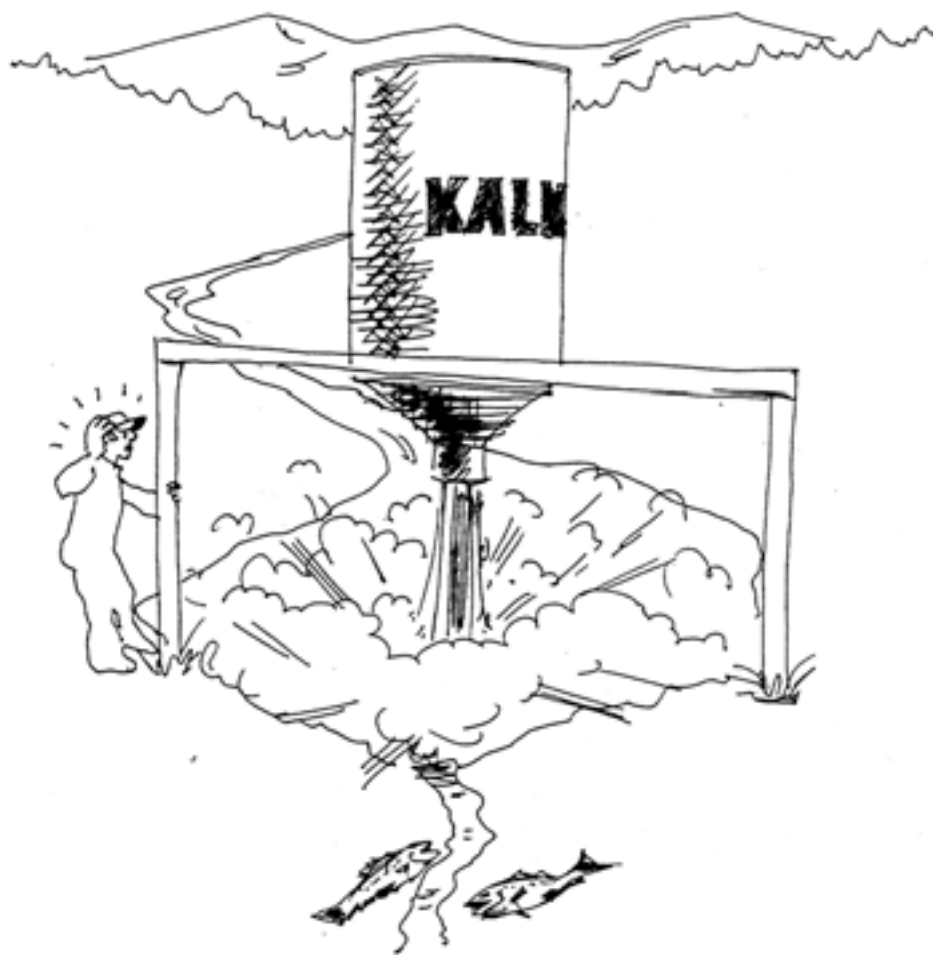


# Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalselva Avviksrapport 2009



**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**

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

**NIVA Midt-Norge**

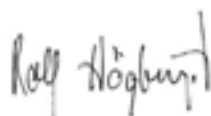
Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalselva. Avviksrapport 2009	Løpenr. (for bestilling) 5959-2010	Dato 23.03.10
	Prosjektnr. Undernr. 10133	Sider Pris 19
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Samarbeid om kalking av Mandalsvassdraget, MANKALK. (Audnedal, Evje- og Hornnes, Mandal, Marnardal, Songdalen og Åseral kommune).	Oppdragsreferanse
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalsvassdraget gjennomføres for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Smeland og Håverstad doseringsanlegg doserte tilfredsstillende hele året, spesielt Håverstad, der det ikke ble registrert langvarige doseringsstopp. Logåna doseringsanlegg doserte tilfredsstillende med unntak av november og desember. Da ble det dosert for lite ved store doseringsbehov og doseringen ble ujustert ved automatisk start og stopp. På Bjelland-anlegget var det ofte upålitelige pH-målinger. Årsakene av manglende gjennomstrømming i pH-kyvetter og forhold som førte til høyere avlest pH nedstrøms- enn oppstrøms anlegget. Anlegget doserte til tider noe mangelfullt slik at pH-målene ikke kontinuerlig ble opprettholdt i lakseførende del av elva.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

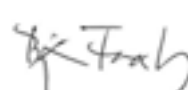
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vassdrag</li> <li>Kalkdosering</li> <li>Overvåking</li> <li>Måleteknikk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>River system</li> <li>Lime dosing</li> <li>Monitoring</li> <li>Measuring technic</li>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



Rolf Høgberget  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i  
Mandalsvassdraget**

Avviksrapport 2009

## Forord

Tidligere erfaringer har vist at kalkdoseringsanlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte produserer tilfeldig kalkdose til vassdragene som de betjener. Ettersom anleggene er kostnadskrevende både i etablering og drift, er det avgjørende for et økonomisk og miljømessig forsvarlig resultat at driften er tilnærmet optimal. Ideelt sett innebærer dette full kontinuerlig drift uten uønskede stopp og at dosen til enhver tid verken er for lav eller høy i forhold til oppsatte mål.

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt. Dette systemet for driftskontroll ble etablert i Mandalsvassdraget i 1999 som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene i vassdraget, samt å være et ekstra prosessverktøy for operatører og annet personell i MANKALK (interkommunal stiftelse bestående av alle involverte kommuner i Mandalsvassdraget). Det ble inngått ny rammeavtale 15. mai 2001, som inkluderer ansvaret for pH-målingsutstyr som prosessverktøy ved kalkingsanleggene.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun, Lise Tveiten og Rolf Høgberget. Jarle Håvardstun har også bearbeidet orienterende kart i denne rapporten.

De årlige avvikrapportene gir en dokumentasjon av arbeidet med driftskontroll ved kalkingsanleggene i Mandalsvassdraget.

Oppdragsgiver er MANKALK. Prosjektet støttes også av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder.

Grimstad, 23.03.10

*Rolf Høgberget*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Driften av anleggene</b>	<b>9</b>
2.1 Smeland	9
2.2 Håverstad	10
2.3 Bjelland	11
2.4 Logåna	14
<b>3. Tiltak</b>	<b>18</b>
3.1 Smeland	18
3.2 Bjelland	18
3.3 Logåna	18
<b>4. Referanser</b>	<b>20</b>

---

## Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalsvassdraget gjennomføres for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden.

Problemene i forhold til driftskontrollen som oppsto i 2008 (Høgberget og Håvardstun 2009) i forbindelse med ombygging til internetbasert styringsverktøy på anleggene, var tilbakelagt i 2009. Dersom evnen til å oppnå pH-målene i lakseførende strekning av elva er målet på effektiviteten til kalkingsprosjektet, var det bedre resultat i 2009 enn i 2008 da pH i elva var under målet 2 % av tiden. I 2009 var tilsvarende tall 1,2 %. Det må arbeides for at pH i elva aldri kommer under målene.

### Smeland

- Driften på anlegget var tilfredsstillende. Det var få antall driftsstanser, men da anlegget sto, tok det noe lang tid før det igjen var operativt. Siden Smeland er så perifert plassert i forhold til nedre deler av elva der kontinuitetskravene er høye, bidro ikke driftstansene til forrykking av doseringsregimet i elva.

### Håverstad

- Det var meget god driftsikkerhet på anlegget. Ingen langvarige stans ble registrert i den tiden det finnes logg.

### Bjelland

- Det var langt færre problemer med manglende vanngjennomstrømming i målekyvetter for pH-måling enn tidligere. Dette ga grunnlag for jevnere drift.
- Det var en del tilfeller der pH ble målt høyere oppstrøms- enn nedstrøms anlegget. Årsakene kan være flere, og hydrologiske årsaker kan ikke utelukkes. Forholdet må undersøkes nærmere.
- pH-målet ble ikke nådd i til sammen 4,5 dager fordelt på 8 tilfeller.
- Det settes et spørsmålstegn til kvaliteten på kalk som ble levert til anlegget i en periode. Da måtte det brukes 5 ganger mer kalk enn vanlig for å nå det samme pH-kravet ved anlegget.

### Logåna

- Det oppsto for mange stopp i vanngjennomstrømming av pH-kyvetta. 33 døgn uten reelle pH-målinger ble registrert som følge av forholdet. Pumpa ble i tillegg stoppet manuelt i 7 dager da det var stabil sommersituasjon.
- Anlegget gikk bare en gang tomt for vannglass uten at ny tilførsel ble mottatt tidsnok. Imidlertid oppsto denne situasjonen på et lite gunstig tidspunkt da pH var meget lav i elva.
- Det utviklet seg en tendens til økende avvik mellom ønsket doseringsstart og stopp i forhold til pH. Forholdet må undersøkes nærmere
- Anlegget doserte alt for lite ved flom i desember. Feilen må finnes og rettes før doseringskravet igjen blir høyt våren 2010.

## Summary

Title: Operation Report from lime dosers in Mandalsvassdraget. Non-conformance report 2009.

Year: 2010

Author: Rolf Hoegberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5694-9

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

This report summarizes discrepancies detected during the last year.

# 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. Bakgrunnen for utviklingen av systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige og til dels lite tilfredsstillende driftsresultater på de forskjellige 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 faktiske målte pH-verdier vises effektiviteten til anlegget.

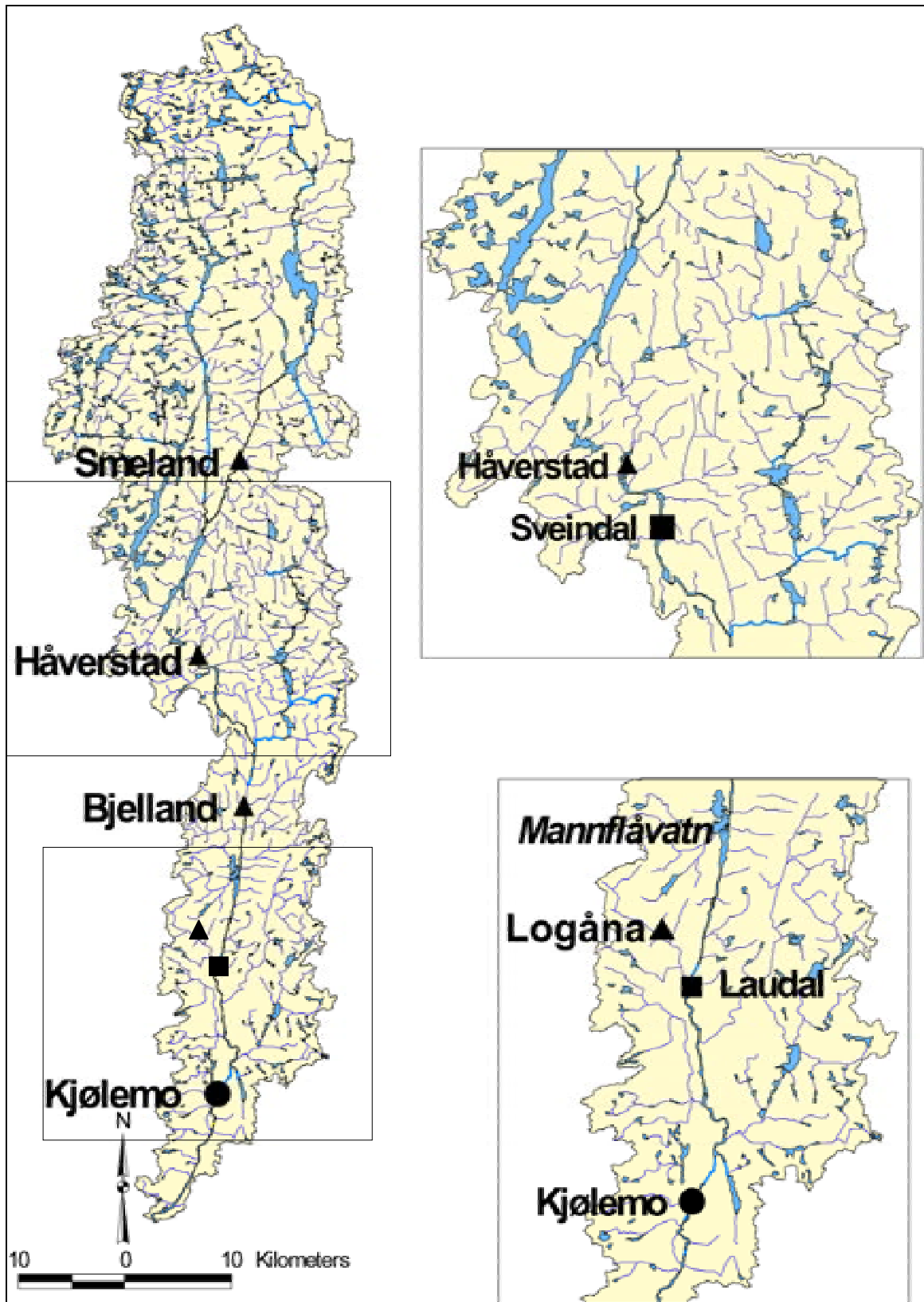
I Mandalsvassdraget er det montert driftskontroll på de tre største kalkdoseringsanleggene; Smeland, Håverstad, Bjelland samt et lite anlegg som doserer SiO<sub>2</sub> (vannglass) i Logåna. Anlegget på Smeland er vannføringsstyrt, mens anlegget på Håverstad skal være styrt av pH oppstrøms anlegget. Imidlertid har det vist seg at pH-målingene koblet til anlegget på Håverstad ikke har fungert optimalt (Høgberget 2000). Derfor styres anlegget som et vannføringsstyrt anlegg. Anlegget på Bjelland er styrt etter pH, både oppstrøms- og nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Logåna-anlegget er pH-styrt etter verdiene oppstrøms anlegget. Grunnlaget for driftskontrollen i Logåna avviker minimalt fra de andre anleggene ved at det er volumberegning av beholdningstank og ikke vekt som er utgangspunktet for doseberegninger. Plasseringen av de fire doseringsanleggene i Mandalsvassdraget som er omtalt i denne rapporten, er vist på kartet (*Figur 1*).

Det er tidligere utgitt følgende avviksrappporter for Mandalsvassdraget:

- oppstart av driftskontrollen i 1999 – 1. juni 2000 (Høgberget 2000)
- 1. juni 2000 – 1. juli 2001 (Høgberget 2001)
- 1. juli 2001 – 31. desember 2001 (Høgberget 2002)
- 1. januar 2002 – 31. desember 2002 (Høgberget, Skancke og Håvardstun 2003)
- 1. januar 2003 – 31. desember 2003 (Høgberget 2004)
- 1. januar 2004 – 31. desember 2004 (Høgberget og Håvardstun 2005)
- 1. januar 2005 – 31. desember 2005 (Høgberget, Håvardstun og Tveiten 2006)
- 1. januar 2006 – 31. desember 2006 (Høgberget og Håvardstun 2007)
- 1. januar 2007 – 31. desember 2007 (Høgberget og Håvardstun 2008)
- 1. januar 2008 – 31. desember 2008 (Høgberget og Håvardstun 2009)

Denne avviksrapporten fra Mandalsvassdraget omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2009.





*Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Mandalselva med utsnitt av to områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegg (triangler) og pH-målestasjon (sirkel). Øvrige stedsnavn er merket med kvadrater.*

## 2. Driften av anleggene

### 2.1 Smeland

Øverst i Mandalsvassdraget ligger kalkdoseringsanlegget Smeland (**Figur 1**). Dette anlegget er et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg. Et slikt anlegg skal kalke med fast dose. Det teoretiske kalkdosemålet for anlegget på Smeland er gitt som  $\geq 1 \text{ g kalksteinsmel/m}^3 \text{ vann}$ . Ved driftskontroll registreres dosen som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets kalkbeholdning (kalksilo) sammenholdt med vannføring ved kalkingspunktet. Kalkdoseringsanlegget er plassert nedstrøms et kraftverk som døgnregulerer vannføringen forbi doseringsanlegget. Vanlig utvikling gjennom et døgn er lavest vannføring tidlig på morgenen, deretter en fordobling utover dagen. Maksimum vannføring nås om ettermiddagen da det normalt er ca.  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  forbi kalkdoseringsanlegget.

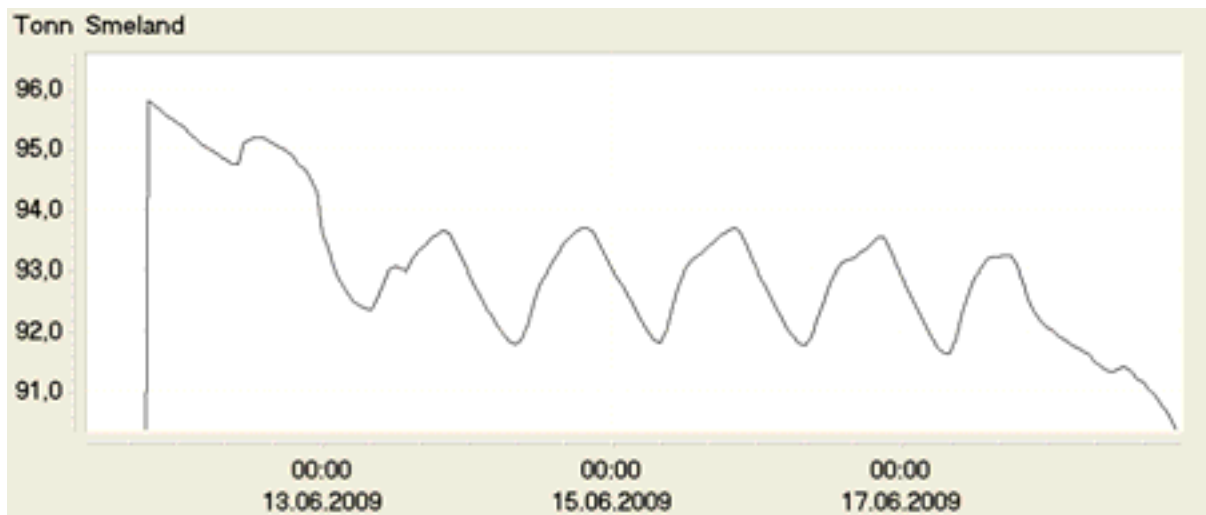
Det er ikke registrert avbrudd i driftskontrollens dataserie i 2009.

Det ble ikke registrert brudd i veiesignaler på anlegget i perioder over 8 timer. Vektverdiene var imidlertid nokså ustabile. Variasjonen kunne variere nesten to tonn i løpet av døgnet (**Figur 2**).

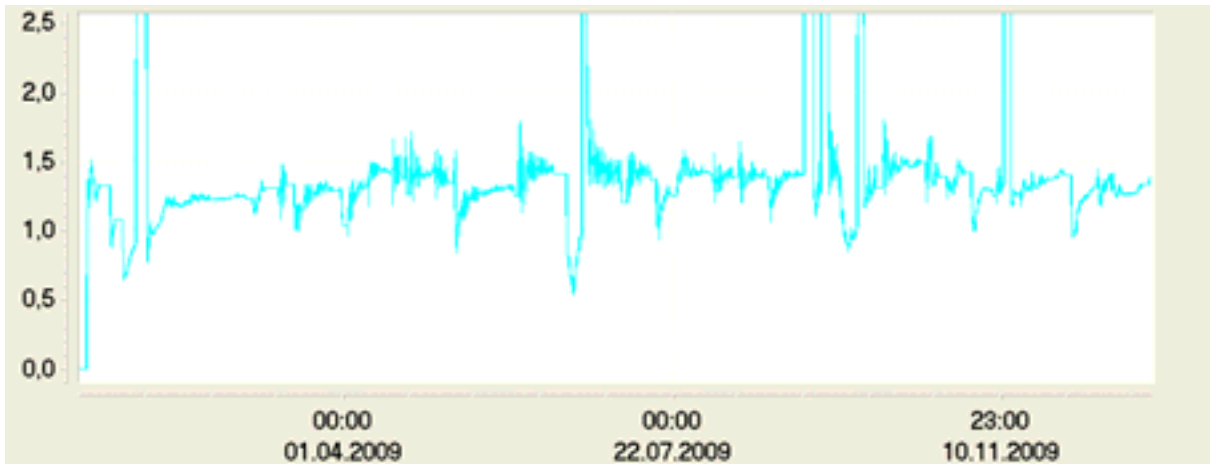
Vannstandssignalet var kontinuerlig hele året. Vannføringer på grunnlag av dette signalet er gjengitt i **Figur 4**.

Anlegget hadde 3 tilfeller der doseringen stoppet i mer enn 8 timer. Det var 20. januar, 12. juni og 16. september da anlegget stoppet henholdsvis to, fem og fire dager. Doseringsstoppen 20. januar begynte med strømstans på anlegget. Årsaken til de andre driftsstansene er ikke klarlagt.

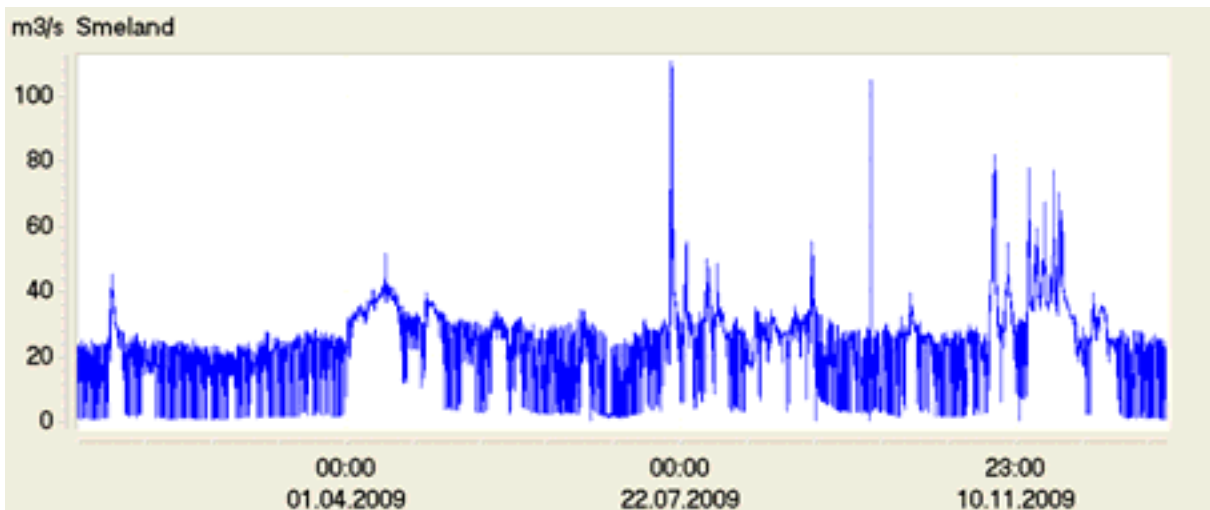
**Figur 3** viser akkumulerte gjennomsnittlige doser (langtidsdoser) mellom hver kalkfylling gjennom året. Dosene varierte fra 1 til  $2 \text{ g/m}^3$  med vanligste doser rundt  $1,2\text{-}1,4 \text{ g/m}^3$ .



**Figur 2.** Kalkvekt avlest i forbindelse med doseringsstopp på Smeland doseringsanlegg i juni 2009. Den reelle variasjonene i avlest vekt synes da tydelig. Det var nesten 2 tonn mellom laveste og høyeste verdi samme døgn.



**Figur 3.** Langtidsdosen (akkumulert gjennomsnittlig dose på grunnlag av vekttap og vannføring) på Smeland doseringsanlegg over hele året 2009. Ved normal drift ble dosene alltid høyere enn anbefalt dose ( $1 \text{ g/m}^3$ ). Forstyrrelser ved doseringsstopp synes tydelig ved reduserte gjennomsnittsdoser.



**Figur 4.** Vannføringen ved Smeland doseringsanlegg i 2009. Det normale var pulserende vannføringer som følge av døgnstyring ved Smeland doseringsanlegg, men ved flom sluttet vannføringen å pulsere. Høyeste vannføring ble målt til  $110 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 2.2 Håverstad

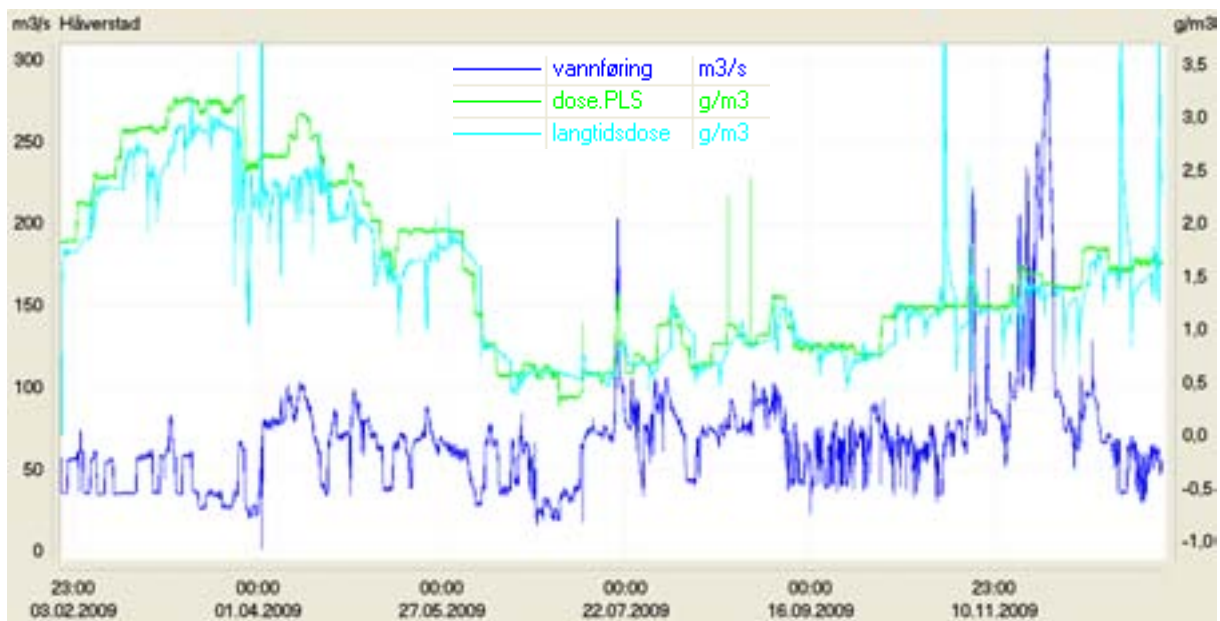
Kalkdoseringsanlegget på Håverstad ligger mellom anleggene på Smeland og Bjelland (**Figur 1**), på en tange mellom utslagstunnelen fra Håverstad kraftverk og det gamle elveløpet. Anlegget er et pH-styrt kalkdoseringsanlegg. Det vil si at pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget styrer doseringen av kalk. Imidlertid har det vist seg at det oppstår bakevjeeffekter i elvevannet ved dette doseringsanlegget. Kalket vann trekkes oppover det gamle elveløpet og passerer inntaksbrønnen oppstrøms anlegget. pH-målingen oppstrøms anlegget blir dermed påvirket av utdosert kalk fra kalkdoseringsanlegget. Det er derfor uegnet som styringsverktøy for kalkdoseringen. For å unngå problemet er pH satt til en fast verdi (pH 4,7) slik at pH-forandringene overstyres. Anlegget fungerer da som et vannføringsstyrt anlegg, med dosering av fast dose i forhold til vannføringen.

Driftskontrolloggen stoppet 5. januar. Den ble da stående til 28. januar på grunn av misforståelser.

Det var ingen lange avbrudd i innsamlingen av signaler for vekt og vannstand til driftskontrolloggen

Veiesignalet hadde noen få forstyrrelser. Spesielt 2. november da signalet var uleselig i 14 timer. Totalt sett var vektavlesingen likevel god.

Dosene som ble levert fra anlegget varierte gjennom rapporteringsperioden. Året begynte med en dose i underkant av  $2 \text{ g/m}^3$  i begynnelsen av januar. Denne ble suksessivt øket til ca.  $3 \text{ g/m}^3$  i mars. Fra april ble dosene igjen trappet ned utover våren til laveste målte dose midt i juni på noe over  $0,5 \text{ g/m}^3$ . Fra 1. august ble dosene langsomt øket utover sensommer og høst til ca.  $1,7 \text{ g/m}^3$  ved årsskiftet. Dosene ble ikke påvirket av vannføringssituasjonen i elva (*Figur 5*).



**Figur 5.** Vannføring, PLS-dose (styringssignal som dose) og langtidsdose ved Håverstad doseringsanlegg i 2009. (Januar er ikke med, da mangler logg). Det er godt samsvar mellom styringssignalet som PLS dose og langtidsdose, særlig siste halvdel av året.

## 2.3 Bjelland

Kalkingsanlegget på Bjelland ligger nedenfor Smeland og Håverstad (*Figur 1*) og styrer mesteparten av vannkvaliteten på lakseførende strekning (Bjelland–Kjøleemo). I praksis vil ønsket vannkvalitet i denne sammenhengen bety ønsket pH-verdi. Anlegget på Bjelland er derfor pH-styrt og doserer kalk etter pH-verdiene som registreres oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget.

Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Vest-Agder har fastsatt pH-mål gjennom året (teoretiske grenseverdier for pH) for lakseførende strekning i Mandalsvassdraget. Disse målene ble sist revidert 24. april 2006, og er som følger: 15/2-14/4: pH 6,2, 15/4-31/5: pH 6,4 og pH 6,0 resten av året. Generelt er det ofte ønskelig med en dosering som gir pH litt over det fastsatte målet for å ha noe

bufferkapasitet i forhold til eventuelle forsurende forhold nedstrøms anlegget. pH-kravet på anlegget blir derfor ofte satt høyere enn pH-målet for elva.

Det var ingen brudd i datarekkene fra driftskontrolloggeren.

Det var ingen langvarige brudd i signaltilgangen for driftskontroll i rapporteringsperioden.

Det var enkelte tilfeller av manglende vanngjennomstrømming i målekyvettene for pH-målinger både oppstrøms- og nedstrøms anlegget. Til sammen var det 15 dager ved pH målinger oppstrøms- og 9 dager ved målinger nedstrøms anlegget der pH ikke viste reelle verdier på grunn av stillstand i kyvettene (**Tabell 1**).

Det var 14 tilfeller der pH oppstrøms anlegget ble målt høyere enn nedstrøms anlegget, 6 av disse forholdene oppsto selv om anlegget kalket. Totalt var det 46 dager med slike pH-målinger. **Tabell 2** viser når og i hvor lang tid slike forhold oppsto.

**Tabell 1.** Dato og varighet med stillstand i målekyvettene for pH-målinger ved Bjelland doseringsanlegg i 2009. Bare tilfeller med stillstand over 8 timer er listet opp. Det var flere tilfeller av stillstand oppstrøms- enn nedstrøms anlegget.

Dato	Dager uten gjennomstrømming i målekyvetta	
	Oppstrøms doserer	Nedstrøms doserer
12.01.2009		3
25.01.2009	0,7	
03.02.2009	0,3	
04.03.2009	1,5	
16.06.2009	1,1	
29.06.2009	4,9	0,5
09.07.2009	3	
13.07.2009	1,3	
11.08.2009	0,6	
20.08.2009	0,6	
25.11.2009		1,6
29.11.2009		3,4

**Tabell 2.** Antall dager der pH oppstrøm anlegget ble målt høyere enn nedstrøms anlegget.

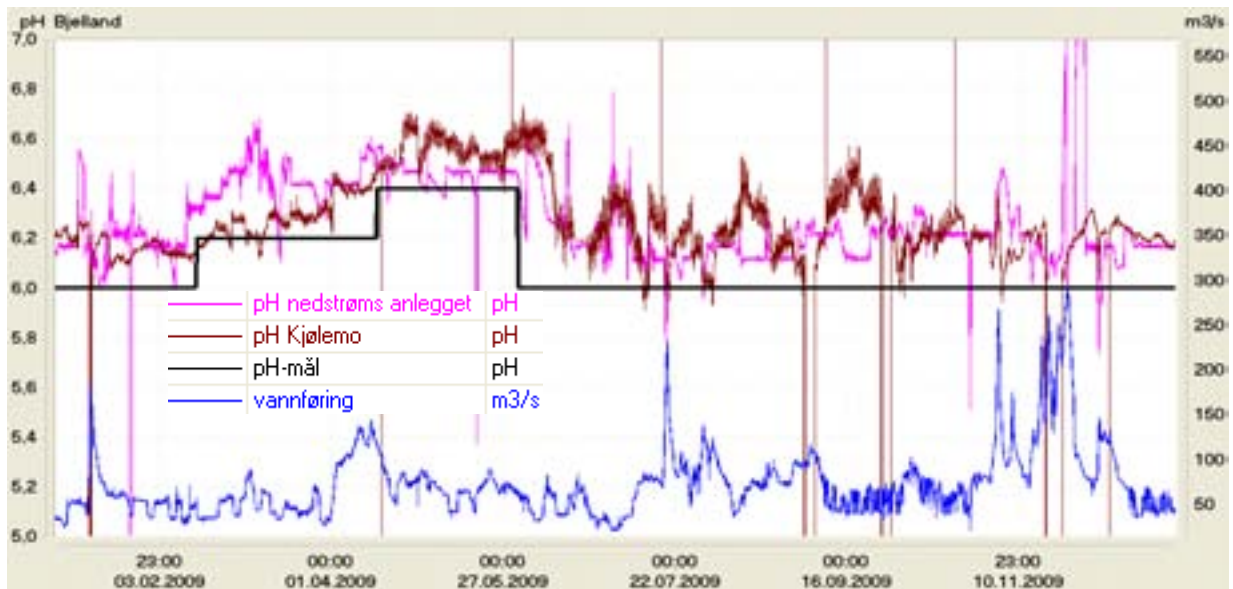
Dato	Dager	Merknad
14.01.2009	3,7	Ingen dosering
07.02.2009	1,7	
13.03.2009	2,1	Ingen dosering
26.03.2009	3,8	Ingen dosering
29.04.2009	2,4	
03.05.2009	5,3	Ingen dosering
01.06.2009	2,6	Ingen dosering
23.06.2009	7,8	Ingen dosering
19.07.2009	4	Ingen dosering
01.10.2009	5,7	
19.11.2009	1,8	
26.11.2009	0,8	
06.12.2009	0,7	
12.12.2009	3,3	

Det var 8 tilfeller der pH i lakseførende strekning av elva ble målt lavere enn pH-målet. Disse tilfellene er gjengitt i **Tabell 3**. Til sammen utgjorde dette ca. 110 timer med for lav pH enten ved Bjelland eller ved Kjølemo. pH gjennom hele året er gjengitt i **Figur 6**.

**Tabell 3.** Dato og varighet som pH i lakseførende strekning av elva var under pH-målet.

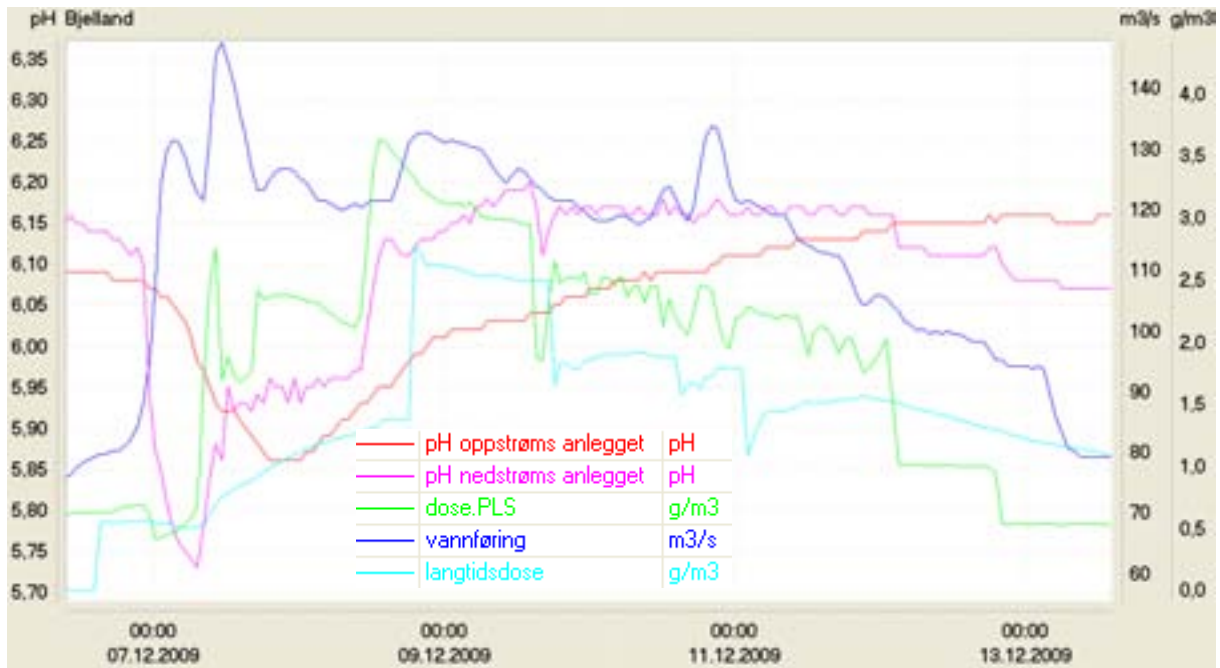
Dato	Antall timer under pH-målet		Laveste pH	pH-mål
	Bjelland	Kjølemo		
08.03.2009		24	6,1	6,2
14.03.2009	17		6,1	6,2
12.07.2009		8	5,9	6
18.07.2009	8		5,8	6
19.07.2009		8	5,9	6
03.08.2009		8	5,9	6
05.11.2009		8	5,9	6
06.12.2009	30		5,7	6

Ved tilfellet som oppsto 6. desember er det mulig å spore årsaken til pH-reduksjonen. Treg regulering av doseringen førte til for sen økning av doseringen (**Figur 7**). Da det i tillegg var strekt økende doseringsbehov for å kunne øke pH til gjeldende pH-krav på anlegget, ble doseringen den første tiden for lav til å kunne opprettholde pH i nærheten av kravet. Dosene måtte økes ca. 5 ganger i forhold til det normale for å oppnå ønsket effekt. Også ved Håverstad ble dosene manuelt øket med 0,4 g/m<sup>3</sup> i denne perioden uten at dette kunne forhindre en lavere pH (pH oppstrøms anlegget på **Figur 7**).



**Figur 6.** pH i lakseførende strekning av Mandalselva ved Bjelland og Kjølemo sammen med vannføring ved Bjelland. pH-målene for elva er også inntegnet. Figuren viser at målene i det alt vesentlige ble opprettholdt. De vertikale linjene er ikke reelle, men oppstår ved signalforstyrrelser eller bortfall av signal.





**Figur 7.** pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget på Bjelland sammenholdt med vannføring, langtidsdose og PLS-dose (styringsdose) ved anlegget. Figuren viser at dosene ikke økte selv om pH ble lav den 6. desember. Denne tilstanden varte i 9 timer før anlegget endelig begynte å dosere høyere doser. Doseringsbehovet ble 5 ganger høyere i påfølgende flom som varte i 6 dager. Behovet var reelt. Langtidsdosen viser dette ved å grovt å følge PLS-dosen.

## 2.4 Logåna

Logåna er en periodisk sur sideelv til Mandalselva. Den er laks- og sjøørretførende, men på grunn av store variasjoner i surhetsgraden, har det vært vanskelig å vedlikeholde en stabil fiskebestand. Det har også tidligere forekommet massiv fiskedød flere ganger i forbindelse med ekstreme forsuringsepisoder. Elva var før 2002 kalket ved hjelp av kalkdoseringsanlegg.

Høsten 2002 ble Logåna doseringsanlegg etablert. Det er et pH-styrt anlegg for dosering av vannglass ( $\text{SiO}_2$ ). pH-meteret har etter januar 2005 vært plassert oppstrøms doseringspunktet. For beskrivelse av prinsipp, se Høgberget, Håvardstun og Tveiten 2006. Det er vannføringssignal tilkoblet anlegget for å kunne gi optimal dosering ved behov. Siden det i lange perioder ikke er nødvendig å avsyre elvevann, gir anlegget ingen kontinuerlig dose, men justerer doseringen for å oppnå et valgt pH-krav ved forsuringsepisoder. pH-kravet for Logåna doseringsanlegg var satt til pH 5,9.

Datarekkene fra driftskontrolloggen er kontinuerlig hele året.

Vannstandsmåleren viste feil målinger ved to anledninger. Det var 30. januar og 20. juni da urealistisk høye målinger ble levert i henholdsvis en og tre dager. Vannstandssignalet ble kalibrert i forbindelse med utbedring av feilen 20. juni. Vannstandsdata etter denne datoen er derfor bedre i samsvar med målestaven.

Verdier for beholdning ble riktig logget i hele perioden.

Sviktende pH-signaler oppsto fire ganger. Det var 17. januar, 16. juni, 31. juli og 20. august. Til sammen utgjorde dette noe over tre dager uten pH-verdier ved anlegget. Tilfellene sammenfalt med

bortfall av nettspenning. Anlegget er satt til å dosere vannglass ved brudd på nettspenningen (Høgberget og Håvardstun 2007). Dette førte til at det ble dosert 0,6 m<sup>3</sup> vannglass en gang da det egentlig ikke var behov for det.

Perioden var preget av mange stans i vanngjennomstrømmingen av målekyveta for pH-måling. Dette førte til 40 døgn uten reelle pH-målinger (**Tabell 4**). Stillstand oppsto ofte i forbindelse med flom. Ved en anledning ble målingene stoppet manuelt. Årsaken var ønske om å unngå drifting av anlegget ved meget lav vannføring og stabilt pH-regime (høy pH i elva).

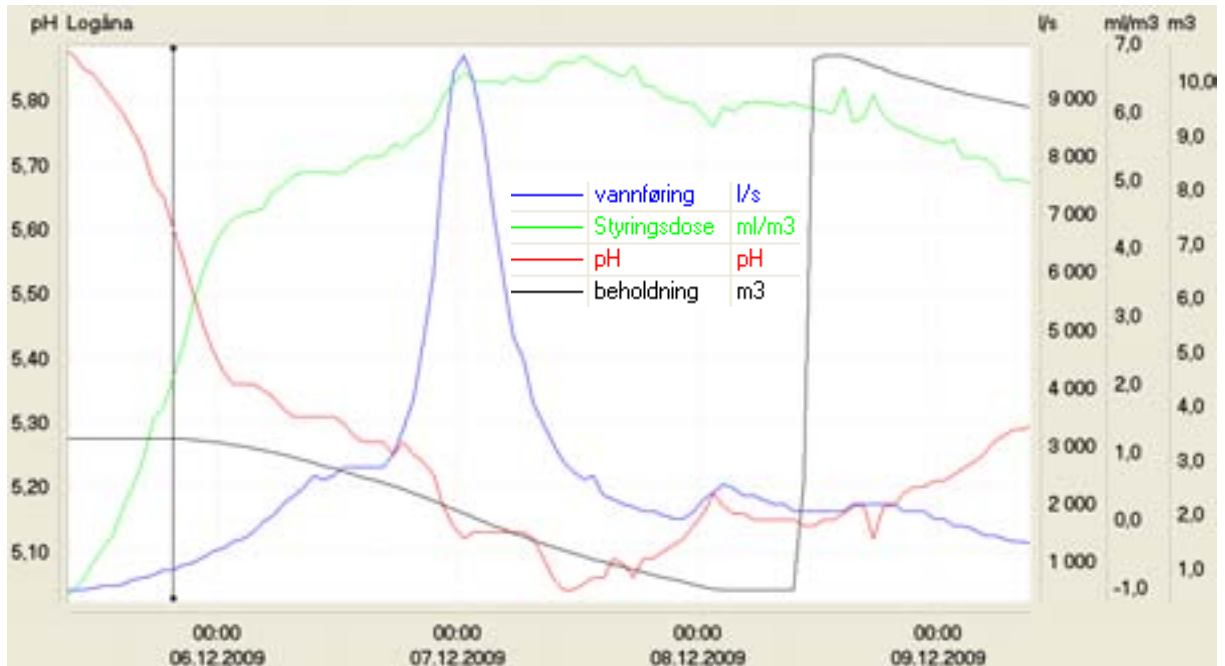
**Tabell 4.** Dato og varighet for stopp i vanngjennomstrømmingen av målekyveta for pH-måling på Logåna doseringsanlegg i 2009.

Dato	Dager	Merknad
05.01.2009	6,9	
14.02.2009	2	
18.05.2009	1,4	
26.05.2009	4,5	Periodevis stopp
03.06.2009	1,4	Periodevis stopp
07.06.2009	8,6	Periodevis stopp
03.07.2009	6,9	Anlegget manuelt stoppet
11.07.2009	0,5	
13.07.2009	0,8	
18.07.2009	0,7	
30.08.2009	0,5	
03.09.2009	0,6	
04.10.2009	4	
02.11.2009	0,6	
04.11.2009	0,5	

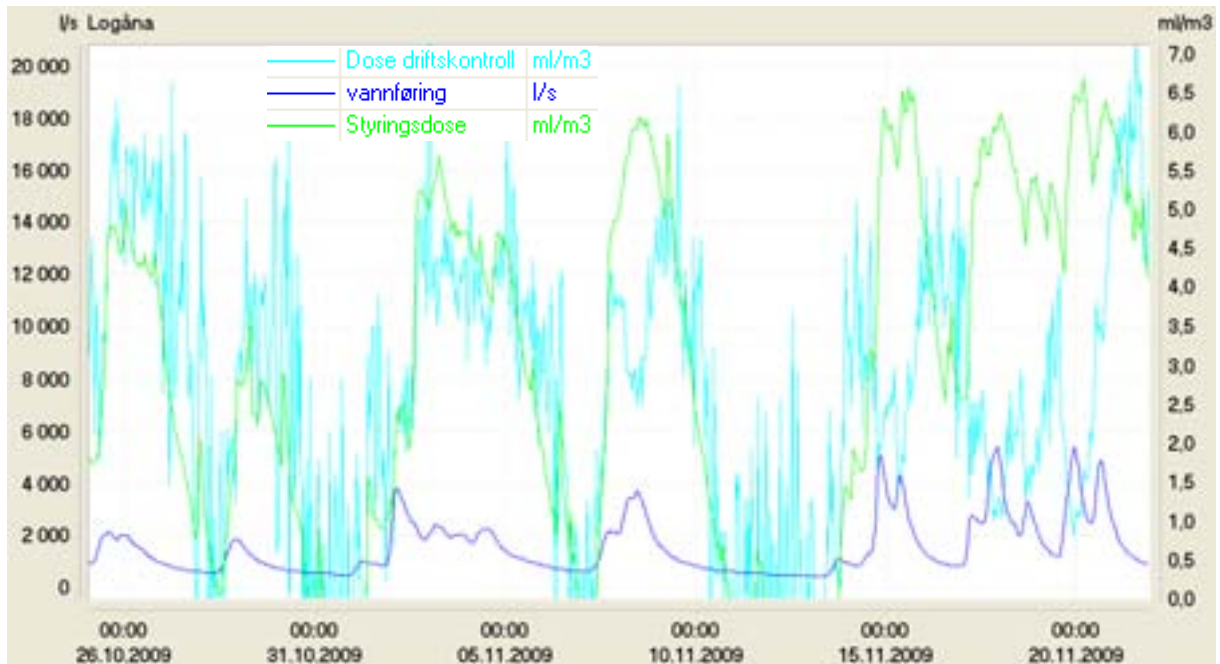
Det ble registrert ett tilfelle av doseringssvikt ved lav pH og behov for dosering. Det var 8. desember. Da var pH 5,2 i elva, og høy dosering påkrevd. Imidlertid gikk anlegget tom for vannglass før ny forsyning ble tilkjørt. Dette resulterte i 8 timer uten dosering (**Figur 8**). Doseringseffektiviteten utviklet seg i november slik at det ble dosert for lite vannglass ved høye doseringsbehov (**Figur 9**).

Det var, som tidligere rapportert (Høgberget og Håvardstun 2009) noe treg start og for rask avslutning av doseringen ved doseringsbehov. Normalt var avviket ca. 0,1 pH-enheter fra settpunktet for doseringsstart (pH 5,9). Imidlertid økte dette avviket helt til 0,3 pH-enheter senhøstes 2009 (**Figur 8**). **Figur 10** viser pH, vannføring og beholdningssituasjonen over hele året.

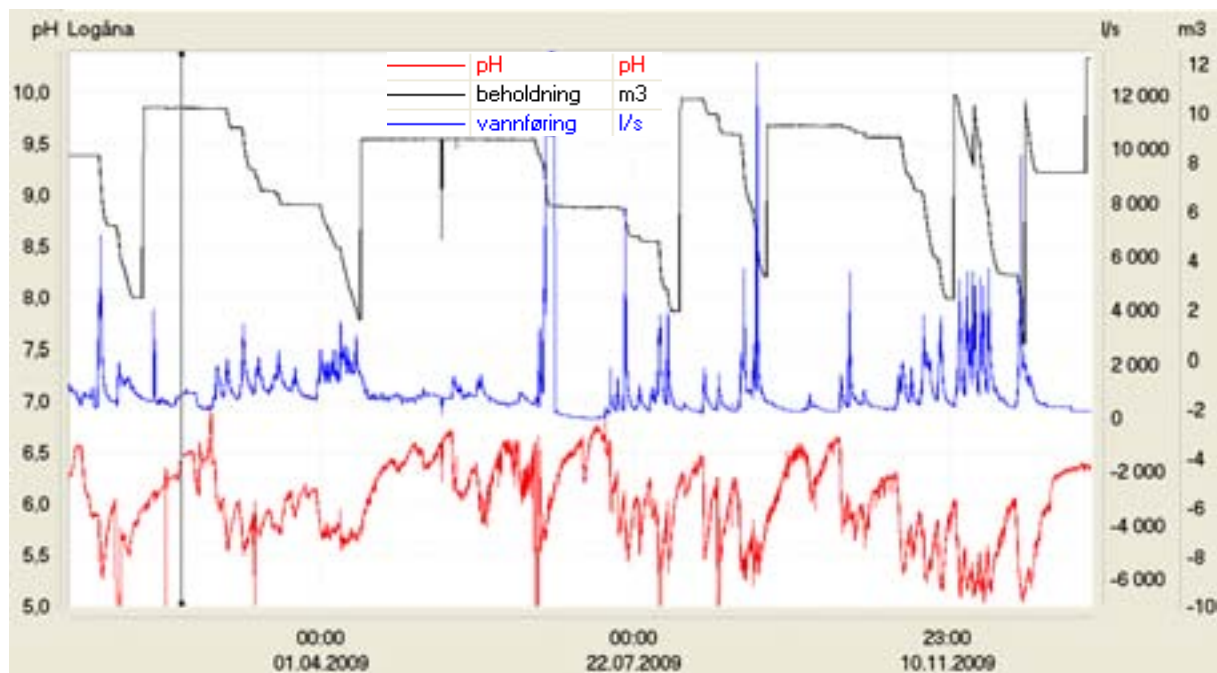




**Figur 8.** Vannføring, styringsdose, beholdning og pH ved Logåna doseringsanlegg i deler av desember 2009. Anlegget gikk tomt for vannglass mens behovet var høyt (6 g/m<sup>3</sup>). Figuren viser også for sen start av dosering 5. desember. Doseringen startet ikke før pH passerte 5,6. (Markert med vertikal strek).



**Figur 9.** Vannføring, styringsdose og dose fra driftskontrollen (beregnet på grunnlag av vannføring og beholdningstap) ved Logåna doseringsanlegg i månedsskiftet oktober/november 2009. Figuren viser at anlegget ikke leverte de forventede dosene ved flom. Feilen oppsto første gang 7. november.



**Figur 10.** pH, vannføring og beholdning ved Logåna doseringsanlegg i hele 2009. Det var få store flommer i elva, men tett mellom flommene i siste del av november. Høy vannføring vist på figuren i juni er ikke reell. Anlegget fikk ny forsyning av vannglass i alt 8 ganger.

## 3. Tiltak

### 3.1 Smeland

Det ble observert stor unøyaktighet i veiesignalene på anlegget. Dette vanskeliggjør utregningen av nøyaktige doser. Det er likevel ikke foreslått tiltak til forbedring av målenøyaktigheten. Årsaken er at det fortsatt var mulig å følge dosene som ble gitt fra anlegget på grunnlag av vakttap og vannføring.

### 3.2 Bjelland

Ønsket om utvidet måleområde for vannføring (Høgberget og Håvardstun 2007) er ennå ikke gjennomført. Det ble i 2007 bestemt (møte om drift av kalkingsanleggene i Vest-Agder 17.10.07) at målepunktet skulle flyttes til NVEs målestav på Bjelland. Det er ennå ikke tatt noen endelig avgjørelse i denne saken. På siste driftsmøte (6. januar 2010) ble saken lagt på vent uten at det ble kommentert i møtereferatet.

Problemet med lavere avlest pH nedstrøms enn oppstrøms anlegget kan ha flere forklaringer. Operatørene opplevde flere ganger at pH ble målt riktig begge steder i forhold til kalibrert felt-pHmeter. Likevel vedvarte fenomenet. Det er derfor nærliggende å antyde at forholdet kan skyldes at målevannet ikke representerer det ferdig innblandete prosessproduktet fra kalkdoseringsanlegget. En Ruthner vannhenter er levert operatøren slik at han kan benytte denne til å forsøke å finne forskjeller på tvers av elva i forhold til kalkinnblanding. Siden forholdet også oppstår når anlegget ikke kalker, er det også mulig at lokalt vann fra nærområdet blir overrepresentert i vanninntaket til pH-måling nedstrøms anlegget.

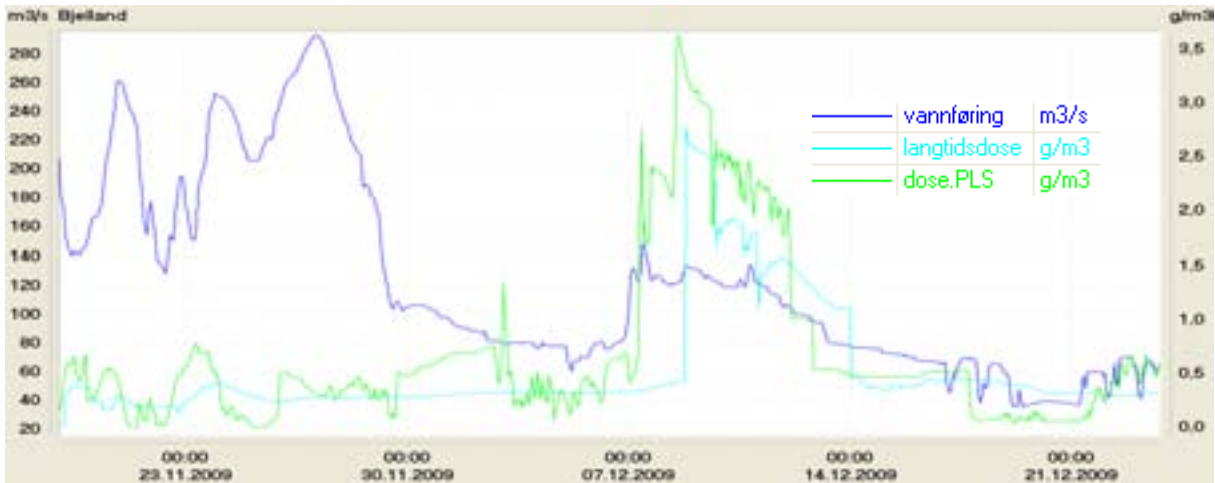
Ved en anledning ble det observert langt høyere doser enn normalt for å regulere pH til ønsket krav (*Figur 7*). Denne episoden oppsto om høsten. Forholdet kunne skyldes en sjøsaltepisode som følge av spesielle værforhold med storm fra havet. Dette har oppstått tidligere (Kroglund m.fl. 2007). Imidlertid viser værddata fra Meteorologisk Institutt at det i denne perioden ikke var antydning til kraftig vind, ei heller vindretning som skulle tilsi forhold som kunne skape en sjøsaltepisode (øst-sørøst vind). Da pH-reakjonen på kalking var mye høyere både før og etter denne episoden, underbygger det en påstand om at målesensitiviteten var identisk hele tiden (*Figur 11*). Det er derfor nærliggende å antyde at kalk-kvaliteten i denne spesielle perioden har vært for dårlig egnet til formålet. Undersøkelser bør foretas for å kartlegge hva som har ledet til forholdet, slik at dårlig egnet kvalitet ikke blir levert til kalkdoseringsanleggene. Dersom doseringsbehovet hadde vært som forventet (ca.  $0,5 \text{ g/m}^3$ ), ville ca. 70 tonn kalk vært spart under denne ene flommen der vannføringen ikke var spesielt høy (maksimum  $145 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### 3.3 Logåna

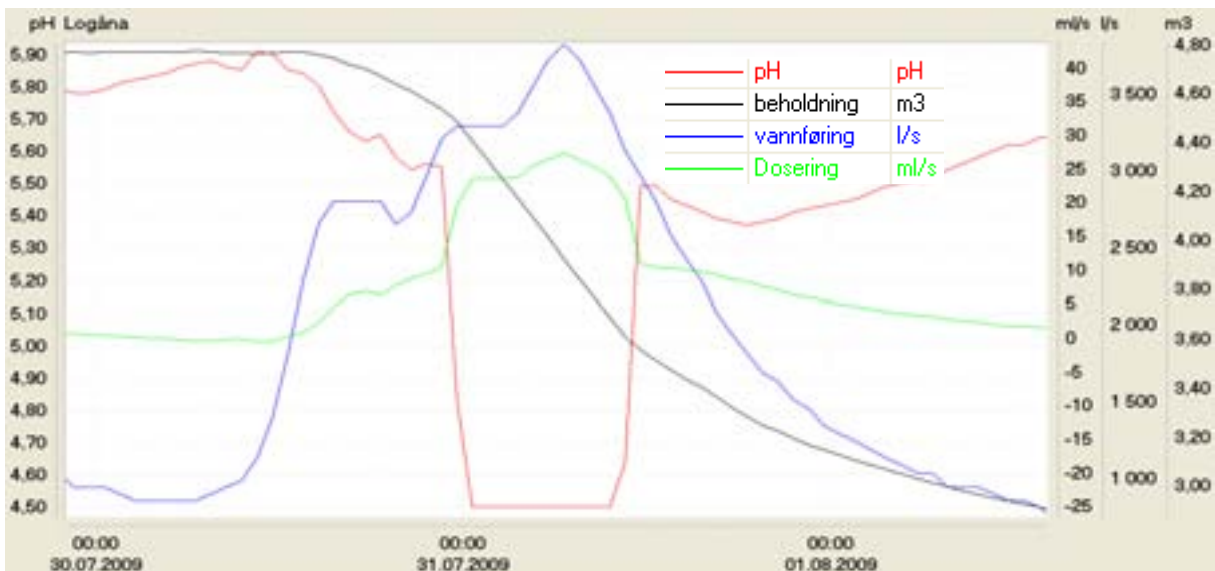
Anlegget doserte  $0,6 \text{ m}^3$  vannglass da det ikke var behov for dosering. Dette var i forbindelse med brudd på nettstrømmen. Imidlertid viser *Figur 12* hvordan dosering ble opprettholdt da det ble strømbrudd under flomutvikling med synkende pH. Det økonomiske tapet ved vannglassdosering da det ikke var behov vurderes som kompensert i de tilfellene som oppstår der behovet er stort, og faren for skader på fisk ved bortfall av dosering er til stede.

Anlegget doserte for lite ved høye doseringsbehov mot slutten av året. Dette førte til langt mindre dosering under flom enn ønskelig. Årsaken til problemene må finnes, og problemet må løses så fort som mulig.

Det ble også observert for sen start og for tidlig avslutning av dosering ved pH under grenseverdi for dosering. Det er også tidligere rapportert slike avvik, men mot slutten av 2009 ble disse forholdene forverret. Dette antas å ha sammenheng med bytte av pumpe­slange. Ny slange vil være stivere enn en utbrukt. Dermed kreves større moment for å drive rundt valsene i pumpehodet. Dersom problemet ikke løser seg, må det foretas justering av dreiemomentet i pumpen slik at den blir sterkere ved de helt lave omdreiningene.



**Figur 11.** Vannføring, langtidsdose og PLS-dose på Bjelland doseringsanlegg fra 19. november og ut året 2009. Det var stor forskjell i avgitte doser ved flomperioden i november kontra flommen i desember.



**Figur 12.** Vannføring, beholdning, dosering og pH ved Logåna doseringsanlegg da nettstrømmen falt bort 30. juli 2009. Det var stort behov for vannglass da pH ble redusert under flom. Anlegget fortsatte å dosere med noe høyere dosering. Anlegget leverte da 1/3 av full kapasitet. Dette motvirket forsureffekter i det halve døgnet som strømstansen varte.

## 4. Referanser

- Høgberget, R., 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. NIVA rapport L. nr. 4277.
- Høgberget, R., 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. NIVA rapport L. nr. 4415.
- Høgberget, R., 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA rapport L. nr. 4488.
- Høgberget, R., 2004. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2003. NIVA rapport L. nr. 4904.
- Høgberget, R. og Hindar, A., 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA rapport L. nr. 3824.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J., 2005. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2004. NIVA rapport L. nr. 5050.
- Høgberget, R., Skancke L. B. og Håvardstun, J., 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2002. NIVA rapport L. nr. 4697.
- Høgberget, R., Håvardstun, J. og Tveiten, L. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2005. NIVA rapport L. nr. 5210.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA rapport L. nr. 5461.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA rapport L. nr. 5618.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA rapport L. nr. 5787.
- Kroglund, F., Kleiven, E., Barlaup, B.T. (LFI), Halvorsen, G.A. (LFI), Gabrielsen, S.E. (LFI), Skoglund, H & Wiers, T. (LFI), Gutterup, J. (Tvedestrand kommune), Teien, H.C. (UMB). 2007. Fisk og bunndyr, effekter av sjøsaltepisoder vinteren 2004/2005. NIVA rapport L. nr. 5369.

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)