

Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner

Smoltårgang 2021



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 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

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner. Smoltårgang 2021	Løpenummer 7668-2021	Dato 17.11.2021
Forfatter(e) Haraldstad Tormod Johansen Kurt Güttrup Jim	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 17

Oppdragsgiver(e) Statsforvalteren i Agder	Oppdragsreferanse Fredrik Gustavsen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210074

<p>Sammendrag</p> <p>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 2021 ble det fanget totalt 1916 laksesmolt gjennom hele utvandringsperioden, 1723 ved Fosstveit og 193 ved elvemunningen. Saliniteten i Nævestadfjorden var på et nivå der en forventer akkumulering av aluminium på gjeller til utvandrende laksesmolt spesielt i den siste delen av utvandringsperioden våren 2021. Naturlig utvandring gjennom disse forholdene ville antagelig ført til redusert sjøoverlevelse. Som et tiltak mot dette ble det derfor gjennomført 2 biltransporter og 4 slep gjennom fjorden til Lagstrømmen. Vi vil forvente økt sjøoverlevelse for årets smoltårgang som følge av transporten 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 komplisert og kostnadskrevende.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Laks Avbøtende tiltak Brakkvann Aluminium 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Atlantic salmon Mitigation measure Estuary Aluminium
--	--

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

Tormod Haraldstad
Prosjektleder

Trine Dale
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7404-2
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende
tiltak mot estuarine blandsoner
Smoltårgang 2021**

Forord

NIVA ble bedt om å fortsette sin aktivitet i Storelva i 2021. Statsforvalteren 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 Statsforvalteren i Agder har vært Fredrik Gustavsen. Vi takker for oppdraget, og et godt samarbeid.

Grimstad, 24.11. 2021

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. Utsatt gjedde i vassdraget er videre en utfordring for smoltoverlevelse mellom Fosstveit og elvemunningen. Transport av smolt 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 transport av smolt i 2021.

Det ble fanget totalt 1916 laksesmolt gjennom hele utvandningsperioden, 1723 ved Fosstveit og 193 i elvemunningen. Totalantallet er på nivå med det foregående år, og andelen som er tatt ved Fosstveit er høy både i 2020 og 2021. Utvandningsstart og forløp våren 2021 var på gjennomsnittet av hva vi har observert de siste femten årene. Utvandring skjedde både på svært lav og høy vannføring.

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 med over 10 psu. Det ble gjennomført 3 slep med til sammen 1485 laksesmolt. I tillegg ble 394 smolt transportert med bil og sluppet i Lagstrømmen. Høy utvandring i løpet av få dager førte til at vi måtte transportere noe fisk med bil for å unngå at mye smolt ble stående å «vente» på transport. Mye vind gjorde slep vanskelig på ettermiddagen 04.05 og disse ble transportert med bil morgenen etter.

Lav vannføring i Storelva førte til at saliniteten i fjordområdene utenfor var høy i forkant av smoltutvandringen, og over det nivået en vil forvente at tilstandsformen til aluminium vil være akkumulerbar på fiskegjelle. Det inntraff imidlertid en flomtopp i Storelva under den siste delen av smoltutvandningsperioden som førte til at saliniteten sank i Songevann og Nævestadfjorden. Vi må anta at disse fjordområdene hadde en salinitet der aluminium var akkumulerbart på smoltens gjeller i store deler av perioden der smolten ville ha vandret ut. Tidligere forsøk har påvist redusert sjøoverlevelse hos laksesmolt som vandrer gjennom fjorden under slike forhold. Vi vil forvente økt sjøoverlevelse for smoltårgangen 2021 som følge av transporten 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 ellevannet med silikat vil være betydelig dyrere.

Summary

Title: Towing of Atlantic salmon smolts from River Storelva as a mitigation measure –Smolt cohort 2021
Year: 2021
Author: Tormod Haraldstad, Kurt Johansen and Jim Güttrup
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7404-2

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 above 10. A total of 1916 Atlantic salmon smolts were transported during the 2021 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 2021	11
4.2 Salinitet i fjorden	15
5 Diskusjon	16
6 Referanser	17

1 Innledning

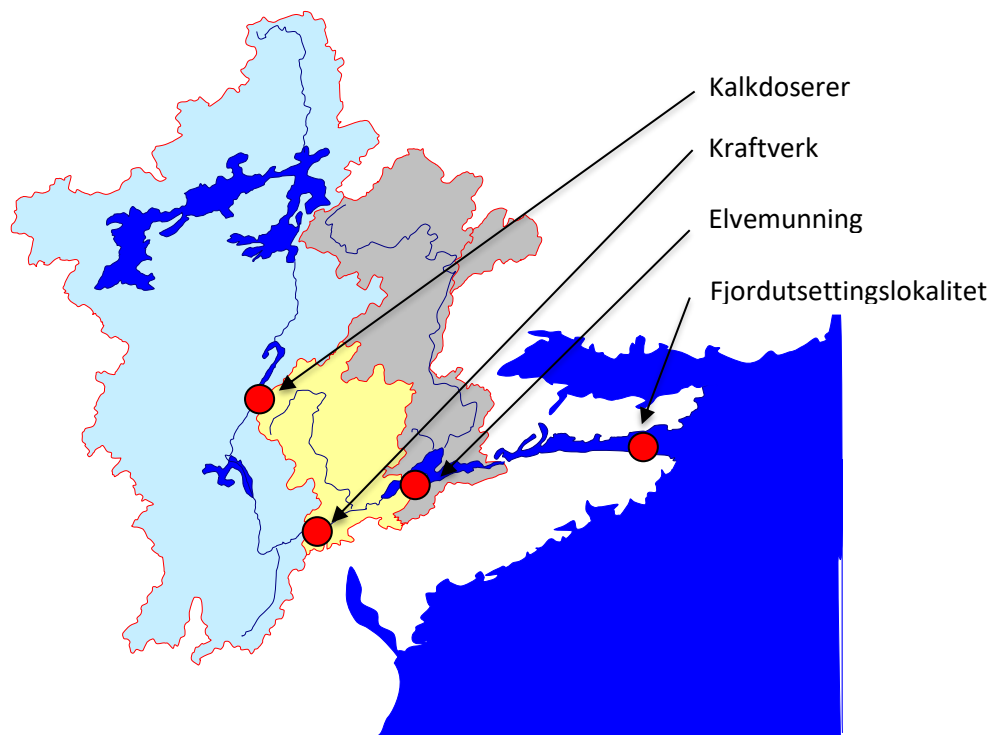
I forsurede vassdrag som Storelva mobiliseres det aluminium (Al) fra nedbørfeltet som en del av forsuringsprosessen. Al i vann kan foreligge på ulike tilstandsformer, som blant annet er regulert av vannets pH og innhold av humus og partikler. Storelva har i lang tid vært kalket for å avgifte Al. Kalkingen 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 (MOWI) 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. Vannkemiske tiltak for å unngå dette problemet kan være å tilsette natrium-silikat i ellevannet for å kompleksbinde aluminium. 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 pregning for smolt slik at feilvandringen minimeres (Jonsson og Jonsson 2021). 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 (Kristensen mfl. 2010; Haraldstad mfl. 2020). Transport av fisk forbi gjeddeområdene vil øke overlevelsen ut vassdraget, men vil kunne redusere fiskens evne til å finne gyteområdene oppstrøms når de returnerer som gytefisk (Haraldstad mfl. in rev.). 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 2021.

2 Områdebeskrivelse

Vegårvassdraget (Storelva) ligger i Agder og munner ut i Sandnesfjorden (Songevann-Nævestadfjorden-Sandnesfjorden) mellom Tvedestrand og Risør. Laks og sjøaure 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 det 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. 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 en fluktrute (H:41cm, B:68cm) eller den kan følge hovedvannstrømmen gjennom kraftverksturbinen. Andelen av smolten som bruker fluktruten ligger i størrelsesorden 60-90 % (Haraldstad mfl. 2018). Fisken som benytter fluktruten ble fanget i et oppsamlingsbasseng. Vi har montert en rist i utløpet av oppsamlingsbassenget slik at smolt kan vandre videre over en vannavskiller (Wolf-felle), og over i et oppsamlingskar (**Figur 2**). 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. Ved svært lave vannføringer (2-3m³/s) vil Fosstveit kraftverk stoppe produksjonen og resterende vann vil renne over damkronen. Om vannføringen overstiger kraftverkets slukeevne på 16m³/s vil også overskytende vann renne over damkronen. Ved begge disse senarioene vil fangsteffektiviteten til smoltfella synke betraktelig.



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 elvetemperatur (Haraldstad mfl. 2016). Ved høye vannføringer ($>10\text{-}15\text{m}^3/\text{s}$) settes skruen ut av drift. Da er det stor sannsynlighet for at stokker og annet driv kan ødelegge felle samt at smolt som blir fanget vil ha høy dødelighet i oppbevaringskassen i bakkant av fella.



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. Slep tok omtrent 1,5 t før smolten ble sluppet i saltvann med høyere enn 10psu i Sandnesfjorden. Påtreffes saltvann tidligere slippes smolten på dette punktet.

Fysisk-kjemiske data

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

4 Resultater

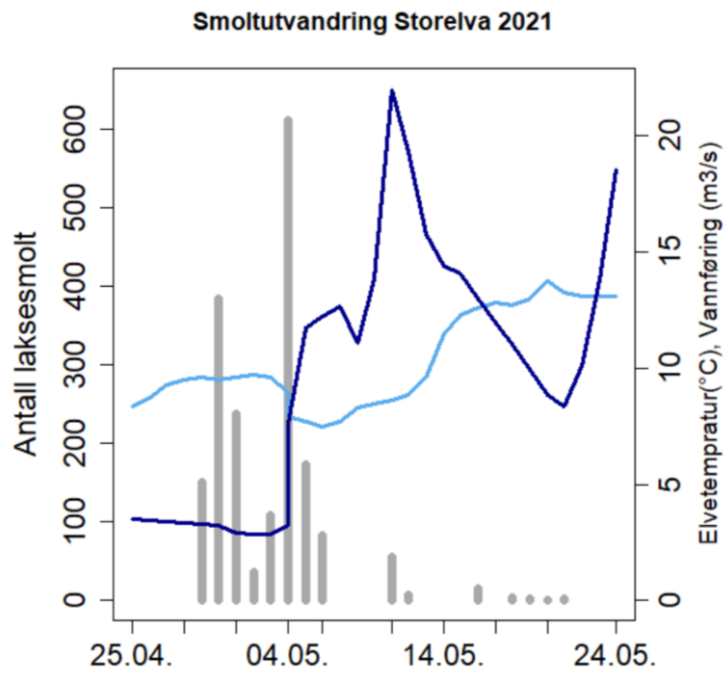
4.1 Smoltutvandring 2021

Wolf-fella ved Fosstveit ble satt i drift den 28.04 og smoltskruen i elvemunningen 01.05. Dette er noen dager senere enn i en gjennomsnittssesong. Relativt lave fangster de første dagene etter at smoltskruen var satt i drift tyder på at fella likevel ble satt ut til riktig tid, før utvandringen var kommet ordentlig i gang (**Figur 4**).

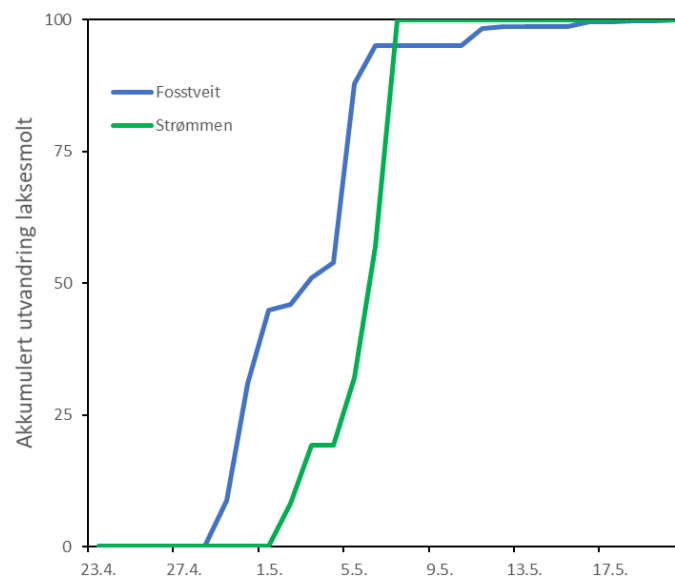
Halvparten av smolten hadde vandret ut innen 06.05 (**Figur 5**). Dette er nær et normalår, der utvandringen i 2021 var to dager tidligere enn gjennomsnittet for de siste 15 årene. Tidlig i utvandringsforløpet var vannføringen i Storelva lav, og så lav at Fosstveit kraftverk måtte stoppe. Dette førte til lave fangster i Wolf-fella. Fangstene økte når vannføringen steg og kraftverket igjen var i drift. Mye nedbør med flom rundt 10.05 førte til at fellene igjen ble satt ut av drift i kortere perioder.

Det ble fanget totalt 1916 laksesmolt gjennom hele utvandringsperioden, 1723 ved Fosstveit og 193 ved Strømmen. Totalt antall fanget laksesmolt er på nivå med de foregående årene (**Figur 6**). Fangsteffektiviteten er normalt knyttet til vannføring og store år til års variasjoner vil forekomme. Også i år ser vi en god sammenheng mellom utvandringstidspunktet og elvetemperaturen (**Figur 7**). I gjennomsnitt starter smoltutvandringen (dagen for 25 % akkumulert utvandring) 14,6 dager (SD 4,6) etter at elvetemperaturen har passert 6 grader, i 2021 tok det 18 dager.

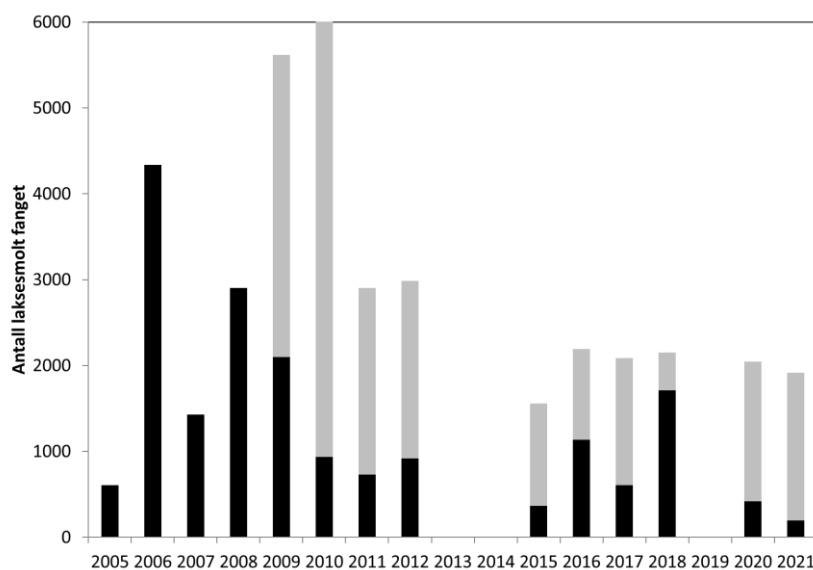
Smolt fanget ved Fosstveit ble transportert i kar til elvemunningen der de ble satt over i slepebur. Smolt som ble fanget i smoltskruen ved elvemunningen ble satt direkte over i slepeburet. Buret ble slept etter motorbåt gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før buret ble åpnet i Sandnesfjorden. Smolten ble sluppet i saltvann over 10 psu. Det ble gjennomført 3 slep med til sammen 1485 laksesmolt i tillegg ble 394 smolt transportert med bil og sluppet i lagstrømmen (**Tabell 1**). Høy utvandring i løpet av få dager førte til at vi måtte transportere noe fisk med bil for å unngå at mye smolt ble stående å «vente» på transport. Mye vind gjorde slep vanskelig på ettermiddagen 04.05 og disse ble transportert med bil morgenen etter.



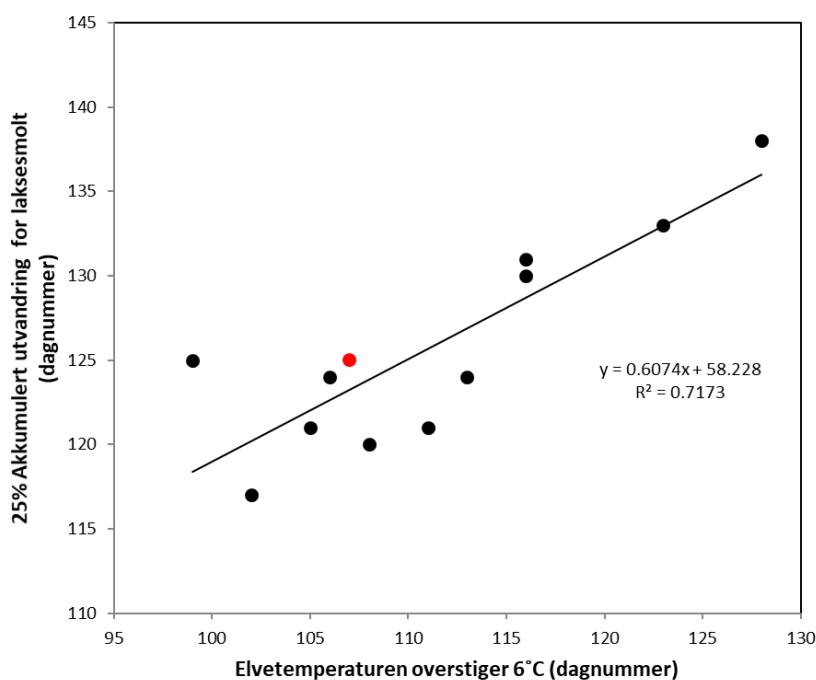
Figur 4. Antall laksesmolt (grå søyler) fanget ved Fosstveit og Strømmen, med vannføring (mørk blå) og elvetemperatur (lys blå) i Storelva våren 2021.



Figur 5. Akkumulert smoltutvandring ved Fosstveit (blå) og elvemunningen (grønn).



Figur 6. 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).



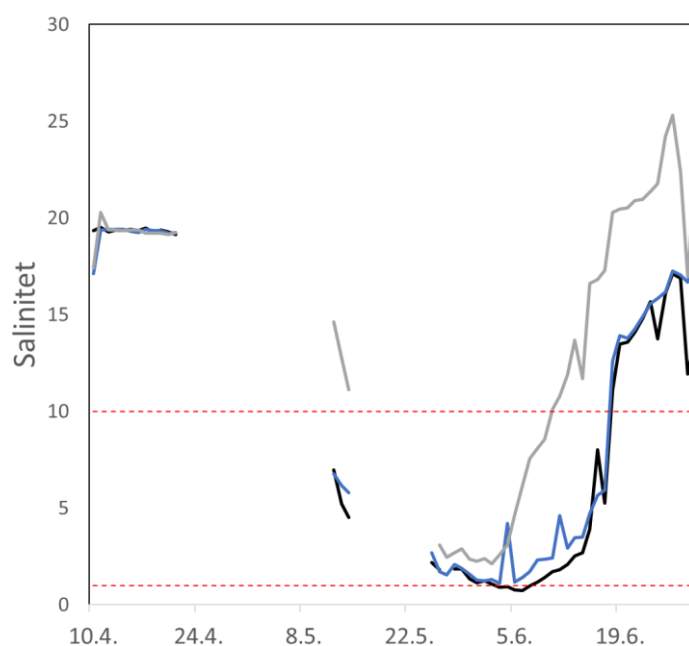
Figur 7. Sammenhengen mellom elvetemperatur (dagnummer der elvetemperaturen passerer 6 grader) og utvandringstidspunkt for laksesmolt (25 % akkumulert utvandring) 2006-2010, 2012, 2015-2018, 2020-2021 (datapunktet for 2021 er illustrert med rødt).

Tabell 1. Antall smolt slept eller kjørt med bil ut fjorden for ulike datoer gjennom smoltutvandringsperioden i 2021. 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 over 10 psu.

Slipp dato	Antall laksesmolt (n)	Transportert
30.04	535	Slep
01.05	237	Bil til Lagstrømmen
05.05	157	Bil til Lagstrømmen
07.05	865	Slep
20.05	85	Slep
Sum	1916	

4.2 Salinitet i fjorden

Saliniteten i Nævestadfjorden var høy i forkant og starten av smoltutvandringsperioden (**Figur 8**). Vi vil ikke forvente akkumulering av aluminium på gjeller til laksesmolt som eventuelt vandret ut før fella var på plass. Økt vannføring og flom tidlig i mai førte til en lavere salinitet i fjorden. Det var dessverre problemer med logging av salinitet på vår målestasjon i denne perioden, men fra målingene i slutten av mai ser vi at saliniteten er svært lav og overflatevannet er antagelig dominert av ellevann fra Storelva. Vi må anta at saliniteten i fjordområdene utenfor Storelva var på et nivå der en vil forvente negativ påvirkning på utvandrende smolt. Feltnålinger under slep viser at en måtte gjennom Lagstrømmen for å oppnå salinitet over 10. Vi vil derfor ikke forvente belastning på slept fisk som ble sluppet like utenfor Lagstrømmen.



Figur 8. Kontinuerlig måling (dag middel) av salinitet på tre dyp i Nævestadfjorden gjennom smoltutvandringsperioden (1m svart, 2.5 m blå og 4 m grå). Stiplede røde linjer indikerer områder (mellom 1 og 10) der aluminium er på tilstandsformen der en forventer belastning på utvandrende smolt.

5 Diskusjon

Lav vannføring før smoltutvandringen 2021 førte til at saliniteten i fjordområdene utenfor Storelva var høy, og over det nivået en vil forvente at tilstandsformen til aluminium vil være akkumulert på fiskegjelle. Det inntraff imidlertid en liten flom i Storelva under den siste delen av smoltutvandringsperioden. Dette førte til at saliniteten sank som følge av økt tilførsel av ellevann til Songevann og Nævestadfjorden. Vi må anta at disse fjordområdene hadde en salinitet der aluminium var akkumulert på smoltens gjeller i store deler av perioden der smolten ville ha vandret ut. 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 (Kroglund et al 2003, 2007, 2014). Det ble derfor gjennomført tre slep og to biltransporter med tilsammen 1916 ville laksesmolt fanget i Storelva. Vi vil forvente økt sjøoverlevelse for smoltgangen 2021 som følge av transporten 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 ellevannet med silikat vil være betydelig dyrere.

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 til rett tid.

Utvandringsforløpet til smolten våren 2021 var gjennomsnittlig sammenliknet med de tidligere femten årene. Årets utvandring skjedde både under svært lave og høye vannføringer. Svært lav vannføring førte til at Fosstveit kraftverk måtte stoppe produksjonen og Wolf-fella fikk lavere fangsteffektivitet. Dette observerte vi også i 2020 (Haraldstad et al. 2020). Høy vannføring førte til korte perioder med fangststopp og lavere fangsteffektivitet på smoltskruen i elvemunningen. Under slike forhold er det bedre å sette fella ut av drift en å risikere at utstyr går tapt eller at smolt som blir fanget får skader. Antall laksesmolt fanget de siste årene ser ut til å stabilisere seg på rundt 2000 individer.

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*.
- Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Haugen, T. O., & Forseth, T. (2018). Common mechanisms for guidance efficiency of descending Atlantic salmon smolts in small and large hydroelectric power plants. *River Research and Applications*, 34(9), 1179-1185.
- Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Olsen, E. M., Hawley, K. L., & Haugen, T. O. (2020). Anthropogenic and natural size-related selection act in concert during brown trout (*Salmo trutta*) smolt river descent. *Hydrobiologia*, 1-14.
- Jonsson, B., & Jonsson, N. (2021). Continuous outmigration and sequential encountering of environmental cues are important for successful homing of hatchery-reared, anadromous brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology*, 98(5), 1481-1484.
- 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 oppvandrede 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., 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

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no