

866

NINA Rapport

## Reguleringsundersøkelser i Orkla for perioden 2007 - 2011

Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen, Finn Økland, Ola Ugedal,  
Jan Gunnar Jensås og Laila Saksgård



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

# Reguleringsundersøkelser i Orkla for perioden 2007 - 2011

Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen, Finn Økland, Ola Ugedal,  
Jan Gunnar Jensås og Laila Saksgård

Hvidsten, N. A., Johnsen, B. O., Økland, F., Ugedal, O., Jensås, J. G. & Saksgård, L. 2012. Reguleringsundersøkelser i Orkla for perioden 2007 – 2011. NINA Rapport 866. 65 s.

Trondheim, desember 2012

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2461-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Nils Arne Hvidsten og Bjørn Ove Johnsen

KVALITETSSIKRET AV

Arne J. Jensen

ANSVARLIG SIGNATUR

Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Kraftverkene i Orkla (KVO).

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Tor Bjerkan og Viggo Finset (KVO)

FORSIDEBILDE

Inntak til Svorkmo kraftverk og Bjørsetdammen

NØKKEORD

Orkla, kraftutbygging, etterundersøkelse, laks, sjøaure, smoltproduksjon, turbindødelighet, telling av voksen laks

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

**NINA Tromsø**

Framsenteret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

**NINA Lillehammer**

Fakkeltgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Hvidsten, N. A., Johnsen, B. O., Økland, F., Ugedal, O., Jensås, J. G. & Saksgård, L. 2012. Reguleringsundersøkelser i Orkla for perioden 2007 – 2011. – NINA Rapport 866. 65 s.

Rapporten inneholder resultatene av fem års konsesjonspliktige reguleringsundersøkelser i perioden 2007 til 2011. Resultatene bygger på tidligere undersøkelser i Orkla som startet i 1979. Atferdsanalyser hos utvandrende smolt ble etter hvert utvidet til bestand og rekrutteringsundersøkelser for å bestemme gytebestandsmål for Orkla. Reguleringsundersøkelsene i perioden 2007 til 2011 omfatter bonitering og ungfiskproduksjon i Orkla ovenfor Brattset kraftverk. De videre undersøkelsene omfatter stabilitet i smoltproduksjonen som effekt av oppdemming og gjødsling fra reguleringsmagasinene. Samtidig var det pålagt regulanten å undersøke gjennomgangen av smolt til Svorkmo kraftverk og å minimalisere antall smolt som går inn i kraftverket.

Samlet sett tyder den fysiske kartleggingen på at strekningen mellom Stoin og Brattset har rimelig store områder med brukbare habitatforhold for større laksunger. Skjulmålingene viste ingen signifikant endring fra 2008 til 2011 på to stasjoner mens det på den tredje og øverste stasjonen var nedgang i skjulkapasiteten.

Elfisket viste at det var bra tettheter av laks- og aureunger større enn årsyngel, med dominans av laksunger på de fleste prøvefeltene på strekningen Stoin til Brattset. Resultatet harmonerer med at en fant brukbar (middels) skjulkapasitet på området. Den gode tettheten av større laksunger tyder på at det har vært gyting over hele elvestrekningen fra Brattset og opp til Stoin. Fravær av årsyngel av laks og aure tyder på begrenset med gyting på noen av de nederste elfiskestasjonene. Det kan vurderes om det bør legges ut forsøksfelt med gytegrus nederst på strekningen mot Brattset. Elfisket ga ikke grunnlag for å beregne effekten på ungfisk og smoltproduksjonen etter reguleringen på strekningen Brattset til Stoin.

Smoltproduksjon i Orkla i april har variert mellom 3,4 og 7,2 smolt, med gjennomsnittlig tetthet på 5,3 per 100 m<sup>2</sup> i perioden 2007 til 2011. I hele undersøkelsesperioden var gjennomsnittstettheten 6,2 smolt per 100 m<sup>2</sup>. Smoltproduksjonen flatet ut etter 1993. Det var ingen signifikant endring i smoltproduksjonen de siste 18 årene (1994-2011). Det var rimelig god overensstemmelse mellom estimert smoltproduksjon i Orkla i perioden 1983 – 2011 og predikert smoltproduksjon basert på variablene minste vintervannføring samme vinteren som smolten gikk ut og veid eggdeponering for de ulike smoltårsklassene.

Resultater fra tidligere undersøkelser av smoltinngang i Svorkmo kraftverk med smoltfeller nedenfor Svorkmo kraftverk viser at en kan forvente at andelen smolt som vandrer inn i kraftverket øker med økende andel av vannet som tas fra Orkla. I 2011 ble det gjennomført radiomerking av vandrende smolt. Dette viste at det gikk smolt inn i kraftverket. Tallgrunnlaget er lite, men antyder at det går mer smolt inn i kraftverket når andelen driftsvann fra Orkla til Svorkmo kraftverk øker. Gjennomsnittlig smoltinngang var ca. 25 %.

Tellingene av fisk over Bjørsetdammen var i gjennomsnitt 5322 (variasjon 4280 - 6131) i perioden 2007 - 2011. Tellingen av fisk omfatter laks og aure på oppvandring. Fordelingen av laks og aure er foretatt på grunnlag av opplysningene i skjellprøvene. Beskatningsraten var høyere i år med mer enn 7 000 oppvandrende laks sammenliknet med år hvor det vandret opp færre laks. Estimert beskatningsrate varierte mellom 22 og 28% og eggdeponeringen varierte mellom 3,1 og 6,5 egg\* m<sup>2</sup>.

Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen, Finn Økland, Ola Ugedal, Jan Gunnar Jensås og Laila Saksgård, Norsk institutt for naturforskning, postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim. nils.a.hvidsten@nina.no

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>4</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Områdebeskrivelse</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Metoder</b> .....	<b>10</b>
3.1 Bonitering av strekningen mellom Stoin og Brattset.....	10
3.2 Ungfiskundersøkelser på strekningen Stoin og Brattset.....	11
3.3 Smoltproduksjonsundersøkelser.....	11
3.3.1 Merking av presmolt.....	12
3.3.2 Fangst av smolt.....	13
3.3.3 Estimering av bestandsstørrelse.....	13
3.3.4 Noen metodiske betraktninger.....	14
3.4 Overlevelse hos nedvandrende smolt, minimalisering av smolttap.....	17
3.4.1 Bakgrunn.....	17
3.4.2 Forsøksdesign.....	19
3.4.3 Fisken.....	20
3.4.4 Merking.....	20
3.4.5 Radiosendere.....	21
3.4.6 Mottakerutstyr (Dataloggestasjoner).....	22
3.4.7 Innstilling av radiomottakere, SRX400.....	22
3.4.8 Tolking av data.....	23
3.5 Undersøkelser av voksen laks.....	24
<b>4 Resultater</b> .....	<b>26</b>
4.1 Bonitering på strekningen mellom Stoin og Brattset.....	26
4.2 Ungfiskundersøkelser mellom Stoin og Brattset.....	29
4.2.1 Forekomst og tetthet av laks- og aureunger.....	29
4.2.2 Alderssammensetning og vekst hos laks- og aureunger.....	33
4.3 Smoltproduksjonsundersøkelser.....	34
4.3.1 Fangst av smolt på utvandring.....	34
4.3.2 Smoltproduksjon.....	35
4.3.3 Smoltproduksjon relatert til miljøvariabler.....	37
4.4 Overlevelse hos nedvandrende smolt, minimalisering av smolttap.....	40
4.5 Undersøkelser av voksen laks.....	42
4.5.1 Fisketelling.....	42
4.5.2 Skjellprøver av voksen laks.....	44
4.5.3 Rognmengde.....	45
4.5.4 Beskatning.....	47
<b>5 Diskusjon</b> .....	<b>49</b>
5.1 Bonitering av substrat på strekningen mellom Stoin og Brattset.....	49
5.2 Ungfiskundersøkelser mellom Stoin og Brattset.....	49
5.3 Smoltproduksjonsundersøkelser.....	50
5.4 Overlevelse hos nedvandrende smolt, minimalisering av smolttap.....	51
5.5 Undersøkelser av voksen laks.....	55
<b>6 Referanser</b> .....	<b>58</b>

**Vedlegg.....62**

## Forord

NINA fikk i 2007 i oppdrag fra Kraftverkene i Orkla å gjennomføre konsesjonspålagte fiskeundersøkelser i perioden 2007 - 2012. Dette er en videreføring av en virksomhet som startet i 1979 med undersøkelser av atferd hos utvandrende smolt. Denne rapporten oppsummerer resultater fra perioden 2007 – 2011, og inkluderer resultater fra tidligere år. Vi takker Kraftverkene i Orkla ved Trønderenergi Kraft A/S for oppdraget og for godt samarbeid under gjennomføringen av prosjektet.

Vi takker Orkla Fellesforvaltning for samarbeidet og for hjelp til innsamling av skjellprøver fra voksen laks. Vi takker Veterinærinstituttet for lån av skjellprøver i 2011. En takk til sportsfiskerne som leverer inn fangstopplysninger og tar skjellprøver av laksen.

Vi vil takke alle medarbeidere som har bidratt i undersøkelsene.

Trondheim, juni 2012

Nils Arne Hvidsten  
(prosjektleder)



# 1 Innledning

NINA har siden 1979 foretatt årlige undersøkelser av smoltutvandring hos laks og sjøaure i Orkla. Undersøkelsene har kartlagt vandringsmønsteret gjennom sesongen med hensyn til starttidspunkt, varighet, fordeling gjennom døgnet og hvilke omgivelsesvariabler som virker inn på utvandringen. Reguleringen av Orkla har ført til endret vannføringsregime gjennom året. Dette sammen med endringer i vanntemperaturen og næringssalter i vannet virker inn på produksjonen av laksesmolt. Smoltproduksjonen ble målt i perioden 1983-2011 på strekningen Meldal - Stoin (med unntak av 1989 og 2003). Resultatene fra undersøkelsene til og med 2002 ble rapportert i 2004 (Hvidsten et al. 2004).

Med bakgrunn i pålegg om fiskebiologiske undersøkelser gitt av Direktoratet for naturforvaltning, har Norsk institutt for naturforskning fått i oppdrag fra Kraftverkene i Orkla å gjennomføre de fiskebiologiske undersøkelsene i Orkla i perioden 2007 til 2011. Undersøkelsene omfatter bonitering av substrat og ungfiskundersøkelser på strekningen fra Brattset til Stoin. I tillegg ble det gjennomført analyser av smoltinngang til Svorkmo kraftverk med sikte på å redusere smolttap. Smoltproduksjonsundersøkelsene har blitt gjennomført etter samme opplegg som tidligere, men for å redusere antall smolt som blir avlivet har vi benyttet smoltskruer til innfangingen av smolten i størst mulig grad. Tidligere ble smolten utelukkende fanget i notposer. Smoltundersøkelsene er innrettet mot å finne ut om smoltproduksjonen er i ferd med å stabilisere seg i forhold til avrenning av næringssalter fra reguleringsmagasinene som ble bygd i forbindelse med kraftutbyggingen. Antall oppvandrende voksen fisk ble talt på Bjørsetdammen etter samme innretning som før. Formålet med undersøkelsene er å kartlegge langtidsvirkningene av reguleringen med sikte på eventuelle tiltak. Pålegget er gitt i 5 punkter:

## **Punkt 1. Smoltproduksjonsundersøkelser**

Gjennomføre undersøkelser i perioden 2007-2011 av smoltproduksjonen i øvre del av Orkla. Smoltproduksjonsundersøkelsene skal ha lignende innretning og omfang som tidligere, men gjenfangsten skal primært skje i smoltfeller som ikke skader eller dreper smolten.

## **Punkt 2. Telling av laks og sjøaure på Bjørsetdammen**

Gjennomføre årlige digitale registreringer i perioden 2007-2011 av oppvandrende laks og sjørørret til de øvre delene av Orkla etter lignende opplegg som tidligere.

## **Punkt 3. Ungfiskundersøkelser på strekningen fra Stoin til Brattset kraftverk**

Gjennomføre ungfiskundersøkelser i perioden 2007-2011 på strekningen fra Stoin til utløpet av Brattset kraftverk. Formålet med undersøkelsene er å få vurdert de samlede reguleringseffektene på den lokale produksjonen av ungfisk og smolt.

## **Punkt 4. Inntak Svorkmo kraftverk – minimalisering av smolttap**

Kartlegge smoltutvandringen gjennom og smolttap i Svorkmo kraftverk i perioden 2008 - 2011. Formålet med undersøkelsene er å komme fram til rutiner for driften av kraftverket som minimaliserer smolttapet gjennom kraftverket.

## **Punkt 5. Bonitering av strekningen mellom Stoin og Brattset**

Gjennomføre bonitering av øvre Orkla i 2008 og 2011 med spesiell fokus på eventuelle endringer i bunnssubstrat, sedimenteringer av finere løsmasser og tilvekst av alger og moser.

Det har blitt gitt ut årsrapporter hvert år i undersøkelsesperioden, med unntak av 2011. Derfor er det lagt vekt på å presentere enkeltresultater for 2011 i denne rapporten.

## 2 Områdebeskrivelse

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. De tre nederste kraftverkene har avløp til lakseførende strekning. Brattset kraftverk utnytter fallet på 268 m i Orkla mellom Storfosdammen og Brattset. Grana kraftverk utnytter fallet i sideelva Grana på 463 m fra Nerskogen til Grindal. Svorkmo kraftverk utnytter fallet på 99 m i Orkla mellom Bjørset i Meldal og Hongslo i Orkdal nedenfor Svorkmo.

Svorkmo kraftverk har en driftsvannføring på 12 – 68 m<sup>3</sup>/s. Minimum slukeevne på Svorkmo er i prinsippet ned mot 0 m<sup>3</sup>/s. Grana kraftverk har en driftsvannføring på 12 – 20 m<sup>3</sup>/s og Brattset kraftverk har en driftsvannføring på 9 – 35 m<sup>3</sup>/s.

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 m<sup>3</sup>/s og 0,5 m<sup>3</sup>/s resten av året" (Manøvreringsreglement pkt. 2).
- "I tilfelle Brattset kraftverk må stoppe, skal det være en vassføring på minst 10 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s og 15 m<sup>3</sup>/s etter departementets nærmere bestemmelse. Fra 25. oktober til utgangen av oktober måned trappes vassføringen jevnt ned til 4 m<sup>3</sup>/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).

Ved kongelig resolusjon av 7. april 2000 ble det bestemt;

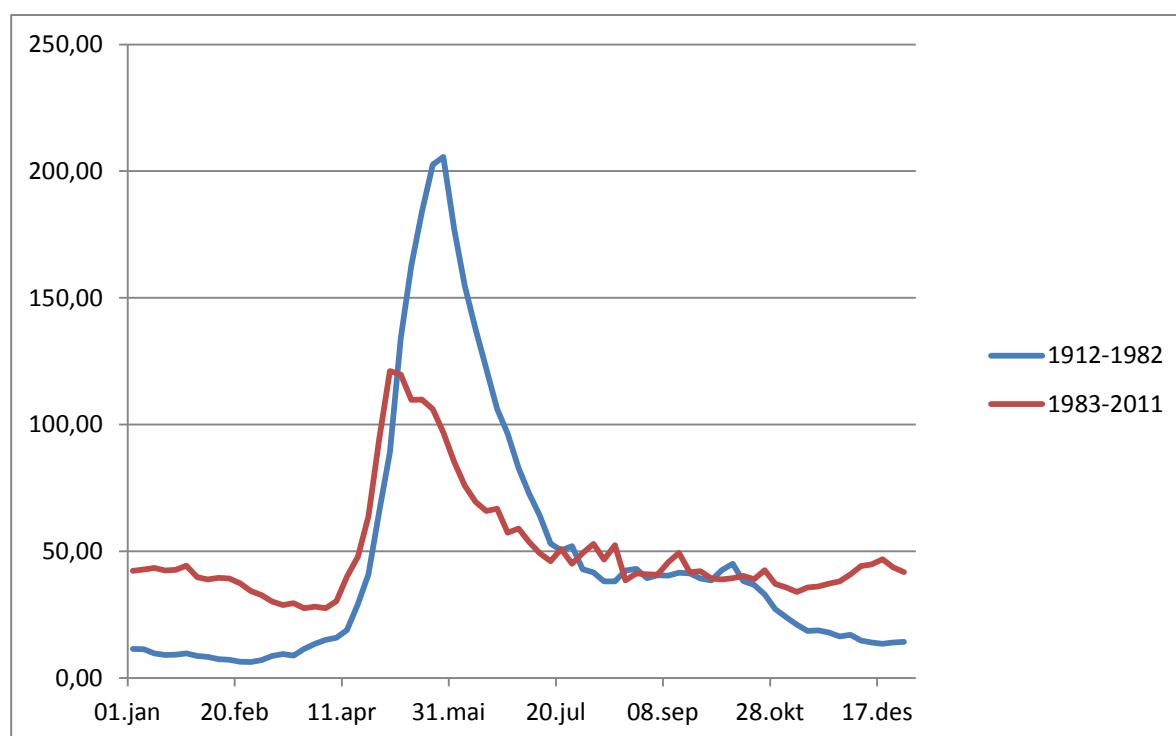
«I medhold av lov om vassdragsreguleringer av 14. desember 1917 nr. 17 endres manøvreringsreglementet for Orkla-/Granautbyggingen i henhold til forslag inntatt i Olje- og energidepartementets foredrag av 7. april 2000».

Post 2 i manøvreringsreglementet for reguleringen av Orkla og Grana får følgende tillegg:

«Minstevannføringen på 10 m<sup>3</sup>/sek ut fra Bjørsetmagasinet kan underskrides i tiden 15. september – 31. oktober. I siste del av denne perioden kan vannføringen være ned til 8 m<sup>3</sup>/sek inntil det er kompensert for den vannmengde som er sluppet ut over 20 m<sup>3</sup>/sek i perioden fra vårflommens slutt til 31. august».

Etter regulering er vannføringa utjevnet gjennom året (**figur 2.1**). Vårflommen er redusert med ca.  $110 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  etter regulering, sommervannføringa synes å være nær naturlig avrenning og vintervannføringa er økt vesentlig.

Totalfosfor i vannet var en viktig regulerende faktor for smoltproduksjon fram til tidlig 1990 tall (Hvidsten et al 2004). Etter dette har fosforverdiene avtatt. Vi har målt fosforverdier i perioden 2008 til 2012, mens det ikke ble målt fosfor i perioden 2005-2007. Det fins avvikende måleverdier i siste års målinger som sammen med manglende data for årene 2005-2007 gjør fosforverdiene brukt i regresjonsanalyser for usikre (vedlegg 2). Samtidig viser regresjonsanalysene at smoltproduksjonen etter 1993 er uendret (konf. Kap. 4.3.3).



**Figur 2.1.** Vannføring i Orkla ved Syrstad før og etter regulering uttrykt i pentader (Kilde Å. Kvambekk NVE).

## 3 Metoder

### 3.1 Bonitering av strekningen mellom Stoin og Brattset

Habitatforholdene på strekningen mellom Stoin og Brattset ble kartlagt ved befarig 12. og 13. august i 2008 og 27.9 i 2011. Ut fra en vurdering av dyp, vannhastigheter, overflatebølger og gradient (mesohabitat-systemet; Borsányi et al. 2004) ble strekningene klassifisert til en av følgende elvetyper:

- Høl (stilleflytende og dypt område),
- Gruntområde (stilleflytende og grunt),
- Glattstrøm (rasktflytende område med glatt overflate),
- Stryk (rasktflytende område med overflatebølger),
- Dypstryk (relativt bratt, dypt og rasktflytende område),
- Foss (svært bratt og rasktflytende område).

Ved framstilling av kartene ble stryk og dypstryk slått sammen til en elvetype (stryk).

I hver separate elvetype ble det gjort en vurdering av dominerende og vanlig (subdominerende) substrattype.

Inndelingen i substrattyper (substratklasser) var som følger (partikkelstørrelse i parentes):

- Sand og silt (< 0,2 cm)
- Fin grus (0,2 - 2 cm),
- Grov grus og småstein (2 - 10 cm),
- Stein (10 - 25 cm),
- Stor stein og blokk (> 25 cm),
- Fast fjell.

I tillegg ble det gjennomført målinger av skjulkapasiteten i substratet. Skjulumålingene ble gjennomført ved å måle hvor langt en 13 mm tykk plastikkslange kan stikkes inn i hulrom i substratet innenfor en 0,25 m<sup>2</sup> stor ramme lagt ut på elvebunnen. Størrelsen av hvert skjul ble kategorisert til 1 (2-5 cm), 2 (5-10 cm) og 3 (>10 cm), og antallet skjul i de tre kategoriene ble registrert. Metoden er utviklet for å kunne måle mengde skjul for eldre laksunger (Finstad et al. 2007). Ved å gjennomføre flere slike målinger i tilfeldig valgte ruter, innenfor et område kan man få et uttrykk for områdets skjulkapasitet.

I 2008 og 2011 ble det gjennomført skjulumålinger i 20 tilfeldig valgte ruter i hvert av tre områder på elvestrekningen (stasjon 1, 5 og 8, se **figur 4.1.1 og 4.1.2**). Hensikten med dette var å sammenlikne målt skjul ved de to anledningene for å få en pekepinn om områdene er utsatt for gjenauring med finpartikulært materiale. I tillegg ble det også i 2008 gjennomført skjulumålinger i tre tilfeldig valgte ruter i tilknytning til hver av de 6 andre elfiskestasjonene.

Skjulkapasiteten ble beregnet som gjennomsnittlig vektet skjul innenfor hvert delområde. Vektet skjul  $S_v$  ble beregnet som:

$$S_v = S_1 + S_2 \cdot 2 + S_3 \cdot 3,$$

Hvor  $S_1$  til  $S_3$  er antall skjul av kategori 1 til 3. I tillegg til skjulumålingene ble substratet vurdert ut fra hvilke partikkelstørrelser som dominerte (dominerende substrat) eller var vanlig (subdominerende) i elvebunnen inne i kvadratene.

Graden av begroing i øvre deler av Orkla er basert på visuell registrering og begrenser seg til makroalger, alger som er synlige grønne eller gulbrune algetråder i elveleiet. Øvre del av Orkla kan karakteriseres som relativt næringsfattig (oligotrof). De mest dominerende algeartene i slike områder er av typen *Zygnema* - algesamfunn som dannes i næringsfattige vassdrag (Israelson 1949). Mengden alger registrert i øvre del av Orkla er hva en normalt kan forvente å finne i et oligotroft vassdrag.

På bakgrunn av kartleggingen av vannhastighet og substrat ble det foretatt en beregning av arealet av ulike habitattyper i elva. Grunnlaget er digitalt økonomisk kart. Arealene er beregnet med den antakelse at elveflatene slik de er registrert stemmer med nåtiden. Det ble arbeidet med samme datum og koordinatsone som på underliggende økonomisk kart, slik at alle flater skal være flatekorrekte (med tanke på arealberegning) og korrekt geografisk plassert. Totalarealet i elvestrengen og arealet av ulike elveklasser og substrattyper ble beregnet fra kartene ved hjelp av GIS-programmet ArcGIS 9.2 fra ESRI.

Kartene er ment å gi en grov pekepinn på hvordan forholdene er på den strekningen av elva som er kartlagt. Nøyaktigheten i klassifiseringen er best der elva er bred og relativt grunn, og ikke fullt så god der elva er smal og dyp og vannhastigheten høy.

## 3.2 Ungfiskundersøkelser på strekningen Stoin og Brattset

Ungfisktettheten på strekningen Stoin til Brattset er vurdert i forhold til skjulkapasiteten (punkt 5 i pålegget). Resultatet av analysen gir grunnlag for å vurdere tiltak for laksen og auren i denne delen av elva.

Elektrisk fiske ble benyttet til beregning av tetthet av laks- og aureunger på 9 områder. Det er benyttet tre fiskeomganger på 3 stasjoner for å beregne fangstsannsynlighet. Denne fangstsannsynligheten er benyttet til å beregne tettheten av ungfisk på 6 områder som ble fisket med en omgang elfiske. Innsamling av ungfisk med beregning av tettheter er basert på tre etterfølgende utfiskinger med elektrisk fiskeapparat av et kjent elveareal (Zippin 1958, Bohlin et al. 1989). Metoden bygger på at tettheten beregnes ut fra nedgangen i fangst mellom hver fiskeomgang. I tilfeller der tettheten ikke kunne beregnes etter denne metoden, eller at estimatet ble svært usikkert (95 % konfidensintervall var større enn middelveidien), ble tettheten estimert ved å dividere antall fisk som ble fanget etter tre omganger på 0,875. Dette tallet framkommer ved å anta en fangsteffektivitet på 0,5 (det vil si at halvparten av de fiskene som er igjen på stasjonen blir fanget i hver omgang). Tallet er valgt fordi fangsteffektiviteten i norske elver ofte ligger i området 0,4-0,6. Det er i beregningene skilt mellom årsyngel (0+) og eldre fisk (1+, 2+ og  $\geq 3+$ ).

Undersøkelsen ble gjennomført i 2007, 2008, 2009, 2010 og 2011. På grunn av islegging ble elfiske resultatet fra 2007 uegnet til tetthetsberegning.

Det er stort sett vanskelig å gå langs elva på strekningen mellom Stoin, hvor laksen stopper, og ned til Brattset kraftverk. Dette skyldes mye bratt terreng med fjell og ur av blokkstein som går helt ned i elva, utenom områder med skog ved elva. Elfisket er delvis gjennomført på små områder som gir usikkerhet ved utfangst. Lengden på elvestrekningen er 4 km.

## 3.3 Smoltproduksjonsundersøkelser

Smoltproduksjonsundersøkelsene i Orkla ble satt i gang i 1983 og har med unntak av 1989 og 1993 blitt gjennomført årlig frem til og med 2011.

### 3.3.1 Merking av presmolt

I mars og april hvert år har presmolt (laksunger som sannsynligvis skal vandre til sjøs samme år) blitt fanget ved hjelp av elektrisk fiskeapparat, merket og sluppet ut igjen i elva. Orkla fra Meldal bru til Brattset kraftverk ble inndelt i tre soner. Sone I: Meldal bru – Grana (samløp med sideelva Grana), sone II: Grana – Bergsbrua (Rennebu) og sone III: Bergsbrua (Rennebu) – Brattset kraftverk. Ved undersøkelsene i Orkla ble det valgt å benytte et størrelseskriterium for å definere presmolt og laksunger større eller lik 11 cm ble merket ved finneklipping. Fisk fra de tre sonene ble merket ulikt. Sone 1: fettfinne, sone II: fettfinne og halvparten av høyre bukfinne og sone III: fettfinne og halvparten av venstre bukfinne. 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.

Totalt har det blitt merket noe over 105 000 presmolt og av disse har 44 % blitt merket i sone I, 20 % i sone II og 39 % i sone III (**tabell 3.3.1**).

**Tabell 3.3.1.** Fordeling av presmolt merket på strekningen Meldal bru - Brattset hver vår i perioden 1983 til 2011, med unntak av 1989 og 2003. Presmolten var  $\geq 11$  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
2004	1702	570	1815	4087
2005	1181	407	1477	3065
2006	756	415	1544	2715
2007	1487	504	1776	3767
2008	1233	468	1659	3360
2009	928	285	1693	2906
2010	783	165	1179	2127
2011	1223	325	1196	2744
Sum	46349	18236	40698	105289

Antall merkede presmolt har variert mye mellom år, fra 2130 i 2010 til 5560 i 2000. Årsaken til denne variasjonen er blant annet at fangstforholdene er forskjellig mellom år og at antall dager som er benyttet til merkingen har variert mellom år. Det var imidlertid en signifikant sammenheng mellom antall merket presmolt og den estimerte smoltproduksjonen samme år (lineær regresjon:  $n = 27$ ,  $R^2 = 0,22$ ;  $p = 0,014$ ). Dette tyder på at den reelle tettheten av presmolt i elva på merketidspunktet også har betydning for hvor mange presmolt som det har vært mulig å merke det enkelte året.

### 3.3.2 Fangst av smolt

Innsamling av smolt har blitt gjennomført i perioden fra siste uka av april til midten av juni. Smoltfangsten har foregått med notposefeller nedsenket fra Meldal bru med en gradvis overgang til fangst med smoltskruer de siste årene. Smoltskruer har vært plassert ved Meldal bru og Hårråøya ca. 1 km nedenfor Meldal bru. En smoltskrue har blitt benyttet fra 2008 og fra 2010 har det blitt benyttet to smoltskruer. Notposefellene har etter 2008 blitt brukt i perioder med stor vannføring. Notposefellene fungerer bedre under flom enn smoltskruene fordi driv stanser rotasjonen i trommelen på fella. Ved flom tas derfor smoltskruene til land. Ved bruk av smoltskruer reduseres antall smolt som blir avlivet i forbindelse med undersøkelsen. Smoltskruene står ute hele døgnet når vannføringen tillater dette, mens notfellene sto ute om natta fra kl. 2100 til 0300 på stor vannføring, men har blitt tømt kl. 0800 ved liten vannføring. Fangst av smolt med smoltskrue er beskrevet av Thedinga et al. (1994) og Chaput & Jones (2004).

Totalt har det blitt fanget om lag 43 000 smolt i Orkla disse 27 årene (**tabell 3.3.2**). Totalt har det blitt gjenfanget 869 merkede presmolt og av disse har 49 % blitt merket i sone I, 17 % i sone II og 31 % i sone III. Andelen merka fisk gjenfanget fra sone I og II er altså noe større enn andelen fisk som ble merka i disse sonene.

Antall gjenfangster har variert mellom 10 og 126 i løpet av undersøkelsen med et gjennomsnitt på 32 per år. Andelen merka fisk i smoltbestanden har variert fra 1,3 % til 3,5 %, med gjennomsnitt på 2,1 % i hele forsøksperioden. Andelen merka fisk i smoltbestanden varierte mellom 2,0 og 2,6 % i de siste tre årene (2009-2011), da smoltfangsten overveiende skjedde med smoltskruer (skruefangst > 64 % av totalfangsten). Kji-kvadrat test viser at andel gjenfangster i fangsten ikke har endret seg som følge av at fangsten har blitt gjennomført med smoltskruer fra og med 2009 til og med 2011 ( $p = 0,58$ ).

### 3.3.3 Estimering av bestandsstørrelse

På grunnlag av gjenfangsten av merkete smolt i fellene, ble totalt antall presmolt som var til stede på elvestrekningen (N) på merketidspunktet estimert ved den såkalte Petersen estimatoren med Chapman-korreksjon (f. eks. Ricker 1975):

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

hvor M er antall merka fisk, C er fangsten av smolt i fellene og R er gjenfangsten av antall merka fisk i fellene. Konfidensintervaller for estimatene av bestandsstørrelse er beregnet ved hjelp av Poisson-fordeling fordi størrelsen på R og R/C i de aller fleste år tilsier at denne tilnærmingen skal brukes ( $R < 50$  og  $R/C < 0,1$ ; f.eks. Ricker 1975).

**Tabell 3.3.2.** Totalt antall fangete smolt, antall gjenfangster fra de ulike sonene og totalt antall gjenfangster for perioden 1983 til 2011, med unntak av 1989 og 2003, på Meldal bru og Hårråøya.

År	Total fangst	Merket i sone I	Merket i sone II	Merket i sone III	Totalt antall merket
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
2004	915	7	3	6	16
2005	1235	11	1	9	21
2006	751	5	4	4	13
2007	831	7	3	5	15
2008	705	6	3	1	10
2009	1476	12	3	24	39
2010	993	10	1	9	20
2011	2049	17	3	9	29
Sum	42292	427	175	267	869

### 3.3.4 Noen metodiske betraktninger

Smoltproduksjonen i Orkla har blitt estimert ved Petersen estimatoren med Chapman korreksjon. Denne estimatoren har vært mye benyttet i undersøkelser av størrelsen på dyrestander og både feilkilder og statistiske egenskaper ved estimatoren er godt kjent. Ricker (1975) fremhever at hvis gjenfangsten av merka fisk er større eller lik 3 (og resten av forutsetningene er oppfylt) så gir denne estimatoren et forventningsrett estimat av bestandsstørrelse. Svakheten med undersøkelser hvor denne estimatoren benyttes er at det bare gjennomføres en merkerunde og en gjenfangstrunde. Dette gjør at det blir umulig å anslå størrelsen på en del mulige feilkilder ut fra undersøkelsene i seg selv, og en må bruke skjønn eller ekstra undersøkelser for å vurdere om forutsetningene for å bruke denne metoden til bestandsestimering er oppfylt.



Forutsetningene for å benytte denne metoden blir formulert noe forskjellig i ulike bøker og artikler som omtaler metoden, men de viktigste forutsetningene er (Ricker 1975, Dempson & Stansbury 1991):

- 1) Bestanden er lukket, dvs. det skjer ikke nevneverdig rekruttering til eller tap fra bestanden i forsøksperioden. Det anbefales derfor at det hvis det er praktisk mulig bør gå kort tid mellom merking og gjenfangst. Hvis det skjer dødelighet mellom merketidspunktet og gjenfangst-tidspunktet så må dødeligheten være den samme for merket og umerket fisk.
- 2) Merket fisk må ikke miste merket.
- 3) All merket fisk blir registrert i gjenfangsten.
- 4) Merkingen må ikke påvirke fiskens fangstsannsynlighet ved gjenfangst.
- 5) Den merkete fisken blir tilfeldig fordelt blant umerket fisk ved gjenfangst. Det er altså ikke noe krav til at merkingen skjer tilfeldig i bestanden, hvis gjenfangsten skjer tilfeldig.

Presmolten i Orkla ble merket med finneklipping slik at merketap (punkt 2) ikke er en aktuell problemstilling her, og det er også lite sannsynlig at manglende registrering av merker ved gjenfangst (punkt 3) er noen feilkilde. Det synes også lite sannsynlig at finneklipping skal påvirke fiskens fangstsannsynlighet (punkt 4) vesentlig i smoltfeller sammenliknet med umerket fisk.

Det må understrekes at estimatene for produksjon gjelder på merketidspunktet, som for undersøkelsene i Orkla har vært 1-2 måneder før smolten går ut av elva, og det er derfor sannsynlig at produksjonsestimatene overvurderer antallet smolt som går forbi Meldal bru. En må regne med noe naturlig dødelighet hos fisken i tidsrommet mellom merking og gjenfangst, og slik dødelighet må trekkes fra for å estimere antall smolt som går ut av elva. Naturlig dødelighet (for eksempel predasjon under utvandring) er imidlertid i seg selv ingen systematisk feilkilde med hensyn på å estimere presmoltebestanden ved merketidspunktet hvis dødeligheten ikke er forskjellig mellom merket og umerket fisk. Det er imidlertid ikke usannsynlig at dødeligheten til fisk som blir fanget/håndtert og merket er større enn hos umerket fisk. Dette vil være en systematisk feil som gir et overestimat av bestanden på merketidspunktet (og også antallet utvandrende smolt hvis en ønsker å estimere dette). Vi har imidlertid ikke kunnskap om hvor stor en slik merkerelatert dødelighet er, det eneste vi vet er at den umiddelbare dødeligheten som vi har observert under fangst og kort-tids oppbevaring av fisken er svært lav. Undersøkelsen har blitt gjennomført på tilnærmet samme måte i hele undersøkelsesperioden noe som gjør at det er lite sannsynlig at det er systematiske forskjeller i slik dødelighet. Metodetester i vassdrag med heldekkende smoltfeller viser at en ikke ubetydelig andel av presmolt som merkes om våren, ikke blir gjenfanget i fellene under smoltutvandringen samme vår, og at estimater basert på merking av presmolt og gjenfangst av smolt dermed overvurderer antallet smolt som går ut forbi gjenfangststedet (Forseth et al. 2009). Hvor stor denne overvurderingen er i Orkla vet vi imidlertid ikke.

Laksungene i Orkla har blitt merket etter størrelseskriterier, og fiskens utseende (for eksempel ulike smoltkarakteristika) har ikke blitt vurdert. Det er derfor sannsynlig at ikke all fisk som merkes skal vandre ut samme sesong fordi noe av fisken kan bli gyteparr kommende høst eller være parr som ikke er klar til å smoltifisere av andre årsaker. Fisk som ikke vandrer kan ikke gjenfanges i fellene. Dette gjør at antallet merka fisk (M) tilgjengelig for fangst i fellene i virkeligheten er mindre enn hva merkeantallet tilsier. Denne feilkilden vil gi et overestimat av bestanden på merketidspunktet. Virkningen av denne feilkilden er proporsjonal slik at hvis 10 % av den fisken som merkes ikke skal vandre så overestimeres bestanden med 10 %. At noen fisk som er under størrelseskriteriet ved merketidspunktet også vil vandre ut som smolt spiller ingen rolle for estimeringen såfremt fellene ikke er selektive med hensyn på størrelse av smolten ved fangst.

I de første årene av undersøkelsene i Orkla ble fisk mellom 10 og 11 cm gitt et annet merke enn fisk over 11 cm. Både antallet av merket fisk og gjenfangstene av presmolt mellom 10 og 11 cm var vesentlig lavere enn for fisk over 11 cm (Garnås & Hvidsten 1984) og i ettertid (etter 1987) har bare fisk over 11 cm blitt merket i Orkla (Hvidsten et al. 2004). Størrelsen på smolten

i Orkla er større enn 94 millimeter. Den minste smolten som er registrert under tråling (1992-2011) i Trondheimsfjorden er 96 mm (Hvidsten upublisert).

Vi har mye kunnskap om smoltstørrelse av laks i norske vassdrag (Lund et al. 1989), men lite kunnskap om hvor stor andel av lakseparr over en gitt størrelse som vandrer ut som smolt. Kunnskap om sammenhengen mellom parrstørrelse og sannsynlighet for utvandring er avgjørende for å vurdere størrelsen på feilen knyttet til å bruke størrelseskriterier ved merkegjefangst forsøk med presmolt. Ved elfiskeundersøkelser i april/mai i Stryneelva har laksungene blitt karakterisert som smolt eller parr avhengig av utseende (Jensen et al. 2005). I denne elva var den minste laksen som ble karakterisert å være smolt 9,5 cm. Videre ble det funnet at median smoltlengde var om lag 10,5 cm uavhengig av fiskens alder. For laksunger større eller lik 11 cm (det vanligste brukte kriteriet for merking av presmolt) var andelen fisk klassifisert som parr under 10 % (Arne Jensen NINA, upubliserte data). I dette tilfellet ville en altså forvente mindre enn 10 % overestimering av presmoltbestanden som følge av merking etter et størrelseskriterium på 11 cm (gitt at utseende ved tidspunkt for elfiske gir presis informasjon om fisken vil vandre samme sesong). Smoltstørrelsen i Orkla synes å være noe større enn i Stryn, slik at det er mulig at denne feilkilden er noe større enn 10 % i Orkla. Flere undersøkelser viser at gyteparr har mindre sannsynlighet for å vandre ut påfølgende vår enn umoden fisk (Lundqvist et al. 1988, Hansen et al. 1989, Whalen et al. 2000, Letcher et al. 2002). Det er derfor mulig at denne feilkilden kan være større i vassdrag hvor det er en stor andel gyteparr blant ungfisken. Andelen gyteparr i ungfiskbestanden i Orkla er imidlertid ikke undersøkt.

Metoden forutsetter at merket fisk blir tilfeldig fordelt i smoltbestanden ved utvandring, slik at fangstsannsynligheten for merka og umerka fisk er den samme i smoltfellene (punkt 5). Hvis fangstsannsynligheten for smolt i fella er konstant gjennom sesongen, og fella fanger i store deler av utvandningsperioden er denne forutsetningen sannsynligvis oppfylt så fremt selve merkemethoden ikke påvirker fiskens fangstsannsynlighet. Fangsteffektiviteten til smoltfellene i Orkla varierer imidlertid en god del med varierende fysiske forhold, spesielt på grunn av varierende vannføring, men muligens også fordi temperaturen og lysforholdene endrer seg under utvandringen. Vi mangler imidlertid kvantitativ kunnskap om denne variasjonen. Hvis merka og umerka fisk har ulikt utvandningsforløp kan dette medføre brudd på forutsetningene. Dette kan for eksempel skje hvis det merkes en ulik andel presmolt i ulike elveavsnitt og utvandningsforløpet fra ulike elveavsnitt er systematisk forskjellig. Hvordan slike brudd på forutsetningene påvirker bestandsestimatene er vanskelig å vurdere da de kan tenkes å gi både over- og undereestimering.

I Orkla har presmolten blitt merket ulikt på tre strekninger i elva, og det er mulig å teste om andelen fisk som gjenfanges fra de ulike delstrekningene varierer. En test viste at bare i 5 av 27 år var det signifikant inhomogenitet i gjenfangstandeler fra de ulike delene av elva (G-tester). Dette kan tyde på at denne feilkilden ikke er av avgjørende betydning for smoltestimaterne i Orkla. Den estimerte smoltproduksjonen disse fem årene med inhomogene fangster fremsto heller ikke som vesentlig forskjellig fra andre år. Dessuten kan en også undersøke om det er forskjeller i gjenfangsttidspunkt for fisk merket i ulike deler av elva. Lik gjenfangstandel og likt gjenfangsttidspunkt kan indikere at det ikke er vesentlige brudd på forutsetningene om lik fangstsannsynlighet for merka og umerka fisk. En analyse av smoltutvandringen i perioden 1980 til 1992 viste at smolt fra øvre deler av elva kunne stimulere smolt som sto lenger ned i elva til å vandre ut slik at det oppsto stimer (Hvidsten et al. 1995). Om dette har betydning for fordelingen av merket og umerket smolt er ikke undersøkt.

Ved merke/gjenfangst i større elver som i Orkla er det vanligvis slik at både antallet fisk merket og antallet fisk sjekket for merker blir lave i forhold til størrelsen på den estimerte smoltbestanden. I tillegg vil antallet gjenfangster også bli lave. Et lavt antall gjenfangster (R) gjør at det enkelte estimatet får stor usikkerhet knyttet til seg (konfidensgrensene blir vide). Presisjonen på smoltestimater er i stor grad en funksjon av hvilken feltinnsats som legges i fangst og gjenfangst. Dersom man merker en vesentlig andel av smoltbestanden, kan man tillate seg å fange en forholdsvis mindre andel av utvandrende smolt, og samtidig få et brukbart presist smoltes-

timat. Motsatt vil en stor fangstsinnsats i utvandningsperioden kunne kompensere for at det merkes en liten andel av den totale smoltbestanden.

I flere bøker og artikler om statistisk metode er det gitt anbefalinger om hvilken presisjon på bestandsestimatene som er ønskelig i ulike typer undersøkelser. Cousens et al. (1982) antyder at The International Pacific Salmon Fisheries Commission betrakter estimer hvor 95 % KI er lavere enn  $\pm 20$  % av bestandsestimatet som gode, mens  $\pm 40$  % er middels. I Orkla har konfidensintervallene i de fleste år vært større enn  $\pm 40$  % av bestandsestimatet slik at estimatene må betraktes som middels i henhold til Cousens et al. (1982) sin vurdering. I Orkla ble det imidlertid gjennomført en statistisk vurdering underveis i undersøkelsesperioden som konkluderte med at presisjonsnivået syntes å være tilstrekkelig for å kunne fange opp meningsfulle sammenhenger mellom bestandsestimatene og omgivelsesvariable (Notat fra Steinar Engen, NTNU til NINA datert 15/3 1996). Alternativ metodikk for å undersøke produksjonsutvikling over tid i store vassdrag, som for eksempel tetthetsundersøkelser med elfiske, vil høyst sannsynlig ha minst like store usikkerheter knyttet til seg på grunn av problemer med representativitet av elfiskestasjoner (store deler av større vassdrag lar seg ikke undersøke med tradisjonelt elfiske), stor romlig variasjon i presmolttetthet innad i vassdraget, og andre usikkerheter knyttet til tetthetsestimer basert på utfangstmetoden ved elfiske (Forseth & Forsgren 2009; Sandlund et al. 2011). Alt i alt synes merking-gjenfangst å fremstå som den mest hensiktsmessige metoden som det med dagens teknologi synes å være mulig å benytte for å skaffe estimer av smoltproduksjonens størrelse i en elv som Orkla. En må imidlertid leve med at de enkelte estimatene blir usikre slik at det trengs langsiktige undersøkelser for å oppdage endringer i bestandsstørrelse med denne metoden.

I Surna ble det våren 2011 gjennomført smoltproduksjonsestimater av den vandrende bestanden av laksesmolt (Johnsen et al. 2012). Utvandrende smolt ble merket og gjenutsatt for å bli fanget på nytt sammen med umerket smolt. Denne metoden har den fordelen at en unngår naturlig dødelighet mellom merking og gjenfangst, samt at det er den vandrende bestanden en måler på og er nærmeste en kommer sann smoltproduksjon. Det kan imidlertid også her påregnes fangst- og merkerelatert dødelighet. Metoden gir også en nøyaktigere estimator for fangstsannsynlighet og derfor et sikrere bestandsestimat selv om konfidensgrensene vil bli større (Johnsen et al. 2012).

Et slikt opplegg er sannsynligvis også mulig å gjennomføre i Orkla, men resultatene vil ikke være direkte sammenlignbare med tidligere års resultater hvis en ikke gjennomfører begge typer undersøkelser i en overgangsperiode for å finne ut hvor store avvikene mellom de to metodene er.

## 3.4 Overlevelse hos nedvandrende smolt, minimalisering av smolttap

### 3.4.1 Bakgrunn

Det ble i årene 1984 til og med 1988 gjennomført merkeforsøk for å beregne smoltdødelighet i turbinene i Svorkmo kraftverk. Det ble sluppet ut mellom 1000 og 3000 smolt per år i inntakstunnelen til Svorkmo kraftverk (innafor varegrinda)(tabell 3.4). Det ble samtidig satt ut smolt ved Storås som ikke gikk gjennom kraftverket. Med bakgrunn i forskjeller i gjenfangster av voksen laks fra utsettingene i og utafor kraftverkstunnelen ble det beregnet en total smoltdødelighet på 73 % (Hvidsten & Johnsen 1997). Utsettingene av smolt i kraftverkstunnelen ble forsøkt benyttet til å estimere hvor mye smolt som gikk gjennom Svorkmo kraftverk. Nedenfor utløpet av kraftverkstunnelen på Svorkmo ble det operert to standard fiskefeller av samme type som på Meldal bru. Flere forutsetninger ble da brutt ved å estimere hvor mye smolt som gikk gjennom Svorkmo kraftverk ved hjelp av merking og gjenfangst. Bla. a. var krav om at den merkete smolten skulle være tilfeldig fordelt ikke oppnådd siden den merkete smolten ble fanget igjen i et kortere tidsintervall enn fangstperioden for den ville smolten (konf. kap. 3.3.4).

**Tabell 3.4.** Innsamlingsperiode for smoltfeller ved utløpet av Svorkmo kraftverk, antall utsatte merkete smolt, totalt antall fangete smolt og antall estimerte smolt som passerte gjennom turbinene.

År	Fangst- periode	Antall utsatt	Antall fangete smolt			Estimat av antall smolt	95 % c.l. (·1000)
			Laks	merkete	Aure		
1984	2/5-1/6	3000	74	14	22	22000	13,6-38,3
1985	9/5-25/5	2000	135	7	24	42000	21,7-87,9
1986	1/5-29/5	1000	191	9	46	25000	13,7-49,5
1987	3/5-4/6	1000	73	4	28	21000	9,5-51,3
1988	7/5-1/6	1000	91	5	49	24000	11,1-54,3
Snitt			112,8		33,8	26800	

Antall gjenfangster pr 1000 utsatte smolt var mellom 3,5 og 9 smolt de fem åra forsøket pågikk. Estimatenes fra forsøket hadde for høye konfidensgrenser hver for seg til å være gode estimater, men forventningsverdien var alle år over 20 000 smolt (laks- og auresmolt), men laveste grense for konfidensintervallet for antall smolt er 9 500 stk. Vi kan derfor anta at minimum antall smolt som gikk gjennom Svorkmo kraftverk var 9 500 stk. per år i denne perioden.

Alternativt kan en se på antall smolt som har passert kraftverket fra flere synsvinkler. Dersom en antar full omrøring i utløpstunnelen fra Svorkmo kraftverk, på grunnlag av at driftsvannet fra kraftverket er meget turbulent, vil det være lik fangstsannsynlighet for smolt i hele tunnelversnittet. Tunnelversnittet er ca. 32 m<sup>2</sup> ved utløpet. I 1986 var fangsten av merket smolt 9 stk. smolt per 1000 utsatte. Det ble fanget 237 smolt, som utgjør 26 300 smolt når en ganger opp med tunnelversnittet. Totalt ble det i fellene som er 2 m<sup>2</sup> (effektiv avsillingsflate er ukjent og varierende, men satt til 0,75- 1,5 m<sup>2</sup>) fanget 146,6 smolt (laks- og auresmolt) årlig i perioden 1984 til 1988. Dette utgjør et årlig antall smolt som har passert kraftverket på 3127-6254 stk., forutsatt at smolten var fordelt likt i hele tunnelversnittet, at avsillingsarealet i notposene var det samme og at vi dekker hele utvandringsperioden.

Det ble videre fanget 5 finneklipte villsmolt fra merkingene i Orkla i både 1985 og 1986 av hhv 4210 og 5089 laksesmolt som ble merket på strekningen Meldal til Brattset. I disse to åra indikerer det at det var mellom 4400 og 9600 laksesmolt som gikk gjennom turbinene på Svorkmo kraftverk, men dette er usikre overslag. I 1984 var det 1 gjenfangst av merket villsmolt, mens det årene 1987 og 1988 var ingen. Dersom en kun ser på fangstsannsynligheten ((4210/5)\*135) gikk 114 000 stk. laksesmolt gjennom kraftverket i 1985, som er et overestimat.

Det er imidlertid klart at det har gått flere tusen smolt av laks og aure gjennom kraftverket i denne perioden. Det ble også gjennomført fellefangst i 1990 og 1991, og fangsten var hhv 16 og 24 laksesmolt hvert av åra. Årsaken til det lave antallet er ikke kjent, men i 1990 var det stor vannføring under smoltutvandringa, og det kan forventes at skjørtet på inntaket hadde en god virkning. Fellene ved utløpet av Svorkmo ble fort klogget igjen og fangsteffektiviteten kan ha variert også av denne årsaken. Gjennomsnittlig vannføring i mai var 128 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (variasjon 103-155) i årene 1984 til 1988.

Videoanalysen i 2009 viste at det gikk et betydelig antall vinterstøinger inn i inntaket forbi 'skjørtekanten' til inntaket til Svorkmo kraftverk (Lamberg et al. 2010). Vannføringa i mai 2009 var i gjennomsnitt 92 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Etter at reguleringa ble satt i verk (1982/1983) ble det gjennomført 'redningsaksjoner' hvor innesperret laks ble fanget opp og satt ut i elva slik at den kunne vandre fritt nedover elva. Det har ikke blitt foretatt oppfisking av vinterstøing innenfor skjørtekanten etter de første åra, bortsett fra på senhøsten 2011 da utgytt laks ble fanget og transportert nedstrøms Bjørsetdammen. Det er ikke registrert hvor mange laks som blir tatt opp død på va-

regrinda til Svorkmo kraftverk. Livskraftig utgytt laks er meget verdifull laks som bør få sjansen til å komme ut av elva for å gjennomføre en ny gytevandring. Regulanten KVO har nå i samarbeid med Orkla Fellesforvaltning satt i gang tiltak for å redusere tapet av vinterstøing.

Ved videoundersøkelsene i 2009 ble det montert åtte kamera i øverste åpning og fire kamera i nederste åpning til inntaket til Svorkmo kraftverk. Det var 2,8 m mellom kameraene i den øverste åpningen mens det var 5,7 meters mellomrom mellom kameraene i den nederste åpningen. Hvert kamera var utstyrt med en IR lyskilde for kunstig belysning i den mørke delen av døgnet. Det var mulig å oppdage smolt på en avstand av ca. 2,5 m fra kamera når smolten kom langs bunnen og ca. 3,5 m når smolten kom i silhuett mot lyset fra elva utenfor smoltsperrea. Om natta ble oppdagelsesavstanden betydelig redusert og det var ikke mulig å registrere smolt på lenger avstand enn ca. 1 m (Lamberg et al. 2010).

Det er således på det rene at mange smolt kunne ha passert forbi uten å bli registrert av kameraene om natta i begge åpningene. I den nederste åpningen hvor avstanden mellom kameraene var størst kan det også på dagtid ha passert mange smolt som ikke ble registrert av kameraene.

Videoanalysene i 2008 og 2009 reiste tvil om hvorvidt det fortsatt går smolt av betydning eller ikke gjennom kraftverkstunnelen. Det ble derfor besluttet å gjennomføre undersøkelser med andre metoder for å belyse dette. På denne bakgrunn ble regulanten anmodet om å gjennomføre en radiotelemetristudie på utvandrende smolt for å stadfeste om smolt går gjennom kraftverket eller ikke (brev fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) til Kraftverkene i Orkla (KVO) av 24.2.2011 om "Undersøkelse av smolttap gjennom Svorkmo kraftverk i Orkla, Sør-Trøndelag").

I ovennevnte brev fra DN til KVO, heter det: "*Dersom forsøkssituasjonen tilsier at prosjektet ikke kan gi tilfredsstillende svar på problemstillingen gjennom forsøkene i 2011, må det påregnes å fortsette forsøkene til et godt nok svar foreligger*". På denne bakgrunn ble det planlagt et prosjekt som skulle løpe over to år. Årsaken til dette er at tidligere erfaring viser at minst to år er nødvendig for å kunne få et tilstrekkelig datasett til å kunne modellere hvordan ulike kjøring av stasjonen og ulike vannføringer påvirker smoltinngangen i kraftverket. Et delmål det første året var å kunne besvare om det vandrer inn smolt i stasjonen samt å se om de data vi samler inn kunne gi grunnlag for videre modellering. Dette er kun aktuelt dersom andelen av smolt som vandrer inn i kraftverket er høy.

I 2011 ble det gjennomført en analyse av smoltgjennomgangen i Svorkmo kraftverk ved hjelp av radiotelemetri.

### 3.4.2 Forsøksdesign

Orklareguleringen består av i alt 5 kraftverk i henhold til reguleringskonsesjonen som ble vedtatt 16.6.1978. Svorkmo kraftverk er det nederste kraftverket i vassdraget og er det eneste som tar inn driftsvann fra den lakseførende delen av vassdraget. Svorkmo kraftverk har to turbiner som til sammen har en slukeevne på  $68 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . I perioden 1. mai til 31. august slippes det  $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  forbi kraftverket og ned minstevannføringsløpet. En betydelig del av vannføringen i Orkla kan tas inn i Svorkmo kraftverk. Under vårflommen er uttaket fra Orkla relativt lite, men øker når vårflommen opphører. Svorkmo kraftverk tar også inn vann fra Raubekken og Svorka og disse vannkildene reduserer inntaket av driftsvann fra Orkla. Den prosentvise andelen driftsvann fra Orkla er den kritiske variabelen med hensyn til om smolten går gjennom kraftverket eller ikke.

Vannuttaket til Svorkmo kraftverk varierer og dette synes å ha betydning for hvor mye smolt som går gjennom kraftverket. For å avdekke inngangen av smolt fra Orkla til kraftverket tenkte vi oss tre eller fire ulike vannføringsscenarier med en ukes varighet for hver smoltgruppe, hver med 50 eller 37 smolt.

- 1) Vi tenkte oss en plan a hvor vi kjørte Svorkmo Kraftverk på fullt  $68 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (inkludert nødvendig inntak av Raubekken) samtidig med at en kjørte minstevannføring på  $19/20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  over Bjørsetdammen. Dette er et verste tilfelle vi kan tenke oss, når smolten kommer til inntaket.
- 2) Et annen ønsket testsituasjon er plan a med fortsatt kjøring for fullt i Svorkmo kraftverk, men med dobling av vannslippet over Bjørsetdammen.
- 3) En plan b medfører full kjøring av kun en turbin (den største, 34 MW – nødvendig kjøring av Raubekken) i Svorkmo Kraftverk samtidig med at minstevannføringa holdes over Bjørsetdammen.
- 4) Plan b med kjøring av den største turbinen og en dobling av minstevannføringa over Bjørsetdammen.

Planlagte kjøremønster ble ikke gjennomført fordi vårflommen ble for dominerende til at kraftverket kunne regulere vannføringa i Orkla. Vannføringa under forsøket omfattet imidlertid gode situasjoner for å registrere atferd hos utvandrende smolt i forhold til passering av inntaket til Svorkmo kraftverk.

### 3.4.3 Fisken

Radiomerkeprosjektet ble samkjørt med smoltproduksjonsundersøkelsene og smoltskruene ble benyttet til fangst av laksesmolt. Dette er en fangstmetode som har vist seg gunstig til denne type prosjekt siden smolten som fanges holdes levende og uskadet i et fangstkammer. I tillegg fanger smoltskruen bare fisk som vandrer slik at det kun ble merket smolt, som var klare og motiverte for å vandre ut til havet.

Smoltskruen var plassert ved Woll, Meldal. Den ble røktet morgen og kveld og den største smolten ble tatt til side og oppbevart i bur ute i elva. Det fleste fiskene ble fanget om natta og merket påfølgende dag. Det betyr at det gikk mindre enn 20 timer fra fangst til fisken ble satt ut. Ved merking ble fisken fraktet til et kar (120x120x40 cm) på land fylt med ellevann og etter merking ble den satt i et tilsvarende kar fram til utsetting. Begge kar hadde lokk så fisken sto i mørke. En gruppe fisk som ble satt ut ved Jerpstad, 12 km overfor Woll, ble satt direkte i et 600 l transport kar etter merking og transportert direkte til utsettingsplassen.

Smolt som ble merket med de minste radiosenderne (modell F 1410) var gjennomsnittlig 128 mm (SD = 5) lang, mens smolt som ble merket med de største senderne (modell F 1420) var gjennomsnittlig 140 mm (SD = 7) lang.

### 3.4.4 Merking

Ved merking ble fisken forsiktig håvet opp fra karet med en håv med knutefritt nett og satt direkte opp i et bedøvelseskar. Bedøvelseskaret inneholdt en løsning av 0,7 ml 2-phenoxy-ethanol pr liter ellevann. Fisken ble bedøvet til stadium 5, dvs. at den er klar for kirurgiske inngrep og helt uten respons, med svake og sakte ventilasjonsbevegelser. Bedøvelsesbadet ble byttet for hver tiende fisk for å sikre tilstrekkelig oksygen i badet. Under operasjonen var hele fisken dykket i en 0,25 ml pr l løsning av den samme bedøvelsen for å vedlikeholde anestesien. En jevn vannstrøm ble sirkulert over gjellene. Selve det kirurgiske inngrepet, innlegging av en radiosender i bukhulen og lukking av såret tok ca. 2-3 minutter. Etter operasjonen ble luft evakuert fra munnhulen og gjellene og fisken ble ventilert til gjellebevegelsene var jevne. Det tok fra 1 til 3 minutter før fisken var i stand til å svømme normalt.

De minste senderne (modell 1410) ble implantert i den minste fisken mens de største (modell 1420) ble implantert i den største smolten. Etter at fisken hadde kvittet seg med bedøvelsen

var oppførselen som forventet hos umerket fisk. Vannstanden i karet måtte senkes før fisken kunne fanges og settes tilbake i elva.

### 3.4.5 Radiosendere

Et forslag til prosjekt ble framlagt for Kraftverkene i Orkla (KVO) og vedtatt gjennomført februar 2011. Etter forhandlinger med Teledirektoratet ble det åpnet for bruk av frekvenser utenfor vårt vanlige område. Men vår leverandør i USA kunne kun levere sendere innenfor det frekvensområde vi vanligvis benytter siden tidsfristen for leveranse ble for kort. Det ble derfor benyttet nøyaktig samme tekniske løsning som vi hadde benyttet før i Mandalselva. Siden vi hadde 50 ulike frekvenser tilgjengelig ble det lagt tre sendere på hver frekvens, til sammen 150 radiosendere.

To typer radiosendere ble bestilt, alle fra ATS, USA. Syttifem var av modell 1410, med pulsra-ter på 30 og 35 pulser i minuttet, vekt 1,0 g og estimert batterilevetid på 13 dager. Syttifem var av modell 1420 med pulsra-ter på 40 og 45 pulser i minuttet, vekt 1,3 g og estimert batterileve- tid på 15 dager. Modell 1410 hadde pulsvidde på 16-17 ms, mens modell 1420 hadde pulsvid- de på 20 ms. Estimert batterilevetid er levetiden basert på opplysninger fra batteriprodu-senten og beregninger om forbruk etter aktivering med den pulsvidden og puls-raten som er oppgitt. Reell batterilevetid kan derfor variere og være noe kortere eller lengre enn estimert.

Rekkevidden på slike sendere er sterkt avhengig av flere faktorer. Den viktigste faktoren i dette prosjektet er hvor dypt den merkede fisken står i vannet, og mot slutten av batterilevetiden av- tagende signalstyrke på grunn av svakere radiosignaler. Spesielt ved inntaket til stasjonen der vannet er dypt, kan merket fisk som passerer nede ved bunnen teoretisk passere uten å bli registrert. Hvor dypt nede signalene kan registreres er avhengig av avstanden mellom anten- nen og radiosenderen, konduktiviteten i vannet og fiskens orientering i vannet. Nær overflaten var deteksjonen opp mot 1 km oppover elven, og ned til, og av og til nedenfor Bjørsetdammen for loggeren ved inntaket. Loggeren i minstevannløpet hadde en rekkevidde opp mot Bjørset- dammen og ca. 700 m nedover elva. Ved utløpet fra stasjonen dekket de to antennene opp mot 1 km både oppover og nedover elva.

Lang rekkevidde var nødvendig fordi kun tre sendere kunne registreres på samme frekvens. Miniatyrsendere er imidlertid ikke like stabile på frekvensen som større radiosendere, slik at en nøyaktig loggetabell måtte lages manuelt. Senderne ble enten lagt i vann eller utendørs slik at de fikk ca. 6 grader Celsius. Deretter ble hver sender testet slik at beste, øvre og nedre fre- kvens med et sterkt signal ble identifisert. Normalt skal senderne ha en  $Q = 4$ , noe som gjør at de kan registreres over ca. 4 frekvensintervall. Fisk ble kun logget på samme frekvens når fre- kvensen lå minst et intervall innenfor øverste eller nederste aktuelle frekvens. Dvs. at senderne kunne skli en frekvens enten opp eller ned og fortsatt bli registrert. Dette betydde at det ble langt flere enn de teoretisk 50 frekvensene som måtte benyttes i loggetabellen. Opp til 75 ulike frekvenser ble benyttet under forsøket, men kun 60 samtidig. Lyttetid på hver frekvens ble satt til 2,8 sekunder. Dette gav en teoretisk skannetid på 168 sekunder, litt under 3 minutter. Imid- lertid vil loggeren stoppe opp på alle frekvenser der den mottar signaler, både støy og signaler fra sendere. Siden vi benyttet høy group size (4-6) kunne lyttetiden da bli opp mot 20 sekunder på støy eller svake signaler fra en sender. Med gode signaler fra senderen ville det ta ca. 7-10 sekunder å detektere en sender. Estimert skannetid var derfor 4-6 minutter avhengig av støy- forholdene og hvor mange fisk som var innenfor deteksjon av antennen. Dataloggeren kan ba- re lytte til en antenne av gangen slik at de stasjonene som hadde to antenner hadde dobbelt så lang skanne tid, men i begge retninger. Tid fra en frekvens ble detektert på en antenne til neste gang den lyttet på samme antenne og frekvens kunne derfor bli 8-12 minutter. Merket fisk som forflyttet seg gjennom en antennes deteksjonsområde raskere enn dette kunne derfor teoretisk passere uten å bli registrert.

### 3.4.6 Mottakerutstyr (Dataloggestasjoner)

Det finnes flere typer dataloggeutstyr som kan brukes til å registrere radiosignaler fra merket fisk. I dette prosjektet ble det testet to ulike modeller, en fra ATS, USA (R4500) og en modell (SRX400) fra Lotek Inc. Canada. Utstyret fra ATS er vesentlig enklere i bruk, men mulighetene til å skjerme mot støy er betydelig dårligere. En test som ble gjennomført under prosjektet viste at utstyret fra ATS ikke kunne detektere noen signaler samtidig som loggestasjonen montert ved inntaker til kraftverket logget 12 ulike radiosendere. Videre kan SRX400 logge opp til 8 separate antenner og følsomheten på hver antenne kan stilles inn separat. Vi valgte derfor dette utstyret selv om ulempen med dette utstyret er at det kan være svært tidkrevende å montere og kalibrere.

I mars 2011 ble det gjennomført befaring med folk fra Kraftverkene i Orkla (KVO) og NINA. Det ble sett på ulike utsettingssteder for smolt, fangstplasser og mulige områder for å plassere loggeutstyr for registrering av den radiomerkede smolten. Mulige utsettingsplasser var Aunhølen, øverst i vassdraget og Woll ved Meldal. Aktuelle plasseringer av loggestasjonene var ved inntaket til Svorkmo kraftverk, i minstevannføringsløpet og ved utløpet fra kraftverket. Kraftverkene i Orkla (KVO) ønsket også en loggestasjon i munningen av elva for å kunne beregne overlevelse hos smolt som vandret gjennom tunellen. Etter avtale ble det bestemt at vi skulle forsøke å drifte en stasjon der, men bare hvis det ikke gikk ut over driften av prosjektet lengre oppe i elva.

Den viktigste loggestasjonen viste seg å være den vi plasserte i minstevannføringsløpet. Hvis radiomerket fisk passerte denne stasjonen uten å bli registrert kunne vandringen feiltolkes til å være en fisk som vandret gjennom tunnelen i stedet for ned minstevannføringsløpet. Loggestasjonen registrerte ved starten av prosjektet radiosignaler helt opp til Bjørsetdammen, ca. 1,6 km unna og ca. 800 m nedover elva. Muligheten for å passere på mindre enn 4-6 minutter (kun en antenne) var derfor ikke tilstede. Stasjonen var også plassert i et område av elva som var relative grunt, slik at fisk ikke kunne passere på dypt vann. Det var også mindre støy på denne stasjonen sammenlignet med stasjonene ved innløpet og utløpet fra kraftverket.

### 3.4.7 Innstilling av radiomottakere, SRX400

Utfordringen i dette prosjektet var å stille inn utstyret så følsomt at det kunne registrere signaler fra en radiosender på ca. 1 g samtidig som elva hadde flom om våren. Under forsøket gikk flommen opp til  $300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Vi måtte derfor kalibrere utstyret slik at det fikk maksimal følsomhet uten at vi kunne simulere forholdene som ville komme under vårflommen. For å kunne optimisere følsomheten ble det benyttet 9 element Yagi antenner, så korte antennekabler som mulig mens følsomheten på mottakeren ble satt opp mot det maksimale (rett under "noise floor"). Når denne type utstyr skal stilles inn er det første som gjøres å registrere det nivået som bare gir spraking (noise floor). Noise floor var normalt mellom 85-90 i følsomhet, noe som er et normalt bakgrunnsstøynivå. Høyeste følsomhet som det kunne opereres på var derfor rett under denne grensen. Også noise floor varierer så det er vanlig å gå ca. 5 enheter ned fra selve "noise floor".

Men svært følsomt utstyr betyr også at det vil ta inn all støy i området på de frekvensene vi opererer på. Både ved inntaket til kraftverket og ved utløpet var det mye støy, og det meste av støyen var dynamisk, og raskt varierende. Det betyr at selv om utstyret har tilstrekkelig rekkevidde idet det stilles inn, kan det allikevel vise seg å komme inn svært mye støy i perioder. Derfor er det først etter en lengre periode at en kan evaluere den innstillingen utstyret hadde og se om innstillingen gir tilstrekkelig skjerming. På grunn av de lokale forholdene ved inntaket og utløpet til kraftverket, var det vanskelig å innstille utstyret slik at vi kunne identifisere vandringsruten hos all den merkete fisken med en radiomottaker. Vandringsruten til fisken måtte derfor beregnes ved å benytte informasjon fra to eller flere av mottaksstasjonene (kfr. kap. 3.4.5). I enkelte tilfelle ble vandringsruten bestemt ved hjelp av en radiomottaker i kombinasjon med signalstyrke (kfr. kommentarer i vedlegg 1).



I perioden mellom 16. april og 8. mai ble ulike konfigurasjoner på SRX 400 prøvd både ved inntaket og ved utløpet fra stasjonen. Begge steder ble følsomheten satt så høyt som mulig og støyskjermingen regulert på følgende måte. A) Group size gir antall signaler som skal mottas med riktig tidsintervall, høyere group size gir bedre skjerming, men det tar lengre tid å registrere signaler fra radiosendere. Groupe size ble satt til 5 begge steder. B) Noise blank level angir hvor høyt over noisefloor et signal skal være før det registreres elektronisk. Vi brukte 42 og 24 på de ulike modellene. C) Variance angir hvor mye avvik vi tolererer på de signalene som er registrert (antall bestemt av groupe size). Vi opererte med et avvik på 3 ms. D) AGC (automatic gain control) betyr at loggestasjonen selv setter gain (følsomheten) på hver frekvens. Fordel er at utstyret tuner seg selv etter støynivået som blir registrert på frekvensen. Ulempen er at man mister kontroll over rekkevidden, så dette prosjektet ble gjennomført uten AGC på, dvs. kontinuerlig manuell overvåking og justering. E) Windows angir intervallet for tre ulike pulsrater som skal registreres, og signaler med andre pulsrater leses ikke til datalagret. Verdier som setter windows tilsvarer ikke ms så valgte verdier må testes på senderne slik at intervallene ikke settes slik at senderne ikke registreres (se avsnitt om radiosendere). Videre ble det på de stasjonene med flere antenner satt følsomhet for hver antenne basert på hvor det ble registrert støy og styrken på støysignalene. Radiomottakeren registrer gjennomsnittlig signalstyrke på de signalene som detekteres. Slik kan svak støy fjernes ved å redusere følsomheten (gain) mens sterk støy må fjernes ved å kombinere de parameterne som er beskrevet ovenfor.

Ved inntaket på Bjørset og ved utløpet fra kraftstasjonen på Svorkmo ble det satt opp to antenner mens det på minstevannføringsstrekningen bare ble brukt en antenne. På Bjørset var den ene antennen rettet oppover, mens den andre var rettet nedover elven. På Svorkmo var den ene antennen rettet oppover elven mot minstevannføringsløpet mens den andre antennen var rettet mot utløpet fra kraftverket.

Radiologgestasjonen i minstevannføringsløpet ble satt opp med samme konfigurasjon som den ved inntaket. Samme konfigurasjon ble også benyttet ved munningen av elva. Denne stasjonen registrerte støy slik at det ikke var mulig og skille støy fra signaler med tilstrekkelig sikkerhet. Denne stasjonen ble derfor tatt ned 19. mai og benyttet som backup for den ved inntaket.

Fra 9. mai fram til 8. juni ble alle loggestasjonene tømt for data og sett til hver dag eller hver andre dag. Etter 8. juni fram til 22. juni ble groupe size i datalagret satt til 10 og senere 15 og loggestasjonene ble tatt ned den 22. juni. Data innsamlet denne perioden er gjennomsnittlige verdier for opp til 15 registreringer for hver frekvens og pulsrate. Fram til den 8. juni ble hver enkelt registrering angitt med signalstyrke.

### 3.4.8 Tolking av data

Ved inntaket til kraftverket ble en SRX400 montert med to antenner. Den ene antennen registrerte med høy følsomhet oppover elven, mens den andre antennen var rettet nedover elven. En merket smolt som vandret forbi skulle derfor ha følgende forløp: Først registrert svakt på antennen rettet oppover, så gradvis økende signalstyrke på denne antennen mens den starter å komme inn svakt på antennen som er rettet nedover. Når smolten står rett utenfor antennene skal den være like sterk på begge antenner. Hvis den vandrer videre nedover minstevannføringsløpet skulle den forsvinne fra antennen rettet oppover, gradvis bli svakere på antennen rettet nedover og etter hvert bli registrert på antennen i minstevannføringsløpet. Enkelte smolt fikk denne signaturen, men enkelte smolt som vandret inn i tunnelen fikk en lignende signatur på grunn av den skjermingen som betongfundamentet under veien gav. Disse ble imidlertid ikke registrert på loggeren i minstevannføringsløpet. Sikker identifisering av vandringsvei var derfor avhengig av at fisken ble registrert på loggeren i minstevannføringsløpet eller på loggeren på Svorkmo på den antennen som var rettet mot utløpskanalen fra kraftverket. Enkelte sendere ble liggende i utløpskanalen fra kraftverket. Det tyder på at smolten har blitt drept på sin vandring gjennom tunnelen.

Det viste seg at loggeren i minstevannføringsløpet i enkelte perioder kunne plukke opp sendere helt oppe ved dammen, men kun med lav signalstyrke. Følsomheten på loggeren i minstevannføringsløpet ble derfor senket noe etter at vårflommen var over, og signalstyrken ble benyttet til å fastlegge vandringsruten hos smolten, dvs. at fisken passerte ned minstevannføringsløpet.

På denne bakgrunn har vi tolket den enkelte smolts vandringsvei til kategoriene: 1: Gjennom kraftverket, 2: Gjennom minstevannføringsløpet, 3: Usikker vandringsvei (vedlegg 1) på følgende måte:

1. Alle som ble registrert på loggeren ved inntaket ved Bjørset og som ikke ble registrert på loggeren i minstevannføringsløpet, men som ble registrert på loggeren ved kraftverksutløpet på Svorkmo, har vandret ned gjennom kraftverket (kategori 1). Også smolt som ble registrert med sterke signaler på begge antennene ved innløpet og raskt forsvant uten å bli registrert i minstevannføringsløpet er satt til kategori 1 sammen med smolt (sendere) som ble liggende på samme sted i utløpskanalen (antatt drept i turbinen).

2. Alle som ble registrert på loggeren ved inntaket ved Bjørset og som ble registrert på loggeren i minstevannføringsløpet med høy signalstyrke (mer enn 100), har vandret ned gjennom minstevannføringsløpet (kategori 2).

3. All merket smolt som ikke ble registrert eller hadde registreringer som ikke klart viste vandringsrute, ble plassert i kategori 3. Antallet i denne gruppen var som forventet.

### 3.5 Undersøkelser av voksen laks

Antall gytefisk ble talt med elektronisk fisketeller (Logieteller). Fisketelleren er plassert på Bjørset på inntaksdammen til Svorkmo kraftverk. Tellingene pågår i mai, juni, juli, august og september måned i den perioden fisken vandrer opp i elva for å gyte. Som kontroll av fisketelleren er det benyttet video-analyse. Det ble gjennomført videoovervåking på Bjørsetdammen samtidig med Logietellingen. Videoovervåkingen av elektroden til Logietelleren ble utført med fire kamera. Hvert kamera dekker 6 meter og var plassert på brua over elektroden. Videoanalysen ble konsentrert til perioder med gode siktforhold. Det er ulike typer hendelser (situasjoner) som kan oppstå ved sammenligning av resultatene fra Logietelleren og videoopptak (**Tabell 3.5.1**).

Det var betydelige forskjeller mellom tellingene og videoovervåkingen de fleste årene (**tabell 3.5.2**). Det ble registrert overestimering i Logietellingene i 2008, 2009 og 2010 med 19 til 23 % i forhold til videoanalysen. I 2007 var det imidlertid likt resultat i de periodene som ble undersøkt. Tellingene i 2011 avviker mest og her har trolig skader på elektroden betydning for resultatet. Det er imidlertid vanskelig å skjønne at vi skulle få en underestimering av antall oppvandrende fisk i 2011, siden det ble talt et høyt antall fisk opp og fisket ikke var spesielt godt (**tabell 3.5.2**).

Vi har imidlertid valgt å benytte en korreksjonsfaktor for tellingene, den samme som er benyttet i perioden 1994 til 2002 (Hvidsten et al. 2004). Dette fordi det er vanskelig å vite hvor representativ videoovervåkingen er for hele innsamlingsperioden. Dette fordi det er kontrollert et fåtall laks hvert år (**tabell 3.5.2**). Samtidig har det ikke blitt foretatt endringer i konfigurasjonen av Logietelleren i perioden som kan forklare variasjonen. Korreksjonsfaktoren korrigerer telleresultatet med fra -1 til 10,5 % i forhold til videoanalysen (**tabell 3.5.2**). Vi oppnår med fast korreksjonsfaktor at telleresultatet blir enhetlig i form av en standard i hele måleserien.

**Tabell 3.5.1** Mulige hendelser der det enten er avvik eller samsvar mellom videokontroll og Logieteller (etter Strand og Lamberg 2011).

Hendelse nr.	Logieteller registrerer	Videoopptak viser
1	Fisk opp	Fisk vandrer opp
2	Fisk opp	Ingen fisk opp
3	Fisk ned	Fisk vandrer ned
4	Fisk ned	Ingen fisk ned
5	Fisk opp	Fisk vandrer ned
6	Fisk ned	Fisk vandrer opp
7	Ingen registrering	Fisk vandrer opp
8	Ingen registrering	Fisk vandrer ned
9	En fisk opp	To eller flere opp
10	En fisk ned	To eller flere ned
11	Fisk opp	Fisk opp og ned
12	Fisk ned	Fisk opp og ned
13	Fisk opp	Fisk ned og opp
14	Fisk ned	Fisk ned og opp
15	Event	Ingen passering
16	Event	Fisk passerer

**Tabell 3.5.2** Sammenstilling av resultatene fra video- og Logieteller. Avvik mellom tellemetodene og hvor mye en tidligere utarbeidet korreksjonsfaktor bidrar til å justere avviket i resultatet oppnådd med Logietelleren. Tabellen er etter Strand & Lamberg (2008, 2009, 2011, 2012).

År	2007	2008	2009	2010	2011
	(21.6-26.6)	(7.-11.6)	(26.6-6.7)	(15.6-17.8)	(9.6-30.7)
Video opp	60 (45)*	61	190	127	196
Video ned	17 (8)	10	89	26	46
Logie opp	51 (43)	75	202	136	118
Logie ned	9 (5)	9	41	12	15
Netto opp Video	43 (37)	51	101	101	150
Netto opp Logie	42 (38)	66	161	124	103
Differanse (antall)	-1 (1)	15	60	23	47
Differanse (%)	-2,4	22,7	37,3	18,6	-45,6
Korreksjonsfaktor (%)	-5,2	-2,3	-1	-3,7	-10,6

\*Gjelder antall talte laks

Orkla fellesforvaltning samler inn fangststatistikk over kvantum oppfisket laks og sjøaure. Differansen mellom antall oppvandrende laks og antall oppfiskete laks gir antall gytefisk. Fangstopplysningene fra fiskerne gir opplysning om kjønns- og størrelsesfordeling av laksen. På grunnlag av disse opplysningene blir antall rognkorn som er lagt i elva beregnet.

Skjellprøvene benyttes også til å analysere livshistorien til laksen.

## 4 Resultater

### 4.1 Bonitering på strekningen mellom Stoin og Brattset

Det totale arealet på den undersøkte strekningen ble beregnet til 161 600 m<sup>2</sup>. Høl (dype stilleflytende områder) utgjorde 57 % av arealet mens stryk utgjorde 33 % ved den vannføringen som var under kartleggingen (**figur 4.1.1**).

Stor stein og blokk ble vurdert som dominerende substrat på 90 % av arealet mens 6 % av arealet var dominert av stein (**figur 4.1.2**). Sand, silt og fin grus (partikkelstørrelse < 2 cm) ble vurdert som vanlig substrat på omlag 20 % av arealet. Områder med denne typen substrat vil vanligvis ha lite hulrom og dermed være mindre egnet som leveområder for større fiskunger. Vurdering av dominerende og vanlig substrat i de dype områdene er gjort med utgangspunkt i det som kan ses fra land. Det er derfor ikke usannsynlig at innslaget av finkornet substrat kan være en god del større enn kartleggingen tilsier i de dypere delene av elva hvor det ikke er mulig å vurdere bunnen fra land.

Stein (partikkelstørrelse 10-25 cm) ble vurdert å være vanlig substrat på omlag 60 % av arealet, mens grov grus og små stein (partikkelstørrelse 2-10 cm - normal gytesubstrat for laks) ble vurdert å være vanlig substrat på omlag 20 % av arealet (**figur 4.1.2**).

Graden av begroing i øvre deler av Orkla er basert på visuell registrering og begrenser seg til makroalger, alger som er synlige grønne eller gulbrune algetråder i elveleiet. Øvre del av Orkla kan karakteriseres som relativt næringsfattig (oligotrof). De mest dominerende algartene er *Zygnema* - algesamfunn som dannes i næringsfattige vassdrag (Israelson 1949).

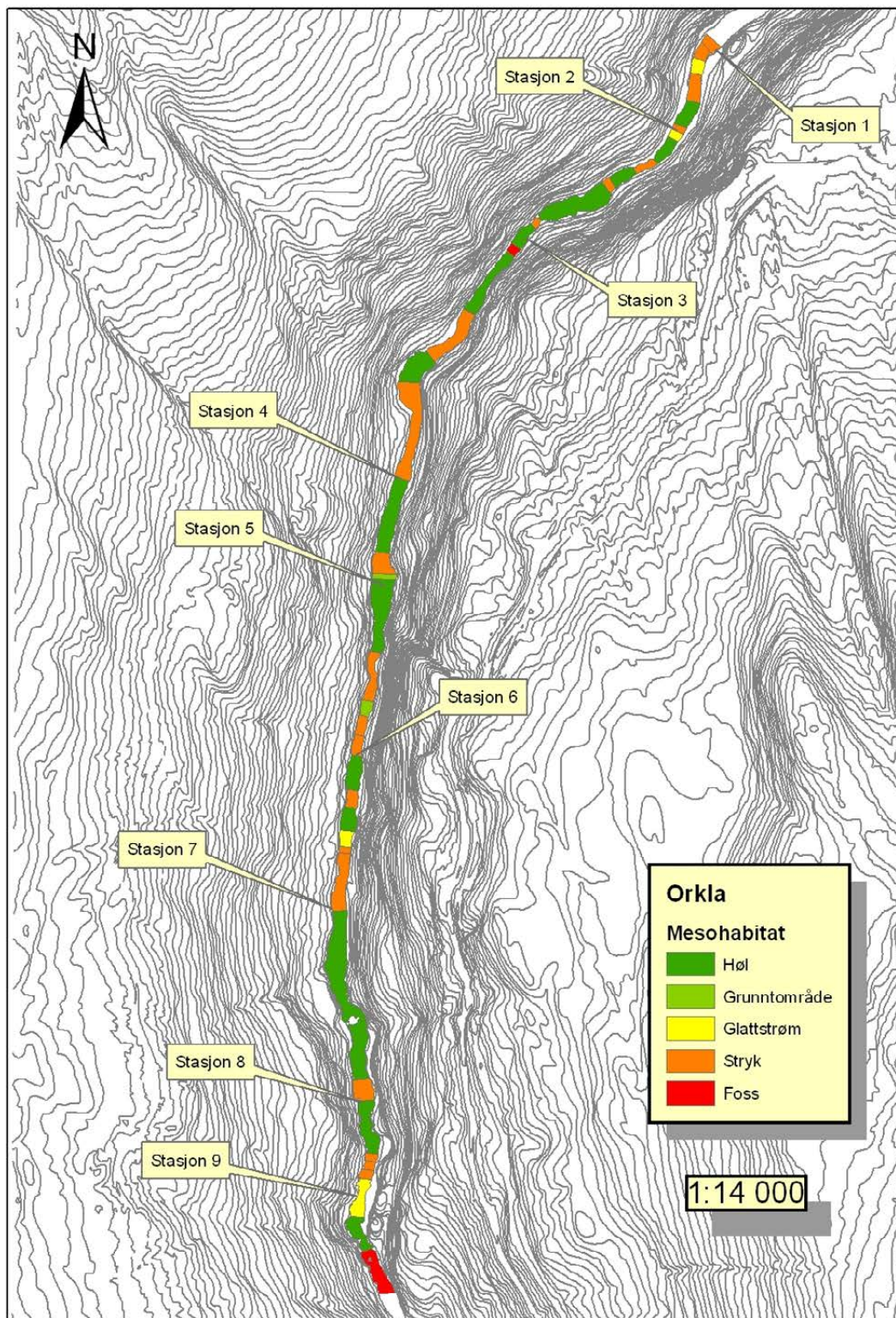
I de tre områdene hvor det ble gjennomført omfattende skjulmålinger (20 kvadrater på hvert område) var den gjennomsnittlige vektete skjulkapasiteten ( $\pm$  SD) 6,0 ( $\pm$  3,6), 5,2 ( $\pm$  3,9) og 7,8 ( $\pm$  4,0) for henholdsvis stasjon 1, stasjon 5 og stasjon 8 i 2008.

I 2011 var den gjennomsnittlige vektete skjulkapasiteten på disse tre områdene 5,7 ( $\pm$  4,5), 4,8 ( $\pm$  3,3) og 5,5 ( $\pm$  2,4) for henholdsvis stasjon 1, stasjon 5 og stasjon 8. Det var ingen signifikant forskjell i veid skjulkapasitet mellom 2008 og 2011 for stasjon 1 og stasjon 5 (t-tester,  $t_{38} = 0,35$ ;  $p = 0,7$ ). For stasjon 8 var imidlertid veid skjulkapasitet i 2011 signifikant lavere enn i 2008 (t-test:  $t_{38} = 2,23$ ;  $p = 0,032$ ). Dette kan tyde på skjulkapasiteten på stasjon 8 har blitt noe redusert i løpet av disse tre årene.

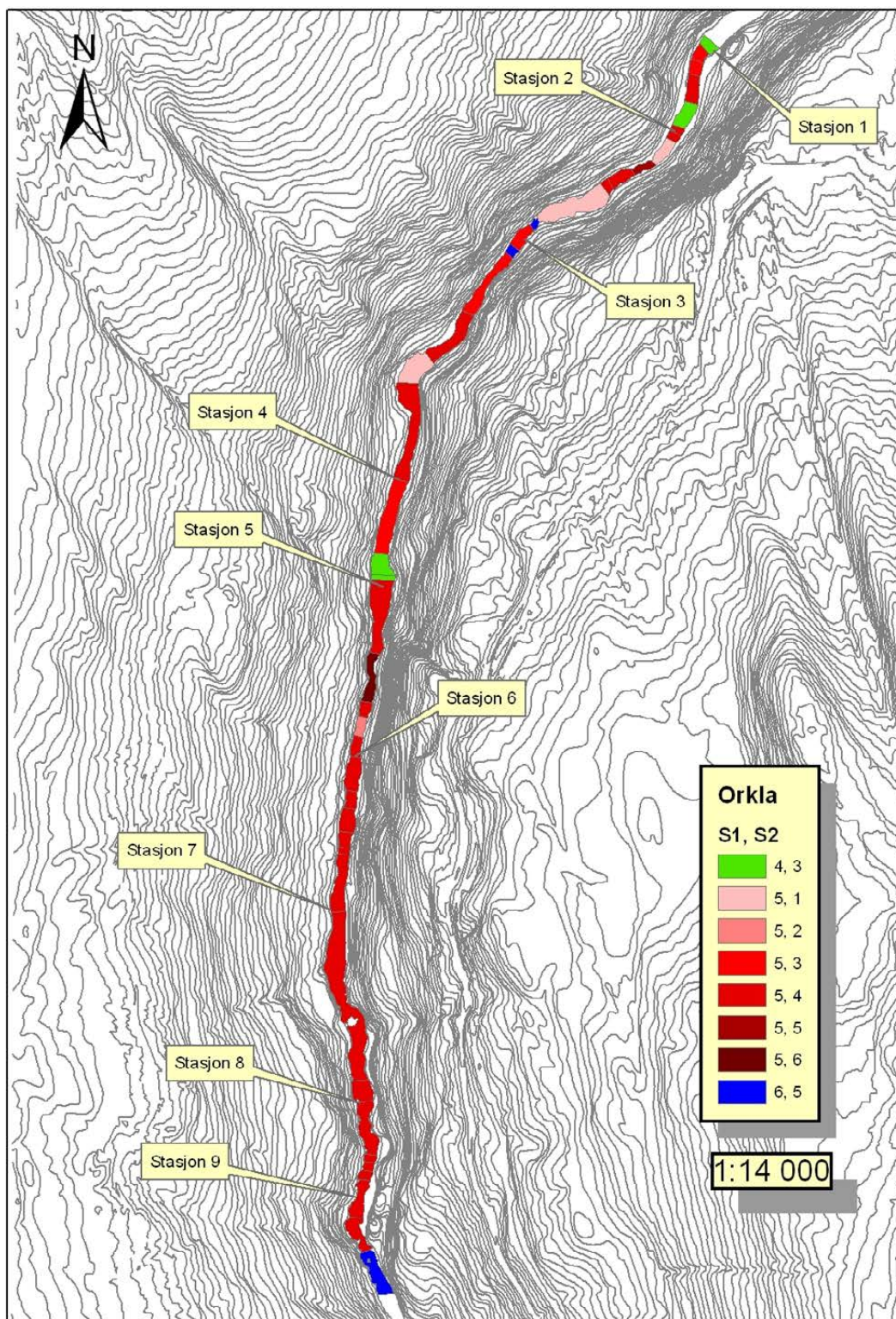
På de tre øverste elfiskestasjonene (stasjon 7, 8 og 9: totalt 9 kvadrater) var den gjennomsnittlige skjulkapasiteten 11,8 ( $\pm$  3,5), mens på de tre stasjonene i de nedre deler av strekningen (stasjon 2, 3 og 4: totalt 9 kvadrater) var den gjennomsnittlige skjulkapasiteten 6,1 ( $\pm$  4,2).

Basert på fordelingen av skjulmålinger i Kvina klassifiserte Bremset et al. (2007) vektet skjul ( $S_v$ ) til klassene lite skjul (< 5), middels skjul (5-10) og mye skjul (> 10). Ut fra denne klassifiseringen hadde de tre hovedområdene (st. 1, 5 og 8) for skjulmålinger i Orkla en middels skjulkapasitet.

Samlet sett tyder den fysiske kartleggingen på at strekningen mellom Stoin og Brattset har store områder med brukbare habitatforhold for større laksunger.



**Figur 4.1.1.** Elvetyper (mesohabitat) på strekningen fra Stoin til Brattset basert på en vurdering av dyp, vannhastigheter, overflatebølger og gradient. Elvestrekningen er inndelt i fem kategorier, som beskrevet i kapittel 3.1. Stasjon 1-9 er elfiskestasjoner, stasjon 1 ligger nederst rett ovenfor Brattset kraftverk, mens stasjon 9 ligger øverst rett nedenfor Stoin.



**Figur 4.1.2.** Dominerende (1) og vanlig (subdominerende) (2) bunnsbstrat innen elvetyper (se figur 4.1.1) på strekningen fra Stoin til Brattset. Inndelingen i substrat er som beskrevet i kap. 3.1. De grønne feltene betyr for eksempel at 4) Stein er dominerende og 3) Grov grus og småstein er vanlig (subdominerende) bunnsbstrat.

## 4.2 Ungfiskundersøkelser mellom Stoin og Brattset

### 4.2.1 Forekomst og tetthet av laks- og aureunger

I årene 2008 - 2011 ble det undersøkt tetthet på 9 ulike elfiskestasjoner og på tre av stasjonene ble det fisket tre omganger (**figur 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 og tabell 4.2.1 - 4.2.4**).

Tettheten av laks større enn årsyngel var god. Tettheten varierte på de ulike stasjonene mellom år og innen år (**figur 4.2.1**). Variasjonene i tetthet mellom stasjoner i 2011 var fra 12 til 97 fisk pr 100 m<sup>2</sup> og med middelerverdier på 33,9 og 44,8 fisk per 100 m<sup>2</sup> henholdsvis på st. 1, 5 og 7 og st. 2, 3, 4, 6, 8 og 9 (**tabell 4.2.1 og 4.2.2**).

Tetthetene av større laksunger synes å være stigende oppover fra Brattset til Stoin (**figur 4.2.1**).

Det ble funnet årsyngel av laks på 7 av totalt 9 elfiskestasjoner i 2008 og 2009, på 8 stasjoner i 2010 og alle stasjoner i 2011 (**tabell 4.2.3 og 4.2.4 og figur 4.2.2**). Tettheten av årsyngel av laks varierte mellom ingen og 261 per 100 m<sup>2</sup> med gjennomsnittsverdier mellom 34 og 147 per 100 m<sup>2</sup>.

På stasjonene 2, 4 og 6 ble det ikke registrert årsyngel hvert år. På st. 2 ble det ikke registrert 0+ i 2008 og 2009, mens på st. 4 manglet årsyngel i 2009. St 6 manglet årsyngel i 2008 og 2010.

Aureunger større enn årsyngel hadde overveiende lav tetthet og i noen tilfeller ble det ikke registrert aure i det hele (**figur 4.2.3**). Det ble registrert gjennomgående høyere verdier enn gjennomsnittet i 2008. Tettheten av aure større enn årsyngel ble estimert til å være fra 1,2 til 15,6 per 100 m<sup>2</sup> i 2011, med middelerverdier fra 4,1 til 10,4 (**tabell 4.2.1 og 4.2.2**).

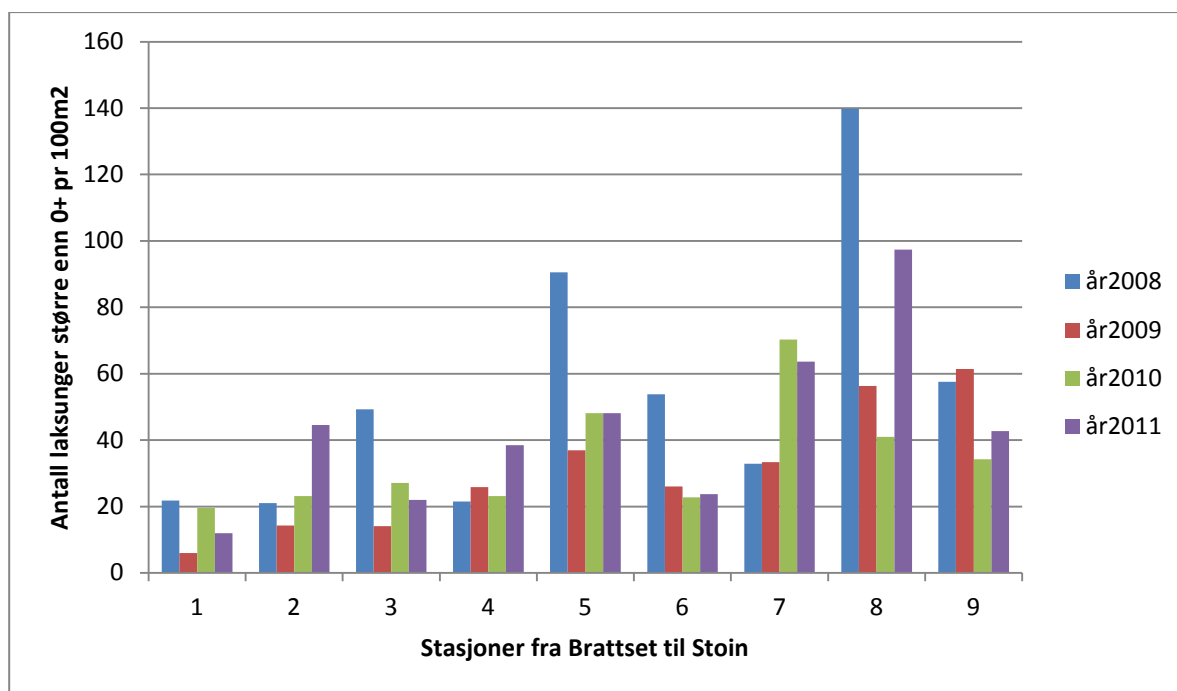
Tettheten av årsyngel av aure varierte mellom ingen og 28,4, mens gjennomsnittsverdiene varierte mellom 7,2 og 12,2 per 100 m<sup>2</sup> (**tabell 4.2.3 og 4.2.4**).

**Tabell 4.2.1.** Tetthet av laks- og aureunger større enn årsyngel beregnet med Zippins metode ved tre elfiskeomganger på tre stasjoner på strekningen mellom Stoin og Brattset i 2011 ( $\pm 95\%$  C.I.). P = fangstsannsynlighet. Gjennomsnittlig fangstsannsynlighet er vist for laksunger. Det var ikke mulig å beregne fangstsannsynlighet for aureunger, men den er antatt lik 0,50.

Art/stasjon	Areal	1. omgang	2. omgang	3. omgang	Sum	Tetthet per 100 m <sup>2</sup>	P
<b>Laks</b>							
St 1	92	9	2	0	11	12,0 $\pm$ 0,5	0,84
St 5	40	9	4	3	16	48,1 $\pm$ 21,3	0,45
St 7	69	24	9	4	37	57,2 $\pm$ 7,2	0,60
St 1, 5, 7	201					39,1	0,63
<b>Aure</b>							
St 1	92	0	1	0	1	1,2	-
St 5	40	1	0	0	1	2,9	-
St 7	69	5	1	3	9	10,2	0,50
St 1, 5, 7	201					4,7	-

**Tabell 4.2.2.** Tetthet for laks- og aureunger større enn årsyngel beregnet på grunnlag av én elfiskeomgang og fangstsannsynligheten for st. 1, 5 og 7 ved 3 omganger elfiske i Orkla i 2011. Gjennomsnittlig fangstsannsynlighet etter 3 ganger elfiske på st. 1, 5 og 7 er benyttet for laks ( $P = 0,63$ ). For aure er det antatt en fangstsannsynlighet på 0,50.

Art/stasjon	Areal	Antall fisk	Tetthet per 100 m <sup>2</sup>
<b>Laks</b>			
St 2	76	22	45,9
St 3	42	6	22,7
St 4	60	15	39,7
St 6	26	4	24,4
St 8	30	19	100,5
St 9	36	10	44,1
St 2, 3, 4, 6, 8, 9	-	-	44,8
<b>Aure</b>			
St 2	76	5	13,2
St 3	42	1	4,7
St 4	60	1	3,3
St 6	26	3	23,1
St 8	30	1	6,7
St 9	36	2	11,1
St 2, 3, 4, 6, 8, 9	-	-	10,4



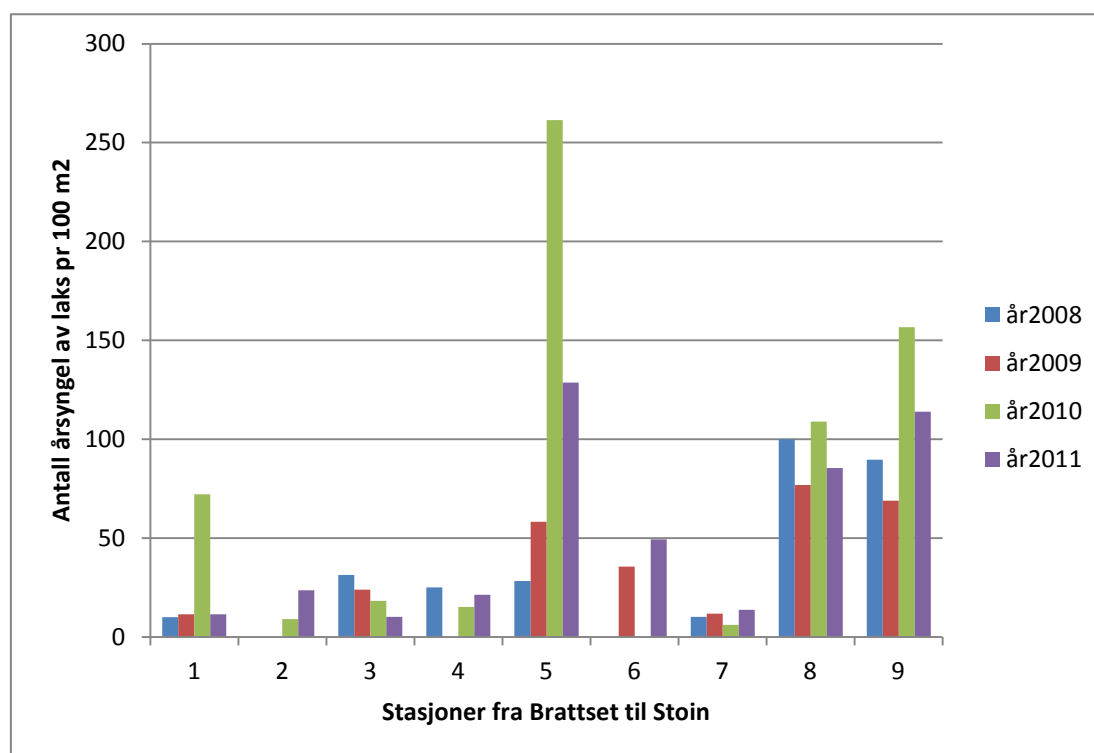
**Figur 4.2.1.** Tetthet av laksunger større enn årsyngel på 9 stasjoner på strekningen mellom Stoin og Brattset i 2008, 2009, 2010 og 2011.



**Tabell 4.2.3.** Tetthet beregnet med Zippins metode for årsyngel av laks- og aureunger ved tre elfiskeomganger i Orkla 2011. Gjennomsnittlig fangstsannsynlighet er beregnet for årsyngel av laks- og aureunger.

Art/stasjon	Areal	1. omgang	2. omgang	3. omgang	Sum	Tetthet per 100 m <sup>2</sup>	P
<b>Laks</b>							
St 1	92	4	3	3	10	11,4*	0,50
St 5	40	16	10	8	34	128,6 ± 87,8	0,30
St 7	69	5	4	3	12	13,7*	0,50
St 1, 5, 7	201	25	17	14	56	47,0 ± 32,8	0,26
<b>Aure</b>							
St 1	92	2	5	0	7	10,4 ± 11,4	0,36
St 5	40	4	4	1	9	28,4 ± 21,0	0,41
St 7	69	1	2	0	3	5,5 ± 7,0	0,41
St 1, 5, 7	201	7	11	1	19	12,2 ± 6,9	0,39

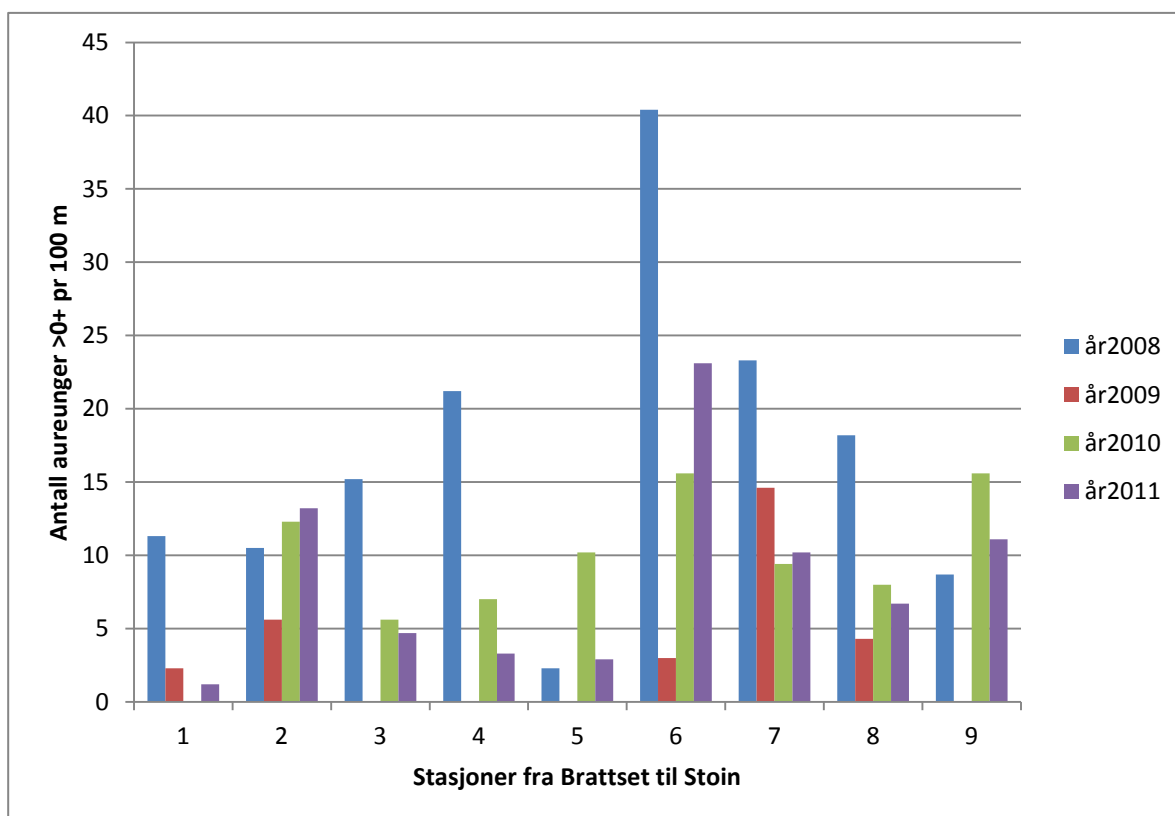
\*Zippinestimat ikke mulig, antall fangete ble benyttet og antatt p = 0,50



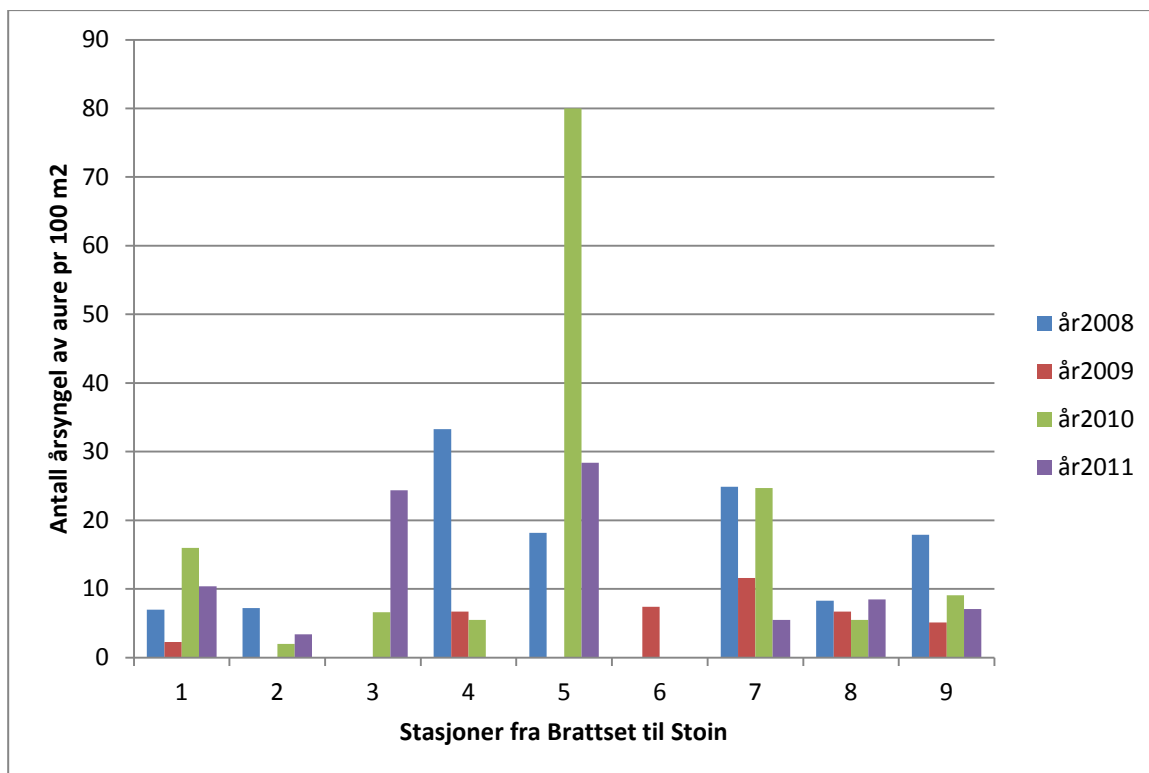
**Figur 4.2.2.** Tetthet av årsyngel av laks beregnet på grunnlag av én elfiskeomgang og fangstsannsynligheten for st. 1, st. 5 og st. 7 ved 3 omganger elfiske for årsyngel av laks i Orkla i 2008, 2009, 2010 og 2011.

**Tabell 4.2.4.** Tetthet av årsyngel beregnet på grunnlag av én elfiskeomgang og fangstsannsynligheten for st. 1, st. 5 og st. 7 ved 3 omganger elfiske for laks og aure i Orkla i 2011 ( $P = 0,26$  for laks og  $P = 0,39$  for aure).

Art/stasjon	Areal	Antall fisk	Tetthet per 100 m <sup>2</sup>
<b>Laks</b>			
St 2	76	7	35,4
St 3	42	3	27,5
St 4	60	5	32,1
St 6	26	5	73,9
St 8	30	10	128,2
St 9	36	16	170,9
St 2, 3, 4, 6, 8, 9			78,0
<b>Aure</b>			
St 2	76	1	3,4
St 3	42	4	24,4
St 4	60	0	0
St 6	26	0	0
St 8	30	1	8,5
St 9	36	1	7,1
St 2, 3, 4, 6, 8, 9			7,2



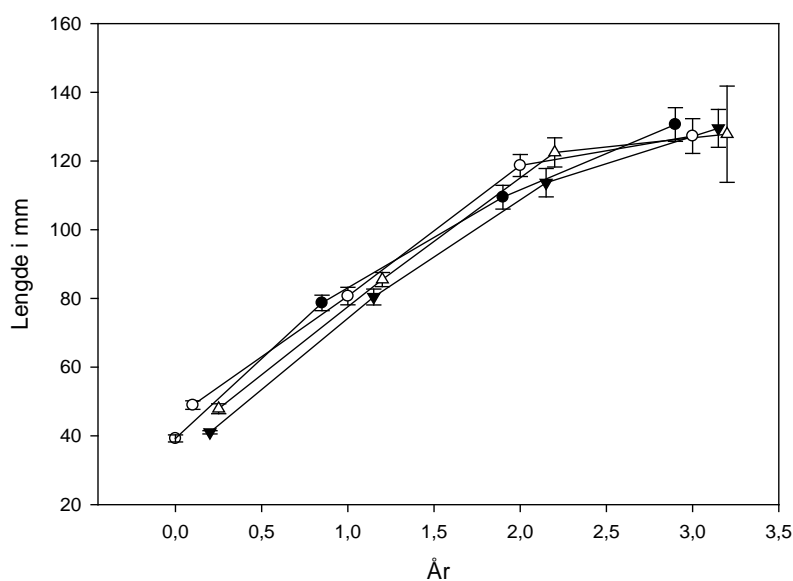
**Figur 4.2.3.** Tetthet for aureunger større enn årsyngel beregnet på grunnlag av én elfiskeomgang og fangstsannsynligheten fra st. 1, st. 5 og st. 7 ved 3 omganger i Orkla i 2008, 2009, 2010 og 2011.



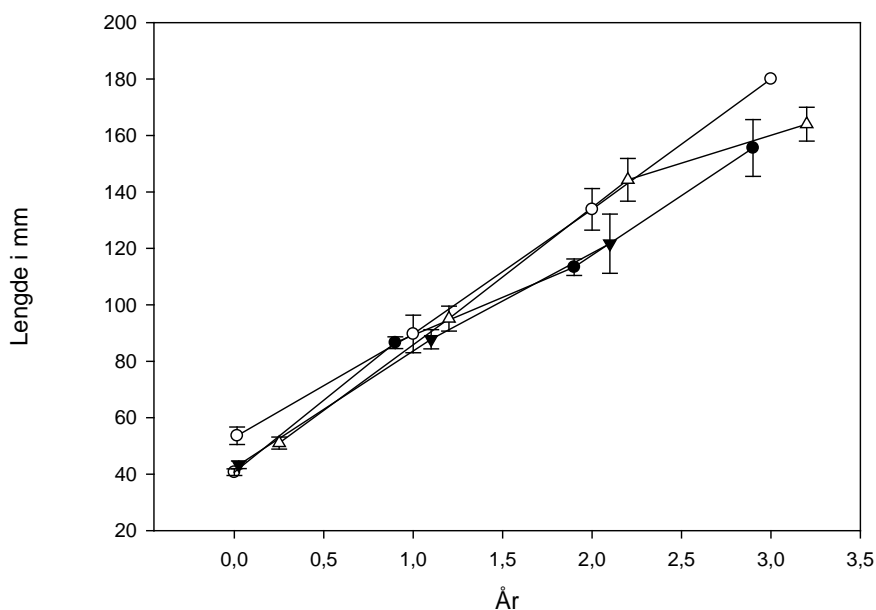
**Figur 4.2.4.** Tetthet av årsyngel av aure beregnet på grunnlag av én elfiskeomgang og fangst-sannsynligheten for s.t 1, st. 5 og st. 7 ved 3 omganger elfiske for årsyngel av laks i Orkla i 2008, 2009, 2010 og 2011.

#### 4.2.2 Alderssammensetning og vekst hos laks- og aureunger

Ungfisken besto av laks- og aureunger av alle årsklasser til og med tre åringer, i tillegg var det innslag av fireårig aure. Veksten hos laks- og aureunger var god med liten forskjell mellom år (figur 4.2.2.1 og 4.2.2.2). Veksten hos laksungene tilsier at de går ut som smolt som treåringer og eldre.



**Figur 4.2.2.1.** Lengde ved alder (0+ til 3+)(c.i.= 0,95) hos laksunger fanget på strekningen Stoin til Brattset i Orkla høsten 2008 (●), 2009 (○), 2010 (▼) og 2011 (△).

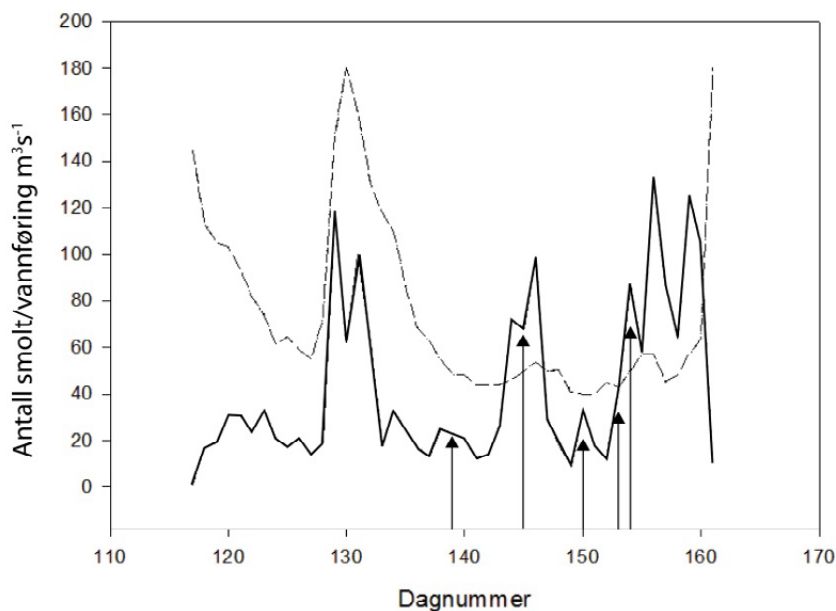


**Figur 4.2.2.2.** Lengde ved alder (0+ til 3+) (c.i. = 0,95) hos aureunger fanget på strekningen Stoin til Brattset i Orkla høsten 2008 (●), 2009 (○), 2010 (▼) og 2011 (Δ).

### 4.3 Smoltproduksjonsundersøkelser

#### 4.3.1 Fangst av smolt på utvandring

Smoltutgangen skjer i forbindelse med øking i vannføring (**figur 4.3.1**) (Hvidsten et al. 1995).



**Figur 4.3.1.** Smoltutvandring i Orkla i 2011, dag nr 120 er 30. april. Heltrukken kurve viser antall smolt og stiplet kurve viser vannføringen angitt som døgnmidler ved Syrstad i Meldal. Utsettingsdato for ulike grupper av radiomerket smolt er vist med piler ved aktuelt dagnummer.

Smoltutvandringen i Orkla pågår normalt i fra første uka i mai til og med første uka av juni. Smoltutvandringen skjer i utvandringstopper slik som vist for smoltutgangen i 2011 hvor det var tre utvandringstopper. Det var små vannføringsøkninger under de to siste smoltutvandringstoppe.

Smoltalderen hos laks varierte i perioden 2004 til 2011 mellom 3,1 og 3,8 år. Gjennomsnittsalderen for laksesmolten var 3,6 år i perioden 2007 til 2011 (**tabell 4.3.1.1**). Alderen hos auremolten varierte mellom 2,6 og 3,0 år i perioden 2007 til 2011. Gjennomsnittsalderen var 2,8 år i den samme perioden.

**Tabell 4.3.1.1** Smoltalder hos utvandrende aure- og laksunger i Orkla i perioden 2007 til 2011.

År	Smoltalder for laks	Smoltalder for aure
2007	3,73 ± 0,04	2,73 ± 0,14
2008	3,83 ± 0,04	2,80 ± 0,10
2009	3,67 ± 0,05	2,74 ± 0,20
2010	3,27 ± 0,05	2,64 ± 0,06
2011	3,71 ± 0,06	2,84 ± 0,19

Smoltutvandringa i Orkla har variert fra 10/5 til 5/6 målt som de første 25 og de første 75 % av den nedvandrende smolten i perioden 2007 til 2011. Median utvandringstid for de første 50 % av smolten var 22. mai i denne perioden (**tabell 4.3.1.2**).

**Tabell 4.3.1.2.** Utvandringsdato for de første 25 %, de første 50 % og de første 75 % av utvandrende smolt for hvert år i perioden 2007 til 2011. Median utvandringstid for hele denne perioden er også angitt.

År	25 % utvandring	50 % utvandring	75 % utvandring
2007	10/5	20/5	24/5
2008	10/5	24/5	29/5
2009	12/5	22/5	27/5
2010	15/5	21/5	31/5
2011	11/5	25/5	5/6
Median	11/5	22/5	29/5

### 4.3.2 Smoltproduksjon

Den estimerte smoltproduksjonen i perioden 2007-2011 varierte fra 3,4 til 7,2 per 100 m<sup>2</sup>, med et gjennomsnitt på 5,3 individ per 100 m<sup>2</sup> (**tabell 4.3.2**). Konfidensintervallene til de ulike estimatene disse årene overlapper, slik at det ikke er grunnlag for å hevde at noen av estimatene er signifikant forskjellig fra hverandre. Estimaten i 2009 og 2010 var de to laveste i hele tidsperioden det har vært gjennomført estimater av smoltproduksjonen i Orkla (**figur 4.3.2.1**).

Den estimerte smoltproduksjonen i perioden 1983-2006 varierte fra 4,0 til 10,8 per 100 m<sup>2</sup> med et gjennomsnitt på 6,2 smolt per 100 m<sup>2</sup>. Det var ingen signifikant forskjell på den estimerte smoltproduksjonen i de to tidsperiodene (t-test, p = 0,22).

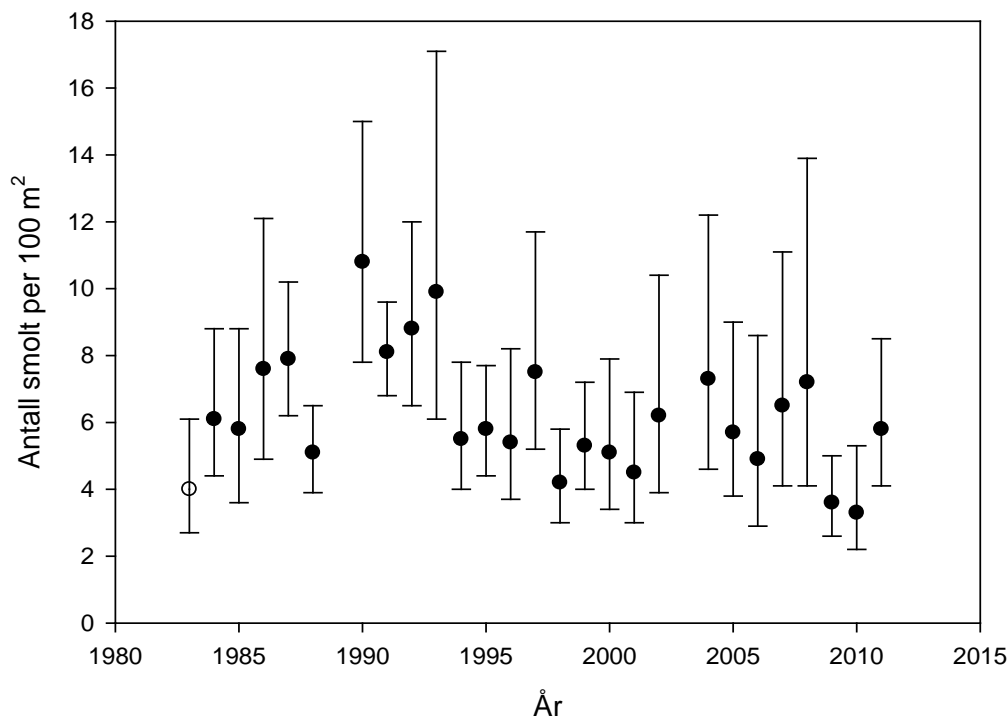
Undersøkellesperioden sett under ett var det ingen signifikant tidstrend i den estimerte smoltproduksjonen (regresjon med år som forklaringsvariabel: n = 27, R<sup>2</sup> = 0,10, p = 0,09; regresjon

med år og år<sup>2</sup> som forklaringsvariabel:  $n = 27$ ,  $R^2 = 0,18$ ;  $p = 0,09$ ). Utviklingen i løpet av undersøkelsesperioden tyder imidlertid på at smoltproduksjonen økte de første årene etter at reguleringen ble satt i verk og at produksjonen var på det høyeste på starten av 1990-tallet (**Figur 4.3.2.1**). De fire høyeste estimatene for smoltproduksjonen (8,1 – 10,8 smolt per 100 m<sup>2</sup>) forekom i årene 1990 -1993.

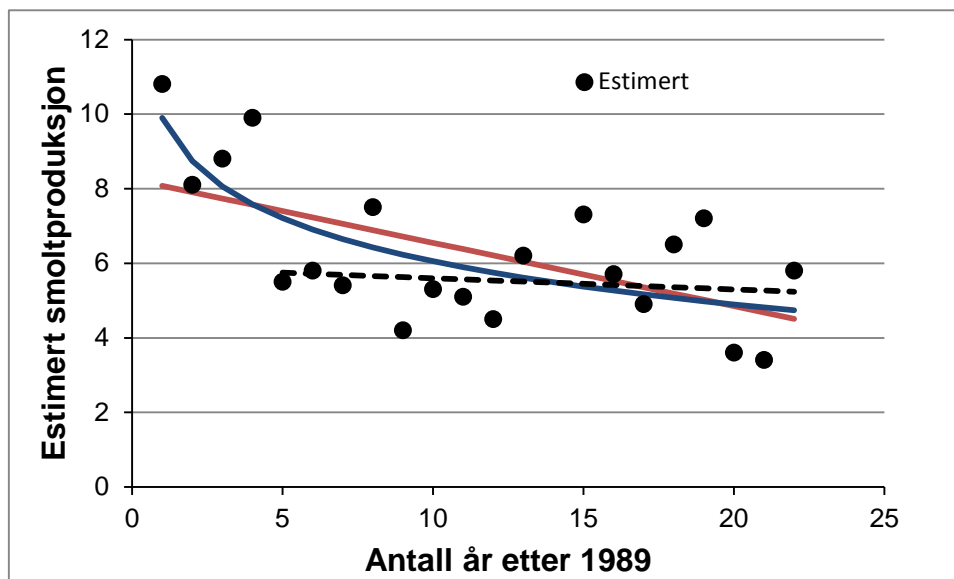
**Tabell 4.3.2.** Oversikt over estimatene for produksjon av smolt i Orkla ovenfor Meldal bru i perioden 2007- 2011. Total smoltproduksjon og samme estimat omregnet til arealenhet og 95 % konfidensintervall er gitt.

År	Antall smolt	Antall pr. 100 m <sup>2</sup>	95 % k.i.
2007	195 936	6,5	4,1 – 11,1
2008	215 175	7,2	4,1 – 13,9
2009	107 413	3,6	2,6 – 5,0
2010	100 725	3,4	2,2 – 5,3
2011	172 935	5,8	4,1 – 8,5

Fra og med 1990 har det vært en signifikant negativ utvikling i den estimerte smoltproduksjonen (**figur 4.3.2.2**) og denne negative utviklingen kan best beskrives med en kurvilineær funksjon hvor produksjonen avtar sakte de seneste årene. Hvis vi imidlertid ser bort i fra estimatene i 1990-1993 (de fire årene med de høyeste estimatene) har det ikke vært noen signifikant endring i estimert smoltproduksjon de siste 18 årene (fra 1994-2011; regresjon  $n = 17$ ,  $R^2 = 0,018$ ,  $p = 0,60$ ). Gjennomsnittlig estimert smoltproduksjon i disse årene har vært 5,5 smolt per 100 m<sup>2</sup>. Dette tyder på at smoltproduksjonen i Orkla har vært rimelig stabil de siste 18 årene, og det er ingenting som tyder på at produksjonen har vært avtakende i denne perioden.



**Figur 4.3.2.1.** Produksjonen av smolt i Orkla per 100 m<sup>2</sup> ovenfor Meldal bru i perioden 1983 til og med 2011 med unntak av 1989 og 2003 (se forklaring i teksten).



**Figur 4.3.2.2.** Utvikling i estimert smoltproduksjon ( $S$ ) i Orkla fra 1990 til 2011 som en funksjon av antall år etter 1989 ( $Y$ ). Rød heltrukken linje:  $S = 8,25 - 0,17Y$  ( $R^2 = 0,35$ ,  $p = 0,005$ ). Blå heltrukken linje:  $S = 9,9 - 1,67 \cdot \ln(Y)$  ( $R^2 = 0,51$ ,  $p < 0,001$ ). Svart stiplet linje angir lineær trendlinje for årene 1994-2011 ( $R^2 = 0,02$ ,  $p = 0,60$ ).

### 4.3.3 Smoltproduksjon relatert til miljøvariabler

Ved tidligere analyser av smoltproduksjonsestimatene i Orkla har utviklingen i smoltproduksjon blitt undersøkt ved flere ulike regresjonsmodeller (Hvidsten et al. 2004). 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 den estimerte smoltproduksjonen (Hvidsten et al. 2004). 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 tre siste vintrene før smoltutgangen sammen til en indeks (se Hvidsten et al. 2004 for nærmere detaljer). Indeksen kommer fram ved at en beregner gjennomsnittlig minstevannføring i hele undersøkelsesperioden. Deretter beregnes årlig minstevannføring i forhold til gjennomsnittsvannføringen. Dette er en relativ verdi i forhold til de andre åra i perioden. Vannføringsindeksen kommer fram ved at vannføringen ses på som en sannsynlighet for overlevelse. Overlevelsen til laksungene som gikk ut som smolt i 1983 kan for eksempel være avhengig av vintervannføringen både i 1981, 1982 og 1983. Derfor er den relative vintervannføringen multiplisert med hverandre for disse årene, til en vintervannføringsindeks for smoltårsklassen 1983. Dersom vannføringen har vært liten i hele oppholdsperioden for smolten, vil sannsynligheten for overlevelse være mindre. Motsatt vil stor verdi for vannføringsindeksen angi større sannsynlighet for overlevelse.

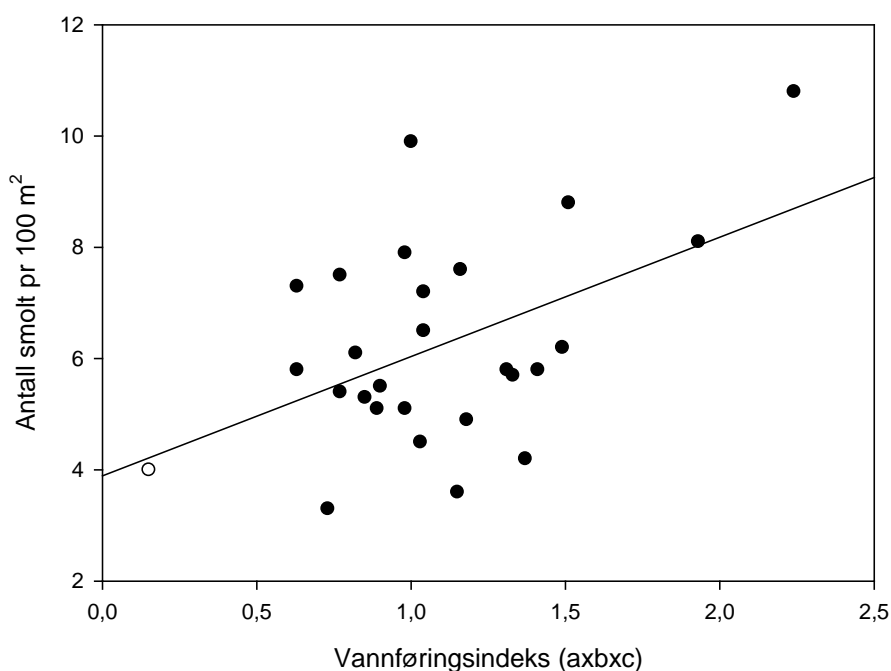
I perioden 1983-2011 har det vært positiv sammenheng mellom denne vannføringsindeksen og den estimerte smoltproduksjonen (**figur 4.3.3.1**) og smoltproduksjonen ( $S$ ) kan beskrives ved hjelp av vannføringsindeksen ( $V_1$ ) ved følgende likning:

$$S = 4,09 + 1,88 \cdot V_1 \quad (n = 27, R^2 = 0,38, p = 0,001)$$

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 ana-

lysen er det en sterk sammenheng mellom smoltproduksjonen og vannføringsindeksen ( $n = 25$ ,  $R^2 = 0,39$ ,  $p = 0,001$ ).

Sammenhengen mellom minste vintervannføring og smoltproduksjonen er rimelig 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 ( $n = 27$ ,  $R^2 = 0,33$ ,  $p = 0,002$ ), men noe sterkere for analysen uten smoltårsklassene 1983 og 1984 ( $n = 25$ ,  $R^2 = 0,42$ ,  $p < 0,001$ ), enn ved bruk av vannføringsindeksen. Hvis en i stedet for minste observerte døgnmiddelvannføring om vinteren bruker laveste 7-døgnmiddel for vinteren avtar forklaringsgraden, men sammenhengene er likevel signifikante (totalmaterialet:  $n = 27$ ,  $R^2 = 0,19$ ,  $p = 0,022$ ; uten smoltårsklassene 1983 og 1984;  $n = 25$ ,  $R^2 = 0,19$ ,  $p = 0,031$ ). Dette kan tyde på at flaskehalsene for fiskeproduksjon med hensyn på vintervannføring er påvirket av prosesser av kortere varighet enn en uke.



**Figur 4.3.3.1.** Sammenheng mellom minstevannføring (gitt som en vannføringsindeks  $I_V$ ) og smoltproduksjon i antall per 100 m<sup>2</sup> i Orkla 1983-2011 (unntatt 1989 og 2003).

Reguleringen av Orkla har også ført til andre miljøendringer som kan ha betydning for smoltproduksjonen. Ved forrige rapportering av dataene omkring sammenhenger mellom smoltproduksjonen i Orkla og ulike omgivelsesvariabler ble det gjennomført en analyse som viste at minste vintervannføring, fosfornivå i vannprøver, smoltalder og eggdeponeringen bidro til å forklare variasjonen i smoltproduksjon i perioden 1983-2002 (Hvidsten et al. 2004). Da vi mangler analyser av fosforinnhold i vannprøver i tre år (2005-2007) lot det seg ikke gjøre å gjennomføre en tilsvarende analyse for hele tidsperioden 1983-2011. Vi valgte å gjennomføre en analyse for perioden 1983-2011 med de andre omgivelsesvariablene vi tidligere har benyttet for å undersøke om disse variablene (uten fosfor) kunne forklare en betydningsfull del av variasjonen i smoltproduksjon i denne perioden.

Analysen viste at minste vintervannføring samme år som smoltproduksjonen estimeres ( $V_s$ ) sammen med beregnet eggdeponering ( $E_v$ ) for denne smoltårsklassen signifikant bidro til å kunne forklare smoltproduksjonen ( $S$ ) i hele undersøkelsesperioden:

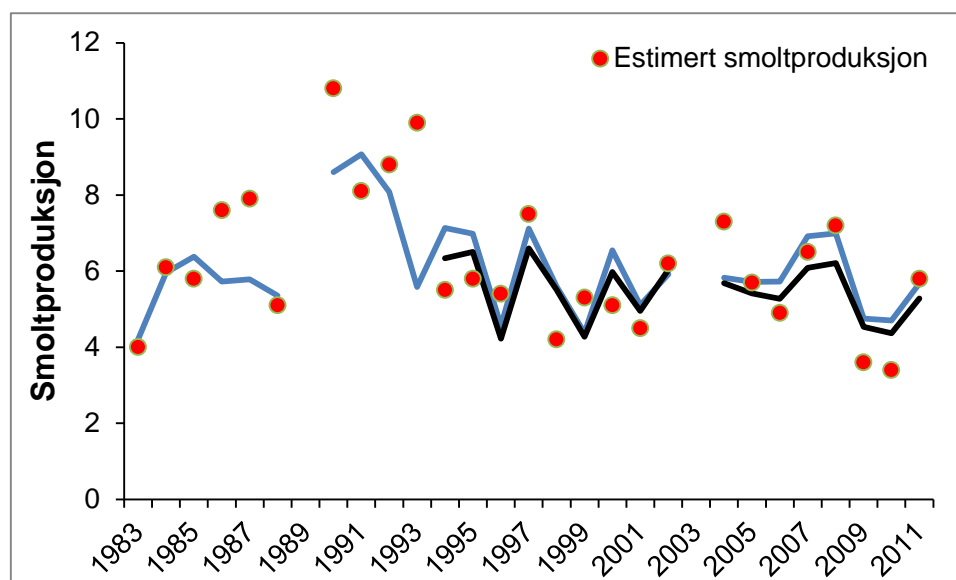


$$\ln S = 0,709 + 0,042 V_S + 0,097 E_V \quad (n = 27, R^2 = 0,46, p = 0,001).$$

Begge disse variablene viste en positiv sammenheng med smoltproduksjonen dvs. smoltproduksjonen økte med økende minste vintervannføring og økende eggdeponering. I denne analysen har vi benyttet veid eggdeponering, det vil si den beregnede eggdeponeringen for 3- og 4-årig smolt (som er de to dominerende årsklassene i alle smoltårsklassene i Orkla) veid ut fra andelen av 3- og 4-årig smolt i den aktuelle smoltårsklassen. Det var rimelig god overensstemmelse mellom estimert smoltproduksjon i Orkla i perioden 1983 – 2011 og predikert smoltproduksjon ut fra disse variablene spesielt mot slutten av undersøkelsesperioden (**figur 4.3.3.2**). I begynnelsen av undersøkelsesperioden kunne avvikene mellom estimert og predikert verdi være noe større. Dette kan skyldes at det var i disse årene økt fosforinnhold i elvevannet grunnet forventet demningseffekt som følge av reguleringen hadde størst effekt. Regresjonsanalysen viste også at modellens forklaringsgrad kunne økes noe ved å ta med flere variable i analysene. Som i tidligere analyser av smoltproduksjonen i Orkla (se Hvidsten et al. 2004) viste gjennomsnittlig smoltalder for de ulike smoltårsklassene en negativ sammenheng med smoltproduksjonen, dvs. eldre smolt gir en lavere produksjon enn yngre smolt. I tillegg viste minste vintervannføring to vintre før smolten gikk ut av elva en positiv sammenheng med smoltproduksjonen. Konstantene for disse to variablene var imidlertid ikke signifikant forskjellig fra null, slik at vi ikke har inkludert disse variablene her.

I de siste 18 årene (1994-2011) fremstår estimert smoltproduksjon i Orkla som rimelig stabil, og det har ikke vært noen signifikant nedgang i denne perioden (**Figur 4.3.3.2**). Regresjonsanalyser viste at produksjonen også i denne perioden best kunne beskrives med minste vintervannføring samme år som smoltproduksjonen estimeres ( $V_S$ ) sammen med beregnet eggdeponering ( $E_V$ ) for denne smoltårsklassen:

$$\ln S = 0,761 + 0,042 V_S + 0,069 E_V \quad (n = 17, R^2 = 0,42, p = 0,022).$$



**Figur 4.3.3.2.** Sammenlikning mellom estimert smoltproduksjon i Orkla og predikert smoltproduksjon basert på minste vintervannføring og beregnet veid eggdeponering for de ulike smoltårsklassene. Blå heltrukken linje: predikert for perioden 1983-2011. Svart heltrukken linje: predikert for perioden 1994-2011.

## 4.4 Overlevelse hos nedvandrende smolt, minimalisering av smolttap

Seks grupper av laksesmolt ble radiomerket og satt tilbake i elva (**tabell 4.4**). Den første utsetningen av 30 radiomerkede laksesmolt var 9. mai, samme dag som vårflommen startet i elva, (**figur 4.4.1** og **figur 4.3.1**). I denne gruppen ble 21 smolt registrert ved inntaket til kraftverket og videre nedover i elva slik at vi med stor sikkerhet kunne beregne hvilken vandringsrute fisken tok ved tunnelinntaket til kraftverket. Nitten smolt vandret ned minstevannføringsløpet mens to vandret inn gjennom kraftverkstunnelen.

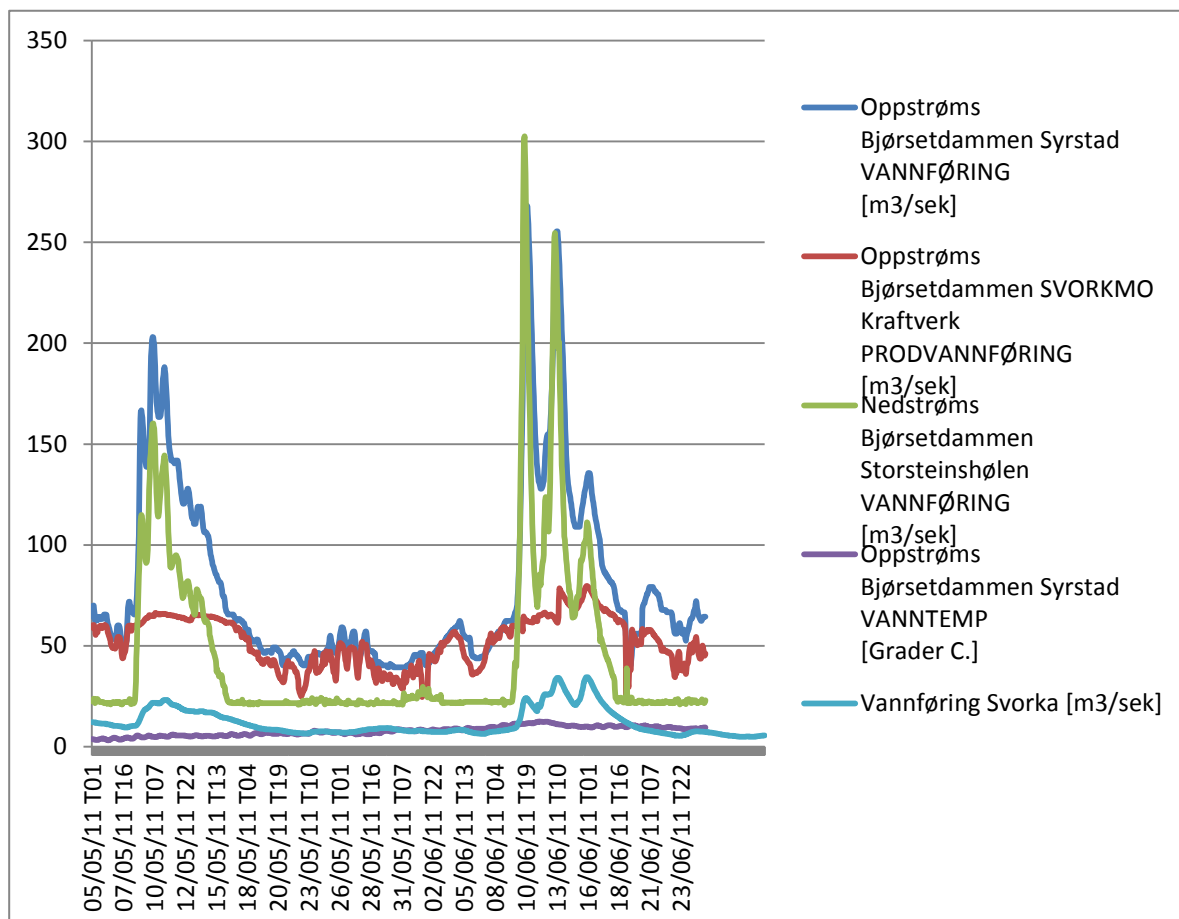
**Tabell 4.4** Oversikt over radiomerket laksesmolt i Orkla i 2011.

Fangstdato	Merkedato	Utsetnings- Sted	n	Merket smolt	Vandringsrute	
				registrert ved inntak n (%)	Minstevann- Føringsløp n (%)	Gjennom kraftverk n (%)
9.5.2011	9.5.2011	Woll	30	21 (70)	19 (90)	2 (10)
15.5.2011	15.5.2011	Woll	30	20 (67)	15 (75)	5 (25)
20.5.2011	20.5.2011	Woll	14	11 (79)	8 (73)	3 (27)
23.5.1900	23.5.2011	Woll	29	22 (76)	16 (73)	6 (27)
24.5.1900	24.5.2011	Woll	20	14 (70)	10 (71)	4 (29)
24.5.1900	24.5.2011	Jerpstad	20	8 (40)	5 (63)	3 (38)
<b>Totalt</b>			<b>143</b>	<b>96 (67)</b>	<b>73 (76)</b>	<b>23 (24)</b>

De neste 5 gruppene, som ble satt ut etter at vårflommen var over, fikk omtrent like forhold med hensyn til total vannføring. Andelen smolt som vandret inn i tunnelen økte fra 10 % under flommen (smolt satt ut 9.5) til 25 % (smolt satt ut 15.5) og til 38 % (smolt satt ut 24.5). Kjøringen av kraftverket etter at vårflommen var over varierte imidlertid mye de neste ukene (**figur 4.4.1**). Det betyr at forholdene ved inntaket til kraftverket også varierte. Videre ble vannet som slippes forbi stasjonen nedover minstevannløpet sluppet på motsatt side av elva en periode, mens det normalt slippes ned på samme side som inntaket til kraftverket. Hvordan slike endringer påvirker strømningsmønsteret er ikke kjent og det relativt lave antall fisk i gruppene gjør at videre bearbeidelse av slike detaljer mot andel smolt som vandrer inn i kraftverket ikke kan konkluderes etter kun et år. Den store forskjellen i vannføring under vårflommen sammenliknet med de øvrige utsettingstidspunktene, gjør imidlertid at vi kan dele inn resultatet i to grupper, en gruppe som vandret ned under flommen, og en gruppe som vandret ned etter at flommen var over. Ved å sammenligne andelen smolt som vandret inn i kraftverket før flommen mot andelen som vandret inn etter flommen var det ikke signifikant forskjell (Chi-kvadrat test,  $p = 0,12$ ).

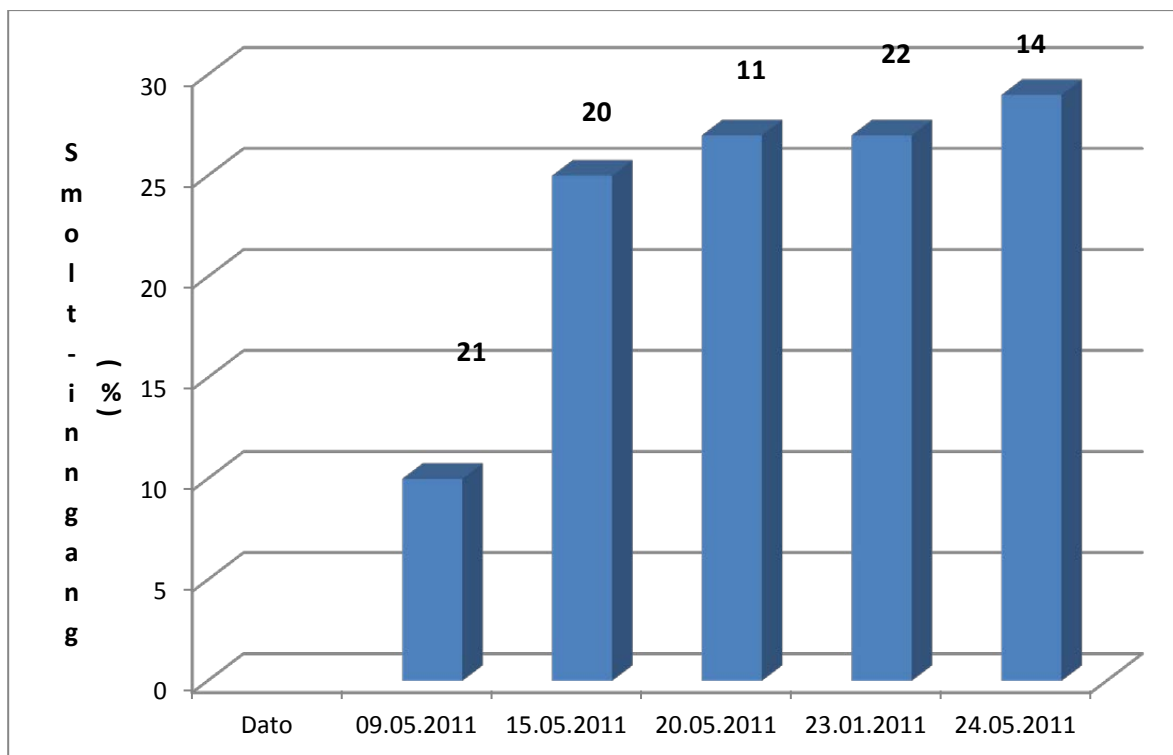
Basert på det tidspunktet smolten passerte inntaket kunne vi beregne for hver fisk hvor stor andel av vannføringen i elva som til en hver tid ble brukt av kraftverket. Dette ble beregnet ved å ta total vannføring i vassdraget, lest av ved Syrstad, og se hvor stor andel som gikk gjennom stasjonen. For å beregne inntaket til kraftverket tok vi total driftsvannføring i kraftverket minus vannføringen i Svorka. Vi fikk da for hver smoltpassering hvor mye vann som ble tatt gjennom kraftverket som prosent av vannføringen i elva. Det var en klar trend, men ingen statistisk forskjell i vårt materiale (Logistisk regresjon,  $p = 0,08$ ) (**figur 4.4.2**).

Det var tre topper i smoltutvandringen i 2011, den radiomerkete smolten ble fanget og satt ut i forbindelse med den midtre- og siste utvandringstoppen. Antallet smolt som vandret sammen med den radiomerkete smolten varierte. Dagen etter utsetting ble det fanget mellom 12 og 72 smolt og 46 smolt i gjennomsnittet for utsetningsgruppene (62,17, 12, 72, 68) i smoltskruene (**figur 4.3.1**). Det er derfor grunn til å anta at det gikk et betydelig antall smolt sammen med alle gruppene av radiomerket smolt.



**Figur 4.4.1.** Vannføring ved Syrstad, produksjonsvannføring i Svorkmo kraftverk, vannføring nedenfor Bjørsetdammen, vannføring i Svorka samt vanntemperatur ved Syrstad er vist for våren 2011.

Et delmål i prosjektet var å studere når på døgnet smolt vandret forbi tunnelinntaket. Siden 5 av de 6 utsetningsgruppene ble satt ut rett overfor tunnelinntaket kan tidspunktet for ankomst til den første dataloggeren ved Bjørsetdammen bli sterkt styrt av når gruppene ble satt ut. Alle gruppene ble satt ut mellom kl. 17:00 og 23:00, og for smolten satt ut ved Woll ble merket fisk registrert raskt etter utsetting. Utsetting ved Woll var for å sikre å få mye smolt raskt ned til inntaket til kraftverket, og vi bestemte derfor at vi optimaliserte dette på bekostning av gode data om når på dagen fisken vandret forbi stasjonen.



**Figur 4.4.2.** Prosentfordeling av ulike utsettingsgrupper av radiomerket smolt som gikk gjennom kraftverket. Antall smolt i hver utsettingsgruppe er angitt.

## 4.5 Undersøkelser av voksen laks

### 4.5.1 Fisketelling

Fisketelleren på Bjørsetdammen ble operativ sommeren 1994. Det ble utarbeidet en kalibreringsfaktor på grunnlag av video-overvåking (Hvidsten et al. 2004).

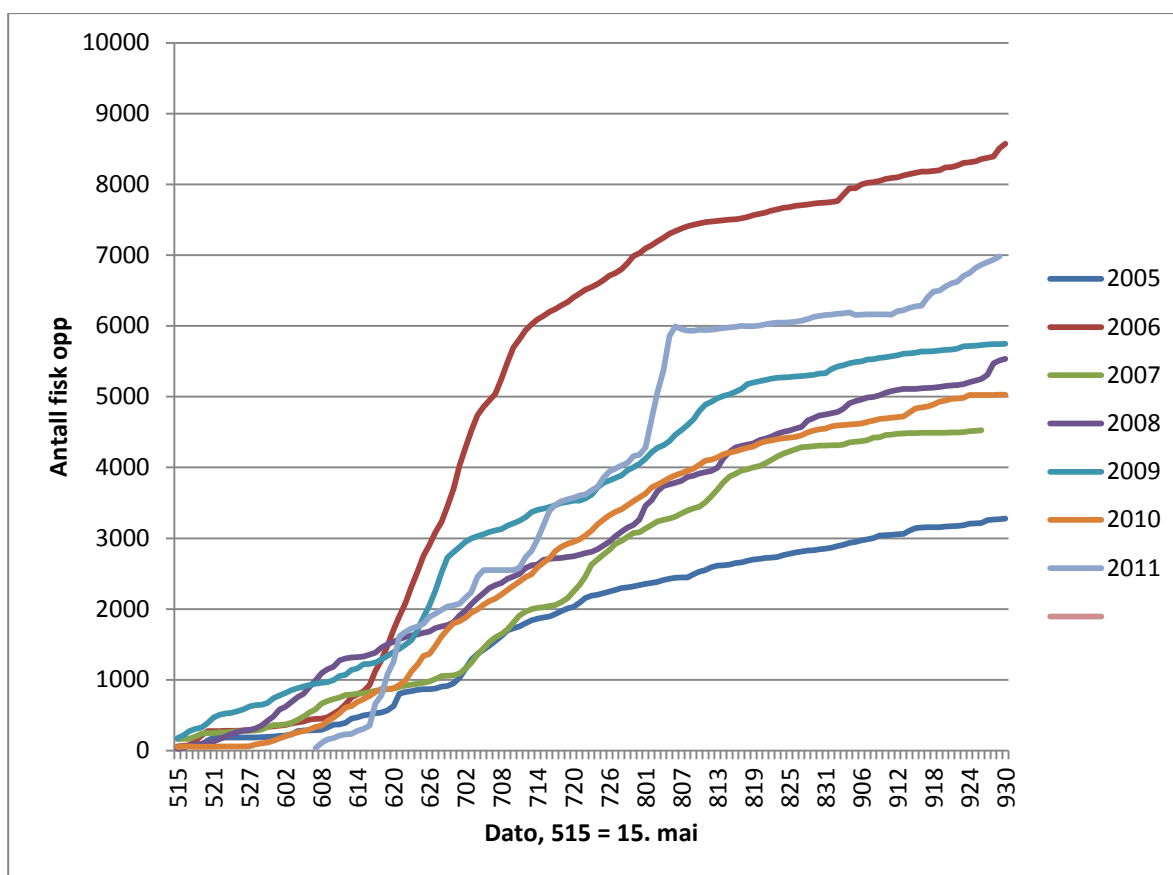
Antall oppvandrende fisk i 2011 var etter denne korreksjonsfaktoren:

Antall opp	11017*1,009	=	11116
Antall ned	4157*1,25	=	-5196
Antall events*			211
<u>Totalt antall oppvandrere</u>		=	<u>6131</u>

\*Et usannsynlig antall events gjør at en har utelatt disse i estimatene. Gjennomsnitt av antall events i 2008, 2009 og 2010 er benyttet.

Forløpet i oppvandringen av fisk over Bjørsetdammen viser økning i oppvandringen ved St. Hans og senere. Tellingen i 2011 kom i gang noe seint, etter som elektroden var ødelagt og reparasjon av den tok tid (**figur 4.5**).

Antallet talte fisk i 2011 utgjorde over gjennomsnittet i perioden 1994 til 2011. En oversikt over antall laks og aure som er registrert og antall timer med overløp over luke 3 og 4 over Bjørsetdammen i perioden 1994 til og med 2011 er gitt nedenfor (**tabell 4.5.1**).



**Figur 4.5.** Antall registreringer av fisk pr dag over Bjørsetdammen i årene 2005 til 2011.

**Tabell 4.5.1.** Antall oppvandrende laks og aure i perioden 1994 til 2011. Antall timer med vann-overløp utenom tellerens elektroder (luke 3 og 4) er angitt.

År	Periode	Timer overløp (%)	Antall laks
1994	-14/9	-	4305
1996	25/4-30/9	176 (4)	4405
1997	15/5-30/9	1027 (25)	2509
1998	16/4-30/9	252 (6)	4171
1999	22/4-30/9	94 (2)	2827
2000	8/5-30/9	331 (8)	7719
2001	13/5-30/9	54 (1)	9481
2002	12/5-30/9	42 (1)	9683
2003	13/5-30/9	174 (4)	8373
2004	8/5-30/9	48 (1)	4699
2005	8/5-4/10	277 (7)	3171
2006	9/5-30/9	81 (2)	8295
2007	7/5-3/10	56 (1)	4280
2008	8/5-7/10	99 (2,7)	5483
2009	30/4-30/9	142 (3,8)	5586
2010	3/5-10/10	230 (5,9)	5132
2011	1/6-5/10	242 (7,9)	6131
Gjennomsnitt			5662

#### 4.5.2 Skjellprøver av voksen laks

Det største oppfiskete kvantumet laks var 36,6 tonn i 2002. I 2011 ble det registrert 24,3 tonn (avlivet og sluppet ut) i laksestatistikken for Orkla. Det ble årlig analysert mellom 39 og 576 skjell av laks i perioden 1992 til 2011 (**tabell 4.5.1**).

**Tabell 4.5.1.** Aldersfordeling av en- til firesjøvinterlaks i prosent og (antall) i perioden 1992 til 2011, analysert ved hjelp skjellprøver fra laks fisket i Orkla.

År	1 vinter	2 vintre	3 vintre	4 vintre	Antall laks
1992	24,2 ( 63)	34,6 ( 90)	38,8 (101)	2,3 ( 6)	260
1993	41,8 (188)	23,8 (107)	23,3 (105)	11,1 (50)	450
1994	70,2 (389)	9,4 ( 52)	19,0 (105)	1,4 ( 8)	554
1995	13,4 ( 77)	58,2(335)	27,3 (157)	1,2 ( 7)	576
1996	20,0 ( 71)	9,3 ( 33)	67,6 (240)	3,1 (11)	355
1997	34,4 ( 42)	31,1 ( 38)	24,6 ( 30)	9,8 (12)	122
1998	76,7 (362)	12,5 ( 59)	8,9 ( 42)	1,5 ( 7)	470
1999	33,3 ( 87)	57,3 (149)	8,5 ( 22)	0,8 ( 2)	260
2000	61,0 (341)	23,3 (130)	14,1 ( 79)	1,3 ( 7)	557
2001	53,7 (273)	38,2 (194)	6,1 ( 31)	1,8 ( 9)	508
2002	32,1 ( 62)	55,4 (107)	11,9 ( 23)	0 (-)	192
2003	77,1 ( 87)	14,3 ( 16)	4,5 ( 5)	1,0 (0,9)	109
2004	33,3 ( 13)	51,3 ( 20)	10,3 ( 4)	5,1 ( 2)	39
2005	33,3 ( 24)	31,9 ( 23)	34,7 ( 25)	0 (-)	72
2006	36,4 ( 68)	45,5 ( 85)	14,4 ( 27)	1,6 ( 3)	184
2007	6,5 ( 9)	31,7 ( 44)	54,0 ( 75)	7,9 (11)	139
2008	14,6 ( 12)	29,3 ( 24)	45,1 ( 37)	11,0 ( 9)	82
2009	7,4 ( 10)	30,1 ( 42)	57,4 ( 78)	4,4 ( 6)	136
2010	9,2 ( 25)	30,4 ( 83)	54,6 (149)	5,1 (14)	273
2011*	6,0 ( 7)	44,8 ( 52)	37,1 ( 43)	11,2 (13)	115

\*Skjellprøvene er utlånt fra Veterinærinstituttet i 2011.

Det var store forskjeller i alderssammensetningen i perioden (**tabell 4.5.1**). I 2005 var det stor andel 3 sjøvinterlaks som stammer fra en god smoltårsklasse i 2002, som også ga en god år- gang en sjøvinterlaks (1SW) i 2003. Andelen av ensjøvinterlaks i materialet varierte fra 6 til 77 %. Det ble en sterk nedgang i antall 1SW laks etter 2007 samtidig med at andelen eldre laks økte i fangstene. 2011 hadde den minste andelen av 1SW laks i hele serien.

Gjennomsnittsvakta hos 1SW laksen var 2,2 kg i 2011, som er den høyeste på 10 år. Smålak- sen i 2007, 2008 og 2009 hadde den laveste vekta i hele serien (**tabell 4.5.2**). 2SW laksen hadde den minste registrerte gjennomsnittsvakta i 2010, og den var hele 2,3 kilo mindre enn den høyeste gjennomsnittsvakta (1995).

Hunnlaksen var i gjennomsnitt  $6,07 \pm 0,18$  kg ( $n = 509$ ) og hannlaksen veide  $6,03 (\pm 0,24)$  kg ( $n = 651$ ) i 2011. Gjennomsnittsvakta på hann- og hunnlaksen var lik i 2011. Vanligvis har gjennomsnittsvakta vært størst for hunnlaksen i Orkla.

**Tabell 4.5.2.** Gjennomsnittsvekt i kg ( $\pm$  95 % konfidensintervall) hos laks med ulik sjøalder i Orkla i perioden 1992 til 2011.

År	1 vinter	2 vintre	3 vintre	4 vintre	Gjennomsn. vekt
1992	2,15 $\pm$ 0,10	5,77 $\pm$ 0,35	9,17 $\pm$ 0,37	11,18 $\pm$ 2,57	6,32 $\pm$ 0,40
1993	1,98 $\pm$ 0,12	5,48 $\pm$ 0,24	9,24 $\pm$ 0,37	10,20 $\pm$ 1,57	5,06 $\pm$ 0,31
1994	2,26 $\pm$ 0,05	5,50 $\pm$ 0,33	8,99 $\pm$ 0,35	13,16 $\pm$ 3,40	4,10 $\pm$ 0,26
1995	2,03 $\pm$ 0,16	6,02 $\pm$ 0,12	8,62 $\pm$ 0,32	10,13 $\pm$ 1,73	6,40 $\pm$ 0,21
1996	1,78 $\pm$ 0,36	5,94 $\pm$ 1,18	9,23 $\pm$ 1,73	11,64 $\pm$ 2,74	7,52 $\pm$ 3,43
1997	1,91 $\pm$ 0,22	5,84 $\pm$ 0,28	9,31 $\pm$ 0,29	12,52 $\pm$ 2,20	5,99 $\pm$ 0,67
1998	1,74 $\pm$ 0,05	5,41 $\pm$ 0,26	8,60 $\pm$ 0,74	11,12 $\pm$ 0,98	2,98 $\pm$ 0,24
1999	2,10 $\pm$ 0,16	5,44 $\pm$ 0,11	9,53 $\pm$ 0,54	9,8 -	4,71 $\pm$ 0,31
2000	2,22 $\pm$ 0,06	5,77 $\pm$ 0,21	8,74 $\pm$ 0,35	11,58 $\pm$ 2,25	4,14 $\pm$ 0,23
2001	2,20 $\pm$ 0,08	5,84 $\pm$ 0,16	8,37 $\pm$ 0,40	9,70 $\pm$ 1,1	4,10 $\pm$ 2,11
2002	1,82 $\pm$ 0,10	5,90 $\pm$ 0,24	8,91 $\pm$ 0,94	-	4,99 $\pm$ 0,38
2004	1,93 $\pm$ 0,58	5,93 $\pm$ 0,45	6,75 $\pm$ -	11,8 $\pm$ -	4,98 $\pm$ 0,91
2005	1,84 $\pm$ 0,11	4,91 $\pm$ 0,59	9,00 $\pm$ 0,55	-	5,42 $\pm$ 0,77
2006	1,85 $\pm$ 0,13	5,10 $\pm$ 0,22	8,36 $\pm$ 0,66	13,67 $\pm$ 4,66	4,57 $\pm$ 0,41
2007	1,47 $\pm$ 0,36	4,76 $\pm$ 0,32	7,96 $\pm$ 0,45	9,92 $\pm$ 1,67	6,63 $\pm$ 0,46
2008	1,68 $\pm$ 0,26	4,56 $\pm$ 0,58	7,60 $\pm$ 0,72	10,98 $\pm$ 1,98	6,22 $\pm$ 0,71
2009	1,49 $\pm$ 0,26	4,02 $\pm$ 0,33	8,34 $\pm$ 0,39	11,81 $\pm$ 3,74	6,57 $\pm$ 0,54
2010	1,82 $\pm$ 0,18	3,72 $\pm$ 0,23	7,29 $\pm$ 0,26	8,76 $\pm$ 0,74	5,83 $\pm$ 0,32
2011	2,21 $\pm$ 0,36	4,67 $\pm$ 0,29	7,22 $\pm$ 0,78	12,16 $\pm$ 2,47	6,35 $\pm$ 0,58

### 4.5.3 Rognmengde

For å beregne rognmengden må en kjenne antall hunnlaks (**tabell 4.5.3**). Fisk talt på telleren består av både laks og sjøaure. Vi antar at forholdet mellom antall oppvandrende laks og sjøaure er likt med antallet oppfisket av begge arter. Videre trekker en fra antall oppfisket laks. Vi antar videre at andelen hunner som er tilbake på elva er lik med fordelingen i skjellprøvematerialet. Det forutsetter at hunn- og hannfisk fiskes likt.

Med et estimat på 2130 hunnfisk på plass i elva etter fiskesesongen 2011 (**tabell 4.5.3**) ble det potensielt gytt (gjennomsnittsvekt 6,1 kg)  $19,5 \cdot 10^6$  rogn eller 6,5 rogn/m<sup>2</sup>.

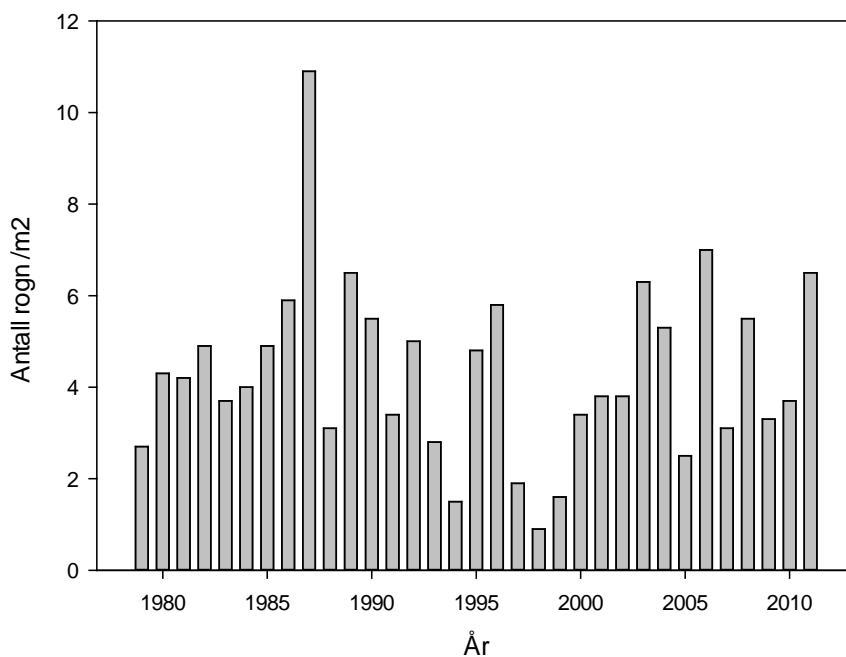
I perioden 1979 til 2011 har rogndeponeringa variert mellom 0,9 og 10,9 egg per m<sup>2</sup> (**figur 4.5.3**). I perioden 2007 til 2011 har rognmengden variert mellom 3,1 og 6,5, med gjennomsnitt 4,4 rogn per m<sup>2</sup>.

**Tabell 4.5.3.** Antall gytehunner ovenfor Bjørset beregnet på grunnlag av totalt antall oppvandrende fisk, andel sjøaure i skjellprøvene, antall oppfiskete laks, totalt oppfiskete og andel hunner i skjellmaterialet.

År	Antall opp	Andel sjøaure (%)	Antall laks oppfisket	Andel hunner i skjellmat.	Antall hunner
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	917
2000	7719	4,2	1683	0,34	1942
2001	9481	3,1	2079	0,31	2204
2002	9683	2,2	2770	0,45	3015
2003	8373	6,2	2018	0,49	2860
2004	4699	5,4*	950	0,51	1783
2005	3171	5,4*	1126	0,59	1106
2006	8295	5,4*	1735	0,42	2755
2007	4280	5,4*	952	0,38	1176
2008	5483	4,1	1523	0,33	1306
2009	5586	4,1**	1064	0,42	1803
2010	5132	4,1**	1391	0,42*	1483
2011	6131	4,1**	1038	0,44	2130

\*Gjennomsnittsverdi 1994- 2003, unntatt 1997.

\*\*Antatt andel sjøaure



**Figur 4.5.3.** Beregnet antall lagte rogn i Orkla i perioden 1979 til og med 2011.



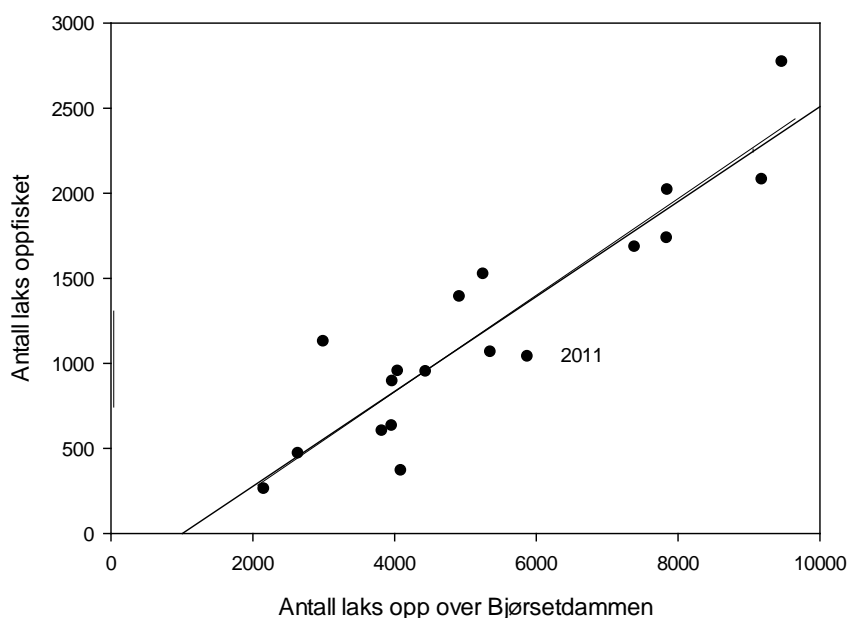
#### 4.5.4 Beskatning

Beskatningsraten for perioden 1994 til 2010 var 22,5 % (min 9 – maks 37,5) (**tabell 4.5.4**). Beskatningsraten for 2011 var 17,7%.

Det er godt samsvar mellom antall fisk som ble talt på Bjørsetdammen og antall oppfiskete laks ovenfor Bjørsetdammen,  $y = 0,279x - 280,1$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2_{adj} = 0,83$ ,  $df = 16$  (**figur 4.5.4**). Det tilsvarer en gjennomsnittlig beskatningsrate på 27,9 %.

Beskatningen økte med antall registrerte laks opp, dersom en deler antall oppvandrere i to grupper, en gruppe mindre enn 7000 stk. og en gruppe større enn 7000 og beskatningen var henholdsvis 21,2 og 24,5 %. Beskatningen var signifikant forskjellig i en kji-kvadrat-test, kji-kvadrat = 77,8,  $p < 0,000$ ,  $df = 1$ .

Beskatningsraten for laks som hører til ovenfor Bjørset er imidlertid høyere enn hva **tabell 4.5.4** viser og utregningene ovenfor viser. Dette skyldes at laks som har vokst opp i de øvre delene av elva også blir fisket nedenfor Bjørsetdammen. Et tidligere anslag for total beskatningsrate utgjorde 37 % (Hvidsten et al. 2004).



**Figur 4.5.4.** Sammenheng mellom antall oppvandrende laks over Bjørsetdammen og antall oppfiskete laks i perioden 1994 til 2011 (unntatt 1995).

**Tabell 4.5.4.** Beskatningsrate for laks i Orkla ovenfor Bjørset. Antall gjenutsatt laks og totalt oppfiskete inkludert antall utsatte.

År	Antall opp	Andel sjøaure (%)	Antall laks oppfisket	Beskatningsrate %
1994	4305	8,2	630	15,9
1996	4405	7,1	367	9,0
1997	2509	14,4	260	12,1
1998	4171	6,3	892	17,4
1999	2847	5,5	468	17,4
2000	7719	4,2	1683	22,8
2001	9481	3,2	2079	22,7
2002	9683	2,2	2770	29,3
2003	8373	6,2	2018	25,7
2004	4699	5,4*	950	21,4
2005	3171	5,4*	1126	37,5
2006	8295	5,4*	1735	22,1
2007	4280	5,4*	952	23,5
2008	5483	4,1	1523	29,0
2009	5586	4,1**	1064	19,9
2010	5132	4,1**	1391	28,3
2011	6131	4,1**	1038	17,7

\*Gjennomsnittsverdi for perioden 1994 – 2003, unntatt 1997.

\*\* Antatt verdi som i 2008.

## 5 Diskusjon

### 5.1 Bonitering av substrat på strekningen mellom Stoin og Brattset

Samlet sett tyder den fysiske kartleggingen på at strekningen mellom Stoin og Brattset har store områder med brukbare habitatforhold for større laksunger. Strekningen hadde en middels skjulkapasitet når en legger de tre områdene st. 1, 5 og 8 til grunn. På st. 8 ble det registrert lavere skjulkapasitet i 2011 i forhold til i 2008. Dette indikerer at skjulkapasiteten ble noe redusert i perioden.

### 5.2 Ungfiskundersøkelser mellom Stoin og Brattset

Elvestrekningen mellom Brattset og Stoin er meget vanskelig å ta seg fram i og selve fisket var utfordrende på grunn av stor stein og små arealer egnet for elfiske.

Elfisket viste at det var gode tettheter av laks- og aureunger større enn årsyngel, med dominans av laksunger på de fleste prøvefeltene på strekningen. Resultatet harmonerer med at en fant middels skjulkapasitet på området. Den gode tettheten av større laksunger tyder på at det har vært gyting over hele elvestrekningen fra Brattset og opp til Stoin. Fravær av årsyngel av laks og aure tyder på begrenset gyting på noen av de nederste elfiskestasjonene høsten 2008 og 2009. I 2010 var det en stasjon hvor årsyngel ikke ble påvist. St 2, 4, 6 og 7 hadde lave tettheter av årsyngel. Laksunger sprer seg lite den første sommeren etter at de kommer opp av grusen (Johnsen & Hvidsten 2002) og de har trolig spredd seg som ettåringer og eldre fisk. Tettheten var generelt lavere for større laksunger nederst på i forhold til på den øvre delen av strekningen. Det var imidlertid god tetthet på opp mot 40 større laksunger på alle disse stasjonene pr. 100 m<sup>2</sup>, unntatt stasjon 1 som hadde omkring 20 fisk pr 100 m<sup>2</sup>. Stasjon 1 er imidlertid litt utypisk for denne elvestrekningen med liten skjulkapasitet for eldre laksunger. Antall gytefisk er også en årlig variabel som har betydning for om elva blir fylt opp med rogn. Ved å sammenholde antall laks som er tilbake etter fiske året før vi estimerer årsyngeltettheten (kun 4 års data tilgjengelig), var det en tendens til bedre tetthet av yngel etter år med flest gytere. Trolig har antall gytere som når opp til områdene ovenfor Brattset økt etter at det ble bygd en sjeté i utløpet fra Brattset kraftverk i 1991 (Korsen 1992), for å bedre oppgangen til elva ovenfor kraftverksutløpet. Vi har inntrykk av at det er et betydelig fiske på denne elvestrekningen.

Mye tyder på at elva er i god produksjon med de vannføringsforholdene som er ovenfor Brattset kraftverk. Lavere tetthet av eldre laksunger nederst på strekningen fra Brattset og opp til Stoin kan ha sammenheng med en begrenset gyting nederst i denne delen av vassdraget. Det at lengden hos 2-årige laksunger er større på st. 9 med høyere tetthet enn st. 2, kan tyde på at elva er nær oppfylt med laksunger på st. 2.

Elva har gjennomgående svært grovt substrat. Etter som vannføringen etter reguleringen er sterkt redusert er det opplagt vanskeligere for laksen å grave gytegroper siden den får langt mindre hjelp av vannføringen til å flytte på substratet enn tidligere. En kan eventuelt vurdere om det er mulig å forbedre gyteforholdene for laks og aure på den nederste elvestrekningen ovenfor Brattset kraftverk ved å legge ut gytegrus. Dersom dette fører til økt tetthet av årsyngel og etter hvert eldre laksunger er gyteplasser begrensede for ungfiskproduksjonen.

Elfiske-undersøkelsene gir ikke grunnlag for noen ny vurdering av reguleringen ovenfor Brattset kraftverk. I den tidligere rapporten fra 2004 ble det på grunnlag av reduksjon i minste vintervannføring vurdert at smoltproduksjonen har blitt redusert med 8000 smolt etter regulering (Hvidsten et al 2004).

### 5.3 Smoltproduksjonsundersøkelser

Smolten endrer atferd i forbindelse med smoltutvandringen. Ungfisken forsvarer egne områder under oppveksten for å skaffe seg næring og skjul. Ved utvandringen kan smolten samles i stimer. Undersøkelser har indikert at stimdannelsen er delvis styrt av sosial atferd hos laksungene når de vandrer ut (Hvidsten et al. 1995). Dersom smolt fra øverst i elva starter å vandre først drar de med seg smolt som står lenger nede i elva. På den måten oppstår det store stimer. Stimatferd er viktig for overlevelsen ved utvandringen fra elva til sjøen.

Starttidspunktet for smoltutgangen er i månedsskiftet april-mai, ved økende vannføring. Utvandringstiden varer i en måned og er som regel over i løpet av første uka av juni. Median smoltutvandringstid (dvs. da 50 % av smolten hadde vandret ned) var 22. mai i perioden 2007 til 2011, som var senere enn i perioden 1983 til 2002 som var 17. mai (Hvidsten et al. 2004). Det er imidlertid iaktatt smolt på Bjørsetdammen i hele juni. Ved totaltelling av utvandrende smolt i Halselva i Finnmark varierte median utvandringstid fra 7. juni til 5. juli (Jensen et al. 2012).

Det har ikke vært noen signifikant endring i estimert smoltproduksjon de siste 18 årene fra 1994 til 2011 i Orkla. Gjennomsnittlig smoltproduksjon var 5,3 smolt pr 100 m<sup>2</sup> som er bæreevnen i Orkla, (målt som tetthet på merketidspunktet) gitt at vannføringsforhold gjennom året, eggdeponering, fosforinnhold i vannet og skjulkapasitet opprettholdes.

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 forrige rapportering av dataene ble det funnet en sterk sammenheng mellom minste vintervannføring og den estimerte smoltproduksjonen (Hvidsten et al. 2004). I perioden 1983-2011 har det vært positiv sammenheng mellom minste vintervannføring og den estimerte smoltproduksjonen. Den minste vintervannføringen forklarte opptil 38 % i variasjonen i smoltproduksjonen alene. Vi har benyttet minste registrerte vannføring som døgnmiddel og i en analyse hvor vi uttrykker vannføringen i ukemidler gir regresjonen en lavere forklaringsgrad. Det er sannsynlig at under streng frost med lavvannføring som varer en kort tid, vil det kunne føre til innfrysing av smolt som står grunt og dermed blir det økt dødelighet.

Omgivelsesvariabler som innvirker på smoltproduksjonen utenom vintervannføring er vanntemperatur, eggdeponering og fosforinnhold i vannet. I de siste 18 årene (1994-2011) fremstår estimert smoltproduksjon i Orkla som rimelig stabil, og det har ikke vært noen signifikant nedgang i denne perioden. Regresjonsanalyser viste at produksjonen i denne perioden best kunne beskrives med minste vintervannføring samme år som smoltproduksjonen estimeres sammen med beregnet eggdeponering for smoltårsklassen. Samlet forklaringsgrad for denne modellen var 42 %. Smoltalder ble benyttet som substitutt for vanntemperatur, men denne variabelen ga ikke økning i forklaringsgrad i regresjonsanalysen. De målte fosforverdiene jevnet seg ut i perioden 1993-2011, samtidig mangler vi måleverdier for tre år og det gjorde at vi utelot fosfor som variabel i regresjonsmodellen. Vintervannføringen samme år som smolten gikk ut ga best forklaringsgrad til forskjell fra modellen som ble utviklet for perioden 1983 til 2002 hvor vannføringen to år før var viktigst. Sannsynligvis har de harde vintrene 2009 og 2010 med liten vannføring samme år som smolten gikk ut betydning for at siste vinters vannføring var viktigst. At eggdeponeringen har betydning for modellens forklaringsgrad kan tyde på at mengden rogn har vært begrensende for smoltproduksjonen i enkelte år. I årene 2005 og 2007 har det blitt estimert eggdeponering nært gytebestandsmålet. Selv om eggantallet er tilstrekkelig, kan skjev fordeling av rogn på ulike partier av elva gi redusert smoltproduksjon. Smoltproduksjonen i 2009 og 2010 har trolig blitt influert av ekstremt mye is på elva disse kalde vintrene. Dette kan ha ført til ekstraordinær dødelighet på grunn av innfrysing.

## 5.4 Overlevelse hos nedvandrende smolt, minimalisering av smolttap

Utvandring av laksesmolt skjer trolig aktivt, og ikke direkte som en følge av nedsatt evne til å stå imot vannstrømmen som følge av smoltifisering (Peake & McKinley 1998). Studier av individuelle presmolt i elva Itchen, Hampshire, UK, tyder på at fiskene starter sin nedvandringssatferd etter solnedgang (Riley et al. 2002), og at smoltutvandringen hovedsakelig skjer om natten, men dette mønsteret er trolig ikke generelt for alle elver (Veselov et al. 1998, Antonsson & Gudjonsson 2002), eller gjennom hele utvandringssesongen (Riley et al. 2002). Ved ugunstige forhold kan smoltutvandringen stanse opp og nesten all smolten gå ut på noen få netter i slutten av vårperioden (Byrne et al. 2003) eller at resten av smoltutvandringen skjer samme høst eller står over til neste år (Antonsson & Gudjonsson 2002).

Det er kjent at daglengden er en ultimat faktor som bestemmer tidspunkt for smoltifisering. Selve smoltutvandringen styres av miljøfaktorer hvor forholdet mellom vannføring og vanntemperatur og daglige endringer i disse verdiene synes å være de viktigste. Smoltutvandringen skjer normalt innenfor et bestemt tidsrom om våren for at smolten skal ha høyest mulig overlevelse i den første sjøfasen. 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 ulike 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 (Antonsson & Gudjonsson 2002; Hvidsten et al. 1998). 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. En synkronisert utvandring, dvs. at mange smolt vandrer samtidig, er også ansett som en fordel da dette reduserer predasjonspresset fra fugl og marine fisk i munningen og 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. 1995), 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 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 i gang (Eilson 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 vandrer smolten ut ved vanntemperaturer på 8 - 10 °C ca. en måned etter at vårfloppen har 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 elven 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 m<sup>3</sup>/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. 1995).

Den viktigste utløsende faktor for smoltutvandringen i Stjørdalselva i Nord-Trøndelag var også 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 (Hembre et al. 2001), og det synes som om sjøauresmolten reagerer 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 Mørrumsån 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 kritisk periode for overlevelse hos laks. En regner med at i gjennomsnitt dør 90 % av laksen før den kommer tilbake som voksen laks. Det er viktig at sjøtemperaturen er høyere enn 7 °C 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. 1995). I Suldalslågen ble det påvist at smoltoverlevelsen økte med vannføring i elva og samlet ferskvannsavrenning i fjorden (Forseth et al. 2003).

Smoltutvandringen er i mange vassdrag rapportert til å være nattlig først i utvandringssesongen for senere å foregå både natt og dag (Thorpe et al. 1994). Andelen smolt som vandrer om dagen synes å være relatert til daglengde og vanntemperatur. Døgnvariasjonsmønsteret synes å henge sammen med vanntemperaturen med hovedsakelig nattvandring ved vanntemperaturer opp til 12 °C og med en økende andel av populasjonen vandrende om dagen ved høyere vanntemperaturer (Veselov et al. 1998, Ibbotson et al. 2006). Nattvandring ved lave temperaturer antas å være en atferd som er tilpasset å unngå beiting fra predatorer som fanger bytte ved hjelp av synet. Dagvandring kan være tryggere ved høyere vanntemperaturer når smoltens unntvikelsesreaksjoner er raskere. Ved høyere breddegrader som har dagslys hele døgnet, kan smolt vandre ved alle døgnets tider (Carlsen et al. 2004, Davidsen et al. 2005).

Tidligere undersøkelser av smoltinngangen indikerte at minimum 9500 smolt gikk inn i Svorkmo kraftverk årlig (Hvidsten et al. 2004). Regulanten ble i pålegg i medhold av reguleringskonfesjonen bedt om å utrede muligheten for å redusere smolttapet. I 2008 og 2009 ble det derfor benyttet video for å kartlegge hvor mye og når det gikk smolt inn i Svorkmo kraftverk. I 2009 ble det montert åtte kamera i øverste åpning og fire kamera i nederste åpning til inntaket til Svorkmo kraftverk. Det var 2,8 meter mellom kameraene i den øverste åpningen mens det var 5,7 meters mellomrom mellom kameraene i den nederste åpningen. Hvert kamera var utstyrt med en IR lyskilde for kunstig belysning i den mørke delen av døgnet. Det var mulig å oppdage smolt på en avstand av ca. 2,5 meter fra kamera når smolten kom langs bunnen og ca. 3,5 meter når smolten kom i silhuett mot lyset fra elva utenfor smoltsperran. Om natta ble oppdagelsesavstanden betydelig redusert og det var ikke mulig å registrere smolt på lenger avstand enn ca. 1 meter (Lamberg et al. 2010).

Lamberg et al. (2010) konkluderte følgende resultat fra videoundersøkelsene i 2009:

*'Det ble registrert netto 71 smolt som ikke kom ut etter å ha vandret inn under smoltsperran. Dette er under 10 % av det totale antallet som ble registrert. Det er usikkerheter knyttet til det å skille mellom laksesmolt og sjørretsmolt men samtidig er det trolig ikke stor forskjell mellom de to artene. Videoundersøkelsen kan ikke gi et nøyaktig svar på hvor mange smolt som*

*svømte inn i kraftverket i 2009. Videokameraene dekte ca. 78 % av arealet av de to spaltene i smoltsperran. Dersom vi korrigerer for dette kan det ha vandret inn rundt 100 smolt i 2009'.*

Etter en gjennomgang av resultatene fra Vilt og Fiskeinfo ved Anders Lamberg ble det i årsrapporten for 2009 (Hvidsten et al. 2010) konkludert med følgende;

*«På grunn av manglende kameradekning spesielt om natta i begge åpningene, men også om dagen i nedre åpning og i begge åpninger ved dårlige siktforhold, er det overveiende sannsynlig at videoregistreringene ikke gir et korrekt bilde av smoltvandring ved og inn i inntaket til Svorkmo kraftverk.»*

Resultater fra tidligere undersøkelser viser at man kan forvente at andelen smolt som vandrer inn i et kraftverk vil være avhengige av en rekke forhold (Monten 1964, Ruggles 1980). Den fysiske utformingen der vannet tas inn fra elva er viktig. Ved Svorkmo kraftverk er det et dykket inntak fra elva. Det er konstruert en betongkant som går fra overflaten og ned til ca. 1,5 m over elvebunnen. Vi antar at denne til i stor grad leder smolt forbi inntaket, i hvert fall smolt som vandrer nær overflata. Videre er det også et stort tverrsnitt på inntaket. Dette gir smolt mulighet til å snu før strømhastigheten blir for stor i tunnelinngangen.

Videre vil kjøringen av kraftverket forventes å ha betydning, mer smolt forventes å vandre inn i tunnelen ved full kjøring enn ved lavere produksjon. Hvor mye vann som går utenom kraftverket kan også være viktig og vi forventer at en mindre andel smolt vandrer inn i kraftverket i perioder hvor det er mye vann som går forbi. Selv om det finnes resultat fra andre kraftverk er det vanskelig å vite hvordan de lokale forholdene spiller inn.

For å komme videre i arbeidet med å minimalisere smolttapet i Svorkmo kraftverk ble det igangsatt radiotelemetristudier av smolt i 2011. Dette ga mulighet for å analysere smoltatferd ved inntaket til Svorkmo kraftverk ved varierende vannføringer i elva ulikt og uttak av vann til kraftproduksjon.

Sammenlignet med tidligere radiotelemetriprosjekter var det mer krevende å stille inn loggestasjonene i Orkla på grunn av betydelige støyproblemer på de frekvensene som benyttes ved kraftverksinstallasjonene. Dette førte til at vi måtte bruke mer enn 3 uker kun til innstilling av loggestasjonene før prosjektet startet. Videre ble det ikke tid til å finne ny lokalisering av loggeren i munningen, som ikke fungerte på det området den først ble satt opp.

Vi har flere muligheter for å kunne skille støy fra registrerte signaler fra fisk. Normalt vil en merket fisk som passerer en loggestasjon gi en spesiell sekvens av registrerte signaler. Der vi hadde to antenner vil fisken først bli registrert på den øverste antennen med økende signalstyrke ettersom den kommer nærmere antennen, siden blir styrken på begge antennene like sterke når den står rett utenfor stasjonen og gradvis svakere på den antennen som er rettet nedover elva før den forsvinner helt. Ved å analysere signalstyrken på de ulike antennene kunne vi ved Bjørsetdammen se at vi hadde merket fisk som ble stående en tid ca. 500-700 m overfor loggestasjonen. De ble da registrert med svake signal kun på den antennen som var rettet oppover elva. Enkeltfisk kom ned til inntaket og svømte tilbake oppover elva igjen. Noen få fisk ble stående i inntaksområdet i lengre tid uten å vandre videre. Enkelte av disse ble registrert i samme posisjon helt til batteriene stoppet, noe som tyder på at smolten var død eller spist. Enkeltfisk ble registrert både ved inntaket til tunnelen og i minstevannføringsløpet eller ved utløpet, men tolkningen av vandringsruten kunne ikke fastslås sikkert. Årsaken var at enkelte fisk vandret forbi loggerne raskt og på grunn av lang skannetid ble de kun registrert en eller få ganger. Noen få merket smolt passerte loggeren ved inntaket til kraftverket uten å bli registrert. Loggeren klassifiserer registrerte signaler i to klasser, enten som suspekter eller som gode signaler. Gode signaler betyr at alle signalene (definert av group size) ble registrert med de filtre som var satt. Suspekter signaler betyr at loggeren til slutt registrerte signalene, men at det enten var tilleggsstøy på frekvensen eller at enkeltsignaler ikke ble registrert i lytteperioden. Det betyr at signaler som ble registrert som "gode signaler" nesten alltid vil ha vært signaler fra

våre sendere. Men hvis signalene fra senderen var svake kan enkeltsignaler mistes, og registreringer blir klassifisert som suspekt selv om det ikke er støy på frekvensen. Det betyr at registreringer klassifisert som gode svært sannsynlig er fra vår fisk mens signaler klassifisert som suspekter enten er støy eller svake signaler fra en merket fisk. Det aller meste av støyen som ble registrert i prosjektet hadde relativt svake signaler. Enkeltsignaler klassifisert som støy ble alltid ignorert, mens enkeltregistreringer som ble klassifisert som gode signaler ble akseptert hvis det: 1) ellers er lite støy på frekvensen før og etter registreringer, og 2) registreringen passer i tid med sikre registreringer på andre loggestasjoner. Tolkningen av vandringsruter basert på radiomerket fisk i omgivelser med støy vil aldri bli 100 % sikre. Men den vurderingen vi har gjort, med hovedsakelig å inkludere fisk som hadde gode signaler på to loggestasjoner, gjør muligheten for feiltolkning liten. I enkelte tilfelle ble vandringsruten bestemt ved hjelp av en loggestasjon i kombinasjon med signalstyrke (kfr. kommentarer i vedlegg 1).

Kan vi ha overestimert andelen smolt som vandret inn i tunnelen? Dataloggestasjonen i minstevannføringsløpet var svært god og fisk som passerte ble registrert flere ganger, oftest med først økende og så avtagende signalstyrke. Sjansen for at en smolt skulle kunne passere loggeren i minstevannføringsløpet uten å bli registrert, var derfor svært liten. En årsak til at registreringene her var bedre enn oppe ved inntaket skyldes at elva innenfor deteksjonsområdet er relativt grunn og at det generelt var mindre støy i dette området. Spesielt etter vårfloppen var rekkevidden på denne stasjonen så stor at den plukket opp enkeltfisk samtidig med at de ble registrert av nedre antenne ved tunnelinntaket. De fleste av smoltene ble registrert kort tid etter at de forlot stasjonen ved inntaket. Videre ble en del merket smolt liggende ved tunnelutløpet uten bevegelse fram til batteriene døde ut. Vi antar at dette er smolt som ble drept i turbinen. Ikke all fisk som vandret ned minstevannføringsløpet ble registrert av loggeren ved utløpet fra kraftverket. Årsaken til dette er trolig at radiosenderne sluttet å virke på grunn av batterisvikt før fisken passerte. Enkelte merkede smolt som vandret inn i kraftverket ble heller ikke registrert ved utløpet, og enten ble senderne liggende inne i fjellet eller så kan de ha blitt ødelagt i turbinen. Senderne i dette prosjektet hadde en overflate som ikke var av silikon, men en "bio-nøytral" coating som gjør antennen på radiosenderen mer utsatt for å bli ødelagt i turbinen.

En viktig forutsetning for tolkning av denne type resultat er at vi forventer at adferden hos den merkede smolten ikke er endret slik at de resultatene vi får er representative for vandringsmønsteret hos den umerkede smolten. Vi valgte ut den største smolten fra fangstene til denne undersøkelsen. Selv om det ikke er en lineær sammenheng mellom kroppslengde og svømmehastighet er det slik at større fisk kan svømme raskere enn mindre. Våre resultater er derfor representative for den største smolten gjorde. Men, selv om studier i svømmehastighets kammer ikke finner nedsatt svømmehastighet hos smolt med implanterte radiosendere tilsvarende de vi brukte i dette forsøket, vil det selvsagt være slik at fangst, håndtering og merking påvirker fisken etterpå. Vi skiller mellom korttidseffekter og langtidseffekter. Korttidseffekter er ofte relatert til fysiologisk stress og hvis fisken blir skånsomt håndtert vil denne effekten avta relativt raskt etter utsetting. Men selv om fisken raskt kommer tilbake til normale fysiologiske verdier kan atferden fortsatt være endret en tid. En vanlig atferdsendring er at vandrende fisk en tid etter fangst og merking står i ro i elva før vandringen fortsetter. For å unngå at fisk i denne perioden inngår i våre datasett ble fisken satt tilbake i elva overfor vårt undersøkelsesområde. Dvs. fisken måtte selv vandre aktivt nedover elva for å bli registrert. Siden rekkevidden på loggeren ved inntaket i perioder var svært stor ble enkeltsmolt registrert kun minutter etter utsetting på den øverste antennen. Ofte stoppet smolten opp helt i ytterkant av rekkevidden på denne antennen, og smolten kunne bli stående der i kortere eller lengre tid. Men for å komme ned til inntaket måtte smolten aktivt vandre nedover elva. Vi antar derfor at når vår merkede smolt kommer til inntaket er dette fisk som har fortsatt vandringen og derfor er lite endret atferdsmessig fra umerket smolt. Fisk som er død eller svak vil normalt ikke drive nedover elva. Det vises godt i dette prosjektet der merket smolt som vi antok døde i turbinen ble liggende i ro i den sterke strømmen nedenfor tunnelåpningen til batteriene sviktet. Sammen med den gode fiskehåndteringen vi hadde under fangst og merking er det derfor svært lite sannsynlig at våre data skulle være vesentlig påvirket av dette og en eventuel endring kan like gjerne føre til underestimering som overestimering av smoltmengden som vandret ned tunnelen.



Det er viktig å tolke de resultatene man får kritisk, spesielt hvis de avviker sterkt fra det man kan forvente. I dette prosjektet er de resultatene vi fikk som forventet. Vi fikk liten inngang i kraftverket av smolt under vårflommen. Selv om kraftverket kjørte med full kapasitet var det kun en liten del av vannføringen i elva, mindre enn  $60 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , som gikk gjennom tunnelen, mens ca.  $240 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  eller mer gikk forbi og ned minstevannføringsløpet. Etter som vannføringen i elva avtok og den andelen av vannføringen som ble tatt fra Orkla økte, gikk mer smolt gjennom tunnelen. Når vi tar hensyn til at det også tilføres vann til kraftverket fra Raubekken og Svorka, kan vi anta at det i perioder gikk mellom 60 og 70 % av vannføringen i elva gjennom kraftverket. Selv om det statistisk ikke var signifikante forskjeller var det en klar trend i materialet som viste denne sammenhengen. Andelen smolt som vandret inn i kraftverket økte til over 25 %, og selv med relativt få fisk i gruppene var resultatene for hver gruppe nesten det samme, med variasjon fra 25 til 29 % av smolten som vandret tunnelen. Resultatene er slik man skulle forvente selv om kanskje den andelen som går gjennom tunnelen etter vårflommen var mindre sammenlignet med undersøkelser i Mandalselva (Uglem et al. 2004). Årsaken til dette kan være det dykkede inntaket, samt, det store tverrsnittet som skaper gradvis økning i vannstrømmen og mulighet for smolten å unngå inntaket.

I perioden etter flommen ble kraftverket kjørt fra 50 til 100 % av kapasiteten med hyppige endringer. Det gjør at de tallene vi får er et gjennomsnitt for kjøringen av kraftverket i denne perioden. Det betyr at andelen smolt som vandret inn i kraftverket ved full kjøring og liten vannføring i elva trolig er høyere enn de 25 til 29 % som vi registrerte. Resultatene fra denne undersøkelse tyder på at selv om det er krevende rent teknisk, ligger forholdene til rette for å kunne utvikle modeller som kan forutsi hvordan ulik kjøring av stasjonen påvirker andelen smolt som vandrer inn i tunnelen. Et år til med tilsvarende undersøkelser bør være tilstrekkelig for slik modellering, men sikkerheten i modellen vil øke med økende datamengde. Med slike modeller blir man i stand til å kunne planlegge kjøringen av kraftverket slik at antallet smolt som går gjennom kraftverket kan reduseres. Med tanke på den betydelige andelen smolt som drepes i kraftverket i de periodene av smoltutvandringen med liten vannføring i elva, vil vi anbefale at det utarbeides en modell som viser disse sammenhengene og gjør produsenten i stand til å planlegge produksjonen også med tanke på å redusere antallet smolt som vandrer inn i kraftverket.

Undersøkelsene viser at det går betydelige antall smolt inn i Svorkmo kraftverk og at det skjer smoltinngang også på stor vårvannføring. Med bakgrunn i resultatene fra undersøkelsene har vi ikke funnet fram til en metode for minimalisering av smolttap. Det fins en rekke tiltak som er mulig å sette i verk for å begrense inngangen av smolt inn i kraftverket. Ved igangsetting av tiltak må effekten av tiltaket evalueres.

## 5.5 Undersøkelser av voksen laks

Det er to elektrode-seksjoner over elva (luke 1 og 2), disse dekker 40 m av damkrona. For å dekke hele elvebredden på Bjørsetdammen trengs det fire seksjoner med elektroder (totalt 80 meter). Vi har ikke kontroll med antall fisk som vandrer oppover elva i flomsituasjoner (vannføringer større enn ca.  $150 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ). Vi vet imidlertid ikke hvor viktig store flommer er for lakseoppvandringen over Bjørsetdammen. Det er sikkert at det går laks i laksetrappa på vestsida av dammen etter at lukene blir stengt etter en flom (gjelder luke 2, 3 og 4). Mengden som går utenom telleren er avhengig av hvor mye laks som er på oppgang når flommen kommer. Det vil derfor normalt være stor forskjell om en flom opptre i månedsskiftet juni/juli med mange fisk på oppvandring i forhold til i mai med få fisk. En flom i juli kan derfor gi større feil enn en flom i mai.

Tellingenes sikkerhet er begrenset av følgende faktorer:

1. Tidlig i sesongen er det vinterstøinger av laks og aure som går ned, disse kan sirkulere over elektroden og lage falske tellinger i forhold til reell oppvandring.
2. Tellingene før ca. 10. mai og etter ca. 30. september er utelatt som laksetelling.
3. Perioder med overløp over mer enn luke 1 og 2.
4. Omregningsfaktoren er basert på videoovervåking over begrensede tidsperioder med få fisk i forhold til totalt antall registreringer. Kalibreringsfaktoren blir benyttet som en definisjon for hele telleperioden.

Punkt 1; ble undersøkt i 1998 ved hjelp av ett undervannskamera. Det ble ikke iaktatt noen fisk ved hjelp av video i den aktuelle perioden i april/mai.

Punkt 2; betyr underestimering av antallet oppvandrende laks.

Punkt 3; i de fleste åra er det relativt få timer som laks kan gå utenom telleren. Imidlertid er det noen år (som 1997) at det er mange timer med overløp. Det er da mulighet for at det går vesentlig med fisk uten at de blir talt.

Videoanalysene viser ulik grad av uoverensstemmelse i forhold til Logietelleren. Forskjellen varierte fra over-estimering (ca. 20 %) via ingen forskjell til underestimering (46 %) av antall oppvandrende fisk i Logietelleren i de periodene som er undersøkt. I 2011 var det ca. 46 % underestimering av antall oppvandrende fisk i de periodene det var gode siktforhold (Strand & Lamberg 2012). Det synes heller ikke å være en systematisk feil under tellingene av oppvandrende fisk i 2011 sett i forhold til videoovervåkingen og det ble funnet lavere følsomhet på telleren i perioder i forhold til tidligere år. Vi har allikevel benyttet den generelle omregningsfaktoren også i 2011 for å komme fram til antall oppvandrende fisk. Det beregnede antall oppvandrerere i 2011 er trolig for høyt når en sammenholder med fangststatistikken (**figur 4.5.4**).

I videoanalysene ble det iaktatt mye aure, slik at antall laks blir overestimert i forhold til brutto antall fisk talt med Logietelleren. Det er imidlertid rimelig å anta at det har blitt talt mye aure i hele måleserien, og kanskje mer tidligere enn nå som sjøaurebestanden er liten. I estimatet av antall oppvandrende laks er det trukket fra tilsvarende andelen sjøaure som er fisket i sportsfisket. I år uten fiske av sjøaure har gjennomsnittlig andel aure i fisket i tidligere år blitt benyttet.

Mulig årsak til at telleren har oppført seg ulikt fra tidligere år i 2011 er at elektroden ble ødelagt i løpet av våren 2011. Dette ble forsøkt reparert, men elektroden fungerte annerledes i forhold til tidligere etter reparasjonen. Det var perioder med mulig urimelig antall oppvandrerere, som i månedsskiftet juli/august 2011. Dette har trolig sammenheng med at isoleringen mot betongen under elektroden ikke ble god nok.

Tellingene i Orkla benyttes til å beregne gytebestandsmål og i den sammenhengen er det viktig at antall gytelaks kan sammenlignes mellom år. Vi har derfor valgt å beregne antall laks på samme måte i hele måleserien.

Etter 2006 har det vært lite 1SW laks i Orkla. Dette er et generelt problem i mange laksebestander (Anon. 2011). Årsaken til nedgangen i andelen smålaks skyldes forhold i havet.

Analysen viser at det potensielt har blitt gytt 4,4 rogn per m<sup>2</sup> i perioden 2007 til 2011. Bestand og rekrutteringsanalysen i Orkla viste et rognbehov på 2,5 rogn/m<sup>2</sup> (Hvidsten et al. 2004), mens et strengere måltall på 3-5 rogn/m<sup>2</sup> ble satt som gytebestandsmål for hele Orklavassdraget basert på nye beregninger (Hindar et al. 2007). Antall rognkorn som potensielt er lagt i 2011 er om lag det doble av gytebestandsmålet. Selv om antall gytefisk trolig er overestimert er det sannsynlig at gytebestandsmålet også er nådd i 2011.

Estimert beskatningsrate var 22 - 28 % (avhengig av beregningsmåten) ovenfor Bjørsetdammen. Det synes som nåværende fangsttrykk gjør at gytebestandsmålet blir oppfylt. Eggdeponering er en betydelig variabel i smoltproduksjonsmodellen. Dette kan tyde på at det år om annet har vært for lite gytefisk eller at fordelinga av rogn har vært skjev, slik at det har blitt for lite rogn på partier av elva. Tettheten av årsyngel av laks i årene 1999 – 2003 varierte, og i forhold til antall lagte rogn året før utgjorde det en faktor som varierte fra 1,5 til 30,6 (rogn/årsyngel). Denne store variasjonen kan delvis skyldes at rogn ble ulikt fordelt året før på elvestrekningen ovenfor Meldal bru (Hvidsten et al. 2004).

## 6 Referanser

- Anon. 2011. Status for norske laksebestander i 2011. – Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 3, 285 s.
- Antonsson, T. & Gudjonsson, S. 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., Rønning, L., Johansen, S.W., Haug, A. & Bongard, T. 1995. Fiskebiologiske referanseundersøkelser i Stjørdalsvassdraget 1990-1994, i forbindelse med Meråkerutbyggingen. - Vitenskapsmuseet Rapport, Zoologisk serie 1995-5: 1-86.
- Baglinière, J.L. 1976. Étude des populations de saumon Atlantique (*Salmo salar* L., 1766) et Bretagne – Basse-Normandie. II. – Activité de dévalaison des smolt sur L'Ellé. - Annales d'hydrobiologie 7 : 643-655.
- 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.
- 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.
- Borsányi, P., Alfredsen, K., Harby, A., Ugedal, O. og Kraxner, C. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. - Hydroécologie Appliquée 14: 119-138.
- Bremset, G., Forseth, T., Ugedal, O. & Gjømlestad, L.J. 2007. Potensial for produksjon av laks i Kvinavassdraget. Vurdering av tapsfaktorer og forslag til kompensasjonstiltak. – NINA Rapport 321. 38 s.
- 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.
- Carlsen, K.T., Berg, O.K., Finstad, G. & Heggberget, T.G. 2004. Diel periodicity and environmental influence on the smolt migration of Arctic char, *Salvelinus alpinus*, Atlantic salmon, *Salmo salar* and brown trout, *Salmo trutta*, in northern Norway. - Environmental Biology of Fishes 70: 403-413.
- Chaput, G.J. & Jones R.A. 2004. Catches of downstream migrating fish in fast-flowing rivers using rotary screw traps. - Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2688, 14 p.
- Cousens, N.B.F., Thomas, G.A., Swann, C.G. & Healey, M.C. 1982. A review of salmon escape-ment estimation techniques. – Department of Fisheries and Oceans, Nanaimo, B. C. Canada. Pacific Biol. Station.
- Davidsen, J.G., Svenning, M.A., Orell, P., Yoccoz, N., Dempson, J.B., Niemelä, E., Klemetsen, A., Lamberg, A. & Erkinaro, J. 2005. Spatial and temporal migration of wild Atlantic salmon smolts determined from a video camera array in the sub-Arctic River Tana. - Fisheries Research 74: 210–222.
- Dempson, J.B. & Stansbury, D.E. 1991. Using partial counting fences and a two-sample stratified design for mark-recapture estimation of an Atlantic salmon smolt population. – North American Journal of Fisheries Management. 11: 27-37.
- Elson, P.F. 1962. Predator-prey relationship between fish eating birds and Atlantic salmon. – Fish. Res. Board. Can. Bull 133. 87p.
- Finstad, A.G., Einum, S., Forseth, T. & Ugedal, O. 2007. Shelter availability affects size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. - Freshwater Biology 52: 1710-1718.
- Forseth, T., Bremset, G., Lamberg, A., Fiske, P., Wibe, H. & Øksenberg, S. 2009. Evaluering av metoder for estimat av smoltproduksjon i laks og sjøaurebestander. - NINA Rapport 489. 23 s.
- 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. 59 s.
- Forseth, T. & Forsgren, E. (red.) 2009. El-fiskemetodikk – Gamle problemer og nye utfordringer. - NINA Rapport 488. 74 s.
- Garnås, E. & Hvidsten, N. A. 1984. Utvandring og produksjon av smolt hos laks og aure i Orkla fra 1979 til 1983. - DVF, Reguleringsundersøkelsene. Rapport 7-1984. 53 s.

- Hansen, L.P., Jonsson, B., Morgan, R.I.G. & Thorpe, J.E. 1989. Influence of parr maturity on emigration of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 410-415.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1985. Downstream migration of hatchery-reared smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Imsa. - Aquaculture 45: 237-248.
- Hansen, L.P. & B. Jonsson. 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.
- Heggberget, T.G., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Saksgård, L. 1993. Fisk i lakseførende vassdrag. - s. 262-279 i Faugli, P.E., Erlandsen, A.H. & Eikenæs, O., (red.) Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak - en kunnskapsoppsummering. NVE Publikasjon nr. 13/1993.
- 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, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon smolts in river Orkla of central Norway in relation to management of a Hydroelectric station. - North American Journal of Fisheries Management 6: 376 -382.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Storeid, S-E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Saltveit, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. - NINA rapport 226. 78 s.
- Hvidsten, N.A. 1990. Utvandring og produksjon av laks- og auresmolt i Orkla 1979-1988. - NINA Rapport 39. 26 s.
- Hvidsten, N.A. 1993. High winter discharge after regulation increases production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in the River Orkla, Norway, p 175-177. In R.J. Gibson and R. E. Cutting (ed.) Production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters. - Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 118.
- 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., & 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. & Ugedal, O. 1991. Increased densities of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the River Orkla, Norway, after regulation for hydro-power production. - Trans. Am. Fish. Soc. Symposium. 10: 219-225.
- 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. 1997. Screening of descending Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from a hydro-power intake in the river Orkla, Norway. - Nordic J. Fresh. Res. 73: 44-49.
- 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., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. - Nordic Journal of Freshwater Research 70: 38-48.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Jensen, A.J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E.B., Jensås, J.G., Bakke, Ø. og Forseth, T. 2004. Orkla – et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. – NINA Fagrapport 79. 94 s.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Ugedal, O., Jensås, J.G. & Saksgård, L. 2010. Undersøkelser av bonitet, rekruttering og bestand av laks i Orkla, Årsrapport 2009. – NINA Minirapport 287. 34 s.
- Hvidsten, N.A., Kroglund, F., Holst, J.C. & Johnsen, B.O. 2002. Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva.- NINA Oppdragsmelding 730. 23 s.
- Ibbotson, A.T., Beaumont, W.R.C., Pinder, A., Welton, S. & Ladle, M. 2006. Diel migration patterns of Atlantic salmon smolts with particular reference to the absence of crepuscular migration. - Ecology of Freshwater Fish 15: 544-551.
- Israelson, G. 1949. On some attached Zygnetales and their significance in classifying streams. - Botaniska Notiser 102 (4): 313-366.

- Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Jensås, J.G. 2004. Strynselfva. I: Jensen, A.J. (red). Geografisk variasjon og utviklingstrekk i norske laksebestander. – NINA Fagrapport 80: 27-35.
- Jensen, A.J., Finstad, B., Fiske, P., Hvidsten, N.A., Rikardsen, A.H. & Saksgård, L. 2012. Timing of smolt migration in sympatric populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic char (*Salvelinus alpinus*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69: 1–13.
- 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. & Hvidsten, N.A. 2002. Use of radiotelemetry and electrofishing to assess spawning by transplanted Atlantic salmon.- Hydrobiologia 483: 13-21.
- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A., Bongard, T., Bremset, G. & Diserud, O. 2012. Ferskvannsbiologiske undersøkelser I Surna. - NINA Rapport 857. 106 s.
- 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.
- Korsen, I. 1992. Forvaltningsmessige problemer ved Orklautbyggingen. - s. 241 - 252 i: Berg, G. & Faugli, P.E. (red.). FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vass drags- og Energiverk. Publikasjon nr. 2, 1992.
- Kålås, J.A., Heggberget, T.G., Bjørn, P.A. & Ritan, O. 1993. Feeding behaviour and diet of goosanders (*Mergus merganser*) in relation to salmonid seaward migration. – Aquat. Living Resour. 6: 31-38.
- Lamberg, A., Strand, R., Bjørnbet, S., Gjertsen, V., Strand, F. & Øksendal, S. 2010. Videoovervåking av laks og sjørretsmolt ved inntaket til Svorkmo kraftverk i Orkla i Sør-Trøndelag i 2009. - Vilt og fiskeinfo AS. Rapport 5/2010. 27s.
- Letcher, B.H., Gries, G. & Juanes, F. 2002. Survival of stream-dwelling Atlantic salmon: effects of life history variation, season and age. - Transactions of the American Fisheries Society 131: 838-854.
- Lund, R.A., Hansen, L.P. & Økland, F. 1989. Identifisering av rømt oppdrettslaks og vill-laks ved ytre morfologi, finnestørrelse og skjellkarakterer. - NINA Forskningsrapport 1. 54 s.
- Lundqvist, H., Clarke, W.C. & Johansson, H. 1988. The influence of precocious sexual maturation on survival to adulthood of river stocked Baltic salmon, *Salmo salar*, smolts. - Holarctic Ecology 11: 60-69.
- Monten, E.1964. Studies of the fish mortality due to passage through turbines. – Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 45: 190-195.
- Moore, A., Potter, E.C.E., Milner, N.J. & Bamber, S. 1995. The migratory behaviour of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in the estuary of the River Conwy, North Wales. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 1923-1935.
- Northcote, T.G. 1984. Mechanisms of the fish migration in rivers. In McCleave, J.D., Arnold, G.P., Dodson, J.J. & Neill, W.H. (eds). Mechanisms of migration in fishes. - Plenum Press, New York, pp 317-355.
- 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.
- 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.
- Ruggles, C.P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. - Can. Tech. rep. Fish. Aquat. Sci. 952. 39 pp.
- Saksgård, L.S., Heggberget, T.G., Jensen, A.J. & Hvidsten, N.A. 1992. Utbyggingen av Altaelva - virkninger på laksebestanden. – NINA Forskningsrapport 34. 98 s.
- Sandlund, O.T., Berger, H., Bremset, G., Diserud, O., Saksgård, L., Ugedal, O. & Ulvan, E. 2011. Elektrisk fiske – effekter av ledningsevne på fangbarhet av ungfisk. – NINA Rapport 668. 43 s.
- Sigholt, T. & Finstad, B. 1990. Effect of low temperature on seawater tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - Aquaculture 84: 167-172.

- Solomon, D.J. 1978. Some observations on salmon smolt migration in a chalkstream. - *J. Fish Biol.* 12: 571-574.
- Strand, R. & Lamberg, A. 2007. Videoovervåking av fiskepasseringer over Bjørsetdammen: En kontroll av Logieteller i 2007. Lamberg Bio Marine Service. 6 s.
- Strand, R. & Lamberg, A. 2008. Videoovervåking av fiskepasseringer over Bjørsetdammen: En kontroll av Logieteller i 2008. Lamberg Bio Marine Service. 6 s.
- Strand, R. & Lamberg, A. 2009. Videoovervåking av fiskepasseringer over Bjørsetdammen: En kontroll av Logieteller i 2009. Lamberg Bio Marine Service. Rapport 1/ 2010. 9 s.
- Strand, R. & Lamberg, A. 2011. Videoovervåking av fiskepasseringer over Bjørsetdammen. En kontroll av Logieteller i 2010. Vilt og fiskeinfo rap 9/2011.
- Strand, R. & Lamberg, A. 2012. Videoovervåking av fiskepasseringer over Bjørsetdammen. VFI rapport 10/2012. 15 s.
- Thedinga, J.F., Murphy, M.L., Johnson, S.W., Lorentz, J.M. & Koski, K.V. 1994. Determination of salmonid smolt yield with rotary-screw traps in the Situk River, Alaska, to predict effects of glacial flooding. - *North American Journal of Fisheries Management* 14: 837-851.
- Thorpe, J.E., Metcalfe, N.B. & Fraser, N.H.C. 1994. Temperature dependence of switch between nocturnal and diurnal smolt migration in Atlantic salmon. In: MacKindley, D.D., ed. *High performance Fish. International Fish Physiology Symposium*. Vancouver: Fish Physiology Association, MacKindley, Don, D. (Ed.), pp. 83-86.
- Uglem, I., Økland, F., Forseth, T., Diserud, O., Fiske, P., Thorstad, E.B., Hvidsten, N.A. & Berger, H.M. 2004. Smoltutvandring forbi Laudal kraftverk i Mandalselva. - NINA Rapport 13. 31 s.
- 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 Journal of Freshwater Research* 74: 65-78.
- Whalen, K.G. & Parrish, D.L. 1999. Effect of maturity on parr growth and smolt recruitment of Atlantic salmon. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 79-86.
- Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. - *Journal of Wildlife Management*. 22: 82-90.
- Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. - *Swed. Salmon Res. Inst.* 8: 205-215.

## Vedlegg

**Vedlegg 1.** Radiomerket smolt satt ut i Orkla i 2011, utsettingsdato og klokkeslett, tidspunkt for første (inn) og siste (ut) observasjon på de tre loggerne Bjørset, minstevannføringsløpet og Svorkmo. Siste kolonne angir smoltens vandringsvei (V) hvor 1: Gjennom kraftverkstunnelen, 2 Gjennom minstevannføringsløpet, 3: Usikker.

Fisk	Da- to	Woll	Logger Bjørset		Logger Minstevannførings- løpet		Logger Svorkmo		V
			inn	ut	Inn	ut	inn	ut	
003/30	9.5	22:30							3
013/30	9.5	22:30	9.5/23:27	11.5/9:36	11.5/9:48		12.5/3:21		2
023/30	9.5	22:30	9.5/23:10	9.5/23:40	9.5/23:52		10.5/3:44		2
031/29	9.5	22:30	9.5/23:17	10.05/2:01	10.5/2:07				2
051/30	9.5	22:30	10.5/0:41	10.05/21:58	10.5/22:08		11.5/0:41		2
059/29	9.5	22:30							3
082/29	9.5	22:30	9.5/23:23	13.05/23:47	14.5/0:00				2
090/29	9.5	22:30	9.5/23:11	11.05/23:08	11.5/23:35		12.5/3:49		2
103/30	9.5	22:30	10.5/9:21	10.05/9:24	10.5/9:53		11.5/23:16		2
112/30	9.5	22:30	9.5/23:38	9.5/23:41	9.5/23:44		12.5/1:34		2
122/29	9.5	22:30	9.5/23:52	9.5/23:52	10.5/0:02				2
132/38	9.5	22:30							3
150/30	9.5	22:30							3
161/28	9.5	22:30	9.5/23:12	10.5/0:41					3
172/29	9.5	22:30	9.5/0:22	10.5/0:15	10.5/0:38		12.5/1:34		2
192/30	9.5	22:30	9.5/23:16	9.5/23:16			15.5/17:06		1
201/38	9.5	22:30					11.5/0:36		3
211/38	9.5	22:30	10.5/1:53	10.5/2:02	10.5/2:08		10.5/23:01		2
220/37	9.5	22:30	9.5/23:27	9.5/23:43	9.5/23:49		10.5/2:49		2
230/39	9.5	22:30					10.5/11:30		3
242/38	9.5	22:30	10.5/7:44	11.5/22:13	11.5/22:27		12.5/2:30		2
252/37	9.5	22:30					10.5/3:07		3
260/38	9.5	22:30	9.5/23:53	10.5/1:36	10.5/1:49				2
271/38	9.5	22:30							3
280/38	9.5	22:30	9.5/23:13	10.5/3:27	10.5/4:01		10.5/22:17		2
291/37	9.5	22:30	10.5/1:24	10.5/1:31	10.5/1:41		12.5/4:05		2
301/38	9.5	22:30	10.5/3:31	10.5/3:15	10.5/3:48		12.5/2:31		2
320/38	9.5	22:30	2.6/1:05	3.6/0:15	5.6/11:56		9.6/19:46		2
331/39	9.5	22:30	10.5/0:07	11.5/2:48			15.5/23:07		1
341/38	9.5	22:30	9.5/23:13	10.5/11:15	10.5/13:01		10.5/18:37		2
012/33	15.5	21:27	16.5/4:54	19.5/20:25	21.5/19:14	22.5/0:34	2.6/16:20		2
023/38	15.5	21:27	16.5/0:50	16.5/1:31	16.5/1:46				2
043/38	15.5	21:27	26.5/18:09		6.6/5:41	18.6/22:36			2
071/38	15.5	21:27	17.5/6:06	17.5/6:06	25.5/14:45	25.5/14:45			2
104/38	15.5	21:27	15.5/22:21	23.5/20:59					1*
111/36	15.5	21:27	15.5/23:22	24.5/21:26					1*
123/38	15.5	21:27	15.5/22:43	16.5/1:03			16.5/22:15	16.5/22:15	1*
142/33	15.5	21:27	16.5/2:55	4.6/	4.6/	5.6/0:54	7.6/4:57	7.6/23:32	2
181/30	15.5	21:27							3
203/35	15.5	21:27	26.5/4:39	6.6/21:54					3



211/29	15.5	21:27								3
221/30	15.5	21:27	16.5/0:14	27.5/4:25						3*
240/34	15.5	21:27	25.5/1:55	25.5/2:32			26.5/11:53			1
300/29	15.5	21:27								3
310/37	15.5	21:27	16.5/3:44	18.5/2:41	18.5/3:04	18.5/8:46				2
341/41	15.5	21:27	17.5/1:43	19.5/20:27	24.5/2:04	25.5/13:35				2
351/34	15.5	21:27	16.5/3:15	18.5/0:04	18.5/1:22	18.5/1:56	7.6/8:55	8.6/7:41		2
361/31	15.5	21:27	16.5/0:51	24.5/23:43	25.5/0:26	25.5/0:58				2
370/30	15.5	21:27	16.5/0:31	19.5/20:29	23.5/1:27	23.5/1:33				2
381/28	15.5	21:27	17.5/1:06	17.5/1:28						3*
390/30	15.5	21:27	15.5/23:22	2.6/:						3*
411/42	15.5	21:27	16.5/1:17	24.5/21:25	26.5/0:09	26.5/0:13	28.5/6:00	28.5/7:42		2
421/31	15.5	21:27	16.5/5:40	16.5/7:51	23.5/1:12	23.5/1:24	1.6/15:12	1.6/15:12		2
431/42	15.5	21:27	18.5/3:12	19.5/12:25						3*
453/40	15.5	21:27								3
463/30	15.5	21:27	16.5/1:30	5.6/5:41	6.6/13:38	6.6/14:16	9.6/23:00	9.6/23:00		2
473/41	15.5	21:27	15.5/23:05	16.5/16:24	17.5/03:58	19.5/14:24				2
483/42	15.5	21:27	15.5/23:37	16.5/03:00	16.5/3:14	17.5/6:43				2
493/40	15.5	21:27	16.5/1:11	19.5/9:11						3*
402/43	15.5	21:27					20.5/17:29	20.5/17:29		1*
121/35	20.5	20:40	23.5/20:03	26.5/1:42	27.5/0:38	27.5/0:50				2
132/35	20.5	20:40	24.5/2:19	24.5/5:32	24.5/6:52	25.5/18:53				2
252/30	20.5	20:40	23.5/14:17	24.5/23:14	25.5/0:23	25.5/18:53				2
311/29	20.5	20:40	5.6/0:10	5.6/1:35						3
331/30	20.5	20:40	23.5/14:21	24.5/17:47	26.5/2:25	26.5/5:23				2
381/37	20.5	20:40	23.5/19:44	29.5/5:11	30.5/3:45	30.5/6:04				2
391/38	20.5	20:40					23.5/9:39	24.5/15:14		1*
402/30	20.5	20:40			22.5/0:47	22.5/1:02				2
411/30	20.5	20:40			24.5/0:19	24.5/0:19	1.6/2:05	4.6/5:03		3*
421/37	20.5	20:40	23.5/14:18	27.5/:			27.5/4:40	29.5/:		1*
431/28	20.5	20:40	24.5/0:42	25.5/1:15			25.5/6:28	25.5/19:08		1*
441/30	20.5	20:40	24.5/10:12	25.5/			31.5/23.26?	31.5/23.26?		3*
453/30	20.5	20:40	23.5/14:18	25.5/0:04	25.5/1:22	25.5/1:27				2
474/30	20.5	20:40	24.5/23:45	26.5/22:00	26.5/0:32	26.5/4:37	9.6/22:04	9.6/22:04		2
032/38	23.5	19:35	25.5/0:17	25.5/0:26	25.5/1:15	25.5/1:20	11.6/0:02	11.6/0:50		2
091/37	23.5	19:35	24.5/3:21	25.5/19:06	25.5/23:38	25.5/23:41				2
243/29	23.5	19:35			26.5/6:16	26.5/19:24				2
260/43	23.5	19:35	24.5/3:04	24.5/5:45	./:	./:	24.5/11:52	25.5/:		1*
271/42	23.5	19:35	24.5/15:06	1.6/14:51	2.6/4:47	2.6/4:47				2
342/30	23.5	19:35	23.05/23:25	26.5/:						3*
360/38	23.5	19:35	26.5/2:47				27.5/16:54	1.6/1:32		1
371/37	23.5	19:35	26.5/0:46	7.6/0:07	8.6/6:07	8.6/6:13	9.6./19:09	14.6./09:29		2
440/41	23.5	19:35								3
463/39	23.5	19:35	27.5/1:23		30.5/1:16	30.5/6:41				2
022/34	23.5	17:20	24.5/13:19	26.5/1:43			30.5/20:06	9.6/22:05		1
011/40	23.5	17:20	23.5/18:07	25.5/3:00						1*
032/34	23.5	17:20	4.6/23:47	5.6/01:11	5.6/2:01	5.6/2:17				2
042/33	23.5	17:20								3
051/37	23.5	17:20	26.5/00:33	26.5/03:05	1.6/0:28	1.6/4:00				2
062/39	23.5	17:20	23.5/18:20	28.5/2:18						1*
070/30	23.5	17:20	27.5/1:31							3

082/39	23.5	17:20	24.5/5:10	25.5/1:32			25.5/7:12	25.5/19:1 3	1
091/34	23.5	17:20							3
103/34	23.5	17:20	24.5/23:38		29.5/2:39	5.6/00:51			2
151/39	23.5	17:20	24.5/8:55	25.5/0:14	25.5/1:15	25.5/1:19	9.6/22:07	9.6/22:07	2
161/39	23.5	17:20	24.5/18:11	25.5/23:35	26.5/0:23	26.5/0:33			2
171/38	23.5	17:20							3
181/38	23.5	17:20	30.5/00:37	1.6/8:58	1.6/8:58	2.6/0:23			2
191/38	23.5	17:20	23.5/18:30	25.5/0:06	25.5/0:51	25.5/0:54			2
220/35	23.5	17:20	25.5/0:06	26.5/10:00	26.5/10:43	29.5/20:06			2
232/34	23.5	17:20	23.5/18:30	5.6/12:00	10.6/9:24				2*
354/43	23.5	17:20	4.6/11:53	4.6/11:56	4.6/21:52	4.6/22:01			2
493/30	23.5	17:20							3
43/36	24.5	17:30							3
51/32	24.5	17:30	25.5/16:06		20.6/1:59				2
61/34	24.5	17:30	25.5/0:22	25.5/1:45	25.5/2:11	25.5/2:20	10.6/5:20	10.6/5:20	2
71/33	24.5	17:30							3
81/34	24.5	17:30	25.5/23:21	27.5/0:8	27.5/0:58	27.5/1:07			2
111/33	24.5	17:30	27.5/01:34	31.5./17:16	:		1.6/6:43	3.6./24:00	1*
251/42	24.5	17:30	26.58/1:23	26.5/1:37	26.5/02:18				2
280/42	24.5	17:30	25.5/6:12	26.5/0:17	26.5/0:50	26.5/1:02			2
290/42	24.5	17:30	26.5/1:32	26.5/23:26	27.5/02:57	27.5/04:06			2
310/42	24.5	17:30	26.5/13:24	27.5/3:59			28.5/7:15	30.5/	1*
320/41	24.5	17:30					3.6/2:55		3
332/41	24.5	17:30	27.5/00:51	27.5/01:00	27.5/1:37	27.5/1:40			2
360/41	24.5	17:30							3
381/40	24.5	17:30	26.5/2:53	5.6/1:05	5.6/2:56	5.6/3:14			2
390/43	24.5	17:30			29.5/3:37	30.5/:	9.6/16:50	9.6/18:05	2
402/38	24.5	17:30					27.5/14:1 6		1*
412/37	24.5	17:30	28.5./00:25	28.5./00:25			28.5/5:47		1*
422/42	24.5	17:30	28.5/2:23	19.6/:					3*
431/39	24.5	17:30	25.5/2:15		31.5/1:02	31.5/2:31			2
440/41	24.5	17:30	25.5/11:30						3
143/30	24.5	20:45							3
151/33	24.5	20:45	2.6/15:01	4.6/:					3
162/33	24.5	20:45							3
170/33	24.5	20:45	1.6/1:09	4.6/					3
182/33	24.5	20:45			27.5/0:49	27.5/1:05			2
191/32	24.5	20:45					9.6/15:05	19.6/:	1*
202/30	24.5	20:45							3
212/34	24.5	20:45	7.6/21:27	8.6/0:52	8.6/1:39	8.6/2:11			2
232/30	24.5	20:45	10.6/9:00	10.6/9:01					1*
260/	24.5	20:45							3
271/31	24.5	20:45							3
281/30	24.5	20:45	9.6/20:04	9.6/20:32			10.6/0:31		1*
320/31	24.5	20:45	4.6/23:19	5.6/4:23					3
370/41	24.5	20:45							3
453/38	24.5	20:45	9.6/19:39	9.6/19:39	9.6/20:10	9.6/20:13	9.6/23:37		2
482/40	24.5	20:45							3
483/32	24.5	20:45							3
492/38	24.5	20:45	27.5/2:37	28.5/0:18	28.5/1:06	28.5/1:08			2
461/43	24.5	20:45							3
474/38	24.5	20:45	10.6/1:04	10.6/1:40	10.6/2:04	10.6/2:04			2

104/38\*, 111/36\*: Plassert i kategori 1 på bakgrunn av en vurdering av signalstyrken da den forsvant raskt fra tunnelinntaket. Den ble ikke senere registrert i minstevannføringsløpet.

123/38\*: Sender ble liggende ved utløpet og det tyder på at fisken ble drept i kraftverket

221/30\*: Trolig gått tunnel, men vurdert som usikker på grunn av batteri levetid.

- 381/28\*: Sannsynlig tunnelfisk, men signatur på Bjørset var ikke alene nok til å bestemme vandringssrute.
- 390/30\*: Ble stående i inntaksområdet til batteriene tok slutt. Vandringsveg derfor usikker.
- 431/42\*: Vandret ned til Bjørset og deretter vandret oppstrøms.
- 493/40\*: Vandret ned til Bjørset og deretter vandret oppstrøms.
- 402/43\*: Vurdert som kategori 1 da senderen ble liggende stille i utløpskanalen fra kraftverket og dette tyder på at fisken er drept i turbinen.
- 391/38\*: Vurdert til kategori 1 fordi den ble registrert sterkt ved Svorkmo på antennen mot kraftverksutløpet, men ikke registrert i minstevannføringsløpet.
- \*411/30: Registrert kun en rekke i minstevannføringsløpet og vurdert som usikker.
- \*421/37: Avslutter med sterke signaler over en 3 - dagers periode ved tunnelutløp. Kan tyde på at den er skadet/drept i turbinen.
- \*431/28: Fra 25.5 til 2.6 registrert på samme sted i utløpskanalen fra kraftverket, trolig død.
- \*441/30: Kan være kategori 1, men usikker registrering ved utløpet plasserer fisken i kategori 3.
- \*260/43 = \*441/30
- \*342/30: Vandret ned til øvre del av inntaksmagasinet og vandret deretter oppstrøms.
- \*011/40: Plassert i kategori 1 på bakgrunn av en vurdering av signalstyrken da den forsvant raskt fra tunnelinntaket. Den ble ikke senere registrert i minstevannføringsløpet.
- \*062/39: Plassert i kategori 1 på bakgrunn av en vurdering av signalstyrken da den forsvant raskt fra tunnelinntaket. Den ble ikke senere registrert i minstevannføringsløpet.
- \*232/34: Usikkert tidspunkt for passering av dammen, antar 5.6. 12:00
- \*111/33: Etter 2.6 registrert på samme sted i utløpskanalen fra kraftverket, trolig død.
- \*310/42: Etter 28.5 registrert på samme sted i utløpskanalen fra kraftverket, trolig død.
- \*402/38: Etter 27.5 registrert på samme sted i utløpskanalen fra kraftverket, trolig død.
- \*412/37: Etter 28.5 registrert på samme sted i utløpskanalen fra kraftverket, trolig død.
- \*422/42: Forsvinner sakte fra loggeren ved inntaket, sannsynligvis batterisvikt.
- \*170/33: Vandret ned til inntaket, deretter oppstrøms
- \*191/32: Etter 9.6 fram til 19.6 registrert på samme sted i utløpskanalen fra kraftverket, trolig død.
- \*232/30: Vurdert til kategori 1 fordi siste registrering er innløpstunnelen hvor den forsvinner brått. I tillegg mangler registrering i minstevannføringsløpet.
- \*281/30: Etter 10.6 registrert på samme sted i utløpskanalen fra kraftverket, trolig død.

**Vedlegg 2.** Totalfosfor målt ved Bjørset i perioden 2000 til 2011 (Målt av Ånes og Iversen, NIVA).

	jan	feb	mar	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des
2000			6,5			3,8			2,9			3,9
2001			2,7			3,7			20			2,7
2002			2,5			3,1			2,9			3,8
2003			11,9			3,5			2,9			8,3
2004			7,4			9,2			3,4			3,3
2005												
2006												
2007												
2008		14	4	3	6	5	4,5	4	4	4	3	4
2009	4,0	3	4	9	4	3	6	5	3	3	3	4
2010	5,0	2	17	13	37	8	8	4	3	3	4	5
2011	3	3	13	49	5	10	8	4	4			







*Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.*

*NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.*

*Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.*

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-2461-1]

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor  
Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim  
Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01  
E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)  
Organisasjonsnummer 9500 37 687