, og de hadde også ligget ved ulike temperaturer. For å eliminere forskjellene i den ontogenetiske utviklingen, ble begge rognpartiene kjølet. Den ontogenetiske utviklingen ble da bremset opp for de gruppene som hadde utviklet seg lengst, inntil de var like og kunne settes ut med lik utvikling. Før utlegging ble rogna blandet og pakket på Ims. For å sammenlikne overlevelse mellom de to stammene i perioden fra rognplanting til yngelen forlater grusen, ble det benyttet WV-bokser. For hver av de to stammene ble det lagt ut 12 bokser med 1 000 rogn i hver boks. Disse forsøkene ble gjennomført både i 2007 og 2008. Overlevelsen ble undersøkt ved å telle gjenværende døde egg i boksene etter at yngelen hadde forlatt grusen. I 2007 ble det i tillegg holdt igjen et rognparti for hver av gruppene på Ims. Dette ble gjort for å bestemme klekkeprosenten, og for å startfore hver av gruppene for å undersøke veksten i en tidlig fase.

Jim Güttrup fra Tvedestrand kommune har hatt ansvaret for den praktiske gjennomføringen av rognplantingen, med hjelp fra lokale krefter og LFI- Uni Miljø, Bergen.

Resultater og diskusjon

Antall rogn plantet ut og rognoverlevelse

I Tovdalselva er det i årene 2000-09 totalt lagt ut om lag 2 500 000 øyerogn fra Storelvestammen (**tabell 4.1**). Rognplantingen har vært utført på utvalgte stasjoner på strekningen Teinefossen til utløpet av Herefossfjorden (**figur 4.2**). I Mandalselva ble det i årene 2003-09 totalt lagt ut ca. 1 700 000



Figur 4.2. *Kart som viser hvor i Tovdalselva det er lagt ut øyerogn av laks.*

rogn. Mesteparten av denne rogna er produsert fra Bjerkreimsstammen. I årene 2007-09 ble det i tillegg lagt ut om lag henholdsvis 100 000, 117 000 og 49 000 øyerogn av stamfisk fra Mandalselva. Det meste av rogna ble plantet oppstrøms lakseførende strekning i Kosåna, med toatlt 1 450 000 individ i perioden 2003-09. I tillegg ble det lagt ut 259 500 rogn i Logåna, en mindre sideelv på lakseførende del (2003-06). I 2009 ble det for første gang plantet ut et parti rogn på ca. 49 000 individ i hovedelva, på strekningen nedstrøms utløpet fra Bjelland kraftverk.

Både i Tovdalselva og Mandalselva har rognoverlevelsen i de fleste årene normalt vært høy, med 85-98 % (**figur 4.3**). I Tovdalselva ble det imidlertid registrert et klart avvik i både 2007 og 2008, da rognoverlevelsen var svært lav med henholdsvis 53 og 5 %. Tilsvarende lav rognoverlevelse ble også registrert for samme rognmaterialet som ble utplantet i Nidelva i 2007 (10 %) og 2008 (17 %). Når en så høy dødelighet ble funnet på samtlige stasjoner begge disse elvne, skyldes dette høyst sannsynlig kvaliteten på rogna. Dette inntrykket forsterkes ved at stamfiskanlegget på Finså hadde

høyt innslag av flekket/hvitprikket rogn disse to årene. Også under utleggingen ble det registrert et unormalt høyt innslag av blank og død rogn. Det er ikke kjent hva som forårsaket den dårlige rognkvaliteten, men problemene ble identifisert allerede rett etter stryking og før håndtering. Den mest sannsynlige årsaken er at nærings- og helsestatus hos stamfisken var redusert, og at dette influerte på rognkvaliteten. I 2009 ble det ikke registrert slike problemer med stamfisk eller rogna på Finså, og rognoverlevelsen var da tilbake på et normalt nivå både i Tovdalselva (88 %) og Nidelva (80 %). Samlet viser altså resultatene at rognplanting er et effektivt virkemiddel i arbeidet med å etablere nye laksestammer. Imidlertid er kvaliteten på den utlagte rogna langt viktige enn kvantiteten.

Referanser

Barlaup, B.T. & Moen, V. 2001. Planting of salmonid eggs for stock enhancement – a review of the most commonly used methods. Nordic J. Fresh. Res. 75: 7-19.

Barlaup, B.T., Güttrup, J., Hestvåg, K., Hindar, K, Kleiven, E., Kroglund, F., Moen, V. & Næss, T. 2003. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget – resultater fra prosjektet i 2000 og 2001. I Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T.(red.). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver. Reetableringsprosjektet 1977-2002. DN-utredning 2003-5.

Barlaup, B.T., Gabrielsen S.-E., Skoglund, H., Wiers T. & Moen, V. 2005a. Utlegging av øyerogn i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget våren 2003 – beskrivelse og evaluering av tiltaket. I: Hesthagen T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003. DN-utredning 2005-9.

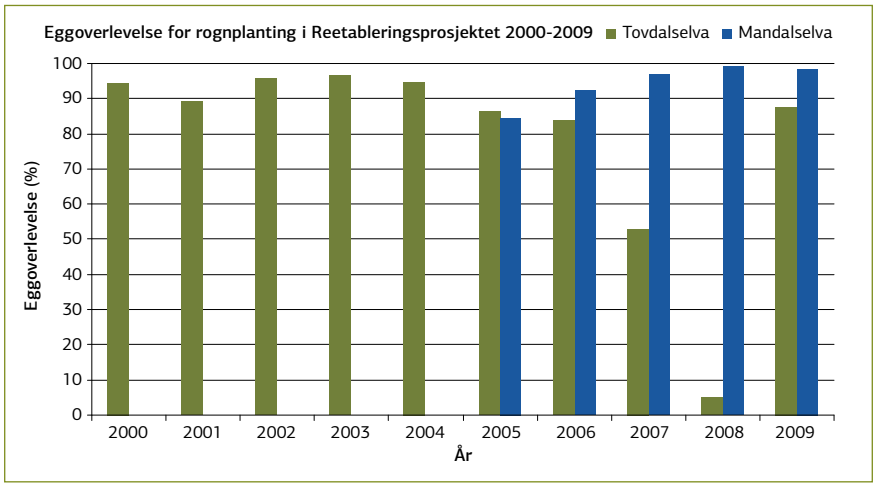
Barlaup, B.T., Gabrielsen, S-E., Skoglund, H., Wiers, T. & Moen, V. 2005b. Utlegging av øyerogn av laks i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget. Årsrapport for 2004. I: Hesthagen T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. DN-utredning 2005-10.

Barlaup, B.T., Gabrielsen, S-E., Skoglund, H., Kleiven, E. & Moen, V. 2005c. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for reetablering av laks i Tovdalsvassdraget. Årsrapport for 2004. I: Hesthagen T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. DN-utredning 2005-10.

Barlaup, B.T., Skoglund, H., Gabrielsen, S-E., Wiers, T. & Moen, V. 2007. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for reetablering av laks. I: Hesthagen, T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006. DN-utredning 2007-3.

Moen, V. 1996. Otolitt-merking av laks. Massemerking av rogn og yngel ved tilsetting av fargestoff i vannbad. SVLT-Oppdragsavdelingen. Rapport 1996.

Whitlock, D. 1978. The Withlock Vibert Box Handbook. Federation of fly fisherman, California.



Figur 4.3. *Estimert overlevelse av utlagt rogn og fram til yngelen har forlatt grusen for de ulike årene med rognplanting i Tovdalselva og Kosåna i Mandalsvassdraget.*

4.3 Utviklingen i tettheten av laksunger i Mandalselva og Tovdalselva basert på elfiske

Av Bjørn Mejdell Larsen
NINA, Trondheim

Sammendrag

De opprinnelige laksestammene ble ansett som utdødd i bade Tovdalselva og Mandalselva, og det var heller ingen rekruttering av laksunger på 1980-tallet. Omfattende kalkingstiltak i begge elvene gjorde imidlertid til at laks reetablerte i løpet av andre halvdel av 1990-tallet. Utviklingen gikk raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva. Allerede ett år etter kalking ble det funnet laksyngel på 11 av 18 stasjoner fordelt på hele den lakseførende strekningen i Mandalselva. Til sammenligning var det laksyngel bare på 2 av 14 stasjoner i Tovdalselva. Det tok henholdsvis fem og ni år etter kalking før det var laksyngel på alle stasjonene i Mandalselva og Tovdalselva. I Mandalselva var det allerede mer enn 20 laksyngel pr. 100 m² tre år etter kalking. I Tovdalselva var det bare 7 laksyngel pr. 100 m² etter tre år, og først etter seks år var det om lag 20 laksyngel pr. 100 m². Antall laksyngel var i alle år størst nedenfor Flakksvatn. Utbredelsen av eldre laksunger var svært begrenset, og ikke før i 2001 det ble funnet eldre laksunger ovenfor Flakksvatn. I Tovdalselva har den gjennomsnittlige tettheten av eldre laksunger vært lavere enn forventet i alle år. I Mandalselva var det en økende tetthet av eldre laksunger, men selv 8-10 år etter kalking var den ikke høyere enn 10-15 individ pr. 100 m² i gjennomsnitt. Dette skyldes i noen grad mangel på gode oppvekstområder for eldre laksunger i nedre del av Mandalselva. Det var størst tetthet av eldre laksunger i øvre del av vassdraget, spesielt ovenfor utløpet av Bjelland kraftverk.

Innledning

Tovdalselvas egen laksestamme forsvant allerede på slutten av 1960-tallet (Sivertsen 1989). Det ble ikke påvist laksunger i noen del av vassdraget på begynnelsen av 1980-tallet (Saltveit 1984a). Utover på 1990-tallet ble det etter en periode på ca 20 år igjen tatt noe laks ved sportsfiske i elva.

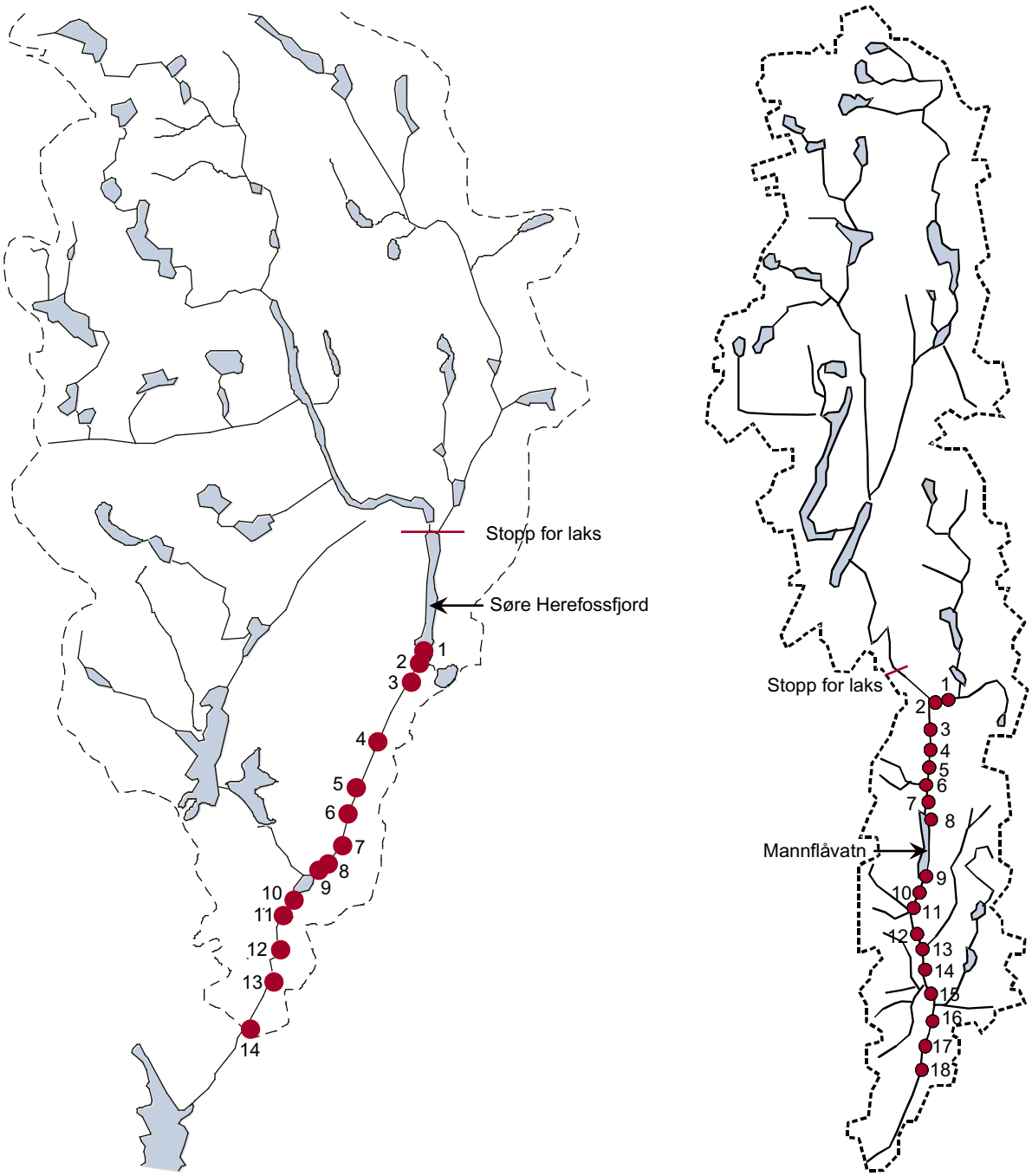
Selv om det ble fisket en del laks på 1970- og 1980-tallet i Mandalselva, ble det på den tiden ikke påvist laksunger i noen del av vassdraget (Saltveit 1980, 1984b, Heggenes & Saltveit 1992). Den opprinnelige laksestammen ble derfor ansett som utdødd (Sivertsen 1989). Laks som ble fanget var sannsynligvis fra smoltutsettinger i Mandalselva eller i andre vassdrag, feilvandrede villaks og rømt oppdrettslaks (Heggenes & Saltveit 1992, Johnsen mfl. 1999).

Det ble startet overvåking av ungfiskbestandene av laks og ørret i lakseførende del av Tovdalselva og Mandalselva i 1995 i forbindelse med de planlagte kalkingstiltakene i vassdraget (Larsen 1998, Kaste mfl. 1998). Senere er det gjennomført årlige fiskeundersøkelser av NINA i begge vassdrag i perioden 1996-2005 (Larsen mfl. 2006a, b) og av LFI Oslo i perioden 2006-2009 (Saltveit mfl. 2009a, b). Erfaringsmessig er det vanskelig å sammenligne resultater og endringer i tetthet når det skiftes metode og mannskap ved elfiske uten at det blir kalibrert for dette. Denne usikkerheten kommer i tillegg til forskjellene mellom år som skyldes tidspunkt, vannføring, vanntemperatur, ledningsevne o.a. (Forseth & Forsgren 2009).

Det har vært fisket med elektrisk fiskeapparat på henholdsvis 14 og 18 stasjoner i lakseførende del av Tovdalselva og Mandalselva i alle år i perioden 1995-2009 (**figur 4.4**). Metoden er beskrevet tidligere, og det henvises derfor til denne for nærmere detaljer (DN 2006).

Resultater

De første observasjonene av laksyngel i Tovdalselva ble gjort i 1997. Senere var det en gradvis økning i utbredelsen; først opp til Flakksvatn, og deretter opp til Herefossfjorden i 2002, det vil si på hele strekningen som regnes som lakseførende. I 2002-04 ble det fanget laksyngel på 80-90 % av stasjonene, og i 2005 ble det for første gang påvist laksyngel på alle stasjonene i Tovdalselva (**figur 4.5**). Reetableringen av laksunger gikk imidlertid relativt sakte i Tovdalselva, og tettheten var også lavere enn forventet etter kalking. Fem år etter kalking (2001) var det fortsatt bare 6 laksyngel pr. 100 m² (**figur 4.6**). Senere endret dette seg, og fram til 2005 økte tettheten til 35 individ pr. 100 m². Selv om antall laksyngel fortsatt var størst nedenfor Flakksvatn, var det også moderat gode tettheter på enkelte stasjoner i øvre del (**figur 4.7**).



Figur 4.4. *Kart som viser lokaliseringen av elfiskestasjonene i Tovdalselva (til venstre) og Mandalselva (til høyre).*

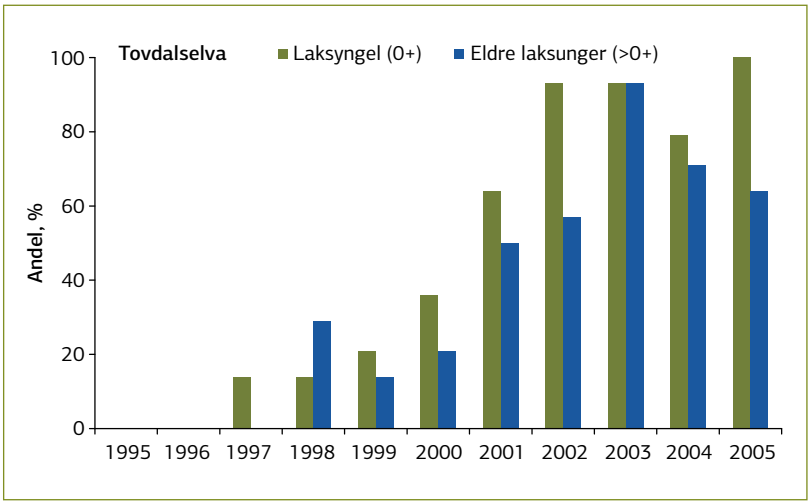
Det ble fanget ettårige laksunger for første gang i Tovdalselva i 1998. Som forventet ble det gjort i de områdene der det året før ble påvist yngel. Utbredelsen av eldre laksunger var svært begrenset i flere år (jfr. **figur 4.5**), og ikke før i 2001 det ble funnet eldre laksunger ovenfor Flakksvatn. Den gjennomsnittlige tettheten av eldre laksunger har hele tiden vært lav (**figur 4.6**). Høyest tetthet av eldre laksunger var i 2003, med 14 individ pr. 100 m² i gjennomsnitt.

Det var en svak sammenheng mellom tettheten av eldre laksunger (i hovedsak ettårige individ) og tettheten av laksyngel året før i Tovdalselva i perioden 1995-2009 ($y = 0{,}20x + 1{,}27$; $F_{1,12} = 5{,}35$, $r^2 = 0{,}31$, $p < 0{,}05$). Vi ser at i 2003 var tettheten av laksyngel høy, uten at dette ga noen tilsvarende økning i tettheten av eldre laksunger året etter. Lav tetthet av yngel i 2006 ga derimot økt tetthet av eldre laksunger året etter. Slike årlige avvik kan skyldes forskjeller i fiskeforholdene, men også reelle

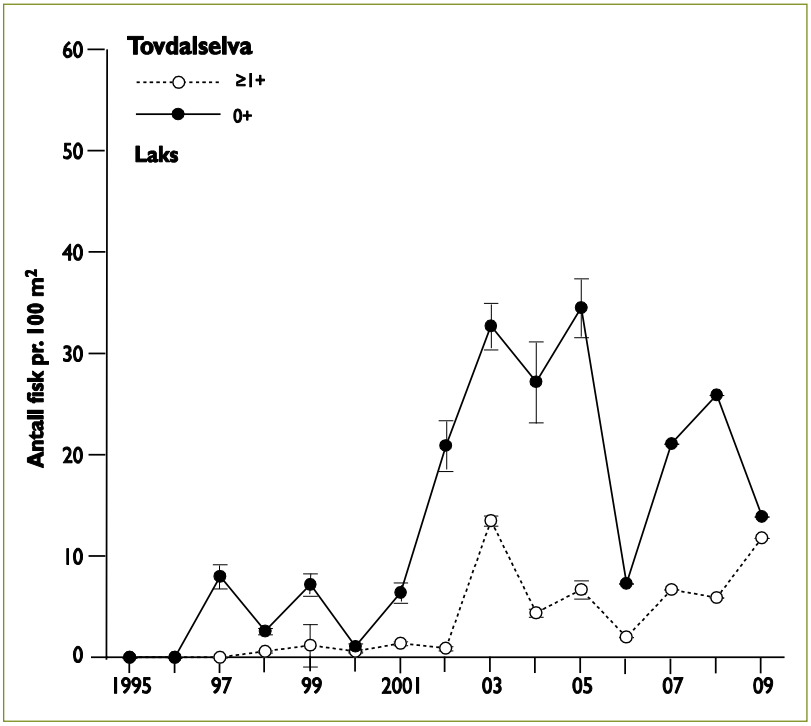
variasjoner i overlevelse mellom år på grunn av vannkvalitet, vannføring eller andre miljøfaktorer.

Noe av forklaringen på at laks har brukt lang tid til å reetablere seg i Tovdalselva, kan være problemer med oppgangen i Boenfossen. Undersøkelser har vist at laksen hadde problemer med å forsere fossen ved vannføringer høyere enn 5-10 m³/sek (Lamberg 2003, 2004). Heller ikke ved vannføringer mindre enn 1 m³/sek var det mulig å forsere fossen. Høsten 2003 ble det derfor åpnet en ny fisketrapp i Boenfossen som gjorde oppvandringen av laks og sjøørret mer uavhengig av vannføringen. Dette er sammenfallende med en fangstøkning allerede året etter, og fra 2005 økte fangsten av laks til over ett tonn (**kapittel 4.4**). Dette er de høyeste fangstene av laks i vassdraget på mer enn 50 år.

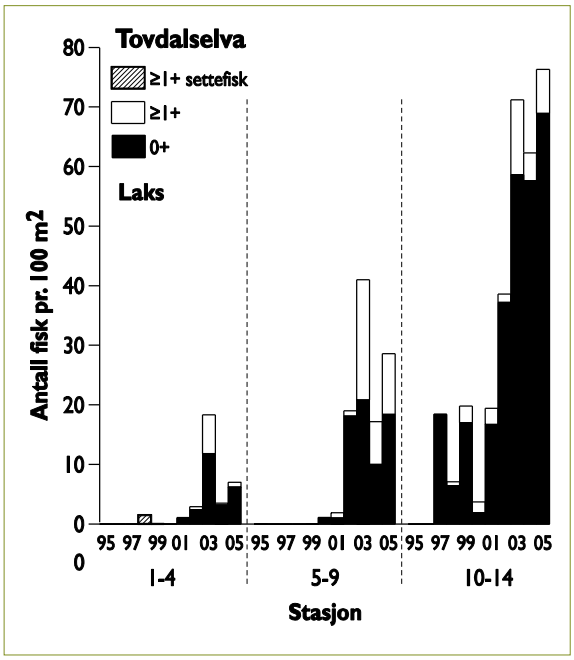
Det ble ikke påvist laksunger i Mandalselva i 1995, men i 1996 ble det for første gang funnet laksyngel på to stasjoner i vassdraget. Dette var i området der det var lagt ut skjellsand i elveløpet. Etter at kalkingen kom i gang for fullt i løpet av 1997, ble det allerede ett år senere funnet laksyngel på 11 av 18 stasjoner fordelt på hele den lakseførende strekningen. Senere har utbredelsen økt ytterligere, og fra og med 2002 er det funnet laksyngel på alle stasjoner (**figur 4.8**).



Figur 4.5. *Utbredelsen av yngel og eldre laksunger i Tovdalselva i perioden 1995 til 2005. Utbredelsen er angitt som andel av elfiskestasjonene der henholdsvis yngel og eldre individ ble funnet. Fra Larsen mfl. (2006a).*



Figur 4.6. *Tetthet pr. 100 m² av yngel og eldre laksunger i lakseførende del av Tovdalselva 1995-2009. Data omarbeidet fra Larsen mfl. (2006a), Saltveit mfl. (2009a) og S.J. Saltveit pers. medd.*

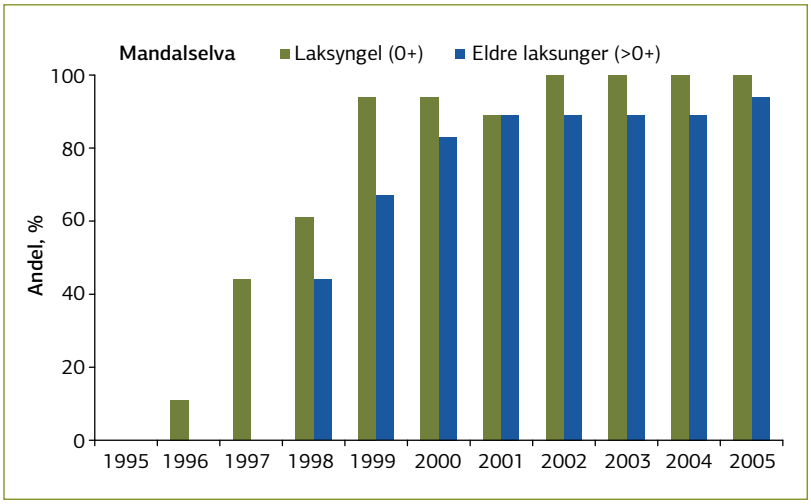


Figur 4.7. *Tetthet pr. 100 m² av yngel og eldre laksunger i ulike deler av lakseførende strekning av Mandalselva i 1995-2005. Stasjon 1-4: Kosåna og Kavfossen-Monan, stasjon 5-8: Monan-Mannflåvatn, stasjon 9-11: Mannflåvatn-Laudal, stasjon 12-15: Laudal-Øyslebø og stasjon 16-18: Øyslebø-Holum. Omarbeidet fra Larsen mfl. (2006b).*

Tettheten av laksyngel var 20 individ pr. 100 m² bare tre år etter kalking (**figur 4.9**). I 2002 og 2003 var det en ny markert økning i tettheten av laksyngel i hele vassdraget (henholdsvis 54 og 64 individ pr. 100 m²) før det la seg på et lavere gjennomsnitt i 2004 og 2005. Denne nedgangen i antall laksyngel skyldtes at tettheten avtok på hele strekningen (alle stasjonene) mellom Laudal og Holum (**figur 4.9**), men ikke i den øvre delen av vassdraget. I tettheten av laksyngel er også gjenfangster av yngel fra de omfattende utsettingene i vassdraget inkludert (**kapittel 4.1**). Det ble funnet settefisk på 3-5 stasjoner i årene 1998-2005 (inkluderer åtte ulike stasjoner), begrenset til stasjonene ovenfor Laudal. Antall settefisk har utgjort 1-16 % av totalfangsten i de ulike årene (jf. **figur 4.10**).

I løpet av de tre første årene ble det ble ikke funnet eldre laksunger, men allerede i 1998 ble de påvist på 44 % av stasjonene (**figur 4.8**). Tettheten var imidlertid lav, med 2 individ pr. 100 m² (**figur 4.9**). Det har senere vært en jevnt økende tetthet av eldre laksunger, og 8-10 år etter kalking var tettheten 10-15 individ pr. 100 m². Laks reetablerte seg derfor relativt raskt etter kalking i Mandalselva, og utviklingen var entydig positiv med hensyn til tetthet av ungfisk. Manglende respons på økt tetthet av eldre laksunger etter en økning i tettheten av yngel kan skyldes en begrensning i egnede oppvekstområder for eldre laksunger i nedre del av elva. Det var høyest tetthet av eldre laksunger i øvre del av elva, i Kosåna og på strekningen ned til utløpet av Bjelland kraftverk (**figur 4.9**). I Mandalselva synes derfor øvre del å være det viktigste oppvekstområdet for laksunger.

I Mandalselva var det for perioden 1995-2009 en signifikant sammenheng mellom tettheten av eldre laksunger (i hovedsak ettårige individ) og tettheten av laksyngel året før ($y = 0{,}19x + 2{,}21$; $F_{1,12} = 27{,}01$, $r^2 = 0{,}69$, $p < 0{,}001$). Vi ser likevel at tettheten av laksyngel var høy i 2003, uten at dette ga en tilsvarende økning i tettheten av eldre laksunger året etter. Slike avvik kan skyldes forskjeller i fiskefor-



Figur 4.8. *Utbredelsen av yngel og eldre laksunger i Mandalselva i 1995-2005. Utbredelsen er angitt som andel av elfiskestasjonene der henholdsvis laksyngel og eldre laksunger er funnet. Fra Larsen mfl. (2006b).*

holdene i de ulike årene, men også reelle variasjoner i overlevelse mellom år på grunn av vannkvalitet, vannføring eller andre miljøfaktorer.

Referanser

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173: 9-43.

DN (Direktoratet for naturforvaltning) 2006. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. DN-Notat 2006-1. 271 s.

Forseth, T. & Forsgren, E. (red.) 2009. El-fiskemetodikk. Gamle problemer og nye utfordringer. NINA Rapport 488. 74 s.

Heggenes, J. & Saltveit, S.J. 1992. Reetablering av fiskebestanden i Mandalselva. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 135: 1-77.

Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. & Larsen, B.M. 1999. Rapport fra Reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag. NINA-Oppdragsmelding 582: 1-79.

Kaste, Ø., Brandrud, T.E., Larsen, B.M. & Raddum, G.G. 1998. Mandalselva. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN-notat 1998-1: 58-64.

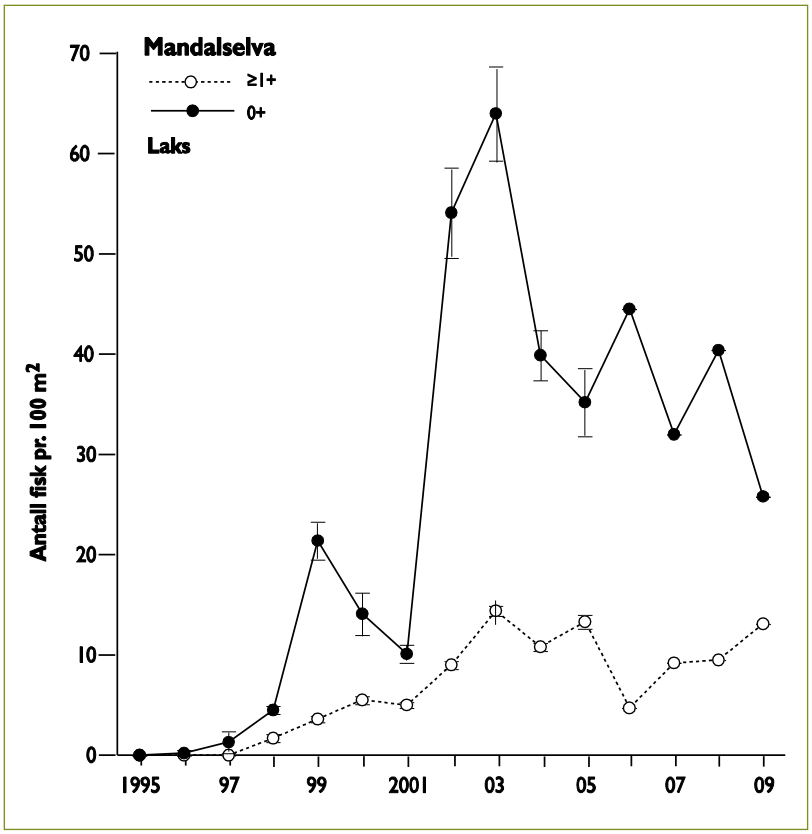
Lamberg, A. 2003. Videoovervåking av laks og sjøaure under Boenfossen i 2002 - forholdet mellom fiskens atferd og vannføring. Lamberg Bio Marin Service. Rapport til DN. 15 s.

Lamberg, A. 2004. Videoovervåking av oppvandrende laks og sjøaure i Boenfossen, Tovdalsvassdraget, 2003. Lamberg Bio Marin Service. Rapport til DN - Reetableringsprosjektet. 20 s.

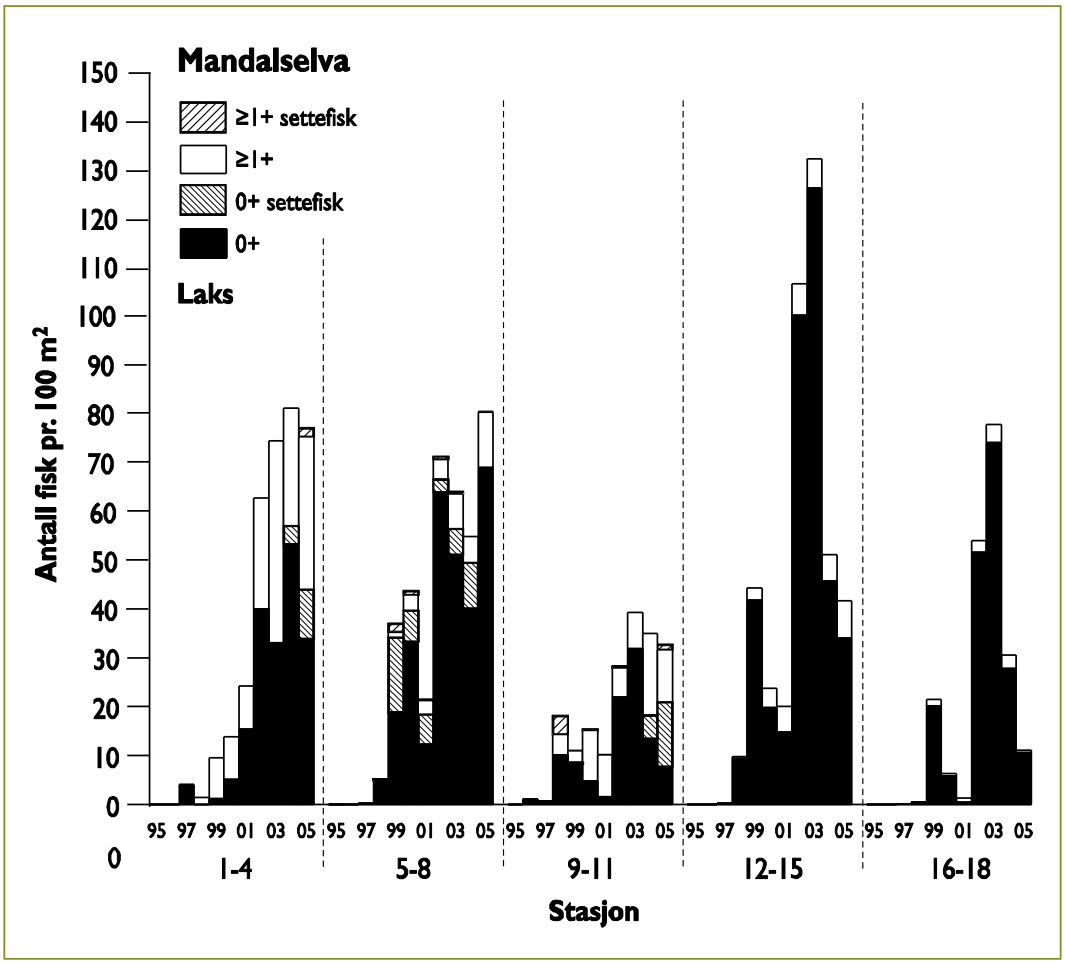
Larsen, B.M. 1998. Tovdalsvassdraget. 3 Anadrom fisk. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN-notat 1998-1: 52-53.

Larsen, B.M., Berger, H.M., K., Kleiven, E. & Kvellestad, A. 2006a. Tovdalsvassdraget. 5 Anadrom fisk. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. DN-notat 2006-1: 50-54.

Larsen, B.M., Berger, H.M., Hårsaker, K., Kleiven, E., Kvellestad, A. & Simonsen, J.H. 2006b. Mandalsvassdraget. 3 Anadrom fisk. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. DN-notat 2006-1: 62-67.



Figur 4.9. *Tetthet pr. 100 m² av yngel og eldre laksunger på laksførende del av Mandalselva i 1995-2009. Omarbeidet fra Larsen mfl. (2006b), Saltveit mfl. (2009b) og S.J. Saltveit pers.medd.*



Figur 4.10. *Tetthet pr. 100 m² av yngel og eldre laksunger i ulike deler av lakseførende strekning av Mandalselva i 1995-2005. Stasjon 1-4: Kosåna og Kavfossen-Monan, stasjon 5-8: Monan-Mannflåvatn, stasjon 9-11: Mannflåvatn-Laudal, stasjon 12-15: Laudal-Øyslebø og stasjon 16-18: Øyslebø-Holum. Omarbeidet fra Larsen mfl. (2006b).*

Saltveit, S.J. 1980. Skjønn Laudal kraftverk. Fiskeribiologiske forhold i Mandalselva og Mannflåvatn. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 41: 1-46.

Saltveit, S.J. 1984a. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del IV. En vurdering av den lakseførende del av Tovdalselva. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 64: 1-27.

Saltveit, S.J. 1984b. Fiskeribiologiske undersøkelser i Kosånavassdraget i Aust- og Vest-Agder. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 67: 1-21.

Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Kleiven, E., Bremnes, T. & Pavels, H. 2009a. Tovdalsvassdraget. 3 Fisk. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2008. DN-notat 2009-2. Internettutgave.

Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Bremnes, T., Kleiven, E. & Pavels, H. 2009b. Mandalsvassdraget. 3 Fisk. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2008. DN-notat 2009-2. Internettutgave.

Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. NINA Utredning 10: 1-28.

4.4 Utviklingen i bestandene av voksen laks etter kalkingen av Tovdalselva og Mandalselva

Av Bjørn Ove Johnsen
NINA, Trondheim

Sammendrag

Mandalselva fikk en kraftig økning i laksefisket de første årene etter kalking, men fangsten har flatet ut i de senere årene. Fangstene av laks i Tovdalselva var svært lave de første årene etter at kalkingen kom i gang, men har økt langsomt de siste årene. Fordelingen av laksefangstene i Mandalselva tyder på at minstevannføringsstrekningen mellom Laudal og Mannflåvann er et betydelig hinder for laksens oppvandring til de øvre delene av elva i fiskesesongen. I Tovdalselva tyder fordelingen av fangstene i senere år på at Boenfossen ikke lenger er det betydelige vandringshinderet som det tidligere ble ansett å være. I skjellprøvematerialet fra begge elvene ble det i løpet av undersøkelsesperioden registrert en økning både i smoltalder og sjøalder.

Innledning

Fullskala kalking med siktemål å skape god nok vannkvalitet til å kunne reetablere selvreproduserende laksebestander, kom i gang i Tovdalselva i 1996 og i Mandalselva i 1997. Hensikten med denne undersøkelsen er å følge utviklingen i bestanden av voksen laks i de to elvene etter at kalkingen kom i gang. Ved å analysere skjell fra laks kan vi avgjøre hva slags opphav fisken har, dvs. om den er vill, utsatt eller rømt oppdrettslaks. Det ble derfor satt i gang innsamling av skjellprøver av laks fra Mandalselva og Tovdalselva for å undersøke nærmere hva slags opphav laksen har og for å beskrive utviklingen de nærmeste årene etter at kalkingen kom i gang.

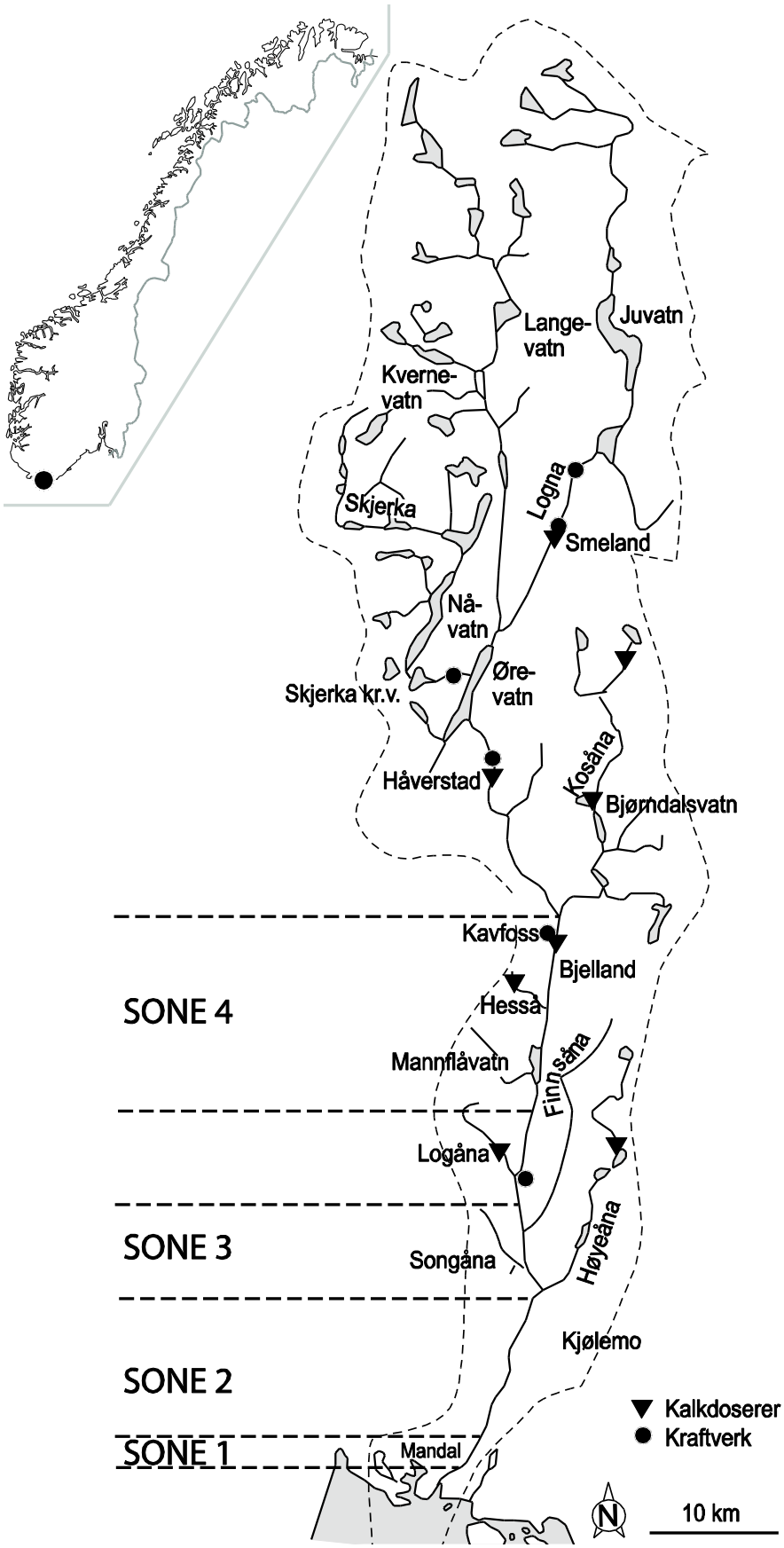
Materiale og metoder

Innsamling av skjellprøver kom i gang i 1998. Materiell ble distribuert til aktive fiskere delvis via elveeierlag og kontaktpersoner og delvis ved at aktive fiskere ble tilskrevet direkte. I løpet av perioden 1998 - 2008 har vi fått inn 2507 og 393 skjellprøver av laks fra henholdsvis Mandalselva og Tovdalselva (**tabell 4.8** & **4.9**). Skjellprøvene er bearbeidet i henhold til Lund & Hansen (1991), som har beskrevet en metode for bruk av skjellkarakterer hos laks for å skille mellom villaks, utsatt laks og rømt oppdrettslaks. I henhold til denne metoden er materialet inndelt i fire grupper: (i) Villaks som har gjennomgått hele sin livssyklus i naturen. (ii) Utsatt laks som har levd deler eller hele ferskvannsstadiet i fiskeanlegg som produserer og setter ut fisk for å styrke villaksbestander. (iii) Rømt oppdrettslaks som stammer fra kommersielle oppdrettsanlegg som produserer fisk for konsum. (iv) Usikker laks som omfatter alle skjellprøver som ikke lot seg bestemme til villaks, utsatt laks eller rømt oppdrettslaks. I skjellprøvematerialet fra begge elvene ble det i løpet av undersøkelsesperioden registrert både i smoltalder og sjøalder (**vedlegg 5a-d**).

I gruppen «utsatt laks» inngår all fisk som er oppdrettet i fiskeanlegg som produserer fisk for utsetting i vassdrag. I Mandalselva og Tovdalselva har det tidligere vært satt ut både ensomrig settefisk og smolt. Ensomrig settefisk har vært en sommer i fiskeanlegg, og all utsatt fisk i begge elvene ble merket ved fettfinneklipp. Smolt har tilbragt ett eller to år i fiskeanlegg. All smolt utsatt i Tovdalselva og Mandalselva er merket med et utvendig Carlinmerke (Carlin 1955). Carlin-merket laks i skjellprøvematerialet er tatt med under gruppen utsatt laks. Carlin-merket laks som er rapportert direkte til merkesentralen i NINA og som det ikke foreligger skjellprøve av, er ikke tatt med. I gruppen «annen utsatt laks» forekommer både fettfinneklipt fisk, og de som er bestemt til utsatt laks kun på bakgrunn av skjellprøven.

Fra og med år 2000 er det foretatt årlige utsettinger av øyerogn (rognplanting) i Tovdalselva. I Mandalselva kom slike utsettinger i gang i Lågåna og Kosåna i 2003. Det er ikke mulig å skille slik laks fra naturlig gytt laks ved skjellanalyser. Hvis vi antar at noen av disse fiskene vandrer ut allerede som toårig smolt, vil gruppen "villaks" i Tovdalselva og Mandaslelva fra og med henholdsvis 2003 og 2006 kunne omfatte en ukjent andel laks satt ut som rogn.

Oppgaver over totalt antall laks fanget på de ulike sonene i Mandalselva, er fremskaffet av Karl Damli, Agder og Telemark Skogeierforening. For Tovdalselva har vi fått opplysninger om laksefangstene i de ulike soner fra "www.laksefisk.no" v/Alf Helge Tønnesen. **Figur 4.11** viser de ulike fangstsonene i Mandalselva.



Figur 4.11. *De ulike fangstsonene i Mandalselva. I "Fiske forbudt" sonen selges det ikke fiskekort, men grunneierne fisker.*

Resultater

Fangstutvikling

Mens Mandalselva har hatt en kraftig økning i laksefisket etter kalking, har fangstutviklingen i Tovdalselva vært svært langsom (**figur 4.12**).

I 1997, da kalkingen kom i gang, ble det tatt 931 kg laks i Mandalselva. I de to påfølgende årene var fangstene henholdsvis 2 470 og 2 282 kg. Men deretter økte fangstene til 4 702 kg i 2000, og til hele 10 420 kg ett år senere. I 2002 ble det fanget 7 639 kg, og de på noenlunde samme nivå i både 2003 og 2004, med henholdsvis 8 078 og 6575 kg. I 2005 og 2006 økte igjen fangstene til henholdsvis 10 858 og 11 964 kg. Så sank de igjen, til 6 689 i 2007, 7 878 kg i 2008 og 5 694 i 2009.

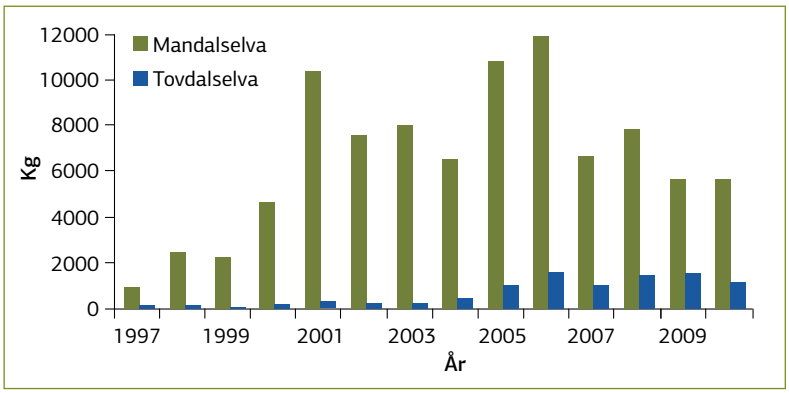
I Tovdalselva kom kalkingen i gang i 1996, og fram til 2005 var de årlige fangstene lavere enn 500 kg (1996: 40 kg, 1997: 33 kg, 1998: 68 kg, 1999: 0 kg, 2000: 210 kg, 2001: 345 kg, 2002: 303 kg, 2003: 318 kg, 2004: 479 kg). I 2005 og 2006 ble det fanget henholdsvis 1 097 og 1651 kg laks. I 2007 avtok imidlertid fanget til 1 078 kg laks, og i 2008 og 2009 var den henholdsvis 1 494 kg.

Mandalselva

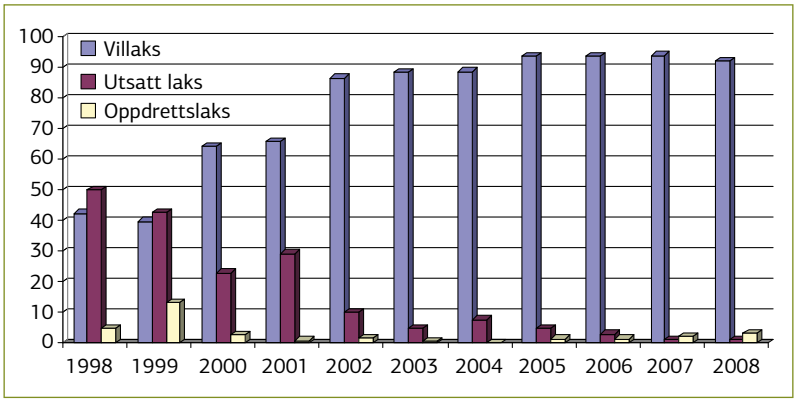
Bestandssammensetning

Villaks var viktigste gruppe i alle år unntatt 1998, da utsatt laks var viktigst. I 1999 utgjorde villaks og utsatt laks omtrent like store andeler. Andelen villaks har vært økende i forsøksperioden, fra 42 % i 1998, 66 % i 2001, 94 % i 2005 og 92 % i 2008 (**figur 4.13**).

Villaks dominerte i materialet fra Mandalselva med 2009 (80 %) av 2 507 skjellprøver samlet inn i perioden 1998 - 2008, mens 360 (14 %) av skjellprøvene stammet fra utsatt laks. Rømt oppdrettslaks og gruppen "usikker" utgjorde følgelig små andeler av totalmaterialet, med henholdsvis 2 og 4 % (**tabell 4.2**).



Figur 4.12. *Årlig fangst av laks ved sportsfiske i Mandalselva og Tovdalselva i perioden 1997-2009.*



Figur 4.13. *Andeler (%) villaks, utsatt laks og rømt oppdrettslaks av totalt antall skjellprøver av laks fra Mandalselva i 1998 - 2008. Gruppen "usikker" er inkludert i beregningene, men ikke tatt med i figuren.*

Tabell 4.2. *Antall skjellprøver (N) av laks fra Mandalselva for perioden 1998 til 2008, fordelt på villaks, utsatt laks, rømt oppdrettslaks og usikker.*

År	N	Vill	Utsatt			Rømt oppdrettslaks	Usikker
			Carlin-merket	Annen utsatt (fettfinneklipte)	Totalt		
1998	130	55	59[1)]	6 (0)	65	6	4
1999	68	27	20[2)]	9 (4)	29	9	3
2000	223	143	8[3)]	43 (29)	51	6	23
2001	449	296	75[4)]	56 (54)	131	3	19
2002	255	221	7[5)]	18 (18)	25	4	5
2003	310	274	0	15 (15)	15	1	20
2004	214	190	1[6)]	15 (8)	16	0	8
2005	376	352	0	17(14)	17	5	2
2006	310	291	1	8 (8)	9	4	6
2007	100	94	0	1 (1)	1	2	3
2008	72	66	0	1 (1)	1	2	3
Sum	2507	2009	171	189 (152)	360	42	96

[1)] 47 utsatt i Audna, 7 utsatt i Tovdalselva, 4 utsatt i Mandalselva og 1 utsatt i Bjerkreimselva.
[2)] 11 utsatt i Audna, 7 utsatt i Mandalselva, 1 utsatt i Imsa og 1 med ukjent utsettingssted.
[3)] 2 utsatt i Mandalselva, 1 utsatt i Eira, 2 utsatt i Dirdalselva, 3 utsatt i Audna.
[4)] 64 utsatt i Mandalselva, 1 var utsatt i Audna mens 10 var villsmolt fra Audna.
[5)] 7 utsatt i Mandalselva.
[6)] Utsatt i Mandalselva

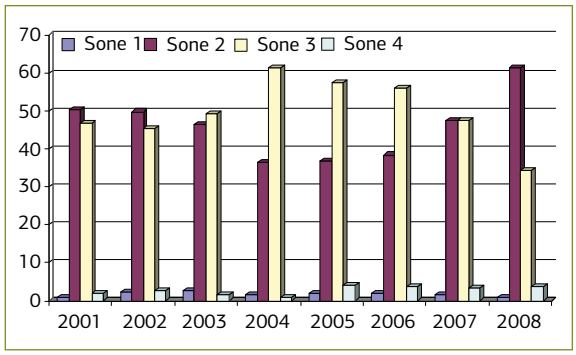
Fangst i ulike soner

Den lakseførende strekningen av Mandalselva er delt inn i fire soner, fra elvas utløp til stopp lakseførende strekning ved Kavfossen i hovedelva og noen km av Kosåna (**figur 4.11**): Sone 1: Nedre del: Utløp - Vik (Sandnes) Sone 2: Mandal: Vik (Sandnes) - kommunegrense Mandal/Marnadal. Sone 3: Marnadal: Kommunegrense Mandal/Marnadal - Laudal kraftverk. Sone 4: Øvre del: Laudal kraftverk - stopp lakseførende strekning.

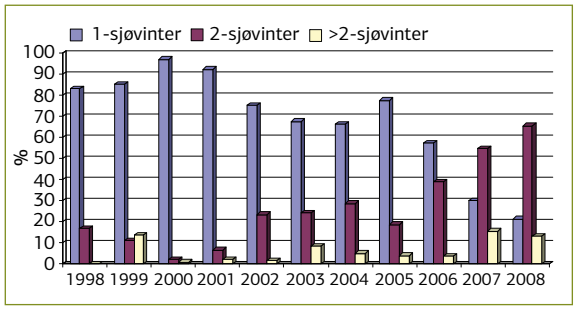
I perioden 2001-08 ble over 90 % av laksen fanget i sone 2 og 3. Fangstene i sone 1 og 4 har i alle år ligget på et svært lavt nivå (**figur 4.14**). Oppstrøms Laudal kraftverk har altså fangstene av laks i mange år vært lave. I både 2008 og 2009 har det imidlertid gått opp over 1 000 laks (Svein Haugland pers. medd.). Dersom mengden gytefisk vurderes ut fra fangstutbytte, kan en få et skjevt inntrykk av gytebestanden i øvre deler av Mandalselva.

Sjøalder hos villaks

I Mandalselva har andelen 1-sjøvinter laks har avtatt, mens andelen 2 - sjøvinter og eldre har økt i skjellmaterialet fra perioden 1998-2008.

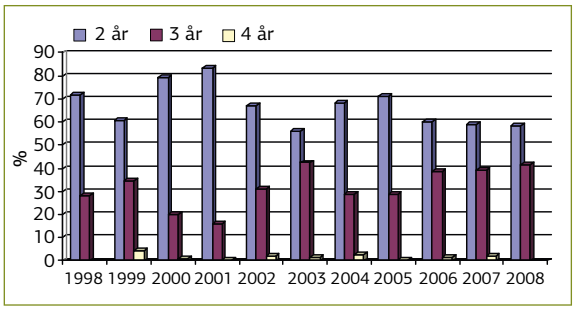


Figur 4.14. *Fordeling (prosentandel av antall) av laks i sportsfiskefangster på de ulike sonene i Mandalselva i perioden 2001-08.*



Figur 4.15. *Fordeling av 1- , 2- og > 2-sjøvinter laks i skjellprøvematerialet av villaks i Mandalselva i perioden 1998-2008.*

I skjellprøvematerialet av villaks fra Mandalselva har 2-års smolt vært dominerende alle år fra 1998 til 2008. Andelen 3-års smolt har imidlertid vært økende i denne perioden (**figur 4.16**).



Figur 4.16. *Fordeling av 2, 3 og 4 - års smolt i skjellprøvematerialet av villaks i Mandalselva i perioden 1998 - 2008.*

Tovdalselva

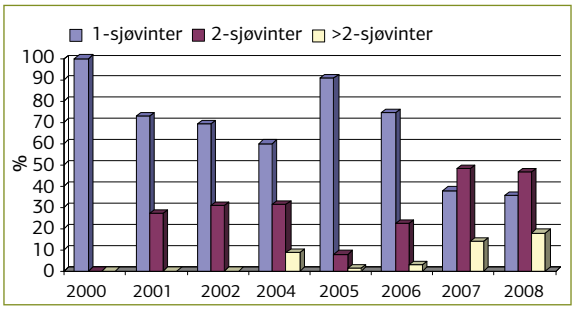
Bestandssammensetning

I Tovdalselva var 75,8 % av skjellprøvene fra villaks og 20,1 % av skjellprøvene fra utsatt laks (1998-2008). Både rømt oppdrettslaks og "sikker" utgjorde en ubetydelig andel av totalmaterialet, med henholdsvis 0,5 og 3,6 % (**tabell 4.3**). Det var ingen villaks blant skjellprøvene fra 1998 og 1999, men deres andel i skjellprøvematerialet har økt jevnt i forsøksperioden, fra 56 % i 2000, 88 % i 2004 til 100 % i 2008.

I skjellmaterialet fra Tovdalselva fra perioden 2000-08 har andelen 1-sjøvinter laks avtatt, mens andelen 2 - sjøvinter og eldre har økt (**figur 4.17**).

Smoltalder hos villaks

I skjellprøvematerialet av villaks fra Tovdalselva har 2-års smolt vært dominerende alle år, men andelen 3-års smolt har vist en økende tendens i perioden 2000-08 (**figur 4.18**).

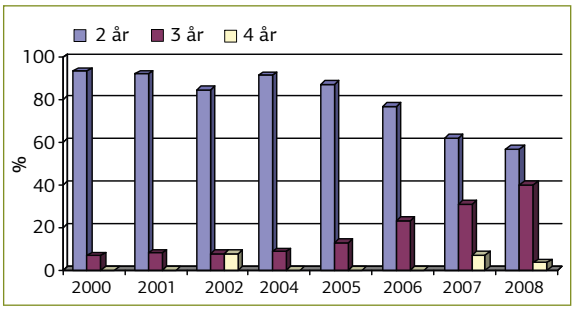


Figur 4.17. *Fordeling av 1- , 2- og > 2-sjøvinter laks i skjellprøvematerialet av villaks i Tovdalselva i perioden 2000 - 2008.*

Tabell 4.3. *Antall skjellprøver (N) av laks fra Tovdalselva fordelt på vill, utsatt, rømt oppdrettet og usikker i perioden 1998-2008.*

År	N	Vill	Utsatt			Rømt oppdrettslaks	Usikker
			Carlinmerket	Annen utsatt (fettfinneklipt)	Totalt		
1998	61	0	59[1)]	1	60	0	1
1999	2	0	2[2)]	0	2	0	0
2000	27	15	0	10 (10)	10	1	1
2001	32	26	2[3)]	2 (2)	4	0	2
2002	14	13	0	1 (1)	1	0	0
2003	0	-	-	-	-	-	-
2004	40	35	0	1 (1)	1	1	3
2005	81	79	0	1	1	0	1
2006	74	69	0	0	0	0	5
2007	32	31	0	0	0	0	1
2008	30	30	0	0	0	0	0
Sum	393	298	63	16 (14)	79	2	14

[1)] 57 utsatt i Tovdalselva, 1 utsatt i Bjerkreimselva, 1 med ukjent utsettingssted. [2)] utsatt i Tovdalselva. [3)] utsatt i Mandalselva



Figur 4.18. *Fordeling av 2, 3 og 4 - års smolt i skjellprøvematerialet av villaks i Tovdalselva i perioden 2000 - 2008.*

Fangst i ulike soner

Tovdalselva er delt inn i ulike soner hvorav sone 1 og 2 ligger nedstrøms Boenfossen, mens de øvrige ligger ovenfor Boenfossen. I fangstoppgavene er hver enkelt laks plassert i en av sonene. I **tabell 4.4** har vi slått sammen fangstene fra sone 1 og 2 til en sone (nedstrøms Boenfossen), og de øvrige sonene til én sone (oppstrøms Boenfossen). I perioden 2001-03 ble 98-100 % av laksen fanget nedstrøms Boenfossen. I 2004 skjedde det en endring i fordelingen, idet 21 % av fangsten kom fra strekningen oppstrøms Boenfossen. I 2005 og 2006 ble hele 41-42 % av laksen fanget oppstrøms Boenfossen. I 2007 og 2008 hadde denne andelen økt ytterligere, til henholdsvis 63 og 68 % (**tabell 4.10**).

Referanser

Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. Institute of Freshwater Research, Drottningholm. Report no. 36: 57-74.

Lund, R. & Hansen, L.P. 1991. Identification of wild and reared Atlantic salmon using scale characters. Aquaculture and Fisheries Management 22: 499-508.

Allerede fem år etter fullkalkingen av lakseførende strekning av Mandalselva kom elvefangsten opp mot 10 000 kg. Foto: Ørnulf Haraldstad

Tabell 4.4. *Antall laks fanget nedstrøms (sone 1 og 2) og oppstrøms Boenfossen (øvrige soner) i Tovdalselva i perioden 2001-08, med % andel i parentes.*

År	Antall laks fanget		
	Nedstrøms Boenfossen (sone 1 og 2)	Oppstrøms Boenfossen (øvrige soner)	Sum
2001	85 (99 %)	1 (1 %)	86
2002	108 (99 %)	1 (1 %)	109
2003	143 (100 %)	0 (0 %)	143
2004	158 (79 %)	43 (21 %)	201
2005	318 (58 %)	232 (42 %)	550
2006	416 (59 %)	289 (41 %)	705
2007	137 (37 %)	233 (63 %)	370
2008	189 (33 %)	381 (67 %)	570
Sum	1365 (63 %)	799 (37 %)	2164

4.5. Sammenhengen mellom eggtetthet og rekruttering hos laksen i Tovdalselva og Mandalselva

Av Peder Fiske og Bjørn Mejdell Larsen
NINA, Trondheim

Sammendrag

I Tovdalselva og Mandalselva var det en tilnærmet lineær sammenheng mellom den estimerte eggdeponeringen og de estimerte tetthetene av årsklassene for aldersgruppene 0+, 1+ og 2+ som fulgte fra de respektive gytingene. Eggtetthetene i denne perioden har vært lave, og det er grunn til å tro at bestandene i de to elvene var langt fra gytebestandsmålet i perioden 1995-2004.

Innledning

Det er benyttet data fra perioden 1995 til 2005 ved analysen av sammenhengen mellom eggtetthet og rekruttering, siden elfisket i denne perioden ble gjennomført av NINA etter samme metode (**kapittel 4.3**). For å beregne tettheter av de ulike aldersklassene, har vi summert dataene fra alle el-fiskestasjoner og beregnet tettheten ut fra totalmaterialet. For å fordele tetthetene av laks i gruppen eldre enn 1+, har vi antatt at fordelingen mellom aldersklasser i et underutvalg som har blitt aldersbestemt har vært representativt for fangstene i hvert enkelt år. Eggtetthetene er beregnet ut fra fangstene i sportsfiske og antagelser om beskatningsrater i sportsfiske, og andel hunner i ulike størrelsesgrupper gitt av Vitenskapsrådet for lakseforvaltning (Anon. 2009). I deres rapport ble kilo hunner i gytebestanden beregnet. Ut fra disse gytebestandsestimatene ble egg pr m^2 beregnet. Vi tar her ikke hensyn til at gytebestanden er estimert med usikkerhet. For gyteåret 1999 mangler vi estimat av gytebestanden i Tovdalselva, siden det ikke er rapportert om fangster i sportsfiske i elva dette året.

Tovdalselva

For Tovdalselva var det en tilnærmet lineær sammenheng mellom den estimerte eggdeponeringen og estimerte tettheter av årsklassene av aldersgruppene 0+, 1+ og 2+ som fulgte fra de respektive gytingene (**figur 4.19**). Eggtetthetene i denne perioden har vært lave, og det er grunn til å anta at bestanden har vært langt fra gytebestandsmålet i perioden 1995-2004. Det er imidlertid vanskelig å skille mellom effekten av bedret vannkvalitet og effekten av økt gytebestand for å forklare sammenhengene.

Mandalselva

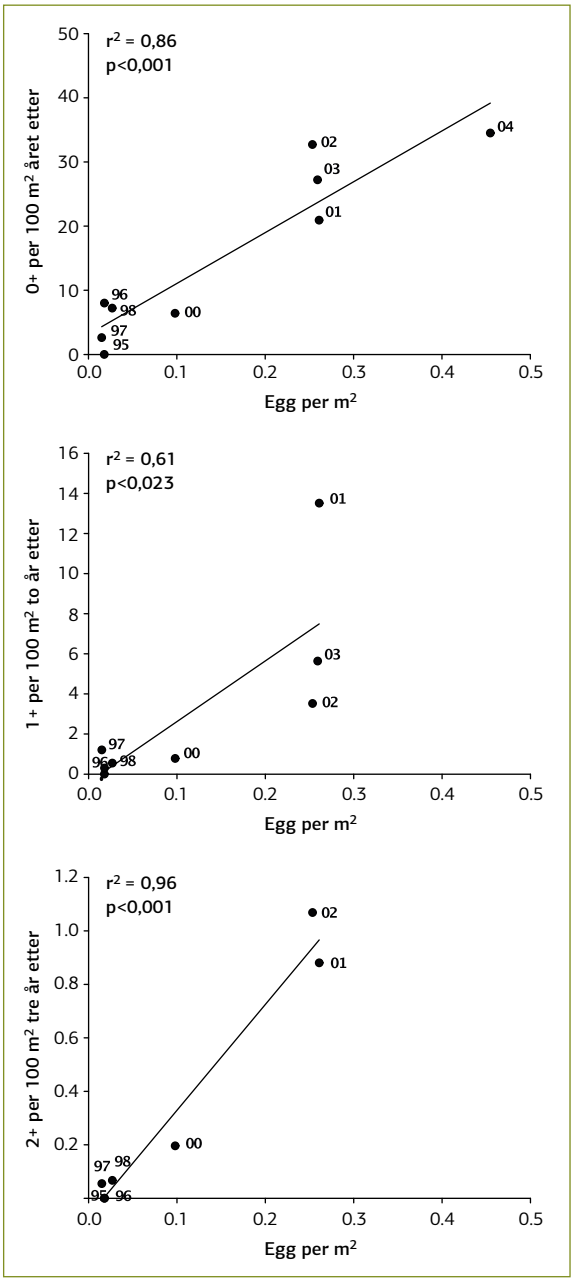
I Mandalselva var det en tilnærmet lineær sammenheng mellom den estimerte eggdeponeringen og de estimerte tetthetene av årsklassene for aldersgruppene 0+, 1+ og 2+ som fulgte fra de respektive gytingene (**figur 4.20**). Sammenhengene var best for 0+ og 1+, og dette skyldtes trolig at deler av 2+ bestanden går ut som smolt før elfisket ble foretatt på høsten. Disse resultatene tyder på at i perioden 1995-2004 ble ikke gytebestandsmålet for Mandalselva nådd. Det er imidlertid vanskelig å skille mellom effekten av bedret vannkvalitet og effekten av økt gytebestand for å forklare sammenhengene.

Dersom tetthetsdataene fra Tovdalselva og Mandalselva blir videreført med samme metodikk også etter år med høyere gytebestander, vil de gi et godt grunnlag for tilpasninger til bestandens rekrutteringskurver. Dermed kan en på en bedre måte bestemme gytebestands-målet for elvene (jfr. Hindar mfl. 2007). Siden man her har kunnet følge bestanden i oppbyggingsfase, vil dette kunne bli meget verdifulle data for å gjøre tilpasninger mellom bestand og rekruttering. Dette gjelder spesielt for Tovdalselva, hvor en har år med svært lave eggtettheter.

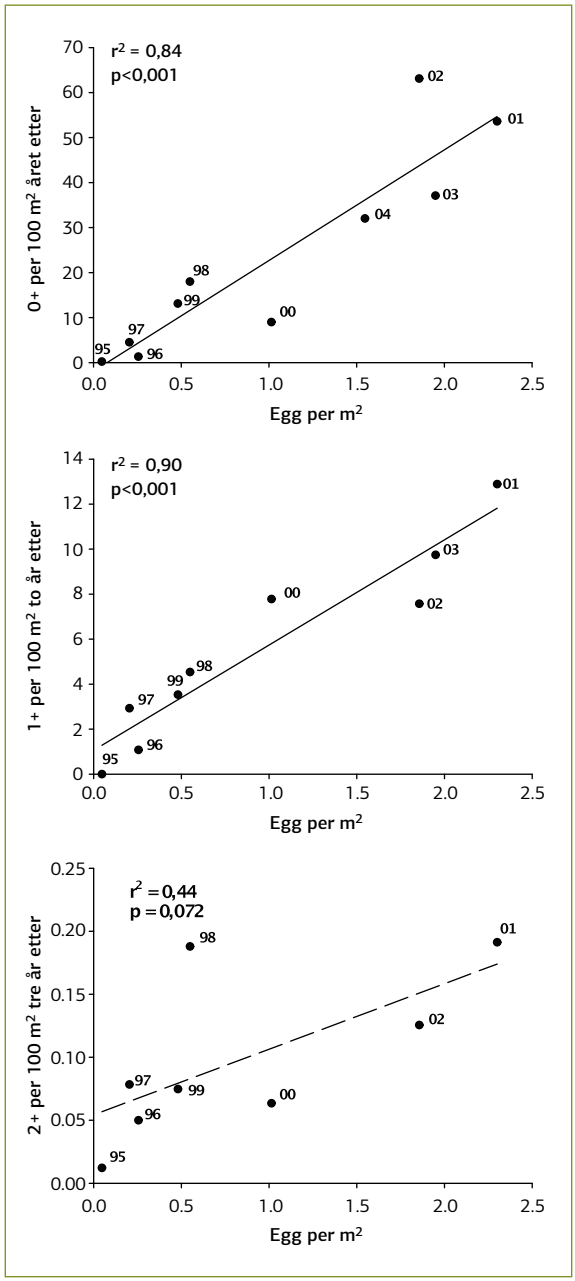
Referanser

Anon. 2009. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse og beskatningsråd for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 1b. 357 s.

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Saltveit, S.J., Sægrov, H., & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226. 78 s.



Figur 4.19. *Sammenheng mellom estimert eggtetthet og estimert tetthet av ville laksunger i Tovdalselva, for 0+ fra gytingene i perioden 1995 til 2004, for 1+ fra gytingene i perioden 1995 til 2003, og for 2+ fra gytingene i perioden 1995 til 2002. Punktene er merket med gyteår. Eggtetthetsestimat for 1999 mangler. I perioden 2000-2004 er eggtetthetene estimert ut fra både utlagt og naturlig gytt rogn.*



Figur 4.20 . *Sammenheng mellom estimert eggtetthet og estimert tetthet av ville laksunger i Mandalselva; for 0+ fra gytingene i perioden 1995 til 2004, for 1+ fra gytingene i perioden 1995 til 2003, og for 2+ fra gytingene i perioden 1995-2002. Punktene er merket med gyteåret.*

4.6 Sammenhengen mellom vekst og tetthet hos lakseunger i Mandalselva og Tovdalselva

Av Peder Fiske og Bjørn Mejdell Larsen
NINA, Trondheim

Sammendrag

Studier av sammenhengen mellom tetthet av ungfisk og vekst kan fortelle noe om effekten av konkurranse, og om bæreevnen er nådd for vassdragene. Hos laksunger i Mandalselva ser det ut til å forekomme en slik tetthetsavhengig vekst, men det var variasjoner innen elva. I Tovdalselva ble det derimot ikke funnet en slik sammenheng. Dette skyldes trolig at fisketetthetene fremdeles er så vidt lave at konkurranse i liten grad har påvirket veksten negativt.

Innledning

Etter kalking har ungfiskbestandene i Mandalselva og Tovdalselva utviklet seg forskjellig (**kapittel 4.3**). Mens det nå er relativt høye tettheter i Mandalselva, har de holdt seg på et betydelig lavere nivå i Tovdalselva. Det kan også tenkes at ungfiskebestandene har utviklet seg forskjellig innen ulike områder av de to elvene. Her vil vi se på sammenhengen mellom tettheten hos ungfisk og vekst, basert på størrelsen ved fangsttidspunkt hos fisk i aldersgruppene 0+ og 1+. Dersom det er en negativ sammenheng mellom tetthet og størrelse, kan det tyde på effekter av konkurranse og at bæreevnen snart er nådd.

Resultater

For Mandalselva fant vi på basis av det aldersbestemte spritfikserte materialet for 1+ og det målt i felt hos 0+, at størrelsen i begge aldersgrupper var signifikant forskjellig mellom områder (**tabell 4.5**, **vedlegg 6a-d**). Det var også en negativ sammenheng mellom total tetthet og størrelsen hos begge aldersgrupper (**figur 4.21** & **4.22**). Dersom en i stedet for totaltetthet benytter beregnet tetthet for aldersklassene 0+ og ≥ 1+, blir ikke resultatet vesentlig forskjellig. Også for disse modellene finner vi en signifikant negativ effekt av tetthet på størrelse både for 0+ og 1+ laks; med henholdsvis $p < 0{,}001$ og $p < 0{,}001$. Det samme er tilfelle om vi benytter lengde på spritfiksert aldersbestemt 0+, i stedet for fisk som ble målt i felt ($p = 0{,}008$).

I Tovdalselva var det ingen signifikant størrelsesforskjell mellom områder verken for 0+ eller 1+ laksunger (**tabell 4.6**). Det var heller ingen signifikante effekter av tetthet for de to aldersgruppene ($p > 0{,}05$). Dette skyldes trolig at i denne elva er fisketetthetene fremdeles såpass lave at konkurranse i liten grad har påvirket veksten negativt.

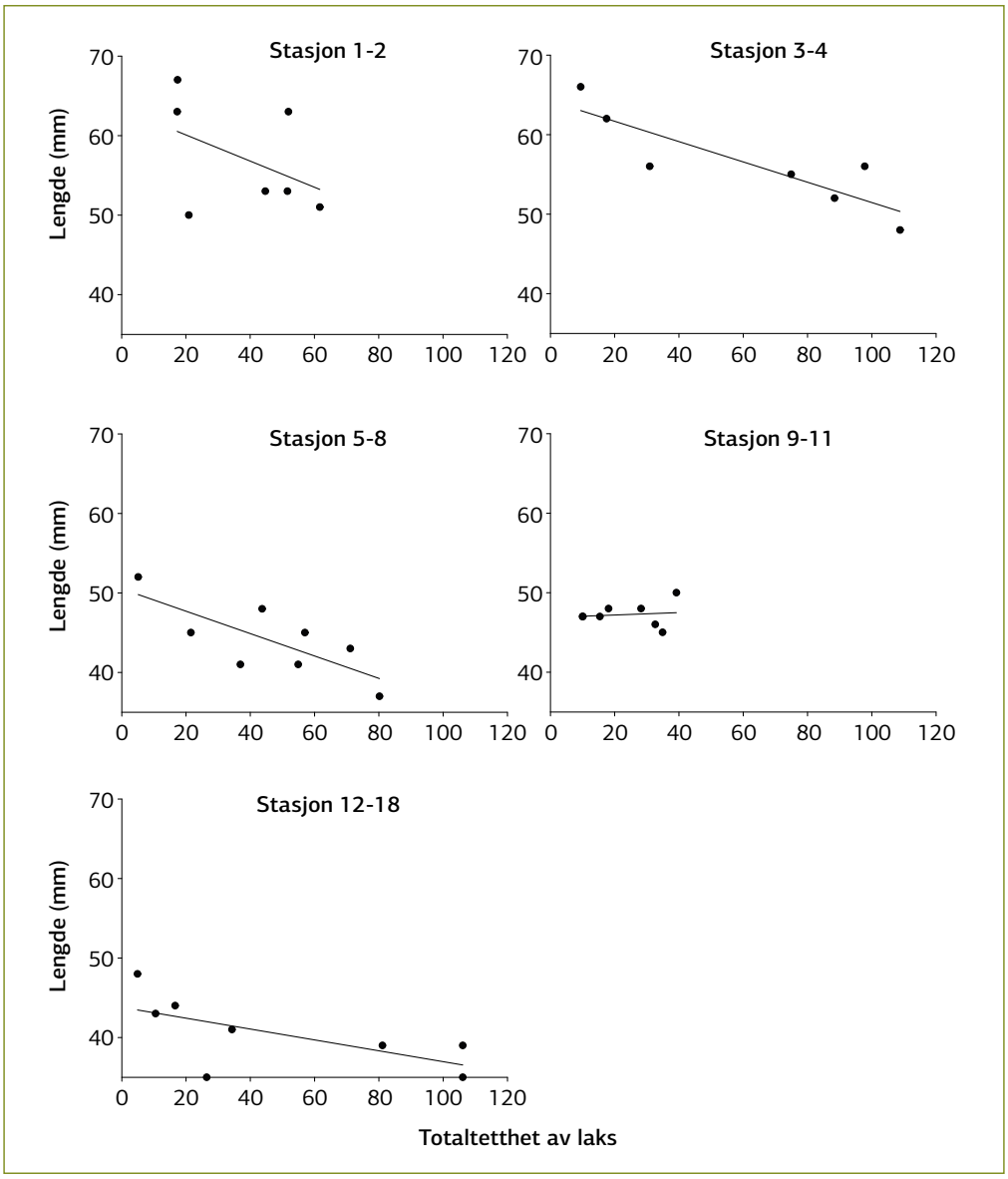
Tetthetsavhengig vekst ser altså ut til å forekomme hos laksunger i Mandalselva, men at det er variasjoner innen elva. I Tovdalselva er vi ikke i stand til å måle slike effekter. Her har vi også færre år med data, noe som kan bidra til at vi ikke er i stand til å måle noen signifikant effekt av tetthet eller område.

Tabell 4.5. *Gjennomsnittlig lengde i mm ± standard avvik (sd) hos 0+ og 1+ laks i fem ulike områder av Mandalselva, angitt med stasjonsnummer (jfr.* **figur 4.4** *). For 0+ er lengden målt på fersk fisk i felt, og alderen er verifisert ut fra lengdefordeling i et aldersbestemt referansemateriale. For 1+ er lengden målt i lab på spritfiksert fisk som er aldersbestemt.*

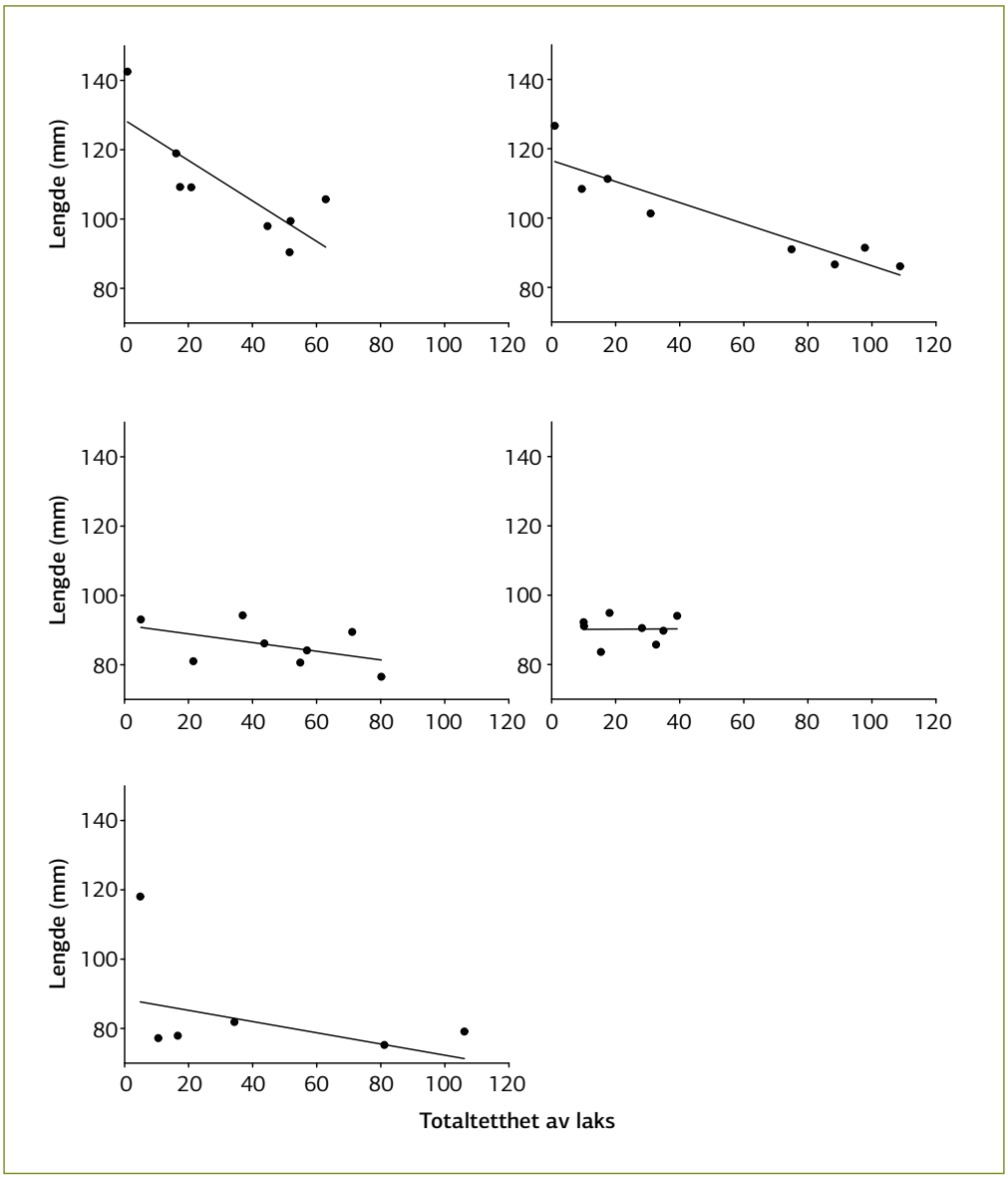
	Yngel (0+)		Ettåringer (1+)	
Stasjon	Gjennomsnitt±sd	N (år)	Gjennomsnitt±sd	N (år)
1-2	57,14±6,94	7	109,13±16,01	8
3-4	56,43±6,00	7	100,31±14,32	8
5-8	44,00±4,64	8	85,60±6,28	8
9-11	47,25±1,49	8	90,19±3,87	8
12-18	40,50±4,47	8	80,63±15,91	8
Totalt	48,66±8,15		93,17±15,70	

Tabell 4.6. *Gjennomsnittlig lengde i mm ± standard avvik (sd) hos 0+ og 1+ laks i tre ulike områder av Tovdalselva, angitt med stasjonsnummer (jfr.* **figur 4.4***). For 0+ er lengden målt på fersk fisk i felt, og alderen er verifisert ut fra lengdefordeling i et aldersbestemt referansemateriale. For 1+ er lengden målt i lab på spritfiksert fisk som er aldersbestemt.*

	Yngel (0+)		Ettåringer (1+)	
Stasjon	Gjennomsnitt±sd	N (år)	Gjennomsnitt±sd	N (år)
1-3	58,48±4,99	5	119,93±17,26	4
4-9	49,66±3,84	5	100,99±12,77	5
10-14	50,47±5,29	8	99,65±10,76	8
Totalt	52,47±5,97		104,82±14,91	



Figur 4.21. *Ferskmålt lengde hos vill 0+ laks fra fem ulike områder i Mandalselva plottet mot total ungfisktetthet av laks. Gjennomsnittslengder innenfor områdene i ulike år. Tetthetene er beregnet ut fra sum av alle stasjonene i området hvert enkelt år. Utsatt fisk (fettfinneklippet) er med i beregningene av tetthetene fordi disse også vil konkurrere med villfisken.* **Figur 4.3** *viser lokaliseringen av de enkelte stasjonene.*



Figur 4.22. *Lengde på spritfiksert vill 1+ laks fra 5 ulike områder i Mandalselva plottet mot total ungfisktetthet av laks. Gjennomsnittslengder innenfor områdene i ulike år. Utsatt fisk (fettfinneklippet) er med i beregningene av tetthetene fordi disse også vil konkurrere med villfisken.* **Figur 4.4** *viser lokaliseringen av de enkelte stasjonene.*

5 Komparative studier av vekst og overlevelse hos laks av Mandals- og Bjerkreims-stammen i Mandalsvassdraget

Innledning

I Mandalselva er det gjennomført en sammenliknende studie av Bjerkreimslaks og avkom av villfisk som søkte opp i vassdraget etter kalking. Hensikten var å teste om Bjerkreimslaks har bedre overlevelse og vekst enn "ny" Mandalslaks. Fra og med 2003 ble det på Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims produsert øyerogn av Bjerkreimslaks for utsetting i Mandalselva. Parallelt ble det tatt rogn av stamfisk fra laks i Mandalselva og lagt inn på Finså. Seinere ble denne rogna overført til Ims som øyerogn. Her ble rogna av begge stammene oppdrettet under identiske forhold til ønsket utsettingsstadium for utsetting av rogn i 2007 og 2008. På Finså ble det produsert énsomrig settefisk og smolt for utsettinger i henholdsvis 2004-05 og 2005-07. Den énsomrig settefisken ble merket vha finneklipping (fettfinne + høyre/venstre bukfinne), mens smolten ble individualmerket med Carlin-merker.

Rognkasser med lakserogn av Bjerkreimsstamme som er lagt ut i Logåna som er sidevassdrag til Mandalselva. Foto: Tore Wiers

5.1 Forsøk med planting av rogn av laks fra Bjerkreims-elva og Mandalselva i Kosåna

Av Sven-Erik Gabrielsen og Bjørn T. Barlaup.

Laboratorium for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske, LFI-UNI Miljø, Thormøhlensgt 49, 5006 Bergen

Sammendrag

For å undersøke eggoverlevelsen til Bjerkreimsstammen og Mandalsstammen ble det utført et rognplantingsforsøk i Kosåna i Mandalsvassdraget. Rogn fra begge stammene hadde en høy og nær identisk rognoverlevelse (98-99 %). Tilsvarende resultat ble også funnet i et supplerende forsøk utført under kontrolerte betingelser ved forsøksstasjonen på Ims. På Ims ble førsøket videreført ved at yngelen fra de to gruppene ble startforet. Etter fire uker, da forsøket ble avsluttet, ble det ikke funnet forskjeller mellom de to stammene og yngelen hadde da en lengde på ca. 41,5 mm og veide omlag 65 gram.

Innledning

I Kosåna ble det i 2007 og 2008 gjennomført et forsøk for å teste eventuelle forskjeller i rognoverlevelse hos laks av Bjerkreims- og Mandalsstammen. I 2007 ble det lagt ut ca. 214 000 øyerogn den 21. februar, fordelt på seks stasjoner. Rognmaterialet besto av to like store grupper basert på henholdsvis stamfisk fra Bjerkreimsstammen på Ims og stryking av villaks fra Mandalselva høsten 2006. Overlevelse fra utlegging og frem til yngelen forlot grusen ble undersøkt i perioden 18.-20. juni 2007. Overlevelsen ble undersøkt både i et utvalg gruskasser hvor rogna fra de to gruppene var blandet, og i WV-bokser hvor gruppene var holdt adskilt. Den gjennomsnittlige rognoverlevelsen i gruskassene var høy, med 96,9 %. Det var liten variasjon i overlevelse mellom de ulike stasjonene. Dette til tross for svært vanskelig forhold under utplantingen av rogna, med sterk vind, snødrev og -15 °C. Den høye rognoverlevelsen viser at utplantingen var vellykket selv under slike vanskelige forhold. Rognoverlevelsen i de 12 boksene á 1 000 rogn var 98,4 % for Mandalsstammen og 98,1 % for Bjerkreimsstammen. Følgelig hadde de to stammene nær identisk rognoverlevelse fra utplanting til yngelens første næringsopptak. Ved gjennomføring av tilsvarende forsøk i 2008 ble det plantet ut 245 000 øyerogn den 19. februar. Den

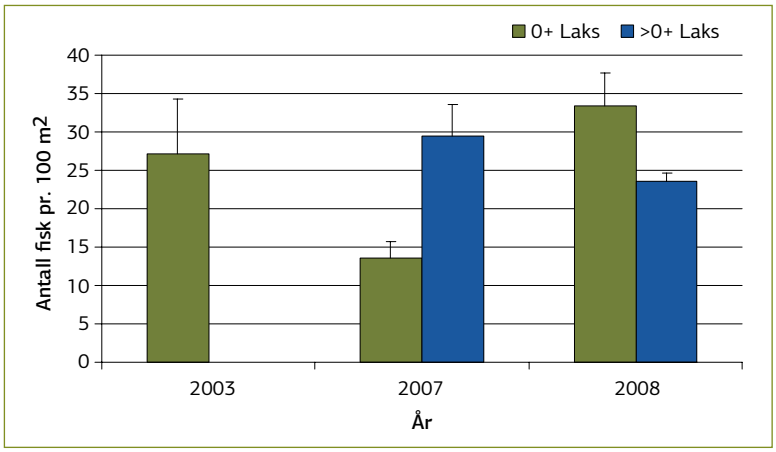
gjennomsnittlige rognoverlevelsen i gruskassene var i dette forsøket 99,0 %. I de 12 WV-boksene hvor rogn fra de to stammene ble holdt adskilt, var gjennomsnittlig rognoverlevelse hos Mandals- og Bjerkreimsstammen henholdsvis 99,5 og 99,0 %. Følgelig var overlevelsen i 2008 på samme høye nivået som foregående år.

Tetthetene av ungfisk ble undersøkt på tre stasjoner med elektrisk fiske i Kosåna i 2003, 2007 og 2008. I 2003, som var det første året med rognplanting, ble det naturlig nok bare funnet énsomrig laks, I 2007 og 2008 ble det derimot funnet både énsomrige og eldre aldersklasser (**figur 5.1**). Det ble alle tre årene funnet relativt høye tettheter, med fra ca 25 til 35 fisk pr. 100 m^2, for både ensomrige og eldre laksunger. Ett unntak var en relativt lav tettheten av yngel i 2007, med 14 individ pr. 100 m^2. Laksungene hadde en normal vekst, med en gjennomsnittlig lengde på 6,1-6,9 cm etter første vekstsesong, ca 9,5 cm etter andre vekstsesong og ca 12,2 cm etter tredje vekstsesong (**figur 5.2**). Dette tyder på at de fleste laksungene vandrer ut fra Kosåna etter tre år.

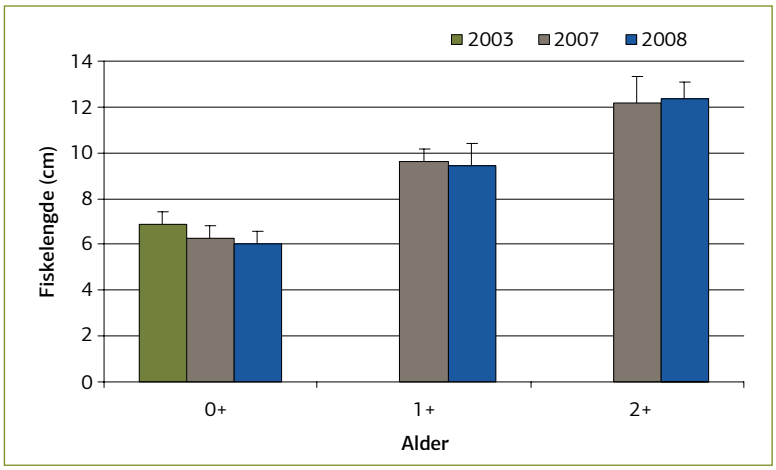
I 2007 ble det gjennomført et forsøk med de to rogngruppene under kontrollerte forhold på Ims. Rognoverlevelsen var da 99 % for både gruppen med Bjerkreimslaks og Mandalslaks. Deretter ble det gjennomført et forsøk med startforingen av begge gruppene, som ble satt i gang 4. mai 2007. Etter fire uker med foring i kar var lengde og vekt for de to gruppene med yngel svært like. Yngelen fra Bjerkreimsstammen hadde en gjennomsnittlig lengde og vekt ±Sd på henholdsvis 41,5±2,5 mm og 0,64±0,11 gram (n = 100). Yngelen som stammet fra laks fra Mandalselva hadde tilsvarende en lengde på 41,7±2,8 mm og veide 0,67±0,14 gram (n=100).

Konklusjon

Både felt- og laboratorieforsøkene viser at rogn fra både Mandals- og Bjerkreimsstammen har høy og nær identisk overlevelse fra øyerognstadiet og fram til yngelen forlater grusen og starter nærings-opptaket. Forsøkene på Ims viste ingen forskjeller mellom gruppene mht yngelens lengde og vekt i tidlig vekstfase over fire uker.



Figur 5.1. *Gjennomsnittlig tetthet (med standard avvik) av énsomrig (0+) og eldre (>0+) laksunger på de tre stasjonene med elektrisk fiske som ble undersøkt i Kosåna i 2003, 2007 og 2008.*



Figur 5.2. *Gjennomsnittlig lengde (med standard avvik) av énsomrig (0+), tosomrig (1+) og tresomrig (2+) laksunger på de tre stasjonene med elektrisk fiske som ble undersøkt i Kosåna i 2003, 2007 og 2008.*

5.2 Komparative studier av vekst og overlevelse av utsatt énsomrig settefisk av laks av Mandals- og Bjerkreimsstammen i Mandalselva: en analyse basert på gjenfangster av parr ved elfiske

Av Bjørn Mejdell Larsen og Bjørn Ove Johnsen
NINA, Trondheim

Sammendrag

Det var ingen klare systematiske forskjeller mellom Mandals- og Bjerkreimsstamme med hensyn til vekst og overlevelse når vi sammenligner resultatet av utsettingene av settefisk av de to stammene i Mandalselva i 2004 og 2005. Høy utsettingstetthet ga ikke høyere tettheter av laksyngel enn langt lavere utsettingstetthet. Av 14 sammenlignbare datasett med gjenfangst av énsomrige og ettårige laksunger av begge stammer, gav høyest gjenfangst av Mandalsstamme i 10 tilfeller, og av Bjerkreimsstamme i 4 tilfeller. Det var gjennomsnittlig høyest gjenfangstprosent for ettårige laksunger av Mandalsstamme både i 2005 og 2006. Forskjellene i gjenfangstprosent kunne imidlertid like gjerne skyldes forskjeller i lengde ved utsetting som forskjeller i stammetilhørighet. Best tilvekst hos settefisk av begge stammer ble funnet i Rolandsbekken. Denne lokaliteten har ingen naturlig bestand av laksunger.

Innledning

Da kalkingen kom i gang i Mandalselva i 1997 var det et hovedmål å få til en rask reetablering av laks i elva. For å påskynde denne prosessen ble det besluttet å sette ut fisk (**kapittel 4.1**). Utsettingsforsøk med énsomrige laksunger i Mandalselva i 1997-2003 ga svært varierende gjenfangster (Johnsen 2003, 2005). I 2004 og 2005 ble utsettingsmaterialet endret fra bare å omfatte laksunger av Mandalsstammen til også å omfatte laksunger av Bjerkreimssstammen. Prosjektets formål var å sammenligne overlevelse og tilvekst hos settefisk av de to stammene satt ut på ulike strekninger i Mandalselva.

Kontrollfiske ble gjennomført ved hjelp av elfiske samme høst som utsettingene, og ett år seinere. Utsettingene ble kontrollert i 2004, 2005 og 2006. Metoden er beskrevet av blant annet Larsen & Johnsen (2007). I tillegg er utsettingene kontrollert ved fangst av utvandrende smolt i smoltfelle (**kapittel 6**).

Metoder

Settefisken ble oppdrettet ved settefiskanlegget på Finså med utgangspunkt i rogn av villfisk fra Mandalselva og rogn av stamfisk av Bjerkreimsstammen (første generasjons avkom fra villfisk) fra NINA Forskningsstasjon, Ims. Rogna fra Ims ble overført til Finså som øyerogn.

For å skille settefisken fra villfisk ble all settefisk merket ved klipping av fettfinnen. For å skille Mandalsstammen fra Bjerkreimsstammen ble fiskeungene i tillegg merket ved klipping av henholdsvis høyre og venstre bukfinne. Det ble valgt ut fem utsettingslokaliteter i Mandalsvassdraget (**figur 5.3**):

1) Roland: Bekk ved Roland oppstrøms lakseførende strekning i Kosåna.

2) Kosåna: Lakseførende del like oppstrøms Kosånas utløp i Mandalselva.

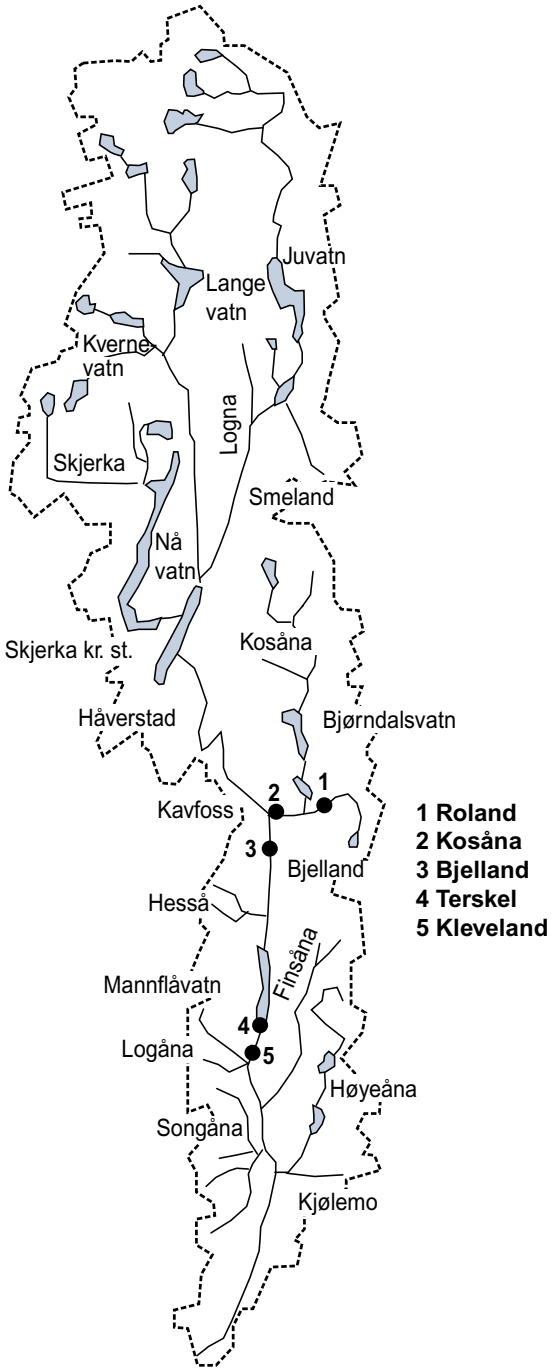
3) Bjelland: Regulert elvestrekning i Mandalselva mellom Grasholmen og Bjelland kraftverk.

4) Terskel: Mandalselva ovenfor Laudal mellom Skåleneset og Terskel 10. Regulert elvestrekning med minstevannføring.

5) Kleveland: Mandalselva ovenfor Laudal, øvre del av strekningen mellom Terskel 1 og Klevelandsbrua. Regulert elvestrekning med minstevannføring.

Det ble satt ut til sammen 91000 settefisk i 2004, mot bare om lag en tredel av dette i 2005, med 31237 individ (**tabell 5.1**).

Det var ingen klare forskjeller mellom laks fra Bjerkreims- og Mandalsstamme med hensyn til overlevelse og vekst. Foto: Roy M. Langåker



Figur 5.3. *Mandalsvasselva med lokalisering av de fem strekningene hvor det ble satt ut fisk i 2004 og 2005.*

Resultater og oppsummering

Det var ingen klare systematiske forskjeller med hensyn til vekst og overlevelse hos settefisk av Mandals- og Bjerkreimsstamme fra utsettingene i 2004 og 2005. Høy utsettingstetthet med nær 150 yngel pr. 100 m², ga ikke høyere tettheter av laksyngel enn langt lavere utsettingstetthet, med 70-90 yngel pr. 100 m². Av 14 sammenlignbare datasett med gjenfangst av énsomrige og ettårige laksunger av begge stammer, gav høyest gjenfangst av Mandalsstamme i 10 tilfeller, og av Bjerkreimsstamme i 4 tilfeller (**tabell 5.2** & **5.3**). Det var gjennomsnittlig høyest gjenfangstprosent for ettårige laksunger av Mandalsstamme både i 2005 og 2006.

Settefisk av Mandalsstammen hadde lavere gjennomsnittslengde enn settefisk av Bjerkreimsstammen ved utsetting i 2005. Dette forholdet var imidlertid motsatt i 2004. Det kan se ut til at lengde ved utsetting har hatt betydning for tilslaget hos laks utsatt på strekningene "Roland" og "Kosåna". Her har stammen med størst gjennomsnittslengde ved utsetting også hatt størst tetthet 3-4 måneder senere. Det var bare på strekning "Terskel" at Mandalsstammen forekom i størst tetthet i begge årene, uavhengig av størrelsen ved utsetting. Best tilvekst hos settefisk av begge stammer ble funnet i Rolandsbekken. Denne lokaliteten har ingen naturlig bestand av laksunger.

Gjennomsnittlig tetthet av énsomrige laksunger av Mandalsstamme for alle utsettingslokalitetene samlet var nær den samme 3-4 måneder etter utsetting i 2004 og 2005, med henholdsvis 5,3 og 5,6 individ pr. 100 m² (**tabell 5.4** & **5.5**). For énsomrige laksunger av Bjerkreimsstamme var tettheten nesten dobbelt så høy i 2005 sammenlignet med 2004, med henholdsvis 6,1 og 3,1 individ pr. 100 m². På strekningene "Roland" og "Kosåna" var tettheten av Mandalsstamme henholdsvis 4,5 og 4 ganger så høy som tettheten av Bjerkreimsstamme i 2004. Året etter var dette forholdet endret, med mer enn dobbelt så høy tetthet av Bjerkreimsstamme som av Mandalsstamme. På strekningen "Terskel" var det både i 2004 og 2005 høyest tetthet av Mandalsstamme; henholdsvis 2 og 3 ganger så høy som tettheten av Bjerkreimsstamme.

Tettheten av ettårige laksunger gjenfanget etter utsettingene i 2004 og 2005 var generelt lav. For alle utsettingslokalitetene under ett var gjennomsnittlig tetthet av ettårige laksunger av Mandalsstamme gjenfanget 15 måneder etter utsetting litt høyere i 2006 sammenlignet med 2005, med henholdsvis

Tabell 5.1. *Navn, lengde, gjennomsnittsbredde, areal, antall utsatt og utsettingstetthet for strekninger hvor det ble satt ut ensomrig settefisk av Bjerkreims- og Mandalsstammen i juli 2004 og 2005. * Bare settefisk av Mandalsstamme.*

År	Strekning	Lengde, m	Gj.sn.bredde (m)	Areal, m²	Antall utsatt	Utsettingstetthet i antall pr. 100 m²
2004	Roland	1340	7,5	10050	3000	30
	Kosåna	375	27,2	10200	15000	147
	Bjelland	1000	82,3	82300	51000	62
	Terskel	685	20,0	13700	12000	88
	Kleveland	685	20,0	13700	10000	73
2005	Roland	1340	7,5	10050	3002	30
	Kosåna	375	27,2	10200	15120	148
	Bjelland	1000	82,3	82300	0	0
	Terskel	685	20,0	13700	9295	68
	Kleveland	685	20,0	13700	3820*	28

Tabell 5.2. *Gjennomsnittlig tetthet (± 95 konfidensintervall) av énsomrige laksunger (alder 0+) av Bjerkreims- og Mandalsstamme på de ulike strekningene av Mandalselva ved kontrollfisket i november 2004 og i oktober 2005.*

År	Strekning	Bjerkreim	Mandal	Sum Bjerkreim og Mandal
2004	Roland	0,8 (± 0,4)	3,6 (± 1,2)	4,9 (± 2,2)
	Kosåna	1,7 (± 0,3)	6,9 (± 0,7)	8,6 (± 0,8)
	Bjelland	1,2 (± 0,7)	2,8 (± 1,6)	4,9 (± 4,4)
	Terskel	5,3 (± 2,5)	9,9 (± 9,2)	14,6 (± 7,2)
	Kleveland	9,8 (± 9,6)	8,2 (± 1,4)	16,4 (± 4,1)
	Samlet	3,1 (± 1,2)	5,3 (± 0,6)	8,2 (± 1,0)
2005	Roland	4,9 (± 0,7)	2,2 (± 0,1)	6,9 (± 0,5)
	Kosåna	9,6 (± 8,2)	4,7 (± 0,9)	12,8 (± 3,7)
	Terskel	6,8 (± 4,1)	18,8 (± 11,9)	25,3 (± 11,5)
	Samlet	6,1 (± 1,2)	5,6 (± 0,8)	11,7 (± 1,4)

Tabell 5.3. *Gjennomsnittlig tetthet (± 95 konfidensintervall) av ettårige laksunger (alder 1+) av Bjerkreims- og Mandalsstamme på de ulike strekningene ved kontrollfisket i oktober 2005 og i oktober 2006.*

År	Strekning	Bjerkreim	Mandal	Sum Bjerkreim og Mandal
2005	Roland	0,0	0,3 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)
	Kosåna	1,6 (± 1,7)	2,5 (± 0,3)	3,8 (± 0,6)
	Terskel	0,4 (± 0,0)	1,4 (± 0,1)	1,8 (± 0,0)
	Samlet	0,5 (± 0,2)	1,1 (± 0,1)	1,6 (± 0,1)
2006	Roland	1,4 (± 0,3)	1,0 (± 2,7)	2,2 (± 0,6)
	Kosåna	1,2 (± 0,3)	2,4 (± 0,7)	3,5 (± 0,7)
	Terskel	1,2 (± 0,3)	3,7 (± 1,0)	4,9 (± 0,9)
	Samlet	1,1 (± 0,1)	1,6 (± 0,4)	2,7 (± 0,4)

1,6 og 1,1 individ pr. 100 m² (**tabell 5.4** & **5.5**). For ettårige laksunger av Bjerkreimsstamme var tettheten dobbelt så høy i 2006 som i 2005, med henholdsvis 1,1 og 0,5 individ pr. 100 m². Størst tetthet av settefisk ble funnet på de strekningene som også hadde høyest tetthet av villfisk.

Referanser

Larsen, B.M. & Johnsen, B.O. 2007. Utsetting av ensomrige laksunger av Bjerkreims- og Mandalsstamme i Mandalselva. Årsrapport 2006, s. 16-36 I: Hesthagen, T. (red.) Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006. DN-utredning 2007-3.

Johnsen, B.O. 2003. Utsetting av ensomrige laksunger i Mandalselva og Tovdalselva: Overlevelse, vekst og spredning. – I: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.) Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997–2002. DN–utredning 2003–5: 58–62.

Johnsen, B.O. 2005. Utsetting av ensomrige laksunger i Mandalselva og Tovdalselva: Overlevelse, vekst og spredning. – I: Hesthagen, T. (red.) Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra Reetableringsprosjektet 2001-2003. DN-utredning 2005-9: 27-33.

Tabell 5.4. *Gjennomsnittlig tetthet og relativ gjenfangstprosent i parentes for énsomrige laksunger (alder 0+) av Bjerkreims- og Mandalsstamme satt ut i Mandalselva i juli 2004 (2004-årsklassen), og gjenfanget ved kontrollfiske i november 2004 (0+), oktober 2005 (1+) og oktober 2006 (2+).*

Strekning	Stamme	Antall	Tetthet ved utsetting i 2004	Gjenfangst av 0+ i 2004	Gjenfangst av 1+ i 2005	Gjenfangst av 2+ i 2006
Roland	Mandal	1 500	14,9 (100)	3,6 (24,2)	0,3 (2,0)	0 (0)
	Bjerkreim	1 500	14,9 (100)	0,8 (5,4)	0 (0)	0 (0)
Kosåna	Mandal	7 500	73,5 (100)	6,9 (9,4)	2,5 (3,4)	0,2 (0,3)
	Bjerkreim	7 500	73,5 (100)	1,7 (2,3)	1,6 (2,2)	0 (0)
Bjelland	Mandal	28 000	34,0 (100)	2,8 (8,2)	-	-
	Bjerkreim	23 000	27,9 (100)	1,2 (4,3)	-	-
Terskel	Mandal	6 000	43,8 (100)	9,9 (22,6)	1,4 (3,2)	0 (0)
	Bjerkreim	6 000	43,8 (100)	5,3 (12,1)	0,4 (0,9)	0 (0)
Kleveland	Mandal	5 000	36,5 (100)	8,2 (22,5)	-	-
	Bjerkreim	5 000	36,5 (100)	9,8 (26,8)	-	-
Samlet	Mandal	48 000	36,9 (100)	5,3 (14,4)	1,1 (3,0)	0,04 (0,1)
	Bjerkreim	43 000	33,1 (100)	3,1 (9,4)	0,5 (1,5)	0 (0)

Tabell 5.5. *Gjennomsnittlig tetthet og relativ gjenfangstprosent i parentes for énsomrige laksunger (alder 0+) av Bjerkreims- og Mandalsstamme satt ut i Mandalselva i juli 2005 (2005-årsklassen), og gjenfanget ved kontrollfiske i november 2005 (0+) og oktober 2006 (1+).*

Strekning	Stamme	Antall	Tetthet ved utsetting 2005	Gjenfangst 0+ (2005)	Gjenfangst 1+ (2006)
Roland	Mandal	1500	14,9 (100)	2,2 (14,8)	1,0 (6,7)
	Bjerkreim	1502	14,9 (100)	4,9 (32,9)	1,4 (9,4)
Kosåna	Mandal	7619	74,7 (100)	4,7 (6,3)	2,4 (3,2)
	Bjerkreim	7501	73,5 (100)	9,6 (13,1)	1,2 (1,6)
Bjelland	Mandal	0	0	-	-
	Bjerkreim	0	0	-	-
Terskel	Mandal	5916	43,2 (100)	18,8 (43,5)	3,7 (8,6)
	Bjerkreim	3379	24,7 (100)	6,8 (27,5)	1,0 (4,0)
Kleveland	Mandal	3820	27,9 (100)	-	-
	Bjerkreim	0	0	-	-
Samlet	Mandal	18855	39,6 (100)	5,6 (14,1)	1,6 (4,0)
	Bjerkreim	12382	36,5 (100)	6,1 (16,7)	1,1 (3,0)

5.3 Komparative studier av vekst og overlevelse hos énsomrig settefisk av Mandals- og Bjerkreimslaks i Mandalselva: en analyse basert på gjenfangster av smolt

Av Nils Arne Hvidsten og Peder Fiske
NINA, Trondheim

Sammendrag

I smoltfangstene var det til sammen 40 og 18 smolt fra utsettingene av henholdsvis Bjerkreims-, og Mandalsstammen i 2006 og 2007. Det var signifikant flere gjenfangster av Bjerkreimsstamme enn av Mandalsstamme. Samlet gjenfangst av ensomrig settefisk var 0,7 ‰. Dersom en antar at fangsannsyligheten er 10 eller 40 % i smoltfella på Hesså, utgjør samlet smoltproduksjon 1,300 eller 5,400 individ i årene 2006 og 2007.

Innledning og resultater

Det ble satt ut énsomrig settefisk av Mandals- og Bjerkreimsstamme ved Roland og i Kosåna i 2004 og 2005, samt ved Bjelland i 2005 (**tabell 5.6**). Fisken ble blandet og satt ut samtidig (**kapittel 5.2**). I 2006 og 2007 var den totale gjenfangsten 64 merkede smolt av de to stammene. Det var ingen gjenfangster verken i 2005 eller i 2008. De aller fleste individene ble gjenfanget som toårige smolt. Den fangede smolten utgjør 0,7 ‰ av antall énsomrige settefisk fra de to utsettingene. Det ble fanget igjen forholdsvis flere smolt fra Bjerkreimsstamme enn fra Mandalsstamme. Det er få gjenfangster, og vi har derfor valgt å slå sammen resultatene fra utsettingene i 2004 og 2005.

I smoltfangstene var det til sammen 40 og 18 smolt fra utsettingene av henholdsvis Bjerkreims-, og Mandalsstammen i 2006 og 2007. Det var signifikant flere gjenfangster av Bjerkreimsstamme enn av Mandalsstamme (x^2 =11,1, $p < 0,001$). I 2006 ble det gjenfanget henholdsvis 26 og 10 smolt av de to stammene. Alle disse individene var 2 år gamle, med lengder på i gjennomsnitt±Sd på henholdsvis 125±11 og 129±12 mm.

Vi kjenner ikke smoltproduksjonen i Mandalselva, og derfor heller ikke fangsteffektiviteten til smoltskruen. Dersom en antar at skruen fanger minimum 10 og maksimum 40 % av den utvandrende smolten, kan vi gi et anslag om tilslaget av utsettingene mht antall smolt (**tabell 5.7**).

Tabell 5.6. *Antall utsatte énsomrige laksunger av Mandals- og Bjerkreimsstammen ovenfor Hesså i 2004 og 2005, og antall gjenfangster fra utsettingene registrert i smoltskrue på Hesså i 2006 og 2007.*

Utsettingsår	Stamme	Antall utsatte laksunger	Total gjenfangst av merket smolt	Gjenfangster i ‰
2004	Mandal	37000	12	0,3
2004	Bjerkreim	32000	30	0,9
2005	Mandal	9060	6	0,7
2005	Bjerkreim	9060	10	1,1
2004 og 2005	Begge stammer*		6	
Totalt	Begge stammer	87120	64	0,7

*Ikke mulig å fastslå om venstre eller høyre bukfinne var klipt, i tillegg til fettfinnen.

Tabell 5.7. *Analyse av tilsalget av utsatt sommergammel settefisk dersom fangstsannsynligheten til smolten i smoltskruen var 10 og 40 %. Utsettingsår og gjenfangstår, antall satt ut, antatt fangstsannsynlighet og estimert antall produserte smolt.*

Utsettings år	Gjenfangstår	Antall énsomrige individ	Gjenfangst i antall	Fangstsannsynlighet %	Antall smolt produsert
2004	2006	69 000	47	10-40	117-470
2005	2007	18 120	17	10-40	43-170

Den énsomrige settefisken kan ha gitt en smoltproduksjon på 117 - 470 og 43 - 170 individ i henholdsvis 2006 og 2007. Antall produserte smolt målt som tilslag pr. utsatt settefisk tilsvarte 1,7 - 6,8 ‰ i 2006 og 2,4 - 9,4 ‰ i 2007. Ovenfor Hesså kan vi gi et anslag for hvor stor den naturlige smoltproduksjonen var. Vi tar utgangspunkt i at fangstsannsynligheten for smolt i smoltskruen er enten 10 eller 40 %, og at smoltfangsten ved Hesså i 2006 og 2007 var henholdsvis 562 og 537 individ. Smoltproduksjonen på denne strekningen i de to årene var da henholdsvis 1 405 – 5 620 og 1 343 – 5 370 individ.

Felleplasseringa på Hesså er ansett til å være spesielt gunstig. En kjenner likevel ikke til hvor høy fangsteffektiviteten er, og eventuelt hvor mye den varierer på ulike vannføringer. Anslagene er derfor ikke egnet til annet enn en grov bedømmelse av hvor stor effekt utsettingene har hatt for den samlede smoltproduksjonen i Mandalselva.

Mandalsvassdraget ved Kjølemo. Foto: H. Pavels

5.4 Overlevelse og feilvandring hos laks satt ut som smolt i Mandalselva, med vekt på effekter av Laudal kraftverk og komparative studier av smolt av Bjerkreims- og Mandalsstamme

Av Lars Petter Hansen[1] og Bjørn Ove Johnsen[2]
[1]NINA, Oslo. [2]NINA, Trondheim

Sammendrag

Utsettinger av Carlin-merket laksesmolt i Mandalselva ble utført i perioden 1997-2007. Hensikten var å undersøke overlevelse og feilvandring hos laks i dette systemet. Bortsett fra for fisk utsatt i 1997, 1998 og 2000, var overlevelsen fra smolt til kjønnsmoden laks meget lav. Feilvandring av alle utsettingsgruppene var også meget høy. De fleste feilvandrerne ble fanget i ulike Sørlandvassdrag, spesielt i Otra. I perioden 1999-2002 ble det satt smolt både direkte i kraftverktunnelen og nedstrøms tunnelen. Det var kun gjenfansgter av betydning fra utsettingene i 2000. Men det året var smolt satt i tunnelen 1-årig, mens den satt nedstrøms var 2-årig. Totalt for perioden 1999-2002 er det rapportert 21 gjenfangster (0,7 % av antal utsatt) av smolt satt i tunnelen, mens det for gruppen satt ut nedenfor er rapportet 101 gjenfangster (3,5 % av antall utsatt). I perioden 2005-2007 ble det satt ut smolt både av Mandals- og Bjerkreimsstamme, med henholdsvis 12 682 og 10 446 individ. Overlevelsen hos begge gruppene var svært lav, men med over dobbelt så mange gjenfangster av laks av Mandalsstamme som av Bjerkreimsstamme, med henholdsvis 17 og 8 voksne individ. Feilvandringen hos begge gruppene var høy, med henholdsvis 69 og 75 %.

Innledning

I Audna som har vært fullkalket siden 1985, ble det observert god overlevelse av laksesmolt til kjønnsmodne individ (Hansen mfl. 1997). Den returnerte imidlertid i liten grad til Audna, men ble i hovedsak gjenfanget i andre elver på Sørlandet, spesielt i Otra og Mandalselva Dette var tilfelle både med smolt fra Ims, satt direkte ut i elva og smolt akklimatisert til Audnavannet i to uker før utsetting. Det viste seg også at smolt produsert på fiskeanlegget på Konsmo

av stamfisk fra Audna og naturlig produsert smolt i vassdraget, også feilvandret i stor grad (Hansen mfl. upublisert). Spørsmålet blir da om laksesmolt som vandrer ut fra den kalkede Mandalselva har den samme atferden, og det derfor var aktuelt å undersøke deres overlevelse og tilbakevandring. Vi ønsket videre å sammenlikne laks med opprinnelse fra Bjerkreimselva med laks av produsert av stamfisk tatt i Mandalselva.

Utsettingsmateriale

Mandalselva har vært fullkalket siden juni 1997. For å undersøke overlevelsen av laks før kalking startet, ble det satt ut grupper av individuelt Carlin-merket smolt den 5. mai 1997 på to lokaliteter: ved Stoveland i den sure delen av elva og i brakkvann ved utløpet av elva, i sjøen. Denne smolten var av Imsastamme og produsert i anlegget på Ims, transportert til Mandalselva i oksygenerte tanker på lastebil og satt direkte ut. Smolt som ble satt ut i senere år var alle produsert på anlegget i Marnardal (Finså), transportert i oksygenerte tanker og satt direkte ut på forskjellige steder i elva. I 1999, 2000, 2001 og 2002 ble det satt ut merket smolt direkte i tunnelen til Laudal kraftverk, samt en gruppe nedenfor utløpet av kraftverket. En oversikt over antall utsatt smolt og feilvandring i forsøksperioden er gitt i **vedlegg 7a-b**.

I årene 2005, 2006 og 2007 ble det gjennomført utsettinger av smolt av Mandals- og Bjerkreimsstamme. Totalt ble det satt ut henholdsvis 12 682 og 10 446 individ av de to stammene. Denne smolten satt ut på to lokaliteter, ved Mjåland og Terskel 10 i 2005, og ved Mjåland i 2006 og 2007. Smolten av begge stammene var produsert på Finså i Marnardal, transportert i oksygenerte tanker og satt direkte ut på forskjellige steder i elva. All smolt ble lengdemålt og Carlin-merket. Gjenfangster ble rapportert fra fiskere, som også ble bedt om å oppgi tid og sted for fangsten, samt størrelse av laksen (lengde). Gjenfangster av merket laks ble også registrert under stamfisket i Mandalselva.

Resultater

Gjenfangster av utsettinger før kalking

Av smoltutsettingene fra mai 1997, ble det ikke rapportert om gjenfangster av gruppen ved Stoveland. Derimot ble det rapportert 29 gjenfangster (1,5 % av antall utsatt) som kjønnsmoden laks fra gruppen satt ut i brakkvann i munningen av Mandalselva. Disse utsettingene ved Stoveland ble foretatt før kalkingen kom i gang, og denne fisken har trolig ikke overlevd pga dårlig vannkvalitet.

Gjenfangster av utsettinger etter kalking

Etter kalking av vassdraget, har overlevelse av de forskjellige smoltgruppene vært svært variabel. Kun for smolt utsatt i 1997, 1998 og 2000 var gjenfangstene som voksen laks relativt høye. I resten av perioden ble det rapportert mindre enn 0,5 % gjenfangst.

Gjenfangster av utsettinger oppstrøms og nedstrøms tunnelen til Laudal kraftverk

Fra gruppene som ble satt direkte i kraftverktunnelen var det kun gjenfangster av betydning fra utsettingene i 2000. Men de to gruppene er nødvendigvis ikke direkte sammenlignbare det året, da den som ble satt i tunnelen var 1-årig, mens den som ble satt nedenfor var 2-årig. Av smolt som ble satt i tunnelen er det totalt rapportert 21 gjenfangster (0,7 % av antall utsatt), mens det av gruppen satt ut nedenfor tunnelen ble rapportert 101 gjenfangster (3,5 % av antall utsatt).

Feilvandring

Den utsatte smolten i Mandalselva viste betydelig grad av feilvandring, med en variasjon fra 19 til 71 % (**vedlegg 7b**). Fordi en det er så få gjenfangster de fleste år, er likevel disse tallene svært usikre. De sikreste tallene er fra utsettingene i 1997, 1998 og 2000. Den største feilvandringen er rapportert fra gruppen som ble satt ut i munningen av elva våren 1997, dvs før kalking. For de utsatte gruppene etter kalkingen i 1998 og 2000, var feilvandringen noe mindre, med 19 og 49 %.

Av gjenfangstene i ferskvann i forsøksperioden, er 56 % rapportert fra Mandalselva (**tabell 5.8**). De fleste feilvandrerne har blitt rapportert fra Otra (21 %), men det er også fangster i elver på strekningen fra Numedalslågen til Oselva. Det er også rapportert én gjenfangst fra Götaelven i Sverige.

Tabell 5.8. *Gjenfangster i vassdrag av voksen laks merket og utsatt som oppforet smolt i Mandalselva i perioden 1997-2007.*

Elv	Utsatt 1997	Utsatt 1998	Utsatt 1999	Utsatt 2000	Utsatt 2001	Utsatt 2002	Utsatt 2004	Utsatt 2005	Utsatt 2006	Utsatt 2007	Totalt antall
Mandalselva	6	17	2	96		2	5	2	1	4	135
Otra	9	2		27		5	4	2	2		51
Lygna				9							9
Nidelva	1			4			1	2		2	10
Audna	1	1		2			2			2	8
Numedalslågen		1		4				2			7
Tengselva	1			2	1		1				5
Tovdalselva				2							2
Kvina				2							2
Figgjo	1										1
Storelva (Holt)				1							1
Kammerfosselva									1		1
Soknedalselva				1				1			2
Åna Sira				1							1
Håelva						1					1
S.Varhaugselva										1	1
Eidselva								1			1
Oselva	1										1
Götaelv Sverige	1										1

Komparative studier av smolt av Bjerkreimsstamme og Mandalsstamme

Det ble satt ut merket smolt av Mandals- og Bjerkreimsstamme i tre påfølgende år: 2005, 2006 og 2007. Samtlige forsøksgrupper ga svært lave gjenfangster, med 0 - 0,2 % av antall utsatte individ. Total ble det gjenfanget 17 laks av Mandalsstamme; 5 i Mandalselva, 11 i andre elver og 1 i sjø, og 8 laks av Bjerkreimsstamme; 2 i Mandalselva, 6 i andre vassdrag og ingen i sjø. Feilvandring for de to gruppene var svært høy, med henholdsvis 69 og 75 %. Fordi materialet er svært lite, er det vanskelig å trekke noen konklusjon ut over at overlevelsen var svært lav, og at feilvandringen var stor for begge gruppene.

Tovdalselva ved Birkeland. Foto: S. J. Saltveit

Diskusjon

Utsettingene av merket laksesmolt i Mandalselva har så langt gitt varierende og lave gjenfangster. Fra utsettingen i 1997 var det påfallende at smolten som ble satt ut i den ukalkede elva ikke overlevde. Derimot overlevde en del av den fisken som ble satt ut i brakkvannsonen i munningen det året, hvilket tyder på at vannkvaliteten her var akseptabel. Det er tidligere observert at smolt utsatt i Mandalselva ved Marnardal i 1969 ikke overlevde, mens merket smolt satt ut i munningen i 1968 overlevde svært godt (Hansen 1982). Liknende resultater ble observert fra utsettinger i Lygna i siste halvdel av 1980-tallet (Hansen mfl. 1997).

Smolten som ble utsatt i Mandalselva i 1999 og i årene 2001-07 overlevde i svært liten grad. Årsakene til dette er uklart, men i enkelte år er det funnet en del merker i ørretmager og gulpeboller fra fugl. Dette tyder på et vesentlig predasjonstrykk. Dårlig smoltoverlevelse kan også knyttes til suboptimal vannkvalitet og dårlig smoltkvalitet før pH-målet ble økt til 6,4 fra 2006 (**kapittel 2.2** & **3**). Med unntak av prøver tatt i 2000 og 2004, hadde smolt produsert ved Finså klekkeri en helsestatus som ikke forventes i vesentlig graf å forringe deres saltvannstoleranse.

Feilvandringen var betydelig, og varierte mellom 19 og 71 %. Av totalmaterialet av all smolt som ble satt ut, var 37 % av gjenfangene i ferskvann i andre elver enn Mandalselva. Dette er mye høyere enn det som ansees å være innenfor "normale" verdier. Av en gruppe som ble satt ut i munningen av Mandalselva i 1968 ble det rapportert 6 gjenfangster i Mandalselva og 5 i andre elver (Hansen 1982). Fra et utsettingsforsøk i Audna ble det observert betydelig feilvandring hos utsatt smolt. Fra utsettingene utført i 1986-92, ble kun 11 % av gjenfangstene i ferskvanns rapportert fra Audna, men 31 % var fra Otra og nær 24 % fra Mandalselva (Hansen mfl. 1997). Senere undersøkelser fra dette vassdraget viser at naturlig produsert smolt fra vassdraget også har en betydelig feilvandring (Hansen mfl. upublisert). Det meste av den ville laksen vandrer imidlertid tilbake til i de største elvene på Sørlandet. Den direkte årsaken til feilvandringen er ukjent, men det har blitt spekulert på om dette kan være en effekt av vannkvalitet/aluminiumsproblematikk og problemer med saltvannstoleranse for utvandrende smolt.

Undersøkelser av vandringsmønster hos laksesmolt i svenske vassdrag som er berørt av forsuring/kalking viste ubetydelig feilvandring. I Högvadsån på den svenske vestkysten ble det gjort merkeforsøk med 7 852 smolt i perioden 1973 -1985. Det omtales kun tre gjenfangster i andre elver fra disse merkingene. To individ ble gjenfanget i Lagan og én i Vegeå i nordvestre Skåne (Edman 1993). Av laks utsatt som smolt i 1973, 1978, 1983 og 1985, ble henholdsvis 2,7 %, 8,9 %, 6,9 % og 11,2 % gjenfanget i en felle i Högvadsån. I 1978 ble smolten satt ut i ukalket vann, og den kom tilbake som gytemoden til Högvadsån som da hadde vært kalket i ca. ett år. Resultatene viser derfor at den svenske atlanterhavslaksen vender tilbake til kalkede elver (Alenäs 1994).

Det er mange faktorer som påvirker overlevelsen hos utsatt smolt. Dette kan være relatert til smoltkvalitet, utsettingsmetodikk, vannkvalitet, predasjon og det marine miljøet. Utsettingsmetodikken i dette forsøket er den samme som i forsøk utført andre steder her i landet med godt resultat, og det marine miljøet skulle heller ikke tilsi et så dårlig resultat. Imidlertid var den utsatte smolten relativ liten, noe som kan bidra til å forklare noe av det dårlige resultatet. Men det var også tilfelle ved smoltutsettingen i år 2000, som ga relativt god overlevelse.

Referanser

Alenäs, I. 1994. Laxen återvänder til den kalkade Högvadsån vid Falkenberg på svenska västkusten. Laks & Miljø, Fagtidsskrift om laksefisk og vassdragsmiljø nr. 3: 19-23.

Edman, G. 1993.Utsättning av märkt laxsmolt i Högvadsån och Ätran åren 1973-85, samt återfangster därav. Laxforskningsinstitutet Meddelande 1/1993, 24 s.

Hansen, L.P. 1982. Gjenfangster av merket laksesmolt, *Salmo salar L.*, utsatt i to sure elver på Sørlandet. Fauna (Oslo) 35: 145-149.

Hansen, L.P., Staurnes, M., Fugelli, K. & Haraldstad, Ø. 1997. Overlevelse og vandring av laks utsatt som smolt i Audna og Lygna. NINA Oppdragsmelding 469: 1-17.

Prøvetaking av bunndyr oppstrøms kalkdoserer i Logna, sidevassdrag til Mandalselva. Foto: S. J. Saltveit

6 Smolt-undersøkelser

6.1 Smolten i Tovdalselva, utvandringstidspunkt, størrelse og alder i perioden 2004-09

Bjørn T. Barlaup[1] og Einar Kleiven[2]
Medarbeidere: Jon Løyland, Kjetil Lønn, Kai Severinsen og Jim Güttrup

[1]LFI-Uni Miljø, Bergen.
[2]NIVA-Sørlandsavdelingen, Grimstad

Sammendrag

Smoltutgangen i Tovdalselva har vært undersøkt i perioden 2004-09, med en spesialbygd smoltruse plassert på nedre del av lakseførende strekning. Resultatene tilsier at det meste av laksesmolten forlater Tovdalselva i løpet av mai måned, og tidspunktet for når 50 % av smolten er registret i fella har variert fra 13. til 23. mai. Unntaket er 2007, da 50 % fraksjonen ble registrert allerede 3. mai. Videre tilsier fangstforløpet at smoltutvandringen har vært relativt synkron, med en variasjon i antall dager fra 25 til 75 % av smolten har vært fanget på 5 til 9 dager. Den gjennomsnittlige lengden på smolten har i perioden 2004-08 variert fra 129 til 140 mm. Den gjennomsnittlige smoltalderen har økt fra 2,0 år i 2004 til 2,9 år i 2008. Dette kan gjenspeile økt naturlig rekruttering i samme tidsperiode, og dermed økt konkurranse.

Bakgrunn

I regi av Reetableringsprosjektet er det i årene 2004-09 gjort undersøkelser for å bestemme når laksesmolten i Tovdalselva vandrer ut. I tillegg har det vært et mål å tallfeste smoltens lengde- og alderssammensetning, og å fange inn et utvalg smolt for prøvetaking av gjeller og fysiologisk status.

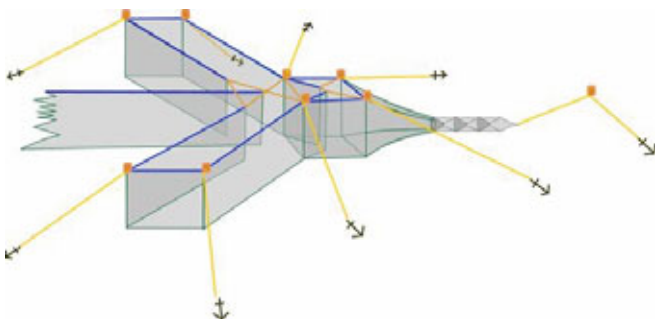
Metoder

Den utvandrende smolten i Tovdalselva har vært fanget med en såkalt smoltruse. Dette er en modifisert utgave av en storruse, som er et fangstredskap som normalt benyttes til fangst av aure og røye i innsjøer (**figur 6.1**). For å fange smolt i elv er storrusa ombygd, blant annet ved å endre innfallsvinklene og redusere maskevidda i deler av rusa. Smoltrusa er produsert og driftet av Jon Løyland. I den første sesongen i 2004 ble smoltrusa plassert helt ned mot brakkvannsonen. På grunn av problemer med mye maneter i etterfølgende år, ble den flyttet til en lokalitet ca. to hundre meter oppstrøms Boenfossen. Rusa ble hovedsaklig kontrollert daglig. Innfanget smolt ble artsbestemt på stedet og et utvalg av smolten ble senere lengdemålt og aldersbestemt vha otolitter.

Resultater og diskusjon

Smoltfangster

Det ble antatt at smolten kan begynne å vandre ut i siste halvdel av april, og det var derfor ønskelig å få smoltrusa utplassert i slutten av april/begynnelsen av mai. Med unntak av 2004, da fella ble plassert ut i midten av mai, er den utsatt i perioden 28. april til 7. mai. Det noe variable og generelt noe sene tidspunktet for utsetting av fella skyldes i hovedsak ugunstige vannføringsforhold i forbindelse med flom i siste halvdel av april. De fleste årene begynte fella å fange umiddelbart eller noen få dager etter at fella var satt i drift. Totalfangstene av laksesmolt variert fra 67 individ i 2004 til 539 individ i 2008 (**tabell 6.1**). Varierende fangbarhet relatert til endringer i vannføring regnes som en viktig årsak til den observerte variasjonen mellom år i fangstene. I perioder med svært høy vannføring fanger fella dårlig, siden ledegarn og kalv kan komme ut av stilling og/eller blir tettet av kvist og annet driv. Fangstutviklingen må derfor brukes med varsomhet når utvandringsforløpet skal beskrives. Til tross for denne usikkerheten viser resultatene noen klare generelle trekk. Median dato for utvandrende smolt, definert som når 50 % av totalfangsten er registrert



Figur 6.1. *Smoltrusa som ble benyttet i Tovdalselva. Den er en modifisert utgave av storrusa som benyttes for innlandsfiske. Skisse av storruse fra ruseprodusenten Innfisk As fra Evje.*

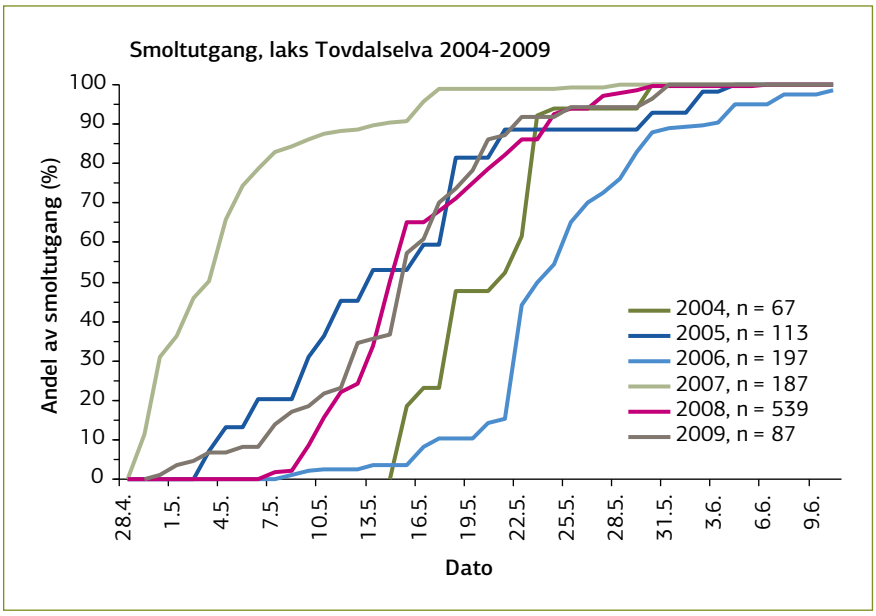
i fella, varierte fra 13. til 24. mai. Unntaket var 2007-sesongen, da medianverdien var allerede den 3. mai (**tabell 6.1**, **figur 6.2**). I 2007 ble rusa satt ut 29. april, og det ble umiddelbart tatt relativt mye laksesmolt. Dette viser at smoltutgangen i enkelte år kan være godt i gang mot slutten av april. Imidlertid tyder resultatene fra de andre årene på at i 2007 var smoltutgangen spesielt tidlig. I samtlige år var over 90 % av den registrerte smolten fanget før 1. juni. Samlet tilsier derfor resultatene at hovedandelen av smolten normalt vandrer ut fra Tovdalselva i løpet av de tre første ukene av mai. Resultatene tilsier også at smoltutgangen er relativt synkron siden tidspunktet for når mellom 25 % og 75 % av smolten ble innfanget varierte fra en periode på 5 til 9 dager mellom de enkelte årene. Smoltutvandringen fra Tovdalselva og Mandalselva har for øvrig vært relativt godt synkronisert (**figur 6.7**).

Smoltens alders- og lengdefordeling

Lengden på smolten fra i årene 2004-08 varierte mellom 129-140 mm (**tabell 6.2**). Det er også i samme størrelsesintervall som smolten i Mandalselva (**tabell 6.5**). Det aldersbestemte materialet viser at smoltalderen varierte fra 2,0 år i 2004 til 2,9 år i 2008. Den økte smoltalderen kan være et uttrykk for økt rekruttering i samme periode, siden økt tetthet og konkurranse kan gi redusert tilvekst og dermed økt smoltalder. Etter at kalkingen kom i gang i 1996, viser overvåkingen av ungfisk at laksen gradvis har etablert seg i vassdraget. Denne reetableringen er et resultat av både rognplanting og økt naturlig rekruttering. I årene 2000-08 er det totalt plantet nær 2,4 millioner rogn, basert på stamfisk fra Storelvstammen (**kapittel 4.1**). Samtidig har det i samme periode med stor sannsynlighet vært en betydelig økt naturlig rekruttering som følge

Tabell 6.1. *Oversikt over fangstene av laksesmolt i storrusa i Tovdalselva i perioden 2004-09. Tabellen viser perioden fella var i drift, antall laksesmolt fanget, dato for når 25, 50 og 75 % av all smolt ble fanget, og varighet i antall dager for når 25, 50 og 75 % av smoltutvandringen ble registrert.*

År	Fangstperiode	Antall laks	25 %	50 %	75 %	Antall dager fra 25 – 75 %
2004	14.05-13.06	67	18. mai	21. mai	23. mai	5
2005	28.04-10.06	113	09. mai	13. mai	18. mai	9
2006	03.05-15.06	213	22. mai	23. mai	28. mai	6
2007	29.04-10.06	187	30. apr	03. mai	06. mai	6
2008	07.05-10.06	539	13. mai	14. mai	19. mai	6
2009	21.04-04.06	87	12. mai	15. mai	19. mai	7



Figur 6.2. *Kurver som viser akkumulert andel laksesmolt tatt i smoltrusa i Tovdalselva i perioden 2004 - 2009.*

av økt oppgang av laks. Den økte rekrutteringen gjenspeiles også i økte tettheter av ungfisk (**kapittel 4.3**). På elfiskestasjonene ble det i perioden 1996-2001 påvist tettheter under 10 årsyngel pr. 100 m², mens det i årene 2002-08 i hovedsak har vært over 20 årsyngel pr. 100 m² (Saltveit mfl. 2008). Økt ungfiskproduksjonen av laks gjenspeiles trolig også i økte sportsfiskefangster. Fram til 2004 ble det tatt under 500 kg laks pr. år i Tovdalselva. I årene 2005-08 er det tatt over ett tonn pr. år. Den foreløpig høyeste fangst er fra 2006, med 1650 kg.

Referanser

Hvidsten, N.A.,Johnsen, B.O. & Fiske, P. 2008. Smoltutvandring i Mandalselva, 2001-2007. I: Hesthagen, T. (red.) 2008. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2007. DN-utredning 2008-8.

Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Berger, H.M., Bremnes, T., Kleiven, E. & Pavels, H. 2009. Tovdalsvassdraget. Fisk. Direktoratet for naturforvaltning. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2008. DN Notat 2009-2.

Tabell 6.2. *Aldersfordeling og gjennomsnittlig alder og lengde ± standard avvik for et utvalg smolt fanget i fella i Tovdalselva i perioden 2004-2008.*

	Smoltalder (år)					
År	**1**	**2**	**3**	**4**	**Gj.snittlig smoltalder (år)**	**Gj.snittlig smoltlengde (mm)**
2004		60	1		2,0± 0,1	131± 11
2005	1	62	35		2,4± 0,5	134± 12
2006		143	66	4	2,4± 0,5	129± 13
2007		76	22	1	2,4± 0,5	140± 16
2008	2	142	57		2,9± 0,5	135± 15

Undersøkelser over flere år har vist at laksesmolten vandrer ut av Mandalselva og Tovdalselva i løpet av mai. Fra år til år kan utvandringstidspunktet variere med opp til tre uker. Smoltutvandringen er synkron i de to elvene, og utvikling i vanntemperatur om våren ser ut til å være en viktig påvirkningsfaktor for utvandringstidspunktet. Foto: Roy M. Langåker

6.2 Smolten i Mandalselva, utvandringstidspunkt, størrelse og alder i perioden 2001-09

Av Nils Arne Hvidsten[1], Bjørn T. Barlaup[2], Peder Fiske[1] og Bjørn Ove Johnsen[1]
[1]NINA, Trondheim. [2]LFI-Uni Miljø, Bergen

Sammendrag

I Mandalselva skjer hovedtyngden av smoltutvandringen i løpet av mai måned. De første 50 % av smolten vandrer ut med tre ukers forskjell i tid mellom år (2001-09). Auresmolten vandret ut noe seinere enn laksesmolten. Den utsatte énsomrige settefisken av Mandals- og Bjerkreimsstamme vandret ut samtidig, men noe seinere enn villsmolten. Smoltutvandringen i Mandalselva og Tovdalselva synes å være synkrone. En utvandringsmodell for smolt i Mandalselva viser at vannføring og vanntemperatur er de viktigste omgivelsesvariablene som styrer smoltutvandringen.

Innledning

Laksesmolten vandrer ut om våren innenfor et tidsrom på én måned (Ruggles 1980). Utvandringen er korrelert til næringsforhold i havet, og langs norskekysten går smolten ut når sjøtemperaturen er 8 °C (Hvidsten mfl. 1998, 2009). Smolten vandrer derfor ut ca én måned senere på Sørlandet enn i Finnmark. Smolt som vandrer ut til feil tid vil ha liten overlevelse (Hansen 1987).

Metoder

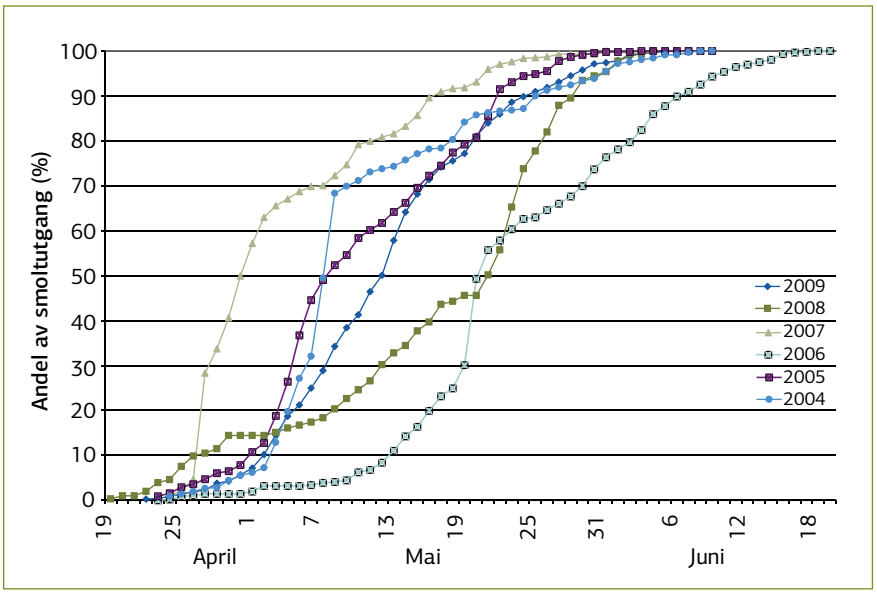
Smolten ble fanget ved hjelp av smoltskue (Thedinga mfl. 1994). Smoltskruen består av en trommel med en sentral aksling, mens trommelens diameter er 1,5 m. Trommelen vender mot strømmen og er forsynt med skovler. Skovlene er vinklet i forhold til vannstrømmen og får trommelen til å rotere, når trommelen roterer blir fisk som fanges øst bakover og inn i et fangstkammer. Fella var operativ hele døgnet og fangsten ble registrert morgen og kveld. All fangst ble samlet inn for analyse av livshistorieparametre og merker på fisken.

Resultater

Tidspunkt for smoltutgangen

I Mandalselva skjer smoltutvandringen ved et betydelig forskjellig tidspunkt mellom år. I den undersøkte perioden har smolten gått ut i løpet av perioden fra siste uka av april til og med de to første ukene av juni (**figur 6.3**). Tidsrommet for smoltutgangen variert med 9 og 15 dager mellom dato for 25 og 75 % nedvandring av all fanget smolt (**tabell 6.3**). Utvandringsdato for 50 % av smolten har variert mellom 30. april (2007) og 21. mai (2006). Dette utgjør en forskjell i utvandringstid på tre uker, mens median forskjell mellom dato for 25 og 75 % utvandring er 12 dager.

Plassering av fellene, om de står oppe i elva eller nederst i elva, likeledes tidsrom som fellene har vært operative, har betydning for datoen for når 25, 50 og 75 % av smolten blir registrert å ha gått ut. I Mandalselva er det funnet at radiomerket smolt brukte 4-8 dager på å gå gjennom Manflåvannet



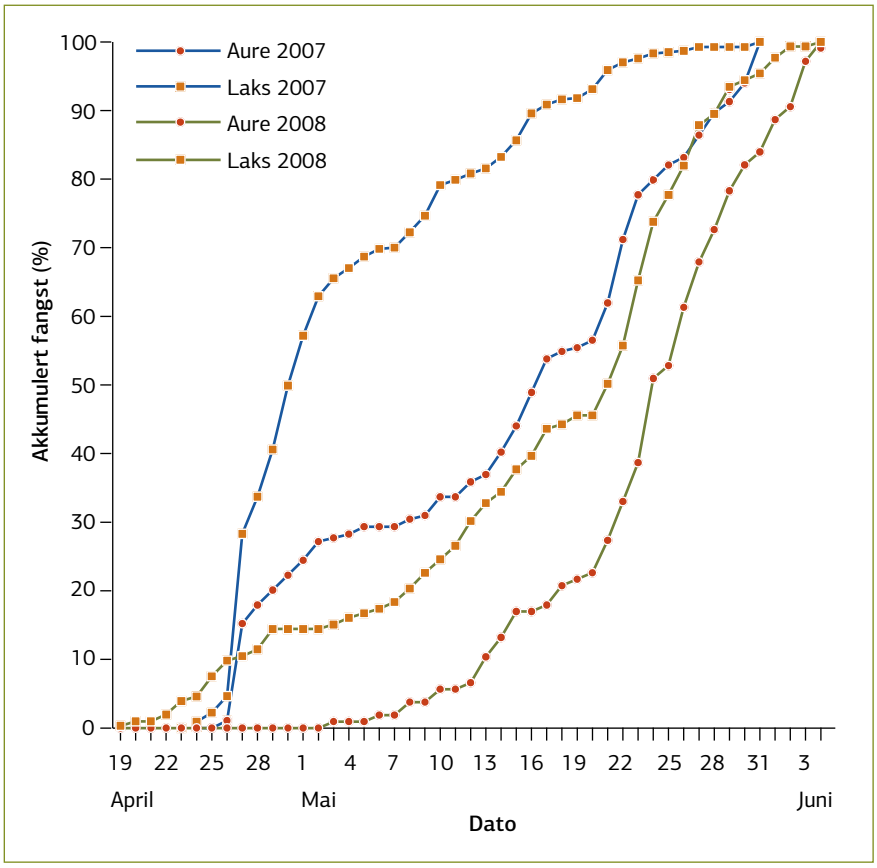
Figur 6.3. *Kurver som viser akkumulativ andel av laksesmolt tatt i smoltskruen på Hesså i Mandalselva i perioden 2004-09.*

Tabell 6.3. *Dato for 25, 50 og 75 % utvandring av laksesmolt og varighet i dager mellom 25 og 75 % utvandring i Mandalselva, basert på fangst i smoltskruen på Finså og Hesså i 2001-09, og på Møll i 2005.*

År	Sted	Dato for 25 % utvandring	Dato for 50 % utvandring	Dato for 75 % utvandring	Varighet 50 %, i dager
2001	Finså	20. mai	27. mai	2. juni	13
2002	Finså	13. mai	22. mai	26. mai	13
2003	Finså	15. mai	22. mai	30. mai	15
Median 2001-2003	Finså	15. mai	22. mai	30. mai	15
2004	Hesså	5. mai	8. mai	14. mai	9
2005	Hesså	4. mai	8. mai	18. mai	14
2005	Møll	5. mai	9. mai	18. mai	13
2006	Hesså	19. mai	21. mai	31. mai	12
2007	Hesså	27. april	30. april	8. mai	11
2008	Hesså	11. mai	21. mai	25. mai	14
2009	Hesså	6. mai	12. mai	18. mai	12
Median Hesså 2004-2009	Hesså	6. mai	10. mai	18. mai	12

(Uglem mfl. 2004). Her ble smoltutvandringen registrert på Finså og Hesså henholdsvis i årene 2001-03 og 2004-08, og median utvandringstid var 22. mai og 9. mai. Det er 17 km mellom de to stedene, i tillegg til at Manflåvannet forsinker utvandringen. I Mandalselva ble det i 2005 fisket med både smoltskrue (Hesså) og smoltruse (Møll, nederst i vassdraget). På begge stedene det året ble 50 % av den nedvandrende smolten registrert samme dato; 8. mai.

Sjøauresmolten vandrer ut seinere enn laksesmolten i alle årene (2001-08) som ble undersøkt (Kolmogorov-Smirnov Z=1,757- 5,472, p < 0,005) (**figur 6.4**).

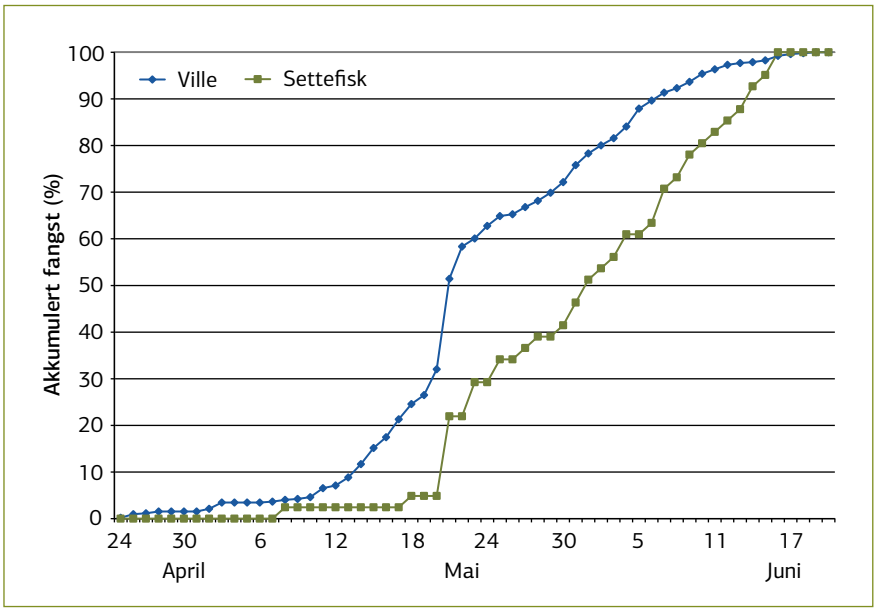


Figur 6.4. *Smoltutvandring hos laks og aure i Mandalselva i ett år med tidlig utgang (2007) og ett år med sein utgang (2008), vist som akkumulerte fangster.*

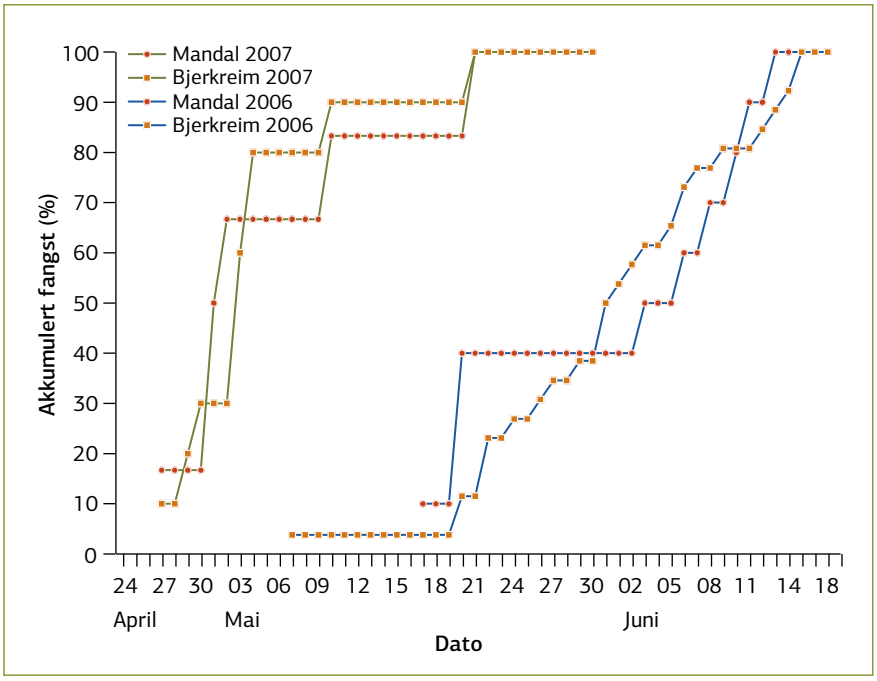
Utvandringstidspunkt hos smolt utsatt som énsomrig settefisk av Mandals- og Bjerkreimsstamme, og sammenliknet med villfisk

Den merkede smolten av Bjerkreims- og Mandalsstamme som ble satt ut som énsomrig settefisk i 2004 og 2005. De ble gjenfanget seinere enn villsmolten (umerkede), basert på en sammenlikning for utvandringen i 2006 (Kolmogrov-Smirnov Z = 2.995, p < 0,001) (**figur 6.5**). Derimot er det ingen forskjell i utvandringstidspunkt hos smolt fra de to stammene, basert på fangstene i 2006 og 2007 (**figur 6.6**).

De individene som ble satt ut som énsomrig settefisk har altså det meste av oppvekstperioden fram til smolt i elva. At disse individene vandrer ut seinere enn villsmolten, kan skyldes flere forhold. Fisken i de to gruppene kan ha forskjellig fordeling på elva, idet den énsomrige settefisk ble satt ut i øvre deler av elva. Dermed kan lengden på utvandringsveien og tidspunktet for utvandring også variere. Andre undersøkelser har vist at smolt utsatt som settefisk vandrer ut seinere enn villsmolt (Hansen 1987). All "ny" smolt er forventet også å være inne i en fase med betydelig seleksjon hvor bare den som



Figur 6.5. *Utvandring av vill- og utsatt smolt (Bjerkreims- og Mandalsstamme) fanget i smoltskruen på Hesså i Mandalselva våren 2006.*

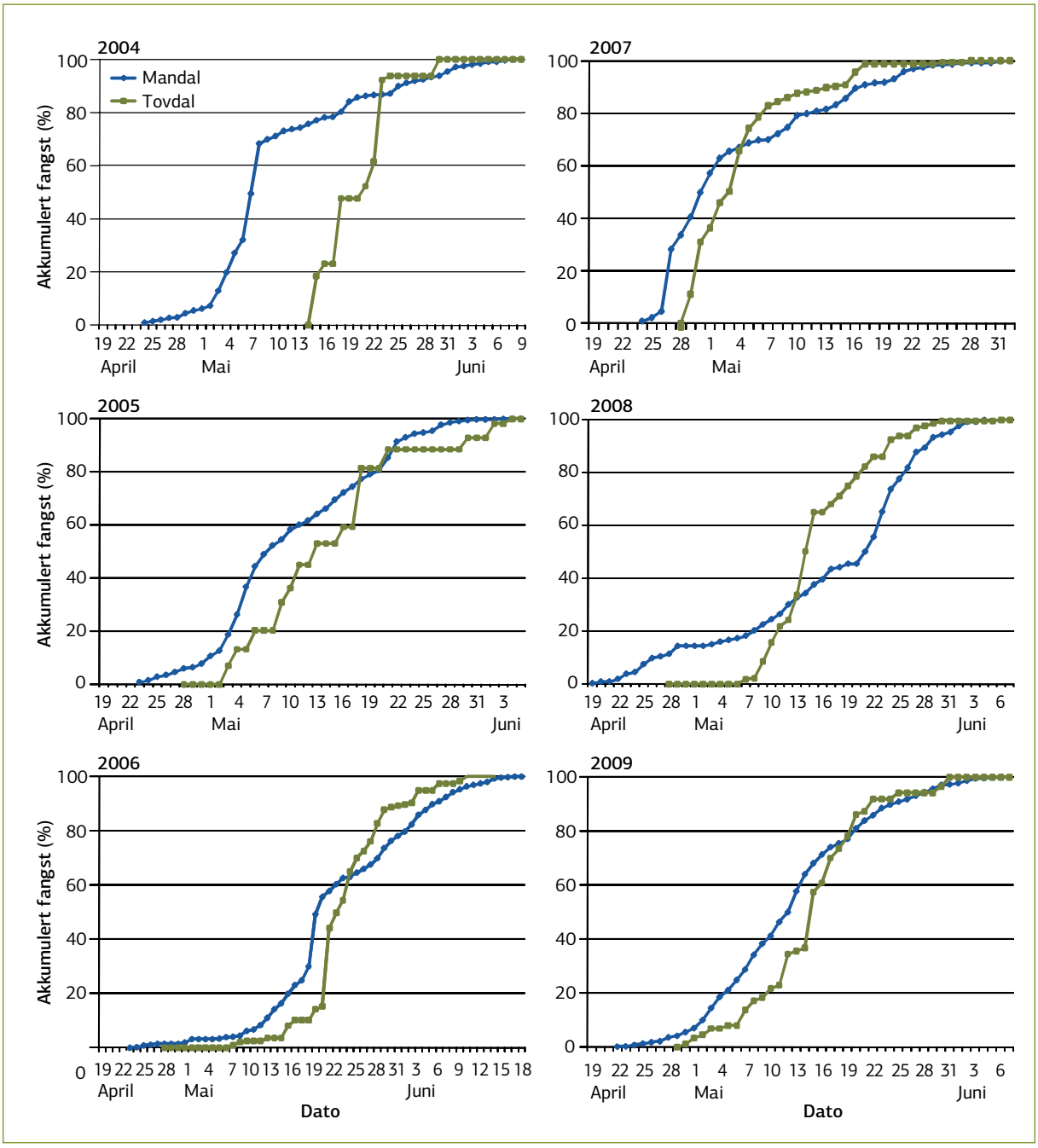


Figur 6.6. *Utvandringstidspunkt for smolt usatt som énsomrig settefisk av Mandals- og Bjerkreimsstamme, basert på fangstene i smoltfella på Hesså i 2006 og 2007.*

overlever og tilslutt for gytt, har suksess. Denne tilpasningen synes imidlertid å ha gått raskt, forutsatt at den voksne laksen som fanges har vokst opp i Mandalselva.

Sammenlikning av utvandringstidspunkt hos smolt i Tovdalselva og Mandalselva

Det er samvariasjon i utvandringstid hos smolt i Tovdalselva og Mandalselva (**figur 6.7**). En korrela sjonstest av utvandringsdato i de to vassdragene ved 75 % utvandring, viste ingen signifikant forskjell (Spearman rangeringstest, $p < 0.05$). Det betyr at både tidlig og sein utvandring hos laksesmolten i de to vassdragene, er i betydelig grad er synkronisert. En tilsynelatende sein start på smoltutvandringen i Tovdalselva i 2004, er trolig en effekt av at innsamlingen det året startet etter at utvandringa hadde begynt.



Figur 6.7. *Kurver som viser akkumulert andel laksesmolt tatt i smoltfeller i Tovdalselva og Mandalselva i årene 2004-09.*

Utvikling av utvandringsmodell for smolt i Mandalselva

Det er utviklet en utvandringsmodell for smolt fra Mandalselva. Den er basert på data om daglig antall smolt fanget, vannføring, vanntemperatur, endringer i vannføring og vanntemperatur fra forrige dag. Dager uten fangstinnsats ble utelatt fra materialet. Døgnet som miljødataene ble hentet fra var da smoltfella ble åpnet, siden dette best vil beskrive forholdene under og like før smolten vandret ut. Det er ikke påvist effekter av forsuringsrelatert vannkjemi på tidspunktet for utvandring, selv om det ble påvist effekter på vekst, saltvannstoleranse og marin overlevelse (Kroglund & Finstad mfl. 2007, 2008, **kapittel 3**).

Smoltutvandringen ble modellert med generaliserte lineære modeller (GLM) (Poisson log-linære modeller) (McCullagh & Nelder 1989). Den avhengige variabelen var antall smolt som vandret ut på de ulike dagene. Selve testene ble utført i programpakken SPSS. I modelleringen ble det antatt at antall smolt som ble fanget i løpet av sesongen representerte hele utvandringen. Videre ble antall smolt igjen på elva delt på antall dager som er igjen av utvandringsperioden, og brukt som en "offset" i modellen. Dette vil si at antallet som kan vandre ut i følge modellen er avhengig av antall smolt som er tilgjengelig for utvandring. Slik tar modellen hensyn til at gode forhold for utvandring som oppstår når det er få smolt igjen ikke kan resultere i store utvandringer. Valget mellom ulike modeller ble gjort ved Akaikes Informasjons Kriterium (AIC) (Akaike 1974). I forhold til tidligere ble modellen nå tilpasset vannføringer og vanntemperaturer i perioden fra kl 0800 dagen før til 0800 den dagen smoltfella ble tømt. Dette er antatt å gi et bedre bilde på miljøforholdene i perioden hvor smoltfella var aktiv. Smoltfangsten ble også summert i de samme tidsintervallene. En modell ble tilpasset for alle årene 2004-08 samlet.

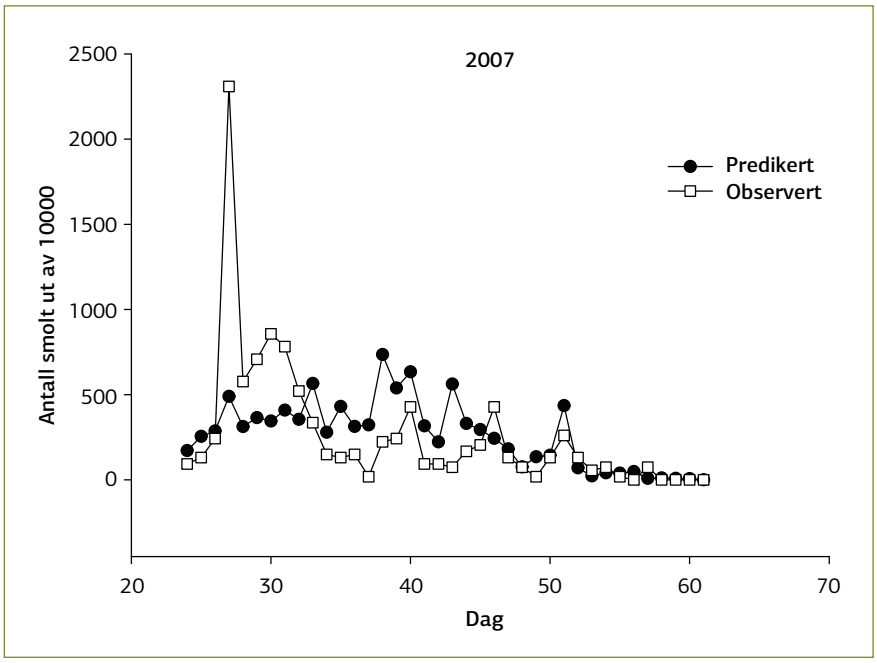
Vi endte opp med følgende generaliserte lineære modell: ln(Forventet antall utvandrende smolt) = ln(smolt igjen/antall dager igjen) + ß1*(Vanntemperatur) + ß2*(Vannføring) + ß3*(Endring i vannføring) + ß4* (Gjennomsnittlig vanntemperatur 11-20 april) + ß5* Dag + ß6* ln(Vannføring) + ß6* ln(Vanntemperatur) + konstant.

De viktigste forklaringsvariablene i modellen var endring i vannføring, ln(vanntemperatur), vannføring og ln(vannføring) (**tabell 6.4**). Modellen beskriver smoltutvandringen på en god måte i alle årene unntatt 2007, da den ikke var i stand til å fange opp den tidlige utvandringstoppen (**figur 6.8**). Selv om vanntemperaturen i perioden før smoltutvandringen ble tatt med i modellen, ble tilpassningen til den tidlige smoltutvandringen i våren 2007 bare litt bedre enn med tidligere modeller.

Flere forfattere har vurdert vanntemperaturen som en viktig faktor for starten på smoltutvandringen hos villsmolt (Østerdahl 1969, Bagliniere 1976, Solomon 1978). Noen har understreket betydningen av en terskeltemperatur på 10 °C for at utvandringen skal komme i gang (Elson 1962, Østerdahl 1969, Jessop 1975). I Imsa ble ikke tidspunktet for starten på smoltutvandringen utløst av en bestemt vanntemperatur eller et bestemt antall døgngrader, men ble kontrollert av en kombinasjon av aktuell

Tabell 6.4. *Parameterestimater og standardavvik i GLM analysen for utvandringsdata fra 2004-2008. X^2-verdien blir brukt for å teste nullhypotesen, at parametereffekten er null. Lave p-verdier (dvs. store X^2-verdier) indikerer at parameterverdien er forskjellig fra null. AIC = 2102.*

Faktorer og kovariater	Parameter estimat	SD	X^2	p
Konstant	-14,65	0,709	426,3	<0,001
Kovariater				
Vanntemperatur	-0,773	0,0822	88,5	<0,001
Vannføring	-0,029	0,022	171,3	<0,001
Endring i vannføring	0,028	0,0013	441,4	<0,001
Gjennomsnittlig vanntemperatur 11.-20. april	0,107	0,0185	33,3	<0,001
Dag	-0,021	0,0033	42,3	<0,001
Ln(Vannføring)	1,974	0,153	166,2	<0,001
Ln(Vanntemperatur)	7,749	0,5595	-191,8	<0,001



Figur 6.8. *Samlet fangst av villsmolt og smolt som var satt ut som énsomrig settefisk, samt beregnet antall smolt fra modellen for 2007 i Mandalselva. Utvandring i 2007 basert på modellen som inkluderer årene 2004-2008, unntatt 2007. Dag 1 er 1. april.*

temperatur og temperaturøkninger i vannet i løpet av våren (Jonsson & Ruud-Hansen 1985). I noen elver faller smoltutvandringen sammen med økt vannføring (Hvidsten mfl. 2004). I Orkla fant Hesthagen & Garnås (1986) at smoltutvandringen begynte tidlig i mai og varte til omkring 10. juni. Utvandringen ble initiert av den første toppen i vannføringer over 100 m³/s når vanntemperaturen var 2-3 °C. De fant at signifikant flere smolt vandret ut når vannføringen økte, fulgt av et fall i vanntemperaturen, enn under motsatte forhold. Hvidsten mfl. (1995), som fortsatte og utvidet undersøkelsene i Orkla til perioden 1980-92, konkluderte med at smolten begynte utvandringen ved vanntemperaturer på 1,7 - 4,4 °C. Utvandringen var vanligvis over når vanntemperaturen nådde 10 °C. Smolten samlet seg i stimer og de fleste vandret ut om natten. Utvandringen var relatert til vannføring, vanntemperatur, negativ endring i vanntemperatur, endring i vannføring og månefasen. Det var også indikasjoner på at smolt fra øvre deler av vassdraget stimulerte smolt lengre nede til utvandring og skapte dermed stimer av utvandrende smolt (Hvidsten mfl. 1995). I Altaelva vandrer smolten ut ved vanntemperaturer på 8-10 °C ca. en måned etter at vårflommen har kulminert (Heggberget mfl. 1993). Saksgård mfl. (1992) nevner at i Altaelva hadde smoltutvandringen også sammenheng med månefasen. Smoltutvandringen fra elvene langs norskekysten er koordinert for å nå gunstige forhold i havet. Smolten vandrer ut tidligere i Sør-Norge enn i Nord-Norge, men vil i de fleste år gå ut i sjøen på et tidspunkt når sjøvannet er 8 °C (Hvidsten mfl. 1998). Laksesmolt vandrer primært om natta ved lavere temperaturer, mens den gradvis øker dagaktiviteten med økende temperatur. Det er antydet at 12-13 °C er en grense hvor det er like stor aktivitet om dagen som om natta (Thorpe mfl. 1994, Ibbotson mfl. 2006).

I Mandalselva, som i andre elver med vårflom i perioden for smoltutvandring, er det vannføringsendringene sammen med vanntemperatur som styrer start og utvikling i utvandringen. Det synes å være en tendens til at smolten går tidligere i varme enn i kalde år. Sammenholdt med at smolten vandrer ut for å finne gode næringsforhold i havet, og at klimaet i havet og de nære kyststrøk til en viss grad samvarierer, er det en mulig årsak til variasjon i tidspunkt for smoltuvandringen. Samvariasjonen i utvandringstid i Tovdalselva og Mandalselva indikerer at dette er viktig.

Smoltens alder og størrelse

Alderen hos den innsamlede laksesmolten varierte mellom 2,2-2,8 år, og hos auresmolten mellom 2,3 og 2,8 år (**tabell 6.5**). Dominerende årsklasser var to- og treåringer. Smoltlengden varierte mellom 129 - 139 mm hos laks, mens den hos auresmolten varierte mellom 146-175 mm. Sjøauresmolten er signifikant større enn laksesmolten (ANOVA, $p < 0,05$). Dette skyldes med stor sannsynlighet at auresmolten har et annet predasjonstrykk enn laksesmolten. Det er funnet økt overlevelse med økende smoltlengde hos utsatt laksesmolt (Rosseland 1978). Sjøauren vandrer ikke ut i havet, men har sitt oppvekstområde

i fjordene langs kysten. Det var ingen signifikant variasjon i alder eller lengde hos verken laks eller auresmolt i innsamlingsperioden (ANOVA, p > 0,05). Det var heller ingen samvariasjon mellom de to artene mht gjennomsnittlig alder eller lengde hos smolten i forsøksperioden.

Referanser

Akaike, H. 1974. A new look at statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control 19:716-723.

Bagliniére, J.L. 1976. Étude des populations de saumon Atlantique (*Salmo salar L.*, 1766) et Bretagne – Basse-Nornandie. II. – Activité de dévalaison des smolt sur L'ellé. Annales d'hydrobiologie 7: 643-655.

Elson, P.F. 1962. Predator-prey relationship betweeen fish eating birds and Atlantic salmon. Fish. Res. Board. Can. Bull 133. 87 s.

Hansen, L. P. 1987. Growth, migration and survival of lake reared juvenile anadromous Atlantic salmon *Salmo salar L.* Fauna norvegica, Series A 8: 29-34.

Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. Nordic J. Freshwat. Res. 70: 38-48.

Hvidsten, N. A., T. G. Heggberget, & A. J. Jensen. 1998. Sea water temperature at Atlantic salmon smolt enterance. Nordic J. Freshwat. Res. 74: 79-86.

Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Rikardsen, A, H., Finstad, B., Aure, J., Stefansson, S., Fiske, P. & Johnsen, B. O. 2009. Influence of sea temperature and initial marine feeding on survival of Atlantic salmon post-smolts from the Rivers Orkla and Hals, Norway. J. Fish Biol. 74:1532-1548.

Heggberget, T. G., N. A. Hvidsten, A. J. Jensen, B. O. Johnsen & L Saksgård. 1993. Fisk i lakseførende vassdrag. I: Faugli, P.E., Erlandsen, A.H. & Eikenæs, O. (Red.). Inngrep I vassdrag, konsekvenser og tiltaken kunnskapsoppsummering.Vassdragsregulantenes Forening og Norges Vassdrags og Energiverk, Rapport 13: 262-279.

Hesthagen, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon smolts in river Orkla of central Norway in relation to management of a Hydroelectric station. North Am. J. Fish. Manage. 6: 376- 382.

Ibbotson, A.T., Beaumont, W.R.C., Dinder, A., Welton, S. & Ladle, M. 2006. Diel migration patterns of Atlantic salmon smolts with particular reference to the absence of crepuscular migration. Ecol. Freshwat. Fish 15: 544-551.

Jessop, B. M. 1975. Investigation of the salmon (*Salmo salar*) smolt migration of the Big Salmon River, New Brunswick, 1966-1972. Resource Development Branch, Fisheries and Marine Service, Department of the Environment Techn. Rep. Series NO. Mar/T-75-1:1-56.

Tabell 6.5. *Gjennomsnittlig alder (år) og lengde ± sd hos utvandrende laks- og auresmolt i Mandalselva i perioden 2001-08.*

År	Laks		Aure	
	Gjennomsnittlig smoltalder	Gjennomsnittlig smoltlengde	Gjennomsnittlig smoltalder	Gjennomsnittlig smoltlengde
2001	2,3±0,1	129±2	2,5±0,3	155±13
2002	2,6±0,1	132±2	2,8±0,2	162±7
2003	2,2±0,1	130±3	2,6±0,2	178±8
2004	2,3±0,5	129±1	2,3±0,5	146±18
2005	2,6±0,5	133±1	2,5±0,3	155±13
2006	2,4±0,5	132±1	-	
2007	2,8±0,5	139±1	2,6±0,5	175±20
2008	2,5±0,6	134±1	2,8±0,6	174±18

Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 42: 593-595.

Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Nilsen T., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H.C. & Salbu, B. 2007. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon postsmolt survival. Aquaculture 273: 360–373.

Kroglund, F., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Salbu, B., Kristensen, T. & Finstad, B. 2008. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) exposed to reduced pH and increased aluminum in episodes. Hydrol. Earth Syst. Sci. 12: 491–507.

McCullagh, P. & J. A. Nelder. 1989. Generalized linear models. Chapman & Hall, London.

Rosseland, L. 1978. Erfaringer fra smoltutsettinger i norske vassdrag s. 243-258. I: Gunnerød, T.B. & Mellquist, P. (red). Vassdragsreguleringers biologiske virkninger i magasiner og lakselver. Rapport fra NVE og DVF.

Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. Can. Tech. Rep. Fish. Aquatic Sci. 952: 1-39.

Saksgård, L. M., Heggberget, T. G., Jensen, A. J. & Hvidsten, N. A. 1992. Utbygging av Altaelva - virkninger på laksebestanden. NINA Forskningrapport 34: 1-98.

Solomon, D. J. 1978. Some observations on salmon smolt migration in a chalkstream. J. Fish Biol. 12: 571-574.

Thedinga, J.F., Murphy, M.L., Johnson, S.W., Lorentz, J.M. & Koski, K.V. 1994. Determination of salmonid smolt yield with rotary-screw traps in Situk River, Alaska, to predict effects of glacial flooding. North Am. J. Fish. Manage. 14: 837-851.

Thorpe, J.E. & Morgan, R.I.G. 1978. Periodicity in Atlantic salmon *Salmo salar L.* smolt migration. J. Fish Biol. 12: 541-548.

Uglem, I., Økland, F., Forseth, T., Diserud, O., Fiske, P., Thorstad, E.B., Hvidsten, N.A. & Berger, H. M. 2004. Smoltutvandring forbi Laudal kraftverk i Mandalselva. NINA Rapport 13: 1-31.

Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. Swed. Salmon Res. Inst. 8: 205-215.

Det er gjennomført genetiske undersøkelser under etablering av nye laksestammer i Mandalselva og Tovdalselva. Undersøkelsene viser at laksen i Tovdalselva ligner Storelvslaksens genetiske sammensetning, og viser at laksen i Tovdalselva har sitt opphav fra systematisk rognutlegging over en 10 års periode. Foto: Frode Kroglund

7 Genetisk bestandsutvikling av laksen i Tovdalselva og Mandalselva

Av Kjetil Hindar og Torveig Balstad
NINA, Trondheim

Sammendrag

Laks fra Storelva i Holt og fra Bjerkreimselva ble valgt som stamfiskmateriale for henholdsvis Tovdalselva og Mandalselva. I tillegg ble det i Mandalselva brukt stamfisk blant villfisk av ukjent stamme som søkte opp i vassdraget. Her undersøker vi genetisk hvorvidt prosjektet har lyktes i målsettingen om påvirkning av genetisk sammensetning hos laksen i de to elvene. I Tovdalselva viste resultatene at 0-åringene utsatt i 1997 var betydelig og høyt signifikant genetisk forskjellige fra gytefisken i 2000. Videre sammenlikninger viste kun marginale forskjeller mellom prøvene av gytefisk i 2000 og 2002. Deretter var det ikke signifikante genetiske forskjeller over tid hos laksen i Tovdalselva. Tidsserien antyder at laksebestanden i Tovdalselva går fra å være en heterogen samling av naturlig koloniserende og utsatt fisk, til å bli en selvreproduserende laksestamme. I smoltmaterialet fra Tovdalselva våren 2005 og 2006, viste beregningene at 94-99 % av fisken med større sannsynlighet tilhørte Storelvstamme (stamfisk 1996 og 1999) enn ny Tovdalsstamme. Dette var naturlig gytt yngel (0+) i 1997, dvs. første årsklasse etter kalksstart og avkom av gytefisk i elva høsten 1996. En tilsvarende analyse av voksen fisk fra årene 2000-08, viser at 73-97 % av voksen laks i Tovdalselva nå var mer lik Storelvlaks enn laksen som gytte i Tovdalselva høsten 1996. Det første materialet vi har av naturlig reprodusert laks fra Mandalselva etter kalkingsstart, er 0-åringer (parr) som klekket våren 1997. dette var følgelig avkom av fisk som gytte høsten 1996. I tillegg er det noen få ettåringer fra samme år, dvs avkom etter gyting høsten 1995. Vi har sammenlignet dette materialet med stikkprøver av voksen villaks som søkte opp i Mandalselva i årene 1998, 2000, 2003, 2006 og 2008. Resultatene viser at parren fra 1997 var betydelig og høyt signifikant ($p < 0{,}001$) genetisk forskjellige fra voksen villfisk fra Mandalselva i 1998. Vi fant også høyt signifikante genetiske forskjeller over tid blant villaks i Mandalselva, både mellom 1998 og 2000 og mellom 2000 og 2003. Det var ingen signifikante forskjeller i genetisk sammensetning over tid fra 2003. Tidsserien antyder at også laksebestanden i Mandalselva går fra å være en heterogen samling av naturlig koloniserende og utsatt fisk, til å bli en selvreproduserende laksestamme med minimale genetiske forskjeller over tid. Prosjektet har derfor lyktes geentisk sett med å påvirke den nye laksestammen som nå etablerer seg i Tovdalselva i retning av Storelvstammen. Derimot har ikke prosjektet lyktes genetisk sett med å påvirke den nye laksestammen som etablerer seg i Mandalselva i retning av Bjerkreimselvastammen.

Bakgrunn

Kalking av de store vassdragene på Sørlandet har gitt en sterk økning av laksebestandene i regionen, ulikt utviklingen av laksebestandene i resten av Norge det siste tiåret (Anon. 2010a,b). Siden kalkingen i Tovdalselva og Mandalselva tok til i 1996/1997, er bestandsutviklingen fulgt med genetiske analyser. Målsettingen har vært å dokumentere hvorvidt en selvreproduserende bestand utvikles i hvert vassdrag, og å sammenlikne resultatet med den historiske kunnskapen om laksebestandene i de kalkede elvene. For både Tovdalselva og Mandalselva er de genetiske analysene også utformet slik at de kan svare på i hvilken grad prosjektet lyktes i å styre den genetiske utviklingen i bestandene gjennom utsettinger.

Forsuring gjennom hele 1900-tallet gjorde elvemiljøet ulevelig for laksunger i en rekke elver på Sørlandet. Det er likevel stilt spørsmål om det kunne eksistere restbestander i de minst sure delene av enkelte vassdrag. Fangststatistikken gir i noen grad grunn til å tro at det kunne finnes slike restbestander, siden fangstene aldri gikk helt i null. På den andre siden ga elektrofiske etter ungfisk og utsettingsforsøk ikke rom for annen tolkning enn at elvevannet var dødelig for laksunger. Dette er i tråd med vurderingene basert på vannkjemiske analyser.

Metoder

Genetiske analyser av såkalte DNA-mikrosatellitter er brukt for å undersøke hvorvidt dagens laksebestander likner de historiske bestandene på Sør-

landet, før forsuringen. DNA-mikrosatellitter er korte, høyvariable områder i arvematerialet, som i noen grad bevares i tørkete lakseskjell og som er godt egnet til å studere grader av nært slektskap. De første analysene i regi av prosjektet viste at laksen i Tovdalselva på 1950-tallet og i 1997 (første naturlig rekrutterte årsklasse etter kalking) var like forskjellige som to laksestammer i geografisk atskilte lokaliteter. Før forsuringen var det imidlertid svært liten genetisk forskjell over et tilsvarende tidsrom: laks fra Tovdalselva fra 1910 og fra 1950-tallet var genetisk like. Diskontinuiteten i Tovdalselvas laksestamme mellom 1950-tallet og 1997 sammenfaller med perioden 1960- til 1980-tallet, da det knapt ble observert laks i elvene. Siden er dette også vist ved genetisk analyse i Otra og Nidelva at laksen etter all sannsynlighet heller ikke overlevde forsuringen i disse vassdragene (jfr. Kroglund mfl. 2008).

I Mandalselva har det vært vanskeligere å finne et godt egnet, gammelt materiale, men de få dataene vi har tyder på at laksen også her er genetisk forskjellig fra laks innsamlet tidlig på 1900-tallet.

Økologiske analyser gir støtte til konklusjonen fra de genetiske analysene av historiske og nåværende laksebestander. Da Huitfeldt-Kaas (1946) gjorde sine studier av alders- og vekstforhold hos laksebestander på Sørlandet på 1910- og 1920-tallet, fant han stor lokal variasjon i alder og størrelse ved kjønnsmodning. Særlig skilte Otra med sitt store innslag av storlaks seg ut fra nabostammene i Tovdalselva og Mandalselva, som var dominert av smålaks. Analyser av de samme bestandene fra slutten av 1990-tallet til i dag, viser liten lokal variasjon og at de alle er dominert av smålaks (**kapittel 4.4**).

Utsettingsstrategi og styrt genetisk utvikling

Erfaringsmessig blir laksetomme elver innenfor laksens naturlige utbredelsesområdet rekolonisert forholdsvis raskt etter at elvemiljøet gjøres levelig for laks. Islandske forskere antyder at det tar om lag tre laksegenerasjoner (12-20 år på våre breddegrader) fra en elv "åpnes" til den når sin bærekapasitet gjennom naturlig rekolonisering. Ved bruk av utsettinger av laks, kan dette tidsrommet kortes ned.

De første feilvandrerne til en tidligere fisketom elv, vil høyst sannsynlig komme fra både nær- og fjerntliggende elver. I tillegg vil det være utsatt laks og rømt oppdrettslaks blant dem. Sammensetningen av de som først koloniserer elva vil variere fra år til år, og skal i teorien kunne spores genetisk blant annet ved at stikkprøver av laks i elva viser stor variasjon over tid. Etter hvert som det bygger seg opp en naturlig reproduserende laksestamme i elva, vil denne i større og større grad dominere i stikkprøvene som da skal vise genetisk homogenitet over tid.

Ett av målene i reetableringen har vært å styre den genetiske og økologiske utviklingen i de stammene som reetableres. Dette ble gjort i praksis gjennom utsettinger basert på stamfisk av kjent opphav. Siden både Tovdalselva og Mandalselva hadde mistet sine opprinnelige laksestammer, ble det valgt utsettingsmateriale fra de naboelvene som fortsatt har sin laksebestand intakt etter flere tiår med forsuring. Motivasjonen for dette var tre-delt: 1) På den ene siden ønsket man at der det ble bygd opp nye laksestammer, skulle disse ha en genetisk bakgrunn som ikke skilte seg for mye fra den opprinnelige, 2) stamfisk skulle velges fra nærliggende vassdrag med minimal risiko for forflytning over miljømessige og sykdomsmessige regioner, og 3) de to stammene som ble valgt til utsettingsstammer kunne sikres i en levende genbank.

På denne bakgrunn ble laks fra Storelva i Holt (Vegårsvassdraget) valgt som stamfiskmateriale for Tovdalselva, og laks fra Bjerkreimselva valgt som stamfiskmateriale for Mandalselva. I tillegg ble det i Mandalselva brukt stamfisk blant villfisken som søkte opp i vassdraget (**kapittel 4,1** & **4.2**). Her undersøker vi genetisk hvorvidt prosjektet har lyktes i målsettingen om styring av genetisk sammensetning hos laksen i de to elvene; i Mandalselva mot Bjerkreimselvastammen, og i Tovdalselva mot Storelvstammen.

Resultater

Genetisk variasjon over tid hos laks i Tovdalselva

Det første materialet vi har av naturlig reprodusert laks fra Tovdalselva etter kalking, er 0-åringer (parr) som klekket våren 1997. Dette var avkom av fisk som gytte høsten 1996, og som nesten uten unntak ble fanget nedenfor Boenfossen nederst i elva. Vi har sammenliknet dette materialet med stikkprøver av voksen laks som søkte opp i Tovdalselva i år 2000, 2002, 2004, 2006 og 2008.

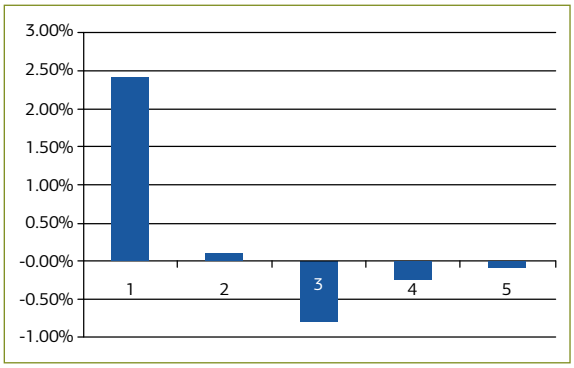
Resultatene viser at 0-åringene fra 1997 var betydelig og høyt signifikant ($p < 0{,}001$) genetisk forskjellige fra gytefisken i 2000 (**figur 7.1**). Videre sammenlikninger viste kun marginale forskjeller mellom prøvene av gytefisk i 2000 og 2002, og deretter var det ikke signifikante genetiske forskjeller over tid i Tovdalselva. Tidsserien antyder at laksebestanden

i Tovdalselva går fra å være en heterogen samling av naturlig koloniserende og utsatt fisk, til å bli en selvreproduserende laksestamme. En alternativ tolkning kan være at Tovdalselva ikke har en selvreproduserende laksebestand, men en bestand som er dominert av én utsettingsstamme. Denne alternative tolkningen rimer imidlertid ikke med at det fanges smolt på utvandring fra Tovdalselva (**kapittel 6.1**).

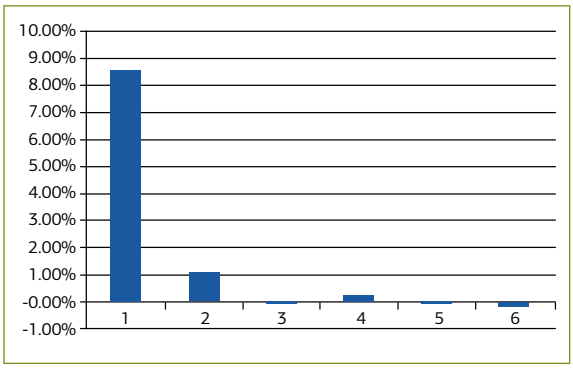
Genetisk sammenlikning mellom Tovdalselva og utsettingsstammen fra Storelva

Laksunger av Storelvastamme ble utsatt som 0-åringer øverst på lakseførende strekning i Tovdalselva høsten 1997. Samtidig ble en del av rogna fra stamfisk i Storelva høsten 1996 lagt inn på Finså, og der "oppformert" en generasjon i levende genbank til utsetting av øyerogn av Storelvastamme i Tovdalselva fra og med år 2000.

Genetiske sammenlikninger mellom laks fanget i Tovdalselva og laks fra Storelvstammen, viser at den nye Tovdalslaksen over tid blir mer og mer genetisk lik Storelvstammen (**figur 7.2**). Den genetiske forskjellen mellom ungfisk av laks i Tovdalselva (0-åringer høsten 1997) og stamfisk fra Storelva (fanget 1996 og 1999) var stor, og høyt signifikant ($p < 0{,}001$). Forskjellen mellom laksen som søkte opp i Tovdalselva 2000 og stamfisken fra Storelva var fortsatt signifikant ($p < 0{,}05$), men betydelig mindre. Deretter er det ingen signifikante genetiske forskjeller mellom laks i Tovdalselva og stamfisken fra Storelva ($p > 0{,}05$).



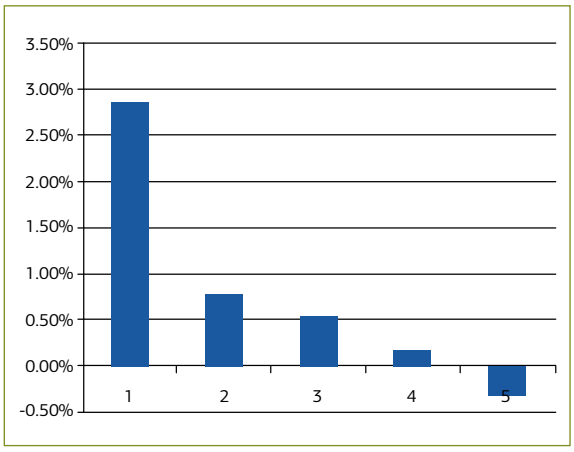
Figur 7.1. *Genetisk forskjell ($F_{st,}$ %) over tid blant stikkprøver av laks fra Tovdalselva. Søylene 1-5 sammenlikner henholdsvis 1) Tovdalselva parr 1997 mot Tovdalselva voksne 2000, 2) Tovdalselva voksne 2000 mot voksne 2002, 3) Tovdalselva voksne 2002 mot voksne 2004, 4) Tovdalselva voksne 2004 mot voksne 2006, og 5) Tovdalselva voksne 2006 mot voksne 2008. Negative verdier i estimatene av parvis forskjell er ensbetydende med ingen genetisk forskjell.*



Figur 7.2. *Genetisk forskjell ($F_{st,}$ %) mellom utsettingsstammen fra Storelva i Holt (Vegårsvassdraget) og ulike stikkprøver av laks fra Tovdalselva. Søylene 1-6 sammenlikner laks fra Storelva (stamfisk 1996 og 1999) med henholdsvis 1) Tovdalselva parr 1997, 2) Tovdalselva voksne 2000, 3) Tovdalselva voksne 2002, 4) Tovdalselva voksne 2004, 5) Tovdalselva voksne 2006, og 6) Tovdalselva voksne 2008.*

Genetisk variasjon over tid i Mandalselva

Det første materialet vi har av naturlig reprodusert laks fra Mandalselva etter kalking, er 0-åringer (parr) som klekket våren 1997, dvs avkom av fisk som gytte høsten 1996. I tillegg er det noen få 1-åringer fra samme år, dvs avkom etter gyting høsten 1995. Vi har sammenliknet dette materialet med stikkprøver av voksen villaks som søkte opp i Mandalselva i år 1998, 2000, 2003, 2006 og 2008. Resultatene viser at parren fra 1997 var betydelig og høyt signifikant ($p < 0{,}001$) genetisk forskjellige fra den voksne villfisken i Mandalselva 1998 (**figur 7.3**). Vi fant også høyt signifikante genetiske forskjeller over tid blant villaks i Mandalselva, både mellom 1998 og 2000 og mellom 2000 og 2003. Det var ikke signifikante forskjeller over tid fra 2003. Tidsserien antyder at også laksebestanden i Mandalselva går fra å være en heterogen samling av naturlig koloniserende og utsatt fisk, til å bli en selvreproduserende laksestamme der det kun er minimale genetiske forskjeller over tid.



Figur 7.3. *Genetisk forskjell ($F_{st,}$ %) over tid blant stikkprøver av laks fra Mandalselva. Søylene 1-5 sammenlikner henholdsvis 1) Mandalselva parr 1997 mot Mandalselva voksne 1998, 2) Mandalselva voksne 1998 mot voksne 2000, 3) Mandalselva voksne 2000 mot voksne 2003, 4) Mandalselva voksne 2003 mot voksne 2006, og 5) Mandalselva voksne 2006 mot voksne 2008. Negative estimater av genetisk forskjell er ensbetydende med ingen forskjell.*

Genetisk sammenlikning mellom Mandalselva og utsettingsstammen fra Bjerkreimselva

Stamfisk av Bjerkreimselvastammen er bygd opp på NINAs Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims. Derfra ble det fra og med 2003 produsert øyerogn av Bjerkreimslaks for utsetting i Mandalselva, eller også for overføring til Finså som øyerogn og påfølgende oppdrett på Finså til ønsket utsettingsstadium (Kapittel 4.1 & 4.2). Dette gjorde det mulig å teste egnetheten til Bjerkreimslaks mot den "nye" Mandalslaksen, dvs den som er i ferd med å etablere seg i vassdraget etter naturlig rekolonisering.

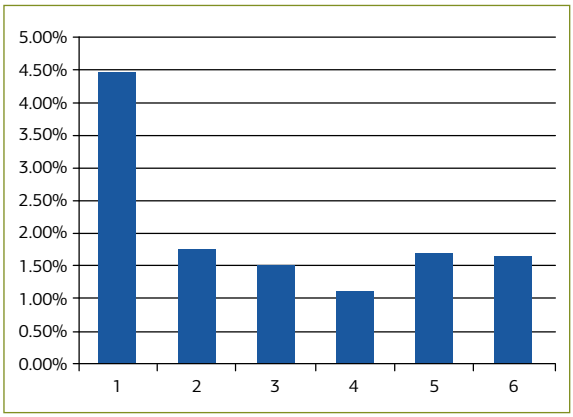
Vi testet i hvilken grad ulike stikkprøver av laks i Mandalselva liknet på den utsatte laksen fra Bjerkreimselva (**figur 7.4**). Figuren antyder at den genetiske forskjellen mellom den nye laksen i Mandalselva og laks av Bjerkreimselvastammen (stamfisk 2003 på Ims), var større for den første stikkprøven av Mandalslaks (parr i 1997) enn for nyere stikkprøver av voksen laks i Mandalselva. Statistiske tester viste imidlertid at også de nyere stikkprøvene av laks i Mandalselva var høyt signifikant genetisk forskjellige fra utsettingsstammen fra Bjerkreimselva ($p < 0{,}001$).

Konklusjonen fra de genetiske testene må derfor være at utsetting av laks av Storelvstammen i Tovdalselva i stor grad har påvirket den genetiske utviklingen av den nyetablerte laksestammen i elva, mens tilsvarende ikke har vært tilfellet i Mandalselva etter utsetting av laks av Bjerkreimselvastamme.

Genetisk beregning av innslaget av utsatt fisk i Tovdalselva og Mandalselva

I de årene det er satt ut fisk av Storelvastamme i Tovdalselva og av Bjerkreimselvastamme i Mandalselva, har vi undersøkt om vi med genetiske metoder kan "plassere" enkeltfisk som tilhørende utsettingsstammen eller tilhørende de tidligste naturlig koloniserende fiskene i hvert vassdrag. Vi har lagt mest vekt på å gjøre disse beregningene blant ungfisk før eller under smoltutvandringen. Da har vi "tvunget" hver enkelt fisk til å tilhøre enten den koloniserende laksestammen (nye Tovdalslaks eller nye Mandalslaks) eller utsettingsstammen. Vi har også gjort liknende tester på materialer av voksenfisk, som ikke gir like realistiske tester siden de godt kan komme som feilvandrere fra andre kilder.

Analyse av genetisk tilhørighet hos enkeltindivid er gjennomført med dataprogrammet GeneClass (Cornuet mfl. 1999). Testene er basert på at hvert individ er karakterisert ved sin genotype (dvs kombinasjonen av de to genvariantene som individet har



Figur 7.4. *Genetisk forskjell ($F_{st,}$ %) mellom utsettingsstammen fra Bjerkreimselva og ulike stikkprøver av laks fra Mandalselva. Søylene 1-6 sammenlikner laks fra Bjerkreimselva (stamfisk Ims 2003) med henholdsvis 1) Mandalselva parr 1997, 2) Mandalselva voksne 1998, 3) Mandalselva voksne 2000, 4) Mandalselva voksne 2003, 5) Mandalselva voksne 2006, og 6) Mandalselva voksne 2008.*

fått fra henholdsvis far og mor) i mange gener, en såkalt "mange-gens genotype". Ut fra denne genotypen kan vi finne den bestanden som individet med størst sannsynlighet kommer fra, basert på kunnskap om frekvensene av ulike genvarianter i de samme genene i et sett av mulige kilder (referansebestander).

Ett og ett individ fra et ukjent materiale (her: parr og smolt) testes mot to ulike referansebestander for å finne den mest sannsynlige tilhørigheten. Det innebærer at den nye laksen i Tovdalelva og Mandalselva testes mot utsettingsstammene fra henholdsvis Storelva og Bjerkreimselva. Vi beregner sannsynligheten for å finne individets mange-gens genotype ut fra den genetiske sammensetningen i hver referansebestand. Denne sannsynligheten vil naturlig nok være lav for alle mange-gens genotyper i gener med mange genvarianter, men den kan kvantifiseres og sammenliknes mellom ulike referansepopulasjoner som mulig kilde. Den referansebestanden som individet har høyest sannsynlighet for å tilhøre, velges som den rette av dataprogrammet.

Først gjorde vi en test av selve metoden. I et smoltmateriale fra Kosåna 2005 skal det kun være avkom av Bjerkreimslaks, siden kun denne stammen ble brukt til utsetting ovenfor naturlig lakseførende strekning i denne sideelv til Mandalselva. Testene viste at 93 % av smolten der var mer lik laks av Bjerkreimselvastammen (stamfisk 2003) enn den nye Mandalsstammen (naturlig gytte laksunger fanget 1997 pluss stamfisk fanget høsten 1998). Korrekt svar skulle ha vært 100 %, så metoden kan ikke anses helt presis med det antallet DNA-mikrosatellitter vi har brukt (tabell 7.1).

I smoltmateriale fra Tovdalselva våren 2005 og våren 2006 viste beregningene at 94-99 % av smolten med større sannsynlighet tilhørte Storelvstammen (stamfisk 1996 og 1999) enn den nye Tovdalsstammen. Dette var naturlig gytte 0-åringer i 1997, dvs. første årsklasse etter kalking og avkom av gytefisk i elva høsten 1996. I en tilsvarende analyse av voksen fisk fra årene 2000-08, viser beregningene at 73-97 % av voksen laks i Tovdalselva i disse årene var mer lik laksen i Storelva enn laksen som gytte i Tovdalselva høsten 1996 (**tabell 7.1**).

I Mandalselva var bildet imidlertid annerledes (**tabell 7.1**). Der viste beregningene at 27 % av smolten i Mandalselva åren 2005 med større sannsynlighet tilhørte utsettingsstammen fra Bjerkreimselva enn den nye Mandalslaksen (parr 1997 eller voksen, vill stamfisk 1998). I et smoltmateriale fra 2008 var andelen Bjerkreimslaks 24 %. Andre ungfiskmaterialer fra Mandalselva ga noe varierende resultat alt etter om testen var gjort oppstrøms eller nedstrøms (flere av Bjerkreimsstamme oppe i elva), og om det var 0-åringer eller 1-åringer som ble testet (flere av Bjerkreimsstamme blant 0-åringer 2004 enn blant 1-åringer 2004). Beregninger blant voksen laks i Mandalselva viste til dels høyere andeler av Bjerkreimslaks i årene før utsettingene. Dette kan ha påvirket materialet, og kan for så vidt være et resultat av naturlig feilvandring av Bjerkreimslaks. Dette er likevel mest sannsynlig en feilslutning siden testen ikke tar høyde for at andre stammer er representert blant den voksne laksen som søker opp i Mandalselva.

Konklusjon

Konklusjonen på disse testene må være at de til tross for noe usikkerhet rundt selve klassifiseringen, er de forenelig med at prosjektet har lyktes i å styre den nye laksestammen som etablerer seg i Tovdalselva i retning av Storelvstammens genetiske sammensetning. Derimot har ikke prosjektet lyktes med å styre den nye laksestammen som etablerer seg i Mandalselva i retning av Bjerkreimselvastammens genetiske sammensetning.

Referanser

Anon. 2010a. Status for norske laksebestander i 2010. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2a. 213 s.

Anon. 2010b. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2b. 516 s.

Cornuet, J.M., Piry, S., Luikart, G., Estoup, A. & Solignac, M. 1999. New methods employing multilocus genotypes to select or exclude populations as origins of indivuals. Genetics 153: 1989-2000.

Huitfeldt-Kaas, H. 1946. Tribes of salmon in Norway. Nytt magaisn for Naturvidenskapene 85: 115-157.

Kroglund, F., Høgberget, R., Hindar, K., Østborg, G. & Balstad, T. 2008. Laks og vannkvalitet i Otra, 1990-2006. NIVA, Rapport 5531-2008. 49 s.

Tabell 7.1. *Genetisk basert klassifisering av enkeltindivider av laks fra ulike stikkprøver av laksunger (pa=parr og sm= smolt) og voksen (ad) laks i Tovdalselva og Mandalselva. Dataprogrammet GeneClass er brukt til å avgjøre hvorvidt sannsynligheten for hvert individ er større for å tilhøre den nye laksestammen i hver elv, eller utsettingsstammen.*

Genetisk klassifisering Tovdalselva	Klassifisert som Stor96-99ad	Klassifisert som Tov97juv	Antall individer	% Storelva
ad 2000	11	4	15	73
ad 2002	8	2	10	80
ad 2004	16	4	20	80
ad 2006	22	6	28	79
ad 2008	29	1	30	97
sm 2005	75	5	80	94
sm 2006	78	1	79	99
	239		262	91
Genetisk klassifisering Mandalselva	**Bje03ad**	**Man97juv98ad**	**Antall individer**	**% Bjerkreim**
ad 2000	11	19	30	37
ad 2003	10	39	49	20
ad 2006	8	22	30	27
ad 2008	2	28	30	7
sm 2005 down	13	52	65	20
sm 2005 Hes	17	28	45	38
pa 2004 down-0	8	11	19	42
pa 2004 down-1	4	20	24	17
pa 2004 up-0	2	16	18	11
pa 2004 up-1	1	11	12	8
sm 2008	14	45	59	24
	90		381	24
Metodetest				
sm 2005 Kos	28	2	30	93

For å følge effekten av kalkingen og utviklingen til laksestammene i Tovdalselva og Mandalselva, er det årlig gjennomført undersøkelser av både rogn, yngel, smolt og gytefisk. Foto: Frode Kroglund

8 Modellering av utviklingen i de reetablerte laksebestandene i Tovdalselva og Mandalselva

Av Ola Diserud og Kjetil Hindar
NINA, Trondheim

Bakgrunn

I reetableringsprosjektet på Sørlandet har én av ambisjonene vært å sørge for at Mandalselva og Tovdalselva ble rekolonisert med laks av geografisk nærliggende bestander, siden det ikke fantes noen restbestand lokalt, og man ikke ville "så" elvene med laks fra fjerntliggende områder. Det ble derfor valgt ut stamlaks fra elver med nærmeste ikke-utdødde laksestammer inntil forsuringsområdet som utsettingskilde – hhv Storelva i Holt mot øst til utsetting i Tovdalselva og Bjerkreimselva mot vest til utsetting i Mandalselva. I Mandalselva ble også villaks som sjøl søkte opp i elva valgt som kilde til utsettingsmateriale – heretter kalt Ny Mandalslaks. Opphavet til denne fisken er ukjent, men det dreide seg trolig mest om fisk som enten var klekt eller satt ut i andre elver på Sørlandet i kultiveringssammenheng, som Audna, og i liten grad om oppdrettsfisk. Det viste seg at villaks i betydelig grad søkte opp i Mandalselva kort tid etter kalking. I Tovdalselva var ikke dette tilfelle, der Boenfossen trolig var et vandringshinder.

Denne strategien ble igangsatt like etter kalking og før testing. De siste årene er det gjort flere sammenliknende studier i kontrollerte deler av Mandalselva, der merkede grupper av Bjerkreimslaks og Ny Mandalslaks er satt ut sammen på ulike livsstadier. Dermed får vi informasjon om livshistorie - parametrene gjennom ulike deler av livssyklus – f.eks. relativ overlevelse fra egg til parr av hhv Bjerkreimslaks og Ny Mandalslaks, eller fra parr til smolt. Tilsvarende har vi testet Storelvlaks i Tovdalselva mot annen villaks der. Om vi da tilpasser bestandsutviklingsmodellen som tidligere er beskrevet (Hindar & Diserud 2007), kan vi for eksempel beregne hvor lang tid det tar å gjennomføre en "planlagt fortrenging" av tilfeldige oppvandrere (naturlige gytere) med kontrollerte utsettinger av en nærliggende bestand – dersom det viser seg at den utsatte laksebestanden har bedre tilpasningsevne.

Forventede resultater:

- Viktige faktorer for å kunne styre reetableringen vil være antallet naturlige gytere, hvor tidlig en kommer i gang med utsetting av "ønsket" stamme, og størrelsen på den relative forskjellen i overlevelse og gytesuksess mellom stammene.
- For at utsatt stamme skal kunne fortrenge naturlige gytere må avkom fra den utsatte gytefisken enten ha bedre overlevelsesevne eller så må antallet utsatt laks være mye større enn antallet naturlige gytere.
- Gitt kunnskap om forskjeller i livssyklusparametre mellom tilfeldige oppvandrere og utsatt laksestamme, kan vi beregne prosjektkostnadene i ulike typer scenarioer for reetablering.
- Resultatene vil ha overføringsverdi til andre reetableringsprosjekter, for eksempel knyttet til bekjempelse av *Gyrodactylus salaris*, vassdragsreguleringer, forurensning, og rømt oppdrettslaks.

Resultatene av denne modelleringen bør så sammenholdes med genetiske studier som søker å "spore" Bjerkreimslaks andre steder i elva enn der de settes ut. Videre bør modellstudiene etterprøves i forhold til resultater fra gruppemerking av otolittene, som gjøres før utsetting.

Problemstillinger

I dette arbeidet vil vi for Mandalselva og Tovdalselva lage scenarioer for hvordan forholdet mellom naturlige gytere og utsatt rogn av hhv. Bjerkreimsstamme og Storelvastamme kan ha utviklet seg. Modellen vil basere seg på utsetningshistorikk, relative forskjeller i overlevelse fra egg til smolt og fra smolt til gytefisk, samt scenarioer for hvordan forholdet mellom befruktede egg fra de to stammene utvikler seg. Overlevelsesraten vil bli estimert fra sammenlignende utsettingsforsøk i de aktuelle elvene, fra gjenfangst av otolittmerket (utsatt) laks, fra genetiske studier, eller fra andre regionale datasett. Scenarioet for andel befruktede egg må baseres på forventet årlig antall utsatt laks og antagelser om årlig tilsig av naturlige gytere.

For eksempel, hvis vi antar at avkom fra de naturlige gyterne i gjennomsnitt har en bedre overlevelsesevne enn avkom fra den utsatte laksen (evt. rognplanting) vil andelen avkom etter den utsatte stammen avta over tid. Denne utviklingen kan så motvirkes ved å øke antallet utsettinger. Basert på nå-tilstanden i elva, og forskjeller i overlevelse og gyting, kan vi så si noe om hvor mange generasjoner som må gå før én stamme har fortrengt den andre, evt. hvor store utsettingene må være for at den utsatte stammen skal kunne klare å fortrenge de tilfeldige feilvandrerne i løpet av en gitt periode. Vi kan også illustrere generelt hvordan en best gjennomfører utsetningene i den tidlige fasen av reetableringen.

Noen av de problemstillingene som skal vurderes:

1. Med de aktuelle data om livshistorie-parametre, og kunnskap om prosentandel Bjerkreimslaks i gytebestanden, vil den utsatte stammen klare å utkonkurrere de naturlige gyterne? I så fall, hvor mange generasjoner med utsettinger tar det før den dominerer laksebestanden i Mandalselva?
2. Om man ønsker en viss endring i løpet av et gitt antall generasjoner, hvor stort må da det årlige utsettingsantallet være?
3. Om man kjenner kun noen av livshistorie-parametrene, hvor store forskjeller må det da være i de resterende parametrene for at vi ved realistiske utsettingsantall i et gitt antall generasjoner kan påvirke bestanden genetisk?
4. Hva koster det eventuelt å gjennomføre slike tiltak?
5. Kan resultatene av modelleringen sammenholdes med genetiske studier som søker å "spore" Bjerkreimslaks andre steder i elva enn der de settes ut?
6. Kan modellstudiene etterprøves i forhold til resultater fra gruppemerking av otolittene som har vært gjennomført? (fargemerking av øyerogn).

Data

For å kunne beregne effekten av reetablering trenger vi data på årlig antall utsatte egg og estimerte antall egg fra naturlige gytere etter at kalkingen ble startet opp. Hvor gode resultater vi får fra modelleringen vil være direkte avhengig av kvaliteten på datasettene. I Tovdalselva er det kun satt ut Storelvastamme, og alle utsettingene er gjort på lakseførende strekning. I Mandalselva omfatter noen av utsettingene av Ny Mandalsstamme, men dette ser vi bort fra foreløpig siden naturlig gytte egg fra Mandalsstammen er mange flere. Utsettingene i Mandalselva er gjort i Kosåna ovenfor lakseførende strekning mens de i Lågåna er innenfor lakseførende strekning.

De sammenlignende studiene i Mandalselva konkluderte med at det ikke var systematiske forskjeller mellom Mandalsstamme og Bjerkreimsstamme (**kapittel 5**). Vi antar derfor at de relative forskjellene i livshistorie-parametre vil ligge mellom 0,9 og 1,1 (dvs. mellom 10 % dårligere suksess og 10 % bedre suksess), illustrert ved tre modellsimuleringer. Vi trenger videre estimater for livshistorie-parametrene for tre kategorier fisk; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (*U: Utsatt*); avkom etter naturlige gytere (*N: Naturlig*); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (*H: Hybrid*).

Vi trenger også en tidsserie for observert antall naturlige gytere (eggantall) og antall utsatte egg. Før vi får returnerende gytefisk fra elvas egenproduksjon vil dette være den eneste inputen i modellen. Etter at avkom fra gyting eller utsettinger i elva begynner å returnere vil disse registreres som naturlige gytere N. Vi må derfor splitte opp kategorien naturlige gytere til avkom etter utsettinger, hybrider, og N (både avkom fra tidligere naturlige gytere og nye kolonister) for å kunne kategorisere fisken riktig. Det vil ta to generasjoner før vi vil registrere gytere med hybridbakgrunn.

Modell

Nye naturlige gytere (kolonister) og nye utsettinger kommer inn i modellen for utviklingen i reetablerte bestander som befruktede egg, dvs. vi er avhengige av å kunne regne oss fra antall og størrelse på de nye kolonistene til antall befruktede egg. Den delen av modellen som omhandler gytingen vil dermed kun være aktuell for returnerende fisk. For å kjøre modellen trenger vi følgende parametre for alle kategoriene (enten absoluttverdier for alle kategorier, eller absoluttverdi for en kategori og relative parametre for de andre kategoriene):

1. Gyting (kun for returnerende "egenprodusert" laks):
   a. Kjønnsforhold. Antas foreløpig lik for alle sjøaldere og kategorier.
   b. Gjennomsnittsvekt for hunnene for hver sjøalder og kategori.
   c. Eggantall. Antas å være 1450 egg/kg. hunnfisk (Hindar mfl. 2007).

d. Hunnenes gytesuksess. Denne parameteren inkluderer rognoverlevelsen.

e. Hannenes gytesuksess.

2. Elvefasen:

a. Overlevelse fra klekking til 0+. Bruker her en bestand – rekrutteringsmodell (SR-modell fra engelsk 'Stock and Recruitment') fra Imsa som grunnlag, hvor vi først har tilbakeregnet oss fra smolttellinger til antall laksunger i første leveår (aldersgruppe 0+). Disse SR-parametrene er så kalibrert slik at smoltproduksjon blir på ca 100.000 i Mandalselva (Ugedal mfl. 2006). SR-modellen blir beskrevet i mer detalj i avsnittet under. Vi har i første omgang antatt at den tetthetsuavhengige overlevelsen (a) kan variere mellom kategoriene, mens effekten av tetthet (b og β) oppleves likt for alle.

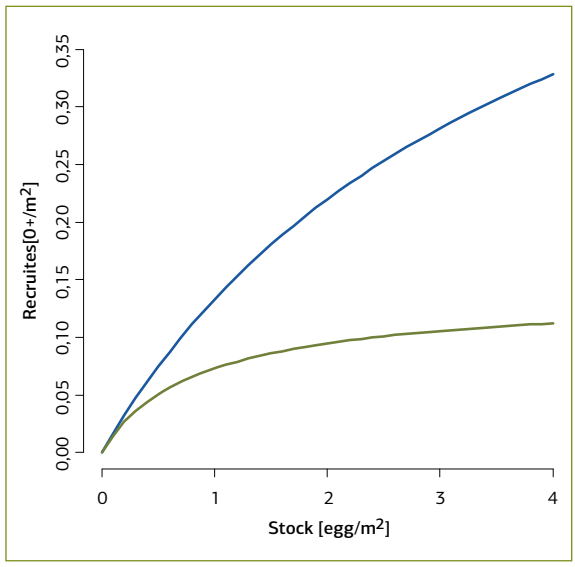
b. Overlevelse fra 0+ til smolt. Antar i første omgang kun 2 års smolt med overlevelsesrate 0,5 fra 0+ til første vår, og overlevelse 0,5 det andre året. Vi har observerte smoltalderfordelinger for både Mandalselva og Tovdalselva (**vedlegg 5**), men for å kunne modellere varierende smoltaldre må vi kunne beregne både halvårlige overlevelsesrater samt årlige smoltifiserings-sannsynligheter. Så lenge vi kan anta at det ikke er store forskjeller mellom kategoriene i smoltifiserings-sannsynligheter vil ikke denne forenklingen endre på de relative andelene for kategoriene, men den vil kunne påvirke modellert totalproduksjon av smolt.

3. Marin fase:

Sjøaldersfordelingen viser ca 75 % 1SW (énsjøvinter; dvs. smålaks) og 25 % 2SW (tosjøvinter; dvs. mellomlaks) (**vedlegg 5**). Hvis vi i første omgang antar at overlevelsesraten fra smolt til 1SW er 0,1 og fra 1SW til 2SW er 0,5 medfører dette en kjønnsmodningsrate for 1SW på 60 %.

SR-modellen fra klekking til 0+:

Vi baserer oss på Shepherds SR-modell (Shepherd 1982) $R = aS / \left(1 + (bS)^{\beta}\right)$, hvor a-parameteren beskriver tetthetsuavhengig overlevelse, *b*-parameteren bestemmer det maksimale produksjonsnivået, mens β-parameteren beskriver formen på kurven (tetthetsreguleringen). **Figur 8.1** viser bestand-rekrutteringssammenhengen for en elv med Imsas produksjonspotensiale (svart kurve), mens den røde kurven viser sammenhengen etter at vi har kalibrert modellen til Mandalselva og Tovdalselvas nivå. Denne kalibreringen er gjort ved å korrigere b-parameteren i Shepherd modellen, mens vi holder a (tetthetsuavhengig overlevelse) og *β* (formen på kurven) konstante.



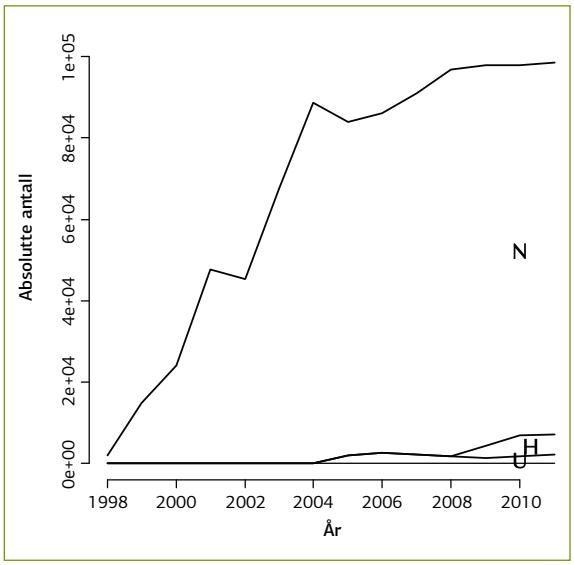
Figur 8.1. *Illustrasjon av SR-modellen fra egg til 0+ for Imsa (svart kurve; a = 0,171, b = 0,272, β = 0,961), og en modell kalibrert til Mandalselvas forventede ungfiskproduksjon (rød kurve; a = 0,171, b = 1,36, β = 0,961).*

Resultat

Like livshistorie-parametre for alle kategoriene

Vi begynner simuleringene fra modellen med å anta at alle de tre kategoriene (*U, H, N*) har like livshistorieparametre.

Mandalselva: Figur 8.2 gir den absolutte produksjonen for hhv. *U* (mellom "0" og nederste kurve), *H* (mellom nederste og midterste) og *N* (mellom midterste og øverste kurve). Vi ser at hvis vi antar like fitness-parametre så vil Mandalselva, med sin historikk for utsettingene og naturlige kolonister, bli dominert av avkom etter N (de naturlige kolonistene). Fra 2004 begynner Mandalselva å nå opp til sitt antatte produksjonspotensial for smolt.



Figur 8.2. *Modellert smoltproduksjon for Mandalselva hvis vi antar at livshistorie-parametrene er like. Tre kategorier fisk benyttes; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (U: Utsatt); avkom etter naturlige gytere (N: Naturlig); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (H: Hybrid).*

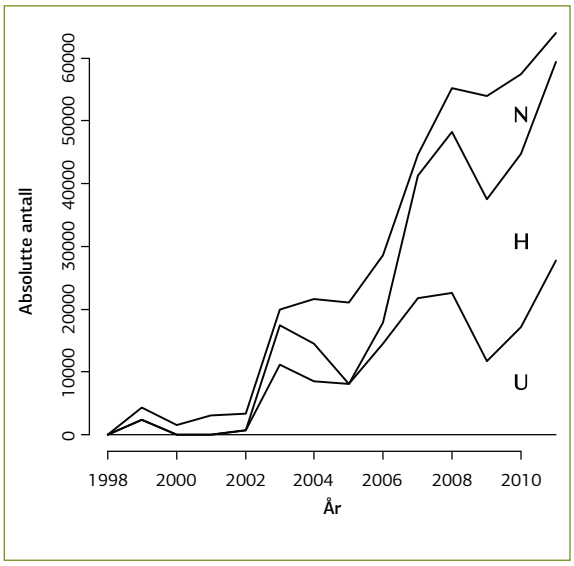
Tovdalselva: De store sprangene opp og ned de første årene i Tovdalselva (**figur 8.3**) skyldes den ene utsettingen i 1997 og den returnerende generasjonen fra denne, samt at det tar en generasjon før vi får hybrider siden utsettingene kommer som befruktede egg. For Tovdalselva ser vi at sammensetningen av smoltbestanden domineres av avkom etter utsettinger og hybrider, mens andelen "rene" avkom etter naturlige gytere er relativt liten.

Forskjellige livshistorie-parametre mellom kategoriene på ungfiskstadiet

Vi lar her først den utsatte fisken ha relative livshistorie-parametre på 1,1 på ungfiskstadiet i forhold til avkom etter de naturlige gyterne. Vi antar videre midlere parametre for hybridene (1,05) på ungfiskstadiet, og ellers like parametre i sjøfasen og under gytingen. Simulerer altså U med høyere relative livshistorie-parametre (1,1) i elva, både for SR-modellen (a-parameteren) og for overlevelsen fra 0+ til smolt. Vi vil da forvente en litt større totalproduksjon av fisk i elva siden det overlever flere (avkom etter) utsatt fisk og hybrider.

Tabell 8.1. *Modellert smolt, 1SW og 2SW produksjon for Mandalselva, inndelt i de tre kategoriene.*

År	Smolt-U	Smolt-H	Smolt-N	1SW-U	1SW-H	1SW-N	2SW-U	2SW-H	2SW-N
1998	0	0	1900	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	15000	0	0	110	0	0	0
2000	0	0	24000	0	0	890	0	0	38
2001	0	0	48000	0	0	1400	0	0	300
2002	0	0	45000	0	0	2900	0	0	480
2003	0	0	68000	0	0	2700	0	0	950
2004	0	0	89000	0	0	4100	0	0	910
2005	2000	0	82000	0	0	5300	0	0	1400
2006	2700	0	83000	120	0	4900	0	0	1800
2007	2300	0	89000	160	0	5000	39	0	1600
2008	1800	0	95000	140	0	5300	53	0	1700
2009	1400	2900	94000	110	0	5700	45	0	1800
2010	1700	5300	91000	85	170	5600	35	0	1900
2011	2100	5100	92000	100	320	5500	28	58	1900
2012	NA	NA	NA	130	300	5500	34	110	1800
2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	42	100	1800



Figur 8.3. *Modellert smoltproduksjon for Tovdalselva hvis vi antar at livshistorie-parametrene er like. Tre kategorier fisk benyttes; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (U: Utsatt); avkom etter naturlige gytere (N: Naturlig); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (H: Hybrid).*

Vi gjør deretter det samme med relative parametre 0,9 for den utsatte fisken, og 0,95 for hybridene. I **tabell 8.3** har vi kun presentert simuleringsresultatene for smoltproduksjonen etter hele perioden (dvs. år 2011 etter eggutsettinger i 2008) først for like livshistorie-parametre, så for [*U,H,N*]=[1,1, 1,05,1], og så for [*U,H,N*]=[0,9, 0,95, 1].

Tabell 8.3. *Modellert smoltproduksjon i 2011 for Mandalselva og Tovdalselva.*

Elv	Rel.fitness [U,H,N]	U	H	N
Mandal	[1,1,1]	2100	5100	91.000
Mandal	[1,1, 1,05, 1]	2500	6700	92.000
Mandal	[0,9, 0,95, 1]	1700	3700	92.000
Tovdal	[1,1,1]	28.000	32.000	4700
Tovdal	[1,1, 1,05, 1]	41.000	33.000	3100
Tovdal	[0,9, 0,95, 1]	17.000	29.000	7000

Tabell 8.2. *Modellert smolt, 1SW og 2SW produksjon for Tovdalselva inndelt i de tre kategoriene.*

År	Smolt-U	Smolt-H	Smolt-N	1SW-U	1SW-H	1SW-N	2SW-U	2SW-H	2SW-N
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	2500	0	1900	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	1600	150	0	110	0	0	0
2001	0	0	3100	0	0	98	49	0	38
2002	670	0	2700	0	0	190	0	0	33
2003	11000	6300	2400	40	0	160	0	0	62
2004	8500	6100	7000	670	380	150	13	0	54
2005	8100	0	13000	510	360	420	220	130	48
2006	15000	3400	11000	480	0	780	170	120	140
2007	22000	20000	3400	870	200	640	160	0	260
2008	23000	26000	7000	1300	1200	200	290	67	210
2009	12000	26000	16000	1400	1500	420	430	390	67
2010	17000	28000	13000	700	1500	990	450	510	140
2011	28000	32000	4700	1000	1700	760	240	510	330
2012	NA	NA	NA	1700	1900	280	340	550	250
2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	560	630	94

For Mandalselva ser vi at evt. forskjeller i parametre på ungfiskstadiet verken påvirker den totale størrelsen på smoltproduksjon eller forholdet mellom kategorier nevneverdig, siden overlevelsen for den dominerende N-kategorien holdes konstant og vi ligger rundt gytebestandsmålet. Selv om avkom etter utsatt laks får 10 % bedre livshistorie-parametre som ungfisk utgjør de bare ca 2,5 % av smoltbestanden.

For Tovdalselva ser vi større endringer i populasjonens sammensetning etter at vi varierer ungfiskenes livshistorie-parametre. Vi får +/- ca 10.000 smolt etter endringene i relativ suksess og vi får ganske store "overføringer" mellom kategoriene, spesielt mellom *U* og *H*. Endringene i N-antall er også relativt store; merk spesielt at for *U* = 0,9 så utgjør *N* mer enn 1/3 av *U*, mens for *U* = 1,1 utgjør *N* kun 7,5 % av *U*.

Forskjellige livshistorie-parametre både på ungfiskstadiet og i sjøfasen

Vi lar så den utsatte fisken ha relativ overlevelse 0,9, eller 1,1, både under ungfiskstadiet og i sjøfasen, mens vi fortsatt antar lik suksess under gytingen. For Mandalselva ser vi heller ikke nå de store endringene (**tabell 8.4**); N dominerer uansett. Men for Tovdalselva vil endringer i relative parametre fra 0,9 til 1,1 for *U* både i ferskvann og saltvann ha store konsekvenser; vi går fra en situasjon hvor *U* dominerer stort blant 1SW og 2SW når den har relativ parameter 1,1 (*U* drøyt 20 x *N*) til en situasjon hvor *U* kun er 1,5 ganger så mange gytere som *N*.

Nødvendige forskjeller i livshistorie-parametre for Mandalselva for "likevekt"

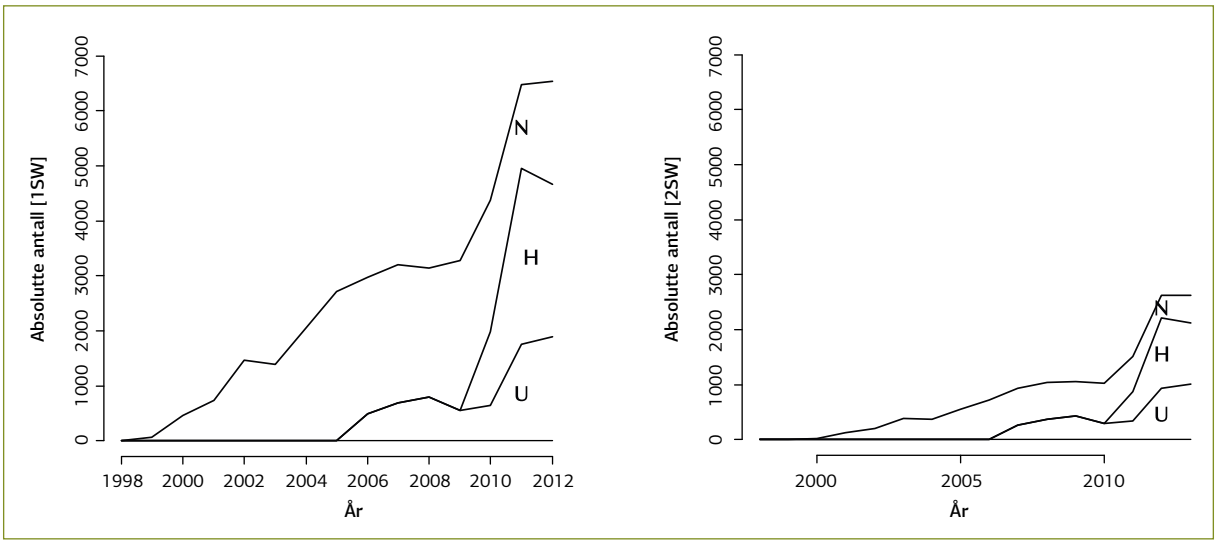
For at *U* og *N* skulle kunne bli tilnærmet jevnstore i Mandalselva i 2012, så må den relative vektoren (for både elv og sjø) være så ekstrem som [*U, H, N*] = [1,6, 1,2, 0,8], dvs. utsatt fisk må ha dobbelt så god overlevelse som avkom etter de naturlige gyterne. Da ville vi ha fått en forventet 1SW-produksjon for 2012 på [1900, 2800, 1900] og 2SW-produksjon for 2013 på [1000, 1100, 500] (**figur 8.4**).

Betydningen av tidspunkt for oppstarten av utsettinger

Modellsimuleringene tyder på at det er svært viktig å komme tidlig i gang med utsettingene. Hvis de naturlige kolonistene får noen år uten konkurranse fra utsatt stamme i elva, vil det være vanskelig å få etablert den ønskede utsettingsbestanden. For å illustrere denne effekten kan vi manipulere oppstartsåret for utsettingene og se hvordan simuleringene av dynamikken da blir seendes ut.

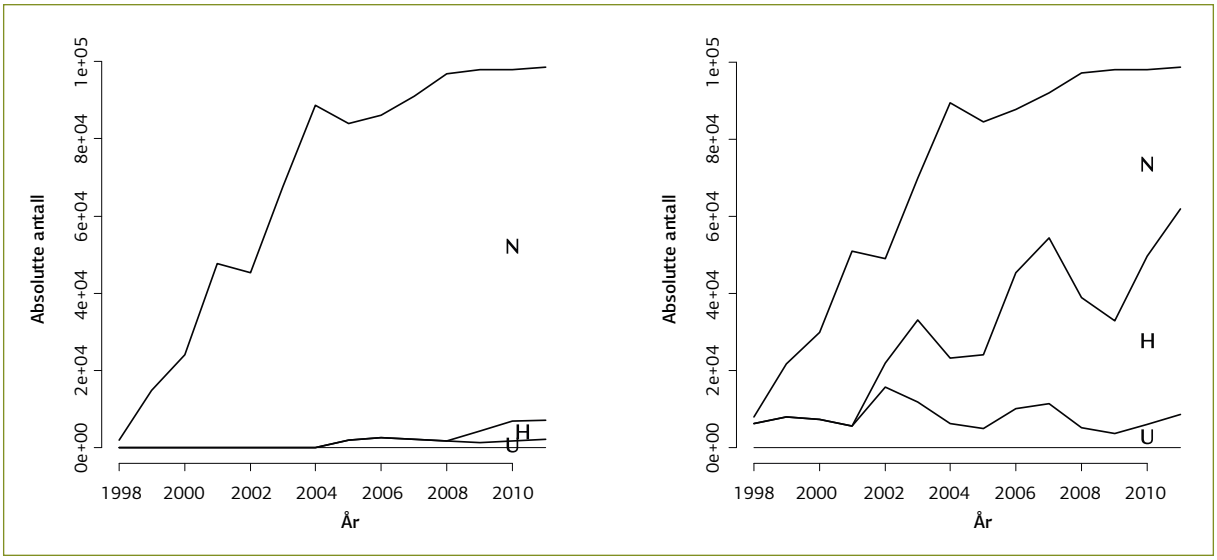
Tabell 8.4. *Modellert smoltproduksjon i 2011, 1SW produksjon i 2012 og 2SW produksjon i 2013 for Mandalselva og Tovdalselva. Vi antar forskjeller i relative parametre både under ferskvann og sjøfasen.*

Elv	Relative param.	Stadium	U	H	N
Mandalselva	[1,1,1]	Smolt	2100	5100	91.000
		1SW	130	300	5500
		2SW	42	100	1900
Mandalselva	[1,1, 1,05, 1]	Smolt	2600	7600	90.000
		1SW	170	480	5400
		2SW	62	170	1800
Mandalselva	[0,9, 0,95, 1]	Smolt	1700	3300	93.000
		1SW	90	190	5600
		2SW	27	59	1900
Tovdalselva	[1,1,1]	Smolt	28.000	32.000	4700
		1SW	1700	1900	280
		2SW	560	630	94
Tovdalselva	[1,1, 1,05, 1]	Smolt	46.000	31.000	2400
		1SW	3000	2000	150
		2SW	1100	680	48
Tovdalselva	[0,9, 0,95, 1]	Smolt	15.000	29.000	8800
		1SW	800	1700	530
		2SW	240	530	180



Figur 8.4. *Modellert 1SW-produksjon (venstre panel) og 2SW-produksjon (høyre panel) for Mandalselva hvis vi antar at de relative livshistorie-parametrene [U, H, N] = [1.6, 1.2, 0.8]. Tre kategorier fisk benyttes; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (U: Utsatt); avkom etter naturlige gytere (N: Naturlig); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (H: Hybrid).*

I Mandal begynner utsettingene 7 år (2002) etter første registrering av naturlige kolonister (gyteår 1995). Det venstre panelet i **figur 8.5** viser dynamikken med de reelle observasjonene og like livshistorie-parametre (som vist tidligere i **figur 8.2**). Det høyre panelet viser hvordan det kunne ha sett ut dersom utsettingene hadde begynt umiddelbart, dvs. samme år som første observasjon av naturlige gytere. Dette er gjort ved å forskyve tidsserien for utsettingene 7 år fram og så fortsette med siste års observasjon ut perioden. Sammensetningen av Mandalsbestanden blir da atskillig likere det vi har sett for Tovdalsbestanden (**figur 8.3**; venstre panel **figur 8.6**).



Figur 8.5. *Det venstre panelet viser modellert smoltdynamikk for Mandalselva med like livshistorie-parametre (som vist tidligere i* **figur 8.2***). Det høyre panelet viser modellert smoltdynamikk hvis utsettingene hadde begynt umiddelbart, dvs. samme år som første observasjon av naturlige gytere. Tre kategorier fisk benyttes; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (U: Utsatt); avkom etter naturlige gytere (N: Naturlig); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (H: Hybrid).*

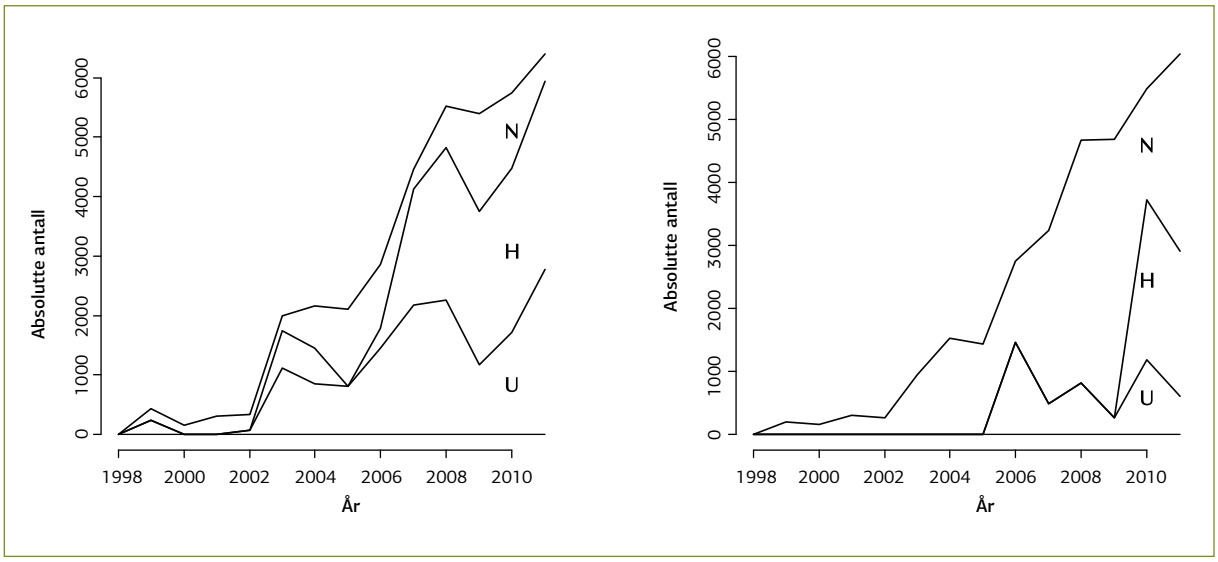
For Tovdalselva kan vi gjøre den omvendte illustrasjonen i forhold til det vi gjorde for Mandalselva (**figur 8.6**); istedenfor at utsettingene begynner samtidig med observasjonene av naturlige kolonister lar vi det gå 7 år før første utsetting. Venstre panel gir igjen simuleringene basert på de reelle tidsseriene, mens det høyre panelet er simuleringene hvor de 7 første årene med utsetting er strøket. Bortsett fra ett år med relativt store utsettinger ser vi nå at kategorien for naturlige gytere dominerer.

Videre scenarioer for utsettinger og naturlige gytere

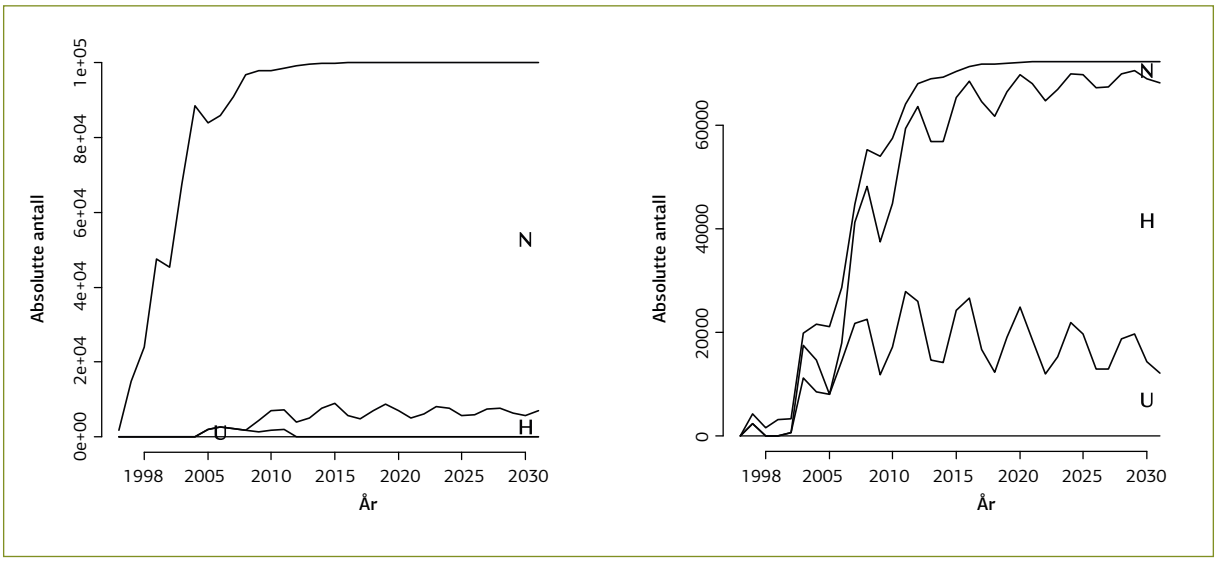
En av de store fordelene med slike modeller som vi nå har utviklet er at de kan kjøres for "alle mulige" framtidsscenarioer. I første omgang vil vi nøye oss med to alternative scenarioer; (1) hva skjer om vi stopper brått med utsettingene etter 2008, og (2) hva skjer om vi fortsetter med årlige utsettinger lik de i 2008? Modellene kjøres i begge tilfeller for 20 ekstra år, dvs. fram til 2028, og med like livshistorieparametre.

"Full stopp" scenarioet er illustrert for Mandalselva (**figur 8.7**; venstre panel) og Tovdalselva (**figur 8.7**: høyre panel). For Mandalselva ser vi at smolten av "ren" utsettingsstamme forsvinner nærmest umiddelbart mens vi fortsetter å ha litt under 10 % av hybrider. Produksjonspotensialet for smolt er allerede nådd så det blir ingen videre økning i totalproduksjon. For Tovdalselva ser vi en fortsatt økning i totalproduksjon som relativt raskt flater ut. Antallet smolt av ren utsettingsstamme fluktuerer rundt samme nivå, så økningen i smoltantall kommer hovedsakelig i hybrid-kategorien.

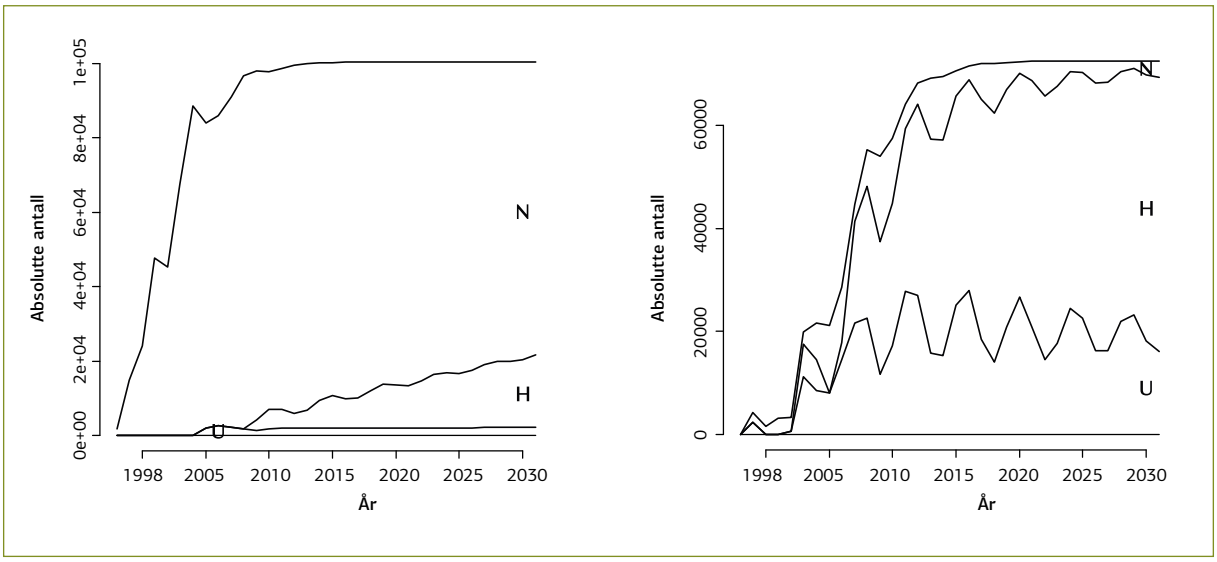
"Status quo" scenarioet, dvs. vi antar at vi fortsetter med utsettinger på 2008 nivå, er illustrert i **figur 8.8**. For Mandalselva vil vi da klare å øke antallet og andelen hybrider, men antallet avkom etter utsatte egg er fortsatt svært lavt. For Tovdalselva ser vi svært små endringer, kun noen få flere avkom etter utsettinger på bekostning av hybrider og avkom etter naturlige kolonister. Antallet utsatte egg er lavt i forhold til egenproduksjonen slik at effekten på sammensetningen av bestanden er minimal.



Figur 8.6. *Det venstre panelet viser modellert smoltdynamikk for Tovdalselva med like livshistorie-parametre. Det høyre panelet viser modellert smoltdynamikk hvis utsettingene hadde hatt samme forsinkelse som for Mandalselva, dvs. begynt 7 år etter første observasjon av naturlige gytere.Tre kategorier fisk benyttes; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (U: Utsatt); avkom etter naturlige gytere (N: Naturlig); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (H: Hybrid).*



Figur 8.7. *Modellert smoltdynamikk for Maldalselva (venstre panel) og Tovdalselva (høyre panel) for scenarioet hvor vi antar at vi stopper fullstendig med utsettingene etter 2008 sesongen. Tre kategorier fisk benyttes; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (U: Utsatt); avkom etter naturlige gytere (N: Naturlig); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (H: Hybrid).*



Figur 8.8. *Modellert smoltdynamikk for Mandalselva (venstre panel) og Tovdalselva (høyre panel) for scenarioet hvor vi antar at utsettingene fortsetter på 2008 nivå. Tre kategorier fisk benyttes; fisk utsatt som egg eller avkom etter tidligere utsettinger (U: Utsatt); avkom etter naturlige gytere (N: Naturlig); og "hybrider" mellom avkom etter utsatt fisk og naturlige gytere (H: Hybrid).*

Diskusjon

Lærdommen fra modelleringsstudiene kan oppsummeres i følgende punkter:

- I Tovdalselva synes målet med styrt reetablering å være oppnådd i meget stor grad. Blant ungfisk dominerer utsettingsstamme og hybrider, mens andelen av "kolonister" er liten og avtagende.
- I Mandalselva har vi ikke lykkes med å styre reetableringen med utsetting av ønsket stamme. Årsaken synes å være det store forspranget til avkom av "kolonister" som reproduserte i elva før utsetting tok til.
- Start-tidspunktet for utsetting av laks i forhold til oppstart av kalking (og naturlig gyting av oppvandrende laks) er svært viktig for muligheten til å styre bestandsutviklingen. Det ble satt ut laks (énsomrige i 1997 og øyerogn fra 2000) i Tovdalselva før det var naturlig gyting av noe særlig omfang. Dette ser ut til å være en stor fordel i forhold til styring av bestand. I Mandalselva var situasjonen en annen; der var det naturlig gyting av betydelig omfang før utsettingene kom i gang.
- Forskjeller mellom Mandalselva og Tovdalselva;
  - Mandalselva har allerede en bestand som ligger nær (og enkelte år, over) det gytebestandsmålet som tidligere er anslått (Hindar mfl. 2007). Det betyr at det vil være liten effekt av videre utsettinger, og sannsynligvis for seint til å påvirke bestandssammensetningen i nevneverdig grad ved utsettinger (med mindre de er av svært stort omfang).
  - Tovdalselva har fortsatt en bestand som ligger under gytebestandsmålet. Modellsimuleringene antyder imidlertid at gytebestanden er så stor at utsettinger i dagens omfang (ca 3 % av totalt eggantall) har liten effekt på bestandsstørrelse og sammensetning.
- Det er flere forbedringsmuligheter for modellen:
  - Det har sannsynligvis en effekt hvor i elva utsettingene foregår. Dersom egg/ungfisk settes ut ovenfor lakseførende strekning, eller på strekninger med liten naturlig rekruttering, må man tilpasse separate SR-modeller siden tetthetsreguleringen i denne fasen er svært lokal. Så langt har vi i modellene slått sammen eggantallene og beregnet en felles tetthet.
  - Vi kan lete etter mer realistiske tall for modellparametrene, blant annet årlig variasjon i beregnet sjøoverlevelse og eggdeponering. Vi konkluderer med en mer realistisk sjøaldersfordelingen ved å beregne tilsvarende kjønnsmodningsrater.
  - Vi kan videreutvikle modellen ved at smoltaldersfordeling kan benyttes (**vedlegg 5b, 5d**). Disse må i så fall omregnes til smoltifiseringssannsynligheter og årlige overlevingsrater.

Råd til forvaltningen:

I Mandalselva er det lite å hente ved å fortsette utsetting av Bjerkreimslaks. Det skal en uhyre stor innsats til i dag for å få målbare resultat. I Tovdalselva er prosjektet nær den kvalitative målsettingen, men det er et stykke igjen til oppnådd gytebestandsmål. Modellen viser at vi har kommet langt med styring av bestanden og antyder at det er lite å hente ved å fortsette utsettingene i dagens skala. Det ser heller ikke ut som om videre utsetting er effektivt for å øke bestanden. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon. 2009) anbefaler for Tovdalselva at så lenge gytebestanden ligger under gytebestandsmålet, vil det være et effektivt forvaltningstiltak å begrense eller stanse beskatningen i elva.

Referanser

Anon. 2009. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse og beskatningsråd for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, Nr. 1b. 357 s.

Hindar, K. & Diserud, O. 2007. Sårbarhetsvurdering av ville laksebestander overfor rømt oppdrettsfisk. NINA Rapport. Trondheim. 244. 45 s.

Hindar, K.,Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J.V., saltveit, S.J., Sægrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport. Trondheim. 226. 78 s.

Shepherd, J. G. 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries and construction of sustainable yield curves. J. Cons. int. Explor. Mer. 40: 65-75.

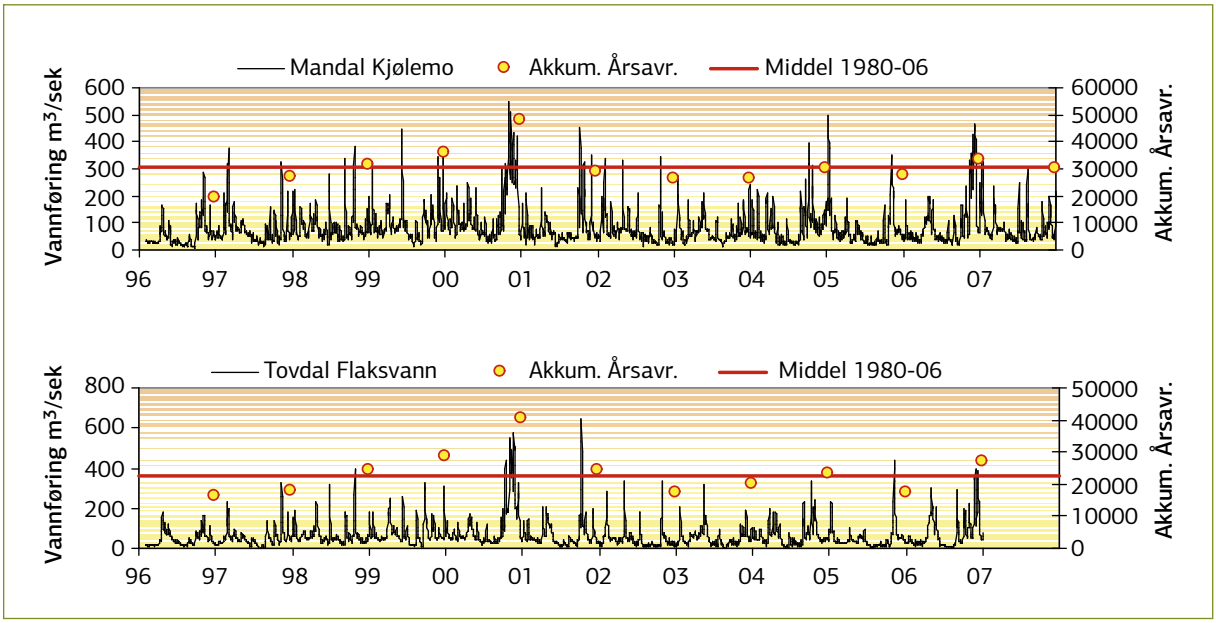
Ugedal, O., Larsen,B.M., Forseth, T. & Johnsen, B.O. 2006. Produksjonspotensial for laks i Mandalselva og vurdering av tap som følge av kraftutbygginga. NINA Rapport 146. 46 s.

Vedlegg 1

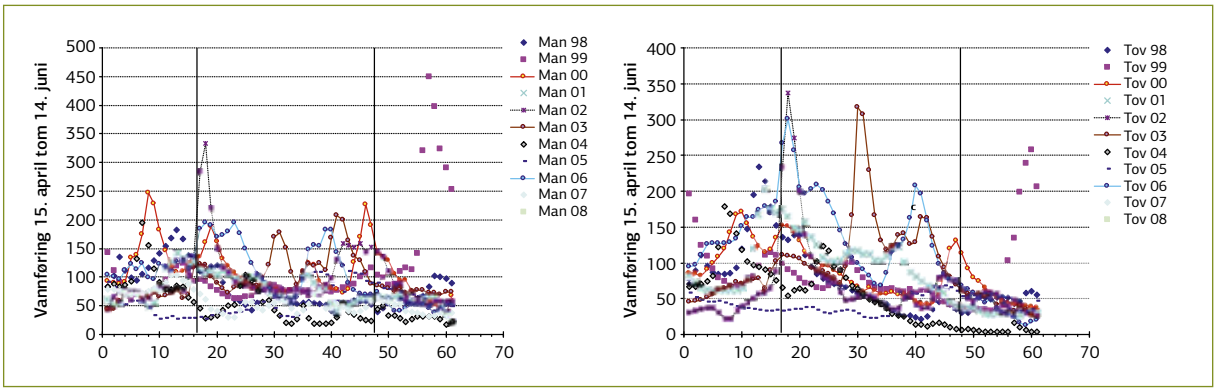
Vannføring og vanntemperatur i Tovdalselva og Mandalselva

Av Frode Kroglund
NIVA-Sørlandsavdelingen, Grimstad

Vannføringen og årsavrenningen i de to elvene varierte betydelig over årene 1998 til 2008 (VV1). Begge elvene har tydelige sesongvariasjoner og flommer. Årsavrenningen var lavere enn "middel for perioden 1980 til 2008" i 1997, 1998, 2003 og 2006, mens 2000 og 2001 hadde betydelig høyere avrenning enn normalnivået). Slike variasjoner vil innvirke på kalkforbruket, hvor forbruket vil øke med økt avrenning. Mens det i hovedsak var stor grad av samvariasjon i vannføring mellom elvene i vårperioden (satt datoer mellom 15. april og 14. juni), var samvariasjonen dårlig enkelte år (**tabell 1**). Det var tydelige forskjeller i avrenning mellom år innenfor vår-perioden i et vassdrag (**figur 1**). Disse forskjellene mellom vassdragene vil ha stor betydning for kalkforbruket, men vil også ha betydning for smoltutvandring og smoltens overlevelse i tidlig marin fase.



Figur 1. *Daglig variasjon i vannføring i Mandalselva v/Kjølemo og Tovdalselva v/Flaksvatn. I figurene er middelårsavrenning basert på perioden 1980 til 2008 antydet med horisontal strek. Årsavrenningen for det enkelte året er angitt med sirkler.*



Figur 2. *Daglig avrenning i Mandalselva (venstre figur) og Tovdalselva (høyre figur) for årene 1998 til 2008. Dag 1 tilsvarer 15. april. Datoene 1. mai og 1. juni er antydet med vertikale strek.*

Tabell 1. *Sammenhenger uttrykt som lineær regresjon mellom vannføring i perioden 15. april til 15. juni i Mandalselva og Tovdalselva for årene 1998 til 2006.*

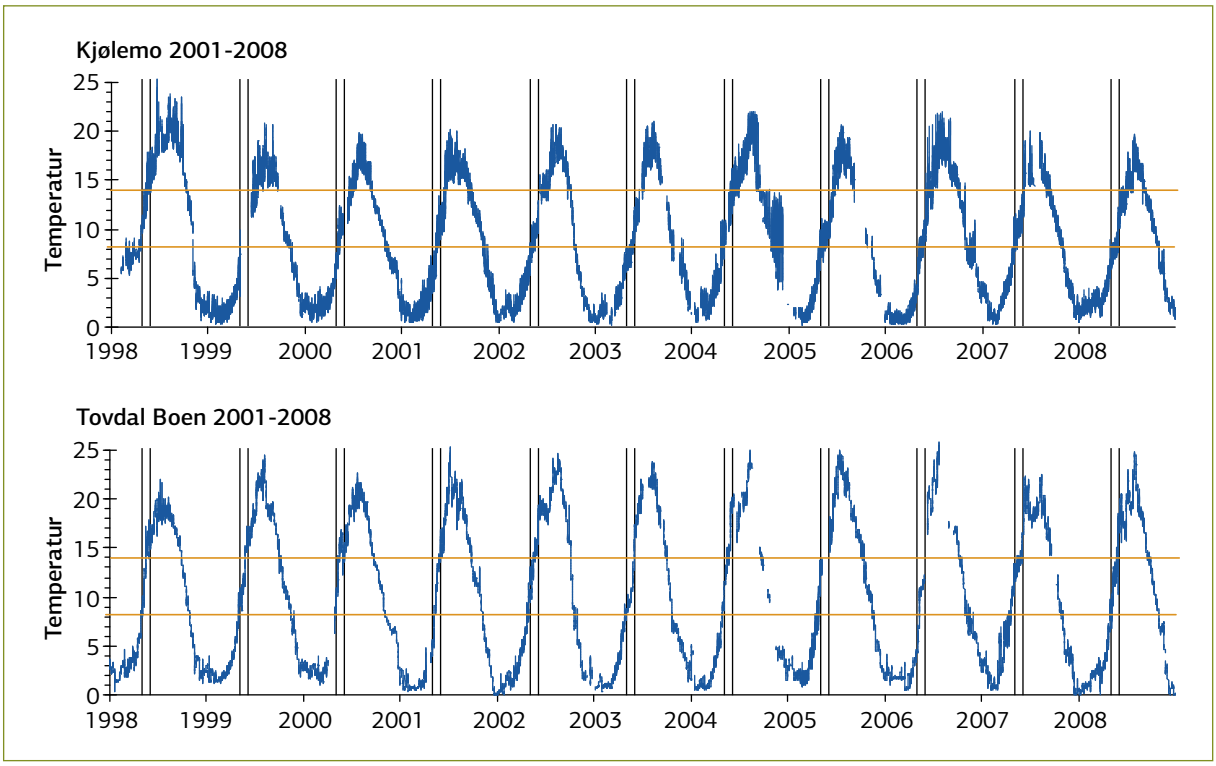
År	Lineær regresjon	
1998	y = 1,20 - 24,3	R^2 = 0,79
1999	y = 0,39x + 41,2	R^2 = 0,43
2000	y = 0,65x + 15,1	R^2 = 0,64
2001	y = 1,43x - 24,4	R^2 = 0,65
2002	y = 0,93x - 25,9	R^2 = 0,71
2003	y = 1,26x - 28,2	R^2 = 0,62
2004	y = 1,08x - 4,5	R^2 = 0,76
2005	y = 0,43x + 18,2	R^2 = 0,74
2006	y = 1,30x - 15,4	R^2 = 0,85

Temperatur

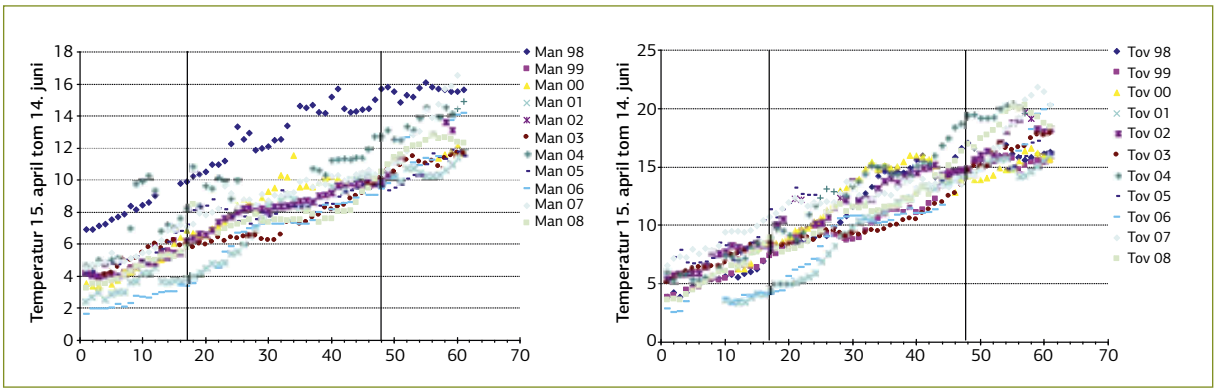
Temperaturen var generelt et par grader høyere i Tovdalselva enn i Mandalselva om sommeren. Dette kan påvirke viktige faktorer knyttet til laksenes populasjonsutvikling ved å påvirke blant annet vekst, og innvirke på tidspunkt for viktige endringer i livshistorien (gyting, klekking, smoltifisering etc). Forskjeller i temperatur fra år til år og sesongvariasjoner innen og mellom vassdragene kan således påvirke både tidspunkt for smoltifisering og smoltproduksjon (økt vinterdødelighet i en kald elv), størrelse (vekst) og tidspunkt for smoltutvandring. Smoltutvandring og hvordan denne og andre populasjonsdynamiske egenskaper påvirkes av temperatur omtales i **kapitell 4.2**.

Det kunne være betydelig forskjell i dato for når temperaturen økte forbi f.eks. 8 °C om våren. Denne 8 °C nivået er ikke direkte knyttet til smoltutvandring i disse elvene, men brukes her for å antyde et temperaturnivå. Tidligste dato for denne grensen i Mandalselva var 22. april (1998), seneste var 23. mai (2003 og 2006). Tidligste dato for denne grensen i Tovdalselva var 23. april (2007) og seneste var 11. mai (2001). Det var en betydelig samvariasjon mellom elvene basert på det enkelte året, uten at dette innebærer like temperaturnivåer (sammenhenger mellom år er ikke vist her). Enkelte år kunne den ene elva være betydelig varmere tidligere enn den andre, andre år var sammenhengene snudd. Samvariasjonen skyldes sannsynligvis at våren kommer til samme tid i begge elvene, mens forskjellene kan skyldes at Mandalselva er mer regulert. Forskjellene i temperaturutvikling om våren har betydning for smoltifisering, smoltutvandring samt desmoltifisering hvis temperaturen øker forbi et kritisk nivå. Dette nivået er ikke angitt for laksesmolt i Norge. Sannsynligvis vil ikke høy temperatur innvirke negativt før den har passert minst 15 °C, nivåer som normalt ikke nås før etter at smoltutvandringen er over.

Foruten å påvirke biologiske prosesser påvirker også temperatur kjemiske prosesser, bl.a. hvor raskt Al avgiftes. Disse prosessene går langsommere når vannet er kaldt (0-2 °C) enn når vannet er varmt (6 til 12 °C). Denne effekten av temperatur medfører at vann som er avgiftet i løpet av 10 til 15 minutter når pH er 6,4 og temperaturen er >8°C trenger ikke være like godt avgiftet når temperaturen kryper ned mot 2 °C. Dette, sammen med lavere pH-mål i vinterhalvåret medfører at Al ikke avgiftes like godt i vinterperioden som om våren. Dette vil ha betydning for metallakkumulering på fiskegjeller, men trenger ikke påvises i vannprøver da disse utsettes for temperaturendringer under transport.



Figur 3. *Daglig variasjon i temperatur i Mandalselva v/Kjølemo (øverst) og Tovdalselva v/Boen (nederst). I figurene er perioden mellom 1. mai og 1. juni angitt med vertikale strek. Temperaturene 8 og 14°C er antydet med horisontale strek.*



Figur 4. *Daglig endring i temperatur i Mandalselva (venstre figur) og Tovdalselva (høyre figur) for årene 1998 til 2008. Dag 1 tilsvarer 15. april. Datoene 1. mai og 1. juni er antydet med vertikale strek.*

Vedlegg 2

Antall lakseunger ≥ påvist i under det årlige elfisket. Det er antatt at denne verdien redusert med 30 % kan benyttes som et mål for smoltutgangen påfølgende år. pH-nivåer målt ved bruk av kontinuerlig logging om våren. Gjelle-Al nivåer målt i april, første og andre halvdel av mai samt juni. Dato for 50 % smoltutvandring. Bidrag av de ulike smoltårgangene til påfølgende års fangst av små, mellom og storlaks.

Mandalselva	Laks	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Årstall eldrefangst		0	0	2	3	5,5	4,8	9	14	11	13	4,5	9	9,5
Smoltår utgang		0	0	0	1,4	2,1	3,85	3,36	6,3	9,8	7,7	9,1	3,15	6,3
Dato for 50 % utvandring							27.mai	22.mai	22.mai	08.mai	08.mai	21.mai	30.apr	21.mai
pH våren				6,1-6,3	6,1-6,3	6,1-6,3	>6,4	6,2-6,4	>6,3	>6,3	>6,3	6,2-6,4	>6,4	<5,8
Al april					50	40	60						25	15
Al 1.halvpart mai					20	60	30	20	30	30	50	15	10	15
Al 2.halvpart mai						60	20	20	30	50	20	15	10	15
Al juni									50	20	20	30	10	15
Fangstreduksjon					<20	50	<20	<20	20	20	<30	<10	<10	<10
Antall laks fangst i elva														
Fangst 1 sjø vinter	<3 kg					4078	2395	2520	2236	4423	3902	1127	1671	1272
Fangst 2 sjø vinter	3-7 kg				762	703	749	527	734	1335	995	1071	672	523
Fangst 3 sjø vinter	>7 kg			20	60	53	60	67	71	76	74	79	38	
Antall laks fra smoltårgang						4781	3144	3047	2970	5758	4897	2198	2343	1795
Indeksverdi små						2,0	1,8	1,3	0,6	0,9	0,6	0,2	0,2	0,2
Indeksverdi mellom				0,2	1,9	1,0	0,7	0,6	0,8	1,3	0,9	1,7	0,7	0,5
Fangst 1 sjø vinter	2,5 kg					5110	3286	4923	9520	12801	16307	18140	18778	16880
Fangst 2 sjø vinter	5 kg					3358	5001	4230	4370	5282	5569	3137	4483	5230
Fangst 3 sjø vinter	10 kg					266	329	524	1209	880	1237	5086	1708	
Kilo laks fra smoltårgang						8733	8616	9676	15098	18963	23113	26364	24969	22110
Tovdalselva	Laks	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Årstall eldrefangst		0	0	0,5	1	0,5	1,5	1	13,7	4,5	7	2	6,5	6,2
Smoltår utgang		0	0	0	0,35	0,7	0,35	1,05	0,7	9,59	3,15	4,9	1,4	4,55
Dato for 50 % utvandring										21.mai	13.mai	23.mai	03.mai	13.mai
pH våren				6,1-6,3	6,0-6,2	>6,3	>6,2	>6,1	>6,2	> 6,3	>6,2	>6,4	>6,4	>6,4
Al april						90			90		19			
Al 1.halvpart mai						60					25	30	30	20
Al 2.halvpart mai										50	25	25	15	20
Al juni										50		20		45
Fangstreduksjon										40	20	20	20	<20
Fangst i elva (antall)														
Fangst 1 sjø vinter	<3 kg					62	74	114	154	479	501	196	362	336
Fangst 2 sjø vinter	3-7 kg				21	30	26	48	63	196	161	195	201	89
Fangst 3 sjø vinter	>7 kg			2	3	3	3	7	8	11	13	23	15	
Sum laks fra smoltårgang						92	100	162	217	675	662	391	563	425
Indeksverdi små						2,0	1,8	1,3	0,6	0,9	0,6	0,2	0,2	0,2
Indeksverdi mellom				0,2	1,9	1,0	0,7	0,6	0,8	1,3	0,9	1,7	0,7	0,5
Fangst 1 sjø vinter	2,5 kg					78	102	223	656	1386	2094	3155	4068	4459
Fangst 2 sjø vinter	5 kg					143	174	385	375	775	901	571	1341	890
Fangst 3 sjø vinter	10 kg					15	16	55	136	127	217	1481	674	
Kilo laks fra smoltårgang						236	292	663	1167	2289	3212	5207	6083	5349

Vedlegg 3

Notat

Til Roy Langåker
Direktoratet for naturforvaltning

Trygve Hesthagen
NINA, prosjektleder for reetableringsprosjektet på Sørlandet

Fra Espen Holthe og Vidar Moen
Veterinærinstituttet

Dato 15.03.2010

Forventet andel kultivert fisk i Tovdalselva og i Mandalselva i 2007 og 2008

På oppfordring fra Roy Langåker (DN) og Trygve Hesthagen (NINA) har vi i det følgende forsøkt å konkretisere noen betraktninger rundt den tilsynelatende svake overensstemmelsen mellom forventet og beregnet andel merket kultivert fisk i Tovdalselva i 2007 og 2008.

Forventet rognoverlevelse etter naturlig gyting

Det antas gjerne at gytefisken kvitter seg med all rogn i gyteperioden, og at ei hunn relativt sett bidrar like mye slik at fiskens vekt er bestemmende for hvor mye en kan forvente at den enkelte hunnen bidrar. I regelen nyttes følgende antagelse; 1450 rognkorn/kilo hunnfisk. Overlevelsen hos naturlig gytt rogn av atlantisk laks er i en del sammenhenger antatt å ligge nær 90 %. Undersøkelser indikerer at en mindre andel rogna kan bli liggende igjen i bukhulen etter gyting. Cunjak og Therrien (1998) beregnet at dette i snitt utgjorde mindre enn 5%. Rubin (1995) fant at den normalt lå på rundt 2 %, men at det i enkelte tilfeller kunne utgjøre mellom 10 og 25 %.

I Ørretboka fra 1941 beskriver Jacob D. Sømme (1948) en undersøkelse av et veldefinert gyteområde for ørret på Hardangervidda. Her ble det gytt omlag 35 000 rognkorn. Ved oppgraving av området etter gyting var det kun 150 rognkorn som hadde kommet ned i grusen, av disse var rundt 89 % befruktet. Resten av rognmengden var ikke vanskelig å etterspore. Inntil 100 meter nedstrøms gyteområdet ble det funnet død hvit rogn. Større deler av den tilgjengelige rognmengde kan gå tapt under gyting. Gjentatt oppgraving av gytegroper ved at ny fisk graver i de samme områdene ble antatt å være noe av årsaken. En annen årsak kan være at en del av rogna spyles ut av gytegropa under gyting og overgraving (Rubin 1995). Rubin & Glimsäter (1996) undersøkte overlevelse hos sjøørretrogn etter gyting og fant at overgraving av rognlommer fra annen gytefisk drepte 60 % av rogna på ett av deres utplantingsområder.

Rognoverlevelsen etter naturlig gyting av Atlantisk laks utplantet i kunstige gytegroper som grønnegg gav 7 % overlevelse frem til swim-up (Pauwels & Haines, 1994). McKenzie & Moring (1988) rapporterte om 2% overlevelse fra grønnegg og frem til swim-up stadiet hos Atlantisk laks utplantet i Whitlock–Vibert bokser. Fleming et al. (1996) fant at den gjennomsnittlige overlevelse hos avkom av vill Atlantisk laks frem til swim-up økte med økende størrelse av mordyret. Overlevelsen økte fra 30 til 48 % ved økt størrelsen på mordyret fra 1,2-5,5 kg. Gytingen skjedde i sirkulære arenaer ved forskningsstasjonen på Ims. Bisaillon et al. (2007) fant at overlevelsen frem til swim-up etter naturlig gyting hos Atlantisk laks i Trinite River i Quebec, Canada, lå på mellom 7 og 17% (min-maks) og varierte med grad av isdekke om vinteren. Økt isdekke gav bedre overlevelse. Cunjak og Therrien (1998) utviklet en modell for overlevelse mellom ulike livsstadier og estimerte overlevelsen hos Atlantisk laks fra egg deponering frem til 0+ stadiet over en periode på seks år (1990-1995). Den gj.snittlige overlevelsen frem til juni måned ble estimerte til 30,7 %.

Overlevelsen etter naturlig gyting hos andre laksefisk indikerer at overlevelse til swim-up normalt er relativt lav. McNeil et al (1964) fant at overlevelse hos naturlig gytt rogn av pink salmon vanligvis var på under 25 % frem til swim-up. Koski (1966) undersøkte overlevelsen frem til swim-up i 21 gytegroper av Coho laks, og fant at overlevelsen i snitt lå på 27,1 %. Naturlig gyting hos brunørret er rapportert å ha en overlevelse på 10 - 30 % fra gyting til swim-up (Dechant, 1980). Ward & Slaney (1993) undersøkte den potensielle rogndeponeringen hos steelhead (Onchorhynchus mykiss) over en periode på syv år (1976-1982) i et vassdrag på Vancouver-øya, British Columbia, Canada. Overlevelsen frem til en mnd etter swim-up ble estimert til 6,5 % ± 3,03; 1,8-11,5% (gj.snitt ± std; maks.-min.).

Overlevelse hos naturlig gytt lakserogn frem til swim-up er i våre estimater antatt å være på under 25%. Estimert antall larver til swim-up etter naturlig gyting er i tillegg til rognoverlevelse basert på opplysninger om fangst, forventet fangstrate og kjønnsfordeling hos laks i vassdraget. Estimerte verdier for Tovdalselva i perioden 2002-2008 er gitt i tabell 1 og for Mandalselva i perioden 2005-2008 er gitt i tabell 2.

Forventet rognoverlevelse etter utplanting av øyerogn

Klekkeprosent og overlevelse av rogn i kultiveringsanlegg er normalt høy. En av verdens største kommersielle rognleverandører (Aquagen) har normalt en befruktningsrate på 92 %. Frem til levering av øyerogn til kunde er avgang normalt på 2-3 %. Videre vil den hos kunder normalt ligge på 3-10 % frem til startforing (Bård Skjeldstad pers med.). Dette tilsier at en stor kommersiell aktør normalt har en overlevelse fra befruktning frem til "swim-up" på 79-87 %. Vår erfaring fra driften i de levende genbankene er at overlevelsen hos rogn fra befruktning til øyerogn normalt ligger på 82 - 90 % ved gode forhold i klekkeriet.

Mange års praksis med utplanting av øyerogn i elvegrusen ved bruk av Witlock Vibert esker har gitt oss mye data på overlevelse frem til klekking og videre frem til at larvene forlater rognboksene. Klekkeprosenten er på over 90%, og i regelen nær 98% . Data på overlevelse frem til tidlig og sein plommesekk-stadium indikerer at de er svært høye. Imidlertid er disse dataene mer usikre ettersom larvene har mulighet til å forlate boksene allerede rett etter klekking.

Estimert andel merket fisk i Tovdalselva 2003-2008

Forventet andel kultivert fisk ut fra andelen otolittmerket smolt fanget i Tovdalselva i årene 2007 og 2008, var på hhv 78 % og 80 %. For å undersøke realismen i disse tallene har vi estimert andel kultivert fisk ut fra fangststatistikk og utplantingene av fargemerket øyerogn i vassdraget. Ved å anta en smoltalder i Tovdalselva på 2 - 3 år, vil utvandrende smolt i 2007 ha opphav i foreldregenerasjonene fra 2004 og 2005. Deler av voksenfisken i vassdraget i 2007 besto trolig av smolt fra disse årene. Smoltalderen i Tovdalselva i 2006 ble estimert til 2,25±0,44 år og sjøalder ved kjønnsmodning til 1,33±0,62 år (Hesthagen, 2008). Hvis en antar at fangststatistikk gir en pekepinn på forekomst av sterke og svake årsklasser indikerer fangsten i 2003 og 2004 at foreldreårsklassene disse årene var svak sammenlignet med senere årsklasser. Hvis en videre antar lik kjønnsfordeling og at hunnfisk bidrar med 1450 rognkorn/kilo hunnfisk vil dette gi 242 875 naturlig produserte rognkorn i 2003 og 352 350 i 2004. En sammenstilling av estimerte verdier er gitt i tabell 1. Det er verdt å merke at det er en relativt lang fiskesesong i vassdraget (1. juni - 15. september). I Herefossfjorden er det tillatt med fiske hele året.

I 2003 ble det plantet ut 279 000 merkede øyerogn mens det i 2004 ble plantet ut 560 000 merkede øyerogn. Vi antar at 95 % av utplantet øyerogn overlever frem til swim-up. Antall overlevende frem til swim-up ble estimert til 60 719 larver for naturlig gytt rogn, mens overlevelsen frem til swim-up hos plantet rogn ble estimert til 265 050 larver. Andelen utplantet materiale utgjorde i 2003 hele 83 % av den totale rognmengden i vassdraget. For 2004 utgjorde utplantet rogn 90 % av den totale mengden larver i vassdraget. Snittvekten oppgitt i fangststatistikken for Tovdalselva i 2003 og 2004 var på hhv. 2,34 og 2,30 kg. Andelen hunnfisk i den gjenstående bestanden disse årene antas å være under 50 %. Basert på data fra skjellkontrollen av stamfisk i Mandalselva var det 23,9 % hunner blant 1-SV-, 64,6 % hunner blant 2-SV- og 81,8 % hunner blant 3-SV–fisk. En lignende sammensetning finner en trolig også i Tovdalselva. Til sammenligning kan nevnes at det i Ranelva i Nordland ble funnet at andelen hunner utgjorde 12 % for 1-SV-, 51 % for 2-SV- og 37 % for 3-SV fisk.

Estimerte antall gytere, # deponerte rognkorn og overlevelse hos naturlig produsert rogn og estimert overlevelse hos plantet rogn og andel kultivert fisk ved swim-up i Tovdalselva i perioden 2002-2008 er sammenstilt i tabell 1.

Materialet utplantet våren 2003 og 2004 forventes å opptre som smolt våren 2005, 2006 og 2007 (gj.snittlig smoltalder 2,5 år). Den utvandrede smolten forventes gjenfanget som voksenfisk i 2006-2009. I 2007 og 2008 forventes det et innslag av både 2003- og 2004-årsklassene.

Tabell 1. *Estimert andel merkede smolt av laks i Tovdalselva fordelt på år ut fra fangststatistikk og mengde utplantet øyerogn i vassdraget. Antar 50 % fangstrate, 50% hunner og 75% dødelighet hos naturlig produsert rogn. Det antas 1450 rognkorn/kg hunnfisk. Antar videre at 5% dødelighet hos utplantet rogn fra utplanting til swim-up. Fangststatistikk hentet fra DN og Mandalselva.no.*

År	Oppfisket kvantum (fangststatistikk) (kg)	Totalt oppvandret (kg)	Gjenstående gytefisk (kg)	# nat. gytt rogn	# nat gytt rogn (25% overlevelse til swim-up)	# utplantet øyerogn	# utplantet øyerogn (95% overlevelse)	Gj.sn. vekt (kg)	Estimert andel merket smolt (%) (*)	Prøvesvar andel otolittmerket smolt (%)	Prøvesvar andel otolittmerket voksenfisk (%) (**)
2002	303	606	303	219 675	54 919	249 000	236 550	-			
2003	335	670	335	242 875	60 719	279 000	265 050	2,34			
2004	486	972	486	352 350	88 088	560 000	532 000	2,3			
2005	1096	2192	1096	794 600	198 650	207 000	196 650	1,99	83	80	31
2006	1657	3314	1657	1 201 325	300 331	475 000	451 250	2,3	90	71	-
2007	1077	2154	1077	780 825	195 206	150 000	142 500	2,92	69	78	100
2008	1494	2988	1494	1 083 150	270 788	208 000	197 600	3,4	69	79	61
2009									32		
2010									50		

(*) Naturlig gytt rogn høsten 2002 klekket til samme tid som øyerogn utplantet våren 2003 osv.
(**)1-3 SV-fisk er vurdert samlet.

Overlevelsen og bidraget fra utplantet øyerogn sammenlignet med naturlig gytt rogn i vassdraget antas å være dels betydelig. Ut fra en konservativ antagelse om 25% overlevelse hos naturlig gytt rogn av laksefisk og 95% overlevelse hos utplantet øyerogn, vurderes den estimerte andelen merkede larver å harmonere bra med observert andel kultivert smolt og voksenfisk i årene 2005-2008. Dette på tross av at andelen otolittmerket fisk ble beregnet ut fra et dels svært begrenset materiale innsamlet i årene 2005-2008.

Estimert andel merket smolt og voksenfisk i Mandalselva i 2007-2008

I årsrapporten fra reetableringsprosjektet 2007 er smoltalderen for 2005 og 2007 i Mandalselva estimert til hhv 2,3±0,5 år (n=109) og 2,6±0,5 år (n=93) (Barlaup et al. 2008).

Kjønnsfordelingen av stamfisk registrert i Skjellkontrollen viste at andel hunner av 1-3-SV fisk var hhv 24% (n=113); 65% (n=48) og 82% (n=11). Den gjennomsnittlige vekten av 1-3 SV hunnfisk i fangstene ble estimert til hhv 1,7 kg, 4kg og 7,5 kg. Andelen 1-3-SV fisk i fangstene var i snitt 82, 19 og 2 % for årene frem til 2004. Fangstraten er estimert til 60%. En antar at hver hunn bidrar med 1450 rognkorn/kilo. Videre antas gjennomsnittlig overlevelse for naturlig gytt rogn å ligge på rundt 25% fra gyting til swim-up, og 95% på utplantet øyerogn. Overlevelsen fra swim-up til smolt er satt til 2%, mens overlevelsen første vinter i sjø er satt til 6%. Dødeligheten hos sommerforet yngel frem til smolt er satt til 75%. Estimerte antall gytere, # deponerte rognkorn, estimert overlevelse hos naturlig produsert rogn og overlevelse hos plantet rogn, estimert andel utvandrende kultivert smolt i Mandalselva i årene 2005 og 208 samt prøvesvar etter analyse av merke i otolitt hos smolt og voksenfisk i 2007 og 2008, er gitt i tabell 2.

Tabell 2. *Estimert andel merket kultivert fisk i Mandalselva fordelt på år. Fangststatistikk hentet fra DN og Mandalselva.no.*

År	Oppfisket kvantum (fangststatistikk) (kg)	Totalt oppvandret (kg)	Gjenstående gytefisk (kg)	# nat. gytt rogn	# nat gytt rogn (25 % overlevelse)	# utplantet øyerogn	# utplantet øyerogn (95 % overlevelse)	Smoltekvivalenter fra natrulig gytt rogn	Smoltekvivalenter fra plantet rogn	Smoltekvivalenter fra settefisk	Estimert andel utvandrende kultivert smolt	Prøvesvar andel otolittmerket smolt	Prøvesvar andel otolittmerket voksenfisk
2002	7639	12732	5093	2 764 860	691 215	0	0						
2003	8078	13463	5385	3 150 622	787 655	176 000	167 200						
2004	6575	10958	4383	2 495 144	623 786	255 500	242 725						
2005	10858	18097	7239	3 882 404	970 601	258 000	245 100	7877	1672	10646	61		
2006	11964	19940	7976	5 161 945	1 290 486	246 000	233 700	14114	4099	22021	65		
2007	6689	11148	4459	3 330 926	832 731	214 000	203 300	15944	4878	14802	55	84	78
2008	7877	13128	5251	3 769 606	942 401	245 000	232 750	22611	4788	3427	27	21	25

Den estimerte andelen kultivert fisk i vassdraget basert på utplantet rogn og utsatt settefisk var rundt 30 % lavere i 2007 og 6 % høyere i 2008 sammenlignet med utsvarte prøver fra otolitt analysene. Estimatene baserer seg på antagelser om en fast mortalitet for det enkelte livsstadium. Ofte vil denne vise store variasjon for det enkelte livsstadium mellom ulike år. I årsrapport fra reetablerigsprosjektet for 2007 kap. 4 konkluderer (refereanse) med følgende; "Overlevelsen til settefisk som ble utsatt i 2004 og 2005 hadde 3,7 ganger høyere overlevelse enn de utsatt fra 1999 til og med 2003 i gjennomsnitt målt, som innslag i smoltfangstene". Variasjonen er med andre ord stor.

Smolt fra Hesså, Logåna, Kosåna eller Finsåna vil trolig vandre ut når fysiologien og de lokale forhold i den enkelte sidegreina ligger til rette for det. Det vurderes som rimelig å anta at smolt på utvandring fra ulike sidegreiner opptrer klumpvis og til ulike tidspunkt i et større vassdrag. Forholdet mellom antall merket og umerket fisk vil kunne variere avhengig av andeler merket fisk i ulike delene av vassdraget og antall utvandrende smolt. I Kosåna ble det plantet rogn og foretatt registreringer av smolt på utvandring. Her ble andelen otolittmerket smolt funnet å være 95% i 2007 (n=80) og 100% i 2008 (N=41). Innsamling av prøver fra ungfisk i ulike deler av vassdraget ville i kombinasjon med tetthet kunne gitt et representativt bilde av andelen kultivert fisk fra ulike deler av vassdraget. En årlig innsamling med målsetning om å samle inn 80

utvandrende smolt fra ett punkt i nedre deler av et så vidt stort vassdrag forventes kun i liten grad å kunne gi et representativt bilde av andel kultivert fisk i vassdraget.

Estimert andel kultivert smolt ut fra fangststatistikk samt utplantet rogn og settefisk synes å være i samme størrelsesorden som andeler oppgitt i prøvesvar basert på analyse av merke i otolitt. Det relativt lave antallet individer prøvetatt for otolitt analyser hvert år øker usikkerheten i tallene.

Veterinærinstituttet vil i månedsskiftet januar/februar 2011 sluttføre rapporten; *"Veterinærinstituttets praksis og rutiner ved bademerking og identifikasjon av merke i øresteiner (otolitter) hos laksefisk".* Denne rapporten vil inneholde en mer omfattende metodegjennomgang i forhold til tidligere oversendte redegjørelse; *"En redegjørelse av Veterinærinstituttets praksis og rutiner ved bademerking og identifikasjon av merke i otolitt av laks i Mandalselva og Tovdalselva".*

Veterinærinstituttet vil derfor henvise til den nye rapporten i forhold knyttet til metoden, bademerking og identifikasjon av merker i otolitter ved bruk av Alizarin.

Referanser

Bisaillon, J-F., Bergeron, N. E. and Caron, F. 2007. Effect of winter harshness on Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) egg to fry (0+) and fry to parr (1+) over-winter mortality. CGU HS Committee on River Ice Processes and the Environment. 14th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers Quebec City, June 19-22, 2007.

Cunjak, R.A. and Therrien, J. 1998. Interstage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar L.* Fisheries Management and Ecology, 1998, 5, 209-223.

Dechant, T. 1980. An analysis of biotic and abiotic parameters associated with brown trout fry production in two southern Appalchian trout streams. U.S. department of Agriculture, Forrest service, Southeastern Forest Experiment Station, Final report, Contract 18-454, Supplement 1, Ashevile, North Carolina, USA.

Fleming, I.A., Jonsson, B., Gross, M.R., and Lamberg, A. 1996. An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon. Journal of Applied Ecology. 33, 4, 893-905

Hesthagen, T. 2008, (Red). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2007. DN-utredning 2008-8.

Koski, V.K 1966. The survival of Coho Salmon (Oncorhynchus kisutch) from egg deposition to emergence in three Oregon coastal streams. A Thesis submitted to Oregon State University, Master of Science.

Mackenzie, C. and Moring, J.R. 1988. Estimating Survival of Atlantic Salmon during the Intragravel Period. North American Journal of Fisheries Management 1988, 8: 45-49

McNeil, J. and Ahnell, W.H. 1964. Success of Pink salmon spawning relative to size of spawning bed materials. United States Fish and Wildlife Service. Special Scientific Report-Fisheries. No 469.

Pauwels, S.J. and Haines, T.A. 1994. Survival, Hatching, and Emergence Success of Atlantic Salmon Eggs Planted in Three Maine Streams. North American Journal of Fisheries Management 1994, 14: 125-130

Rubin, J.F. 1995. Estimating the success of natural spawning of salmonids in streams. Journal of Fish Biology, 1995, 46: 603-622.

Rubin, J.F. and Glimsäter, C. 1996. Egg-to-fry survival of the sea trout in some streams of Gotland. Journal of Fish Biology, 1996, 48: 585-606.

Sømme, D.I. 1948. Ørretboka 3. utg. J. Dybwads Forlag. p. 232.

Ward, B.R & Slaney, P.A. 1993. Egg-to-Smolt Survival and Dry-to-Smolt Density Dependence of Keogh River Steelhead Trout. In Production of Juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar*, in Natural Waters (Ed) Bibson, R.J. & Cutting, R.E. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 118.

Vedlegg 4

En vurdering av fargemerking som metode for å evaluere effekten av rognplanting i Reetableringsprosjektet

Notat til Direktoratet for naturforvaltning den 13.1.2010
Fra Trygve Hesthagen og Bjørn T. Barlaup

Fargemerking har vært benyttet for å gi et mål på hvor stor andel av fiskebestander som har bakgrunn i kultivering, som f eks rognplanting. Dette gjøres ved at rogna merkes på øyerognstadiet. Det avsettes da et fargemerke i otolitten, dvs. fiskens ørestein, som senere kan identifiseres hos ungfisk, smolt og tilbakevandret laks i bestanden (voksne og kjønnsmodne individ). I Reetableringsprosjektet har fargemerkingen vært gjennomført av Veterinærinstituttet i Trondheim. Tidlig i prosjektet ble det stilt spørsmål ved merkingen siden det ble funnet umerket lakseyngel på et område i Tovdalselva hvor naturlig rekruttering ble vurdert som svært lite sannsynlig. Det ble derfor gjort en blindtest som viste at merket énsomrig yngel fra 2002 årsklassen ble bestemt som umerket. Det ble da gjort justeringer av metoden for å sikre et bedre merkeresultat.

Analyse for fargemerker hos smolt og voksen fisk fra Tovdalselva

I årene 2004-08 ble det fanget inn utvandrende smolt ved bruk av en smoltfelle i Tovdalselva. Et utvalg otolitter fra denne smolten ble analysert for fargemerker. Resultatene viste en stabil og høy andel merket smolt i undersøkelsesperioden, idet innslaget av merket smolt varierte fra 71 til 84 % (**tabell 1**).

Tabell 1. *Andel merket laksesmolt blant et utvalg undersøkte smolt tatt i storrusen i Tovdalselva i årene 2004-08.*

År	Antall umerket	Antall merket	Andel merket (%)
2004	11	47	81
2005	7	37	84
2006	14	34	71
2007	20	73	78
2008	8	31	80
Sum:	60	222	79

Andelen merket smolt var høyere og mer stabil enn forventet siden det utover på 2000-tallet har vært en økning i den naturlige reproduksjonen av laks i Tovdalselva (jfr. Saltveit mfl. 2009, Anon 2009a). Siden undersøkelsene har vist at smoltalderen i Tovdalselva i perioden 2004 til 2008 har variert fra 2,0 til 2,9 år, er det naturlig at den undersøkte smolten i hovedsak stammer fra årsklassene 2001 til 2006. Basert på rapporterte fangster fra sportsfiske har Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon 2009b) gitt et estimat for antall kg hunnlaks i gytebestanden i Tovdalselva. Dette estimatet kan omregnes til et mål på forventet rognmengde basert på en forventning om at hver hunnfisk har 1450 rogn per kg kroppsvekt (Hindar mfl. 2007). Estimatene viser at den forventede mengden naturlig gytte rogn har vært mye høyere enn mengden rogn som årlig har vært plantet ut i Tovdalselva (**tabell 2**). Videre tilsier estimatene at det i perioden 2001-2006 har vært en betydelig økning i den naturlige rekrutteringen, dvs. fra et nivå på om lag 400 000 – 450 000 gytte rogn i årene 2001- 2003, til 1,5 og nær 2,0 millioner gytte rogn i hhv. 2005 og 2006. Denne endringen sammenfaller også med økende tettheter av ungfisk registret på stasjonene for elektrisk fiske som ligger nedstrøms Flaksvatnet, dvs. på strekningen hvor det ikke har vært plantet ut rogn (Saltveit mfl. 2008, Anon 2009). Andelen otolittmerket smolt registrert i smoltfellen er altså derimot stabil og høy (71 – 84 %) i hele perioden 2004-2008. Sett i lys av den betydelige og økende naturlige rekrutteringen i samme periode, synes

en så høy og stabil andel smolt fra rognplantingene lite sannsynlig. På den annen side kan en ikke utelukke at resultatene gjenspeiler svært ulik overlevelse mellom rogn som er naturlig gytt og rogn som er plantet. En kan heller ikke helt utelukke at det uventet stabile og høye innslaget av merket smolt skyldes tilfeldigheter siden det er usikkerhet forbundet med å ekstrapolere resultater fra et relativt lavt antall undersøkte smolt til bestandsnivå. Imidlertid synes også disse utfallene lite sannsynlige. Det er derfor grunn til å stille spørsmål ved om det kan være en metodisk feil som er årsak til at resultatene fra otolittmerkingen og vurderingen av den naturlige rekrutteringen i Tovdalselva er svært avvikende.

Tabell 2. *Antall rogn plantet ut i Tovdalselva i regi av Reetableringsprosjektet sammenliknet med estimat fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning for antallet kg hunnlaks i gytebestanden og antall naturlig gytte rogn basert på en antagelse om at hver hunnfisk har 1450 rogn per kg kroppsvekt (jfr. Anon 2009b).*

År	**Antall rogn plantet ut (millioner)**	**Estimat for antall kg hunn-laks i gytebestanden**	**Estimert antall naturlig gytte rogn (millioner)**
2000	0,018	170	0,25
2001	0,240	320	0,46
2002	0,249	300	0,44
2003	0,279	290	0,42
2004	0,560	460	0,67
2005	0,207	940	1,36
2006	0,475	1660	2,41
2007	0,150	1170	1,70
2008	0,208	1510	2,19
Sum:	2,386	6820	9,89

I tillegg er det analysert 35 otolitter fra smålaks (< 2,4 kg) tatt i Tovdalselva i 2005. Av disse var 11 stk. merket, dvs. en merkeandel på 31,5 %. Tilsvarende ble det analysert 21 laks tatt på sportsfiske i Tovdalselva i 2007. Av disse var 17 stk. < 3 kg og 4 stk. > 3 kg. Samtlige 21 laks var merket, dvs. en merkeandel på 100 %. Det var relativt liten forskjell i fordelingen mellom 1- og 2-sjøvinterfisk tatt i Tovdalselva i perioden 2001-06, mens 2-sjøvinterfisk dominerte i 2007 (Johnsen 2010).

Dette resultatet er usannsynlig om det ekstrapoleres til bestandsnivå, tatt i betraktning den betydelige naturlige rekrutteringen i vassdraget (cf. **tabell 2**).

Analyse for fargemerker hos smolt og voksen fisk fra Mandalselva

I årene 2007 og 2008 ble det fanget inn utvandrende smolt ved bruk av en smoltfelle i Mandalselva, samt av voksen fisk (stamfisk). Stamfisken ble i begge årene hovedsakelig fanget i laksetrappa nedenfor Laudal, bortsett fra noen som ble fanget med stang ved Finså i 2008 (Kristian Hestvåg pers. medd.). Det var relativt liten forskjell i fordelingen mellom 1- og 2-sjøvinterfisk tatt i Mandalselva i de to årene (Johnsen 2010). Et utvalg otolitter fra begge kategoriene ble analysert for fargemerker. Resultatene fra 2007 viste at 83,7% av smolten var fargemerket, mens andelen blant eldre individ var noe lavere med 78,1 % (**tabell 3**). I 2008 var derimot andelen merket fisk betydelig lavere, med 20,7% for smolt og 25,0% for voksen fisk.

Tabell 3. *Andel merket laksesmolt blant et utvalg tatt i smoltskruen i Mandalselva, og blant vokse individ tatt under stamfiske for årene 2007 og 2008.*

År	Stadium	Antall Umerket	Antall merket	Andel merket (%)
2007	Smolt	17	87	83,7
2007	Voksen	14	50	78,1
2008	Smolt	65	17	20,7
2008	Voksen	60	20	25,0

I Kosåna og Lågåna har det i perioden 2003-08 vært satt ut og merket totalt 1,402 millioner rogn, med en årlig variasjon mellom 0,176- 0,258 millioner individ (**tabell 4**). Dette tallet er svært lite sammenliknet med estimatene for antall naturlig gytt rogn, med over 68 millioner. Tallene er imidlertid ikke direkte sammenliknbare fordi smolten ble samlet inn ved Hesså, som ligger i øvre deler av lakseførende strekning. Derimot ligger Lågåna nedstrøms Hesså, slik at merket smolt herfra ikke blir registrert i smoltfangsten.

Sett i lys av den betydelige og økende naturlige rekrutteringen i Mandalselva i samme periode (cf. Anon. 2009a), samt at antall naturlig gytt rogn er svært mye høyere enn antall planta rogn, synes en så høy andel smolt og voksne individ fra rognplantingen lite sannsynlig. Dette gjelder spesielt for 2007.

Tabell 4. *Antall rogn plantet ut i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget i regi av Reetableringsprosjektet i perioden 2003-08, sammenliknet med estimat fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning for antallet kg hunnlaks i gytebestanden og antall naturlig gytte rogn i Mandalselva basert på en antagelse om at hver hunnfisk har 1450 rogn per kg kroppsvekt (cf Anon 2009b).*

År	Antall rogn plantet ut i Kosåna (millioner)	Antall rogn plantet ut i Lågåna (millioner)	Estimat for antall kg hunnlaks i gytebestanden	Estimert antall naturlig gytte rogn (millioner)
2001			5930	8,60
2002			4780	6,93
2003	0,100	0,0760	5020	7,27
2004	0,190	0,0655	3990	5,79
2005	0,194	0,0640	6330	9,17
2006	0,192	0,0540	7770	11,27
2007	0,214	0	4900	6,95
2008	0,245	0	8100	11,74
Sum:	1,135	0,2595	46710	67,73

Blindtest av seks otolittmateriale fra tre vassdrag

For å evaluere metoden med fargemerkingen av otolitter, ble det sommeren 2009 gjennomført en blindtest ved at LFI v/Uni Miljø sendte et randomisert materiale til Veterinærinstituttet i Trondheim for bestemmelse. Materialet besto både av merket og umerket fisk. Den delen av materialet som var merket besto av otolitter fra totalt seks ulike merkinger, og omfattet merking av to årsklasser med rogn i Ekso, én årsklasse i Vosso og tre årsklasser fra Vikja. Prøvene fra Ekso og Vikja ble tatt fra tosomrig eller eldre ungfisk som var fanget inn oppstrøms lakseførende strekning og hvor det var plantet ut fargemerket rogn. I Vosso ble materialet tatt fra ettårig smolt fra Voss klekkeri. Merkelistene fra LFI ble sendt Direktoratet for naturforvaltning, som foretok sammenlikningen av merkelister og prøvesvar. Resultatene viste at det ble gjort feilbestemmelser ved at merket fisk ikke ble påvist i tre av de seks undersøkte materialene. Dette gjaldt begge årsklassene i

Ekso og den ene årsklassen som var representert i Vosso. I de tre årsklassene fra Vikja ble det derimot ikke funnet feil. En oversikt over disse prøvesvarene er gitt i **tabell 5**.

Tabell 5. *Resultatene fra seks blindtester basert på innsendelse av et randomisert merkemateriale fra tre ulike vassdrag i perioden 2003-08.*

Elv	Merkeår rogn (Årsklasse)	Innsamlet	Antall undersøkt Sum = 76	Prøvesvar (% merket)	Fasit (% merket)	Feilbestemt (%)
Ekso	2003	2005	13	38,5	100	61,5
Ekso	2005	2007	13	53,8	100	46,2
Vosso	2008	2009	6	83,3	100	16,7
Vikja	2005	2006	15	100	100	0
Vikja	2007	2009	14	100	100	0
Vikja	2008	2009	15	100	100	0

Blindtesten besto i tillegg av prøver fra umerket fisk fra Mandalselva (12 smolt fra 2003), Otra (17 presmolt samlet inn våren 2009) og Daleelva i Vaksdal (14 smolt tatt i smoltfelle våren 2008 pluss 9 stk. ettårig klekkerismolt). Alle disse umerkede fiskene (totalt 52 stk) ble korrekt avlest som umerket. Samlet viste resultatene fra blindtesten likevel at det var en til dels betydelig underestimering av merket fisk, mens det ikke ble påvist tilfeller av overestimering av andelen merket fisk.

I tillegg til disse testene ble det i 2009 utført en lesing av 25 stk. otolitter fra smoltmateriale fra Tovdalselva i 2006. Denne analysen ble utført av Uni Miljø ved bruk av et UV-lys mikroskop som benyttes til å identifisere otolittmerker ved Universitetet i Bergen. I dette materiale ble det ikke påvist fargemerker (Helge Skoglund. pers. med.). Dette i motsetning til resultatene analysert av Veterinærinstituttet som ga et innslag av merket smolt på 71 %, dvs. av 48 undersøkte otolitter var 34 merket (jfr. **tabell 1**). Det var riktignok ikke de samme otolittene som ble avlest ved de to analysene, men materialet stammet fra samme smoltutgang og burde derfor være mer samstemt. Disse motstridende resultatene tyder på ulik metodebruk, og flere analyser av dette materialet bør gjennomføres for å avklare dette forholdet.

Konklusjon

Samlet viser erfaringene med avlesingene av fargemerkinger, at det er en betydelig usikkerhet knyttet til tolkningen av resultatene. Denne usikkerheten gjør at resultatene fra fargemerkingen som omhandler smolt og voksen fisk ikke kan vektlegges i rapporteringen fra Reetableringsprosjektet.

Referanser

Anon. 2009a. Kalking av laksevassdrag. Effektkontroll 2008. Regionale og vassdragsvise utviklingstrekk. DN Notat 2009-2.

Anon. 2009b. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse og beskatningsråd for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 1b. 357 s.

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Sægrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestadner i Norge. NINA Rapport 226. 78 s.

Johnsen, B.O. 2010. Utviklingen i bestandene av voksen laks i Tovdalelva og Mandalselva etter kalking. I: Samlerapport fra Reetableringsprosjeket. (I prep.)

Saltveit, S.J., Å. Brabrand, H. M. Berger, T. Bremnes, E. Kleiven, & H. Pavels. 2009. Tovdalsvassdraget. Fisk. Direktoratet for naturforvaltning. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2008. DN Notat 2009-2.

Vedlegg 5a

Gjennomsnittlig lengde ±SD og fordeling (antall) av 1-sjøvinter, 2-sjøvinter og 3-sjøvinter fisk i skjellprøvematerialet av voksen villaks i Mandalselva i perioden 1998-2008.

		Sjøalder		
År	**Gjennomsnittlig lengde±SD**	**1-sjøvinter**	**2-sjøvinter**	**> 2-sjøvinter**
1998	606 ± 93	45	9	0
1999	625 ± 96	23	3	1
2000	592 ± 58	139	3	1
2001	609 ± 68	270	19	3
2002	640 ± 104	165	51	3
2003	667 ± 109	180	64	22
2004	640 ± 115	123	53	9
2005	636 ± 98	266	64	13
2006	643 ± 112	157	106	10
2007	688 ± 108	25	46	13
2008	694 ± 120	13	40	8

Vedlegg 5b

Fordeling (antall) av 2, 3 og 4 - års smolt i skjellprøvematerialet av voksen villaks i Mandalselva i perioden 1998 - 2008.

	Smoltalder		
År	**2 år**	**3 år**	**4 år**
1998	38	15	0
1999	14	8	1
2000	110	28	1
2001	242	47	1
2002	145	67	5
2003	151	114	4
2004	123	52	5
2005	248	100	1
2006	173	111	5
2007	54	36	2
2008	38	27	0

Vedlegg 5c

Gjennomsnittlig lengde ±SD og fordeling (antall) av 1-sjøvinter, 2-sjøvinter og 3-sjøvinter fisk i skjellprøvematerialet av voksen villaks i Tovdalselva i perioden 2000 - 2008.

		Sjøalder		
År	**Gjennomsnittlig lengde±SD**	**1-sjøvinter**	**2-sjøvinter**	**>2-sjøvinter**
2000	609,9±55,8	15	0	0
2001	683,8±105,1	19	7	0
2002	656,8±108,2	9	4	0
2003	-	0	0	0
2004	653,5±134,5	21	11	3
2005	622,1±83,5	69	6	1
2006	620,5±111,5	50	15	2
2007	662,2±120,7	11	14	4
2008	705,8±113,0	10	13	5

Vedlegg 5d

Fordeling (antall) av 2, 3 og 4 - års smolt i skjellprøvematerialet av voksen villaks i Tovdalselva i perioden 2000 - 2008.

	Smoltalder		
År	**2 år**	**3 år**	**4 år**
2000	14	1	0
2001	23	2	0
2002	11	1	1
2003	0	0	0
2004	32	3	0
2005	68	10	0
2006	53	16	0
2007	18	9	2
2008	17	12	1

Vedlegg 6a

Kovariansanalyse (ANCOVA) for lengde av 0+ laks fra Mandalselva med område som faktor og tetthet som kovariat. Lengden er målt i felt på fersk fisk. Fisken er aldersbestemt ut fra lengdefordelingen i et referansemateriale.

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig. (p)
Corrected Model	1967.356[a]	5	393.5	25.6	0,000
Intercept	32256.5	1	32256.5	2101.4	0,000
Total tetthet	318.9	1	318.9	20.8	0,000
Område	1769.7	4	442.4	28.8	0,000
Error	491.2	32	15.3		
Total	92427.0	38			
Corrected Total	2458.6	37			

Vedlegg 6b

Kovariansanalyse (ANCOVA) for lengde av 1+ laks fra Mandalselva med område som faktor og tetthet som kovariat. Lengden er målt i lab på spritfiksert fisk som er aldersbestemt.

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig. (p)
Corrected Model	6372.585[a]	5	1274.5	13.4	.000
Intercept	145420.1	1	145420.1	1525.9	.000
Total tetthet	2141.2	1	2141.2	22.5	.000
Område	4082.3	4	1020.6	10.7	.000
Error	3240.3	34	95.3		
Total	356846.6	40			
Corrected Total	9612.8	39			

Vedlegg 6c

Kovariansanalyse (ANCOVA) for lengde av 0+ laks fra Tovdalselva med område som faktor og tetthet som kovariat. Lengden er målt i lab på spritfiksert aldersbestemt materiale.

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig. (p)
Corrected Model	333.544[a]	3	111.181	5.707	0,009
Intercept	26407.713	1	26407.713	1355.445	0,000
Total tetthet	81.713	1	81.713	4.194	0,060
Område	142.339	2	71.170	3.653	0,053
Error	272.758	14	19.483		
Total	50164.926	18			
Corrected Total	606.301	17			

Vedlegg 6d

Kovariansanalyse (ANCOVA) for lengde av 1+ laks fra Tovdalselva med område som faktor og tetthet som kovariat. Lengden er målt i lab på spritfiksert fisk som er aldersbestemt.

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig. (p)
Corrected Model	1402.030[a]	3	467.3	2.8	.080
Intercept	98491.9	1	98491.9	594.0	.000
Total tetthet	201.7	1	201.7	1.2	.290
Område	754.6	2	377.3	2.3	.142
Error	2155.5	13	165.8		
Total	190322.8	17			
Corrected Total	3557.6	16			

Vedlegg 7a

Smoltgrupper merket og utsatt i Mandalselva i perioden 1997-2007.

Dato og år	Utsettingssted	Stamme	Alder	Antall utsatt
5 mai 1997	Stoveland	Imsa	1+	1993
5 mai 1997	Munningen	Imsa	1+	1989
12 mai 1998	Anlegget	Mandal	1+	1995
19 mai 1999	Nedenf. Laudal kraftverk	Mandal	1+	2978
19 mai 1999	Kraftverktunnelen	Mandal	1+	1095
12 mai 2000	Mjåland	Mandal	2+	2893
11 mai 2000	Kraftverktunnelen	Mandal	1+	2957
11 mai 2000	Kleveland	Mandal	1+	2162
11 mai 2000	Kleveland	Mandal	2+	831
14 mai 2001	Kraftverktunnelen	Mandal	1+	1909
14 mai 2001	Nedenfor kraftverket	Mandal	1+	1000
22 mai 2002	Kraftverktunnelen	Mandal	2+	976
22 mai 2002	Kraftverktunnelen	Mandal	1+	1698
22 mai 2002	Nedenfor kraftverket	Mandal	2+	1066
22 mai 2002	Nedenfor kraftverket	Mandal	1+	1195
22 mai 2002	Kleveland	Mandal	1+	987
22 mai 2002	Hesså	Mandal	1+	1682
14 mai 2004	Mjåland	Mandal	1+	2986
14 mai 2004	Kleveland	Mandal	1+	2988
25 mai 2005	Mjåland	Mandal	1+	2914
25 mai 2005	Mjåland	Bjerkreim	1+	2951
25 mai 2005	Terskel 10	Mandal	1+	2398
25 mai 2005	Terskel 10	Bjerkreim	1+	387
9 mai 2006	Mjåland	Mandal	1+	2930
9 mai 2006	Mjåland	Bjerkreim	1+	2623
9 mai 2007	Mjåland	Mandal	1+	4440
9 mai 2007	Mjåland	Bjerkreim	1+	4485

Vedlegg 7b

Fordeling av gjenfangster av voksen laks på elv og sjø, feilvandring (% laks fanget i andre elver enn utsettings-elven/totalt antall gjenfangster i ferskvann) og total gjenfangst i prosent av antall utsatte smolt i Mandalselva, 1997-2007.

Utsettingsår	Sted (Stamme)	Antall utsatt	Gjenfanget i Mandalselva	Gjenfanget i andre elver	Gjenfanget i sjø	% feilvandring	% gjenfangst
1997	Stoveland	1993	0	0	0	-	0
1997	Munningen	1989	6	15	8	71	1,5
1998	Fiskeanlegget	1995	17	4	5	19	1,3
1999	Nedenf. Laudal kraftverk	2978	1	0	0	-	0,0
1999	Kraftverk-tunnelen	1095	0	0	0	-	0
2000	Mjåland 2+	2893	57	26	18	31	3,5
2000	Kraftverk-tunnelen	2957	7	5	9	42	0,7
2000	Kleveland 1+	2162	18	17	11	49	2,1
2000	Kleveland 2+	831	14	7	3	33	2,9
2001	Kraftverk-tunnelen	1909	0	0	0	-	0
2001	Nedenfor kraftverket	1000	0	1	0	-	0
2002	Kraftverk-tunnelen 2+	976	0	1	0	-	0
2002	Kraftverk-tunnelen 1+	1698	0	0	0	-	0
2002	Nedenfor kraftverket 2+	1066	0	3	1	-	0,4
2002	Nedenfor kraftverket 1+	1195	0	1	0		0,1
2002	Kleveland 1+	987	2	1	1	-	0,4
2002	Hesså 1+	1682	0	0	0	-	0
2004	Mjåland1+	2986	5	5	0	50	0,3
2004	Kleveland 1+	2988	0	3	0	100	0,1
2005	Mjåland 1+ (Mandal)	2914	0	2	0	100	0,1
2005	Mjåland 1+ (Bjerkreim)	2951	1	3	0	75	0,1
2005	Terskel 10 1+ (Mandal)	2398	1	4	0	80	0,2
2005	Terskel 10 1+ (Bjerkreim)	387	0	0	0	0	0
2006	Mjåland 1+ (Mandal)	2930	1	2	1	67	0,1
2006	Mjåland 1+ (Bjerkreim)	2623	0	1	0	100	0
2007	Mjåland 1+ (Mandal)	4440	3	3	0	50	0,1
2007	Mjåland 1+ (Bjerkreim)	4485	1	2	0	67	0,1

DN-utredning

oversikt

2010

7-2010: Etablering av nye laksestammer på Sørlandet. Erfaringer fra arbeidet i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking
6-2010: Supplerende kartlegging av biologisk mangfold i jordbrukets kulturlandskap, inn og utmark i Oslo og Akershus, med en vurdering av kunnskapsstatus.
5-2010: Supplerende kartlegging av biologisk mangfold i jordbrukets kulturlandskap, inn- og utmark i Vestfold, med en vurdering av kunnskapsstatus
4-2010: Datagrunnlag for Naturindeks 2010
3-2010: Naturindeks for Norge 2010
2-2010: Spredning av fremmede karplanter fra veganlegg – kartlegging og metodeutvikling
1-2010: Mulige effekter av etablering av stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) i Norge

2009

6-2009: Overvåkning av fjellvegetasjon sommeren 2008 (GLORIA-prosjketet)
5-2009: Bleka i Byglandsfjorden – bestandsstatus og tiltak for økt naturlig rekruttering 1999-2008
4-2009: Moderne hjorteviltforvaltning med ny virkemiddelbruk mot 2015
3-2009: Utvikling av tradisjonelle kulturlandskaper i Barentregionen – KNP-modellen
2-2009: GMO Assessment in Norway as Compared to EU Procedures: Societal Utility and Sustainable Development
1-2009: Supplerande kartlegging av biologisk mangfald i jordbrukets kulturlandskap, inn- og utmark, i Hordaland med en vurdering av kunnskapsstatus
Nasjonalt program for kartlegging og overvaking av biologisk mangfald

2008

10-2008: Klima og effekter på økosystemer og biologisk mangfold -scenario stølslandskapet i Valdres
9-2008: Nå eller aldri for Vossolaksen - anbefalte tiltak med bakgrunn i bestandsutvikling og trusselfaktorer
8-2008: Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2007
7-2008: Evaluering av bekjempelsesmetoder for *Gyrodactylus salaris*. – Rapport fra ekspertgruppe
6-2008: Supplerande kartlegging av biologisk mangfald i jordbrukets kulturlandskap, inn- og utmark, i Sogn og Fjordane
Nasjonalt program for kartlegging og overvaking av biologisk mangfald
5-2008: Bestandsstatus for laks i Norge. Prognoser for 2008. Rapport fra arbeidsgruppe
4-2008: Supplerende kartlegging av biologisk mangfold i jordbrukets kulturlandskap, inn- og utmark, i Vest- og Aust-Agder, med en vurdering av kunnskapsstatus
3-2008: Supplerende kartlegging av biologisk mangfold i jordbrukets kulturlandskap, inn- og utmark, i Buskerud med en vurdering av kunnskapsstatus
Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold
2-2008: Nasjonal overvåking av marint biologisk mangfold i havområder og Arktis – Forslag til overvåkingselementer, lokalisering og kostnadsoverslag
1-2008: Supplerende kartlegging av biologisk mangfold i jordbrukets kulturlandskap, inn- og utmark, i Midt-Norge; Møre og Romsdal og Oppdal, med en vurdering av kunnskapsstatus
Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold

2007

4-2007: Supplerende kartlegging av biologisk mangfold i jordbrukets kulturlandskap, inn- og utmark, i Rogaland med en vurdering av kunnskapsstatus -
Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold
3-2007: Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006
2-2007: Bestandsstatus for laks 2007. Rapport fra arbeidsgruppe
1-2007: Den norske våtmarksarven. Styrket forvaltning og utvidelse av nettverket av Ramsarområder og andre vernede våtmarker i Norge. Tiltaksplan 2007-2010

KONTAKTINFO
Direktoratet for naturforvaltning. Besøksadresse: Tungasletta 2.
Postadresse: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim,
tlf: 73 58 05 00, faks: 73 58 05 01, e-post: postmottak@dirnat.no, www.dirnat.no

Direktoratet for naturforvaltning har sentrale, nasjonale oppgaver og ansvar i arbeidet med å forvalte norsk natur. Det innebærer å bevare naturmangfoldet og legge til rette for friluftsliv og bruk av naturens ressurser.

Direktoratet for naturforvaltning er en rådgivende og utøvende etat, underlagt Miljøverndepartementet. Vi har myndighet til å forvalte naturressurser, gjennom ulike lover og forskrifter som Stortinget har vedtatt.

Ut over lovbestemte oppgaver har vi også ansvar for å identifisere, forebygge og løse miljøproblemer. Direktoratet for naturforvaltning samarbeider med andre myndigheter og gir råd og informasjon til befolkningen.