

Etablering av smoltutvandringsovervåking og evaluering av fysiologisk smoltkvalitet i Kvina, 2011



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

| | | |
|---|---------------------------------|---------------------|
| Etablering av smoltutvandringsovervåking og evaluering av fysiologisk smoltkvalitet i Kvina, 2011 | Løpenr. (for bestilling) | Dato |
| | 6259-2011 | 05.12.2011 |
| Forfatter(e) Kristensen, T., Hawley, K., Guttrup, J (SNO), Johannesen, Å., Kroglund, F. | Prosjektnr. Undernr. | Sider Pris |
| | O-11228 | 19 |
| Fagområde Fiskeøkologi | Geografisk område Vest-Agder | Distribusjon Fri |
| | | Trykket NIVA |

| | |
|---|-----------------------------------|
| Oppdragsgiver(e) Sira-Kvina Kraftselskap | Oppdragsreferanse J. nr 636/11 |
|---|-----------------------------------|

Sammendrag

NIVA ble gitt i oppdrag å bistå Kvinesdal Jeger og Fiskeforening med å etablere et program for overvåking av smoltutvandring i 2011. Smoltfella var i døgkontinuerlig drift stort sett hele perioden, fangst fra dag 1 av drift kan tyde på at smoltutvandringen var kommet i gang på dette tidspunktet. Ett års datafangst gir ikke grunnlag for å konkludere på hvilke av de abiotiske faktorene som er viktigst for smoltvandringen i Kvina, men temperaturøkning på lav vannføring syntes å være de rådende forhold under hovedutvandringen i 2011. Generelt kan en konkludere med at smoltutgangen i Kvina i 2011 var relativt jevnt fordelt på dager over en kort periode sammenlignet med en del andre norske vassdrag. Fysiologisk sett virket smolten å ha god kvalitet, med høye NKA verdier på de to prøvetakingspunktene. Gjellenivåene av Al viste en akkumulering utover bakgrunnsnivå, noe som ikke er uvanlig i kalkede vassdrag. Nivåene var på grensen til akkumulering som har gitt effekter på sjøoverlevelse i eksperimentelle studier, men da med noe lavere pH i vannet.

| | |
|--|--|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vannkraftproduksjon Migrasjon Atlantisk laks Smolt | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Hydroelectric production Migration Atlantic salmon Smolt |
|--|--|



Prosjektleder
Torstein Kristensen



Forskningsleder
Åse Åtland



Direktør for teknologi og innovasjon
James Berg

**Etablering av smoltutvandringsovervåking og
evaluering av fysiologisk smoltkvalitet i Kvina, 2011**

Forord

Arbeidet ble finansiert av Sira Kvina Kraftselskap. Vi er takknemlige for all godvilje og praktisk hjelp som ble ytt under gjennomføringen fra Kvinesdal Jeger -og Fiskeforening. Randulf Øysæd var en svært nyttig og mann å ha med på laget, og alle forespørsler vi hadde underveis ble hurtig og effektivt imøtekommet.

Bodø, 05.12.2011

Torstein Kristensen

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 6 |
| 1. Innledning | 7 |
| 1.1 Overvåking av smoltutvandring. | 7 |
| 1.2 Smoltvandring | 7 |
| 1.3 Smoltifisering | 7 |
| 1.4 Vassdragsregulerings effekter på fisk | 8 |
| 1.5 Områdebeskrivelse | 8 |
| 1.6 Laksefisket i Kvina | 8 |
| 1.7 Etablering av smoltovervåking i Kvina | 9 |
| 2. Material og metode | 9 |
| 2.1 Etablering av smoltskrue | 9 |
| 2.2 Registreringer av fisk | 10 |
| 2.3 Fysiologiske målinger på smolt | 10 |
| 2.3.1 NKA analyser | 10 |
| 2.3.2 Gjellemetaller | 11 |
| 2.3.3 Vannkjemi | 11 |
| 3. Resultater | 11 |
| 3.1 Fysisk-kjemiske parametre | 11 |
| 3.2 Smoltfangster | 13 |
| 3.3 Fysiologiske målinger | 15 |
| 4. Diskusjon | 16 |
| 5. Konklusjon og anbefalinger | 17 |
| 5.1 Drift av smoltfella | 17 |
| 5.2 Økning av fangst ved utvidede studier | 17 |
| 5.3 Oppfølging av fisk merket i 2011 | 17 |
| 5.4 Andre aktiviteter | 17 |
| 6. Referanser | 18 |
| 7. Vedlegg | 20 |

Sammendrag

På forespørsel fra Sira-Kvina Kraftselskap v/Per Øyvind Grimsby ble NIVA gitt i oppdrag å bistå Kvinesdal Jeger og Fiskeforening med å etablere et program for overvåking av smoltutvandring i 2011. Oppdraget hadde flere delelementer som rapporteres sammen i det følgende:

- Innkjøp av smoltskrue, og bistand med plassering og igangsetting av drift av denne
- Dokumentasjon av fysiologisk smoltkvalitet (NKA enzymanalyser)
- Dokumentasjon av vannkvalitet i smoltutvandringsperioden
- Dokumentasjon av nivåer av metaller på gjellene på utvandrende fisk

Smolt innfanget i smolfella bidro også til gjennomføring av et parallellt prosjekt ved Trælandsfoss kraftverk, finansiert av Borregaard Trælandsfos AS. Denne synergien var et svært viktig bidrag til sluttresultatet i dette prosjektet.

Plassering av fella virket å fungere bra. Fella var i døgkontinuerlig drift stort sett hele perioden, og behovet for røkting og vedlikehold syntes å være mindre enn i en del andre vassdrag (T. Kristensen, egne obs.). Fangst fra dag 1 av drift kan tyde på at smoltutvandringen var kommet i gang på dette tidspunktet. Ett års datafangst gir ikke grunnlag for å konkludere på hvilke av de abiotiske faktorene som er viktigst for smoltvandringen i Kvina, men temperaturøkning på stabil lav vannføring syntes å være de rådende forhold under hovedutvandringen i 2011. Generelt kan en konkludere med at smoltutgangen i Kvina i 2011 var relativt jevnt fordelt på dager over en kort periode sammenlignet med en del andre norske vassdrag.

Fella fanget et tilstrekkelig antall laks til å få gjort grunnleggende kartlegging av utvandringen. Fangstene av ørret var mindre, slik at det for denne arten er vanskeligere å si om smoltfella fungerer tilfredsstillende. Basert på tall fra andre elver og egne observasjoner fra vassdraget på forholdet mellom ørret og laks i smoltutgangen, virker ikke det observerte 10:1 forholdet mellom laksesmolt og ørretsmolt representativt.

Fysiologisk sett virket smolten å ha god kvalitet, med høye NKA verdier på de to prøvetakingspunktene. Gjellenivåene av Al viste en akkumulering utover bakgrunnsnivå, noe som ikke er uvanlig i kalkede vassdrag. Nivåene var på grensen til akkumulering som har gitt effekter på sjøoverlevelse i eksperimentelle studier, men da med noe lavere pH i vannet. Kalsiumnivåene bør helst være over 2 for at fullgod beskyttelse mot aluminium skal være etablert, mens i Kvina lå verdiene i underkant av dette. Imidlertid tyder ikke NKA analysene på en hemming av sjøvannstoleranse i 2011.

Summary

Title: Initiation of smolt migration monitoring and physiological evaluation of smolt quality in River Kvina, 2011.

Year: 2011

Author: Kristensen, T., Hawley, K., Guttrup, J., Johannesen, Å. and Kroglund, F.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5994-0

At the request of Sira-Kvina Kraftselskap (Hydropower company), NIVA was requested to establish a monitoring program for the salmonid smolt migration in River Kvina during Spring 2011. The project was designed to assist the Kvinesdal Jeger og Fiskeforening and consisted of several tasks, reported as follows:

- Acquisition of a rotary screw smolt trap, and assistance in placement and initial operation
- Documentation of physiological smolt quality (NKA analysis)
- Documentation of water quality during the smolt run period
- Documentation of gill metal levels during the smolt run period

Smolt trap capture data also contributed greatly to another project carried out in River Kvina at Trøandsfoss powerplant. This synergy was an important contribution to the end-result of that project.

The placement and operation of the trap was satisfactory, and the trap was in continuous operation throughout the monitoring period. Smolt catches at day one of operation (May 1st), indicate that the smolt run had already begun at the time of deployment. A single year of data does not allow for conclusions regarding which factors contribute most to initiation of the smolt run in River Kvina, but a temperature increase at moderate to low water discharge was observed during the peak of the 2011 smolt run

A sufficient number of salmon smolts were caught to enable a basic surveillance of the migration, while the catches of trout were rather small. Data from other rivers, as well as observations from River Kvina suggest that trout catches are an underestimate of relative abundance when compared to salmon during the smolt run.

The salmon smolts had high NKA values at the two sampling points, suggesting a near complete development of seawater tolerance at those times. Gill Al levels showed accumulation above background levels, which is not uncommon in acidified rivers mitigated by liming, without an apparent effect on NKA activity.

1. Innledning

1.1 Overvåking av smoltutvandring.

Overvåking av smoltutvandring gjennomføres i økende grad i norske lakseelver. Etablering av ikke-letale metoder for smoltfangst som f.eks. smoltskruer gjør det lettere å argumentere for denne typen overvåking. Datafangsten fra slike programmer er svært nyttige i både lokalt for forvaltningen av det enkelte vassdrag (f.eks. Kroglund m.fl., 2011) og nasjonal skala (Otero m.fl., 2011). Tidsserier på smoltfangster gir informasjon om den relative størrelsen og timing av smoltutgangen, samt hvilke faktorer som påvirker smoltutvandringen i det enkelte vassdrag. Dersom smoltfangster inkluderes i en større sammenheng, bidrar de også til å besvare andre viktige spørsmål knyttet til laksebestanden og vassdraget. Smolt fanget i smoltskruer kan også benyttes til prøvetaking av fysiologiske parametre (f.eks. Urke m.fl., 2010b) og merkestudier (f.eks. Kroglund m.fl., 2011). Aktivitet i og rundt elva gir også et positivt lokalt engasjement for elva og laksen.

1.2 Smoltvandring

Generell økologi og vandring hos Atlantisk laks er nylig oppsummert av Aas m.fl., (2011). Mesteparten av smolten vandrer ut i løpet av en kort periode om våren eller tidlig sommer i løpet av det såkalte ”smoltvinduet” (Ruggles, 1980; Hansen, 1993; Urke m.fl., 2010a). En allmen trend synes å være at utvandringa innretter seg slik at smolten kommer ut i havet ved en sjøtemperatur på 8 grader eller varmere, noe som gjør at fisken må respondere ulikt for å vandre ut på en optimal tid i ulike vassdrag og klimasoner (Hvidsten et al., 1998). Det er en god del variasjon i både fart på elvevandring, og om fisken vandrer gjennom hele døgnet eller mest på spesifikke tider av døgnet (hovedsakelig nattvandring). Ruggles (1980) sin gjennomgang av litteraturen ga så varierende estimat som 0,2 til 28 kilometer pr dag i netto vandringsfart for Atlantisk laks, og senere studier som f.eks. (Aarestrup m.fl., 1999; Urke m.fl., 2010b) bekrefter den store variasjonsbredden. Den ulike vandringsfarten som rapporteres fra ulike steder kan ha svært mye med elvetopografi og vannfart å gjøre. I elver med store temperaturvariasjoner i smoltutvandringsperioden, kan temperaturøkninger være den utløsende faktoren for vandring (Zydlewski m.fl., 2005).

1.3 Smoltifisering

Anadrom laksefisk har et habitatskifte mellom ferskvann og sjøvann i sin juvenile livsfase som krever forberedende fysiologiske og atferdsmessige tilpasninger til marint miljø. (Hoar 1988; McCormick m.fl. 1998; Stefansson m.fl. 2008). En avgjørende egenskap ved denne tilpasningen er evnen til å regulere vann/saltbalansen i kroppen i et miljø som inneholder lagt mer salt enn fiskens kroppsvæsker (såkalt sjøvannstoleranse). Funksjonelt sett er egenskapene som gjør fisken i stand til slik regulering knyttet til differensiering av kloridceller i fiskens gjeller, som har ionetransport som sin hovedfunksjon (Hoar 1988; Evans. m.fl. 2005). Gjelle Na^+ , K^+ -ATPase (NKA) enzymaktivitet øker under utviklingen av sjøvannstoleranse, og øker ofte ytterligere etter overføring til sjøvann. Aktiviteten av dette enzymet brukes derfor, alene eller sammen med andre parametre, som en indikator på fiskens sjøvannstoleranse. Overvåking av smoltifiseringsstatus er spesielt viktig i elever med et underliggende forurensingsproblem, som f.eks. forsurening, som kan påvirke de fysiologiske prosessene negativt. Av de ulike livsstadiene hos anadrom laksefisk er smoltstadiet svært følsomt for metalleksponering. Økt følsomhet for lav pH og aluminium under smoltifisering er godt dokumentert (Staurnes m.fl., 1996; Kroglund m.fl., 2008a), og konsentrasjoner som gir liten effekt under eksponering i ferskvann, er vist å gi redusert overlevelse i påfølgende livsstadium i det marine miljøet (Kroglund m.fl., 2008b). Mekanismene knyttes til forstyrrelse i de sentrale enzymsystemene for opprettholdelse av saltbalansen (Kroglund m. fl., 2008; Nilsen m.fl., 2010).

1.4 Vassdragsregulerings effekter på fisk

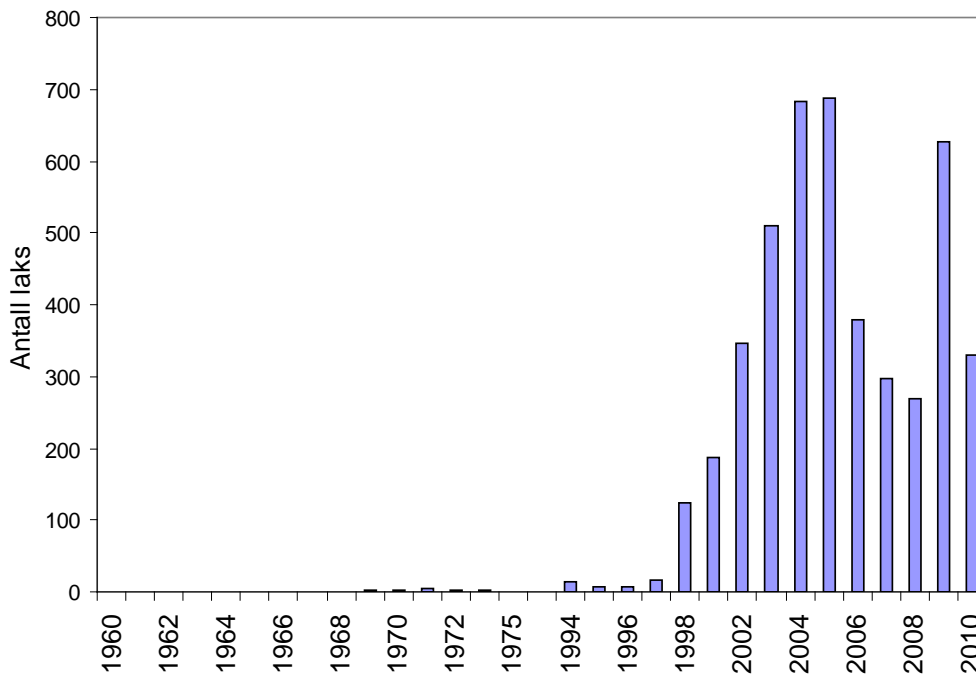
Vassdragsreguleringer har en rekke effekter på fiskens livsvilkår i et vassdrag, og den eventuelle effekten på bestandsstørrelse og struktur av et fiskeslag er avhengig av flere faktorer. Endringer i vannføring, vannføringsregimer, temperatur, habitattilgang –og kvalitet, og vandringshindre kan hver for seg og sammen gi effekter på en fiskebestand (Johnsen m.fl., 2010). For fiskeslag som vandrer mellom ulike habitater vil reguleringseffekter påvirke de spesifikke livsstadier som oppholder seg i det aktuelle området, samt vandringsene mellom ulike miljøer. Anadrom laksefisk har sin oppvekstfase før sjøvandring, initiell fase av sjøvandring, slutten av tilbakevandring og gyting i ferskvann. Atlantisk laks forvaltes i Norge på bestandsnivå (hver enkelt lakseelv) etter gytebestandsmål, og økt dødelighet på de før nevnte livsstadier vil begge kunne påvirke oppnåelse av gytebestandsmålet negativt, og eventuelt utløse restriksjoner i fiske for å kompensere for en lavere gytebestand.

1.5 Områdebeskrivelse

Elva Kvina renner fra nord mot sør gjennom Kvinesdal i Vest-Agder. 55 % av vassdraget er i dag overført til Sira. Av et opprinnelig nedbørfelt på 1444,9 km² er det nå 645,2 km² som drenerer direkte til Kvinavassdraget (inkludert Litleåna på 229,2 km²). Før regulering var middelvannføringen om lag 66 m³/s ved Rafossen, mens middelvannføring etter regulering er anslått til å være i overkant av 20 m³/s. Regulanten SKK er pålagt minstevannføringer på 1,3 m³/s i vinterperioden (oktober-april) og 3,7 m³/s i sommerperioden (mai-september). Kvina har i dag en anadrom strekning på 13 km opp til Rafoss, mens den uregulerte sideelva Litleåna er anadrom 1 km opp til Åmot.

1.6 Laksefisket i Kvina

Historisk sett har Kvina vært et godt laksevassdrag, med rapporterte årsfangster av laks på over fem tonn i perioden 1870-1890. Vassdraget har vært kraftig påvirket av forsuring, og den opprinnelige bestanden av laks er betraktet som utdødd. Etter at det ble satt i gang kalking i 1994, er vassdraget igjen på vei til å bli en viktig elv for sportsfiske etter laks og sjøaure. Konsekvensene av regulering for gyte- og oppvekstområdene har vært betydelige. I følge NINA rapport 321 "Potensial for produksjon av laks i Kvinavassdraget – vurdering av tapsfaktorer og forslag til kompensasjonstiltak" er redusert vintervannføring oppgitt som den viktigste begrensende faktor (flaskehals) for produksjonen av ungfisk og smolt i Kvina. Effektene av lav vintervannføring vil variere mellom år, men i gjennomsnitt anslås det i rapporten at lav vintervannføring har gitt en reduksjon i produksjon på i størrelsesorden 37 %.



Figur 1. Årlig laksefangst (antall fisk) i Kvina fra 1960 til 2010. Kilde: Direktoratet for Naturforvaltning.

1.7 Etablering av smoltovervåking i Kvina

På forespørsel fra Sira-Kvina Kraftselskap v/Per Øyvind Grimsby ble NIVA gitt i oppdrag å bistå Kvinesdal Jeger og Fiskeforening med å etablere et program for overvåking av smoltutvandring i 2011. Oppdraget hadde flere delelementer som rapporteres sammen i det følgende:

- Innkjøp av smoltskrue, og bistand med plassering og igangsetting av drift av denne
- Dokumentasjon av fysiologisk smoltkvalitet (NKA enzymanalyser)
- Dokumentasjon av vannkvalitet i smoltutvandringsperioden
- Dokumentasjon av nivåer av metaller på gjellene på utvandrende fisk

Smolt innfanget i smoltfella bidro også til gjennomføring av et parallelt prosjekt ved Trælandsfoss kraftverk, finansiert av Borregaard Trælandsfos AS. Denne synergien var et svært viktig bidrag til sluttresultatet i dette prosjektet.

2. Material og metode

2.1 Etablering av smoltskrue

En smoltskrue ble bestilt via NIVA, og overlevert til representanter fra Kvinesdal JFF og Sira Kvina Kraftselskap. Etter en befaring langs de nedre delene av vassdraget ble det besluttet å plassere fella ved Fidjan i nedre del av Kvina.



Figur 2. Smoltskrue plassert i Kvina, 2011. Foto: T. Kristensen/NIVA.

Smoltskruen ble satt i drift 1. mai, og ble ettersett og tømt for fisk av personell fra Kvinesdal J&FF minst en gang daglig fram til 30. mai. Personell fra NIVA bidro med drift av fella, registrering av data på fisk, og prøvetaking i perioden 4. til 20. mai.

2.2 Registreringer av fisk

I hele perioden fra 1. til 30. mai ble all fanget laksesmolt registrert. I perioden 4. til 20. mai ble i tillegg også antall aure registrert, og all fisk ble lengdemålt. I denne perioden ble en betydelig andel av fanget fisk merket og sluppet ut oppstrøms Trælandsfoss for å dokumentere effekt av tiltak for å lede smolt utenom turbinene i kraftverket (Kristensen m.fl, 2011). Gjenfangster i smoltskruen av merket fisk ble registrert med å scanne all fisk fanget i smoltskruen med håndholdt PIT scanner. For å kunne beskrive smoltens vandring ut i fra de viktigste miljøvariablene, ble en logger (HOBO ©, UA-002-64, <http://www.onsetcomp.com>) for temperatur og lys (Lux) plassert ut ved smoltskruen på ca 1m dyp. Loggeren registrerte temperatur og lysforhold hvert 5 minutt gjennom forsøksperioden.

2.3 Fysiologiske målinger på smolt

Smolt fanget i smoltskruen ble på to tidspunkt (5. og 11. mai) prøvetatt for evaluering av fysiologisk status v.h.a. NKA analyser. I tillegg ble lakseparr fanget ved El-fiske nedstrøms Trælandsfoss (4. mai) prøvetatt for samme parameter.

2.3.1 NKA analyser

Fisk ble avlivet med et slag i hodet og andre gjellebue på fiskens venstre side ble klippet ut og lagt på avkjølt SEI buffer. Prøvene ble oppbevart i fryser fram til felles forsendelse og analyse ved Universitetet i Bergen v/Tom Ole Nilsen. (Rådata er gjengitt i vedlegg 2). Gjelle NKA aktivitet ble analysert ved metode først beskrevet av McCormick (1993). Dette kinetiske assayet gjør bruk av hydrolyse av ATP, som er enzymatisk koblet til omdanning av NADH to NAD⁺ via pyruvat kinase og laktat dehydrogenase med og uten tilsetning av ouabain, en spesifikk inhibitor av NKA. Avlesning

ble gjort på 340 nm i 10 min ved 25°C. Protein i homogenatet ble bestemt v.h.a en bicinoninic syre metode, og NKA aktivitet uttrykt som $\mu\text{mol ADP mg protein time}^{-1}$.

2.3.2 Gjellemetaller

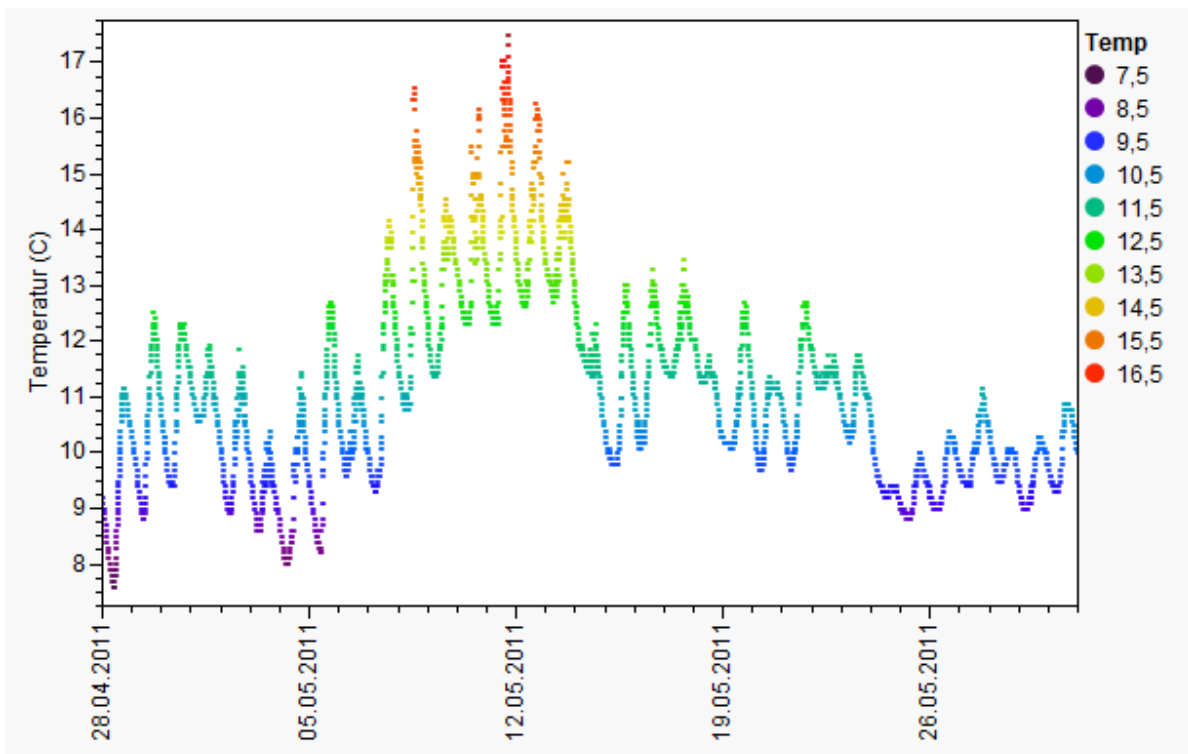
Fiskens 2. gjellebue på høyre side ble klipt ut, lagt på forhåndveide scintillasjonrør og deretter frosset ned. Disse prøvene ble sent til Universitetet for Miljø og Biovitenskap v/Hans Christian Teien for analyse av gjellemetaller (rådata er gjengitt i vedlegg 1). Gjellene ble frysetørket, syreoppløst og konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe), mangan (Mn) og kobber (Cu) bestemt vha ICP-OES (Induktivt koplet plasma emisjons-spektroskopi). Konsentrasjonen av Al, Fe, Mn og Cu på gjellene er oppgitt i μg pr. gram (tørrvekt) prøvemateriell.

2.3.3 Vannkjemi

Vannprøver ble på alle prøvetakingstidspunkt sendt til NIVA for analyse av standard vannkjemiparametre i sur-nedbør overvåkingen, samt total aluminium og andre metaller (jern, mangan, kobber) vha. ICP-MS. Metoder for alle parametre vil oppgis hvis etterspurt.

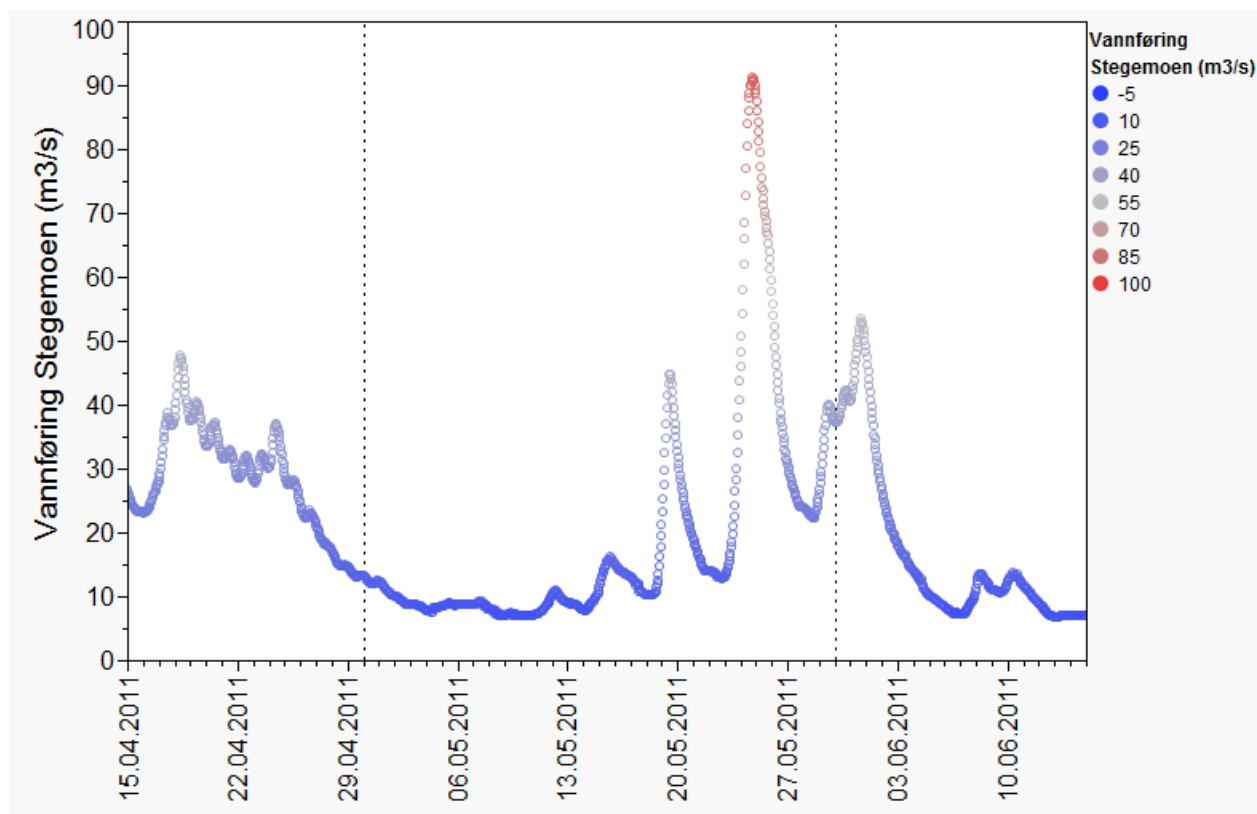
3. Resultater

3.1 Fysisk-kjemiske parametre



Figur 3. Temperatur i Kvina i smoltutvandringsperioden målt ved smoltskruen.

Det ses en tydelig døgnvariasjon i temperatur gjennom hele perioden (figur 3). Perioden fra 7. til 15. mai preges av markant høyere vanntemperaturer enn periodene før og etter.



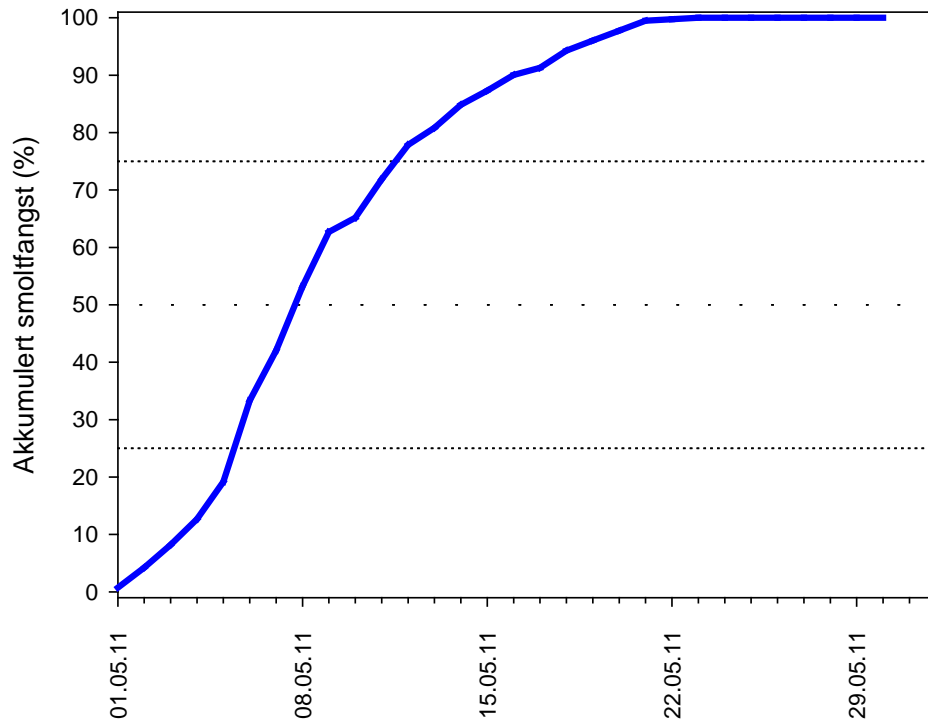
Figur 3. Vannføring i Kvina i smoltutvandringsperioden målt ved Stegemoen (Kilde: Sira Kvina Kraftselskap). Driftsperioden på smoltfella er indikert med vertikale linjer.

Tabell 1. Vannkjemiske parametre målt på 3 tidspunkt under smoltutvandringen 2011. Tidspunktene sammenfaller med prøvetaking av fysiologiske parametre. Alle analyser er utført av NIVA.

| Parameter | | Benevning | Metode | Dato | | |
|-----------------------|--------------------|-----------|--------|------------|------------|------------|
| | | | | 03.05.2011 | 05.05.2011 | 11.05.2011 |
| Surhetsgrad | pH | | A 1-4 | 6.67 | 6.51 | 6.70 |
| Ledningsevne | KOND | mS/m | A 2-3 | 1.78 | 1.88 | 2.13 |
| Alkalinitet | ALK | mmol/l | C 1 | 0.073 | 0.062 | 0.084 |
| Turbiditet | TURB860 | FNU | A 4-2 | 1.03 | 1.11 | 0.78 |
| Total nitrogen | Tot-N/L | µg N/l | D 6-1 | 225 | 240 | 240 |
| Nitrat | NO ₃ -N | µg N/l | C 4-3 | 78 | 84 | 83 |
| Total organisk karbon | TOC | mg C/l | G 4-2 | 3.3 | 3.3 | 3.2 |
| Klorid | Cl | mg/l | C 4-3 | 2.00 | 2.42 | 2.42 |
| Sulfat | SO ₄ | mg/l | C 4-3 | 1.10 | 1.29 | 1.40 |
| Kalsium | Ca | mg/l | C 4-3 | 1.69 | 1.41 | 1.85 |
| Magnesium | Mg | mg/l | C 4-3 | 0.19 | 0.23 | 0.24 |
| Natrium | Na | mg/l | C 4-3 | 1.41 | 1.68 | 1.71 |
| Kalium | K | mg/l | C 4-3 | 0.24 | 0.27 | 0.28 |
| Total aluminium | Al/ICP | mg/l | E 9-5 | 0.11 | 0.12 | 0.11 |
| Reaktiv aluminium | Al/R | µg/l | E 3-2 | 24 | 32 | 41 |
| Ikke labil aluminium | Al/I | µg/l | E 3-2 | 21 | 27 | 34 |
| Labil aluminium* | LAI | µg/l | | 3 | 5 | 7 |
| Kobber | Cu/ICP | mg/l | E 9-5 | 0.006 | 0.006 | 0.003 |
| Jern | Fe/ICP | mg/l | E 9-5 | 0.0984 | 0.108 | 0.108 |
| Mangan | Mn/ICP | mg/l | E 9-5 | 0.0066 | 0.0043 | 0.0030 |

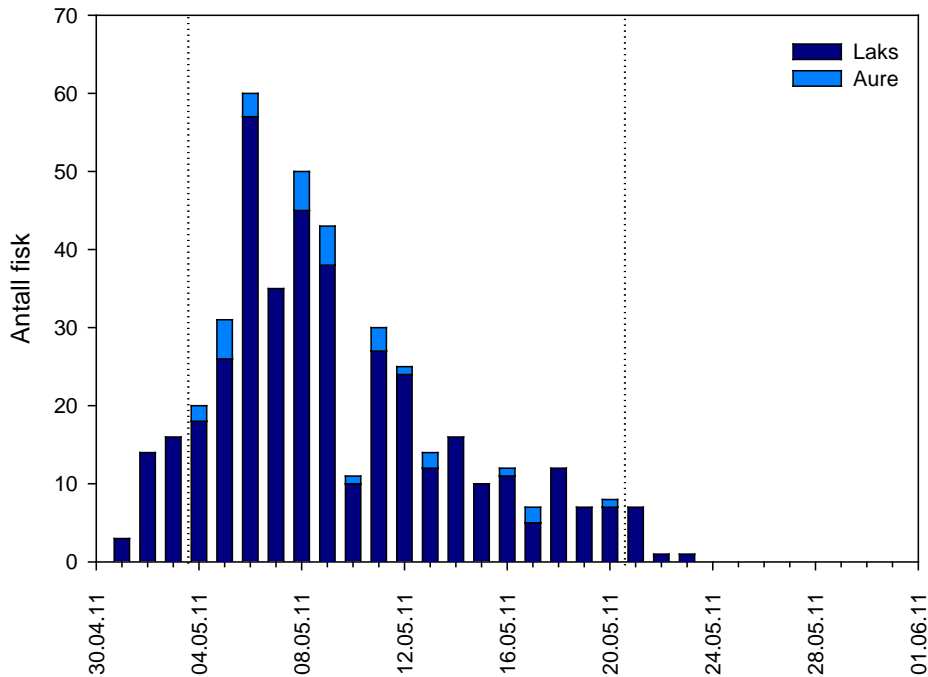
Det er noe variasjon mellom prøvetakingspunkter for sentrale parametre som pH og kalsium, men liten variasjon i total aluminium. Labil aluminium (Lal) viser tendens til økning gjennom perioden, men nivåene er relativt lave.

3.2 Smoltfangster



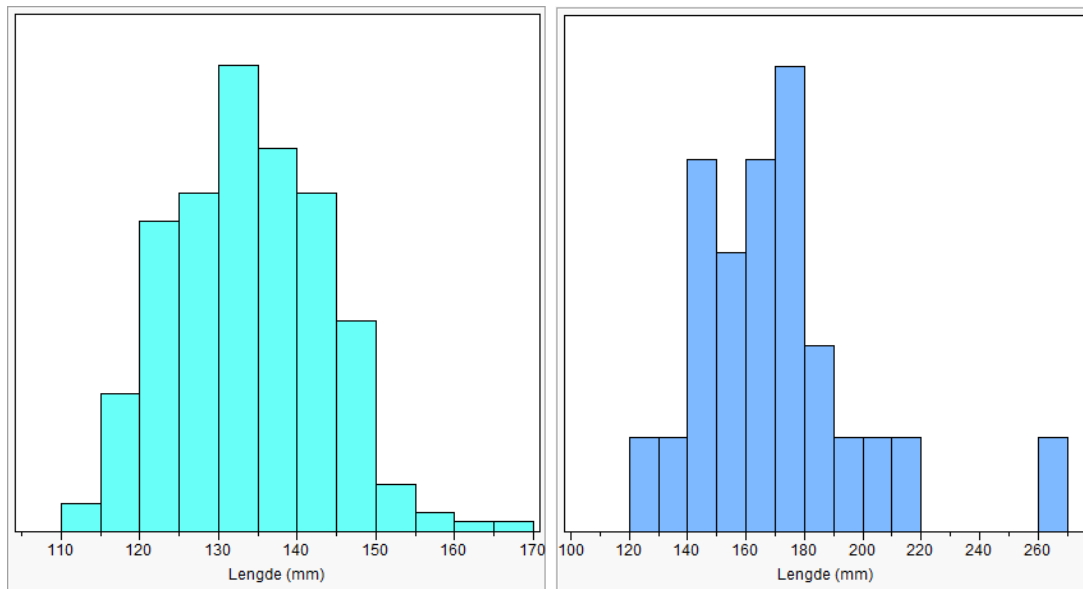
Figur 4. Kumulativ smoltfangst av laks i smoltskrue i Kvina sesongen 2011. Lang stiplet linje angir dato for 50 % av utvandring (7 mai). Kortstiplede liner angir 25 og 75 % av utvandring, hhv. 4. mai og 12. mai.

Data på kumulativ smoltutvandring (figur 4) viser at kjerneperioden for utvandring var en relativt konsentrert periode på 8 dager. Denne perioden var kjennetegnet av stigende temperaturer og stabil vannføring.



Figur 5. Daglig smoltfangst laks og aure i smoltskruer i Kvina sesongen 2011. Stiplede linjer angir tidsperioden hvor aure ble registrert. Fella var ikke i drift under flom 24. og 25. mai.

Daglig fangst av laksesmolt varierte gjennom perioden, med maksimalt antall 6. mai (figur 5). Deretter ses en relativt jevnt avtagende kurve, der dager helt uten fangst opptrer mot slutten av mai. Gjenfangster av fisk PIT merket og sluppet ved Trælandsfoss ble registrert i perioden. Av disse hadde to fisk vandret minstevannføringsløpet utenom turbinene, mens to fisk hadde gått gjennom turbin. En av disse ble registrert som skadet (trolig av turbinen).

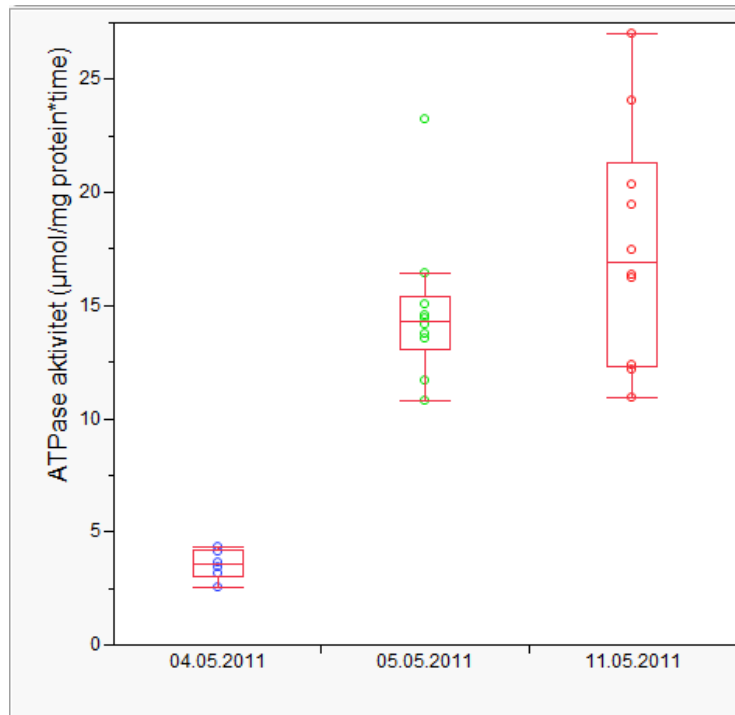


Figur 6. Lengdefordeling av laks (t.h, n=251) og aure (t.v, n=24) fanget i smoltskruer i Kvina sesongen 2011.

Gjennomsnittsstørrelse (SD) av laksesmolt var 133+-10 mm, mens gjennomsnittslengden for aure var 169+-28 mm.

3.3 Fysiologiske målinger

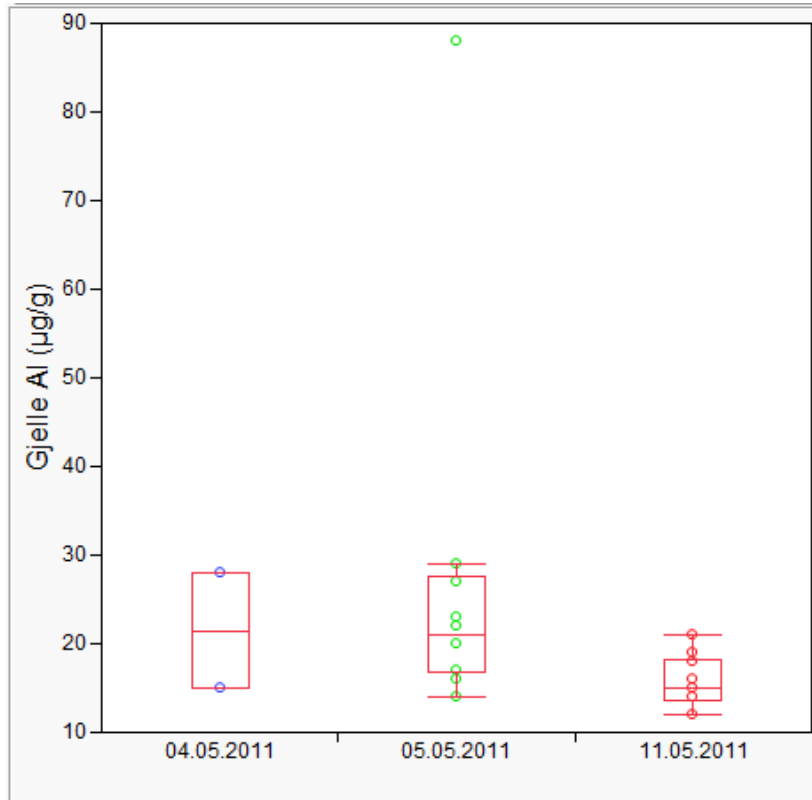
Laksesmolt fanget i smoltskruen ble på to tidspunkt (5. og 11. mai, n=10 begge tidspunkt) prøvetatt for evaluering av fysiologisk status v.h.a. NKA analyser og gjellemetaller. I tillegg ble lakseparr fanget ved El-fiske nedstrøms Trælandsfoss (4. mai, n=6) prøvetatt for samme parametre.



Figur 7. NKA aktivitet i gjeller fra lakseparr (4. mai) og smolt (5. og 11. mai). Figuren viser medianverdi (senterstrek), 25-75% percentiler (boks) og 10-90 percentiler (strek).

Det var signifikant forskjell mellom verdiene for parr (gjennomsnitt 3,5 +- 0,7) og smolt (gjennomsnitt hhv. 14,8+-3,4 og 17,6 +-5,2) (Tukey-Kramer HSD, $p < 0,05$), men ikke mellom de to uttakene av smolt (figur 7).

Verdiene for smolt er på samme nivå eller høyere enn hos utvandrende laksesmolt fra andre norske elver (T. Kristensen, upubliserte data). NKA aktivitet var ikke signifikant avhengig av fiskestørrelse (lengde, testet med lineær regresjonsanalyse) på de to smoltprøvetakingsdatoene.



Figur 8. Nivåer av gjellepåslag av aluminium på lakseparr (4. mai) og smolt (5. og 11. mai). Figuren viser medianverdi (senterstrek), 25-75% percentiler (boks) og 10-90 percentiler (strek).

Det var ikke signifikant forskjell på nivåene av gjelle Al mellom de to prøvetakingspunktene for smolt (Tukey-Kramer HSD, $p < 0,05$), testene ble gjennomført både med og uten ekstremverdi fra en fisk 5. mai (figur 8). Lakseparr ble ikke inkludert i testene, da kun to fisk ble analysert grunnet for lite prøvemateriale. Gjennomsnittsverdier var hhv 21 ± 9 , 27 ± 21 og 16 ± 3 på analysetidspunktene.

4. Diskusjon

Stedet for plassering av fella virket å være velfungerende. Fella var i døgkontinuerlig drift stort sett hele perioden med unntak av en ekstrem flomperiode og behovet for røkting og vedlikehold syntes å være mindre enn i en del andre vassdrag (T. Kristensen, egne obs.). Fangst fra dag 1 av drift kan tyde på at smoltutvandringen var kommet i gang på dette tidspunktet. Ett års datafangst gir ikke grunnlag for å konkludere på hvilke av de abiotiske faktorene som er viktigst for smoltvandringen i Kvina, men temperaturøkning på lav vannføring syntes å være de rådende forhold under hovedutvandringen i 2011. Generelt kan en konkludere med at smoltutgangen i Kvina i 2011 var relativt jevnt fordelt på dager over en kort periode sammenlignet med en del andre norske vassdrag.

Fella fanget et tilstrekkelig antall laks til å få gjort grunnleggende kartlegging av utvandringen. Fangstene av ørret var mindre, slik at det for denne arten er vanskeligere å si om smoltfella fungerer tilfredsstillende. Basert på tall fra andre elver og egne observasjoner fra vassdraget (Kristensen m.fl., 2011) på forholdet mellom ørret og laks i smoltutgangen, virker ikke et 10:1 forhold mellom laksesmolt og ørretsmolt representativt. 4 gjenfangster av merket laks er for lite til å få gode estimater på vandringsfart, overlevelse og/eller bestandsestimater, men dette var heller ikke en del av prosjektet i 2011.

Fysiologisk sett virket smolten å ha god kvalitet, med høye NKA verdier på de to prøvetakingspunktene. Det ble ikke gjennomført sjøvannstester eller andre tilleggsevalueringer for å bekrefte NKA analysene i 2011, noe som kan utføres senere år dersom det er ønskelig med ytterligere dokumentasjon på dette punktet. Veridene var i området klassifisert som fullverdig smolt for elver på sørlandet (Kroglund 2010), Gjellenivåene av Al viste en akkumulering utover bakgrunnsnivå (Kroglund m.fl., 2007b), noe som ikke er uvanlig i kalkede vassdrag. Nivåene var på grensen til akkumulering som har gitt effekter på sjøoverlevelse i eksperimentelle studier, men da med noe lavere pH i vannet (Kroglund m.fl., 2007a). kalsiumnivåene bør helst være over 2 for at fullgod beskyttelse mot aluminium skal være etablert, mens i Kvina lå verdiene i underkant av dette (tabell 1). Imidlertid tyder ikke NKA analysene på en hemming av sjøvannstoleranse i 2011.

5. Konklusjon og anbefalinger

5.1 Drift av smoltfella

Smoltfella fungerte som forventet i 2011, og ga den ønskede datafangsten. Det anbefales å sette fella i drift noe tidligere (hvis praktisk gjennomførbart) kommende sesonger for å sikre at hele smoltutvandringsperioden er dekket. Det anbefales å registrere fangst av aure i tillegg til laks, og at fisk lengdemåles. I tillegg bør datafangsten av miljøvariabler opprettholdes med høy oppløsning, da dette er relativt lite arbeidskrevende eller kostbart, og ny kunnskap kan erverves gjennom slike data.

5.2 Økning av fangst ved utvidede studier

Dersom en skulle ha behov før å øke de relative fangstene, kan fella utstyres med notvinger. Dette vil naturlig nok øke vedlikeholdsbehovet en del, men virker gjennomførbart under de forhold som ble observert i 2011. Et slikt tiltak kan være aktuelt om en ønsker å bruke smoltfella til å besvare spørsmål om smoltens opphavssted i elva, vandringsfart el.l. For å gjennomføre merking på opphavssted/fangststed lenger oppe i elva og gjenfangster i smoltfella på en rasjonell måte, vil en bedret fangsteffektivitet være påkrevd. Basert på ny kunnskap som er fremkommet de siste årene, anbefaler vi ikke finnekling som merkemethode (Buckland-Nicks m.fl., 2011), spesielt da det eksisterer gode alternativ som f.eks PIT merking eller fargemerking.

5.3 Oppfølging av fisk merket i 2011

I størrelsesorden 500 laksesmolt og 250 ørretsmolt ble merket med PIT merker i løpet av sesongen, og utstyr for avlesning av PIT merker ble kjøpt inn. Vi har oversikt over historikken til all fisk (størrelse, fangststed, slippetidspunkt og vandringsrute ved Trælandsfoss). Dersom en lokalt i kommende fiskesesonger kunne organisert avlesning av fangst, vil en kunne generere verdifull informasjon på disse fiskegruppene.

5.4 Andre aktiviteter

Smoltfella kan bidra til gjennomføring av andre typer studier også i fremtidige sesonger, og vi håper derfor på fortsatt samarbeid og dialog rundt arbeidet. Spesifikt ser vi at spørsmål rundt giftig aluminium i estuarine blandsoner (som er observert i en del kalkede vassdrag) og interaksjoner mellom villfisk og akvakultur er aktuelle problemstillinger som vil kunne adresseres i Kvina-Fedafjord systemet med basis i eksisterende infrastruktur og samarbeid.

6. Referanser

- Bremset, G., Forseth, T., Ugedal, O., Gjemlestad, L.J., og Saksgård, L. 2008. Potensial for produksjon av laks i Kvinavassdraget – vurdering av tapsfaktorer og forslag til kompensasjonstiltak. NINA rapport 321, 37 s. ISBN: 978-82-426-1885-6.
- Buckland-Nicks, J.A., Gillis, M. and Reimchen, T.E. 2011. Neural network detected in a presumed vestigial trait: ultrastructure of the salmonid adipose fin. *Proc. R. Soc. B.* 10.1098/rspb.2011.1009
- Evans DH, Piermarini PM, Choe KP. 2005. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid–base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiological Reviews* 85, 97–177.
- Hoar WS. 1988. The physiology of smolting salmonids. In: *Fish Physiology: The Physiology of Developing Fish* (Hoar, W.S., Randall, D.J. eds.) Vol. XIB. Academic Press, New York, pp. 275–343.
- Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H-C. and Salbu, B. 2007a. Exposure to acid water and aluminium reduces Atlantic salmon postsmolt survival. *Aquaculture* 273, 360-373.
- Kroglund, F., Rosseland, B.O., Teien, H-C., Salbu, B., Kristensen, T. and Finstad, B. 2007b. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminium simulating episodes. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 4, 3317-3355.
- Kroglund, F. 2010. reetablering av laks på Sørlandet. DN Utredning 7-2010. ISBN. 978-82-7072-758-2. 105 s.
- Kroglund, F., Finstad, B., Pettersen, K., Teien, H-C., Salbu, B., Rosseland, B.O., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Ebbesson, L.O.E., Nilsen, R, Bjørn, P.A. and Kristensen, T. 2011. Recovery of Atlantic salmon smolts following aluminum exposure defined by changes in blood physiology and seawater tolerance. *Aquaculture* (2011), doi:10.1016/j.aquaculture.2011.04.041
- McCormick SD. 1993. Methods for nonlethal gill biopsy and measurement of Na⁺, K⁺-Atpase activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 50, 656–658.
- McCormick SD, Hansen LP, Quinn TP, Saunders RL. 1998. Movement, migration and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 55 (Suppl. 1), 77-92.
- Nilsen TO, Ebbesson LOE, Stefansson SO. 2003. Smolting in anadromous and landlocked strains of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 222, 71–82.
- Nilsen TO, Ebbesson LOE, Kverneland OG, Kroglund F, Finstad B, Stefansson SO. 2010. Effects of acidic water and aluminium exposure on gill Na⁺, K⁺ ATPase – α subunit isoforms, enzyme activity, physiology and return rates in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquatic Toxicology* 97, 250-259.
- Otero, J., Jensen, A.J., L'Abbe-Lund, J.H., Stenseth, N.C., Storvik, G.O. and Vøllestad, L.A. 2011. Quantifying the Ocean, Freshwater and Human Effects on Year-to-Year Variability of One-Sea-Winter Atlantic Salmon Angled in Multiple Norwegian Rivers. *PLoS ONE* 6(8): e24005. doi:10.1371/journal.pone.0024005.

Stefansson SO, Nilsen TO, Ebbesson LOE, Wargelius A, Madsen SS, Björnsson BT, McCormick SD. 2007. Molecular mechanisms of continuous light inhibition of Atlantic salmon parr-smolt transformation. *Aquaculture*, 273, 235-245.

Staurnes, M., Hansen, L., Fugelli, K., and Haraldstad, O. 1996. Short-term exposure to acid water impairs osmoregulation, seawater tolerance, and subsequent marine survival of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 1695-1704.

Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* No 952. Ix + 39p.

Urke, H.A., Kristensen, T., Alfredsen, K.T., Daae, K.L. and Alfredsen, J.A. 2010a Migratory behaviour and swimming speed of smolts from River Lærdalselva, W Norway. NIVA report, serial no. 6033, ISBN 82-577-5768-7. In Norwegian, Abstract in English., 46 pp.

Urke H. A., Koksvik, J., Kristensen, T., Arnekleiv, J. V., Hindar, K. and Kroglund, F. 2010b. Seawater tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., brown trout, *Salmo trutta* L., and *S. salar* × *S. trutta* hybrids smolt. *Fish Physiology and Biochemistry*. 36:845–853. DOI: 10.1007/s10695-009-9359-x.

Zydlewski, G.B., Haro, A. and McCormick, S.D. 2005. Evidence for cumulative temperature as an initiating and terminating factor in downstream migratory behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 68-78.

Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A., Skurdal, J. 2011. Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-4051-9769-4.

7. Vedlegg

Vedlegg 1. Analysebevis på gjellemetallanalyser, UMB.

0110
1909



UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR PLANTE- OG MILJØVITENSKAP

FAGGRUPPE MILJØKJEMI
ISOTOPLABORATORIET
POSTBOKS 5003, 1432 ÅS
TLF 64 96 55 40
FAKS 64 96 6007

Mottaker: NIVA Nord

Rekv. nr.: 11-52
Reg. dato: 01-06-11

Analysebevisets dato: 30-06-11

Ansvarlig: Professor Brit Salbu
Forsker Hans Christian Teien
Utført av : Ingeniør Tove Loftaas

Analysebevis

Vi mottok 22 stk. gjelleprøver fra NIVA Nord v/Torstein Kristensen. Gjellene er frysetørket, syreoppløst og konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe), mangan (Mn) og kobber (Cu) er bestemt vha ICP-OES (Induktivt koplet plasma emisjons-spektroskopi). Konsentrasjonen av Al, Fe, Mn og Cu på gjellene er oppgitt i µg pr. gram (tørrvekt) prøvemateriell.

NB! Innsendte prøver vil bli lagret i 1 måned i tilfelle det ønskes å analysere noe mer.

Resultater:

Tabell vedlagt:

Tove Loftaas (ingeniør.)

2010
2009

| Gjellenr. | Lokalitet | Gjellevekt g | Al µg/g | Cu µg/g | Fe µg/g | Mn µg/g |
|-----------|------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| AX304 | Kvina 2011 | 0,006 | 28 | 2 | 241 | 45 |
| AX305 | Kvina 2011 | 0,007 | 17 | 2 | 385 | 34 |
| AX306 | Kvina 2011 | 0,008 | 16 | 2 | 409 | 29 |
| AX307 | Kvina 2011 | 0,008 | 17 | 2 | 375 | 37 |
| AX308 | Kvina 2011 | 0,010 | 27 | 3 | 347 | 23 |
| AX309 | Kvina 2011 | 0,011 | 20 | 2 | 346 | 25 |
| AX310 | Kvina 2011 | 0,008 | 22 | 2 | 438 | 42 |
| AX311 | Kvina 2011 | 0,010 | 23 | 2 | 346 | 28 |
| AX312 | Kvina 2011 | 0,015 | 15 | 2 | 324 | 19 |
| AX313 | Kvina 2011 | 0,008 | 29 | 2 | 361 | 33 |
| AX314 | Kvina 2011 | 0,010 | 88 | 3 | 662 | 21 |
| AX315 | Kvina 2011 | 0,014 | 14 | 2 | 328 | 20 |
| AX316 | Kvina 2011 | 0,008 | 21 | 2 | 448 | 22 |
| AX317 | Kvina 2011 | 0,007 | 14 | 2 | 270 | 34 |
| AX318 | Kvina 2011 | 0,008 | 16 | 2 | 212 | 51 |
| AX319 | Kvina 2011 | 0,013 | 15 | 2 | 343 | 18 |
| AX320 | Kvina 2011 | 0,010 | 14 | 2 | 323 | 29 |
| AX321 | Kvina 2011 | 0,008 | 15 | 2 | 251 | 24 |
| AX322 | Kvina 2011 | 0,009 | 18 | 2 | 205 | 27 |
| AX323 | Kvina 2011 | 0,009 | 12 | 2 | 320 | 31 |
| AX324 | Kvina 2011 | 0,009 | 12 | 2 | 364 | 25 |
| AX325 | Kvina 2011 | 0,010 | 19 | 2 | 429 | 46 |

Vedlegg 2. NKA aktivitet og gjelle-Al.

| Dato | Art | Stadie | Lengde (mm) | nr | ATPase aktivitet | Gjelle Al ($\mu\text{g/g}$) |
|------------|----------------|--------|-------------|----|------------------|-------------------------------|
| 04.05.2011 | Atlantisk laks | parr | 96 | 1 | 3,2 | 28 |
| 04.05.2011 | Atlantisk laks | parr | 90 | 2 | 4,3 | 15 |
| 04.05.2011 | Atlantisk laks | parr | 77 | 3 | 4,1 | |
| 04.05.2011 | Atlantisk laks | parr | 65 | 4 | 2,5 | |
| 04.05.2011 | Atlantisk laks | parr | 63 | 5 | 3,7 | |
| 04.05.2011 | Atlantisk laks | parr | | 6 | 3,5 | |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 155 | 7 | 13,8 | 14 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 118 | 8 | 10,8 | 27 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 142 | 9 | 14,4 | 20 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 144 | 10 | 15,1 | 23 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 123 | 11 | 13,5 | 29 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 129 | 12 | 14,6 | 17 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 144 | 13 | 11,7 | 88 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 129 | 14 | 16,4 | 22 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 130 | 15 | 23,3 | 16 |
| 05.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 134 | 16 | 14,2 | 17 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 122 | 17 | 20,4 | 21 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 127 | 18 | 16,3 | 14 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 126 | 19 | 12,2 | 18 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 132 | 20 | 16,2 | 14 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 117 | 21 | 12,4 | 15 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 132 | 22 | 27,0 | 16 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 130 | 23 | 17,5 | 15 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 123 | 24 | 10,9 | 12 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 136 | 25 | 19,4 | 19 |
| 11.05.2011 | Atlantisk laks | smolt | 135 | 26 | 24,0 | 12 |

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no