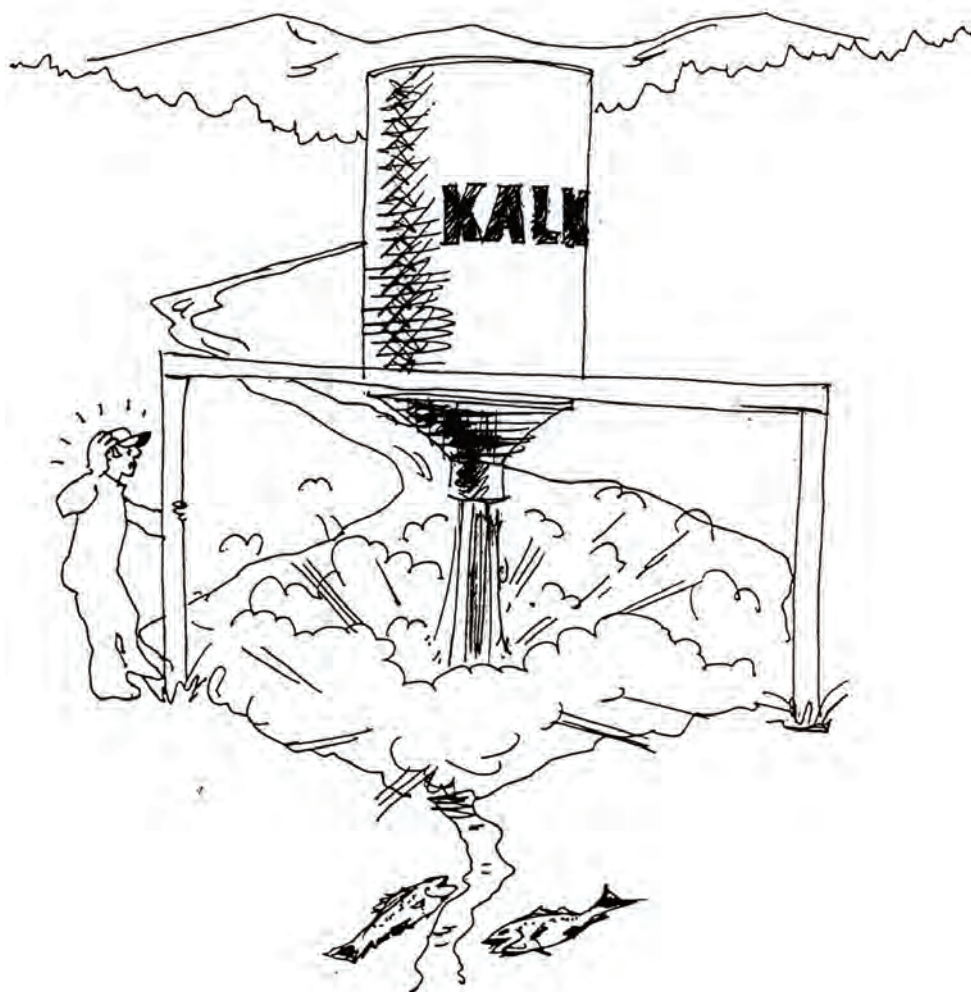


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2015



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

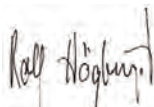
Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2015	Løpnummer 7080-2016	Dato 07.09.2016
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri
	Geografisk område Aust-Agder	Utgitt av NIVA

Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget	Oppdragsreferanse
Oppdragsgivers utgivelse:	Heftenr.:

Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Tovdalselva gjennomføres for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i 2015, samt forslag til forbedringstiltak. Driften på Bås doseringsanlegg var meget god. Dosene ble hyppig justert for å kunne tilfredsstillende pH-målet i Herefossfjorden (pH 6,0), likevel ble det unødig høy pH i fjorden om sommeren. For bedre kontroll over pH-nivået anbefales hydrologisk kartlegging/modellering for å avdekke størrelsen av tidsfaktoren mellom dosering og effekt ved utløpet av Herefossfjorden. Skåre doseringsanlegg ble kondemnert og erstattet med et anlegg som tidligere ble benyttet i Mandalsvassdraget. Lite driftsdata er tilgjengelig fra oppstartsperioden, men foreløpig erfaring er at anlegget leverer tilfredsstillende doser, selv ved høye vannføringer. Det var meget tilfredsstillende effekt av doseringen fra anlegget på Søre Herefoss. pH-målene ble oppnådd nærmest kontinuerlig. Presmolt utsettes for moderate konsentrasjoner av lal vinterstid. Bør vannkvalitetskravene vinter og tidlig vår utredes nærmere, og bør dagens tidsrammer for økte pH-mål endres?

Fire emneord	Four keywords
1. Vassdrag	1. River system
2. Kalkdosering	2. Lime dosing
3. Overvåking	3. Monitoring
4. Måleteknikk	4. Measuring technique



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Tovdalsvassdraget
År 2015**

Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte ikke produserer riktig kalkdose til vassdraget. Anleggene er kostnadskrevende både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk og miljømessig forsvarlig resultat at driften er så optimal som mulig. Ideelt innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig.

NIVA har utviklet et enkelt system for effektiv kontroll av driften av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensortechnologi og effektiv informasjonsflyt.

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell i kalkingsprosjektet, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget etablert. Første rammeavtale for driftskontrollen ble kontraktsfestet i mai 1999. Gjeldende rammeavtale av 26. januar 2010 inkluderer også ansvaret for pH-målingsutstyr som prosessverktøy ved kalkdoseringsanleggene. Denne kontrakten avtalefester dokumentasjon ved en kortfattet avviksrapport fra NIVA hvert år.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA som i 2015 besto av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget. Jarle Håvardstun har utarbeidet kartet som viser stasjonsplasseringer og stedsnavn.

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget (Tovdalskalk), bestående av alle involverte kommuner i Tovdalsvassdraget. Prosjektet er støttet av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Aust-Agder.

Grimstad, 07.09. 2016

Rolf Høgberget

Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Tovdalselva gjennomføres for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden (1. januar -31. desember 2015), vurderinger omkring effekten og forslag til tiltak for optimalisering av kalkingen.

Bås

- Driften på anlegget var meget god.
- Det var varierende samsvar mellom langtidsdoser og styringsdoser, særlig ved lav dosering. Det er tidligere påpekt behov for utredning/utbedringer for å kalibrere verdiene.
- Dosene ble hyppig justert for å oppnå pH-målet i Herefossfjorden (pH 6,0). Tidligere avslutning av doseringen på forsommeren kan motvirke høy pH i Herefossfjorden om sommeren.
- Hydrologisk kartlegging/modellering bør gjennomføres for å avdekke tiden fra dosering til effekt ved utløpet av Herefossfjorden ved ulike scenarier.

Skåre

- En ny doserer ble flyttet fra Kosåna i Mandalsvassdraget til Skåre i august. Driftsdata finnes fra sent i november.
- Reell dose fra anlegget varierte fra 3,5 til 5,5 g/m³. Dette er mer enn det gamle anlegget kunne dosere ved normale vannføringer.
- NIVAs driftskontroll-logger bør monteres på anlegget for enklere bearbeiding av data.
- Det nye anlegget kan dosere høyere doser ved økt vannføring enn det som var mulig ved det gamle anlegget.

Søre Herefoss

- Vannstanden registreres feil ved meget høye og meget lave vannføringer.
- Det var tidvis problemer med vandring i avleste pH-data både oppstrøms og nedstrøms anlegget og overføring av pH-nedstrømssignaler til doseringsanlegget. Nytt pH-målingssystem nedstrøms anlegget ble montert og satt i drift som prosess-signal etter sommeren. Dette ble ikke levert av NIVA, som derfor ikke har ansvar for dette systemet. Imidlertid er alle pH-data i denne rapporten fra NIVA sin parallell-måler som var operativ ut året og logget dataene lokalt på pH-stasjonen.
- Effekten av kalkingen var meget god.
- Presmolt utsettes for moderate konsentrasjoner av labilt aluminium vinterstid. Det etterlyses bedre viten om hvor stor påvirkningen suboptimal vannkvalitet om vinteren gir den naturlige fisken i elva som skal smoltifisere, og hvor lang tid det tar før eventuell effekt er helt ute av fiskekroppen.
- For bedre informasjon om endring av datoer for nye pH-mål foreslås etablering av en tabell på Fylkesmannens nettsider som oppgraderes når endringer blir besluttet..

Summary

Title: Operation Report from lime doser in Tovdal River, S Norway. Non-conformance report 2015.

Year: 2016

Author: Rolf Høgberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6815-7

NIVA has developed methods permitting an efficient control of lime dosers in streams. The control involves simple sensor technology and an efficient information flow. This system is used to improve on and ensure a cost efficient liming. The information generated is an aid to operators, water managers and is extensively used for quality control issues.

This report summarizes discrepancies detected during 2015.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	7
1.1 Ord og uttrykk i rapporten:	8
2 Driften på anleggene	10
2.1 Bås	10
2.1.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata.....	10
2.1.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen.....	10
2.2 Skåre	12
2.2.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata.....	12
2.2.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen.....	12
2.3 Søre Herefoss	13
2.3.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata.....	13
2.3.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen.....	14
3 Vurderinger og forslag til tiltak	17
3.1 Bås	17
3.2 Skåre	17
3.3 Søre Herefoss	17
4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter	20

1 Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Systemet er basert på registrering av kalkforbruk som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets beholdningstank (kalksilo) samt vannføring ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Høgberget og Hindar (1998). Bakgrunnen for utviklingen av dette systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige og til dels utilfredsstillende driftsresultater på de forskjellige kalkdoseringsanleggene.

Kalkdoseringsanleggene styrer i hovedsak doseringen etter to forskjellige prinsipper:

Vannføringsstyring: Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal avsyres og ønsket vannkvalitet fra en kalk-pH-titreringskurve. Doseringen er proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne dose målet med den faktiske dosen gitt av driftskontrollen, får man et mål på effektiviteten til anlegget.

pH-styring: pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget er koblet til doseringen av kalk slik at disse overstyrer signalene fra vannføringsstyringen. Ved å sammenligne det fastsatte pH-målet for den aktuelle strekningen i elva med de faktisk målte pH-verdiene vises effektiviteten til anlegget.

Kalkdoseringen er avhengig av riktige pH-verdier. Kvaliteten av målingene sikres gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-lauget) og jevnlig oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Boen kvalitetssikres av NIVA før årlig publisering i DN-notatet «Kalking i laksevassdrag».

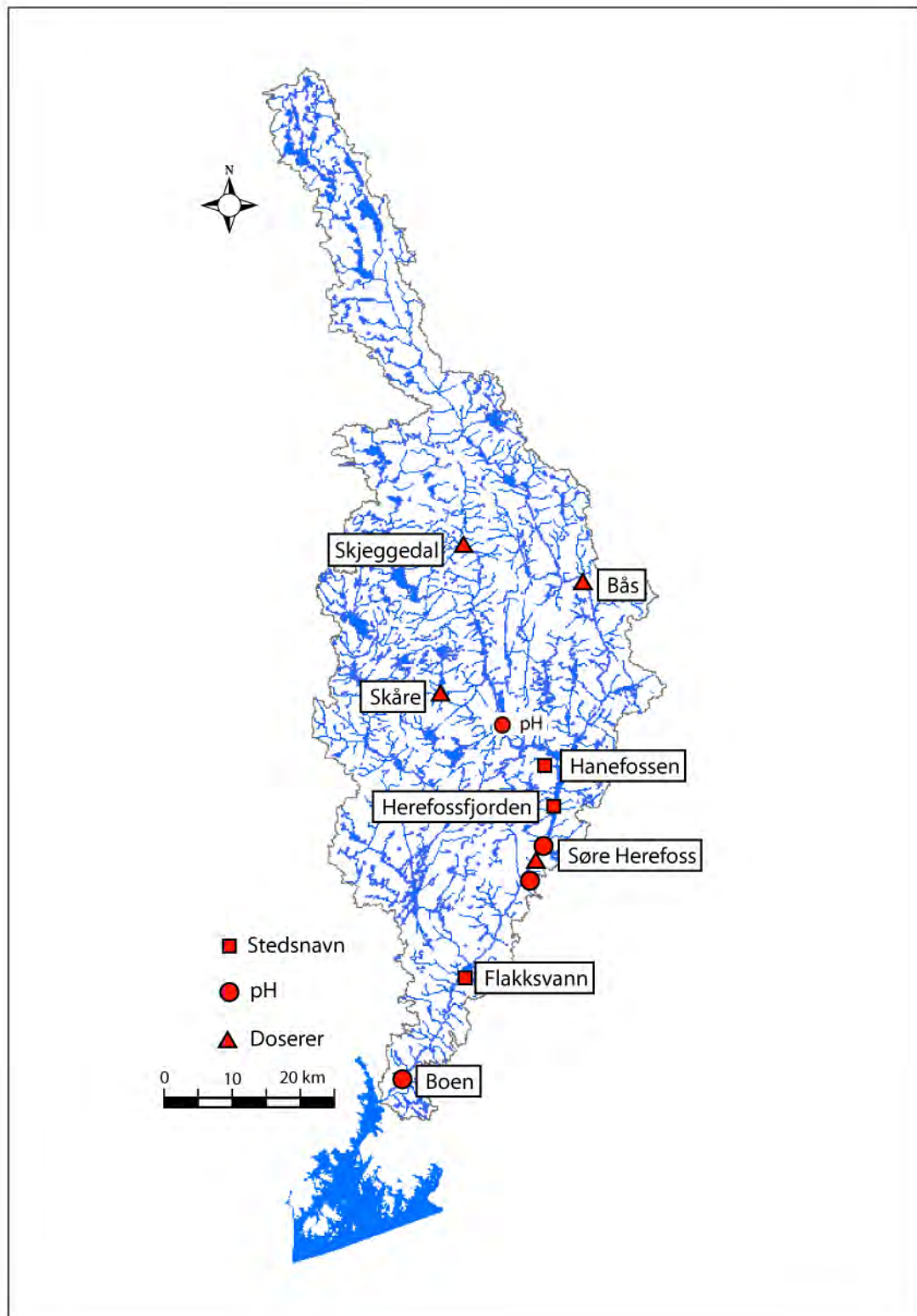
I Tovdalsvassdraget er det montert driftskontroll på fire store kalkdoseringsanlegg; Bås, Skjeggedal, Skåre og Søre Herefoss (**Figur 1**). Anleggene på Bås, Skjeggedal og Skåre er vannføringsstyrte anlegg. Anlegget på Søre Herefoss er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. På grunn av manglende vannstands- og beholdningssignal på Skjeggedal, er denne for tiden ute av funksjon. Skåre doseringsanlegg ble ombygd i 2015, og var derfor uten driftskontroll.

Det er tidligere utgitt en rekke driftskontrollrapporter for Tovdalsvassdraget. Disse er gjengitt i referanselista. Denne rapporten omhandler perioden 1. januar til 31. desember 2015.

1.1 Ord og uttrykk i rapporten

Det forekommer en del ord og uttrykk i rapporten som kan være vanskelig å forstå betydningen av. For å lette leserens forståelse av innholdet presenteres her en liste med ord og uttrykk som vanligvis benyttes i rapporteringen:

Ord/uttrykk	Forklaring
Dosering	Brukes om generell tilsetning av kalk, men den egentlige betydningen er tilsetning av kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest g/s, dosering per sekund.
Dose	Dosering av kalk per volum vann. Den vanligste enheten er g/m ³ , gram kalksteinsmel per m ³ vann i elva.
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m ³ /s). Dette er den dosen som anlegget "tror" den gir til elva. Enheten blir g/m ³ .
Driftskontroll-dose	Den kalkdosen som er beregnet levert til elva på grunnlag av kalkvektsreduksjon i beholdningstank/kalksilo per tidsenhet dividert på akkumulert vannmengde forbi doseringsanlegget i samme tidsrom.
Timesdose	Den driftskontroll-dosen som er levert i løpet av en time. Verdien er gjennomsnittet av aktuelle timesdoser til elva. For eksempel vil en vektreduksjon på 0,9 tonn i løpet av en time gi en timesdose på 5 g/m ³ ved vannføring 50 m ³ /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m ³).
Langtidsdose	Den gjennomsnittlige driftskontroll-dosen som er levert til elva siden siste påfylling av kalk i beholdningstank/kalksilo. På kurvene som vises i rapporten kan det være store utslag. Dette oppstår i forbindelse med begynnende utregning fra ny beholdning. Årsaken er stor unøyaktighet i veieutstyret. Derfor settes en begrensning i når regneverket får lov å begynne med doseberegninger. I denne tiden vises siste gjeldende verdi som en horisontal strek.
pH-mål	Den til enhver tid gjeldende verdi for hvor høy man ønsker at pH skal være i elva. Verdien blir ofte fastsatt av Fylkesmannen i samarbeid med kalkingsstiftelsen for vedkommende kalkingsprosjekt.
pH-krav	Det pH-kravet som blir satt i styringsautomatikken ved et pH-styrt doseringsanlegg med pH-nedstrøms styringssignal. pH-kravet er ofte høyere enn pH-målet for elveavsnittet.
PLS	"Programmerbar logisk styring". Forkortelsen er ofte benyttet som betegnelse på styringsautomatikken på kalkdoseringsanlegg.
UPS	"Uninterruptible power supply". Forkortelse på ekstra energikilde (strømkilde) som benyttes når nettspenningen uteblir.
Kyvette/målekyvette	Beholder som pH-elektroder og temperaturmåler er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetten for å få riktige pH- og temperaturmålinger.
Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i meterriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i «fast fjell» eller i forhold til m.o.h. (meter over havet).
Beholdning	Lageret av kalk eller annet avsyringsmiddel på kalkdoseringsanlegget.
Prosesskalibrering	Sette en kjent pH-verdi som avlesingsverdi i et pH-meter. Det har da alltid vært gjennomført en tidligere 2 pkt. kalibrering på meteret (kalibrering mot bufferne pH 4 og 7)



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Tordalselva med aktuelle stedsnavn (kvadrater), pH-målestasjoner (sirkler) og kalkdoseringsanlegg (triangler). Ønsket automatisk pH-stasjon er merket «pH» på kartet.

2 Driften på anleggene

2.1 Bås

Bås kalkdoseringsanlegget står for 2/5 av all kalktilsetning i Tovdalsvassdraget. Det er derfor avgjørende at anlegget fungerer tilfredsstillende slik at man får en optimal effekt av kalkingstiltakene i vassdraget. Kalkdoseringsanlegget er fullautomatisert, og kalkdoseringen reguleres etter variasjonen i vannføringen. Beregnet teoretisk dose som anlegget skal gi er 4,7 g kalksteinsmel/m³.

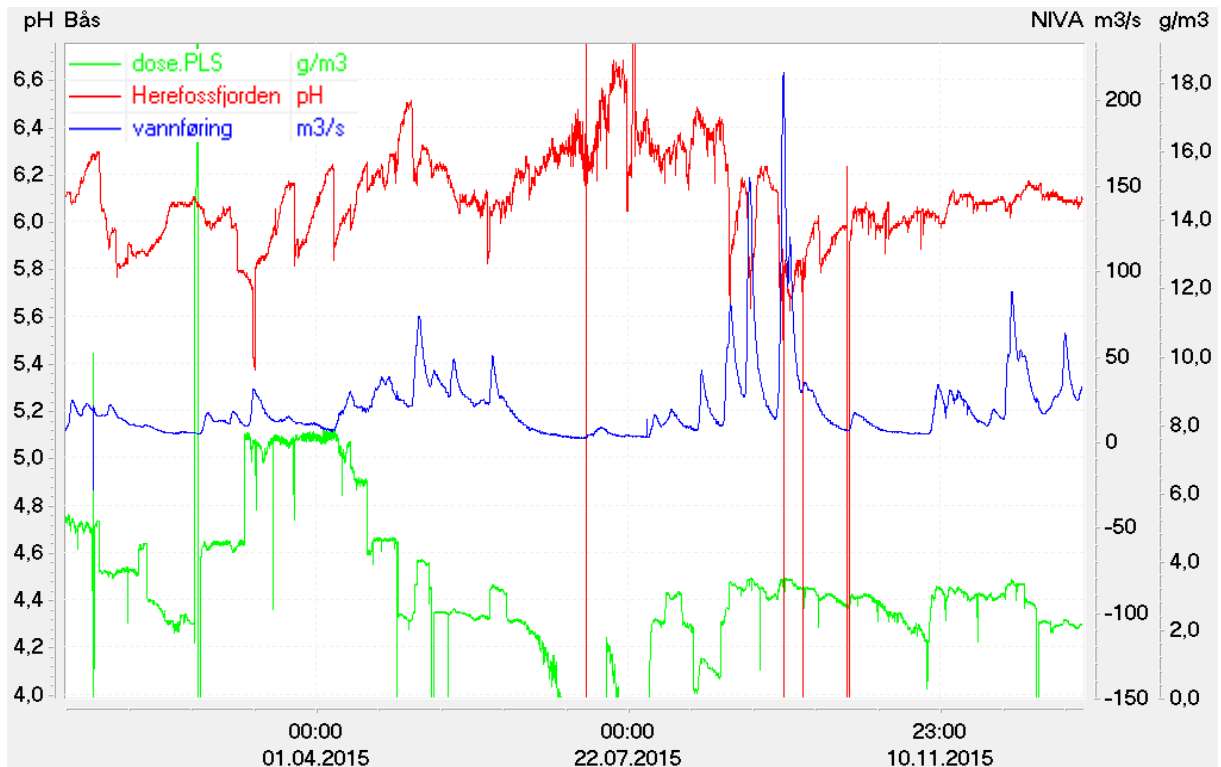
2.1.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata

Signaler for vannstand, vekt og dosering ble registrert nesten kontinuerlig gjennom hele 2015. Kun ett tilfelle med bortfall lenger enn 8 timer ble registrert. Det var 9 timer den 10. januar.

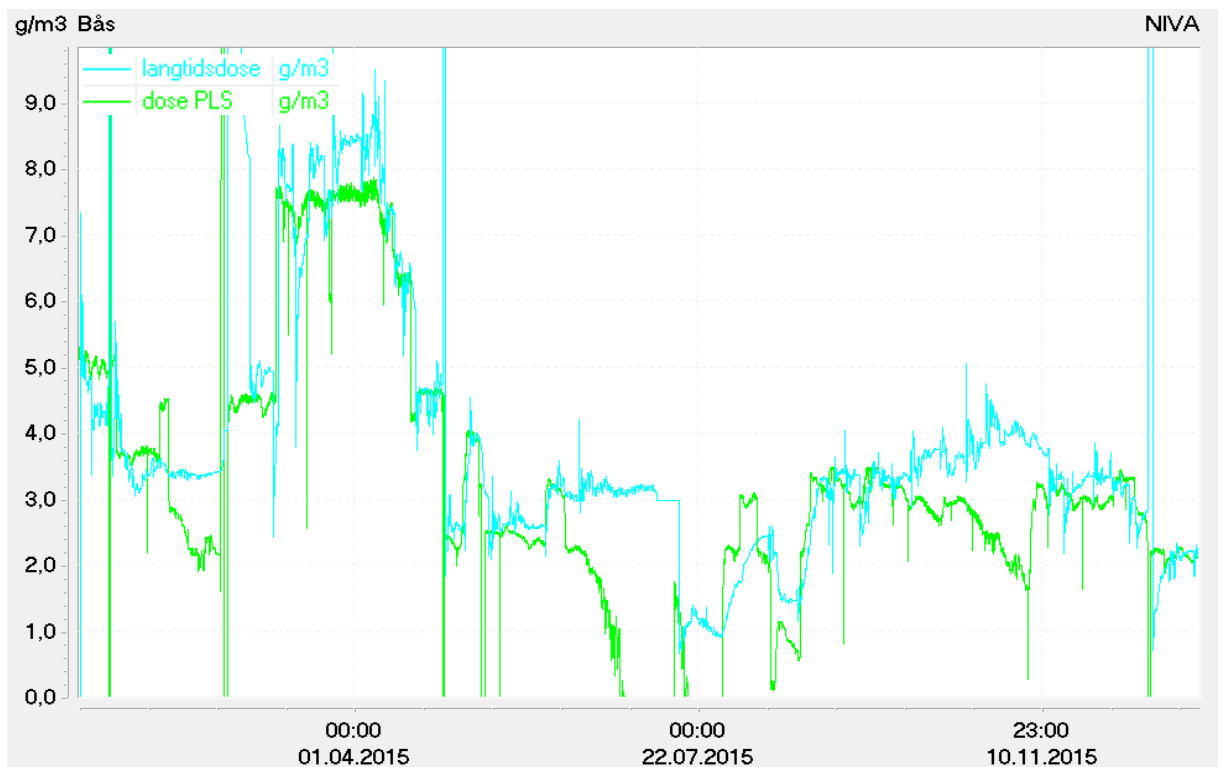
2.1.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

Det var kun to tilfeller der doseringen stoppet opp i mer enn 8 timer. Det var 23 timer 12. mai og 19 timer 15. desember. Driftssikkerheten på anlegget var derfor meget god.

Dosene fra anlegget var ca. 5 g/m³ i januar. Disse ble redusert gjennom tre reguleringer til 2 g/m³ midt i februar. Dosene ble da først justert til ca. 4,5 g/m³, senere til 7 g/m³. pH i Herefossfjorden var i denne perioden for lav i forhold pH-målet (pH 6,0). Midt i april begynte pH å stige i fjorden. Da ble dosene redusert, først til ca. 6,3 g/m³, senere til 4,7 og 2,5 g/m³ i begynnelsen av mai. Dosene ble hovedsakelig opprettholdt på dette nivået til tredje uke i juni, da dosene gradvis ble redusert til null grunnet høy pH i fjorden og ingen behov for dosering. Anlegget ble derfor stoppet i to korte perioder i juli (8. - 14. juli og 20. - 29. jul). I august begynte vannføringen i Tovdalsevna å stige som følge av mye regnvær. Da ble doseringen igjen startet med doser som varierte mellom 0,5 - 3 g/m³. pH var da fortsatt høy i Herefossfjorden, men ble gradvis redusert til ca. 5,7 i tre omganger med flommer fra 27. august til 18. september. Utover høsten varierte dosene fra 2 til 3,5 g/m³. pH i Herefossfjorden steg igjen og passerte pH 6,0 ca. 10. oktober i en tid da det var lite nedbør og lav vannføring i Tovdalselva. Forløpet er vist i **Figur 2**. Det var varierende samsvar mellom dosene som styringssignal og driftskontroldosene. Dosene var høyere ved lav dosering enn styringssignalet viste, særlig under lavvannsperioden i oktober og begynnelsen av november (**Figur 3**).



Figur 2. Vannføring, styringsdoser (PLS-doser) og pH i Herefossfjorden gjennom hele 2015.



Figur 3. Styringsdoser (PLS dose) og driftskontroll-doser (langtidsdose) fra Bås doseringsanlegg i 2015. Det var varierende samsvar mellom de to metodene å måle tilførte doser på. Særlig ved lave doser ble det avvik.

2.2 Skåre

Skåre kalkdoseringsanlegg er et vannføringsstyrt anlegg. Hensikten med anlegget er å avsyre bidraget fra Hovlandsåna til Uldalsgreina. Doseringen fra anlegget ble først bestemt til 2,6 g/m³. Dette er identisk med teoretisk doseringskrav. Imidlertid ble kravet satt opp til 3,9 g/m³ høsten 2005. Ytterligere økning av dosen var også ønskelig. Imidlertid var anlegget dårlig dimensjonert for dosering over 110 g/s (9,5 tonn/døgn). Da anlegget ble utslitt og kondemnert, ble det erstattet med et anlegg for dosering opp til 266 g/s (sommeren 2015).

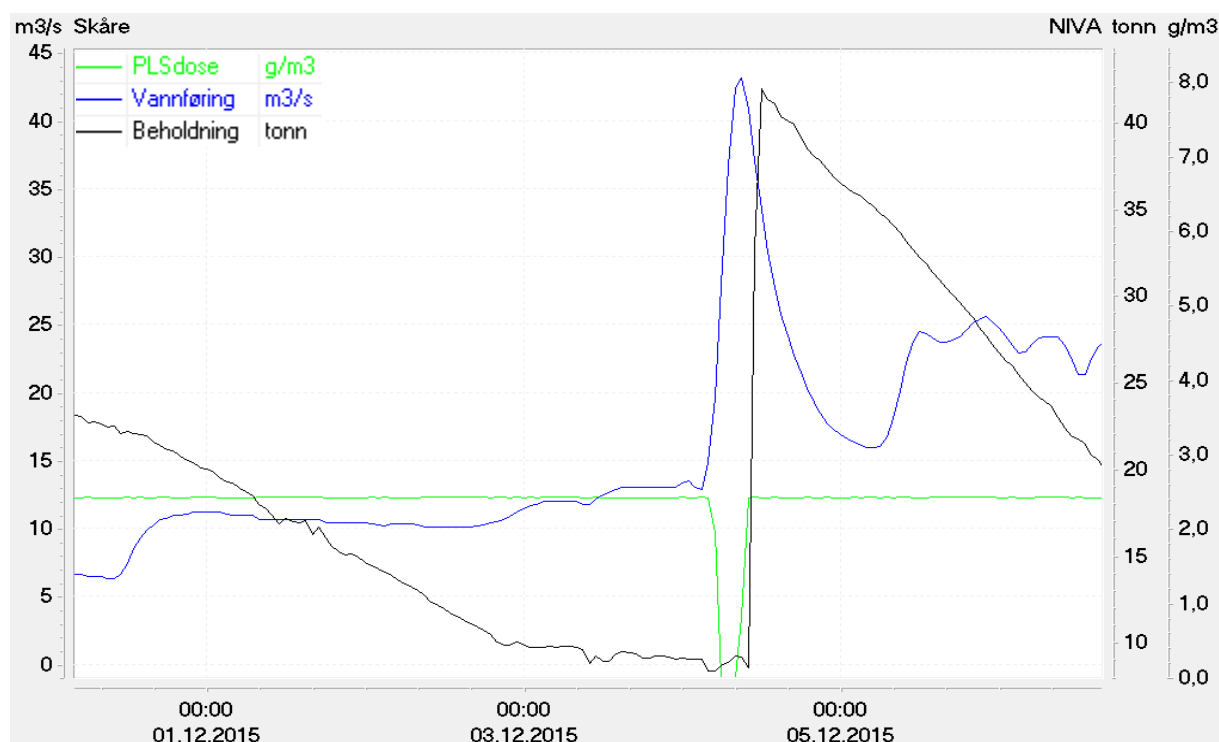
2.2.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata

Driftskontrollen ble avsluttet på det gamle anlegget i 2014 fordi signaler for kalkbeholdning manglet (Høgberget 2015) og reparasjon ble ikke bekostet på anlegget da det skulle utrangeres. Det nye anlegget er en doserer som tidligere har stått i et sidevassdrag til Mandalselva (Kosåna). Det ble montert i august og data fra driften foreligger fra sent november. Dette er MikaCom-data (Miljøkalk) som er manuelt bearbeidet og overført til Easy View (driftskontrollens grafikkverktøy). Driftsdata fra august til sent i november er ikke tilgjengelig (Miljøkalk v/Terje Lysnes pers. med.)

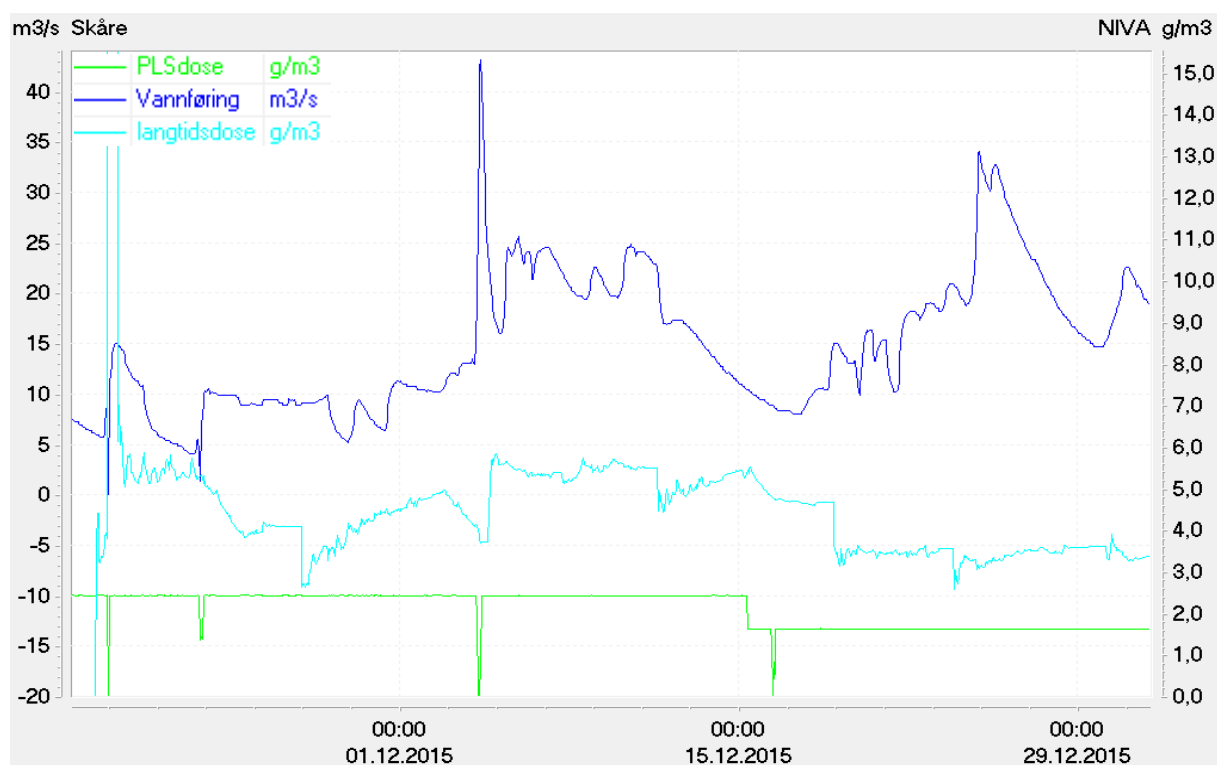
2.2.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

Av tilgjengelige data fremgår at det oppsto stans i doseringen tre ganger. Det var et døgn fra 23. november, 1,5 dager fra 2. desember og et døgn fra 15. desember. Driftsstansen 2. desember oppsto i forbindelse med en stor flom. Anlegget ble satt i gang igjen under flommen (**Figur 4**).

Styringsdosen ved anlegget var 2,4 g/m³. Den ble redusert 15. desember til 1,6 g/m³. Den reelle dosen var høyere, og varierte fra 5,5 g/m³ til 3,5 g/m³ (**Figur 5**).



Figur 4. Vannføring, beholdning og styringsdose (PLS-dose) under en flom i begynnelsen av desember. Anlegget sto stille da flommen kom, men ble satt i gang i «halen» av flommen.



Figur 5. Vannføring, styringsdoser (PLS-dose) og langtidsdoser på Skåre doseringsanlegg i den tiden det finnes dokumentasjon på driften i 2015. Doser på grunnlag av vekttap og vannføring var nesten dobbelt så høye som styringsdosene.

2.3 Søre Herefoss

Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg er et pH-styrt anlegg. Det vil si at anlegget styres etter vannføring og pH i vannet både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Kalkdoseringsanlegget kan således styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles 800 m nedenfor kalkdoseringsanlegget, der en målestasjon sender sine data kontinuerlig opp til anlegget.

pH-målet i lakseførende strekning av Tovdalselva var i utgangspunktet for 2015 satt til pH 6,0 fra 1. januar til 15. februar, pH 6,2 i perioden 15. februar til og med 31. mars, pH 6,4 i perioden 15. april til 15. juni og pH 6,0 resten av året. Imidlertid ble dato for start av høyeste pH-mål endret til 19. april i 2015 (melding fra Fylkesmannen i Aust-Agder til operatør på anlegget).

Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg styrer etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målet for hele den lakseførende strekningen. Dette kravet er vanligvis noe høyere enn pH-målet, for å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

Et mål på pH 6,0 er også satt for Herefossfjorden oppstrøms anlegget. Dette er gjort for å sikre seg mot katastrofal effekt på laks- og sjøaurebestanden i elva dersom det skulle oppstå langvarig svikt i doseringen fra anlegget. pH i utløpet av Herefossfjorden er gjengitt i **Figur 2**.

2.3.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata

Driftskontroll-loggeren samlet data kontinuerlig i hele perioden med unntak av et strømbrudd i oktober som førte til avbrudd i loggingen i ett døgn fra 8. oktober. Veiedata viste reelle verdier unntatt ca. en måned fra 31. januar da verdiene periodevis hoppet ca. 3 tonn. Det var også ulogiske verdier i forbindelse

med tømning av kalkbeholdningen i september for vedlikehold og bytting av veieceller (**Figur 6**). Vannstandsdataene er kontinuerlige unntatt ett døgn fra 15. september da vannstanden økte over målbart nivå under flom. For lave verdier ble da registrert. For lav vannstand ble også registrert om sommeren, da verdier helt ned mot 0,82 m (0,5 m³/s) ble logget.

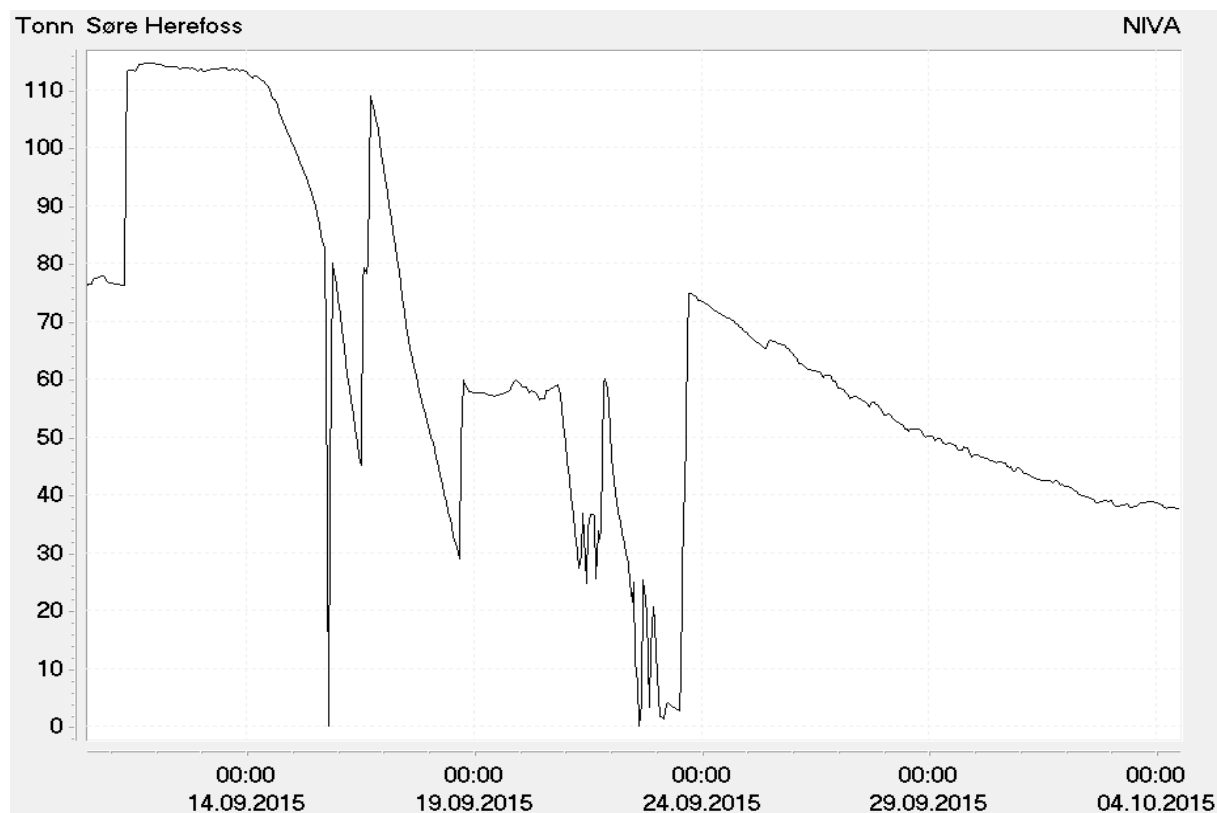
Logg for pH oppstrøms doseringen er komplett, med unntak av tidligere nevnte strøbrudd. Det var heller ikke stopp i gjennomstrømmingen i målekyvetta. pH-verdiene hadde en tendens til å øke mye etter hver kalibrering, særlig om våren (**Figur 7**).

Det mangler logg for pH nedstrøms doseringen i en periode på 12 uker fra 16. juni. Det var flere årsaker til dette: Svikt i radiosambandet, slik at pH-signalene ikke ble levert opp til doseringsanlegget og defekt måleutstyr på grunn av tordenvær. Problemet var da at signalutgangene på pH-meteret var defekt. Fra den tiden det finnes logg, var pH-responsen for lav ved økende doser i begynnelsen av mars (**Figur 8**). Dette kan tyde på utrangerte elektroder. Unormal økning av pH etter kalibrering var også et problem som førte til at operatøren måtte prosesskalibrere oftere enn normalt. Det ble foretatt et elektrodebytte 26. mai. Feil målinger ble registrert i ca. 3 dager etter dette elektrodebyttet før prosesskalibrering ble gjennomført.

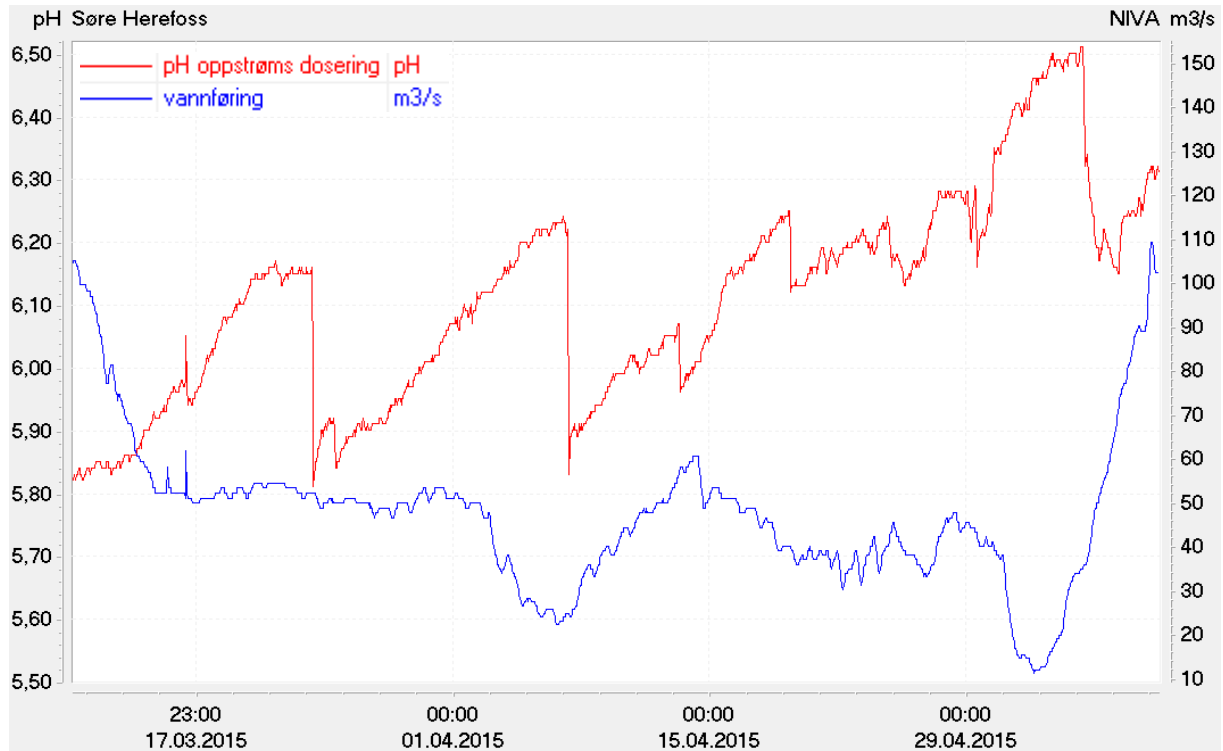
2.3.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

I forbindelse med service og vedlikehold på dosereren ble det dosert med fra 60 % til full dosering fra 15. til 22. september. Vannføringen var meget høy. Likevel ble det målt pH 6,9 både nedstrøms dosereren og på Boen (**Figur 9**).

pH i forhold til målet i lakseførende strekning av elva ble overholdt kun med marginale avvik i forbindelse med første økning av pH-målet 15. februar og rett før avslutning av høye pH-mål 15. juni. pH var i disse tilfellene aldri lavere enn 0,1 under målet (**Figur 10**). Effekten av kalkingen var derfor meget god.



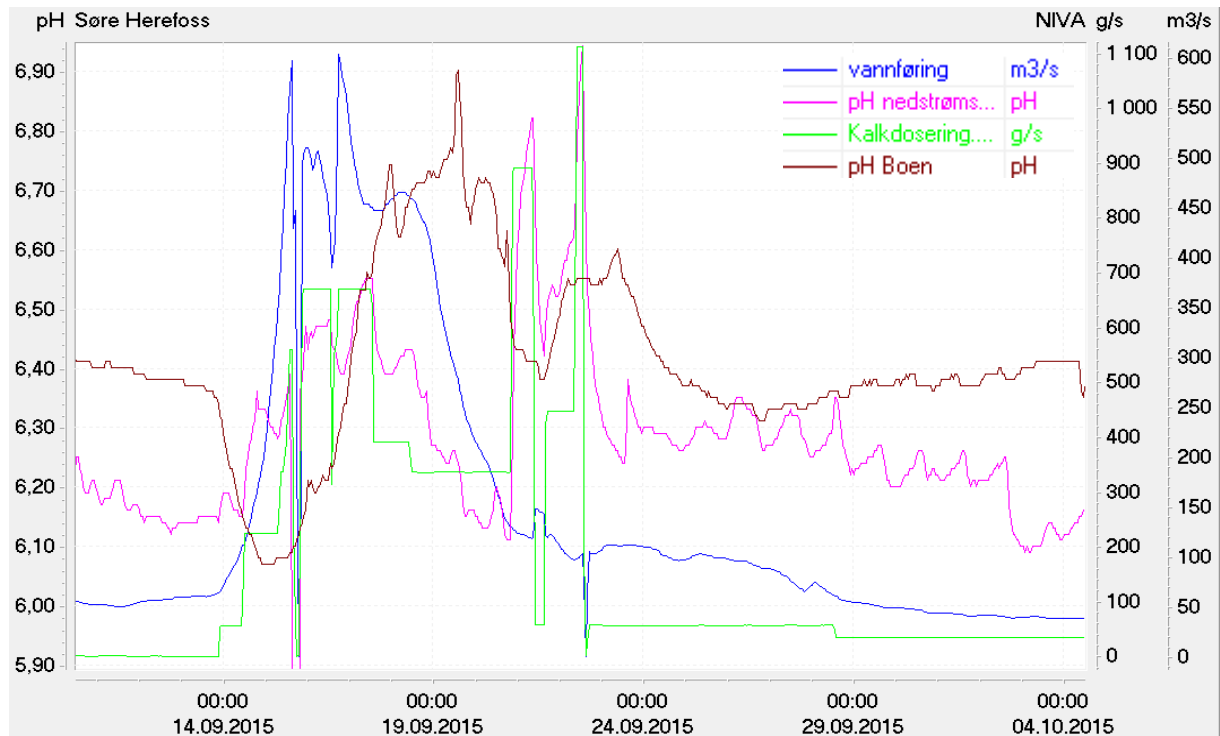
Figur 6. Veiedata fra Søre Herefoss doseringsanlegg i september. Nye veieceller ble montert.



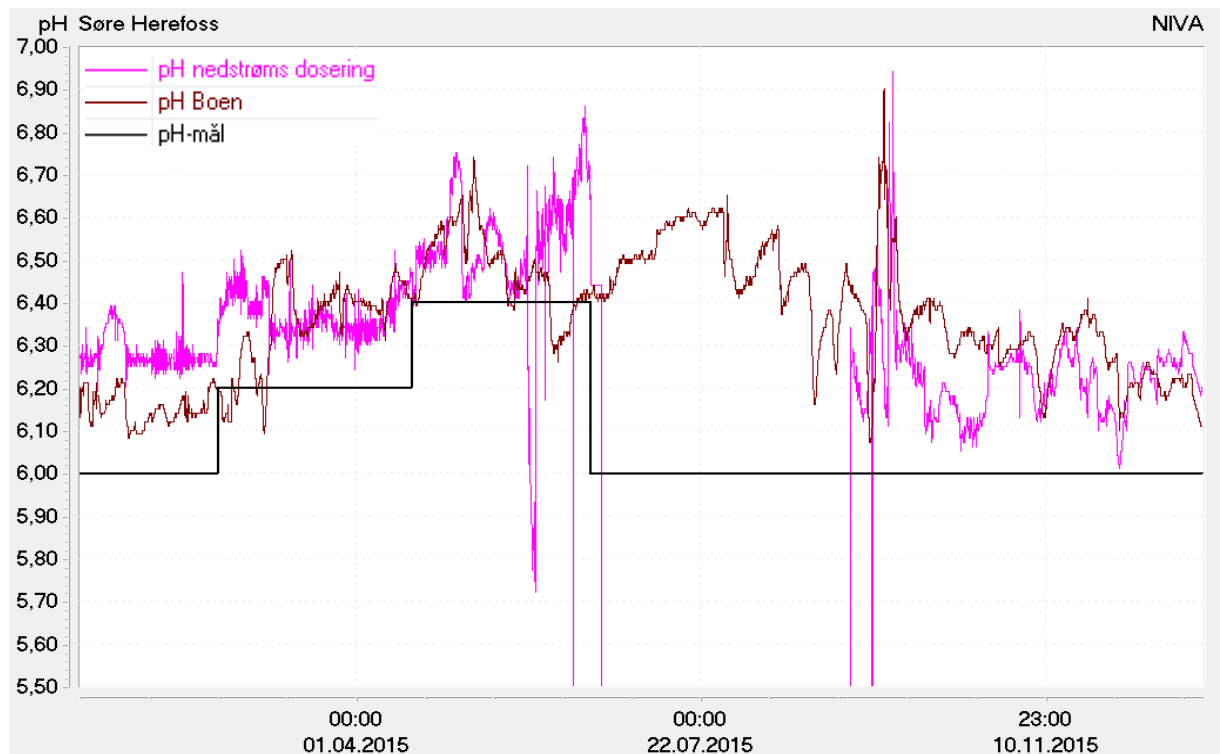
Figur 7. pH oppstrøms anlegget på Søre Herefoss og vannføringen i en periode der pH-meteret ikke viste stabile verdier, men økte sakte slik at kalibrering måtte foretas ofte. Stabil vannføring indikerer at reell pH var stabil.



Figur 8. Kalkdosene levert fra doseringsanlegget og pH nedstrøms anlegget. Det var ingen reaksjon i pH på dobling av kalkdosene.



Figur 9. Vannføring, dosering, pH nedstrøms anlegget og pH ved Boen i september 2015. Selv om det ble dosert ekstra mye på meget høy vannføring, økte pH i hele lakseførende strekning. Vannføringstall mellom de to spissene på 600 m³/s er ikke reelle.



Figur 10. pH i lakseførende strekning av Tofdalselva (nedstrøms dosering og ved Boen) gjennom hele 2015. Det var få avvik mellom pH i elva og pH-målet.

3 Vurderinger og forslag til tiltak

3.1 Bås

Anlegget doserte med meget god driftssikkerhet i 2015. Kalkøkonomien var også bedre enn i 2014, da det ble en lang periode med høy pH i Herefossfjorden, mye som følge av sen avslutning av høy dosering på våren (Høgberget 2015). Nedtrappingen av dosene syntes i 2015 å være godt timet i forhold til pH-målet for Herefossfjorden. Sommeravslutning av doseringen begynte rundt 15. juni. En avslutning ca. 14 dager tidligere ville muligens gitt enda bedre tilpasning mot pH-målet i fjorden.

Det er etter hvert blitt bedre forståelse for hvilken tid vannet bruker fra Bås-anlegget til Søre Herefoss. Det foreslås likevel en utredning på hvor lang tid dette tar ved forskjellige scenarier. Dette kan utføres ved hjelp av hydrologiske modeller der vannføring og andre variabler prosesseres for å produsere en tidstabell gjeldende for ulike vannføringsforhold.

3.2 Skåre

Anlegget som ble montert i august 2015 ser ut til å fungere uten for mange stopp, men driftsloggen fra anlegget i 2015 er svært begrenset. Likevel ble det dokumentert noen driftsstanser. Data fra MikaCom (Miljøkalk sin datalogger) var den eneste tilgjengelige dokumentasjon. Denne inneholdt en del kortvarige hull i datarekkene. Dataloggeren som NIVA benytter ble ikke montert etter at anlegget sto ferdig fordi det manglet galvaniske skiller på signalutgangene ved anlegget. Det er en fordel å benytte NIVAs logger, da dataene denne produserer er enklere å bearbeide før importering i vårt grafiske verktøy. Derfor bør en slik logger monteres på anlegget.

Selv om driftsdata ikke er registrert i mer enn ca. 1,5 måneder, tyder langtidsdosene på at dette anlegget kan dosere høyere doser ved økt vannføring enn det gamle anlegget.

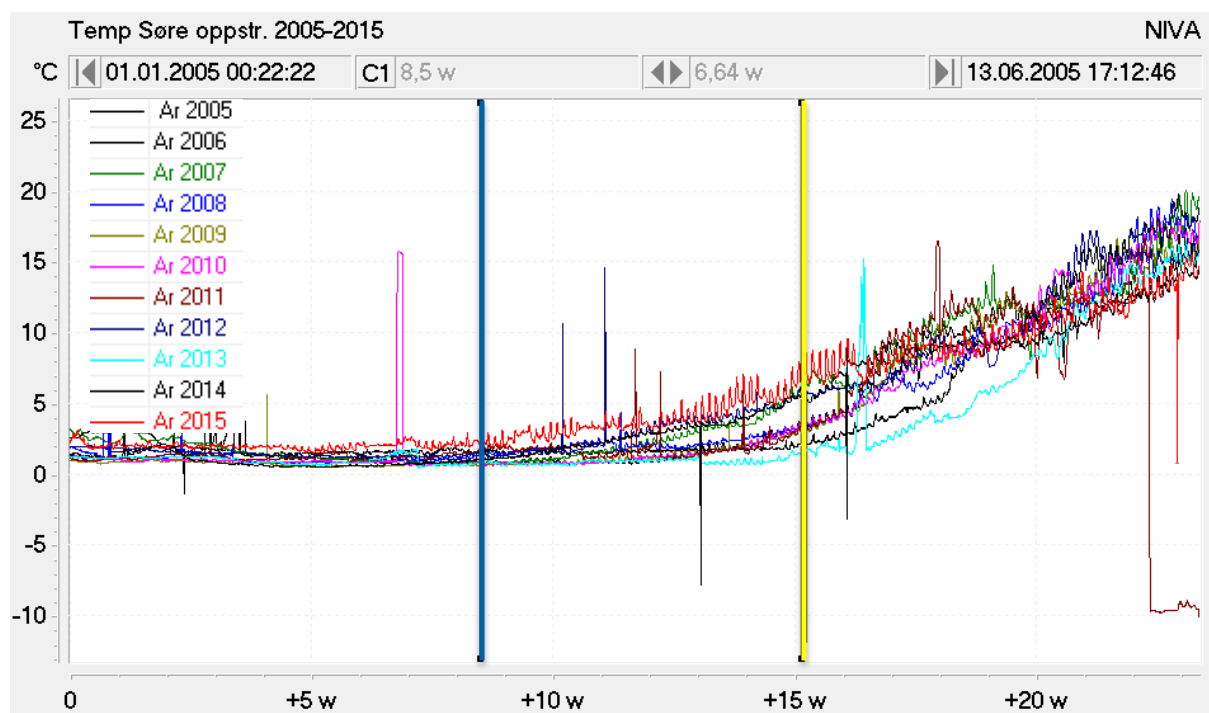
3.3 Søre Herefoss

I forbindelse med problemene omkring pH-målingene og overføring av dataene fra stasjonen nedstrøms anlegget monterte NIVA et alternativt målesystem for uttesting. Dette baserer seg på måling av pH med elektroden plassert ute i elva. Vannet behøver dermed ikke å pumpes opp i en målekyvette. Fordelen med dette systemet er at temperaturmålingene som er tilknyttet pH-meteret sannsynligvis blir mer korrekte. Ulempen er at det ukentlige vedlikeholdet av elektroden tar lenger tid, da man fysisk må heise opp måleriggen og demontere kapslingen rundt målehodet for rengjøring. Kvaliteten på pH-dataene fra testriggen var periodevis dårligere enn målingene fra det faste meteret. Derfor er disse dataene valgt som grunnlag for presentasjon i denne rapporten. Dette var mulig fordi det var montert en logger på pH-stasjonen som samlet dataene lokalt. Det ble også montert et nytt pH-meter levert fra Miljøkalk. Dette meteret benytter samme teknikk som vår testrigg. Målingene fra dette meteret ble høsten 2015 satt i funksjon som prosess-signal på anlegget. NIVA påtar seg ikke ansvar for driften av dette meteret.

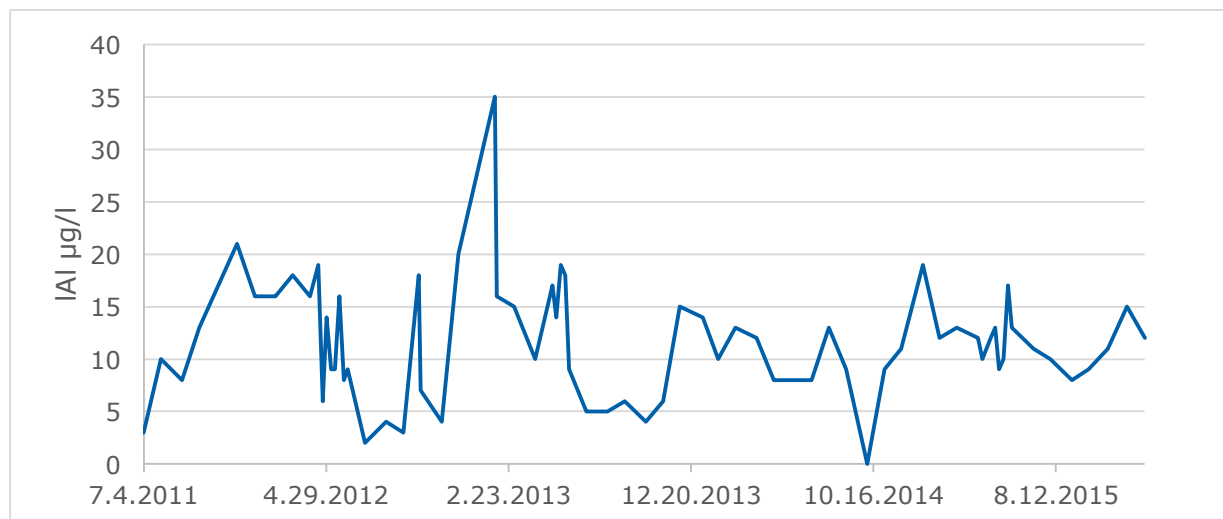
Temperaturen i Tovdalselva passerte 6 °C 17. april (**Figur 11**). Dette er nærmest identisk med 2014 (20. april). Utvandringstiden er i stor grad påvirket av temperaturen i elvevannet (Miljødirektoratet 2014). Haraldstad mfl. (2013) har vist at under smoltutvandringen i Tovdalselva passerer 50 % utvandret fisk ca. en måned etter passerte 6 °C, og at høye pH-mål (pH 6,4) bør gjelde fra datoen elvevannet passerer 6 °C. I 2015 passerte elvetemperaturen dette punktet 17. april. Høye pH-mål gjaldt fra 19. april. Teoretisk er dette nærmest ideelt tidspunkt. Temperaturøkningen senere på våren var imidlertid meget lav. Ved avslutning av perioden med pH-mål 6,4, var temperaturen på nivå med det laveste som er målt på 11 år. Utvandningsdata for smolt foreligger ikke for 2015, men temperaturdata kan tyde på sen avslutning av utvandringen.

Det bør imidlertid settes fokus på pH-målene og tidene for endring av disse. Forsøk har vist at smolt trenger god tid til å restituere etter påvirkning av moderat surt vann med noe forhøyet LAI-konentrasjon, og at fisken ikke er restituert selv etter 14 dager i god vannkvalitet (Kroglund mfl. 2012, Nilsen mfl. 2013). Det har vært et stort fokus på effekter av sure episoder, og langtidspåvirkningen dette gir på smolt som skal utvandre. I alle disse utredningene er «mer enn 14 dager» beskrevet som tidsrammen. Bedre viten om hvor lang tid smolt bør ha god vannkvalitet for å være fullstendig restituert er etterlyst (Kroglund mfl. 2010). Fisk som skal smoltifisere i Tovdalselva er utsatt for suboptimal vannkvalitet om vinteren med moderate konsentrasjoner av labilt aluminium (**Figur 12**). Vil forholdet for denne naturlige villfisken eksponert for denne vannkvaliteten være annerledes enn forsøkene som tidligere er gjennomført? I kalkingssammenheng er det god økonomi først når vi kan sette de rette pH-mål til rett tid. Det etterlyses derfor bedre viten omkring disse forholdene. Hvor lang tid i forveien for utvandringen må forhøyete pH-mål settes, og hvor høye må de være fra første stund? Et interessant forhold som gjentar seg hvert år gjennom alle våre registreringer, er at stabil vintertemperatur opprettholdes i alle fall til 1. mars i Tovdalselva (**Figur 11**). Forholder pre-smolt seg til dette, eller er forstadiene før smoltifisering uavhengige av dette forholdet?

Fylkesmannen har utarbeidet rutiner for når de forskjellige pH-mål skal iverksettes, jf. datoene som er gjengitt i kap. 2.3. Smolten utvandrer til ulike tider fra år til år. Dette kan medføre at de periodiske pH-målene også må endres. Fylkesmannen tar disse beslutningene og skal sende melding om dette til kalkingsoperatøren. Det er viktig at disse endringene også blir informert til NIVA slik at vi kan forholde oss til de nye målene når effekten av kalkingen skal evalueres. I tillegg foreslås etablering av en tabell på Fylkesmannens nettsider som oppgraderes ved endringer.



Figur 11. Vanntemperatur i utløpet av Herefossfjorden fra 11 år med registreringer. Blå vertikal linje viser slutt på termisk stabil vintersituasjon. Dette inntreffer rundt 1. mars hvert år. Gul linje viser når elva passerte 6 °C i 2015. Rød kurve viser sen temperaturøkning etter passerte 6 °C i 2015.



Figur 12. Konsentrasjonen av labilt aluminium ved utløpet av Tovdalselva (Boen) gjennom fem år. Moderate konsentrasjoner omkring 15 µg lAl/l var typiske tidlig vårsituasjoner.

4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter

Miljødirektoratet 2014. Smolt – en kunnskapsopsummering. Miljødirektoratet M136-2014.

Haraldstad, T. Kroglund, F. Güttrup, J. 2013. Utprøving av fangstfelle for laksesmolt i Tovdalselva. NIVA Rapport L.nr. 6586

Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA Rapport L.nr. 3824

Høgberget, R. 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. NIVA Rapport L.nr. 4276.

Høgberget, R. 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. NIVA Rapport L.nr. 4422.

Høgberget, R. 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA Rapport L.nr. 4511.

Høgberget, R. 2010. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2009. NIVA Rapport L.nr. 5956.

Høgberget, R. 2012. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2011. NIVA Rapport L.nr. 6369.

Høgberget, R. 2013. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2012. NIVA Rapport L.nr. 6527.

Høgberget, R. 2014. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2013. NIVA Rapport L.nr. 6694

Høgberget, R. 2015. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2014. NIVA Rapport L.nr. 6844.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2002. NIVA Rapport L.nr. 4750.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005a. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2003. NIVA Rapport L.nr. 4990.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005b. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2004. NIVA Rapport L.nr. 5051.

Høgberget, R. Håvardstun, J. og Tveiten, L. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2005. NIVA Rapport L.nr. 5235.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA Rapport L.nr. 5462.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA Rapport L.nr. 5601.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA Rapport L.nr. 5789.

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. Kristensen, T. 2012. Recovery of Atlantic salmon smolts following aluminum exposure defined by changes in blood physiology and seawater tolerance. *Aquaculture* 362–363, 232–240.

Kroglund, F. Finstad, B. Pettersen, K. Rosseland, B.O. Bjørn, P.A. Teien, H.C. Salbu, B. Nilsen, T. O. Stefansson, S. Ebbesson, L. Nilsen, R. og Kristensen, T. 2010. Forsuringsskader og helbredningstid for laksemolt. pH-status nr. 1/2010.

Nilsen, T.O. Ebbesson, L.O.E. Handeland, S. O. Kroglund, F. Finstad, B. Angotzi, A. R. Stefansson S. O. 2013. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts require more than two weeks to recover from acidic water and aluminium exposure. *Aquatic Toxicology* 142– 143, 33– 44.

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