

Orkla

- et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer av laks.

Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen, Arne J. Jensen, Peder Fiske, Ola Ugedal, Eva B. Thorstad, Jan Gunnar Jensås, Øyvind Bakke og Torbjørn Forseth.



NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til opp-dragsgiver etter fullført forsknings- eller utrednings-prosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrappor-tene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrap-orter, seminar- og konferanse-foredrag, års-rapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra instituttets pro-sjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfat-ter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spe-sielle problemer eller tema, etc.

NINA Temahefte

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfun-net. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennesenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer popu-lærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn oven-nevnte publikasjoner.

NINA Fakta

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populær-faglige tidsskrifter og aviser.

Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen, Arne J. Jensen, Peder Fiske, Ola Ugedal, Eva B. Thorstad, Jan Gunnar Jensås, Øyvind Bakke og Torbjørn Forseth. Orkla – et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. – NINA Fagrapport 079. 1-96pp

Trondheim, juni, 2004

ISSN 0805-469X
ISBN 82-426-1462-8

Rettighetshaver ©:
Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Norunn S. Myklebust. NINA

Ansvarlig kvalitetssikrer:
Torbjørn Forseth
NINA

Foto, forside: Roar A. Lund

Kopiering: Norservice
Trykk: Skipnes

Opplag: 500

Kontaktadresse:
NINA
Tungasletta 2
N-7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01
<http://www.nina.no>

Tilgjengelighet:

Prosjekt nr.: 13127

Ansvarlig signatur:

Norunn S. Myklebust

Referat

De første undersøkelser i Orkla startet i 1979 med studier av tidspunkt for utvandring og atferd hos utvandrende smolt. Fra og med 1983 ble produksjonen av smolt beregnet. I 1993 ble undersøkelsene utvidet til å omfatte studier av voksen laks. Målet med denne rapporten er å gi en oppsummering av de viktigste resultatene som er fremkommet ved undersøkelsene i Orkla siden 1979 med vekt på generelle og reguleringsrelaterte problemstillinger.

Orklavassdraget dekker et nedbørområde på 3092 km² og ligger i Hedmark og Sør-Trøndelag fylker. Orkla er lakseførende opp til Stoin i Rennebu, en strekning på 9 mil. Laksefisket i Orkla har helt fra slutten av 1800 – tallet hatt meget stor betydning. I perioden 1885 – 1915 ble det i åtte år registrert fangster på over 14 tonn årlig med en topp i 1903 på 22 tonn. Fra 1915 gikk utbyttet stadig nedover og nådde et minimum i 1947 på 4 kg. Tiltak overfor gruvevirksomheten på 1950 - tallet og senere førte til bedre forhold med en dramatisk økning i utbyttet av fisket og en foreløpig topp i 2002 på 35,8 tonn.

Omlag 39 % av nedslagsfeltet er regulert og de tre nederste kraftverkene har avløp til lakseførende strekning. Reguleringen har ført til endringer i vanntemperatur og de største endringene forekommer like nedstrøms Brattset og Grana kraftverker. Om sommeren er temperaturen i avløpsvannet fra kraftverkene ofte betydelig lavere enn i elva. Etter regulering er risikoen for isganger og spesielt store isganger generelt blitt mye mindre. Reguleringen har også ført til endringer i vannføring. Endringene i hovedelva kan kort oppsummeres med høyere vintervannføring, lavere vannføring vår og forsommer, tilnærmet uendret vannføring sommer/høst uinntatt økning av lavvannføring og reduksjon av regnflommer.

Ved utbyggingen av Orklavassdraget ble det etablert to nye "kunstige" innsjøer: Innerdalsmagasinet og Nerskogsmagasinet. Utvaskingen av næringsstoffer fra disse magasinene førte til en betydelig økning i totalt fosfor i elvevannet i Orkla i de første årene etter regulering.

Det har foregått gruvedrift i Orklas nedbørfelt i mange hundre år. Gruvedriften på Løkken startet i 1654. Utviklingen av malmproduksjonen førte etter hvert til at store mengder tungmetall, i første rekke jern, kobber og sink, ble ført via Raubekken til Orkla. Forurensningen nådde en topp omkring 1950 og laksefisket var da nede på et bunnivå med 4 kg i 1947. Fra og med 1952 ble drengsvannet fra gruvene lagt i rør og ført ut i Orkdalsfjorden ved Thamshavn. Ved byggingen av Svorkmo kraftverk ble Raubekken tatt inn i tilløpstunnelen og etter dette har forurensningssituasjonen bedret seg vesentlig.

Hovedtrekkene ved de ulike metoder som er benyttet ved undersøkelsene er omtalt i et eget kapittel. Detaljer ved metodikken er behandlet i de ulike temakapitlene.

De viktigste resultatene kan oppsummeres slik:

Bestandsregulerende faktorer:

- Det ble funnet en lineær sammenheng mellom antall fisk som passerte Bjørsetdammen og antall fisk som ble fanget ovenfor dammen. Antall oppvandrende fisk forklarte 92 % av variasjonen i fangst og relasjonen viser at fangststatistikken på en god måte beskriver oppvandringen. Dette er viktig informasjon for utforming av forvaltningsregler i laksefisket og for vurderinger av den offisielle fangststatistikken. Til tross for få datapunkter antyder en signifikant regresjon at fangstandelen er lavere for små enn for store bestandsstørrelser. Gjennomsnittlig beskatning for fisk som passerte telleren var 19 %.
- Ved hjelp av enkle modeller for hvor mye av fisken som fanges nedenfor Bjørsetdammen som var hjemmehørende i områdene ovenfor dammen, har vi estimert total beskatningsrate for laks oppstrøms Bjørsetdammen. Den mest sannsynlige modellen gir beskatninger på mellom 18 % og 47 %, med et gjennomsnitt over år på 37 %. Dette er lavere enn rapportert for mange andre elver, og ett av få anslag for beskatning i større norske vassdrag.
- Ut fra relasjonen mellom fangst og oppvandring, beskatningsrate, alders- og kjønnsfordeling og en egen fekunditetsmodell, har vi beregnet rogndeponeringen for perioden 1979 til 2002. Antall rogn/m² har variert mellom 0,9 og 10,9 (gjennomsnitt 4,2), altså med en faktor på omlag 12. Til tross for dette ble det ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom rogndeponering og smoltproduksjon. Dette skyldes sannsynligvis at vi mangler observasjoner ved meget lave eggdeponeringer og at miljøfaktorer påvirket overlevelsen fra egg til smolt (se nedenfor).
- Smoltproduksjonen er estimert for 19 år i Orkla, og har variert mellom 4 og 10,8 smolt per 100 m² med et gjennomsnitt på 6,5. Dette er et unikt datasett som kan brukes til å beskrive og kvantifisere en rekke viktige bestandsregulerende prosesser og til kalibrering av populasjonsmodeller. Det finnes etter det vi vet ingen andre lignende datasett for laks fra så store elver noen steder i verden.
- Vi har utviklet modeller som forklarer opp til 72 % av variasjonen i smoltproduksjonen, noe som er svært høyt. Høyt fosfornivå og høy minstevannføring om vinteren bidro til økt smoltproduksjon, mens økt smoltalder reduserte produksjonen. En kalibrert og videreutviklet vekstmodell for laksunger fra Orkla viste at redusert vanntemperatur etter reguleringen forklarer den økte smoltalderen. Dette illustrerer effekten av variasjon i vanntemperatur på produksjonen i laksevassdrag.
- Modellene for utvandring av smolt viser klart hvordan vannføring og endringer i vannføring og temperatur stimulerer smoltutvandringen. Modellarbeidet i Orkla har dannet grunnlag for liknende modeller i andre elver og er sentral i utviklingen av generelle modeller for smoltutvandring i Norge.
- Basert på estimater for eggdeponering og smoltproduksjon utviklet vi bestand-rekrutterings relasjoner for laks i Orkla. Dette er de første bestand-rekrutteringskurvene for et stort laksevassdrag i Norge. Vi illustrerer også at slike kurver ikke er statiske, men dynamiske og påvirket av miljøforhold i elva. Ved å korrigere smoltproduksjonen for

endringer i fosfornivå, vintervannføring og smoltalder, viser vi at elvas bærekapasitet har endret seg i studieperioden. I de første årene etter reguleringen antyder analysene en bæreevne på 7,3 smolt pr 100 m² og et gytebestandsmål på 3,4 egg pr m², men basert på tilstanden i elva i de senere år antydes en bæreevne på 5,8 smolt og et gytebestandsmål på 2,5 egg pr m².

- Sammenlignet med gytebestandsmålet antyder undersøkelser av yngeltetthet (0+) at til tross for at gytebestandsmålet nåes for elva som helhet, kan det på grunn av fordelingen av gytefisk være deler av elva hvor produksjonsgrunnlaget ikke utnyttes.
- Vi fant en relasjon mellom presmolttetthet og smoltproduksjon, men relasjonen framstår som for usikker til at elfiske etter presmolt kan erstatte smoltestimater ved merking-gjenfangst.
- Basert på fangster og beskatningsrater i elv og sjø har vi beregnet PFA, "Pre Fishery Abundance", det vil si antall laks hjemmehørende i Orkla som kommer inn til kysten før fisket tar til. Videre har vi beregnet sjøoverlevelsen for smålaks (ensjøvinter) for smoltårgangene 1983 til 2001, og for kortere perioder for mellom- og storlaks. Variasjonen i overlevelse for smålaks var stor (fra 1,8 % til 19,1 %) og følger et mønster som stemmer med andre observasjoner med god overlevelse på starten av 1980-tallet, dårlig overlevelse på 1990-tallet og betydelig bedre igjen fra 1999. Dette er de første overlevelsesestimater for villsmolt fra ei større elv i Norge og gir referanseverdier for vassdrag i et av kjerneområdene for laks i Norge.
- Det var tildels meget god samvariasjon mellom overlevelsesestimater for de ulike sjøaldersklassene fra samme smoltårgang, noe som tyder på at overlevelsen første år i sjøen har størst betydning for hvor mye laks som vender tilbake fra hver smoltårgang. Dette betyr at man ut fra fangstene av smålaks i ett år kan forutsi innsiget av mellomlaks påfølgende år og storlaks året etter. Siden overlevelsen første året i sjøen ser ut til å variere svært mye (med en faktor på over 10 i våre estimater), vil det imidlertid være vanskelig å forutsi forekomsten av ensjøvinterlaks ut fra smoltproduksjonen uten at man kjenner de ulike faktorene som påvirker overlevelsen i sjøen. Vi klarte da heller ikke å etablere noen sammenheng for hele datasettet mellom antall smolt ut og fangsten av smålaks året etter (selv etter forsøk på korrigerings for variabel sjøoverlevelse).

Reguleringseffekter:

- Vi dokumenterer for første gang i Norge at oppdemnings-effekter i form av økt næringsstilførsel i reguleringsmagasin også kan påvirke smoltproduksjonen i laksevassdragene nedenfor magasinene.
- Økte fosfornivåer etter regulering ga en midlertidig økning i smoltproduksjonen i Orkla. Det er usikkert hvor stabil dagens situasjon er i forhold til fosfornivåer.
- Økt minstevannføring om vinteren etter regulering har isolert sett gitt en økning i smoltproduksjon etter reguleringen. Dersom vintervannføringen holdes høy også i framtida vil denne effekten trolig være varig.
- Redusert vanntemperatur om sommeren etter reguleringen har økt smoltalderen og isolert sett redusert

smoltproduksjonen. Dette er dokumentert både gjennom vekstmodellering og i regresjonsmodeller for smoltproduksjon. Denne effekten vil i framtida trolig bare moderes av klimatiske endringer.

- Med forbehold om at vi ikke har data om smoltproduksjon som er upåvirket av reguleringen, og at våre estimater derfor er basert på regresjonsmodeller etablert fra data i hovedsak innsamlet etter regulering, anslår vi at nettoeffekten av reguleringen er en økning i smoltproduksjonen på i størrelsesorden 10 - 30 %. Den viktigste årsaken til økningen er økt minstevannføring om vinteren og denne konklusjonen er understøttet av publiserte undersøkelser fra flere andre elver.
- Ved at Raubekken er tatt inn i tilløpstunnelen til Svorkmo kraftverk har reguleringen bidratt til at forurensingssituasjonen nedenfor Svorkmo er bedret og at disse områdene igjen produserer laks. Tiltak ved gruvene i Løkken har også vært viktig for denne positive effekten.
- Reguleringen har introdusert noen punkter i elva som trolig forsinket oppvandringen i forhold til uregulert elv. Vi har dokumentert relativt lange vandringsstopp både ved inngangen til minstevannføringsstrekningen ved Svorkmo og ved Bjørsetdammen. Små lokkeflommer ser ut til å ha liten effekt i forhold til å få fisken til å gå opp i minstevannføringsstrekningen, mens naturlige flommer stimulerer vandring forbi Bjørsetdammen. Utløpet fra Grana kraftverk kan ha virket forsinkende på oppgangen enkelte år, mens ved Brattset kraftverk har det til dels vært store problemer med å få fisken til å gå forbi kraftverksutløpet. Det er gjort tiltak som har bedret dette, men det er sannsynlig at produksjonen av laks er redusert i området ovenfor Brattset.
- Vi har i vandringsstudiene benyttet moderne radiotelemetri og utviklet nye analysemetoder for oppvandringsstudier hos laks som gir betydelig bedre resultat enn tradisjonelle regresjonsanalyser.
- Det har skjedd noen endringer i fordelingen av fangstene i elva etter reguleringen. Fangstene er noe forskjøvet oppover til området ved Meldal, mens det aller øverste området (ovenfor Brattset) har fått redusert fangstandel.
- Stabiliteten og soliditeten i anslaget for den positive effekten av reguleringen er usikker. Situasjonen i observasjonsperioden har ikke vært stabil. Fosfornivået har endret seg mye og vi kjenner ennå ikke utflatingsnivået. Sjøoverlevelsen har vært nede på svært lave nivåer i deler av perioden. Siden disse faktorene trekker i motsatt retning kjenner vi neppe det nye bærenivået for laks i Orkla. Soliditeten i konklusjonen er også påvirket av at vi ekstrapolerer modeller etablert primært for regulert tilstand til uregulert for tilstand med lavt overlapp i regime for vintervannføring.

Sluttord:

- Orklaundersøkelsene har dannet grunnlag for å skaffe ny kunnskap om bestandsregulerende faktorer i laksebestander med interesse langt utenfor Orklavassdraget. Kvaliteten og bredden i dataene som er samlet inn gjør at en rekke andre forskningsprosjekter er lagt til vassdraget. De basisdata som samles inn i Orkla fungerer

som kalibreringspunkter i en rekke studier på populasjonsregulering i laksens ferskvannsfase, og som utgangspunkt for elve- og sjøbeskatning, innsig og "Pre Fishery Abundance" beregninger for det nasjonalt viktige Trondheimsfjordområdet. Resultatene inngår også i den nasjonale og internasjonale rapporteringen for bestandsstatus hos laks i Norge.

- Den omfattende dokumentasjonen av regulerings effekter gjør at vassdraget framstår som et referanse vassdrag for regulerings effekter i Norge. Resultatene brukes og har vært brukt i en rekke utredninger om regulerings effekter eller i vurderinger av manøvreringstiltak som skal bedre forholdene for laks i regulerte vassdrag.

Abstract

The studies of the salmonid populations in the River Orkla commenced in 1979 and focused on the timing of migration and behaviour of migrating Atlantic salmon smolts. From 1983 quantitative studies of smolt production was included. In 1993 the investigations were further expanded and studies of adult Atlantic salmon were included. The main goal of this report is to summarize the most important results that have been achieved since 1979 emphasizing both general and hydro-power related issues.

The Orkla watercourse, situated in the counties of Hedmark and Sør-Trøndelag in Central Norway, covers an area of 3092 km². From the sea Atlantic salmon migrates up to Stoin which is about 90 km from the river outlet. Since the end of the 19th century, the salmon fishery in the River Orkla has been of great importance. In the period from 1885 to 1915 catches of more than 14 metric tons of salmon were reported in eight of the years, with a maximum of 22 tons in 1903. From the year 1915 the catch steadily decreased and reached a minimum of 4 kg in 1947. Measures taken in the 1950's to reduce the pollution caused by mining, improved conditions and caused considerable increases in the catch of salmon with a peak at 35.8 metric tons in 2002.

About 39 % of the catchment area is affected by hydro-power developments and three hydro-power stations have outlets to the reach that salmon has access to. The hydro-power developments have caused changes in water temperature with the largest effects just below the outlets of the Brattset and Grana power stations. In summer, the water temperature in the outlet water are often considerably lower than in the river. After the hydro-power development, however, the risk of ice problems and particularly large ice drifts are considerably reduced. The hydro-power development has also led to changes in the water flow. The changes in the main river may be summarized as higher flow during winter, lower flow in spring and early summer, nearly unchanged flow regime during summer and autumn except higher minimum flow and reduced rainfall floods.

The hydro-power development of the River Orkla included the building of two new artificial lakes, the Lake

Innerdalsmagasinet and the Lake Nerskogsmagasinet. Nutrients that were washed out in these lakes led to a considerable increase in total phosphorus in the river water the first years after regulation.

Mining has taken place in the watercourse of Orkla for several hundred years. The mining at Løkken was started as early as 1654. The development of the mining industry, caused large quantities of heavy metals, mostly iron, copper and zink to be drained to the small stream Raubekken and feeding into the River Orkla. The pollution reached a peak around the year 1950 and the salmon fishery reached a minimum of 4 kg in 1947. From the year 1952 the water draining the mines were collected in a pipeline and diverted to the Orkdalsfjord at Thamshavn. During the construction of the Svorkmo power station, the small stream Raubekken was diverted into the pipeline to the power station and since then the pollution situation has improved considerably.

The most important results from the studies in the River Orkla can be summarized as follows:

Population regulation:

- A linear relationship was found between the number of fish passing the Bjørset dam and the number of fish caught above the dam. The number of upstream migrants explained 92 % of the variations in the catch and indicates that the catch statistics give a fairly good description of the upstream migration. This information is important for making management regulations for salmon fishery and for evaluation of the official catch statistic. In spite of few data points, a significant regression suggests that the proportion of the migrating salmon caught is lower for small than for larger migrations. Average catch rate for fish passing the Bjørset dam was 19 %.
- By using simple models describing the proportion of salmon belonging upstream the Bjørset dam being caught downstream of the dam, we estimated the total catch rate for salmon upstream of the Bjørset dam. The most likely modell gave catch rates between 18 % and 47 %, with an average of 37 % over years. This is lower than previously reported for many other Norwegian rivers, and it is one out of very few catch estimates for large Norwegian rivers.
- Based on the relation between catch and upstream migration, catch rates, age- and sex rates and a fecundity model for the River Orkla salmon, we estimated the egg deposition for the period from 1979 to 2002. The number of eggs/m² varied between 0.9 and 10.9 (average 4.2), that is with a factor of about 12. In spite of this large variation, no significant relationship was found between egg deposition and smolt production. This is probably due to lack of observations at very low egg depositions and that environmental factors affected the survival from egg to smolt (see below).
- The annual smolt production, which has been estimated for 19 years in the River Orkla, has varied between 4 and 10.8 smolts per 100 m², with an average of 6.5. This dataset is unique, and can be used to describe and quantify a

number of population regulating processes and for calibration of population models. According to our knowledge there are no such data-sets available for Atlantic salmon from rivers of this size elsewhere.

- We have developed models that explained as much as 72 % of the variation in the smolt production. High levels of phosphorus and high minimum flow during the winter, contributed to increased smolt production, while increased smolt age reduced the production. A calibrated growth model for salmon parr from the River Orkla, showed that reduced water temperatures after the hydro-power development, explained the changes in smolt age. This illustrates the effect of the variation in water temperature on the production in Atlantic salmon rivers.
- The models for smolt migration show how water flow and changes in flow and water temperature, stimulate the smolt migration. The smolt migration models developed for the River Orkla salmon, has been fundamental for developing similar models for other rivers and is important for the development of more general models for smolt migration in Norwegian rivers.
- Based on estimates of egg deposition and smolt production, we developed stock – recruitment relationships for Atlantic salmon in the River Orkla. These are the first stock – recruitment curves for such a large salmon river in Norway. We also illustrate that such curves are not static, but dynamic and affected by environmental conditions in the river. By adjusting the smolt production for changes in the phosphorus levels, we show that the carrying capacity of the river has changed during the study period. In the first years after the hydro-power development, our analyses indicate a carrying capacity of 7.3 smolts pr 100 m² and a spawning target of 3.4 eggs pr m². In contrast conditions in the river in later years indicate a lower carrying capacity at 5.8 smolts pr 100 m² and a spawning target at 2.5 eggs pr m².
- Investigations of densities of Atlantic salmon fry (0+) indicate that even though the level of spawning target may be achieved for the river as a whole, uneven distribution of fry caused by uneven distribution of spawners, suggests that the production capacity of parts of the river may not to be fully exploited.
- We found a significant relationship between the density of presmolt estimated by successive removal and the smolt production, but the relationship is not strong enough to replace smolt production estimates with density estimates of presmolt by electrofishing.
- Based on catches and catch rates in the river and at sea, we estimated PFA, "Pre Fishery Abundance", that is the number of Atlantic salmon belonging to the River Orkla that arrive at the coast before the fishery starts. Further we estimated the sea survival rate for grilse (one-sea winter fish) for the smolt year-classes 1983 to 2001, and for shorter periods for two-sea- and for three-sea-winter salmon. The variation in the survival rate for grilse was large (from 1.8 % to 19.1 %) and follows a pattern similar to other observations in Europe with high survival in the beginning of the 1980's, low survival in the 1990's and considerably higher again from 1999. These are the first

estimates for wild smolt survival from a large salmon river in Norway. They also represent reference values for rivers in one of the most important areas for Atlantic salmon in Norway.

Impacts of Hydro-power developments:

- We document for the first time in Norway, that "damming effects" which give increased levels of nutrients in regulated lakes, may also affect the smolt production in the salmon rivers downstream the lakes.
- Increased phosphorus levels after the hydro-power development led to a temporary increase in the smolt production in the River Orkla. The stability of the situation today is somewhat uncertain with respect to levels of phosphorus.
- Increased minimum water flow during winter after the hydro-power development, has increased smolt production after the hydro-power development. If the water flow during winter is maintained high also in the future, this effect will probably be permanent.
- Reduced water temperature in the summer after the hydro-power development, has increased the smolt age and thereby reduced smolt production. This was documented both through growth modelling and in the regression models for smolt production. In the future this effect will probably be moderated only by climatic changes.
- Keeping in mind that we have no smolt production unaffected by the hydro-power developments, and that our estimates therefore are based on regression models established with data mainly collected after the hydro-power development, we roughly estimate a net increase of smolt production after the hydro-power development at 10 - 30 %. The most important cause for this positive regulation effect, is increased water flow during winter. This conclusion is supported by published studies from several other rivers.
- Since the tributary Raubekken was diverted into the inflow to the Svorkmo power station, the hydro-power development has contributed to a reduction of the pollution in the river downstream Svorkmo and these areas now produce salmon smolts. Measures taken at the mines at Løkken have also been important contributions to this positive effect.
- The hydro-power development has introduced some sections in the river which probably delays the upstream migration of salmon compared to the situation before regulation. We have documented relatively long migration breaks both at the outlet of the Svorkmo power station and at the Bjørset dam. Small artificial peaks in flow designed to stimulate migration, appeared to have little effect on migration into the minimum flow section upstream the Svorkmo power station, whereas natural floods appeared to stimulate migration over the Bjørset dam. The outlet from the Grana power station might have had a delaying effect on the upstream migration in some years, while at the outlet of the Brattset power station the salmon stops and are unwilling to migrate further upstream. Some measures have been taken to improve the situation, but the production of salmon smolts is most likely reduced in the river upstream this power station.

- In our studies of the salmon migration we have used modern radio telemetry and applied novel statistical models which have largely improved the results compared to traditional regression analyses.
- The hydro-power development has caused some changes in the distribution of the salmon catches in the river. The catches are somewhat displaced upstream to the Meldal area, while the uppermost areas (upstream Brattset power station) has reduced shares of the catch.
- The stability of the estimated positive effect of hydro-power developments is uncertain. The situation in the observation period has not been stable. The phosphorus level has changed considerably, and we do not know at which level it will stabilize. The sea survival has been very low during parts of the period. Since these different factors work in opposite directions, we probably do not know the future carrying capacity for salmon in the River Orkla. The solidity of some of our conclusion is also influenced by the fact that we extrapolate models established primarily for regulated conditions to unregulated conditions before the hydro-power development with low degree of overlap in the regime of water flow during winter time.

Final comments:

- The extensive studie in the River Orkla has provided new knowledge about mechanisms for population regulation in Atlantic salmon which should have interest far outside the River Orkla. The quality of the data collected has attracted a number of other research projects to the river. The data collected in the River Orkla function as calibration points in a number of studies on the freshwater phase of Atlantic salmon and has provided basic information on catch rates in rivers and at sea and on "Pre Fishery Abundance" for the nationally important Trondheimsfjord area. The results are also an important part of the national and international reports on population status for Atlantic salmon in Norway.
- The comprehensive documentation of effects of hydro-power developments, makes the River Orkla a reference river for such effects in Norway. The results are, and have been used in a number of investigations on hydro-power developments or in evaluations of countermeasures to improve the conditions for Atlantic salmon in regulated rivers.

Innhold

Referat	3
Abstract	5
Forord	10
1 Innledning	11
2 Orklavassdraget	12
2.1 Områdebeskrivelse	12
2.2 Laksefiske	13
2.3 Reguleringene	14
2.3.1 Endringer i vanntemperatur	14
2.3.2 Endringer i vannføring	15
2.3.3 Demningseffekt i lakseførende del	16
2.4 Andre påvirkninger	16
2.4.1 Gruveforurensninger	16
2.4.2 Grusgraving, veganlegg, kanaliseringer, forbygninger	17
2.5 Kultiveringstiltak	17
3 Metoder og materiale.....	19
3.1 Gytebestand.....	19
3.2 Rogn	19
3.3 Årsyngel og ettårige laksunger	19
3.4 Ungfisk	20
3.5 Smoltutvandring.....	21
3.6 Smoltproduksjon	23
3.7 Voksen laks	24
3.8 Tellinger	25
4 Ungfisktetthet og smoltproduksjon	28
4.1 Rogn	28
4.1.1 Rogntetthet i perioden 1994 - 2002	29
4.1.2 Rogntetthet i perioden 1979 - 1993	29
4.2 Årsyngel og ettårige laksunger	31
4.2.1 Årsyngel.....	31
4.2.2 Ettårige laksunger	32
4.3 Ungfiskundersøkelser	32
4.3.1 Nedenfor utløpet av Svorkmo kraftverk.....	32
4.3.2 Strekingen mellom utløpet av Svorkmo kraftverk og Bjørsetdammen.....	33
4.3.3 Ovenfor Bjørsetdammen	33
4.4 Smolt og smoltproduksjon	34
4.5 Oppsummering og konklusjon	37
4.6 Effekter av reguleringen på ungfisk- og smoltproduksjon	38
4.6.1 Vekst og vekstmodeller.....	38
4.6.2 Smoltproduksjon og vintervannføring	39
4.6.3 Smoltproduksjon og andre omgivelsesvariabler	41
4.6.4 Samlet smoltproduksjon i Orkla	43
4.6.5 Oppsummering og konklusjon	45
5 Smoltutvandring	47
5.1 Smoltatferd - relasjon til miljø-variabler.....	48
5.1.1 Smoltutvandringstid	48
5.1.2 Vanntemperatur og utvandring	49

5.1.3 Vannføring og utvandring.....	49
5.1.4 Smoltatferd og omgivelsesvariabler – GLM analyse.....	50
5.1.5 Oppsummering og konklusjon	53
5.2 Effekter av reguleringen på smoltutvandring.....	53
5.2.1 Vannføring under utvandring og smoltoverlevelse	53
5.2.2 Overlevelse i Svorkmo kraftverk	54
5.2.3 Oppsummering og konklusjon	55
6 Voksen laks.....	56
6.1 Livshistorieparametre.....	56
6.1.1 Kjønnfordeling.....	56
6.1.2 Sjøalder	56
6.2 Laksens oppvandring.....	58
6.2.1 Radiomerking av laks nedenfor utløpet fra Svorkmo kraftverk.....	60
6.2.2 Telling av laks over Bjørsetdammen.....	62
6.2.3 Oppsummering og konklusjon	63
6.3 Beskatning og fangststatistikk	64
6.3.1 Fordeling av fangsten i Orkla	65
6.3.2 Fordeling av fangsten oppstrøms Bjørsetdammen.....	67
6.3.3 Fordeling av fangsten i tid oppstrøms Bjørsetdammen	68
6.3.4 Beskatning av laks oppstrøms Bjørsetdammen	69
6.3.5 Beskatning av laks i Orkla.....	70
6.3.6 Oppsummering og konklusjon	70
6.4 Gytebestand i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen.....	71
6.4.1 Gytebestandens størrelse.....	71
6.4.2 Gytebestandens alders-sammensetning	72
6.4.3 Kjønnfordeling	72
6.4.4 Lengdefordeling	73
6.4.5 Flergangsgytere	73
6.4.6 Oppsummering og konklusjon	73
6.5 Effekter av reguleringen på voksen laks.....	73
6.5.1 Regulering og vandringer.....	73
6.5.2 Regulering og fiske.	74
6.5.3 Regulering og gyting	75
6.5.4 Oppsummering og konklusjon	76
7 Relasjoner mellom livs-stadier.	77
7.1 Yngel- og ettårige laksunger	77
7.2 Presmolttetthet og smolt-produksjon	77
7.3 Gytebestand og ungfisktetthet	78
7.4 Smoltproduksjon og voksen laks	78
7.4.1 Beregning av sjøoverlevelse.....	79
7.5 Gytebestand og gytebestandsmål	82
8 Konklusjon.....	85
9 Referanser	87
Vedlegg 1- Tilknyttede prosjekter.	93

Forord

De mest sentrale forvaltningsmyndigheter og brukere av fiske og vannressursene i Norge har ønsket å utvikle et forvaltningsverktøy for kunnskapsbasert høsting av laks. Denne fagrappporten er framkommet som et resultat dette.

For å utvikle nødvendig verktøy trengs det dataserier med varighet med minimum 10 år. Normalt vil det ikke være mulig å finansiere prosjekter med 10 års varighet. Prosjektet 'bestand og rekruttering av laks i Orkla' ble startet opp i 1993. En rekke personer i Direktoratet for naturforvaltning (DN), Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Norges vassdrags og energidirektorat (NVE), Energibedriftens Landsforening (EBL), Kraftverkene i Orkla (KVO) og Orkla Fellesforvaltning har gitt prosjektet verdifulle faglige innspill og tillit gjennom arbeidet i styringsgruppen for prosjektet og ellers. Prosjektet har vært finansiert av DN, NVE (Forskningsprogrammet Miljøbasert vannføring), EBL, KVO, NINA og Orkla Fellesforvaltning. Vi er meget takknemlige for tilliten og den finansielle støtten.

I perioden fra 1979 til 1993 var prosjektet finansiert av ulike kilder. I den første tiden ved støtte fra Konesjonsavgiftsfondet, senere dels med delfinansiering fra KVO og konesjonsavgiftsfondet og finansiering gjennom konesjonspålagete undersøkelser.

Mange personer har vært involvert i innsamlingen av materiale i hvert av årene i prosjektperioden (1979-2002) som har sikret unike dataserier for laks. Vi vil spesielt berømme innsatsen for å sikre at nok smolt ble merket hver vår. Innsatsen var ut over det en kan forvente av NINA ansatte, studenter og andre som deltok.

Denne rapporten er utarbeidet av et kollegium i NINA. Gjennom dette samarbeidet har en løst komplekse relasjoner hos laks som tidligere var ukjente.

Trondheim 1. mai 2004.
Nils Arne Hvidsten
prosjektleder.

1 Innledning

For å kunne studere økologi, livshistorie, populasjonsdynamikk og produksjonsforhold hos laks trenger en lange tids-serier. I Orkla er det videreført dataserier som innledningsvis var rettet mot reguleringsrelaterede forhold. De første undersøkelser startet i 1979 med studier av tidspunkt for utvandring og atferd hos utvandrende smolt. Antall dataserier ble utvidet med bakgrunn i at flere problemstillinger skulle analyseres. Fra og med 1983 ble produksjonen av smolt beregnet. I 1993 ble undersøkelsene utvidet til å omfatte studier av voksen laks. Etter 10 år ble dette prosjektet avsluttet i 2002. Hovedmålsettingen med undersøkelsene som startet i 1993 var: 'Å fremskaffe basiskunnskap om smoltutvandring og sammenhengen mellom antall gytefisk og antall rekrutter (smolt) i et stort laksevassdrag'. Målet med denne rapporten er imidlertid å gi en oppsummering av de viktigste resultatene som er fremkommet ved undersøkelsene i Orkla siden 1979 med vekt på generelle og reguleringsrelaterede problemstillinger.

Dette hovedmålet er delt inn i følgende delmål:

1. Belyse effekter av reguleringen
2. Analysere (forholdet mellom vannføring og) smoltutvandring
3. Studere relasjoner mellom
 - a) gytebestand og rekruttering (egg, yngel, smolt)
 - b) tetthet av presmolt og produksjon av smolt
 - c) produksjon av smolt og oppgang av voksen fisk
4. Belyse metodikken (logieteller og smoltfeller) med hensyn på bruk i lakseovervåking/lakseforvaltning generelt.

Noen viktige spørsmål som blir reist under disse delmålene er:

1. Belyse effekter av reguleringen
 - Er produksjonsgrunnlaget for laks endret som følge av miljøendringer?
 - Er fiskebestandens produksjonsegenskaper endret?
 - Er smoltutvandringen og/eller smoltproduksjonen blitt berørt av reguleringen?
 - Er smoltproduksjonen nedenfor Bjørset/Svorkmo berørt av reguleringen?
 - Kan smolt under utvandring gå inn i Svorkmo kraftverk?
 - Er oppvandring av laks og utøvelse av fiske berørt av reguleringen?
2. Analysere (forholdet mellom vannføring og) smoltutvandring
 - Hvilke omgivelsesvariabler styrer og utløser smoltutvandringen?
 - Har vannføring betydning for smoltoverlevelse?
 - Er det sesongvariasjon i utvandringstid avhengig av alder/størrelse?

3. Studere relasjoner mellom
 - a) gytebestand og rekruttering (egg, yngel, smolt)
 - Er det sammenheng mellom antall lagte rogn og smoltproduksjonen?
 - b) tetthet av presmolt og produksjon av smolt
 - c) produksjon av smolt og oppgang av voksen fisk
 - Kan elfiske erstatte smoltproduksjonsmålinger?
 - Er det sammenheng mellom antall produserte smolt og oppgangen av laks?

Rapporten gir innledningsvis en presentasjon av laksematerialet og hvordan dette er samlet inn. Deretter er de ulike livsstadiene hos laksen behandlet i egne kapitler. På bakgrunn av disse resultatene er relasjoner mellom livsstadier gjennomgått i et eget kapittel. Rapporten gir også grunnlag for vurdering av kompensasjonstiltak, men drøfter ikke konkrete tiltak.

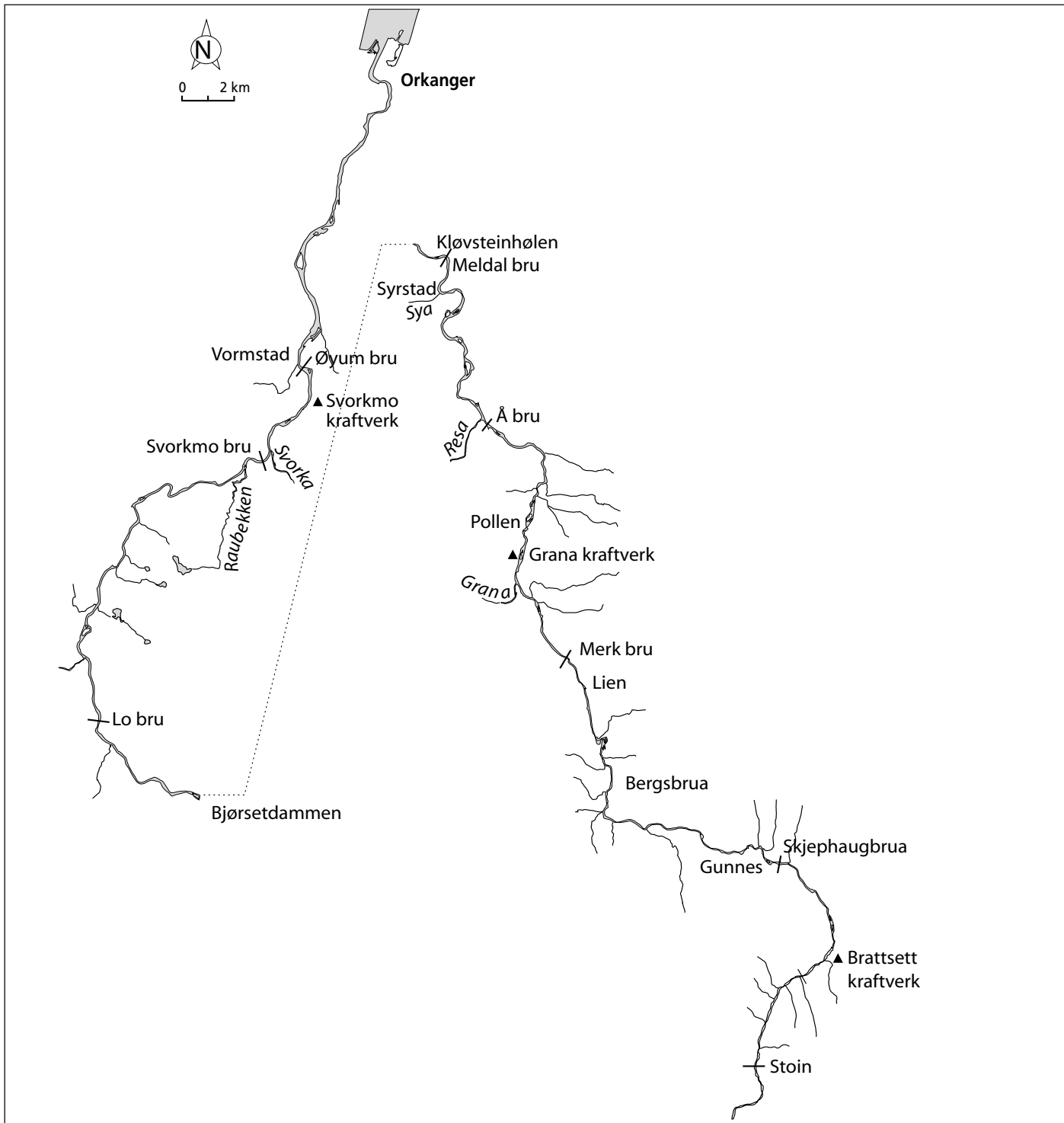
2 Orklavassdraget

2.1 Områdebeskrivelse

Orklavassdraget dekker et nedbørområde på 3092 km² og ligger i Hedmark og Sør-Trøndelag fylker. Elva er 170 km lang og har sitt utspring i Store Orkelsjø (1060 moh) i Oppdal. Videre renner den gjennom kommunene Kvikne, Rennebu, Meldal og Orkdal og har sitt utløp i sjøen ved Orkanger (figur 2.1). Innen feltet er det store variasjoner i nedbør- og avrenningsforhold. De største avrenningene finner vi i de vestligste delene av feltet mot Trollheimen. Her

er spesifikk avrenning oppe i vel 40 liter/s/km², mens i de tørreste områdene sør mot Tynset er nede i 15 liter/s/km². Gjennomsnittlig avrenning for hele feltet regnes til 23 liter/s/km² som tilsvarer en gjennomsnittlig vannføring ved utløpet i Trondheimsfjorden på 71 m³/s (Nordseth 1992).

Før reguleringen varierte vannføringen mellom 1 m³/s og 1000 m³/s gjennom året målt som døgnmiddel. I perioden 1972 til 1982 (før reguleringen) varierte den laveste vintervannføringen mellom 1,0 og 6,6 m³/s (gjennomsnitt 3,4 m³/s). Den laveste vannføringen ble registrert i februar - april måned, mens vannføringen i vårflommen kunne bli mer enn 1000 m³/s.



Figur 2.1 Oversiktskart over lakseførende del av Orklavassdraget

Det er å få større sidevassdrag hvor forholdene ligger til rette for oppgang av laks eller sjøaure. Resa er det sidevassdraget som har størst potensiale som laksevassdrag.

Orkla er lakseførende opp til Stoin i Rennebu, en strekning på 9 mil. Gradienten på den lakseførende delen av vassdraget er stort sett jevn. Den største stigningen finnes mellom Svorkmo bru og Lo bru. Det er få stryk som forsinker fiskegangen, men under særlige forhold kan fisken stoppe opp nedenfor strykene ved Pollen (figur 2.1) (Korsen 1990).

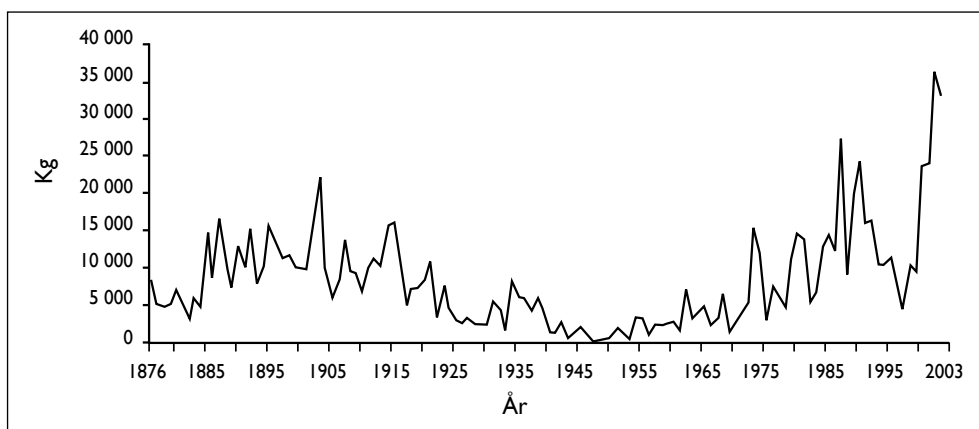
Foruten laks (*Salmo salar* L.) er det følgende fiskearter i Orkla: stasjonær og sjøvandrende aure (*Salmo trutta* L.), ål (*Anguilla anguilla* L.), ørekyte (*Phoxinus phoxinus* L.), trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus* L.) og skrubbe (*Platichthys flesus* L.).

2.2 Laksefiske

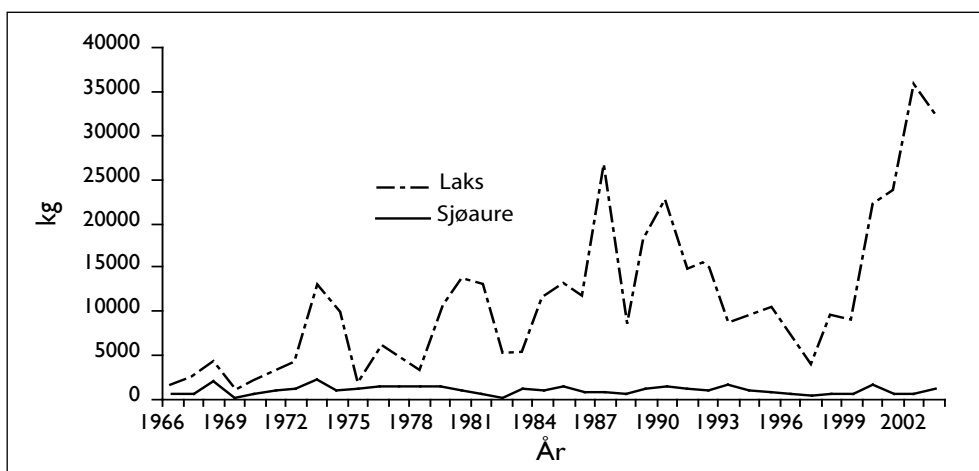
Laksefisket i Orkla har helt fra slutten av 1800 – tallet hatt meget stor betydning (figur 2.2a, b, c). I perioden 1885 – 1915 ble det i åtte år registrert fangster på over 14 tonn årlig med en topp i 1903 på 22 305 kg (Langeland & Andersen 1990). Fra 1915 gikk utbyttet stadig nedover og i 1923 ble Professor Knut Dahl offisielt oppnevnt for å undersøke saken. I en artikkel i 1924 (Dahl 1924) hevdet han at metallinnholdet i utslippene fra gruvevirksomheten ikke var tilstrekkelige til å konkludere med at gruvevirksomheten var til hinder for oppgangen av laks til de midtre og øvre delene



Figur 2.2c. Laksefisket i Orkla har stor betydning. Foto: Roar A. Lund



Figur 2.2a. Innrapporterte fangster (kg) av laks og sjøaure i Orkla i perioden 1876 – 2003



Figur 2.2b. Fangst (kg) av laks og sjøaure i Orkla i perioden 1966 – 2003.

av Orkla. Dahl fant at hovedgrunnen til nedgangen i stangfisket i øvre deler av Orkla var utstrakt garnfiske i de nedre deler av elva. I 1927 anla imidlertid flertallet av eierne av laksefiskerettigheter i Orkla sak mot Orkla Grube-Aktiebolag fordi de var av den oppfatning at dreisvannet fra gruveområdet ved Løkken Verk i større grad enn før hadde skadelig innflytelse på laksefisket i elven. I 1938 ble det inngått forlik i saken med de fleste saksøkerne (Anon 1942) og i en artikkel i 1946 (Dahl 1946) opprettholdt han sine vurderinger av årsakene til nedgangen i laksefisket i Orkla. Laksefisket nådde et minimum i 1947 på 4 kg. Tiltak overfor gruvevirksomheten på 1950 - tallet og senere førte til bedre forhold med en dramatisk økning i utbyttet av fisket og en foreløpig topp i 2002 på 35,8 tonn.

Fra og med 1966 er laksestatistikken spesifisert for laks og sjøaure, og figur 2.2b viser utviklingen for begge artene for perioden 1966 – 2003. Mengden oppfisket laks har økt betydelig, mens oppfisket kvantum sjøaure ikke synes å følge samme utvikling.

2.3 Reguleringene

Ved kgl. res. av 16.6.1978 fikk Kraftverkene i Orkla ved Trondheim Elektrisitetsverk, Sør – Trøndelag Kraftselskap og Hedmark kraftverk, tillatelse til å foreta erverv og regulering av Orkla og Grana i Hedmark og Sør-Trøndelag fylker. Utbyggingen tok til samme sommer og ble avsluttet i 1985. Omlag 39 % av nedslagsfeltet er regulert. Orklautbyggingen omfatter 4 store magasiner: Innerdalsmagasinet (Innerdalsvatnet), Sverjesjøen, Falningsjøen og Nerskogmagasinet (Granasjøen), hvorav Innerdalsmagasinet og Nerskogmagasinet er kunstig oppdemte innsjøer. Til sammen fem kraftverk inngår i reguleringen.

De to øverste kraftverkene har avløp til Orkla ovenfor lakseførende strekning. Ulset kraftverk er det øverste kraftverket. Det utnytter fallet på ca. 325 m fra Falningsjøen til Orkla ved Ulset. Fra kraftstasjonen renner vannet i Orkla ned til Storfosdammen i Orkla. Litjossen kraftverk utnytter fallet på ca. 289 m fra Innerdalsvatnet til Orkla ved Storfossen. Fra kraftstasjonen ledes vannet gjennom en kort avløpstunnel ut i Storfosdammen.

De tre nederste kraftverkene har avløp til lakseførende strekning. Brattset kraftverk utnytter fallet på ca. 273 m i Orkla mellom Storfosdammen og Brattset. Grana kraftverk utnytter fallet i sideelva Grana på ca. 462 m fra Nerskogen til Grindal. Svorkmo kraftverk utnytter fallet på ca. 99 m i Orkla mellom Bjørset i Meldal og Hongslo i Orkdal nedenfor Svorkmo.

Svorkmo kraftverk har en driftsvannføring på 10 – 65 m³/s. Grana kraftverk har en driftsvannføring på 10 – 19 m³/s og Brattset kraftverk har en driftsvannføring på 9 – 36 m³/s.

Grana kraftverk ble satt i drift i april 1982, Litjossen og Brattset kraftverker senhøstes 1982, Svorkmo kraftverk i 1983 og Ulset kraftverk våren 1985.

I konsesjonsvilkårene og i manøvreringsreglementet for reguleringen av Orkla og Grana er det tatt inn en rekke bestemmelser om vannslipp. Vannføringen på lakseførende strekning er omtalt i følgende punkter:

- "Minstevannføringen ovenfor Brattset kraftverk skal i tiden 1. mai – 30. september være 2 m³/s og 0,5 m³/s resten av året" (Manøvreringsreglement pkt 2).
- "I tilfelle Brattset kraftverk må stoppe, skal det være en vassføring på minst 10 m³/s i elva" (Vilkår pkt 18,VII)".
- "Fra Bjørsetmagasinet skal det i den del av perioden 1. mai – 31. august som faller utenom selve vårflommen slippes en minstevannføring som i gjennomsnitt skal fastsettes mellom 20 og 30 m³/s etter departementets nærmere bestemmelse til enhver tid. I tida fra 1. september og til gytingen er avsluttet ca. 25. oktober skal minstevannføringen fastsettes mellom 10 m³/s og 15 m³/s etter departementets nærmere bestemmelse. Fra 25. oktober til utgangen av oktober måned trappes vassføringen jevnt ned til 4 m³/s som er minste tillatte vassføring i resten av året. Etter nærmere avtale med en oppsynsmann oppnevnt av Miljøverndepartementet foretas slippingen slik at en får en hensiktsmessig variasjon i vassføringen i tida etter flomvassføringen" (Manøvreringsreglement pkt 2).

Fram til 1989 ble variasjonene i vannføring nedenfor Bjørset iverksatt etter skjønn fra KVO's side i samarbeid med fiskeforvalteren. Fra og med 1989 ble det gjennomført en fastere rutine i vannslippet. Erfaringer med vannslipp (minstevannføringer, flommer) de første årene etter regulering er nærmere omtalt av Korsen (1992).

Reguleringen i Orkla med teknisk beskrivelse av anleggene, magasinene og karakteristiske data for kraftverkene i Orkla er omtalt av Rathe (1992).

2.3.1 Endringer i vanntemperatur

Det ble tidlig i utbyggingsfasen fokusert på endringer i vanntemperatur, og derfor er vanntemperaturforholdene undersøkt gjennom en årrekke både før og etter kraftutbyggingen. Disse undersøkelsene er omtalt av Tvede (1992). Det foreligger måleserier fra Merk bru og Øyum bru i regi av NVE fra 1971-dd. Videre er temperaturen målt ved Bjørset i perioden 1971-1975, i Meldal i perioden 1975-1983, og i driftsvannet fra Brattset, Grana, Svorkmo og Ulset kraftverker fra 1984 - dd. I tillegg har KVO målt vanntemperaturen ved Syrstad i perioden 1990 - dd.

Berge et al. (1982) beregnet de temperaturendringer som kunne forventes langs Orkla som følge av utbyggingen. De utførte beregningene med data fra 1965, som var et normalår både med hensyn til lufttemperatur og vannføring. De fant at for et slikt år ville vanntemperaturen like nedenfor utløpet av Grana kraftverk, i middel for perioden fra slutten av juni til oktober, bli ca. 2,5 °C lavere enn ved uregulerte forhold og maksimalt ca. 5 °C lavere. Tilsvarende temperaturendringer i Orkla ved Orkanger ble beregnet til i middel ca. 1,5 °C og maksimalt 2,5 °C.

Tvede (1992) sammenlignet temperaturen målt ved Merk bru og Øyum bru i en periode før (1975-1981) og etter (1983-1990) kraftutbyggingen. For å skille effekter av reguleringene fra naturgitte endringer forårsaket av endringer i værforholdene benyttet han målinger i nærmeste uregulerte elv (Forra i Stjørdalsvassdraget) som korreksjon. Tvede fant at reguleringene har gitt en nedgang i vanntemperaturen på 1,0 °C ved Merk bru i gjennomsnitt for perioden juni-september, med de største endringene i juli (-1,5 °C) og august (-1,3 °C). Ved Øyum bru var endringene mindre, med en nedgang på 0,5 °C i gjennomsnitt for de fire månedene, og med størst avvik i juni (-1,1 °C) og juli (-0,7 °C). Disse avvikene er noe mindre enn det Berge et al. (1982) kom fram til.

Det er stor forskjell i temperaturendring nedover i vassdraget, og de største endringene forekommer like nedstrøms Brattset og Grana kraftverk (Berge et al. 1982). Om sommeren er temperaturen i avløpsvannet fra kraftverkene ofte betydelig lavere enn i elva. Derfor har temperaturen sunket kraftig like nedstrøms kraftverkene. Nedstrøms Brattset kraftverk beregnet Berge et al. (1982) maksimale reduksjoner i elvtemperaturen på 5 °C, og den midlere reduksjonen i sommerperioden til omlag 3 °C. Videre nedover elva utjevnes temperaturen på grunn av tilrenning fra restfelt og varmeutveksling med atmosfæren. Men temperaturen synker kraftig igjen nedenfor Grana kraftverk, for så på nytt å øke nedover i elva på grunn av varmeutveksling med atmosfæren og tilrenning fra restfelt. Reduksjonen nedstrøms Grana kraftverk er i samme størrelsesorden som nedenfor Brattset kraftverk.

Stasjonene der det i dag måles vanntemperatur ligger langt fra utslippsstedene, og det er etterlyst mer systematiske målinger nedenfor kraftverkene (Berg & Faugli 1992). Målestasjonene er ikke helt representative for den viktigste lakseførende strekningen av Orkla (Brattset-Meldal), der vanntemperaturen i gjennomsnitt har blitt kraftigere redusert enn det som kommer fram av de pågående måleseriene.

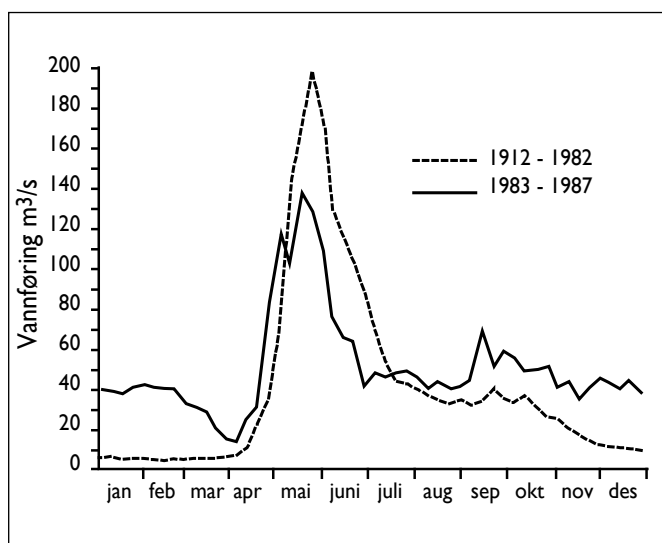
På strekningen Bjørset til Svorkmo har reguleringen ført til små endringer i tidspunktene for islegging og isløsning (Boe & Roen 1986). Reguleringen har generelt også ført til at isoppstivingen på den aktuelle strekning har blitt betydelig mindre. Etter regulering er risikoen for isganger og spesielt store isganger generelt blitt mye mindre (Boe & Roen 1986). Når det gjelder de øvrige deler av vassdraget har endringer i isforholdene ikke ført til påvisbare negative virkninger på fiskeforholdene (Langeland & Andersen 1990).

2.3.2 Endringer i vannføring

Orklautbyggingen er en typisk norsk kraftutbygging og endringene i vannstand- og vannføringsforholdene er derfor tradisjonelle. Endringene i hovedelva kan kort oppsummeres med høyere vintervannføring, lavere vannføring vår og forsommer, tilnærmet uendret vannføring sommer/høst unntatt økning av lavvannføring og reduksjon av regnflommer. Alle elvestrekninger som ligger nedenfor kraftverk har fått økt vintervannføring. I Rennebu nedenfor Brattset kraftverk er vintervannføringen økt fra 3 – 4 m³/s i middel til 30 m³/s. I Meldal ovenfor Bjørset dam er økningen fra 4 – 5

m³/s i middel til 50 m³/s. Nedenfor Bjørset dam er det pålagt minstevannføring på 4 m³/s om vinteren. Nedenfor Svorkmo kraftverk er det en økning fra 6 – 7 m³/s i middel til 53 m³/s. De verdiene som er angitt ovenfor er gjennomsnittsverdier og det vil være variasjoner rundt disse verdiene. Økningen i vintervannføring har medført at Orkla islegges langt mindre enn tidligere. Vårflommen i Orkla er redusert som følge av reguleringen. I sommerperioden er regnflommer redusert. På grunn av pålegg om minstevannføring vil særlige lavvannperioder unngås. Nedenfor Brattset kraftverk skal vannføringen ikke være under 10 m³/s og forbi Bjørset skal det slippes 20 m³/s i sommerhalvåret (Nordseth 1992).

Langeland & Andersen (1990) omtaler regulert vannføring for årene 1985 – 1989 og sammenligner med simulerte vannføringer under uregulerte forhold for følgende områder av elva: A: nedstrøms Brattset, B: oppstrøms Bjørset, C: nedstrøms Bjørset og D: nedstrøms Svorkmo. Gjennomgående har vannføringen nedstrøms Brattset avveket lite fra uregulerte forhold, men med noe mindre variasjon etter reguleringen. Under vårflommen er som ventet vannføringen betydelig redusert etter reguleringen (figur 2.3.2). Vannføringen oppstrøms Bjørset har gjennomgående vært lavere i første del av perioden og høyere i siste del av perioden sammenlignet med uregulerte forhold. Mens vannføringen normalt synker utover sommeren har den etter reguleringen holdt seg høy eller endog steget utover i perioden. Etter reguleringen beholder elva fortsatt preget av å være en "levende elv" med betydelig variasjon fra dag til dag. Dette gjelder også strekningen nedstrøms Brattset. Nedstrøms Bjørset er imidlertid vannføringen betydelig redusert etter reguleringen. Her er minstevannføringen på 20 m³/s forsøkt opprettholdt i alle år i fiskesesongen fra juni til ut august. I 1987 og 1989 var vannføringen i fiskesesongen langt over minstevannføringen. På denne strekningen er den naturlige store variasjonen forsvunnet med betydelig utjevning i vannføringen etter reguleringen. Nedstrøms Svorkmo kraftstasjon har Orkla igjen fått tilbake sitt tilnærmet naturlige preg med små forskjeller mellom regulert og uregulert elv. I 1987 var vannføringen høyere



Figur 2.3.2. Vannføring i Orkla i perioden 1912-1982 (før regulering) og 1983 til 1987 (etter regulering).

enn den ville ha vært under uregulerte forhold mens den i juni og juli i 1985 var lavere enn under uregulerte forhold. Men fortsatt er det betydelig variasjon gjennom perioden slik at elva fortsatt også her kan sies å ha et "levende preg".

2.3.3 Demningseffekt i lakseførende del

Ved utbyggingen av Orklavassdraget ble det som nevnt etablert to nye "kunstige" innsjøer: Innerdalsmagasinet og Nerskogsmagasinet.

Innerdalsmagasinet (Innerdalsvatnet) dekker ved HRV ca. 10 km av Innerdalen og har et areal på 6,7 km². Regulerings høyden er 35 m (778 – 813 m.o.h.). Den neddemte delen av Innerdalen har en berggrunn bestående av glimmerskifer med høyt kalkinnhold, og området var kjent for sin rike flora. I dalbunnen var det tykke løsavleiringer som hovedsakelig består av løsmasse avsatt i vann. Seterbruket hadde lange tradisjoner i dalen og hele 11 setrer ble neddemt. Fyllingen av Innerdalsmagasinet begynte våren 1982. Vannstanden nådde ca. kote 809 første høst og nedtapping første vinter gikk ned til kote 780. I 1983 ble magasinet første gang helt fylt og nedtapping følgende vinter gikk ned til ca. kote 781 (Koksvik 1992).

Nerskogsmagasinet (Granasjøen) har et areal på 6,7 km² på høyeste regulerte vannstand (650 m.o.h.). Regulerings høyden er 40 m. Oppfyllingen startet 1.7.1981 og nådde kote 630 i september. Magasinet ble ikke tappet ned den første vinteren og vannstanden lå mellom kote 635 og 640 m.o.h. sommeren 1982. Den påfølgende vinteren ble magasinet tømt (Jensen & Bergan 1992).

Når store arealer blir satt under vann ved neddemming er det kjent at man får en markert "demningseffekt". Næringsalter vaskes ut av jordsmonnet og gir unormalt store konsentrasjoner i vannet. Det gjelder særlig forbindelser av nitrogen og fosfor som normalt opptrer i så små mengder at de gir minimale utslag i vannets ledningsevne. Dette medfører en stor primær- og zooplanktonproduksjon (Elgmork 1970, Jensen 1971).

Fiskeutbyttet i Innerdalsvatnet i perioden 1982 – 1989 var på høyde med Nesjøen i Tydal og med Granasjøen de første årene etter regulering (Koksvik 1992).

Fiskeutbyttet i Granasjøen var gjennomsnittlig 3 – 4 kg/garnnatt de tre første årene (1982 – 1984) etter oppdemming. I 1985 – 1987 lå nivået på 2 kg/garnnatt, som tilsvarer det utbyttet en hadde i Nesjøen de 10 første årene etter oppdemming. I 1989 sank utbyttet til 1,4 kg/garnnatt, noe som fortsatt er fire ganger mer enn det en forventer i et alminnelig godt fiskevatn (Jensen 1979).

Mengden av fosfor er vanligvis begrensende for produksjonen i ferskvann og det er tidligere utført en del studier av hvordan næringsstofftilførsel (fosfor og nitrogen) påvirker økosystemene i ferskvann (kfr. Johnsen et al. 1991). En gjødsling med kommersiell kunstgjødsel av elvevannet i Litjvasselva i Vefsna til nivåer på 10 µg P/l og 100 µg N/l resulterte i en kraftig

økning i total tetthet av bunndyr. På stasjonene nærmest gjødslingsstedet var tettheten av bunndyr 10 – 20 ganger så stor som i referanseårene. Det ble også registrert økt tilvekst hos laksunger som følge av gjødslingen (Johnsen et al. 1991). Tilsvarende gjødslingsforsøk ble gjennomført i Klubbvasselva i Vefsna. Analyser av total fosfor før gjødsling ga verdier på < 5 – 7 µg/l. Høyeste verdi av fosfor etter gjødsling ble målt til 23 µg/l og gjødslingen resulterte også her i en betydelig økning i tettheten av bunndyr, men ingen økning i tetthet av laksunger. Det ble imidlertid registrert forbedret tilvekst hos laksungene som følge av gjødslingen (Johnsen et al. 1997).

Kjemiske forhold i Orklavassdraget ble undersøkt før reguleringen med månedlige prøver på 12 stasjoner fra øverst til nederst i vassdraget (Grande et al. 1979). Vannet i Orkla er fra naturens side svakt basisk (pH: 7,3 – 7,4) og har et relativt høyt innhold av elektrolytter (ledningsevne 50 – 90 µs/cm), mens innholdet av løste organiske stoffer og partikulært materiale er lavt. Innholdet av næringsalter var lavt med fosfatverdier på 1 – 2 µg/l, mens innholdet av totalfosfor økte nedover i vassdraget fra 2 µg/l øverst til 9 µg/l i nedre deler (referert etter Langeland & Andersen 1990). Den observerte økningen nedover elva kan ha sammenheng med avløp fra jordbruk og bosetting. Det foreligger målinger av fosforinnholdet på flere stasjoner i Orkla i perioden 1980-1999 (Grande & Romstad 1994, Aanes et al. 2000). Disse målingene viser at fosforinnholdet i elvevannet økte i de midtre deler av elva etter reguleringen. I 1980 var gjennomsnittlig fosforinnhold på tre elvestasjoner i de midtre deler av elva (Hol – Rønningen) om lag 4 µg/l (totalfosfor). Gjennomsnittlig fosforinnhold økte til 10 – 14 µg/l på disse tre stasjonene i 1982. Etter 1986 ble stasjonsnettet for prøvetaking redusert, men det ble målt høyt fosforinnhold fram til 1987 ved Rønningen oppstrøms Svorka. Etter 1987 avtok fosforinnholdet, og fra 1990 til 1999 har gjennomsnittsverdiene variert mellom 3,5 og 6 µg/l totalfosfor ved Rønningen/Bjørset. Den kraftige økningen i totalt fosfor i Orkla i perioden 1982 – 1987 faller sammen med "demningseffekten" i Innerdalsmagasinet og Nerskogsmagasinet. Det er rimelig å anta at utvaskingen av næringsstoffer fra disse magasinene førte til en betydelig økning i totalt fosfor i elvevannet i Orkla i disse årene. Med lave verdier for totalt fosfor i Orkla i utgangspunktet, ville en slik økning gi en gjødslingseffekt tilsvarende det som ble funnet i Litjvasselva og Klubbvasselva (Johnsen et al. 1991, 1997).

2.4 Andre påvirkninger

2.4.1 Gruveforurensninger

Gruvedriften i Orklas nedbørfelt er fylldig omtalt av Iversen (1992). Gruvedriften på Løkken startet i 1654. Fram til ca. 1850 ble gruva drevet som en kobbergruve. Avfall fra denne tidsepoken inneholder derfor relativt mye sulfidminerale og er hovedsakelig samlet i Nordre berghall som har direkte avrenning til Raubekken. Omkring 1910 ble gruva modernisert og det ble startet stordrift på kis. Det ble produsert mer avfall som riktignok hadde lavere gehalter, men som til gjengjeld var mer nedmalt og følgelig mer utsatt for forvitring (Iversen 1992).

Frem til 1952 gikk alt avløp fra virksomheten (drensvann, flotasjonsvann og overflateavrenning) til Raubekken. Utviklingen av malmproduksjonen førte etter hvert til at store mengder tungmetall, i første rekke jern, kobber og sink, ble ført via Raubekken til Orkla. Forurensningen nådde en topp omkring 1950 og laksefisket var da nede på et bunnivå med 4 kg i 1947. Fra og med 1952 ble drensvannet fra gruvene lagt i rør og ført ut i Orkdalsfjorden ved Thamshavn. Dette førte til bedre forhold i Orkla nedenfor Raubekken og medførte også et økt laksefiske. Innholdet av tungmetaller fra Svorkmo og ned til fjorden har imidlertid vært betydelig også etter dette, og det ble på 1960 – og 1970 – tallet målt verdier av kobber og sink som til tider lå over faregrensen for laks. En ny omlegging av produksjonsprosessen ble foretatt i 1974 med overgang til selektiv flotasjon, og dette førte til ytterligere forbedringer. Løkken verk ble nedlagt i 1987. Ved byggingen av Svorkmo kraftverk ble Raubekken tatt inn i tilløpstunnelen. På denne måten blir det tungmetallholdige vannet blandet med det øvrige vannet i kraftverket og avløpsvannet får redusert metallinnhold. Målinger som er foretatt nedenfor utløpet av kraftverket viser lavere konsentrasjoner av tungmetaller og undersøkelser viser at dyre- og plantelivet har tatt seg opp (Korsen 1990).

Det oppsto i 1984 fiskedød i forbindelse med manøvrering av Svorkmo kraftverk. En mindre episode ble også registrert i 1985. Dette skyldtes opphopning og deretter utskylling av tungmetallholdig slam og kloakkvann fra Løkken gjennom kraftverkstunnelen. I årene 1986 – 1992 ble sedimentert slam fjernet fra tunnelen og det er ikke rapportert om uhell i disse årene. I august 1989 ble det bygget et nytt bjelkestengsel for oppsamling av slam i tverrslaget i Løkken. Siden mai 1992 har Raubekken blitt ført i rør fra stengslet og ut gjennom tverrslaget til hovedtunnelen (Grande & Romstad 1994).

Etter overføring av forurenset vann fra Raubekken til tilløpstunnelen til Svorkmo kraftverk har forurensningssituasjonen bedret seg vesentlig i Orkla nedstrøms Raubekken ved Svorkmo. Ved Vormstad har middelkonsentrasjonen av kobber og sink sunket til under en tredjedel av hva det var i årene 1977 – 1981 (Grande & Romstad 1989). De største reduksjonene skjedde således i perioden 1982 – 1984, dvs. i de årene de fleste reguleringene ble gjennomført. I Raubekken er konsentrasjonene av kobber og sink redusert med en faktor på om lag 0,6. Grovt sett kan det sies at middelkonsentrasjonene er omtrent halvert på grunn av reduserte tilførsler fra Raubekken og at en ytterligere halvering har skjedd som følge av utjevnete regulerte vannføringer (Grande & Romstad 1989).

I Kvikne er det tilførsler av kobber og sink fra de gamle Kvikne kobbergruver som har avrenning gjennom Storbekken til Ya. Etter overføringen av Ya 1983 – 1984 har kobberkonsentrasjonene økt jevnt (Grande & Romstad 1989). Dette har også ført til en jevn økning i Orkla ved Stai nedenfor samløpet med Ya. Langeland og Andersen (1990) antar imidlertid at dette ikke har ført til noen skadevirkninger for fiske og bestand i den lakseførende del av vassdraget.

2.4.2 Grusgraving, veganlegg, kanaliseringer, forbygninger

I følge Korsen (1990) hadde det i de foregående år blitt tatt ut betydelige mengder grus, først og fremst i vassdragets nedre deler. Masseuttakene har hatt en viss betydning for fiskeutøvelsen lokalt, idet flere områder har fått forringede muligheter for fiske. Ottesen (1992) studerte flybilder og kart og fant at Orkla hadde forandret seg mye siden 1960. Elva hadde da betydelig mer differensiert løp med bedre muligheter for erosjon og skifte av løp innenfor den aktive elvesonen. Grusuttak og forbygninger har begrenset dette betydelig. Grusuttakene har senket elvebunnen på store deler av de nedre 15 km opp til Øyum bru ved Vormstad. Elva har i de siste årene fått et betydelig mer kanalpreg enn tidligere både på grunn av bunnsenkning og flere nye, store forbygninger/flomvern. Disse forhold har påvirket sedimenttransporten i elva betydelig og elva har betydelig mindre masser å transportere (Ottesen 1992).

Vegnettet i Orkdalen følger i hovedtrekk vassdraget, men det er få steder hvor vegen går inn til elva på en måte som forringer fiskeproduksjonen eller fiskeutøvelsen. Dette har likevel skjedd på strekningen Lo bru – Meldal sentrum hvor vegen er lagt på elvas vestsida. På visse partier går vegfyllingen her så nær elva at mulighetene for fiskeutøvelse er forringet. Det samme har skjedd på vestsida av elva nedenfor Forve bru (Korsen 1990).

På midten av 1970 – tallet ble utløpet av Orkla lagt om og kanalisert. Dette førte ikke til vesentlige ulemper for fiskegangen. I Meldal er det anlagt store forbygninger som har berørt strandbiotopen over lengre strekninger. Dette har i første rekke berørt mulighetene for fiskeutøvelse, og i mindre grad også den lokale fiskeproduksjonen (Korsen 1990).

2.5 Kultiveringstiltak

I 1939 ble det bygd klekkeri og anlegg for oppbevaring av stamfisk fra Orkla i tilknytning til Gjølme mølle i Skjenaldelva. I de nærmeste årene som fulgte ble det årlig satt ut ca. 700.000 laksyngel (Anon. 1942). I 1950 – årene ble det år om annet satt ut mindre mengder settefisk (3000 – 7000 stk) i vassdragets øvre deler (Kvikne), mens det tidlig på 1960 – tallet også ble satt ut en del smolt (1500 – 3000 stk.). Mot slutten av 1960 – tallet ble utsettingene intensivert ved et samarbeid mellom TOFA (Trondheim og omland fiskeadministrasjon) og distriktets laksestyrer, og i perioden 1967 – 1970 ble det satt ut i alt 135 000 stk settefisk av laks. Denne fisken ble satt ut i vassdragets øvre, ikke – lakseførende deler, samt i sidevassdrag, blant annet i Svorka. Også først på 1970 – tallet ble det satt ut laks, i første rekke i Kvikne og i Svorka/Trevja. Etter dette avtok utsettingene. Den utsatte fisken fra 1950 – tallet og fram til 1980 var fisk av uspesifikk stamme (Korsen 1990). Etter reguleringen av vassdraget har Kraftverkene i Orkla satt ut laksesmolt av stedegen stamme. I perioden 1982 – 1988 er det årlig satt ut 7000 – 9000 smolt (Korsen 1990).

Utbygging av vassdraget med fisketrappor for å få laksen lengger oppover i vassdraget er tidligere vurdert av Langeland & Andersen (1990). De konkluderte med å ikke anbefale Orkla utbygd vidare som laksevassdrag.

Fylkesmannen i Sør-Trøndelag påla 15.11. 2001 (i brev til Direktoratet for naturforvaltning) Kraftverkene i Orkla å bekoste et utsettingsprosjekt i sideelva Resa på inntil 35 000 stk. ensomrige laksunger pr. år i perioden 2001 – 2003.

3 Metoder og materiale

I dette kapitlet presenteres hovedmetodene, mens detaljer ved metodikken som har med det enkelte kapittel å gjøre er behandlet i vedkommende kapittel.

3.1 Gytebestand

Gytebestanden i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen er beregnet på grunnlag av tellinger av oppvandrende fisk over Bjørsetdammen (kfr. kap. 3.8), fordeling mellom laks og sjøaure i skjellprøvematerialet (kfr. kap 3.7) og data om fangst av laks (kfr kap. 6.3). Tellingene fra Logietelleren på Bjørsetdammen gir et mål på totalt antall laks og sjøaure som har vandret opp over dammen. Andelen sjøaure i totalt antall innsamlete skjellprøver i Orkla ovenfor Bjørsetdammen er benyttet som et mål for fordelingen mellom laks og sjøaure i den oppvandrende bestanden. Antall sjøaure er trukket fra totalt antall oppvandrerere for å komme fram til antall oppvandrende laks. Antall laks oppfisket er trukket fra antallet oppvandrende laks for å komme fram til gytebestanden. Gytebestanden ble hvert år fordelt på sjøaldersklasser (en-, to-, tre- og firesjøvinter laks) og kjønn innen hver sjøaldersklasse på bakgrunn av skjellprøvematerialet fra sportsfisket.

3.2 Rogn

Med unntak av data om smålaks fra lmsa (Jonsson et al. 1996) fins det lite kunnskap om rognantall hos norske laksestammer. I Orkla har vi analysert rognsekker av 50 laks. Disse ble samlet inn fra sportsfiskere i perioden 1998 - 2002. Det var vanskelig å skaffe rognprøver fra smålaks fordi det var lite hunnfisk i denne størrelsesgruppen.

For å fastslå antall rogn i hver laks ble begge rognsekkene veid. Deretter ble det tatt to prøver fra hver av rognsekkene, en fra fremre og en fra bakre del. Hver prøve ble veid og antall rogn i prøven ble talt. På grunnlag av disse fire prøvene ble gjennomsnittlig antall rognkorn/kg rognsekk og antall rognkorn i hver rognsekk beregnet. Totalt antall rognkorn ble delt på fiskens vekt for å få fram antall rogn pr. kg fisk.

3.3 Årsyngel og ettårige laksunger

Orkla oppstrøms Bjørsetdammen er delt i 10 delstrekninger. Arealet på den enkelte delstrekning er beregnet ved hjelp av GIS – verktøy på grunnlag av 1:50 000 kart (tabell 3.3). Innenfor fire av disse delstrekningene, delstrekning 2, 6, 7 og 8, ble det gjennomført undersøkelser av tetthet av årsyngel i perioden 1999 - 2003. Til sammen 23 stasjoner ble fisket over med elektrisk fiskeapparat. Det ble benyttet elektrisk fiskeapparat av type Paulsen (ing. Steinar Paulsen, Trondheim). De 23 stasjonene ble fordelt langs land på de fire delstrekningene; åtte stasjoner på delstrekning 2 og fem stasjoner på hver av de øvrige delstrekningene. Med få unntak var alle

Tabell 3.3. Nummer på delstrekning (Nr), delstrekning fra – til, lengde og areal i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen. Lengde i km og areal i m² (vegetasjonsfri sone).

Nr	Fra – til	Lengde (km)	Areal (m ²)
1	Bjørsetdammen – Sya	4,8	326389
2	Sya – Å bru	7,7	661136
3	Å bru – "Pollen"	5,8	433906
4	"Pollen" – Grana kraftverk	2,3	156746
5	Grana kraftverk – Lien	5,4	320181
6	Lien - Bergsbrua	5,9	289852
7	Bergsbrua – Gunnes	3,7	188121
8	Gunnes – Skjephaugbrua	4,8	201802
9	Skjephaugbrua – Brattset kraftverk	4,6	204218
10	Brattset kraftverk – Stoin	6,0	271996
1-10	Bjørsetdammen – Stoin	51,0	3054347

stasjoner 25 m lange og 4 m brede. Undersøkelsene ble gjennomført i siste halvdel av august i 1999, i første halvdel av september i 2000 og 2002, i første halvdel av oktober i 2001 og siste halvdel av september og første halvdel av oktober i 2002. Ved hjelp av manøvrering av kraftverkene Brattset og Grana ble vannføringen holdt på omtrent samme nivå under elfisket de ulike år. Ved Syrstad vannmerke varierte døgnmiddelvannføringen mellom 16 m³/s (1999) og 24 m³/s (2003) og gjennom Brattset kraftverk varierte døgnmiddelvannføringen mellom 10,5 m³/s (2001) og 16,1 m³/s (2002). Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom døgnmiddelvannføring og gjennomsnittlig tetthet på de ulike delstrekninger. Tetthetstallene er derfor ikke justert for vannføring.

Utgangspunktet for valg av stasjoner var at de skulle ligge nær gyteområder. Samtidig var det et ønske om at avstanden mellom stasjonene ikke skulle være større enn ca. 500 m. Undersøkelsene ble gjennomført som ordinært elfiske med tre gangers utfisking. Fisken ble artsbestemt, lengdemålt og sluppet ut igjen. Lengdefordelingen dannet grunnlaget for aldersbestemmelsen.

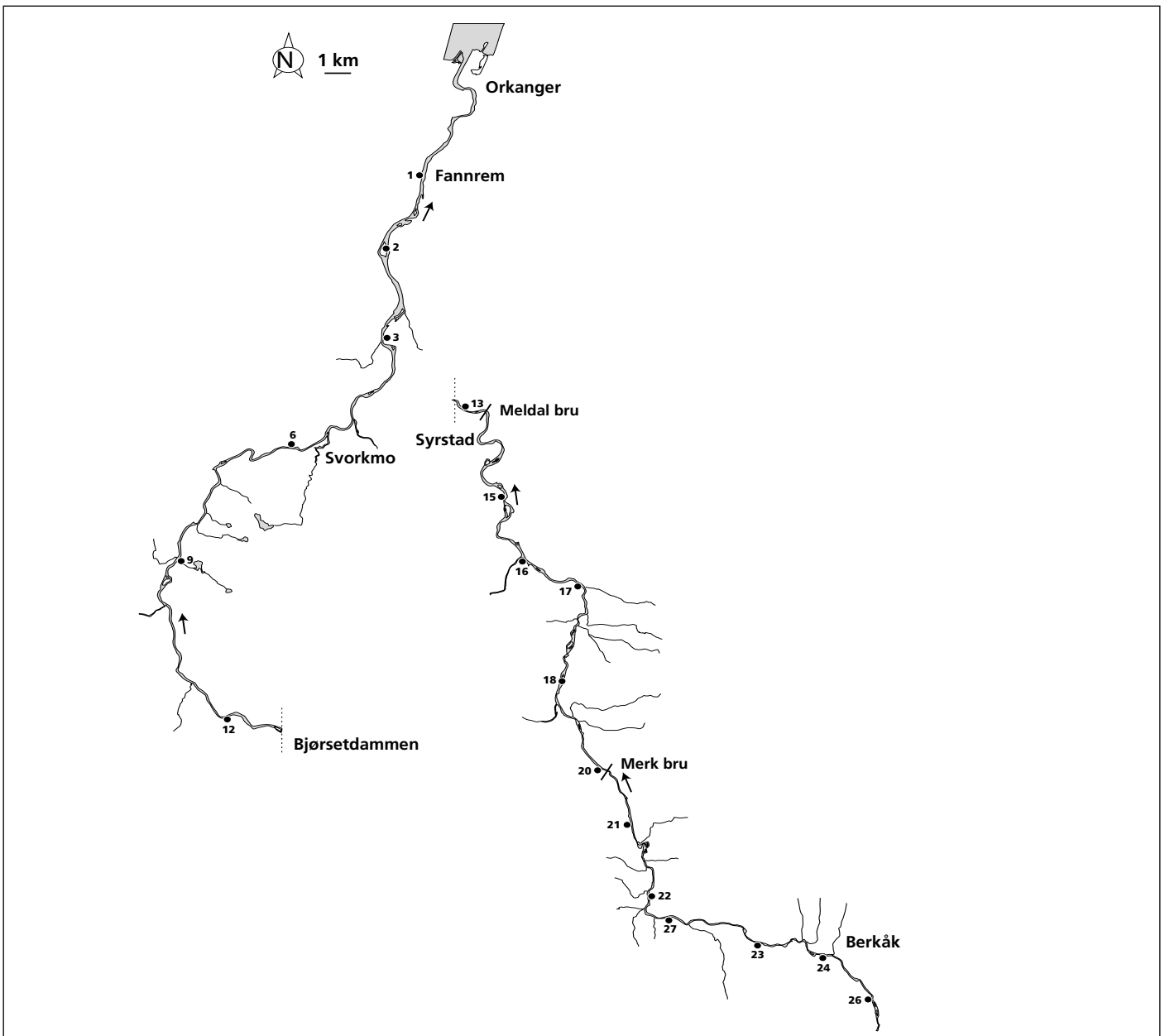
Et sikkert estimat ved hjelp av utfiskingsmetoden (Zippin 1958, Bohlin et al. 1989) forutsetter at fangsten avtar suksessivt fra fiskeomgang til fiskeomgang. Vanligvis avtar fangstefektiviteten med avtakende fiskestørrelse. Det er derfor vanlig at estimater av årsyngel har større usikkerhet enn estimater av ettårige og større fisk. I enkelte tilfelle kan fangsten av årsyngel bli så tilfeldig at beregningsmetoden ikke kan anvendes. Fordi utfiskingsmetoden forutsetter at fangsten avtar fra fiskeomgang til fiskeomgang er den også mindre anvendbar ved lave tettheter hvor fangsten i de ulike fiskeomgangene kan variere mer eller mindre tilfeldig. Dersom vi holder utenfor de 28 tilfellene i vårt materiale av årsyngel hvor tettheten var lavere enn 10/100 m², kunne vi beregne tettheten etter utfiskingsmetoden i 88 av 96 tilfeller, dvs i 92 % av tilfellene. Dette tyder på at metoden var tilfredsstillende for beregning av tettheter av årsyngel. I de tilfellene der beregningsmetoden ikke kunne anvendes har vi antatt en fangsteffektivitet på p = 0,5.

For å unngå store vannføringer har elfisket på delstrekning 2 vært lagt til perioder med stans av Grana kraftverk. I enkelte tilfelle kan elfisket på noen av stasjonene ha foregått relativt kort tid etter en slik stans. Dette kan ha ført til en opphopning av yngel nær land og muligens gitt noe større tettheter av yngel enn hva vi ville ha fått under andre omstendigheter. Vi vet imidlertid ikke sikkert om dette har skjedd eller hvor store utslag en slik eventuell opphopning ville ha gjort på tettheten av yngel.

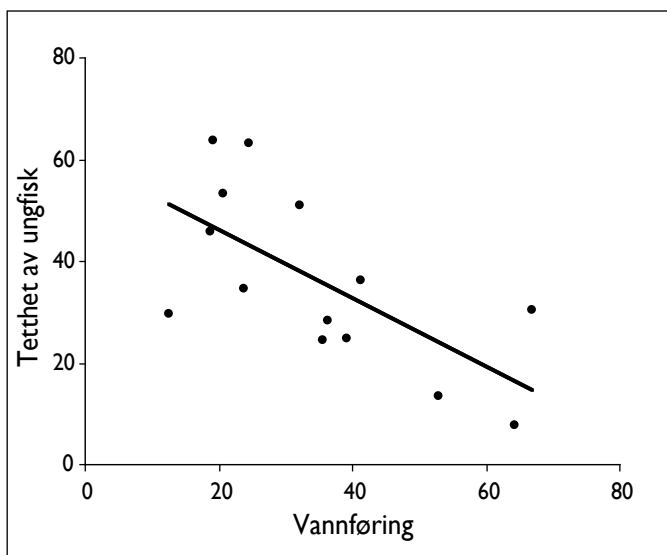
3.4 Ungfisk

Data om tetthet av laks- og aureunger ble samlet inn årlig av NINA fra 1993 t.o.m. 2001 (med unntak av 1998). Innsamlingen ble gjort med elektrisk fiskeapparat på etter sommeren (august/september). De første årene (1993 -1997) ble tolv stasjoner undersøkt, og disse var fordelt

over hele den lakseførende delen av vassdraget. Halvparten av stasjonene var plassert ovenfor, og halvparten nedenfor Bjørsetdammen. Fra 1999 ble all innsats konsentrert om elvestrekningen ovenfor Bjørset, for best mulig å kunne sammenlikne tettheten av ungfisk med smoltestimatene som er blitt utført på samme elvestrekning. Seks av de gamle stasjonene (st. 13, 16, 20, 22, 23 og 26) ble videreført (figur 3.4a), og i tillegg ble seks nye stasjoner opprettet. Den gjennomsnittlige tettheten av fisk på de seks nye stasjonene var ikke signifikant forskjellig fra den gjennomsnittlige tettheten på de seks gamle stasjonene i noen av de tre årene, verken for laks eller aure ($p > 0,05$). I tidsseriene som viser tettheten av fisk fra år til år er likevel bare de gamle stasjonene benyttet. Dette er gjort for at dataene skal være så sammenliknbare som mulig fra år til år. Imidlertid har vi ved beregning av presmolt-tetthet av laks og sammenlikning av presmoltestimater og smoltestimater benyttet alle tilgjengelige data.



Figur 3.4a. Oversiktskart over Orkla med plassering av elfiskestasjoner for ungfiskundersøkelser.



Figur 3.4b. Sammenhengen mellom vannføringen på innsamlingsstidspunktet (x , m^3/s) og gjennomsnittlig tetthet av ungfisk av laks (y , antall fisk eldre enn 0+ pr. $100 m^2$) på de seks stasjonene ovenfor Bjørset (regresjonslinje: $y = -0,669 x + 59,4$, $r^2 = 0,437$, $p < 0,01$).

Alle stasjonene ligger inne ved elvebredden, og har et areal på $100 m^2$. Vanligvis ble $25 m$ av elva avfisket i en bredde på $4 m$ langs land. Stasjonene er merket med maling i begge ender for at samme område skal undersøkes hvert år. Årsyngel av aure og laks er ikke inkludert i tetthetsestimaterne.

Fylkesmannens miljøvernavdeling (FMA) har tidligere utført tetthetsberegninger på en rekke stasjoner i Orkla. Dette ble gjort de fleste år i perioden 1979-1988. Imidlertid er bare dataene fra enkelte av disse årene sammenlignbare med våre data. Dette gjelder årene 1981-1983 og 1987-1989. Disse dataene er med tillatelse fra FMA inkludert i denne rapporten. Da NINA begynte sine undersøkelser i 1993, ble stasjonsnettet til FMA benyttet som grunnlag for valg av stasjoner. Det samme ble gjort ved utvidelsen av stasjonsnettet i øvre del av vassdraget i 1999. Med ett unntak (st. 27) er alle NINAs stasjoner tidligere blitt benyttet av FMA, og nummereringen er også den samme som tidligere.

Vannføringen da feltarbeidet ble gjennomført varierte fra år til år mellom $12,5$ og $66,9 m^3/s$ (målt ved Syrstad). Det var signifikant negativ korrelasjon mellom tetthetsestimaterne for ungfisk av laks og størrelsen på vannføringen (figur 3.4b). For aure var det også negativ korrelasjon, men denne sammenhengen var ikke signifikant. Dette stemmer med andre undersøkelser som har vist at kvantitativt fiske med elektrisk fiskeapparat på høy vannføring gir lavere estimater enn på lav vannføring, og utslagene er større for laks enn for aure (Jensen & Johnsen 1988). Derfor er tetthetstallene for laksunger justert til å gjelde for en fast referansevassføring på $35 m^3/s$, som var gjennomsnittlig vannføring under feltarbeidet de årene som inngår i undersøkelsen.

Tettheten av presmolt av laks er estimert ved å beregne andelen av laksunger som var større enn $100 mm$ i fangstene. Denne grensen ble satt ut fra erfaringstall fra Strynselva. I et betydelig materiale av laksunger fra Strynselva som ble

samlet inn i april over flere år var det for alle aldersgrupper en overvekt av smolt blant fisk som var større enn $105 mm$ (upublisererte data).

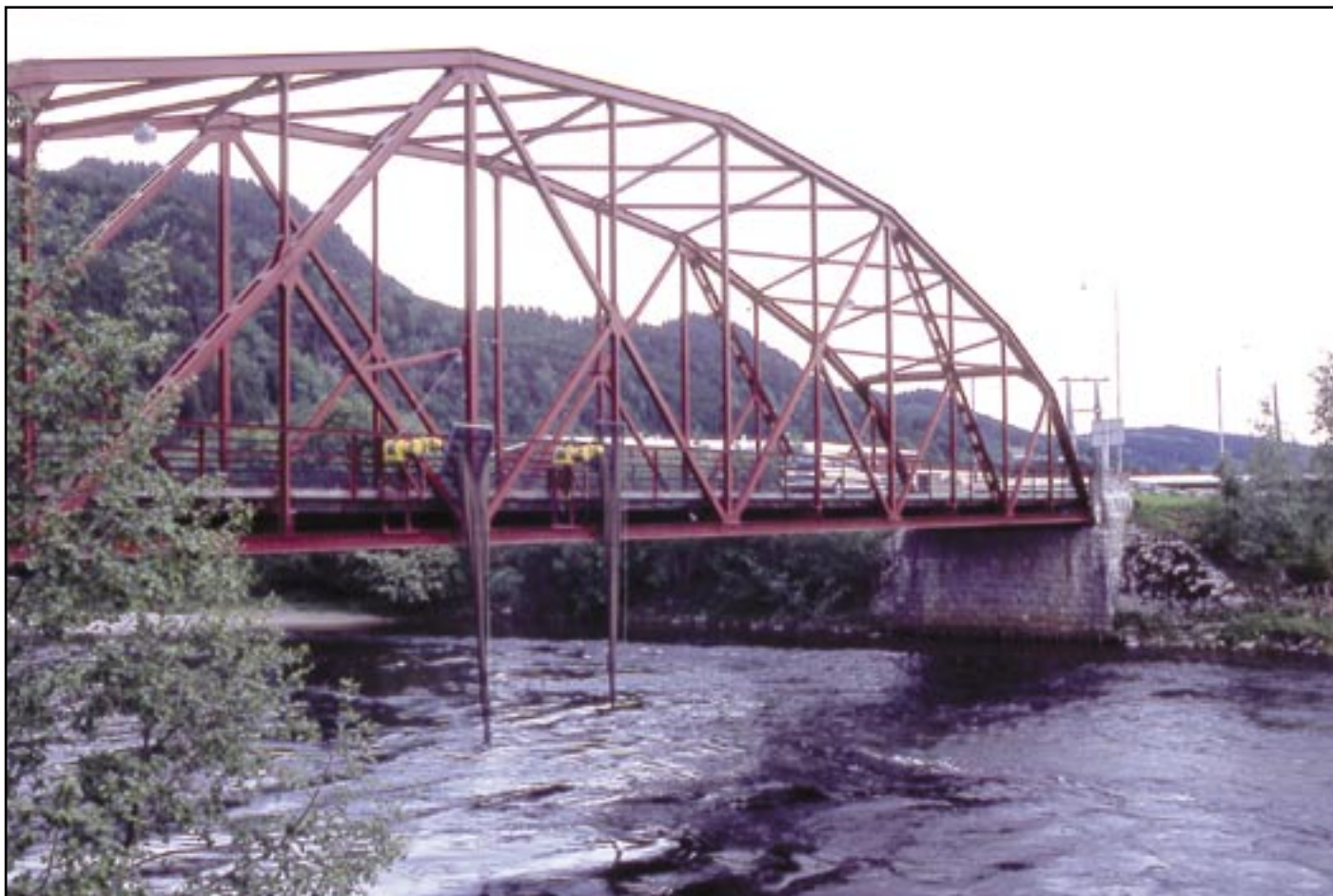
Gjennomsnittslengden av presmolt i Orkla var etter dette kriteriet $114,8 mm$, mens gjennomsnittslengden for smolt var $127,3 mm$ i samme periode. Da tetthetsberegningene i Orkla ble gjennomført i august/september var det fortsatt noe igjen av vekstsesongen. Lengden av 2+ laksunger innsamlet ved Grut i perioden 1989 - 2002 økte i gjennomsnitt $7,3 mm$ fra september til april. Dessuten ble det registrert en tilvekst på ca. $10 mm$ på smolten i løpet av utvandningsperioden, i og med at de siste smoltene som vandret ut var ca. $10 mm$ større enn de første. Ut fra dette var gjennomsnittlig tilvekst i løpet av utvandningsperioden ca. $5 mm$ (halvparten av $10 mm$). Forskjellen i gjennomsnittsstørrelse mellom presmolt og smolt kan derfor forklares med en vekstøkning på $7,3 mm$ fra september til april pluss ca. $5 mm$ tilvekst i løpet av utvandningsperioden. Dette viser at den valgte nedre grense for presmolt på $100 mm$ var realistisk.

3.5 Smoltutvandring

Undersøkelsene har pågått i tiden april til juni fra 1979 til og med 2002, med unntak av 1989. I perioden 1979 til 1982 ble det kun gjennomført atferdsstudier under smoltutgangen. Smoltproduksjonsundersøkelser ble gjennomført i årene 1983 til 1988 og fra 1990 til 2002. Til innsamling av smolt under utvandringen, ble det benyttet fangstfeller som er beskrevet av Tyler & Wright (1974) og Hesthagen & Garnås (1986). Fellene ble manøvrert ved hjelp av vinsjer fra Meldal bru (figur 3.5a, b). Åpningen på fellene var $1 m^2$ og de var påmontert en notpose som var $5,6 m$ lang med en avtakbar bakre del. Maskevidden i posen var $9,5$ til $10,5 mm$. Disse fellene lot seg manøvrere i vannføringer opptil ca. $250 m^3/sek$ i hovedstrømmen. Ved større vannføring ble fellene enten flyttet til mindre strømeksponeerte posisjoner eller det ble benyttet mindre fangstfeller med $1/4 m^2$ lysåpning, eller feldefangsten ble stilt i bero til det var fangstbart.

Innsamlingen av smolt har blitt foretatt med forskjellig hyppighet gjennom døgnet etter som ulike problemstillinger skulle analyseres. De første årene ble fellene benyttet til døgnkontinuerlig innfangning med hyppige tømminger. Etter 1982 har fellene blitt operert døgnkontinuerlig ved lave vannføringer, mens fellene har blitt satt ut kl 2100, ettersett og satt ut på nytt kl 2400 og blitt tatt opp igjen kl 0300 (normaltid) ved stor vannføring. Til beregning av fangst pr. time har fangsttiden mellom kl 2100 og 0300 blitt regnet som effektiv fangsttid, slik at om fellene sto ute hele døgnet ble bare fangsttiden innenfor dette tidsrommet regnet med. Totalt ble det samlet inn $34\ 961$ laksesmolt i perioden 1979 - 2002 (ingen fangst i 1989).

Utvandringen av smolt er korrelert til omgivelsevariabler. Før modelleringen ble dataene klargjort ved å skaffe til veie data om antall smolt fanget, vannføring, vanntemperatur, endringer i vannføring og vanntemperatur fra forrige dag, månephase, nedbør og lufttemperatur. Dager uten fangstinnsett ble



Figur 3.5a. Smoltfeller hengende fra Meldal bru. Foto: Eva B.Thorstad



Figur 3.5b. Smoltfeller ute i elva. Foto: Bjørn Ove Johnsen.

utelatt fra materialet. Døgnet som miljødataene ble hentet fra var døgnet da smoltfella ble åpnet, siden dette best vil beskrive forholdene under og like før smolten vandret ut.

De metoder som er anvendt i denne undersøkelsen er vel-egnet for bruk i overvåking av vassdrag hvor målet er å måle smoltproduksjonen på utvalgte elvestrekninger. De er også velegnet for kartlegging av smoltutvandring og for analyse av hvilke faktorer som er bestemmende for utvandringen. Daglig overvåking av smoltfeller er imidlertid ressurskrevende og bør om mulig kombineres med annen aktivitet i vassdraget for å få ned kostnadene.

Til beregning av antall smolt som passerte gjennom Svorkmo kraftverk ble det benyttet merking og gjenfangst (Ricker 1975). Carlin-merket oppdrettssmolt ble satt direkte i inntaket til kraftverket. Utsettingene foregikk i perioden 1984 -1989, og i alt ble det benyttet 7 800 Carlin-merkede smolt (kfr tabell 5.2.1 og Hvidsten et al. 1997b). Metodene for mengdebestemmelsen av smolt som passerte Svorkmo var de samme som for smoltproduksjonsundersøkelsen. Dødeligheten til smolten som passerte gjennom Svorkmo kraftverk har blitt undersøkt ved parallelle utsettinger av Carlin-merket smolt med en gruppe satt ut direkte i kraftverksinntaket slik at smolten måtte gå gjennom kraftverket og en gruppe nedenfor Bjørsetdammen, som er inntaksdammen til Svorkmo kraftverk.

I perioden 1987 - 1995 ble det merket 7000 villsmolt med Carlin-merker på strekningen mellom Svorkmo kraftverk og Bjørsetdammen. Merkingene har gjort det mulig å undersøke overlevelse i munningsområdet (beiting fra torsk og sei) (Hvidsten & Lund 1988).

Den fellefangete smolten ble undersøkt med hensyn til generelle biologiske parametre som alder, lengde, kjønn, kjønnsmodning og ernæring. Alderen ble bestemt ved hjelp av otolitter og skjell. På grunnlag av lengdefordeling i materialet av utvandrende smolt av laks og aure ble laksunger og aureunger definert som smolt når de var større enn henholdsvis 94 og 99 mm.

Data om vannføring og temperatur er innhentet fra Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE) og Kraftverkene i Orkla (KVO).

3.6 Smoltproduksjon

Smoltproduksjonsundersøkelsene ble satt i gang i 1983. Petersens metode med merking og gjenfangst ble benyttet (Ricker 1975). Metoden bygger på at et antall individer i en populasjon merkes og blander seg med populasjonen. Senere fanges et antall individer og man registrerer antall merkete individer blant disse. Dersom alle individene har samme sannsynlighet for å bli med i utvalget, vil antallet merkete individer være hypergeometrisk fordelt. Dette er grunnlaget for Petersens metode. Det er utarbeidet et eget notat som viser at bruken av Petersen metoden er egnet slik som

den er benyttet i Orkla (notat av 15. mars 1996, ved Steinar Engen, professor i biostatistikk, NTNU).

I mars og april hvert år har presmolt blitt fanget ved hjelp av elektrisk fiskeapparat, merket og sluppet ut igjen i elva (tabell 3.6a). Orkla fra Meldal bru til Brattset kraftverk ble inndelt i tre soner (figur 2.1). Sone I: Meldal bru – Grana (samløp med sideelva Grana), sone II: Grana – Bergsbrua (Rennebu) og sone III: Bergsbrua (Rennebu) – Brattset kraftverk. Presmolt større eller lik 11 cm ble merket ulikt ved finnekling på de ulike sonene. Sone I: fettfinne, sone II: fettfinne og halvparten av høyre bukfinne og sone III: fettfinne og halvparten av venstre bukfinne. Det ble ikke benyttet bedøvelse. Etter merkingen ble fisken oppbevart opptil 60 minutter før de ble satt ut i samme område som de ble fanget. Det var ubetydelig dødelighet hos presmolten ved fanging og merking. Ved å merke fisken forskjellig i ulike soner har en mulighet for å gjennomføre et estimat for presmolttetthet på hele elva for hver av merkesonene.

Under smoltutvandringen ble smolten fanget med feller plassert på Meldal bru (beskrevet i kap 3.5). På grunnlag av gjenfangsten av merkete smolt i fellene, ble totalt antall smolt på elvestrekningen regnet ut ved hjelp av formelen (Ricker 1975):

$$N = (M + 1)(C + 1)/(R + 1)$$

N = Antall smolt ved merking.

M = Antall merkete smolt.

C = Antall smolt tatt i fellene.

R = Antall gjenfangete smolt.

Tabell 3.6a. Fordeling av presmolt merket på strekningen Meldal bru - Brattset hver vår i perioden 1983 til 2002, med unntak av 1989. Presmolten var >10,9 cm ved merking. Sone I = Meldal bru - Grana, sone II = Grana - Rennebu, sone III = Rennebu - Brattset.

År	Sone I	Sone II	Sone III	Total
1983	1497	331	517	2345
1984	1707	590	1094	3391
1985	2130	660	1420	4210
1986	2532	965	1592	5089
1987	2435	1173	1658	5266
1988	2082	1076	1620	4778
1990	1502	912	1733	4147
1991	2361	974	1393	4728
1992	1921	946	2077	4945
1993	2153	1024	1326	4503
1994	2200	1030	1487	4717
1995	2259	903	1558	4725
1996	1487	728	1365	3580
1997	1546	738	1728	4012
1998	1500	684	1856	4040
1999	1728	896	1455	4079
2000	2854	786	1920	5560
2001	1771	446	1642	3859
2002	1391	235	918	2544

Totalfangst og antall fangete smolt er vist i tabell 3.6b. Smoltestimatet gjelder antall smolt som var i elva på merketidspunktet.

Viktige årsaker til variasjonene i antall fangete smolt mellom år (tabell 3.6b) er forskjellig fangsteffektivitet under varierende vannføring de enkelte år, og at ulike maskevidder har blitt benyttet i fangstposene. Den viktigste enkeltfaktoren kan være at notposene ikke er effektive når store mengder av smolt passerer, fordi dette ofte skjer på stor og stigende vannføring som gir tilstopping av notposene. Den store fangsten i 1991 skyldes at vannføringen var liten og ga optimale forhold for å fange smolt under smoltutvandringen. Totalantallet utvandrende smolt har også variert betydelig fra år til år.

3.7 Voksen laks

For å skaffe data om livshistorie hos voksen laks ble det samlet inn skjellprøver i Orkla i perioden 1992 til 2002. Det ble opprettet 82 innsamlingssteder hvor det ble lagt ut skjell-prøvekonvolutter og utstyr for lengdemåling av fisken. I begynnelsen av prosjektet fungerte innsamlingen av skjellprøver som statistikk for oppfisket kvantum laks og sjøaure.

I perioden 1992 – 2002 ble det til sammen samlet inn 4999 skjellprøver av laks og 284 skjellprøver av sjøaure fra sportsfiskere i Orkla ovenfor Bjørsetdammen. Noen av skjell-

Tabell 3.6b. Totalt antall fangete smolt i smoltfellene på Meldal bru og antall gjenfangster av finneklippet fisk fra de ulike sonene i perioden 1983 til 2002 (unntatt 1989). Totalt antall gjenfangster hvert år er også oppgitt.

År	Total fangst	Merket Sone I	Merket Sone II	Merket Sone III	Tot. ant merkede
1983	1258	16	4	4	24
1984	1777	17	6	9	32
1985	779	10	5	3	18
1986	889	10	6	3	19
1987	2848	26	14	22	62
1988	1778	23	13	19	55
1990	2802	10	9	16	35
1991	6524	68	31	27	126
1992	2335	20	7	16	43
1993	989	9	4	1	14
1994	1335	18	11	8	37
1995	1738	31	7	8	46
1996	1179	13	6	6	25
1997	1516	14	4	8	26
1998	1201	18	7	13	38
1999	1839	23	5	18	46
2000	631	10	2	10	22
2001	800	10	8	4	22
2002	1251	7	5	4	16

prøvene inneholdt ikke skjell, men disse er tatt med i rubriken "innsamlet" i tabell 3.7a. De fleste skjellprøvene av laks fra perioden 1992 – 2001 ble analysert, men av prøvene fra 2002 ble mindre enn halvparten analysert. De aller fleste skjellprøvene av sjøaure fra perioden 1992 – 2002 ble analysert (tabell 3.7a).

De aller fleste skjellprøvene av laks var fra villaks (98,3 %). Av et totalmateriale på 4523 laks var bare åtte fisk utsatt fra kultiveringsanlegg, 37 fisk var oppdrettslaks og 30 var av ukjent type (tabell 3.7b). Av toalt antall innsamlede prøver varierte andelen sjøaure mellom 2,2 % (2002) og 13,9 % (1997) (tabell 3.7c).

Tabell 3.7a. Antall innsamlede og antall analyserte skjellprøver av laks og sjøaure fra Orkla ovenfor Bjørsetdammen i perioden 1992 – 2002.

År	Laks		Sjøaure	
	Innsamlet	Analysert	Innsamlet	Analysert
1992	274	274	7	7
1993	493	433	41	41
1994	633	633	54	53
1995	653	636	31	31
1996	374	369	28	28
1997	136	132	22	22
1998	500	500	25	25
1999	261	261	20	19
2000	593	590	26	26
2001	632	509	20	16
2002	450	195	10	0
SUM	4999	4532	284	268

Tabell 3.7b. Antall skjellprøver av laks analysert, antall villaks, antall kulturlaks, antall oppdrettslaks og antall laks av ukjent opprinnelse i skjellprøvematerialet fra Orkla ovenfor Bjørsetdammen i perioden 1992 – 2002.

År	Antall analysert	Antall villaks	Antall kulturlaks	Antall oppdrettslaks	Antall av ukjent type
1992	274	269	0	3	2
1993	433	429	0	4	0
1994	633	630	0	3	0
1995	636	629	0	7	0
1996	369	362	0	7	0
1997	132	127	0	5	0
1998	500	473	7	3	17
1999	261	256	0	3	2
2000	590	584	1	1	4
2001	509	505	0	1	3
2002	195	193	0	0	2
SUM	4532	4457	8	37	30

Totalt antall skjellprøver av villaks fordelt på sjøalder og kjønn er vist i tabell 3.7d. Åtte villaks med sjøalder 5 er ikke tatt med i tabellen. Av de 4457 skjellprøvene av villaks var det 21 hvor sjøalderen ikke lot seg bestemme.

Laksen som inngår i vårt skjellprøvemateriale er kjønnsbestemt av den enkelte sportsfisker. De fleste sportsfiskerne ønsker å fryse fangsten hel for å bevare kvaliteten på fisken. De fleste fiskene er derfor kjønnsbestemt kun ved hjelp av ytre kjennetegn. Vi antar at kun en liten andel har vært åpnet ved kjønnsbestemmelsen, men vi vet ikke hvor stor denne andelen er. I 2003 ble sportsfiskerne bedt om å krysse av i en egen rubrikk på skjellkonvolutten om fisken var åpnet for kjønnsbestemmelse. Det viste seg at 97,3 % av laksen var kjønnsbestemt, men bare 13,2 % av disse var åpnet for kjønnsbestemmelse. Hele 78,5 % av prøvene hadde kryss for at de ikke var åpnet. Materialet av laks som er åpnet for kjønnsbestemmelse er for lite til at vi kan sammenligne kjønnsfordeling i gruppen "åpnet for kjønnsbestemmelse" med gruppen "ikke åpnet for kjønnsbestemmelse".

Tabell 3.7c. Antall skjellprøver av laks og sjøaure innsamlet og prosentandel sjøaure i skjellmaterialet fra Orkla ovenfor Bjørsetdammen i perioden 1992 – 2002.

År	Laks	Sjøaure	% andel sjøaure
1992	274	7	2,5
1993	493	41	7,7
1994	633	54	7,9
1995	653	31	4,5
1996	374	28	7,0
1997	136	22	13,9
1998	500	25	4,8
1999	261	20	7,1
2000	593	26	4,2
2001	632	20	3,1
2002	450	10	2,2
SUM	4999	284	5,4

Det kan være vanskelig å kjønnsbestemme laks på grunnlag av ytre kjennetegn. Dette gjelder særlig smålaks mens kjønnsbestemmelse av mellomlaks og storlaks vil kunne gjøres med stor grad av sikkerhet ved hjelp av ytre kjennetegn. I gruppene ensjøvinter, tosjøvinter, tresjøvinter og firesjøvinter er det henholdsvis 6,5 %, 5,3 %, 4,3 % og 1,3 % som ikke er kjønnsbestemt. Dette tyder på at sportsfiskerne har vært noe mer tilbakeholdne med å kjønnsbestemme smålaksen på bakgrunn av ytre kjennetegn.

3.8 Tellinger

Laks på oppvandring blir talt på Bjørsetdammen i Meldal. Bjørsetdammen er 80 meter brei, og damkrona er delt opp i fire seksjoner a 20 meter. Tellingen foregår ved hjelp av en Logie fisketeller. Tre parallelle elektrodeskiner ligger støpt fast i epoxy i to av de fire seksjonene. Det er individuelt regulerte damluker på hver av seksjonene. Normalt vil alt vann gå over én luke, ved større vannføringer vil det også gå vann over to luker. Ved stor flom går det vann over mer enn to luker og det kan da passere fisk som ikke blir talt. Det har ikke vært mulig å estimere hvor mye fisk som går på stor flom og således ikke hvor mye laks som ikke blir talt. Imidlertid er det gjort et estimat som viser at vannoverløp over mer enn to seksjoner utgjør mindre enn 5 % av oppvandringstida for laks.

Skinne ligger på tvers av elvestrømmen og har en innbyrdes avstand på 45 cm. Når fisk passerer skinnene registreres en endring i den elektriske motstanden som skyldes at fisk leder elektrisk strøm bedre enn vann. Telleren har innbygd en matematisk modell som kan sjeldne mellom fisk og ulike motstandsendringer som kan ligne på fisk (events). Optimale telleforhold oppnås når laksen vandrer rett mot elvestrømmen og passerer nært over elektrodene. Fisken må passere elektrodene innenfor et 4 sekunders intervall for å bli talt. Telleren registrerer både opp og nedvandrende fisk, men skiller ikke mellom laks og sjøaure. Ved nedvandring vandrer laksen ofte høyt i vannlaget og dette gir svakere signal

Tabell 3.7d. Totalt antall skjellprøver av villaks (Tot. ant), antall med ukjent sjøalder (Sjøalder?), antall med ukjent kjønn (?), antall hanner og antall hunner av ensjø-, tosjø-, tresjø- og firesjøvinter laks i skjellprøvematerialet fra Orkla for perioden 1992 – 2002.

År	Tot. ant.	Sjøalder?	Ensjøvinter		Tosjøvinter			Tresjøvinter			Firesjøvinter			
			?	Han	Hun	?	Han	Hun	?	Han	Hun	?	Han	Hun
1992	269	9	4	52	7	7	31	52	15	38	48	0	3	3
1993	429	3	14	143	40	5	45	62	4	44	63	1	2	3
1994	629*	8	23	342	65	2	30	25	3	50	72	0	5	4
1995	627**	0	3	64	14	15	126	210	8	61	117	0	3	6
1996	362	0	4	58	10	1	12	21	9	99	137	0	5	6
1997	127	0	4	35	4	1	12	25	1	12	19	0	7	7
1998	471**	1	12	316	34	2	23	34	1	15	26	0	4	3
1999	256	0	0	77	7	10	50	88	0	12	10	0	2	0
2000	583*	0	30	283	41	4	47	88	2	26	55	0	4	3
2001	504*	0	30	218	23	17	83	93	0	15	16	0	2	7
2002	192*	0	8	47	7	7	37	63	0	14	9	0	0	0
SUM	4457	21	132	1635	252	71	496	761	43	386	572	1	37	42

enn ved oppvandring da laksen som regel vandrer like over bunnen. For å telle enkeltlaks kreves det at det er et halvt sekund mellom hver fisk som passerer. Dersom flere fisk går sammen kan dette bli talt som en større fisk.

Logie fisketellere stiller visse krav til omgivelsene på stedet der tellingene skal foregå. Vannstrømmen over elektrodene bør være mest mulig laminær, det vil si med minst mulig turbulens. Videre bør det ikke være luftinnblanding i vannet. Plasseringen av telleren bør være på områder der laksen og sjøauren i liten grad foretar opp- og nedvandring. Telleren oppgir tre ulike telldata. Den teller fisk som vandrer opp, fisk som vandrer ned, og hendelser som ligner på fisk (events) som enten vandrer opp eller ned. Telleren angir dato, klokkeslett og en relativ størrelse på fisken. Telleren i Orkla er konfigurert spesielt for forholdene på Bjørsetdammen. Vannet har ulik ledningsevne over tid og i ulike elver. Ledningsevnen måles automatisk hver halvtime og strømstyrken ut fra telleren justeres i forhold til ledningsevnen. Det fins to forskjellige muligheter for å tilpasse telleren slik at nøyaktigheten blir best mulig. Dette er:

1. Størrelsesseleksjon på fisken ut fra signalstyrke.
2. Strømstyrke ut fra telleren (følsomhet).

1. Med størrelsesseleksjonen kan en velge bort den minste fisken, men det er en mulighet for å ta ut stor fisk som har et lite signal (dersom en stor fisk går i overflata).

2. Strømstyrken bestemmer strømsignalet som går ut fra telleren.

På grunn av lengden på elektrodene, er telleren på Bjørsetdammen konfigurert til en meget høy følsomhet. Telleren har vært justert i perioden for å forsøke å redusere antall events, uten at vi kan dokumentere effekten av dette.

Telleren ble kontrollert ved hjelp av video-overvåking i perioder med god sikt (figur 3.8a). Det ble benyttet både uavhengig videoopptak og opptak der opptakene ble styrt av telleren (prealarmfunksjon). Prealarmfunksjon gir stor filmhastighet når telleren registrerer telling eller hendelser (Hvidsten & Lamberg 1999, Lamberg et al. 2001). Videoopptakene viste at antall fisk som vandrer opp over telleren ble talt med en korreksjonsfaktor på +0,9 %. Det vil si at det ble registrert 0,9 % flere fisk på videobildene enn på telleren. Antall nedvandrende fisk ga et større avvik (+25 %). I tillegg viste det seg at en del av de registrerte "events" faktisk var fisk. De fleste var oppvandrerere og etter en samlet vurdering av opp- og nedvandrende fisk som telleren hadde registrert som "events", endte vi opp med en korreksjonsfaktor på +39 %. I korte tidsperioder ble det registrert "events" i stort antall (opptil mange tusen). Disse ble tatt ut fordi de var urimelige mange i forhold til hvor mye fisk som kunne vandre)

Vi får dermed følgende korrigeringer:

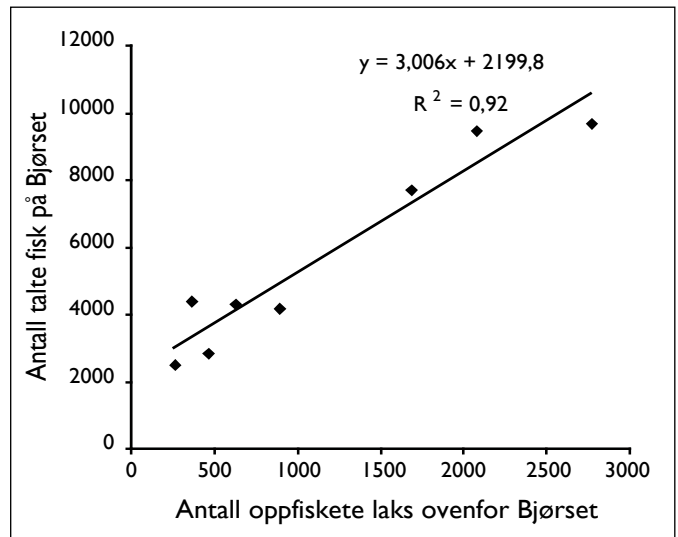
Antall talt opp = antall talt opp på telleren * 1,009
 Antall talt ned = antall talt ned på telleren * 1,25
 Antall events = (antall talte events) * 0,39

Det vil si:

**Antall oppvandrerere = antall talt opp + antall events
 – antall talt ned**

Antall oppvandrerere beregnet på denne måten i 1994 og i perioden 1996 – 2002 er vist i tabell 3.8.

I de åtte årene telleren var operativ ble det funnet signifikant sammenheng mellom antall laks talt på fisketelleren på Bjørsetdammen og antall laks fisket oppstrøms Bjørsetdammen samme år (figur 3.8). Dette tyder på stor grad av pålitelighet av tellingene. Telling av vandrende fisk med Logie-teller kan derfor være en velegnet metode for å overvåke vandrende fisk spesielt i store vassdrag hvor det ikke finnes trapper hvor all fisken må passere. I slike vassdrag vil Logie-tellere kunne brukes for å tilpasse fisket etter bestandsforholdene ved å regulere fisket i forhold til hvor mange fisk som har passert. Har man flere slike tellere utplassert i et vassdrag, vil man kunne sikre en god fordeling av gytebestanden ved å tilpasse fisket til oppvandringen i de ulike elveavsnitt. Metoden krever imidlertid at utstyret overvåkes og justeres jevnlig.



Figur 3.8. Sammenhengen mellom antall fisk talt på fisketelleren på Bjørset (1994 og 1996 – 2002, talt ut september måned) og antall laks fisket ovenfor Bjørset (sone 3 og sone 4, 1. juni - 1. september).

Tabell 3.8. Antall oppvandrende laks og aure i 1994 og i perioden 1996 - 2002

År	Periode	Antall
1994 ¹⁾	-14/9	4305
1996	25/4 - 30/9	4405
1997	15/5 - 30/9	2509
1998	16/4 - 30/9	4171
1999	22/4 - 30/9	2827
2000	8/5 - 30/9	7719
2001	13/5 - 30/9	9481
2002	12/5 - 30/9	9683

1) Før 11/7 ble all laks talt bare ved hjelp av videoovervåking.



Figur 3.8a. Logietelleren på Bjørsetdammen ble kontrollert ved hjelp av videoovervåkning. Foto: Eva B.Thorstad

4 Ungfisktetthet og smoltproduksjon

4.1 Rogn

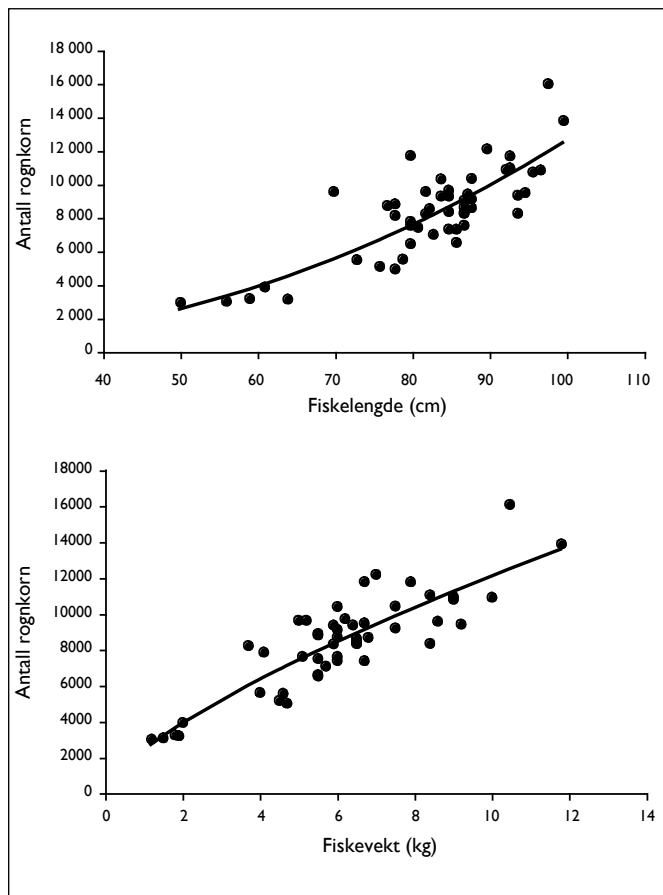
Det fins liten kunnskap om mengden rogn som trengs for å oppnå optimal produksjon av laks. Samtidig er behovet for kunnskap om den enkelte bestand av laks stort. Med et kjent gytebestandsmål for ei elv vil det være mulig å høste i forhold til bestandenes bæreevne. Dette er viktig for at bestander av laks ikke blir truet av overfiske, samtidig med at eierinteressene får mulighet til å tilby et fiske som er forutsigbart og basert på en bærekraftig bestand av laks.

Mengden rogn som blir lagt i ei elv danner grunnlaget for smoltproduksjonen. Det vil være mengden rogn som blir lagt og overlevelsen fra rogn til yngel og smolt som avgjør om smoltproduksjonen blir optimal i forhold til produksjonsgrunnlaget. Det er en rekke begrensende faktorer som regulerer produksjonen av smolt. Fordeling av rogn i forhold til tilgjengelige oppvekstplasser er viktig. En innebygd atferd hos yngel av laks gjør at den holder seg nært opp til gytegropa den kom fra. Både mengde rogn og fordeling av rogn i elva er derfor viktig for å beskrive et gytebestandsmål.

Mengde rogn som blir lagt i ei elv er avhengig av antall gytefisk og størrelsen på fisken. Stor laks har større rogn enn smålaks. Gjennomsnittlig antall rogn per kg fisk var 1462 i vårt materiale av lakserogn fra Orkla. Det var signifikant flere rogn per kg hos mellomlaks i forhold til storlaks ($p = 0,01$) (Tabell 4.1a). Gjennomsnittlig antall rogn/kg hos mellomlaks (3 – 7 kg) i Orkla var 1522 og variasjonen mellom ulike fisk og år for denne størrelsesgruppen var 1104 – 2518 rogn/kg. Det synes som om 1500 rogn pr kg hunnfisk representerer en gjennomsnittlig fekunditet i Orkla. Dette har imidlertid sammenheng med at hunnlaksen er dominert av mellomlaks.

Sammenhengen mellom antall rognkorn og lengde og vekt (i dette materialet) er gitt ved følgende regresjonsligninger (N = antall egg, L = fiskens lengde, V = fiskens vekt (rogn inkludert)):

Orkla rognmodell (lengde): $\text{Log}_{10}N = -0,468 + 2,283 \cdot \text{Log}_{10}L$
($r^2 = 0,75$; $p < 0,000$)



Figur 4.1. Sammenhengen mellom antall rognkorn og lengde (øverst) og vekt (nederst) hos laks i Orkla. Laksen ble samlet inn i regulær fisketid i årene 1998 - 2002.

Tabell 4.1a. Antall fisk undersøkt (n), gjennomsnittlig antall rogn/kg og minimum og maksimum (min – maks) antall rogn/kg hos ulike vektclasser av laks fra Orkla i perioden 1998 – 2002.

Vektklasse	Antall fisk undersøkt	Gjennomsnittlig antall rogn/kg	Min.- max. rogn/kg
< 3 kg	4	1203	1070 - 1496
3 – 7 kg	32	1522	1104 - 2518
> 7kg	12	1363	995 – 1919
Alle	50	1462	995 – 2518

Tabell 4.1b. Antall rogn av ensjø-, tosjø-, tresjø- og firesjøvinter laks, sum rogn og egg tetthet (n/m^2) i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen i 1994 og 1996 – 2002.

År	Ensjøvinter	Tosjøvinter	Tresjøvinter	Firesjøvinter	SUM	Egg tetthet n/m^2
1994	1.325.621	1.005.052	4.189.570	281.409	6.801.653	2,23
1996	409.319	1.937.287	15.664.097	793.880	18.804.582	6,16
1997	213.481	2.765.097	3.051.538	1.494.222	7.524.338	2,46
1998	721.643	1.763.098	1.585.642	282.926	4.353.309	1,43
1999	214.717	6.385.081	937.123	0	7.536.921	2,47
2000	1.687.768	7.292.983	6.415.460	369.509	15.765.719	5,16
2001	1.416.399	11.828.278	2.493.720	1.284.373	17.022.770	5,57
2002	918.821	19.990.398	3.719.055	0	24.628.274	8,06

Orkla rognmodell (vekt): $\text{Log}_{10}N = 3,371 + 0,71 \cdot \text{Log}_{10}V$ ($r^2 = 0,82$; $p < 0,000$)

Dette betyr at store individer har lavere rogn tall pr. kg fiskevekt enn mindre individer.

Modellen som inneholder fiskens vekt gir noe høyere forklaringsgrad enn den tilsvarende modellen med fiskens lengde (figur 4.1), men forskjellen var liten. I våre beregninger av antall rogn har vi valgt å bruke modellen som baserer seg på lengde fordi fiskelengde er oppgitt i flere tilfeller enn fiskevekt i skjellprøvematerialet.

4.1.1 Rogntetthet i perioden 1994 - 2002

I perioden 1994 – 2002 har vi talt antall oppvandrende fisk over Bjørsetdammen fordelt på laks og aure. Vi har også oppgaver over antall laks oppfisket på strekningen og kan dermed beregne hvor mange gytefisk som var tilbake. Med basis i skjellprøvematerialet har vi beregnet antall hunnfisk i hver sjøårsklasse (ensjø-, tosjø-, tresjø- og firesjøvinter) og gjennomsnittslengden for hunnene i hver sjøårsklasse. Lengdemodellen ble så benyttet til å beregne eggantallet for hver sjøårsklasse, eggantallet totalt og egg tettheten i Orkla i denne perioden (tabell 4.1b). Tettheten av egg varierte mellom 1,43/m² (1998) og 8,06/m² (2002). To- og tresjøvinterlaks ga alle år de største bidragene til antall lagte lakserogn. Både ensjøvinter og firesjøvinter laks ga imidlertid bidrag til totalmengden av lakserogn. I 1994 utgjorde antall rogn fra ensjøvinterlaks 18 % av rogn.

4.1.2 Rogntetthet i perioden 1979 - 1993

Smoltproduksjonsberegningene kom i gang i 1983, men tellingene av oppvandrende laks over Bjørsetdammen startet først i 1994. Nedenfor har vi forsøkt å forlenge tidsserien for antall lagte rognkorn bakover i tid for å korrelere antall rogn med smoltproduksjonsmålingene.

Vi har ingen oppgaver over antall gytefisk for perioden 1979 - 1993. For å finne ut dette har vi benyttet oss av at det var signifikant sammenheng mellom antall registrerte passeringer over telleren på Bjørset (x) og statistikken over antall oppfiskete laks ovenfor Bjørset (y) i 1994 og i perioden 1996 - 2002 (figur 3.8). Dette forholdet mellom antall registrerte fisk opp og antall oppfiskete laks registrert i statistikken kan beskrives av ligningen:

$$y' = 2199,787 + 3,006x \quad (r^2 = 0,92 \quad df = 5 \quad p = 0,0002) \quad y' = \text{antall fisk talt}, x = \text{antall oppfisket ovenfor Bjørset (kap 3.8)}.$$

Vi har benyttet denne ligningen til å beregne antall oppvandrerere over Bjørsetdammen for hvert av årene i perioden 1979 – 1993 og 1995. En forutsetning for dette regnestykket er at fangststatistikken har vært like representativ for oppfisket kvantum laks i hele perioden.

Andelen aure blant den oppvandrende bestanden har vi satt til 5,4 %, som er gjennomsnittlig andel aure i skjellmaterialet for 1992 – 2002 (kfr. tabell 3.7c).

Tabell 4.1c. Beregnet antall oppvandrerere av laks forbi Bjørsetdammen, andel aure, antall oppfiskete laks, andel hunner og antall gytehunner i perioden 1979 - 2002.

År	Antall forbi Bjørsetdammen	Andel Aure	Antall oppfisket ovenfor Bjørsetdammen	Andel hunner	Antall gytehunner
1979	6041	5,4 *	1278	0,35	1553
1980	4553	5,4 *	783	0,5	1762
1981	2952	5,4 *	196	0,5	1298
1982	3035	5,4 *	278	0,5	1297
1983	3303	5,4 *	367	0,5	1379
1984	4172	5,4 *	656	0,5	1645
1985	5434	5,4 *	1076	0,5	2032
1986	6305	5,4 *	1366	0,5	2299
1987	8822	5,4 *	2203	0,5	3071
1988	4788	5,4 *	861	0,42	1541
1989	7713	5,4 *	1834	0,5	2731
1990	5683	5,4 *	1159	0,5	2109
1991	4154	5,4 *	650	0,46	1509
1992	4728	2,5	567	0,47	1900
1993	4109	7,7	635 **	0,42	1326
1994	4305	7,9	630	0,27	900
1995	4006	4,5	601 **	0,58	1870
1996	4405	7	367	0,48	1790
1997	2509	13,9	260	0,46	874
1998	4171	4,8	892	0,22	677
1999	2847	7,1	468	0,42	914
2000	7719	4,2	1683	0,34	1942
2001	9481	3,1	2079	0,31	2204
2002	9683	2,2	2770	0,45	3015

[†] Antall er talt på telleren. * Gjennomsnittlig andel aure i perioden 1994 - 2002. ** Beregnet som 29,8 % av totalt antall oppfisket laks i Orkla i perioden 1972 - 1989.

Siden gjennomsnittlig smoltalder i Orkla har ligget mellom 3 og 4 år, har vi valgt å starte med 1979. For perioden 1979 - 1990 fins det laksestatistikk for Orkla med opplysninger om antall laks fanget og totalvekt fordelt på fire soner (kfr kap. 6.3) (Langeland & Andersen 1990). Denne statistikken inneholder ikke størrelsesfordeling og det er derfor ikke mulig å dele inn laksen etter sjøalder.

Antall oppfiskete laks ovenfor Bjørset fremgår av den offisielle statistikken. Data for 1993 og 1995 mangler imidlertid, men er beregnet som 29,8 % av totalt antall oppfisket laks i Orkla. Dette tilsvarer den gjennomsnittlige andelen som ble fisket ovenfor Bjørset i perioden 1972 - 1989 (tabell 4.1c).

Vi trenger å vite andelen hunnfisk i gytebestanden for hvert år for å beregne rognantallet. Vi har benyttet sammenhengen mellom gjennomsnittsvekt for hele bestanden og andel hunnfisk i perioden 1992 til 2002 til å beregne andelen hunnfisk i perioden før 1992 (figur 4.1.2). Denne sammenhengen kan uttrykkes i følgende ligning:

$$y = 0,402x - (0,036)x^2 - 0,619 \quad (p = 0,005)$$

y = andel hunnfisk, x = gjennomsnittsvekt for hele bestanden.

Vi forutsetter at den oppfiskete laksen har samme kjønnsfordeling som den laksen som er tilbake for å gyte. Ved gjennomsnittsvekt større enn 4,5 kg i bestanden har vi satt andelen hunnfisk til 50 %.

Tabell 4.1d. Beregnet antall gytehunner ovenfor Bjørsetdammen, gjennomsnittsvekt for hele bestanden, antall rogn og antall egg/m² i perioden 1979 til 2002. Beregnet på grunnlag av alle sjøaldersklasser.

År	Antall gytehunner	Gjennomsnittsvekt (kg) for hele bestanden	Antall rogn	Antall egg per m ²
1979	1553	3,53	8222474	2,74
1980	1762	4,84	12792621	4,26
1981	1298	6,4	12463642	4,15
1982	1297	7,53	14644589	4,88
1983	1379	5,29	10940929	3,65
1984	1645	4,81	11871244	3,96
1985	2032	4,8	14632430	4,88
1986	2299	5,13	17692844	5,90
1987	3071	7,08	32617270	10,87
1988	1541	4,06	9383156	3,13
1989	2731	4,73	19378212	6,46
1990	2109	5,19	16415132	5,47
1991	1509	4,51	10206049	3,40
1992	1900	5,28	15048919	5,02
1993	1326	4,16	8275456	2,76
1994	900	3,34	4511126	1,50
1995	1870	5,22	14644789	4,88
1996	1790	6,44	17293641	5,76
1997	874	4,43	5808491	1,94
1998	677	2,64	2682244	0,89
1999	914	3,52	4827411	1,61
2000	1942	3,54	10312087	3,44
2001	2204	3,48	11502310	3,83
2002	3015	4,19	18949201	6,32

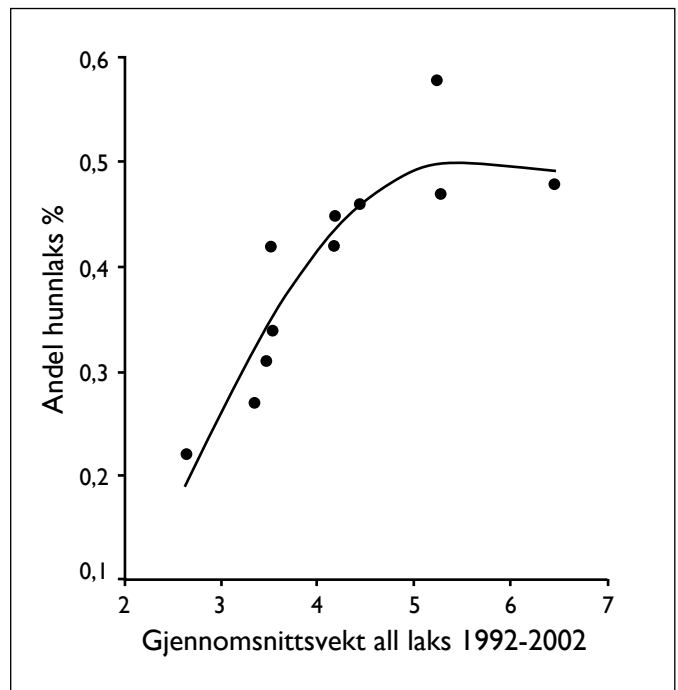
Relativ fekunditet avtar med fiskestørrelsen (se ovenfor). Ut fra en gjennomsnittsbetraktning har vi derfor satt gjennomsnittlig antall rogn per kg hunnfisk til 1500.

Ved hjelp av denne beregningsmetoden har vi funnet et antall egg/m² for hvert av årene i perioden 1979 - 2002. I henhold til disse beregningene varierte antall egg/m² mellom 0,89 (1998) og 10,87 (1987) (tabell 4.1d).

Sammenligner vi denne metoden for beregning av eggtetthet ("vektmetoden") med den metoden vi tidligere har brukt hvor vi beregnet antall rogn for hver sjøårsklasse ("modell Orkla") (kfr kap. 4.1), ser vi at "vektmetoden" underestimerer eggtettheten i alle årene sammenlignet med "modell Orkla" (tabell 4.1e). Dette kan skyldes at "vektmetoden" er basert på en gjennomsnittstørrelse for hunnfisken og ikke på en eksakt størrelsesfordeling.

Tabell 4.1e. Sammenligning år for år av eggtetthet (n/m²) beregnet ved hjelp av "vekt - metoden" og ved hjelp av "Modell Orkla" i perioden 1994 - 2002.

År	"Vektmetoden"	"Modell Orkla"
1994	1,50	2,23
1995	4,88	-
1996	5,76	6,16
1997	1,94	2,46
1998	0,89	1,43
1999	1,61	2,47
2000	3,44	5,16
2001	3,83	5,57
2002	6,32	8,06



Figur 4.1.2. Sammenhengen mellom gjennomsnittsvekt hos oppfisket laks og andelen hunnlaks oppgitt av fiskerne i perioden 1992-2002.

4.2 Årsyngel og ettårige laksunger

Innledning

Den beregnede egg tettheten oppstrøms Bjørsetdammen i 1998 var lav (kfr. tabell 4.1b), og det ble stilt spørsmål om dette kunne registreres på forekomst og tetthet av årsyngel året etter. Dette var bakgrunnen for at det ble satt i gang undersøkelser i 1999. I 1999 var egg tettheten større og i 2000, 2001 og 2002 betydelig større enn i 1998 (kfr. tabell 4.1b). Denne betydelige variasjonen i egg tetthet danner derfor et godt utgangspunkt for å undersøke om tilsvarende variasjoner kunne registreres i tetthetene av årsyngel året etter og ettårige laksunger to år etter i denne perioden.

Metoder

På strekningen Bjørsetdammen – Stoin ble Orkla delt inn i 10 delstrekninger (kfr. tabell 3.3) Til sammen 23 elfiskestasjoner ble anlagt på fire av disse delstrekningene for å gjennomføre undersøkelser av årsyngel og ettårige laksunger:

Delstrekning 2: Sya – Å bru (8 elfiske stasjoner)

Delstrekning 6: Lien – Bergsbrua (5 elfiske stasjoner)

Delstrekning 7: Bergsbrua – Gunnes (5 elfiske stasjoner)

Delstrekning 8: Gunnes – Skjephaugbua (5 elfiske stasjoner)

Den enkelte elfiskestasjon ble lagt langs land i nærheten av et kulp/stryk område som ble antatt å være gyteområde for laks. Delstrekning 2 ligger nedstrøms utløpet fra Grana kraftverk mens de andre delstrekningene ligger etter hverandre på en 14,4 km lang del av elvestrekningen mellom Grana kraftverk og Brattset kraftverk.

4.2.1 Årsyngel

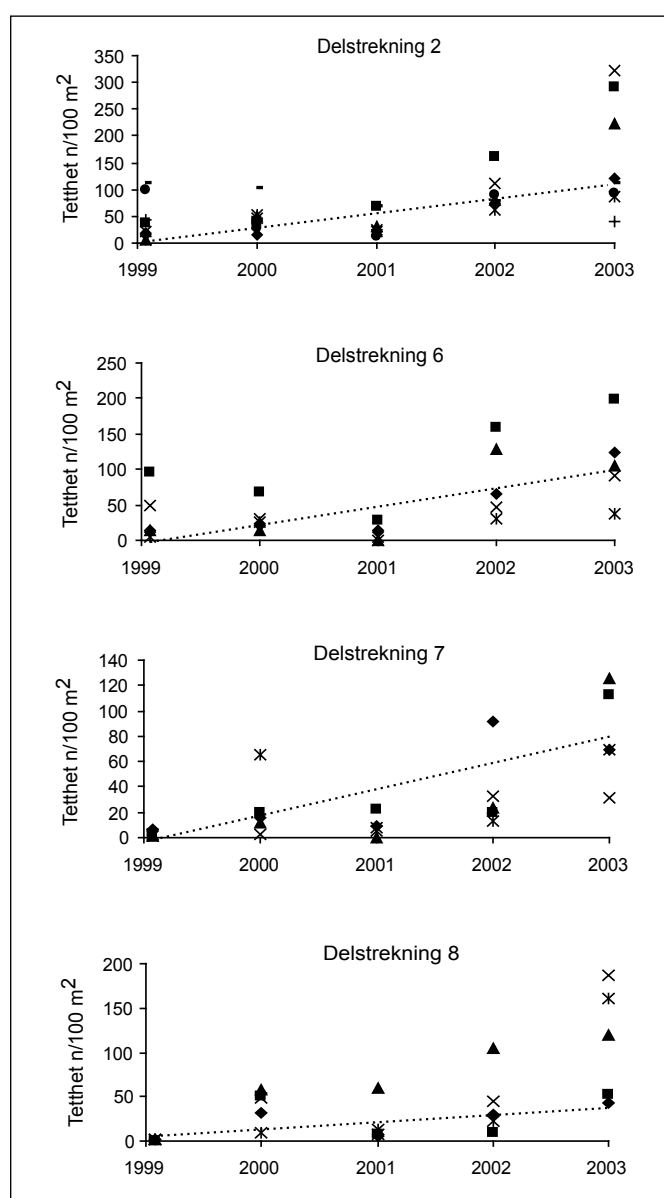
Ser vi alle delstrekningene under ett ble det funnet høyest gjennomsnittlig tetthet av årsyngel i 2003 og nest høyest tetthet i 2002 (tabell 4.2.1). Den gjennomsnittlige tettheten av årsyngel på alle delstrekningene hadde en sterkt økende tendens i hele perioden dersom vi ser bort fra 2001, da tettheten var på sitt laveste nivå (tabell 4.2.1). Den gjennomsnittlige egg tettheten økte imidlertid jevnt i hele perioden. Mangelen på samsvar mellom egg tetthet i 2000 og yngeltetthet i 2001, kan skyldes ujevn fordeling av gytebestanden i 2000 og at denne ujevne fordelingen ikke ble fanget opp av våre undersøkelser som omfattet bare fire av de 10 delstrekningene mellom Bjørsetdammen og Stoin.

Tabell 4.2.1. Gjennomsnittlig tetthet av 0+ laks (n/100 m²) på de 4 delstrekningene i Orkla i 1999, 2000, 2001, 2002 og 2003

Delstrekning	1999	2000	2001	2002	2003
2. Sya – Å bru	42,9	47,3	34,3	92,0	161,1
6. Lien – Bergsbrua	35,7	31,3	9,7	85,7	110,9
7. Bergsbrua – Gunnes	2,7	22,8	8,7	36,0	81,7
8. Gunnes – Skjephaugbua	1,4	39,1	18,9	42,0	112,7
Gj. sn	20,7	35,1	17,9	63,9	116,6

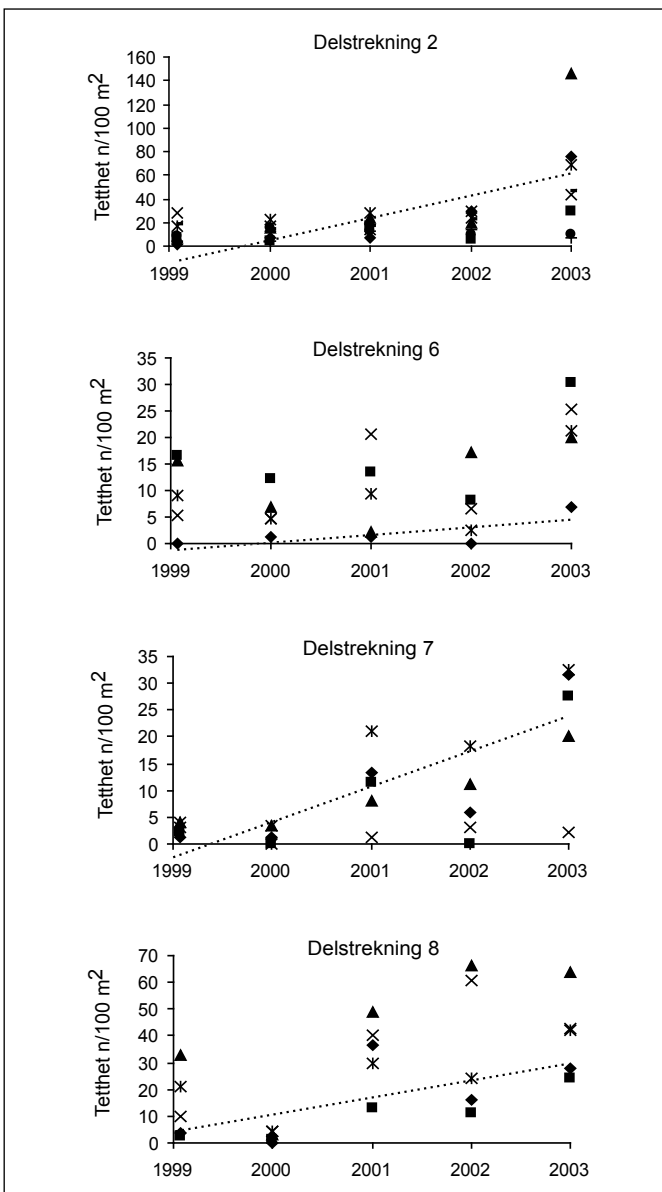
Tettheten viste en økende tendens i løpet av undersøkelsesperioden på alle delstrekningene. Det var imidlertid store variasjoner mellom stasjonene på den enkelte delstrekning (tabell 4.2.1, figur 4.2.1). På delstrekningene 2 og 6 var tettheten på samme nivå de to første årene, sank i 2001, for deretter å øke kraftig de to siste årene i perioden. På delstrekning 7 var tettheten svært lav i 1999 økte i 2000, men sank til et lavt nivå igjen i 2001 for deretter å øke de to siste årene. Også på delstrekning 8 var tettheten svært lav i 1999, økte i 2000, sank noe igjen i 2001, for deretter å øke kraftig de to siste årene. På samtlige delstrekninger var gjennomsnittlig tetthet av 0+ høyest i 2003 og nest høyest i 2002. Tettheten var desidert lavest i 1999 for delstrekningene 7 og 8 mens den var lavest i 2001 for delstrekningene 2, 6 og 7 (tabell 4.2.1).

Det var stor variasjon i gjennomsnittlig tetthet mellom delstrekningene de ulike årene fra en faktor på 1,5 i forholdet mellom høyeste og laveste gjennomsnittlige tetthet i 2000 til en tilsvarende faktor på 30,6 i 1999. I de øvrige årene var



Figur 4.2.1. Tetthet av 0+ laks på enkeltstasjoner innenfor delstrekningene 2, 6, 7 og 8 i perioden 1999 – 2003 (trendlinje innlagt).

denne faktoren 3,9 (2001), 2,6 (2002) og 2,0 (2003). En slik variasjon i gjennomsnittlig tetthet mellom delstrekninger kan være uttrykk for hvordan gytebestanden er fordelt. Teoretisk vil det være slik at store gytebestander fordeler seg mer jevnt utover en elvestrekning enn små gytebestander. I tillegg kommer sosial atferd under gytingen inn som en faktor (Fleming 1998, Johnsen & Hvidsten 2002) som forsterker en klumpvis fordeling hos små bestander. I 1998 var egg-tettheten lav og den beregnede bestanden av hunnlaks var på 677 individer (tabell 4.1d). Den beregnede bestanden av hunnlaks i 1999 var på 914 individer (35 % høyere), men var allikevel jevnt fordelt vurdert ut fra tettheten av årsyngel på de fire delstrekningene i 2000. I årene 2000 – 2002 bestod gytebestanden av 1942 – 3015 hunnlaks. Dersom vi går ut fra et gytebestandsmål på minimum 2,5 egg/m² i Orkla (kfr. kap 7.5), ser vi at dette målet var oppfylt i alle årene i perioden unntatt 1998. At gytebestandsmålet var langt fra oppfylt i 1998 på grunn av en for liten gytebestand, kan derfor forklare den store variasjonen i gjennomsnittlig tetthet av årsyngel mellom delstrekninger i 1999.



Figur 4.2.2. Tetthet av 1+ laks på enkeltstasjoner innenfor delstrekningene 2, 6, 7 og 8 i perioden 1999 – 2003 (trendlinje innlagt).

4.2.2 Ettårige laksunger

Ser vi alle delstrekninger under ett viste den gjennomsnittlige tettheten av ettårige laksunger en økende tendens i perioden 2000 – 2003. Tettheten økte kraftig fra 2000 til 2001, lå på samme nivå i 2002, for så å øke kraftig i 2003 (tabell 4.2.2).

Selv om det var store variasjoner i tettheten mellom stasjonene på de ulike delområdene, viste tettheten en økende tendens i løpet av perioden på hver enkelt av de fire delstrekningene (figur 4.2.2). På delstrekningene 2, 6 og 7 skyldes den økende tettheten i perioden kun en økning i det siste året da tettheten lå på samme nivå i perioden 2000 - 2002. På delstrekning 8 var tettheten lav i 2000, økte kraftig i 2001 og lå på samme nivå de to neste årene. På alle delstrekningene var tettheten av ettårige laksunger høyest i 2003 (tabell 4.2.2).

Det var stor variasjon i gjennomsnittlig tetthet mellom delstrekningene de ulike årene fra en faktor på 2,6 i forholdet mellom høyeste og laveste gjennomsnittlige tetthet i 2003 til en tilsvarende faktor på 7,8 i 2000. I 2001 og 2002 var denne faktoren henholdsvis 3,6 og 5,2.

Den største variasjonen i tetthet ble m.a.o. funnet hos 1999 – årsklassen og det har sannsynligvis sammenheng med at det var lavest gjennomsnittlig rogn tetthet i 1998. Tilsvarende var det minst variasjon i tettheten i 2003 noe som sannsynligvis henger sammen med at rogn tettheten var høyest i 2001 blant de fire årene 1998 - 2001.

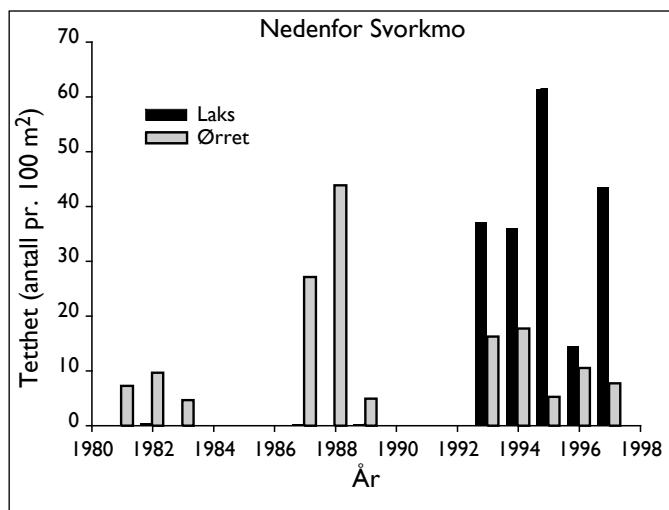
4.3 Ungfiskundersøkelser

4.3.1 Nedenfor utløpet av Svorkmo kraftverk

På hele 1980-tallet var tettheten av laksunger nedenfor Svorkmo svært lav, og de fleste årene ble det ikke påvist laksunger i det hele tatt på de tre elfiskestasjonene på denne strekningen (figur 4.3.1). Mangelen på laksunger ble sett i sammenheng med utslipp av tungmetaller fra Raubekken, som drenerer Løkken gruver og har utløp ved Svorkmo. Tettheten av aureunger var også lav de fleste årene. Imidlertid tåler aure noe større konsentrasjoner av tungmetaller enn laks (Grande 1967, Traaen et al. 1988). Dessuten antas det at en del aure gyter i sidebekker, og dermed kan de yngste stadiene (egg og årsyngel), som er mest ømfintlige for tungmetaller (Sorensen 1991), ha hatt mulighet til å unngå forurensningen.

Tabell 4.2.2. Gjennomsnittlig tetthet av 1+ laks (n/100 m²) på de 4 delstrekningene i Orkla i 2000, 2001, 2002 og 2003

Delstrekning	2000	2001	2002	2003
2. Sya – Å bru	12,4	16,5	19,6	53,6
6. Lien – Bergsbrua	5,9	9,4	6,8	20,8
7. Bergsbrua – Gunnes	1,6	11,0	7,7	22,9
8. Gunnes – Skjephaugbua	2,7	33,7	35,6	40,2
Gj. sn	6,5	17,5	17,7	36,8



Figur 4.3.1. Tetthet av laks- og ørretunger (unntatt årsyngel) i Orkla nedenfor Svorkmo. Dataene er gjennomsnitt for st. 1, 2 og 3, og omfatter periodene 1981 - 1983, 1987 - 1989 og 1993 - 1997. Data fra øvrige år mangler.

Tettheten av laksunger økte betydelig i perioden mellom 1989 og 1993 (figur 4.3.1), og i gjennomsnitt for perioden 1993 - 1997 var det en tetthet av laksunger (unntatt årsyngel) på 39 individer pr. 100 m² (variasjon 15 - 62). I samme periode var tettheten av aureunger 12 individer pr. 100 m² (variasjon 5-18). Det var ikke signifikant forskjell i tetthet av aureunger på 1980- og 1990-tallet ($p > 0,05$).

4.3.2 Strekningen mellom utløpet av Svorkmo kraftverk og Bjørsetdammen

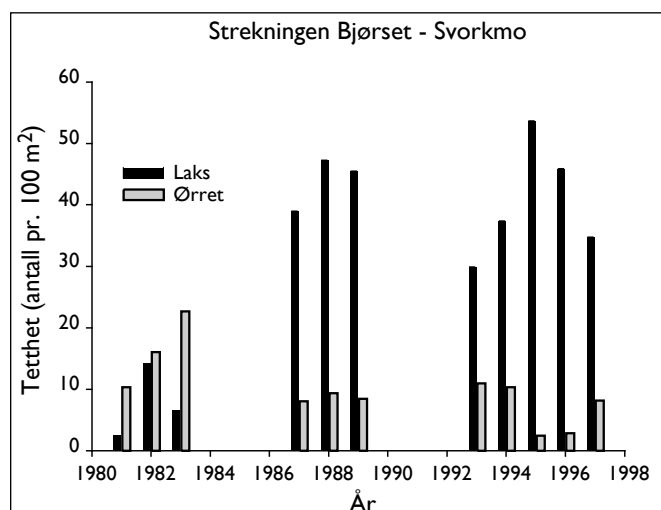
Tidlig på 1980-tallet ble det registrert lave tettheter av laksunger (i gjennomsnitt 3 - 14 individer pr. 100 m²) på de tre stasjonene mellom Bjørsetdammen og Svorkmo (figur 4.3.2), men likevel betydelig høyere enn lenger ned i vassdraget. I 1987-1989 var tettheten 39-47 individer pr. 100 m², og for perioden 1993-1997 var gjennomsnittet 40 individer pr. 100 m². Det siste var svært lik gjennomsnittlig tetthet i den nederste delen av vassdraget i samme periode.

Tettheten av aure synes å ha gått noe tilbake siden tidlig på 1980-tallet. Siden 1987 har gjennomsnittet variert mellom 3 og 10 individer pr. 100 m², mens tilsvarende tall for perioden 1981-1983 var 10-23 individer pr. 100 m². Tilbakegangen i aurebestanden kan sees i sammenheng med den betydelige økningen i laksebestanden i samme periode.

4.3.3 Ovenfor Bjørsetdammen

I Orkla ovenfor inntaket til Svorkmo kraftverk (dvs. ovenfor Bjørsetdammen) var det ingen signifikant trend i tettheten av verken laks eller aure i perioden 1981-2001 (figur 4.3.3a, $p > 0,05$). I gjennomsnitt for hele perioden ble det registrert 37 laksunger og 17 aureunger pr. 100 m² (unntatt årsyngel).

Tettheten av laksunger var i perioden 1981-1983 i gjennomsnitt 41 individer pr. 100 m². Dette var betydelig høyere enn lenger ned i vassdraget i samme periode. I perioden 1987-1989 ble det i gjennomsnitt registrert 32 individer pr.



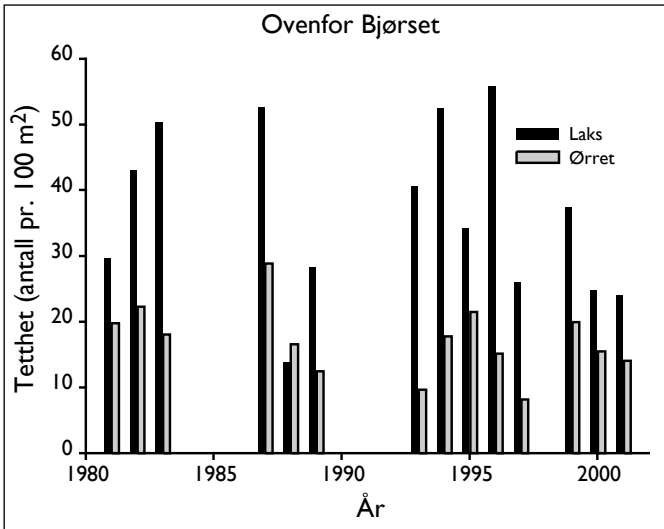
Figur 4.3.2. Tetthet av laks- og ørretunger (unntatt årsyngel) i Orkla mellom Bjørset og Svorkmo. Dataene er gjennomsnitt for st. 6, 9 og 12, og omfatter periodene 1981-1983, 1987-1989 og 1993-1997. Data fra øvrige år mangler.

100 m², og i perioden 1993-1997 var gjennomsnittstettheten 42 individer pr. 100 m². De tre siste årene (1999, 2000 og 2001) var tettheten noe lavere enn de fleste tidligere år, idet det ble registrert henholdsvis 28, 25 og 27 individer pr. 100 m². Det var betydelig variasjon i tetthet av fisk fra stasjon til stasjon (tabell 4.3.3).

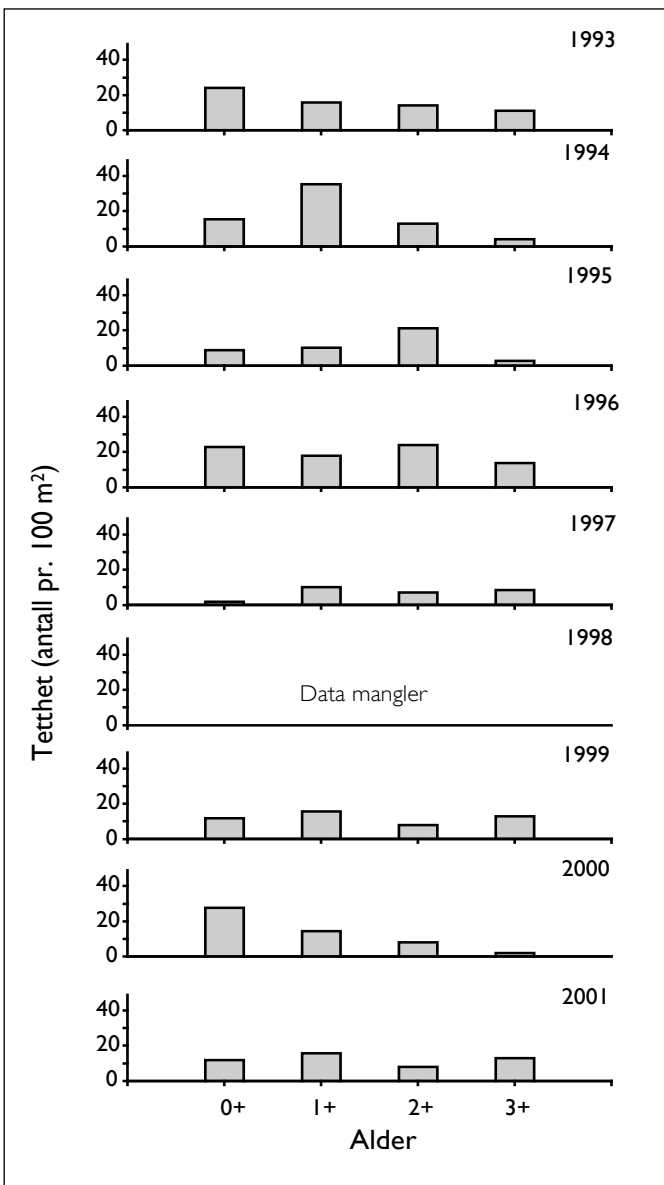
Gjennomsnittlig tetthet av aureunger var henholdsvis 20, 19, 15 og 17 individer pr. 100 m² i de samme fire innsamlingsperiodene (figur 4.3.3a). Variasjonen var svært liten fra periode til periode, og dette tyder på at aurebestanden har vært stabil i de 20 årene undersøkelsene har pågått.

Tabell 4.3.3. Tetthet (antall pr. 100 m²) av laksunger (unntatt årsyngel) på seks faste stasjoner ovenfor inntaket til Svorkmo kraftverk i periodene 1981-83, 1987-89, 1993-97 og 1999-2001. Tallene er korrigert til å gjelde ved en vannføring ved prøvetakingen på 35 m³/s. Gjennomsnittlig tetthet for de seks stasjonene, samt 95 % konfidensintervall er også gitt.

År	St. 13	St. 16	St. 20	St. 22	St. 23	St. 26	Gj.snitt
1981	9,6	76,6	11,0	8,2	35,8	33,0	29,0 ± 21,5
1982	19,7	40,3	62,3	18,2	64,1	56,7	43,6 ± 17,0
1983	15,4	75,1	57,8	18,0	57,8	69,3	48,9 ± 21,1
1987	11,9	89,7	36,4	13,5	42,9	14,2	51,4 ± 33,2
1988	35,9	3,0	15,4	4,5	15,8	13,1	14,6 ± 9,6
1989	45,9	57,1	38,5	4,6	3,9	13,3	27,2 ± 18,7
1993	35,9	67,0	53,2	22,1	34,1	29,8	40,3 ± 13,6
1994	42,2	146,0	41,9	17,0	43,0	27,3	52,9 ± 38,2
1995	15,4	95,4	21,6	30,6	16,7	30,0	35,0 ± 24,7
1996	28,3	142,6	58,9	34,2	38,2	35,1	56,2 ± 35,6
1997	34,8	26,0	36,0	6,0	13,5	36,0	25,4 ± 10,5
1999	10,5	92,0	34,3	17,2	27,8	25,0	34,5 ± 24,0
2000	24,8	56,9	18,1	7,0	18,1	22,5	24,6 ± 13,8
2001	17,7	33,4	21,4	16,8	26,3	22,9	23,1 ± 5,0



Figur 4.3.3a. Tetthet av laks- og ørretunger (unntatt årsyngel) i Orkla ovenfor Bjørset. Dataene er gjennomsnitt for st. 13, 16, 20, 22, 23 og 26, og omfatter periodene 1981-1983, 1987-1989, 1993-1997 og 1999-2001. Data fra øvrige år mangler.



Figur 4.3.3b. Tetthet av ungfisk av laks i Orkla ovenfor Bjørset, inndelt i enkeltårsklasser.

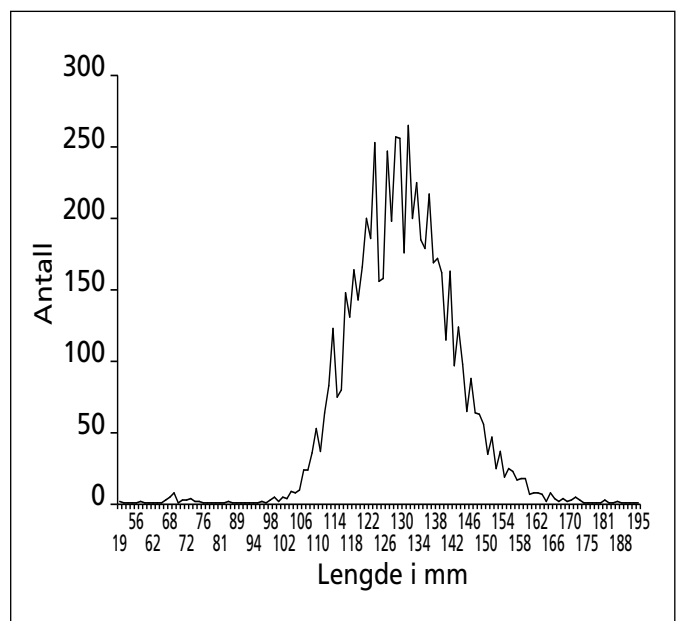
Det var betydelig forskjell i årsklassestyrke i undersøkelsesperioden. Den svakeste årsklassen av laks var den som klekket i 1997, mens de sterkeste klekket i 1993 og 2000 (figur 4.3.3b). Det var høy egg tetthet i 1996 (6,16 egg/m² - kfr. tabell 4.1b). 1997-årsklassen må derfor ha vært utsatt for uvanlig høy dødelighet mellom egglegging og ett års alder. Det er mulig at en spesielt stor vårflo som inntrådte i første del av juni 1997, kan ha gitt overdødelighet for denne årsklassen. I Gaula førte en uvanlig stor vårflo i 1995 til betydelig dødelighet på årsyngel av laks sannsynligvis forårsaket av sedimentasjon mens laksungene fortsatt befant seg nede i grusen (Hindar et al. 1998). Langtidsstudier av årsklassestyrke hos laksunger i den uregulerte Salttdalselva i Nordland fylke, viste økt dødelighet i år som hadde betydelig vårflo mens laksyngelen befant seg nede i grusen eller i løpet av den første uken etter at de var kommet opp av grusen. Betydelige flommer i løpet av eggstadiet eller mer enn en uke etter at yngelen var kommet opp av grusen, hadde mindre betydning (Jensen & Johnsen 1999).

4.4 Smolt og smoltproduksjon

Smoltlengde

Gjennomsnittslengde for smolt som var upåvirket av reguleringen (1979 – 1984 i tabell 4.4a) varierte mellom 120,6 mm (1984) og 134,0 mm (1981), med et gjennomsnitt på 128,0 mm. Gjennomsnittslengde for smolt etter reguleringen (1987 – 2002 i tabell 4.4a) varierte mellom 122,2 mm (1996) og 133,4 mm (2000), med et gjennomsnitt på 127,6 mm. Det var m.a.o. samme smoltlengde før og etter regulering.

Det var opptil 100 mm forskjell på den største og den minste smolten innen en smoltårsklasse. For eksempel varierte lengden hos 1991 årsklassen mellom 95 og 195 mm (figur 4.4a).



Figur 4.4a. Lengdefordeling av utvandrende laksunger i 1991 (n=6597). Smolt ble definert som utvandrende laksunger større enn 94 mm.

Tabell 4.4a. Antall smolt i de ulike aldersklasser, gjennomsnittsalder og gjennomsnittslengde hos laksesmolt fanget på Meldal bru i perioden 1979 til 2002.

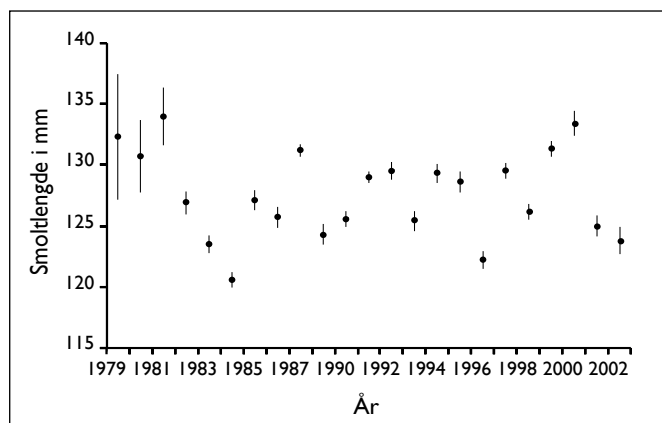
År	Smoltalder				Gjennomsnittsalder (år ± 95 % konfidensintervall)	Gjennomsnittslengde (mm ± 95 % konfidensintervall)
	2 år	3 år	4 år	5 år		
1979	1	11	34	1	3,74 ± 0,15	132,3 ± 5,1
1980		53	10		3,16 ± 0,09	130,7 ± 2,9
1981	5	92	55		3,33 ± 0,08	134,0 ± 2,3
1982	15	540	41		3,04 ± 0,02	126,9 ± 0,9
1983	6	887	43	1	3,04 ± 0,02	123,5 ± 0,7
1984	9	1074	110	1	3,08 ± 0,02	120,6 ± 0,6
1985		385	399		3,51 ± 0,04	127,1 ± 0,8
1986	3	406	452	12	3,54 ± 0,04	125,7 ± 0,8
1987		1151	1647	40	3,61 ± 0,03	131,2 ± 0,5
1988		523	504	24	3,52 ± 0,04	124,3 ± 0,8
1990		541	1225	85	3,75 ± 0,02	125,6 ± 0,6
1991		781	1918	122	3,76 ± 0,02	129,0 ± 0,4
1992	2	845	702	93	3,54 ± 0,03	129,5 ± 0,7
1993	1	569	397	10	3,43 ± 0,03	125,4 ± 0,8
1994		515	805	9	3,62 ± 0,02	129,3 ± 0,7
1995	21	609	544	24	3,48 ± 0,03	128,6 ± 0,8
1996	2	841	317	16	3,30 ± 0,03	122,2 ± 0,7
1997		304	1205	6	3,80 ± 0,02	129,5 ± 0,6
1998	1	310	796	89	3,81 ± 0,03	126,2 ± 0,6
1999	24	561	1038	161	3,75 ± 0,03	131,3 ± 0,6
2000	7	156	416	35	3,78 ± 0,04	133,4 ± 1,0
2001	7	543	192	39	3,34 ± 0,04	125,0 ± 0,8
2002	20	825	344	13	3,28 ± 0,03	123,8 ± 1,1

Den gjennomsnittlige lengdeforskjellen mellom år for hele smoltmaterialet var 12,7 millimeter, størst smolt var det i 2000 ($133,4 \pm 0,99$ 95 % konfidensintervall), mens smolten var minst i 1984 ($120,6 \pm 0,57$ (95 % konfidensintervall)) (figur 4.4b, tabell 4.4a).

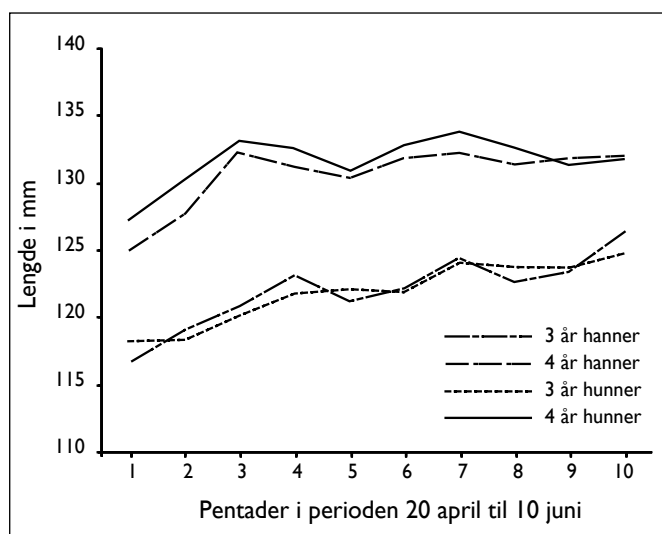
Lengden hos treårige og fireårige smolt økte gjennom utvandningsperioden (figur 4.4c). Det var ingen forskjell i vekstmønsteret hos hunner og hanner av samme årsklasse. Økende smoltlengde synes å ha sammenheng med at det skjer en lengdevekst i løpet av utvandningsperioden i Orkla. Analyser av næringsvalg hos smolt under utvandringen viste at gjennomsnittlig magefylling var 55 % ($n = 286$) (Garnås & Hvidsten 1985a).

Smoltlengden hos treårssmolten økte ca 10 millimeter i løpet av utvandningsvinduet i gjennomsnitt i perioden 1983 - 2002. Veksten skjedde i løpet av hele utvandningsperioden. Den fireårige smolten ble 7 - 8 mm lengre i løpet av utvandningsperioden. Størst lengdeøkning skjedde i starten av utvandringen. Smoltlengden synes å være uendret etter den første perioden med lengdeøkning hos fireårssmolten, mens det var tendens til fortsatt økning hos treårssmolten i resten av utvandningsperioden.

Jonsson et al. (1990) fant at store og gamle smolt vandret før små smolt i lmsa.



Figur 4.4b. Gjennomsnittslengde hos smolt fanget i Orkla i Meldal i perioden 1979 til 2002.



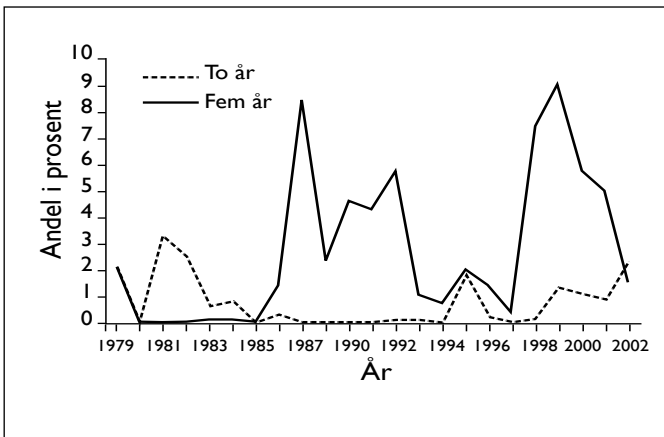
Figur 4.4c. Lengde hos tre- og fireårige hanner og hunner av laksesmolt under utvandring i perioden 1983 - 2002 (unntatt 1989). Utvandningsperioden er inndelt i femdagersperioder fra 20 april til 10. juni.

Størrelse på smolten gir et konkurransefortrinn, og synes å være viktig for overlevelsen (Chadwick & Claytor 1990). Dette skyldes sannsynligvis bedre ionereguleringsevne og at predasjonsrisikoen blir redusert med størrelsen på smolten. Under slike betingelser skulle en forvente at sen smoltutvandring var en fordel for treårige smolt. Det var imidlertid ingen forskjell i utvandningsmønster hos treårig og fireårig smolt (kfr. figur 5.1.1).

Smoltalder

Smoltalderen varierte mellom $3,04 \pm 0,03$ og $3,81 \pm 0,03$ (95 % konfidensintervall) år i perioden 1979 - 2002 (unntatt 1989) (figur 4.4e).

Gjennomsnittlig smoltalder før regulering (1979 - 1984 i tabell 4.4a) varierte mellom 3,04 år (1982 og 1983) og 3,74 år (1979) med et gjennomsnitt på 3,23 år. Gjennomsnittsalder etter regulering (1987 - 2002 i tabell 4.4a) varierte mellom 3,28 år (2002) og 3,81 år (1998) med et gjennomsnitt på 3,58 år. Det var med andre ord en økning på 0,4 år etter regulering (kfr. kap. 4.6.1).



Figur 4.4d. Andelen av to og femårig smolt i Orkla i perioden 1979 til 2002 (unntatt 1989).

Alderen til utvandrende smolt var 2 til 5 år. Hovedandelen av smolt var tre og fireåringer (tabell 4.4a). Andelen toåringer i materialet varierte mellom 0 og 3,3 prosent, mens femåringene varierte fra ingen til 9 % (figur 4.4d). Det var lite og ingen toåringer i materialet i periodene 1987 - 1992 og 1998 - 2001 da andelen femåringer var stor. Det var imidlertid totalt sett ingen signifikant sammenheng mellom andelen toåringer og andelen femåringer ($p > 0,05$).

Kjønnsfordeling

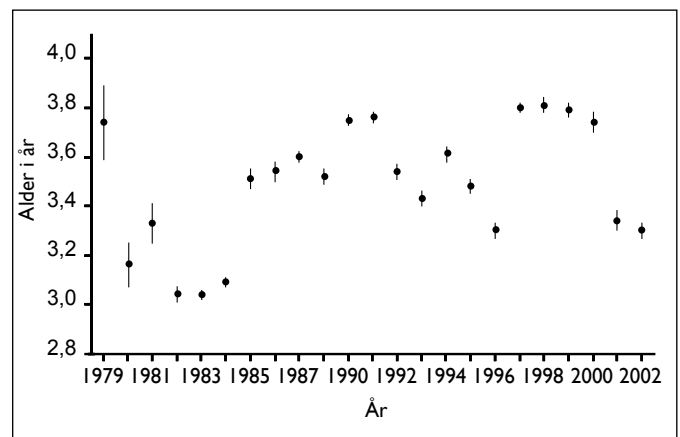
I løpet av utvandringen var det en økende smoltlengde i totalmaterialet og hunner og hanner viste samvariasjon i lengde gjennom utvandningsperioden. Det var færrest hanner i smoltbestanden og de utgjorde i gjennomsnitt 39,4 % (variasjonsbredde 34,2 - 43,7 %).

Gjennomsnittslengden hos hanner og hunner var lik i de ulike årsklassene av smolt. Gjennomsnittslengden hos hannsmolt som tidligere hadde vært kjønnsmodne (gytepar), var større enn gjennomsnittslengden for ikke-kjønnsmodne hanner og hunner av samme smoltårsklasse (figur 4.4f). Det var ingen signifikant forskjell i alder hos gytepar og umoden hannsmolt. Bedre vekst hos gytepar kan skyldes dominans over umoden parr på grunn av høyere nivåer i plasma androgener (Järvi og Pettersen 1991).

Andelen gytepar var $7,1 \pm 1,3$ % (95 % konfidensintervall) for hele smoltmaterialet. Andelen de enkelte år (1984 - 2002) varierte mellom 3,2 % og 13,9 %. Det var ingen sammenheng mellom andelen gytepar og dens lengde eller alder. Det var heller ingen sammenheng mellom andelen gytepar og tilsvarende års smoltproduksjon.

Smoltproduksjon

Smoltproduksjonen har blitt målt i 19 år i Orkla. I gjennomsnitt har smoltproduksjonen vært $6,5 \pm 0,88$ (95 % konfidensintervall) med variasjon mellom 4,0 - 10,8 smolt per 100 m² (tabell 4.4b, figur 4.4g). Det var ingen sammenheng mellom smoltproduksjon og smoltlengde ($p > 0,05$) (figur 4.4h). Forholdet mellom smoltproduksjon og smoltalder er omtalt i kap. 4.6.3.

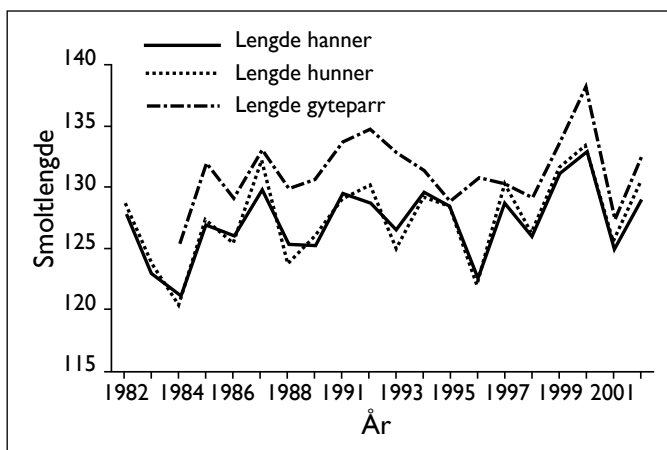


Figur 4.4e. Gjennomsnittlig smoltalder hos smolt fanget i Orkla i perioden 1979 - 2002.

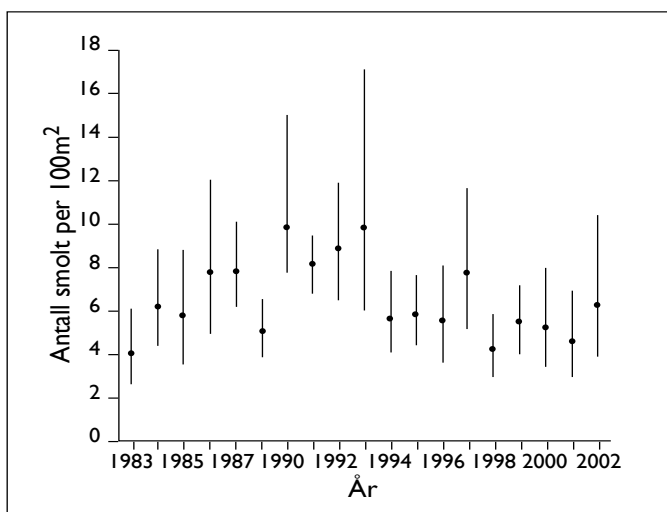
Smoltproduksjonen er avhengig av alle bestandsbegrensende faktorer som ungfisken opplever i elva. Smoltproduksjonen gir derfor grunnlag for å vurdere gytebestand og oppvekstforhold i elva. Grunnlaget vil alltid være at en har hatt tilstrekkelig med rogn fordelt i elva, slik at en får en god utnyttelse av flest mulige habitattyper til ulike størrelser av fiskeunger. Begrensende faktorer for overlevelse til laksungene vil være avhengig av omgivelsevariabler som skjulmuligheter, vannføring, vanntemperatur og vannets trofigrad. Med økende smoltalder vil produksjonen av smolt teoretisk sett avta (Symons 1979). Økt smoltalder kan skyldes lav vanntemperatur. Dette fører til at laksungene må oppholde seg flere vintre i elva og dette gir økt dødelighet. En nærmere analyse av disse forhold blir presentert i kapitlene 4.6.2 og 4.6.3.

Tabell 4.4b. Smoltproduksjon (SP) (n/100 m² med 95 % konfidensintervall i parentes) beregnet på grunnlag av merking og gjenfangst (1983 - 2002. M = antall smolt merket, C = antall smolt fanget i smoltfella ved Meldal bru, R = antall merkede smolt gjenfanget i smoltfella ved Meldal bru.

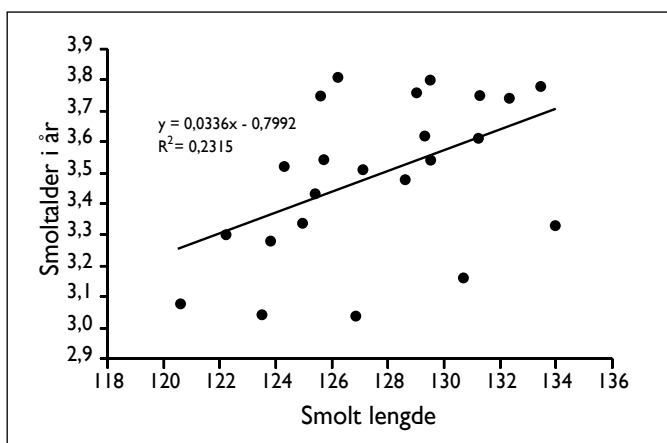
År	M	C	R	SP
1983	2345	1258	24	4,0 (2,7 - 6,1)
1984	3391	1777	32	6,1 (4,4 - 8,8)
1985	4210	779	18	5,8 (3,6 - 8,8)
1986	5089	889	19	7,6 (4,9 - 12,1)
1987	5266	2848	62	7,9 (6,2 - 10,2)
1988	4778	1778	55	5,1 (3,9 - 6,5)
1990	4147	2802	35	10,8 (7,8 - 15,3)
1991	4728	6524	126	8,1 (6,8 - 9,6)
1992	4945	2335	43	8,8 (6,5 - 12,0)
1993	4503	989	14	9,9 (6,1 - 17,1)
1994	4717	1335	37	5,5 (4,0 - 7,8)
1995	4725	1738	46	5,8 (4,4 - 7,7)
1996	3580	1179	25	5,4 (3,7 - 8,2)
1997	4012	1516	26	7,5 (5,2 - 11,7)
1998	4040	1201	38	4,2 (3,0 - 5,8)
1999	4079	1839	46	5,3 (4,0 - 7,2)
2000	5560	631	22	5,1 (3,4 - 7,9)
2001	3859	800	22	4,5 (3,0 - 6,9)
2002	2544	1251	16	6,2 (3,9 - 10,4)
Gj.sn				6,5 (5,6 - 7,4)



Figur 4.4f. Variasjon i årlig lengde hos hann og hunnsmolt (1982 - 2002). Lengden hos gytepar er vist i perioden 1984 til 2002.



Figur 4.4g. Produksjonen av smolt i Orkla per 100 m² i perioden 1983 til og med 2002, med unntak av 1989 (se forklaring i teksten).



Figur 4.4h. Sammenheng mellom smoltalder og smoltlengde i Orkla i perioden 1979 - 2002.

4.5 Oppsummering og konklusjon

Rogn

Det var stor variasjon i gjennomsnittlig eggtetthet beregnet for perioden 1994, 1996 – 2002. I 1997, 1998 og 1999 var tetthetene henholdsvis 2,46 egg/m², 1,43 egg/m² og 2,47 egg/m². Slike eggtettheter nær og under det beregnede gytebestandsmålet på 2,5 egg/m² (kfr. kap. 7.5) i en periode på tre år, kunne ha ført til redusert smoltproduksjon i perioden 2001 – 2004 (tre- og fireårig smolt). Smolttetthetsmålingene viste at smoltproduksjonen var lav i 2001 mens den var nær gjennomsnittstettheten (for perioden 1983-2002) i 2002. Smoltalderen sank imidlertid til 3,3 år for smoltårsklassene 2001 og 2002 og dette kan tyde på bedre tilvekst sannsynligvis på grunn av lavere tetthet av ungfisk. Resultatene indikerer at en lav gjennomsnittlig eggtetthet over flere år, kan influere på smoltproduksjon og smoltalder.

Resultater fra perioden 1994 – 2002 viser at i forhold til modellen for beregning av rognantall i Orkla er rognallene underestimert ved "vekt"-metoden (kfr. tabell 4.1e). I perioden 1979 til 1993 var det derfor trolig deponert 3 egg/m² eller mer årlig slik at eggtettheten var tilstrekkelig (kfr. kap. 7.5).

Samlet vurdert tyder dette på at elva var bedre belagt med rogn i perioden 1979 – 1993 enn i perioden 1997 – 1999.

Yngel og ettårige laksunger

Tettheten av årsyngel og ettårige laksunger hadde en stigende tendens i perioden 1999 – 2003 både for de fire undersøkte delstrekningene sett under ett og for hver enkelt delstrekning. Det var stor variasjon i tettheten mellom delstrekninger innen ett og samme år. Størst variasjon hadde vi for årsyngel i 1999 og for ettårige laksunger i 2000. Dette kan skyldes en liten og ujevnt fordelt gytebestand i 1998.

Ungfisk

På grunn av utslipp av tungmetaller var tettheten av laksunger nedenfor Svorkmo svært lav (nær null) på hele 1980 – tallet. Det ble også registrert lave tettheter av laksunger på de tre stasjonene mellom Bjørsetdammen og Svorkmo i denne perioden, men likevel betydelig høyere enn lenger ned i vassdraget. I Orkla ovenfor Bjørsetdammen var tettheten av laksunger i perioden 1981-1983 i gjennomsnitt 41 individer pr. 100 m². Dette var betydelig høyere enn lenger ned i vassdraget i samme periode.

På de to nederste strekningene (nedenfor Svorkmo og Svorkmo – Bjørsetdammen) økte tettheten av laksunger betydelig i perioden mellom 1989 og 1993 til 39 – 40 individer pr. 100 m². På strekningen ovenfor Bjørsetdammen var det ingen signifikant trend i tettheten av verken laks eller aure i hele perioden 1981-2001. I gjennomsnitt for hele perioden ble det registrert 37 laksunger pr. 100 m² ovenfor Bjørsetdammen. De tre siste årene (1999, 2000 og 2001) var tettheten imidlertid noe lavere enn de fleste tidligere år, idet det ble registrert henholdsvis 28, 25 og 27 individer pr. 100 m². Fire av de seks elfiskestasjonene på denne strekningen

ligger oppstrøms Grana kraftverk. Denne nedgangen i tetheten kan tyde på mindre gytebestander i perioden 1998 – 2000 som antydnet av yngelundersøkelsene.

Smolt

Gjennomsnittlig smoltlengde varierte lite mellom år og gjennomsnittlig smoltalder var 3,04 til 3,81 år for laks. Det var flest hunner blant den utvandrende smolten. Blant hannene ble det registrert 7,1 % gytepar.

Den gjennomsnittlige årlige smoltproduksjonen var 6,5 smolt/100 m² med en variasjon på 4 – 10,8/100 m²

4.6 Effekter av reguleringen på ungfisk- og smoltproduksjon

4.6.1 Vekst og vekstmodeller

Innledning

Selv om mange faktorer kan påvirke vekst hos fisk, er det generell enighet om at det er vanntemperatur, fiskestørrelse og energiinntak som er de tre viktigste variablene (Donaldson & Foster 1940, Brett et al. 1969, Elliott 1975a, b, 1994, Spigarelli et al. 1982). Det finnes en nedre og en øvre temperaturrense for vekst, og innenfor dette området er det en optimaltemperatur. Både nedre og øvre temperaturrense og optimaltemperaturen varierer fra art til art. I løpet av de siste 20 årene er det publisert en rekke arbeider i forbindelse med utvikling av prediktive modeller for vekst og næringsopptak for aure (oppsummert av Elliott 1994). Modellene er senere forbedret og videreutviklet (Forseth & Jonsson 1994, Elliott et al. 1995, Elliott & Hurley 1998, 1999, 2000 a, b). Tilsvarende modeller er etter hvert også utviklet for laks (Elliott & Hurley 1997, Forseth et al. 2001, Jonsson et al. 2001) og røye (Larsson & Berglund 1998).

Disse prediktive modellene bygger på eksperimentelle studier, og gir kunnskap om fiskens vekstpotensiale ved forskjellige temperaturforhold. Dersom en kjenner vekstpotensialet under optimale forhold, går det an å undersøke årsakene til avvik fra dette i naturlige populasjoner. Modellene gir også muligheter for å forutsi effekter av eventuelle klimaendringer, og i forbindelse med kraftutbygginger er de særdeles godt egnet til å forutsi endringer i fiskens tilvekst ved gitte temperaturendringer. En slik vurdering er for eksempel gjort for ungfisk av laks i Altaelva før og etter bygging av Alta kraftverk (Jensen 2003).

Veksten hos ungfisk av aure og laks er ofte betydelig bedre ved samme temperatur om forsommeren enn om ettersommeren (Allen 1940, Mortensen 1985, Jensen 1990, 2003). I tre vassdrag (Beiarelva, Saltdalselva og Lakselva i Misvær) ble det tatt prøver av auren to ganger hvert år, like etter at isen hadde gått i april/mai, og på nytt først i august. I alle de tre vassdragene var daglig veksthastighet betydelig høyere første del av sommeren enn det som ble beregnet ut fra Elliotts vekstmodell (Elliott 1975a). På ettersommeren var veksten ofte langt dårligere enn vekstmodellen, og i enkelte tilfeller

ble det ikke registrert vekstøkning i det hele tatt etter august (Jensen 1990). Liknende forhold ble funnet for laksunger i Altaelva (Jensen 2003).

Metoder

I Orkla ved Grut har NINA samlet inn laksunger flere ganger for året siden 1988 med tanke på vekstanalyser. Dette materialet viser at laksungene vokser svært godt den første delen av vekstsesongen, og at veksten avtar utover sommeren. Ut fra dette materialet har vi nylig utviklet en modell som beskriver sesongvariasjonene i vekst. Modellen tar utgangspunkt i den modellen som ble utviklet for laksestammen i Stryn (Forseth et al. 2001), men beskriver i tillegg variasjoner i veksten gjennom sesongen. Denne upubliserte vekstmodellen har vi benyttet til å estimere hvor stor betydning endringene i vanntemperatur har for laksungenes tilvekst før og etter kraftutbyggingen i Orkla. Beregningene er gjort for laksunger ved Merk bru, der det foreligger data både om vanntemperatur og vekst av laksunger.

Tvede (1992) har beregnet hvor mye vanntemperaturen er endret ved Merk bru på grunn av reguleringen. Han fant at den har sunket med henholdsvis 0,9, 1,5, 1,3 og 0,2 °C i månedene juni, juli, august og september. Vi har benyttet daglige gjennomsnitt av vanntemperaturene målt av NVE ved Merk bru i årene 1989-1995 som representative for regulerte forhold. For uregulert elv har vi plussert på de endringene som er nevnt ovenfor.

Tabell 4.6.1a. Gjennomsnittslengde (mm) med standardavvik (SD) for laksunger samlet inn like nedenfor Merk bru (st. 20) i perioden 1993 - 2001.

Alder	Lengde	SD	Antall
0+	41,8	5,4	95
1+	69,8	5,6	98
2+	94,7	10,6	92
3+	118,1	9,1	53

Tabell 4.6.1b. Lengden av de fire yngste aldersklassene av laksunger ved Merk bru etter endt vekstsesong estimert ved hjelp av vekstmodellen. Modellen er startet ved en vekt på 0,22 g pr. l. juli det året yngelen klekker. Estimertene er gjort for temperaturer målt av NVE ved Merk bru 1989-1995 (regulert elv) og tilsvarende temperaturer samme sted beregnet av Tvede (1992) dersom elva hadde vært uregulert.

Alder	Estimert for regulert elv	Estimert for uregulert elv
0+	41,6	43,4
1+	69,7	74,6
2+	98,9	107,2
3+	128,3	140,2

Resultater

Gjennomsnittsstørrelsen på laksungene innsamlet ved Merk bru i september i årene 1993-2001 er vist i tabell 4.6.1a.

Vi benyttet en startverdi for størrelsen på yngelen i vekstmodellen på 0,22 g pr. l. juli (som tilsvarer en lengde på ca. 31 mm). Dette er erfaringstall fra materialet som er innsamlet ved Grut. Når vi benytter daglige gjennomsnittstemperaturer målt ved Merk bru for perioden 1989 - 1995 (dvs. for regulert elv) indikerer modellen at lengden av årsyngel ved slutten av vekstsesongen vil være 41,6 mm (tabell 4.6.1b), som er svært likt den observerte størrelsen på laksunger av samme alder fanget ved Merk bru i september (41,8 mm, tabell 4.6.1a). Også for ettåringer var den modellerte størrelsen svært likt den observerte (henholdsvis 69,7 mm og 69,8 mm). For toåringer og treåringer var modellert vekst noe bedre enn den observerte. En viktig årsak til dette er trolig at de raskest voksende individene hadde smoltifisert og vandret ut i sjøen etter to-tre år i elva, mens bare de saktest voksende individene fortsatt stod igjen i elva. Vekstmodellen antyder en årlig tilvekst for ettåringer, toåringer og treåringer på henholdsvis 28,1, 29,2 og 29,4 mm i regulert elv.

Dersom Orkla ikke hadde vært regulert, ville laksungene vært noe større (tabell 4.6.1b). Da ville årlig tilvekst for de samme aldersgruppene ifølge vekstmodellen ha vært 31,2, 32,6 og 33,0 mm. Reguleringen har dermed ført til en redusert årlig tilvekst på 3,1, 3,4 og 3,6 mm for de tre aldersgruppene, tilsvarende 9,9, 10,4 og 10,9 %.

Gjennomsnittlig smoltlengde i Orkla var 128 mm i perioden 1979 - 2002 (tabell 4.4a). Dette er svært likt den estimerte størrelsen for 3+ laksunger i regulert elv (tabell 4.6.1b), og indikerer en gjennomsnittlig smoltalder etter regulering på 4,0 år. Den estimerte tilveksten for uregulert elv indikerer på samme måte en gjennomsnittlig smoltalder på 3,6 år, og at smoltalderen har steget 0,4 år på grunn av reguleringen.

Observerte smoltalder var 3,6 år for laks som hele eller det meste av livet har vært påvirket av reguleringen (gjennomsnitt for 1986 - 2002, tabell 4.4a) og tilsvarende 3,2 år før regulering (1979 - 1984). Gjennomsnittlig smoltlengde var den samme (128 mm) for begge periodene. Smoltalderen var lavere enn det som ble estimert ved hjelp av vekstmodellen i begge periodene, men differansen på 0,4 år var den samme. En mulig årsak til at observerte smoltalder var lavere enn den estimerte kan være at laksungene under smoltifiseringen omdanner energireserver til lengdevekst, slik at smolten blir lengre og slankere (McCormick & Saunders 1987). Dermed blir smolten noe lengre når de vandrer ut i sjøen om våren enn det de var ved avslutning av vekstsesongen høsten før. For øvrig er den observerte smoltalderen et gjennomsnitt for all smolt fra hele elva ovenfor Meldal bru, mens modellen bare omhandler smolt fra området ved Merk bru. Det kan være betydelige variasjoner i vekst og smoltalder i ulike deler av elva, avhengig av vanntemperatur og næringstilgang.

Hva har en økt smoltalder på 0,4 år å si for smoltproduksjonen? Dersom en laksunge må stå ett år ekstra i elva før den blir stor nok til å smoltifisere, risikerer den å dø før den blir

smolt. Dødeligheten er svært stor det første leveåret (80 - 95 %), og deretter er 40 - 60 % årlig dødelighet vanlig (Symons 1979). I de videre beregningene antar vi at 50 % av laksungene dør det siste året før de smoltifiserer. Dessuten ser vi for enkelthets skyld bort fra andre smoltaldrer enn 3 og 4 år og fra tetthetsavhengig dødelighet. Vi tar utgangspunkt i 1000 laksunger som er 3 år gamle. Dersom gjennomsnittlig smoltalder skal bli 3,6 år, må 250 ha blitt store nok til å smoltifisere som treåringer, mens de øvrige 750 blir stående ett år lenger i elva. I denne perioden dør 50 %, mens resten (375 individer) smoltifiserer 4 år gamle. Totalt vil 625 av de 1000 individene overleve fram til smoltstadiet. Dersom smoltalderen derimot skal bli 4,0 år, må alle 1000 individene stå i elva til de blir 4 år gamle. Underveis dør halvparten, og 500 overlever fram til smoltifisering. Tapt smoltproduksjon på grunn av økt smoltalder blir ut fra dette 20 %.

Dersom vi gjør samme regnestykket ut fra observert smoltalder før og etter regulering (3,2 versus 3,6 år), så medfører dette et smolttap på 24 %.

Diskusjon

Vekstmodellen er her benyttet til å beregne hvor store endringer det vil bli i laksungenes vekst på grunn av temperaturrendringer på ett sted i elva (ved Merk bru). Dette stedet ble valgt fordi det foreligger en grundig vurdering av hvilke effekter kraftutbyggingen har hatt på vanntemperaturen i sommerperioden på dette stedet (Tvede 1992). Imidlertid er det betydelige forskjeller nedover i vassdraget, og dette har betydning for laksungenes vekst. Når kraftstasjonene er i drift, tappes kaldt bunnvann fra magasinene, og temperaturen i dette vannet er ofte betydelig lavere enn vannet i elva. Det gjør at vanntemperaturen i elva synker like nedenfor utløpet av kraftverket, men øker gradvis igjen nedover elva på grunn av oppvarming fra omgivelsene og bidrag fra sidefelt. I Orkla har derfor reguleringen størst negativ effekt på vanntemperaturen om sommeren like nedenfor utløpene av Brattset kraftverk og Grana kraftverk.

Beregningene ovenfor antyder et smolttap på 20 - 24 % på grunn av redusert vanntemperatur i sommerperioden. Imidlertid er det mange andre faktorer som påvirker laksungenes overlevelse, og dermed smoltproduksjonen i elva. Alle disse faktorene må sees i sammenheng når man evaluerer effekter av kraftutbyggingen på laksebestanden.

4.6.2 Smoltproduksjon og vintervannføring

Den estimerte smoltproduksjonen i Orkla ovenfor Meldal har variert fra 4,0 til 10,8 smolt per 100 m² i undersøkelsesperioden. Den laveste estimerte smoltproduksjonen ble observert i 1983 som er det året som er minst påvirket av reguleringen. Vi har tidligere satt fram en hypotese om at vintervannføringen er av avgjørende betydning for smoltproduksjonen i Orkla (Hvidsten & Ugedal 1991, Hvidsten 1993) og ved siste rapportering av dataene ble det funnet en sterk sammenheng mellom minste vintervannføring og smoltproduksjonen (Hvidsten et al. 1996).

Smoltalderen til laksungene i Orkla er hovedsakelig 3 eller 4 år. Hver fisk har dermed opplevd minst tre vintre i elva

før utvandring til sjøen. Vannføringen hver vinter gjennom oppvekstperioden kan ha betydning for overlevelsen. Vi satte den minste vannføringen (målt som døgnmiddel) som ble registrert (januar til og med april) hver av de to eller tre siste vintrene før smoltutgangen sammen til en indeks (tabell 4.6.2). Indeksen kommer fram ved at en finner gjennomsnittlig minstevannføring i perioden. Deretter beregnes årlig minstevannføring i forhold til gjennomsnittsvannføringen. Dette er en relativ verdi i forhold til de andre åra i perioden og er angitt som verdi a i tabellen. Vannføringsindeksen kommer fram ved at vannføringen ses på som en sannsynlighet for overlevelse. Overlevelsen til laksungene som gikk ut som smolt i 1983 kan være avhengig av vintervannføringen både i 1981, 1982 og 1983. Derfor er den relative vintervannføringen multiplisert med hverandre for disse årene. Verdiene er angitt som $a*b*c$ i tabellen og angir vintervannføringsindeksen for smoltårsklassen 1983. Dersom vannføringen har vært liten i hele oppholdsperioden for smolten, vil sannsynligheten for overlevelse være liten. Motsatt vil stor verdi for vannføringsindeksen angi stor sannsynlighet for overlevelse.

Det viste seg å være en klar sammenheng mellom vannføringsindeksen og smoltproduksjonen både når en bruker de to ($a*b$) og de tre siste vintrenes minstevannføring ($a*b*c$). Best sammenheng fikk vi ved å bruke de tre siste vintrene før smoltutvandring ($I_V = a*b*c$) (figur 4.6.2).

Smoltproduksjonen (S) kan beskrives ved hjelp av vannføringsindeksen (I_V) ved følgende likning:

$$S = 4,23 + 2,00 * I_V \quad (n = 19, R^2 = 0,46, p = 0,002)$$

Ved å regne produksjonen per km elv får vi følgende modell:

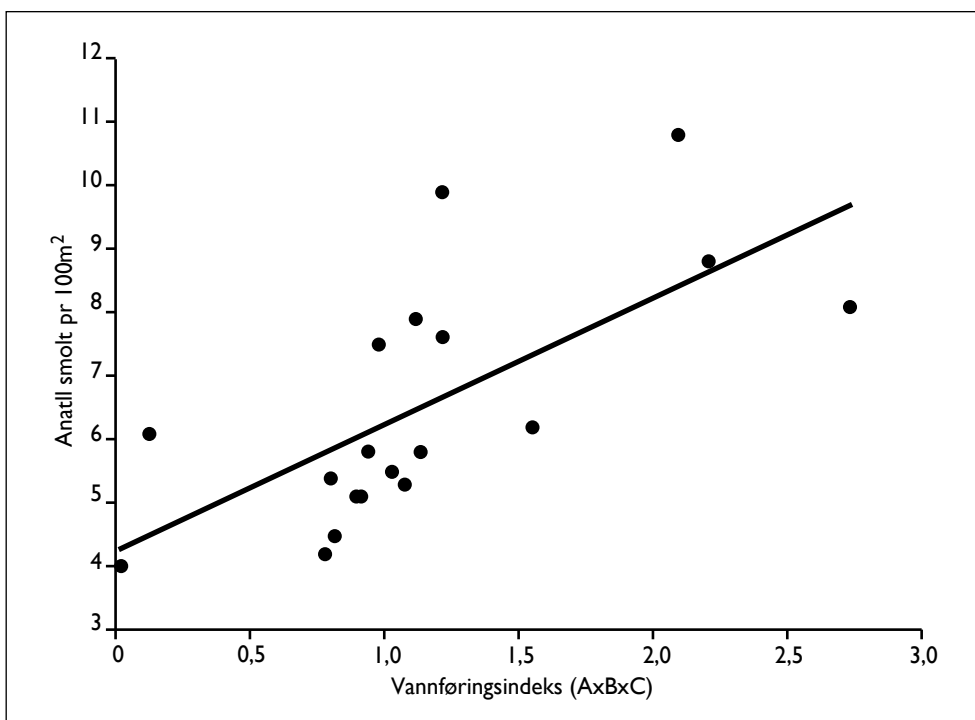
$$S = 2648,4 + 1247,6 * I_V$$

Smoltårsklassene 1983 og 1984 vokste delvis opp i uregulert elv med vesentlig lavere vintervannføring enn de senere smoltårsklassene. Selv om disse to årsklassene holdes utenfor analysen er det en sterk sammenheng mellom smoltproduksjonen og vannføringsindeksen ($n = 17, R^2 = 0,45, p = 0,003$).

Sammenhengen mellom minste vintervannføring og smoltproduksjonen er robust overfor hvordan vannføringen uttrykkes i analysen. Hvis for eksempel vannføringen uttrykkes som gjennomsnittlig minste vintervannføring de siste tre år, blir relasjonen mellom smoltproduksjon og vannføring noe svakere for totalmaterialet ($n = 19, R^2 = 0,40, p = 0,004$), men noe sterkere for analysen uten smoltårsklassene 1983 og 1984 ($n = 17, R^2 = 0,52, p = 0,001$), enn ved bruk av vannføringsindeksen.

Den minste vintervannføringen synes derfor å ha stor betydning for smoltproduksjonen i Orkla, og vintervannføringen kan representere en flaskehals for ungfiskproduksjonen i elva. Dette er også funnet i andre studier. Gibson & Myers (1988) fant en positiv sammenheng mellom overlevelse hos årsyngel av laks og vintervannføring i seks elver i Canada. I Catamaran Brook i Canada ble det funnet en sterk positiv relasjon mellom gjennomsnittlig vintervannføring og overlevelse mellom ulike livsstadier (rogn til 0+, 0+ til 1+, og 1+ til 2+) i hos laks i fem av seks år (Cunjak & Therrien 1998, Cunjak et al. 1998). Økt overlevelse i vintre med høy vintervannføring ble antatt å være en funksjon av habitattilgjengelighet (Cunjak et al. 1998).

Lav vintervannføring kan altså tenkes å virke begrensende for ungfiskproduksjonen i elva gjennom å redusere arealet av tilgjengelig habitat for fisken gjennom vinteren. Etter regulering har minste vintervannføring i Orkla vært vesentlig høyere (snitt 16,2 m³/s) enn før regulering (snitt 4,4 m³/s i de 19



Figur 4.6.2. Sammenheng mellom minstevannføring (gitt som en vannføringsindeks I_V) og smoltproduksjon i Orkla 1983 - 2002 (unntatt 1989).

Tabell 4.6.2. År, minste vintervannføring Q_{min} , relativ vintervannføring A, relativ vintervannføring det foregående år (B), relativ vintervannføring to år før (C), vannføringsindeks for to siste år før utvandring ($A*B$) og vannføringsindeks for tre siste år før utvandring ($A*B*C$) i Orkla i perioden 1983 til 2002. (Relativ vintervannføring er forholdet mellom minste vintervannføring det aktuelle år og gjennomsnittlig minste vintervannføring for hele perioden 1981 - 2002 = 14,92)

År	Q_{min} (m^3s^{-1})	A	B	C	$A*B$	$A*B*C$
1981	1,84	0,123298				
1982	2,24	0,150102	0,123298			
1983	11,05	0,740458	0,150102	0,123298	0,111144	0,013704
1984	16,12	1,080197	0,740458	0,150102	0,799841	0,120058
1985	17,53	1,174681	1,080197	0,740458	1,268887	0,939557
1986	14,29	0,957569	1,174681	1,080197	1,124839	1,215048
1987	14,81	0,992414	0,957569	1,174681	0,950306	1,116306
1988	14,30	0,95824	0,992414	0,957569	0,950971	0,910621
1989	21,72	1,455452	0,95824	0,992414	1,394672	1,384092
1990	22,36	1,498338	1,455452	0,95824	2,180759	2,08969
1991	18,68	1,251742	1,498338	1,455452	1,875533	2,729748
1992	17,53	1,174681	1,251742	1,498338	1,470398	2,203153
1993	12,31	0,82489	1,174681	1,251742	0,968983	1,212917
1994	15,87	1,063445	0,82489	1,174681	0,877225	1,03046
1995	19,27	1,291278	1,063445	0,82489	1,373203	1,132742
1996	8,69	0,582315	1,291278	1,063445	0,75193	0,799636
1997	19,30	1,293288	0,582315	1,291278	0,753101	0,972463
1998	15,40	1,03195	1,293288	0,582315	1,334609	0,777163
1999	12,00	0,804117	1,03195	1,293288	0,829809	1,073182
2000	16,00	1,072156	0,804117	1,03195	0,862139	0,889685
2001	14,00	0,938137	1,072156	0,804117	1,005829	0,808804
2002	23,00	1,541224	0,938137	1,072156	1,445879	1,550208
Gj snitt	14,92					

årene før regulering). Hvis redusert habitattilgjengelighet er en viktig faktor for økt vinterdødelighet hos laksunger, er det sannsynlig at økt vintervannføring som følge av reguleringen i Orkla har ført til økt vinteroverlevelse hos laksunger. Det kan imidlertid ikke utelukkkes at andre faktorer som er korrelert til vintervannføringen kan være medvirkende til å forklare den observerte sammenhengen mellom smoltproduksjon og minste vintervannføring.

I Orkla var det en sammenheng mellom smoltproduksjon og antall dager med lufttemperatur på -1 °C eller kaldere. Etter kalde vintrer ble det registrert lavere smoltproduksjon. Det er imidlertid mulig at denne sammenhengen er et resultat av at vannføringen er lavere i kalde enn milde vintrer. Kalde vintrer førte til lav minstevannføring, noe som sannsynligvis har sammenheng med kjøringen av kraftverkene. Kalde vintrer fører til stor etterspørsel etter elektrisk kraft, det blir lite vann i magasinene på ettervinteren, og dermed liten vannføring og økt dødelighet av laksunger. Redusert smoltproduksjon etter kalde vintrer kan derfor være indirekte knyttet til lufttemperaturen.

4.6.3 Smoltproduksjon og andre omgivelsesvariabler

Reguleringen av Orkla har også ført til andre miljøendringer som kan ha betydning for smoltproduksjonen. Reguleringen førte til økt utvasking av fosfor fra reguleringsmagasinene. Fosfor kan være begrensende faktor for produksjonen av næringsdyr for fisk (kap 2.3.3).

Reguleringen har også ført til lavere sommertemperatur i elva, med langsommere vekst og sannsynligvis høyere smolt-alder hos laksungene som resultat (kap 4.5.1). Sammenhenger mellom smoltproduksjonen i Orkla og ulike omgivelsesvariabler ble undersøkt ved multippel regresjonsanalyse. I utgangspunktet var vi interessert i å teste omgivelsesvariabler med sannsynlig virkning på smoltproduksjonen. Vi valgt å teste vintervannføring, nivå av næringsalter (demningseffekt), og fiskens vekstforhold. Videre inkluderte vi beregnet eggdeponering i analysene idet gytebestandens størrelse også kan tenkes å innvirke på produksjonen av smolt. Analysene ble gjennomført som multippel regresjonsanalyse ved bruk av prosedyren backward-selection i SPSS. Analysene ble gjennomført både med estimert smoltproduksjon og Ln til estimert smoltproduksjon som avhengige variabler. Analyse med Ln til estimert smoltproduksjon som

avhengig variabel ga høyest forklaringsgrad og vi presenterer derfor bare modeller for sammenhenger mellom denne avhengige variabelen og omgivelsesvariable.

Av vintervannføringsmål har vi forsøkt flere i analysen, enten samlemål for minste vintervannføring de tre siste vintrene før smoltutvandring (vannføringsindeks eller gjennomsnittlig minste vintervannføring de tre vintrene), eller vi har brukt de enkelte minste vintervannføringer (vinteren samme år, vinteren ett år før, og vinteren to år før smoltutgang) for den aktuelle smoltårsklassen i analysene. Minste vintervannføring viste seg å være en av de viktigste faktorene for å forklare smoltproduksjonen i Orkla. Vi testet derfor ut ulike kombinasjoner for å få en så god modell for sammenhengen mellom smoltproduksjon og omgivelsesparametre som mulig.

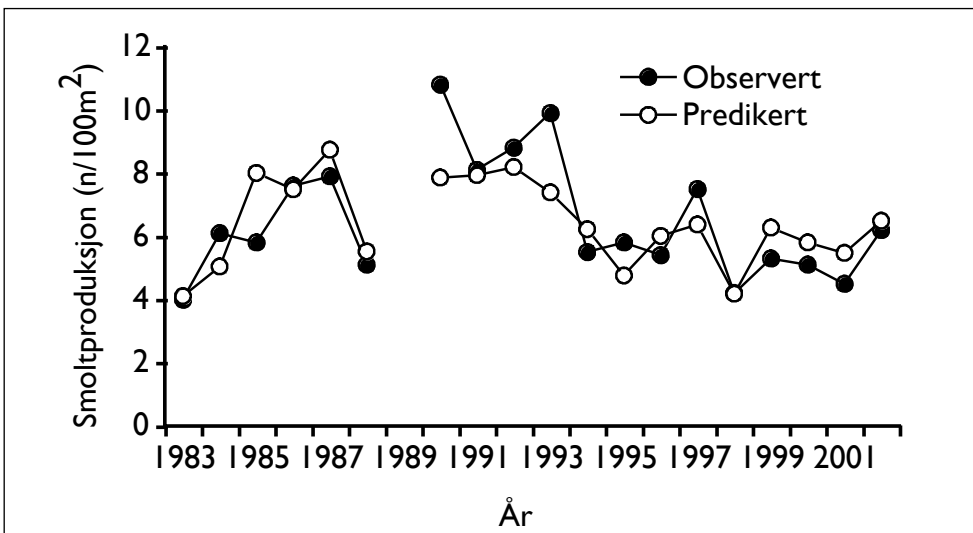
Gjennomsnittlig innhold av totalfosfor i vannprøver ble brukt som et mål på næringssalter. I analysene benyttet vi fosforinnholdet målt i vannprøver fra Rønningen og Bjørset (Grande & Romstad 1994, Aanes et al. 2000). I NIVA's overvåking av vannkvalitet i Orkla ble stasjonen ved Rønningen, som ligger ovenfor Svorkas innløp i Orkla, erstattet med en stasjon ved Bjørset fra og med 1994. Begge disse stasjonene ligger nedenfor den strekningen hvor smoltproduksjonen er estimert, men tidsutviklingen i fosforinnhold i elvevannet antas å være den samme på disse stasjonene som i Orkla ovenfor Meldal.

Av fosformål har vi forsøkt flere i analysen, enten samlemål for fosforinnhold de tre siste årene før smoltutvandring (gjennomsnittlig fosforinnhold de tre siste årene), eller vi har brukt gjennomsnittlig fosforinnhold de enkelte årene som er aktuelle (året før, to år før, eller tre år før smoltutgang). Det er usikkert på hvilke livsstadier økt fosforinnhold påvirker bestanden av laksunger. Vi testet derfor ut ulike kombinasjoner av variable for å få en så god modell for sammenheng mellom smoltproduksjon og omgivelsesparametre som mulig. Det foreligger ikke rapporterte verdier for innholdet av fosfor i Orkla fra 2000 og 2001. Vi benyttet derfor gjennomsnittet av fosformålingene fra 1997 – 1999 for disse to årene. Gjennomsnittlig smoltalder har variert fra 3,0 til 3,8 år i undersøkelsesperioden. Det er god sammenheng mellom gjennomsnittlig smoltalder for en årsklasse og beregnet vekst

for den samme årsklassen basert på vanntemperatur i vekstsesongen. Variasjoner i gjennomsnittlig smoltalder vil først og fremst være et uttrykk for variasjoner i vanntemperaturen i vekstsesongene for de ulike årsklasser, men vil også i noen grad være avhengig av det relative styrkeforholdet mellom årsklasser.

Gytebestandens størrelse og dermed eggdeponeringen varierer mellom år, og dette har et potensiale til å påvirke smoltproduksjonen når de aktuelle årsklassene blir smolt. Smoltutgangen det enkelte år i Orkla består av fisk fra flere årsklasser, slik at det er problematisk å tilordne eggdeponering direkte til smoltproduksjonen det enkelte år. Smolten i Orkla er hovedsakelig 3 og 4 år gammel fisk. I materialet samlet inn fra smoltfella i perioden 1983 - 2002 har 2 år og 5 år gammel smolt utgjort henholdsvis 0,4 og 3 % av smolten. Vi tok derfor utgangspunkt i de beregnede eggdeponeringene for 3- og 4-årig smolt i hver enkelt årsklasse. Disse eggdeponeringen ble veid ut fra andelen av 3- og 4-årig smolt i den aktuelle smoltårsklassen. Dette veide eggdeponeringsmålet ble benyttet i regresjonsanalysene.

Regresjonsanalysen viste at minste vintervannføring to vintre før smoltutgang (V_{-2}), fosforinnhold i vannprøver tre år før smoltutgang (P_{-3}) og gjennomsnittlig smoltalder for de ulike smoltårsklassene (A_g) bidro signifikant til å forklare variasjonen i smoltproduksjonen i hele undersøkelsesperioden (modell 1, tabell 4.6.3). Vintervannføring og fosforinnhold viste en positiv sammenheng med smoltproduksjonen dvs. smoltproduksjonen økte med økende minste vintervannføring og økende fosforinnhold. Gjennomsnittlig smoltalder viste en negativ sammenheng med smoltproduksjonen dvs. eldre smolt gir en lavere produksjon enn yngre smolt. Denne modellen ga en total forklaringsgrad (R^2) på 63 % og en justert forklaringsgrad (adjusted R^2) på 56 %. Justert forklaringsgrad er et hjelpemiddel for å vurdere hvor mange variable som bør inkluderes i en regresjonsmodell. Det var god overensstemmelse mellom observert smoltproduksjon i Orkla i perioden 1983 – 2002 og predikert smoltproduksjon ut fra disse variablene (figur 4.6.3).



Figur 4.6.3. Sammenlikning mellom observert smoltproduksjon i Orkla i perioden 1983 - 2002 (unntatt 1989) og predikert smoltproduksjon basert på minste vintervannføring, fosforinnhold i vannprøver og gjennomsnittlig smoltalder hos ulike smoltårsklasser.

Tabell 4.6.3. Sammenhenger mellom smoltproduksjon (S , gitt som antall smolt/100 m²) i ulike år, minste vintervannføring to vintre før smoltutgang (V_2), minste vintervannføring samme vinter som smoltutgang (V_3), fosforinnhold i vannprøver 3 år før smoltutgang (P_3), gjennomsnittlig smoltalder for ulike smoltårsklasser (A_g), og veid eggdeponering for smoltårsklassene (E_v) i Orkla for smoltårsklassene 1983-2002 med unntak av 1989. Parametrene (β_x) er estimert med modellen: $\ln S = \beta_0 + \beta_1 V_2 + \beta_2 V_3 + \beta_3 P_3 + \beta_4 A_g + \beta_5 E_v$. De ulike parametrene (med SE i parentes) er estimert ved multipl regressjon. R^2 og $adjR^2$ angir henholdsvis den totale forklaringsgraden og den justerte forklaringsgraden for modellene. p angir signifikansen for modellene. Signifikansnivået for de ulike parametrene er angitt med ns= ikke signifikant, * = < 0,05; ** = < 0,01; *** < 0,001.

Modell	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	R^2	adj R^2	p
Modell 1	2,73** (0,80)	0,041*** (0,010)	- -	0,091** (0,026)	-0,57* (0,27)	-	0,63	0,56	0,001
Modell 2	2,65** (0,78)	0,040*** (0,010)	0,018 ^{ns} (0,013)	0,081** (0,026)	-0,61* (0,26)	-	0,68	0,59	0,002
Modell 3	2,50** (0,76)	0,033** (0,011)	0,020 ^{ns} (0,012)	0,070* (0,026)	-0,59* (0,25)	0,048 ^{ns} (0,033)	0,72	0,62	0,002

Regresjonsanalysen viste også at ytterligere to variable var av betydning for å forklare variasjonen i smoltproduksjonen i Orkla. Disse variablene var minste vintervannføring samme vinter som smoltutgang (V_3) og veid eggdeponering (E_v). Begge disse variablene viste en positiv sammenheng med smoltproduksjonen (modell 2 og 3, tabell 4.6.3). Ved å inkludere disse to variablene økte modellenes totale forklaringsgrad til 72 %, og justert forklaringsgrad økte til 62 %. Disse variablene bidro imidlertid ikke signifikant til å forklare variasjonen i smoltproduksjonen i den totale modellen. Dette innebærer at konstantene for disse variablene i de endelige modellene ikke er signifikant forskjellig fra null. En økt justert forklaringsgrad for modellene når disse variablene inkluderes viser imidlertid allikevel at de har betydning for å forklare variasjonen i smoltproduksjonen i Orkla i perioden 1983 – 2002. Regresjonsanalysen viste at å føye ytterligere forklaringsvariable til modellen ikke økte den totale forklaringsgraden nevneverdig mens justert forklaringsgrad da avtok. Vi har benyttet disse utvidede modellene (modell 2 og 3, tabell 4.6.3) senere i denne rapporten når vi forsøker å ta bort variasjon i datasettet som skyldes variasjon i ulike miljøforhold (se kap. 4.6.4 og kap. 7.5).

4.6.4 Samlet smoltproduksjon i Orkla

Effekter av økt minste vintervannføring og økt smoltalder på smoltproduksjonen.

Smoltproduksjonen i Orkla i hele undersøkelsesperioden kan beskrives med modeller basert på minste vintervannføring, fosforinnholdet i elva, gjennomsnittlig smoltalder til ulike smoltårsklasser og veid eggdeponering for ulike smoltårsklasser (se tabell 4.6.3). Når vi skal forsøke å uttale oss om hvilken effekt reguleringen har hatt på smoltproduksjonen i elva kan disse modellene benyttes. Det må poengteres at disse modellene ikke kan brukes til å anslå smoltproduksjonen før regulering, men er likninger som beskriver sammenhengen mellom smoltproduksjonen og ulike miljø- og bestandsvariabler i løpet av undersøkelsesperioden i Orkla. Likningene kan derfor brukes til å estimere endringen i smoltproduksjon som skyldes for eksempel økt vintervannføring ved å variere

vintervannføringen i modellene og samtidig holde de andre miljø- og bestandsvariablene konstant. De beregnede smoltproduksjonene ved for eksempel lav minste vintervannføring er derfor ikke et anslag over hvor stor smoltproduksjonen var før regulering.

En økt gjennomsnittlig minste vintervannføring fra 4,4 m³/s (gjennomsnittet før regulering) til 16,2 m³/s (gjennomsnittet etter regulering) har etter disse modellene ført til en økning av smoltproduksjonen med mellom 62 % og 100 % (Tabell 4.6.4a). Tilsvarende har en økt smoltalder fra 3,2 år (gjennomsnittet før regulering) til 3,6 år (gjennomsnittet etter regulering) ført til en reduksjon i smoltproduksjonen på omlag 21 %. Dette overslaget over reduksjon i smoltproduksjon som følge av økt smoltalder overensstemmer godt med beregningene over smolttap på grunn av redusert vanntemperatur i sommerperioden (20 - 24 % kfr kap. 4.6.1).

En samlet vurdering av effektene av økt minste vintervannføring og økt smoltalder som følge av reguleringen med basis i disse regresjonsmodellene antyder en økning i smoltproduksjonen på mellom 30 og 59 %. Dette overslaget over endring i smoltproduksjon gjelder for strekningen Meldal - Brattset hvor smoltproduksjonen er estimert. Hvis vi skal gjøre et anslag over effekten av reguleringen på smoltproduksjonen i hele Orkla må vi ta hensyn til at vannføringsforholdene varierer på ulike strekninger av elva.

Tapt smoltproduksjon oppstrøms Brattset kraftverk

For å beregne tapt smoltproduksjon på strekningen Brattset kraftverk – Stoin har vi tatt utgangspunkt i smoltproduksjonsarealet på strekningen. Det utgjør 8,9 % av samlet areal på strekningen Bjørsetdammen – Stoin (kfr tabell 3.3). Vi antar derfor at smoltproduksjonen før regulering på strekningen Brattset kraftverk – Stoin var 8,9 % av gjennomsnittlig årlig smoltproduksjon før regulering for hele strekningen Bjørsetdammen – Stoin som var 120 000 smolt. Det vil si at gjennomsnittlig årlig smoltproduksjon for strekningen Brattset kraftverk – Stoin før regulering var 10 680. Vintervannføringen på strekningen skal ikke være lavere enn

0,5 m³/s. Dette utgjør 89 % reduksjon sammenlignet med gjennomsnittlig minste vintervannføring før regulering (4,4 m³/s målt ved Syrstad). Gjennomsnittlig minste vintervannføring før regulering oppstrøms Brattset var lavere enn ved Syrstad. Vi antar derfor en reduksjon i smoltproduksjonen på ca. 80 % og kommer fram til et smolttap på i størrelsesorden 8 000 smolt på strekningen Brattset kraftverk – Stoin.

Effekt av Svorkmo kraftverk

Det er grunn til å anta at det årlig blir ført minimum 9 500 smolt gjennom Svorkmo kraftverk. Ca. 75 % av smolten som passerer gjennom kraftverket dør (kfr kap. 5.2.2).

Tapt smoltproduksjon på grunn av Svorkmo kraftverk utgjør dermed i størrelsesorden 7 000 smolt pr år.

Samlediskusjon

Ved en vurdering av effekter av reguleringen på smoltproduksjonen i Orkla er det et betydelig problem at vi strengt tatt mangler data om smoltproduksjonen før regulering. Reguleringseffektene på de lakseførende deler av Orkla begynte å gjøre seg gjeldende allerede i 1982. Oppfyllingen av Nerskogmagasinet startet 1.7.1981 og nådde kote 630 i september. Magasinet ble ikke tappet ned den første vinteren og vannstanden lå mellom kote 635 og 640 m.o.h. sommeren 1982. Grana kraftverk ble satt i drift i april 1982. Smoltproduksjonsundersøkelsene ble startet i 1983. Smolten som vandret ut i 1983 hadde en gjennomsnittsalder på 3,04 år og de aller fleste var 3 år gamle. De hadde opplevd sine første leveår (1979 - 1981) på uregulert elv, men i løpet av våren 1982 ble de påvirket av endringer i vannføring, vanntemperatur og demningseffekt som følge av reguleringen. Denne mangelen på kunnskap om hvordan smoltproduksjonen var før regulering, gjør det selvsagt vanskelig å måle effektene av reguleringen.

En reguleringseffekt vil i det lange løp hovedsakelig være en følge av endringer i vanntemperatur og vannføring. Men i Orkla har det i de første årene etter regulering i tillegg skjedd andre betydelige endringer. Vi hadde en betydelig

demningseffekt de første årene som følge av oppdemningen av de to nye, kunstige magasinene Nerskogmagasinet (Granasjøen) og Innerdalsmagasinet (Innerdalsvatnet). Dette ga en midlertidig økning i fosfornivåer i elva. I tillegg fikk vi endringer i vanntemperatur som virker forskjellig i ulike deler av elva og en markant økning i vintervannføring i deler av elva. Fordi disse endringene kom samtidig er det vanskelig å skille de ulike effektene fra hverandre og å separere midlertidige fra mer permanente endringer.

Fordi demningseffekten har gitt en betydelig påvirkning av smoltproduksjonen i form av økte fosfornivåer med økt produksjon av næringsdyr, har vi heller ikke så langt god nok kunnskap om hvordan smoltproduksjonen i Orkla vil bli i det lange løp etter regulering når denne effekten er borte. Vi har i denne rapporten påvist positiv effekt på produksjonen som følge av økt næringstilførsel (midlertidig), en sterk og trolig varig økning på grunn av økt vintervannføring i deler av elva, og negative effekter av redusert sommertemperatur, redusert vannføring ovenfor Brattset og smolttap i turbinene i Svorkmo kraftverk. Relasjonene mellom smoltproduksjon og fosfornivåer, vintervannføring og smoltalder er dominert av data som er samlet inn etter regulering. De utviklede regresjonsmodellene kan selvsagt benyttes til å estimere smoltproduksjonen før regulering ved å sette inn de aktuelle miljøverdiene i modellen. Det er imidlertid to problemer med dette. For det første er det lite overlapp mellom miljøverdiene (f. eks vintervannføring) fra perioden før og etter reguleringen. Dette betyr at man i beste fall estimerer smoltproduksjon før regulering for x-verdier (miljøverdier) som ligger i ytterkanten av regresjonslinja. De fleste regresjonsmodeller er mest usikre i dette området fordi flest observasjoner ofte ligger mot midten av x-aksen (gitt at man ikke har skjevfordeling langs x-aksen, og da bør jo modellen vurderes i forhold til stabilitet). I verste fall må man ekstrapolere til x-verdier man ikke har y-observasjoner for. For smoltproduksjonen i Orkla er det siste ikke aktuelt da vi har en før-observasjon som ligger nær gjennomsnittlig minste

Tabell 4.6.4a Estimerte effekter av endret minste vintervannføring og smoltalder på smoltproduksjonen i Orkla. Effektene er estimert utfra tre ulike modeller for sammenhenger mellom smoltproduksjon i Orkla og miljø- og bestandsparametere (se tabell 4.6.3) i perioden 1983 - 2002. I beregningene er fosforinnholdet i elva og veid eggdeponering (bare modell 3) satt lik gjennomsnittet for undersøkelsesperioden.

	Minste Vintervf.	Smolt- alder	Modell 1		Modell 2		Modell 3	
			Prod. (n/100m ²)	Endring (%)	Prod. (n/100m ²)	Endring (%)	Prod. (n/100m ²)	Endring (%)
Økt minste vintervf.	4,4 16,2	3,52 3,52	4,2 6,8	+62 %	3,4 6,8	+100 %	3,6 6,7	+86 %
Økt smoltalder	14,9 14,9	3,2 3,6	7,7 6,1	-21 %	7,7 6,0	- 22 %	7,6 6,0	- 21 %
Samlet vurdering	4,4 16,2	3,2 3,6	5,0 6,5	+ 30 %	4,1 6,5	+ 59 %	4,3 6,4	+ 49 %

Tabell 4.6.4b. Overslag over endring i årlig smoltproduksjon (antall smolt) på fire delstrekninger i Orkla pluss årlig smolttap i Svorkmo kraftverk som følge av reguleringen. Smoltproduksjonen før regulering er i disse beregningene antatt å være 2 600 smolt pr. km elv, eller totalt 234 000 for hele elva. Effektene av økt minste vintervannføring og endringer i vanntemperatur (økt smoltalder) på smoltproduksjonen er estimert ut fra regresjonsmodeller over sammenhenger mellom smoltproduksjonen og miljø- og bestandsvariable i Orkla i perioden 1983-2002 (se tabell 4.6.3 og 4.6.4). Beregninger for to modeller er vist.

Endring i smoltproduksjon som følge av endring i minste vintervannføring og endring i vanntemperatur på strekningen sjøen - Svorkmo kraftverk (17 km): + 30 - 59 %	+ 13 300	+ 26 100
Endring i smoltproduksjon som følge av liten endring i minste vintervannføring og endring i vanntemperatur på strekningen Svorkmo kraftverk – Bjørsetdammen (22 km): - 22 %	- 12 600	- 12 600
Endring i smoltproduksjon som følge av endring i minste vintervannføring og endring i vanntemperatur på strekningen Bjørsetdammen - Brattset kraftverk (45 km): + 30 - 59 %.	+ 35 100	+ 69 000
Endring i smoltproduksjon som følge av endring i minste vintervannføring på strekningen Brattset kraftverk – Stoin	- 8 000	- 8 000
Årlig smolttap i Svorkmo kraftverk	- 7 000	- 7 000
Sum endring	+ 20 800	+ 67 500
Prosentvis endring	+ 9 %	+ 29 %

vannføring før regulering. Stor usikkerhet må vi imidlertid leve med fordi gjennomsnittlig minste vintervannføring før regulering ligger i ytterpunktet av våre regresjonsmodeller.

Det andre problemet med å benytte regresjonsmodellene til å anslå endring i smoltproduksjon etter regulering er i hvilken grad man kan anta at de faktorer som vi har påvist at påvirker smoltproduksjonen i et datasett som i all hovedsak er innsamlet etter regulering er gyldige også før regulering. Med andre ord: var det de samme miljøfaktorene som begrenset produksjonen før og etter regulering? En sammenheng mellom vintervannføring og vinteroverlevelse for ulike livsstadier av laksunger er påvist i syv elver i Canada (Gibson & Myers 1988, Cunjak & Therrien 1998, Cunjak et al. 1998; kfr kap. 4.6.2), og dette er en sterk støtte til at minste vannføring har vært en viktig begrensende faktor for smoltproduksjonen både før og etter regulering i Orkla.

Til tross for de begrensinger og usikkerheter som er presentert her vil vi gjøre et forsøk på å anslå nettoeffekten

av reguleringen på smoltproduksjonen i Orkla. Vi presiserer at våre anslag må brukes med forsiktighet og at det er usikkerhet om situasjonen i elva med hensyn på om effekten av reguleringen har stabilisert seg. Laksen i Orkla har som i de fleste andre bestander i Norge, vært gjennom en periode med svært lav sjøoverlevelse (kfr. kap. 7.4.2) noe som har påvirket både fangstene, gytebestanden og smoltproduksjonen.

I tabell 4.6.4b har vi samlet de ulike elementene som er omtalt foran. Vi har tatt utgangspunkt i en smoltproduksjon ved 4,4 m³/s som tilsvarer ca. 2600 smolt/km elv (kfr. kap. 4.6.2) og har beregnet en endring i smoltproduksjonen for fire delstrekninger med ulike former for påvirkninger. Vi har også inkludert smolttapet i Svorkmo kraftverk.

Årlig smoltproduksjon ved 4,4 m³/s var etter disse beregningene 234 000. Våre beregninger antyder at årlig smoltproduksjon har økt med mellom 20 800 og 67 500 smolt. Dette tilsvarer en økning i smoltproduksjonen på i størrelsesorden 10 – 30 % som følge av reguleringen.

Ved byggingen av Svorkmo kraftverk ble Raubekken tatt inn i tilløpstunnelen. På denne måten blir det tungmetallholdige vannet blandet med det øvrige vannet i kraftverket og avløpsvannet får redusert metallinnhold. Målinger som er foretatt nedenfor utløpet av kraftverket viser lavere konsentrasjoner av tungmetaller og undersøkelser viser at dyre- og plantelivet har tatt seg opp (Korsen 1990). Dette har fått stor betydning for smoltproduksjonen i Orkla nedenfor Svorkmo kraftverk (Jensen et al. 1998). Vi har imidlertid valgt å ikke se på dette som en regulerings-effekt da det ikke har noe med endringer i vannføring og vanntemperatur i seg selv å gjøre.

4.6.5 Oppsummering og konklusjon

Smoltproduksjonen varierte 2,7 ganger fra 4,0 til 10,8 smolt/100 m² i perioden 1983 til 2002 (ikke målt i 1989).

Smoltproduksjonen i undersøkelsesperioden var positivt korrelert med minste vintervannføring og fosforinnholdet i elvevannet og negativt korrelert med smoltalder. Vintervannføringenens betydning kan forklares med at denne bestemmer tilgjengelig arealer for oppvekst av ungfisk og produksjon av næringsdyr, men det kan være flere viktige underliggende bestandsregulerende faktorer for eksempel is og isgang som kan virke begrensende. Reguleringen har ført til mindre isoppstuvning og færre isganger (kap 2.3.1). Økt vintervannføring som følge av reguleringen har i følge våre modeller isolert sett gitt en økning i smoltproduksjonen på mellom 60 og 100 %. Mengden fosfor er vanligvis begrensende for produksjonen i ferskvann. Den positive effekten av fosfor på smoltproduksjonen er svekket de siste år etter som konsentrasjonene har sunket betraktelig.

Alderen på smolten har påvirket smoltproduksjonen negativt etter reguleringen. Smoltalderen har sammenheng med vanntemperatur og til en viss grad årsklassestyrke. I følge vekstmodellen for laks økte smoltalderen som følge av redusert

vanntemperatur i vekstsesongen etter regulering (kap 4.6.1). Redusert vanntemperatur som følge av reguleringen har isolert sett i følge våre anslag ført til en redusert smoltproduksjon på i størrelsesorden 20 – 24 %.

Med forbehold om at vi ikke har data om smoltproduksjon som er upåvirket av reguleringen, og at våre estimater derfor er basert på regresjonsmodeller etablert fra data som i hovedsak innsamlet etter regulering, anslår vi at nettoeffekten av reguleringen er en økning i smoltproduksjonen på i størrelsesorden 10 - 30 %. Den viktigste årsaken til økningen er økt minstevannføring om vinteren og denne konklusjonen er understøttet av publiserte undersøkelser fra flere andre elver. Det skal også bemerkes at av de 19 år med estimater for smoltproduksjon, ble den laveste estimerte smoltproduksjonen observert i 1983 som er det året som er minst påvirket av reguleringen.

5 Smoltutvandring

Utvandring av laksesmolt (figur 5) skjer trolig aktivt, og ikke som en følge av nedsatt evne til å stå imot vannstrømmen ved smoltifisering (Peake & McKinley 1998). Studier av individuelle smolt i elva Itchen, Hampshire, UK, tyder på at fiskene starter sin nedvandringsatferd etter solnedgang (Riley et al. 2002), og at smoltutvandringen hovedsakelig skjer om natten. Men dette mønsteret er trolig ikke generelt for alle elver (Antonsson & Gudjonsson 2002) eller gjennom hele utvandringssesongen (Riley et al. 2002). I nordlige elver med midnattsol skjer det også utvandring om dagen (Veselov et al. 1998). Det samme kan også skje lenger sør spesielt mot slutten av smoltutvandringen når vanntemperaturer har blitt høye (Hansen & Jonsson 1985). Ved ugunstige forhold kan smoltutvandringen stanse opp, men så kan nesten all smolten gå ut på noen få netter i slutten av vårperioden (Byrne et al. 2003). Men det kan også skje at resten av smolten går ut samme høst eller står over til neste år (Antonsson & Gudjonsson 2002).

Det er kjent at daglengden er en forberedende faktor som bestemmer tidspunkt for smoltifisering. Smoltutvandringen skjer normalt innenfor et bestemt tidsrom om våren for at smolten skal ha høyest mulig overlevelse i den første sjøfasen. Selve smoltutvandringen styres av miljøfaktorer hvor forholdet mellom vannføring og vanntemperatur og daglige endringer i disse verdiene synes å være de viktigste. Endringer i miljøforhold i forbindelse med vassdragsreguleringer vil kunne

føre til smolttap fordi endringene gjør at smolten vandrer ut til feil tid (Hansen & Jonsson 1989). Utvandring til feil tid kan gi fysiologisk stress og/eller begrenset næringstilgang i sjøen og dermed økt dødelighet.

Det er mulig at lokale laksestammer har utviklet respons på ulike faktorer som stimulerer smoltutvandringen, og at disse kan være relatert til at de treffer gunstige forhold i havet når de vandrer ut (Hvidsten et al. 1998, Antonsson & Gudjonsson 2002). Mye tyder på at smoltutvandringen fra elvene langs norskekysten er koordinert for å nå gunstige forhold i havet. Smolten vandrer ut tidligere sør i Norge i forhold til i nord, men vil i de fleste år gå ut i sjøen på et tidspunkt når sjøvannet er ca 8 °C (Hvidsten et al. 1998). Gunstige strømforhold i fjorden (ferskvannsstrøm, tidevannsstrøm og vind ut fjorden) ser ut til å gjøre at smolten kommer raskere ut av fjordsystemet noe som også vil kunne gi bedre overlevelse (Forseth et al. 2003). En synkronisert utvandring, det vil si at mange smolt vandrer samtidig, er også ansett som en fordel da dette reduserer predasjonspresset fra fugl og marine fisk i munningen og i fjorden utenfor (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Hvidsten & Lund 1988, Kålås et al. 1993).

Triggersystemene som styrer smoltutvandring er undersøkt i en rekke elver. Omgivelsesfaktorer som vanntemperatur (Jonsson & Ruud-Hansen 1985) og vannføring (Hvidsten et al. 1995b), ser ut til å stimulere utvandring av laksesmolt, men hvilke faktorer som er viktige kan variere mellom elver (Antonsson & Gudjonsson 2002). Flere forfattere har vurdert



Figur 5. Laksesmolt i utvandringsdrakt. Foto. Bjørn Ove Johnsen

vanntemperaturen som en viktig faktor for starten på smoltutvandringen hos villsmolt (Österdahl 1969, Bagliniere 1976, Solomon 1978). Noen har understreket betydningen av en terskeltemperatur (10 °C) for at utvandringen skal komme igang (Elson 1962, Österdahl 1969, Jessop 1975). I Imsa fant Jonsson & Ruud-Hansen (1985) at starten på smoltutvandringen ikke ble utløst av en bestemt vanntemperatur eller et bestemt antall døgngrader, men ble kontrollert av en kombinasjon av aktuell temperatur og temperaturøkning i vannet i løpet av våren. I Altaelva vandret smolten ut ved vanntemperaturer på 8 - 10 °C ca. en måned etter at vårfloppen hadde kulminert (Heggberget et al. 1993). Saksgård et al. (1992) nevner at smoltutvandringen i Altaelva også hadde sammenheng med månefasen. I tre Islandske elver var starten på smoltutvandringen korrelert med når temperaturen i elva nådde over 10 grader i 5 dager (Antonsson & Gudjonsson 2002).

I noen andre elver faller smoltutvandringen sammen med en økning i vannføringen (Northcote 1984). I Orkla fant Hesthagen & Garnås (1986) at smoltutvandringen begynte tidlig i mai og varte til omkring 10. juni. Utvandringen ble initiert av den første toppen i vannføring større enn 100 m³/s når vanntemperaturen var 2 - 3 °C. De fant at signifikant flere smolt vandret ut når vannføringen økte fulgt av et fall i vanntemperaturen, enn under motsatte forhold. Hvidsten et al. (1995), som fortsatte og utvidet undersøkelsene i Orkla til perioden 1980 - 1992, konkluderte med at smolten begynte utvandringen ved vanntemperaturer mellom 1,7 °C og 4,4 °C. Utvandringen var vanligvis over når vanntemperaturen nådde 10 °C. Smolten samlet seg i stimer og de fleste vandret ut om natten. Utvandringen var relatert til vannføring, vanntemperatur, negativ endring i vanntemperatur, endring i vannføring og månefasen. Det var også indikasjoner på at smolt fra øvre deler av vassdraget stimulerte smolt lengre nede til utvandring og skapte dermed stimer av utvandrende smolt (Hvidsten & Johnsen 1993, Hvidsten et al. 1995b).

Den viktigste utløsende faktor for smoltutvandringen i Stjørdalselva i Nord-Trøndelag var økning i vannføring (Arnekleiv et al. 1995), selv om utvandringen til en viss grad enkelte år også kunne forklares ut fra endringer i vanntemperatur og månefase. Økning i vannføring var imidlertid her den faktor som var signifikant assosiert med variasjon i smoltutgang. Utvandring av sjøauresmolt i Stjørdalselva var positivt korrelert med vannføring og vanntemperatur og det syntes som om sjøauresmoltene reagerte på en kombinasjon av vannføring og vanntemperatur (Hembre et al. 2001). Utvandring av sjøauresmolt var også positivt korrelert med temperatursum, samt endringer i vannføring og temperatur i Norumsån i sørvest Sverige (Bohlin et al. 1993). Temperatur ser også ut til å være hovedfaktoren som utløser utvandring av sjøaure om våren i Imsa, Rogaland (Jonsson & Jonsson 2002).

Smoltutvandringen er koordinert til å nå sjøen når det potensielt er optimale forhold for overlevelse i sjøen (Hvidsten et al. 1998). Smoltutvandringen er en kritisk periode for overlevelse hos laks. En regner med at gjennomsnittlig 90 % av smolten dør under utvandringen og den første tiden

i sjøen. Det er viktig at sjøtemperaturen er høyere enn 6 - 7 grader for å unngå osmotisk stress når smolten vandrer ut i sjøen (Sigholt & Finstad 1990). Videre er det viktig at smolten i størst mulig grad unngår predasjon i munningsområdet (Hvidsten & Lund 1988). Rask utvandring fra elvemunningen er viktig for å begrense tidsrommet som torsk, sei og lyr kan beite på smolten (Hvidsten et al. 1995b). Stor størrelse hos smolt gir et konkurransefortrinn, og synes å være viktig for overlevelsen (konf kap. 4.4.2)

I Suldalslågen så det ut til at smoltoverlevelsen økte med vannføring i elva og samlet ferskvannsavrenning i fjorden (Forseth et al. 2003).

5.1 Smoltatferd - relasjon til miljøvariabler

5.1.1 Smoltutvandringstid

Utvandringstiden har variert med 21 dager for datoer da 50 % av smolten har utvandret (12. mai - 3. juni). Median utvandringstid var 15. mai i perioden 1983 til og med 2002 (tabell 5.1.1). I Stjørdalselva var median utvandringstid 26. mai (variasjonsbredde 15. mai - 7. juni) (Arnekleiv et al. 2000).

Dato for start av smoltutvandringen er trolig godt dekt i undersøkelsene av smoltutgangen. Fellefangsten har de fleste år startet når en har merket vannstandsøking i elva i månedsskiftet april/mai. Innsamlingen har blitt avsluttet når det har vært dårlig eller ingen fangst i minimum en uke i det som er oppfattet som slutten på utvandringen. Forskjellene i utvandringstid i Stjørdalselva og Orkla skyldes trolig at fellene har stått ute lenger mot slutten av smoltutvandringsperioden i Stjørdalselva. Ved tråling etter postsmolt i fjorden kan en finne merket smolt fra både Stjørdalselva og Orkla i de samme tråltrekkene. Det er mest sannsynlig at smolten vandrer ut omtrent samtidig i de to elvene siden de skal ut i det samme fjordsystemet. I Halselva (Finnmark) blir all smolt på utvandring talt. Der var total utvandringsperiode i årene fra 1989 til 2002 103,8 dager (årlig variasjonsbredde 84 - 121 dager) for utvandrende smolt av laks (upublisert materiale). I Burrishole systemet i Irland hvor all smolt på utvandring blir kontrollert, varer utvandringen ca 100 dager (1970 -1999), mens tiden mellom 5 og 95 % fangst var 28,4 dager (variasjonsbredde 27 - 29,3 dager) målt i 10 års perioder (Byrne et al. 2003). Hovedutvandringen synes å vare ca en måned i de fleste elver, men med en variasjonsbredde på ca 3 uker for 50 % utvandring. Fangstperioden for alle år i Orkla var ca 45 dager i perioden 1983 - 2002 (figur 5.1.1)

Det var ingen forskjell i utvandringsmønster hos treårig og fireårig smolt (figur 5.1.1)

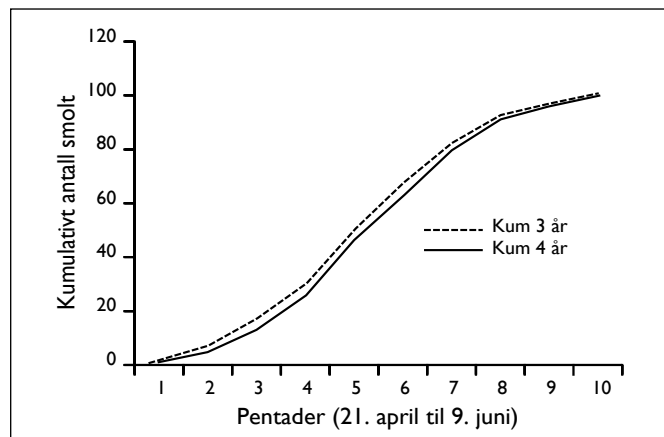
Tabell 5.1.1. Utvandningsdato for de første 25 %, de første 50 % og de første 75 % av utvandrende smolt for hvert år i perioden 1983 – 2002. Median utvandningsdato for alle år i perioden 1983 - 2002 er angitt i nederste linje i tabellen.

År	25%	50%	75%
1983	7/5	16/5	27/5
1984	2/5	14/5	17/5
1985	10/5	18/5	22/5
1986	3/5	10/5	15/5
1987	17/5	19/5	25/5
1988	7/5	14/5	27/5
1990	10/5	25/5	1/6
1991	15/5	21/5	28/5
1992	6/5	9/5	15/5
1993	26/4	8/5	16/5
1994	12/5	3/6	6/6
1995	13/5	25/5	25/5
1996	13/6	14/5	22/5
1997	11/5	18/5	27/5
1998	11/5	15/5	18/5
1999	11/5	20/5	21/5
2000	9/5	15/5	19/5
2001	9/5	15/5	19/5
2002	10/5	12/5	17/5
Median dato	10/5	15/5	22/5

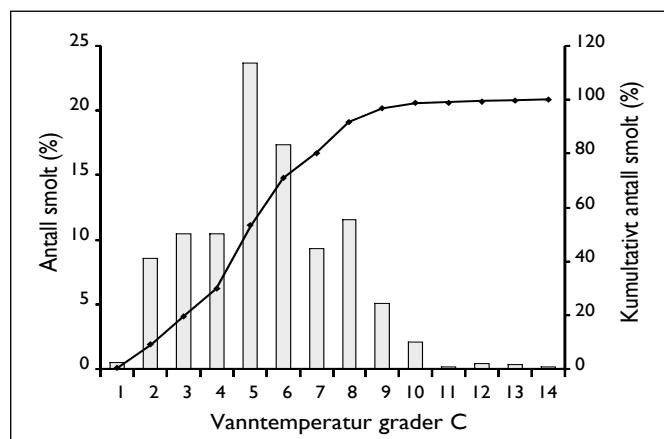
5.1.2 Vanntemperatur og utvandring

Smolt på utvandring i Orkla har blitt registrert ved temperaturer fra ca 1,4 til 14 °C (figur 5.1.2), men 96,3 % av smolten vandret ut ved vanntemperaturer fra og med 2 til og med 9 °C. 53 % av smolten vandret ut ved temperaturer under 6 °C og 41 % av smolten vandret ut ved en vanntemperatur mellom 5 og 6 °C. Gjennomsnittstemperaturen da smolten vandret ut var 5,5 °C. Vanntemperaturen når sjelden 10 °C før smoltutvandringen er over i Orkla. Også i Stjørdalselva vandrer laksesmolten ut ved lave vanntemperaturer og det ble ikke påvist noen terskelverdier i vanntemperatur for start eller for å opprettholde utvandringen (Arnekleiv et al. 2000).

I Irland var starten på smoltutvandringen ved 5 °C i Burrishole systemet, med gjennomsnittlige startverdier ved 5,4, 5,1 og 5,3 °C i tiårsperiodene 1970, 1980 og 1990 - årene (Byrne et al. 2003). Vanntemperaturen var 10,2 °C i Burrishole når 50 % av smolten hadde vandret ut (1970 - 1999) (Byrne et al. 2003).



Figur 5.1.1. Kumulativ fangst av tre- og fireårssmolt av laks i femdagersperioder fra 21/4 til 9/6 i perioden 1983 - 2002 (unntatt 1989).

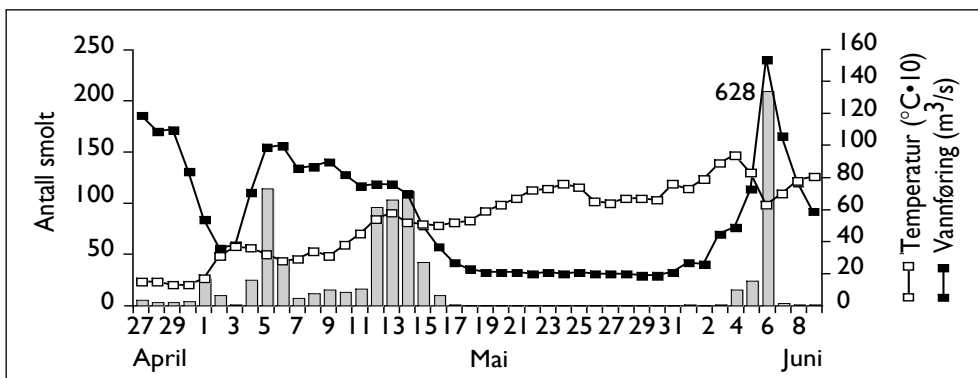


Figur 5.1.2. Smoltutvandring ved ulike vanntemperaturer i Orkla i perioden 1980 til 2002.

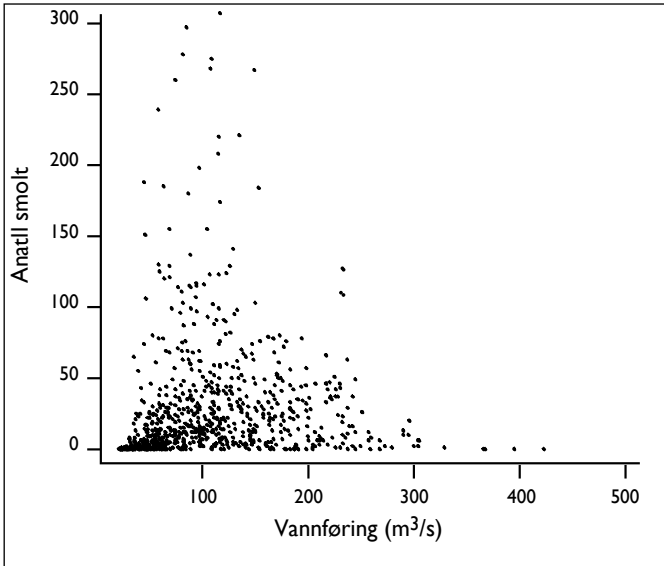
5.1.3 Vannføring og utvandring

Vannføringen har vist seg å være viktig for smoltutvandringen. I 1994 etter en lang periode med synkende og lav vannføring (17/5 til 3/6) ble det sluppet kunstig flom. Vannføringen økte fra ca. 20 til 30 m³s⁻¹ og dette initierte smoltutgang. Forløpet av smoltutgangen ble imidlertid styrt av en naturlig flom i etterkant av den kunstige flommen (figur 5.1.3a).

Ved stor vannføring kan innfangningen av smolt bli hindret på grunn av mye kvist og driv som tetter til fellene. Antall smolt fanget per dag i hele forsøksperioden (1980-2002) er vist i figur 5.1.3b. Gjennomsnittlig vannføring da smolten gikk ut var 102 m³s⁻¹.



Figur 5.1.3a. Smoltutvandring i Orkla i 1994 i forhold til vannføring og vann-temperatur.

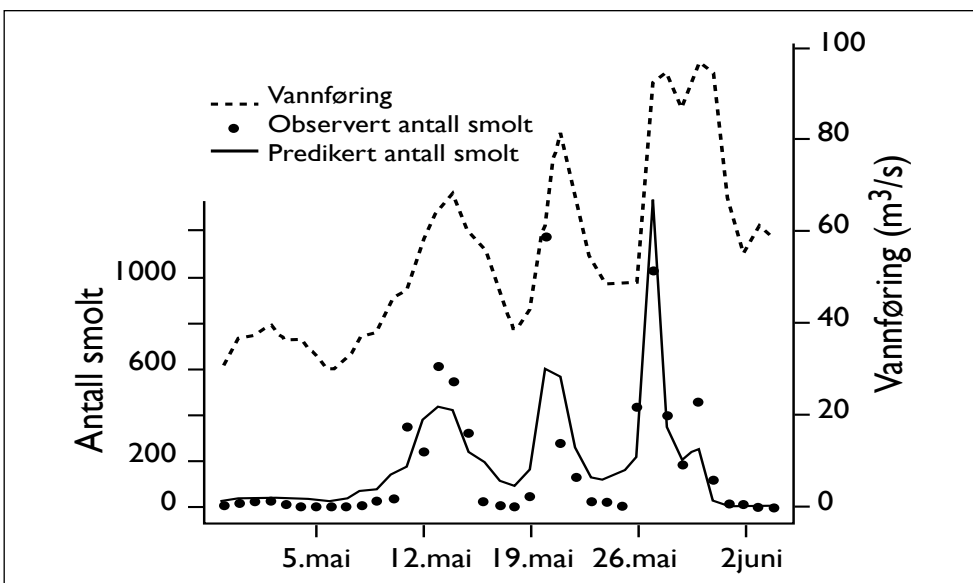


Figur 5.1.3b. Fangst av smolt på utvandring under ulike vannføringer (1980 - 2002). Dager med større fangst enn 300 smolt er utelatt.

5.1.4 Smoltatferd og omgivelsesvariabler – GLM analyse.

Smoltutvandringen ble modellert ved generaliserte lineære modeller (GLM), av typen poisson-log-lineære modeller. Den avhengige variabelen var antall smolt fanget på de ulike dagene. Modellene forutsatte at dette antallet var poissonfordelt, og at den naturlige logaritmen av forventningsverdien av dette antallet er lik en sum bestående av tre eller fire typer ledd:

- (1) Flere ledd av typen en parameter (koeffisient) multiplisert med en kontinuerlig kovariat (forklaringsvariabel), som vannføring, $\ln(\text{vannføring})$, vanntemperatur etc.
- (2) Ett ledd som er en konstant parameter avhengig av år. År ble ikke brukt som faktor i alle modellene.
- (3) Konstantledd, som er en parameter som inngår uansett verdiene av kovariatene.



Figur 5.1.4a. Observert og predikert antall nedvandrende smolt per natt og vannføring i 1991. Predikert antall er beregnet ut fra en modell hvor 1991 dataene er utelatt når modellen er tilpasset. Som konstant avhengig av år har vi brukt konstanten beregnet for 1984.

(4) “Offset” vil her si forventet antall smolt fanget dersom gjenværende smolt er fordelt jevnt utover sesongen og fangsten er proporsjonal med fangstinnsetsaten. “Offseten” i modellen var av form $\ln(\text{fangstinnsetsaten}) + \ln(\text{antall gjenværende smolt/antall gjenværende dager})$. Dette svarer til at forventet antall smolt fanget skal være proporsjonalt med fangstinnsetsaten (vanligvis 12 felletimer) og med antall gjenværende smolt dividert med antall gjenværende dager. Dette vil si at antallet som kan vandre ut ifølge modellen er avhengig av antallet smolt som er tilgjengelig for utvandring. Slik tar modellen hensyn til at gode forhold for utvandring som oppstår når det er få smolt igjen, ikke kan resultere i store utvandringer.

Valget mellom ulike modeller, dvs. hvilke kovariater som skal inngå i modellen, ble gjort ved Akaiikes informasjonskriterium (AIC) (Akaike 1974). Modellene ble ytterligere forenklet med successive F-tester for å teste hvilke av de gjenværende parametrene som ikke var signifikant forskjellig fra null (se f.eks. Venables og Ripley 2002). Beregningene ble gjort i programpakken R (versjon 1.7.0) (R Development Core Team 2004).

Vi benyttet vannføring, $\ln(\text{vannføring})$, vanntemperatur, $\ln(\text{vanntemperatur})$, dag nr, nedbør, lufttemperatur, endringer i vannføring, vanntemperatur og nedbør fra forrige dag og månefase i ulike modeller for å beskrive den daglige utvandringen. Modellen er utvidet i forhold til Hvidsten et al. (1995b) ved at antall gjenværende smolt og $\ln(\text{gjenværende smolt})$ er inkludert som kovariater. Dette gir forbedret prediksjon i tilfeller med stor utvandring av smolt. I tillegg er vannføring tatt med både som absolutt vannføring og logaritmen til vannføring. Det samme med vanntemperatur, men bare $\ln(\text{vanntemperatur})$ ble stående igjen etter F tester.

I. Perioden 1980 - 2002, med år som faktor
I denne perioden ble utvandringen testet mot antall dager siden start av fangst, $\ln(\text{antall gjenværende smolt})$, vannføring, $\ln(\text{vannføring})$, vanntemperatur, $\ln(\text{vanntemperatur})$ endringer i vannføring og vanntemperatur fra forrige dag og månefase (tabell 5.1.4a).

Tabell 5.1.4a. Kovariater, parameterestimater og standardfeil (SE) i GLM analysen. Z-verdien blir brukt for å teste null hypotesen at parametereffekten er null. Små p-verdier (dvs. store z-verdier) indikerer at parameterverdien er forskjellig fra null. År er tatt med som faktor. AIC = 29024.

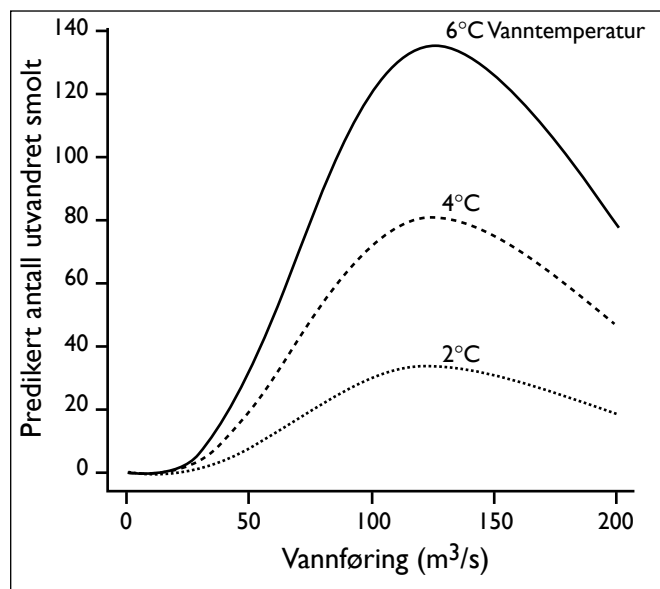
Kovariater	Parameter-Estimater	SE	Z	P
Konstant	- 24,360	0,218	- 111.623	< 0,001
Faktor år				
Konstantledd for 1982	0,548	0,056	9.745	< 0,001
Konstantledd for 1983	- 0,896	0,051	- 17.724	< 0,001
Konstantledd for 1984	- 0,572	0,045	- 12.797	< 0,001
Konstantledd for 1985	0,483	0,053	9.097	< 0,001
Konstantledd for 1986	1,205	0,053	22.869	< 0,001
Konstantledd for 1987	- 1,099	0,046	- 23.681	< 0,001
Konstantledd for 1988	- 0,056	0,044	- 1.273	> 0,05
Konstantledd for 1990	- 1,090	0,048	- 22.785	< 0,001
Konstantledd for 1991	- 0,538	0,048	- 11.134	< 0,001
Konstantledd for 1992	0,829	0,045	18.619	< 0,001
Konstantledd for 1993	0,593	0,051	11.639	< 0,001
Konstantledd for 1994	- 0,706	0,052	- 13.537	< 0,001
Konstantledd for 1995	0,638	0,049	12.918	< 0,001
Konstantledd for 1996	0,124	0,049	2.519	= 0,01
Konstantledd for 1997	- 0,104	0,051	- 2.085	= 0,04
Konstantledd for 1998	- 0,324	0,049	- 6.565	< 0,001
Konstantledd for 1999	0,149	0,046	3.255	< 0,001
Konstantledd for 2000	0,142	0,054	2.616	= 0,008
Konstantledd for 2001	0,221	0,051	4.302	< 0,001
Konstantledd for 2002	- 0,459	0,048	- 9.663	< 0,001
Kontinuerlige kovariater				
Ln(vannføring)	4,564	0,050	91.243	< 0,001
Vannføring	- 0,036	0,000	- 75.761	< 0,001
Endring i vannføring	0,015	0,000	68.131	< 0,001
Ln(vanntemperatur)	1,272	0,028	45.332	< 0,001
Ln(antall smolt igjen)	0,406	0,011	35.504	< 0,001
Dag	0,025	0,001	19.302	< 0,001
Måne	0,246	0,019	12.638	< 0,001

Etter modellutvelgelsen blir modellen for daglig utvandring av smolt med år som faktor:

$$I) \ln(\text{forventet antall utvandrende smolt}) = \beta_1 * \ln(\text{Vannføring}) + \beta_2 * (\text{Vannføring}) + \beta_3 * (\text{Endring i vannføring}) + \beta_4 * \ln(\text{Vanntemperatur}) + \beta_5 * (\text{Antall smolt igjen} / \text{antall gjenværende dager}) + \beta_7 * (\text{Dag}) + \beta_8 * (\text{Månefase}) + \text{konstant avhengig av år} + \text{konstant}_n + \text{offset.}$$

Betydningen av de ulike kovariatene er rangert fra høyeste til laveste Z-verdi (tabell 5.1.4a). Alle tre variablene for vannføring, ln(vannføring), absolutt vannføring og endring i vannføring var vesentlig viktigere enn ln(vanntemperatur) og månefase.

For å teste generaliteten til modellen har vi tilpasset en modell basert på alle år unntatt 1991 og så brukt denne modellen for å predikere utvandringen for 1991 (kvasivali-



Figur 5.1.4b. Predikert smoltutvandring for året 1991 forutsatt at antall gjenværende utvandrende smolt er 1000 stk, tid er 15 dager fra start av fangst, endring i vannføring er null, månefase er 0,5, innsats er 12 timer og antall dager igjen er 15 dager.

Tabell 5.1.4b. Kovariater, parameterestimater og standardfeil (SE) i GLM analysen. Z-verdien blir brukt for å teste null hypotesen at parametereffekten er null. Små p-verdier (dvs. store z-verdier) indikerer at parameterverdien er forskjellig fra null. År er tatt ut som faktor, AIC = 35792.

Kovariater	Parameter-Estimater	SE	Z	P
Konstant	-17,960	0,163	-110.05	< 0,001
Kovariater				
Endring vannføring	0,019	0,000	87.68	< 0,001
Ln(vannføring)	3,885	0,045	85.95	< 0,001
Vannføring	-0,033	0,000	-73.23	< 0,001
Ln(vanntemperatur)	0,881	0,013	70.25	< 0,001

dering av modellen). Den nye modellen var istand til å beskrive det generelle utvandringmønsteret i 1991 (figur 5.1.4a).

2. Perioden 1980 til 2002, uten år som faktor
Modellen for daglig utvandring av smolt uten år som faktor blir:

$$\ln(\text{forventet antall utvandrende smolt}) = \beta_1 * (\text{Endring i vannføring}) + \beta_2 * \ln(\text{Vannføring}) + \beta_3 * (\text{Vannføring}) + \beta_4 * \ln(\text{Vanntemperatur}) + \text{konstant}_n + \text{offset.}$$

Smoltutvandringen var best korrelert med (rangert fra best til lavest korrelasjon) endring i vannføring, ln(Vannføring), Vannføring, ln(Vanntemperatur) (tabell 5.1.4b).

Modellen uten år gir høyere AIC (Akaike 1974) enn modell med år og er derfor mindre presis. Imidlertid har modellen god prediktiv verdi og den har større generalitet enn modellen med år som faktor.

Tabell 5.1.4c. Kovariater, parameterestimer og standardfeil (SE) i GLM analysen. Z-verdien blir brukt for å teste null hypotesen at parametereffekten er null. Små p-verdier (dvs. store z-verdier) indikerer at parameterverdien er forskjellig fra null. År er tatt med som faktor. AIC = 7906.

Kovariater	Parameter Estimer	SE	Z	p
Konstant	-23,680	0,341	- 69.510	< 0,001
Faktor				
Konstantledd for 1994	-0,878	0,059	-14.778	< 0,001
Konstantledd for 1995	0,664	0,049	13.551	< 0,001
Konstantledd for 1996	-0,230	0,051	- 4.460	< 0,001
Konstantledd for 1997	-0,042	0,047	- 0.895	> 0,05
Konstantledd for 1998	-0,679	0,050	- 13.583	< 0,001
Konstantledd for 1999	-0,196	0,066	- 2.955	= 0,003
Konstantledd for 2000	-0,680	0,055	- 12.358	< 0,001
Konstantledd for 2001	-0,404	0,053	- 7.576	< 0,001
Konstantledd for 2002	-1,384	0,062	- 22.433	< 0,001
Kontinuerlige kovariater				
Ln(vannføring)	4,394	0,086	51.279	< 0,001
Vannføring	-0,034	0,001	- 42.454	< 0,001
Ln(vanntemperatur)	1,596	0,052	30.669	< 0,001
Ln(gjenværende)	0,429	0,023	18.316	< 0,001
Lufttemperatur	0,091	0,005	17.486	< 0,001
Endring i vannføring	0,005	0,000	11.297	< 0,001
Endring i lufttemperatur	0,066	0,006	10.408	< 0,001
Endring i vanntemperatur	-0,167	0,018	9.129	< 0,001
Ln(antall smolt igjen)	0,000	0,000	-8.393	< 0,001

Når en tar ut år som faktor, blir månefase ikke signifikant som kovariat.

3. Perioden 1993 til 2002 med år som faktor og værdata som kovariater

Modellen for daglig utvandring av smolt med år som faktor og værdata som kovariater blir:

$$\ln(\text{forventet antall utvandrende smolt}) = \beta_1 * \ln(\text{Vannføring}) + \beta_2 * (\text{Vannføring}) + \beta_3 * \ln(\text{Vanntemperatur}) + \beta_4 * (\text{Lufttemperatur}) + \beta_5 * (\text{Endring i vannføring}) + \beta_6 * (\text{Endring i lufttemperatur}) + \beta_7 * (\text{Endring i vanntemperatur}) - \beta_8 * (\text{Antall smolt igjen/antall gjenværende dager}) + \text{konstant avhengig av år} + \text{konstant}_n + \text{offset.}$$

Parameterestimatene ved å ta inn værdata blir som vist i tabellen (5.1.4c). Når en tar med værdata kommer lufttemperatur inn både som absolutt verdi og som endring fra forrige dag som signifikant kovariat. En kunne forvente at vindhastighet og regn virket inn på daglig utvandring, men dette var ikke tilfelle. Månefase kommer ikke inn som signifikant faktor.

Av værdataene synes lufttemperatur å påvirke smoltutvandringen mest. Værdataene ga generelt liten forklaringsverdi. Månefasen får mindre betydning når værdatene tas med som kovariater. Endring i vanntemperatur kommer inn med negativt fortegn. Dette har trolig sammenheng med at vanntemperaturen synker når vannføringen øker. Vannføringsøkning i denne perioden på året kan skyldes økt snøsmelting.

Dersom en anvender modell 1) for året 1991 og setter antall gjenværende utvandrende smolt til 1000 stk, tid lik 15 dager fra start av fangst, endring i vannføring lik null, månefase lik 0,5, innsats lik 12 timer og antall dager igjen lik 15 dager vil ulike vanntemperaturer gi antall utvandrende smolt i forhold til vannføring som vist i figur 5.1.4b. Modellen predikerer at smoltutvandringen ville vært størst ved ca $120 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ved de valgte vanntemperaturene som var konstante.

Analysen av smoltutgangen ved hjelp av modellvektøyet GLM viser overenstemmelse med resultatene som ble rapportert i det tidligere arbeidet (Hvidsten et al. 1995b). Imidlertid er modellen som nevnt forbedret ved at det er tatt med en ny kovariat (antall smolt igjen) og ved at både vannføring og $\ln(\text{vannføring})$ er kovariater. Dette reduserer forskjellen mellom antall observerte og antall predikerte av modellen på dager med stor smoltutgang.

Værdata bidro også lite i en tilsvarende analyse av smoltutgangen i Suldalslågen (Forseth et al. 2003). Det er dessuten vanskelig å tolke betydningen av værdataene. Årsaken til at værdata har liten effekt på smoltutvandringen skyldes trolig at de ikke er forutsigbare og at de derved trolig ikke har noen selektiv virkning på overlevelse over år. De fleste værdataene vil imidlertid enten direkte eller indirekte virke inn på vannføring- og temperaturforholdene i elva.

Vannføring og vanntemperatur synes å være de to viktigste enkeltfaktorene som påvirker smoltutvandringen i Orkla. Dette er overensstemmende med de fleste undersøkelsene av utvandrende smolt. I mange vassdrag synes vanntemperaturen å være avgjørende for at smolten skal vandre ut, enten for å sikre at sjøtemperaturen er høy nok til at smolten tåler sjøvann (Antonsson & Gudjonsson 2002) eller at smolten må ha høy temperatur for å vandre (Veselov et al. 1998). Thorpe et al. (1994) antyder at utvandringen om dagen på høy vanntemperatur kan ha sammenheng med antipredatoratferd overfor gjedde. Høy temperatur (større enn $10 \text{ }^\circ\text{C}$) og synkende vannføring under smoltutvandringen ble rapportert i Rikleåen (Österdahl 1964). Dette har trolig sammenheng med at det fins gjedde i vassdraget. I andre vassdrag er temperaturen viktig som utløsende faktor fordi det mangler regelmessige vårflommer fra snøsmelting (Jonsson & Ruud-Hansen 1985). I elver med vårflom synes det å være sterk sammenheng mellom smoltutvandring og vannføring som i Altaelva, (Heggberget et al. 1993), Suldalslågen (Forseth et al. 2003), Halselva (upublisert materiale), Mandalselva (upublisert materiale) og Stjørdalselva (Arnekleiv et al. 2000). Utsetting av oppforet Carlin-merket smolt i både Gaula, Surna og Eira (Hvidsten & Hansen 1988a og Hvidsten & Hansen, 1988b) viste at overlevelsen fram til voksen laks økte når smoltutsettingen skjedde på stor vannføring. Smoltutvandringen er påvirket av økt vannføring (Solomon 1978, Thorpe 1989, Greenstreet 1992). Smolten har stor grad av passiv forflytning, men kan ha elementer av aktiv forflytning for å kunne passere vandringshindre og innsjøer (Thorpe et al. 1981). Smoltutvandringen i Burrishoole systemet i Irland viste sterkest sammenheng med vannføring (periode 1970 - 2000) (Byrne et al. 2003). Ved lang tids tørke stoppet smoltutvandringen opp som i Burrishoole i 1980, og

stor vannføringsøkning etter tørken førte til at det på tre dager gikk 94,9 % av totalt antall smolt det året (10722 smolt av 11296 stk) (Byrne et al. 2003). Når vanntemperaturen er høy nok i sjøen vil økt vannføring kunne influere positivt på smoltutvandringen (Antonsson & Gudjonsson 2002). I Stjørdalselva er smoltutvandringen sterkt relatert til vannføring og som i Orkla kan smoltutvandringen stoppe opp når vannføringen avtar over flere dager (Arnekleiv et al. 2000).

Høy vannføring kan påvirke smoltutvandringen på minst to forskjellige måter: (1) Som transportør ved at stor vannføring fører til at smolten kan forflytte seg raskere i elva og fjorden. (2) Som skjul ved at stor vannføring fører til økt turbiditet, og dette sammen med utvandring i den mørkeste delen av natta gir kamuflasje overfor marine fiskepredatorer i estuariet. Kort eksponeringstid og god kamuflasje er en tilpasning for å unngå predasjon. I munningen av Orkla ble det estimert en dødelighet på 20 % fra torsk på utsatt og vill smolt (Hvidsten & Lund 1988). Den store beitingen på smolt fra torsk tyder på at det er en sterk seleksjon på smolt som vandrer ut fra elva under optimale forhold for overlevelse.

På grunn av forskjellige miljøforhold i elva og i sjøen har det utviklet seg spesifikke utløsermekanismer i ulike laksestammer. Disse forskjellene er trolig både arvbare og betinget av miljø.

5.1.5 Oppsummering og konklusjon

Smoltutvandringen er en meget kritisk periode for overlevelse hos laks og det har trolig utviklet seg bestandsspesifikke utløsermekanismer i forhold til fysiske omgivelsesvariabler. Disse variablene sikrer at smolten de fleste år når sjøen under optimale forhold for overlevelse.

Det er utviklet tre modeller som kan benyttes til å beregne daglig smoltutvandring på en meget god måte for Orkla. Alle modellene har vannføring og vanntemperatur som de viktigste variablene. Andre variabler kommer inn som månefase og ulike værdata, men disse gir små bidrag i modellen. Prediktive modeller på grunnlag av vannføring og vanntemperaturer som omgivelsesvariable gir høy forklaringsgrad.

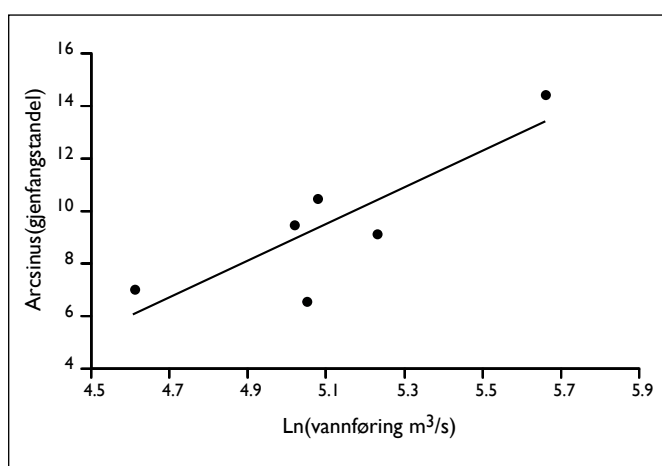
5.2 Effekter av reguleringen på smoltutvandring

I Suldalslågen er det funnet en positiv sammenheng mellom vannføring under utvandring og antall ensjøvinterlaks som kommer tilbake til elva (Forseth et al. 2003). I den undersøkelsen ble det forsøkt korrigert for storskala variasjoner i sjøoverlevelse ved å bruke overlevelsesestimater og sjøbeskatningsestimatene for ensjøvinterlaks fra lms (Hansen et al. 2003; Jonsson et al. 2003). lms ligger langt fra Orkla, og selv om de samme faktorene ser ut til å påvirke sjøoverlevelsen i store områder (Friedland et al. 1998), er det grunn til å tro at smolten fra Orkla og lms til en viss grad vil bli påvirket av ulike faktorer og at lms dermed ikke vil være så godt egnet til å korrigere for storskala variasjoner for Orkla som for Suldalslågen.

Her har vi undersøkt eventuelle sammenhenger mellom vannføring under utvandring og overlevelse ved først å beregne overlevelsen til smålaks fra Orkla ut fra smoltestimaterne, og fangstene i elva, samt i sjøen. Før analysene ble overlevelsesestimaterne angitt som proporsjoner (ikke som prosent) arcsinus transformert. Vi har så beregnet gjennomsnittlig vannføring under smoltutvandring ut fra fangstene i smoltfella, og analysert denne mot estimert overlevelse til ensjøvinterlaks (se kapittel 7.4). Vi har forsøkt å korrigere for storskala sjøoverlevelse på tre ulike måter: (1) ved å ta overlevelsen til ensjøvinterlaks på lms inn i modellen, (2) ved å legge inn overflatetemperaturer målt på Bud ca en uke etter dato for median smoltutvandring i modellen, og (3) ved å legge fangstene av smålaks i Namsen inn i modellen. Overflatetemperaturene er valgt fordi det er indikasjoner på at sjøtemperatur påvirker overlevelsen til smolten (Friedland et al. 1998). Fangstene i Namsen er valgt fordi laks fra Namsen er forventet å bli påvirket av lignende forhold i havet som laks fra Orkla og fordi Namsen er en stor elv med relativt stabil vannføring og store fangster. Grunnen til at vi valgte ikke å benytte Gaula til dette er at vi forventet at smolt fra Gaula kunne være påvirket av samme forhold under utvandring som smolt fra Orkla, og at vi dermed kunne "korrigere bort" den variasjonen vi ønsket å se på. Kvaliteten på smolten kan også tenkes å påvirke overlevelsen. Her har vi brukt gjennomsnittlig smoltlengde som en indikasjon på smoltkvalitet.

5.2.1 Vannføring under utvandring og smoltoverlevelse

Vi fant ingen signifikant sammenheng mellom smoltoverlevelsesestimater og vannføring under utvandring, samt smoltlengde verken for en regresjonsmodell hvor smålaksfangstene i Namsen ($p = 0,53$), sjøtemperaturen målt på Bud ($p = 0,56$) eller overlevelse til ensjøvinterlaks fra lms ($p = 0,29$) ble lagt inn i modellen for å korrigere for variasjoner i storskala endringer i sjøoverlevelse.



Figur 5.2.1. Sammenheng mellom vannføring ved utsetting av Carlinmerket smolt utsatt i perioden 1984 til 1989 og andel merket voksen laks som er rapportert gjenfanget totalt i sjø- og elvefisket.

Tabell 5.2.1 Antall utsatt, antall gjenfanget og gjenfangstprosent (Gj.f.%) av Carlin-merket smolt satt ut i Orkla ved Brattset, i inntaket til Svorkmo kraftverk, ved Storås og ved Forve i perioden 1984 – 1989.

År	Orkla ved Brattset			Svorkmo kraftverk inntak			Orkla ved Storås			Orkla ved Forve		
	Antall utsatt	Antall gjenf.	Gj.f %	Antall utsatt	Antall gjenf.	Gj.f %	Antall utsatt	Antall gjenf.	Gj.f %	Antall utsatt	Antall gjenf.	Gj.f %
1984	1971	134	6,8	1890	41	2,2	987	52	5,3	986	70	7,1
1985	1984	49	2,5	1946	11	0,6	984	30	3,1	993	31	3,1
1986	1998	13	0,7	999	6	0,6	1928	28	1,5	1000	17	1,7
1987	1867	38	2,0	998	4	0,4	1998	60	3,0	1000	22	2,2
1988	2000	37	1,9	1000	7	0,7	2000	45	2,3	1000	31	3,1
1989	1000	12	1,2	1000	3	0,3	1000	17	1,7	1000	9	0,9
Total	10820	283	2,5	7833	72	0,8	8897	232	2,8	5979	180	3,0

I perioden 1984 til 1989 ble det satt ut Carlin-merket oppforet smolt på Storås og ved Forve (Hvidsten & Johnsen 1997a). Gjenfangstene av voksen laks fra den utsatte smolten ble korrelert med høyeste vannføring innen en uke etter utsetting på samme måte som i Gaula og i Surna (jfr Hvidsten & Hansen 1988a). Det var signifikant positiv sammenheng mellom antall gjenfangster av voksen laks og vannføringen ved utsetting ($n = 6$, $p = 0,04$, $r^2 = 0,63$) (figur 5.2.1).

Resultatene fra utsettingene av oppforet smolt og resultatene fra regresjonsmodellen med vill smolt er forskjellige. Det er flere mulige tolkninger av dette: (1) Vill smolt og oppdrettet smolt kan ha oppført seg forskjellig. Selv om utsettingene av oppforet smolt skjedde nær utvandringstoppen for vill smolt (Hvidsten & Johnsen 1997b) kan den oppforede smolten i større grad ha vandret ut på de vannføringene som var tilgjengelige, mens vill smolt i større grad har vært i stand til å vandre ut under mer optimale utvandningsforhold. (2) Resultatene fra oppforet smolt er basert på bare et seks års datasett, og det er mulig at storskala variasjoner i overlevelse i havet i perioden ved "tilfeldigheter" har ført til den positive sammenhengen mellom vannføring like etter utvandring og gjenfangst. At man har funnet lignende resultater på oppforet smolt i Gaula og Surna (Hvidsten & Hansen 1988a) styrker imidlertid muligheten for at denne sammenhengen er reell. (3) De metodene vi har brukt for å undersøke sammenhengen mellom vannføring under utvandring og overlevelse hos vill smolt har ikke vært "nøyaktige" nok til å påvise en sammenheng, selv om sammenhengen kan være der. Hvilken av disse (eller andre) mulige forklaringene til de ulike resultatene som er mest sannsynlig er vanskelig å ta stilling til, vi kan dermed ikke trekke noen klare konklusjoner om sammenhengene mellom vannføring under utvandring og overlevelsen til smolt fra Orkla.

At vi ikke fant noen sammenheng mellom estimert overlevelse av vill smolt og vannføring under utvandring kan tolkes på minst to ulike måter: (1) Vi har ikke vært i stand til å korrigere for variasjoner i sjøoverlevelse på en tilfredsstillende måte. Dersom vi hadde hatt overlevelsesestimater fra andre vassdrag i Midt-Norge ville dette vært en mindre sannsynlig tolkning, men siden alle våre overlevelseskorrigeringer enten er basert på indirekte "indekser" (fangster i Namsen og

sjøtemperaturer) eller på overlevelsesestimater for et vassdrag som ligger langt unna Orkla (lms) kan vi ikke utelukke dette som en mulig forklaring for våre resultater. (2) Den andre tolkningen er at vannføringen under smoltutvandring i Orkla er så lite variabel at vi ikke kan forvente at variasjoner i vannføringen vil gi seg målbar utslag i overlevelsen til smolten. Gjennomsnittsvannføringen for smolt som vandret varierte fra 71 m³/sek i 1990 til 177 m³/sek i 1985, det vil si med en faktor på ca 2,5. Til sammenligning varierte gjennomsnittsvannføringen i Suldalslågen under utvandring mellom ca 20 m³/sek og ca 117 m³/sek (Forseth et al. 2003), dvs. med en faktor på over 5.

5.2.2 Overlevelse i Svorkmo kraftverk

På bakgrunn av atferdsstudier hos utvandrende smolt, som viste at smolten vandret ut i overflatelaget, ble det bygd et langstrakt bunninntak for driftsvann til Svorkmo kraftverk. Dette hindrer smolt å gå inn i kraftverket. Inntaket ligger på bunnen i inntaksmagasinet rett ovenfor Bjørsetdammen og har en lysåpning 1,5 * 50 m (figur 5.2.2).

Det ble satt ut Carlin-merket smolt i kraftverksinntaket og nedenfor inntaket for å måle dødelighet som følge av turbinpassasjen. Seks års utsettinger ga en gjennomsnittlig gjenfangst på 2,95 % for den smolten som var satt ut nedstrøms kraftverket mens den smolten som ble satt direkte i kraftverksinntaket hadde en gjennomsnittlig gjenfangstprosent på 0,8. På dette grunnlag ble turbindødeligheten beregnet til 73 % for smolt som var satt ut i kraftverksinntaket sammenlignet med smolt som var satt ut nedenfor kraftverket (Hvidsten & Johnsen 1997).

I tillegg ble det, for å måle hvor stor andel av nedvandrende smolt som gikk gjennom kraftverket, satt ut oppdrettet Carlin-merket smolt ovenfor og nedenfor kraftverksinntaket. Ser vi resultatene fra de seks årene under ett, ble det ikke funnet signifikant forskjell i gjenfangster av smolt satt ovenfor kraftverket (Brattset) og nedenfor kraftverket (Storås, Forve) ($\chi^2 = 2,24$, $p > 0,05$) (Tabell 5.2.1). I 1986 var det imidlertid forskjell i gjenfangstene fra Brattset og Storås (ovenfor og nedenfor kraftverksinntaket) ($\chi^2 = 6,1$, $p < 0,025$). Det var liten vannføring i Orkla under smoltutgangen i 1986, og trolig skyldes forskjellen i dødelighet for smolt som ble satt



Figur 5.2.2 Inntaket til Svorkmo kraftverk ligger like oppstrøms Bjørsetdammen Foto: Eva B.Thorstad.

ut på Brattset og nedenfor, at en stor del av smolten kan ha passert gjennom kraftverket dette året (Hvidsten & Johnsen 1997b).

På grunnlag i gjenfangster av Carlin-merket smolt og fangst av villsmolt i fellere plassert nedenfor turbinutløpet ble det forsøkt å estimere hvor mye smolt som gikk gjennom Svorkmo kraftverk i årene 1984 til 1988. Estimatenes i disse fem årene har for høye konfidensgrenser til å bli akseptert som gode hver for seg. Imidlertid ga alle estimatene i disse fem årene over 20 000 smolt i forventningsverdi, samtidig varierte nedre konfidensgrense på estimatene på mellom 9 500 og 21 700 smolt i disse årene. Det er derfor grunn til å anta at det årlig i ble ført minimum 9 500 smolt gjennom Svorkmo kraftverk (Hvidsten 1990).

Vi fant ingen signifikant sammenheng mellom andelen driftsvann som ble tatt inn i kraftverket og antall smolt fanget i fellene nedenfor Svorkmo kraftverk. Det er imidlertid rimelig å anta at faren for at smolt blir ført inn i kraftverket er størst når vannføringen er liten og en stor andel av vannet føres inn i kraftverket. Etter en avtale mellom Fylkesmannen i Sør-Trøndelag og KVO blir det i år med liten vannføring i elva foretatt reduksjoner i kjøringen i Svorkmo kraftverk i netter med stor utvandring av smolt. Smolten går imidlertid helst på stor vannføring og på slike vannføringer virker kraftverkets bunninntak slik at mesteparten av smolten passerer forbi inntaket og fortsetter videre nedover elva.

5.2.3 Oppsummering og konklusjon

Vi har undersøkt eventuelle sammenhenger mellom vannføring under utvandring og overlevelse hos villsmolt ved å korrigere for storskala sjøoverlevelse på tre ulike måter.

Vi fant ingen signifikant sammenheng mellom smoltoverlevelse og vannføring under utvandring hos villsmolt uansett hvilken korrigering vi brukte.

I perioden 1984 til 1989 ble det imidlertid satt ut Carlin-merket oppforet smolt på Storås og ved Forve. Det var signifikant positiv sammenheng mellom antall gjenfangster av voksen laks og vannføringen ved utsetting.

Det er flere mulige forklaringer på de forskjellige resultatene som undersøkelsene av vill og oppforet smolt ga. Hvilken av de mulige (eller eventuelt andre) forklaringer som er mest sannsynlig er vanskelig å ta stilling til. Vi kan dermed ikke trekke noen klare konklusjoner om sammenhengene mellom vannføring under utvandring og overlevelsen til smolt fra Orkla.

Det er grunn til å anta at det årlig blir ført minimum 9 500 smolt gjennom Svorkmo kraftverk. Turbindødeligheten er beregnet til 73 % for smolt som var satt ut i kraftverksinntaket sammenlignet med smolt som var satt ut nedenfor kraftverket. Vi fant ingen signifikant sammenheng mellom andelen driftsvann som ble tatt inn i kraftverket og antall smolt fanget i fellene nedenfor Svorkmo kraftverk. Det er imidlertid rimelig å anta at faren for at smolt blir ført inn i kraftverket er størst når vannføringen i elva er liten og en stor andel av vannet føres inn i kraftverket.

6 Voksen laks

6.1 Livshistorieparametre

6.1.1 Kjønnfordeling

Ved smoltutvandringen var det overvekt av hunner både hos treårig og fireårig smolt (kfr. kap. 4.4). Ved tilbakevandring var hannene i klar overvekt og det var lik kjønnfordeling hos treårig og fireårig smolt (t-test, $p > 0,05$). Av tilsammen 4428 skjellprøver av laks med sjøalder 1 – 4 år fra perioden 1992 – 2002 (kfr. tabell 3.7d), var 247 laks ikke kjønnsbestemt. Av de resterende 4181 laks som var kjønnsbestemt var 61,1 % hanner og 38,9 % hunner. Årsaken til at hannene var i flertall i bestanden av voksen laks, kan være at en stor andel av hannene vender tilbake etter ett år i sjøen, mens de fleste hunnene vender tilbake etter to eller tre år i sjøen, og dermed får større dødelighet under oppholdet i havet.

6.1.2 Sjøalder

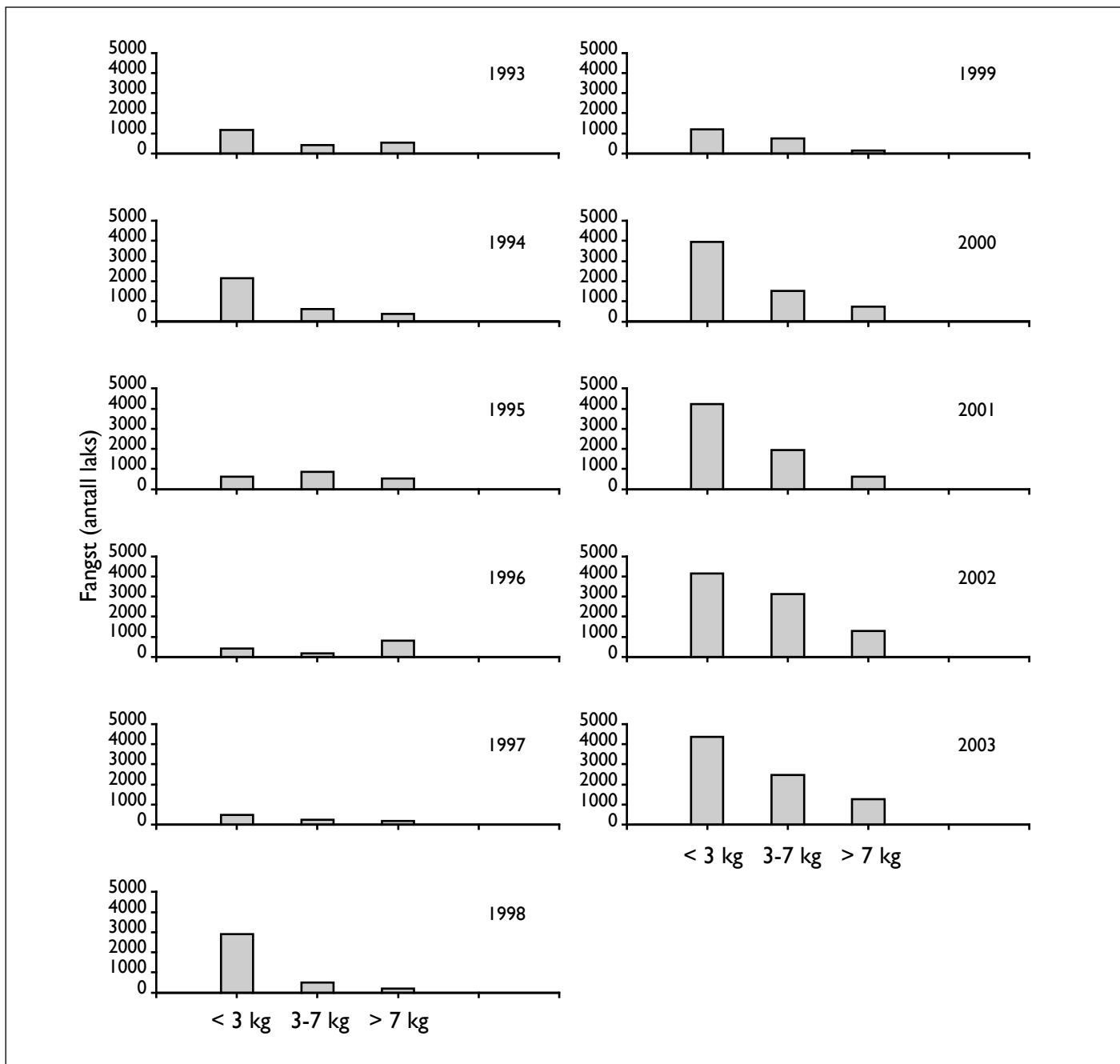
I perioden 1992 – 2002 ble det totalt analysert 4457 skjellprøver av villaks (figur 6.1.2). Av disse hadde 21 ukjent sjøalder. Av de øvrige 4436 var til sammen 2019 (45,5 %) ensjøvinter laks og 1328 (29,9 %) av laksen hadde tilbragt to vintre i sjøen. Av kategoriene tresjøvinter og firesjøvinter var det til sammen henholdsvis 1001 (22,6 %) og 80 (1,8 %). I tillegg hadde 8 laks (0,2 %) sjøalder 5 år (tabell 3.7d). I Eira hvor det ble samlet inn 852 skjellprøver av villaks i perioden 1987 – 2002, var 55 % ensjøvinter, 26 % var tosjøvinter, 17 % var tresjøvinter og 2 % var firesjøvinter laks (Jensen et al. 2003).

Men det var stor forskjell mellom kjønnene i Orkla. Av de 2554 hannene hadde 64,0 % vært en vinter i sjøen, 19,4 % hadde vært to vintre i sjøen, 15,1 % hadde vært tre vintre i sjøen mens bare 1,4 % hadde vært fire vintre i sjøen. Av de 1627 hunnene hadde 15,5 % vært en vinter i sjøen, 46,8 % hadde vært to vintre i sjøen, 35,2 % hadde vært tre vintre i sjøen mens bare 2,6 % hadde vært fire vintre i sjøen (figur 6.1.2a). Sjøaldersfordelingen blant hannene var svært lik tilsvarende fordeling i Eira hvor 63 % av hannene hadde vært en vinter i sjøen, 20 % to vintre, 16 % tre vintre og 2 % fire vintre i sjøen. Det var imidlertid langt flere smålaks blant hunnene i Eira hvor 44 % hadde vært en vinter i sjøen, 33 % to vintre, 21 % tre vintre og 2 % fire eller fem vintre i sjøen (Jensen et al. 2003). I skjellmaterialet (9589 prøver) fra Altaelva i perioden 1981 – 2002, var 94 % av ensjøvinter laksen hanner mens 57 % av tosjøvinter laksen og 80 % av tre-sjøvinter laksen var hunner (Ugedal et al. 2003).

Det var betydelig forskjell fra år til år i størrelsessammensetningen av laksen. I 1996 ble det f. eks. innrapportert svært få laks i Orkla (ca. 1400), men en betydelig del (57 %) av disse var storlaks, og gjennomsnittlig sjøalder i skjellmaterialet fra dette året var 2,5 år. I 1998 bestod 80 % av fangsten av smålaks, og gjennomsnittlig sjøalder var 1,4 år. Den store variasjonen fra år til år vises godt i den offisielle fangststatistikken. Siden 1993 er laksen inndelt i tre vektklasser for å skille mellom laks som har vært ett, to og tre år i sjøen (figur 6.1.2b). I fangststatistikken for Orkla var det signifikant sammenheng mellom antall smålaks som ble fanget ett år og antall mellomlaks som ble fanget året etter ($r^2 = 0,839$, $p < 0,01$). Det var også signifikant sammenheng mellom antall smålaks som ble

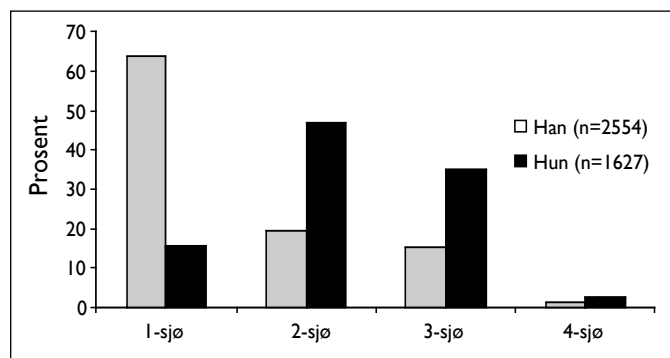


Figur 6.1.2. Orklalaks. Foto: Roar A. Lund.



Figur 6.1.2b. Fangst av laks i Orkla i perioden 1993-2003, fordelt på vektklasser. Fangsten er inndelt i tre vektklasser. Den minste vektklassen (< 3 kg) er vesentlig fisk som har vært en vinter i sjøen, den midterste (3-7 kg) har vært to vintrer i sjøen og den største (> 7 kg) representerer fisk som har vært 3 eller flere år i sjøen. Dataene er i følge offisiell fangststatistikk.

fanget ett år og antall storlaks som ble fanget to år etterpå ($r^2 = 0,965$, $p < 0,001$), og mellom mellomlaks ett år og storlaks neste år ($r^2 = 0,874$, $p < 0,001$). Dette viser at det har vært stor forskjell i overlevelse for de forskjellige årsklassene av smolt som vandret ut i denne perioden, og at en betydelig del av dødeligheten skjer i tidlig sjøfase. Forholdet mellom de tre vektgruppene har vært mer stabilt innen hver smoltårsklasse. Figur 6.1.2b viser at smolten som vandret ut i 1993 overlevde rimelig bra, idet det ble fanget ca. 2000 smålaks i 1994, ca. 800 mellomlaks i 1995 og ca. 800 storlaks i 1996. De tre neste smoltårsklassene ga imidlertid svært dårlige fangster i Orkla. De høyeste fangstene av smålaks ble tatt i 2000, 2001, 2002 og 2003. Alle disse årene ble det innrapportert ca. 4000 smålaks, etterfulgt av gode fangster



Figur 6.1.2a. Prosentvis fordeling av antall år i sjøen for hanner og hunner i Orkla basert på skjellprøver av laks samlet inn i perioden 1992-2002.

av mellomlaks det påfølgende året og storlaks to år senere. Fangststatistikken indikerer derfor at det vil bli gode fangster av både mellomlaks og storlaks i 2004.

Hutton (1937) presenterte en hypotese om at laksens totale alder (smoltalder pluss sjøalder) fram til kjønnsmodning innen ei elv var konstant. Det har vært gjort flere undersøkelser på dette senere, og resultatene er oppsummert av Gardner (1976). Vi har testet denne hypotesen i skjellmaterialet fra Orkla for perioden 1992-2002, men funnet at det ikke var noen signifikant sammenheng mellom sjøalder og smoltalder verken for hanner eller hunner ($p > 0,05$). Blant hannene hadde tre års smolt i gjennomsnitt vært $1,60 \pm 0,05$ år i sjøen, mens fire års smolt hadde vært $1,56 \pm 0,05$ år i sjøen. For hunnlaks var sjøalderen $2,31 \pm 0,06$ år og $2,22 \pm 0,05$ år for henholdsvis tre- og fireårs smolt.

6.2 Laksens oppvandring

Innledning

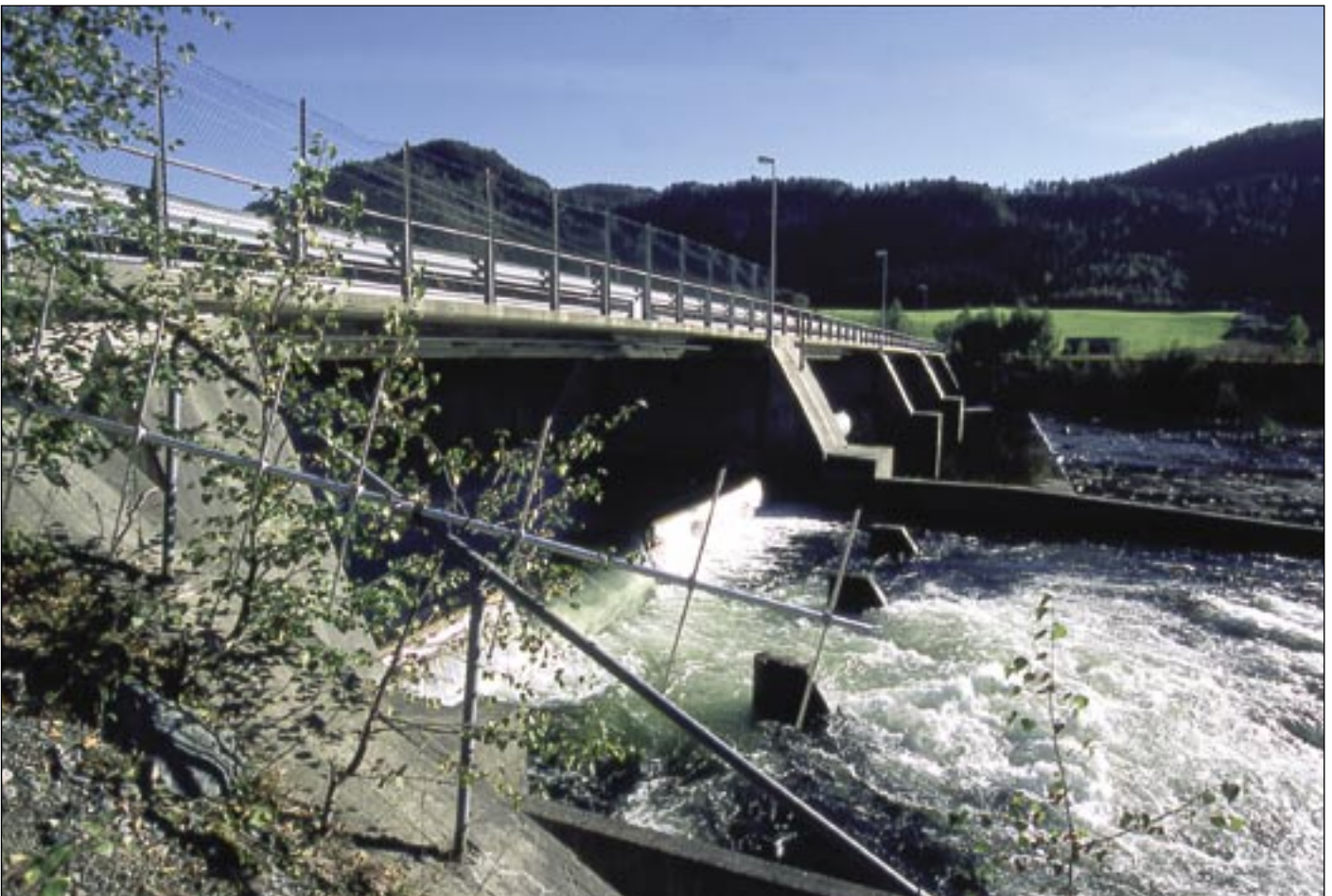
Vannføring er den faktoren som oftest er omtalt som kontrollende faktor i forhold til oppvandring av laks i elver (f. eks. Banks 1969, Jonsson 1991). Flere undersøkelser har registrert at økninger i vannføring medfører økning i antall oppvandrede laks fra sjø til elv eller raskere oppvandring, og at oppvandring forsinkes i perioder med lav vannføring (f. eks. Huntsman 1948, Hayes 1953, Saunders 1960, Brayshaw 1967,

Potter 1988, Jonsson et al. 1990, Smith et al. 1994, Thorstad et al. 1998a). Vandring videre oppover i elv kan også stimuleres av økninger i vannføring (f. eks. Huntsman 1948, Hayes 1953, Webb & Hawkins 1989, Baglinière et al. 1990, Jensen et al. 1998, Thorstad et al. 1998a, Erkinaro et al. 1999). Effekter av vannføring kan imidlertid være modifisert av andre faktorer som vanntemperatur, turbiditet, atmosfæretrykk, skydekke, vannkvalitet og tidevann (Banks 1969, Jonsson, 1991). Resultater fra ulike undersøkelser spriker, og forholdet mellom vandring, vannføring og andre faktorer synes å være kompleks.

I Orkla er det foretatt undersøkelser av oppvandring hos laks ved

- Radiomerking av laks nedenfor utløpet fra Svorkmo kraftverk
- Telling av laks som passerte Bjørsetdammen sammen med fangstdata

Regulering av vassdrag for kraftproduksjon kan berøre vandring hos laksefisk på ulike måter. Oppvandrede fisk på vei til gyteplassene kan hindres og forsinkes på grunn av endret vannføring, dammer, terskler, fiskepassasjer eller andre vandringshindre (f. eks. Webb 1990, Laine et al. 2002, Karppinen et al. 2002). Kraftverksutløp kan også tiltrekke fisk og forsinke eller hindre oppvandringen (Andrew & Geen 1960, Brayshaw 1967, Arnekleiv & Kraabøl 1996). I regulerte elver med muligheter til å kontrollere vannføringen kan kunstige



Figur 6.2a Radiomerket fisk ble kontinuerlig registrert ved Bjørsetdammen. Foto: Eva B. Thorstad

lokkeflommer stimulere laks til å vandre oppover elvene (se f. eks. Huntsman 1948, Hayes 1953, Banks 1969). Imidlertid finnes lite dokumentert kunnskap om effekter av kunstige lokkeflommer.

Undersøkelser av oppvandring hos radiomerket laks forbi kraftverk ble gjennomført i Nidelva i Arendalsvassdraget og Mandalselva i perioden 1996-1999 (Thorstad & Heggberget 1997, 1998, Thorstad & Hårsaker 1998, Thorstad et al. 1998b, 2000, 2003a). Undersøkelsene både i Nidelva og Mandalselva omfattet ikke-stedegen laks (laks som ikke hadde vokst opp i vassdraget), noe som kan ha påvirket resultatene. For å få økt kunnskap om effekter av lokkeflommer på oppvandring forbi kraftverksutløp og minstevannføringsløp, var det behov for undersøkelser i vassdrag med stedegen laks, og med større minstevannføring og muligheter for å slippe større lokkeflommer. Dette var motivasjonen for å gjennomføre en tilsvarende undersøkelse i Orkla. Hovedformålene med undersøkelsen var å 1) øke kunnskapen om effekter av redusert vannføring på oppvandring hos laks, 2) analysere om kunstige lokkeflommer i Orkla hadde en stimulerende effekt på oppvandring hos laks forbi kraftverksutløp, minstevannføringsløp og demninger, og 3) sammenligne resultater fra Nidelva, Mandalselva og Orkla.

Radiomerking av laks i Orkla ble gjennomført som en del av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sitt program Miljøbasert vannføring, og resultatene er i sin helhet rapportert i Thorstad et al. (2003b). Her gis et sammendrag av metoder, resultater og konklusjoner fra den tidligere rapporten.

All laks som passerte Bjørsetdammen, 39 km fra elvemunningen, ble registrert ved bruk av en Logie fisketeller i perioden 1996-2003. 51 km av lakseførende strekning ligger ovenfor Bjørsetdammen. Oppvandring av laks over Bjørsetdammen ble analysert i forhold til vannføring målt ved Kløvsteinhølen, vanntemperatur og tid i sesongen. Resultater fra tellingene ble presentert i en tidligere rapport (Thorstad et al. 2003b), men resultatene fra 2000-2002 er delvis analysert på nytt for denne rapporten.

Et generelt problem ved analysering av oppvandringsdata er at en ikke har kontroll på hvor mange fisk som er tilgjengelig for oppvandring til en hver tid. En kan dermed ha perioder med gode forhold for oppvandring uten at det er fisk tilgjengelig, og dermed vandrer heller ingen opp selv om forholdene for oppvandring er gode. Dette kan føre til at en ikke finner noen sammenheng mellom oppvandring og miljøforhold ved hjelp av tradisjonelle regresjonsanalyser (Trépanier et al. 1996). Dette problemet har vært løst ved å ta hensyn til autokorrelasjon mellom nærliggende dager (Trépanier et al. 1996), eller ved å bare analysere et utvalg av dager (Jensen et al. 1986). Et annet problem med tradisjonelle regresjonsanalyser på denne type data er at hvis oppgangen av fisk samvarierer med noen av miljøforholdene, kan en finne korrelasjoner uten at det er noen underliggende årsakssammenheng. I en tidligere analyse av oppvandringsdataene over Bjørsetdammen forsøkte vi å begrense disse problemene ved å se på begrensede tidsperioder med relativt stabile miljø-

forhold for å unngå at sesongeffekter maskerte eventuelle effekter av vannføring og vanntemperatur (Thorstad et al. 2003b). Fangstene lenger ned i elva kan imidlertid være en indikasjon på hvor mye fisk som til en hver tid er tilgjengelig, og rapporter til laksebørsen (www.orklaguide.com) har gitt oss muligheter til å ta fangstene inn i modellen. Her presenterer vi derfor analyser av data for årene 2000 - 2002 hvor fangstene på Vormstad Camping er benyttet som en indeks på hvor mye laks som er tilgjengelig for oppvandring.

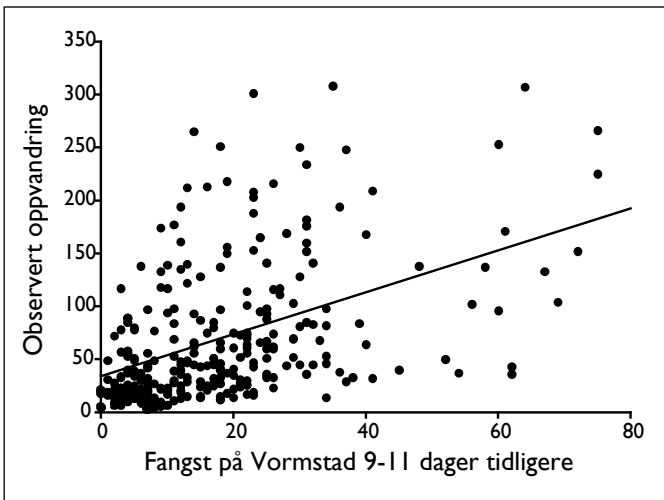
Metoder

Trettifire laks (kroppslengde 58-108 cm, 24 hunner og 10 hanner) ble fanget ved stangfiske i Varghølen like nedenfor utløpet fra Svorkmo kraftverk og merket med radiosender i perioden 15. juni - 27. juli 2002. Radiosenderne ble festet under ryggfinnen på fisken. Senderne var 5,5 cm lange, 1,2 cm i diameter og veide 8 g i vann. Individuelle fisk kunne gjenkjennes ved at hver sender hadde en egen frekvens. Radiomerket fisk ble peilet manuelt fra bil og til fots. Dataloggere som automatisk og kontinuerlig registrerte radiomerket fisk, ble installert ved kraftverksutløpet og ved Bjørsetdammen øverst i minstevannføringsløpet (figur 6.2a) for å registrere hvor lenge fisken oppholdt seg i Varghølen og nedenfor Bjørsetdammen, og til hvilke tidspunkt de forlot disse områdene.

Fra 15. juni til 15. oktober var vannføringen øverst i minstevannføringsløpet gjennomsnittlig 17 m³/s (9 - 47), nederst i minstevannføringsløpet 20 m³/s (10 - 61), gjennom kraftverket 23 m³/s (0 - 60) og totalt nedstrøms kraftverksutløpet 43 m³/s (13 - 121). Vannføringen fra Svorkmo kraftverk var fra 0 til 3,6 ganger større enn vannføringen fra minstevannføringsløpet (gjennomsnittlig 1,3 ganger større). Fire lokkeflommer ble sluppet i minstevannføringsløpet i løpet av sesongen. Ved hver lokkeflov var det totalt 5 - 20 radiomerkede laks i Varghølen, hvorav 4 - 16 i løpet av sesongen vandret videre opp i vassdraget. Detaljer om metoder i undersøkelsen er beskrevet Thorstad et al. (2003b).

Fisk som passerte Bjørsetdammen, ble registrert ved bruk av en Logieteller i perioden 1996-2002 (Aquatic Ltd, Dingwall, UK; tellesystemet er beskrevet i Lamberg et al. 2001 og kapittel 3.8 i denne rapporten). Telleren fungerte slik at den registrerte endringer i et elektrisk felt når fisken passerte, og den skilte mellom fisk som passerte på vei opp- eller nedover. Både laks og sjøaure ble registrert av telleren, men bare en liten andel av fisken som passerer Bjørsetdammen, forventes å være sjøaure.

Fisketelleren var plassert på et 20 meter bredt og 1,5 m dypt passeringspunkt i tilknytning til terskelen ved østre damluke, hvor all laks som vandrer videre oppover i vassdraget vanligvis passerer. I forbindelse med utbedring av østre damluke 24. juli og 6. august 2002 ble imidlertid damluka og fisketrappa på vestsida i dammen åpnet. Fisken som passerte ble registrert ved manuelle tellinger, og minimum 600 laks vandret opp fisketrappa utenfor telleren 24. juli og ca 50 laks 6. august, i analysene her er bare laks som passerte telleren disse dagene brukt i modelleringen siden vi ønsket å tilpasse en modell som beskriver passeringene over Bjørsetdammen.



Figur 6.2b. Observert antall fisk som passerte Bjørsetdammen på enkelt dager i perioden 11. juni – 9. september 2000-2002 plottet mot antall fisk fanget på Vormstad Camping 9-11 dager tidligere. $Y = 1,9x + 33,9$, $F = 73,4$, $df = 1, 274$, $p < 0,001$, $r^2 = 0,21$

Data for daglige fangster av laks ved Vormstad Camping ble hentet ut fra laksebørsen (www.orklaguide.com). Fangstene ved Vormstad Camping ble valgt på grunn av relativt jevn fangstinnsetts gjennom fiskesesongen og gode rapporteringsrutiner til laksebørsen.

Tellingene av laks på Bjørsetdammen ble analysert mot vannføring og vanntemperatur målt på Syrstad og endringer i disse. Oppvandringen av fisk ble modellert med generaliserte lineære modeller (Poisson log-lineære modeller) (McCullagh & Nelder 1989). Dette er samme type modell som blir brukt for å beskrive smoltutvandringen i Orkla (Hvidsten et al. 1995b og i kapittel 5.1.4 i denne rapporten). Den avhengige variabelen var antall fisk som passerte Bjørsetdammen på de ulike dagene. Selve testene ble utført i programpakken R (versjon 1.6.2) (R Development Core Team 2004). I modelleringen ble det antatt at fisk som ble talt på Bjørsetdammen i løpet av sesongen representerte hele oppvandringen. Antall fisk igjen (det vil si totalt antall fisk som passerte telleren hvert år minus de som allerede hadde passert) delt på antall dager som er igjen ble brukt som en "offset" i modellen. Dette vil si at antallet som kan vandre opp i følge modellen er avhengig av antallet fisk som er tilgjengelig for oppvandring. Videre ble antall laks fanget på Vormstad Camping 9 - 11 dager før lagt inn i modellen som ett kovariat for videre å ta hensyn til om mye eller lite fisk var tilgjengelig for oppvandring. Perioden på 9-11 dager før ble valgt fordi radiomerket laks som passerte Bjørsetdammen i gjennomsnitt brukte ca 10 dager på vandringen fra Varghølen til Bjørset, men siden vi ikke vet gjennomsnittlig opphold i Varghølen for laks som passerer Vormstad, er det knyttet en usikkerhet til hvor lang tid laksen bruker fra Vormstad til Bjørsetdammen (Thorstad et al. 2003b). Ved å benytte fangstdata som kovariat, tar modellen hensyn til at gode forhold for oppvandring som oppstår når det er få fisk tilgjengelig, ikke kan resultere i store oppvandring. Valget mellom ulike modeller ble gjort ved Akaike Informasjons Kriterium (AIC) (Akaike 1974). Fiskesesongen er 1. juni til 30. august. Kun data fra 11 dager

etter fiskestart til 9 dager etter fiskeslutt kunne analyseres. Dataene som er analysert her er derfor fra perioden 11. juni til 9. september i årene 2000 - 2002. At fangstene på Vormstad Camping kan være en brukbar indikator på tilgjengelig antall fisk for oppvandring ser vi ved at det er en god korrelasjon mellom disse fangstene og oppvandringen forbi Bjørsetdammen (figur 6.2b).

Vi endte opp med følgende generaliserte lineære modell:

$$\ln(\text{Forventet antall oppvandrende}) = \ln(\text{Antall gjenværende fisk/antall gjenværende dager}) + \beta_1 * \ln(\text{Vannføring}) + \beta_2 * \text{Vannføring} + \beta_3 * (\text{Endring i vannføring}) + \beta_4 * (\text{Vanntemperatur}) + \beta_5 * \ln(\text{Endring i vanntemperatur}) + \beta_6 * \ln(\text{Fangster på Vormstad 9-11 dager før} + 1) + \beta_7 * \ln(\text{Dagnummer}) + \text{Konstant avhengig av år} + \text{konstant.}$$

6.2.1 Radiomerking av laks nedenfor utløpet fra Svorkmo kraftverk

Laksen oppholdt seg ved kraftverksutløpet i Varghølen i gjennomsnittlig 42 dager (variasjonsbredde 0 - 101 dager) før de vandret videre oppover i vassdraget. Lokkeflommer hadde liten effekt på passering av kraftverksutløpet, da oppvandring hos bare én laks kunne relateres til lokkeflom. Av laksen som vandret oppover i vassdraget senere i sesongen ($n = 25$), oppholdt 17 (68 %) laks seg i Varghølen under minst én lokkeflom uten å vandre videre i forbindelse med lokkeflommen (to laks opplevde fire lokkeflommer, to laks opplevde tre lokkeflommer, fire laks opplevde to lokkeflommer og åtte laks opplevde én lokkeflom uten å vandre i forbindelse med disse). Oppvandringen fra Varghølen til minste vannføringsløpet skjedde spredt i perioden 15. juni - 10. oktober og under en rekke ulike vannføringsforhold. Vannføringen fra Svorkmo kraftverk varierte mellom null og 2,8 ganger større enn vannføringen fra minste vannføringsløpet på oppvandrings-tidspunktet for individuelle fisk. Oppvandringen skjedde både i perioder med stigende vannføring i elva, med synkende vannføring, med variabel vannføring og i perioder med liten variasjon i vannføringen. Laksen vandret gjennomsnittlig 18 km opp fra merkestedet før gytesesongen (variasjonsbredde 1-50 km).

Laksen brukte gjennomsnittlig 14,5 dager (variasjonsbredde 4 - 29 dager) fra de vandret fra Varghølen og opp i minste vannføringsløpet (figur 6.2.1a) til de ble registrert første gang av dataloggeren ved Bjørsetdammen (laks som senere passerte Bjørsetdammen, brukte gjennomsnittlig 9,7 dager på strekningen). Laksen syntes ikke å bli forsinket under vandring i minste vannføringsløpet. Vandringshastigheten i minste vannføringsløpet (3,1 km per døgn) var sammenlignbar med vandringshastigheten hos de samme individene videre oppstrøms i vassdraget (3,7 km per døgn). Laksen syntes å bli forsinket ved Bjørsetdammen (gjennomsnittlig opphold 11 dager, variasjonsbredde 2,3 - 24 dager). Laksen brukte gjennomsnittlig 23 dager (variasjonsbredde 1,3 - 77) fra passering av Bjørsetdammen til de ble registrert ved sin øverste posisjon i elva. Mer detaljerte resultater er gitt i Thorstad et al. (2003b).



Figur 6.2.1a Utløpet fra Svorkmo kraftverk til venstre, minstevannføringsløpet til høyre. Foto: Eva B.Thorstad

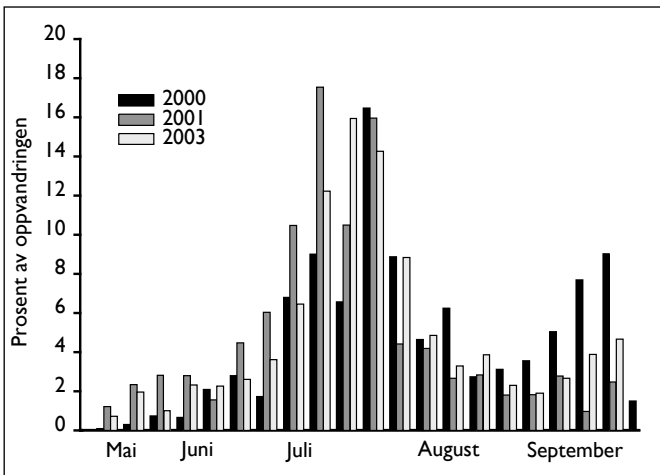
Undersøkelsen i Orkla omfattet vandring forbi et kraftverksutløp, et minstevannføringsløp, en dam og mer uberørte elvestrekninger videre oppover i vassdraget. Resultatene tyder på at laksen ble forsinket ved utløpet fra Svorkmo kraftverk. Laksen syntes imidlertid ikke å bli forsinket under videre vandring i minstevannføringsløpet i Orkla, men de syntes å bli forsinket ved Bjørsetdammen. Forsinkelsen ved dammen var noe overraskende, fordi fisken kunne passere gjennom ei brei luke i dammen uten særlig høydestigning, og passeringsstedet så ikke ut som et fysisk vandringshinder for laks. Forsinkelsen så derfor ut til å være knyttet til ugunstige strømningsforhold nedenfor den åpne luka og laksens motivasjon til å passere gjennom dette området.

Lokkeflommene hadde liten effekt på oppvandringen hos laks ved kraftverksutløpet. Mange laks oppholdt seg ved tunnelutløpet gjennom flere av lokkeflommene og ulike vannføringer, både fra minstevannføringsløpet og kraftverket, uten å vandre videre. Når de endelig vandret, så skjedde dette under en rekke forskjellige vannføringsforhold. En kan tenke seg at både vannføring fra minstevannføringsløpet, kraftverket, forholdet mellom disse, samt total vannføring nedenfor samløpet mellom minstevannføringsløpet og kraftverket kan være viktig for passering av laks forbi kraftverksutløpet. Det var imidlertid ikke tydelige mønstre i noen av disse faktorene i forhold til når laksen vandret oppstrøms fra Varghølen. Vannføringen fra kraftverket var vanligvis 1-2 ganger større enn vannføringen fra minstevannføringsløpet, og i noen dager med lite vann i august var kraftverket også stengt. Oppvandringen var ikke større da kraftverket var stengt

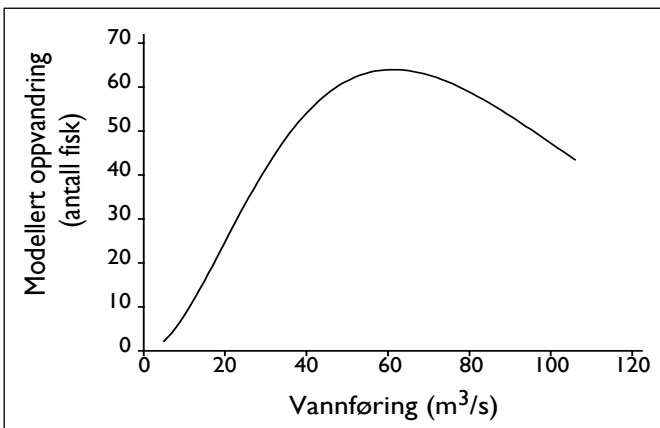
enn i andre perioder, noe som kan skyldes at dette skjedde i perioder med varme og generelt liten vannføring. Det kan tenkes at en stenging av kraftverket i en periode med nedbør og større vannføring i elva i større grad ville stimulert til oppvandring. Det var ingen fysiske vandringshindre i området ved kraftverksutløpet, slik at passeringen av kraftverksutløpet åpenbart var knyttet til når fisken er motivert for videre vandring. Mange laks vandret opp fra Varghølen sent i sesongen, noe som kan tyde på at motivasjonen for å komme fram til gyteplassene økte mot gytesesongen.

Oppvandring hos til sammen 169 radiomerkede laks ble undersøkt forbi kraftverk i Mandalselva, Nidelva ved Arendal og Orkla. De tre kraftverkene som inngikk i undersøkelsen er like på den måten at de har både inntak og utløp i lakseførende strekning, med et minstevannføringsløp som laksen må passere mellom inntak og utløp. Lengde på minstevannføringsløpet varierte fra 2,6 km i Nidelva til 22 km i Orkla, og minstevannføringen var fra 3 m³/s i Mandalselva til 20 m³/s i Orkla. Undersøkelsen i Orkla bidro til å sette de tidligere undersøkelsene i et nytt lys og bidro til nye konklusjoner om vandring i forhold til kraftverksutløp, minstevannføringsløp og terskler og dammer.

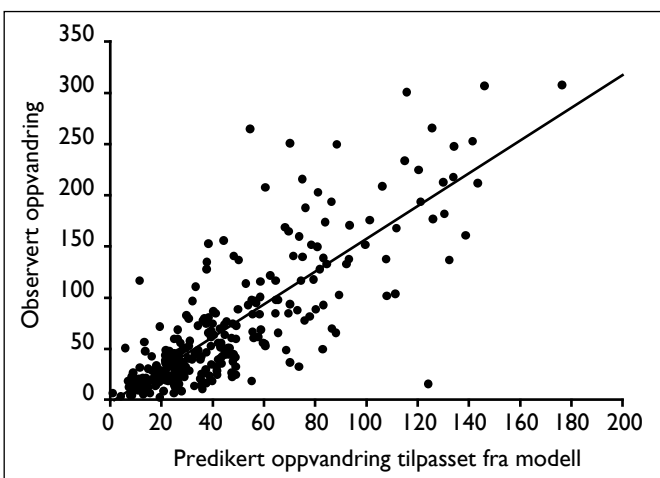
Minstevannføring på 20 m³/s syntes ikke å forsinke oppvandring hos laks i Orkla, i motsetning til store forsinkelser ved den mye lavere minstevannføringen på 3 m³/s i Mandalselva og Nidelva. Overgangen fra å oppholde seg i et stort vassdrag til å komme opp i et minstevannføringsløp med svært lav vannføring medførte at en del av laksen stanset opp, eller



Figur 6.2.2a. Prosentvise passeringer av oppvandrende fisk på Bjørsetdammen gjennom sesongen i årene 2000 - 2002. Prosentene er angitt på ukesbasis fra uke 19 (ca 5. mai) til uke 40 (ca 1. oktober). Prosentene er beregnet som $(\text{antall passeringer i hver uke}) \cdot 100 / (\text{totalt antall passeringer i sesongen})$.



Figur 6.2.2b. Modellert antall fisk som passerer Bjørsetdammen 20. juni som en funksjon av vannføring. Under simuleringene er vanntemperaturen holdt konstant på 10°C , vannføringen har økt med $3 \text{ m}^3/\text{s}$ fra forrige dag, vanntemperaturen har avtatt med $0,5$ grader fra forrige døgn, antall laks fanget på Vormstad 9-11 dager før er antatt å være 20 og antall fisk igjen per dag er antatt å være 73.



Figur 6.2.2c. Observert antall fisk som passerte Bjørsetdammen på enkeltdager i perioden 11. juni – 9. september 2000-2002 plottet mot predikert antall fisk opp basert på modellen. $Y = 1,6x - 2,6$, $F = 550,3$, $df = 1, 274$, $p < 0,001$, $r^2 = 0,67$.

snudde og vandret nedstrøms igjen i Mandalselva og Nidelva, mens en slik atferd ikke ble registrert i Orkla. Store reduksjoner i vannføring ser dermed ut til å ha negative effekter på oppvandringshastigheten hos laks, mens moderate reduksjoner, som i Orkla, ikke ser ut til å ha særlige effekter på oppvandringshastigheten.

Kraftverksutløp syntes å medføre forsinkelser i oppvandringen både hos stedegen og ikke-stedegen laks. Laksens motivasjon ser ut til å være mest avgjørende for når laksen passerte utløpene. Det var ingen enkle sammenhenger mellom vannføring og passering av kraftverksutløp, og laksen passerte ved en rekke ulike vannføringsforhold. Dammer og terskler forsinket oppvandringen både hos stedegen og ikke-stedegen laks, selv i tilfeller hvor de ikke burde utgjøre et fysisk vanskelig hinder å passere. Det synes derfor som at laks generelt har liten motivasjon for å passere kunstige vandringshindre. Vurdert ut fra oppvandring hos laks, bør antall dammer, terskler og tilsvarende installasjoner begrenses til et minimum i lakseførende vassdrag.

Lokkeflommer syntes å ha begrenset betydning for passering av kraftverksutløp og minstevannføringsløp. Det kan derfor være grunn til å stille spørsmål ved bruk av ressurser på relativt små og kortvarige lokkeflommer for å stimulere laks til oppstrøms vandring. Undersøkelsene viste at det ikke finnes enkle sammenhenger mellom vannføring og vandring forbi kraftverksutløp og minstevannføringsløp hos laks, og det er grunn til å tro at eventuelle effekter av vannføring er forskjellig på ulike vandringsstadier og dessuten knyttet til laksens motivasjon for vandring. Som et føre var prinsipp anbefales derfor et vannføringsregime med variasjoner i vannføring i løpet av sesongen i regulerte vassdrag, heller enn en statisk minstevannføring og en statisk kjøring av kraftverk, fordi dette øker sannsynligheten for å treffe med en gunstig vannføring når ulike individer er i ulike faser av oppvandringen og med ulik motivasjon for vandring.

6.2.2 Telling av laks over Bjørsetdammen

Oppvandringsmønster gjennom sesongen

Mest fisk passerte telleren i juli, og oppvandringen var noe seinere i 2000 enn i de to påfølgende årene (figur 6.2.2a). Dette skyldes trolig at dette året hadde mye smålaks i forhold til de andre størrelsesklassene, og smålaksen kommer seinere opp i elva enn større laks.

Modell for 2000-2002 hvor fangstene på Vormstad er med i modellen

Modellen viste en positiv sammenheng mellom oppvandring av laks og vanntemperatur, vannføring, endring i vannføring, dagnummer og fangstene på Vormstad (Tabell 6.2.2). Modellen viste også en sammenheng med endring i vanntemperatur, men denne sammenheng var negativ, noe som trolig skyldes at økende vannføring fører til synkende vanntemperatur. Vannføring kom inn i modellen både med logaritmen til vannføring (positiv) og absolutt vannføring (negativ). Dette kan tolkes som at den positive effekten av vannføring på passeringene av fisk på Bjørsetdammen avtar etter hvert som vannføringen blir høyere. For å vise dette har vi

Tabell 6.2.2. Variabel, parameterestimat og standard feil i parameterestimaten (SE) i GLM analysen av daglig antall oppvandrende fisk over Bjørsetdammen 2000 - 2002. Z-verdien blir brukt for å teste null hypotesen at parametereffekten er null. Små p-verdier (det vil si store z-verdier) indikerer at parameterverdien er forskjellig fra null. AIC = 5737. Vannføring og vanntemperatur er målt på Svrstad. Vormstadfangst er antall laks rapportert til laksebørsen fra Vormstad Camping i perioden 9-11 dager før den aktuelle dagen. Dette ble brukt som et mål på hvor mye fisk som var tilgjengelig for å passere Bjørsetdammen til en hver tid. Dagnummer er dagene nummerert fortløpende gjennom sesongen med 1. juni som dag nummer 1. Konstantleddet for år 2000 er definert til null i modellen og derfor ikke vist i tabellen.

Variabel	Parameterestimat	SE	Z	p
Konstantledd	-11,200	0,233	-48,19	<0,001
Ln(Vannføring)	2,134	0,066	32,55	<0,001
Vannføring	-0,035	0,001	-25,66	<0,001
Endring i vannføring	0,007	0,001	11,44	<0,001
Vanntemperatur	0,294	0,006	50,14	<0,001
Endring i vanntemperatur	-0,057	0,008	-7,17	<0,001
Ln(Vormstadfangst+1)	0,435	0,011	41,06	<0,001
Dagnummer	0,005	0,0004	13,16	<0,001
Konstantledd for 2001	-0,034	0,023	-1,45	0,147
Konstantledd for 2002	-0,277	0,022	-12,87	<0,001

simulert hvor mange fisk som i følge modellen vil passere Bjørsetdammen på en bestemt dag (20. juni) som en funksjon av vannføring (figur 6.2.2b). I denne simuleringen har vi holdt alle andre faktorer i modellen konstant og bare variert vannføringen. For å undersøke hvor godt den tilpassede modellen forklarte variasjonen i observasjonene plottet vi observert antall fisk mot antallet som blir predikert fra modellen. Det predikerte antallet forklarte 67 % av variasjonen i observasjonene (figur 6.2.2c). Dersom vi justerer r^2 ved å ta hensyn til antall frihetsgrader i modellen som lå til grunn for predikert antall fisk (Grafen & Hails 2002, side 211) blir justert r^2 66 %. Dette estimatet av forklaringsgraden kan fortsatt være noe høyt fordi noen av variablene som inngår i modellen (for eksempel vannføring og ln(vannføring)) ikke er uavhengige, men det gir i alle fall en pekepinn på at modellen forklarer variasjonen i oppvandringens dataene på en god måte.

Analyse av årene 1996-2002 fra Thorstad et al. (2003b) – oppsummering av resultater

Dataene ble her analysert ved at oppvandringen ble delt inn i perioder hvor vi forventet relativt stabile temperatur og vannføringsforhold, samt relativt stabil oppvandring, for å unngå at sesongeffekter skulle maskere eventuelle effekter av vannføring og vanntemperatur. Ved en slik analyse var det bare for vanntemperatur hvor vi fant en konsistent positiv sammenheng med fiskepasseringene over Bjørsetdammen, og modellene i de ulike periodene forklarte lite av variasjonen i datamaterialet (9 % - 17 %).

Den nye modelltilpasningen med Generaliserte Lineære Modeller (GLM) var mye bedre i stand til å forklare vandringsforholdene forbi Bjørsetdammen enn tradisjonelle regresjonsanalyser (Thorstad et al. 2003b). Fordi vi ikke har tilgang på fullstendige data om daglige fangster

lengre ned i elva for årene før 2000, har vi ikke benyttet denne metoden for å beskrive oppvandringen i årene 1996 - 1999. Oppvandringen økte med økende vannføring opp mot midlere vannføring, for så å avta igjen ved høy vannføring (figur 6.2.2b). Oppvandringen var størst ved høy, men synkende temperatur, og oppvandringen samvarierte godt med fangstene på Vormstad Camping 9 - 11 dager før. Videre hadde dagnummer en positiv sammenheng med oppvandring, noe som antyder at mot slutten av sesongen så skal det mindre optimale forhold til for at fiskene skal passere vandringshinderet enn tidligere i sesongen.

6.2.3 Oppsummering og konklusjon

Oppvandringen av laks i Orkla ser ut til å være forsinket ved utløpet fra Svorkmo kraftverk i Varghølen, basert på resultater fra radiomerkede laks. Laksen vandret videre fra hølen ved kraftverksutløpet under en rekke ulike vannføringsforhold, og kunstige lokkeflommer hadde liten betydning for å få laksen til å passere kraftverksutløpet.

Redusert vannføring mellom Bjørset og Svorkmo på grunn av kraftreguleringen medførte ikke en forsinkelse av laksen på denne strekningen etter at de hadde passert kraftverksutløpet. Minstevannføringen ser dermed ut til å være tilstrekkelig for oppvandring av laks på denne strekningen.

En forsinkelse i oppvandringen ble påvist ved Bjørsetdammen, noe som ble knyttet til ugunstige strømningsforhold nedenfor den åpne luka og laksens motivasjon til å passere gjennom dette området. Utbedringer av strømningsforholdene er imidlertid foretatt etter at undersøkelsene av radiomerket laks ble gjennomført i 2002.

Antall laks som passerte Bjørsetdammen over telleren økte med økende vannføring, endringer i vannføring, tid i sesongen (dagnummer) og fangstene på Vormstad. Modellresultatene kunne tolkes slik at den positive effekten av vannføring på passeringen av fisk avtok etter hvert som vannføringen ble høyere. Modellprediksjoner for en gitt dag i juni viste størst oppvandring ved ca 60 m³/s. Det er imidlertid vanskelig å anbefale en optimal vannføring for oppvandring forbi Bjørset, fordi optimal vannføring vil avhenge av blant annet vanntemperatur og endring i vannføring fra dagene før. Resultatene både fra radiomerkingen og tellingen ved Bjørsetdammen tyder på at laksens motivasjon til å vandre øker utover i sesongen, nærmere gyteperioden. Resultatene bekrefter at vannføring er viktig for oppvandring av laks, men at forholdet mellom oppvandring, vannføring og andre faktorer er komplekst.

Den statistiske modellen som ble benyttet i denne rapporten kunne i mye større grad forklare passeringen av fisk forbi Bjørsetdammen enn tidligere mer tradisjonell bruk av regresjonsanalyser (Thorstad et al. 2003b). Forbedringen i forhold til tradisjonelle regresjonsanalyser skyldes både at vi benyttet modeller som ikke forutsetter normalfordeling av tellingene og at fangstene ved Vormstad og antall laks som enda ikke hadde passert telleren delt på antall dager som var igjen av oppvandringssesongen, ble benyttet som et mål på hvor mye laks som var tilgjengelig i elva til enhver tid. Problemet med analyser av antall laks passert ved en teller er vanligvis at en mangler informasjon om hvor mye laks som står nedenfor



Figur 6.3. Sportsfiske i Orkla. Foto: Roar A. Lund.

telleren, og at en kan ha gunstige forhold for vandring uten at det passerer fisk fordi det rett og slett ikke er fisk i det aktuelle området. De forskjellige resultatene understreker hvor viktig det er å ta hensyn til antall tilgjengelige fisk når resultater fra fisketellere analyseres.

6.3 Beskatning og fangststatistikk

Innledning

I store laksevassdrag med en lakseførende strekning på mange mil, vil mye av laksen bli fanget i de nederste delene av vassdraget. Dette gjelder særlig i vassdrag med lave vann-temperaturer tidlig på sommeren og som har markerte oppgangshindringer langt nede i vassdraget. Slike oppgangshindre vil forsinke oppgangen av laks. Eksempler på slike vassdrag er Vefsna hvor Forsjordfossen er et betydelig oppgangshinder og Gaula hvor Gaulfossen kan være et betydelig oppgangshinder.

I Orkla er det ingen markerte oppgangshindre i form av betydelige fosser. Vassdraget er derfor relativt lett å vandre opp i. De naturgitte forholdene ligger derfor til rette for at laksen skulle kunne fordele seg raskt på hele den lakseførende delen.

Metode

Elveierlagene i kommunene samler inn fangstopp-gaver fra de ulike lokale utøvere (figur 6.3). Siden 1999 har fangstopp-gavene blitt sendt til Orkla Fellesforvaltning som samler dem i en årlig publikasjon "Fangsstatistikk for Orkla". Før 1999 ble fangstopp-gavene sendt til Fiskeforvalteren for Sør-Trøndelag (Fylkesmannens miljøvern-avdeling). Vi har brukt denne statistikken til å beskrive fangsten i de fire sonene som den lakseførende delen av Orkla er delt inn i:

Sone 1: Sjøen – Svorkmo kraftverk (17 km)

Sone 2: Svorkmo kraftverk – Bjørsetdammen (22 km)

Sone 3: Bjørsetdammen – Grana kraftverk (21 km)

Sone 4: Grana kraftverk – Stoin (30 km)

Vi har fangstopp-gaver fra disse fire sonene fra årene 1990 – 1992 og 1996 – 2002. For å få et bedre bilde av hvordan fangsten fordelte seg på de ulike deler av Orkla oppstrøms Bjørsetdammen, har vi delt sone 4 i to soner:

sone 4a: Grana kraftverk – Brattset kraftverk

sone 4b: Brattset kraftverk – Stoin

I perioden 1998 – 2002 ble det samlet inn et betydelig antall skjellprøver i Orkla på strekningen oppstrøms Bjørsetdammen. I samarbeid med elveiere og fiskelag ble det opprettet 82 stasjoner for skjellprøveinnsamling langs hele vassdraget. På hver stasjon ble det lagt ut lengdemål,

skjellkonvolutter og hengt opp en metallkasse for oppsamling av utfylte skjellkonvolutter. Sammenliknet med antall laks som ble fanget oppstrøms Bjørsetdammen (kfr antall laks fanget i sone 3 og 4, har vi fått inn skjellprøver av en betydelig del av fangsten de fire første årene (30,4 – 56,1 %) mens det ble tatt skjellprøver av 16,2 % av antall laks som ble fanget i 2002. De aller fleste av skjellprøvene (76,7 – 96,9 %) lot seg stedfeste til en av sonene (tabell 6.3) ved at fiskeplass var oppgitt på skjellkonvolutten. Siden antall skjellprøver derfor representerer en betydelig del av laksen som ble fanget, har vi brukt skjellprøvematerialet for å beskrive fangstfordelingen i sted og tid på de ulike sonene.

Siden vi har årlige tellinger av antall oppvandrende laks over Bjørsetdammen er det mulig å beregne en total beskatningsrate for elvestrekningen oppstrøms Bjørsetdammen ved å se på forholdet mellom antall laks som ble fanget i sportsfisket og antall laks som vandret over Bjørsetdammen. Nå blir imidlertid laks som skulle vandret til strekningen oppstrøms Bjørsetdammen også fanget nedstrøms, slik at dette vil gi et minimumsanslag for beskatningsraten for fisk som hører hjemme på strekningen. For å få opplysninger om nivået på totalbeskatningsraten i elva for laks som hører hjemme på strekningen har vi beregnet denne som en funksjon av hvor stor del av fangsten nedstrøms Bjørsetdammen som utgjøres av fisk hjemmehørende oppstrøms:

$$\% \text{ beskatning} = 100 * (\text{Oppstrømsfangst} + (\text{Nedstrømsfangst}) * (\text{Oppstrømsandel av Nedstrømsfangst})) / (\text{Laks forbi telleren} + (\text{Nedstrømsfangst}) * (\text{Oppstrømsandel av Nedstrømsfangst}))$$

Tabell 6.3. Antall laks fanget, antall skjellprøver innsamlet og antall skjellprøver som lot seg stedfeste til en av sonene 3, 4 eller 4a i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen i perioden 1998 – 2002.

År	Antall laks fanget	Antall skjellprøver innsamlet (prosent av antall fanget laks)	Antall skjellprøver stedfestet (prosent av antall skjellprøver)
1998	892	500 (56,1 %)	393 (78,6 %)
1999	468	261 (55,8 %)	226 (86,6 %)
2000	1562	593 (38,0 %)	559 (94,3 %)
2001	2079	632 (30,4 %)	485 (76,7 %)
2002	2770	450 (16,2 %)	436 (96,9 %)

Resultater

6.3.1 Fordeling av fangsten i Orkla

De fire sonene som Orkla er delt inn i, er henholdsvis 17 km (sone 1: Utløpet – Svorkmo kraftverk), 22 km (sone 2: Svorkmo kraftverk – Bjørsetdammen), 21 km (sone 3: Bjørsetdammen – Grana kraftverk) og 30 km (sone 4: Grana kraftverk – Stoin) lange. Dersom all fisk hadde fordelt seg jevnt på elva før fisket tok til og fiskemulighetene hadde vært like gode på de fire sonene, ville forventet fangst ha vært 19 % i sone 1, 25 % i sone 2, 23 % i sone 3 og 33 % i sone 4. I periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002 ble gjennomsnittlig 44,0 % av totalt antall laks fanget i sone 1, 28,3 % ble fanget i sone 2, 20,9 % ble fanget i sone 3 og 6,8 % i sone 4 (Grana kraftverk – Stoin). Fordelingen av laksefangstene mellom de fire sonene var relativt stabil mellom år (tabell 6.3.1a, figur 6.3.1a). For eksempel i sone 1 varierte andelen av totalt antall fanget laks mellom 38,0 % i 1996 og 55,2 % i 1999.

Prosenttallene for forventet fangst og reell fangst i sonene 2 og 3 stemmer godt overens, mens det ble fanget uforholdsmessig mye laks i sone 1 (gjennomsnittlig 44,0 %) og uforholdsmessig lite laks (6,8 %) i sone 4. Siden fisket begynner for all laksen har vandret opp på elva, vil det nødvendigvis være slik at flest fisk vil bli fanget i de nedre delene. Det synes allikevel å være en for lav fangstandel i sone 4 (Grana kraftverk – Stoin). Dette skyldes sannsynligvis at en del av den fisken som hører hjemme her blir fisket opp i de nedre delene, at det er redusert vannføring på den delen av sone 4 som ligger oppstrøms Brattset kraftverk og at få fisk hører hjemme her. Tilsvarende synes det å være en uforholdsmessig stor fangstandel i sone 1 da de fleste laksene har vokst opp lenger opp i vassdraget. Når fangstandelen allikevel er så vidt betydelig i sone 1, kan det skyldes en kombinasjon av beskatning og forsinket oppvandring på grunn av Svorkmo kraftverk.

Langeland & Andersen (1990) oppga fangster av laks før regulering for 6 strekninger i Orkla i perioden 1972 – 1982 (unntatt 1981). Deres strekning 1: Orkdalsfjord – Hongslo tilsvarer sone 1, deres strekning 2: Hongslo – Bjørset tilsvarer sone 2, deres strekninger 3: Bjørset – Resa og 4: Resa – Grana kraftverk tilsvarer sone 3 og deres strekninger 5: Grana kraftverk – Brattset kraftverk og 6: Brattset kraftverk – Stoin tilsvarer sone 4. Fangstfordelingen (antall) i denne perioden viser at 67,0 % ble fanget i sone 1, 13,7 % i sone 2, 13,0 % i sone 3 og 6,3 % i sone 4. Disse tallene tyder på at en klart større andel av laksen ble fanget i sone 1 i denne perioden enn i periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002. Tilsvarende ble en lavere andel fanget i sonene 2 og 3 før regulering enn etter regulering mens fangstandelen i sone 4 var lik før og etter regulering. Dersom vi legger disse tallene til grunn ser det altså ut til at det har skjedd en forskyvning av fangsten oppover fra sone 1 til sonene 2 og 3 etter reguleringen. Dette skyldes hovedsakelig en kraftig økning i lakseavkastningen etter regulering i sone 2 og 3 (kfr kap. 6.5.2), men økt vannføring og dermed mer stabile forhold for oppvandring etter regulering, må også tillegges vekt.

I periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002 ble gjennomsnittlig 72,3 % av all laks i Orkla fanget nedstrøms Bjørsetdammen og bare 27,7 % ble fanget ovenfor Bjørsetdammen (tabell 6.3.1a).

Tabell 6.3.1a. Antall og antall kg laks fanget i henholdsvis sone 1, 2, 3 og 4 i Orkla i periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002. Prosenttall i parentes.

	Sone 1		Sone 2		Sone 3		Sone 4	
	Antall	Antall kg	Antall	Antall kg	Antall	Antall kg	Antall	Antall kg
1990	2135 (50,3)	9994 (45,5)	953 (22,4)	5487 (24,9)	822 (19,4)	4828 (22,0)	337 (7,9)	1675 (7,6)
1991	1540 (47,9)	7512 (52,2)	1024 (31,9)	4141 (28,7)	507 (15,8)	2121 (14,7)	143 (4,4)	644 (4,4)
1992	1316 (44,7)	6813 (43,8)	786 (26,7)	3847 (24,8)	564 (19,2)	3385 (21,8)	277 (9,4)	1491 (9,6)
1996	451 (38,0)	2482 (34,1)	353 (29,7)	2084 (28,6)	297 (25,0)	2073 (28,5)	86 (7,3)	637 (8,8)
1997	361 (39,2)	1442 (35,6)	337 (36,6)	1490 (36,7)	199 (21,7)	1022 (25,2)	23 (2,5)	103 (2,5)
1998	1830 (51,9)	4099 (44,6)	805 (22,8)	2201 (23,9)	766 (21,7)	2470 (26,9)	126 (3,6)	422 (4,6)
1999	1209 (55,2)	3445 (44,7)	514 (23,5)	2004 (26,0)	332 (15,2)	1618 (21,0)	136 (6,2)	638 (8,3)
2000	2548 (41,1)	8127 (37,1)	2082 (33,6)	7560 (34,5)	1282 (20,7)	5064 (23,1)	280 (4,5)	1140 (5,2)
2001	2717 (40,0)	8871 (37,6)	1996 (29,4)	7160 (30,0)	1463 (21,5)	5336 (22,6)	616 (9,1)	2257 (6,6)
2002	3392 (39,6)	12255 (34,2)	2402 (28,1)	10954 (30,6)	2090 (24,4)	9442 (26,3)	680 (7,9)	3196 (8,9)
Gj.sn	1750 (44,0)	6504 (40,3)	1125 (28,3)	4693 (29,1)	832 (20,9)	3736 (23,1)	270 (6,8)	1220 (7,6)

Tabell 6.3.1b. Antall og antall kg sjøaure fanget i henholdsvis sone 1, 2, 3 og 4 i Orkla i periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002. Prosenttall i parentes.

	Sone 1		Sone 2		Sone 3		Sone 4	
	Antall	Antall kg	Antall	Antall kg	Antall	Antall kg	Antall	Antall kg
1990	907 (73,7)	1090 (70,2)	229 (18,6)	325 (20,9)	54 (4,4)	75 (4,8)	40 (3,3)	63 (4,1)
1991	699 (62,2)	682 (54,5)	351 (31,2)	474 (37,8)	57 (5,1)	70 (5,5)	17 (1,5)	28 (2,2)
1992	756 (70,9)	671 (64,2)	262 (24,5)	314 (30,0)	37 (3,5)	48 (4,6)	12 (1,1)	13 (1,2)
1996	415 (75,1)	401 (69,9)	103 (18,6)	122 (21,2)	30 (5,4)	42 (7,3)	5 (0,9)	9 (1,6)
1997	179 (62,8)	206 (60,8)	72 (25,3)	87 (25,7)	27 (9,5)	34 (10,0)	7 (2,4)	12 (3,5)
1998	336 (73,0)	437 (68,7)	64 (13,9)	99 (15,6)	56 (12,2)	95 (14,9)	4 (0,9)	5 (0,8)
1999	419 (80,9)	478 (77,5)	72 (13,9)	86 (13,9)	19 (3,7)	42 (6,8)	8 (1,5)	11 (1,8)
2000	1265 (81,3)	1243,9 (78,6)	170 (10,9)	190,3 (12,0)	99 (6,4)	126,2 (8,0)	22 (1,4)	21,6 (1,4)
2001	265 (55,1)	334,9 (53,3)	93 (19,3)	190,3 (20,7)	76 (15,8)	103,3 (16,4)	47 (9,7)	59,8 (9,5)
2002	357 (64,2)	442 (61,6)	92 (16,5)	130,3 (18,2)	72 (13,0)	96,7 (13,5)	35 (6,3)	47,8 (6,7)
Gj.sn	560 (71,4)	598,6 (66,5)	151 (19,3)	201,8 (22,4)	53 (6,8)	73,2 (8,1)	20 (2,6)	27,0 (3,0)

Tabell 6.3.1c. Gjennomsnittsvikt (kg) hos laks fanget i de ulike sonene i Orkla i periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002.

År	Sone 1	Sone 2	Sone 3	Sone 4
1990	4,7	5,8	5,9	5,0
1991	4,9	4,0	4,2	4,5
1992	5,2	4,9	6,0	5,4
1996	5,2	5,9	7,0	7,4
1997	4,0	4,4	5,1	4,5
1998	2,2	2,7	3,2	4,6
1999	2,8	3,9	4,9	4,7
2000	3,2	3,6	4,0	4,1
2001	3,3	3,6	3,6	3,7
2002	3,6	4,6	4,5	4,7

Tabell 6.3.1d. Gjennomsnittsvikt (kg) hos sjøaure fanget i de ulike sonene i Orkla i periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002

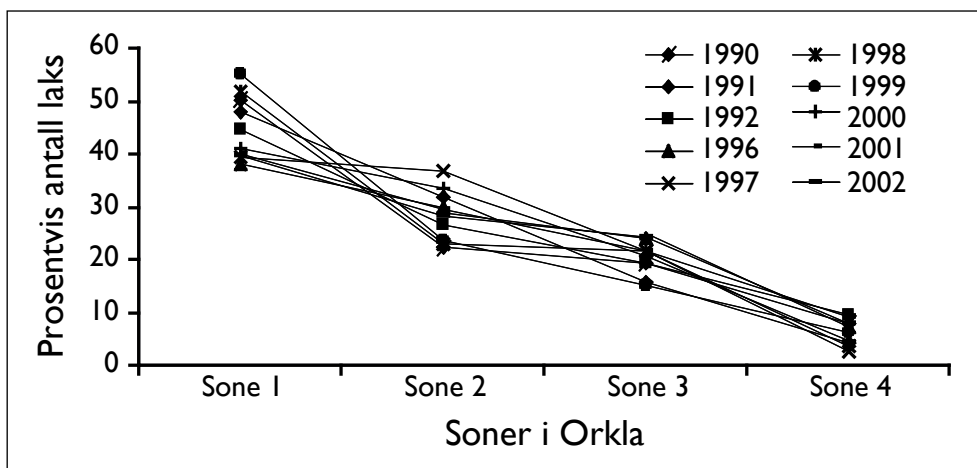
År	Sone 1	Sone 2	Sone 3	Sone 4
1990	1,2	1,4	1,4	1,6
1991	1,0	1,4	1,2	1,6
1992	0,9	1,2	1,3	1,1
1996	1,0	1,3	1,4	1,6
1997	1,2	1,2	1,3	1,7
1998	1,3	1,5	1,7	1,3
1999	1,1	1,2	2,2	1,4
2000	1,0	1,1	1,3	1,0
2001	1,3	1,4	1,4	1,3
2002	1,2	1,4	1,3	1,4

Gjennomsnittlig ble 71,4 % av totalt antall sjøaure fanget i sone 1 (Sjøen – Svorkmo kraftverk) og 19,3 % i sone 2 (Svorkmo kraftverk – Bjørsetdammen). Det vil si at gjennomsnittlig ble 90,7 % av all sjøaure i Orkla fanget nedstrøms Bjørsetdammen og bare 9,3 % ble fanget ovenfor Bjørsetdammen. Fordelingen av sjøaurefangstene var relativt stabil mellom år (tabell 6.3.1b, figur 6.3.1b).

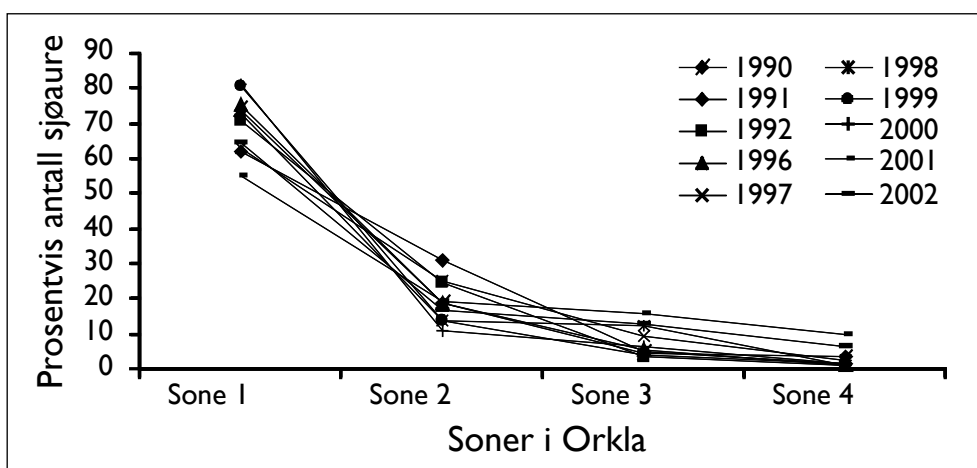
I alle årene i perioden 1994 – 2002 var det lavest gjennomsnittsvikt hos laks fanget i sone 1. De fleste årene i samme

periode hadde laksen i sone 3 og sone 4 noe høyere gjennomsnittsvikt sammenliknet med sonene 1 og 2 (tabell 6.3.1c). Gunnerød et al. (1975) fant for årene 1972 – 1974 klart høyest gjennomsnittsvikt for laksen i den øverste sonen (Rennebu) og uttaler at "det er hit den mest verdifulle gytefiskens søker".

Også hos sjøaure var det slik at det var lavest gjennomsnittsvikt i sone 1 i alle årene (tabell 6.3.1d).



Figur 6.3.1a. Prosentvis fordeling av antall laks fanget i de ulike soner av Orkla i periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002.



Figur 6.3.1b. Prosentvis fordeling av antall sjøaure fanget i de ulike soner av Orkla i periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002.

6.3.2 Fordeling av fangsten oppstrøms Bjørsetdammen

Det kom inn til sammen 2154 skjellprøver av laks som lot seg stedfeste til en av de tre sonene. Strekingen fra Bjørsetdammen til Stoin er 51 km lang. Fra Bjørsetdammen til Grana kraftverk er det 20,6 km, men hele 74,4 % av alle prøvene stammet fra denne strekingen (sone 3). Denne prosentandelen varierte fra 67,3 % i 1999 til 81,6 % i 2001. Bare 0,9 % av skjellprøvene stammet fra den øverste delstrekingen som ligger oppstrøms Brattset kraftverk (tabell 6.3.2).

Den lakseførende delen av Orkla oppstrøms Bjørsetdammen er 51 km lang, men resultatene fra skjellprøvene tyder på at 74,4 % blir fanget på strekingen nedstrøms utløpet fra Grana kraftverk og 25,6 % på strekingen oppstrøms Grana kraftverk. Dersom vi legger produksjonsarealene oppstrøms Bjørsetdammen til grunn (tabell 3.3) burde fangstfordelingen mellom de to sonene vært 52 % i sone 3 og 48 % i sone 4. Vi må imidlertid regne med at en del av den fisken som hører hjemme i sone 4 blir fisket i sone 3, men vi vet ikke hvor stor denne andelen er.

Strekingen fra Brattset kraftverk til Stoin er ca. 6 km lang, men resultatene fra skjellprøvene tyder på at en svært liten andel (0,9 %) av laksen blir fanget her. Dette er en kraftig reduksjon sammenliknet med Langeland og Andersen's (1990) data fra 1972 – 1982 (før regulering) som viste at

11,1 % av laksen som ble fanget oppstrøms Bjørset, ble fanget på denne strekingen. Den viktigste grunnen til dette er sannsynligvis den reduserte vannføringen som både har gitt redusert smoltproduksjon på strekingen og som har ført til at laksen blir stående ved utløpet fra Brattset kraftverk.

Utsettingsforsøk med Carlin-merket oppdrettet smolt i Oppløyelva i Nord-Trøndelag viste at smolt som ble satt ut oppstrøms en fangstfelle ble gjenfanget som voksen laks i fangstfella i langt større antall enn smolt som var satt ut nedstrøms fangstfella (Strand et al. 1995). Smolt som settes ut langt nede i vassdrag vil i liten grad passere utsettingsstedet. Smolt som settes ut langt oppe i vassdrag vil forsøke å vandre tilbake til utsettingsstedet. For eksempel viste utsettingsforsøk med Carlin-merket oppdrettet smolt i Alta, Gaula og Orkla at fordelingen av den voksne laksen som kom tilbake til elvene var avhengig av utsettingsstedet. Utsetninger langt oppe i vassdragene førte til flere gjenfangster i de øvre delene enn utsetninger langt nede i vassdragene (Hvidsten et al. 1994). Tilsvarende erfaringer er gjort ved utsettingsforsøk med ensomrig settefisk av laks. For eksempel viste utsettingsforsøk i Mandalselva at laks som var satt ut oppstrøms Mannflåvann hadde en sterk tendens til å vende tilbake til dette området (Johnsen 2003). Også undersøkelser av villfisk i Altaelva viser at laksen vandrer tilbake til den elvestrekningen hvor den vokste opp (Heggberget et al. 1986). Erfaringer fra bygging av fisketrappene som åpner nye elvestrekninger for laks, har vist at forholdsvis få laks søker opp trappene

Tabell 6.3.2. Fordeling av antall skjellprøver av laks på de tre sonene i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen i perioden 1998 – 2002. Prosenttall i parentes.

År	Sone			Sum
	3: Bjørsetdammen – Grana kraftverk	4a: Grana kraftverk – Brattset kraftverk	4b: Brattset kraftverk – Stoin	
1998	282 (71,8)	107 (27,2)	4 (1,0)	393
1999	152 (67,3)	73 (32,3)	1 (0,4)	226
2000	418 (74,8)	138 (24,7)	3 (0,5)	559
2001	396 (81,6)	87 (17,9)	2 (0,4)	485
2002	344 (78,9)	92 (21,1)	0 (0)	436
Sum (%)	1602 (74,4)	532 (24,7)	20 (0,9)	2154

dersom de ikke er vokst opp på de elvestrekninger som ligger ovenfor (Berg 1966). Selv om et vassdrag er lett å vandre opp i og de naturgitte forholdene ligger til rette for at laksen skal kunne fordele seg raskt på den lakseførende delen, vil den lokale hjemvandringen hos laks føre til at vi får en skjev fordeling av voksen fisk dersom ungfiskproduksjonen var skjev i utgangspunktet. Dersom det av en eller annen grunn har vært for lite gytefisk med derav følgende redusert smoltproduksjon på en elvestrekning i noen år, vil det komme få voksne laks tilbake til denne strekningen fordi få laks er hjemmehørende her. En slik effekt vil være selvforsterkende og kan føre til at elvestrekninger får redusert fiske over mange år. Dette viser betydningen av å ha kontinuerlig, god produksjon av laksunger på alle deler av vassdraget både for å utnytte produksjonsmulighetene som forligger og for å spre fiskemulighetene i vassdraget.

Dersom vi legger produksjonsarealene oppstrøms Bjørsetdammen til grunn (tabell 3.3), burde fangstfordelingen mellom de tre sonene vært 52 % i sone 3, 39 % i sone 4a og 9 % i sone 4b eller 52 % i sone 3 og 48 % i sone 4. Men siden en god del av fisken som hører hjemme i sone 4 vil bli fisket opp i sone 3, vil fangstfordelingen få en forskyvning til fordel for sone 3. En fordeling som den vi har sett i de senere år med 75 % i sone 3 og 25 % på strekningen ovenfor synes imidlertid å være for skjevt fordelt og kan tyde på redusert smoltproduksjon i de øvre delene i forhold til potensialet.

6.3.3 Fordeling av fangsten i tid oppstrøms Bjørsetdammen

Antall skjellprøver som ble sendt inn av fisk fanget i sone 3 (tabell 6.3.3a) og sone 4 (tabell 6.3.3b) tyder på følgende sesongmessige fangstfordeling: I den første 10 – dagers perioden av juni ble det hvert år fanget noen få fisk nedstrøms Grana kraftverk, men det ble kun registrert en fisk fra sone 4. Gjennomsnittlig ble 12 % av fisken fanget i løpet av juni i sone 3 mens tilsvarende fangst fra sone 4 var 10 %. Det ble fanget flest fisk i juli måned i begge sonene. Akkumulert fangst for sone 3 var gjennomsnittlig 70 % den 31. juli for perioden 1998 - 2002, mens tilsvarende resultat for sone 4 var 64 %. Det var liten variasjon mellom år i sone 3, men noe større variasjon i sone 4. Det skyldes sannsynligvis lavere tallmateriale i sone 4.

Median fangstdato for sone 3: Bjørsetdammen – Grana kraftverk var 19. – 24. juli i perioden 1998 – 2001 mens median fangstdato for sone 4a: Grana kraftverk – Brattset kraftverk i samme periode varierte mellom 17. juli og 31. juli. I tre av årene var median fangstdato i sone 4a ca. en uke senere enn i sone 3 mens i de andre to årene var det ingen forskjell (tabell 6.3.3c).

Det kan imidlertid også tenkes at Grana kraftverk bidrar til å forsinke lakseoppgangen slik at en større andel av fisken som hører hjemme ovenfor blir fisket opp nedenfor enn det som ville vært tilfelle uten en slik forsinkelse. Dataene om akkumulert fangst over tid og median fangstdato på de to sonene indikerer at det enkelte år må ha skjedd en rask oppvandring til områdene oppstrøms Grana kraftverk mens det andre år var en tidsforskyvning på ni døgn på median fangstdato. Med en vandringshastighet på 3,7 km per døgn (kfr kap. 6.2.3) vil laksen bruke ca. 5,5 døgn på å vandre de 20,6 km fra Bjørsetdammen til Grana kraftverk. En tidsforskyvning på 9 døgn i median fangstdato mellom de to sonene, kan derfor bety at Grana kraftverk har virket forsinkende på oppgangen i slike år. I 1999, da det ikke var noen forskjell i median fangstdato mellom sone 3 og sone 4a, var fangstfordelingen (antall) mellom sone 3 og 4a henholdsvis 67,3 % og 32,3 %. Dette er svært likt Langeland & Andersen's (1990) gjennomsnittdata fra perioden før regulering (1972 – 1982) for disse to sonene. De fant at 67,2 % av fisken ble fanget nedstrøms Grana kraftverk, mens 32,8 % ble fanget på strekningen opp-

Tabell 6.3.3a. Antall skjellprøver innsamlet på sone 3: Bjørsetdammen – Grana kraftverk fordelt på 10 – dagers perioder (akkumulert % i parentes) for årene 1998 - 2002

	Juni			Juli			August		
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31
1998	3 (1)	7 (4)	16 (9)	44 (25)	59 (46)	62 (68)	49 (85)	27 (95)	15 (100)
1999	3 (2)	5 (5)	10 (12)	37 (36)	19 (47)	35 (72)	15 (82)	22 (96)	6 (100)
2000	9 (2)	5 (3)	24 (9)	63 (24)	86 (48)	97 (68)	60 (82)	45 (93)	29 (100)
2001	11 (3)	10 (5)	37 (15)	50 (27)	111 (55)	72 (73)	43 (84)	47 (96)	15 (100)
2002	11 (3)	18 (8)	24 (15)	32 (25)	71 (45)	81 (67)	68 (89)	32 (98)	7 (100)
SUM	37 (2)	45 (5)	111 (12)	226 (26)	346 (48)	347 (70)	235 (85)	173 (95)	72 (100)

Tabell 6.3.3b. Antall skjellprøver innsamlet på sone 4: Grana kraftverk – Stoin fordelt på 10 – dagers perioder (akkumulert % i parentes) for årene 1998 - 2002

	Juni			Juli			August		
	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31
1998	0 (0)	1 (1)	2 (3)	11 (13)	17 (28)	23 (49)	21 (68)	22 (87)	14 (100)
1999	0 (0)	1 (1)	6 (9)	14 (28)	20 (55)	18 (80)	9 (92)	3 (96)	3 (100)
2000	0 (0)	2 (1)	17 (13)	17 (39)	17 (38)	30 (59)	33 (82)	14 (92)	11 (100)
2001	1 (1)	1 (2)	7 (10)	13 (25)	39 (69)	17 (88)	3 (91)	6 (98)	2 (100)
2002	0 (0)	7 (8)	5 (13)	2 (15)	14 (30)	24 (57)	30 (89)	9 (99)	1 (100)
SUM	1 (0)	12 (3)	37 (10)	57 (21)	107 (42)	112 (64)	96 (83)	54 (94)	31 (100)

Tabell 6.3.3c. Median fangst dato (Dato) for laks (n = antall) fanget i sone 3: Bjørsetdammen – Grana kraftverk, sone 4a: Grana kraftverk – Brattset kraftverk og sone 4b: Brattset kraftverk – Stoin i perioden 1998 – 2002.

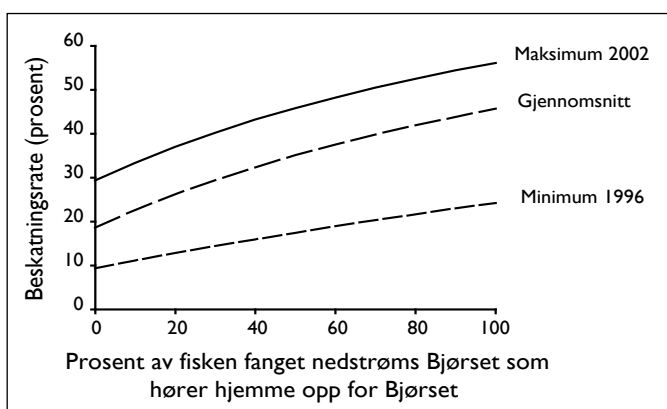
Sone	1998		1999		2000		2001		2002	
	n	Dato	n	Dato	n	Dato	n	Dato	n	Dato
3	283	22.7	152	21.7	419	24.7	396	19.7	344	23.7
4a	107	31.7	73	18.7	138	30.7	87	17.7	91	30.7
4b	4	3.8	1	25.6	3	15.6	2	13.8	0	-
SUM	394	24.7	226	19.7	560	25.7	485	18.7	435	24.7

strøms Grana kraftverk. I 2001, som var det andre året med rask oppvandring til de øvre delene, var fangstfordelingen mellom sone 3 og sone 4a henholdsvis 81,6 % og 17,9 % i sone 3 og sone 4a. En mulig forklaring på den skjeve fangstfordelingen kan derfor også være at det var færre fisk som skulle til de øvre delene fordi færre fisk hadde vokst opp der.

6.3.4 Beskatning av laks oppstrøms Bjørsetdammen

I 1994 og i perioden 1996 – 2002 varierte beskatningsraten fra 9 % til 29 % med et gjennomsnitt på 19 % (tabell 6.3.4) når denne blir beregnet for fisk som faktisk passerte telleren. Dersom all fisk som blir fanget nedstrøms Bjørset faktisk var

hjemmehørende oppstrøms varierte beskatningsraten mellom 24 % og 56 % (figur 6.3.4), med et gjennomsnitt over år på 46 %. Disse anslagene representerer ytterpunktene for den beregnede beskatningsraten og er sannsynligvis ikke riktige. Hvis vi istedet antar at 56 % av laksen som blir fanget nedstrøms Bjørset var hjemmehørende oppstrøms Bjørset, vil beskatningsratene variere mellom 18 % og 47 % med et gjennomsnitt over år på 37 % (tabell 6.3.4). Tallet 56 % tilsvare andelen av elvestrengen oppstrøms Bjørset.



Figur 6.3.4. Beregnende beskatningsrater for laks hjemmehørende oppstrøms Bjørsetdammen som funksjon av hvor stor del av laksen fanget nedstrøms Bjørsetdammen som er hjemmehørende oppstrøms Bjørsetdammen. Gjennomsnitt er gjennomsnitt over de årene som er vist i tabell 6.3.4. Maksimum er året med høyest beregnet beskatning (2002) og minimum er året med lavest beregnet beskatning (1996).

Tabell 6.3.4. Antall oppvandrende laks, antall laks oppfisket og beskatningsrate for Orkla oppstrøms Bjørsetdammen i 1994 og i perioden 1996 – 2002. Beskatningsratene er beregnet for laks som har passert telleren, samt under forutsetning av at 56 % av laksen som blir fanget nedstrøms egentlig hører hjemme oppstrøms Bjørsetdammen. 56 % er vist i tabellen fordi dette tilsvare hvor stor del av lakseførende strekning som er oppstrøms Bjørsetdammen.

År	Antall oppvandrende laks	Antall oppfisket oppstrøms Bjørset	Beskatningsrate %	
			For laks som har passert telleren	Dersom 56 % av laksen fanget nedstrøms Bjørset hører hjemme oppstrøms
1994	3965	630	15,9	38,1
1996	4097	383	9,3	18,3
1997	2160	222	10,3	24,0
1998	3971	892	22,5	43,5
1999	2645	468	17,7	39,7
2000	7395	1562	21,1	41,6
2001	9187	2079	22,6	39,9
2002	9470	2770	29,3	47,3

6.3.5 Beskatning av laks i Orkla

Estimater av beskatningsratene for laks hjemmehørende oppstrøms Bjørset varierte mellom 18 % og 47 %, dersom vi antar at noe over halvparten av laksen som fanges nedstrøms egentlig hørte hjemme oppstrøms. For Orkla i sin helhet vil 46 % i gjennomsnitt representere maksimum beskatningsrate. Dette forutsetter at vi ikke har gyting nedstrøms Bjørset, noe som vi vet er en feil forutsetning. Disse beregningene er avhengig av at fangsrapporteringene er riktige, og selv om fangsten skulle være noe underrapportert, blir trolig under halvparten av laksen som når munningen av Orkla fanget i sportsfisket.

Det er også mulig å beregne beskatningen i Orkla på grunnlag av innsiget av voksen laks til Trondeimsfjorden og andelen laks som vandrer opp i Orkla. Merking av voksen laks fanget i kilenøter ved Tarva i perioden 1958 - 1976 ga til sammen 525 gjenfangster i elvene i Trondheimsfjorden. Av disse ble 20,0 % gjenfanget i Orkla (Johnsen et al. 1999). Tilsvarende merkinger av voksen laks på Mølnbukta i årene 1997, 1998, 2000, 2001 og 2003 ga totalt 209 gjenfangster. Av disse ble 20,6 % gjenfanget i Orkla. I perioden 1997 til 2001 og i 2003 er det beregnet totalinnsig av laks til Trondheimsfjorden. Antall innvandrende laks har i disse årene variert fra 22 000 til 126 000. Vi forutsetter at 20 % av det årlige lakseinnsiget til Trondheimsfjorden vandrer opp i Orkla og finner en beskatningsrate uttrykt som forholdet mellom årlig oppfisket antall laks og antall oppvandrere i Orkla. Denne beskatningsraten varierte mellom 16,9 % i 1999 og 32,0 % i 2003 med et gjennomsnitt på 26,3 % (tabell 6.3.5).

I en undersøkelse av beskatningsrater i norske elver ble de høyeste ratene funnet i Altaelva (i størrelsesorden 45 – 70 % samlet). Den laveste beskatningen ble registrert i Øyensåa (9 – 25 %) (Fiske et al. 2001). Blant sportsfiskere er det en alminnelig oppfatning at nygått fisk er lettere å fange enn fisk som har oppholdt seg en tid i elva. Det fåtal undersøkelser som er gjort for å studere fiskens atferd under elveoppholdet, gir støtte til en slik oppfatning. I elva Dee i Wales ble beskatningsratene av fisk som kom inn til elva til ulike tidspunkter sammenlignet. Beskatningsratene økte med tiden fisken var tilgjengelig for fiske og resultatene fra studiet tyder

Tabell 6.3.5. Totalinnsig (antall) av laks (alle sjøaldersklasser) på innsig i Trondheimsfjorden, forventet oppvandring i Orkla, antall laks oppfisket i Orkla og beskatningsrate for årene 1997 - 2001 og i 2003. I 1999 ble innsiget av laks beregnet uten Orkla på grunn av at ingen merker ble rapportert.

År	Innsig av laks	Forventet oppvandring Orkla (20 %)	Antall laks oppfisket i Orkla	Beskatningsrate (%)
1997	22 248	4 450	920	20,7
1998	58 803	11 761	3 527	30,0
1999	64 767	12 953	2 191	16,9
2000	98 984	19 797	6 192	31,3
2001	125 342	25 068	6 792	27,1
2003	126 362	25 272	8 094	32,0

på at laksen var mest fangbar i de første 4 – 8 ukene etter at den hadde vandret opp i elva. Undersøkelser med radiomerking av laks har vist at fisken går oppstrøms i en aktiv fase som varer opptil flere uker etter ankomst på elva. Dette er en fase hvor de antas å være mest sårbare for fangst. Deretter følger en fase med roligere atferd hvor de kan tilbringe flere måneder på samme oppholdssted, før fisken igjen blir aktiv i gytetiden om høsten. I en engelsk undersøkelse ble det funnet at den aktive fasen etter oppvandring på elv varte i 10 – 20 dager. Undersøkelser utført ved å radiomerke fisk som vandret opp i Namsen, viste at fisk som ikke ble fanget i den første tiden etter at den gikk opp i elva, i liten grad ble fanget senere i sesongen. I Sautso som er den øverste lakseførende strekningen i Altaelva, ble 59 % av laksen som ble fanget klassifisert som nygått. Dette indikerer at selv langt oppe i elva er det meste av fisken som fanges i en aktiv oppvandringsfase. Det er imidlertid klart at laksens sårbarhet for stangfiske ikke kun er begrenset til den første tiden etter at fisken har vandret opp i elva. De lar seg også fange på sportsfiskeredskap senere i fiskesesongen (Fiske et al. 2001).

6.3.6 Oppsummering og konklusjon

I periodene 1990 – 1992 og 1996 – 2002 ble gjennomsnittlig 44,0 % av totalt antall laks fanget i sone 1 (Sjøen – Svorkmo kraftverk), 28,3 % ble fanget i sone 2 (Svorkmo kraftverk – Bjørsetdammen), 20,9 % ble fanget i sone 3 (Bjørsetdammen – Grana kraftverk) og 6,8 % i sone 4 (Grana kraftverk – Stoin). Sammenlignet med en forventet fangst basert på sone-nes lengde ble det fanget uforholdsmessig mye laks i sone 1 (gjennomsnittlig 44,0 %) og uforholdsmessig lite laks (6,8 %) i sone 4. Det kan skyldes en kombinasjon av beskatning og forsinket oppvandring på grunn av Svorkmo kraftverk.

Det synes å ha skjedd en forskyvning av fangsten oppover fra sone 1 til sonene 2 og 3 etter reguleringen.

Gjennomsnittlig ble 72,3 % av all laks i Orkla fanget nedstrøms Bjørsetdammen og bare 27,7 % ble fanget ovenfor Bjørsetdammen. På strekningen oppstrøms Bjørsetdammen ble 74,4 % av laksen fanget på strekningen nedstrøms utløpet fra Grana kraftverk (sone 3) og 25,6 % på strekningen oppstrøms Grana kraftverk (sone 4). Dersom vi legger produksjonsarealene oppstrøms Bjørsetdammen til grunn burde fangstfordelingen mellom de to sonene vært 52 % i sone 3 og 48 % i sone 4.

For strekningen Brattset kraftverk - Stoin er fangstandelen svært redusert sammenlignet med før regulering. Dette skyldes redusert vannføring som både har gitt redusert smoltproduksjon på strekningen og ført til at laksen blir stående ved utløpet fra Brattset kraftverk.

Data om akkumulert fangst over tid og median fangst dato på de to sonene oppstrøms Bjørsetdammen, indikerer at det enkelte år må ha skjedd en rask oppvandring til områdene oppstrøms Grana kraftverk mens det andre år var en tidsforskyvning på ni døgn på median fangst dato. En slik tidsforskyvning kan bety at Grana kraftverk har virket forsinkende på oppgangen i slike år.

De beregnede beskatningsratene for laks hjemmehørende oppstrøms Bjørsetdammen varierte mellom 18 % og 47 % med et gjennomsnitt over år på 37 %.

Beskatningen for laks i hele Orklavassdraget i perioden 1997 – 2003, varierte mellom 16,9 % i 1999 og 32,0 % i 2003 med et gjennomsnitt på 26,3 %

6.4 Gytebestand i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen

Innledning

Antall hunnfisk og hunnfiskens størrelse bestemmer hvor mange egg som blir lagt i ei elv. Antall egg danner grunnlaget for ungfiskbestanden og dermed for smoltproduksjonen i elva. I mså hvor dette er grundig undersøkt, var økningen i antall smolt høyest ved lave eggtettheter og flatet ut når tettheten ble større enn 6 egg/m² (Hansen et al. 1996). For å kunne avgjøre hvor mange egg som blir lagt er det viktig å kjenne gytebestandens størrelse (antall) og sammensetning (kjønns- og aldersfordeling).

De fleste laksungene vokser opp i nærheten av det området hvor de ble klekt og spesielt den første sommeren sprer de seg lite fra gyteområdet (kfr. Johnsen & Hvidsten 2002). Dette betyr at det er nødvendig med en god fordeling av gytefiskens dersom elvas produksjonsområder skal bli godt utnyttet i hele lengderetningen. Gytefiskens vender gjerne tilbake til området hvor de vokste opp (Heggberget et al. 1986). Det betyr at i områder med store tettheter av laksunger vil man kunne forvente stor tilbakevandring av laks noe som vil gi muligheter for et godt fiske. Omvendt vil man i områder med lav ungfisktetthet få lav tilbakevandring av voksen laks. Slike områder vil kunne komme inn i en vond sirkel dersom tiltak ikke settes i verk.

I tillegg til kunnskaper om gytebestandens størrelse og sammensetning er det derfor også nødvendig å vite hvordan den er fordelt i elva. Telling av gytefisk ble forsøkt gjennomført i 1993, men det viste seg svært vanskelig og kostbart å gjennomføre. Gytegrupundersøkelser har heller ikke blitt gjennomført. Vi har derfor ingen direkte kunnskaper om fordelingen av gytefisk i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen, men vi har indirekte kunnskaper gjennom fangstfordeling (kap 6.3) og undersøkelser av årsyngel (kap. 4.2)

Metode

Utgangspunktet for beregning av gytebestandens i Orkla ovenfor Bjørsetdammen var telling av antall oppvandrende fisk som passerte Bjørsetdammen. Denne tellingen ble gjort ved hjelp av en "Logieteller" i 1994 og hvert år i perioden 1996 - 2002 (kfr. kap. 3.8).

Logietelleren skiller ikke mellom laks og sjøaure og en andel sjøaure ble derfor trukket fra det totale antallet oppvandrende fisk som ble registrert ved hjelp av Logie-telleren. Denne andelen ble bestemt ut fra andelen sjøaure som forekom blant alle skjellprøvene av laks og sjøaure som ble samlet

inn på strekningen oppstrøms Bjørsetdammen. Fra dette tallet ble antall laks som ble fanget i sportsfisket (tabell 6.3.1a) trukket fra for å komme fram til antall gytelaks.

For å finne sjøaldersfordeling, lengdefordeling og kjønnsfordeling i bestanden av gytelaks, ble det gjennomført analyser av skjellprøver fra sportsfisket. Antall skjellprøver som ble analysert (kfr. tabell 3.7a), varierte mellom 132 (6,8 % av antall gytelaks) i 1997 og 633 (19,0 % av antall gytelaks) i 1994. Skjellprøvematerialet ble antatt å være representativt for hele gytebestandens oppstrøms Bjørsetdammen.

Resultater

6.4.1 Gytebestandens størrelse

Antall oppvandrerere i 1994 og i perioden 1996 – 2002, varierte mellom 2509 (1997) og 9683 (2002). Andel sjøaure i skjellprøvematerialet lå i samme periode mellom 2,2 % (2002) og 13,9 % (1997). Antall laks oppfisket varierte mellom 222 i 1997 og 2770 i 2002. I den aktuelle perioden varierte dermed antall gytelaks oppstrøms Bjørsetdammen mellom 1938 i 1997 og 7108 i 2001. Gjennomsnittlig antall gytefisk for de åtte årene var 4235 og i alle de tre siste årene (2000, 2001 og 2002) var antall gytelaks høyere enn dette gjennomsnittstallet. I de øvrige årene var antallet gytelaks lavere enn gjennomsnittet (tabell 6.4.1a). Store variasjoner i gytebestandens er kjent også fra andre vassdrag. Vurdert ut fra antall gytegrupper var gytebestandens i Sautso i Altaelva om lag seks ganger større i 2002 sammenlignet med 1996 og 1997 (Ugedal et al. 2003).

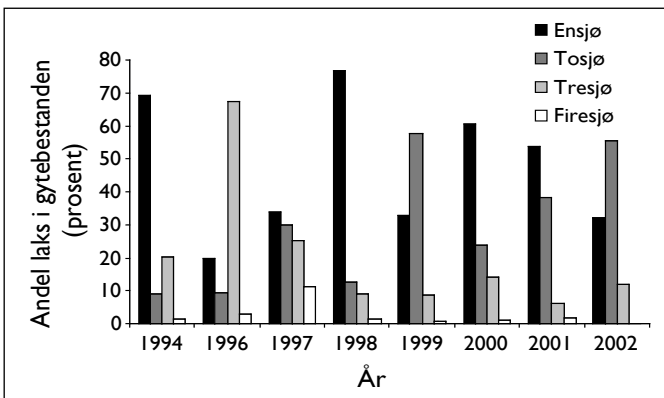
Tabell 6.4.1a. Antall oppvandrerere, andel sjøaure (%), antall oppvandrende laks, antall laks oppfisket og antall gytelaks ovenfor Bjørsetdammen i 1994 og i perioden 1996 – 2002

År	Antall oppvandrende	Andel sjøaure	Antall oppvandrende laks	Antall laks oppfisket	Antall gytelaks
1994	4305	7,9	3965	630	3335
1996	4405	7,0	4097	383	3714
1997	2509	13,9	2160	222	1938
1998	4171	4,8	3971	892	3079
1999	2847	7,1	2645	468	2177
2000	7719	4,2	7395	1562	5833
2001	9481	3,1	9187	2079	7108
2002	9683	2,2	9470	2770	6700

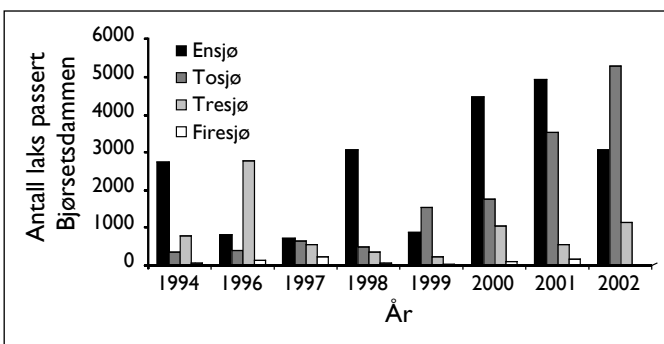
6.4.2 Gytebestandens alders-sammensetning

Med unntak av 2002 da det ikke ble funnet firesjøvinter laks, bestod gytebestanden i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen av fire ulike sjøaldersklasser. I tillegg ble det i alle årene unntatt 1996, 1997 og 1999 også funnet en eller to laks med sjøalder på fem år (kfr. tabell 3.7d). Ved hjelp av skjellprøvematerialet fra det enkelte år (kfr. tabell 3.7d) har vi beregnet andelen ensjøvinter, tosjøvinter, tresjøvinter og firesjøvinter laks i gytebestanden i 1994 og for hvert år i perioden 1996 – 2002 (figur 6.4.2a). Andelen ensjøvinter laks varierte fra 19,9 % i 1996 til 77,0 % i 1998. I fire av de åtte årene (1994, 1998, 2000, 2001) var ensjøvinter laks (smålags) dominerende gruppe med en andel høyere enn 50 %. Tosjøvinter laks (mellomlags) dominerte i 1999 og 2002 med en andel høyere enn 50 %. I de tre årene med lavest andel (1994, 1996 og 1998) var andelen tosjøvinter laks ca. 10 %. Tresjøvinter laks (storlags) var dominerende gruppe i kun ett av årene (1996) da andelen var i underkant av 70 %. De øvrige årene var andelen tresjøvinter laks lavere enn 25 % og de fleste årene var den lavere enn 15 %. Andelen firesjøvinter laks (storlags) var høyere enn 10 % i 1997. De øvrige årene var andelen av denne gruppen lavere enn 5 % og i 2002 ble det ikke funnet firesjøvinter laks.

Antall oppvandrende laks av de ulike sjøaldersklasser (figur 6.4.2b) har variert betydelig mellom år. Antall ensjøvinter laks har variert fra mellom 500 og 1000 i 1996, 1997 og 1999 til over 4000 i 2000 og 2001. Antall tosjøvinter laks har variert fra mindre enn 500 i 1994, 1996 og 1998 til mer enn 3500 i



Figur 6.4.2a. Andel (%) ensjø-, tosjø-, tresjø- og firesjøvinter laks i gytebestanden i Orkla i 1994 og i perioden 1996 – 2002



Figur 6.4.2b. Antall ensjø-, tosjø-, tresjø- og firesjøvinter laks som passerte Bjørsetdammen i i Orkla i 1994 og i perioden 1996 – 2002

2001 og 2002. Antall tresjøvinter laks har i fire av årene vært mindre enn 500 og i tre av årene større enn 1000 med 2500 som beste resultat i 1996. Antall firesjøvinter laks har i alle årene vært lavt.

Enkelte sterke årsklasser av ensjøvinter laks har gitt sterke årsklasser av tosjø- og tresjøvinter laks. Den relativt sterke 1994 – årsklassen av ensjøvinter laks markerte seg som en sterk årsklasse av tresjøvinter laks to år senere. De meget sterke ensjøvinter laks årsklassene i 2000 og 2001 kom igjen som sterke tosjøvinter laks årsklasser året etter. Men den relativt sett svake ensjøvinter laks årsklassen i 1999 og den sterke ensjøvinter laks årsklassen i 1998 ga imidlertid omtrent like mye tosjøvinter laks året etter.

6.4.3 Kjønnfordeling

Kjønnfordeling innen de enkelte sjøaldersklasser
De fleste ensjøvinter laksene var hanner (88,2 %) og andelen hanner i denne gruppen varierte mellom 84,0 % i 1994 og 91,7 % i 1999. I gruppen tosjøvinter laks var kjønnfordelingen 39,9 % hanner og 60,1 % hunner for hele materialet. Andelen hunner varierte mellom 45,5 % i 1994 og 67,6 % i 1997. I gruppen tresjøvinter laks var kjønnfordelingen 44,3 % hanner og 55,7 % hunner for hele materialet. Andelen hunner varierte mellom 39,1 % i 2002 og 67,9 % i 2000. I gruppen firesjøvinter laks var kjønnfordelingen 55,2 % hanner og 44,6 % hunner for hele materialet. Andelen hunner varierte mellom 0 % i 1999 og 77,8 % i 2001 (tabell 6.4.3a).

Kjønnfordeling i gytebestanden det enkelte år

Med unntak av 1996, da kjønnfordelingen var svært nær 1:1, var det flest hanner i gytebestanden i alle år. Hannene var svært dominerende i 1994, 1998 og 2001 da det var henholdsvis 2,6, 3,7 og 2,3 hanner pr. hunnlaks. I 1996, 1997 og 2002 var kjønnfordelingen 1:1 eller tilnærmet lik 1:1 (tabell 6.4.3b).

Antall hunnlaks i gytebestanden varierte betydelig mellom år fra 655 hunner i 1998 til 2947 hunner i 2002. Det vil si at det var om lag fem ganger så mange hunnlaks i 2002 som i 1998 (tabell 6.4.3b).

Tabell 6.4.3a. Kjønnfordeling (%) hos en-, to-, tre- og fire-sjøvinterlaks i skjellprøvematerialet innsamlet i Orkla ovenfor Bjørsetdammen i 1994 og i perioden 1996 – 2002 (grunnlagsmaterialet finnes i tabell 3.7b).

År	Ensjøvinter		Tosjøvinter		Tresjøvinter		Firesjøvinter	
	Han	Hun	Han	Hun	Han	Hun	Han	Hun
1994	84,0	16,0	54,5	45,5	41,0	59,0	55,6	44,4
1996	85,3	14,7	36,4	63,6	41,9	58,1	45,5	54,5
1997	89,7	10,3	32,4	67,6	38,7	61,3	50,0	50,0
1998	90,3	9,7	40,4	59,6	36,6	63,4	57,1	42,9
1999	91,7	8,3	36,2	63,8	54,5	45,5	100	0
2000	87,3	12,7	34,8	65,2	32,1	67,9	57,1	42,9
2001	90,5	9,5	47,2	52,8	48,4	51,6	21,2	77,8
2002	87,0	13,0	37,0	63,0	60,9	39,1	-	-
SUM	88,2	11,8	39,9	60,1	44,3	55,7	55,2	44,6

Tabell 6.4.3b. Antall gytefisk og antall hanner og hunner hos en-, to-, tre- og fire-sjøvinterlaks i gytebestanden i Orkla ovenfor Bjørsetdammen i perioden 1994 – 2002 (grunnlagsmaterialet finnes i tabell 3.7b).

År	Antall gytefisk	Ensjøvinter		Tosjøvinter		Tresjøvinter		Firesjøvinter		SUM	
		Han	Hun	Han	Hun	Han	Hun	Han	Hun	Han	Hun
1994	3334	1940	369	167	139	275	396	27	21	2409	925
1996	3714	630	109	127	222	1054	1459	51	62	1862	1852
1997	1938	589	67	188	392	189	299	107	107	1073	865
1998	3079	2141	230	156	230	101	175	26	20	2424	655
1999	2177	655	59	456	803	102	85	17	0	1230	947
2000	5833	3094	448	484	906	267	564	40	30	3885	1948
2001	7108	3457	365	1284	1438	212	226	28	99	4981	2127
2002	6700	1883	280	1382	2352	489	314	0	0	3753	2947

Tabell 6.4.4. Gjennomsnittlengde (L) i mm hos ensjø-, tosjø-, tresjø- og firesjøvinter hunnlaks i skjellprøvematerialet fra Orkla for 1994 og for perioden 1996 – 2002. n = antall fisk. SD = standardavvik.

År	Ensjøvinter			Tosjøvinter			Tresjøvinter			Firesjøvinter		
	n	L	SD	n	L	SD	n	L	SD	n	L	SD
1994	65	579	86	25	786	168	72	929	167	4	1020	98
1996	10	591	31	21	854	52	137	935	170	6	1013	55
1997	4	548	86	25	778	236	19	914	225	7	1050	55
1998	34	545	72	34	806	135	26	869	232	3	1063	25
1999	7	580	32	81	820	41	9	946	40	0		
2000	41	591	54	86	824	57	55	959	66	3	993	70
2001	22	599	47	86	832	62	15	947	39	7	1016	97
2002	7	556	39	63	844	48	9	976	93	0		

6.4.4 Lengdefordeling

I Orkla varierte størrelsen hos ensjøvinter hunnlaks mellom 548 mm i 1997 og 599 mm i 2001. Tosjøvinter hunnlaks varierte mellom 778 mm i 1997 og 854 mm i 1996. Tresjøvinter hunnlaks varierte fra 877 mm i 1998 til 976 mm i 2002 mens firesjøvinter hunnlaks lå mellom 993 mm i 2000 og 1050 mm i 1997 (tabell 6.4.4).

6.4.5 Flergangsgytere

Antall flergangsgytere i gytebestanden varierte mellom 0,3 og 3,8 %. Laks som hadde gytt mer enn en gang før var fåtallige. De fleste flergangsgyterne (92 %) hadde hoppet over ett år mellom gytingene.

6.4.6 Oppsummering og konklusjon

Det var store variasjoner i gytebestandens størrelse og sammensetning i perioden. Antall gytefisk i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen varierte mellom år med en faktor på 3,5 fra 1938 laks i 1997 til 7108 laks i 2001.

Ensjøvinter laks dominerte i gytebestanden, men det var stor variasjon i fordelingen mellom de ulike sjøaldersklasser mellom år med ensjøvinter laks som dominerende årsklasse i fire av de åtte årene. Ett enkelt år (1998) ble det registrert 3,7 hanner for hver hunnlaks. Bare i tre av årene var kjønnsfordelingen 1:1 eller tilnærmet lik 1:1.

Resultatene tyder alt i alt på at vi har hatt en ustabil gytebestand i Orkla oppstrøms Bjørsetdammen i undersøkelsesperioden. Det har vært store variasjoner både med hensyn til antall gytefisk, sjøaldersfordeling og kjønnsfordeling. De siste årene har det skjedd en betydelig økning i antall gytefisk samtidig med at andelen flersjøvinter laks og dermed hunnlaks har økt.

6.5 Effekter av reguleringen på voksen laks

De mest sentrale tema er reguleringens effekter på vandringer, fiske og gyting og disse temaene er derfor behandlet i egne delkapitler.

6.5.1 Regulering og vandringer

Lakseinnsiget i Orkla begynner i mai måned. Som i andre lignende elver kommer storlaksen først opp i elva, deretter følger mellomlaksen og tilslutt smålaksen. Hovedtrekkene i dette mønsteret følges hvert år, men tidspunkt for når de ulike sjøaldersklassene kommer, vil variere mellom år. I tillegg varierer styrken på sjøaldersklassene mellom år.

Den største stigningen i Orkla er mellom Svorkmo bru og Lo bru. Det er få stryk som forsinker fiskegangen, men under særlige forhold kan fisken stoppe opp nedenfor strykene ved

Pollen. Ved vanntemperaturer på 8 °C eller høyere vil en laks som vandrer opp i Orkla, og som holder "normal" vandrings-hastighet (3,7 km/døgn) kunne nå Svorkmo kraftverk etter 5 døgn, passere Bjørsetdammen på den 10. dagen, nå utløpet fra Grana kraftverk etter 16 døgn og være ved utløpet fra Brattset kraftverk etter ca. 23 døgn dersom oppvandringen foregår uten vesentlige forsinkelser. Den samme laksen kan nå Stoin i løpet av ytterligere et par døgn.

(Sjøen – Svorkmo = 17 km dvs. 4,6 døgn
Svorkmo – Bjørset = 22 km dvs. 5,9 døgn
Bjørset – Grana kraftverk = 20,6 km dvs. 5,6 døgn
Grana kraftverk – Brattset kraftverk = 24,4 km dvs. 6,6 døgn
Brattset kraftverk – Stoin = 6 km dvs. 1,6 døgn)

Kraftverksutløp kan føre til forsinkelser i oppgangen av laks f.eks. ved at vannet har lav vanntemperatur (tapping av bunnvann fra et magasin) og dermed vil hemme fiskens oppvandring. Kraftverksutløp kan også forsinke oppvandringen dersom de fører mer vann enn hovedelva og lokker fisken inn mot og inn i kraftverksutløpet hvor den kan bli stående. Dammer kan også virke hemmende på fiskegangen dersom de er vanskelig å passere. Fra sjøen til utløpet fra Svorkmo kraftverk er det 17 km, fra Svorkmo kraftverk til Bjørsetdammen er det 22 km, fra Bjørsetdammen til utløpet fra Grana kraftverk er det 20,6 km og fra Grana kraftverk til utløpet fra Brattset kraftverk er det 24,4 km.

Reguleringen av Orkla har på den lakseførende strekningen, ført med seg installasjoner i form av kraftverksutløp (Svorkmo, Grana og Brattset kraftverker) og en dam (Bjørsetdammen).

Det nederste kraftverksutløpet i Orkla er utløpet fra Svorkmo kraftverk og her har det til sine tider oppstått problemer med fiskegangen forbi kraftverket. Det oppstod blant annet et omfattende fiske i området før fredningssone ble etablert (Korsen 1992). Undersøkelsene av radiomerkede laks tyder også på at oppvandringen av laks i Orkla ser ut til å være forsinket ved utløpet fra Svorkmo kraftverk i Varghølen (kfr kap. 6.2). Laksen vandret videre fra hølen ved kraftverksutløpet under en rekke ulike vannføringsforhold, og kunstige lokkeflommer hadde liten betydning for å få laksen til å passere kraftverksutløpet.

Redusert vannføring mellom Bjørset og Svorkmo på grunn av kraftreguleringen medførte ikke en forsinkelse av laksen på denne strekningen etter at de hadde passert kraftverksutløpet. Minstevannføringen ser dermed ut til å være tilstrekkelig for oppvandring av laks på denne strekningen.

Bjørsetdammen ligger 22 km oppstrøms utløpet fra Svorkmo kraftverk. En forsinkelse i oppvandringen ble påvist ved Bjørsetdammen (kfr. kap. 6.2), noe som ble knyttet til ugunstige strømningsforhold nedenfor den åpne luka og laksens motivasjon til å passere gjennom dette området. Utbedringer av strømningsforholdene er imidlertid foretatt etter at undersøkelsene av radiomerket laks ble gjennomført i 2002.

Ved utløpet fra Grana kraftverk har det ikke vært registrert de samme problemene som ved Svorkmo kraftverk, noe som blant annet kommer fram i det faktum at det her ikke er fastsatt noen fredningssone. Grana kraftverk kan imidlertid være et problem i perioder fordi vannet om sommeren kan være betydelig kaldere enn elvevannet (5 – 10 grader). Temperaturdifferensen har etter sigende ført til at fisken til sine tider er uvillig til å passere kraftverket og det blir påstått at fisket nedenfor kraftverket har gått tilbake (Korsen 1992). Det kan tenkes at laksen er mindre bitevillig på grunn av det kalde vannet. Fangstfordelingen av laks på strekningen oppstrøms Bjørsetdammen indikerer at Grana kraftverk kan ha virket forsinkende på oppgangen enkelte år (kfr. kap.6.3.3). Ved Brattset kraftverk har det til dels vært store problemer med å få fisken til å gå forbi kraftverksutløpet. Her ligger problemene i første rekke i at driftsvannføringen fra kraftverket i betydelig grad overskrider vannføringen i den regulerte elva ovenfor. Minstevannføringen ovenfor Brattset kraftverk skal i tiden 1. mai – 30. september være 2 m³/s og 0,5 m³/s resten av året. Vannføringen fra kraftverket er i sommermånedene begrenset, men dominerer vannregimet i området på en måte som gjør at laksen har problemer med å gå videre. For å lette passasjen forbi kraftverksutløpet ble det i 1991 bygd en "sjete", en lav terskel ut fra og parallelt med land. Terskelen strekker seg fra i overkant av utløpet og ca. 100 m nedover. Vatnet ble da spredt på en måte som skulle gjøre vannstrømmen fra kraftverket mindre dominerende (Korsen 1992).

6.5.2 Regulering og fiske

Gunnerød et al. (1975) delte elva inn i fire soner for å få en oversikt over fiskegangen før regulering:

- Sone 1: Flomålet – Forve bru (4 km)
- Sone 2: Forve bru – grense Meldal (12 km)
- Sone 3: Orkla i Meldal (30 km)
- Sone 4: Orkla i Rennebu (35 km).

I perioden 1972 – 1974 ble det samlet inn oppgaver over fisket i de enkelte soner hver enkelt dag. Tallene viste at fisket tok til i siste halvdel av mai måned i vassdragets nedre løp. Samlet fall fra sjøen opp til Rennebu sentrum er ca. 200 m og først 2 uker senere ble de første laksene registrert her ca. 75

Tabell 6.5.2. Fordeling av fangsten av laks i antall og prosent (i parentes) på sone 1 - 4 i Orkla i perioden 1972 – 1974 (etter Gunnerød et al. 1975).

År	Sone 1: Flomålet – Forve bru	Sone 2: Forve bru – grense Meldal	Sone 3: Orkla i Meldal	Sone 4: Orkla i Rennebu
1972	552 (55,6 %)	317 (32,0 %)	38 (3,8 %)	85 (8,6 %)
1973	1146 (38,7 %)	683 (23,1 %)	643 (21,7 %)	489 (16,5 %)
1974	491 (31,4 %)	422 (27,0 %)	402 (25,7 %)	249 (15,9 %)
Gj.sn	730 (39,7 %)	474 (25,8 %)	361 (19,6 %)	274 (14,9 %)

km lenger opp i vassdraget. I alle soner foregikk tyngden av fisket i juni og juli måned og avtok med redusert vannføring i august (Gunnerød et al. 1975). I 1974 ble det fisket laks i Meldal i første del av mai og i Rennebu i de siste dagene av mai måned (tabell III i Gunnerød et al. 1975). Disse fangstobservasjonene indikerer vandringshastigheter på ca. 5 km/døgn som er noe høyere enn det som ble funnet ved radiotelemetriundersøkelsene i 2002 (3,7 km/døgn - kfr kap. 6.2.1).

Gunnerød et al. (1975) sine data indikerer at juli måned var viktigste fiskemåned i Meldal og Rennebu både i 1973 og 1974, men at det ble fanget flere laks i juni sammenlignet med juli måned i Rennebu i 1972. Både i 1972, 1973 og 1974 ble det fanget betydelige mengder laks i juni måned i Meldal og Rennebu. Dette står i skarp kontrast til våre resultater av fangstfordelingen i perioden 1998 – 2002 hvor 12 % av fangsten ble tatt i juni i sone 3 (Bjørsetdammen – Grana kraftverk) og 10 % i juni i sone 4 (Grana kraftverk – Stoin).

Gunnerød et al. (1975) sine data indikerer ingen tidsforskjell i oppvandring mellom Meldal og Rennebu i 1972 eller 1973, men en klar tidsforskjell i 1974 da fisket kom i gang midt i mai i Meldal, men ikke før i slutten av mai i Rennebu.

Gunnerød et al. (1975) fordelte også fangstutbyttet i 1972 – 1974 på de fire sonene (tabell 6.5.2). Den prosentvise andel av fangstutbyttet var markert størst i sone 1 og 2 på den vannføring en hadde i 1972 og var forholdsvis gunstigere for sone 3 og 4 ved større vannføring i 1973 og 1974 (Gunnerød et al. 1975). Gjennomsnittstall for de tre årene tilsvarte at 34,5 % av laksefangsten ble tatt i Meldal og Rennebu, men det var store variasjoner fra 12,5 % i 1972 til 41,6 % i 1974. Tilsvarende gjennomsnittstall for 1990 – 1992 og 1996 – 2002 (etter regulering) var 27,7 %.

Den optimalt gunstigste vannføring for oppgang av laks og utøvelse av fisket antas å være en noe redusert flomvannføring, og fra slutten av juni og ut juli måned er dette en vannføring på ca. 100 m³/s og i august ca. 50 m³/s målt ved Bjørset vannmerke (Gunnerød et al. 1975). Den observerte vannføring ligger imidlertid ofte betydelig under den optimale. Fisket i nedre del av vassdraget tok til i siste halvdel av mai og først to uker senere ble de første laksene registrert i øvre del i Rennebu 7 – 8 mil oppe i vassdraget (Langeland og Andersen 1990).

I forbindelse med reguleringsplanene ble innsamlingen av fangstopp-gaver i vassdraget intensivert fra og med 1972. Det antas at reguleringen begynte å gjøre seg gjeldende for laksefisket fra og med sesongen 1983 da Svorkmo kraftverk ble satt i drift. Statistikken viser at fangstene etter reguleringen ligger betydelig over fangstene før reguleringen. Økningen i Orkla var betydelig større enn forventet ut fra økningen i sammenlignbare nabovassdrag (Langeland & Andersen 1990).

Oppgaver over laksefisket ved Vormstad og Pollhølen ble stilt til disposisjon for Langeland & Andersen (1990) for perioden 1969 – 1989. En sammenligning av periodene før og etter regulering viste at fangstene ved Vormstad økte fra 705 kg til 957 kg pr. år, det vil si med 36 % mens fangstene i

Pollhølen ble redusert med 11 % fra 288 kg til 256 kg pr. år. Langeland & Andersen (1990) anfører at de nye vannføringsforholdene kombinert med redusert temperatur i utløpsvannet fra Grana kraftverk periodevis hindrer laksens vandring forbi Pollhølen og at dette kan være en mulig forklaring på at fangstene ikke har økt som ventet på denne fiskeplassen. I følge temperaturmålinger i utløpet fra Grana kraftverk lå vanntemperaturen mesteparten av tiden i juli 1984 3 – 5 °C under temperaturen målt i elva ved Merk bru. I juli 1986 var forskjellen enda mer markert, 10 – 14 °C ved Merk bru mot 7 – 9 °C i Grana kraftverk. Også i juli 1987 var temperaturforskjellene betydelige på de nevnte målestasjonene (Langeland & Andersen 1990).

Langeland & Andersen (1990) sammenlignet fangstene før og etter regulering på seks soner (delstrekninger) i Orkla:

Sone 1: Orkdalsfjorden – Hongslo (Svorkmo kraftverk)

Sone 2: Hongslo – Bjørset

Sone 3: Bjørset – Resa

Sone 4: Resa – Grana kraftverk

Sone 5: Grana kraftverk – Brattset kraftverk

Sone 6: Brattset kraftverk – Stoin

Den sterkeste økning i lakseavkastning etter reguleringen ble registrert i sonene 2 og 3 med henholdsvis 236 % og 181 %. I sonene 1 og 4 var økningen henholdsvis 38 % og 34 %. Fisket i sone 5 økte med 8 % etter reguleringen og var m.a.o. omtrent det samme som før reguleringen, mens fisket i sone 6 har vist en sterk tilbakegang med 73 %. Ifølge Langeland & Andersen (1990) er årsakene til at økningen i laksefangstene i Orkla primært er fanget opp i sone 2 og 3 de endrede vannføringsforhold og reduserte tilførsler av tungmetaller. Dette har ført til at fisken raskere har passert sone 1. Den prosentvis mindre økningen i sone 4 og 5 kan delvis ha sammenheng med tilførsler av kalde vannmasser gjennom Grana og Brattset kraftverker. Den sterke nedgang i laksefangster i sone 6 (- 72 %) antas å være knyttet til problemer med oppgang forbi utløpet av Brattset kraftverk fordi vannmengden fra kraftstasjonen vil i fiskens oppgangstid være vesentlig større enn vannføringen i elva. Dette fører til at fisken søker inn mot tunnelutløpet eller tar opphold umiddelbart nedstrøms (Langeland & Andersen 1990).

Alt i alt tyder Gunnerød et al. (1975) sine data fra 1972 – 1974 og Langeland & Andersens data fra 1969 – 1989, på at laksen kom tidligere og i et større omfang til de øvre delene (Rennebu) før regulering enn det som er tilfelle etter regulering. Dette kan være relatert til vannføring, vandringshindre og/eller lavere vanntemperaturer som følge av Grana kraftverk.

6.5.3 Regulering og gyting

På den øvre strekningen av Orkla, fra det den gang foreslåtte utløpet av Brattset kraftverk til Stoin, ble det i perioden 1968 – 1974 foretatt registreringer av gyteplasser og antall gytelaks. Det ble registrert mellom 37 (1970) og 115 gytelaks på strekingen (tabell 4 i Gunnerød et al. 1975). Denne strekingen er etter reguleringen lite tilgjengelig for opp-

vandrende laks på grunn av redusert vannføring om sommeren. På grunn av redusert vintervannføring vil det heller ikke kunne vokse opp så mange laksunger på denne strekningen som før regulering.

Også strekningen mellom Grana og Brattset kraftverker kan i enkelte år ha redusert gytebestand. Dette kan skyldes forsinket oppvandring forbi Grana kraftverk, men det kan også skyldes redusert ungfiskproduksjon på strekningen. Nedgangen i fangst av voksen laks i Sautso (øvre deler av Altavassdraget) kan knyttes til en nedgang i ungfisktetthet etter utbygging (Ugedal et al. 2002).

På minstevannføringsstrekningen mellom Bjørsetdammen og Svorkmo kraftverk reduseres minstevannføringen like etter at gytingen er over. Rent teoretisk kunne man tro at dette ville føre til tørrlegging av gytegroper og innefrysing av egg med påfølgende reduksjon i ungfiskbestanden. Tetthetsundersøkelsene tyder imidlertid ikke på det (kfr. kap.4.3.2).

På strekninger med økt vintervannføring (sjøen – Svorkmo kraftverk og Bjørsetdammen - Brattset kraftverk) vil sjansene for tørrlegging av gytegroper om vinteren være mindre nå enn den var før reguleringen, noe som er en positiv effekt av reguleringen.

6.5.4 Oppsummering og konklusjon

Reguleringen av Orkla har på den lakseførende strekningen, ført med seg installasjoner i form av kraftverksutløp (Svorkmo, Grana og Brattset kraftverker) og en dam (Bjørsetdammen). Undersøkelsene av radiomerkede laks tyder på at oppvandringen av laks i Orkla ser ut til å være forsinket ved utløpet fra Svorkmo kraftverk i Varghølen. Redusert vannføring mellom Bjørset og Svorkmo på grunn av kraftreguleringen medførte ikke en forsinkelse av laksen på denne strekningen etter at de hadde passert kraftverksutløpet. Minstevannføringen ser dermed ut til å være tilstrekkelig for oppvandring av laks på denne strekningen. En forsinkelse i oppvandringen ble påvist ved Bjørsetdammen. Fangstfordelingen av laks på strekningen oppstrøms Bjørsetdammen indikerer at Grana kraftverk kan ha virket forsinkende på oppgangen enkelte år. Ved Brattset kraftverk har det til dels vært store problemer med å få fisken til å vandre forbi kraftverksutløpet.

Observasjoner før og etter regulering tyder på at laksen kom tidligere og i et større omfang til de øvre delene (Rennebu) før regulering enn det som er tilfelle etter regulering. Dette kan være relatert til vannføring, vandringshindre og/eller lavere vanntemperaturer som følge av Grana kraftverk.

Strekningen fra utløpet av Brattset kraftverk til Stoin er etter reguleringen lite tilgjengelig for oppvandrende laks på grunn av redusert vannføring om sommeren. På grunn av redusert vintervannføring vil det heller ikke kunne vokse opp så mange laksunger på denne strekningen som før regulering.

Også strekningen mellom Grana og Brattset kraftverker kan i enkelte år ha redusert gytebestand. Dette kan skyldes forsinket oppvandring forbi Grana kraftverk, men det kan også skyldes redusert ungfiskproduksjon på strekningen.

7 Relasjoner mellom livsstadier

7.1 Yngel- og ettårige laksunger

På strekningen Bjørsetdammen – Stoin ble Orkla delt inn i 10 delstrekninger (kfr. tabell 3.3) Til sammen 23 elfiskestasjoner ble anlagt på fire av disse delstrekningene for å gjennomføre kvantitative undersøkelser av årsyngel og ettårige laksunger.

I 92 tilfeller ($23 \cdot 4$) har vi sammenliknet tettheten av årsyngel med tettheten av ettårige laksunger på samme stasjon året etter. Vi fant signifikant sammenheng mellom disse størrelsene for samtlige årsklasser 1999 - 2002. Dette gjaldt delstrekningene 6, 7 og 8. På delstrekning 2 Sya – Å bru, ble det ikke funnet en slik sammenheng (tabell 7.1).

Blant de fire delstrekningene var tettheten av årsyngel på delstrekning 2 den høyeste i alle de fem årene undersøkelsen foregikk. En mulig forklaring på den manglende sammenhengen mellom tetthet av årsyngel og tetthet av ettårige laksunger året etter på denne strekningen, kan være at mange av elfiskestasjonene på denne strekningen var fylt opp med årsyngel til et nivå som var tilstrekkelig til å nå bæreevnen for ettårige laksunger. Vi kjenner ikke denne bæreevnen, men en nødvendig forutsetning for å nå bæreevnen er at det er tilstrekkelig med årsyngel tilstede. For de øvrige tre delstrekningene, hvor det var en signifikant sammenheng mellom tettheten av årsyngel og tettheten av ettårige laksunger året etter, kan årsaken være at tettheten av årsyngel i mange av tilfellene var lavere enn det som skulle til for å nå bæreevnen for ettårige laksunger.

Tabell 7.1. Sammenheng mellom tetthet av årsyngel og tetthet av ettårige laksunger året etter på elfiskestasjonene innenfor delstrekningene 2: Sya – Å bru, 6: Lien – Bergsbrua, 7: Bergsbrua – Gunnes og 8: Gunnes – Skjephagbrua for årsklassene 1999, 2000, 2001 og 2002.

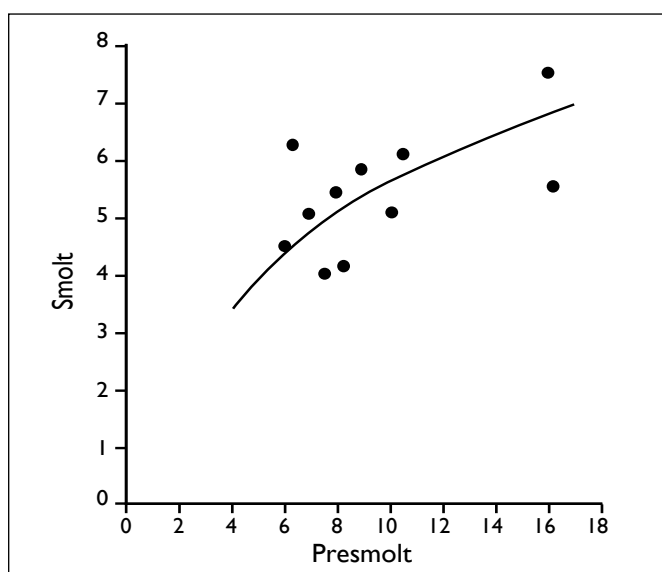
Delstrekning	Df	F-ratio	Signifikans
2: Sya – Å bru	30	2,09	0,159
6: Lien – Bergsbrua	18	11,11	0,004**
7: Bergsbrua – Gunnes	18	8,83	0,008**
8: Gunnes – Skjephagbrua	18	19,02	0,000**

7.2 Presmolttetthet og smoltproduksjon

I 12 tilfeller finnes det estimater både av presmolt om høsten og utvandrende laksesmolt neste vår. Imidlertid har vi ekskludert dataene fra høsten 1989/våren 1990, på grunn av at estimatet av presmolt høsten 1989 var lavere enn antall smolt som ble registrert på utvandring neste vår. Vannføringen under feltarbeidet i 1989 var høyere enn i de andre årene, og dette kan ha ført til at tetthetsestimatene for 1989 ble underestimert. For de 11 andre årene var det signifikant sammenheng mellom presmolt- og smoltestimatene (figur 7.2). I ett tilfelle (våren 1994) utgjorde smoltestimatet 34 % av presmolttettheten, og i et annet år (våren 2002) var den 99 % av presmolttettheten. For øvrig varierte dette mellom 47 og 75 %, med en median verdi på 58 %. Om nedgangen i tetthet fra høst til neste vår kun skyldes dødelighet av fisk gjennom vinteren, eller at stasjonene som ble benyttet var spesielt gunstige for store laksunger, vet vi ikke. Trolig er det en kombinasjon av begge deler.

Det er ikke usannsynlig at det er betydelig variasjon i dødelighet av laksunger fra år til år. Det er ikke kjent når på året den største dødeligheten finner sted, men trolig skjer en betydelig del i løpet av vinteren. Vanntemperatur og isforhold kan påvirke overlevelsen direkte, for eksempel ved isskuring og sarrdannelse, eller ved at fisken fryser inne og indirekte ved at vekst og energiomsetning påvirkes. Ifølge Symons (1979) er årlig dødelighet hos ungfisk av laks ofte i størrelsesorden 40 - 60 %. I mange av årene var det en reduksjon fra presmolt til smolt i Orkla innenfor dette intervallet.

En logaritmisk kurve ga en betydelig bedre beskrivelse av forholdet mellom presmolt- og smoltdataene enn en rett linje (figur 7.2). Dette antyder at det er større dødelighet blant laksungene i vintre med stor tetthet av fisk, og at det foregår en betydelig tetthetsavhengig dødelighet det siste året før smoltutvandring.



Figur 7.2. Sammenhengen mellom tetthet av presmolt av laks (x) om høsten og tetthet av smolt (y) neste vår (antall pr. 100 m²). Regresjon: $y = 2,44 \ln x$ ($r^2 = 0,976$, $p < 0,001$).

7.3 Gytebestand og ungfisktetthet

De fire delstrekningene som det ble gjennomført undersøkelser av yngel og ettårige laksunger på utgjør 22,1 km (43 %) av den 51 km lange strekningen mellom Bjørsetdammen og Stoin. Ved sammenligningene av eggtettheter og tettheter av yngel og ettårige laksunger nedenfor antar vi at de fire delstrekningene gir et representativt bilde av hele elvestrekningen mellom Bjørsetdammen og Stoin både med hensyn til eggtetthet og yngeltetthet.

Ser vi alle delstrekningene under ett ble det funnet høyest gjennomsnittlig tetthet av årsyngel i 2003 og nest høyest tetthet i 2002 (tabell 4.2.1). Dette samsvarer med at den gjennomsnittlige eggtettheten var høyest i 2002 og nest høyest i 2001 (tabell 4.1b). Det var ingen økning i den gjennomsnittlige tettheten av årsyngel på alle delstrekningene de tre første årene (tabell 4.2.1). Økningen i eggtetthet i samme periode fra 1,43 egg/m² i 1998 til 5,16 egg/m² i 2000 ble med andre ord ikke registrert i den gjennomsnittlige tettheten av årsyngel. Men den gjennomsnittlige tettheten av årsyngel økte markant i de to siste årene av perioden slik at alt i alt var det samsvar mellom økningen i eggtetthet (kfr. tabell 4.1b) og gjennomsnittlig tetthet av yngel (kfr. tabell 4.2.1) i perioden.

Dersom vi benytter en gjennomsnittsverdi for overlevelse på 95 % fra egg til yngel, 90 % fra yngel til "swim-up" og 20 % fra "swim-up" til første høst (Jensen et al. 2004), kan vi beregne en forventet verdi for gjennomsnittlig yngeltetthet for hvert av årene 1999 – 2003 med utgangspunkt i de gjennomsnittlige eggtettheter som ble beregnet i årene 1998 – 2002 (tabell 7.3). Det var godt samsvar mellom forventet og registrert gjennomsnittlig tetthet i alle årene unntatt 2000/2001. I tre av årene var registrert verdi mer enn 80 % av forventet verdi.

Vi vet imidlertid lite om hvordan bestanden av laks var fordelt i elva da gytingen foregikk. I norske vassdrag med små gytebestander kan det tenkes at gytebestanden er så skjævt fordelt i elva at vi får tette gytebestander i enkelte avsnitt, mens andre elvestrekninger er helt uten gytefisk. Sættem (1995), som undersøkte gytebestanden i elver i Sogn, fant at laksen forekom i størst antall på den øverste delen av elvene

og antok at det var en tilpasning for å kompensere for netto drift og for å hindre at fiskungene blir ført mot ugunstige oppvekstområder i nedre deler av elvene. Eggtettheten var i gjennomsnitt 2,1 egg/m² og varierte fra 0,2/m² i Utlå til 4,7/m² i Lærdalselva (Sættem 1995).

Undersøkelser i lmsa tyder på at det bør gyttes ca. 6 egg/m² for å sikre rekrutteringen. Dette antallet er i samme størrelsesorden som de rognmengder som ansees nødvendige i elver i England, Irland og Skottland hvor det foreligger gode data om bestand – rekrutteringsforhold (Anon. 1995). I disse elvene er det overveiende 2-årig smolt. Basert på undersøkelser av Pollet river i Canada hvor smoltalderen var 2 (88 %) og 3 år (12 %) konkluderte Elson (1975) at 2,4 egg/m² ville gi optimal smoltproduksjon. Etter undersøkelser i Western Arm Brook på New Foundland konkluderte imidlertid Chadwick (1982) med at denne verdien er for lav for elver på New Foundland. Canadiske forhold ble gjennomdrøftet av Chaput et al. (1998) og de konkluderte med at forholdene vil kunne variere så mye fra vassdrag til vassdrag at det nødvendigvis spesifikk gytebestandsmål for det enkelte vassdrag.

Med et gytebestandsmål på 2,5 egg/m² for Orkla (kfr. kap.7.5) vil vi forvente en gjennomsnittlig tetthet av 0+ høsten etter på 42,8/100 m² (kfr. Jensen et al 2004). På delstrekning 2: Sya – Å bru, som ligger nedstrøms Grana kraftverk, var den gjennomsnittlige tettheten lik eller høyere enn denne forventede verdien i fire av de fem årene. På delstrekning 6: Lien – Bergsbrua, var den gjennomsnittlige tettheten lavere enn forventningsverdien i tre av de fem årene. På delstrekning 7: Bergsbrua – Gunnes var tettheten lavere enn forventningsverdien i fire av de fem årene og på delstrekning 8: Gunnes – Skjephaugbua var tettheten lavere enn forventningsverdien i tre av de fem årene. Dette kan tyde på at det har vært tilstrekkelig med gytelaks nedstrøms Grana kraftverk (delstrekning 2) i fire av de fem årene, mens det har vært ujevn fordeling og delvis for lite gytelaks oppstrøms Grana kraftverk i perioden.

Den høye eggdeponeringen i 2002 (8,06 egg/m²) resulterte i høye og til dels svært høye yngeltettheter på alle de fire delstrekningene i 2003. Dette tyder på at en tallrik gytebestand sikrer at de fleste gyteområdene blir tatt i bruk og sørger for alle oppvekstområder for yngel blir utnyttet.

7.4 Smoltproduksjon og voksen laks

Samlet produksjon av smolt i Orkla er beregnet på grunnlag av modellen for smoltproduksjon og vintervannføring (kap 4.6.2). Beregningen er foretatt for hele perioden 1983 til 2002 (data for 1989 ble estimert).

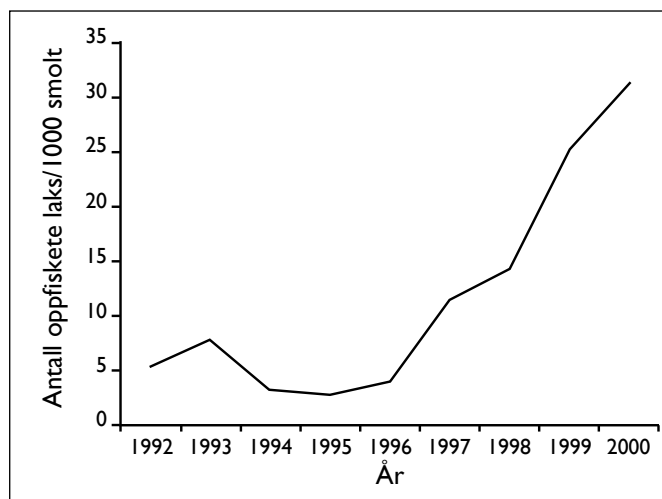
Overlevelsen fra smolt til tilbakevandrende laks er avhengig av storskala variasjon i sjøoverlevelse og endringer i beskatningsmønster. Vi har valgt å justere for dette ved å benytte årlig avvik fra gjennomsnittsfangsten i perioden 1979-2002 i nærliggende elver (Namsen, Stjørdalselva, Nidelva og Gaula). Behovet for å korrigere slike fangster ble påpekt allerede av Dahl & Dahl (1942). De årlige fangstene i Orkla er økt eller redusert avhengig av avviket i de øvrige elvene (figur 7.4a)

Tabell 7.3. Gjennomsnittlig eggtetthet (n/m²) på strekningen Bjørsetdammen - Stoin i perioden 1998 – 2002, forventet og registrert gjennomsnittlig yngeltetthet (n/100 m²) på de fire undersøkte delstrekningene året etter og prosent registrert tetthet av forventet verdi.

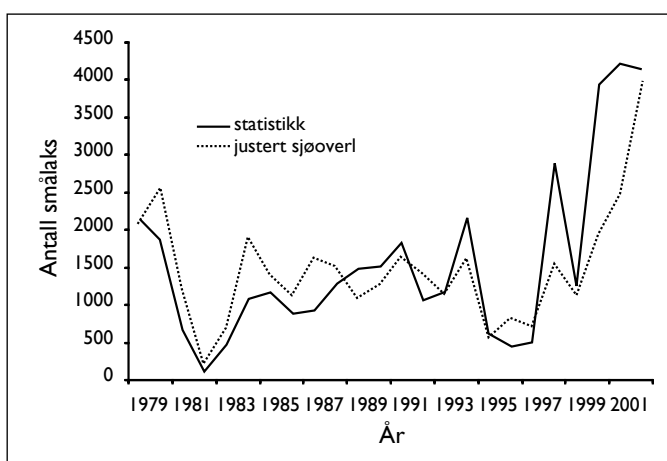
År	Gjennomsnittlig eggtetthet (n/m ²)	Forventet gjennomsnittlig yngeltetthet året etter	Registrert gjennomsnittlig yngeltetthet året etter	% registrert verdi
1998	1,43	24	21	87,5
1999	2,47	42	35	83,3
2000	5,16	88	18	20,5
2001	5,57	95	64	67,4
2002	8,06	138	117	84,8

Tabell 7.4a. Sammenhengen mellom antall produserte smolt i Orkla og antall oppfiskete smålaks (ett år etter utvandring), mellomlaks (to år etter utvandring) og storlaks (tre år etter utvandring) fra samme smoltårsklasse i perioden 1992 – 2003.

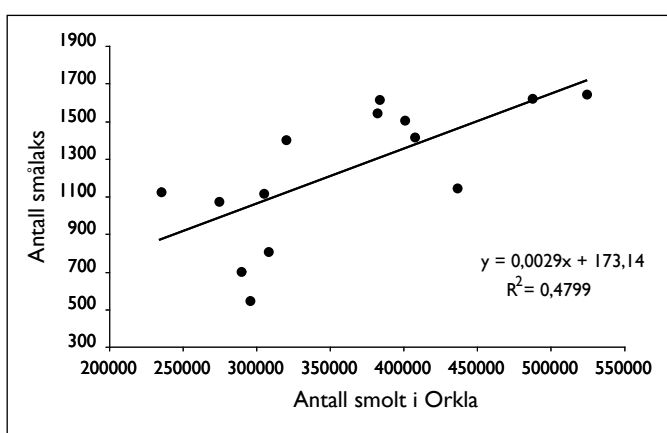
År for smolt utvandring	Antall smolt	Antall smålaks	Antall mellomlaks	Antall storlaks	Sum
1992	436 396	1 177	629	534	2 340
1993	486 966	2 153	867	814	3 834
1994	295 357	616	174	200	990
1995	308 463	434	229	217	880
1996	290 467	491	493	188	1 172
1997	382 268	2 894	759	731	4 384
1998	235 085	1 244	1 510	616	3 370
1999	286 392	3 951	1 959	1 295	7 205
2000	276 299	4 217	3 118	1 279	8 614
Sum	2 997 691	17 177	9 738	5 371	32 286



Figur 7.4c. Antall oppfiskete laks i elva (smålaks, mellomlaks og storlaks) per smoltårsklasse for hver 1000 produserte smolt for smoltårsklasser produsert i perioden 1992 - 2000 (for 2000 smoltårsklassen kommer antall firesjøvinter i tillegg i 2004).



Figur 7.4a Totalt antall smålaks fanget i Orkla i perioden 1979 til 2002. Fangsten i Orkla er korrigert på grunnlag av fangstdata i nabovassdrag (Namsen, Stjørdalselva, Nidelva og Gaula, her er ikke 2003 tilgjengelig).



Figur 7.4b Sammenhengen mellom antall smolt som vandret ut fra Orkla og antall smålaks som ble fisket opp året etter. Tallene er korrigert for storskala endringer i overlevelse og samlet smoltproduksjon på hele elva. Smoltårene 1983, 1999, 2000 og 2001 er utelatt.

Etter korrigeringer for storskala endringer i sjøoverlevelse er det signifikant sammenheng mellom smoltproduksjon og antall tilbakevandrende smålaks (figur 7.4b). Dette er imidlertid avhengig av at en utelater år med uvanlig høyt antall tilbakevandrende laks registrert i elvefangstene. Smoltårene 1983, 1999, 2000 og 2001 har uvanlig stor tilbakevandring av smålaks. Når en holder disse årene utenfor har en følgende sammenheng mellom antall oppfiskete smålaks (Y) og antall produserte smolt (x) i Orkla:

$$Y = 0,0029x + 173,1 \quad p = 0,006, r^2 = 0,48.$$

Estimert gjennomsnittlig smoltproduksjon i hele elva er 361 000 smolt (minimum 235 000- maksimum 524 000). Den gjennomsnittlige smoltproduksjonen gir i henhold til denne beregningen et forventet antall tilbakevandrende smålaks på 1 220 stk.

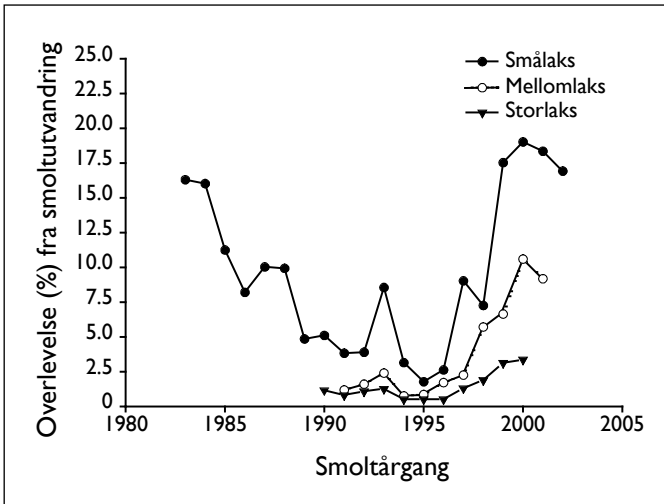
Det var imidlertid ingen signifikant sammenheng mellom antall produserte smolt og antall oppfiskete laks fra den samme smoltårsklassen når vi tar med alle årene. Fra smoltårsklassene som gikk ut i perioden 1992 til 2000 har antall oppfiskete laks i elva variert fra 880 til 8614 fra en smoltårsklasse. I denne perioden har antallet oppfiskete laks variert fra 2,9 til 31,2 per 1000 produserte smolt fra samme smoltårsklasse (tabell 7.4a, figur 7.4c). I gjennomsnitt ble det fisket 10,9 laks per 1000 produserte smolt. Dette tyder på store variasjoner i sjøoverlevelsen.

7.4.1 Beregning av sjøoverlevelse

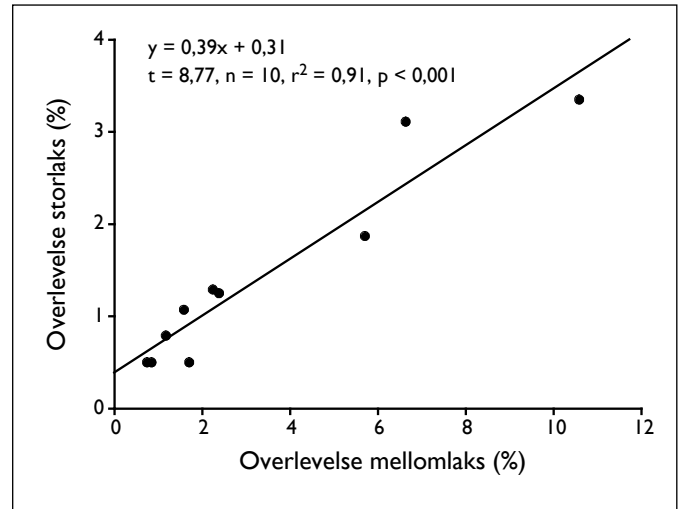
Estimater for sjøoverlevelsen ble beregnet på følgende måte for de ulike sjøaldersklassene:

Sjøoverlevelse for smålaks = $PFA_{smålaks} / ((Smoltproduksjon_{estimat}) * (Andel\ av\ smolten\ som\ blir\ ensjøvinterfisk))$

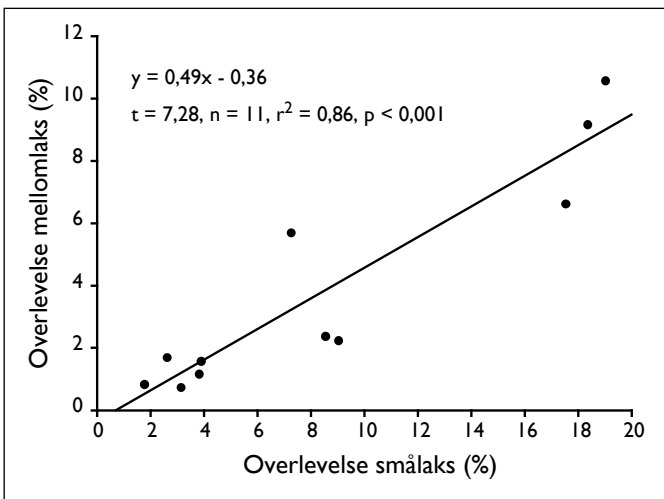
Sjøoverlevelse for mellomlaks = $PFA_{mellomlaks} / ((Smoltproduksjon_{estimat}) * (Andel\ av\ smolten\ som\ blir\ tosjøvinterfisk))$



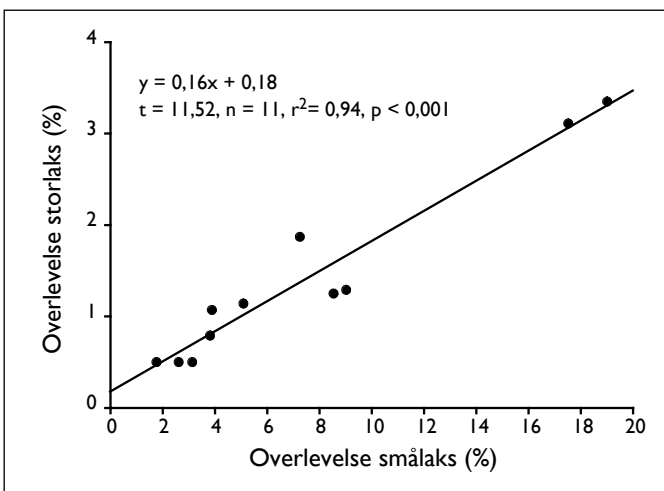
Figur 7.4.1a. Estimert prosentvis overlevelse i sjøen for ulike smoltår-ganger. Fram til 1990 smoltårgangen er overlevelsen bare beregnet for ensjøvinter laks fordi det ikke er skilt mellom mellomlags og storlags i fangststatistikken.



Figur 7.4.1d. Estimert prosentvis overlevelse i sjøen for tosjøvinterlaks og tresjøvinterlaks fra samme smoltårgang plottet mot hverandre.



Figur 7.4.1b. Estimert prosentvis overlevelse i sjøen for ensjøvinterlaks og tosjøvinterlaks fra samme smoltårgang plottet mot hverandre.



Figur 7.4.1c. Estimert prosentvis overlevelse i sjøen for ensjøvinterlaks og tresjøvinterlaks fra samme smoltårgang plottet mot hverandre.

Sjøoverlevelse for storlags = $PFA_{storlags} / ((Smoltproduksjon_{estimat}) * (Andel\ av\ smolten\ som\ blir\ tresjøvinterfisk))$

Andelen av smolten som blir henholdsvis en, to og tresjøvinterlaks er satt til 0,25, 0,3375 og 0,4125. Det vil si at vi har antatt at 25 % av smolten som går ut blir ensjøvinterlaks, 33,75 % blir tosjøvinterlaks og 41,25 % blir tresjøvinterlaks.

PFA (forkortelse for "Pre Fishery Abundance") = Antall fisk på innsig til kysten før fisket tar til, og er beregnet på følgende måte for hver vektklasse:

$PFA = (Antall\ laks\ fanget\ i\ Orkla) / (Beskatningsrate\ i\ Orkla) + Antall\ fisk\ fra\ Orkla\ fanget\ i\ sjøfisket.$

Beskatningsraten i Orkla er satt til 0,4 (det vil si 40 %, se kap 6.3.5).

Antall fisk fra Orkla fanget i sjøfisket = $((Antall\ laks\ fanget\ i\ sjøfisket\ i\ kommunene\ Ørland,\ Agdenes,\ Rissa,\ Orkdal,\ Skaun\ og\ Trondheim) * (Andelen\ av\ fangsten\ som\ hører\ hjemme\ i\ Orkla)) / (Andelen\ laks\ som\ overlever\ drivgarnsfisket).$

Andelen av fangsten som hører hjemme i Orkla er satt til 0,25 (dvs. vi har antatt at 25 % av sjøfangstene i ytre deler av Trondheimsfjorden kommer fra Orkla).

Andelen laks som overlevde drivgarnsfisket er satt til 0,4 for smålags i årene før 1989 (dvs. vi har antatt at drivgarnsfisket tok 60 % av smålaksen som var på vandring mot Orkla). Etter 1989 er denne andelen laks som overlevde drivgarnsfisket satt til 1. For de andre vektklassene har vi ikke beregnet overlevelse for de årene hvor det var drivgarnsfiske, siden det ikke ble skilt mellom mellomlags og storlags i fangststatistikken før 1993 (dvs. for smoltårgangen 1991 for mellomlags og 1990 for storlags).

I disse beregningene har vi ikke tatt hensyn til: (1) naturlig dødelighet under innvandring, (2) unøyaktigheter i fangst-

rapportene, (3) urapportert ("ulovlig") fangst og fangst på Orklalaks før de når Trondheimsfjorden bortsett fra i perioden med drivgarnsfiske, (4) usikkerhet i og variasjon mellom år i beskatningsrater i elva og i drivgarnsfisket, (5) usikkerhet i og variasjon mellom år i andelen av laks fra Orkla som blir fanget i sjøfisket, (6) at andelen som blir små, stor og mellomlaks kan variere mellom smoltårganger, (7) at noen laks returnerer etter fire eller flere år i sjøen og (8) usikkerhet i smoltproduksjonsestimatene. Estimaten for overlevelse blir derfor presentert som punktestimater uten angivelse av usikkerhet i hvert enkelt punkt i figur 7.4.1a.

For å forsøke å beregne hvordan usikkerhet i de ulike faktorene kan påvirke overlevelsesestimaten har vi gjort simuleringer hvor vi har latt faktorene som vi har benyttet i beregningene variere mellom ulike sannsynlige verdier. I simuleringene har vi benyttet triangulærfordelinger av faktorene. Dette vil si at verdiene på faktorene har variert mellom angitte grenser, men at verdier rundt midten av disse er mest sannsynlige. Vi gjennomførte 1000 simuleringer og beregnet så gjennomsnitt og standard avvik av de simulerte overlevelsesestimaten etter at de først var blitt arcsin(kvadratroten (proporsjon)) transformerte. Standardavviket til de simulerte verdiene er et estimat for standard feil i overlevelses estimatet, og 95 % konfidensintervall ble beregnet som $1,96 \cdot \text{standardavviket}$ til de simulerte verdiene. Etter at konfidensintervallet ble beregnet ble verdiene for gjennomsnitt, samt øvre og nedre grense for konfidensintervallet tilbaketransformert til prosent sjøoverlevelse.

Faktorer som ble variert i simuleringene:

Andel av smolten som blir ensjøvinterfisk: Variert fra 0,2 til 0,3 med et midtpunkt på 0,25.

Andel av smolten som blir tosjøvinterfisk: Variert fra 0,2875 til 0,3875 med 0,3375 som midtpunkt.

Andel av smolten som blir tresjøvinterfisk ble beregnet i som $1 - (\text{andel av smolten som blir ensjøvinterfisk} + \text{andel av smolten som blir tosjøvinterfisk})$. Dette vil si at denne andelen ble beregnet ut fra de simulerte verdiene for en- og tosjøvinterfisk.

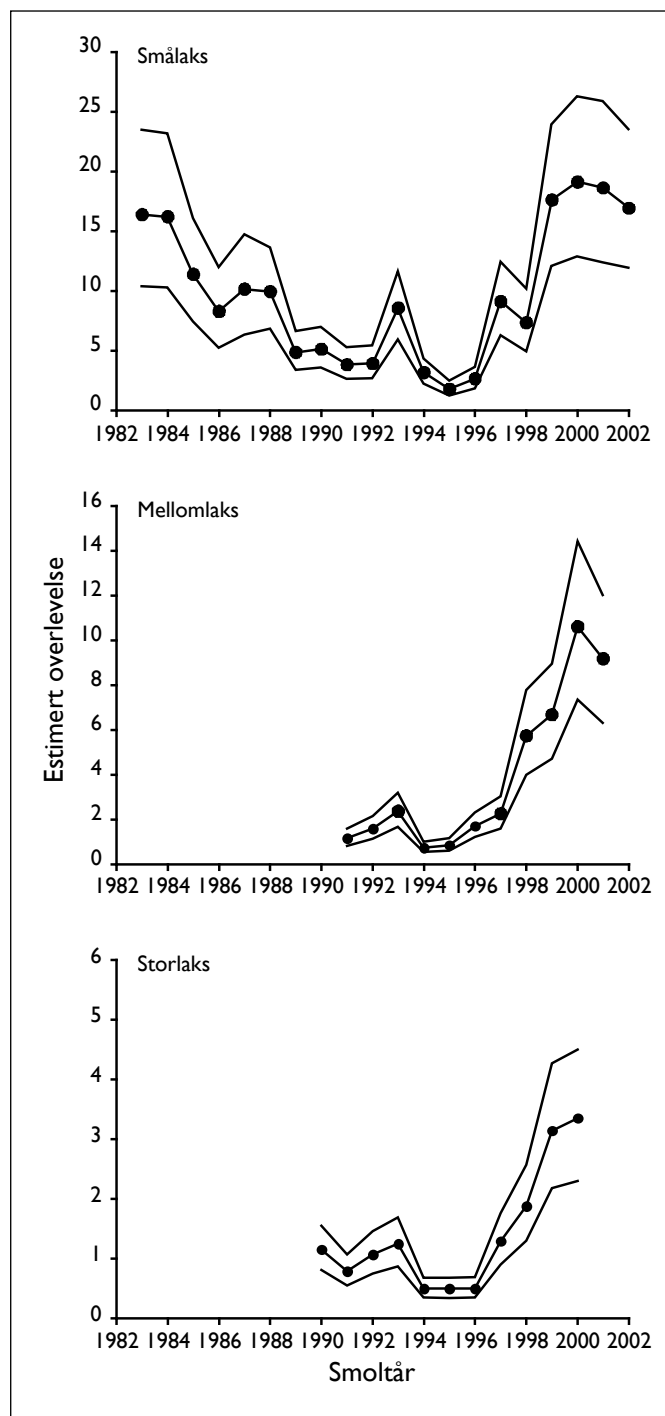
Beskatningsrate i Orkla: Variert fra 0,3 til 0,5 med midtpunkt på 0,4.

Andel av sjøfangstene i ytre deler av Trondheimsfjorden som hører hjemme i Orkla: Variert mellom 0,15 og 0,35 med 0,25 som midtpunkt.

Andel som overlever drivgarnsfisket: Variert mellom 0,5 og 0,3 med 0,4 som midtpunkt.

I tillegg ble smoltproduksjonsestimatet ganget med en faktor mellom 0,7 og 1,35 med 1 som mest sannsynlige verdi for å ta hensyn til usikkerhet i dette estimatet.

Sjøoverlevelsesestimaten for smålaks (ensjøvinterlaks) varierte mellom 1,8 % for 1995 smoltårgangen og 19,1 % for 2000 smoltårgangen (figur 7.4.1a). Overlevelsen av smålaks ser ut til å ha vært god på 1980-tallet og lav fra og med 1989 til og med 1996, for så å ta seg opp igjen til samme nivå som på 1980-tallet rundt årtusenskiftet (figur 7.4.1a). Sjøoverlevelsesestimaten for mellomlaks (tosjøvinterlaks) varierte mellom 0,74 % for 1994 smoltårgangen til 10,6 % for 2000 smoltårgangen (figur 7.4.1.a), mens storlaks (tresjøvinterlaks)



Figur 7.4.1e. Estimert prosentvis overlevelse i sjøen med angivelse av 95 % konfidensintervall beregnet ut fra 1000 simuleringer for ulike smoltårganger. Fram til 1990 smoltårgangen er overlevelsen bare beregnet for ensjøvinterlaks fordi det ikke er skilt mellom mellomlaks og storlaks i fangststatistikken. Merk at skaleringen på y-aksen er forskjellig for de ulike størrelsesgruppene (sjøårgangene).

hadde lavest beregnet overlevelse for 1994, 1995 og 1996 smoltårgangene med 0,5 % og høyest overlevelse for 2000 smoltårgangen med 3,4 %. Det var god samvariasjon mellom overlevelsesestimaten for de ulike sjøaldersklassene fra samme smoltårgang (figur 7.4.1.b, 7.4.1.c og 7.4.1.d).

Siden den gode sammenhengen mellom overlevelsesestimaten for de ulike sjøaldersgruppene kan skyldes at alle har deler av samme faktor (nemlig smoltproduksjonsestimatet)

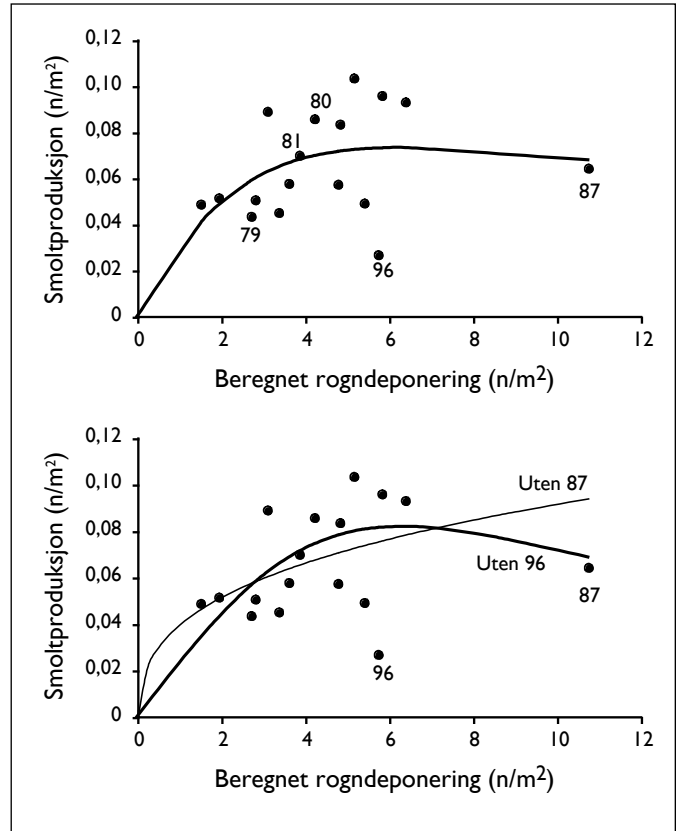
i nevneren, har vi også forsøkt å korrigere for dette ved å ta residualer fra sammenhengen mellom smoltproduksjon og PFA for de ulike aldersgruppene. En slik korrigerings sammenhengene litt svakere ($r^2 = 0,87$ for sammenhengen mellom smålaks og mellomlaks, $r^2 = 0,87$ for sammenhengen mellom smålaks og storlaks, og $r^2 = 0,88$ for sammenhengen mellom mellomlaks og storlaks), men fortsatt er sammenhengene gode. At de ulike sjøaldersgruppene samvarierer i så stor grad tyder på at overlevelsen første år i sjøen har størst betydning for hvor mye laks som vender tilbake fra hver smoltårgang. Disse gode sammenhengene tyder på at man ut fra fangstene av smålaks i ett år har gode muligheter for å forutsi innsiget av mellomlaks påfølgende år og storlaks året etter. Siden overlevelsen første året i sjøen ser ut til å variere svært mye (med en faktor på over 10 i våre estimater) vil det imidlertid være vanskelig å forutsi forekomsten av ensjøvinterlaks ut fra smoltproduksjonen uten at man kjenner de ulike faktorene som påvirker overlevelsen i sjøen.

Simuleringene bekreftet det generelle mønsteret med god overlevelse for smålaks på 1980 tallet, dårlig overlevelse midt på 1990 med en økning i de senere årene (figur 7.4.1.e). Usikkerheten i estimatene var størst i årene med god overlevelse, mens årene med liten overlevelse kjennetegnes ved et relativt lite konfidensintervall for alle sjøaldersgruppene (figur 7.4.1.e).

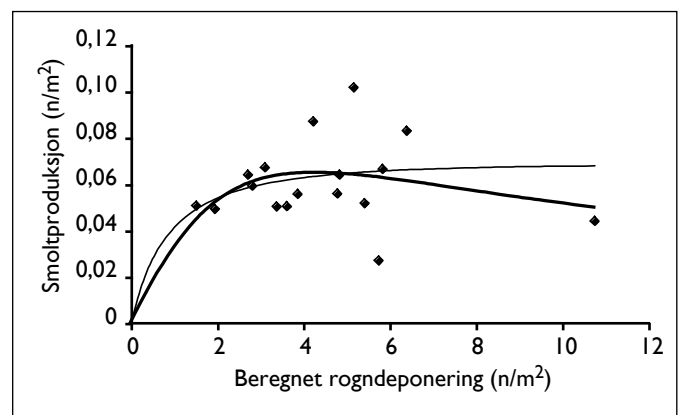
7.5 Gytebestand og gytebestandsmål

I tråd med NASCOs retningslinjer for gjennomføring av "føre var -tilnærmingen" i forvaltningen av laksefiskerier, vil det bli nødvendig å fastsette gytebestandsmål eller alternative mål for å definere tilstrekkelig bestandsstørrelse for å opprettholde en biologisk bærekraftig bestand. Gytebestandsmålet eller bevaringsgrensen (Conservation limit = antall gytefisk (egg) når rekrutteringen begynner å avta signifikant) skal danne grunnlag for å sette forvaltningsmålet (Management target = Gytebestandsmålet + sikkerhetsmargin). Forvaltningsmålet er således det antallet gytefisk man ønsker å ha igjen i de enkelte bestandene etter at fisket er avsluttet. Kvoter, eller andre fangstbegrensende ordninger, kan settes i det enkelte vassdrag ut fra kunnskap om bestandsstørrelse før fisket starter (vha. prognosemodeller), forventet uttak av fisk og forvaltningsmålet.

Ideelt sett kan et gytebestandsmål (og dermed forvaltningsmålet) i laksebestander bare bestemmes ut fra etablerte bestands-rekrutteringskurver. Bestands-rekrutteringskurver (stock-recruitmentkurver) beskriver sammenhengen mellom antall rekrutter (R) i populasjonen og størrelsen til foreldregenerasjonen (S). Foreldre generasjonen måles vanligvis som antall eller biomasse av gytefisk eller den eggproduksjonen gytefisken kan gi opphav til. Rekruttene kan måles i antall eller biomasse som overlever fram til en definert alder eller livshistoriestadium (yngel, smolt, fisk av høstbar størrelse eller antallet gytefisk i neste generasjon).



Figur 7.5a. Sammenhengen mellom beregnet rogndeponering (antall egg pr. m^2) og smoltproduksjonen (antall smolt pr. m^2) for 16 gyteårsklasser i Orkla i perioden 1979-1998. Linjene er Sheperd bestands-rekrutteringskurver [$R = aS/(1+(bS)^\beta)$] som ble tilpasset ved ikke-lineær regresjon. Årstallene på figuren viser til gyteår og angir de tre årsklassene (1979-1981) som delvis vokste opp på uregulert elv, og de to gyteårene med mest avvikende datapunkter. Øverst: tilpasning basert på alle datapunktene (parametre: $a = 0,031$, $b = 0,22$, $\beta = 1,6$). Nederst: tilpasninger uten årsklassen 1987 (parametre: $a = 0,023$, $b = 0,14$, $\beta = 2,3$) eller årsklassen 1996 (parametre: $a = 0,48$, $b = 37$, $\beta = 0,66$).



Figur 7.5b. Sammenhengen mellom beregnet rogndeponering (antall egg pr. m^2) og korrigert smoltproduksjon (antall smolt pr. m^2) for 16 gyteårsklasser i Orkla i perioden 1979-1998. Smoltproduksjonsestimatene er korrigert til en mulig stabil tilstand med hensyn på minste vintervannføring, fosforinnhold i elva og smoltalder. Linjene er Sheperd bestands-rekrutteringskurver [$R = aS/(1+(bS)^\beta)$] som ble tilpasset ved ikke-lineær regresjon. Fet linje: tilpasning med alle datapunkter (parametre: $a = 0,036$, $b = 0,28$, $\beta = 1,7$). Tynn linje: tilpasning uten året med høy rogndeponering (parametre: $a = 0,080$, $b = 0,95$, $\beta = 1,06$).

Det er utviklet flere ulike typer av bestands-rekrutteringskurver for fiskepopulasjoner (se Elliott 1985), og kurvene skiller seg ved hvilken form de har. De viktigste er:

Ricker modell: $R = a S^{-bS}$, kurven er kuppelformet

Beverton-Holt modell: $R = a S/(1+bS)$, kurven går mot en asymptote

Cushing modell: $R = a S^{1-\beta}$, kurven stiger mot uendelig.

Sheperd modell: $R = a S/(1+(bS)^\beta)$: $\beta > 1$ gir Rickerformet kurve, $\beta = 1$ gir Beverton-Holtformet kurve og $\beta < 1$ gir Cushingformet kurve.

Vi har valgt å tilpasse datene fra Orkla til en Shepherd modell fordi denne er svært fleksibel og kan beskrive ulike typer kurveforløp ved å variere parameteren β . Parametrene i Shepherd-funksjonen ble bestemt ved ikke-lineær regresjon i statistikkpakken SPSS. Ved tilpasningen benyttet vi beregnet rogndeponering (se kapittel 4.1) som et uttrykk for bestanden (S), og akkumulert smoltproduksjon fra de aktuelle gyteår som et uttrykk for rekrutteringen (R). Ved tilpasningen har vi benyttet data for gyteårene fra 1979 til 1997, tilsammen 17 års data. Smoltproduksjonen ble ikke estimert i Orkla i 1989, og vi mangler derfor data for akkumulert smoltproduksjon for gyteårene 1984 (4-års smolt i 1989) og 1985 (3-års smolt i 1989). Vi har sett bort fra bidraget av 2-års og 5-års smolt i de tilfeller vi mangler data for disse årsklassenes bidrag til den akkumulerte smoltproduksjonen. Denne feilkilden har liten betydning da smolten i Orkla hovedsakelig er 3 og 4 år gammel fisk. I materialet samlet inn fra smoltfella i perioden 1983 - 2002 har 2 år og 5 år gammel smolt utgjort henholdsvis 0,4 og 3 % av smolten.

Ingen av tilpasningene ga signifikante relasjoner mellom beregnet rogndeponering og smoltproduksjonen. Dette skyldes sannsynligvis at vi mangler observasjoner ved meget lave rogndeponeringer. Dette er et vanlig problem ved tilpasning av bestands-rekrutteringskurver for laks. Vi har likevel valgt å presentere disse tilpasningene for å illustrere hvordan sammenhengen mellom rogndeponering og smoltproduksjon kan være i Orkla. Hvis vi innfører et ekstra datapunkt, ingen rogn lagt gir ingen smolt produsert, så blir parametrene i relasjonene vanligvis signifikant forskjellig fra null, og relasjonene har en forklaringsgrad på rundt 40 %. Et slikt ekstra datapunkt påvirker ikke estimatene av parametrene i modellen, idet kurvene går gjennom origo i alle fall.

En tilpasning basert på alle datapunktene gir en svakt kuppelformet kurve (Rickerformet kurve, $\beta = 1,6$), det vil si at smoltproduksjonen øker med økende rogndeponering opp til et maksimumsnivå for deretter å avta (figur 7.5a). Figuren viser at to datapunkter adskiller seg fra resten. Gyteåret 1987 har en vesentlig høyere beregnet eggdeponering enn de andre årene, mens gyteåret 1996 har en vesentlig lavere smoltproduksjon. Hvis dataene tilpasses uten gyteåret 1996, fås en Rickerformet kurve med sterkere krumning ($\beta = 2,3$). Hvis dataene tilpasses uten gyteåret 1987, fås en kurve som stiger mot uendelig (Cushingformet kurve, $\beta = 0,7$). Tilpasning av bestands-rekrutteringskurve for laksen i Insa fra egg til smolt ble best beskrevet ved Cushingliknende modell (Jonsson et al. 1998). Hvis vi forsøker å tilpasse en kurve uten begge disse punktene konvergerer ikke løsningen,

det vil si at beste tilpasning er en rett linje, og at smoltproduksjonen øker med økende rogndeponering.

Det kan synes vanskelig å fastsette et gytebestandsmål for Orkla ut fra disse tilpasningene. Skal en bestands-rekrutteringskurve kunne brukes til å fastsette et gytebestandsmål er det en forutsetning at elvas bæreevne med hensyn på produksjon av laksunger har vært noenlunde stabil i perioden. I Orkla er det imidlertid sterke indikasjoner på at situasjonen ikke har vært stabil med hensyn på bæreevne for produksjon av ungfisk og smolt i løpet av undersøkelsesperioden. Fosforinnholdet i elva økte i forbindelse med reguleringen (demningseffekt), for deretter å avta fra starten av 1990-tallet. Elvas bæreevne for produksjon av ungfisk og smolt har sannsynligvis vært høyere enn "normalt" en periode, noe som gir stor variasjon i den observerte smoltproduksjonen. Smoltproduksjonen i Orkla i undersøkelsesperioden kan beskrives med en modell (se kapittel 4.5) basert på minste vintervannføring, fosforinnhold i elvevannet og smoltalder. Denne modellen kan benyttes til å "korrigere" smoltproduksjonsestimatene, slik at mye av den variasjonen som skyldes demningseffekten kan tas bort fra dataene. Vi valgte å korrigere dataene til et gjennomsnittlig fosforinnhold i elvevannet for de siste tre årene det finnes registreringer (1997 - 1999), noe som kanskje representerer et stabilt lavt nivå som kan være representativt for framtiden. Gjennomsnittlig minste vintervannføring etter regulering har vært 16,2 m³/s, mens gjennomsnittlig smoltalder etter regulering har vært 3,6 år. Vi valgte å bruke disse verdiene i korrigeringen. Dette innebærer at vi også tar bort en del av variasjonen i smoltproduksjon som er korrelert til variasjoner i minste vintervannføring og smoltalder.

I figur 7.5b er en "korrigert" bestands-rekrutteringskurve for Orkla framstilt, og sammenliknes denne med figur 7.5a, ser en at variasjonen i smoltproduksjon har blitt mindre. En tilpasning basert på alle datapunktene gir en Rickerformet kurve med omlag samme størrelse på formparameteren ($\beta = 1,7$) som med det opprinnelige datasettet. Ved denne tilpasningen nås maksimumsnivået (6,5 smolt pr. 100 m²) ved en rogndeponering på omlag 4 egg pr. m².

En tilpasning uten gyteåret 1987 gir en kurve som går mot en asymptote (Beverton Holt liknend kurve, $\beta = 1,06$), hvor asymptoten ligger på omlag 6,8 smolt pr. 100 m².

Det er ikke utarbeidet klare prosedyrer for hvordan gytebestandsmål (antall egg som sikrer fullrekruttering i elva) skal settes i norske lakebestander, selv i tilfeller der man har etablert en bestand-rekrutteringskurve. En opplagt løsning er å sette denne til toppen av kurven (der stigningstallet er null). Dette vil ofte gi høye gytebestandsmål og i tilfeller hvor kurven ikke flater ut gir et slikt mål ikke mening. De fleste av kurvene vi har presentert for Orkla har en slik topp hvor stigningstallet er null. Vi har imidlertid valgt å foreslå et gytebestandsmål basert på følgende kriterium: Gytebestandsmålet settes til den eggdeponeringen som gjør at om man øker deponeringen med en enhet (altså med ett egg pr. m²) så endres smoltproduksjonen med bare 10 %. Med dette utgangspunktet blir gytebestandsmålet etter å ha korrigert for den midlertidige effekten av fosfor og kor-

rigert til dagens vannføringsregime og smoltalder (Figur 7.5b) 2,5 egg pr m² som gir en smoltproduksjon på 5,8 pr 100 m². Den ukorrigerste smoltproduksjonen (Figur 7.5a), som altså er påvirket av den midlertidige produksjonsøkningen i perioden etter regulering, gir et gytebestandsmål på 3,4 egg pr m² og en tilhørende smoltproduksjon på 7,3 smolt pr 100 m².

Det er selvsagt en stor usikkerhet knyttet til disse beregningene, både i forhold til datagrunnlaget (estimerte eggdeponeringer og statistisk usikkerhet i smoltestimatene, kfr. kap. 4.1) og til modellene. Et gytebestandsmål på 2,5 egg pr m² tilsvarer en gytebestand på 1 000 gytehunner med gjennomsnittsvekt på 5 kg på strekningen Bjørsetdammen – Stoin.

8 Konklusjon

Målet med denne rapporten er å gi en oppsummering av de viktigste resultatene som er fremkommet ved undersøkelsene i Orkla. Målet er delt inn i delmål (pkt. 1 – 3 nedenfor) med en rekke viktige spørsmål som er behandlet i rapporten. I det følgende besvarer vi disse spørsmålene i stikkordsform.

Belyse effekter av reguleringen

- Er produksjonsgrunnlaget for laks endret som følge av miljøendringer?
 - Redusert forurensning i de senere år ved at Raubekken er tatt inn på tunnel til Svorkmo kraftverk, har økt produksjonsgrunnlaget.
 - Økt fosforinnhold som følge av demningseffekt ga midlertidig økning i produksjonsgrunnlaget.
 - Økt vintervannføring på strekningene sjøen – Svorkmo kraftverk og Bjørsetdammen – Brattset kraftverk har gitt økt produksjonsgrunnlag.
 - Redusert vintervannføring har gitt redusert produksjonsgrunnlag på strekningen Svorkmo kraftverk – Bjørsetdammen.
 - Redusert vintervannføring har gitt redusert produksjonsgrunnlag på strekningen Brattset kraftverk - Stoin
 - Redusert vanntemperatur har gitt redusert produksjonsgrunnlag på strekningen sjøen – Brattset kraftverk.
 - Alt i alt er produksjonsgrunnlaget for laks økt som følge av miljøendringer.
- Er fiskebestandens produksjonsegenskaper endret?
 - økt smoltalder etter regulering som følge av redusert vanntemperatur har isolert sett redusert smoltproduksjonen med 20 – 24 %.
- Er smoltutvandringen og/eller smoltproduksjonen berørt av reguleringen?
 - Vannføring og vanntemperatur synes å være de to viktigste enkeltfaktorene som påvirker smoltutvandringen i Orkla. Det er utviklet tre modeller som kan benyttes til å beregne daglig smoltutvandring på en meget god måte for Orkla.
 - Smoltutvandring er avhengig av en betydelig vannføring og flest smolt vandrer ut ved ca. 100 m³/s. Ved lave vannføringer kan utvandringen stoppe opp.
 - reguleringen har gitt betydelig lavere vannføring i utvandringsperioden. Vi kan imidlertid ikke trekke noen klare konklusjoner om sammenhengene mellom vannføring under utvandring og smoltoverlevelsen.
 - Smoltproduksjonsgrunnlaget er berørt av reguleringen (se kulepunkt om smoltproduksjonsgrunnlaget ovenfor) og smoltproduksjonen er berørt tilsvarende.
 - Alt i alt har smoltproduksjonen økt med 10 - 30 % som følge av reguleringen.

- Er smoltproduksjonen nedenfor Bjørset/Svorkmo berørt av reguleringen?
 - Økt vintervannføring på strekningene sjøen – Svorkmo kraftverk har gitt økt smoltproduksjon.
 - Redusert vintervannføring har gitt redusert smoltproduksjon på strekningen Svorkmo kraftverk – Bjørsetdammen.
- Kan smolt under utvandring gå inn i Svorkmo kraftverk?
 - Utvandrende smolt kan bli ført inn i Svorkmo kraftverk.
 - I perioden 1984 – 1988 ble det hvert år ført minimum 9500 smolt inn i Svorkmo kraftverk.
 - Gjennomsnittlig dødelighet for smolt som går inn i kraftverket er 73 %.
- Er oppvandring av laks og utøvelse av fiske berørt av reguleringen?
 - Oppvandring av laks forsinkes av Svorkmo kraftverk og ved Bjørsetdammen.
 - Oppvandring av laks kan i enkelte år forsinkes av Grana kraftverk
 - Oppvandring av laks hindres i stor grad av Brattset kraftverk.
 - Oppvandring kan påvirkes positivt ved variasjoner i vannføring.
 - Utøvelsen av fiske berøres negativt ved "flat" vannføring og påvirkes positivt ved vannføringsvariasjoner.
 - Økt sommervannføring har forbedret fiskeforholdene i år med lite nedbør.

Analysere (forholdet mellom vannføring og) smoltutvandring

- Hvilke omgivelsesvariabler styrer og utløser smoltutvandringen?
 - Vannføring og vanntemperatur synes å være de to viktigste enkeltfaktorene som influerer på smoltutvandringen.
- Har vannføring betydning for smoltoverlevelse?
 - Det var signifikant positiv sammenheng mellom antall gjenfangster av voksen laks og vannføringen ved utsetting av Carlin-merket oppforet smolt. En slik sammenheng ble ikke påvist hos villsmolt.
- Er det sesongvariasjon i utvandringstid avhengig av alder/størrelse?
 - Det var ingen forskjell i utvandringsmønster hos treårig og fire-årig smolt.
 - Lengden hos treårige og fireårige smolt økte gjennom utvandringsperioden. Det var ingen forskjell i vekstmønsteret hos hunner og hanner av samme årsklasse.

Studere relasjoner mellom

Gytebestand og rekruttering (egg, yngel, smolt)

- Er det sammenheng mellom antall lagte rogn og smoltproduksjonen?
 - Det ble ikke funnet signifikante relasjoner mellom beregnet rogndeponering og smoltproduksjon fordi vi mangler observasjoner ved meget lave rogndeponeringer.
 - Det er etablert bestand – rekrutteringsrelasjoner for laksen i Orkla.
 - Et gytebestandsmål for Orkla er beregnet til 2,5 egg/m².

Tetthet av presmolt og produksjon av smolt

- Kan elfiske erstatte smoltproduksjonsmålinger?
 - Det ble funnet signifikant sammenheng mellom presmolt- og smoltestimatene. Variasjonen mellom år er imidlertid for stor til at elfiske ett enkelt år kan brukes til å forutsi smoltproduksjonen året etter med tilfredsstillende grad av nøyaktighet.

Produksjon av smolt og oppgang av voksen fisk

- Er det sammenheng mellom antall produserte smolt og oppgangen av laks?
 - Etter korrigeringer for storskala endringer i overlevelse i sjøen, er det signifikant sammenheng mellom smoltproduksjon og antall tilbakevandrende smålaks. Dette er imidlertid avhengig av at en utelater år med uvanlig høyt antall tilbakevandrende laks registrert i elvefangstene.
 - Det var ingen signifikant sammenheng mellom antall produserte smolt og antall oppfiskete laks fra den samme smoltårsklassen.

9 Referanser

- Akaike, H. 1974. A new look at statistical model identification. - IEEE Transactions on Automatic Control 19: 716-723.
- Allen, K.R. 1940. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). I. Growth in the river Eden. - J. Anim. Ecol. 9: 1-23.
- Andrew, F.J. & Geen, G.H. 1960. Sockeye and pink salmon production in relation to proposed dams in the Fraser River system. - Bull. Int. Pac. Salm. Fish. Comm. 11: 10-30.
- Anon. 1942. Rapport over stamfiske og lakseutklekning i Orkla elv, Sør-Trøndelag 1939 – 41. – Fiskesport. Organ for Norges sportsfiskerforbund nr. 6: 77 – 80.
- Anon. 1995. Estimates of spawning targets for optimal production. Report of the working group on North Atlantic salmon. - ICES CM 1995/Asses:14, kap. 8.
- Antonsson, T., & S. Gudjonsson. 2002. Variability in timing and characteristics of Atlantic salmon smolt in Icelandic rivers. - Transactions of the American Fisheries Society 131:643-655.
- Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 1996. Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout (*Salmo trutta*, L.) in relation to water flow in a regulated Norwegian river. - Reg. Riv. Res. Mgmt. 12: 39-49.
- Arnekleiv, J. V., Rønning, L., Johansen, S. W., Haug, A., & Bongard, T. 1995. Fiskeribiologiske referanseundersøkelser i Stjørdalsvassdraget 1990-1994, i forbindelse med Meråkerutbyggingen. - Vitenskapsmuseet Rapport, Zoologisk serie 1995-5:1-86.
- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Rønning, L., Koksvik, J.I., Urke, H.A. 2000. Fiskeribiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. - Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie 2000 – 3: 1 – 91.
- Bagliniere, J. L. 1976. Etyde des populations de Saumon atlantique (*Salmo salar* L. 1766) en Bretagne-Basse-Normandie. II. Activite de devalaison des smolts sur l'Elle. - Ann. Hydrobiol. 7:159-177.
- Bagliniere, J.L., Maise, G. & Nihouarn, A. 1990. Migratory and reproductive behaviour of female adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a spawning stream. - J. Fish Biol. 36: 511-520.
- Banks, J.W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. - J. Fish Biol. 1: 85-136.
- Berg, M. 1966. Nord – Norske laksetrapper. – Fisk og Fiskestell, Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfiske nr. 3: 1 – 52.
- Berg, G. & Faugli, P.E. 1992. FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. - Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992. 249 s.
- Berge, F.S., Stang, O. & Thendrup, A. 1982. Temperaturendringer i Orkla som følge av kraftutbygging - III. Utgave nr 2 (med vedlegg). - Norges Hydrodynamiske Laboratorier. Rapport nr. NHL 2 81091. 70 s + vedlegg.
- Boe, C.A. & Roen, S. 1986. Is- og vanntemperaturforhold i Orkla på strekningen Bjørset dam – avløp Svorkmo kraftverk. – Foreløpig utredning Orkla/Grana – skjønnet, juli 1986.
- 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.
- Bohlin, T., Dellefors, C., & Faremo, U. 1993. Timing of sea-run brown trout (*Salmo trutta*) smolt migration: effects of climatic variation. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50:1132-1136.
- 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.
- Brayshaw, J.D. 1967. The effects of river discharge on inland fisheries. I: P.G. Isaac (red.) River Management. London: MacLaren, s. 102-118.
- Byrne, C.J., Poole, R., Rogan, G., Dillane, M. & Whelan, K.F. 2003. Temporal and environmental influences on the variation in Atlantic salmon smolt migration in the Burrishoole system 1970-2000. - J. Fish Biol. 63: 1552-1554.
- Chadwick, E.M.P. 1982. Stock - recruitment relationship for Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland Rivers. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39, 1496-1501.
- Chadwick, E.M.P. & Claytor, R.R. (1990). Predictability in a small commercial Atlantic salmon fishery in Western Newfoundland. - Fish. Res., 10:15-29.
- Chaput G, Allard J, Caron F, Dempson JB, Mullins CC, O'Connell MF 1998 River-specific target spawning requirements for Atlantic salmon (*Salmo salar*) based on a generalized smolt production model. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55 (1): 246-261
- Cunjak, R.A. & Therrien, J. 1998. Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - Fish. Mgmt. Ecol. 5: 209-223.
- Cunjak, R.A., Prowse, T.D. & Parrish, D.L. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: "the season of parr discontent"? - Can. J. Fish. aquat. Sci. 55 (Suppl. 1): 161-180.
- Dahl, K. 1924. Investigations on the salmon fishings of the Orkla. – The salmon and trout magazine.
- Dahl, K. & Dahl, E. 1942. Norske lakseelver. Deres utbytte i tabeller og grafer. Landbruksdepartementet, Fiskerikontoret. 114s.
- Dahl, K. 1946. Mine or nets? An experiment on the salmon fishings in the Orkla river. – The salmon and trout magazine 117: 113 – 122.
- Donaldson, L.K. & Foster, F.J. 1940. Experimental study of the effect of various water temperatures on growth, food utilization, and mortality rates of fingerling sockeye salmon. - Trans. Am. Fish. Soc. 70: 339-346.
- Elgmork, K. 1970. Plankton og planktonproduksjon i regulerede innsjøer. – Kraft og miljø 1: 11 -15.
- Elliott, J.M. 1975a. The growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. - J. Anim. Ecol. 44: 805-821.
- Elliott, J.M. 1975b. The growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on reduced rations. - J. Anim. Ecol. 44: 823-842.
- Elliott, J.M. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo, 286 p.

- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 1997. A functional model for maximum growth of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from two populations in Northwest England. - *Functional Ecology* 11, 592-603.
- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 1998. A new functional model for estimating the maximum amount of invertebrate food consumed per day by brown trout, *Salmo trutta*. - *Freshwater Biology*, 39, 339-349.
- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 1999. A new energetics model for brown trout, *Salmo trutta*. - *Freshwater Biology*, 42, 235-246.
- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 2000a. Daily energy intake and growth of piscivorous trout, *Salmo trutta*. - *Freshwater Biology* 44, 237-246.
- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 2000b. Optimum energy intake and gross efficiency of energy conversion for brown trout, *Salmo trutta*, feeding on invertebrates or fish. - *Freshwater Biology* 44, 605-615.
- 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.
- Erkinaro, J., Økland, F., Moen, K., Niemelä, E. & Rahiala, M. 1999. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: the role of environmental factors. - *J. Fish Biol.* 55: 506-516.
- Elson, P.F. 1962. Predator-prey relationship between fish eating birds and Atlantic salmon. - *Fish. Res. Board. Can. Bull.* 133. 87p.
- Elson, P.F. 1975. Atlantic salmon rivers, smolt production and optimal spawning: an overview of natural production. - *Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. series*, 6: 96-119.
- Fiske, P., Hansen, L.P., Hårsaker, K., Lund, R.A., Næsje, T.F., Sandhaugen, A.I. & Thorstad, E.B. 2001. Beskatning og selektiv fangst. - s. 39 - 62 i Fiske, P. & Aass, Ø (red.) *Laksefiskeboka. Om sammenhenger mellom beskatning, fiske og verdiskapning ved elvefiske etter laks, sjøaure og sjørøye.* - NINA Temahefte 20: 1 - 100.
- Fleming, I.A. 1998. Pattern and variability in the breeding system of Atlantic salmon (*Salmo salar*), with comparisons to other salmonids. - *Can. J. Aquat. Sci.* 55 (Suppl. 1): 59 - 76.
- Forseth, T., & Jonsson, B. 1994. The growth and food ration of piscivorous brown trout (*Salmo trutta*). - *Functional Ecology* 8: 171-177.
- Forseth, T., Hurley, M.A., Jensen, A.J. & Elliott, J.M. 2001. Functional models for growth and food consumption of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from a Norwegian river. - *Freshwater Biology*, 46, 173-186.
- Forseth, T., Fiske, P., Hvidsten, N.A. & Saltveit, S.J. 2003. Smoltoverlevelse i Suldalslågen. Miljøfaktorer som påvirker smoltutvandring og overlevelse i fjorden. - *Suldalslågen Miljørapport* 30: 1-59.
- Friedland, K. D., Hansen, L. P. & Dunkley, D. A. 1998. Marine temperatures experienced by postsmolts and the survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the North Sea area. - *Fisheries Oceanography* 7:22-34.
- Gardner, M.L.G. 1976. A review of factors which may influence the sea-age of maturation of Atlantic salmon *Salmo salar* L. - *J. Fish Biol.* 9: 289-327.
- Garnås, E. & Hvidsten, N.A. 1985a. The food of Atlantic salmon *Salmo salar* L. and brown trout *Salmo trutta* L. smolts during migration in the Orkla river, Norway. - *Fauna Norv. Ser. A6*: 24-28.
- Garnås, E. & N.A. Hvidsten. 1985b. Density of Atlantic salmon (*Salmo salar* L) smolts in the river Orkla, a large river in central Norway. - *Aquacult. and Fish. Mgmt.* 16: 369-376.
- Gibson, R.J., & Myers, R.A. 1988. Influence of seasonal river discharge on survival of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 344-348.
- Grafen, A., and Hails, R. 2002. *Modern statistics for the life sciences.* Oxford University Press, Oxford.
- Grande, M. 1967. Effect of copper and zink on salmonid fishes. - *Adv. Wat. Pollut. Res.* 3: 97 - 111.
- Grande, M. & Romstad, R. 1989. Overvåking i Orkla 1988. - *Rapport Norsk Institutt for vannforskning* 386/89: 1 - 59.
- Grande, M & Romstad, R. 1994. Tiltaksorientert overvåking i Orkla 1993. - NIVA. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 579/94. 53 s.
- Grande, M., Traaen, T., Nygård, J.J., Tjomsland, T., Kristoffersen, T., Arnesen, R.T. & Nøstdahl, B.J. 1979. Orklavassdraget. Vannkvalitet og hydrologiske forhold. - *Rapport Norsk Institutt for Vannforskning* 0 - 75122: 1 - 144.
- Greenstreet, S.P.R. 1992. Migration of hatchery reared juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts down a release ladder. I. Environmental effects on migratory activity. - *J. Fish Biol.* 40: 655-666.
- Gunnerød, T.B., Olsen, V., Snekvik, E. & Kvam, P. 1975. Utbyggingenes virkninger på den lakseførende del av Orklavassdraget. - *Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk*, rapport: 1 - 22.
- Hayes, F.R. 1953. Artificial freshets and other factors controlling the ascent and population of Atlantic salmon in the LaHave River, Nova Scotia. - *Bull. Biol. Board Can.* 99: 1-47.
- Hansen, L.P., Jonsson, B. & Jonsson, N. 1996. Overvåking av laks fra Imsa og Drammenselva. - NINA Oppdragsmelding 401: 1 - 28.
- Hansen, L. P., & Jonsson, B. 1985. Salmon ranching experiments in the River Imsa: Effect of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration. - *Aquaculture* 82: 367 - 373.
- Hansen, L. P., & Jonsson, B. 1989. Salmon ranching experiments in the river Imsa: effect of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. - *Aquaculture* 82:367-373.
- Hansen, L.P., Fiske, P., Holm, M., Jensen, A.J. & Sægvog, H. 2003. Bestandsstatus for laks i Norge i 2002. Rapport fra arbeidsgruppe. Utredning for DN 2003 - 2: 1 - 56.
- Heggberget, T.G., Lund, R.A., Ryman, N. & Ståhl, G. 1986. Growth and genetic variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different sections of the river Alta, North Norway. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 1828 - 1835.
- Heggberget, T. G., Hvidsten, N.A., Jensen, A. J., Johnsen, B. O. & Saksgård, L. 1993. Fisk i lakseførende vassdrag. I P. E. FAUGLI, A. H. ERLANDSEN & O.Red. Inngrep i vassdrag,

- konsekvenser og tiltak- en kunnskapsoppsummering- Vassdragsregulantenenes Forening og Norges Vassdrags og Energiverk, Rapport 13: 262-279.
- Hembre, B., Arnekleiv, J.V. & L'Abée-Lund, J.H. 2001. Effects of water discharge and temperature on the seaward migration of anadromous Brown trout, *Salmo trutta*, smolts. – *Ecology of Freshwater Fish* 10:61-64.
- Hesthagen, E. & Garnås, T. 1986. Migration of Atl. salmon smolts in river Orkla of central Norway in relation to management of a Hydroelectric station. - *North American Journal of Fisheries Management* 6: 376 -
- Hindar, K., L'Abée-Lund, J.H. & Arnekleiv, J.V. 1998. Effekter av flommen i 1995 på ungfisk av laks og aure i Gaula. – *Fiskesymposiet 1998. Enfo Publikasjon nr. 281* – 1998: 59 – 61.
- Huntsman, A.G. 1948. Freshets and fish. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 75: 257-266.
- Hutton, J.A. 1937. The inverse ratio theory of river and sea life. – *Salmon and Trout Magazine* 87: 3-7.
- Hvidsten, N.A. 1990. Utvandring og produksjon av laks og auresmolt i Orkla 1979-1988. - NINA Oppdragsmelding 39, 26 s.
- Hvidsten, N.A. 1993. High winter discharge after regulation increases prod. of Atl. salmon smolts in the river Orkla. - In *Prod. of juv. Atl. salmon* (Gibson J.E. & Cutting R.E. eds) *Can. Spes. Publ. Fish. and Aquat. Sci.* 118: 175 – 177.
- Hvidsten, N.A., and Hansen, L. P. 1988a. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. - *Journal of Fish Biology* 32:153-154.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L. P. 1988b. Vårflommens betydning for overlevelse hos utvandrende laksesmolt i Gaula, Surna og Eira. - DN, Reguleringsundersøkelsene. Rapport 11-1987. 20 s. + vedlegg.
- Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1993. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon released as smolts into shoals of wild smolts in the River Orkla, Norway. - *North Am. J. Fish. Mgmt.* 13 (2): 272-276.
- Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1997a. Orkla i s. 8-10. I : Overvåkning av anadrome laksefisk i utvalgte referansevassdrag. Årsrapport 1997. Jensen, A.J. (red.). NINA (Upublisert stensil), 28 s.
- Hvidsten, N. A., and Johnsen, B. O. 1997b. Screening of descending Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from a hydropower intake in the river Orkla, Norway. - *Nordic J. Freshw. Res.* 73: 44 - 49
- Hvidsten, N.A. & Lamberg, A. 1999. Fish counting methods; Experience of use of conductivity counter. *Proceedings; Nordic Conference on Fish Passage, Oslo 9-11 september 1998.* - Directorate for Nature Management, 6 p
- Hvidsten, N.A., & Lund, R.A. 1988. Predation on hatchery-reared and wild smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the estuary of River Orkla, Norway. - *J. Fish Biol.* 33:121-126.
- 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.
- Hvidsten, N.A. & Ugedal, O. 1991. Increased densities of Atlantic salmon smolt *Salmo salar* L. in the River Orkla, Norway, after regulation for hydropower production. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 10: 219-225.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. & Hansen, L.P. 1994. Homing and straying of hatchery reared Atlantic salmon released in three rivers in Norway. - *Aquacult. Fish. Mgmt.* 25, supplement 2:9-16.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T. G. & Jensen, A. J. 1998. Sea water temperature at Atlantic salmon smolt entrance. - *Nordic J. Freshw. Res.* 74:79-86.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B. O. & Levings, C. D. 1995a. Vandring og ernæring hos laksesmolt i Trondheimsfjorden og på Frohavet. - NINA Oppdragsmelding 332: 1-17.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995b. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. - *Nordic J. Freshw. Res.* 70: 38-48.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Jensås, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. – NINA Oppdragsmelding 389: 1-27.
- Iversen, E. 1992. Orklavassdraget. Gruver, vannkjemi og overvåking. - s. 77 - 90 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). *FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.*
- Jensen, A.J. 1990. Growth of young migratory brown trout *Salmo trutta* correlated with water temperature in Norwegian rivers. - *J. Anim. Ecol.* 59: 603-614.
- Jensen, A.J. 2003. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the regulated River Alta: effects of altered water temperature on parr growth. – *River Research and Applications* 19:733-747.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1988. The effect of river flow on the results of electrofishing in a large, Norwegian salmon river. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 1724 – 1729.
- 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., Heggberget, T.G. & Johnsen, B.O. 1986. Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Vefsna, northern Norway. - *J. Fish Biol.* 29: 459-465.
- Jensen, A.J., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1998. Effects of temperature and flow on the upstream migration of adult Atlantic salmon in two Norwegian rivers. - I: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (red.) *Fish Migration and Fish Bypasses.* Oxford: Fishing News Books, s. 45-54.
- Jensen, A.J., Grande, M., Korsen, I. & Hvidsten, N.A. 1998. Reduced heavy metal pollution in the Orkla river, Norway: effects on fish populations. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1235 – 1242.
- Jensen, A.J., Johnsen, B.O., Berger, H.M. & Lamberg, A. 2004. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke 2003. - NINA Oppdragsmelding 810: 1 - 34.

- Jensen, A.J., Finstad, B., Hvidsten, N.A., Jensås, J.G., Johnsen, B.O., Lund, E., Saksgård, L. & Uglem, I. 2003. Fiskeribiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Årsrapport 2002. - NINA Oppdragsmelding 781: 1 - 36 .
- Jensen, J.W. 1971. Hydrografiske og fiskeribiologiske undersøkelser i Nesjø (Tydal) første år etter oppdemmingen. - Laboratoriet for ferskvannsekologi og innlandsfiske, Det Kgl. Norske Videnskabers Selskap, Museet. Rapport nr. 5: 1 - 23.
- Jensen, J.W. 1979. Utbytte av prøvefiske med standardserier av bunngarn i norske aure- og røyevatn. - *Gunneria* 31: 1 - 36.
- Jensen, J.W. & Bergan, P.I. 1992. Økologien til aureen i Granasjøen, et oppdemt magasin - s. 137 - 155 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Jessop, B. M. 1975. Investigation of the salmon (*Salmo salar*) smolt migration of the Big Salmon River, New Brunswick, 1966-1972. - Resource Development Branch, Fisheries and Marine Service, Department of the Environment Techn. Rep. Series NO. Mar/T-75-1: 1-56.
- Johnsen, B.O. 2003. Hva slags opphav har laksen som går opp i Mandalselva og Tovdalselva? - DN Utredning 2003 - 5: s. 72 - 77.
- Johnsen, B.O. & Hvidsten, N.A. 2002. Use of radio telemetry and electrofishing to assess spawning by transplanted Atlantic salmon. - *Hydrobiologia* (Proceedings of the Fourth Conference on Fish Telemetry in Europe (Thorstad, E.B., Fleming, I. & Næsje, T (eds.) 483, 13 - 21.
- Johnsen, B.O., Koksvik, J.I., Jensen, A.J. og Håker, M. 1991. Produksjon av laksesmolt basert på yngelutsetting i elv. Bunndyr og fisk i Litjvasselva, Vefsnvassdraget. - Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet. Rapport Zoologisk Serie 1991 - I
- Johnsen, B.O., Koksvik, J.I. & Jensen, A.J. 1997. Produksjon av laksesmolt basert på yngelutsetting i elv. Bunndyr og fisk i Klubbvasselva, Vefsnvassdraget 1987 - 1996. - NINA Oppdragsmelding 503, 26 s.
- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1999. Lakselver i Trondheimsfjorden. - NINA Oppdragsmelding 598: 1-38.
- Jonsson, N., Jonsson, B. and Hansen, L. P. 2003. The marine survival and growth of wild and hatchery-reared Atlantic salmon. - *Journal of Applied Ecology* 40:900-911.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1990. Partial segregation in the timing of migration of Atlantic salmon of different ages. - *Anim. Behav.* 40: 313-321.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Fleming, I.A. 1996. Does early growth cause a phenotypically plastic response inn egg production of Atlantic salmon? - *Functional Ecology* 10, no. 1: 89-96.
- Jonsson, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. - *Nordic J. Freshw. Res.* 66:20-35.
- Jonsson, N., & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout *Salmo trutta* in a Norwegian river. - *Freshwater Biology* 47:1391-1401.
- Jonsson, B., & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42:593-595.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998. Long-term study of the ecology of wild salmon smolts in a small Norwegian stream. - *J. Fish Biol.* 52, 3: 638-650.
- Järvi, T. & Pettersen, J.H. 1991. Resource sharing in Atlantic salmon: a test of different distribution models on sexually mature and immature parr. - *Nordic Journal of Freshwater Research*, 66: 89-97.
- Karppinen, P., Mäkinen, T.S., Erkinaro, J., Kostin, V.V., Sadkovskij, R.V., Lupandin, A.I. & Kaukoranta, M. 2002. Migratory and route seeking behaviour of ascending Atlantic salmon in the regulated River Tuloma. - *Hydrobiologia* 483: 23-30.
- Kålås, J. A., Heggberget, T. G., Bjørn, P. A. & Reitan, O. 1993. Feeding behaviour and diet of goosanders (*Mergus merganser*) in relation to salmonid seaward migration. - *Aquat. Living Resour.* 6:31-38.
- Koksvik, J.I. 1992. Auren i Innerdalsvatnet i perioden 1982 - 1989 - s. 157 - 175 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Korsen, I. 1990. Orklas status og utvikling som fiskevassdrag. Innspill til Flerbruksplan Orkla. Fylkesmannen i Sør-Trøndelag: 1 - 12.
- Korsen, I. 1992. Forvaltningsmessige problemer ved Orklautbyggingen. - s. 241 - 252 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Laine, A., Jokivirta, T. & Katopodis, C. 2002. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea trout, *Salmo trutta* L., passage in a regulated northern river - fishway efficiency, fish entrance and environmental factors. - *Fish. Mgmt. Ecol.* 9: 65-77.
- Lamberg, A., Fiske, P. & Hvidsten, N.A. 2001. Forsøk med videoregistrering av anadrom fisk i elv. - NINA Oppdragsmelding 715: 1-26.
- Langeland, A. & Andersen, C. 1990. Orkla/Grana - skjønnet: Regulerings virkning på bestand og fiske i lakseførende del av Orklavassdraget. - Rapport for skjønnsretten: 1 - 35.
- Larsson, S. & Berglund, I. 1998. Growth and food consumption of 0+ Arctic charr fed pelleted or natural food at six different temperatures. - *J. Fish Biol.* 52, 230-242.
- McCleave, J. D. 1978. Rhythmic aspects of estuarine migration of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - *Journal of Fish Biology* 12:559-570.
- McCormick, S.D. & Saunders, R.L. 1987. Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonids: osmoregulation, growth, and metabolism. - *American Fisheries Society Symposium* 1: 211-229.

- McCullagh, P. & Nelder, J.A. 1989. Generalized linear models. Chapman & Hall, London.
- Mortensen, E. 1985. Population and energy dynamics of trout *Salmo trutta* in a small Danish stream. - *J. Anim. Ecol.* 54: 869-882.
- Nordseth, L. 1992. Hydrologi - s. 32 - 39 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Northcote, T. G. 1984. Mechanisms of fish migration in rivers. - Pp. 317 - 355 i J. D. McCleave, G. P. Arnold, J. J. Dodson and W. H. Neill, eds. Mechanisms of migration. Plenum publishing corporation.
- Ottesen, D. 1992. Massetransport i Orkla. - s. 259 - 266 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Peake, S., & McKinley, R. S. 1998. A re-evaluation of swimming performance in juvenile salmonids relative to downstream migration. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55:682-686.
- Potter, E.C.E. 1988. Movements of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in an estuary in South-west England. - *J. Fish Biol.* 33 (Suppl.A): 153-159.
- R Development Core Team. 2004. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rathe, L. 1992. Kraftverkene i Orkla - s. 13 - 30 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. - *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 191. 382 pp.
- Riley, W. D., Eagle, M. O. & Ives, S. J. 2002. The onset of downstream movement of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a chalk stream. - *Fisheries Management and Ecology* 9:87-94.
- Saksgård, L. M., Heggberget, T. G., Jensen, A. J. & Hvidsten, N.A. 1992. Utbygging av Altaelva - virkninger på laksebestanden. - NINA Forskningsrapport 34:1-98.
- Saunders, J.W. 1960. The effect of impoundment on the population and movement of Atlantic salmon in the Eilerslie Brook, Prince Edward Island. - *J. Fish. Res. Bd. Can.* 17: 453-473.
- Sigholt, T., & Finstad, B. 1990. Effect of low temperature on seawater tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - *Aquaculture* 84:167-172.
- Spigarelli, S.A., Thommes, M.M. & Prepejchal, W. 1982. Feeding, growth, and fat deposition by brown trout in constant and fluctuating temperatures. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 111: 199-209. Tvede, A. 1992.
- Smith, G.W., Smith, I.P. & Armstrong, S.M. 1994. The relationship between river flow and entry to the Aberdeenshire Dee by returning adult Atlantic salmon. - *J. Fish Biol.* 45: 953-960.
- Solomon, D. J. 1978. Some observations on salmon smolt migration in a chalkstream. - *J. of Fish Biol.* 12:571-574.
- Sorensen, E.M. 1991. Metal poisoning in fish - CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, Boston 374 s.
- Strand, R., Heggberget, T.G., Rikstad, A. & Johnsen, B.O. 1995. Havbeiteprosjektet i Oppløyelva, Nærøy kommune, Nord-Trøndelag. Årsrapport 1994. - NINA Oppdragsmelding 344, 21 s.
- Symons, P.E.K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. - *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 132-140. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No 952: 1-39.
- Sættem, L.M. 1995. Gytebestander av laks og sjøaure. - Utredning for DN 7:1 - 107.
- Thorpe, J.E., Ross, L.G., Struthers, G. & Watts, W. 1981. Tracking Atlantic salmon smolts, *Salmo salar* L. smolt migration. - *J. Fish Biol.* 19: 519-537.
- Thorpe, J.E. 1989. Downstream migration of young salmon: recent findings, with special reference to Atlantic salmon *Salmo salar* L.. - pp81-86 in Brannon, E.L. & Jonsson B. (eds.). Proc. of salmonid migration and distribution symposium. University of Washington, Seattle, USA; NINA, Trondheim, Norway.
- Thorpe, J.E., Metcalf, N.B. & Fraser, N.H.C. 1994. Temperature dependence of switch between nocturnal and diurnal smolt migration in Atlantic salmon. - In: High Performance Fish. Proceedings of an international fish pathology symposium. Vancouver, BC, Canada: University of British Columbia, pp. 83-86.
- Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 1997. Oppvandring hos radiomerket laks og sjøaure i Mandalsvassdraget i forhold til minstevannføring, terskler og kalking. - NINA Oppdragsmelding 470: 1-41.
- Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 1998. Migration of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*); the effects of artificial freshets. - *Hydrobiologia* 371/372: 339-346.
- Thorstad, E.B., Heggberget, T.G. & Økland, F. 1998a. Migratory behaviour of adult wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., before, during and after spawning in a Norwegian river. - *Aquacult. Res.* 29: 419-428.
- Thorstad, E.B., Økland, F. & Kroglund, F. 1998b. Vandring hos laks og sjøaure ved Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder - telemetriundersøkelser 1997. - NINA Oppdragsmelding 545: 1-25.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Berger, H.M. & Kroglund, F. 2000. Vandring hos laks ved Rygene kraftverk - telemetriundersøkelser 1999. - NINA Oppdragsmelding 654: 1-30.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Kroglund, F. & Jepsen, N. 2003a. Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. - *Fish. Mgmt. Ecol.* 10: 139-146.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Hvidsten, N.A., Fiske, P. & Aarestrup, K. 2003b. Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag. - Rapport nr. 1-2003, Miljøbasert vannføring, Norges vassdrags- og energidirektorat, 52 s.
- Trépanier, S., Rodríguez, M.A. & Magnan, P. 1996. Spawning migrations in landlocked Atlantic salmon: time series modelling of river discharge and water temperature effects. - *J. Fish Biol.* 48: 925-936.

- Tvede, A.M. 1992. Is- og vanntemperaturforhold. - s. 41-51 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Tyler, R.W. & Wright, T.E. 1974. A method of enumerating blueback salmon smolts from Quinault lake and biological parameters of the 1974 outmigration. - University of Washington, Fisheries Research Institute, Final Report, Seattle.
- Ugedal, O., Forseth, T., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Næsje, T.F., Reinertsen, H., Saksgård, L. & Thorstad, E.B. 2002. Effekter av kraftutbyggingen på laksebestanden i Altaelva: Undersøkelser i perioden 1981 – 2001. – Statkraft engineering as, Altaelva – Rapport 22: 1 – 166.
- Ugedal, O., Saksgård, L., Reinertsen, H., Koksvik, J.I., Jensen, A.J., Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Saksgård, R. & Blom, H.H. 2003. Biologiske undersøkelser i Altaelva 2002. - NINA Oppdragsmelding 791: 1 – 63.
- Venables, W. N. og Ripley, B. D.: "Modern applied statistics with S", 4. utgave, Springer-Verlag, 2002.
- Veselov, A.J., Sysoyeva, M.I. & Potutkin, A.G. 1998. The pattern of Atlantic salmon smolt migration in the Varzuga river (White Sea basin).- Nordic J. Freshw. Res. 74:65-78.
- Webb, J. 1990. The behaviour of adult Atlantic salmon ascending the Rivers Tay and Tummel to Pitlochry dam. - Scott. Fish. Res. Rep. 48: 1-27.
- Webb, J.H. & Hawkins, A.D. 1989. The movements and spawning behaviour of adult salmon in the Girnock Burn, a tributary of the Aberdeenshire Dee, 1986. Scott. Fish. Res. Rep. 40: 1-42.
- Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. - Journal of Wildlife Management. 22: 82-90.
- Österdahl, L. 1964. Smolt investigations in the River Rickleån. - Swedish Salmon Research Institute, Report LFI Medd./1964.
- Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. Swed. - Salmon Res. Inst. 8:205-215.
- Aanes, K.J., Iversen, E.R. & Romstad, R. 2000. Tiltaksorientert overvåkning i Orkla. Resultater fra 1999. – NIVA. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 802/00: 1 – 87.

Vedlegg 1

- Tilknyttede prosjekter.

Ettersom Orklaprosjektet har utviklet seg har kvaliteten og bredden i dataene som er samlet inn medført at en rekke prosjekter er lagt til vassdraget eller i tilknytning til vassdraget. Resultater fra noen av disse er tatt med i denne rapporten:

- Bestand og rekruttering av laks i Orkla, v/NINA. Finansierte av NVE programmet Miljøbasert vannføring. Pågående.
- Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag, v/NINA. Finansierte av NVE programmet Miljøbasert vannføring. Avsluttet.
- Vekstmodellering hos laks, v/NINA Egenfinansiert, i en periode inkludert i et EU-prosjekt og nå inkludert i VAKLE (se nedenfor). Pågående.

Av andre prosjekter som ikke er med i rapporten nevnes:

- VAKLE – Miljøvennlig bruk av vannressursene i et endret klima- og energiregime, v/NINA, SINTEF Energiforskning AS og NIVA. Finansierte av NFR, DN, EBL og Statkraft SF. Bruker vekstdata fra Orkla til å videreutvikle vekstmodeller for laks og smoltdata i arbeidet mot en nasjonal utvandringsmodell (evt. modeller) for smolt. Granamagasinet skal modelleres i forhold til vanntemperatur. Orkla er dessuten ett av to referansevassdrag i prosjektet og alle modeller som utvikles i VAKLE skal samles i en stor modell for Orkla. Pågående.
- NORSALMOD – en norsk populasjonsmodell for laks, v/NINA, SINTEF Energiforskning AS og NTNU. Finansierte av VAKLE og DN. Modellen er bygd rundt data fra Orkla fordi man her har flere kalibreringspunkter for modellen. Har en operative ferskvanns- og sjømoduler. Det arbeides for tiden med en habitatmodul (på mesohabitatskala). Pågående.
- Effects of winter and ice conditions on the behaviour and habitat selection of juvenile Atlantic salmon, v/SINTEF Energiforskning AS, NTNU, LFI-Oslo og internasjonale (i stor bredde) samarbeidspartnere. Finansierte av NFR Villaksprogrammet. Benytter Orkla i studier av isprosesser og vinteratferd hos laksunger (vha radiotelemetri og Pitmerking). Pågående.
- Links between mesohabitat classes, food consumption, growth and production of juvenile Atlantic salmon, v/NINA, SINTEF Energiforskning AS og NTNU samt internasjonal samarbeidspartner. Finansierte av NFR Villaksprogrammet. Bruker Orkla som en sentral modellelv. Store deler av elva ovenfor Bjørsetdammen er kartlagt og inndelt i mesohabitatklasser ved ulike vannføringer. Delstrekninger er oppmålt for kjøring av vassdragssimulatoren. Prestasjonen (vekst, næringsinntak og veksteffektivitet) til årsyngel

av laks kartlegges i ulike habitatklasser. Både habitatdata og prestasjonsdata for årsyngel vil også brukes i NORSALMON (se ovenfor). Pågående.

- Identification of salmon by geochemical signatures; further development and test of methods, v/NINA, NTNU og internasjonal samarbeidspartner. Finansierte av NFR Villaksprogrammet. Har benyttet øresteiner fra laksunger fra Orkla både til å teste metodens evne til å opprinnelsesbestemme laksunger fra Trondheimsfjordelvene og i en studie av temporal stabilitet i signaturene. Prosjektet danner også grunnlag for å bruke fosfornivåer i øresteiner til å beskrive "oppdemmingseffekten" i Orkla. Avsluttet.
- The importance of early marine feeding on the growth and survival of Atlantic salmon post-smolt in Norwegian fjords, v/NINA, NFH og Fiskeriforskning samt internasjonale samarbeidspartnere. Finansierte av NFR Villaksprogrammet. Prosjektet har ikke egen aktivitet i Orkla/Trondheimsfjorden, men benytter data derfra i en geografisk gradientanalyse. Pågående.
- Modelling of stock-recruitment relationships in Atlantic Salmon, v/NINA, NTNU, Rådgivende Biologer, NVE og andre nasjonale og internasjonale samarbeidspartnere. Data fra Orkla vil framstå som et sentralt datasett i forhold til utvikling av mer komplekse bestand-rekrutteringsmodeller som senere skal danne grunnlag for fastsettelse av gytebestandsmål i norske laksevassdrag. Orkla er det nest beste datasettet (etter Imsa) vi har i Norge for sammenhenger mellom bestand og rekruttering. I startfasen.
- Elvebeskatning av laksefisk; sammenhenger mellom reguleringer, beskatning og verdiskapning i fisket, v/NINA og nasjonale samarbeidspartnere. Finansierte av NFR Landskap i endring. Brukte beskatningsdata fra Orkla som sentralt datasett for en større lakseelv. Avsluttet.
- Nasjonal lakselusovervåking, v/NINA, NFH, FF. Finansierte av DN. Bruker utvandrende smolt fra Orkla til å beskrive lusepåvirkningen i ulike faser av smoltutvandringen. Smoltutvandringsmodellen gir tidspunkt for utvandring som er viktig grunnlag for trålingene. Pågående.
- Agdenes merkestasjon – utvikling av en prognosemodell for innsiget av laks til Trondheimsfjorden, v/NINA og merkestasjonen. Finansierte av Innovasjon Norge (tidligere SND) og DN. Merking av omlag 500 villaks. Estimert av antall laks på innsig til elvene i Trondheimsfjorden (og korrelasjoner mot fangst i kilnøter), beskatningsrater i sjø og elv samt registreringer av lus på innvandrende laks. Gir innspill til PFA-beregninger for Orkla. Pågående.
- Smoltutvandring fra Trondheimsfjorden, v/NINA. Finansierte av NINA og overvåkningsprogram (DN). Utvikler metoder for å beregne totalutvandringen av smolt fra elvene i fjorden og estimerer for utvandringen fra de viktigste elvene. Baserer seg på kjemisk signatur i øresteiner, estimatene for smoltproduksjonen i Orkla og Stjørdalselva og trålinger i ytre del av fjorden. Pågående.

- Smoltutvandring fra Orkla og ut fjorden, v/NINA og HI. Finansiert av DN, HI og NINA. Smolt merket med akustiske sendere ble fulgt ut fjorden for å studere vandring i forhold til strømningsmønstre. Avsluttet.
- Marin predasjon på laksesmolt, v/NINA. Finansiert av DN. Predasjon fra marin fisk ble kartlagt i estuariet utenfor Orkla og ga sentral informasjon om betydningen av predasjon og synkron utvandring av smolt. Avsluttet.
- Bestand – rekruttering i Ingdalselva v/NINA. Vassdraget er nabovassdrag til Orkla og har ikke egen laksestamme. Undersøkelser av atferd hos radiomerket voksen laks overført fra blant annet Orkla ble gjennomført i fire år. Studier av spredning av yngel fra gyteområdene i Ingdalselva var bakgrunnen for yngelundersøkelsene i Orkla. For tiden pågår blant annet studier av forholdet mellom gytebestandens størrelse og fordeling sammenliknet med tetthet og fordeling hos årsyngel og ettårige laksunger. Finansieres av Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, DN, Energibedriftenes Landsforening og NINA.

Alle disse prosjektene utnytter, har utnyttet eller er i dag avhengige av data innsamlet gjennom basisundersøkelsene i Orkla. På den måten er Orkla for lengst blitt et nasjonalt referansevassdrag for bestandsregulerende faktorer hos laks, både i ferskvannsfasen og i tidlig marin fase. Med dette som utgangspunkt er potensialet for å framskaffe ny, spennende og forvaltningsrelevant kunnskap om laks også stor i framtida og mange eksisterende prosjekter vil svekkes om datainnsamlingen i Orkla ikke fortsettes.

