

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

Smoltårgang 2018



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Ørestads Boulevard 73
DK-2300 Copenhagen
Telefon (45) 8896 9670

Internett: www.niva.no

Tittel Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner. Smoltårgang 2018	Løpenummer 7309-2018	Dato 27.11.2018
Forfatter(e) Tormod Haraldstad Jim Güttrup	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 16

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder	Oppdragsreferanse Birgit Solberg
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 180149

Sammendrag

I handlingsplanen for kalking av Storelva er estuarine blandsoner med giftig aluminium 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. I 2018 ble det fanget totalt 2151 laksesmolt gjennom hele utvandringsperioden, 438 ved Fosstveit og 1713 ved elvemunningen. Saliniteten i Nævestadfjorden var på et nivå der en forventer akkumulering av aluminium på gjeller til utvandrende laksesmolt gjennom våren 2018. Dette vil føre til redusert sjøoverlevelse til naturlig utvandrende smolt. Som et tiltak mot dette ble det derfor gjennomført 4 slep med til sammen 1748 laksesmolt. Vi vil 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 ettersom behandling av elvevannet med silikat vil være betydelig mer komplisert og kostnadskrevende.

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

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Tormod Haraldstad

Prosjektleder

Åse Åtland

Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7044-0
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

**Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende
tiltak mot estuarine blandsoner
Smoltårgang 2018**

Forord

NIVA ble bedt om å fortsette sin aktivitet i Storelva i 2018. Fylkesmannen ønsket at 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 oppdraget, og for godt samarbeid.

Grimstad, 27.11. 2018

Tormod Haraldstad

Sammendrag

I handlingsplanen for kalking av Storelva (Vegårvassdraget) er estuarine blandsoner med giftig aluminium 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 videre 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 2018.

Det ble fanget totalt 2151 laksesmolt gjennom hele utvandningsperioden, 438 ved Fosstveit og 1713 ved elvemunningen. Totalantallet er på nivå med det foregående år, men andelen som er tatt i smoltskruen i elvemunningen er høyere. Fangstene ved Fosstveit kraftverk var svært lave, og det skyldes at fella ikke fanget fisk i perioder kraftverket var ute av drift.

Våren 2018 var preget av høy vannføring og kaldt vær i april. Høy vannføring førte til sen oppstart av smoltfangst. Samtidig begynte smoltutvandringen å vandre sent på grunn av den kalde våren. Vi tror derfor ikke vi har gått glipp av mye smolt selv ved såpass sen oppstart.

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 motorbåt gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før buret ble åpnet i Sandnesfjorden. Smolten ble sluppet i saltvann som hadde fra 14 til 16 promille. Det ble gjennomført 4 slep med til sammen 1748 laksesmolt.

Saliniteten i de indre fjordsystemene var på et nivå der aluminium er på en slik tilstandsform at en forventer akkumulering på gjeller til utvandrende laksesmolt gjennom våren 2018. 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 komplisert og betydelig mer kostnadskrevende.

Summary

Title: Towing of Atlantic salmon smolts from River Storelva as a mitigation measure –Smolt cohort 2018

Year: 2018

Author: Tormod Haraldstad and Jim Güttrup

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7044-0

Aluminum (Al) in estuaries is known to affect fish health and survival within aquaculture pens. NIVA have provided information demonstrating how Al originating in freshwater is mobilized to toxic forms of Al that can accumulate on fish gills at increasing salinities. Gill-Al concentrations increase rapidly when salinity is in the range from 1 to 4 psu. Moreover, concentrations decrease when salinity increases from 5 to 7 psu, and 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 14-16. A total of 1748 Atlantic salmon smolts were towed during the 2018 smolt run. The total number of smolts caught at the two catch stations seems to stabilize around 2000 individuals annually in River Storelva.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	7
2 Områdebeskrivelse	8
3 Metoder	9
4 Resultater	11
4.1 Smoltutvandring 2018.....	11
4.2 Salinitet i fjorden	14
5 Diskusjon	15
6 Referanser	16

1 Innledning

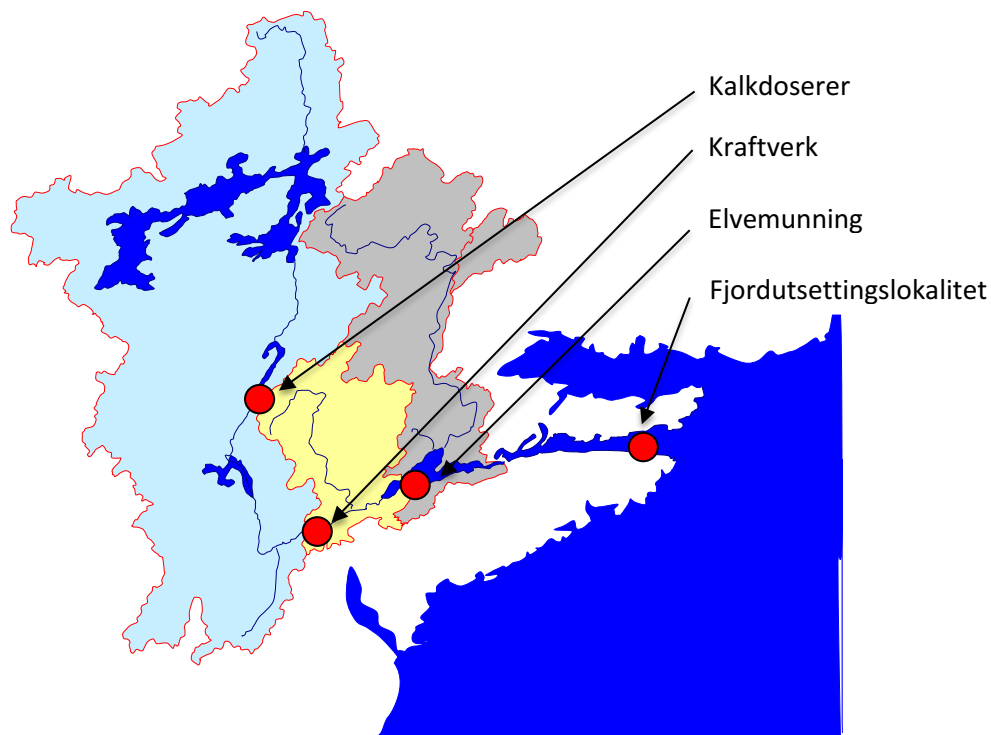
I forsurede vassdrag som Storelva mobiliseres det aluminium (Al) fra nedbørfeltet som en del av forsuringsprosessen. Al i vann kan foreligge på ulike tilstandsformer, som blant annet er regulert av vannets pH og innhold av humus og partikler. Storelva har i lang tid vært kalket for å avgifte Al. Kalkingen 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 akkumulert 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 på grunn av 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. Vannkjemiske tiltak for å unngå dette problemet kan være å tilsette natrium-silikat i ellevannet for å kompleksbinde Al. Denne metoden 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. Slep gir antagelig bedre preging for smolt slik at feilvandringen minimeres. Samtidig er aluminiumspåslag på gjellene dynamisk, og selv om fisken skulle få noe påslag under slep, vil dette raskt normaliseres når saliniteten økes til over 10 psu. 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 2018.

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 (**Figur 1**). Begge elvene påvirker 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 mfl. 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 Lokaliteter merket med sirkler representerer fra venstre mot høyre kalkingsanlegget, Fostveit 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 en fluktrute (H:41cm, B:68cm) eller den kan følge hovedvannstrømmen gjennom kraftverksturbinen. Andelen av smolten som bruker fluktruten ligger i størrelsesorden 60-90 %. Fisken som benytter fluktruten ble fanget i et oppsamlingsbasseng. Vi har montert en rist i utløpet av oppsamlingsbasseng slik at smolt kan vandre videre til en såkalt Wolf-felle, og over i et oppsamlingskar (**Figur 2**). Vinterstøinger (utgytt fisk) ble værende igjen i oppsamlingsbasseng. Oppsamlingskaret ble røktet daglig og laksesmolten ble transportert med bil til elvemunningen og flyttet over i en slepekasse i påvente av slep.



Figur 2. Fosstveit kraftverk med fluktrute for utvandrende smolt, oppsamlingsbasseng, Wolf-felle og oppsamlingskar for smolt (Foto: T. Haraldstad).

Fangst av laksesmolt i smoltskrue ved Elvemunningen (Strømmen)

Smoltskruen står plassert i elvemunningen der elva renner inn i Songevatn (**Figur 3**). 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 elvtemperatur (Haraldstad mfl. 2016).



Figur 3. Elvemunningen av Storelva (Strømmen) med smoltskrue for fangst av utvandrende smolt (Foto: T. Haraldstad).

Slep av laksesmolt ut fjorden

Det ble gjennomført slep omtrent hver tredje dag avhengig av antall fisk som ble fanget. Buret ble slept etter motorbåt ved 2-3 knops fart gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen. Det ble ikke observert dødelighet på smolt under slepet. Slepets tok omtrent 1,5 t før smolten ble sluppet i saltvann med 13 til 23 promille i Sandnesfjorden.

Fysisk-kjemiske data

Vannføring og vanntemperaturdata for Storelva ble hentet fra NVEs overvåningsstasjon 18.4.0 og 18.13.0. Salinitetsmålinger er hentet fra NIVAs overvåningsstasjoner ved Kviteberg i Nævestadfjorden.

4 Resultater

4.1 Smoltutvandring 2018

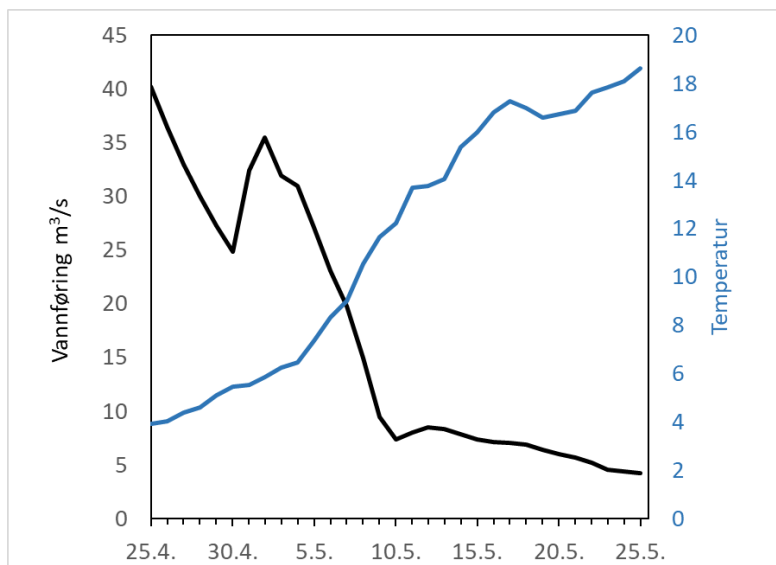
Smoltskruen i elvemunningen (Strømmen) og Wolf-fella ved Fosstveit ble satt i drift 10. mai 2018. Dette er svært seint sammenliknet med mange av de tidligere årene. Unormalt mye snø i lavereliggende områder gav snøsmeltingsflom i april (**Figur 4**). Høy vannføring var hovedgrunnen til at starten ble utsatt. I tillegg hadde nye eiere av Fosstveit kraftverk noe driftsproblemer med kraftverksturbinen. Dette førte til flere dager med stopp i turbinen og vannføring over kraftverksdammen. Når mye vann renner over damkronen ved Fosstveit (flom over kraftverkets slukeevne eller driftsstans) vil smolten hovedsakelig vandre over damkronen og ikke ut sideløpet der vi har plassert smoltfella.

Høy vannføring var også et problem for smoltskruen i Strømmen. Ved høy vannføring vil fangsteffektiviteten gå ned. I tillegg vil det bli svært høy vannhastighet inni fella. Dette er spesielt kritisk for sørv og sik, men kan også gi dødelighet for laks og auresmolt.

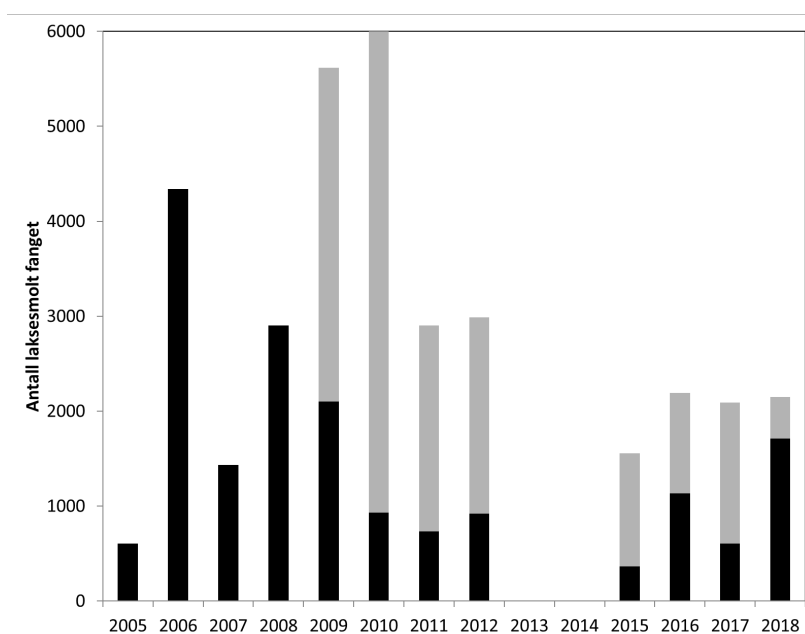
Det ble fanget totalt 2151 laksesmolt gjennom hele utvandningsperioden, 438 ved Fosstveit og 1713 ved Strømmen. Totalantallet er på nivå med det foregående år, men andelen som er tatt i smoltskruen i elvemunningen er høyere (**Figur 5**). Fangstene ved Fosstveit kraftverk var svært lave, og det skyldes at fella ikke fanget fisk i de periodene der kraftverket var ute av drift.

Halvparten av smolten hadde vandret ut innen den 14. mai (**Figur 6**). Dette er relativt sent og fem dager senere enn gjennomsnittet for de siste 11 årene. Selve utvandningsforløpet var relativt kortvarig og har nok en sammenheng med at våren kom uvanligseint, med en eksplosiv økning i temperatur over noen få dager. Temperaturen steg fra 6 til 9 grader i løpet av fem dager. Også i år ser vi en god sammenheng mellom utvandringstidspunktet og elvetemperaturen (**Figur 7**). I gjennomsnitt starter smoltutvandringen (dagen for 25 % akkumulert utvandring) 14 dager (SD 4.9) etter at elvetemperaturen har passert 6 grader, i 2018 tok det 10 dager.

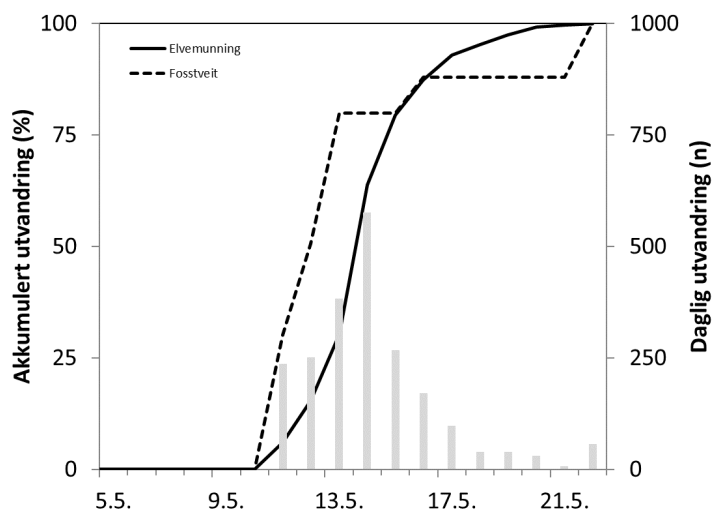
Smolt fanget ved Fosstveit ble transportert i kar til elvemunningen der de ble satt over i slepebur. Smolt som ble fanget i smoltskruen ved elvemunningen ble satt direkte over i slepeburet. Buret ble slept etter motorbåt gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før buret ble åpnet i Sandnesfjorden. Smolten ble sluppet i saltvann fra 14 til 16 promille. Det ble gjennomført 4 slep med til sammen 1748 laksesmolt (**Tabell 1**).



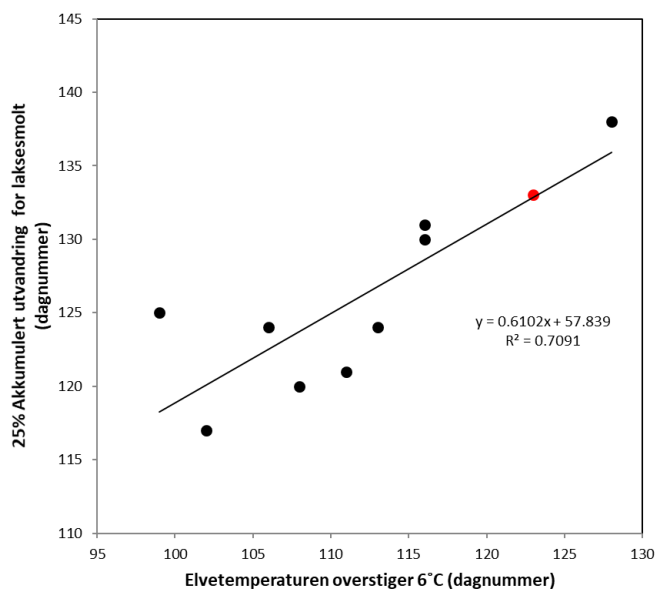
Figur 4. Vannføring og elvetemperatur Storelva våren 2018.



Figur 5. 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 kunne variere mellom år. Antall fangstlokaliteter oppstrøms og hvor mye fisk som er transportert ut elva varierer mellom år (totalfangst i 2010 var 11700).



Figur 6. Akkumulert smoltutvandring ved Fosstveit (stiplet linje) og elvemunningen (heltrukket linje) samt antall fisk per dag for begge stasjonene (grå søyler).



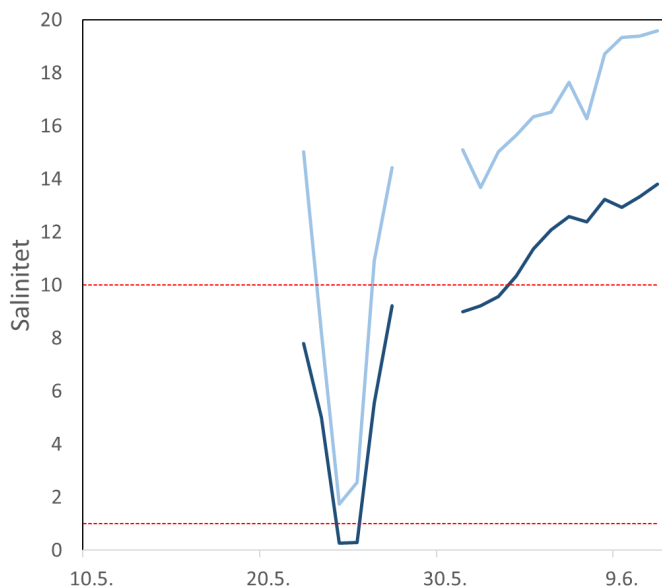
Figur 7. Sammenhengen mellom elvetemperatur (dagnummer der elvetemperaturen passerer 6 grader) og utvandringstidspunkt for laksesmolt (25 % akkumulert utvandring) 2006-2010, 2012, 2015-2018 (datapunktet for 2018 er illustrert med rødt).

Tabell 1. Antall smolt slept ut fjorden for ulike datoer gjennom smoltutvandringsperioden i 2018. Smolt som ble fanget ved Fosstveit ble kjørt med bil til elvemunningen. Slepet gikk gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før fisken ble sluppet i Sandnesfjorden på saliniteter mellom 14-16 psu.

Slipp dato	Slep (n)	Salinitet ved slipplokalitet
13.05	749	14.5
14.05	387	14.0
16.05	362	15.1
22.05	250	16.3
Sum	1748	

4.2 Salinitet 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 store deler av smoltutvandringsperioden våren 2018. På grunn av driftsproblemer ved overvåkingsstasjonen vår i Nævestadfjorden er det betydelige mangler i salinitetsdatasettet for våren 2018 (**Figur 8**). Feltnmålinger under slep bekrefter likevel saliniteter mellom 1-10 i innerste fjordbassengene under alle slep (13-22. mai). I Sandnesfjorden var saliniteten derimot høy i den aktuelle perioden (feltnmålinger under slep), slik at en ikke vil forvente belastning på slept fisk som ble sluppet her.



Figur 8. Kontinuerlig måling (dag middel) av salinitet på to dyp i Nævestadfjorden gjennom smoltutvandringsperioden (1m og 2,5m). Stiplede røde linjer indikerer områder (mellom 1 og 10) der aluminium er på tilstandsformen der en forventer belastning på utvandrende smolt. Det er betydelige mangler i datasettet grunnet tekniske problemer med loggeren.

5 Diskusjon

Saliniteten i fjordområdene utenfor Storelva våren 2018 var på et nivå der en vil forvente at tilstandsformen til aluminium vil være akkumulerbar på fiskegjeller. Utvandring gjennom dette fjordområdet vil antagelig være en betydelig belastning for smolten. Tidligere forsøk har påvist redusert sjøoverlevelse hos laksesmolt som vandrer gjennom fjorden under slike forhold. Det ble derfor gjennomført fire slep med tilsammen 1748 vill laksesmolt fanget i Storelva. Slepene måtte forbi Lagstrømmen før saliniteten kom opp på et tilstrekkelig høyt nivå. Vi vil forvente økt sjøoverlevelse for smoltårgang 2018 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 mye dyrere.

Våren 2018 var preget av høy vannføring og kaldt vær i april. Høy vannføring førte til sen oppstart av smoltfangsten. Samtidig kom smoltutvandringen sent i gang på grunn av den kalde våren. Vi tror derfor ikke vi har gått glipp av mye smolt selv ved såpass sen oppstart av smoltfangst.

Vanntemperatur ser fremdeles ut til å være en god indikator for når smoltutvandringen starter i Storelva. Det er 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 samt at feller for fangst av smolt blir satt ut i rett tid.

Antall laksesmolt fanget de siste årene ser ut til å stabilisere seg på rundt 2000 individer. Noe høyere fangst kunne vært oppnådd hvis en hadde unngått driftsproblemer ved Fosstveit kraftverk. Det er imidlertid vanskelig å unngå korte perioder med fangststopp under flom og liknende. Gjennom mange år har vi erfart at det er bedre å sette fellene ut av drift under slike perioder. Da unngår vi å ødelegge utstyr og drepe fisk, samt at vi kan være klar til å fange smolt med en gang forholdene bedrer seg i stedet for å måtte bruke mange ekstra dager på reparasjoner etc. før fellene igjen er operative.

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., Kjøsnes, Arne Jørgen., 2010. Gjeddas betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder.. NIVA. Rapport I. nr OR-6085. 31 s.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Güttrup, J. 2014 Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann Tilbakevandring av gytelaks 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 laksesmolt av aluminium i brakkvann? 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., Guldberg, 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., Standing, 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 I. 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