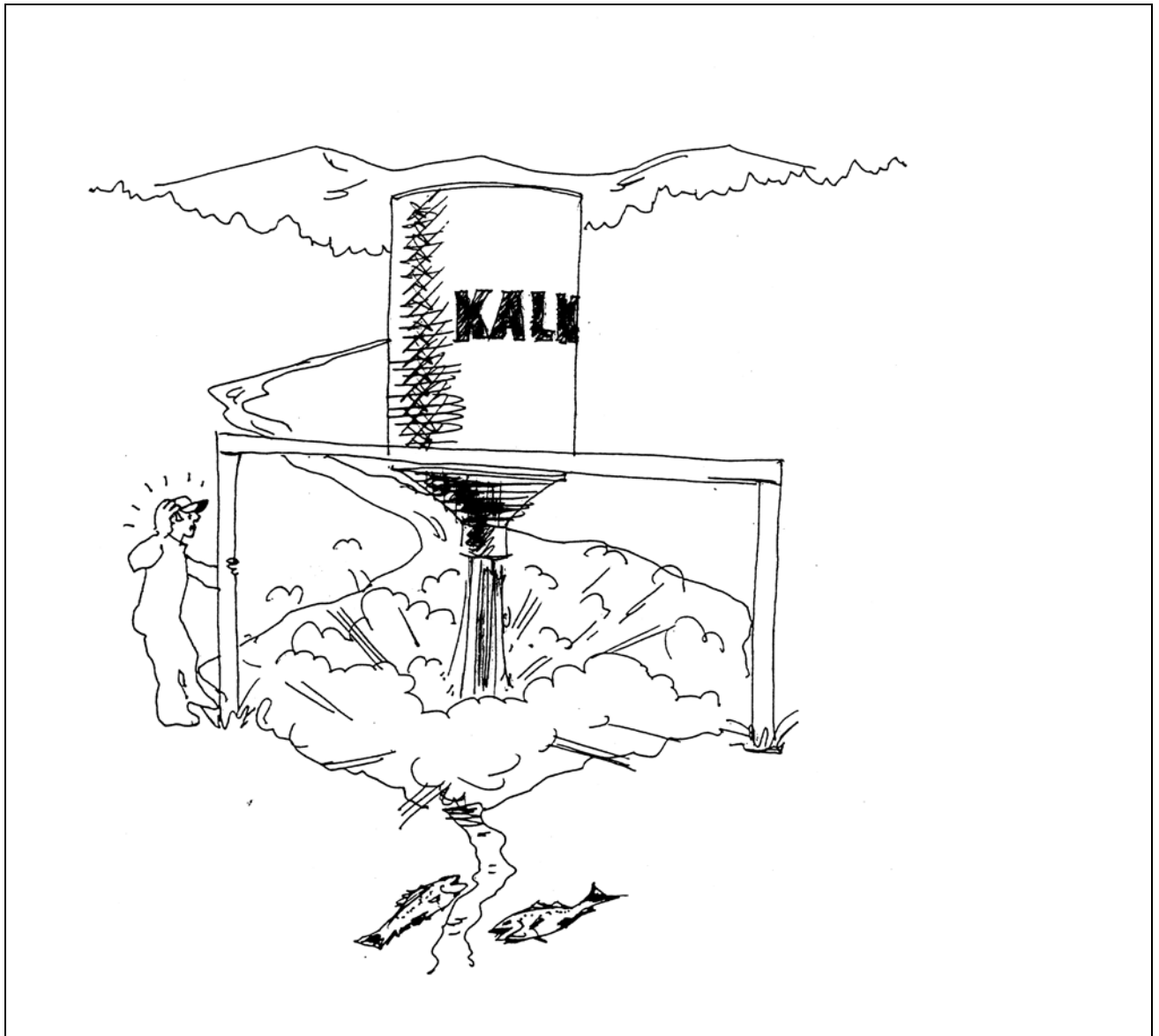




RAPPORT LNR 5533-2008

# Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget

Avviksrapport 2006



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 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**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

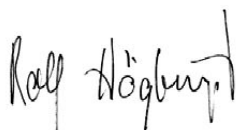
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2006	Løpenr. (for bestilling) 5533-2008	Dato 16.11.2007
	Prosjektnr. Undernr. O-27032	Sider Pris 13
Forfatter(e) Høgberget, Rolf Håvardstun, Jarle	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket CopyCat

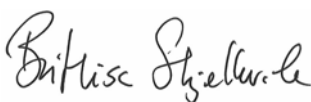
Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anlegget. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden (2006). Potensielt vil denne rapporten foreslå tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Det var svært god drift på Bøylefoss doseringsanlegg i rapporteringsperioden. Anlegget hadde få driftsstanser og det var nær kontinuerlig drift på pH-målingsstasjonene. Imidlertid var det to perioder med manglende overføring av pH-data fra stasjonen nedstrøms anlegget. Dette førte til midlertidig lav pH i elva. pH-styringen var noe ujustert i hele perioden. Dette førte til svingninger i pH ved vannføringer under 160 m<sup>3</sup>/s.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vassdrag</li> <li>Kalkdosering</li> <li>Overvåking</li> <li>Måleteknikk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> </ol>
--	---



Rolf Høgberget  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

# **Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg**

## **i Arendalsvassdraget**

Avviksrapport 2006

## Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte ikke produserer riktig kalkdose til vassdraget.

Anleggene er kostnadskrevenne både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk 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 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 rammeavtale for driftskontrollen ble kontraktsfestet i juni 2006. Rammeavtalen inkluderer også ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som måler pH til prosessering av kalkdoser fra anlegget. Kontrakten avtales dokumentasjon ved en kortfattet avviksrapport hvert år. Denne rapporten er den første i rekken av avviksrapporter.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Liv Bente Skancke, Lise Tveiten, Øyvind Kaste, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget.

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

Grimstad, 16. november 2007

*Rolf Høgberget*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Driften av anlegget</b>	<b>8</b>
<b>3. Tiltak</b>	<b>11</b>
<b>4. Referanser</b>	<b>13</b>

---

## Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Nidelva er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anlegget. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden (4.5.-31.12.2006).

Det var svært få tilfeller av doseringssvikt fra anlegget i rapporteringsperioden. Likeledes var det meget god drift av pH-målingene både oppstrøms og nedstrøms anlegget. Det ble ikke registret svikt i vanngjennomstrømming over 8 timer ved pH-målingsstasjonen på Evenstad (nedstrøms anlegget).

Det oppsto langvarig svikt i overføringen av pH-signaler to ganger. Dette medførte midlertidig manglende oppfyllelse av pH-mål for elva. Forholdene omkring radiostyrken i området kan være årsak til disse problemene. Foreløpig holdes systemet under oppsikt.

Doseringsanleggets styringssystem for inntrimming av pH fungerte ikke optimalt. Dette førte til svingninger i pH-verdiene nedstrøms anlegget. Svingningene medførte ikke for lave pH-verdier i lange perioder. Forholdene bør likevel utbedres.

Det ble registrert til sammen 22 dager da pH-målet for lakseførende strekning av elva ikke ble holdt. Imidlertid var avvikene minimale. Det ansees derfor ikke sannsynlig at forholdene hadde noen negativ effekt på laksefisk i elva.

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

I Arendalsvassdraget er det montert driftskontroll på kalkdoseringsanlegget ved Bøylefoss. Dette er det eneste doseringsanlegget i vassdraget. Bøylefossanlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Målestasjonen for pH nedstrøms anlegget er plassert på Evenstad 6 km nedstrøms anlegget, se **Figur 1**.

Det følgende er en gjennomgang av driften ved anlegget i en periode som starter fra det tidspunktet vi fikk etablert full logg til vår driftkontroll-logger på Bøylefoss (4. mai 2006.). Avtale om driftskontroll ble imidlertid undertegnet først 3 måneder senere.

Det er ikke tidligere utgitt driftskontroll-rapporter omkring kalkingsaktiviteten i elva. Rapporten omhandler perioden fra prosjektets oppstart med logg fra 4. mai til 31. desember 2006.



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



## 2. Driften av anlegget

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg er et pH-styrt anlegg. Det vil si at anlegget styres etter vannføring og pH på 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 av elva. Oppvandringshinder for laks er kraftverksdammen på Evenstad kraftstasjon.

pH-målet for lakseførende strekning av elva var i 2006 pH 6,2 i perioden 15. februar - 31. mai og pH 6,0 resten av året. 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 for å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

Driftskontroll-loggeren begynte å samle data fra 4. mai 2006. Det var ingen avbrekk i loggedata gjennom året.

Doseringsanlegget hadde meget få stans i doseringen. Avbrudd i dosering i mer enn 8 timer ble registrert kun tre ganger. Dette var ca 1,5 dager fra 16. mai, 16 timer den 18. oktober og i underkant av 2 dager fra 4. november.

Det var gjennomstrømming i målekyvettene nesten kontinuerlig i hele perioden. Eneste dokumenterte svikt i gjennomstrømming var 20 timer den 27. november i kyvetten for måling av pH oppstrøms dosereren.

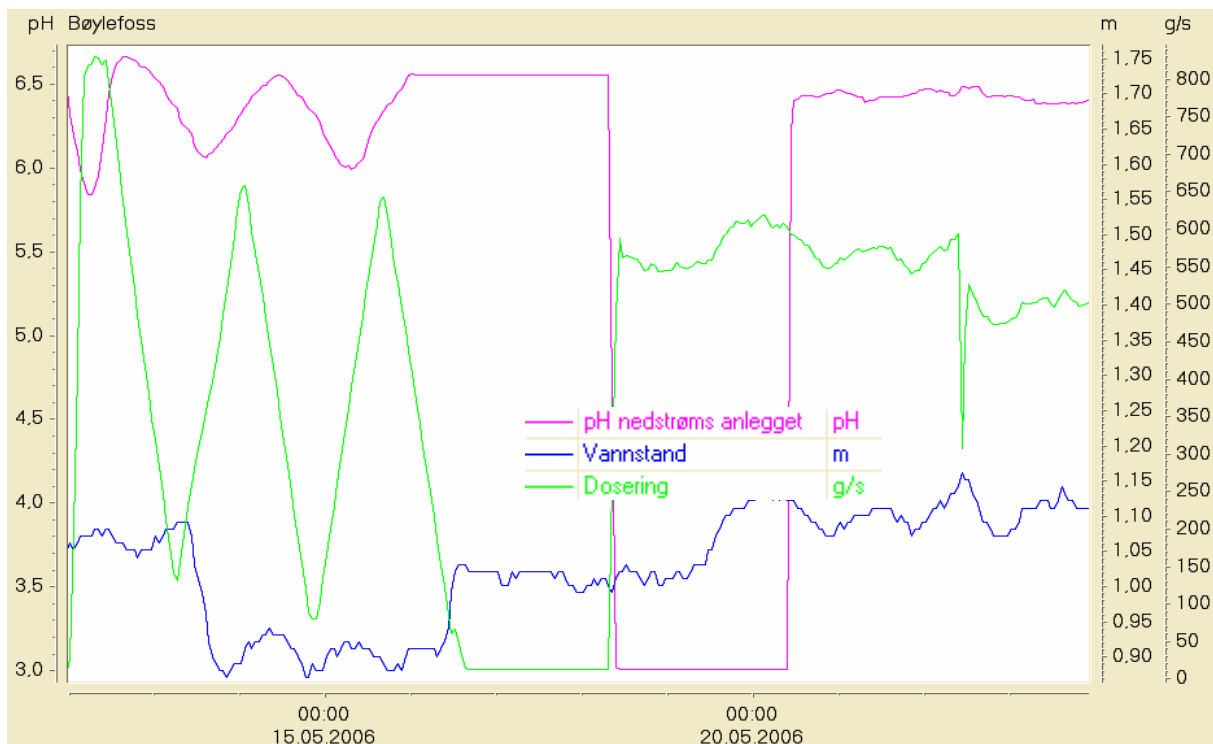
Det var svikt i overføring av pH-signaler fra Evenstad to ganger i perioden. Dette var 4,5 dager fra 15. mai og 4 dager fra 2. november. Det ble dokumentert minkende pH som følge av disse forholdene kun i november, men det må forventes at pH ble lav også den første gangen dette skjedde selv om doseringen tidlig ble satt til manuell drift med fast dose for å sikre jevn kalktilsetting, se **Figur 2**.

pH-logg fra tiden 4. til 10. mai viser meget lave verdier. Dette er sannsynligvis ikke reelt, da veiedata viser at anlegget i samme periode doserte mye kalk, og at pH på overvåkingsstasjonen ved Rygene viste høye pH-verdier (DN 2007). Forholdene rettet seg en del etter dette, men det var periodevis lav pH. Kurven viser da en bølgeutvikling som kan tyde på at pH-styringen ikke var godt nok inntrimmet, se **Figur 3**. Etter at det ble foretatt service og reparasjon av radiostasjonen for overføring av pH og temperaturdata fra måleren på Evenstad, er pH-kurvene langt roligere over tid. I tiden fra 20. mai og ut året ble det registrert 8 tilfeller da pH var under de fastsatte mål for lakseførende strekning. Til sammen var deler eller hele strekningen noe sur i 22 dager. **Tabell 1** viser hvor og når elva var for sur.

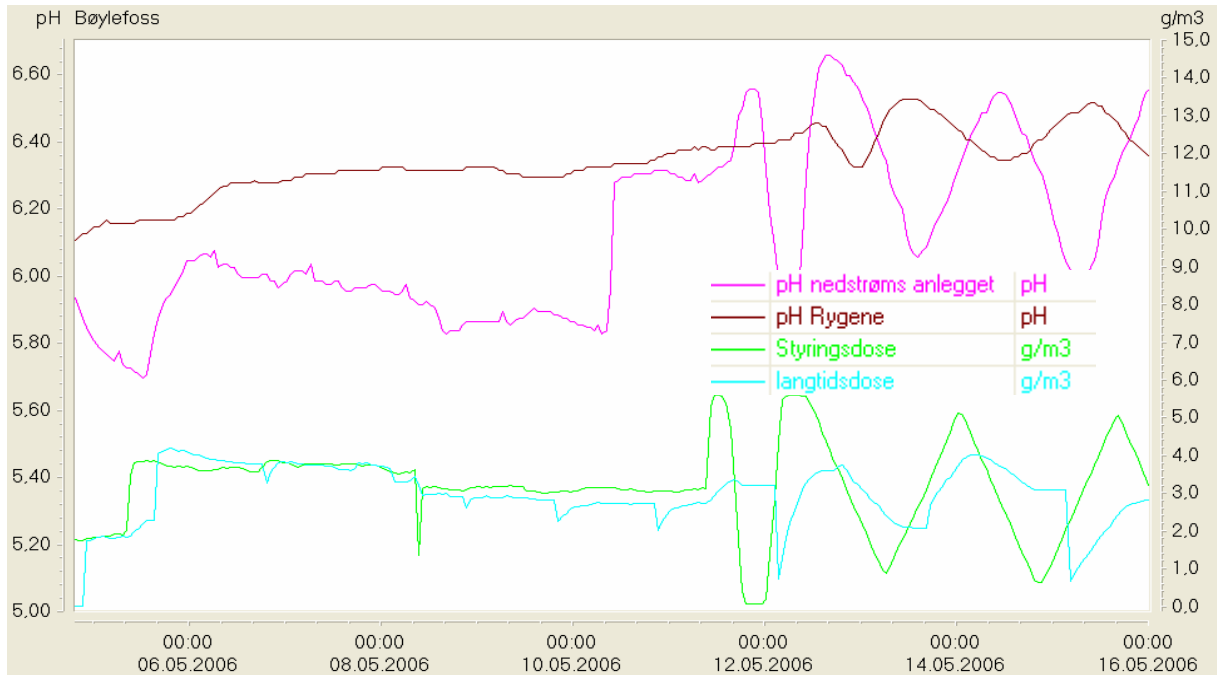
**Tabell 1.** Tabellen viser hvor lenge og hvor pH ble målt under de mål som er satt for elva. Til sammen var det 22 dager med for lave pH-verdier i elva.

Dato	Dager under pH-mål		Laveste pH
	Evenstad	Rygene	
29.08.2006	2		5,8
01.09.2006		7,8	5,8
13.09.2006	1		5,9
04.10.2006	5,3		5,8
10.10.2006	0,8		5,9
18.10.2006	0,8		5,6
23.11.2006	0,5		5,8
26.11.2006	3,5		5,8

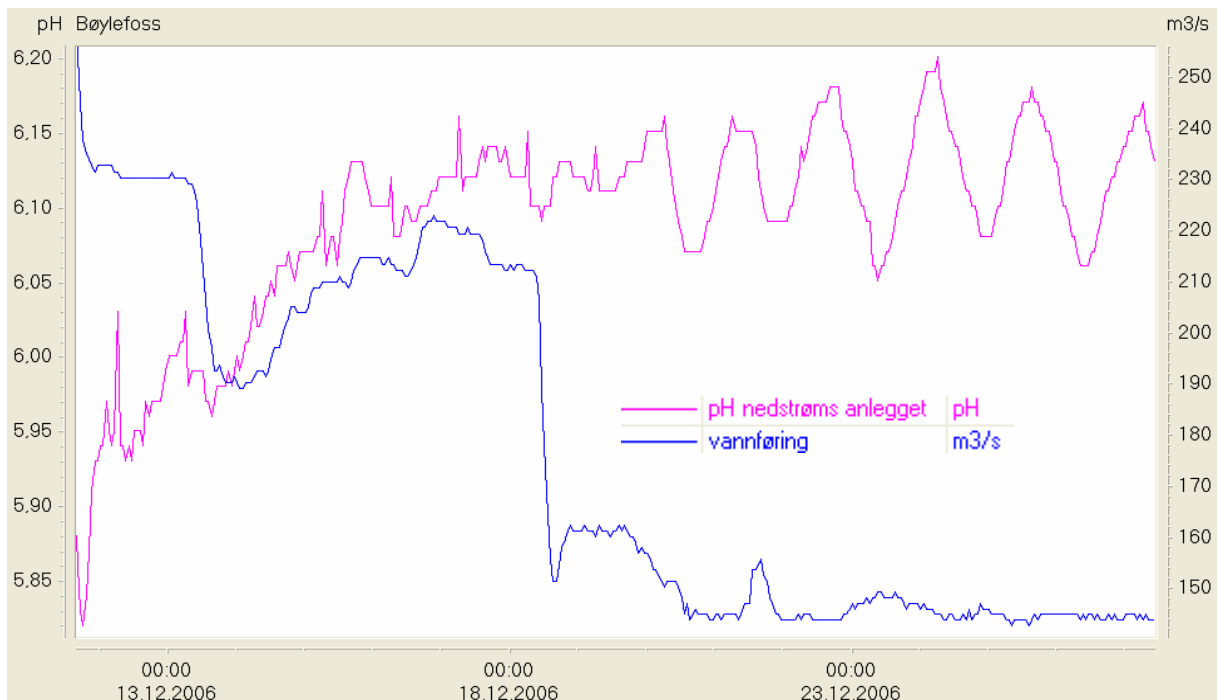
Normalt ble det dosert stabile doser kalksteinsmel til elva, men enkelte ganger utviklet det seg en ustabilitet. Dette resulterte i labil utvikling i pH. Kurvene viser da en bølgeeffekt. Denne utviklingen sammenfaller med i vannføringsutviklingen. Det ser ut til at problemet er størst ved vannføringer fra 75 til 160 m<sup>3</sup>/s, se **Figur 4**.



**Figur 2.** Vannstand, doseringssignal og pH nedstrøms doseringsanlegget på Bøylefoss i mai 2006. Figuren viser en stopp i overføringen av nye pH-verdier fra Evenstad (pH-stasjonen nedstrøms anlegget). Systemet virker slik at den siste overførte verdien holdes aktiv helt til nye verdier kommer inn. Siste overførte verdi var pH 6,5. Derfor stoppet doseringen. Anlegget ble deretter satt i manuell drift på fast dose. Samtidig ble strømmen brutt et øyeblikk på pH-overføringsenheten. Dermed forandret pH-signalet seg til verdien under strømbryddet (pH 3).



**Figur 3.** Styringsdose, langtidsdose og pH nedstrøms Bøylefoss doseringsanlegg sammen med pH ved overvåkingsstasjonen på Rygene i mai 2006. Figuren viser at det ble dosert 3-4 g/m<sup>3</sup> til 11. mai da dosene ble ustabile. Landtidsdosen avlest av driftskontrollsystemet underbygger doseutviklingen. (For nærmere forklaring på langtidsdose, se Høgberget og Hindar 1998). I den første delen av perioden var pH nedstrøms anlegget ikke riktig justert. Derfor ble det målt for lave verdier.



**Figur 4.** Vannføring sammen med pH nedstrøms Bøylefoss doseringsanlegg i desember 2006. Kurvene viser at det blir ustabilitet i pH-verdiene da vannføringen ble redusert. Problemene oppsto omkring 160 m<sup>3</sup>/s.

### 3. Tiltak

Doseringen regulerte ikke optimalt ved vannføringer på ca 160 m<sup>3</sup>/s og lavere. Dette var forhold som vedvarte i hele rapporteringsperioden. Selv om det normalt tar en del tid å samle erfaring fra forskjellige vannføringsforhold, burde disse tilstandene vært rettet på etter et års drift.

Tilbakemeldingstiden til doseringsanlegget ved endringer i kalkdoser varierer mye med vannføringen. Dette har sammenheng med de lange avstandene mellom doseringspunktet og pH-målingsstasjonene. Avstanden fra Bøylefoss til Evenstad kraftverk er 6 km. Avstanden fra Bøylefoss til pH-overvåkingsstasjonen på Rygene er ca 25 km. Ved et tilfelle i oktober stoppet doseringen på anlegget i ca 13 timer. Da var det vannføringen i elva (150 m<sup>3</sup>/s). Det tok 6 timer før reaksjonen ble observert gjennom lavere pH ved Evenstad og 1 dag før den samme pH-pulsen nådde Rygene. Forholdene er vist på **Figur 5**.

Vannstanden ved Bøylefoss doseringsanlegg blir målt i utvidelsen av elva under Bøylefoss kraftstasjon. Dette er samme sted som kraftregulanten har sitt måleutstyr. På denne måten kan deres sammenhenger mellom vannstander og vannføringer benyttes også som utgangspunkt for beregninger ved doseringsanlegget. I **Tabell 2** er det listet opp en del vannstander og tilsvarende vannføringer. Denne tabellen er utgangspunkt for vannføringskurven som benyttes av driftskontoll-loggeren. Ligningen har følgende uttrykk:

$$y = 3,9x^3 - 7,3x^2 + 110x + 32,6$$

x = vannstand i m

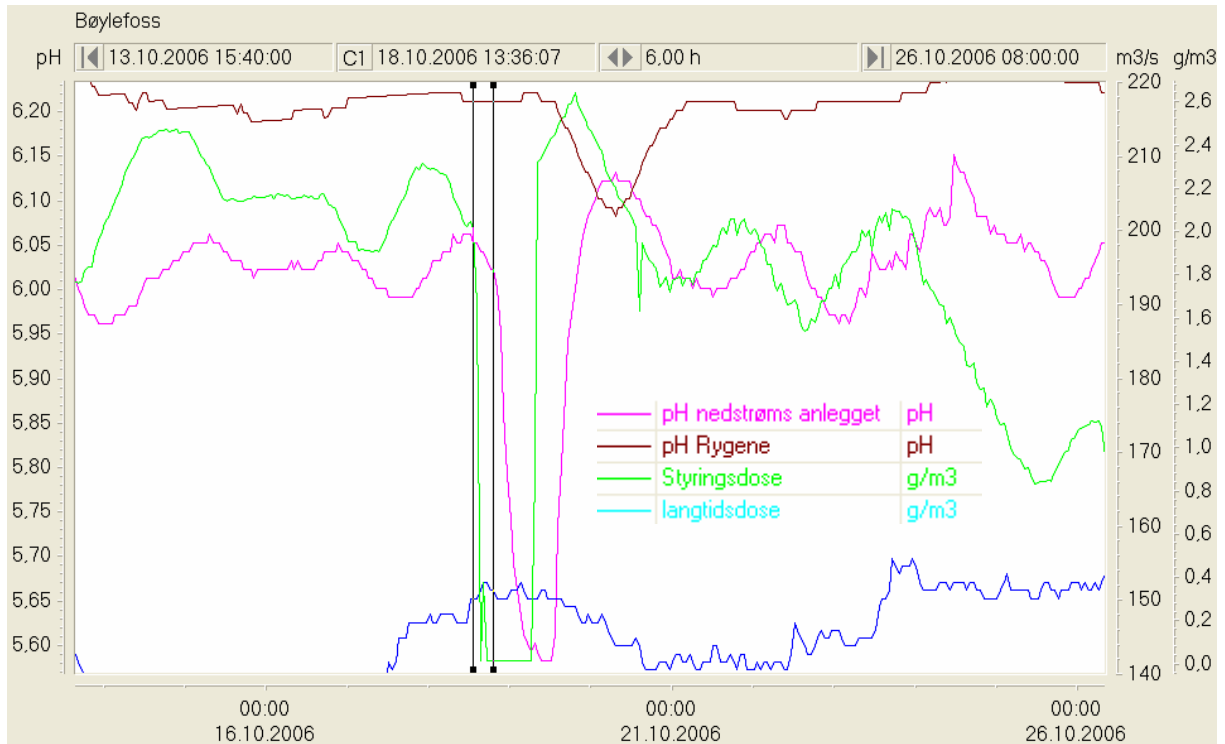
y = vannføring i m<sup>3</sup>/s

Vannføringstabellen er satt i samråd med Franzefoss Miljøkalk AS. 0-punktet for vannstandene i **Tabell 2** bør etterprøves og eventuelt justeres i loggeren ved behov.

**Tabell 2.** Vannføringstabell etter vannstander fra Bøylefoss kraftstasjon. Tall fra Arendals Fossekompani, men regnet om til vannstand fra det relative 0-punktet som loggeren benytter.

Korrigert vannstand m	Vannføring m <sup>3</sup> /s
-0,30	0
0,00	40
0,23	60
0,72	104
1,07	127
1,31	169
2,22	282
2,57	370
3,68	520
3,72	550
4,12	630
4,62	770
5,27	975
5,67	1150

Radiosambandet ble brutt på kanalen for overføring av pH-signaler fra Evenstad til Bøylefoss to ganger i løpet av perioden. Etter de første problemene i mai ble det foretatt service av personell fra leverandøren. De utbedret noen svake koblingspunkter, men antydte at mulighetene var til stede for at signalene kunne forstyrres av elektromagnetisme fra den store transformatorstasjonen på Bøylestad. Denne ligger ca 1 km nedstrøms anlegget, men noe tilbaketrukket fra elva. Dersom problemene oppsto igjen, måtte eventuelle tiltak vurderes. I ettertid fikk vi de samme feilene på nytt ved ett tilfelle i november. Foreløpig vil vi fortsette å samle erfaring omkring driften av radiosambandet og venter derfor med videre oppfølging av denne saken.



**Figur 5.** pH på Rygene og Evenstad sammen med styringsdosen fra Bøylefoss doseringsanlegg i oktober 2006. Figuren viser hvor lang tid det tok før reduksjon i pH ble målt på Evenstad og Rygene etter en doseringsstopp fra anlegget.

## **4. Referanser**

DN 2007. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2006. DN-Notat 2007-2.

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