

Fiskebiologiske undersøkelser
i Aurlandsvassdraget
1989 - 1999.

Oppsummering av resultater
og evaluering av tiltak



Rådgivende Biologer AS

Fiskebiologiske undersøkelser i Aurlandsvassdraget 1989 - 1999. Oppsummering av resultater og evaluering av tiltak.

Forfattere:

Harald Sægvog & Bjart Are Hellen (*Rådgivende Biologer AS*), Arne J. Jensen (*Norsk Institutt for Naturforskning-NINA*), Bjørn T. Barlaup (*LFI-Universitetet i Bergen*) og Geir Helge Johnsen (*RB*).

Oppdragsgiver:

Oslo Energi AS

Oppdraget gitt:

September 1999

Arbeidet utført:

1999 - 2000

Rapport dato:

15. mai 2000

Rapport nr:

450

Antall sider:

73

ISBN nr:

ISBN 82-7658-303-2

Rapport utdrag:

I perioden etter full regulering av Aurlandsvassdraget (1983 – 1999), er bestandene av voksen laks og sjøaure redusert til henholdsvis under 10 % og til ca. 30 % av bestandsstørrelse i perioden før regulering (1969 – 1977). Utsatt aure utgjør 10-15 % av bestanden, og overlevelsen for utsatt fisk har vært svært lav (< 0,5 %). I Aurlandselva er sommertemperaturen redusert etter regulering, og den lave temperaturen i perioden etter at laksungene kommer opp av grusen er høyst sannsynlig en flaskehals for rekruttering og produksjon av laksesmolt, og muligens også for aure. Det er vanskelig å tallfeste hvor mye av temperaturendringene i Aurlandselva som skyldes reguleringen og hvor mye som skyldes generell variasjon i klima. I Vassbygdelva har sommertemperaturen økt etter regulering. På 1990-tallet har et lavt antall gytelaks vært begrensende, og lav sjøoverlevelse har sannsynligvis forsterket nedgangen i laksebestanden. På 1980-tallet var det lav veksthastighet og høy smoltalder på auren, mens veksthastigheten har økt utover 1990-tallet. Fram til 1992 medførte utsetninger av aure i Aurlandselva sannsynligvis en reduksjon i produksjonen av vill auresmolt i elva. Utover 1990-tallet har bestanden av aure økt, både av ungfisk og voksen fisk. Det er også resultater som indikerer at bestandsøkningen vil fortsette. Reguleringen har medført at vanddekt areal i perioden mai – september et gjennomsnittså er redusert med 28 % i Aurlandsvassdraget, hvorav hele Midjeelvas areal som utgjorde 5 %, er gått tapt som produksjonsområde. Det er likevel usikkert om smoltproduksjon er proporsjonal med vanddekt areal i vekstsesongen. I Vassbygdelva er vintervannføringen sterkt redusert etter reguleringen. Siden 1995 er det blitt sluppet ekstra vann i tørre perioder, og det pågår ombygging av elveløpet for å øke det vanddekte arealet. Sjøaurens tilvekst den første sommeren i sjøen er blitt redusert med 10-15 % etter regulering, og dette kan skyldes forsinket smoltutvandring på grunn av redusert vannføring i mai, denne endringen kan også ha ført til økt dødelighet. Det er lite sannsynlig at den samlede effekten av endringer som følge av reguleringen kan forklare hele nedgangen i laks- og sjøaurebestandene i Aurlandsvassdraget. Det kan likevel ikke utelukkes at det fins reguleringsrelaterte faktorer som ikke er tenkt på, eller som ikke er blitt fanget opp av undersøkelesesprogrammet. I settefiskanlegget hindrer karmiljøet og lav temperatur at det kan produseres smolt av god nok kvalitet. Det bør uansett bare settes ut fisk som har en tilfredsstillende sjøvannstoleranse og svømmeevne, dvs. intakte finner. I 1999 ble det startet etablering av en stamlaksbestand fra ville laksunger, og det er planlagt å plante øyerogn i Vassbygdelva. Det bør vurderes å sikre vanddekning i Midjeelva og i sideløp til Aurlandselva for fiskeproduksjon.

Emneord:

Aurlandsvassdraget - Regulering - Sjøaure - Laks - Bestandsutvikling - Flaskehals - Utsetninger - Tiltak

Subject items:

Aurland watercourse - Hydropower regulation - Sea trout - Atlantic salmon - Stock development - Bottlenecks - Stocking - Enhancement

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS, Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082 - Telefon: 55 31 02 78 - Telefaks: 55 31 62 75

FORORD

På 1970-tallet gjennomførte Oslo Energi omfattende kraftutbygging i Aurlandsvassdraget. I perioden før og under utbyggingen ble vassdraget regnet som et av landets beste sjøaurevassdrag, og inkludert fangst av laks, ble det fanget opp mot og enkelte år over 4 tonn fisk under sportsfisket i elven. Etter utbyggingen har fangsten av både sjøaure og laks avtatt mye, og etter 1985 har fangsten de fleste år vært under 1 tonn. I henhold til konsesjonsbetingelsene for reguleringen ble det bygget anlegg for produksjon av settefisk og smolt i Aurland. Siden 1979 har det årlig blitt satt ut et relativt høyt antall settefisk av sjøaure og et mindre antall laks av stedegen stamme.

I brev av 12.05.99 ble regulanten gitt pålegg av Direktoratet for naturforvaltning (DN) om å få utført en utførlig oppsummering og evaluering av den biologiske kunnskap som er oppnådd gjennom de fiskeribiologiske undersøkelsene som er gjort i Aurlandsvassdraget. I denne forbindelse ble det nedsatt en styringsgruppe bestående av Magnar dalen (Oslo Energi Produksjon), Gunnbjørn Bremset (DN) og Eyvin Søltnes (Fiskeforvalter i Sogn og Fjordane). Det ble også oppnevnt en referansegruppe med Thorvald Tokvam (Aurland elveigarlag), Sølvi Karlsen Høydal (Oslo Energi Produksjon) og tilsynsveterinær Peter Østergård.

Til å utføre den faglige gjennomgangen ble det utpekt en faggruppe sammensatt av: Arne Jensen, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Bjørn Barlaup, LFI - Universitetet i Bergen, Bjart Are Hellen og Harald Sægvog, Rådgivende Biologer AS, sistnevnte har fungert som gruppens koordinator. Mandatet var som følger: "Faggruppa skal sammenstille eksisterende kunnskap om laks og sjøaure i Aurlandsvassdraget. Faggruppa skal videre peke ut den eller de faktorer (flaskehals) som har størst innvirkning på produksjonen av laks og sjøaure i vassdraget og gi tilrådinger om hva slags tiltak som er egnet for å sikre og styrke bestandene av de anadrome fiskeartene i Aurlandsvassdraget. Herunder skal effektene av de pålagte fiskeutsettingene evalueres, med spesiell vekt på det relative bidraget som disse utsettingene gir den totale produksjon av laks og sjøaure i vassdraget. Videre skal det gis tilrådinger om framtidige kompensasjonstiltak så som manøvrering (vannføring og temperatur), utsettinger (art, mengde og stadium) og biotopjusterende tiltak."

Eksisterende kunnskap om fiskebestandene i Aurlandsvassdraget baserer seg på resultater fra undersøkelsesprogrammet fra 1989 til 1999 som omfattet årlige undersøkelser av ungfiskbestanden på elvestrekningene, analyser av skjellprøver fra voksen fisk, og registreringer av gytefisk de fleste år siden 1960-tallet. Utenom disse standardiserte årlige undersøkelsene, er vandringsmønsteret til voksen aure i vassdraget kartlagt ved å følge radiomerket fisk, og det er flere år gjennomført undersøkelser av sjøvannstoleransen til utsatt fisk. I perioden fra 1989 til 1994 ble undersøkelsene gjennomført av NINA, og i perioden fra 1995 til 1999 av Rådgivende Biologer AS.

Faggruppen takker for oppdraget og for bidrag med informasjon underveis.

Bergen, 15. mai 2000.

INNHold

FORORD.....	2
INNHold.....	3
1 SAMMENDRAG.....	4
2 INNLEDNING.....	7
3 FISKEUTSETTINGER	13
4 TETTHET OG PRODUKSJON AV UNGFISK	22
5 VEKST HOS UNGFISK	29
6 BESTANDSUTVIKLING, SJØAURE	33
7 BESTANDSUTVIKLING, LAKS	46
8 FLASKEHALSER.....	47
9 OPPSUMMERENDE DISKUSJON	56
10 FORSLAG TIL TILTAK.....	65
11 LITTERATUR.....	66
12 VEDLEGG	69

Sægrov, H., Hellen, B.A., Jensen, A.J., Barlaup, B.T. & Johnsen G.H. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Aurlandsvassdraget 1989 – 1999. Oppsummering av resultater og evaluering av tiltak. Rådgivende Biologer AS, rapport nr 450: 1-73.

Reguleringen av Aurlandsvassdraget startet i 1973 da den første turbinen i kraftstasjonen Aurland I ble satt i drift. Fallet fra Vassbygdvatnet til fjorden blir utnyttet i Vangen kraftstasjon, som ble satt i drift i 1980. På grunn av forsinkelse i bestandenes respons på forandringene, har vi antatt at fangstene og bestandene var lite påvirket av den første reguleringen inntil 1977, og regner perioden fra 1969 til 1977 som før regulering i denne sammenheng. Tilsvarende regner vi perioden fra 1977 til 1982 som en mellomperiode, og perioden fra 1983 som fullregulert vassdrag. Reguleringen av Aurlandsvassdraget medførte endringer i temperatur og vannføring og disse faktorene påvirker vekst og overlevelse hos fisken i vassdraget.

Den lave temperaturen på driftsvannet fra kraftstasjonen i Vassbygda gjør at Aurlandselva er blitt kaldere om våren og sommeren etter regulering, med temperaturer mellom 3 og 6 °C i mai og mellom 6 og 8 °C i juni og første del av juli. I Vassbygdvatnet er sommertemperaturen redusert etter regulering, men i Vassbygdelva er temperaturen om sommeren blitt høyere på grunn av sterkt reduserte tilførsler av kaldt smeltevann. Det er vanskelig å tallfeste hvor mye av temperaturendringene som skyldes reguleringen, og hvor mye som skyldes generell variasjon eller endring i klima.

I Aurlandselva er gjennomsnittlig vannføring blitt redusert både vinter og sommer etter regulering, men minstevannføring på 3 m³/s har gitt mer stabil vannføring om vinteren og det er ikke lenger perioder med svært lav vannføring. I Vassbygdelva er gjennomsnittlig vannføring blitt redusert mye hele året etter regulering, og har i perioder vært svært lav om vinteren da det ikke er bestemmelser om minstevannføring. I Midjeelva er vannføringen sterkt redusert og elven er periodevis tørr etter regulering, og dermed uegnet for fiskeproduksjon. Vanndekt elveareal i vassdraget i perioden mai-september ble før regulering beregnet til gjennomsnittlig 456.000 m². Etter reguleringen er vanndekt areal i samme periode redusert med ca. 28 % i gjennomsnitt. I Aurlandselva er reduksjonen 20 %, i Vassbygdelva 33 % og i Midjeelva 100 %.

Laksebestanden er i perioden etter regulering redusert til under 10 %, sammenlignet med perioden før regulering. Etter 1990 har bestanden vært på grensen til å forsvinne fra vassdraget. I april 2000 ble det observert 14 voksne laks som hadde gytt høsten 1999. Utviklingstiden for egg og plommeseekkyngel er direkte avhengig av temperaturen i hele utviklingsperioden, og overlevelse er korrelert til temperaturen i den fasen yngelen kommer opp av grusen. Etter regulering er det bare i uvanlig varme år at det har vært god rekruttering av laks (1991), og lav temperatur må regnes som en flaskehals for overlevelse av laksunger i tidlig fase og i neste omgang produksjon av laksemolt. På 1990 tallet har lakselus sannsynligvis medført en ekstra dødelighet på utvandrende laksemolt og dermed har bare et fåtal voknse laks returnert til elva. Temperaturen i elva har økt de siste årene, men det har vært for få gytelaks til å sikre rekrutteringen, selv om temperaturforholdene skulle tilsi høyere rekruttering.

Før regulering ble totalbestanden av sjøaure i vassdraget beregnet til et årlig gjennomsnitt på 1879 individ (3960 kg), i perioden 1977 til 1982 var antallet 1745 (2230 kg) og etter full regulering 740 individ (1130 kg). Etter regulering er bestanden dermed redusert til 39 % i antall og 29 % i vekt sammenlignet med før regulering. De siste tre årene har bestanden vist tendens til økning, og den årlige bestandsstørrelsen har i gjennomsnitt blitt beregnet til 830 individ med en vekt på 1260 kg. I 1999 ble det i fiskesesongen fanget 632 sjøaure med en total vekt på 904 kg og gjennomsnittsvekt på 1,4 kg. Det årlige antallet gytende aure i Aurlandsvassdraget var i gjennomsnitt 375 individ før regulering, i perioden 1977 til 1982 var antallet 249, og etter regulering 282 aurer. For årsklassene som inngår i ungfiskundersøkelsene fra 1989 til 1999, var det ingen sammenheng mellom eggtetthet og den påfølgende tetthet som 0+, 1+ eller 2+ av den samme årsklassen. Vi kan likevel ikke utelukke

at gytebestanden enkelte år kan være marginal, og i kombinasjon med lav vårtemperatur være begrensende for rekruttering og produksjon.

Fra sent på 1970-tallet og på hele 80-tallet var det lav veksthastighet og høy smoltalder på auren i vassdraget, mens veksthastigheten har økt utover 1990-tallet. Beregninger viser at fiskens veksthastighet styres av temperaturen i vassdraget i henhold til en modell som forutsetter at det er næring i overskudd. Resultatene indikerer dermed at næringstilgangen ikke er begrensende for smoltproduksjonen.

Det er antatt at stor auresmolt (>16 cm) sannsynligvis har hatt hele eller deler av oppvekstperioden i Vassbygdvatnet. I skjellmaterialet fra voksen sjøaure har andelen stor smolt utgjort 20 - 30 %, og andelen har ikke endret seg etter regulering. Den relativt høye andelen skyldes trolig at stor smolt har en høyere overlevelse i sjøen den første sommeren enn mindre smolt. Det er dokumentert at fisk vandrer ned i tunnelen fra Vassbygdvatnet, og fortrinnsvis fisk i størrelsesgruppen 25-35 cm, både 1. gangs vandrere og fisk som har vært ute i sjøen en sommer tidligere. Dette tapet er vanskelig å anslå, men det at andelen stor smolt ikke har endret seg etter regulering kan tyde på tapet er relativt lite.

Den stabile minstevannføringen om vinteren i Aurlandselva gjør at vinterdødeligheten sannsynligvis ikke har økt etter reguleringen. I Vassbygdelva har derimot svært lav vannføring i tørre perioder etter reguleringen sannsynligvis medført økt dødelighet på fisken. Etter 1995 er det blitt sluppet vann i tørre perioder, og dette er trolig årsaken til at tettheten av presmolt har økt fra 1996, sammenlignet med i perioden 1989 til 1995.

Reguleringen har medført at vanndekt areal i perioden mai-september et gjennomsnittså er redusert med 28 % i Aurlandsvassdraget, hvorav hele Midjeelvas areal som utgjorde 5 %, er gått tapt som produksjonsområde. Under konsesjonsbehandlingen ble det beregnet et produksjonstap av smolt som følge av reguleringen av Aurlandsvassdraget. Smoltproduksjon i Aurlandselva ble da anslått til 63.000 smolt (21 smolt pr. 100 m²). Dette anslaget synes høyt i forhold til det som i ettertid er blitt målt av produksjon av laksesmolt i noen norske vassdrag. Anslagene for smoltproduksjon i Midjeelva og Vassbygdelva på 4.800 (3,1 pr. 100 m²) og 1.200 i Vassbygdvatnet, synes derimot i ettertid å ha vært for lave. Under beregning av smoltpålegget ble det lagt til grunn et produksjonstap av smolt på 60 % i Aurlandselva som følge av utbyggingen, men det ble bemerket at anslaget for smoltproduksjon var satt høyt. Det er usikkert om smoltproduksjonen er proporsjonal med vanndekt areal i vekstsesongen fra mai til september, men om så var tilfelle ville reduksjonen være i størrelsesorden 30 %. Produksjonen i Vassbygdvatnet synes å ha endret seg like mye som på elvestrekningene.

Vannføringen i mai er redusert som følge av reguleringen og dette kan påvirke tidspunkt og synkronisering av smoltutvandringen. Tilveksten for sjøaure den første sommeren i sjøen er redusert med 10-15 % etter reguleringen, og tilveksten det enkelte år viser en positiv sammenheng med størrelsen på vårflommen. Tilveksten 2. og 3. sommer i sjøen er ikke endret. Dette resultatet indikerer at redusert vannføring i mai kan medføre forsinket smoltutvandring. En kan ikke utelukke at forsinket og mindre synkron utvandring også medfører redusert overlevelse i sjø.

Utsatt aure har utgjort 10-15 % av totalbestanden, på tross av store utsetninger. Merkeforsøk og beregninger viser at sjøoverlevlsen har vært svært lav (< 0,5 %). Frem til 1992 ble mesteparten av den anleggsproduserte auresmolten satt ut i hele Aurlandselva, senere er den satt ut i elvemunningen. Smolten manglet sjøvannstoleranse og mange ble stående igjen i elven et helt år eller enda lenger. Det er sannsynlig at smolten som stod igjen i elven medførte en reduksjon i produksjonen av villsmolt, for tettheten av vill presmolt økte betydelig etter 1992. Den lave overlevelsen til utsatt smolt skyldes bl.a. at mesteparten hadde defekte finner på grunn av ugunstig karmiljø, og dårlig sjøvannstoleranse på grunn av den lave vanntemperaturen i klekkeriet. Den dårlige smoltkvaliteten skyldes de fysiske produksjonsbetingelsene og ikke stellet av fisken.

Vinteren 1999/2000 ble store deler av elveløpet på den anadrome strekningen i Vassbygdelva ombygd ved etablering av flere terskler og samling av elveløpet i nedre del som en tilpasning til redusert

vannføring. Etter ombygging vil det vanddekte arealet og dypere områder sikres i perioder med lav vannføring både sommer og vinter. Det skapes oppholdsplasser for større fisk og trolig vil det vandre opp mer stor fisk i fiskesesongen enn før. Hølene vil gi en høyere vinteroverlevelse for alle størrelseskategorier av fisk.

I 1998 ble det besluttet å bygge opp en stamlaksbestand i settefiskanlegget. Vinteren 1999 ble det derfor samlet inn ville laksunger i Vassbygdelva og Aurlandselva med elektrisk fiskeapparat. Disse fiskene har vokst bra og overlevelsen er god. Allerede høsten 2000 kan de første være kjønnsmodne slik at den første generasjonen kan produseres. Det er aktuelt å grave ned avkommet som øyerogn i Vassbygdelva fordi temperaturforholdene der tilsier at laksungene vil overleve den første kritiske fasen bedre enn i Aurlandselva. Dette tiltaket vil sammen med omleggingen av Vassbygdelva bidra til å sikre og styrke laksebestanden i den delen av vassdraget som er blitt varmere etter reguleringen, og som vil få bedre muligheter for naturlig produksjon av laks enn Aurlandselva.

Andre tiltak som kan gi økt produksjon av smolt i vassdraget er etablering av terskler i Midjelva som sammen med en viss minstevannføring kan gi forhold for fiskeproduksjon. I mindre sideløp i Aurlandselva kan det trolig med enkle tiltak sikres vanddekning i perioder med lav vannføring, da det ellers ville være tørt.

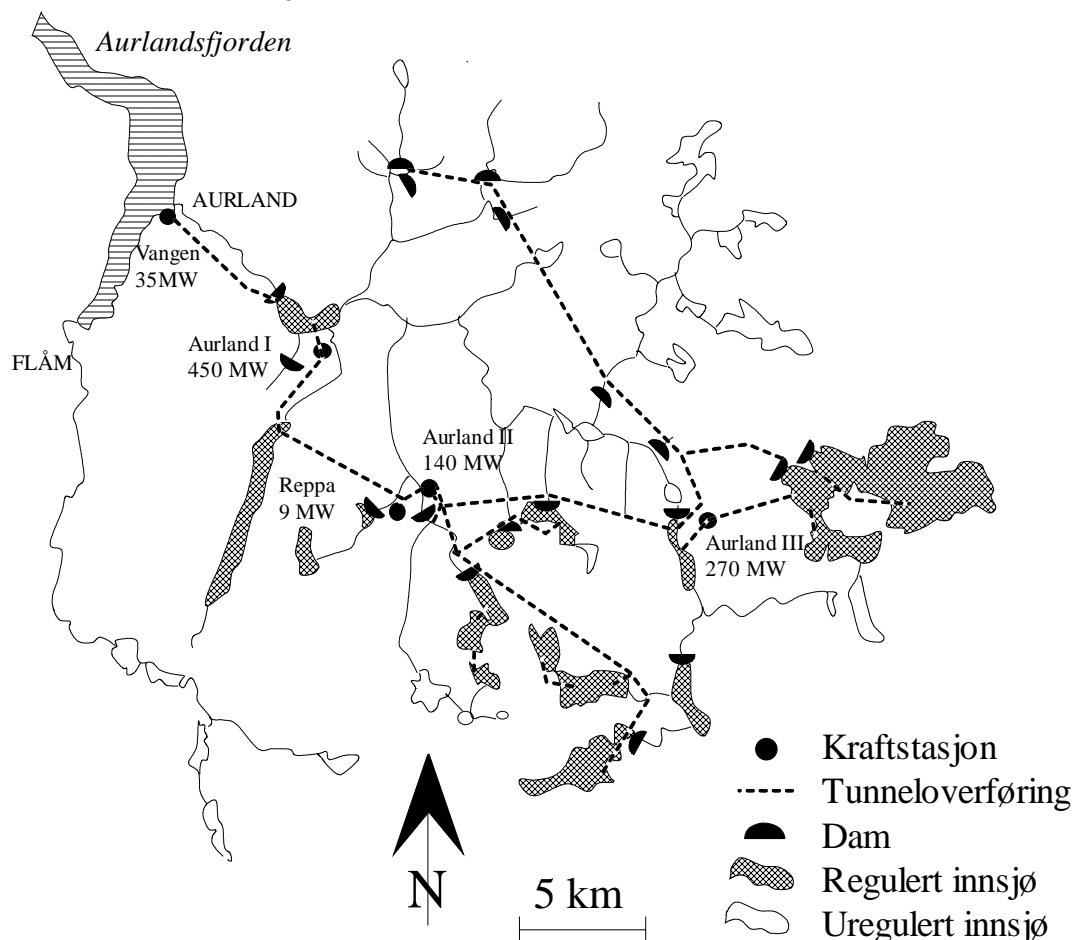
Under konsesjonsbehandlingen ble det anslått et betydelig tap i smoltproduksjonen som følge av reguleringen, og pålegget om smoltutsetninger ble gitt i henhold til dette anslaget. Tapet i smoltproduksjon er trolig mindre enn det som ble anslått, og deler av bestandsreduksjonen etter regulering skyldes trolig de uheldige utsettingene på elvestrekninege. Det er videre sannsynlig at endringene i utsetningspraksis etter 1992 er årsaken til noe av økningen i betandenn av voksen sjøaure som er registrert de siste årene. Resultatene fra ungfiskundersøkingene indikerer også at sjøaurebestanden vil fortsette å vokse i de kommende årene. Det kan ikke utelukkes at utsettingene av store mengder sjøauresmolt kan ha en negativ effekt på overlevelse av vill sjøauresmolt i tidlig sjøfase. På denne bakgrunn synes det fornuftig å vurdere en reduksjon i antall sjøauresmolt som settes ut.

Ved fremtidig produksjon av settefisk i anlegget er det avgjørende at de fysiske produksjonsbetingelsene forbedres. Karmiljøet kan forbedres betraktelig ved installasjon av nye kar som er dypere og større. Det bør vurderes å endre vannforsyningen slik at temperaturen blir høyere, noe som er viktig for smoltifiseringen og sjøvannstoleransen. Det bør uansett bare settes ut fisk som har en tilfredsstillende sjøvannstoleranse og svømmeevne, dvs. intakte finner. Nyere erfaringer fra ørretutsetninger i andre elver tilsier likevel at en ikke bør ha for høye forventninger til overlevelsen til utsatt ørret, selv om finnene er intakte og sjøvannstoleransen tilfredsstillende.

I perioden før og under vasskraftutbyggingen ble Aurlandsvassdraget regnet som et av landets beste sjøarevassdrag, med mye storvokst fisk. Inkludert fangst av laks, ble det årlig fanget over 4 tonn under sportsfisket i elven. Etter utbyggingen har fangsten av både sjøaure og laks avtatt mye, og etter 1985 har fangsten de fleste år vært under 1 tonn. I henhold til konsesjonsbetingelsene for reguleringen ble det bygget anlegg for produksjon av settefisk og smolt i Aurland. Siden 1979 har det årlig blitt satt ut et relativt høyt antall settefisk av sjøaure og et mindre antall laks av stedegen stamme.

I forbindelse med vassdragsregulering har det i mange tilfeller blitt gitt pålegg om å sette ut fisk som kompensasjon for antatt redusert produksjon av smolt ved endringer i vannføring, dette var også tilfelle i Aurland. Videre har det ved reguleringer i senere tid blitt gitt pålegg om minstevannføringer, og dette ble også gitt for Aurlandselva. En generell erfaring er at fiskeutsettinger ikke har gitt det tilslag som er forventet. Dette kan ha mange årsaker, men for generelle betraktninger viser vi til NOU: 1999:9, "Til laks åt alle kan ingen gjera?"

Et vanlig problem når en skal vurdere effekter av inngrep eller tiltak, er at det er mangelfullt med informasjon om bestandsstatus og flaskehals før inngrepet eller tiltakene ble gjennomført, og i mange tilfeller også i perioden etterpå. Bestandene varierer over tid på grunn av naturlig variasjon i omgivelsesfaktorer. Ved vurdering av effekter av endringer, bør en ideelt sett også kunne beskrive hvordan bestandene ville variert uten inngrep eller tiltak. Variasjonen i bestander som er lite påvirket av menneskeskapt faktorer vil kunne fungerer som kontroller, men om de få som kunne fungere finst det lite informasjon. En ender dermed opp med en type informasjon som gir mulighet til på antyde effekter, men som er vanskelig å tallfeste.

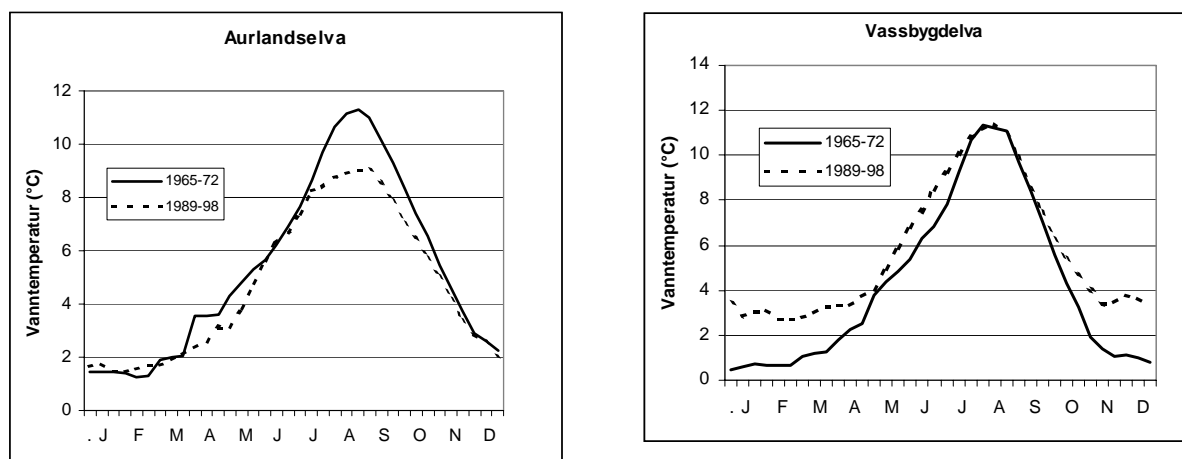


FIGUR 2.1. Oversiktskart som viser Aurlandsutbyggingen (fra Jensen m.fl. 1993)

Aurlandsvassdraget er et av de mange vassdragene på Vestlandet som er regulert for å produsere elektrisk kraft. De store magasinene i høyfjellet gir en stor kraftproduksjon på grunn av høyt fall, selv om vannmengden er middels for et Vestlandsvassdrag. Ved utbygging av Aurlandsvassdraget utnyttes fallhøyden fra en rekke magasiner på fjellet i flere trinn ned til Aurlandsfjorden (figur 2.1). Tre av kraftverkene, Aurland II, Aurland I og Reppa, ligger på fjellet og utnytter vann fra magasin som ligger opp til 1450 m.o.h. Avløpsvannet føres videre til Viddalsvatnet (HRV 930 m.o.h.) og videre inn i Aurland I, som har utløp i Vassbygdvatnet. Vangen kraftverk utnytter fallet fra Vassbygdvatnet og ned til fjorden.

Utbyggingen har foregått etappevis over mange år fra anleggsarbeidet startet høsten 1969 og første aggregat i Aurland I ble tatt i bruk i januar 1973 til tredje aggregat i samme stasjon ble startet opp høsten 1989. Aurland III ble satt i drift i 1979, Vangen kraftverk i september 1980, Aurland II i 1982-83 og Reppa kraftverk i oktober 1983.

Utbyggingen har ført til endret temperatur både i Aurlandselva og i Vassbygdelva. I Aurlandselva er temperaturene relativt lik før og etter regulering om vinteren og i juni, mens temperaturen var høyere tidlig på høsten og om sommeren før reguleringen (figur 2.2). I Vassbygdelva er vintertemperaturen betydelig høyere etter regulering, også temperaturen i mai og juni er høyere etter regulering (figur 2.2). Maksimumstemperaturen om sommeren og høsttemperaturen er relativt lik før og etter regulering i Vassbygdelva. For øvrig er endringene utbyggingen medførte i forhold til vannføring og temperatur utførlig beskrevet i Faugli 1994 og Tvede 1994.



FIGUR 2.2. Vanntemperaturer målt i Aurlandselva (venstre) og Vassbygdelva (høyre) før og etter regulering. Heltrukket linje: gjennomsnitt for manuelle målinger om ettermiddagen i perioden 1965-72; stiplet linje: døgn-gjennomsnitt målt med temperaturlogger i perioden 1989-98.

ENDRING I VANNDEKT AREAL

Aurlandselva har en anadrom strekning på 6,0 km, Vassbygdelva 3,0 km og før regulering kunne fisken gå 1,4 km oppover Midjeelva. Samlet anadrom elvestrekning var dermed 10,4 km før regulering, og i tillegg kommer oppvekstområdene i det tre km lange Vassbygdvatnet midt på anadrom strekning. Etter regulering er anadrom elvestrekning redusert til 9,0 km på grunn av overføringen av store deler av Midjeelvas nedbørfelt.

I Aurlandsvassdraget er det produktive arealet for laks og sjøaure redusert ved at deler av det opprinnelige nedbørfeltet er fraført i forbindelse med reguleringen. Det produktive arealet for fisk defineres ofte som vanddekt areal ved normal sommervannføring (Chaput et al., 1998). En svakhet ved denne definisjonen er at den ikke tar hensyn til kvaliteten på arealet, dvs. en kjenner ikke arealets produksjonspotensiale for fisk. I dette kapitlet diskuteres det i hvor stor grad reguleringen har redusert det vanddekte arealet i Aurlandselva nedstrøms Vassbygdvatnet, i Vassbygdelva og i Midjeelva. Hvilken innflytelse dette har på fiskeproduksjonen blir vurdert i andre deler av rapporten

Vannføringsforholdene i Aurlandselva nedstrøms Vassbygdvatnet før regulering og minstevannføringene etter regulering er gitt i tabell 2.1. Som det fremgår av tabellen er det en betydelig reduksjon i vannføringen i sommersesongen da minstevannføringen på det meste ikke utgjør mer enn i overkant av 40 % av den gjennomsnittlige vannføringen før regulering. Imidlertid er det viktig å påpeke at vannføringen etter reguleringen også er avhengig av nedbørmengdene slik at sommervannføringen i vannrike år er atskillig høyere enn minstevannføringen. Dette illustreres ved at sommervannføringen i vannrike år som 1989 var oppe i 115 m³/s, i 1990 ca 80 m³/s og i 1992 ca 40 m³/s. I mindre vannrike år som 1985, 1986, 1987, 1988 og 1991 var derimot sommervannføringen nær den pålagte minstevannføringen (Jensen et al., 1993). I tillegg stenges Vangen kraftstasjon den 1.mai, slik at vannføringen fra den 1. mai til 15. juni er mye høyere (>25-30 m³/s) enn den pålagte minstevannføringen for perioden som er 3 m³/s.

*TABELL 2.1. Sammenstilling av vannføring i Aurlandselva før regulering og pålagt minstevannføring etter regulering. Verdiene fra før regulering er gjennomsnittlig vannføring basert på tallmateriale for perioden 1911-1950 gitt av NVE (gjengitt i Steine, 1974). *Vangen kraftstasjon stenges den 1.mai slik at vannføringen i Aurlandselva blir langt høyere (>25-30 m³/s) enn den pålagte minstevannføringen på 3m³/s for perioden 1. mai til 15. juni.*

Måned	Gjennomsnittlig vannføring før regulering (m ³ /sekund)			Minstevannføring etter regulering (m ³ /sekund)	Minstevannføring som prosent av gjennomsnittlig vannføring før regulering
	Gj. snitt	Maks.	Min.		
Jan.	5,9	15,3	1,6	3,0	50,8%
Feb.	5,1	10,2	1,1	3,0	58,8%
Mars	4,3	11,7	0,3	3,0	69,8%
April	5,6	13,2	1,5	3,0	53,6%
Mai	34,3	97,8	6,2	3,0*	8,7%
Juni	122,8	192,0	23,4	3,0 * (til 15.06), 25,0 (fra 16.06)	2,4% (til 15.06), 20,4% (fra 16.06)
Juli	131,4	221,0	71,7	25,0 (til 15.07)30,0 (fra 16.07)	19,0% (til 15.07) 22,8% (fra 16.07)
Aug.	72,5	131,1	15,2	30,0 (til 15.08), fra 16.08 reduseres vannføringen gradvis til 20,0 den 28.08.	41,3% (til 15.08), 41,3-27,6% fra 15.08 til 28.08.
Sept.	50,0	88,7	14,4	20,0 til den 05.09, fra 06.09 til 14.09 reduseres gradvis vannføringen til 3,0	40,0% til den 05.09, 40,0 – 6,0% fra 06.09 til 14.09
Okt.	30,1	79,3	4,5	3,0	10,0%
Nov.	10,2	29,2	2,0	3,0	29,4%
Des.	6,8	18,7	2,0	3,0	44,1%

Det foreligger ikke hydrologiske beregninger for hvordan den reduserte sommervannføringen har redusert det vanddekte arealet. Forholdet mellom vannføring og vanddekt areal er avhengig av elveprofilen som igjen vil variere mellom ulike vassdragsavsnitt. Hydrologiske målinger på en rekke slike transekter er derfor nødvendig for å gi en nøyaktig beskrivelse av forholdet mellom vannføring og vanddekt areal. Selv om det ikke er utført slike målinger i Aurlandsvassdraget finnes det en del mål for vanddekt areal på gitte vannføringer.

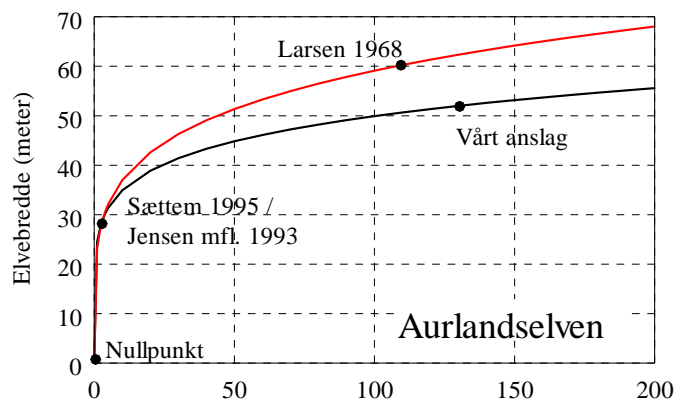
Larsen (1968) beregnet det vanddekte arealet i Aurlandselva (nedstrøms Vassbygdvatnet) til å være 40,8 ha ved en vannføring på 100 m³/s. Ved denne vannføringen beregnet han den gjennomsnittlige elvebredden til å være 60 m. Dette arealet ble regnet for å være representativt for månedene juni-august da den gjennomsnittlige vannføringen ble beregnet til å være 108,9 m³/s. Beregningsgrunnlaget for denne vannføringen var målingene utført av NVE i perioden 1911-1950 (se tabell 1).

Elvebredden i Aurlandselva ble i forbindelse med denne rapporten målt på økonomisk kartverk i målestokk 1:5000 på 48 steder nedover elven, og den gjennomsnittlige bredden ble funnet å være 52 meter. Denne elvebredden antas å representere elvens maksimale utbredelse ved en "normal" flomsituasjon, representert ved en vannføring på omtrent 130 m³/s i juni.

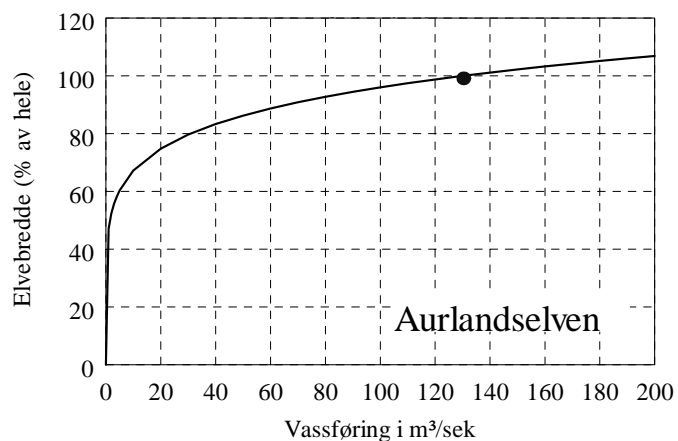
Basert på beregningene til Larsen (1968) vurderte fiskerikonsulent Vasshaug (1975) det produktive arealet i Aurlandselva før regulering til å være om lag 30 ha for perioden juni-september. Det ble videre antatt at reguleringen medførte en reduksjon i vannføringen i perioden juni-september på om lag 60 %. Denne prosenten ble så brukt som et midlertidig uttrykk for reduksjonen i oppvekstarealene, noe som forutsetter proporsjonalitet mellom vannføringsreduksjon og tørrlagging av oppvekstareal for fisk (Vasshaug, 1975).

Sættem (1995) oppga det vanddekte arealet i Aurlandselva (nedstrøms Vassbygdvatnet) til å være 20,4 ha ved en vannføring på 3 m³/s (Sættem. pers. komm.). Disse målingene ble utført om høsten ved minstevannføring i gytetiden. Tilsvarende fant Jensen et al., (1993) et vanddekt areal på 19,7 ha ved minstevannføring på 3 m³/sek om vinteren, den gjennomsnittlige elvebredden ble da målt til 29 m.

FIGUR 2.3. Forhold mellom elvebredde og vannføring i Aurlandselva nedstrøms Vassbygdvatnet. Grunnlagspunktene er angitt i figuren med referanser.



FIGUR 2.4. Elvebredde som funksjon av vannføring, men angitt som % av full bredde (52 meter og flom på 130 m³/sekund) i Aurlandselva nedstrøms Vassbygdvatnet.



Dersom en plotter de tre kjente punktene med hensyn på elvebredde som funksjon av vannføring: 108 m³/s og 60 meters bredde (Larsen 1968), alternativt 131 m³/s og 52 meters bredde, 3 m³/s og 29 meters bredde (Sættem, 1995, Jensen et al., 1993), og 0 vannføring gir tilnærmet 0 meter elvebredde, gir dette en sammenheng mellom elvebredde og vannføring som vist i figur 2.3.

Denne modellen, som er en forenkling av de reelle forhold, tilsier at ved en vannføring på 25-30 m³/s, vil elvens vanddekte areal utgjøre rundt 80 % av arealet ved elvens fulle bredde på gjennomsnittlig 52 meter (fra Økonomisk kartverk). Dette betyr at en reduksjon i vannføringen til 25-30 m³/s om sommeren sammenliknet med en sommervannføring på om lag 100 m³/s før regulering, gir en reduksjon i vanddekt areal på mindre enn 20 % (figur 2.4).

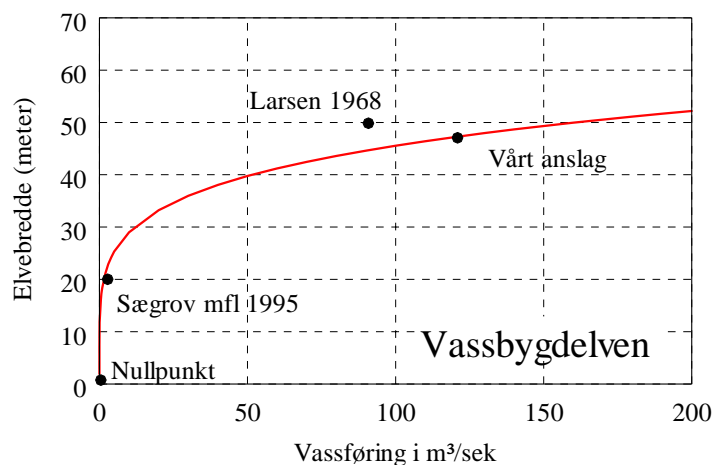
Vassbygdelta har fått en kraftig reduksjon i vannføring som følge av reguleringen siden 552 km² av det opprinnelige nedbørfeltet er overført. Før regulering ble den midlere minstevannsføringen i Vassbygdelta ovenfor innløpet fra Midjeelva oppgitt til 1,4 m³/s (Oslo lysverker, 1976). Etter regulering ble tilsvarende alminnelige lavvannføring i Vassbygdelta fra de uregulerte restfeltene beregnet til under 0,2 m³/s. Virkningen av dette er at Vassbygdelta kan få svært lav vannføring, spesielt om vinteren, og i tørre perioder om sommeren og høsten (tabell 2.2). På grunn av det grove og porøse substratet i elveleiet kan elvebunnen bli liggende nærmest tørr over lengre strekninger i lavvannsperiodene (Jensen et al., 1993). For å forhindre at elven tørrlegges helt, har Oslo Energi sluppet ca. 0,3 m³/s vinterstid siden 1995.

TABELL 2.2. Gjennomsnittlig ukentlig tilsig (m³/s) fra restfeltet (166 km²) til Vassbygdvatnet for perioden 1985-1999 beregnet som differansen mellom magasinendring og produksjonsvannføring. Negative verdier skyldes feil koteavlesninger og upresis konvertering av kraftproduksjon til produksjonsvannføring i magasinene/kraftverkene. Avrenningen til Vassbygdelta vil være anslagsvis 10 % lavere enn avrenningen til Vassbygdvatnet

Uke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Snitt	0,3	0,3	1	-0,3	0,5	0,1	-0,2	0,7	0,1	0,4	0	1,1	0,8	2,5	1,2	1,7	7,8	
Uke	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Snitt	3,4	10	10	14	16	17	21	18	21	18	16	13	11	13	8,5	15	8,9	
Uke	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Snitt	7,4	4,4	1,8	5,8	7,5	6,7	6,8	5,5	2,6	1,9	1	0,8	1,1	0,4	0,6	0,8	0,2	1

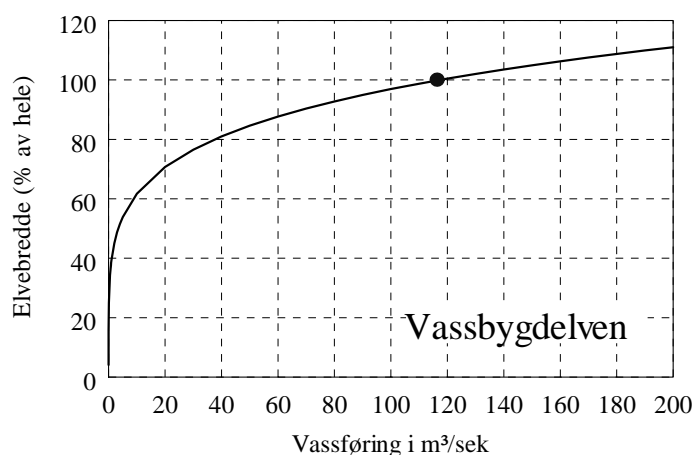
Det uregulerte restfeltet til Vassbygdelta er om lag 166 km² og har et middelavløp på 6,2 m³/s. Restvannføringen i Vassbygdelta økes noe ved at det i konsesjonen heter at det i tiden 01.07-15.09 skal slippes inntil 2,5 m³/s fra Grøna eller Veslebotnelva, og i tillegg er det en pålagt minstevannsføring på 0,3 m³/s i Langedøla.

FIGUR 2.5. Forhold mellom elvebredde og vannføring i Vassbygdelta over Vassbygdvatnet. Grunnlagspunktene er angitt i figuren med referanser.



Før reguleringen beregnet Larsen (1968) det vanddekte i Vassbygdelva til å være 15,5 ha ved en vannføring på 90 m³/s. Ved denne vannføringen beregnet han den gjennomsnittlige elvebredden til å være 50 m. Dette er trolig et representativt mål for vanddekt areal i Vassbygdelva i sommermånedene før regulering. Fiskerikonsulent Vasshaug (1975) anslo det produktive sommerarealet i Vassbygdelva, inkludert Midjeelva, til å være 12 ha før regulering. Han tok utgangspunkt i Larsens beregninger (15,5 ha) og reduserte arealet noe for å korrigere for redusert vannføring i september siden Larsens beregninger gjaldt for en vannføring på 90 m³/s. Etter regulering er det vanddekte arealet i Vassbygdelva anslått til å være om lag 6 ha ved lav vannføring, den gjennomsnittlige elvebredden ble da anslått til 20 m (Sægrov et al., 1995).

Denne modellen er en forenkling av de reelle forhold og baserer seg på et noe dårligere grunnlag enn det en har for Aurlandselva når det gjelder vannføringsmålinger. Resultatene tilsier at ved en middelvannføring på 6 m³/s vil elvens vanddekte areal utgjøre rundt 50 % av arealet ved elvens fulle bredde på gjennomsnittlig 47 meter (figur 2.6) (fra Økonomisk kartverk). Det bør her bemerkes at når vannføringen er 0 vil det stå igjen vann i en del høler slik at arealet er større enn 0 ved 0 vannføring.



FIGUR 2.6. Elvebredde som funksjon av vannføring, men angitt som % av full bredde (47 meter og flom på 120 m³/s) i Vassbygdelva over Vassbygdvatnet.

I Midjeelva er 71 % (69 km²) av det opprinnelige nedbørfeltet på 103 km² overført i forbindelse med reguleringen. Dette medfører en 70-75% reduksjon i midlere vannføring. Før regulering var den midlere minstevannføringen i Midjeelva 0,3 m³/s, mens den etter regulering ble redusert til under 0,05 m³/s (Oslo lysverker, 1975). Som følge av reguleringen er det i tørre perioder ikke synlig vann i elveleiet som er dominert av stor stein og grus. Det foreligger ingen tidligere beregninger for vanddekt areal i Midjeelva før eller etter regulering. Det ble derfor gjennomført noen enkle oppmålinger av elveleiet våren 2000. Det ble da anslått at den anadrome strekningen i Midjeelva er 1,4 km og at elveleiet har en gjennomsnittlig bredde på 15 m. Dette gir et anslått areal for elveleiet på 2,1 ha fra samløpet med Vassbygdelva og opp til vandringshinderet for anadrom fisk.

I perioden mai til september var arealet av Aurlandselva i gjennomsnitt ca 300.000 m² før utbygging ved en gjennomsnittlig vannføring på 85 m³/s. Etter utbygging er arealet i samme periode redusert med maksimum 20 %, tilsvarende 60.000 m². I Vassbygdelva var gjennomsnittlig areal 135.000 m² før regulering, men ble redusert med 33 % til 90.000 m² etter regulering, en reduksjon tilsvarende 45.000 m². I Midjelva gikk et areal på 21.000 m² fullstendig tapt ved reguleringen. Det beregnede vanddekte arealet før reguleringen var 456.000 m² ved normal sommervannføring. Etter regulering er vanddekt areal ved en gjennomsnittlig sommervannføring beregnet til 330.000 m². Reduksjonen i vanddekt areal som følge av reguleringen blir da 126.000 m², tilsvarende 27,6 %.

3.

UTSETTINGER

Det har vært satt ut fisk fra Oslo Energi sitt settefiskanlegg siden våren 1976. Fra 1976 til 1980 var det en gradvis økning i utsettingspålegget fra 6.000 laksesmolt og 18.000 auresmolt i 1976 til 10.000 laksesmolt og 30.000 auresmolt fra 1980 (Kambestad 1988). I 1982 ble det ikke satt ut fisk på grunn av påvist BKD i anlegget. De aller fleste årene har en satt ut mer fisk enn de pålagte 30.000 sjøauresmoltene (tabell 3.1). Fram til 1992 ble store deler av den utsatte fisken satt ut i hele Aurlandselva, etter 1992 er de aller fleste satt ut i osen. Det har de siste årene ikke vært mulig å få tak i stamfisk til produksjon av laksesmolt.

TABELL 3.1. Antall laks og aure smolt som er satt ut i Aurlandsvassdraget siden 1979.

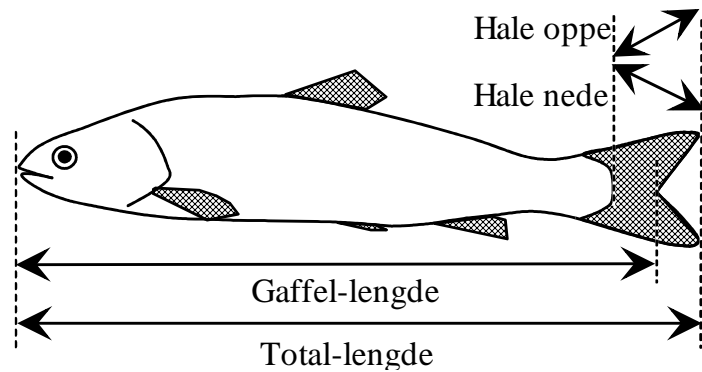
År	Laks		Aure	
	Antall	Kommentar	Antall	Kommentar
1979	1 000		38 000	
1980	5 510		55 050	8500 ikke godkjent som smolt
1981	0		65 000	
1982	0		0	Ingen fisk utsatt pga. BKD påvist i anlegget
1983	0		25 000	
1984	18 000		45 000	Ettårig fisk
1985	10 000		30 000	Ettårig fisk
1986	5 000		15 000	
1987	5 000		44 000	
1988	6 000		60 000	Satt ut uke 24
1989	0		70 000	Satt ut fra 31 mai til 9 juni
1990	500		45 000	4*2000 Carlinmerket to steder i sjøen, i osen og i elven
1991	2 200	I Vassbygdelva	47 000	8000 Carlinmerket
1992	0		55 000	8000 Carlinmerket
1993	0		57 000	19. Jan 11000 presmolt i osen, 4000 Carlinmerket utsatt i munning (2 åringer)
1994	0		27 000	14-15. Juni – om dagen , to åringer 4000 Carlinmerket utsatt i munning (2 åringer)
1995	19 000	2000 vandringshinder	over 40 500	30/5, 7/6, 21/6- to år –om natten
1996	6 000	2. juli - dag	52 000	15 000 høsten 1995 i Vassbygdvatnet ff-klipt, 37 000 i osen våren 1996
1997	5 000	17. juni - natt	30 000	3., 10. og 17/07 – natt, to år - 4000 Carlinmerket 9. og 16.06, om natten, 2 åringer- 4000
1998			52 000	Carlinmerket 12000 i Vassbygdvatnet februar 1998, ff-klipt
1999			30 000	4, 9, 10 juni – om natten - 2 åringer

FINNESLITASJE PÅ UTSATT AURE

Metode

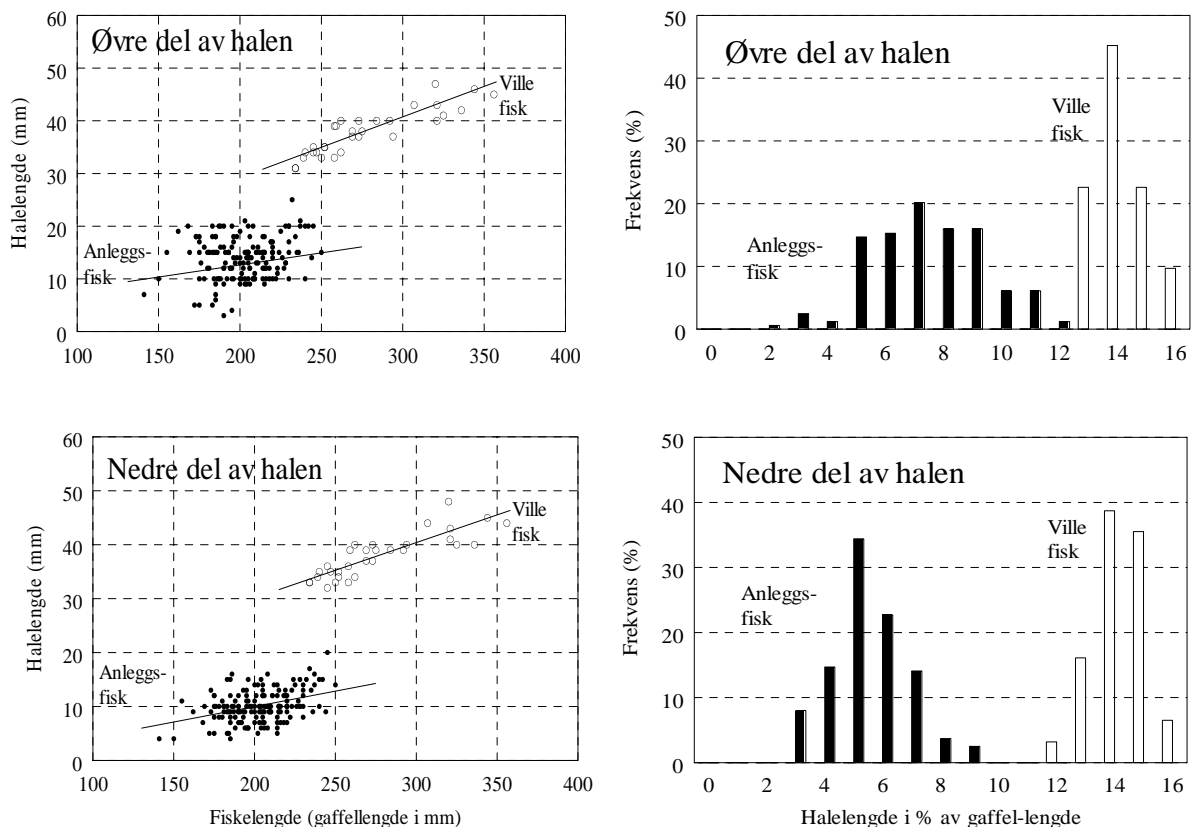
Våren 1998 ble det i slutten av mai foretatt en gjennomgang av den utsetningsklare sjøauresmolten ved settefiskanlegget til Oslo Energi i Aurland. For å tallfeste omfanget av finneslitasje, særlig på halefinnerne, ble halere målt på omtrent 30 fisk fra hvert av fem av karene i anlegget, til sammen 163 fisk (figur 3.1). Til sammenligning ble det målt haler på 31 ville blenkjer fanget på samme tid. Disse ville fiskene var litt større enn anleggfsfiskene (figur 3.2 og 3.3).

FIGUR 3.1. Beskrivelse av de enkelte målingene som ble utført på 163 fisk fra anlegget og på 31 ville blenkjer våren 1998.



Resultat

Resultatet av målingene viste at omtrent en femdel av fisken i anlegget ikke hadde noe særlig hale i det hele tatt, mens halene var sterkt redusert på så godt som samtlige fisk i anlegget. Bare en av ti fisk hadde haler med tilnærmet normal form, og selv disse "fineste" halene var betydelig kortere enn de ville fiskenes haler (figur 3.2).



FIGUR 3.2. Finnestrålelengde på øverste (øverst) og nederste del av halen (nederst) vist i forhold til fisken sin lengde (til venstre) og som andel i prosent av fisken sin lengde (til høyre).

Det var i hovedsak den nedre delen av halene som var slitt. Lengden på finnestrålene i øverste del av halen utgjorde omtrent 14 % av fisken sin gaffellengde på de ville fiskene, mens anleggsfisken hadde bare halvparten så lange finnestråler (figur 3.2 øverste del). Øvre og nedre del av halefinnen var like lange på de ville fiskene, mens nedre del av halene på anleggsfisken var bare 5 % av fiskens gaffellengde eller en tredel så store som på de ville fiskene (figur 3.2 nederste del).



FIGUR 3.3. To tilfeldig utvalgte fisk fra anlegget (øverst) og en vill blenkje fra mai 1998 (nederst).

KVALITET PÅ SETTEFISK SOM HAR STÅTT I ELVEN

Metoder og materiale

I april 1989 ble 16 laksunger, 28 villfisk av ørret og 23 settefisk av ørret veid (W , til nærmeste 0,01 g) og målt (L , total lengde til nærmeste mm med halen i naturlig stilling) i fersk tilstand, og kondisjonsfaktoren (K) ble beregnet for hver fisk etter formelen:

$$K = 100\,000 * (W/L^3)$$

En ørret med en kondisjonsfaktor på 1 er i godt hold. Dersom k er større enn 1 er ørreten feit, og lavere verdier betegner en mager fisk. Laksen har en slankere kroppsfasong enn ørreten, og har derfor normalt noe lavere kondisjonsfaktor enn ørreten.

I perioden 1989-92, da settefisken ble spredt langs hele Aurlandselva ved utsetting, ble det under elfisket fanget et betydelig antall settefisk av ørret i elven. Totalt ble det fanget 640 fisk, fordelt på 267 om våren og 373 om høsten. I laboratoriet ble størrelsen på hver enkelt finne på all settefisk vurdert etter en skala fra 0,1 til 1,0, der en feilfri finne ble gitt verdien 1,0. Dersom størrelsen på en finne var 90 % av finnen på en feilfri villfisk av samme størrelse, fikk den verdien 0,9, osv. Følgende finner ble vurdert: ryggfinnen, venstre og høyre brystfinne, venstre og høyre bukfinne, analfinnen, fettfinnen og halefinnen. Dessuten ble gjellelokkene vurdert etter samme skala.

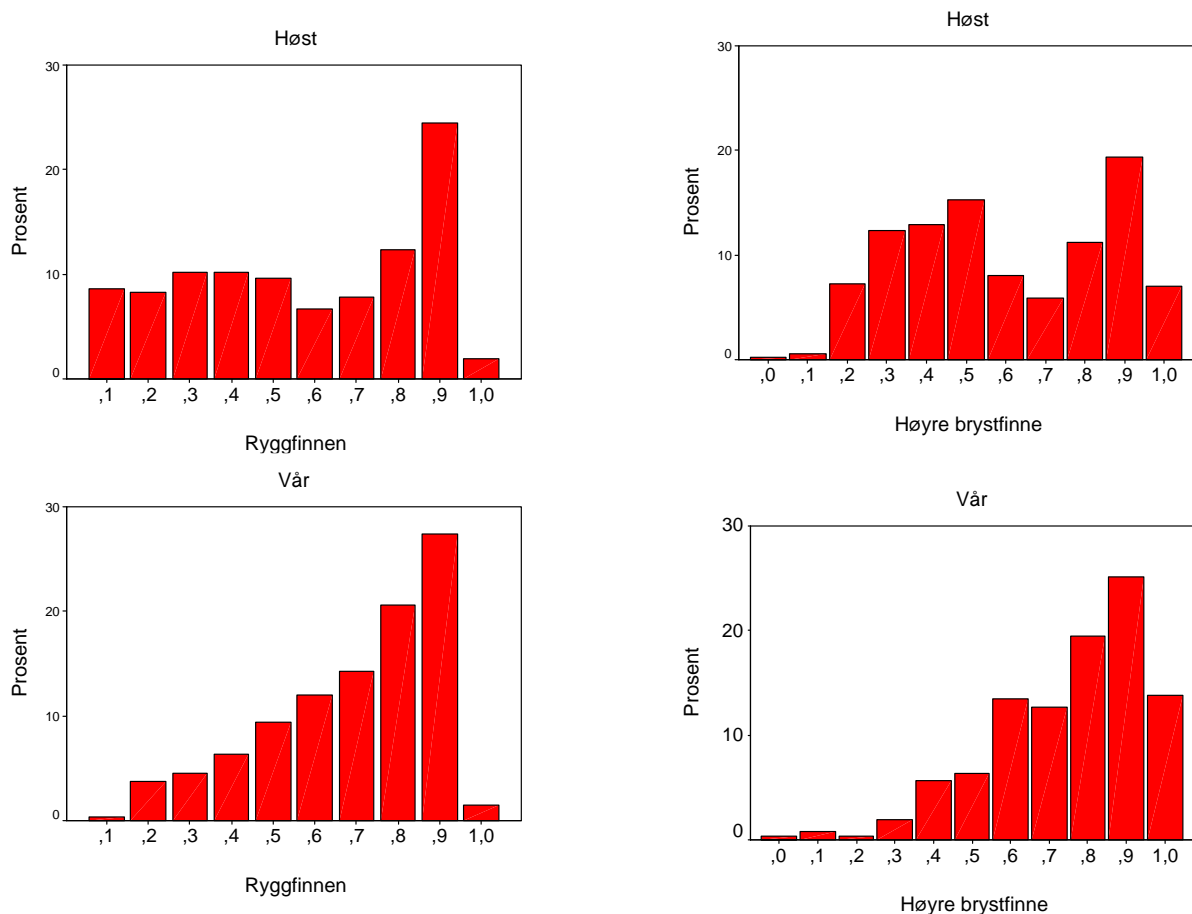
Resultater

I april 1989 var villfisk av ørret i betydelig bedre hold enn settefisken. Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor for vill ørret var $0,939 \pm 0,114$ (± 95 % konfidensintervall) og for settefisk av ørret $0,827 \pm 0,069$. Enkelte settefisk var ekstremt mager. Laksens kondisjonsfaktor var $0,884 \pm 0,087$ på samme tid.

TABELL 3.2. Gjennomsnittlig relativ størrelse (± 95 % konfidensintervall) på finner og gjellelokk i forhold til uskadet fisk hos settefisk som ble samlet inn om høsten ($n = 373$) og om våren ($n = 267$) i perioden 1989-92 i Aurlandselva.

Kroppsdel	Relativ størrelse om høsten	Relativ størrelse om våren
Venstre brystfinne	$0,660 \pm 0,047$	$0,764 \pm 0,048$
Høyre brystfinne	$0,603 \pm 0,052$	$0,752 \pm 0,047$
Venstre bukfinne	$0,970 \pm 0,015$	$0,990 \pm 0,009$
Høyre bukfinne	$0,965 \pm 0,018$	$0,991 \pm 0,008$
Ryggfinnen	$0,576 \pm 0,057$	$0,691 \pm 0,050$
Analfinnen	$0,947 \pm 0,013$	$0,982 \pm 0,011$
Fettfinnen	$0,965 \pm 0,037$	$0,988 \pm 0,025$
Halefinnen	$0,802 \pm 0,027$	$0,866 \pm 0,027$
Venstre gjellelokk	$0,974 \pm 0,009$	$0,988 \pm 0,079$
Høyre gjellelokk	$0,978 \pm 0,008$	$0,988 \pm 0,079$

En betydelig del av settefisken hadde redusert størrelse på mange finner. Dette gjaldt både fisk som ble samlet inn om høsten og om våren. De finnene som hadde størst skade var ryggfinnen, brystfinnene og halefinnen (tabell 3.2). Finnereduksjonen var størst på fisk som ble samlet inn om høsten. Blant fiskene som ble samlet inn om høsten var i gjennomsnitt bare 60 % av høyre brystfinne intakt, og enkelte fisk manglet denne finnen fullstendig (figur 3.4). Også ryggfinnen var nærmest helt borte på enkelte fisk.



FIGUR 3.4. Andelen av ryggfinnen og høyre brystfinne som var tilstede på settefisk som ble fanget i Aurlandselva om høsten og om våren 1989-92.

Fisk som ble samlet inn om våren hadde oppholdt seg nærmere ett år i elven. Blant disse fiskene var finnene noe mer intakte enn om høsten, men fortsatt ble det observert fisk som fullstendig manglet minst en brystfinne.

ENDRINGER I ØRESTEINER HOS UTSATT AURE

Øresteinene hos fisk er både et hørselsorgan og et balanseorgan. Øresteinene vokser med fisken og brukes til aldersbestemmelse. Siden 1997 er det blitt registrert om otolittene på fiskene fanget var hyaline/defekte eller normale. Av blenkjene (en-sjøsommerfisk) som stammet fra settefiskanlegget hadde 37 % hyaline (defekte) otolitter, og dette var fisk som hadde overlevd en sommer i sjøen. Av de ville blenkjene var det bare 7 % som hadde defekte otolitter, og andelen var den samme for blenkjer fanget i Aurlandselva og Vassbygdelva.

TABELL 3.3. Andel normale og hyaline / defekte otolitter på ensjøsommerfisk, blenkjer, fanget ved elektrofiske om høsten i perioden 1997-1999.

	Utsatt				Ville			
	Hyalin		Normal		Hyalin		Normal	
	Antall	%	Antall	%	Antall	%	Antall	%
Aurlandselva	7	36,8	12	63,2	4	7,1	52	92,9
Vassbygdelva	0		0		1	8,3	11	91,7
Totalt	7	36,8	12	63,2	5	7,4	63	92,7

Disse tallene viser at de utsatte fisken i tillegg til å ha ytre skader også har indre defekter. Avvikende struktur på otolittene kan skyldes problemer med kalsiummetabolismen, men dette er ikke kartlagt. Hvis dette er tilfellet kan en ikke utelukke at også andre beinstrukturer i fisken vil være påvirket.

Andelen hyaline otolitter på vill presmolt i årene 1997 til 1999 var i snitt 12 % altså noe høyere enn det på fisken som hadde vært ett år i sjøen. Dette kan skyldes variasjon i frekvensen av defekte otolitter mellom år, men kan også være forårsaket av ulik overlevelse på fisk med normale og defekte otolitter.

SJØVANNSTOLERANSE HOS UTSETTINGSFISKEN

I **1993** ble det i regi av NINA for første gang gjennomført sjøvannstesting av fisken i anlegget. Det ble gjennomført forsøk i fire perioder, og i de tre siste ble det også gjort forsøk med fisk som hadde gått i noe varmere vann enn den generelle produksjonstemperaturen i anlegget på 6°C:

29-31. mars

26-29. april, både 6,0 og 8,8 °C

11-14. mai, både 6,0 og 8,8 °C

24-27. mai, både 6,0 og 8,8 °C

I alle forsøkene ble det observert høy dødelighet på fisken i sjøvann, men dødeligheten avtok fram mot utsettingstidspunktet. Da hadde fisken også noe lavere kloridinnhold i blodet, men disse verdiene var altfor høye til at fisken i anlegget på noe tidspunkt kunne defineres som "sjøvannstilpasset". Det ble derfor anbefalt å variere både lysregime og øke temperaturene for å bedre på dette (Finstad 1993, notat).

I **1994** ble det gjennomført hele sju sjøvannstester av fisken i anlegget. Fra 13. mai ble en liten gruppe fisk satt i vann med forhøyete temperaturer på 7,5 - 8 °C, mens resten ble holdt i 5-6 °C hele tiden. Dessuten hadde fisken fra høsten 1993 og fram til 15. april 1994 opplevd et "vinterlysregime" med fullt lys kun mellom klokken 8 og 15, og etter 15. april ble det eksponert for 24 timers fullt lys. Det ble gjennomført forsøk ved disse tidspunktene:

28. februar

22. mars

21. april 24 t fullt lys herfra og ut

13. mai både 5-6 og 7,5-8 °C

27. mai både 5-6 og 7,5-8 °C

9. juni både 5-6 og 7,5-8 °C

20. juni både 5-6 og 7,5-8 °C

Det ble observert høy dødelighet i alle forsøkene til og med april, med lavere dødelighet fra midten av mai. Fisken som hadde gått i kaldt vann hadde noe høyere dødelighet enn de som hadde hatt høyere temperatur. Det var likevel dårlig sjøvannstoleranse i alle forsøkene. Dette var sannsynligvis på grunn av utilstrekkelig lysstyring, og det ble anbefalt å installere et automatisk lysstyringsanlegg.

Våren **1995** gikk det aller meste av fisken i anlegget fremdeles på manuelt styrt lysregime i anlegget, men noen grupper av fisk ble eksponert for en "naturlig" økende daglengde utover vinteren og våren. Det ble gjennomført sjøvannstester ved følgende tidspunkt:

19-22. april, økende daglengde og 4,5 °C

24-27. april, vanlig lysregime i anlegget

24-26. mai, 4,5 og 7,3 °C med økende daglengde

13-15. juni, 4,5 °C både økende daglengde og "vanlig lys"

Heller ikke i 1995 var sjøauren i anlegget sjøvannstilpasset, og bare gruppen med fisk som både hadde hatt økende daglengde med "naturlig" lysrytme og oppvarmet vann, hadde en tilnærmet god sjøvannstoleranse. Disse fiskene hadde heller ingen stor dødelighet i forsøkene. Men hele den øvrige produksjonen av settefisk gikk fremdeles på kaldt vann uten riktig døgnrytme.

Våren **1996** kom et automatisk lysstyringssystem etter hvert i drift og det ble gjennomført sjøvannstester med fisken i anlegget. I tillegg var en gruppe fisk satt i kar utenfor anlegget der de gikk i naturlig elvevann og helt naturlig lys. Det ble gjennomført fem sjøvannstester med aure denne våren:
23-26. april, naturlig lysregime med både kaldt og "varmt" vann
13-16. mai, naturlig lysregime med både kaldt og "varmt" vann, samt fisk ute (7-10. mai)
28-30. mai, naturlig lysregime med både kaldt og "varmt" vann, samt fisk ute
11-14. juni, naturlig lysregime med både kaldt og "varmt" vann, samt fisk ute (17-20. juni)
2-4. juli, naturlig lysregime med "varmt" vann

Det var bare fisken som hadde hatt oppvarmet vann som var tilnærmet sjøklar smolt fra slutten av mai og litt utover i juni. I denne perioden overlevde de i sjøvannstestene og de kunne regulere saltmengden i blodet på en tilfredsstillende måte. De fiskene som hadde gått ute i naturlig elvevann hadde nesten samme sjøvannstoleranse som den beste gruppen innendørs, men de var ikke sjøklare før seint i juni.

Sjøvannstestingene våren **1997** ble gjennomført som i 1996, og det ble også satt ut en gruppe fisk i kar utenfor settefiskanlegget, der de ble tilført elvevann. Det ble utført sjøvannstester på fiskene ved tre tidspunkt våren/sommeren 1997:

12-15. mai, naturlig lysregime med både kaldt og "varmt" vann,
26-29. mai, naturlig lysregime med både kaldt og "varmt" vann, samt fisk ute
11-13. juni, naturlig lysregime med både kaldt og "varmt" vann, samt fisk ute

Det ble registrert høy dødelighet i alle forsøkene, og det var stort sett bare fiskene som stod ute i kar med elvevann som tålte og overlevde i saltvann. Ingen av gruppene med fisk inne i anlegget var sjøvannsklare. Fiskene som hadde gått i oppvarmet vann hadde likevel lavere blodkloridverdier i alle forsøkene, men de var likevel ikke godt smoltifisert.

Våren **1998** ble det gjennomført fem sjøvannstester, og ved to av anledningene ble også grupper med fisk som hadde hatt oppvarmet vann undersøkt:

11-14. mai, naturlig lysregime og kaldt vann
25-28. mai, naturlig lysregime og både kaldt og "varmt" vann
2-5. juni, naturlig lysregime og kaldt vann
8-11. juni, naturlig lysregime og både kaldt og "varmt" vann
22-25. juni, naturlig lys og kaldt vann

Bare i forsøkene som ble gjennomført i overgangen mai-juni hadde fisken relativt "høy" overleving, mens de fleste fiskene døde i de andre forsøkene. Det var liten eller ingen forskjell på sjøvannstoleranse mellom fiskene som hadde hatt kaldt eller oppvarmet vann. Disse resultatene var nedslående i forhold til de gode resultatene fra 1996.

I **1999** ble det ikke utført sjøvannstester på den utsatte fisken fra anlegget fordi dette ikke var pålagt utført.

DISKUSJON

I 1998 hadde de aller fleste av de utsettingsklare sjøauresmoltene skadde ryggfinner, svært reduserte halefinner og delvis nedslitte bukfinner. Finneslitasje er ofte et sikkert kjennemerke på oppdrettet fisk, men da er det i større grad brystfinner og ryggfinne som har deformasjoner. Dette syntes ikke å være det dominerende problemet på fisken i Aurland, slik at det antas å være noe "annet" enn vanlig "dårlige oppdretts-vilkår" som medvirker til skadebildet. Det er sannsynlig at det fysiske karmiljøet er svært uheldig for fisken. De grunne karene har en stor aluminiumsrist over utløpet, der fisken samler seg og får slitt sine finner på undersiden og trykker mot bunnen. Virkningene var tydelig ved at det gjennomgående var nedre del av halen og også nedre del av bukfinnene som var slitt tvert av (figur 3.2).

Manglende haler utgjorde sannsynligvis et så stort problem for en stor del av fiskene som ble satt ut, at de ville ha store problem med å både skaffe seg mat og selv unngå å bli spist. De har derfor sannsynligvis hatt svært begrenset overlevelsesmulighet, og det er høyst sannsynlig at mer enn 90 % av utsettingene i 1998 var bortkastet. Det er tidligere foretatt observasjon av tilsvarende skader på utsettingsfisken, og det er sannsynlig at den utsatte fisken har hatt slike skader både i årene før målingene i 1998 og også i årene etter.

Oslo Energi har pålegg om å sette ut 30 000 sjøørretsmolt og 10 000 laksesmolt årlig. Inntil 1992 ble smolten satt ut i løpet av mai/juni ved at de ble spredt langs hele Aurlandselva. I stedet for å vandre ut til sjøen ble et stort antall fisk stående i ferskvann. Ved elfisket om høsten ble det funnet betydelige mengder av settefisk i elven, og det samme skjedde om våren. Settefisken oppholdt seg altså minst ett år i ferskvann før de eventuelt smoltifiserte og vandret ut i sjøen.

Både kondisjonsfaktor og finneslitasje viser at settefisken var av dårlig kvalitet. Resultatene i tabell 3.2 viser at finnereduksjonen var størst om høsten. Vi må anta en viss regenerering av finnene i løpet av vinteren. Men den viktigste grunnen til forskjellene mellom fisk fra høst og vår er trolig at de fiskene som hadde de dårligste finnene døde i løpet av vinteren.

De første undersøkelsene av sjøvannstoleranse i anlegget i Aurland i 1993 viste at fisken ikke var godt smoltifisert. For å bedre på dette ble det fra vinteren/våren 1995 gjennomført forsøk der en prøvde å etterligne det naturlige temperatur- og lysregimet for fisken i anlegget. I 1996 ble det derfor installert et lysstyringssystem som regulerer lyset i hele anlegget med tanke på å gi "naturlig" daglengde gjennom hele året og gradvis økende daglengde utover våren. Dette gav en bedring i resultatene fra sjøvannstestene av fisken de første årene, men deler av resultatene fra 1997 og alle resultatene fra 1998 var nedslående. Forsøkene med manipulering av fiskens miljø bekreftet likevel det en ellers allerede visste, at økende daglengde utover våren, sammen med heving av temperaturen i vannet, gir bedre kvalitet på den produserte smolten. Forsøkene med fisk som i 1996 og 1997 gikk i naturlig elvevann i kar ute synes også å ha en klart bedre sjøvannstoleranse enn de som gikk inne i anlegget.

Dersom sjøvannstestene og sjøvannstoleranse er et godt mål på smoltkvalitet for sjøaure, så viser resultatene fra denne serien med undersøkelser at det ikke er mulig å produsere en god og sjøvannsklar smolt i anlegget i Aurland. Dette skyldes blant annet at temperaturen i driftsvannet, med sine 5-6 °C er altfor lav utover våren. Lysstyring med naturlig økende daglengde utover våren er viktig, men alene er det ikke nok dersom temperaturene ikke også økes noe. For sjøauren kan det se ut til at tidspunktet for temperaturøkningen i vannet er med å avgjøre hastighet av og tidspunkt for smoltifisering, samtidig som et naturlig lysregime avgjør om fisken skal starte og siden gjennomføre smoltifiseringen. Skal en produsere "sjøauresmolt" med tilnærmet naturlig utvandringstidspunkt, er det derfor viktig at temperaturene i settefiskanlegget øker i samsvar med det som en har i elven.

Forsøk har vist at det er en klar sammenheng mellom sjøvannstoleranse og utvandringsevillighet der størrelse også synes viktig (Jonsson & Finstad 1995). Samtidig er det vist på utsatt smolt av både sjørøye i Talvik og laks generelt at god sjøvannstoleranse gir en klart bedre overlevelse i sjø (Finstad pers medd.). Erfaringer hittil har også vist at overlevelsen til utsatt oppdrettssmolt av sjøaure er lavere enn hos smolt som har vokst opp i naturen. Det er utført en rekke forsøk med utsetting av aure som er produsert i anlegget på NINAs forskningsstasjon på Ims og på Statkrafts settefiskanlegg i Eidfjord, Eresfjord og i Talvik. Samtlige forsøk med fisk produsert på Ims har gitt betydelig høyere gjenfangster enn ved utsettingene i Aurland. Fisk fra en rekke forskjellige aurestammer har blitt Carlin-merket og satt ut flere steder i Sør-Norge. Generelt har utsetting av toårig smolt gitt høyere gjenfangst enn ettårig smolt.

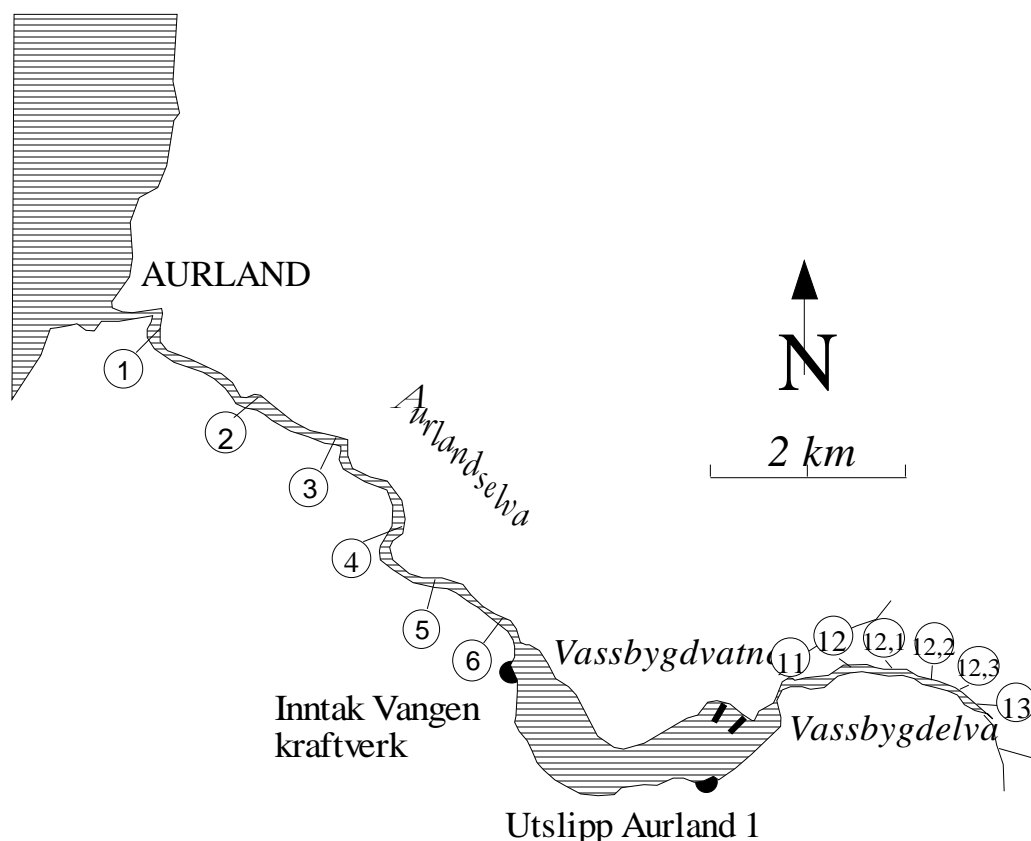
Utsettinger av toårig smolt i Imsa gav gjenfangster mellom 3,5 og 52,5 %, med et gjennomsnitt på 16,9 % (Jonsson et al. 1994). Utsetting av auresmolt i Akerselva har i gjennomsnitt gitt 20,3 % gjenfangst, mens gjennomsnittlig gjenfangster fra utsettinger i ytre og indre Oslofjord har vært henholdsvis 16,8 % og 12,1 % (Jonsson et al. 1995). I Eresfjord er det satt ut Carlin-merket, sjøauresmolt produsert ved Statkrafts anlegg i perioden 1995-99, men her var gjenfangstene lave (0-0,3 %). Denne sjøauresmolten hadde gått på kaldt grunnvann, og viste ikke god sjøvannstoleranse i testene utført på anlegget (Saksgård mfl 2000). Utsettingsforsøk nedenfor fella i Halselva i 1995 ga 6,3-8,7 % tilbakevandring samme sommer (Ugedal & Finstad 1996). Tilsvarende forsøk i 1997 og 1998 gav henholdsvis 15-18 % og 5-9 % tilbakevending (Ugedal og Finstad 1999). Det kan, ut fra disse omtalte forsøksseriene, se ut som om det er en samvariasjon mellom sjøvannstoleranse på den utsatte fisken og dens påfølgende overlevelse i sjø.

Det må konkluderes med at gjenfangstene av auresmolt fra Oslo Energi's settefiskanlegg i Aurland har gitt betydelig lavere gjenfangster enn en skal forvente, både i forhold til gjenfangster av vill aure merket i Aurlandselva tidligere og i forhold til anleggsprodusert auresmolt fra flere andre settefiskanlegg. De dårlige resultatene skyldes sannsynligvis dårlig kvalitet på utsettingsmaterialet, og det kan ikke utelukkes at både den fysiologiske status med manglende sjøvannstoleranse og den fysiske status med manglende og nedslitte halefinner samvirker til det dårlige resultatet.

4. TETTHET OG PRODUKSJON HOS UNGFISK

4.1 METODE

Data om tetthet og vekst av ungfisk av laks og aure ble samlet inn med elektrisk fiskeapparat hver høst siden 1989, fram til 1994 ble det også samlet inn ungfisk om våren. I Aurlandselva ble det samlet inn fisk på 6 stasjoner (st. 1-6, totalt 600 m²) og i Vassbygdelva på 3 stasjoner (st. 11-13, totalt 290 m²), siden 1997 har det vært fisket på 6 stasjoner (totalt 600 m²) også i Vassbygdelva (figur 4.1). De første årene (1989-94) ble høst innsamlingen foretatt i september (oktober i 1992 på grunn av flom i september). Siden 1995 har innsamlingene blitt utført i november. Hvert område på stasjonene er overfisket tre ganger med ca ½ times mellomrom, og tettheten ble beregnet (Bohlin m.fl. 1989). Dersom konfidensintervallet på tetthetsestimater er større enn 75 % av tetthetsestimater er det antatt en fangsteffektivitet på 0,5 per fiskeomgang. De første seks årene ble all fisk fiksert på sprit, og art, alder, kjønn og kjønnsmodning ble bestemt i laboratoriet. Alderen ble bestemt ved hjelp av skjell, men i tvilstilfelle ble også otolittene benyttet. Siden 1995 er all fisk gjort opp som fersk fisk og det ble tatt skjell- og otolittprøver av all fisk større enn 5 cm. Disse fiskene ble aldersbestemt ved avlesning av otolitter i laboratoriet.



FIGUR 4.1. Oversiktskart over den anadrome strekningen i Aurlandsvassdraget. Prøvetakingsstasjonane er innteikna med nummereringa som er nytta i rapporten. Ni av stasjonane er identiske med stasjonane som har vore undersøkt tidlegare år av NINA og Rådgivende Biologer medan tre stasjonar i Vassbygdelva (stasjon 12,1-12,2 -12,3) var nye frå og med 1997.

Ved det elektriske fisket ble det de første årene (1989-92) fanget et betydelig antall settefisk av aure i Aurlandselva, og disse har blitt holdt utenom tetthetsanalysene. Dette er fisk som er satt ut fra settefiskanlegget (som smolt), men som i stedet for å vandre ut i sjøen er blitt stående i ferskvann. Settefisk ble skilt fra villfisk ved ytre morfologi (spesielt uregelmessigheter på finnene, men også kroppsfasong og farge) og ved skjellanalyser. Inntil 1992 ble settefisken rutinemessig spredd langs hele Aurlandselva ved utsetting, men på grunn av at et stort antall settefisk fremdeles oppholdt seg i elven

lang tid etter utsetting, ble utsettingsstrategien etter forslag fra NINA endret slik at fisken etter 1992 bare er blitt satt ut i den aller nederste delen av elven.

Fangst av presmolt er et mål på hvor mye fisk som går ut som smolt neste vår. Smoltstørrelse, og dermed også presmoltstørrelse, er korrelert til vekst, jo raskere en fisk vokser, desto mindre er den når den går ut som smolt (Økland m.fl. 1993). Vi har definert presmolt slik: Ett år gammel fisk (1+) som er 10 cm og større; to år gammel fisk (2+) som er 11 cm og større; fisk som er 3 år og eldre og som er 12 cm og større. Aure som er større enn 16 cm blir regnet som elveaure og blir ikke inkludert i presmoltmaterialet (Sægrov m.fl. 1998).

Presmoltproduksjonen i vassdraget er beregnet for årene 1989 til 1999 og bygger på beregninger av gjennomsnittlig presmolttetthet fra elektrofiske, multiplisert med elveareal i elvene, henholdsvis 194 300 m² (6700*29) og 58 000 m² (2700m*20 m) i Aurlands- og Vassbygdelfva.

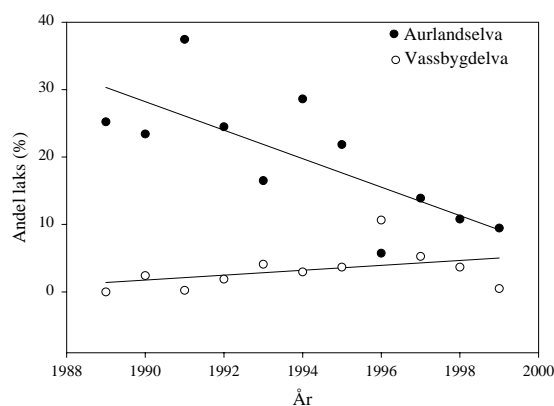
4.2 RESULTATER

Total tetthet

I 11-års perioden fra 1989 til 1999 har gjennomsnittlig tetthet av ungfisk i Aurlandselva vært 91 fisk per 100 m², tettheten har variert mellom 53 fisk per 100 m² i 1998 til 127 fisk per 100 m² i 1991. Tettheten av aure har variert mellom 47 (1998) til 103 (1996) per 100 m². Andelen av laks har i gjennomsnitt vært 20 %, med et minimum på 6 % i 1996 og et maksimum på 37 % i 1991. Det har vært en signifikant trend mot en lavere andel laks i elektrofiskefangstene i perioden fra 1989 til 1999 ($r^2=0,55$, $p=0,009$) (figur 4.2).

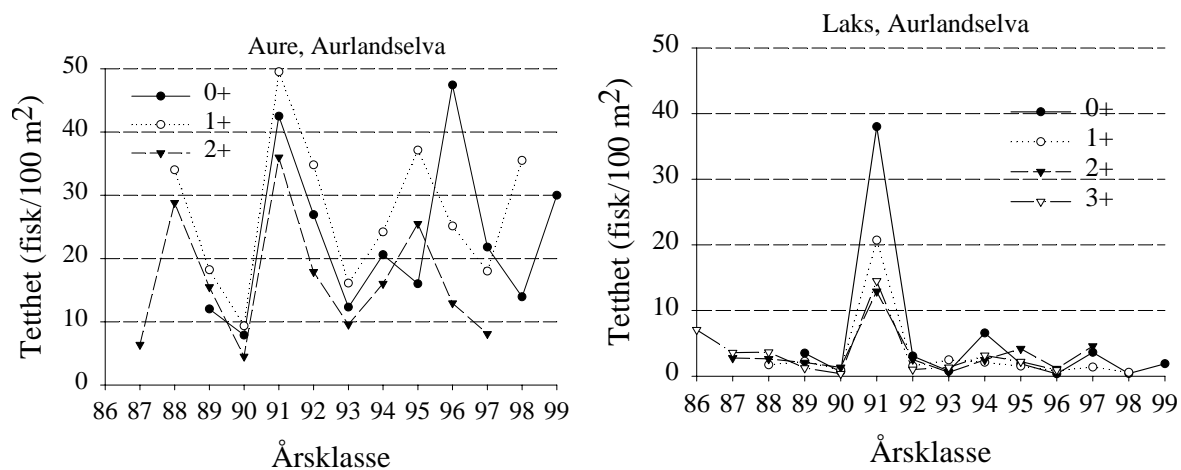
I Vassbygdelfva har tettheten av ungfisk variert mellom 61 fisk per 100 m² i 1994 til 135 fisk per 100 m² i 1991, gjennomsnittlig fisketetthet i perioden fra 1989 til 1999 har vært 87. Laveste og høyeste tetthet av aure har vært henholdsvis 59 (1994) og 135 (1991). Andelen laks har variert mellom 0 og 11 %, med et gjennomsnitt på 3 %, det er ingen signifikant endring i andel laks i denne perioden.

FIGUR 4.2. Andel av laks i forhold til total tetthet av laks og aure i Aurlandselva og Vassbygdelfva i perioden 1989 til 1999.



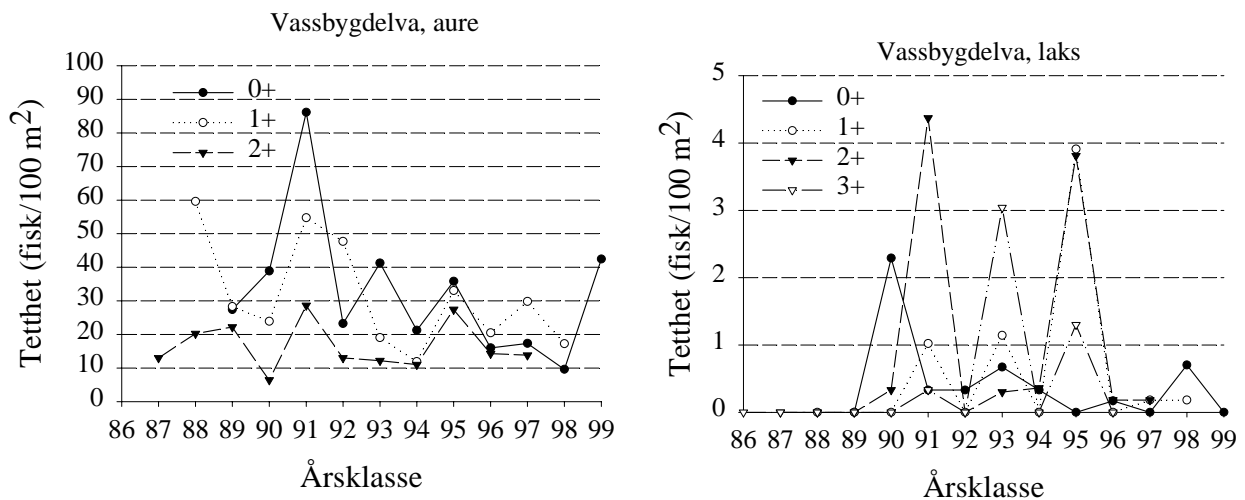
Årsklassestyrke

Rekrutteringen av de ulike årsklassene har variert relativt mye fra år til år spesielt av laks, men også aure, både i Aurlandselva og i Vassbygdelfva. I Aurlandselva har tettheten av årsyngel av aure variert mellom 8 og 42 aure per 100 m², gjennomsnittlig tetthet per 100 m² for årsyngel av aure er 23 for perioden fra 1989 til 1999. For laks er variasjonen i tettheten av årsyngel enda større enn for auren og varierer mellom 0,4 og 38 lakseyngel per 100 m². Spesielt skiller 1991 årsklassen seg ut med god rekruttering. I 1991 var tettheten av årsyngel av laks 38 per 100 m², de andre årene i perioden var tettheten av årsyngel under 7 per 100 m². Også for aure var det årsklassen klekt i 1991 som hadde størst rekruttering i Aurlandselva. 1991 årsklassen av aure og laks gikk igjen som den mest tallrike både som ettåringer, toåringer og treåringer (figur 4.3, vedleggstabell 12.1).



FIGUR 4.3. Tetthet av årsyngel (0+), ettåringer (1+), toåringer (2+) og treåringer av de ulike årsklassene av laks og aure som ble fanget ved elektrofiske på seks stasjoner i Aurlandselva i perioden 1989 til 1999.

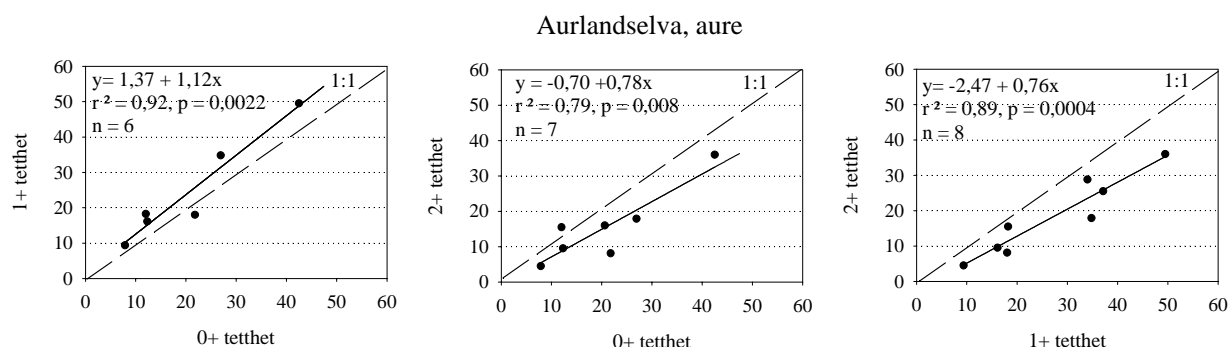
I Vassbygdelva har det også vært stor variasjon i rekruttering mellom årsklassene. Av aure er det 1991 årsklassen som er den sterkeste, og det var en tetthet av årsyngel på 86 per 100 m² for denne årsklassen. De andre årsklassene av aure har hatt en tetthet av årsyngel mellom 9,6 (1998) og 42 (1999) per 100 m². For laksen har det generelt vært svært lave tettheter av ungfisk i Vassbygdelva, gjennomsnittlig tetthet av årsyngel har vært 0,4 fisk per 100 m². 1991-, 1993- og 1995 årsklassene ser ut til å ha hatt en noe bedre rekruttering enn de andre årsklassene (figur 4.4, vedleggstab.12.4.).



FIGUR 4.4. Tetthet av årsyngel (0+), ettåringer (1+), toåringer (2+) og treåringer (3+) av de ulike årsklassene av laks og aure som ble fanget ved elektrofiske på seks stasjoner i Vassbygdelva i perioden 1989 til 1999.

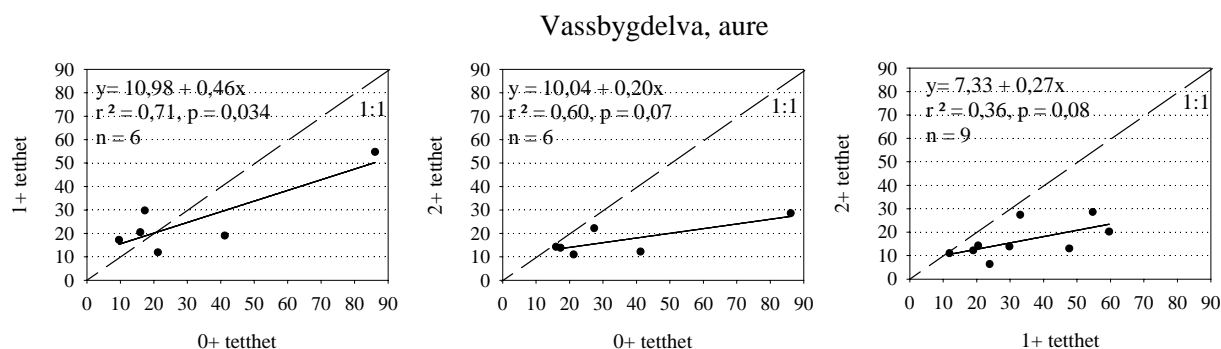
Fangstene av hver årsklasse av ungfisk har variert relativt mye fra år til år, men tetthetsestimaterne av de ulike årsklassene viser at det ofte er en god sammenheng mellom tettheten av årsyngel (0+) og tettheten av samme årsklasse som ettåringer (1+) og toåringer (2+) de påfølgende årene. I Aurlandselva er det en signifikant ($p < 0,01$) sammenheng mellom tetthet av årsyngel og 1+, tetthet av årsyngel og toåringer og mellom tetthet av ettåringer og toåringer (figur 4.5). For sammenhengen mellom tetthet av årsyngel og ettåringer ser det ut til å være en høyere tetthet av ettåringer enn tettheten av tilsvarende årsklasse som årsyngel, dette skyldes at ettåringene har en høyere fangbarhet enn årsyngelen. Om en antar lik fangbarhet på ettåringer og toåringer vil stigningstallet på linjen som beskriver sammenhengen mellom tettheten av ettåringer og toåringer være lik dødeligheten fra 1+ til

2+. Fangbarheten vil normalt være høyere for toåringer enn for ettåringer og for aure i Aurlandselva er da den gjennomsnittlige dødeligheten fra 1+ til 2+ minst 25 % (figur 4.6).



FIGUR 4.5. Sammenhengen mellom tetthet av en årsklasse som årsyngel (0+) og ettåringer (1+), mellom tetthet av 0+ og toåringer (2+) og mellom 1+ og 2+ av aure i Aurlandselva. Dersom 95 %-konfidensintervallet for tetthetsestimert er større enn 75 % av tetthetsestimert er punktet utelatt.

I Vassbygdelva er sammenhengen mellom tetthetene av de samme årsklassene som årsyngel, ettåringer og toåringer svakere enn i Aurlandselva og er bare signifikant for forholdet mellom årsyngel og ettåringer ($p < 0,05$). Stigningstallet som beskriver forholdet mellom tettheten av ettåringer og toåringer er relativt lavt (0,27) og tilsier at en stor del av auren som finnes i elven som ettåringer ikke er til stede som toåringer (figur 4.6).



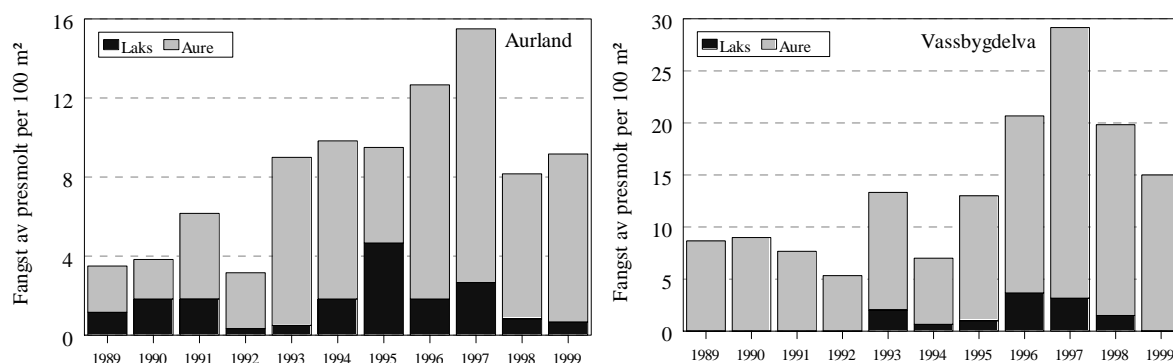
FIGUR 4.6. Sammenhengen mellom tetthet av en årsklasse som årsyngel (0+) og ettåringer (1+), mellom tetthet av 0+ og toåringer (2+) og mellom 1+ og 2+ av aure i Vassbygdelva. Dersom 95 %-konfidensintervallet for tetthetsestimert er større enn 75 % av tetthetsestimert er punktet utelatt.

Presmolt

Tettheten av presmolt, estimert som fangst per 100 m², har variert mellom 2,0 og 12,8 for aure og mellom 0,3 og 4,7 for laks i Aurlandselva. Gjennomsnittlig fangst av aurepresmolt per 100 m² har i perioden 1989 til 1999 vært 6,6, tilsvarende tall for laksen er 1,7. I Vassbygdelva var den gjennomsnittlige presmolttettheten av aure 12,1 og av laks 0,4. Variasjonen i tetthet av aurepresmolt har vært stor og har variert mellom 5,3 i 1992 og 26,0 i 1997. Presmoltproduksjonen av laks i Vassbygdelva har vært lav alle årene i den undersøkte perioden og seks av årene har det ikke vært presmoltproduksjon av laks (figur 4.7, tabell 4.1).

Presmoltproduksjonen av villfisk har økt i Aurlandselva etter 1992, da utsettingene av settefisk i elven opphørte. Total presmoltproduksjon er signifikant høyere etter stans i utsettingene sammenlignet med før (t-test, $t = 2,26$ $p < 0,01$, $n = 11$). I snitt har presmoltproduksjonen vært 2,5 ganger høyere de sju siste årene sammenlignet med de fire første (tabell 4.1). Når presmolt av settefisk inkluderes i årene

1989 – 1992, er det ingen forskjell i tettheten mellom de to periodene. Tilstedeværelsen av settefisk synes dermed å være på bekostning av produksjonen av villfisk.



FIGUR 4.7. Fangst av presmolt per 100 m² av aure og laks i Aurlandselva og Vassbygdelva i perioden 1989 til 1999. I Vassbygdelva er stasjon 11.1, 11.2 og 11.3 inkludert siden 1996.

I Vassbygdelva har det også vært en positiv økning i presmolttettheten de siste årene, her kom økningen noe senere og har trolig sammenheng med at vintervannføringen er økt siden vinteren 1995/96 da en begynte å slippe vann i elven vinterstid. Sammenligner en tettheten før og etter at vintervannføringen økte, er det en signifikant større presmoltproduksjon etter (t-test, $t = 2,26$ $p < 0,01$ $n=11$). Etter at vintervannføringen økte har den gjennomsnittlige presmoltproduksjonen vært 2,3 ganger så høy som før (tabell 4.1).

TABELL 4.1. Estimert presmolttetthet og presmoltproduksjon av aure og laks i Aurlandselva og Vassbygdelva i perioden 1989 til 1999. I Vassbygdelva er det bare tatt med stasjon 11, 12 og 13 som har vært fisket alle år. Produksjonen i elven er tettheten multiplisert med elveareal.

År	Presmolttetthet (fisk per 100 m ²)				Presmoltproduksjon (antall)					
	Aurlandselva		Vassbygdelva		Aurlandselva			Vassbygdelva		
	Aure	Laks	Aure	Laks	Aure	Laks	Totalt	Aure	Laks	Totalt
1989	2,33	1,17	8,67	0,00	4 534	2 267	6 801	5 027	0	5 027
1990	2,00	1,83	9,00	0,00	3 886	3 562	7 448	5 220	0	5 220
1991	4,33	1,83	7,67	0,00	8 420	3 562	11 982	4 447	0	4 447
1992	2,83	0,33	5,33	0,00	5 505	648	6 153	3 093	0	3 093
1993	8,50	0,50	11,33	2,00	16 516	972	17 487	6 573	1 160	7 733
1994	8,00	1,83	6,33	0,67	15 544	3 562	19 106	3 673	387	4 060
1995	4,83	4,67	12,00	1,00	9 391	9 067	18 459	6 960	580	7 540
1996	10,83	1,83	18,00	0,33	21 049	3 562	24 611	10 440	193	10 633
1997	12,83	2,67	26,00	0,67	24 935	5 181	30 116	15 080	387	15 467
1998	7,33	0,83	19,33	0,00	14 249	1 619	15 868	11 213	0	11 213
1999	9,16	0,66	15,00	0,00	17 798	1 282	19 080	8 700	0	8 700
Snitt	6,64	1,65	12,61	0,42	12 893	3 208	16 101	7 312	246	7 558

Det har helt siden reguleringen startet opp pågått en relativt omfattende produksjon av settefisk, i perioden fra 1979 til 1999 er det blitt satt ut totalt 966 000 laks og aure. Fra smoltårgangen 1990 er den naturlige smoltproduksjonen estimert ved elektrofiske foregående år. I denne perioden utgjør andelen utsatt smolt 69 % av total smoltutvandring, mens den for laksene utgjør 47 % av den totale smoltutvandringen (tabell 4.2). Disse prosentene forutsetter at presmoltestimatet tilsvarer smoltproduksjonen, altså ingen vinterdødelighet og at all den utsatte fisken gikk ut det året den ble satt ut.

TABELL 4.2. Utsettinger, estimat for naturlig smoltproduksjon, total smoltutvandring fra vassdraget og andel utsatt smolt blant utvandrende smolt i Aurlandsvassdraget.

Smolt- årgang	Utsettinger (antall)			Naturlig produksjon (antall)			Total produksjon (antall)			Andel utsatt (%)		
	Aure	Laks	Totalt	Aure	Laks	Totalt	Aure	Laks	Totalt	Aure	Laks	Totalt
1979	38 000	1 000	39 000									
1980	55 050	5 510	60 560									
1981	65 000		65 000									
1982			0									
1983	25 000		25 000									
1984	45 000	18 000	63 000									
1985	30 000	10 000	40 000									
1986	15 000	5 000	20 000									
1987	44 000	5 000	49 000									
1988	60 000	6 000	66 000									
1989	70 000		70 000									
1990	45 000	500	45 500	9 560	2 267	11 827	54 560	2 767	57 327	82,5	18,1	79,4
1991	47 000	2 200	49 200	9 106	3 562	12 668	56 106	5 762	61 868	83,8	38,2	79,5
1992	55 000	0	55 000	12 866	3 562	16 428	67 866	3 562	71 428	81,0	0,0	77,0
1993	57 000		57 000	8 598	648	9 246	65 598	648	66 246	86,9	0,0	86,0
1994	27 000		27 000	23 089	2 132	25 220	50 089	2 132	52 220	53,9	0,0	51,7
1995	40 500	19 000	59 500	19 217	3 949	23 166	59 717	22 949	82 666	67,8	82,8	72,0
1996	52 000	6 000	58 000	16 351	9 647	25 999	68 351	15 647	83 999	76,1	38,3	69,0
1997	30 000	5 000	35 000	31 489	3 755	35 245	61 489	8 755	70 245	48,8	57,1	49,8
1998	52 000		52 000	40 015	5 568	45 583	92 015	5 568	97 583	56,5	0,0	53,3
1999	30 000		30 000	25 462	1 619	27 081	55 462	1 619	57 081	54,1	0,0	52,6
Snitt	44 128	5 944	45 989	19 575	3 671	23 246	63 125	6 941	70 066	69,0	47,1	66,8

4.3 DISKUSJON

Tetthetsanalysen av de ulike årsklassene av aure i Aurlandselva viser at tallrike årsklasser av årsyngel forblir tallrik både som ettåringer og toåringer. Reduksjonen i tetthet fra ettåringer til toåringer av aure i Aurlandselva indikerer en dødelighet på minst 25 % i løpet av ett år, noe som er relativt moderat og indikerer en lav vinterdødelighet for aureungene i elven.

I Vassbygdelva er det en større reduksjon i tettheten fra ettåringer til toåringer, og dette kan foruten naturlig dødelighet pga. lav vintervannføring også forklares med at en del av ungfisken kan vandre ned i Vassbygdvatnet. De siste årene har smoltalderen i elven gått ned, og andelen toårssmolt har økt, noe som også påvirker forholdet mellom tettheten av ettåringer og toåringer.

Presmoltproduksjonen er beregnet på grunnlag av estimert presmolttetthet multiplisert med elvearealet ved elektrofisket. Ved elektrofiske i Aurlandselva har vannføringen vært stabil rundt 3 m³/s alle undersøkelsesårene. For Vassbygdelva foreligger det ikke gode vannføringsmålinger, men estimert vannføring for elektrofiskeperioden viser at vannføringen normalt har vært mellom 1 og 2 m³/s ved elektrofiske, med unntak av de tre årene 1989, 1991 og 1996 da vannføringen er beregnet til å ha vært henholdsvis 20, 6 og 5 m³/s. Elvebredden ved 1 m³/s er beregnet til 18,5 m, mens den ved 2 m³/s er beregnet til 21,2 m, et avvik på mellom 6 og 8 % i forhold til den brukte verdien på 20 m. For 1989, 1992 og 1995 er beregnet elvebredde henholdsvis 33, 26 og 25 m. Dette innebærer at presmoltproduksjonen for disse tre årene er noe underestimert. Det var også flere år med vannføringer rundt 2 m³/s fram til og med 1995 enn etter 1995, noe som medfører at gjennomsnittlig presmoltproduksjon fram til og med 1995 trolig er under estimert med mellom 10 og 15 % i forhold til perioden 1996-1999.

Andelen utsatt smolt blant den utvandrende smolten forutsetter at all den utsatte smolten vandrer ut det året den ble satt ut, fram til 1992 vet vi at en stor del fisk som var satt ut om våren sto igjen i elven om høsten og også neste vår. Fisken som sto igjen på elven hadde dårlig kondisjon og hadde betydelige finneskader neste vår (se kapittel 3), dette var de utsatte fiskene som hadde overlevd, men det er også naturlig å anta at det hadde vært en betydelig dødelighet på denne gruppen mens den sto på elven. En kan derfor forvente at antallet utsatte smolt som gikk ut i sjøen var betydelig lavere enn det antallet som ble satt ut.

5.1 METODER OG MATERIALE

Data om tetthet og vekst av ungfisk av laks og aure ble samlet inn med elektrisk fiskeapparat på 6 stasjoner (st. 1-6, totalt 600 m²) i Aurlandselva og 3 stasjoner (st. 11-13, totalt 290 m²) i Vassbygdelva (6 stasjoner [totalt 600 m²] siden 1997) hver høst siden 1989 (figur 4.1). De første årene (1989-94) ble innsamlingen foretatt i september (oktober i 1992 på grunn av flom i september). Siden 1995 har innsamlingene blitt utført i november. De første seks årene ble all fisk fiksert på sprit, og art, alder, kjønn og kjønnsmodning ble bestemt i laboratoriet. Alderen ble bestemt ved hjelp av skjell, men i tvilstilfelle ble også otolittene benyttet. Siden 1995 er all fisk blitt lengdemålt og kjønnsbestemt i felt, og det ble tatt skjell- og otolittprøver av all fisk større enn 5 cm. Disse fiskene ble aldersbestemt ved avlesning av otolitter i laboratoriet. Det ble også samlet inn data om tetthet og vekst hos ungfisk i begge elveavsnitt i april hvert år i perioden 1989-94 (se Jensen et al. 1993), men dette materialet er ikke inkludert i foreliggende rapport.

Ved det elektriske fisket ble det de første årene (1989-92) fanget et betydelig antall settefisk av aure i Aurlandselva, og disse har blitt holdt utenom vekstanalysene. Dette er fisk som er satt ut fra settefiskanlegget (som smolt), men som i stedet for å vandre ut i sjøen er blitt stående i ferskvann. Settefisk ble skilt fra villfisk ved ytre morfologi (spesielt uregelmessigheter på finnene, men også kroppsfasong og farge) og ved skjellanalyser. Inntil 1992 ble settefisken rutinemessig spredt langs hele Aurlandselva ved utsetting, men på grunn av at et stort antallet settefisk fremdeles oppholdt seg i elven lang tid etter utsetting, ble utsettingsstrategien endret slik at fisken etter 1992 bare er blitt satt ut i den aller nederste delen av elven.

Det ble registrert betydelig forskjell i tilvekst hos ungfisken fra år til år. De viktigste faktorene som har betydning for fiskens tilvekst er vanntemperatur, næringstilgang og fiskens størrelse (Brett et al. 1969). Det er viktig å vite om det er endringer i vanntemperatur eller næringstilgang som har forårsaket vekstendringene. For å skille effekten av disse faktorene, har vi benyttet en modell som beskriver vekst hos aure som får næring i overskudd som en funksjon av vanntemperatur og fiskestørrelse. Modellen er utviklet i England av Elliott et al. (1995). Ved hjelp av denne modellen kan aurens økning i vekt beregnes ut fra vanntemperaturen etter følgende formel:

$$W_t = [W_0^b + bc(T - T_{LIM}) t / \{100(T_M - T_{LIM})\}]^{1/b} \quad (1)$$

der W_0 er opprinnelig vekt (i gram) og W_t er sluttvekten etter en periode på t dager med temperatur T . $T_{LIM} = T_L$ dersom $T < T_M$ eller $T_{LIM} = T_U$ dersom $T > T_M$, og T_M er temperaturen for optimal vekst, T_L og T_U er nedre og øvre temperatur der veksten er lik null, b er den eksponenten som medfører at veksten er lineær, og c er veksthastigheten til en 1 g fisk ved optimal temperatur. Optimaltemperaturen for vekst T_M ble av Elliott et al. (1995) beregnet til å være 13,11 °C og nedre T_L og øvre T_U temperaturer der veksten er lik null ble beregnet til henholdsvis 3,56 °C og 19,48 °C. Ved bruk av vekstmodellen på fisk i Aurland ble vekstøkningen beregnet i perioder på 10 dager, og vi benyttet gjennomsnittstemperaturen for hver 10-dagersperiode. Ved temperaturer lavere enn T_L antok vi at vekten holdt seg konstant.

Gjennomsnittlig årlig veksthastighet G_{WA} (g g⁻¹ y⁻¹) ble beregnet etter følgende formel:

$$G_{WA} = \ln W_t - \ln W_0 \quad (2)$$

der W_0 (g) er gjennomsnittsvekt av en spesifikk aldersgruppe av aure om høsten, og W_t (g) gjennomsnittsvekta av samme cohort av aure ett år senere.

5.2 RESULTATER

I Aurlandselva var gjennomsnittlig størrelse på årsyngelen av aure om høsten 43,2 mm. Videre årlig tilvekst var i gjennomsnitt 31,1, 29,5 og 28,9 mm for henholdsvis 1+, 2+ og 3+ aure. Men det var stor variasjon i vekst fra år til år (tabell 12.5). Gjennomsnittsstørrelsen av årsyngel varierte mellom 35,4 mm (1990) og 51,2 mm (1996). Tilsvarende varierte størrelsen på 1+ aure mellom 61,5 mm (1990) og 86,5 mm (1997) og 2+ aure varierte mellom 86,0 mm (1990) og 117,3 mm (1997). Dette vekstforløpet tyder på at de fleste år ble bare en liten del av auren store nok til å smoltifisere og vandre ut i sjøen etter 3 år på elven. De fleste stod 4 år eller mer før de vandret ut i sjøen.

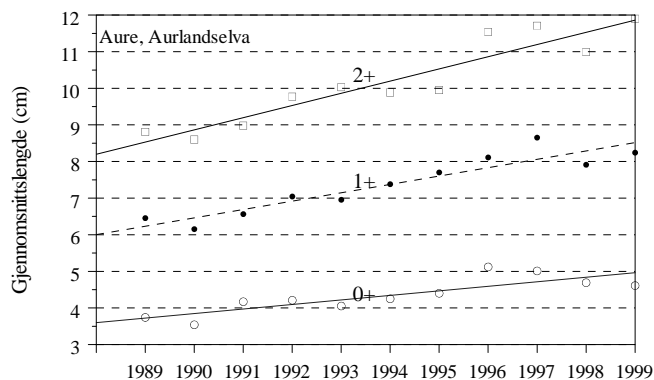
Laksyngelens gjennomsnittslengde om høsten var 38,8 mm i Aurlandselva, med en variasjon mellom år fra 33,4 mm (1989) til 46,5 mm (1996). Gjennomsnittlig årlig tilvekst for eldre laksunger i Aurlandselva var 31,2, 25,8 og 18,4 mm for henholdsvis 1+, 2+ og 3+ fisk. Også for disse aldersgruppene var det stor variasjon i størrelse fra år til år (tabell 12.6). Gjennomsnittsstørrelsen av 1+ laks varierte mellom 55,7 mm (1990) og 77,4 mm (1996), toåringene varierte mellom 77,5 mm (1991) og 102,5 mm (1998) og treåringene varierte mellom 94,3 mm (1990) og 120,8 mm (1997).

Både aure- og laksunger vokste noe raskere i Vassbygdelva enn i Aurlandselva. Årsyngelen av aure var i gjennomsnitt 51,7 mm da feltarbeidet ble utført på høsten, og årlig gjennomsnitt varierte mellom 43,4 mm (1989) og 60,8 mm (1997) (tabell 12.7). Videre årlig tilvekst var i gjennomsnitt 32,1 mm og 31,4 mm for henholdsvis 1+ og 2+ aure. Ettåringene var i gjennomsnitt 83,8 mm, med en variasjon mellom år fra 70,5 mm (1990) til 95,0 mm (1997). Videre var gjennomsnittslengden for toåring 115,2 mm, med laveste gjennomsnitt i 1991 (105,0 mm) og høyeste i 1997 (129,7 mm). Størrelsen på toåringene tyder på at en betydelig del av auren i Vassbygdelva vandret ut i sjøen den våren de var 3 år gamle.

Det ble bare sporadisk fanget laksunger i Vassbygdelva (tabell 12.8). Av årsyngel ble det i løpet av ti år totalt bare fanget 10 individer, og de var i gjennomsnitt 45,6 mm. Gjennomsnittslengde for de 25 ettåringene som ble fanget var 84,8 mm, og for de 37 toåringene 116,0 mm.

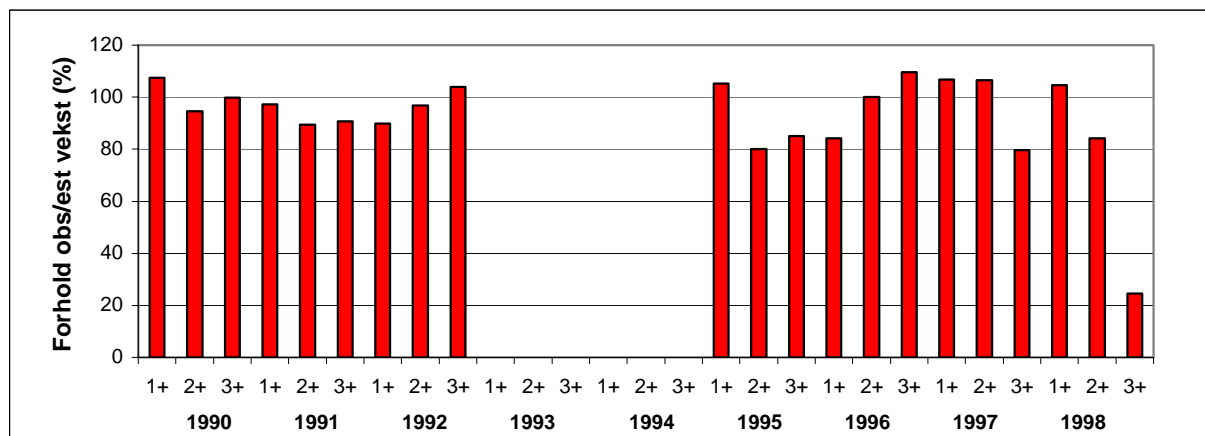
5.3 DISKUSJON

Det var en klar økning i gjennomsnittslengde på alle de tre yngste aldersklassene av aure i Aurlandselva i perioden 1989-98 (figur 5.1). Vi har benyttet vekstmodellen for aure (likning 1) til å teste om dette skyldes en økning i vanntemperaturen utover 1990-tallet, eller om det skyldes en generell bedring i næringstilgangen for auren i perioden. For ettåringene av aure (1+) varierte den observerte tilveksten mellom 84 og 107 % (gjennomsnitt 99 %) av de estimerte verdier (figur 5.2). For toåringene (2+) var tilsvarende variasjon mellom 80 og 107 % (gjennomsnitt 93 %). Når vi ser bort fra resultatet i 1998 (25 %), varierte den observerte tilveksten av treåringene (3+) mellom 80 og 110 %, med et gjennomsnitt på 95 %. Det dårlige resultatet fra 1997 og 1998 er ikke reelle, men skyldes at de aurene av disse årsklassene som hadde vokst best allerede hadde vandret ut i sjøen, og bare de som hadde vokst dårligst stod igjen i elven. Toåringene var uvanlig store høsten 1996 og 1997 (tabell 5.1), og de fleste smoltifiserte og gikk ut i sjøen som smolt våren 1998 før.



FIGUR 5.1. Gjennomsnittlig lengde (cm) av aure for årsyngel, ettåringene og toåringene i fanget i perioden 1989 til 1999 i Aurlandselva

Vekstmodellen viser at auren i Aurlandselva hele tida har hatt god tilgang på næring, idet observert vekst har vært nært opp til estimert vekst for aure som har næring i overskudd (figur 5.2). Variasjonene i vekst fra år til år skyldes derfor i hovedsak variasjoner i vanntemperatur. Det har vært en klart økende trend i vanntemperatur om sommeren i perioden fra 1989 til 1998. Det var flere kalde år først på 1990-tallet (1990, 1992, 1993), mens flere av de siste årene har vært varmere (1996, tabell 5.1).



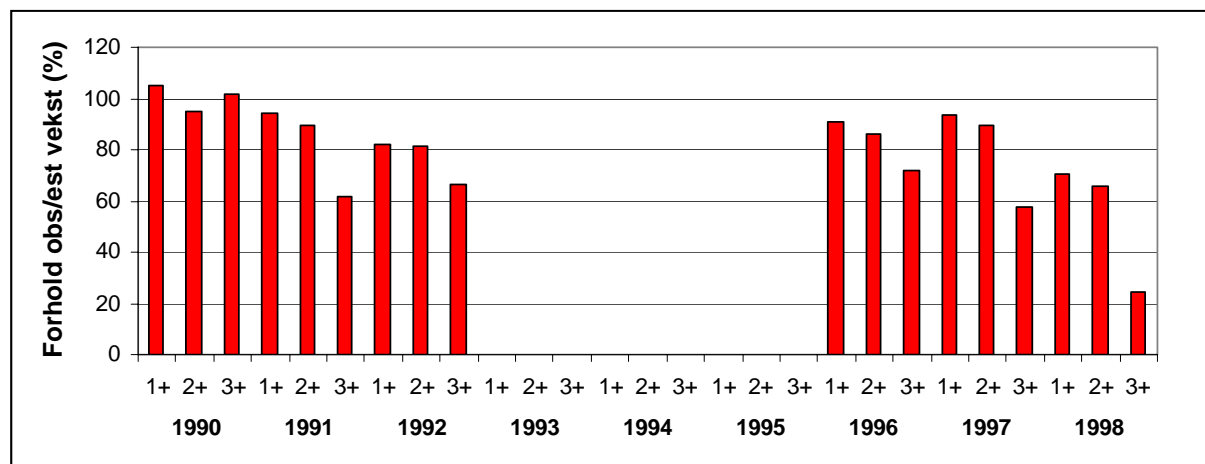
FIGUR. 5.2. Forhold (i prosent) mellom observert årlig tilvekst hos aure i Aurlandselva og tilsvarende beregnet ved hjelp av vekstmodellen ved samme temperaturforhold. Dersom forholdet er 100 %, betyr det at auren har overskudd på næring. Beregningene er gjort for 1+, 2+ og 3+ aure i vekstsesongene 1990-98. Beregninger kunne ikke gjøres for 1993 og 1994 på grunn av manglende/ufullstendige temperaturdata.

TABELL 5.1 Gjennomsnittlig månedstemperatur (°C) i sommerhalvåret i Aurlandselva og (Vassbygdelva). Målingene er gjennomført av NVE, Hydrologisk avdeling. For noen av månedene i 1993 og 1994 foreligger det ikke målinger.

År	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
1985	3,6	7,1	9,2	9,6	9,3	6,5
1986	3,9	6,9	8,0	8,5	8,3	6,5
1987	3,8	5,9	7,8	8,9	8,2	6,4
1988	4,3	7,9	9,6	10,1	9,5	7,0
1989	4,4 (4,2)	5,2 (5,9)	7,5 (7,8)	7,7 (7,9)	7,3 (6,8)	5,1 (4,8)
1990	4,2 (4,2)	5,0 (5,7)	6,4 (7,7)	8,0 (8,1)	7,5 (6,8)	6,1 (5,3)
1991	3,8 (5,5)	5,8 (7,2)	9,4 (10,8)	10,2 (11,6)	9,7 (8,4)	5,7 (5,3)
1992	4,3 (5,0)	7,5 (8,5)	7,5 (9,5)	7,8 (8,4)	8,1 (7,9)	6,0 (5,0)
1993	4,2 (4,8)	5,9 (7,5)	6,9 (8,5)	-	-	-
1994	-	-	-	-	7,8 (7,3)	- (5,2)
1995	3,2	6,3 (7,9)	8,0 (9,4)	9,1 (11,4)	8,4 (8,8)	- (6,0)
1996	3,0 (4,8)	5,2 (7,7)	8,1 (10,2)	10,8 (12,3)	10,3 (8,6)	8,1 (6,2)
1997	3,4 (4,2)	6,2 (7,1)	8,5 (10,9)	8,7 (13,3)	8,9 (9,0)	6,3 (4,9)

Både aure og laks hadde raskere vekst i Vassbygdelva enn i Aurlandselva. Resultater fra simuleringer med vekstmodellen viser at dette i all hovedsak skyldes høyere vanntemperatur i Vassbygdelva (figur 5.3). I Vassbygdelva varierte årlig tilvekst av ettåringer mellom 70 og 105 % (gjennomsnitt 89 %) av den tilveksten som ble estimert ved hjelp av vekstmodellen. For toåringer (2+) var tilsvarende variasjon mellom 66 og 95 % (gjennomsnitt 84 %). Disse prosentandelene er lavere enn i Aurlandselva. Det kan skyldes at auren i Aurlandselva på grunn av lavere vanntemperatur utnytter den tilgjengelige næringen bedre enn i Vassbygdelva (Brett m.fl. 1969). Men det kan også skyldes at en del aure vandrer ned fra Vassbygdelva til Vassbygdvatnet i god tid før smoltifisering. Dersom det er de fiskene som vokser raskest som vandrer ned i vatnet, vil vi få en overvekt av sentvoksende individer igjen i elven, og resultatet blir underestimert av tilveksten i elven.

Alle år unntatt 1990 var tilveksten av 3+ betydelig lavere enn for 1+ og 2+ (figur 5.3). Dette er ikke reell tilvekst, men skyldes at en betydelig del av fisken hadde smoltifisert og gått ut i sjøen den våren da de var 3 år gamle. Bare de som hadde vokst dårligst stod igjen i elven, og størrelsen på disse var ikke representative for årsklassen. På grunn av bedre vekst hadde en større del av auren gått ut i sjøen etter bare 3 år i ferskvann i Vassbygdelva enn i Aurlandselva.



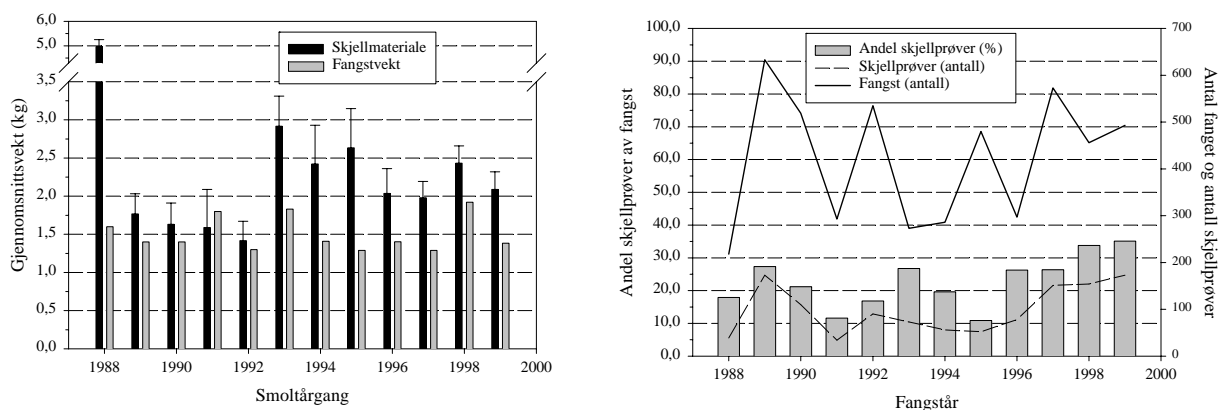
Figur 5.3. Forhold (i prosent) mellom observert årlig tilvekst hos aure i Vassbygdelva og tilsvarende beregnet ved hjelp av vekstmodellen ved samme temperaturforhold. Dersom forholdet er 100 %, betyr det at auren har overskudd på næring. Beregningene er gjort for 1+, 2+ og 3+ aure i vekstsesongene 1990-98. Beregninger kunne ikke gjøres for 1993, 1994 og 1995 på grunn av manglende/ufullstendige temperaturdata.

6.1 MATERIAL OG METODE

Vurdering av bestandsutviklingen av sjøaure bygger på informasjon fra analyser av skjellmaterialet, registrering av gytebestanden og fangststatistikken.

6.1.1 Skjellmaterialet

Det har i 12 års perioden fra 1988 til 1999 blitt samlet inn totalt 1183 skjellprøver fra ordinært fiske og stamfiske i Aurlandsvassdraget. Sjøaure har vært den dominerende gruppen, med 97 % av skjellene, laksen har utgjort 3 % av materialet, i tillegg har det vært samlet inn skjell fra ni vassaurer (aure som ikke har vært i sjøen). Skjellmaterialet er samlet inn lokalt og bearbeidet av NINA og Rådgivende Biologer AS. Antall skjellprøver som har vært samlet inn har variert mellom år, fra 34 til 173, og har utgjort mellom 11 % og 35 % av fisken som er fanget i vassdraget de enkelte år. Med unntak av 1991, har gjennomsnittsvekten av det analyserte materialet vært større enn den gjennomsnittlige fangstvekten (figur 6.1).



FIGUR 6.1. Venstre: Gjennomsnittlig vekt (kg) for fisk fanget i fiskesesongen (grå søyler) og fisk det ble samlet inn skjellprøver (svart søyle) fra i Aurlandsvassdraget i perioden 1988 til 1999. Høyre: Andel av fiskene som ble fanget i fiskesesongen som det ble tatt skjellprøver av (søyler), antall fisk fanget (heltrukket linje) og antall fisk det ble samlet inn skjellprøver fra (stiplet linje).

Alle årsklassene fra 1976 til 1996, totalt 21 årsklasser, er representert i skjellmaterialet. I hvert innsamlingsår er det representert fra sju til 11 ulike årsklasser. Hovedtyngden av en årsklasse vil bli fanget i løpet av en 4-5 års periode, mens en ikke vil ha full oversikt over en årsklasse før etter 7 til 10 år med fangst og skjellinnsamling. Tilsvarende spredning i fangsten over tid vil det også være for de ulike smoltårgangene (tabell 6.1). Dette illustrerer betydningen av lange serier med skjellanalyser for å få oversikt av årsklassestyrke for en storvokst sjøaurebestand.

Alle skjellprøvene ble analysert med hensyn på tilvekst, alder i ferskvann, alder og lengde ved smoltutvandring og tilvekst og antall år i sjø. Tilveksten er beregnet ved lineær tilbakeregning på skjellene (Lea 1910). Skjellene ble også analysert for å skille mellom utsatt og vill fisk.

TABELL 6.1. Antall av de ulike smoltårgangene av vill aure i skjellmaterialet samlet inn i perioden fra 1988 til 1999.

Fangstår	Smoltårgang																			Total	
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98		99
1988	5	6	11	3																	25
1989		8	8	7	4	11	24	27	43	2											135
1990			1	3	2	4	5	12	18	31	1										77
1991				1				3	5	12	3	1									25
1992					1	1		1	3	18	22	25	1								72
1993					4			1	5	5	17	13	8	4							57
1994									2	1	6	6	9	14	8						46
1995							1		3	3	3	7	14	10	5						46
1996											1	2	10	17	20	15	2				67
1997												6	1	29	45	27	19				127
1998									1	1	2	5	16	40	35	27	2	1			130
1999									1			1	3	8	17	18	28	27	25	11	140
Totalt	5	14	20	14	11	16	31	50	79	90	50	61	52	88	12	95	76	29	26	11	947

6.1.2 Fangststatistikk og registrering av gytebestand

Det har vært ført fangststatistikk for fisk fanget i Aurlandsvassdraget helt tilbake til 1880, statistikken har inkludert både fangst i elv med stang og faststående redskap, fangst i Vassbygdatnet med garn og fangst i osen med not. Siden 1969 har det vært skilt mellom laks og aure, og både antall og vekt er oppgitt.

Siden 1969, med unntak av 1994 og 1995, har det vært gjennomført tellinger av gytebestanden, de fleste årene fra land, men også ved telling i elven de siste årene (Sættem 1995, Sægrov m.fl. 1997, Hellen m.fl. 1999, pers med. Trygve Tokvam). Fangststatistikken og den talte gytebestanden danner grunnlaget for beregning av det totale innsiget av aure til vassdraget. Antall gytefisk sammen med informasjon om gjennomsnittsverken på auren i fangsten gir totalvekt på gytebestanden. Under antakelse om lik kjønnsfordeling og 1900 egg per kilo hunnfisk (Sættem 1995) er bestandsfekunditeten estimert. Når denne blir fordelt på hele elvearealet blir egg tetthet per m² beregnet.

6.1.3 Smoltmerkinger

Hvert år i perioden 1990-92 ble 8000 toårige sjøauresmolt fra Oslo Energi's settefiskanlegg delt inn i fire grupper à 2000 fisk, og merket individuelt med Carlin-merker. De fire gruppene ble satt ut 14.-15. mai i 1990, 27.-28. mai i 1991 og 25.-26. mai i 1992 på følgende måte (figur 6.2).

Gruppe 1: Satt ut spredt langs Aurlandselva

Gruppe 2: Satt ut i osen av Aurlandselva.

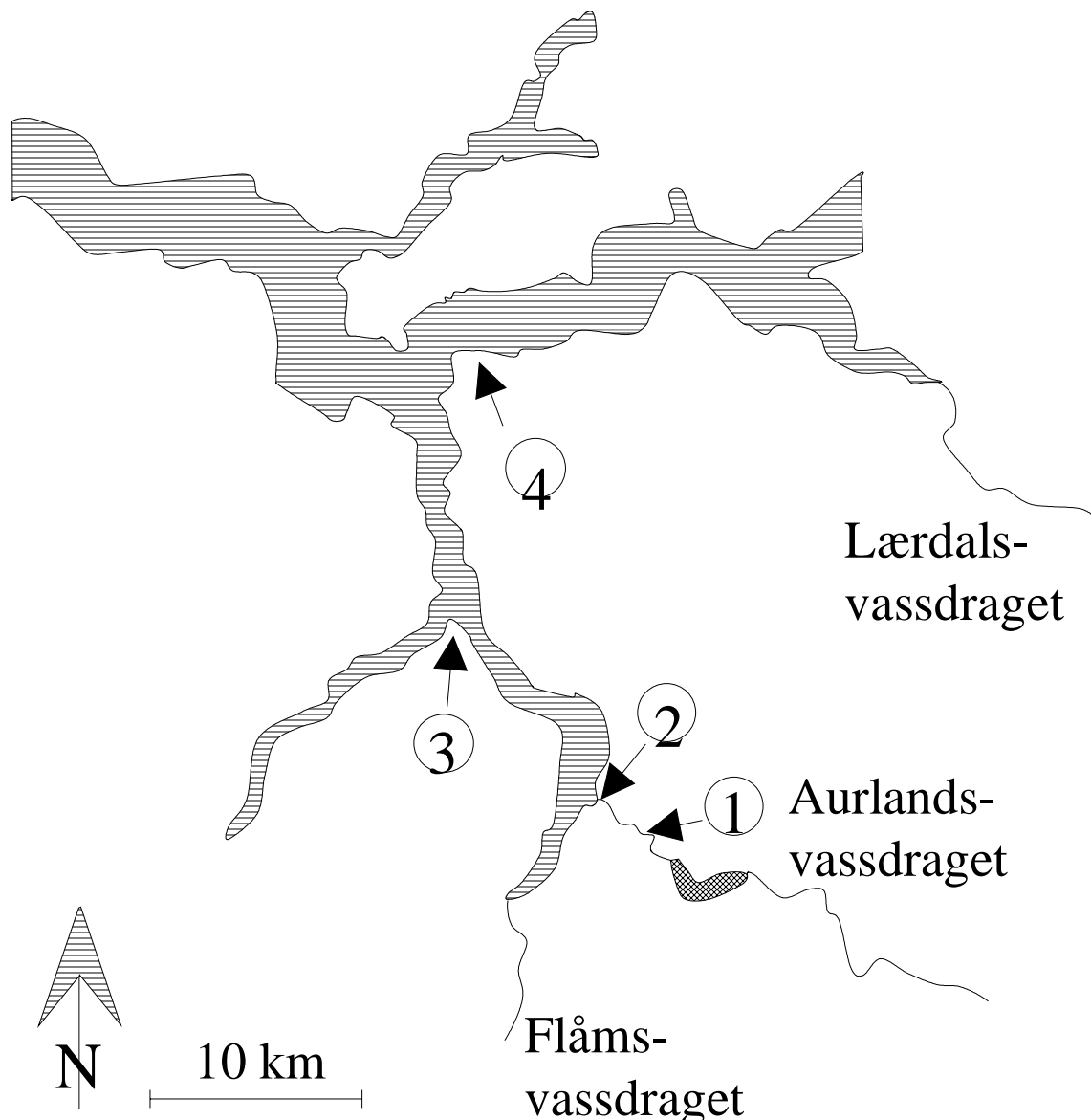
Gruppe 3: Transportert utover Aurlandsfjorden og satt ut ved Beitelen ca. 5 km fra munningen av Aurlandselva.

Gruppe 4: Transportert til Ytre Frønningen, i området der Aurlandsfjorden munner ut i Sognefjorden, ca. 20 km fra munningen av Aurlandselva.

Ved transport i båt ble tanken fylt med vann fra Aurlandselva, og sjøvann ble kontinuerlig pumpet inn i tanken. I tillegg ble det tilført oksygen. Fisken i gruppe 2, 3 og 4 ble spredt på en ca. 1 km lang strekning langs land.

I 1993 og 1994 ble hver år 4000 toårige sjøauresmolt fra settefiskanlegget Carlin-merket og satt ut i osen av Aurlandselva. Tidspunkt for utsettingene var 2.6.93 og 14.6.94.

Gjenfangster er registrert ved at fiskere har sendt inn fiskemerker med opplysninger om fisken (fangststed, dato, lengde, vekt, kjønn og skjellprøve) til NINA's nasjonale merkesentral.



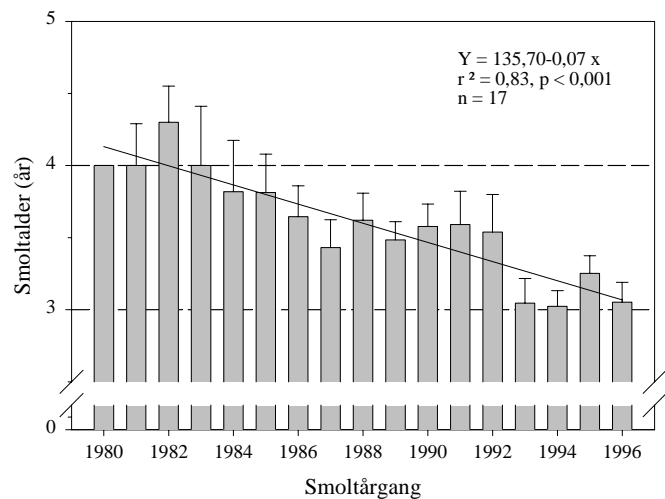
FIGUR 6.2 Kart over indre del av Sognefjorden med angivelser av steder der Carlinmerket smolt av sjøaure ble satt ut ved merkeforsøkene i 1990-92. 1) Aurlandselva, 2) Elvosen 3) Beitlen, 4) Ytre Frøningen.

6.2 RESULTATER

6.2.1 Smoltalder

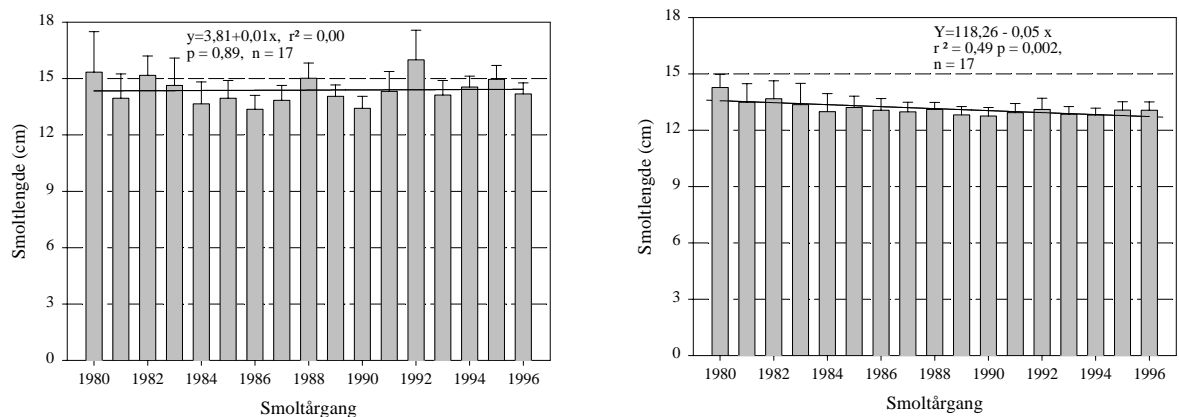
Skjellprøvene fra vill aure viser stor variasjon i smoltalder, minste og største smoltalder er to og åtte år. Det har i perioden fra 1980 til 1996 vært en trend mot en gjennomsnittlig lavere smoltalder (figur 6.3), de to siste årene har smoltalderen igjen økt, men dette skyldes trolig at bare fisk med høy smoltalder foreløpig er fanget av disse smoltårgangene. Gjennomsnittlig smoltalder i perioden fra 1980 til 1996 har vært 3,4 år ($\pm 0,05$ 95 % KI.).

FIGUR 6.3. Gjennomsnittlig smoltalder ($\pm 95\%$ konf. int.) for smoltårgangene av vill aure i Aurlandsvassdraget i perioden fra 1980 til 1999. Basert på skjellmaterialet innsamlet i perioden fra 1988 til 1999.



6.2.2 Smoltlengde

Det er også stor spredning i smoltlengden, minste og største smoltlengde er hhv. 6,2 og 44,9 cm for smoltårgangene fra 1980 til 1996. Gjennomsnittlig smoltlengde har variert mellom 13,4 og 16,0 cm, mens gjennomsnittlig smoltlengde i denne perioden er 14,7 cm ($\pm 0,25$ cm, 95 % KI.). De tre siste årene (1997–1999) har imidlertid smoltlengden økt betydelig, men dette kan skyldes at de få fiskene som er fanget fra disse tre smoltårgangene, representerer et skjevt utvalg av spesielt stor og gammel smolt. Smoltlengden estimert på grunnlag av skjellmaterialet er betydelig høyere enn smoltlengden estimert ut fra elektrofiskefangstene i elven. Dette skyldes at det inngår en del svært stor smolt i dette materialet. Dette er fisk som ikke blir fanget ved elektrofiske, men trolig har oppvekstområde i Vassbygdvatnet. Hvis en fjerner all fisk med smoltlengde over 16 cm, som en i stor grad kan anta stammer fra Vassbygdvatnet, finner en at smoltlengden er relativ lik den en finner ved elektrofisket.



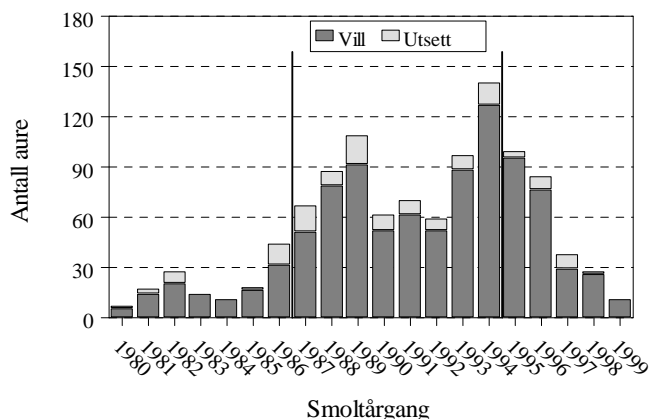
FIGUR 6.4. Venstre: Gjennomsnittlig smoltlengde ($\pm 95\%$ konf. intrv.) av vill aure i Aurlandsvassdraget for smoltårgangene fra 1980 til 1996. Høyre: Gjennomsnittlig smoltlengde ($\pm 95\%$ konf. intrv.) for smolt mindre enn 16 cm i Aurlandsvassdraget for smoltårgangene fra 1980 til 1996. Basert på skjellmaterialet innsamlet i perioden fra 1988 til 1999.

6.2.3 Smoltårganger

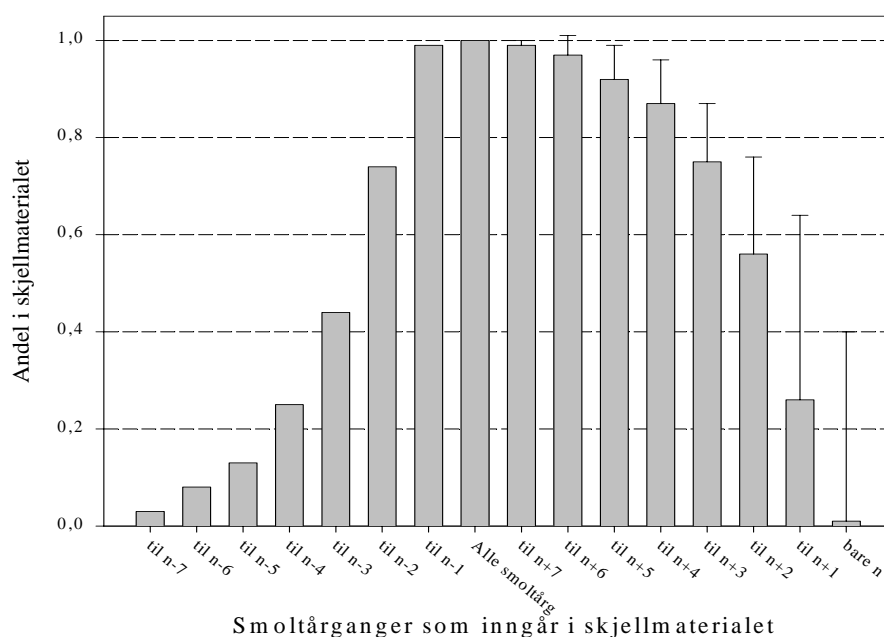
Antall fisk fanget av de ulike smoltårgangene har variert relativt mye. Siden det tar flere år før en får oversikt over bidraget fra hver årgang i fangsten, er det bare smoltårgangene i åtte års perioden fra 1987 til 1994 som kan benyttes direkte til dette formålet. I denne perioden peker smoltårgangene fra 1989 og 1994 seg ut som de sterkeste, mens smoltårgangene fra 1990 til 1992 skiller seg ut som de svakeste. Smoltårgangen fra 1989 var mest tallrikt representert i fangsten både i 1990, 1991 og 1993,

mens smoltårgangen fra 1994 var mest tallrik i fangsten i perioden fra 1996 til 1998. Disse to årgangene har altså dominert fangsten i seks av ni år (figur 6.5).

FIGUR 6.5. Totalt antall vill og utsatt aure av de ulike smoltårgangene i skjellmaterialet innsamlet i perioden 1989 til 1999. Årgangene mellom de vertikale linjene angir årganger som er godt representert i skjellmaterialet (representativ).



For å kunne sammenligne flere smoltårganger, kan en justere for hvor mange år den enkelte smoltårgangen har inngått i fangsten. Ved å kompensere for den forventede andelen av en smoltårgang som inngår i fangsten beregnet i forhold til hvor mange år smoltårgangen har vært fisket på. F. eks. kan en forvente at bare 56 % av en smoltårgang er fanget dersom den bare har vært fisket på i tre år (97 årgangen i 99) (figur 6.6). Dette gjør det mulig å estimert en relativ styrke for hver smoltårgang for en lengre tidsperiode (1984-1998) enn de smoltårgangene vi har god oversikt over (1988-1994).

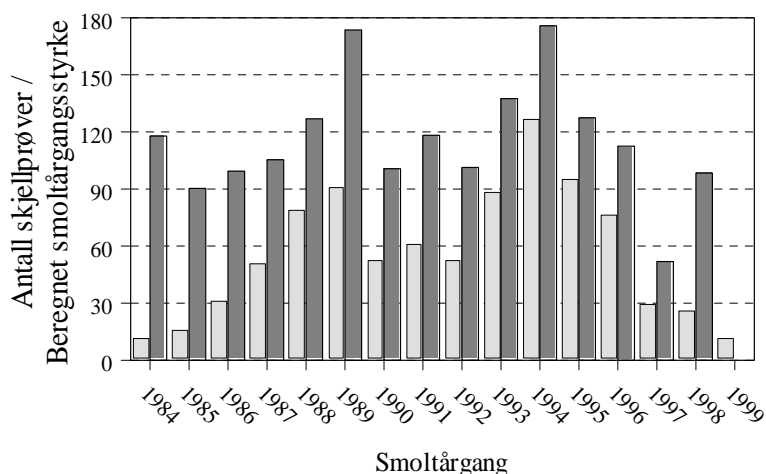


FIGUR 6.6. Andel av en smoltårgang (n) som det er tatt skjellprøver av i forhold til hvor mange år den har inngått i fangsten. Venstre del av figuren viser andelen fisk analysert der en ikke startet opp med skjellprøvetaking før smoltårgangen hadde vært opp til seks somrer i sjø. Høyre del viser andel av en smoltårgang det er tatt skjellprøver av, der en har startet skjellprøveinnsamling fra første sommer i sjø, men hvor en har samlet inn skjellprøver i opp til sju år, 95 % KI er vist.

Ved å bruke denne metoden får en et uttrykk for relativ styrke av enkelte årsklasser, men med redusert sikkerhet jo færre år den enkelte smoltårgang inngår i fangsten (figur 6.7). Det ser da ut til at 1997-årgangen peker seg ut som en av de svakeste smoltårgangene. Det er en del usikkerhet ved dette estimatet, men avviket i forhold til både 1996 og 1998 årgangen er relativt stort, slik at dårlig overlevelse for denne årgangen trolig er reell. Ellers ser en at både smoltårgangen fra 1989 og 1994 er

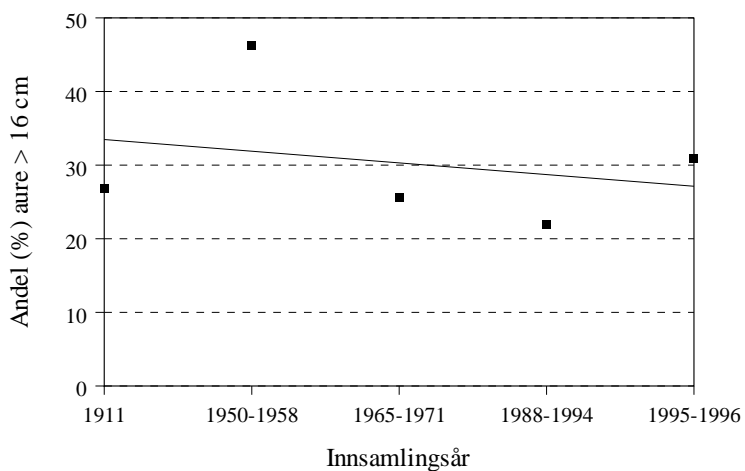
gode. Den økte smolttettheten i vassdraget fra 1994 og utover kan foreløpig ikke spores tilbake til økte fangster.

FIGUR 6.7. Antall skjellprøver av vill aure analysert (lyse søyler) og beregnet smoltårgangsstyrke (svarte søyler).



Vassbygdvatnet er oppvekstområde for aure, også for aure som seinere går ut i sjøen. Disse aurene er ofte større enn auren som bare er på elven før de vandrer ut i sjøen. En kan derfor anta at betydningen av Vassbygdvatnet som oppvekstområde vil samvariere med andelen aure som var relativt stor før den smoltifiserte. Det er vanlig at aure smoltifiserer før den er blitt 16 cm, slik at denne lengden er brukt for å skille ut stor smolt. Andelen aure som har smoltifisert ved lengde større enn 16 cm har variert fra 22 % til 46 % (figur 6.8). Materialet fra 1950 tallet skiller seg klart ut med en høy andel av stor smolt, men utvalget i dette materialet var spesielt, og stammer fra spesielt stor fisk brukt til stamfisk.. Dersom denne fisken ble fisket i Vassbygdvatnet, slik stamfisken er blitt i de seinere årene, kan dette være forklaringen. Også i årene 1995 og 1996 var det en høy andel stor smolt av stamfisken (45 %). Det ser ut til å ha vært en svak trend mot lavere andel stor smolt i løpet av perioden. Men dette er ikke signifikant, verken med eller uten materialet fra 1950-tallet ($p > 0,1$).

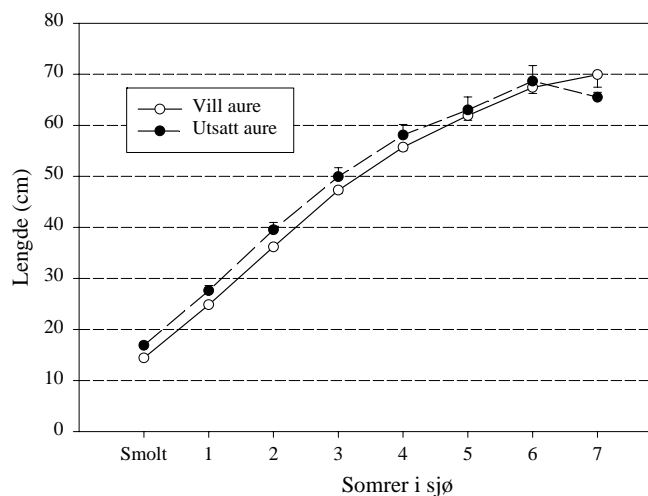
FIGUR 6.8. Andel smolt med lengde større enn 16 cm i skjellmaterialet innsamlet i 1911, begynnelsen av 1950-tallet, rundt 1970, rundt 1990 og årene 1995-96.



6.2.4 Tilvekst i sjø

Vill aure som gikk ut som smolt i perioden 1980 til 1996 hadde en gjennomsnittlig tilvekst de tre første årene i sjø på henholdsvis 10,4, 11,5 og 11,2 cm. Gjennomsnittlig tilvekst første sommer i sjø for de ulike smoltårgangene har variert mellom 9,1 cm for 1986 årgangen til 11,9 cm for 1982 årgangen. Andre sommeren i sjø var tilveksten for vill aure mellom 10,5 og 13,1 cm. Det tredje året i sjøen var det noe større variasjon i tilveksten for de ulike smoltårgangene (tabell 6.2). For den utsatte auren var det noe større variasjon i tilveksten mellom de enkelte smoltårgangene (tabell 6.3). Tilveksten i sjø for de ulike smoltårgangene av vill og utsatt aure samvarierte, og for tilveksten første

og andre sommeren er dette signifikant ($p < 0,05$), for tilveksten den tredje sommeren i sjø er det en tilsvarende ikke signifikant trend ($p = 0,10$). Første og andre sommer i sjø hadde utsatt aure bedre tilvekst enn vill aure, mens villauren deretter hadde litt bedre tilvekst enn den utsatte auren (figur 6.9).



FIGUR 6.9. Gjennomsnittlig lengde (cm) med 95 % konfidensintervall, som smolt og etter en til sju somrer i sjø for vill og utsatt aure.

TABELL 6.2. Gjennomsnittlig tilvekst (cm) med 95 % konfidensintervall og antall, for vill aure 1., 2., og 3. sommeren i sjø.

Smolt- årgang	Smoltlengde			1. Sommer			2. Sommer			3. sommer		
	Smolt- lengde (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)	Tilveks t (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)	Tilvekst (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)	Tilveks t (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)
1980	15,34	2,16	5	11,60	1,94	5	12,34	2,35	5	13,78	2,66	5
1981	13,96	1,29	14	10,38	1,76	14	12,34	1,09	14	12,31	1,27	14
1982	15,18	1,03	20	11,94	0,79	20	13,14	1,10	20	10,37	0,98	20
1983	14,64	1,46	14	11,14	1,46	14	11,47	1,73	14	11,27	1,89	14
1984	13,65	1,17	11	9,56	1,26	11	11,29	1,46	11	11,44	1,04	11
1985	13,95	0,95	16	10,21	1,04	16	11,21	1,34	16	9,31	1,38	16
1986	13,37	0,74	31	9,06	0,71	31	11,07	1,02	31	11	0,92	31
1987	13,84	0,79	50	9,45	0,66	50	11,38	0,80	50	13,07	1,48	23
1988	15,02	0,81	79	10,78	0,64	79	12,23	0,93	36	13,26	1,67	18
1989	14,06	0,60	90	11,44	0,60	88	12,02	0,88	58	10,85	1,06	45
1990	13,42	0,63	50	10,97	0,74	49	11,87	0,84	46	12,90	1,65	24
1991	14,32	1,06	61	10,57	0,62	60	11,87	1,31	35	11,88	1	27
1992	16,00	1,58	52	10,33	0,76	51	11,88	1,86	47	12,32	1,64	33
1993	14,12	0,78	88	9,57	0,61	88	11,09	0,76	80	10,79	0,72	80
1994	14,54	0,59	127	10,11	0,51	127	11,04	0,61	127	10,78	0,58	122
1995	14,96	0,74	95	10,18	0,70	95	10,52	0,78	95	10,96	0,84	80
1996	14,18	0,59	76	11,22	0,88	76	11,93	0,86	74	10,21	0,84	55
Totalt	14,42	0,23	879	10,44	0,20	874	11,47	0,26	759	11,17	0,28	618

TABELL 6.3. Gjennomsnittlig tilvekst (cm) med 95 % konfidensintervall og antall, for utsatt aure 1. , 2., og 3. sommeren i sjø.

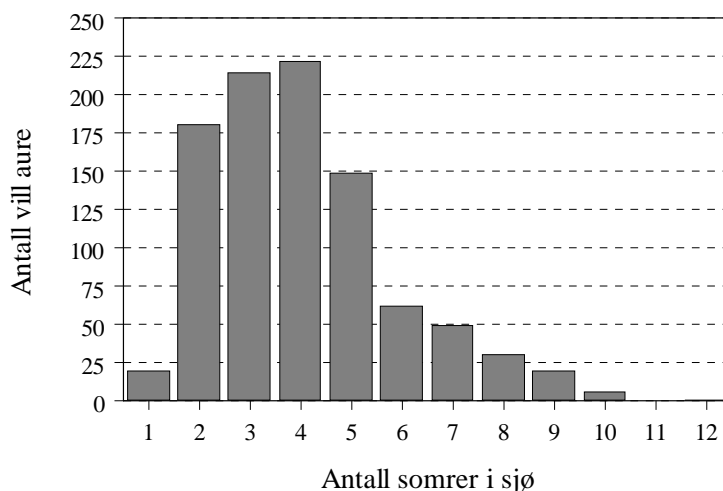
Smolt- årgang	Smoltlengde			1. Sommer			2. Sommer			3. sommer		
	Smolt- lengde (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)	Tilveks t (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)	Tilvekst (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)	Tilveks t (cm)	95 % (cm)	Antal l (n)
1980	15,20	3,53	2	12,50	3,14	2	14,30	1,37	2	12,20	0,98	2
1981	19,60	4,56	3	11,93	1,60	3	14,37	5,54	3	9,07	6,31	3
1982	18,37	2,41	7	13,96	2,24	7	12,73	1,64	7	9,06	2,85	7
1983												
1984												
1985	17,15	6,17	2	11,05	2,84	2	13,20	5,49	2	10,00	2,16	2
1986	14,32	1,91	12	9,62	1,54	12	10,63	1,45	13	11,38	1,65	13
1987	16,58	1,45	16	9,99	1,00	16	12,16	1,81	16	11,63	2,90	6
1988	17,25	1,78	8	11,24	2,35	8	14,50	0,30	3	15,25	1,86	2
1989	17,19	1,88	17	11,15	1,65	15	13,67	0,94	6	12,30	1,67	3
1990	17,08	2,02	8	10,09	1,60	8	11,22	2,05	5	10,55	2,25	2
1991	16,74	3,99	8	11,03	2,16	8	12,05	3,68	6	7,33	2,77	4
1992	21,46	3,24	7	11,74	2,39	5	9,80	2,79	4	11,34	5,14	3
1993	15,33	2,30	9	9,53	1,77	9	11,43	2,65	8	10,80	3,48	8
1994	16,01	1,82	13	10,76	1,40	13	12,66	2,03	13	9,68	2,06	11
1995	14,52	1,46	4	11,91	4,18	4	10,28	2,84	4	11,24	4,19	4
1996	18,49	3,08	8	12,29	3,42	8	13,68	1,92	8	8,94	2,84	5
Totalt	16,87	0,68	124	10,94	0,54	120	12,20	0,64	100	10,50	0,82	75

6.2.5 Beskatning

Vill aure som ble fanget i Aurlandsvassdraget i perioden fra 1988 til 1999 hadde vært fra en til 12 somrer i sjøen. Flest fisk ble fanget etter henholdsvis tre og fire somrer i sjøen, men relativt mange ble også fanget etter to og fem somrer i sjøen (tabell 6.4, figur 6.10). Den gjennomsnittlige sjøalderen for den ville auren som blir fanget i Aurlandsvassdraget har i perioden 1988 til 1999 vært 4,05 med variasjon fra 3,16 til 4,95 somrer med unntak av materialet fra 1988 som hadde en gjennomsnittlig sjøalder på 7,52 somrer, materialet fra dette året var bare fra stamfiske, og sannsynlig selektivt med hensyn til stor fisk.

TABELL 6.4. Antall somrer den ville auren hadde vært i sjø ved fangst i perioden 1988-1999.

Fangstår	Somrer i sjø											Totalt	Gjennomsnittlig sjøalder
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12		
1988						3	11	6	5			25	7,52
1989	2	43	27	24	11	4	7	8	9			135	3,99
1990	1	31	18	13	5	4	2	3	1			78	3,40
1991	1	3	12	5	3				1			25	3,48
1992	1	25	24	19	3	1		1	1			75	3,16
1993		4	8	13	17	5	5	1		4		57	4,95
1994		8	14	9	6	6	1	2				46	3,98
1995		5	10	14	7	3	3	3		1		46	4,43
1996	2	15	20	17	10	2	1					67	3,42
1997		19	27	45	29	1	6					127	3,87
1998	1	2	27	35	40	16	5	2	1	1		130	4,55
1999	11	25	27	28	18	17	8	4	1		1	140	3,95
Totalt	19	180	214	222	149	62	49	30	19	6	1	951	4,05
Andel (%)	2,0	18,9	22,5	23,3	15,7	6,5	5,2	3,2	2,0	0,6	0,1	100	



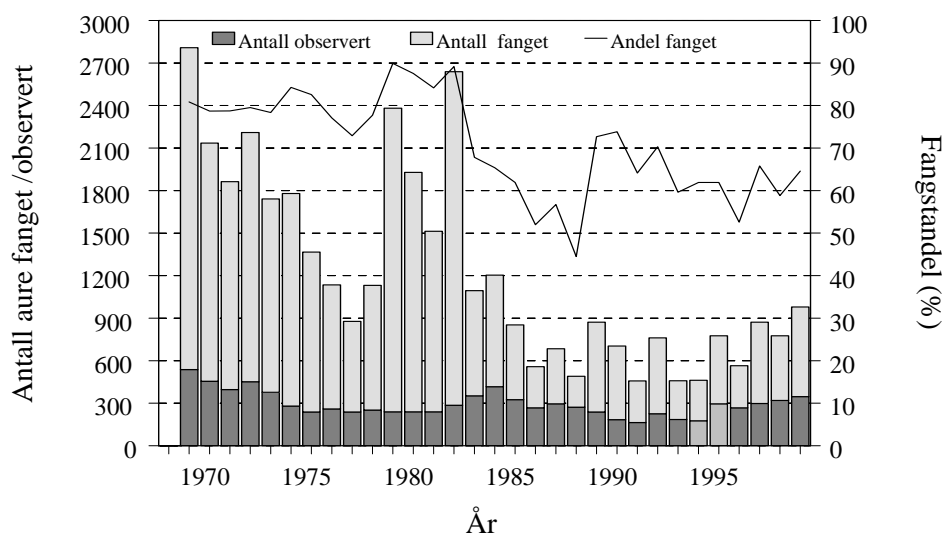
FIGUR 6.10. Antall somrer i sjø for den ville auren som ble fanget i Aurlandsvassdraget i perioden 1988 til 1999.

6.2.6 Totalbestand

Fangsten av aure i Aurlandselva avtok i perioden 1969 til 1994, etter dette har fangsten igjen økt litt. Største fangst i antall var i 1982 med 2353 stk., lavest fangst var i 1988 med 218 aure. Gjennomsnittlig fangst i perioden fra 1969 til 1999 har vært 298 stk. og 521 kg (figur 6.11, tabell 6.5). Den registrerte gytebestanden har vært mer stabil enn fangsten i fiskesesongen. Største gytebestand var registrert i 1969 med 538 aure, mens minste gytebestand ble registrert i 1991 med 164 individ.

På bakgrunn av den observerte gytebestanden og gjennomsnittsvekten av fisk fanget i fangstsesongen er bestandsfekunditet og egg tetthet per m² beregnet samlet for hele vassdraget. Største estimerte egg tetthet var i 1969 med 4,1 egg per m², mens laveste egg tetthet var i 1979 med 0,7 egg per m². Den lave egg tettheten dette året skyldes i stor grad at gjennomsnittsvekten på auren var spesielt lav med bare 0,8 kg.

Gjennomsnittlig egg tetthet i perioden 1969 til 1976 var 3,0 egg per m². I perioden 1977-82 var egg tettheten 1,4, og i årene etter 1982 har egg tettheten i gjennomsnitt vært 1,7 egg per m².



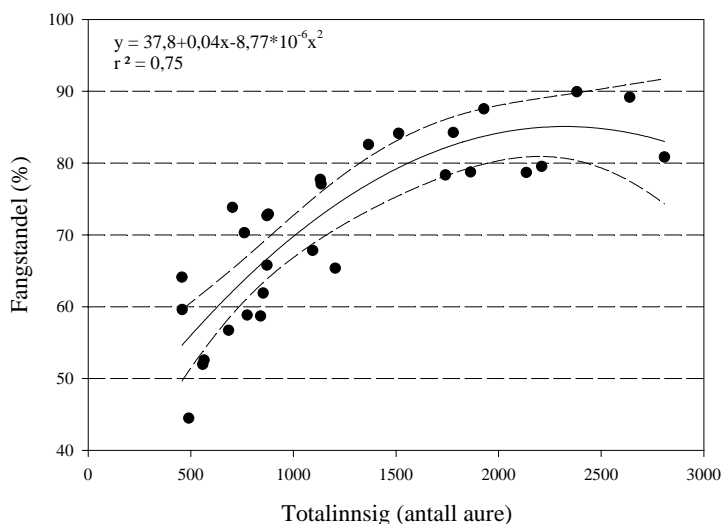
FIGUR 6.11. Antall aure fanget og observert etter fangstsesongen i Aurlandselva i perioden 1969 til 1999. I 1994 og 1995 er gytebestanden etter fiskesesongen ikke registrert. For årene 1996, 1998 og 1999 er gytebestanden registrert ved drivtelling, i de andre årene er gytebestanden registrert ved tellinger fra land. Fangstandelen for perioden er beregnet. Gytebestanden i 1994 og 1995 er beregnet ved å bruke gjennomsnittlig fangstandel for perioden etter 1983.

TABELL 6.5. Fangst og gytebestand i kg og antall, beregnet totalt innsig av aure til Aurlandsvassdraget i perioden 1969 til 1999, og gjennomsnitt for perioden før regulering, etter utbygging av Aurland I men før utbygging av Vangen, og etter full regulering. Estimert fangstandel, antall gytte egg og eggtetthet i vassdraget. Antall egg gytt er beregnet med forutsetning om 50 % kjønnsmodne hunner, 1900 egg per kg hunnfisk og lik gjennomsnittsvekt på fanget fisk og i gytebestanden (restbestand etter fiske). Eggtetthet er antall egg gytt delt på elveareal i Aurlandselva (6700 m * 29 m) pluss elveareal i Vassbygdelva (2900 m * 20 m).

År	Fangst		Snitt vekt (kg)	Gytebestand		Total bestand (antall)	Fangstandel (%)	Antall egg gytt	Eggtetthet (egg/m ²)
	Antall	Kg		Antall	Kg				
1969	2 270	4 540	2,0	538	1 076	2 808	80,8	1 022 200	4,05
1970	1 680	3 360	2,0	455	910	2 135	78,7	864 500	3,43
1971	1 467	2 934	2,0	396	792	1 863	78,7	752 400	2,98
1972	1 758	4 395	2,5	452	1 130	2 210	79,5	1 073 500	4,25
1973	1 364	2 864	2,1	377	792	1 741	78,3	752 115	2,98
1974	1 499	2 848	1,9	280	532	1 779	84,3	505 400	2,00
1975	1 128	2 482	2,2	238	524	1 366	82,6	497 420	1,97
1976	875	1 925	2,2	260	572	1 135	77,1	543 400	2,15
69-76	1 505	3 169	2,1	375	791	1 880	80,0	751 367	2,98
1977	640	1 344	2,1	238	500	878	72,9	474 810	1,88
1978	879	2 022	2,3	252	580	1 131	77,7	550 620	2,18
1979	2 141	1 713	0,8	240	192	2 381	89,9	182 400	0,72
1980	1 688	2 194	1,3	240	312	1 928	87,6	296 400	1,17
1981	1 273	1 910	1,5	240	360	1 513	84,1	342 000	1,36
1982	2 353	2 353	1,0	286	286	2 639	89,2	271 700	1,08
77-82	1 496	1 923	1,5	249	372	1 745	83,6	352 988	1,40
1983	742	965	1,3	352	458	1 094	67,8	434 720	1,72
1984	787	1 259	1,6	417	667	1 204	65,4	633 840	2,51
1985	528	1 003	1,9	325	618	853	61,9	586 625	2,33
1986	290	522	1,8	268	482	558	52,0	458 280	1,82
1987	388	698	1,8	296	533	684	56,7	506 160	2,01
1988	218	349	1,6	272	435	490	44,5	413 440	1,64
1989	633	886	1,4	238	333	871	72,7	316 540	1,25
1990	519	727	1,4	184	258	703	73,8	244 720	0,97
1991	293	527	1,8	164	295	457	64,1	280 440	1,11
1992	535	696	1,3	226	294	761	70,3	279 110	1,11
1993	273	500	1,8	185	339	458	59,6	321 623	1,27
1994	286	403	1,4						
1995	480	619	1,3						
1996	297	417	1,4	268	376	565	52,6	357 458	1,42
1997	573	739	1,3	298	384	871	65,8	365 199	1,45
1998	456	876	1,9	319	612	775	58,8	581 856	2,31
1999	632	904	1,4	347	480	979	64,6	456 236	1,81
83-99	458	698	1,6	277	438	703	61,9	415 750	1,65
69-99	929	1 573	1,7	298	521	1 208	71,7	495 349	1,96

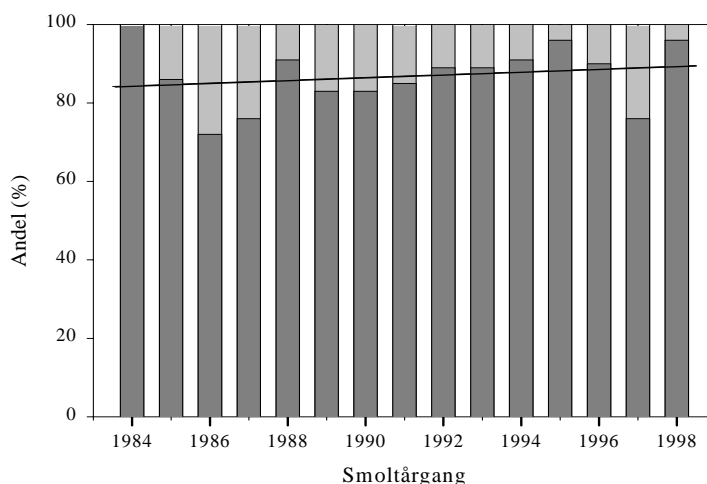
Fangstandelen av aure har de siste 30 årene variert mellom 44 % til 90 %. Det er en signifikant sammenheng mellom totalinnsiget av aure og fangstandelen i elven ($y = 37,8 + 0,04x - 8,77 \cdot 10^{-6}x^2$, $r^2 = 0,75$, $p < 0,0001$). Andelen fanget har vært relativt lavt de årene når innsiget var lite, og dette gjør at gytebestanden har holdt seg på et brukbart nivå i hele perioden.

FIGUR 6.12. Totalinnsig av aure mot maksimal fangstandel i Aurlandselva i perioden 1969 til 1999, med unntak av årene 1994 og 1995.



6.2.7 Innslag av settefisk

Innslaget av settefisk i fangsten har variert mellom 8 % (1998) til 26 % (1988) i perioden fra 1988. Andelen utsatt aure som inngår i det totale innsiget av de ulike smoltårgangene har variert fra et maksimum på 28 % for 1986 smoltårgangen, til 4 % for 1995 og 1998 smoltårgangene. Gjennomsnittlig andel utsatt fisk i den totale bestanden har vært 13 prosent for smoltårgangene fra 1984 (figur 6.13). Det relativt høye innslaget av utsatt fisk i årgangen fra 1997, kan skyldes uvanlig lav overlevelse på villsmolt.



FIGUR 6.13. Andel av vill (mørk) og utsatt aure (lys) for smoltårgangen fra 1984 til 1998. Linjen er en trendlinje for andelen vill aure i perioden.

6.2.8 Smoltmerkinger

Vi har totalt mottatt 20 gjenfangster fra merkeforsøkene med sjøauresmolt i 1990, 15 fra 1991 og 35 fra 1992 (tabell 6.6). Samtlige gjenfangststeder er innen Sognefjorden, og 12 av de 61 gjenfangstene ble gjort i selve Aurlandselva eller i munningen av elven. Ingen av de fire utsettingsstedene skiller seg ut med markert bedre gjenfangst enn de øvrige. Gjenfangstene fra alle tre års utsetninger er svært lave (0,2-0,4 %). Vi har sett bort fra noen få fisk som ble gjenfanget den første måneden etter utsetting innenfor en radius på 1 km fra utsettingsstedet, og gjenfangster i ferskvann innen en måned etter utsetting.

Det er rapportert få gjenfangster fra alle de fire utsettingsstedene, og på grunn av den lave gjenfangsten er det ikke mulig å si hvilket sted som egner seg best til å sette ut fisk.

Fra utsettingene i 1993 og 1994 er det rapportert om henholdsvis 12 (0,3 %) og 8 (0,2 %) gjenfangster (tabell 6.6). Dette er også svært lave tall.

TABELL 6.6. Gjenfangster av sjøaure som er produsert i Oslo Energi's settefiskanlegg i Aurland og merket med Carlin-merker. 2000 fisk ble satt ut som smolt på fire forskjellige utsettingssteder i Aurlandselva og Aurlandsfjorden/Sognefjorden i mai hvert år fra 1990 til 1992. I 1993 og 1994 ble det hvert år satt ut 4000 smolt. Tabellen er ajourført fram til 1.2.00.

Merketidspunkt	Utsettingssted	Gjenfangster						
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	Sum
1990	Aurlandselva	0	4	1	1	0	0	6
	Osen av Aurlandselva	1	2	0	0	0	0	3
	Beitelen	2	2	0	0	0	0	3
	Ytre Frønningen	2	3	2	0	0	0	7
	Sum 1990	5	11	3	1	0	0	20
1991	Aurlandselva		3	0	0	0	0	3
	Osen av Aurlandselva		3	0	0	0	0	3
	Beitelen		2	3	1	0	1	7
	Ytre Frønningen		0	1	0	1	0	2
	Sum 1991		8	4	1	1	1	15
1992	Aurlandselva			3	2	0	0	5
	Osen av Aurlandselva			14	0	0	0	14
	Beitelen			5	1	0	0	6
	Ytre Frønningen			5	1	3	1	10
	Sum 1992			27	4	3	1	35
1993	Osen av Aurlandselva				11	0	1	12
1994	Osen av Aurlandselva					7	1	8

6.3 DISKUSJON

Det innsamlede skjellmaterialet er de fleste år fra større fisk enn det som er gjennomsnittet i fangstene, men denne ulikheten er stort sett lik hvert år slik at når en slår sammen materialet for flere år vil bilde av de ulike smoltårgangene trolig bli relativt representativt.

Figur 6.12 viser at det er en økt fangstandel med økende fiskemengde i elven. Dette forholdet vil være påvirket av at tellingene før regulering ble utført på en snitt vannføring på 30 m³/s (i oktober) mens de etter regulering er utført på minstevannføring på 3 m³/s. Dette påvirker trolig estimatene i retning av at det var lettere å observere fisken etter regulering da vannføringen ved tidspunkt for tellingene bare var 10 % av vannføringen før regulering.

Før reguleringen var utløpet av Vassbygdvatnet en av de største gyteplassene i vassdraget, men etableringen av dam og damluke medførte at sjøauren ikke lenger bruker dette gyteområdet. Dette kan ha betydning for beregningen av totalbestand, fordi sjøauren kunne stå i Vassbygdvatnet og trekke ned mot gyteområdet i gyteperioden. Denne fisken kunne være vanskelig å registrere, på samme måte som det er vanskelig å få oversikt over gytebestanden i Vassbygdelva, fordi en stor del av bestanden står i Vassbygdvatnet til like før gyting. Det er derfor sannsynlig at gytebestanden i vassdraget var mer tallrik i perioden før 1980 enn det gytefisktellningene viste.

Merking av villsmolt av sjøaure i Aurlandselva i perioden 1968-70 ga en gjennomsnittlig gjenfangst på 7,5 % (Møkkelgjerd et al. 1993). All fisk som ble merket i den perioden var neppe smolt. Som eksempel nevnes merkingene som ble utført i 1968, da 113 fisk ble fanget i Aurlandselva med elektrisk fiskeapparat. Under merkingen ble fisken gruppert på grunnlag av utseende etter skalaen mørk, relativt blank og blank. Gjennomsnittslengden på de tre gruppene var henholdsvis 11,5, 13,4 og 16,1 cm, og gjenfangsten av gruppene i samme rekkefølge var 4,3, 11,8 og 18,8 %. Dette viser en sterkt økende gjenfangst med fiskelengden. En analyse av 158 skjell fra sjøaure i årene 1965-71 viser også at gjennomsnittlig smoltlengde i denne perioden var 14,1 cm (Jensen et al. 1993). Det er derfor mye som tyder på at mange av de minste fiskene i materialet ikke smoltifiserte våren 1968, men ble stående i elven ytterligere ett eller to år før de vandret ut. Dette førte trolig til både dødelighet og merketap, slik at det totale antall merket fisk som gikk ut var lavere og den virkelige andelen av tilbakevandrende fisk tilsvarende høyere enn beregnet.

Villsmolt av sjøaure er gjennom flere år fanget i nedvandringfella i Halselva i Finnmark og merket med Carlinmerker. I gjennomsnitt kom 19,5 % (årlig variasjon 10-33 %) tilbake til Halselva etter én sommer i sjøen. Etter 3 og 4 somrer i sjøen var andelen av villsmolt som kom tilbake til elven redusert til henholdsvis 3,0 og 2,3 % (Jensen 1996). Vardneselva i Troms ble også sjøauresmolt fanget i ei nedvandringfelle og Carlin-merket. Årlig minimum overlevelse etter en sommer i sjøen var 25 % (Berg & Jonsson 1990).

Erfaringer hittil har vist at overlevelsen til utsatt oppdrettssmolt av sjøaure er lavere enn hos smolt som har vokst opp i naturen. Når oppdrettssmolt skal settes ut, må en ta hensyn til de naturlige tilpasningene for å få best mulig overlevelse og gjenfangst. Det er flere faktorer som har betydning for smoltens overlevelse etter utsetting, for eksempel utsettingssted, stamme, alder og størrelse ved utsetting og saltvannstilvenning før utsetting (Jonsson & Finstad 1995). Det er utført en rekke forsøk med utsetting av aure som er produsert i anlegget på NINAs forskningsstasjon på Ims og på Statkrafts settefiskanlegg i Eresfjord og i Talvik. Samtlige forsøk med fisk produsert på Ims har gitt betydelig høyere gjenfangster enn ved utsettingene i Aurland. Fisk fra en rekke forskjellige auresammer har blitt Carlin-merket og satt ut flere steder i Sør-Norge. Generelt har utsetting av toårig smolt gitt høyere gjenfangst enn ettårig smolt. Utsettinger av ettårig auresmolt i munningen av Imsa har gitt gjenfangster mellom 1,1 og 8,0 %, med et gjennomsnitt på 2,8 %. Toårig smolt utsatt på samme sted ga betydelig høyere gjenfangster. De varierte mellom 3,5 og 52,5 %, med et gjennomsnitt på 16,9 % (Jonsson et al. 1994). Utsetting av auresmolt i Akerselva har i gjennomsnitt gitt 20,3 % gjenfangst, mens gjennomsnittlig gjenfangster fra utsettinger i ytre og indre Oslofjord har vært henholdsvis 16,8 % og 12,1 % (Jonsson et al. 1995). I Eresfjord er det satt ut Carlin-merket, anleggsprodusert sjøauresmolt i perioden 1995-99. Gjenfangstene har vært lave (0-0,3 %, Saksgård et al. 2000). Utsettingsforsøk nedenfor fella i Halselva i 1995 ga 6,3-8,7 % tilbakevandring samme sommer (Ugedal & Finstad 1996).

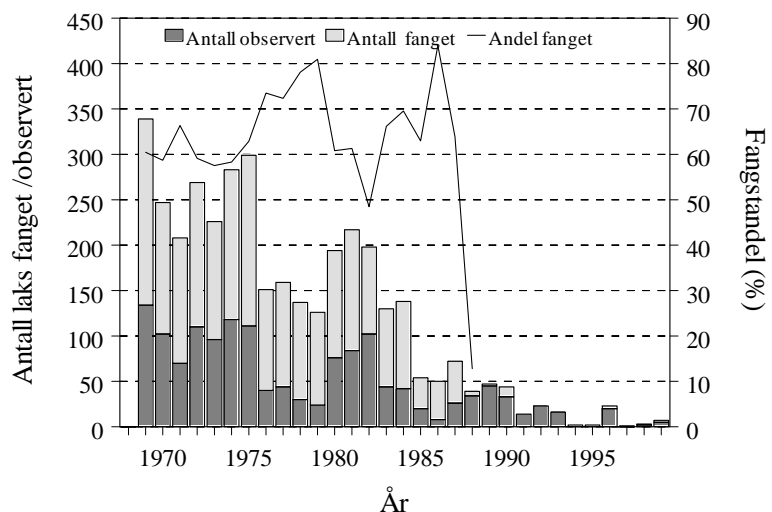
Det må konkluderes med at gjenfangstene av auresmolt fra Oslo Energi's settefiskanlegg i Aurland har gitt lavere gjenfangster enn en skal forvente, både i forhold til gjenfangster av vill aure merket i Aurlandselva og i forhold til anleggsprodusert auresmolt fra flere andre settefiskanlegg. De dårlige resultatene skyldes bl.a. dårlig kvalitet på utsettingsmaterialet.

Laksen har vært fredet i vassdraget siden 1989, det har likevel vært fanget noen laks i perioden etter dette. Totalt er det levert inn skjell fra 32 lakser siden 1988, to av disse hadde få eller dårlige skjell slik at de ikke kunne brukes videre. Tre av laksene var ikke villaks. De 27 villaksene hadde en smoltalder som varierte mellom 3 og 5 år og gjennomsnittlig smoltalder var 3,67 år ($\pm 0,68$ år, sd). Smoltlengden varierte mellom 11 og 25 cm og gjennomsnittlig smoltlengde var 15 cm ($\pm 3,1$ cm, sd). En av laksene hadde bare vært en sommer i sjøen, denne kan ha vært en hybrid mellom laks og aure. Av de andre laksene hadde 13 vært en vinter i sjø (smålags), 4 hadde vært to vintre i sjø (mellomlags) og 9 hadde vært tre vintre i sjø (storlags). Smoltårgangen fra 1987 er representert med 7 laks, mens smoltårgangene fra 1986 og 1998 er representert med 5 laks hver. Smoltårgangen fra 1986 inngikk som smålags i 1987, og da ble det ikke samlet inn skjell, slik at denne trolig kan ha vært sterkere. For smoltårgangen fra 1998 kan en fremdeles få fisk i 2000 som mellomlags og som storlags i 2001, slik at denne kan bli mer tallrik enn antydnet.

Med en antatt gjennomsnittsvekt på 6 kilo for laksen, lik fordeling av kjønnene og 1300 egg per kilo laksehunn, har den estimerte eggtettheten siden 1988 lagt mellom 0 og 0,7 egg per m² i Aurlandselva. Høyest var eggtettheten de tre første årene i perioden med 0,6, 0,7 og 0,5 egg per m², mens tettheten på hele 90-tallet har vært mellom 0 og 0,3 egg per m²

I Vassbygdelva har eggtettheten siden 1988 variert mellom 0 og 0,4 egg per m², det var høyest eggtetthet i 1989 og 1996 med 0,4 egg per m².

FIGUR 7.1. Antall laks fanget og observert etter fangstsesongen i Aurlandselva i perioden 1969 til 1999. I 1994 og 1995 er gytebestanden etter fiskesesongen ikke registrert. For årene 1996, 1998 og 1999 er gytebestanden registrert ved drivtelling, i de andre årene er gytebestanden registrert ved tellinger fra land. Fangstandelen er beregnet fram til 1989, da fisket etter laks ble stanset.



7.1 Diskusjon

Gytebestanden av laks har gått kraftig tilbake de siste tiårene og er sterkt truet. Stans i fisket av laks hjalp på gytebestanden i noen år, men så har nedgangen i gytebestanden fortsatt. Gytebestanden er nå så marginal at det vil være relativt stor usikkerhet i beregningen av bestandsfekunditet, blant annet fordi den antatte kjønnsfordelingen kan avvike mye i en så liten bestand. Det kan heller ikke utelukkes at andelen laks som gyter sammen med aure kan øke i et system med så få mulige partnere av rett art. I så fall vil det føre til en økende andel hybrider i forhold til antall lakseunger.

8.1 TIDSPUNKT FOR FØRSTE NÆRINGSOPPTAK

8.1.1 METODER OG MATERIALE

Rognas klekkesetidspunkt og tidspunkt når yngelen kommer opp av grusen for å begynne å spise i Aurlandselva er beregnet for årene 1986-98 (unntatt 1994) ved hjelp av modeller beskrevet av Crisp (1981, 1988). Både eggens utviklingstid og perioden fra klekking og til yngelen begynner å spise er sterkt avhengig av vanntemperaturen, og kan beregnes dersom vi kjenner gytetidspunktet. Gytetidspunktet er imidlertid ikke kjent verken for laks eller sjøaure i Aurlandsvassdraget. De beste opplysningene vi har, er tidspunktet når fisken blir strøket i settefiskanlegget til Oslo Energi. I gjennomsnitt for perioden 1981-92 ble de fleste stamfiskene av både laks og sjøaure strøket i perioden 1.-20. november, med topp rundt 10. november. Fisken blir trolig strøket noe tidligere enn det naturlige gytetidspunktet dersom de hadde fått gyte i elven. Vi har derfor antatt at den viktigste gyteperioden både for laks og sjøaure i Aurlandselva er rundt 15. november, og beregningene av klekkesetidspunkt og tidspunkt for første næringsopptak bygger på dette. På grunn av manglende temperaturdata er ikke 1994 inkludert i beregningene. I flere andre vassdrag på Vestlandet er det registrert at sjøauren gyter i siste halvdel av oktober. Dersom dette er tilfelle også i Aurlandselva, vil våre beregninger av gytetidspunkt og tidspunktet for første næringsopptak bli feil. Yngelen vil i såfall komme opp av grusen 2-3 uker tidligere enn det våre beregninger tilsier.

8.1.2 RESULTATER

Beregningene viser at dersom en antar at sjøauren gyter 15. november, så ville 50 % av yngelen ha kommet opp av grusen mellom 13. juni og 3. juli (median ca. 20. juni). Tilsvarende tidspunkt for laks var mellom 28. juni og 16. juli, med median 3. juli (tabell 8.1). Gjennomsnittlig vanntemperatur i Aurlandselva de sju påfølgende dagene varierte for auren mellom 5,5 °C og 8,5 °C, med et gjennomsnitt på 7,0 °C. Vanntemperaturen da laksyngelen kom opp av grusen varierte mellom 5,9 °C og 10,0 °C (gjennomsnitt 7,9 °C).

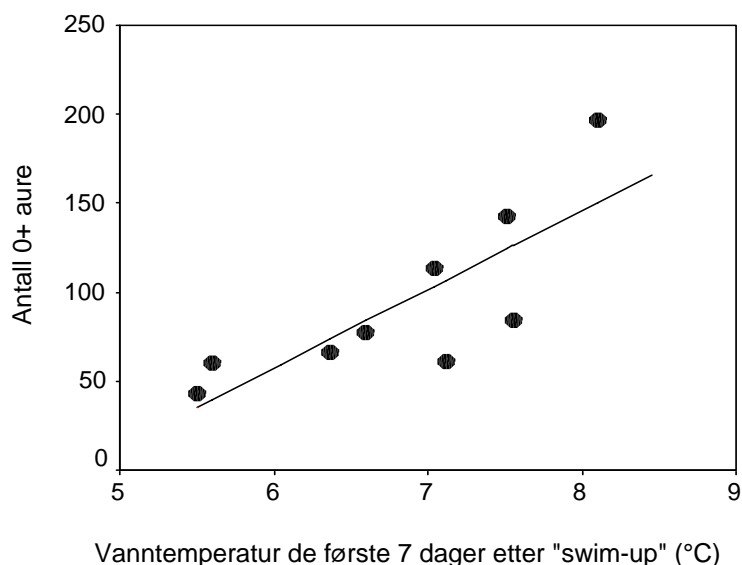
TABELL.8.1. Beregnet tidspunkt da 50 prosent av yngelen hadde kommet opp av grusen for å begynne å spise de enkelte år fra 1986 til 1998 (unntatt 1994). Beregningene er utført for egg som ble befruktet 15. november hvert år, som er antatt å være midtpunkt for gyting både for laks og sjøaure i Aurlandselva. Gjennomsnittlig vanntemperatur de neste sju dagene er også gitt i tabellen. Vanntemperaturer målt av NVE i Skjærshølen i Aurlandselva er benyttet, sammen med modeller for utviklingstid fra befruktning til klekking (Crisp 1981) og fra klekking til "swim-up" (Crisp 1988).

Årstall for klekking	Tidspunkt da 50 % av yngelen hadde kommet opp av grusen		Gjennomsnittstemperatur de første sju dager etter "swim-up"	
	Aure	Laks	Aure	Laks
1986	22. juni	3. juli	7,6	7,9
1987	24. juni	7. juli	6,1	7,6
1988	18. juni	28. juni	8,5	8,9
1989	15. juni	28. juni	5,6	6,0
1990	19. juni	3. juli	5,5	5,9
1991	29. juni	6. juli	8,1	10,0
1992	15. juni	30. juni	7,0	7,5
1993	24. juni	7. juli	6,4	7,0
1995	27. juni	10. juli	7,6	8,5
1996	3. juli	16. juli	7,5	8,3
1997	16. juni	3. juli	6,6	7,8
1998	13. juni	30. juni	7,1	9,1

Både for laks og aure var det klar sammenheng mellom vanntemperaturen da yngelen kom opp av grusen og årsklassestyrke. For begge arter var det stor variasjon i årsklassestyrke, med 1991-årsklassen som den sterkeste i undersøkelsesperioden. Denne sterke årsklassen dominerte i fangstene i de kommende årene som 1+ i 1992, 2+ i 1993 og 3+ i 1994. Andre sterke årsklasser av aure var de som klekket i 1988, 1992 og 1996 (figur 4.2). De svakeste årsklassene av aure klekket i 1990, 1993 og 1997. For laks var det en rekke svake årsklasser i perioden. De aller svakeste klekket i 1990, 1993 og 1996 (figur 4.2).

Figur 8.1 viser at det var signifikant sammenheng ($p < 0,01$) mellom gjennomsnittlig vanntemperatur de første sju dagene etter at 50 % av ørretyngelen hadde kommet opp av grusen (tabell 8.1) og totalt antall 0+ aure som ble fanget på de seks faste stasjonene for elfiske samme høst. Tilsvarende var det signifikant sammenheng mellom denne vanntemperaturen og antall 1+, 2+ og 3+ som ble fanget av de samme årsklassene i senere år ($p < 0,01$ [$p < 0,05$ for 3+]). Dette viser at vanntemperaturen når yngelen kom opp av grusen for å spise er svært avgjørende for hvor god overlevelse det blir på aureyngelen, med best overlevelse i varme år.

FIGUR. 8.1. Gjennomsnittlig vanntemperatur de første sju dager etter at yngelen av aure har kommet opp av grusen i Aurlandselva og antall 0+ av aure som ble fanget på de seks faste stasjonene for elfiske i Aurlandselva samme år (regresjonslinje: $y = 44,2 x - 208$, $r^2 = 0,633$, $p < 0,01$).



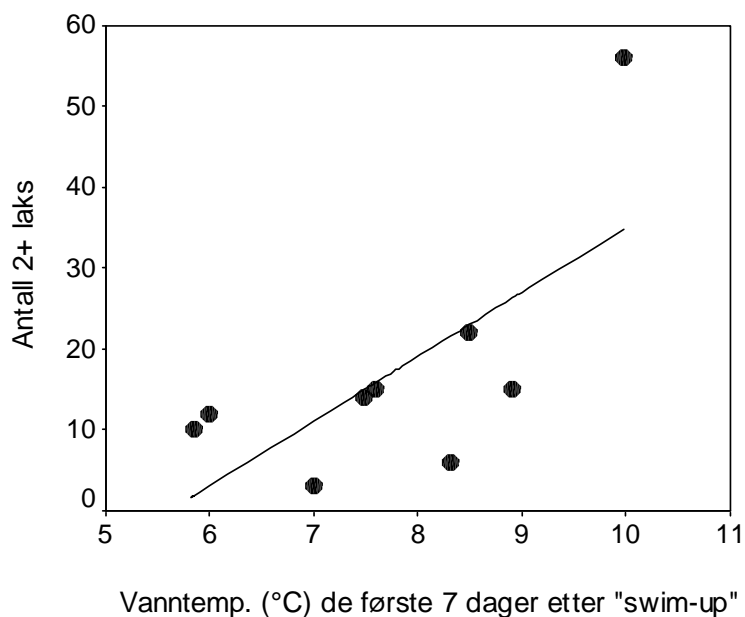
Det var en lignende sammenheng mellom vanntemperaturen og årsklassestyrke av laks. Laksen forekom i lavt antall de fleste år i Aurlandselva, og sammenhengen var ikke like framtrepende som for aure. Det var signifikant sammenheng mellom gjennomsnittlig vanntemperatur de første sju dager etter at 50 % av laksyngelen hadde kommet opp av grusen og antall 2+ laks to år etter klekking ($r = 0,687$, $p < 0,05$, figur 8.2) og også antall 3+ tre år etter klekking ($r = 0,763$, $p < 0,02$). Sammenheng med 0+ ($r = 0,567$, $p = 0,11$) og med 1+ ($r = 0,597$, $p = 0,09$) var ikke signifikant. En sannsynlig årsak til at sammenhengen er best for eldre fisk, ligger i egenskaper ved elfiskemetodikken. Fangsteffektiviteten øker betydelig etter hvert som fisken blir større, og dette gir mer pålitelige tetthetsestimater for de eldste fiskene.

8.1.3 DISKUSJON

Stadiet når yngelen kommer opp av grusen og begynner å spise er et av de mest ømfintlige stadiene i livet til laks og sjøaure. Ofte dør ca. 90 % av fisken i løpet av det første leveåret, og en betydelig del av denne dødeligheten skjer de første ukene etter at yngelen kommer opp av grusen (Symons 1979). Hvor omfattende dødeligheten blir, avhenger imidlertid av forholdene i elven. Er vanntemperaturen høy, næringstilgangen rikelig og vannføringen moderat, er det betydelig høyere overlevelse enn under mindre gunstige forhold (Jensen & Johnsen 1999). Laksen er tilpasset forholdene i den enkelte elv på en slik måte at yngelen kommer opp av grusen når forholdene er gunstigst mulig for å overleve. I en undersøkelse av 10 norske elver ble det funnet at laksen ikke kommer opp av grusen før vanntemperaturen har nådd 8 °C om våren (Jensen et al. 1991). Også erfaringer fra norsk

oppdrettsnæring tilsier at laksyngelen ikke bør startfores ved lavere temperatur enn 8 °C (Refstie 1979).

FIGUR. 8.2. Gjennomsnittlig vanntemperatur de første sju dager etter at yngelen av laks har kommet opp av grusen i Aurlandselva og antall 2+ av laks som ble fanget på de seks faste stasjonene for elfiske i Aurlandselva to år senere (regresjonslinje: $y = 7,98 x - 44,7$, $r^2 = 0,471$, $p < 0,05$).



Våre beregninger bygger på at vanntemperaturen er den samme nede i elvegrusen der eggene ligger som i de frie vannmassene der målingene er foretatt. Dette er ikke helt sikkert. Noen steder er det påvist at vanntemperaturen nede i elvegrusen om vinteren er avvikende fra den i vannmassene (Shepherd m.fl. 1986, Crisp 1990, Acornley 1999), og gjerne slik at den er høyere på synkende temperatur om høsten og lavere på stigende temperatur om våren (Crisp 1990). Høyere temperatur i elvegrusen enn i vannmassene vil føre til tidligere klekking enn beregnet.

I Aurlandselva var det bare en årsklasse av laks i undersøkelsesperioden som hadde god overlevelse (1991-årsklassen). Dette året var vanntemperaturen ca. 10 °C da yngelen kom opp av grusen. Alle andre år var det kaldere, og de fleste årene var vanntemperaturen lavere enn 8 °C. Lav vanntemperatur i perioden når laksyngelen kommer opp av grusen er opplagt en sterkt begrensende faktor for laksebestanden i Aurlandselva.

Auren er normalt tilpasset lavere temperatur enn laksen (Elliott 1981, 1991). I Aurlandselva var vanntemperaturen mellom 5 og 8 °C da aureyngelen kom opp av grusen. Til tross for at auren kommer tidligere opp av grusen enn laksen, og ved lavere vanntemperatur, har denne arten klart seg noe bedre enn laksen. Figur 8.1 viser imidlertid at den lave temperaturen i månedsskiftet juni/juli er en sterkt begrensende faktor for overlevelse også for auren. I kalde år fører dette til spesielt stor dødelighet av yngel.

Gytetidspunktet i Aurlandselva er usikkert, men er i våre beregninger satt til 15. november både for laks og sjøaure. Spesielt for sjøaure er dette svært usikkert. I andre vassdrag i området (Vosso, Eidfjord) gyter sjøauren i slutten av oktober (Lura og Sægrov 1993, Nøst m.fl. 2000). Dersom dette er tilfelle også i Aurland, kommer yngelen opp av grusen tidligere enn det som er gitt i tabell 8.1. Endres gytetidspunktet til 1. november i våre beregninger, framskyndes dette kritiske tidspunktet med ca. 10-14 dager. Vanntemperaturen vil da være enda mindre gunstig for yngelen enn det som er oppgitt i tabell 8.1.

8.1.3.1 Effekter av reguleringen på yngelens overlevelse

Reguleringen har ført til redusert vanntemperatur i Aurlandselva i april og mai med ca. 1 °C. I juni er det liten forskjell fra tidligere, men i juli og videre utover sommeren er vanntemperaturen blitt betydelig lavere (mer enn 2 °C i august) på grunn av reguleringen. Gjennomsnittstemperaturen i sommerens varmeste måned er i gjennomsnitt redusert fra ca. 12 °C før reguleringen til ca. 9 °C i perioden 1981 til 1988 etter reguleringen (Tvede 1994). I årene 1989 til 1994 var temperaturen i årets varmeste måned 8,8 °C, men har siste halvdel av 1990 tallet (1995-1999) steget til et gjennomsnitt på 10,6 °C. Redusert temperatur på 1 °C i april/mai påvirker eggutviklingen på en slik måte at klekking og tidspunkt for første næringsopptak forsinkes 3-5 dager. Våre beregninger viser altså at aureyngelen kom opp av grusen på like lav vanntemperatur også før reguleringen. Lakseyngelen, som kommer opp av grusen i første halvdel av juli, dvs. ca. 2 uker senere enn auren, har imidlertid enkelte år fått betydelig redusert vanntemperatur i det kritiske stadiet når de skal begynne å spise. Dette fører trolig til betydelig økt dødelighet i forhold til før reguleringen.

I tabell 8.1 er gjennomsnittstemperaturen de første 7 dager etter at yngelen kom opp av grusen oppgitt. Denne perioden er antatt å være den aller mest kritiske for yngelens overlevelse (Jensen & Johnsen 1999). Men også de påfølgende ukene vil vanntemperaturen ha stor innvirkning. Det er derfor grunn til å anta at redusert vanntemperatur utover i juli og august har ført til redusert overlevelse for begge artene.

Stor flom i den kritiske perioden når yngelen kommer opp av grusen kan føre til økt dødelighet (Jensen & Johnsen 1999). Dette var trolig et problem i Aurlandselva i enkelte år før reguleringen. Etter reguleringen er vårflommen sterkt redusert (Tvede 1994), og har nå neppe vesentlig negativ innvirkning på yngelens overlevelse. Men redusert flom kunne sannsynligvis ikke oppveie de problemene som den reduserte vanntemperaturen førte til i 15-års perioden fra 1981 til 1994.

Beregningene våre tyder på at det var store årlige variasjoner i årsklassestyrke både for laks og aure i Aurlandselva også før elven ble regulert, på grunn av lav vanntemperatur i det kritiske stadiet når yngelen skal begynne å spise. På grunn av redusert vanntemperatur i juli har imidlertid problemet blitt adskillig verre etter reguleringen for begge artene, men spesielt for laksen. Etter regulering er det god overlevelse av laksyngel bare i ekstremt varme somrer. På 1990-tallet har dette skjedd bare i ett år (1991).

Vi har ikke utført tilsvarende beregninger for Vassbygdelva. I Vassbygdelva har vanntemperaturen økt store deler av sommeren etter regulering, og mest i juni og juli. Sommerens maksimumstemperatur er uendret på ca. 12 °C (Tvede 1994). I årene 1989 til 1992 var gjennomsnittstemperaturen i årets varmeste måned 10,9 °C, men steg til et gjennomsnitt på 13,3 °C i årene 1995 til 1999. Ut fra dette er det grunn til å anta at forholdene for både aure og laks i perioden når de begynner å ta til seg næring er omtrent som før reguleringen i Vassbygdelva, eller noe gunstigere.

8.2. SMOLTUTVANDRING

8.2.1 Faktorer som påvirker smoltutvandringen

Etter 2-5 år i ferskvann smoltifiserer laks- og aureungene og vandrer ut i sjøen. Det er daglengden som styrer selve utvandringen, men de signalene som får smolten til å forlate elven og gå ut i sjøen er oftest spesielle temperatur- eller vannføringsforhold. Det kan være på høy vannføring når vårflommen starter (f. eks. Orkla, Hvidsten et al. 1995) eller når temperaturen passerer en viss terskel (f. eks. Imsa i Rogaland, Jonsson & Ruud-Hansen 1985), eller en kombinasjon av flere faktorer. Dette varierer fra vassdrag til vassdrag, og er nøye tilpasset de lokale forholdene i det enkelte vassdrag. Ved en kraftutbygging endres ofte temperatur- og vannføringsforholdene, slik som i Aurland. En kjenner ikke til hvilke faktorer som initierer smoltutvandringen i Aurland, men sjøauren har fått dårligere tilvekst den første sommeren i sjøen etter regulering (tabell 8.2), og dette tyder på at smoltutvandringen er blitt forsinket. En mulig forklaring er at høy vannføring er viktig for å initiere smoltutvandringen i Aurland. I den kritiske perioden når smolten skal vandre ut fra Aurlandselva er vannføringen blitt

lavere etter utbyggingen, og lav vannføring vil da gi svakere signaler om at ”nå er det tid for å gå ut i sjøen” i forhold til en skikkelig flom. Smoltutvandringen blir da forsinket. Utvandringen blir trolig også spredt mer utover i tid. Dette fører til mindre stiming enn før, og da er det fare for større dødelighet i munningsområdet på grunn av beiting fra marine fisk som torsk og sei (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Hvidsten & Lund 1988). Det er tidligere påvist høyere gjenfangst av laks når smolten settes ut på høy vannføring (Hvidsten & Hansen 1988).

8.2.2 Tilvekst i sjøen

Sjøauren i Aurland vokser dårligere den første sommeren i sjøen etter regulering (tabell 8.2). Tilveksten andre og tredje sommeren i sjøen var svært lik det som ble funnet på skjellmaterialene fra tidligere perioder. Men veksten første sommer i sjøen var signifikant dårligere enn tilsvarende for alle de tre datasettene fra før kraftutbyggingen (Scheffé multiple range test, $p < 0,05$, tabell 8.2). Dette tyder på at smoltutvandringen har blitt forsinket på grunn av reguleringen. Videre tyder det på at veteranvandrere, dvs. sjøaure som har vært ute i sjøen tidligere, i mindre grad forsinkes av reguleringen.

TABELL 8.2. Gjennomsnittlig tilvekst første, andre og tredje sommer i sjøen (cm) for sjøaure fra Aurlandselva. Tilveksten er beregnet ved tilbakeberegning av skjellprøver som er samlet inn i fire forskjellige tidsperioder fra 1911 til 1999. Antall fisk er gitt i parentes. Data etter Jensen et al. (1993) og fra tabell 6.2., denne rapporten .

Periode	Første sommer	Andre sommer	Tredje sommer
1911	11,8 (55)	12,0 (27)	11,2 (19)
1950 - 58	12,1 (87)	11,9 (86)	11,5 (79)
1965 - 71	11,5 (156)	11,8 (114)	10,9 (69)
1989 - 92	10,5 (310)	11,7 (208)	11,1 (127)
1993 - 99	10,4 (613)	11,2 (587)	10,5 (499)

Smolt som er større enn 16 cm når de vandrer ut i sjøen antas i stor grad å ha vokst opp i Vassbygdvatnet. Slik fisk er det kanskje blitt noe færre av etter reguleringen. I de fire periodene som er inkludert i tabell 8.2, var smoltlengden mindre enn 16 cm hos henholdsvis 78 %, 55 %, 75 % og 80 % av fisken. Den fjerde perioden er etter reguleringen. Smolt større enn 16 cm vokser bedre første sommeren i sjøen enn mindre smolt (ANOVA, $p < 0,001$). Gjennomsnittlig tilvekst første sommer i sjøen for slik fisk var $118 \pm 4,6$ mm, sammenlignet med $110 \pm 2,2$ mm for fisk der smoltstørrelsen var mindre enn 16 cm. En mulig forklaring på den dårligere tilveksten første sommeren i sjøen etter regulering kunne være at innslaget av stor smolt har avtatt. Derfor har vi testet materialet som blir tilbake når vi holder fisk som var større enn 16 cm utenom. Også i dette tilfellet fikk vi en klart signifikant dårligere tilvekst første sommeren i sjøen etter reguleringen (Scheffé multiple range test, $p < 0,05$).

8.2.3 Tidspunkt for smoltutvandring

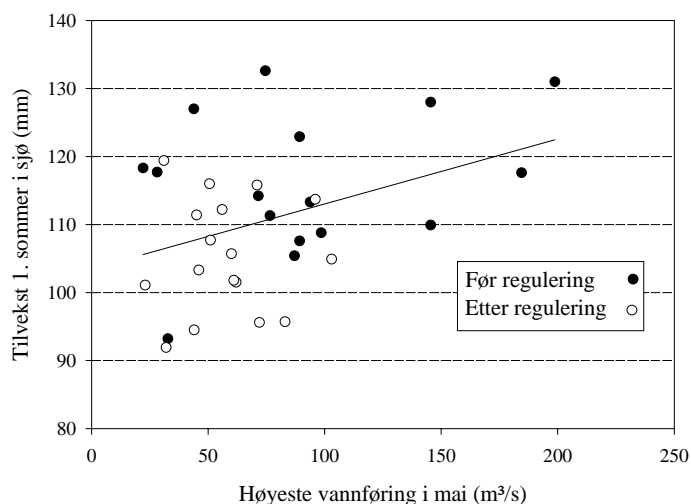
Tidspunktet når smolten vandrer ned fra Aurlandselva og ut i sjøen er ikke kjent. Forsøkene med radiomerking av sjøørret vinteren 1993/94 viste at voksen fisk, dvs. sjøaure som hadde vært i sjøen tidligere, vandret ut fra elven i perioden mellom 20. mai og 10. juni. De fleste vandret ut de siste dagene av mai (Økland et al. 1995). Førstegangsvandrende sjøaure (smolt) vandrer vanligvis litt senere ut i sjøen enn aure som har vært i sjøen tidligere. Dette er observert i Vardneselva i Troms (Berg & Berg 1989) og i Halselva i Finnmark (upublisert). I Vardneselva var forskjellen i gjennomsnitt 10 dager. Et tilsvarende forhold er også funnet for sjørøye i de to vassdragene (Berg & Berg 1989, Finstad & Heggberget 1993). Hvis forskjellen i utvandringstidspunkt mellom veteranvandrere og smolt er tilsvarende i Aurlandsvassdraget, var utvandringstidspunktet for smolt ca. 1. juni til 20. juni i 1994, med tyngdepunkt de første dagene av juni.

8.2.4 Sammenheng mellom tilvekst i sjøen og vannføring i utvandringsperioden for smolt

Det foreligger daglige målinger av vannføringen i Aurlandselva i en lang periode før utbyggingen (1940-80). Videre har vi fra NVE fått data for vannstanden i Vassbygdvatnet ved utløpet i Aurlandselva for perioden 1980-97. Dessuten har vi mottatt figurer fra NVE som viser vannføringen i Aurlandselva for perioden 1985-92. Disse tre seriene er ikke helt sammenlignbare, men i og med at det er en viss overlapp mellom de to siste seriene, har vi regnet dataene for vannstand om til vannføring i årene etter 1992. Disse dataene er forbundet med en viss usikkerhet.

Vi har sammenlignet høyeste vannføring (på døgnbasis) som ble registrert i løpet av mai måned hvert år med tilveksten i sjøen for sjøaure som vandret ut som smolt samme år (figur 8.3). Det var signifikant positiv sammenheng mellom vannføring og tilvekst. Fisk som gikk ut som smolt i år med høy vannføring i mai vokste best. Dette er et klart indisium på at sjøauresmolten i Aurlandselva er tilpasset til å benytte vannføringen som trigger for når det er tid for å vandre ut i sjøen. Dette er samme tilpasning som for laksen i Orkla (Hvidsten et al. 1995). Stor vannføring tidlig i utvandringsperioden fører til tidlig utvandring. I år som er vannrike i mai går smolten ut tidlig, og får lengre vekstsesong i sjøen enn i år med lavere vannføring i mai. I år med lav vannføring blir smolten stående i elven i en lengre periode utover våren, og går dermed glipp av en viktig del av vekstsesongen. Smolten er tilpasset til å gå ut av elven i store stimer. Stimmingen gir en individuell beskyttelse mot predatorer (torsk, sei, fugl) som oppholder seg i munningsområdet og venter på mat. Smolt som vandrer ut av elven utenom de store stimer, har større risiko for å bli tatt av predatorer.

FIGUR 8.3 Sammenheng mellom høyeste vannføring (m^3/s) som er registrert i løpet av mai måned og gjennomsnittlig tilvekst (mm) første sommer i sjøen for sjøaure som vandret ut i sjøen samme år (regresjonslinje: $y = 0,0955 x + 103$, $r^2 = 0,145$, $p < 0,05$).



8.2.5 Effekter av reguleringen på vekst og overlevelse hos sjøaure i tidlig sjøfase

Etter regulering er vannføringen i Aurlandselva kraftig redusert hele sommerhalvåret, og spesielt under vårflommen (Tvede 1994). Gjennomsnittsvannføring før regulering og pålagt minstevannføring etter regulering er vist i tabell 2.1. Når Vangen kraftstasjon stenges 1. mai, legges luka i utløpet av Vassbygdvatnet ned, og vannføringen i Aurlandselva stiger til 20-30 m^3/s , avhengig av hvordan kraftstasjonen Aurland I kjøres. I de fleste år stiger vannføringen noe utover i mai og juni, men i færre enn halvparten av årene når den opp i så mye som 80 m^3/s .

Materialet som er presentert ovenfor viser at den reduserte vannføringen i mai/juni etter regulering fører til forsinket smoltutvandring. Dette problemet er størst i vannfattige år. Tilveksten den første sommeren i sjøen er redusert med 1,0-1,5 cm, eller 10-15 %. Resultatene indikerer likevel at det i tillegg til vannføringen kan være andre faktorer tilknyttet reguleringen som påvirker veksten den første sommeren i sjøen.

Reduksjonen i vannføring i smoltutvandringsperioden fører sannsynligvis også til økt dødelighet like etter at smolten kommer ut i sjøen. Hvidsten & Hansen (1988) påviste økt overlevelse på anleggsprodusert laksesmolt fra Surna og Gaula i år da smolten ble satt ut på høy vannføring. De mente at den mest sannsynlige årsaken var redusert predasjon fra torsk og sei i munningsområdet.

Erfaringer fra studier av smoltutvandringen av laks i Orkla og Surna (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Hvidsten & Lund 1988, Hvidsten et al. 1995) tyder på at smolten vandrer ut mer konsentrert og i større stimer når vannføringen er høy, og dette er en atferd som reduserer risikoen for å bli tatt av predatorer. I år med lav vannføring forsinkes utvandringen, og smolten vandrer ut mer tilfeldig i mindre stimer. Når få smolt vandrer ut samtidig, er det større sjanse for hver enkelt fisk å bli tatt av de predatorene som oppholder seg i munningsområdet.

8.3 EGGTETTHET OG REKRUTTERING

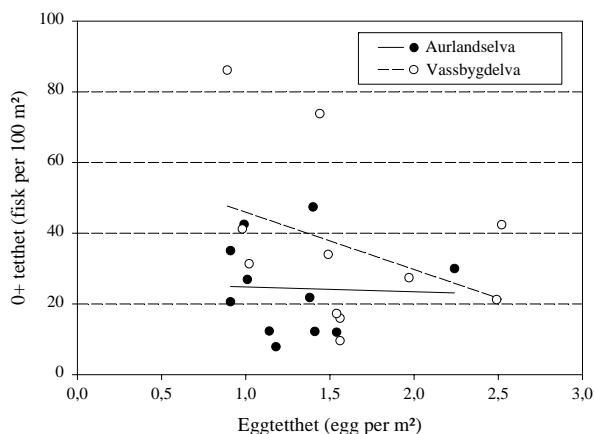
8.3.2 Metode

Gytebestanden i Aurlandselva og Vassbygdelva er blitt talt fra 1969 til 1993, i denne perioden utgjorde gytebestanden i Vassbygdelva ca 25 % av den totale gytebestanden av aure i vassdraget (tall etter figur i Sættem 1995). For årene 1996 til 1999 er også gytebestanden talt, men i noen av årene så tidlig at lite av gytefisker har gått opp i Vassbygdelva og det er da antatt at totalt 25 % av den registrerte gytebestanden vil gyte i Vassbygdelva. For årene 1994 og 1995 er gytebestanden ikke talt, men er beregnet på bakgrunn av en fangstandel på 62 % som var gjennomsnittet for perioden 1983-1999. Det er også for disse årene antatt en fordeling av gytebestanden i Aurlands- og Vassbygdelva på henholdsvis 75 % og 25 %. For øvrig er bestandsfekunditet og eggtetthet beregnet som beskrevet tidligere ved et areal på 300.000 m² i Aurlandselva (vannføring 3 m³/s), og 60.000 m² i Vassbygdelva (vannføring på ca. 2 m³/s). Beregning av tetthet av årsyngel er beskrevet i kapittel 3.

8.3.3 Resultat

Egg tettheten av aure i Aurlandselva er estimert til mellom 0,9 og 2,2 egg per m² for egg klekt i perioden 1989 til 1999, i den samme perioden har tettheten av årsyngel variert mellom 8 og 47 aure per 100 m². Det er ingen sammenheng mellom egg tetthet og antall årsyngel av aure i Aurlandselva (figur 8.4).

I Vassbygdelva har den estimerte egg tettheten av aure variert mellom 0,9 og 2,5 egg per m², mens tettheten av årsyngel har variert mellom 10 og 86 per 100 m². Det er svært stor variasjon i tettheten av årsyngel for årsklasser som har utgangspunkt i relativt lik egg tetthet. I 1997 ble det klekt ca 1,6 egg per m², mens tettheten av årsyngel høsten etter var ca 10 per 100 m². Tilsvarende ble det i 1991 gytt ca 1,4 egg per m², mens tettheten av årsyngel om høsten året etter var 74 per 100 m². Det er en ikke signifikant ($p > 0,2$) negativ sammenheng mellom tetthet av egg og tetthet av årsyngel i Vassbygdelva.

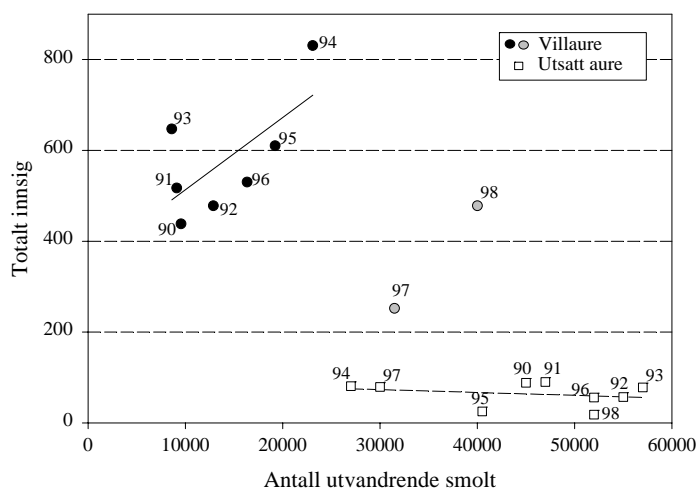


FIGUR 8.4. Sammenheng mellom estimert egg tetthet gytt om høsten og tetthet av årsyngel den påfølgende våren i Aurlandselva (●) og Vassbygdelva (○)

8.4 OVERLEVELSE I SJØEN

Det er registrert en betydelig økning i tettheten av presmolt aure i Aurlandsvassdraget utover 1990-tallet. Tettheten av presmolt kan ikke direkte overføres til tetthet av smolt, m.a. på grunn av vinterdødelighet. Hvis en antar at vinterdødeligheten er konstant fra år til år, kan tettheten av presmolt om høsten brukes til å anslå den relative tettheten av smolt. Beregninger av voksenbestanden av sjøaure (justert for forventet andel fanget og ulik fangstandel for den enkelte smoltårgang) viser at det i perioden 1990 til 1996 er en signifikant sammenheng mellom tetthet av presmolt og tilbakevending av voksen sjøaure ($r^2=0,50$, $p=0,03$, $y=338,84 + 0,017 x$). Årgangene fra 1997 og 1998 skiller seg klart fra resten med tilsynelatende dårligere overlevelse. Disse to årgangene har det imidlertid bare vært mulig å fanget på i to og tre år og det er fremdeles relativt stor usikkerhet knyttet opp mot estimatene av voksenbestanden. Men tallene kan indikere en dårligere overlevelse for disse årgangene, spesielt for 1997 årgangen.

FIGUR 8.5. Sammenheng mellom estimert utvandring av villsmolt og antall og utsatt smolt og estimert totalt innsig av voksen sjøaure av de samme smoltårgangene og gruppene. Antall utvandrende smolt er beregnet utfra tetthet av presmolt den foregående høsten og det er antatt samme vinterdødelighet alle år.



Det har de fleste år vært satt ut et større antall smolt fra klekkeriet enn det har vært produsert av vill smolt i vassdraget. Tilbakevendingen av utsatt smolt som voksen sjøaure har imidlertid vært lav. Det er ingen positiv sammenheng mellom antall fisk utsatt og antall av de ulike smoltårgangen som ble fanget. Fram til 1992 ble fisken spredd langs hele elven, mens den etter 1992 er blitt satt ut helt nederst i elven.

TABELL 8.3. Estimert smoltproduksjon og estimert totalt innsig av de enkelte smoltårgangene av vill og utsatt aure i perioden 1990 til 1998, og andelen av de ulike smoltårgangene som returnerte til vassdraget.

Smolt- årgang	Antall presmolt				Totalt innsig				Tilbakevending (%)		
	Vill	Utsatt	Totalt	% utsatt	Vill	Utsatt	Totalt	% utsatt	vill	utsatt	Totalt
1990	9560	45000	54 560	82	438	88	525	17	4,58	0,19	1,0
1991	9106	47000	56 106	84	517	90	608	15	5,68	0,19	1,1
1992	12866	55000	67 866	81	478	57	536	11	3,72	0,10	0,8
1993	8598	57000	65 598	87	647	78	725	11	7,53	0,14	1,1
1994	23089	27000	50 089	54	831	81	912	9	3,60	0,30	1,8
1995	19217	40500	59 717	68	610	25	634	4	3,17	0,06	1,1
1996	16351	52000	68 351	76	530	56	586	10	3,24	0,11	0,9
1997	31489	30000	61 489	49	252	79	330	24	0,80	0,26	0,5
1998	40015	52000	92 015	57	478	18	496	4	1,19	0,04	0,5
Snitt 90-98	18921	45056	63977	71	531	64	595	11	3,72	0,15	1,0
Snitt 90-96	14113	46214	60327	76	579	68	647	11	4,50	0,16	1,1

8.5 NEDVANDRING I TUNNELEN TIL VANGEN KRAFTSTASJON

Vangen kraftstasjon, som tapper vann fra Vassbygdvatnet, blir stoppet 1. mai hvert år. Hvert år siden 1996 har det blitt samlet inn fisk som står igjen i tunnelen (Sægrov m.fl. 1997, 1998, Hellen m.fl. 1999). I 1996 ble det samlet inn tre laksesmolt, to villaure og åtte utsatte aure, som hovedsakelig stammet fra utsettingen i Vassbygdvatnet høsten 1995. I 1997 ble det samlet inn fem aure med en gjennomsnittslengde på 26 cm, fire var store smolt som gikk ut i sjø for første gang, mens den femte var en resident aure, alle aurene var ville. I 1998 ble det samlet inn 31 aure, 23 hadde vært i sjøen tidligere og hadde en gjennomsnittlig lengde på 27 cm (variasjon fra 24 til 37 cm). Åtte av aurene hadde ikke vært i sjøen tidligere. To av aurene innsamlet i 1998 var utsatt.

Høsten 1993 ble det radiomerket 12 stasjonære og 27 sjøaure. Alle aurene var større enn 34 cm, sjøaurene var i gjennomsnitt 61 cm, mens de residente var 47 cm. Sjøauren forflyttet seg i to etapper: Først fra øvre til nedre del av Vassbygdvatnet i slutten av april, mens hovedforflyttingen fra Vassbygdvatnet til sjøen skjedde i perioden 20. mai til 10. juni. Ingen av disse aurene ble registrert i tunnelen til Vangen kraftverk (Økland m.fl. 1995).

Auren som er blitt samlet inn i tunnelen fra Vassbygdvatnet etter at kraftverket stenger den 1. mai i 1996, 1997 og 1998 indikerer at det stort sett er fisk mellom 20 og 30 cm som går ned i tunnelen. De fleste av auren har vært ute i sjøen tidligere. I forbindelse med utsettingen i Vassbygdvatnet høsten 1995 så det ut til at en del utsatt aure gikk ut gjennom tunnelen den påfølgende våren, men stort sett er det vill aure som er blitt samlet inn. Studiene av radiomerket fisk i 1993, viste at større aure ikke, eller i liten grad vandrer ned i tunnelen.

En kan regne at reguleringen av Aurlandsvassdraget startet i 1973 da den første turbinen i kraftstasjonen Aurland I ble satt i drift, avløpet fra denne kraftstasjonen kommer ut i overflaten på Vassbygdvatnet. Fallet fra Vassbygdvatnet til fjorden blir utnyttet i Vangen kraftstasjonen, som ble satt i drift i 1980 (Faugli 1994). Reguleringens påvirkning på ungfiskbestanden i elven vil først vise seg i fangstene 2-3 år etter at den første påvirkede smoltårgangen har forlatt elven, men den fulle effekten viser seg først 5-7 år etter første reguleringen. Vi har derfor antatt at fangstene og bestanden av voksen sjøaure i elven var lite eller ikke påvirket av den første reguleringen før i 1977, og regner perioden fra 1969 til 1977 som før regulering i denne sammenheng. Tilsvarende regner vi perioden fra 1977 til 1982 som en mellomperiode etter Aurland I, men før Vangen, og perioden fra 1983 som fullregulert vassdrag.

9.1 BESTANDSUTVIKLING, SJØAURE OG LAKS

Fangstene og totalbestanden av sjøaure avtok sterkt fra tidlig på 1970-tallet og utover 1980-tallet. På 1990-tallet har bestanden vært på et stabilt lavt nivå, men har økt de siste tre årene. Før regulering ble totalbestanden beregnet til et årlig gjennomsnitt på 1879 individ (3960kg), i perioden 1977 til 1982 var antallet 1745 (2230 kg) og etter full regulering 740 individ (1130 kg). Etter regulering er bestanden dermed redusert til 39 % i antall og 29 % i vekt sammenlignet med før regulering. Forskjellen i reduksjon i antall og vekt skyldes at gjennomsnittsvekten på fisk fanget i fiskesesongen er blitt redusert fra 2,1 kg til 1,6 kg. De siste tre årene har bestanden vist tendens til økning, og den årlige bestandsstørrelsen har i gjennomsnitt blitt beregnet til 875 individ med en vekt på 1325 kg, og utgjør henholdsvis 47 % og 33 % av bestanden før regulering. Siden totalbestanden trolig ble underestimert før regulering, kan bestandsreduksjonen være større enn disse beregningene tilsier.

Totalbestanden av sjøaure er beregnet utfra fangsten i fiskesesongen og tellinger av gytefisk om høsten. Før regulering ble 80 % av bestanden fanget i fiskesesongen, i mellomperioden (1977 til 1982) var fangstandelen 84 %, og etter regulering ble gjennomsnittlig 61 % fanget. Andelen fanget stiger med økende bestand, og på det meste har 90 % av bestanden blitt fanget (1979). Fangstandelen følger bestandsstørrelsen og synes ikke å være påvirket av reguleringen. På grunn av at andel fanget varierer med bestandsstørrelsen, har antal gytefisk variert relativt lite i hele perioden fra 1969 til 1999. Før regulering lå gjennomsnittsvekten rundt 2,1 kg på sjøaure som ble fanget i fiskesesongen. Den høye vekten holdt seg relativt stabil i hele perioden, og det er derfor sannsynlig at flere fisk må ha overlevd fiskesesongen enn det gytefisktellningene antyder, i motsatt fall burde gjennomsnittsvekten avtatt år for år. Det kan ikke utelukkes at en større andel av bestanden holdt seg i sjøen om vinteren i denne perioden, for eksempel fisk som ikke gyter hvert år, men vi har ikke data fra Aurland eller andre elver som viser om dette er en reell mulighet. Det kan også tenkes at fangster av mindre fisk ikke ble innrapportert i samme grad som større fisk.

Før reguleringen var utløpet av Vassbygdvatnet en av de største gyteplassene i vassdraget, men etableringen av dam og damluke medførte at sjøauren ikke lenger bruker dette gyteområdet. Dette kan ha betydning for beregningen av totalbestand, fordi sjøauren kunne stå i Vassbygdvatnet og trekke ned mot gyteområdet i gyteperioden. Denne fisken kunne være vanskelig å registrere, på samme måte som det er vanskelig å få oversikt over gytebestanden i Vassbygdelva, fordi en stor del av bestanden står i Vassbygdvatnet til like før gyting. Det er derfor sannsynlig at gytebestanden i vassdraget var mer tallrik i perioden før 1980 enn det gytefisktellningene viste. Ved undersøkelser i Eidfjordvassdraget i 1999 ble det konstatert at det aller meste av voksen sjøaure ikke gikk opp i Bjoreio før gyteperioden nærmet seg, og fangsten i fiskesesongen var meget lav i forhold til den totale gytebestanden. Det samme ble registret for laks, men ikke i samme grad. Også på gyteområdet på utløpet av Eidfjordvatnet ble det observert mer fisk etter at gytingen startet enn rett før (Nøst m.fl. 2000).

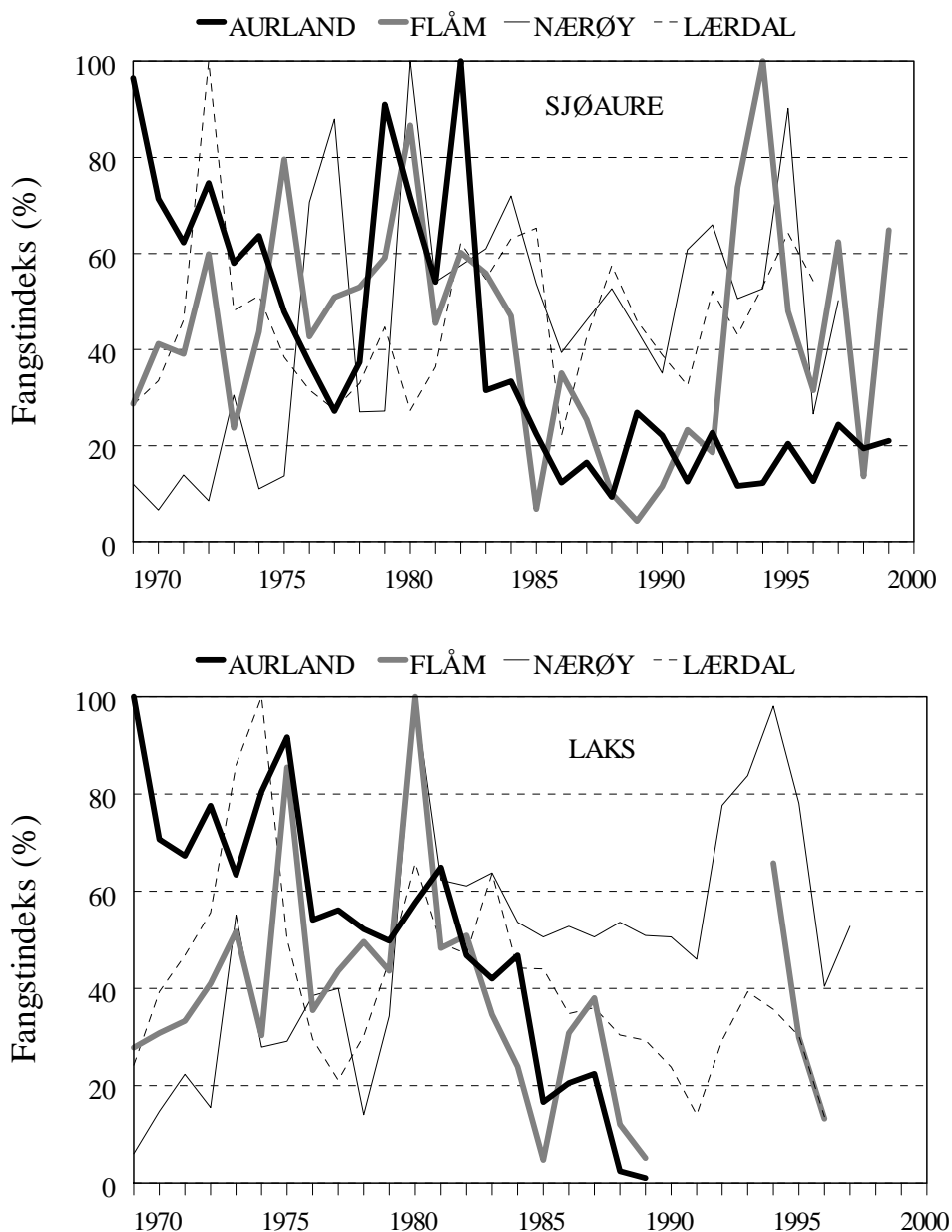
Etter at reguleringen var fullført, har sjøauren hatt en bestandsstørrelse på ca 30 % av nivået de siste 20 årene før regulering. I perioden før regulering var bestanden spesielt tallrik, slik at en bestandsreduksjon ville vært sannsynlig også uten regulering. Utsatt aure har utgjort 10-15 % av

totalbestanden, og andelen har avtatt utover 1990-tallet. Bidraget fra utsatt fisk er dermed lavt. Laksebestanden avtok enda mer enn sjøauren, og har etter 1990 ligget på grensen til å forsvinne fra vassdraget. I april 2000 ble det observert 14 voksne laks i Aurlandselva som hadde gytt høsten 1999. Produksjonsforholdene av smolt i ferskvann og spesielt overlevelse i sjøfasen kan variere mye over tid i forhold til naturlige svingninger i miljøfaktorer. For eksempel er det sannsynlig at variasjonen i sjøtemperatur alene kan gi en forskjell i overlevelse av årganger av laksesmolt i størrelsesorden 1:5 i løpet av en periode på bare 10 år (Antonson m.fl. 1996). I perioden etter 1980 har overlevelsen av smoltårganger vært langt lavere enn på 1960- og 1970 tallet (Friedland m.fl. 1998). På 1990 tallet har lakselus medført en ekstra dødelighet på utvandrende laksemolt. Smolt som ble fanget ytst i Sognefjorden under tråling i mai 1999, hadde så høye infeksjoner av lakselus at det ble beregnet en dødelighet på nær 90 % forårsaket av lakselus (Holst og Jakobsen 1999).

Den store variasjonen i overlevelse i sjøfasen som er forårsaket av variasjon i naturlige faktorer og også menneskeskapt faktorer, gjør det vanskelig å vurdere hvor stor del av variasjonen eller nedgangen som skyldes reguleringsinngrepet i Aurlandsvassdraget. Det er vanskelig å tallfeste de endringer i produksjonsgrunnlaget og smoltproduksjonen som inngrepet har medført i vassdraget, og sammenligning med bestandsutviklingen til anadrome bestander i nærliggende vassdrag er derfor en tilnærming som kan gi et inntrykk av generelle tendenser. Flåmsvassdraget ligger nærmest og det er antatt at en langtids regulering i øvre deler av vassdraget har liten betydning for produksjonsforholdene på den anadrome strekningen. Tilsvarende er tilfelle for Nærøydalselva, men der kan reguleringen muligens ha en noe større påvirkning. I Lærdalsvassdraget ble det i likhet med Aurlandsvassdraget gjennomført en omfattende regulering på 1970 -tallet, men inngrepet har ikke samme omfang på anadrom del, som i Aurland. Fram til andre halvdel av 1990-tallet har det vært en høy produksjon av laksesmolt i vassdraget, men de siste årene er produksjonen redusert på grunn av introduksjonen av *Gyrodactylus salaris* og rotenonbehandling i 1998 (Johnsen og Jensen 1997).

Utviklingen i fangsten av sjøaure var sammenfallende i Aurland og Flåm i perioden 1975 til 1992, med høye fangster fram til begynnelsen av 1980-tallet og en kraftig reduksjon utover 1980-tallet. Fangstene holdt seg videre på et lavt nivå i Aurland, men i Flåm var det høye fangster i noen av årene etter 1993 (figur 9.1). I Nærøydalselva og Lærdalselva var det mindre variasjon i fangstene, og ingen klare tendenser i fangstutviklingen. Fangstene av laks viser klare fellestrekk i perioden fra 1969 til om lag midt på 1980-tallet. Fangstene i Aurland og Flåm var parallelle helt fram til 1989, men fra og med 1990 ble begge elvene stengt for laksefiske. I Flåmselva ble det igjen tillatt og fiske laks i årene 1994, 1995 og 1996. I 1994 var det relativt gode laksefangster i Flåmselva, men fangsten avtok mye de etterfølgende årene. I motsetning til Aurland, har det vært en relativt god produksjon av laksunger i Flåmselva på 1990-tallet, selv om det også der er stor variasjon i årsklassestyrke (Urdal og Hellen 1999). Fangsten av laks avtok også i Lærdalselva i siste del av perioden, men reduksjonen var mindre enn i Aurland og Flåm, fram til fisket ble stanset i 1997. I Nærøydalselva holdt fangstene seg relativt høye også utover 1990-tallet fram til fisket ble stanset i 1998 (figur 9.1).

Utviklingen for laks og sjøaure viser altså flest fellestrekk for bestandene i Aurlandselva og Flåmselva, selv om bestandene i Flåmselva økte midt på 1990-tallet uten at dette skjedde i Aurland. Disse elvene ligger nær hverandre, har samme klimatiske forhold og munn ut i den samme fjordarmen. Fellestrekkene i bestandsutviklingen og avviket disse har i forhold til bestandene i de to andre elvene, kan tyde på at det finnes faktorer i fjordmiljøet i Aurlandsfjorden som påvirker både laksen som vandrer ut og inn fjorden og sjøauren som bruker fjorden som oppvekstområde. Reguleringen av Aurlandsvassdraget påvirker fjordmiljøet ved at det årlige mønsteret i tilsiget av ferskvann til fjorden er endret. En annen faktor er de store årlige utsettingene av minst 2 tonn aure i Aurland. Det er ikke undersøkt om slike utsettinger påvirker overlevelsen til vill sjøaure noen steder. En kan likevel ikke utelukke at utsettingene medfører en ekstra tilstrømming av predatorer som også kan beite på villfisk, eller også om beiteområdene for smolt og eldre sjøaure er begrenset. Så langt blir dette bare spekulasjoner.



FIGUR 9. 1. Fangstindekser for sjøaure og laks i Aurlandselva, Flåmselva, Nærøydalselva og Lærdalselva i perioden 1969 til 1999. Største fangst i antall er gitt indeks 100 for hver elv.

Det er sannsynlig at dødeligheten på laks- og sjøaure i sjøfasen har vært høyere etter 1980 enn de foregående 10-20 årene av naturlige årsaker (Friedland m.fl. 1998). Det synes også som om dødeligheten har vært ekstra stor for bestandene som vandrer ut i Aurlandsfjorden, og på 1990-tallet størst for bestandene i Aurlandselva. Det er nærliggende å forklare avviket i den lokale bestandene tilknyttet Aurlandsfjorden som en reguleringseffekt, muligens på grunn av forandringene i ferskvannstilsiget gjennom året eller som en uheldig følge av fiskeutsettingene. Det har vært en tendens til økning i bestanden av sjøaure i Aurlandselva de siste tre årene. I 1999/2000 ble det også registrert noen flere laks enn de foregående årene.

9.2 GYTEBESTANDER OG EGGTETTHET

Før regulering var det klart høyest tetthet av gyteare øverst i Aurlandselva, inkludert på utløpet av Vassbygdvatnet. Etter regulering og stenging av gyteområdet i utløpsosen, har tettheten av gyteare avtatt jevnlig på dette området, sammenlignet med områdene videre nedover elven (Sættem 1995). Under gytefisketellingene høsten 1996, 1998 og 1999 ble det registrert flest gyteare i øvre halvdel av Aurlandselva, og høyest tetthet i området ved Skaim, 2-3 kilometer nedenfor utløpet av Vassbygdvatnet (Sægrov m.fl. 1997, Hellen m.fl. 1999, 2000). Det er fremdeles en bra tetthet av gytere på den øverste kilometeren av elven, men en lavere andel av gytebestanden bruker dette området til gyting nå sammenlignet med før regulering. Auren sluttet i stor grad å bruke det tidligere store gyteområdet på utløpet av Vassbygdvatnet etter reguleringen, men det er uklart om dette har medført at rekruttering er blitt en avgrensende faktor for produksjon av fisk i øvre del av Aurlandselva eller i Vassbygdvatnet. I undersøkelsesperioden har det i gjennomsnitt vært like høy tetthet av ungfisk av alle aldersgrupper på den øverste stasjonen som ligger bare 100 meter nedstrøms utløpet av Vassbygdvatnet, sammenlignet med de andre stasjonene for el. fiske i Aurlandselva. I den produktive sesongen (1. mai til 15. september) ligger damluken nede og forholdene ligner situasjonen før regulering, men vannføringen er redusert.

Etter regulering gyter fisken i Aurlandselva på en vannføring som ligger på eller litt over minstevannføringen på 3 m³/s. Dette innebærer at det er små sjanser for frost og tørlegging av gytegroper. Det innebærer også at det totale gytearealet er blitt redusert i forhold til før regulering da vannføringen i gjennomsnitt lå på 30 m³/s i oktober og 10 m³/s i november. I Vassbygdelva er vannføringen i gyteperioden avhengig av nedbørsforholdene også etter regulering. Både før og etter regulering vil vannføringen utover vinteren bli langt lavere enn i gyteperioden, men det er uklart om den relative forskjellen har endret seg på en slik måte etter regulering at dette har ført til en økt dødelighet på egg eller plommeseekkyngel i grusen. Elveløpets utforming og substratfordeling tilsier at mesteparten av gytingen skjer i bunnen av elevsengen, der vanngjennomstrømmingen er sikrest.

Fra andre regulerte vassdrag er det kjent at laks og sjøare vandrer inn i avløpstunneler fra kraftstasjoner. Disse fiskene trekker ut fra tunnelen og fordeler seg på gyteområdene i forkant av gytesesongen. Det er ikke undersøkt om fisken som går opp i Vassbygdvatnet trekker inn i utslippstunnelen fra Aurland I, men dette er sannsynlig. Når gytesesongen nærmer seg, vil disse fiskene trekke ut av tunnelen, og opp mot eller i Vassbygdelva. En slik adferd vil ikke gå utover bestanden, men kan medføre at færre er fangbare under fiske i Vassbygdvatnet i fiskesesongen.

Det årlige antallet gytende aure i Aurlandsvassdraget var i gjennomsnitt 375 individ før regulering, i perioden 1977 til 1982 var antallet 249, og etter regulering har antallet vært 282 aurer i gjennomsnitt hvert år. Totalt sett har antall gytere variert lite fra år til år. Under forutsetning av like mange hunner som hanner over 0,75 kg i gytebestanden, ble det i gjennomsnitt gytt henholdsvis 3,0, 1,4 og 1,6 egg per m² elvebunn årlig i de tre periodene. Det høyere antallet egg som ble gytt før regulering, skyldes høyere gjennomsnittsvekt på fisken før regulering, sammenlignet med perioden etter 1977. Det foreligger ikke studier fra Norge som indikerer hvor mye aureegg som må gytes for at antall egg ikke skal være begrensende for smoltproduksjonen. Studier på laks indikerer en nedre grense på ca 2,5 egg pr. m² i elver med middels produksjon (Gibson 1993), men høyere i de mest produktive elvene, som Imsa (Hansen m.fl. 1996). Tettheten av aureegg i Aurlandselva ligger etter regulering dermed ned mot, eller under det som er antatt å være begrensende for laks. For årsklassene som inngår i ungfiskundersøkelsene fra 1989 til 1999, var det ingen sammenheng mellom eggtetthet og den påfølgende tetthet som 0+, 1+ eller 2+ av den samme årsklassen. De siste 10 årene har det de fleste år vært for lite gytelaks til å sikre full rekruttering.

9.3 OVERLEVELSE PÅ YNGELSTADIET

Aurlandsvassdraget er et kaldt vassdrag om våren og sommeren på grunn av tilsiget av smeltevann fra store høytliggende felt og normalt relativt store nedbørmengder i form av snø vinterstid. Dette var også situasjonen før regulering, og etter regulering er vanntemperaturen blitt enda lavere om våren i Aurlandselva (Tvede 1994). Den 1. mai stenges Vangen kraftstasjon og damluken i utløpet av Vassbygdvatnet åpnes. Tilsiget til Vassbygdvatnet vil da renne fritt ut gjennom Aurlandselva. En del

av vannet kommer fra Vassbygdelva, men mesteparten er kaldt bunnvann som tappes fra Viddalsmagasinet gjennom Aurland I. Etter 1. mai er vannføringen i Aurlandselva normalt mellom 25 og 50 m³/s. Den lave temperaturen på driftsvannet og relativt høye vannføringen gjør at Aurlandselva er svært kald om våren og forsommeren, med temperaturer mellom 3 og 6 °C i mai og mellom 6 og 8 °C i juni og første del av juli. Stadiet når yngelen kommer opp av grusen er et av de mest ømfintlige for laks og aure, og temperaturen i denne perioden kan være avgjørende for overlevelse (Jensen og Johnsen 1999). Beregninger viser at temperaturen alle år på 1990-tallet var lavere enn 8 °C i den perioden laksungene kom opp av grusen, med unntak av 1991 da temperaturen var ca. 10 °C. Årsklassen fra 1991 er også den eneste tallrike årsklassen av laks på 1990-tallet, og det er meget sannsynlig at temperaturen de andre årene har vært strekt begrensende for overlevelse. Fra andre vassdrag er det vist at 8 °C er en nedre grense for overlevelse av laksunger (Jensen m.fl. 1991). Aureungene i Aurlandselva kommer opp av grusen ved temperaturer mellom 5 og 8 °C, men overlever den første kritiske fasen ved lavere temperatur enn laks. Også for aure var det lav rekruttering i årene med lavest temperatur, og aurerekrutteringen kan dermed også være begrenset av lave temperaturer om våren. I Vassbygdelva er temperaturen i mai, og spesielt juni, høyere enn før regulering (Tvede 1994). Sjansen for vellykket rekruttering av laks er dermed bedret etter regulering i denne delen av vassdraget.

9.4 SMOLTPRODUKSJON FØR OG ETTER REGULERING

Bestandsstørrelse av laks og sjøaure er m.a. avhengig av antall smolt som vandrer ut fra vassdraget og overlevelse i sjøen. I forbindelse med konsesjonsbehandlingen for regulering av Aurlandsvassdraget ble det gjort beregninger av smoltproduksjonen i vassdraget og anslått tap i produksjon som følge av reguleringen. Anslaget for smoltproduksjon i Aurlandselva var 28.000 laksesmolt og 35.000 auresmolt, totalt 63.000 smolt. Det ble da regnet et areal på 300.000 m², og anslaget tilsvarer en produksjon på 21 smolt/100 m², fordelt på 9,3 laksesmolt og 11,7 auresmolt. Inntil for få år siden fans det lite informasjon om smoltproduksjon i norske elver, noe som enda er tilfelle. I Imsa er det målt en gjennomsnittlig smoltproduksjon på 15 laksesmolt pr. 100 m², og der er det lite aure (Hansen m.fl. 1996). I Orkla ble produksjonen av laksesmolt før regulering beregnet til 4-5 pr. 100 m², men der økte produksjonen opp mot 8 laksesmolt pr. 100 m² etter reguleringen. Det ble funnet en positiv sammenheng mellom antall utvandrende laksesmolt og vintervannføring, som økte etter regulering (Hvidsten 1993). Også i Orkla er det en lav produksjon av auresmolt. Generelt er det regnet at små vassdrag er mer produktive enn store (Gibson 1993). Tallene fra Imsa og Orkla indikerer at anslaget for smoltproduksjon i Aurlandselva før regulering ble satt for høyt, noe som også ble bemerket den gang.

Smoltproduksjonen før regulering ble anslått til 4.800 samlet for Vassbygdelva og Midjeelva (Vasshaug 1975, Gunnerød 1975). Dette anslaget tilsier en produksjon på 3,1 smolt pr. 100 m², og er 6,8 ganger lavere enn anslaget for Aurlandselva, og synes svært lavt. I Vassbygdvatnet ble produksjonen anslått til 1.200 smolt før regulering. Strandlinjen i vatnet er ca. 6 kilometer. Det er sannsynlig at produksjonen av auresmolt i strandsonen er minst 1 pr. meter strandlinje, dvs. 6.000 totalt. Dette antyder at anslaget før regulering var for lavt. En del av aurene fra Vassbygdvatnet går ut som stor smolt, og det er god grunn til å anta at overlevelsen i sjøen øker med fiskestørrelsen. Det er også sannsynlig at mesteparten av smolt som er større enn 16 cm, har hatt siste vekstperiode i Vassbygdvatnet. I skjellmaterialet som er innsamlet i ulike perioder, har andelen med smoltlengde over 16 cm utgjort mellom 22 og 31 %, og andelen stor smolt har ikke endret seg etter reguleringen. Disse tallene antyder at stor smolt som vandrer ut fra Vassbygdvatnet utgjør 25 % av bestanden av voksen sjøaure i vassdraget. Det er også sannsynlig at det går ut en del mindre smolt fra Vassbygdvatnet, slik at den reelle andelen er enda høyere.

Disse betraktningene gjør det sannsynlig at anslaget for smoltproduksjon før regulering var for høye for Aurlandselva og for lave for Vassbygdvatnet og elvestrekningene ovenfor vatnet. Resultatene tyder også på at den andelen smolt som er produsert i Vassbygdvatnet av den totale smoltproduksjonen i vassdraget ikke har endret seg vesentlig etter reguleringen.

I henhold til konsesjonsbetingelsene skal det være en minstevannføring 3,0 m³/s i Aurlandselva i perioden 15. september til 15. juni. På grunn av at Vangen kraftstasjon stenges den 1. mai, blir likevel vannføringen i praksis langt høyere enn minstevannføringen fra 1. mai til 15. juni, og vanligvis >25-30 m³/s. I perioden mai til september var arealet av Aurlandselva i gjennomsnitt ca 300.000 m² før utbygging ved en gjennomsnittlig vannføring på 85 m³/s. Etter utbygging er arealet i samme periode redusert med maksimum 20 %, tilsvarende 60.000 m². I Vassbygdelva var gjennomsnittlig areal 135.000 m² før regulering. Etter regulering (1985 - 1999) var gjennomsnittlig vannføring 11,9 m³/s i perioden mai-september, og denne vannføringen tilsier at vanndekt areal ble redusert med 33 % til 90.000 m² etter regulering, en reduksjon tilsvarende 45.000 m². I Midjelva gikk hele det vanndekte arealet på 21.000 m² tapt ved reguleringen. Det totale beregnede vanndekte arealet på anadrom elvestrekning i Aurlandsvassdraget før reguleringen var 456.000 m² ved normal sommervannføring. Etter regulering er vanndekt areal ved gjennomsnittlig sommervannføring beregnet til 330.000 m². Reduksjonen i vanndekt areal som følge av reguleringen blir da 126.000 m², tilsvarende 28 %. Hvis en overforenklet antar at smoltproduksjon er direkte korrelert til vanndekt areal om sommeren, så medførte reguleringen en tilsvarende reduksjon i smoltproduksjonen, dvs. 28 %. Under konsesjonsbehandlingen ble de anslått at smoltproduksjonen ville bli redusert med 60 % etter reguleringen, og grunngevingen var reduksjonen i vanndekt areal. Det er lite sannsynlig at det er en direkte sammenheng mellom smoltproduksjon og vanndekt areal om sommeren, men siden en ikke har data om tetthet av ungfisk fra før reguleringen, kan betydningen av endring ikke evalueres.

Ved el.fiske ble det i årene 1993 til 1999 registrert en gjennomsnittlig tetthet på 10,7 presmolt pr. 100 m² i Aurlandselva, fordelt på 8,8 presmolt aure og 1,9 presmolt laks (18 % laks). Andelen laks er blitt redusert etter regulering, og dette har mest sannsynlig sammenheng med at vassdraget er blitt kaldere og etterhvert en svært fåtallig gytebestand av laks. I perioden 1989 til 1992 var det en gjennomsnittlig tetthet på 4,2 vill presmolt, fordelt på 2,9 presmolt aure og 1,3 presmolt laks per 100 m² i Aurlandselva. Tettheten økte i perioden 1993 til 1999, og faller i tid sammen med at det ikke lenger ble satt ut aure fra anlegget på elvestrekningene. Mange av de utsatte aure ble stående igjen på elven minst et år ekstra før de gikk ut som smolt, og enkelte år utgjorde den utsatte fisken over 50 % av den totale biomassen av aureunger i elven (Jensen m.fl. 1994). Det er sannsynlig at det oppsto en konkurransesituasjon mellom den utsatte fisken og alle aldersgruppene av ville aureunger, en kan heller ikke utelukke kannibalisme. Utsettingene førte dermed sannsynligvis til en reduksjon i produksjonen av villsmolt, og sannsynligvis en tilsvarende reduksjon i voksenfisk bestanden.

Lav vintervannføring har trolig vært en flaskehals for fisken i Vassbygdelva i kalde, nedbørfattige perioder etter utbyggingen. Siden 1995 er effekten av denne flaskehalsen blitt redusert på grunn av at regulanten har sluppet vann i elven i tørre perioder (0,3 m³/s). I perioden 1989 til 1995 var gjennomsnittlig tetthet 9,1 presmolt /100 m², men etter at det ble gjennomført vannslipping i årene 1996 til 1999 økte tettheten til gjennomsnittlig 21,7 presmolt pr. 100 m². Denne økningen indikerer at de ekstra vanntilførslene om vinteren har hatt en positiv effekt på ungfiskproduksjonen i elven.

Resultatene fra ungfiskundersøkelsene viser at tettheten av vill presmolt i vassdraget økte etter 1993, og mest etter 1996. Smoltårgangene fra og med 1997 burde derfor være mer tallrike enn foregående årsklasser på 1990-tallet. Smoltårgangene fra 1997, 1998 og 1999 er så langt ikke blitt store nok til å bli fanget i særlig grad under stangfisket. Unntaket er årgangen fra 1997 som kunne bli fanget som 3-sjøsommer fisk i 1999, men fangsten av denne årsklassen var lavere enn forventet sammenlignet med fangsten av tilsvarende aldersgruppe fra tidligere årganger. Det er foreløpig usikkert om dette skyldes at beregningen av presmolttetthet er for høy, eller om fangsten av denne årsklassen vil tilta de kommende årene. Det er stor smolt som vandret ut fra Vassbygdvatnet som blir gjenfanget ved lavest alder, og disse synes å dominere i fangsten av smoltårgangene fra 1997 og 1998. Vi antar at smoltproduksjonen i Vassbygdvatnet har vært konstant i perioden, mens det er utvandringen av relativt liten smolt på elvestrekningen som økte fra og med 1997. Det er sannsynlig at disse i økende grad vil komme inn fangstene fra og med inneværende år (2000). I 1997 var det store lakselusmengder på Vestlandet, men det er usikkert om auresmolten fra Aurlandselva vandrer så langt ut i Sognefjorden at den blir infisert med lus. Det ble sommeren 1997 fanget voksen sjøaure med lakselus i Aurlandselva, og om høsten ble det fanget luseskadd, 1-sjøsommer sjøaure i Flåmselva. Lakselusproblemet er ikke

kartlagt for aure fra elver i indre Sogn, men observasjonene i 1997 kan tyde på visse problem enkelte år.

For utsatt smolt var det ingen sammenheng mellom antall utsatte og tilbakevandring som voksen sjøaure. For smoltårgangene av utsatt aure fra 1990 til 1996 var beregnet tilbakevending 0,16 %. Den lave overlevelsen i sjøen for utsatt smolt skyldes bl.a. at en høy andel av fisken har redusert svømmeevne på grunn av sterkt reduserte halefinner, og har dessuten lav toleranse for sjøvann ved utsetting. Dette skyldes det fysiske karmiljøet og lav temperatur i grunnvannet som blir benyttet i anlegget. Vi vil understreke at dette ikke skyldes dårlig stell av fisken, men at de fysiske produksjonsbetingelsene er mangelfulle eller direkte dårlige. Den lave temperaturen gjør f.eks. at det ikke er mulig å produsere laksesmolt i anlegget.

9.5 TILVEKST I ELV OG SJØ I FORHOLD TIL TEMPERATUR OG VANNFØRING

Beregninger viser at den årlige tilveksten til både laks- og aureunger i Aurlandselva og Vassbygdelva er temperaturavhengig og i henhold til en modell som er basert på at det er næring i overskudd. For eldre ungfisk gir det utslag at de som vokser fortest går ut som smolt ved lavest alder og de gjenværende er de som vokser seinest. Aure i Vassbygdelva vandrer sannsynligvis ned i Vassbygdvatnet i økende grad ved økende alder.

Tilbakeregnet vekst og alder fra skjellprøver viser at gjennomsnittlig smoltalder avtok fra 4 til 3 år i perioden fra 1980 til 1996. I årene 1982 til 1987 avtok smoltalderen fra 4,3 til 3,5 år og holdt seg på dette nivået til 1992. I 1993 sank smoltalderen til 3,0 år og har siden holdt seg på dette nivået. Gjennomsnittlig smoltlengde har derimot holdt seg tilnærmet konstant i hele perioden, med 14,7 cm som totalt gjennomsnitt. Reduksjonen i smoltalder skyldes raskere vekst i elven, som igjen skyldes en generell temperaturøkning.

Hvis vi ser bort fra stor smolt (> 16 cm) som mest sannsynlig kommer fra Vassbygdvatnet, står vi igjen med de som vandret ut fra elvestrekningene. For disse var gjennomsnittlig smoltlengde 13,0 cm, dvs 1,7 cm mindre enn det totale gjennomsnittet. Smoltstørrelsen for "elvesmolt" har avtatt svakt fra 1980 til 1996, og dette har sammenheng med at smoltalderen er redusert og ung smolt er mindre når den går ut (Økland m.fl. 1993). Til sammenligning ble gjennomsnittlig lengde for presmolt fanget henholdsvis høsten 1998 og høsten 1999 i Aurlandselva beregnet til 12,2 cm og 12,8 cm. I Vassbygdelva var de gjennomsnittlige presmoltlengdene de samme årene 12,7 cm og 12,5 cm. De beregnede smoltlengdene fra presmoltmaterialet ligger dermed nær de som registrerte fra skjellanalyser.

Vi har antatt at smolt som er større enn 16 cm ved utvandring, i hovedsak kommer fra Vassbygdvatnet. I et skjellmateriale innsamlet i 1911, utgjorde smolt over 16 cm ca. 27 % av hver smoltårgang. I smoltårgangene som gikk ut i perioden 1965 til 1973 var andelen 26 % (Jensen m.fl. 1993), og i perioden 1988 til 1996 var andelen 22 %, men for smoltårgangene fra 1995 og 1996 var andelen 31 %.

I perioden 1980 til 1996 har auren i gjennomsnitt vokst henholdsvis 10,5 cm, 11,1 cm og 10,8 cm den første, andre og tredje sommeren i sjøen. Det er relativt små forskjeller i tilvekst mellom år, og det er ingen trend mot endringer i vekst i perioden. Tilveksten den første sommeren i sjøen er lavere (1,0 -1,5 cm, tilsvarende 10 - 15 %) enn før regulering. Andre og tredje sommer i sjøen ligger tilveksten på samme nivå som tidligere, inkludert i årene rundt 1911 (Jensen m.fl. 1993). Beregninger viser at tilveksten den første sommeren i sjøen er størst i de årene det er størst vannføring i mai. Dette kan indikere at reduserte vårflommer etter reguleringen forsinker smoltutvandringen og at utvandringen blir mindre synkron. En kan ikke utelukke at dette også medfører redusert overlevelse.

9.6 NEDVANDRING I TUNNELEN TIL VANGEN KRAFTVERK

Ved studier av radiomerket, kjønnsmoden sjøaure fra Vassbygdvatnet i 1993 og 1994, ble det ikke registrert at noen fisk gikk ned i tunnelen, alle vandret tilsynelatende ned elven. Tunnelen blir stengt 1. mai og damluken i utløpet av Vassbygdvatnet blir åpnet samme dag. Eldre sjøaure vandrer ned i elven tidlig i mai og dersom tunnelen hadde vært åpen lenger, er det ikke usannsynlig at en del fisk hadde gått ned i tunnelen (Økland m.fl. 1995).

I juli 1997 ble det plukket opp fem fisk inne i tunnelen fra Vassbygdvatnet. Fiskene hadde en gjennomsnittslengde på 25,8 cm, de var fem og seks år gamle og svært avmagret. Vekstmønsteret tilsa at de ikke hadde vært ute i sjøen tidligere. I mai 1998 ble det tilsvarende plukket opp 31 aurer fra tunnelen. Disse var fra fire til 8 år gamle. Av disse hadde 23 vært ute i sjøen tidligere og de hadde en gjennomsnittslengde på 29,6 cm, de resterende 8 hadde en gjennomsnittslengde på 29,2 cm og hadde ikke vært ute i sjøen tidligere. Disse resultatene viser at det går fisk tapt i krafttunnelen, og blant dem som går feil er det både første gangs utvandrende smolt og fisk som har vært i sjøen både en og flere ganger tidligere. Omfanget av denne feilvandringen er vanskelig å vurdere, men resultatene indikerer at det fortrinnsvis er fisk mellom 25 og 35 cm som går inn i tunnelen tidlig om våren. De 40 aurene som ble radiomerket høsten 1993 var i størrelsesgruppen 35 til 80 cm, og ingen av disse vandret ned i tunnelen. Det at andelen av stor smolt ikke har endret seg i det analyserte skjellmaterialet fra voksen sjøaure etter reguelringen indikerer at nedvandringen i tunnelen har liten betydning på bestandsnivå.

I 1997 og 1998 ble det hvert år merket ca. 1000 vill ørretsmolt med Carlin-merker i Vassbygdelva og Aurlandselva. Så langt er det bare få gjenfangster av disse i sportsfisket, men gjenfangsten vil forhåpentlig komme fra år 2000 og senere. Gjenfangstene vil kunne gi indikasjoner på eventuelle forskjeller i overlevelse fra smoltstadiet til voksen sjøaure fra de to delene av vassdraget. Det bør likevel bemerkes at totalt antall merket er relativt lavt, og det er kanskje ikke sannsynlig at antall gjenfangster blir tilstrekkelig til å belyse denne problemstillingen.

9.7 UTSETTINGER AV AURE

Siden 1976 har det årlig blitt satt ut aure av stedegen stamme i vassdraget i mai - juni. Inntil 1992 ble fisken satt ut spredt på hele elvestrekningen i Aurlandselva, men etter råd fra NINA, er fisken etter den tid blitt satt ut i elvemunningen nederst i vassdraget. Antall utsatt aure har variert mellom 15.000 og 75.000 årlig. Den utsatte auren hadde en gjennomsnittlig lengde på 17,0 cm, og vokste deretter 10,7 cm, 11,9 cm og 10,4 cm de tre første somrene i sjøen. I det totale materialet var tilveksten i sjøen den samme for utsatt fisk og villfisk, men variasjonen mellom år var større for den utsatte fisken. Merkeforsøk som ble gjennomført på utsatt aure i årene 1990 til 1992 har gitt svært lave gjenfangster (0,2 - 0,4 %). De fiskene som ble merket hadde jevnt over større finner enn de umerkede, og dette kan forklare at gjenfangsten av merket fisk er noe høyere enn beregnet tilbakevending av utsatt fisk (0,16 %)

Innslaget av utsatt fisk i fangstene er korrigert for andel skjellprøver som er tatt de enkelte år og av de forskjellige smoltårganger i forhold til total fangst og total bestand inkludert gytebestanden. Denne beregningen viser at av smoltårgangene fra 1987 til 1994, har innslaget av utsatt fisk variert mellom 16 % og 6 %, gjennomsnittet for hele perioden er 12 %. I gjennomsnitt har 56 individ av de årlige utsettingene overlevd til voksen størrelse.

De utsatte aurene utgjør en samlet biomasse på over 2,1 tonn (30.000 fisk à 70 gram) i årlig gjennomsntt. Naiv byttefisk med sterkt redusert svømmeevne er et lett bytte for predatorer, både fisk og fugl. Det kan tenkes at den store byttemengden tiltrekker ekstra mange predatorer i fjordsystemet, og dette kan muligens medføre økt predasjonen på vill aure som oppholder seg i området.

9.8 LAKSEBESTANDEN

Laksebestanden har gått sterkt tilbake i Aurlandsvassdraget etter reguleringen. Det har vært forbudt å fange laks siden 1988, etter at fangstene de foregående årene var svært lave (Jensen m.fl. 1994). I perioden var 1984 - 1993 ble det observert i gjennomsnitt henholdsvis 21 og 7 voksne gytelaks i Aurlandselva og Vassbygdelva om høsten (Sættem 1995). De siste årene (1996, 1998 og 1999) har

totalt antall gytelaks vært lavere enn 15 individ hver høst. Laksebestanden i naboelven i Flåm viste en tilsvarende tilbakegang på 1980-tallet og de første årene av 1990-tallet som laksebestanden i Aurlandselva. Det kom likevel relativt flere gytelaks tilbake til Flåmselva, og der har det vært flere tallrike årsklasser av laksunger på 1990-tallet enn i Aurlandselva.

Nedgangen i laksebestanden skyldes en kombinasjon av at lave temperaturer har medført høy dødelighet på laksunger i perioden etter at han kommer opp av grusen og en uvanlig høy dødelighet i sjøfasen. De som overlever den første kritiske fasen synes å ha god overlevelse fram til smoltstadiet. Den høye dødeligheten i sjøfasen skyldes tiltakende angrep fra lakselus og naturlig lave sjøtemperaturer. Antall tilbakevandrende voksen laks har vært meget lavt, og de fleste år for få til å sikre full rekruttering. På tross av fåtallig gytebestand av laks de fleste år på 1990-tallet, har det likevel gått ut en del laksesmolt fra vassdraget enkelte år. Det gikk ut flest i 1995 og 1996 som stammet fra den relativt tallrike 1991-årklassen, men svært få har overlevd og kommet tilbake til vassdraget som voksen fisk de etterfølgende årene.

I 1999 ble det fanget og observert minst 8 smålaks som gikk ut som smolt i våren 1998, og i april 2000 ble det observert 14 laks i Aurlandselva. Selv om presmolt tettheten indikerer at antall smolt som gikk ut våren 1998 var lavere enn i 1995 og 1996, var det flere som kom tilbake fra 1998-årgangen, og flere kan forventes å komme tilbake som mellomlaks i 2000 og storlaks i 2001. Smoltårgangen som gikk ut fra Vestlandselvene i 1998 hadde en bedre overlevelse i sjøen enn de foregående, og dette blir sett i sammenheng med spesielt lave mengder av lakselus i perioden for smoltutvandring denne våren.

I løpet av 1999 er det satt i gang tiltak for å sikre laksebestanden i vassdraget og forbedre vilkårene for fisk og fiske i Vassbygdelva. De forventede effektene av disse tiltakene blir kommentert, og i tillegg blir det diskutert forslag til supplerende tiltak.

10.1 STAMLAKSBESTAND OG EGGPLANTING I VASSBYGDELVA

Regulanten er pålagt å sette ut 10.000 sjøvannsklar laksesmolt i Aurland hvert år. Den lave temperaturen i settefiskanlegget medførte at laksungene vokste seint og overlevelsen var lav. Den lave temperaturen gjorde også at det var problematisk å få laksen til å smoltifisere i rett tid for utsetting. De siste årene var det dessuten for få gytelaks i vassdraget til at det var mulig å få tak i stamfisk, og siden høsten 1995 har det ikke blitt satt ut laks i vassdraget. Den siste utsettingen skjedde høsten 1997 da to-somrige laksunger ble satt ut ovenfor anadrom strekning i Vassbygdelva.

I 1998 ble det besluttet å bygge opp en stamlaksbestand i settefiskanlegget. Vinteren 1999 ble det derfor samlet inn laksunger i Vassbygdelva og Aurlandselva med elektrisk fiskeapparat. Disse fiskene har vokst bra og overlevelsen er god. Allerede høsten 2000 vil trolig de første være kjønnsmodne slik at den første generasjonen kan produseres. Det er aktuelt å grave ned dette avkommet som øyerogn i Vassbygdelva fordi temperaturforholdene der tilsier at laksungene vil overleve den første kritiske fasen bedre enn i Aurlandselva. Dette tiltaket vil bidra til å sikre laksebestanden i Aurland i en del av vassdraget som etter regulering gir bedre muligheter for naturlig rekruttering av laks enn Aurlandselva.

10.2 OMBYGGING AV VASSBYGDELVA

I konsesjonsbetingelsene er det ingen bestemmelser om minstevassføring i Vassbygdelva om vinteren. I perioden 1. juli til 15. september skal det gå minst 2,5 m³/s i elven, målt ved utløpet av Aurdalsvatnet (Tvede 1994). Siden vinteren 1995/1996 har regulanten sluppet ekstra vann i elven i spesielt tørre perioder. Vinteren 1999/2000 blir store deler av elveløpet på den anadrome strekningen i Vassbygdelva ombygd. Ombyggingen innebærer etablering av flere terskler og samling av elveløpet i nedre del som en tilpasning til redusert vannføring. Etter ombygging vil det vanndekte arealet og dypere områder sikres i perioder med lav vannføring både sommer og vinter. Det skapes oppholdsplasser for større fisk og trolig vil det vandre opp mer stor fisk i fiskesesongen enn før. Hølene vil gi en høyere vinteroverlevelse for alle størrelseskategorier av fisk.

10.3 ANDRE TILTAK

Andre tiltak som kan gi økt produksjon av smolt i vassdraget er etablering av terskler i Midjeelva som sammen med en viss minstevannføring kan gi forhold for fiskeproduksjon. I mindre sideløp i Aurlandselva kan det trolig med enkle tiltak sikres vanndekning i tørre perioder, da det ellers ville være tørt. Samlet kan disse tiltakene øke produksjonen av vill smolt i vassdraget med ca 5 %.

10.4 SETTEFISKANLEGGET OG UTSETTINGER

Ved fremtidig produksjon av settefisk i anlegget er det avgjørende at de fysiske produksjonsbetingelsene forbedres. Karmiljøet kan forbedres betraktelig ved installasjon av nye kar som er dypere og større, og med vannuttak oppe i karet og ikke i bunnen. Det bør vurderes å endre vannforsyningen slik at temperaturen blir høyere, noe som er viktig for smoltifiseringen og sjøvannstoleransen. En stamlaksbestand i Aurland gjør det også mulig å produsere og sette ut laksesmolt under forutsetning av at de fysiske produksjonsbetingelsene gjør dette mulig.

Det kan ikke utelukkes at utsettingene av store mengder sjøauresmolt kan ha en negativ effekt på overlevelse av vill sjøauresmolt i tidlig sjøfase. Det synes derfor fornuftig å vurdere en reduksjon i antall sjøaure som settes ut, i hvert fall for en periode. Uansett bør det bare settes ut skadefri fisk.

- ACORNLEY, R.M. 1999. Water temperatures within spawning beds in two chalk streams and implications for salmonid egg development. - Hydrological Processes 13, 439-446.
- ANTONSSON, TH., GUDBERGSSON, G. & GUDJONSSON, S. 1996. Environmental continuity in fluctuation of fish stocks in the North Atlantic Ocean, with particular reference to Atlantic salmon. North American Journal of Fisheries Management 16:540-547.
- ANON 1999. Til laks åt alle kan ingen gjera? NOU: 1999-9.
- BERG, O.K. & BERG, M. 1989. Sea growth and time of migration of anadromous Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from the Vardnes River, in northern Norway. Can. J. Fish, Aquat. Sci. 46: 955-960.
- BERG, O.K. & JONSSON, B. 1990. Growth and survival rates of the anadromous trout, *Salmo trutta*, from the Vardnes River, northern Norway. – Environmental Biology of Fishes 29: 145-154.
- 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.
- BRETT, J.R., SHELBOURN, J.E. & SHOOP, C.T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. J. Fish. Res. Board Can. 26: 2363-2394.
- CHAPUT, G., J. ALLARD, F. CARON, J.B. DEMPSON, C.C. MULLINS, AND M.F. COLLINS. 1998. River-specific target spawning requirements for Atlantic Salmon (*Salmo salar*) based on a generalized smolt production model. Can. J. Fish Aquat. Sci. 55: 246-261.
- CRISP, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes. Freshwater Biology 11: 361-368.
- CRISP, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and “swim-up” times for salmonid embryos. Freshwater Biology 19, 41-48.
- ELLIOTT, J.M., HURLEY, M.A. & FRYER, R.J. (1995) A new, improved growth model for brown trout, *Salmo trutta*. Functional Ecology, 9, 290-298.
- FAUGLI, P. E. 1994. The Aurland catchment area – the watercourse and hydropower development Norsk Geografisk tidsskrift, vol 48, sidene 23-28.
- FINSTAD, B. 1993. Testing av sjøvannstoleranse hos sjøørret ved Oslo Energi settefiskanlegg, Aurland. Ikke trykt årsrapport, dagsett NINA, 6.september 1993, 7 sider med vedlegg.
- FINSTAD, B. & HEGGBERGET, T.G. 1993. Migration, growth and survival of wild and hatchery-reared anadromous Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in Finnmark, northern Norway. J. Fish Biol. 43: 303-312.
- FRIEDLAND, K.D., L.P. HANSEN & D.A. DUNKLEY 1998. Marine temperatures experienced by postsmolts and the survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the North Sea area. Fisheries Oceanography 7:1, 22-34.
- GIBSON, R.J. 1993. The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. Reviews in Fish Biology and Fisheries 3: 39-73.

- HANSEN, L. P., B. JONSSON & N. JONSSON 1996. Overvåking av laks fra Imsa og Drammenselva - NINA Oppdragsmelding 401: 1-28.
- HEGGENES, J. 1995. Habitatvalg og vandringer hos ørret og laks i rennende vann, s 17-28 I: Borgstrøm, R., B. Jonsson & J.H. L'Abèe-Lund 1995 (red.). Ferskvannsfisk, Økologi, kultivering og utnytting. Norges Forskningsråd, 268 s.
- HELLEN B.A., H. SÆGROV, G.H. JOHNSEN, S. KÅLÅS & K. URDAL 1999. Fiskeundersøkingar i Aurland i 1998, Rådgivende Biologer as. Rapport nr. 398, 45 sider.
- HELLEN B.A., H. SÆGROV, S. KÅLÅS & K. URDAL 2000. Fiskeundersøkingar i Aurland i 1999, Rådgivende Biologer as. Rapport nr. 442, 24 sider.
- HOLST, J.C. & P.J. JAKOBSEN 1999. Lakselus dreper. Fiskets gang 8: 25-28
- HVIDSTEN, N.A. 1993. High winter discharge after regulation increases production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in the River Orkla, Norway. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 118: 175-177.
- HVIDSTEN, N.A. & HANSEN, L.P. 1988. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon *Salmo salar* L., stocked at high water discharge. J. Fish Biol. 32: 153-154.
- HVIDSTEN, N.A., JENSEN, A.J., JOHNSEN, B.O. & JENSEÅS, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. - NINA Oppdragsmelding 389: 1-27.
- 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 behaviour. - Nordic J. Freshw. Res. 70: 38-48.
- HVIDSTEN, N.A. & LUND, R. 1988. Predation of hatchery-reared and wild smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the estuary of River Orkla, Norway. J. Fish Biol. 33: 121-126.
- JENSEN, A. J. 1996. Overvåking av anadrome laksefisk i utvalgte referansevassdrag. Årsrapport 1995. NINA Oppdragsmelding 422:1-51.
- HVIDSTEN, N.A. & MØKKELGJERD, P.I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. J. Fish Biol. 30: 273-280.
- JENSEN, A.J. & JOHNSEN, B.O. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*). Functional Ecology 13: 778-785.
- JENSEN, A.J., JOHNSEN, B.O. & HEGGBERGET, T.G. 1991. Initial feeding time of Atlantic salmon, *Salmo salar*, alevins compared to river flow and water temperature in Norwegian streams. - Environmental Biology of Fishes 30: 379-385.
- JENSEN, A. J., B. O JOHNSEN & P. I MØKKELGJERD 1993. Sjøaure og laks i Aurlandsvassdraget 1911 - 1992. NINA Forskningsrapport 48, 1-31.
- JENSEN, A. J., B. O. JOHNSEN & L. M. SÆTTEM 1994. Anadromous brown trout and Atlantic salmon in the Aurland watercourse. Norsk Geografisk tidsskrift, vol 48, sidene 45-50.
- JOHNSEN, B. O. & A. J. JENSEN 1997. Tetthet av lakseunger og forekomst av *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva høsten 1996. NINA Oppdragsmelding 459: 1-17.

- 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. Aquat. Sci.* 42: 593-595.
- JONSSON, N. & FINSTAD, B. 1995. Sjøørret: økologi, fysiologi og atferd. – NINA Fagrapport 6: 1-32.
- JONSSON, N., JONSSON, B. & HANSEN, L.P. 1994. Sea-ranching of brown trout, *Salmo trutta* L. – *Fisheries Management and Ecology* 1: 67-76.
- JONSSON, N., JONSSON, B., AASS, P. & HANSEN, L.P. 1995. Brown trout *Salmo trutta* released to support recreational fishing in a Norwegian fjord. – *J. Fish Biol.* 46: 70-84.
- KAMBESTAD, A. 1988. En sammenstilling av tilgjengelig kunnskap om Aurlandselven. Rådgivende Biologer, rapport nr 7, 44 sider.
- LARSEN, R. 1968. En faunistisk-økologisk undersøkelse av bunnfaunaen i Aurlandselva, Sogn og Fjordane. Hovedfagsoppgave i zoologi. Zoologisk Institutt. Universitetet i Bergen.
- LEA, E. 1910. On the methods used in herring investigations- Publications du Ciconstance Conseil Permanent international pour l'Exploration de la Mer 53: 7-25.
- LURA, H. & H. SÆGROV 1993. Timing of spawning in cultured and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in the River Vosso, Norway. *Ecology of Freshwater Fish* 2:167-172.
- MØKKELGJERD, P. I., A. J. JENSEN & B. O. JOHNSEN 1993 Merking av sjøaure i Aurlandsvassdraget 1949-70. NINA Forskningsrapport 43: 1-15.
- NØST, T., SÆGROV, H., HELLEN, B.A., JENSEN, A.J. & URDAL, K. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke 1999. NINA Oppdragsmelding 645: 1-25.
- OSLO LYSVERKER, 1976. Aurlandsvassdraget. Reguleringskjønn – etappe III.
- REFSTIE, T. 1979. Produksjon av smolt og settefisk. s. 96-111 i T. Gjedrem (ed.) *Oppdrett av laks og aure*. Landbruksforlaget, Oslo. 328 s.
- SAKSGÅRD, L., JENSEN, A.J., FINSTAD, B., JENSÅS, J.G. & JOHNSEN, B.O. 2000. Smoltutsettinger i Auravassdraget. Årsrapport 1999. – NINA Oppdragsmelding 635: 1-20.
- SHEPHERD, B.G., HARTMAN, G.F. & WILSON, W.J. 1986. Relationships between stream and intragravel temperatures in coastal drainages, and some applications for fisheries workers. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 1818-1822.
- STEINE, I. 1974. Aurlandsvassdraget. Faunistisk-økologisk undersøkelse 1966-73. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.
- SYMONS, P.E.K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) for maximum smolt production in rivers of different productivity. - *Journal of Fish Research Board of Canada* 36:132-140.
- SÆGROV, H., B.A. HELLEN & S. KÅLÅS 1997. Fiskeundersøkingar i Aurland i 1996. Rådgivende Biologer as., rapport nr. 284: 1-27.
- SÆGROV, H., B.A. HELLEN, G.H. JOHNSEN, S. KÅLÅS & K. URDAL 1998a. Fiskeundersøkingar i Aurland i 1997. Rådgivende Biologer as. Rapport nr. 339, 31 sider.

- SÆGROV, H., G.H. JOHNSEN & S. KÅLÅS 1996. Fiskeundersøkingar i Aurland i 1995. Rådgivende Biologer as., rapport nr. 213, 31 s.
- SÆGROV, H., S. KÅLÅS & K. URDAL 1998b. Tettleik av presmolt laks og aure i Vestlandselvar i høve til vassføring og temperatur. Rådgivende Biologer as. Rapport 350, 23 sider.
- SÆTTEM, L.M. 1995. Gytebestandar av laks og sjøaure. En sammenstilling av registreringer fra ti vassdrag i Sogn og Fjordane fra 1960 - 94. Utredning for DN. Nr 7 - 1995. 107 sider.
- TVEDE, A.M. 1994. Discharge, water temperature and glaciers in the Aurland river basin. Norsk Geografisk tidsskrift, vol 48, sidene 23-28.
- UGEDAL, O. & FINSTAD, B. 1996. Smoltproduksjonsforsøk med sjøørret. – NINA Oppdragsmelding 448: 1-18.
- UGEDAL, O. & FINSTAD, B. 1999. Produksjon av sjøørretsmolt: fysiologi, vandring, vekst og overlevelse. – NINA Oppdragsmelding 607: 1-21.
- URDAL, K. & B.A. HELLEN 1999. Ungfiskundersøkingar i Flåmselva hausten 1998. Rådgivende Biologer as., rapport nr 399, 14 sider.
- VASSHAUG, Ø. 1975. Fiskerikonsulent i Vest-Norge. Oslo Lysverker – Aurlandsreguleringen. Vedrørende forslag til pålegg om utsetting av fisk i Aurland. Brev til Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, datert 25.04.1975.
- ØKLAND, F., A. J. JENSEN & B. O. JOHNSEN 1995. Vandring hos radiomerket ørret i Aurlandsvassdraget - Vandrer sjøørret inn i Vangen kraftverk? – NINA Oppdragsmelding 337: 1-19.
- ØKLAND, F., B. JONSSON, A.J. JENSEN & L.P. HANSEN 1993. Is there a threshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon? Journal of Fish Biology 42: 541-550.

TABELL 12.1. Aure, Aurlandselva. Tetthet av aure per 100 m² med 95 % konfidensintervall. Dersom 95 % konfidensintervallet på tetthetsestimatet er større enn 75 % av tetthetsestimatet er det antatt en fangsteffektivitet på 0,5 per fiskeomgang, konfidensintervallet er da ikke oppgitt.

Års- klasse	0+		1+		2+		3+		4+		5+	
	Tetthe t	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %	Tetthe t	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %
1984											0,00	0,00
1985									3,44	0,35	0,57	0,00
1986							7,95	1,90	0,84	0,06	0,17	0,00
1987					6,38	0,80	3,23	1,53	1,17	0,05	0,00	0,00
1988			34,00	4,41	28,80	3,41	11,00	1,11	1,33		0,00	0,00
1989	12,00	2,78	18,20	3,04	15,50	10,20	3,70	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	7,88	1,26	9,35	1,37	4,50	1,13	1,38	0,26	0,17	0,00	0,00	0,00
1991	42,50	7,51	49,50	9,78	36,00	4,54	12,20	5,18	1,14		0,00	0,00
1992	26,90	8,78	34,80	5,33	17,90	1,33	6,51	0,73	0,84	0,06	0,00	0,00
1993	12,30	1,76	16,10	8,96	9,55	6,23	1,33		0,00	0,00	0,00	0,00
1994	20,60	3,05	24,19		16,01	1,50	1,69	0,72	0,18		0,00	0,00
1995	16,00		37,12	25,18	25,50	14,10	1,90	1,40	0,30	0,00		
1996	47,41	29,74	25,14		12,95		2,50	0,20				
1997	21,78	13,39	18,00	9,10	8,10	0,60						
1998	13,94		35,50	12,70								
1999	30,00	5,50										

TABELL 12.2. Laks, Aurlandselva. Tetthet av laks per 100 m² med 95 % konfidensintervall Dersom 95 % konfidensintervallet på tetthetsestimatet er større enn 75 % av tetthetsestimatet er det antatt en fangsteffektivitet på 0,5 per fiskeomgang, konfidensintervallet er da ikke oppgitt.

Års- klasse	0+		1+		2+		3+		4+		5+	
	Tetthe t	95 %	tetthet	95 %	Tetthe t	95 %	Tetthe t	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %
1984											0,00	0,00
1985									6,05	0,53	1,02	0,17
1986							7,06	1,06	7,50	1,46	1,00	0,00
1987					2,77	0,36	3,56	1,43	2,73	0,26	0,00	0,00
1988			1,71		2,61	0,40	3,64	0,81	1,23	0,33	0,19	
1989	3,50	2,29	2,25	1,36	2,05	0,24	1,23	0,33	1,14		0,00	0,00
1990	0,67	0,09	0,95		1,34		0,36	0,26	0,77		0,00	0,00
1991	38,00	20,20	20,70	10,90	12,90	5,32	14,50	1,35	8,52	1,95	0,95	
1992	3,05		1,52		2,55	0,68	1,00	0,05	0,57		0,33	0,00
1993	0,77		2,48		0,57		1,33		0,17	0,00	0,00	0,00
1994	6,56	4,64	2,10		2,47		3,16	1,85	0,57		0,00	0,00
1995	1,90		1,52		4,19		2,20	0,60	0,00	0,00		
1996	0,36	0,25	0,83	0,00	1,14		0,95					
1997	3,62		1,37		4,57							
1998	0,40	0,20	0,57									
1999	1,90	1,40										

TABELL 12.3. Aure, Vassbygdelva. Tetthet av aure per 100 m² med 95 % konfidensintervall. Dersom 95 % konfidensintervallet på tetthetsestimatet er større enn 75 % av tetthetsestimatet er det antatt en fangsteffektivitet på 0,5 per fiskeomgang, konfidensintervallet er da ikke oppgitt.

Års- klasse	0+		1+		2+		3+		4+		5+	
	Tetthe t	95 %	tetthet	95 %	Tetthe t	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %
1984											0,00	0,00
1985									0,00	0,00	0,00	0,00
1986							1,33	0,00	1,35	0,18	0,00	0,00
1987					13,00	0,91	3,23	2,17	0,00	0,00	0,00	0,00
1988			59,60	3,24	20,20	4,81	2,66		0,00	0,00	0,00	0,00
1989	27,40	3,95	28,23		22,20	5,04	3,05		0,33	0,00	0,00	0,00
1990	38,86		23,90	16,60	6,38	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	86,10	11,10	54,70	10,00	28,60	2,68	5,88	2,45	2,29		0,00	0,00
1992	23,24		47,70	20,30	13,00	1,51	5,69	0,19	3,91	0,28	1,52	0,00
1993	41,20	5,13	19,00	4,66	12,17	1,19	3,91	0,64	0,51	0,12	0,29	0,00
1994	21,20	5,22	11,90	3,07	10,99	1,05	2,66		0,00	0,00	0,00	0,00
1995	35,81		33,02	4,63	27,40	4,55	8,30	1,00	0,00	0,00		
1996	15,95	6,06	20,46	9,28	14,30	2,70	1,50	0,10				
1997	17,28	6,54	29,80	10,60	13,80	0,80						
1998	9,60	4,90	17,20	2,00								
1999	42,40	15,80										

TABELL 12.4. Laks, Vassbygdelva. Tetthet av laks per 100 m² med 95 % konfidensintervall. Dersom 95 % konfidensintervallet overstiger 75 % av estimatet, er det for estimatet brukt total fangst delt med 0,875, konfidensintervallet er da ikke oppgitt.

Års- klasse	0+		1+		2+		3+		4+		5+	
	Tetthe t	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %	tetthet	95 %
1984											0,00	0,00
1985									0,00	0,00	0,00	0,00
1986							0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	2,29		0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,33	0,00	1,02	0,24	4,37	0,27	0,33	0,00	2,29		0,17	0,00
1992	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,12	0,19	
1993	0,67	0,00	1,14		0,30	0,00	3,04	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	0,33	0,00	0,00	0,00	0,36	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	0,00	0,00	3,91	1,39	3,81		1,30	0,10	0,00	0,00		
1996	0,17	0,00	0,00	0,00	0,18		0,00	0,00				
1997	0,00	0,00	0,18		0,18							
1998	0,70	0,10	0,18									
1999	0,00	0,00										

TABELL 12.5. Gjennomsnittsstørrelse (L, mm) på aureunger fanget i Aurlandselva om høsten hvert år fra 1989 til 1998. Antall fisk som er fanget (n) standard avvik (SD) og 95% konfidensintervall (95 %) er også oppgitt

Års- klasse	0+				1+				2+				3+				4+			
	L	N	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %
1985																	116.50	20	11.56	5.07
1986													106.9	41	11.25	3.44	130.20	5	19.69	17.26
1987									88.14	36	10.49	3.43	111.4	16	11.24	5.51	131.14	7	17.14	12.70
1988					64.52	172	7.70	1.15	85.99	150	10.84	1.73	115.5	62	14.71	3.66	145.13	8	28.66	19.86
1989	37.35	60	4.48	1.13	61.53	93	6.73	1.37	89.79	57	10.17	2.64	126.1	23	24.14	9.87	178.00	1		
1990	35.42	43	3.63	1.08	65.57	51	7.78	2.14	98.27	26	11.26	4.33	139.6	8	20.35	14.10	171.00	1		
1991	41.70	197	4.39	0.61	70.53	224	8.71	1.14	100.2	183	16.55	2.40	124.9	53	15.30	4.12	111.50	4	29.03	28.45
1992	42.10	113	5.18	0.96	69.51	170	7.88	1.18	98.84	101	10.93	2.13	127.1	29	13.24	4.82	128.00	2	35.36	49.00
1993	40.52	66	5.61	1.35	73.77	62	8.12	2.02	99.47	32	12.28	4.25	143.0	6	11.05	8.84		0		
1994	42.49	106	4.92	0.94	77.02	127	8.47	1.47	115.4	89	11.19	2.32	142.0	8	11.26	7.80	151.00	1		
1995	44.01	84	4.94	1.06	81.17	114	7.87	1.44	117.2	87	13.56	2.85	123.7	9	14.64	9.57	145.50	2	10.61	14.7
1996	51.21	143	6.56	1.08	86.51	132	9.22	1.57	109.9	68	14.20	3.38	131.1	15	13.93	6.78				
1997	50.10	77	7.20	1.61	79.11	70	9.06	2.12	119.1	47	13.8	3.95								
1998	46.90	61	5.46	1.37	82.42	139	7.84	1.3												
1999	46.06	144	5.12	0.84																

TABELL 12.6. Gjennomsnittsstørrelse (L, mm) på lakseunger fanget i Aurlandselva om høsten hvert år fra 1989 til 1998. Antall fisk som er fanget (n) standard avvik (SD) og 95% konfidensintervall (95 %) er også oppgitt

Års- klasse	0+				1+				2+				3+				4+			
	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %
1985																	109.06	35	11.72	3.88
1986													101.9	40	12.05	3.73	111.03	40	13.92	4.31
1987									84.73	15	7.31	3.70	94.33	18	8.87	4.10	116.75	16	7.96	3.90
1988					57.00	9	6.40	4.18	81.87	15	11.26	5.70	97.50	20	14.52	6.36	115.57	7	9.64	7.14
1989	33.38	16	3.50	1.71	55.73	11	6.23	3.68	77.50	12	4.01	2.27	113.7	7	4.19	3.10	120.17	6	10.83	8.67
1990	35.00	4	5.42	5.31	62.80	5	1.64	1.44	93.90	10	6.42	3.98	103.0	2	14.14	19.60	119.25	4	9.18	9.00
1991	37.45	128	2.93	0.51	64.35	81	7.61	1.66	87.43	56	9.72	2.55	104.1	81	11.44	2.49	121.73	44	10.91	3.22
1992	36.69	16	2.50	1.22	60.75	8	6.09	4.22	85.93	14	12.30	6.44	119.8	6	24.56	19.65	119.00	3	12.29	13.91
1993	34.00	4	1.63	1.60	63.20	15	4.18	2.12	94.67	3	6.81	7.70	121.7	44	10.91	3.22	120.80	15	12.97	6.56
1994	36.59	27	2.68	1.01	66.00	11	4.94	2.92	96.69	13	9.67	5.26	119.5	7	17.32	12.83	121.67	3	9.81	11.11
1995	41.60	10	2.91	1.81	77.38	8	5.60	3.88	98.45	22	13.72	5.73	113.0	12	9.36	5.30	-			
1996	46.50	2	0.71	0.98	72.40	5	5.13	4.50	102.5	6	9.97	7.98	117.4	5	10.10	8.85				
1997	45.05	19	3.37	1.52	66.43	7	5.59	4.14	91.60	24	6.60	2.64								
1998	42.00	2	4.24	5.88	77.00	3	14.70	16.63												
1999	38.80	9	3.70	2.42																

TABELL 12.7. Gjennomsnittsstørrelse (L, mm) på aureunger fanget i Vassbygdelva om høsten hvert år fra 1989 til 1998. Antall fisk som er fanget (n) standard avvik (SD) og 95% konfidensintervall (95 %) er også oppgitt

Års- klasse	0+				1+				2+				3+				4+			
	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %
1985																				
1986													143.2	4	10.53	10.32	-			
1987									114.9	38	13.51	4.30	142.6	8	16.54	11.46	165.25	4	9.91	9.71
1988					82.80	169	12.60	1.90	107.7	51	14.65	4.02	131.4	7	11.62	8.61	-			
1989	43.40	73	6.21	1.42	70.51	74	8.09	1.84	105.0	56	10.93	2.86	130.5	9	12.98	8.48	-			
1990	43.83	102	5.88	1.14	79.47	45	7.05	2.06	110.6	18	11.96	5.53	150.0	1			-			
1991	53.62	213	6.01	0.81	83.75	132	9.06	1.55	110.0	80	11.49	2.52	139.8	15	18.67	9.45	141.00	3	15.10	17.09
1992	50.15	108	7.54	1.42	75.73	94	8.19	1.66	105.9	37	10.38	3.34	132.5	13	19.30	10.49	150.80	5	5.40	4.74
1993	45.80	109	5.24	0.98	80.31	48	7.52	2.13	119.0	36	13.69	4.47	139.8	13	10.97	5.96	-			
1994	56.23	53	7.02	1.89	89.70	33	7.18	2.45	127.8	60	12.95	3.28	151.2	5	4.49	3.94	-			
1995	54.01	114	8.29	1.52	92.82	165	12.93	1.97	129.6	136	14.45	2.43	139.0	33	11.81	4.03	-			
1996	57.41	69	6.44	1.52	94.99	81	10.10	2.20	121.1	72	12.32	2.85	141.0	9	10.10	6.60	-			
1997	60.82	74	8.14	1.85	87.78	120	11.69	2.09	122.8	80	14.10	3.09					-			
1998	51.27	41	5.16	1.58	87.80	93	9.30	1.89									-			
1999	53.30	159	9.10	1.41													-			

TABELL 12.8. Gjennomsnittsstørrelse (L, mm) på lakseunger fanget i Vassbygdelva om høsten hvert år fra 1989 til 1998. Antall fisk som er fanget (n) standard avvik (SD) og 95% konfidensintervall (95 %) er også oppgitt

Års- klasse	0+				1+				2+				3+				4+			
	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %	L	n	SD	95 %
1985																				
1986																				
1987																				
1988					-															
1989	-				-															
1990	-				88.50	2	3.54	4.91	97.00	1										
1991	43.00	1			91.67	3	2.89	3.27	109.3	13	8.72	4.74	130.0	2	1.41	1.95	131.00	2	14.14	19.60
1992	36.00	1			-				-				-				152.33	3	10.12	11.45
1993	45.00	2	1.41	1.95	74.00	3	4.00	4.53	121.0	1			142.2	18	12.26	5.67	-			
1994	50.00	1			-				113.0	1			-				-			
1995	-				84.88	16	6.52	3.19	121.2	20	11.23	4.92	143.8	8	8.44	5.85	-			
1996	52.00	1			-				115.0	1			-				-			
1997	-				87.00	1			105.0	1			-				-			
1998	46.25	4	2.75	2.70	84.00	1											-			
1999	-																-			

