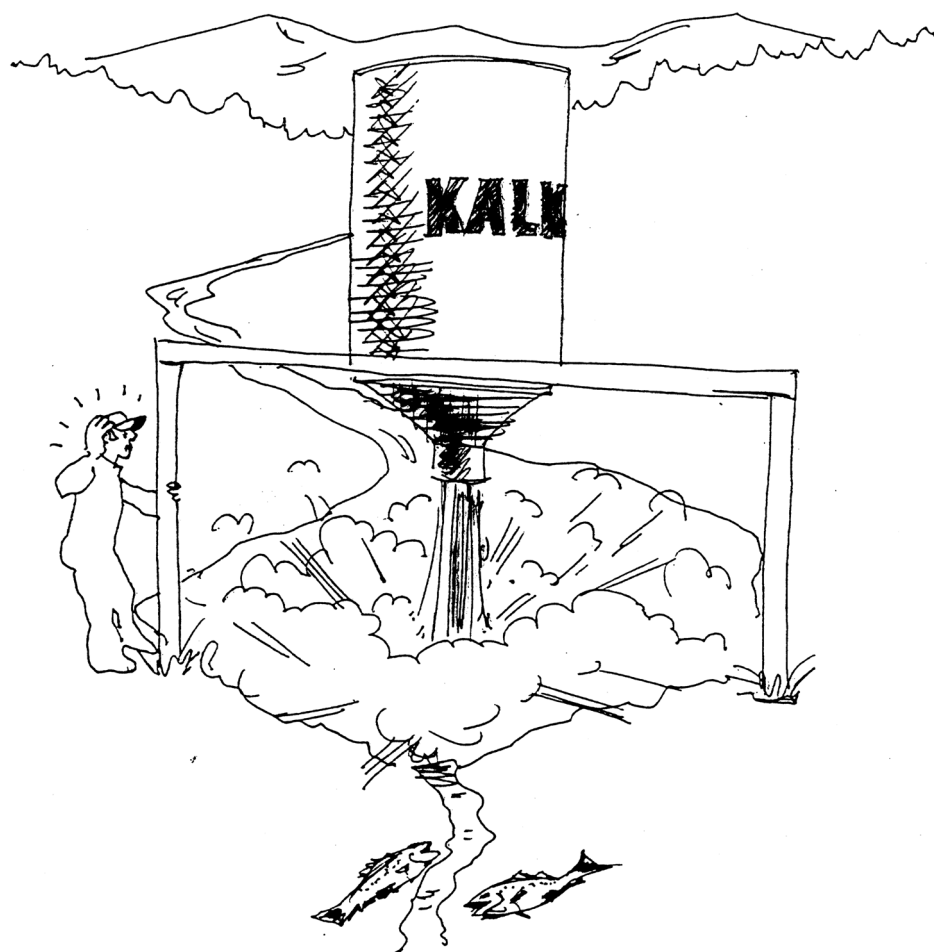


# Driftskontroll av kalkdoserings- anlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2010



Norsk institutt for vannforskning

**RAPPORT****Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

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

**NIVA Midt-Norge**

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

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2010	Løpenr. (for bestilling) 6173-2011	Dato 1.03.11
	Prosjektnr. Udemnr. O-11132	Sider Pris 16
Forfatter(e) Rolf Høgberget Lise Tveiten	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

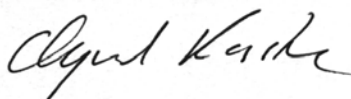
Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2010) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Det var ett tilfelle med alt for lav pH i elva som følge av doseringssvikt midt i smoltifiseringsperioden om våren. Negative effekter på utvandrende smolt er ikke undersøkt. Resten av året doserte anlegget tilfredsstillende, med kun få tilfeller der pH var marginalt under målet. Driftskontroll av anlegget ble vanskelig i én periode da nødvendige data ikke var tilgjengelig (feil på annet utstyr). Det foreslås utvidelse av kapasiteten på anlegget og etablering av en kriseplan ved langvarig driftstans.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vassdrag</li> <li>2. Kalkdosering</li> <li>3. Overvåking</li> <li>4. Måleteknikk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. River system</li> <li>2. Lime dosing</li> <li>3. Monitoring</li> <li>4. Measuring technique</li> </ol>
--	---



Rolf Høgberget  
Prosjektleder



Øyvind Kaste  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

ISBN 978-82-577-5908-7

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i  
Arendalsvassdraget**

Avviksrapport 2010

---

## Forord

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

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av driften av kalk-doseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt.

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anlegget og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell i kalkingsprosjektet, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget etablert. En kontraktsfestet avtale om driftskontroll innebærer gjennomgang av driftsdata flere ganger i uken samt dokumentasjon av driften ved en kortfattet avviksrapport hvert år. Avtalen innebærer også ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som måler pH til styring av kalkdoser fra anlegget.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Liv Bente Skancke, Lise Tveiten, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget. Kartmaterialet i rapporten er utarbeidet av Jarle Håvardstun.

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

Grimstad, april 2011

*Rolf Høgberget*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Driften av anlegget</b>	<b>12</b>
<b>3. Tiltak</b>	<b>17</b>
3.1 Tilbakeslag av kalkslurry	17
3.2 Kriseplan	17
3.3 Kapasitetsproblemene	17
3.4 pH og stillstand i kyvette	17
<b>4. Referanser</b>	<b>18</b>

---

## Sammendrag

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg ble satt i drift høsten 2005, og driftskontrollen ved anlegget ble etablert i mai 2006. Hensikten med etableringen var å skape stabil og god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av Nidelva (Arendalsvassdraget).

Driftskontroll av anlegget ble vanskeliggjort i en periode om høsten fordi signalene til driftskontrollloggeren ble forbikoblet av eksternt personell som drev service på annet utstyr i anlegget.

Det var tilfredsstillende dosering fra Bøylefossanlegget hele året, med unntak av én episode om våren da doseringen stoppet midt i utvandringstiden for laksesmolt. Dette kan ha påvirket overlevelsen i sjøvann. Undersøkelser omkring svekket overlevelse er ikke foretatt.

Det forekom også dette året plutselige pH-økninger i målingene oppstrøms anlegget. Årsaken var tilbakeslag av kalkslurry i inntaksbrønnen. Forholdet bør forbedres.

Det var store utslag ved rutinemessig pumpestopp på pH-stasjonen nedstrøms anlegget på Evenstad. Forholdet bør sjekkes nærmere ut.

Anlegget doserte med maksimal dosering under en stor flom i oktober. Det foreslås tiltak for å bedre kapasiteten, slik at også større flommer kan håndteres.

Det anbefales sterkt å etablere rutiner for krisehandtering dersom det skulle oppstå langvarig driftsstans på anlegget. Bakgrunnen er en nå voksende verdifull laksestamme i elva som må forsøkes bevart dersom uhellet skulle være ute på anlegget.

## Summary

Title: Operation Report from lime dosers in Arendal River, S Norway. Non-conformance report 2010.

Year: 2011

Author: Rolf Hoegberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5908-7

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 2010.

# 1. Innledning

## **Driftskontrollsystemet**

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) og vannføringen 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).

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 strekning i elva med de faktisk målte pH-verdier nedstrøms anlegget vises effektiviteten til anlegget.

## **Kalkingsstrategien i vassdraget**

De to store innsjøene Nisser og Fyresvatn ble kalket vinteren 1996/1997 og høsten 1997 med hhv. 10000 og 8000 tonn kalk. Samtidig ble vannkvaliteten i Nesvatn bygget opp med tiltak oppstrøms denne innsjøen. Høsten 2005 ble disse tiltakene supplert med kalkdoserer ved Bøylefoss i Froland kommune. Målet med denne dosereren er å sikre stabil god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av elva.

Bøylefossanlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Målestasjonen for pH nedstrøms anlegget er plassert på Evenstad, se **Figur 1**. Målet med kalkingen er at pH ved Rygene (ca. 25 km nedenfor Bøylefoss) skal være over 6,2 i perioden 15. februar – 31. mai, og over 6,0 ellers i året. For å kompensere for tilførsler av surt vann mellom Bøylefoss og Rygene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn dette. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

## **Rapporteringen**

Det følgende er en gjennomgang av driften ved anlegget i 2010. Det er tidligere utgitt fire driftskontroll-rapporter om kalkingsaktiviteten i elva:

- 4. mai - 31. desember 2006 (Høgberget og Håvardstun 2007)
- 1. januar - 31. desember 2007 (Kaste, Håvardstun og Høgberget 2008)
- 1. januar - 31. desember 2008 (Høgberget og Håvardstun 2009)
- 1. januar - 31. desember 2009 (Høgberget 2010)

Denne rapporten omhandler perioden 1. januar 2010 - 31. desember 2010.

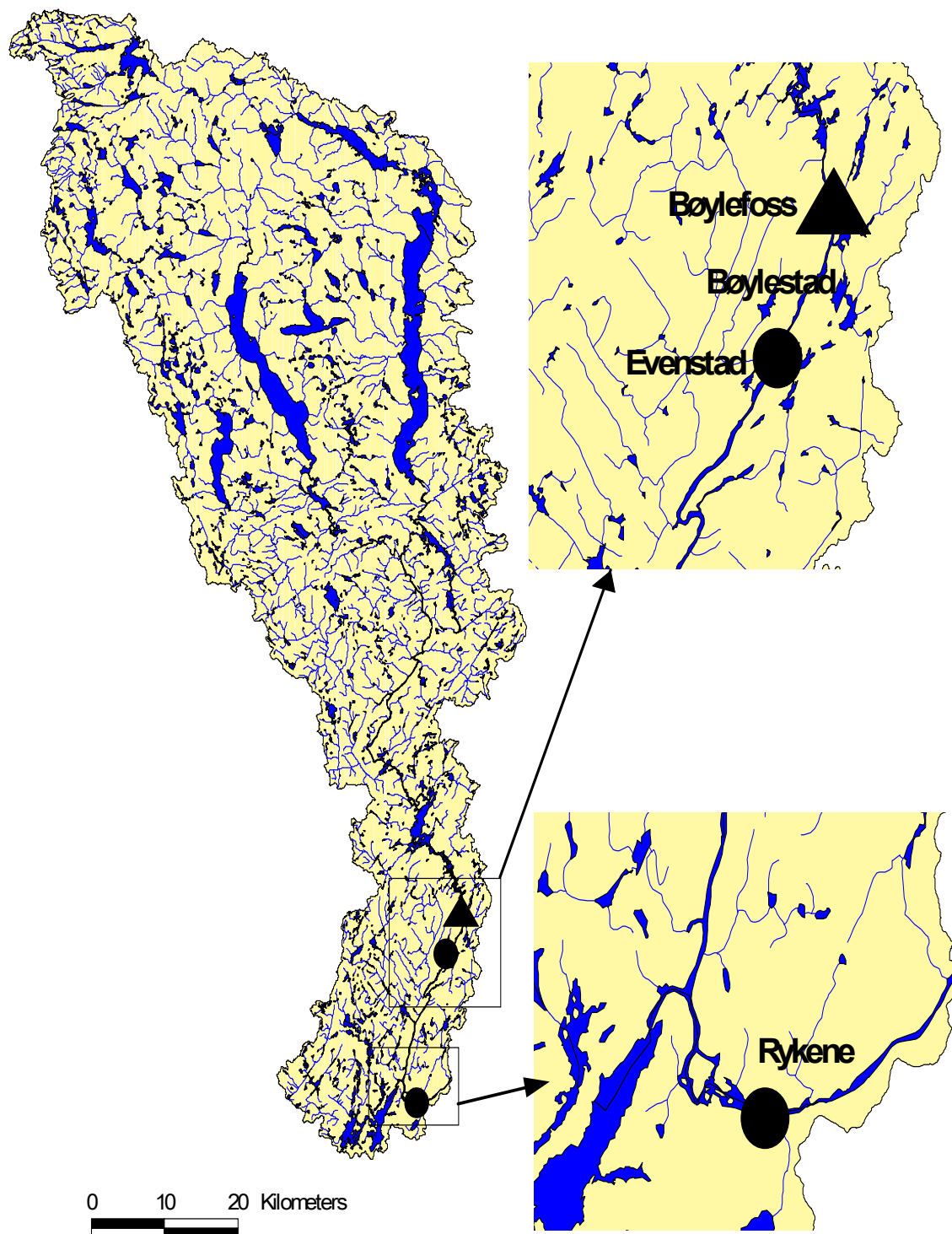


**Ord og uttrykk**

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:

<b>Ord/uttrykk</b>	<b>Forklaring</b>
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 <sup>3</sup> , gram kalksteinsmel per m <sup>3</sup> vann i elva.
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m <sup>3</sup> /s). Dette er den dosen anlegget "tror" den gir til elva. Enheten er g/m <sup>3</sup> .
Driftskontroll-dose	Den kalkdosen som er beregnet levert 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 <sup>3</sup> ved vannføring 50 m <sup>3</sup> /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m <sup>3</sup> ).
Langtidsdose	Den gjennomsnittlige driftskontroll-dosen som er levert 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 til 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 Fylkesmannens miljøvernavdeling 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 anlegget som 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, pH-/målekyvette	Beholder som pH-elektroder og termaturmåler er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetta for å få riktige pH- og termaturmålinger.
Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i metriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i "fast fjell" eller i forhold til moh. (meter over havet).
Beholdning	Lageret av kalk eller annet avsyngsmiddel 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)

## Arendalsvassdraget



**Figur 1.** Kart over nedbørfeltet til Arendalsvassdraget med utsnitt av tre områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegget (triangel) og pH-målestasjoner (sirkler).

## 2. Driften av anlegget

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg 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 6 km nedenfor kalkdoseringsanlegget, der en målestasjon på Evenstad sender sine data kontinuerlig opp til anlegget. Anlegget doserer kalk slik at pH øker til et fastsatt pH-krav som står i forhold til pH-målene for lakseførende strekning. Oppvandringshinder for laks er kraftverksdammen på Evenstad kraftstasjon like nedenfor pH-målingsstasjonen. En lakseheis ved Evenstad skal sørge for at fisken også kan vandre videre til Bøylefoss.

Bøylefoss 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 fordi man ønsker å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

Loggeren som samler data fra anlegget fungerte hele året.

Signaler for pH oppstrøms anlegget, vannstand, kalkbeholdning og dosering ble koblet fra driftskontroll-loggeren ved en feiltagelse da service ble foretatt på andre deler av doseringsanlegget (Normatic). Manglende data fra disse parametrene vedvarte i én måned fra 17. november. En liste med de manglende dataene i det aktuelle tidsrommet ble levert oss fra Froland kommune. Denne listen var imidlertid ikke komplett (Mikacom data).

I en periode på høsten påvirket signalene hverandre slik at det ble registrert små dropp i beholdningsloggen ved autoren av pH-stasjonen på Evenstad. Forholdet påvirket også pH-signalet oppstrøms anlegget (*Figur 2*). En slik kvalitetsreduksjon av dataloggen reduserer nøyaktigheten ved driftskontrollens doseringberegninger.

Det var totalt seks tilfeller der pH ikke ble registrert som det skulle. I januar begynte året med defekt radiosamband ved pH-nedstrøms-stasjonen på Evenstad. Dette ble midlertidig rettet ved at kanalen for temperatur ble benyttet til sending av pH-signaler inntil reparasjon av utstyret ble foretatt.

Det oppsto også et par tilfeller der for høy pH ble registrert oppstrøms anlegget. Det er mistanke om at tilbakeføring av kalkslurry til inntaksbrønnen kan ha vært årsaken den 11. mars. Den 29. april var årsaken feil kalibrering av pH.

Om våren var det store avvik i pH-målingene nedstrøms anlegget hvert døgn i forbindelse med reaksjoner ved automatisk pumpestopp for rensing av vannpumpa. Utslagene var spesielt store fra midt i januar til mai. pH-data fra to korte perioder i november og desember mangler (Mikacom data).

Doseringen fra anlegget var til tider høy. Spesielt i april og under en stor flomsituasjon i begynnelsen av oktober. I juli og august ble det nesten ikke dosert fra anlegget. *Figur 3* viser doseringsforløpet gjennom hele året.

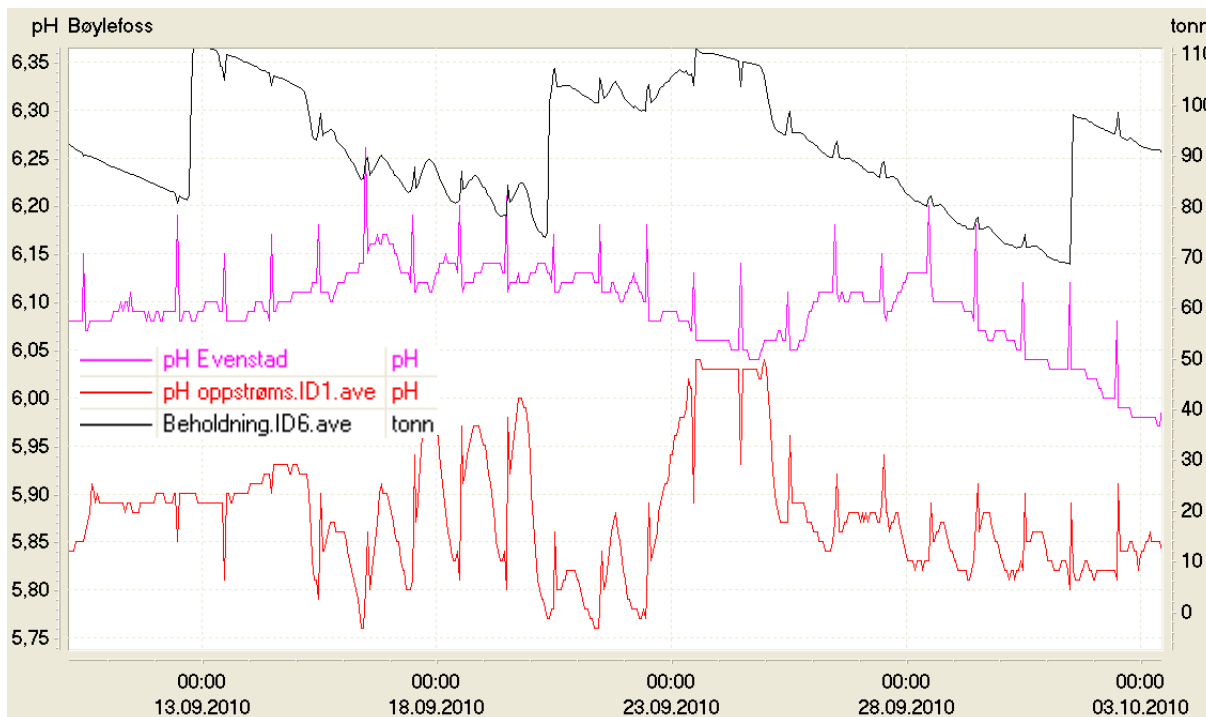
pH ble registrert under målet for lakseførende strekning i alt syv ganger i løpet av året. Til sammen utgjorde dette 11 dager i løpet av 2010 (*Tabell 1*). Det største avviket oppsto 30. april i forbindelse med stopp i doseringen fra anlegget (*Figur 4*). Det er uvisst hvordan dette påvirker smolten som ofte er under utvandring i tidsrommet når forholdet inntraff. pH var imidlertid ikke så lav at det kunne forårsake dødelighet av yngel eller voksen laks. pH i lakseførende del av elva gjennom hele året er gjengitt i *Figur 5*. Det var en tendens til økende pH mot Rygene i sommerhalvåret, mens det motsatte var tilfellet i vinterhalvåret.

Den 22. mai ble pH kravet satt lavt for å forsøke å komme så nær pH-målet som mulig. Årsaken var pågående undersøkelser omkring gjellealuminium på laks og pH-mål for elva. Man ønsket da å ta prøver når pH var så nære målet som mulig. Forholdet resulterte i pH under målet ved Evenstad, (**Figur 6**).

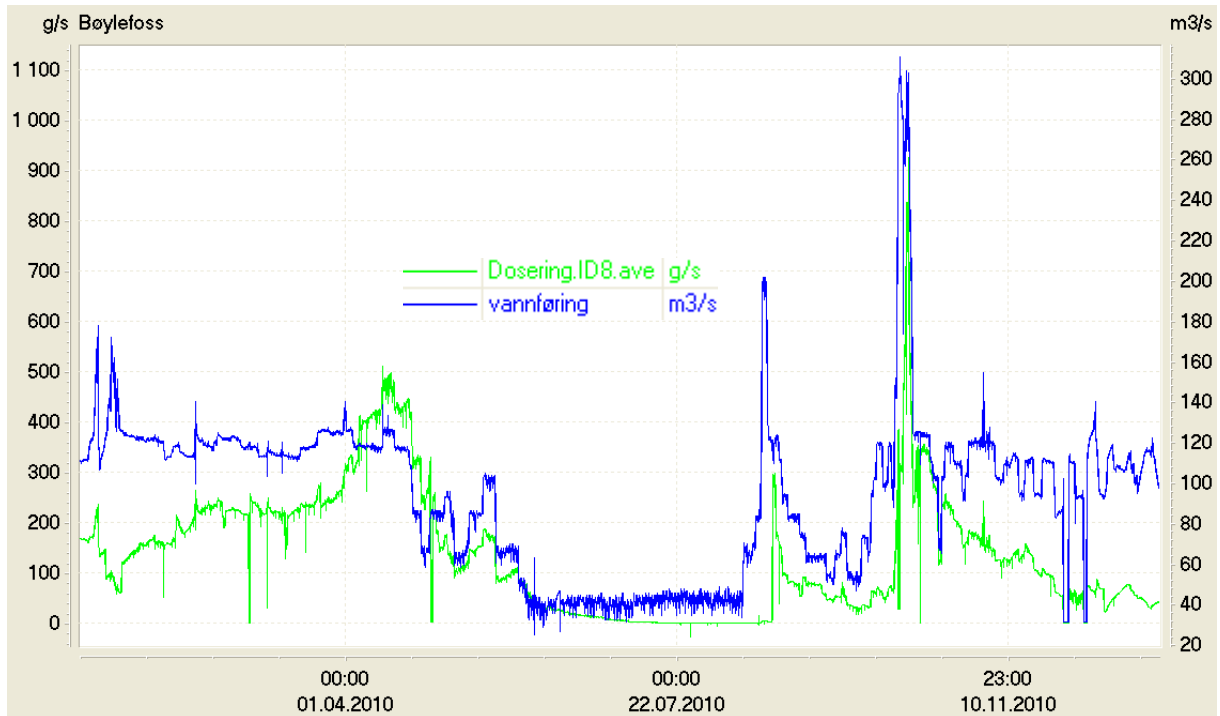
De 23. august oppsto merkelig høy pH i elva. Det ble ikke dosert kalk fra anlegget, men likevel økte pH raskt både på Evestad (pH nedstrøms anlegget) og på Rygene, **Figur 7**. Den mest sannsynlige årsaken til forholdet er resuspensjon av sedimentert kalk som følge av økt turbulens ved plutselig vannføringsøkning til 200 m<sup>3</sup>/s etter en lang periode med stabilt lav vannføring i elva (11 uker med 45 m<sup>3</sup>/s).

**Tabell 1.** pH under målet i lakseførende strekninger av Nidelva i 2010. Det var totalt 7 ganger som utgjorde 11 dager med for lav pH i forhold til ønsket mål.

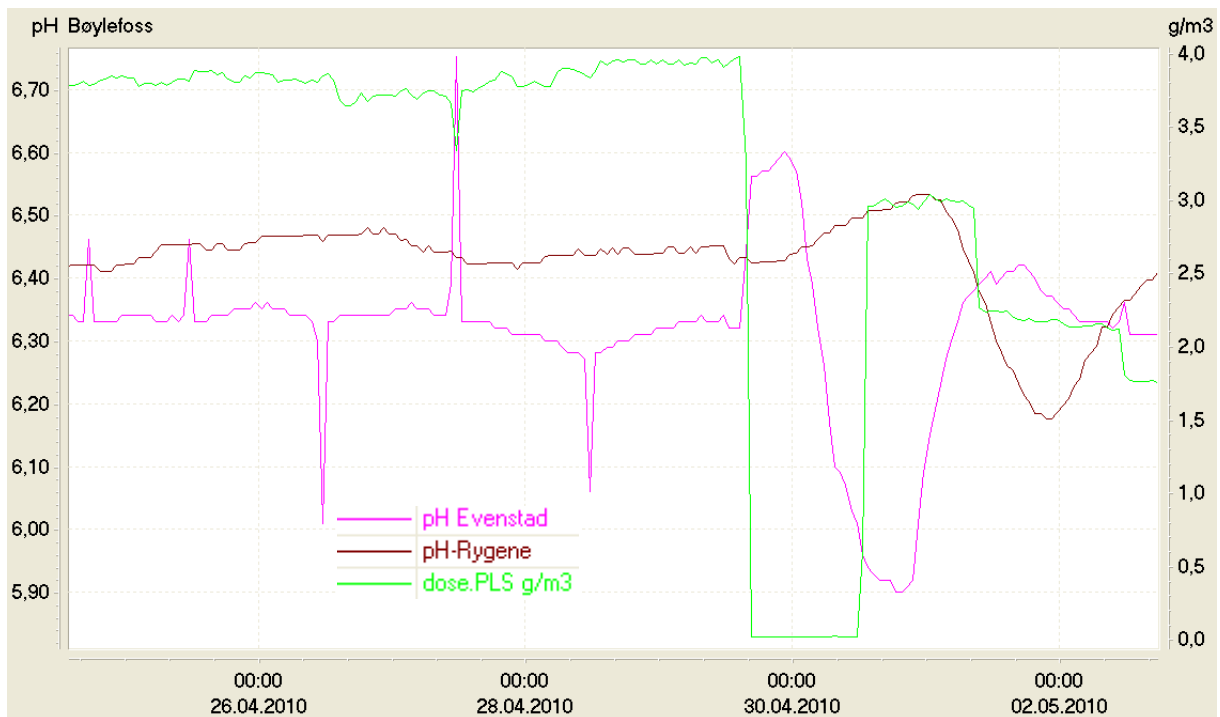
Dato	Timer med pH under målet		Laveste verdi pH	Avvik fra mål pH	Anmerkning
	Evenstad	Rygene			
21.02.2010		31	6,1	0,1	Usikkert
05.04.2010	15		6,1	0,1	
30.04.2010	18		5,9	0,3	
22.05.2010	89		6,1	0,1	
23.08.2010	13		5,9	0,1	
03.10.2010	22		5,8	0,2	
26.12.2010	67		5,9	0,1	



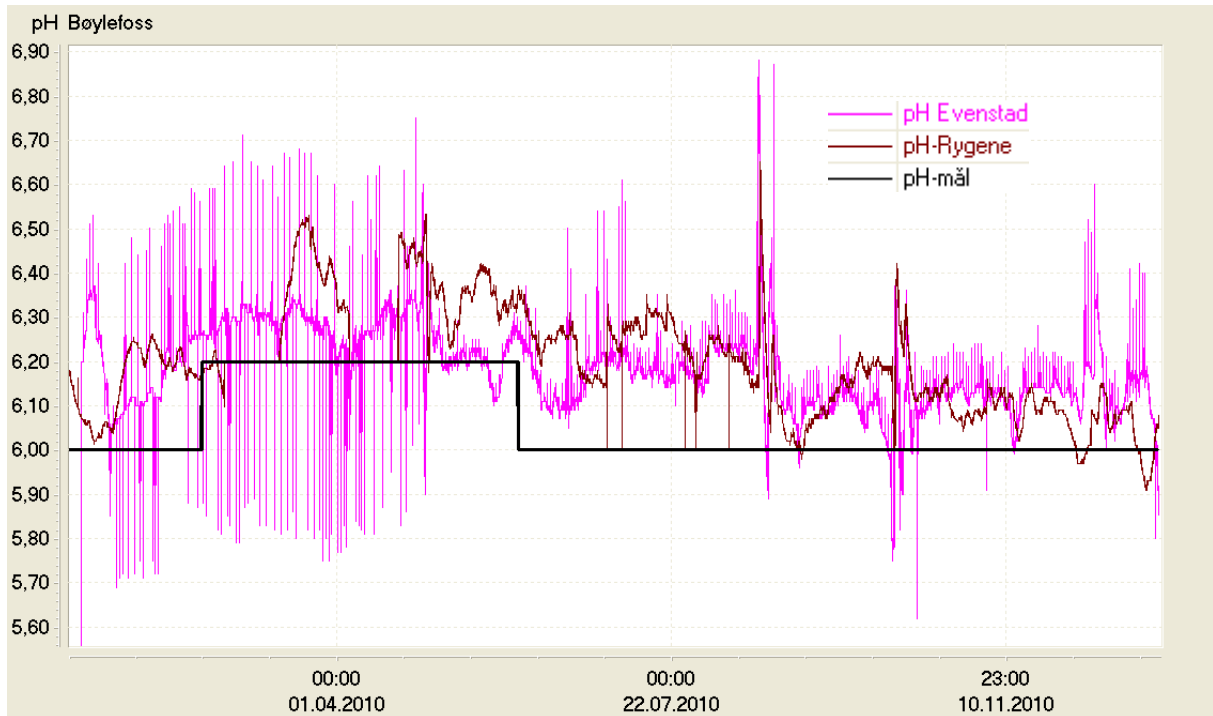
**Figur 2.** Signalforstyrrelser resulterte i feil på tre parametere: pH-Evenstad, pH oppstrøms anlegget og kalkbeholdning. Årsaken til forholdet er ikke kjent.



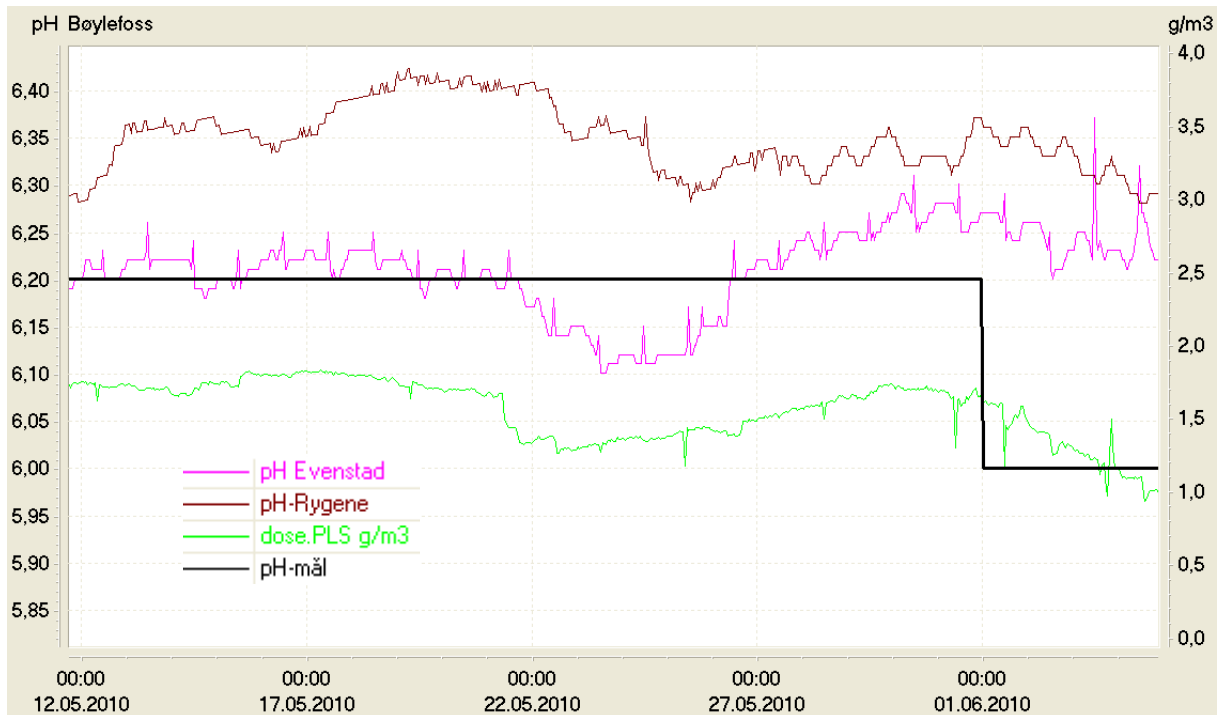
**Figur 3.** Dosering og vannføring gjennom hele 2010. Anleggets maksimale doseringskapasitet er 926 g/s. Anlegget doserte for full effekt én gang. Det var 3 timer den 8. oktober. Da var vannføringen 300 m<sup>3</sup>/s.



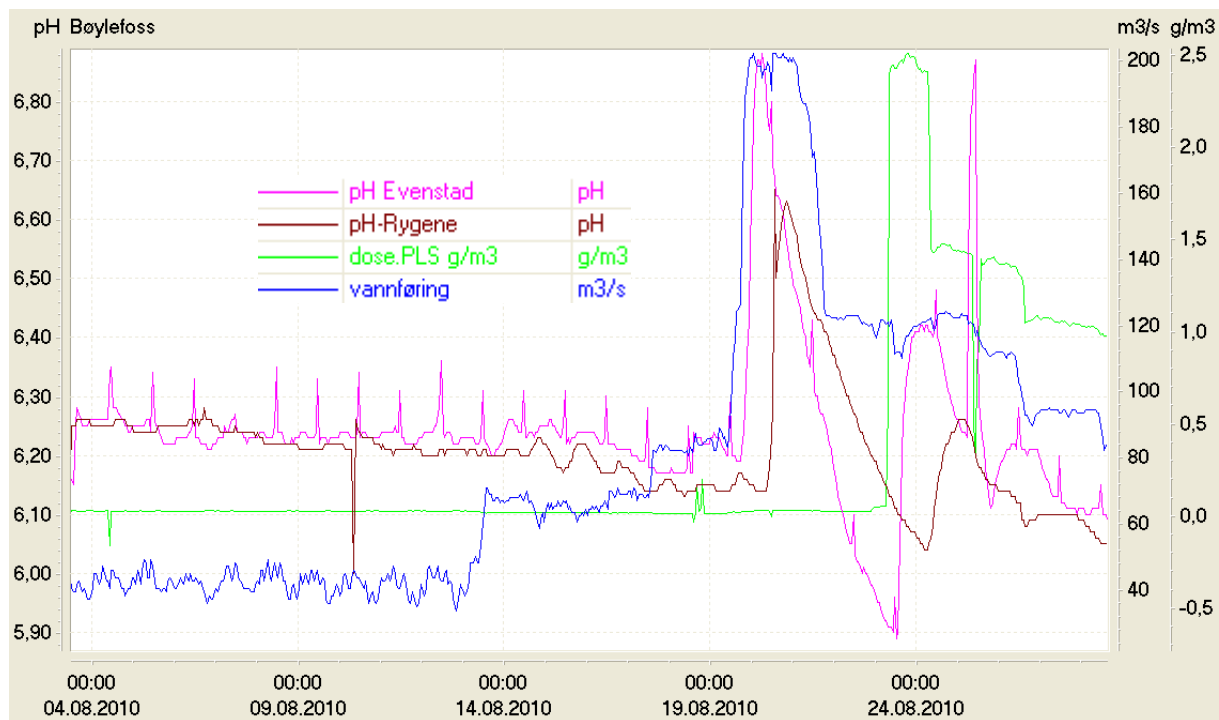
**Figur 4.** PLS-dose og pH nedstrøms anlegget (Evenstad) sammen med pH ved overvåkingsstasjonen på Rygene i månedsskiftet april/mai 2010. Figuren viser en midlertidig dropp i pH som følge av stans på doseringen fra anlegget.



**Figur 5.** pH på Evenstad og Rygene sammen med pH-målet for elva gjennom hele året. De store pH-utslagene på Evenstad skyldes reaksjoner ved automatisk stopp for rensing av vannpumpa som forsyner målekyvetta med målevann.



**Figur 6.** pH ved Evenstad og Rygene sammenholdt med PLS-dosen fra anlegget og gjeldende pH-mål i en periode da pH ved Evenstad ble redusert under målet som følge av redusert pH-krav ved anlegget.



**Figur 7.** pH ved Evenstad og Rygene sammen med vannføring og PLS-dosen ved anlegget i august 2010. Figuren viser en stor økning i pH med påfølgende reduksjon uten at det ble dosert fra anlegget.

## **3. Tiltak**

### **3.1 Tilbakeslag av kalkslurry**

Det var fortsatt kortvarige tilfeller av ekstremt høye pH-verdier oppstrøms anlegget i 2010. System for sikring mot tilbakeslag av kalkslurry i inntaksbrønnen må etableres. Forholdet er påpekt gjentatte ganger tidligere.

### **3.2 Kriseplan**

Arbeidet med reetableringen av en egen laksebestand i elva er godt i gang, og bestanden blir større for hvert år (DN-notat 2010). Dette forsterker nødvendigheten av en stabil vannkvalitet som sikrer god overlevelse i elva. Det er på tide at en kriseplan for sikring av vannkvaliteten blir etablert. Forslag til kriseplan med en doseringstabell er tidligere utarbeidet (Høgberget og Håvardstun 2009) og foreslått gjennomført to ganger tidligere. Likevel foreligger det fortsatt ingen etablert plan for håndtering av uønsket langvarig doseringsstopp fra anlegget. Verdien av laksebestanden må nå vurderes så høyt, at sikring mot forringelse må foretas.

### **3.3 Kapasitetsproblemene**

Bøylefoss doseringsanlegg er det mest doserende kalkingsanlegget i landet. Kapasiteten ved normale vannføringer på ca. 100-120 m<sup>3</sup>/s ligger vanligvis på 20 til 40 % av det som anlegget maksimalt kan levere, men det oppstår fra tid til annen behov som krever full dosering fra anlegget (80 tonn per døgn). Ved store flommer vil det kortvarig være behov for mer enn det anlegget kan levere. Som et enkelt tiltak er det mulig å sette inn utstyr i eksisterende anlegg som øker kapasiteten med ca. 15 %. Dette vil, selv om det bygges avlastende anlegg oppstrøms Bøylefoss, være en forbedring av beredskapen i kalkingsprosjektet. Vi vil derfor foreslå at dette tiltaket gjennomføres uansett hva som blir gjennomført av andre tiltak.

### **3.4 pH og stillstand i kyvette**

I enkelte perioder på våren gjorde pH-målingene store utslag ved stopp under den daglige automatiske renseprosessen av vannpumpa. Årsaken kan være at vann blir sugd ut av kyvetta ved tilbakespyling gjennom pumpa. Da blir elementet stående i luft, noe som gir store utslag på målingene. Det foreslås en inspeksjon av kyvetta og eventuelt åpne for lufttilgang slik at hevertvirkninger ikke oppstår.



## 4. Referanser

DN 2006. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. Notat 2006-1.

DN 2008. Kalking i laksevassdrag - Effektkontroll i 2008. DN-notat 2-2009.

DN 2010. Kalking i laksevassdrag - Effektkontroll i 2009. DN-notat 5-2010.

Hindar, A., Lamberg, A (NINA), Thorstad, E. (NINA). 1999. Revidert kalkingsplan for Arendalsvassdraget. NIVA rapport 4107.

Høgberget, R. Driftkontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2009. NIVA-rapport 5964.

Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA-rapport 3824.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA-rapport 5533.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA-rapport 5786.

Kaste, Ø., Håvardstun, J., Høgberget, R. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA-rapport 5595.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)