

Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner Smoltårgang 2016



Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

Tittel Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner - Smoltårgang 2016	Løpenummer 7079-2016	Dato 20.09.2016
Forfatter(e) Tormod Haraldstad Jim Güttrup Erik Höglund	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Utgitt av NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder	Oppdragsreferanse
Oppdragsgivers utgivelse:	Heftenr.:

Sammendrag

I handlingsplanen for kalking av Storelva er estuarine blandsoner anført som en utfordring for laksebestanden i elva. Inntil videre betraktes fangst av nedvandrende smolt med påfølgende sleping ut fjorden som en del av kalkingsstrategien. Saliniteten i Nævestadfjorden våren 2016 var på et nivå der aluminium er på en slik tilstandsform at en forventer akkumulering på gjeller til utvandrende laksesmolt. Dette vil føre til redusert sjøoverlevelse til naturlig utvandrende smolt. Det ble derfor gjennomført syv slep med til sammen 1878 laksesmolt våren 2016. Det ble fanget laksesmolt ved to lokaliteter gjennom hele utvandningsperioden. Fangstene i elvemunningen er de høyeste siden 2009, mens fangstene ved Fosstveit er noe lavere. Lave fangster ved Fosstveit skyldes antagelig en betydelig innskrenking av gyte- og oppvekstområder oppstrøms på grunn av vandringshinderet som er etablert ved Nes Verk. Fangst og slep av laksesmolt er tidkrevende og krever personell med kunnskap og erfaring med denne type arbeid. Vi vil likevel anbefale dette som tiltak siden behandling av ellevannet med silikat vil være betydelig mer kostnadskrevende.

Fire emneord	Four keywords
1. Laks	1. Atlantic salmon
2. Avbøtende tiltak	2. Mitigation measure
3. Brakkvann	3. Estuary
4. Aluminium	4. Aluminum



Tormod Haraldstad
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

**Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak
mot estuarine blandsoner**

- Smoltårgang 2016

Forord

NIVA ble bedt om å fortsette sin aktivitet i Storelva i 2016. Fylkesmannen ønsket av vi skulle fange og transportere smolt forbi områder med gjedde, samt områder med giftig aluminium i brakkvann. Data skulle samrapporteres med tidligere utvandringsdata fra Storelva (siden 2005) for å danne en del av kunnskapsgrunnlaget knyttet til smoltutvandring. Vår kontaktperson hos Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder har vært Birgit Solberg. Vi vil takke for godt samarbeid.

Grimstad, 13.09.2016

Tormod Haraldstad

Sammendrag

I handlingsplanen for kalking av Storelva (Vegårvassdraget) er estuarine blandsoner anført som en utfordring for laksebestanden i Storelva. Det er derfor et ønske om å transportere smolten gjennom områder som kan være skadelige. Erfaringene tilsier at slep av smolt gjennom problemområdene er den foretrukne metoden. Gjedde i vassdraget er en utfordring for smoltoverlevelse mellom Fosstveit og elvemunningen. Transport av fisk forbi gjeddeområdene vil øke overlevelsen ut vassdraget. Inntil videre betraktes fangst av nedvandrende smolt med påfølgende sleping ut fjorden som en del av kalkingsstrategien for Storelva. NIVA fikk oppdraget med å gjennomføre fangst og slep av smolt i 2016.

Det ble fanget totalt 2191 laksesmolt gjennom hele utvandningsperioden, 1058 ved Fosstveit og 1133 ved elvemunningen. Fangstene i elvemunningen er de høyeste siden 2009, mens fangstene ved Fosstveit er lavere enn tidligere år. Lave fangster ved Fosstveit skyldes antagelig en betydelig innskrenking av gyte- og oppvekstområder oppstrøms på grunn av vandringshinderet som er etablert ved Nes-Verk

Våren 2016 var relativt tidlig og vi har tidligere sett at elvetemperaturen er avgjørende for utvandringstidspunktet. Basert på denne sammenhengen, predikerer vår modell en noe tidligere utvandring en hva vi registrerte i 2016. I gjennomsnitt starter smoltutvandringen (dagen for 25 % akkumulert utvandring) 14 dager (SD 3.7) etter at elvetemperaturen har passert 6 grader, i 2016 tok det 18 dager.

Smolt fanget ved Fosstveit ble transportert i kar til elvemunningen der de ble satt over i slepebur. Smolt som ble fanget i smoltskruen ved elvemunningen ble satt direkte over i slepeburet. Buret ble slept etter mototbåt gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før buret ble åpnet i Sandnesfjorden. Smolten ble sluppet i saltvann som hadde fra 17 til 23 promille. Det ble gjennomført 7 slep med til sammen 1878 laksesmolt. Dette er over 500 flere individer enn foregående år.

Saliniteten i Nævestadfjorden våren 2016 var på et nivå der aluminium er på en slik tilstandsform at en forventer akkumulering på gjeller til utvandrende laksesmolt. Tidligere forsøk har påvist redusert sjøoverlevelse hos laksesmolt som vandrer gjennom fjorden under slike forhold. Vi vil derfor forvente økt sjøoverlevelse for årets smoltårgang som følge av slepene som ble utført. Fangst og slep av laksesmolt er tidkrevende og krever personell med kunnskap og erfaring med denne type arbeid. Vi vil likevel anbefale dette som tiltak siden behandling av elvevannet med silikat vil være betydelig mer kostnadskrevenende.

Summary

Title: Towing of Atlantic salmon smolts from River Storelva as a mitigation measure –Smolt cohort 2016
Year: 2016

Author: Tormod Haraldstad, Atle Hindar, Jim Güttrup and Erik Höglund
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6814-0

Aluminum (Al) in estuaries is known to affect fish health and survival within aquaculture pens. Since 2003 NIVA have provided information demonstrating how Al originating in freshwater is mobilized to bio-accumable forms of Al under estuarine conditions. Here, Al accumulates onto fish gills. Gill-Al concentrations increase rapidly when salinity increases from 1 to 4 psu. Moreover, concentrations decreases when salinity increases from 5 to 7 psu, an drop to low levels at salinities higher than 10 psu. Survival is reduced when the gill-Al concentrations are high. Telemetry studies performed in 2007 and 2008 demonstrated that fewer smolts migrated through the fjord and reached saline coastal waters when the inner basin contained brackish water. Later tag-recapture studies from River Storelva have documented that Al in the estuaries could reduce smolt-to-adult survival of wild Atlantic salmon. To mitigate this problem and increase smolt survival, we caught and towed smolts by boat past the inner fjord basin that contained brackish water and released them in the Sandnesfjorden with salinities in the range 17-20 psu. A total of 1878 Atlantic salmon smolts were towed during the 2016 smolt run. The total number of smolts caught in 2016 is higher than in previous years, but relatively low at the uppermost catch station, probably due to a migration barrier that reduces the uppermost spawning and nursery areas.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	7
2 Områdebeskrivelse	8
3 Metoder	9
4 Resultater	10
4.1 Smoltutvandring 2016	10
4.2 Fysiokjemiske forhold i fjorden.....	13
5 Diskusjon	14
6 Referanser	15

1 Innledning

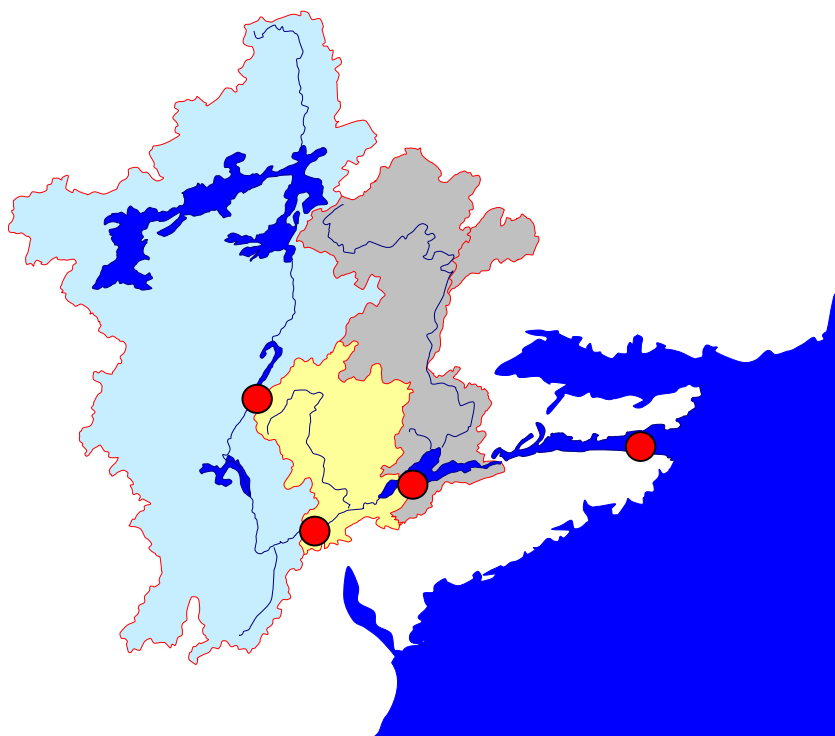
I forsurede vassdrag som Storelva mobiliseres det aluminium (Al) fra nedbørfeltet som en del av forsuringprosessen. Al i vann kan foreligge på ulike tilstandsformer, som blant annet er regulert av pH og vannets innhold av humus og partikler. Storelva har i lang tid vært kalket for å avgifte Al. Kalkingen sørger for en pH-økning som igjen transformerer lavmolekylære monomere former av Al til ikke gjellereaktive polymerer. Det er observert at Al som er bundet til organiske eller uorganiske overflater, eller Al-polymerer dannet ved kalking, kan mobiliseres til gjellereaktive former ved innblanding av sjøvann (Teien et al. 2006). Undersøkelser av mobilisering av bioreaktivt Al har vist at akkumuleringen av Al på fiskegjeller er høyest når saliniteten er i området 1-10 psu (Kroglund et al. 2011).

Den første dokumentasjonen på at Al i brakkvann kan drepe fisk stammer fra 1993 ved Marine Harvest sitt oppdrettsanlegg ytterst i Fedafjorden (Rosseland 2005). Voksen laks dør når Al akkumulering på fiskens gjeller overstiger kritiske nivåer, hvor dødeligheten skyldes svikt i respirasjon (Bjerknes et al., 2003). Tilsvarende effekter i brakkvann er også påvist på laksesmolt i oppdrett når saltvann tilsettes produksjonsvannet (Rosseland et al., 2007). Laksen har ulike toleransegrenser for dårlig vannkjemi i ulike deler av livssyklusen, der smoltstadiet er det mest utsatte. Variasjon i individuelt vandringsmønster og den dynamiske utbredelsen av kritisk vannkjemi gjør det komplisert å dokumentere effekter på sjøoverlevelse hos utvandrende vill smolt. Resultater fra undersøkelser i Sandnesfjorden utenfor Storelva indikerer likevel at smolt eksponert for akkumulerbart Al i brakkvann hadde redusert sjøoverlevelse og brukte lang tid på å forlate de nære fjordområdene (Kroglund mfl, 2011ab). Graden av belastning vil variere mellom år pga variasjoner i smoltutvandringstidspunkt og utbredelsen til det kritiske salinitetsnivået (Kroglund et al. 2011ab; 2012, 2013).

I handlingsplanen for kalking av Vegårvassdraget er estuarine blandsoner anført som en utfordring for laksebestanden i Storelva. Natrium-silikat vurderes i dag som en for usikker og kostbar metode i større vassdrag. Dette tiltaket er derfor utsatt. En metode som sikrer at fisken hjelpes ut av/forbi fjorden er å transportere smolt forbi problemområdene. Transport kan foregå med bil, alternativt som slep. Begge er utprøvd som årlige tiltak siden 2010. Erfaringene tilsier at slep av smolt gjennom problemområdene er den foretrukne metoden. Gjedde i vassdraget er en utfordring for smoltoverlevelse mellom Fosstveit og elvemunningen (Kroglund mfl. 2010, Kristensen mfl. 2010). Transport av fisk forbi gjeddeområdene vil øke overlevelsen ut vassdraget. Inntil videre betraktes fangst av nedvandrende smolt med påfølgende sleping ut fjorden som en del av kalkingsstrategien for Storelva. NIVA hadde oppdraget med å gjennomføre fangst og slep av smolt i 2016.

2 Områdebeskrivelse

Vegårvassdraget (Storelva) ligger i Aust-Agder og munner ut i Sandnesfjord-systemet (Songevann-Nævestadfjorden-Sandnesfjorden) mellom Tvedestrand og Risør. Anadrom fisk kan vandre ca 20 km opp i vassdraget. Vegårvassdraget har et nedbørfelt på 408 km². Storelva og nabovassdraget Steaelva renner inn i hver sin ende av Songevatn (**Error! Reference source not found.****Error! Reference source not found.**). Begge elvene vil bidra til og påvirke vannkvalitet i de indre fjordområdene; Songevatn og Nævestadfjorden. Songevatn er adskilt fra Nævestadfjorden gjennom et bredt sund. En lang kanal (Lagstrømmen) skiller Nævestadfjorden fra Sandnesfjorden. Sandnesfjorden inneholder normalt vann saltere enn 20 psu. Saliniteten i Songevatn og Nævestadfjorden varierer i området 0 til 15 psu hvor nivåene avhenger av ferskvannstilførsel samt av påvirkning fra Skagerrak og kyststrømmen (Tjomsland og Kroglund, 2010). For ytterligere informasjon om vassdraget vises til tidligere rapporter fra prosjektet (f.eks Kroglund m.fl 2013).



Figur 1. Kart over Storelva med nedbørfelt, fjordsystemet og kystlinjen. Felt farget lyseblått tilhører Storelva (Vegårvassdraget), gult Skjerka og grått Steavassdraget. Steavassdraget renner inn i Songevatn Lokalteter merket med sirkler representerer fra venstre mot høyre kalkingsanlegget, Fosstveit kraftverk, elvemunningen og fjordutsettingslokalitet for smolt.

3 Metoder

Fangst av laksesmolt i sideløpet ved Fosstveit kraftverket

Smolt kan passere Fosstveit kraftverket ved å benytte seg av et sideløp (H:41cm, B:68cm) eller følge hovedvannstrømmen gjennom kraftverksturbinen. Andelen av smolten som bruker sideløpet ligger i størrelsesorden 60-90 %. Fisken som benytter sideløpet ble fanget i ett oppsamlingsbasseng. Vi monterte en rist i utløpet av oppsamlingsbassenget slik at smolt kunne vandre videre til en såkalt Wolf-felle, og over i et oppsamlingskar. Vinterstøinger (utgytt fisk) ble værende igjen i oppsamlingsbassenget. Oppsamlingskaret ble røktet daglig og laksesmolten ble transportert med bil til elvemunningen og flyttet over i en slepekasse i påvente av slep.

Fangst av laksesmolt i smoltskruer ved Elvemunningen (Strømmen)

Smoltskruen står plassert i elvemunningen der elva renner inn i Songevatn. Denne lokaliteten er benyttet siden 2005. For utfyllende detaljer se f. eks Kroglund mfl (2010). Fangsteffektiviteten for laksesmolt er omkring 20 %, men vil variere med vannføring og elvetemperatur (Haraldstad mfl. 2016). Mot slutten av utvandningsforløpet observerer vi et økende antall død og skadet fisk i fella, dette gjelder hovedsakelig sørv og sik, men også laksesmolt. Vi observerte ikke død fisk i slepekassen som står plassert 100 fra fella. Vi antar derfor at det ikke skyldes dårlig vannkjemi. Vi tror høy vannhastighet i fellas oppsamlingskar kan være årsaken. Vi la inn en strømbryter som gav lavere vannhastighet i deler av karet, men i perioder med svært høy fangst var ikke dette tilstrekkelig. Vi jobber med å komme opp med en bedre løsning til neste sesong.

Slep av laksesmolt ut fjorden

Det ble gjennomført slep omtrent hver tredje dag avhengig av antall fisk som ble fanget. Buret ble slept etter mototbåt ved 2-3 knops fart gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen. Det ble ikke observert dødelighet på smolt under slepet. Sleppe tar omtrent 1,5 t før smolten ble sluppet i saltvann med 17 til 23 promille i Sandnesfjorden.

Fysiokjemiske data

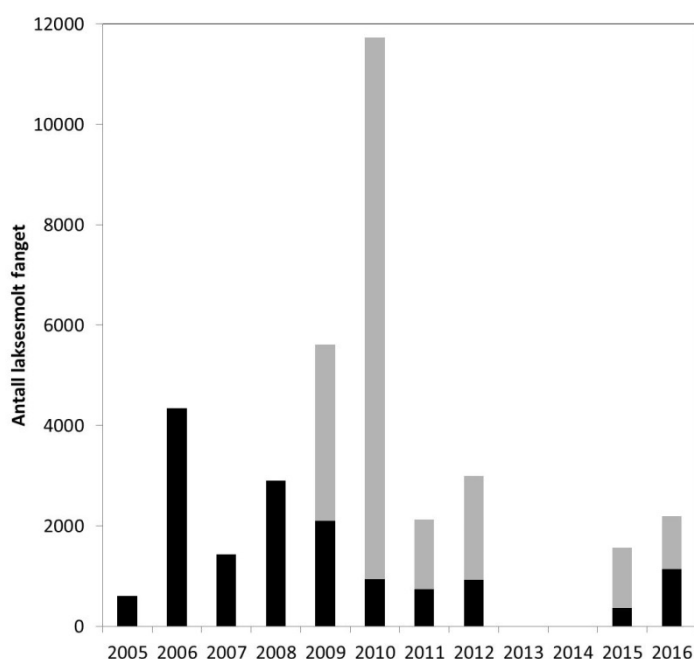
Vannføringsdata for Storelva ble hentet fra NVEs overvåkingsstasjon 18.4.0. Vanntemperatur og salinitetsmålinger er hentet fra NIVAs overvåkingsstasjoner på henholdsvis Nes-Verk (elvetemperatur) og Nævestadfjorden (salinitet).

4 Resultater

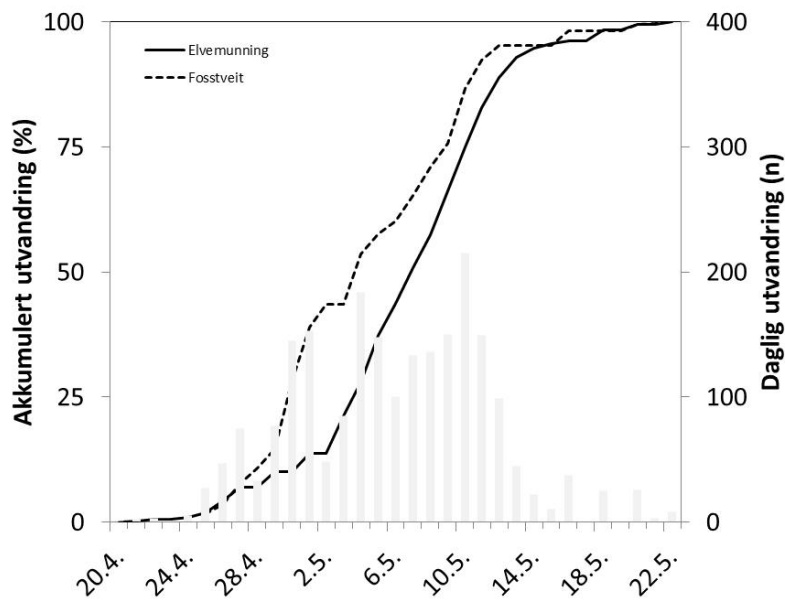
4.1 Smoltutvandring 2016

Smoltskruen i elvemunningen (Strømmen) ble satt i drift 19. april, mens Wolf-fella ved Fosstveit ble satt i drift 24. april. Det ble fanget totalt 2191 laksesmolt gjennom hele utvandningsperioden, 1058 ved Fosstveit og 1133 ved Strømmen. Dette er mer enn det foregående året, men betydelig mindre enn i 2010 (**Figur 2**). Halvparten av smolten hadde vandret ut 7. mai. Dette er nær snittet av alle årene vi har registrert (**Figur 3**). Utvandningsforløpet var relativt likt mellom de to fangststasjonene, men noe tidligere ved Fosstveit enn ved elvemunningen. Vi har tidligere vist at utvandringstidspunktet hovedsakelig styres av elveteperaturen (Haraldstad et al 2016). Våren 2016 kom relativt tidlig og vi forventer derfor en relativt tidlig smoltutvandring. I gjennomsnitt starter smoltutvandringen (dagen for 25 % akkumulert utvandring) 14 dager (SD 3.7) etter at elveteperaturen har passert 6 grader, i 2016 tok det 18 dager. Vi hadde derfor et noe seinere utvandringstidspunkt en hva vi forventet ut fra elveteperaturen (**Figur 4**). Hovedandelen av smolten var mellom 130-165 mm (**Figur 5**).

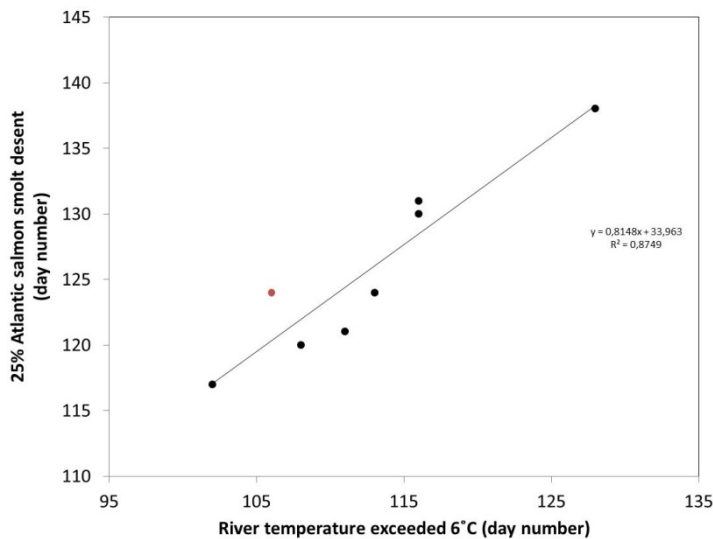
Smolt fanget ved Fosstveit ble transportert i kar til elvemunningen der de ble satt over i slepebur. Smolt som ble fanget i smoltskruen ved elvemunningen ble satt direkte over i slepeburet. Buret ble slept etter motobåt gjennom Songevann, Nævrestadfjorden og Lagstrømmen før buret ble åpnet i Sandnesfjorden. Smolten ble sluppet i saltvann fra 17 til 23 promille. Det ble gjennomført 7 slep med til sammen 1878 laksesmolt (**Tabell 1**). Dette er over 500 flere individer enn foregående år.



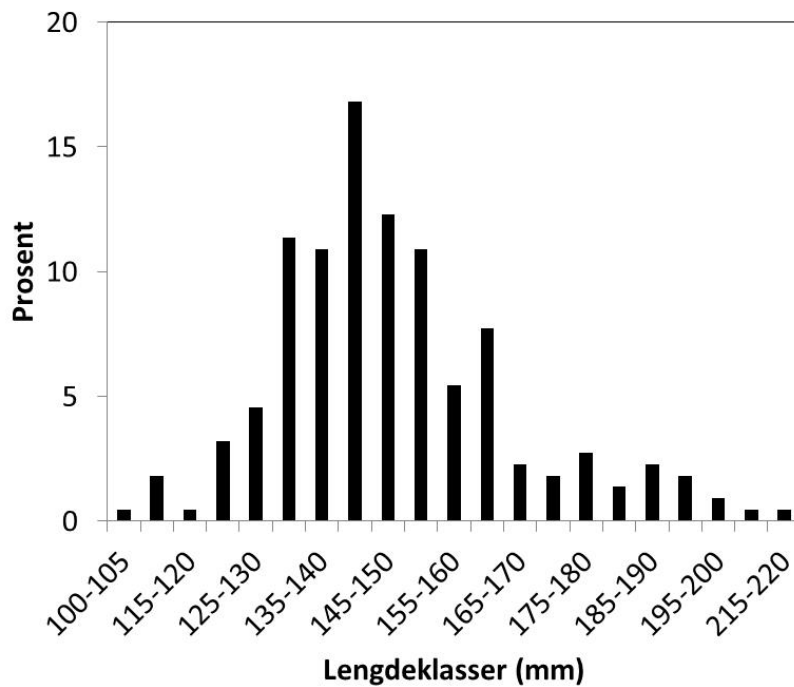
Figur 2: Antall smolt fanget i smoltskruen ved elvemunningen (svart) og oppstrøms (grå). Det er brukt samme felle ved elvemunningen hvert år (ikke 2005) plassert på samme lokalitet. Fangsteffektivitet for denne fella ligger rundt 20 %, men vil likevel variere mellom år. Antall fangstlokaliteter oppstrøms og hvor mye fisk som er transportert ut elva varierer mellom år.



Figur 3: Akkumulert smoltutvandring ved Fosstveit (stiplet linje) og elvemunningen (heltrukket linje) samt antall fisk per dag for begge stasjonene (grå søyler).



Figur 4: Sammenhengen mellom elvetemperatur (dagnummer elvetemperaturen passerer 6 grader) og utvandringstidspunkt for laksesmolt (25 % akkumulert utvandring) 2006-2010, 2012, 2015 og 2016 (datapunktet for 2016 er illustrert med rødt).



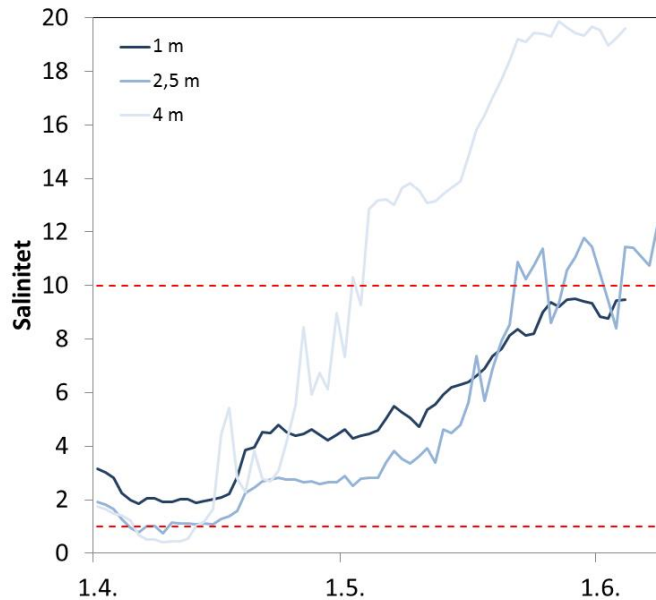
Figur 5: Lengdefordeling(mm) til den utvandrende laksesmoltpopulasjonen i 2016 (n=220).

Tabell 1: Antall smolt slept ut fjorden for ulike datoer gjennom smoltutvandringsperioden i 2016. Smolt som ble fanget ved Fosstveit ble kjørt med bil til elvemunningen. Slepene gikk gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før fisken ble sluppet i Sandnesfjorden på saliniteter mellom 17-23.

Slipp dato	Slep (n)
26.04	100
29.04	185
02.05	298
05.05	386
09.05	366
12.05	400
21.05	143
Sum	1878

4.2 Fysiokjemiske forhold i fjorden

Saliniteten i Nævestadfjorden var på et nivå der aluminium er på en slik tilstandsform at en forventer akkumulering på gjeller til utvandrende laksesmolt gjennom hele smoltutvandringsperioden i 2016 (**Figur 6**). I Sandnesfjorden var saliniteten derimot høy i den aktuelle perioden, slik at en ikke vil forvente belastning på slept fisk som ble sluppet her.



Figur 7: Kontinuerlig måling (dag middel) av salinitet på tre dyp i Nævestadfjorden gjennom smoltutvandringsperioden. Stiplede røde linjer indikerer områder (mellom 1 og 10) der aluminium er på tilstandsformen der en forventer belastning på utvandrende smolt.

5 Diskusjon

Saliniteten i fjordområdene utenfor Storelva våren 2016 var på et nivå der en vil forvente at tilstandsformen til aluminium vil være akkumulert på fiskegjeller. Utvandring gjennom dette fjordområdet vil antagelig være en betydelig belastning på smolten. Tidligere forsøk har påvist redusert sjøoverlevelse hos laksesmolt som vandrer gjennom fjorden under slike forhold. Vi vil derfor forvente økt sjøoverlevelse for denne smoltårgangen som følge av slepene som ble utført. Fangst og slep av laksesmolt er tidkrevende og krever personell med kunnskap og erfaring med denne type arbeid. Vi vil likevel anbefale dette som tiltak siden behandling av elvevannet med silikat vil være betydelig mer kostnadskreven.

Det var behov for slep gjennom hele utvandringsperioden i 2016, og slepet måtte forbi Lagstrømmen før saliniteten kom opp på et tilstrekkelig høyt nivå. Vi har tidligere målt større variasjon i salinitet og perioder der utbredelsen (i tid og rom) av brakkvannslaget er betydelig mindre enn i 2016. Vi kan karakterisere forholdene i de indre fjordområdene som stabile gjennom sesongen, men kritisk med tanke på utvandrende smolt.

Vanntemperatur ser fremdeles ut til å være en god indikator for når smoltutvandringen starter i Storelva. Det vil være kostnadsbesparende å etablere en modell for hvilke miljøvariabler som styrer smoltutvandringen i de kalkede elvene slik at perioden med forhøyet pH-mål blir tilpasset fiskens utvandringsforløp og ikke bestemt ut fra fastsatte datoer.

Antall smolt i årets fangster er høyere enn i 2015, men likevel betydelig lavere enn toppåret 2010. Redusert fangst i forhold til 2010 skyldes delvis en reduksjon i antall fangstlokaliteter. Ser vi på fangstene i elvemunningen alene er årets fangst de høyeste siden 2009, mens fangstene ved Fosstveit er lave. Lave fangster ved Fosstveit skyldes antagelig en betydelig innskrenking av gyte- og oppvekstområder oppstrøms på grunn av vandringshinderet som er etablert ved dammen på Nes Verk.

6 Referanser

- Bjerknes, V., Fyllingen, I., Holtet, L., Teien, H.C., Rosseland, B.O. and Kroglund, F., 2003. Aluminium in acidic river water causes mortality of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norwegian fjords. *Marine Chemistry*, 83(3-4): 169-174.
- Haraldstad, T., Kroglund, F., Kristensen, T., Jonsson, B., & Haugen, T. O. (2016). Diel migration pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) smolts: an assessment of environmental cues. *Ecology of Freshwater Fish*.
- Kristensen, T. and Rustadbakken, A., Kroglund, F., Guttrup, Jim., Johansen, Åsmund., Hawley, K., Rosten, C., Kjosnes, Arne Jørgen., 2010. Gjeddass betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder.. NIVA. Rapport l. nr OR-6085. 31 s.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Güttrup, J. 2014 Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkevann Tilbakevandring av gyttelaks til Storelva i 2010-2013. NIVA-rapport 6663 56 s.
- Kroglund, F. and Finstad, B., 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 222(1-4): 119-133.
- Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Nilsen, T.O., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H.C. and Salbu, B., 2007a. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture*, 273(2-3): 360-373.
- Kroglund, F., Guttrup, J., Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B. and Teien, H.C., 2007b. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA rapport 5366-2007: 47.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugem, T., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J. and Johansen, Å., 2012. Påvirkes laksemolt av aluminium i brakkevann? Gjenfangst av oppvandrende laks merket og satt ut som smolt i Storelva i Holt, Aust-Agder i 2009 og 2010. . NIVA rapport 6291. 45 s.
- Rosseland, B.O., Bjerknes, V., Guldborg, B., Håvardson, B., Kroglund, F., Kvellestad, A., Litlabø, A., Rosten, T., Teien, H.C., Toften, H., Tørud, B. and Åtland, Å., 2007. Episoder med dårlig vannkvalitet som har ført til produksjonsslidelser eller tap av fisk. I: *Vannkvalitet og smoltproduksjon* (Bjerknes, V., red), Juul forlag, pp 9-55.
- Rosseland BO. 2005. Vann og gjelleanalyser av laks i forbindelse med fiskedød i Fedafjorden. NIVAnotat.
- Teien, H. C., Standring, W. J., & Salbu, B. (2006). Mobilization of river transported colloidal aluminium upon mixing with seawater and subsequent deposition in fish gills. *Science of the total environment*, 364(1), 149-164.
- Tjomsland, T. and Kroglund, F., 2010. Modellering av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør. NIVA. Rapport l. nr OR-6049. 31 s.

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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

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