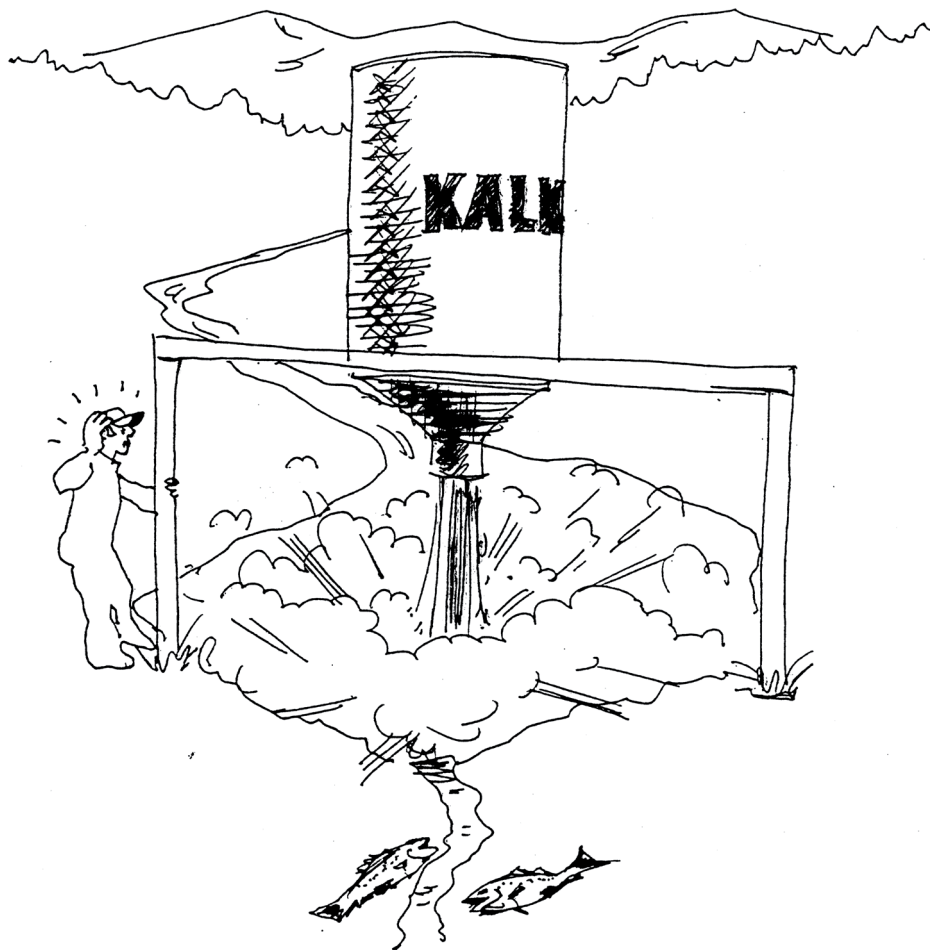


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget Avviksrapport 2011



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 59
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

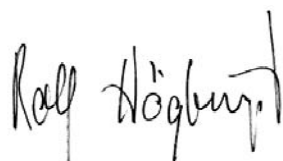
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

| | | |
|---|---|---------------------|
| Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget Avviksrapport 2011 | Løpenr. (for bestilling) 6370 - 2012 | Dato 14.5.2012. |
| | Prosjektnr. Undernr. 12133 | Sider Pris 21 |
| Forfatter(e) Rolf Høgberget | Fagområde Overvåking | Distribusjon Fri |
| | Geografisk område Vest-Adger | 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 avdekke effektiviteten til de enkelte anleggene i vassdraget. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Den daglige driftskontrollen av Smeland doseringsanlegg måtte tidvis opphøre på grunn av mange svikt i telelinjen. Det var lav dosering fra anlegget. Håverstad doseringsanlegg hadde god driftssikkerhet gjennom hele året. Bjelland doseringsanlegg kaltet tilfredsstillende, men det var en del mangler ved pH-målingene. Årsakene var ofte stopp i gjennomstrømmingen av pH-kyveta, men også feil på måleutstyret. Logåna-anlegget hadde også for mange stopp i vanngjennomstrømmingen. Det foreslås tiltak for å bedre disse forholdene. Fisk kan ha tatt skade av for surt vann på grunn av manglende vannglass når behovet oppsto. pH-målet for lakseførende strekning av elva ble opprettholdt kontinuerlig i hele perioden</p> |
|--|

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



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder



Merete J. Ulstein
Prosjektleder

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Mandalsvassdraget**

Avviksrapport 2011

Forord

Tidligere erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte produserer en upresis kalkdose til vassdragene som de betjener. Ettersom anleggene er kostnadskrevene 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 dokumentere effektiviteten i 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 laget kartene i 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, 14.5 2012

Rolf Høgberget

Innhold

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 6 |
| 1. Innledning | 7 |
| 2. Driften av anleggene | 10 |
| 2.1 Smeland | 10 |
| 2.2 Håverstad | 12 |
| 2.3 Bjelland | 13 |
| 2.4 Logåna | 15 |
| 3. Tiltak | 20 |
| 3.1 Smeland | 20 |
| 3.2 Bjelland | 20 |
| 3.3 Logåna | 20 |
| 4. Referanser | 21 |

Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til disse. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden.

Smeland

- Store feil ved telelinjen til anlegget vanskeliggjorde overføring av data fra driftskontroll-loggeren. I en periode måtte derfor den rutinemessige driftskontrollen innstilles.
- Det var mange driftsstanser på anlegget, og en tid på våren doserte anlegget med meget lave doser.
- Det ble gjennomsnittlig dosert med doser nær målet. Imidlertid ble det ved en anledning dosert ca. 20 tonn for mye fra anlegget i løpet av tre dager. Dosekravet var da 5 g/m^3 .

Håverstad

- Det var meget god driftssikkerhet på anlegget. Kun noen få stopp i løpet av året ble registrert.
- Doseringen fra anlegget ble justert etter behov. Dette førte til doser fra $0,5$ til 3 g/m^3 avhengig av årstid og vannføringsforhold.

Bjelland

- Det ble ikke registrert pH under målet i lakseførende strekning av elva.
- Det ble registrert til sammen 15 dager uten gjennomstrømming i målkvyettene for pH-måling.
- pH ble en del ganger målt høyere oppstrøms enn nedstrøms anlegget. Mulige ytre forhold kan være årsaken til forholdet, men dette er enda ikke dokumentert. Tidligere forslag om pH-målinger for kartlegging av innblandingsforholdene er ikke foretatt.
- Dårlig samsvar mellom kalkingen fra anlegget og pH-målingene ble registrert. Dette førte til utbytting av elektronikken på pH-stasjonen nedstrøms anlegget.
- pH-metret nedstrøms anlegget bør få en annen plassering i lokalet for å unngå opphetning/uttørking.
- Vannføringen oversteg høyeste registrerbare nivå ved en anledning.

Logåna

- Det ble strømstans ved anlegget en del ganger i løpet av perioden. Strømtilførselen er for ustabil, og bør bedres.
- Det oppsto mange feil på vannstandsmålingen, delvis på grunn av ising om vinteren, men også defekt utstyr.
- Det var relativt mange stopp i vanngjennomstrømmingen i pH-målekyvetta. Dette førte også til manglende dosering ved behov. Det foreslås ombygging til annen form for teknologi slik at pH-målingen blir kontinuerlig uten feil på grunn av manglende vanngjennomstrømming i målekyvetta.
- Manglende vannglass i beholdningstanken førte til surt vann i elva som to ganger kan ha påvirket fiskepopulasjonen.
- Tilleggsutstyr som kan sikre vannglasstilførsel ved lav dosering bør vurderes montert.

Summary

Title: Operation Report from lime dosers in Mandal river. Non-conformance report 2011.

Year: 2012

Author: Rolf Hoegberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 987-82-577-6105-9

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 SiO₂ (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 knyttet 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*).

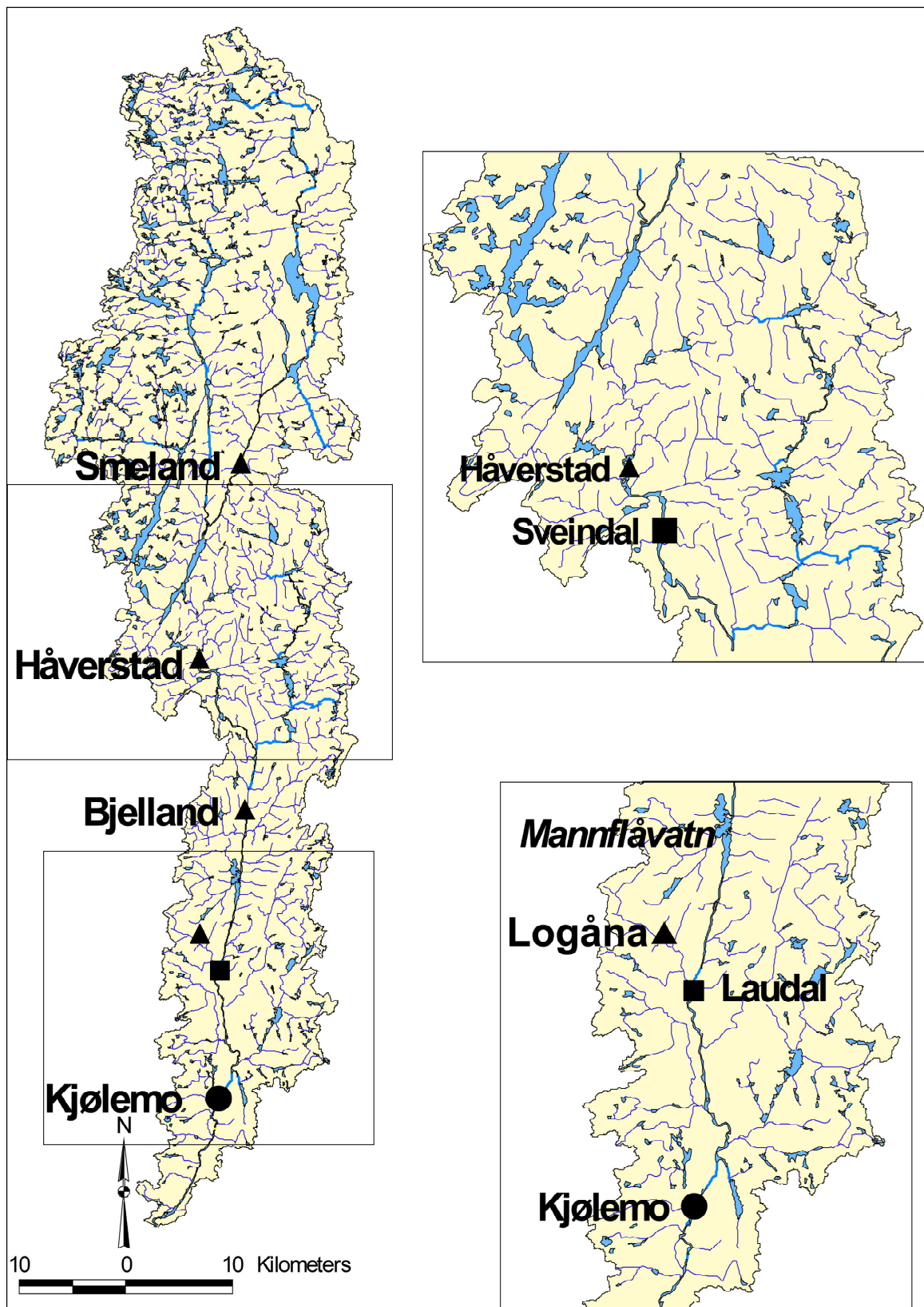
Det er tidligere utgitt følgende avvikrappporter for Mandalsvassdraget:

- 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)
- 1. januar 2009 – 31. desember 2009 (Høgberget 2010)
- 1. januar 2010 – 31. desember 2010 (Høgberget og Tveiten 2011)

Denne avvikrapporten for Mandalsvassdraget omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2011.

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:

| 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 anlegget "tror" den gir til elva. Enheten er g/m ³ . |
| 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 times doser 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 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 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 termometer er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetta for å få riktige pH- og termometermålinger. |
| 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 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) |



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

2. Driften av anleggene

2.1 Smeland

Øverst i Mandalsvassdraget ligger kalkdoseringsanlegget på 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 ≥ 1 g kalksteinsmel/m³ 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 passerer ca. 25 m³/s forbi kalkdoseringsanlegget.

Det var ingen brudd i driftskontrollens dataserie i 2011. Imidlertid var det til tider en del problemer med overføring av data fra loggeren til NIVAs database. Årsaken var at teleoperatøren ikke opprettholdt kontinuerlig operativ linje. Særlig var det problemer i august. Mankalk ble da kontaktet for å beskrive vår situasjon. Dette resulterte i midlertidig avbrudd i driftskontrollen inntil datakommunikasjonen igjen ble stabil. Normal driftskontroll startet igjen fra medio oktober selv om kommunikasjonen fortsatt var ustabil. Det ble ikke stabile overføringsforhold resten av 2011.

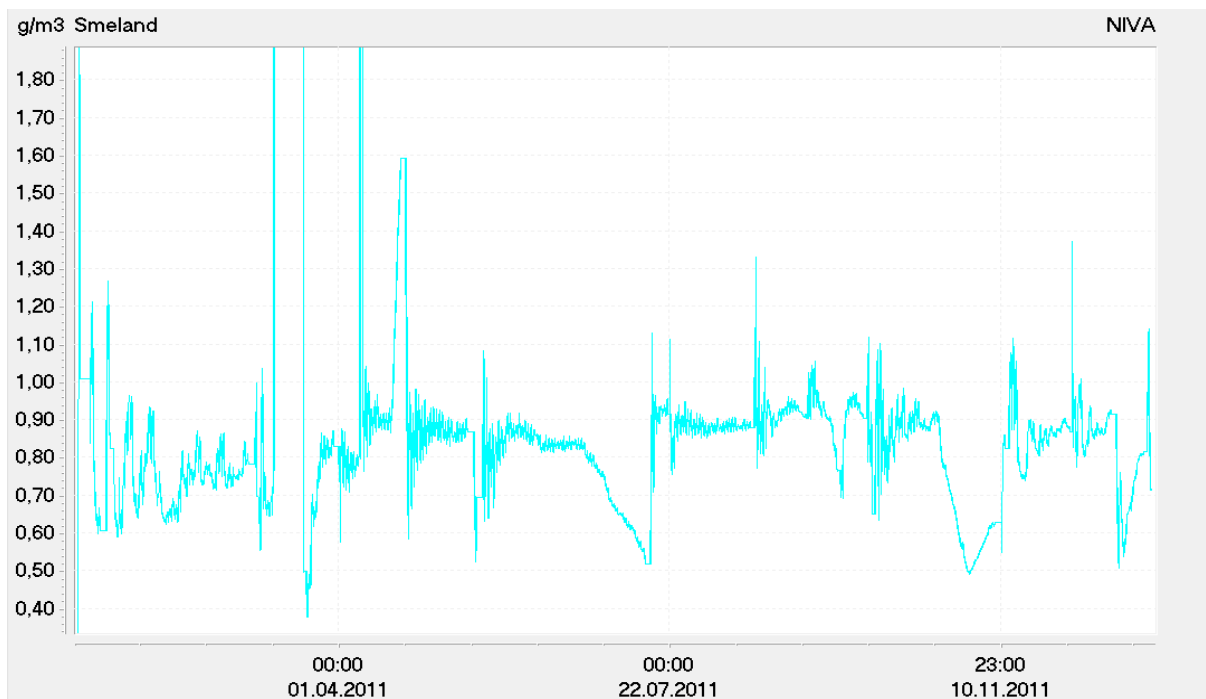
Signaler for vannstand, PLS-dose og kalkvekt var tilgjengelig uten langvarige feil (> 8 timer) i hele perioden.

Anlegget hadde flere tilfeller der doseringen stoppet i mer enn 8 timer. Til sammen utgjorde dette 36 dager. Det var også en lang periode på 81 dager om vinteren da anlegget doserte mangelfullt. Dosen var i denne tiden ca. 0,8 g/m³. Datoer og varighet pr. tilfelle er listet i **Tabell 1**.

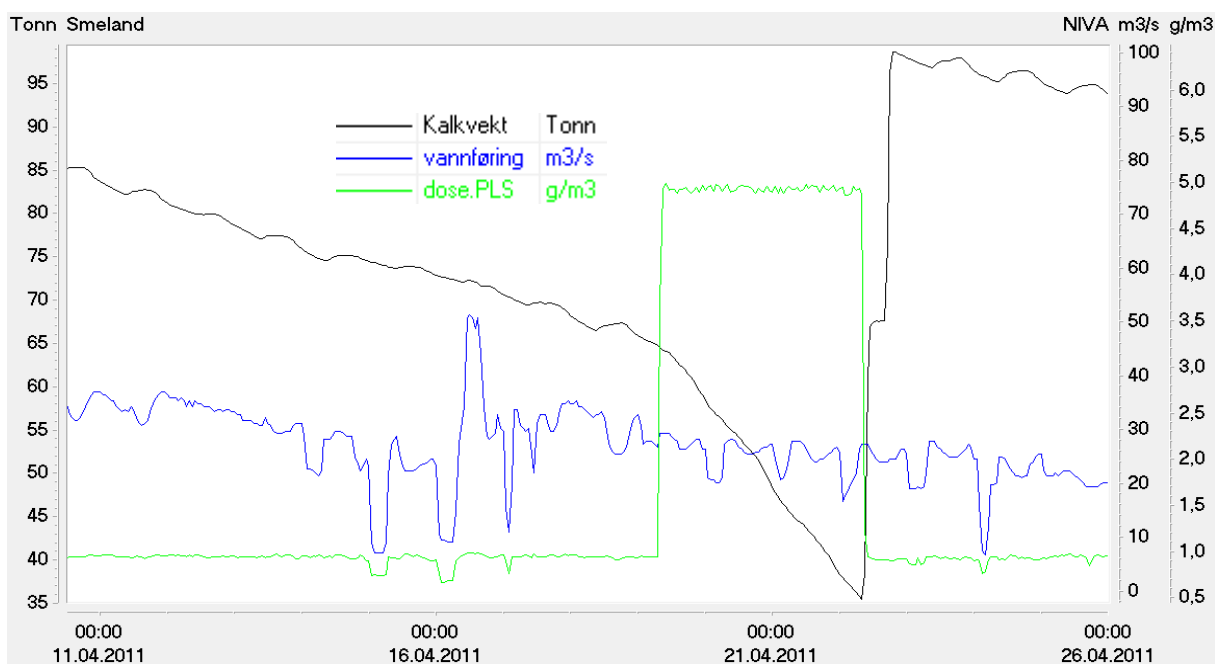
Tabell 1. Oversikt over tidsrom som Smeland doseringsanlegg ikke doserte/hadde mangelfull dosering i 2011.

| Startdato | Dager uten dosering | Merknad |
|------------|---------------------|--------------|
| 01.01.2011 | 81 | Lav dosering |
| 22.06.2011 | 21 | |
| 14.09.2011 | 1,9 | |
| 20.10.2011 | 11 | |
| 08.12.2011 | 1,2 | |
| 11.12.2011 | 1 | |

Den gjennomsnittlige doseringen uttrykt som langtidsdose viser at doseringen var gjennomgående noe lav eller i området rundt doseålet (1 g/m³) (**Figur 2**). Et unntak var tre dager fra 19. april da PLS-dosen var 5 g/m³ (**Figur 3**).



Figur 2. Langtidsdosen fra Smeland doseringsanlegg i hele 2011. Det ble gjennomgående dosert noe lave doser i forhold til dose målet.



Figur 3. Kalkvekt, vannføring og PLS-dose ved Smeland doseringsanlegg i deler av april 2011. Det var innstilt for høy PLS-dose på tre dager. Dette førte til at det ble dosert 20 tonn for mye kalk.

2.2 Håverstad

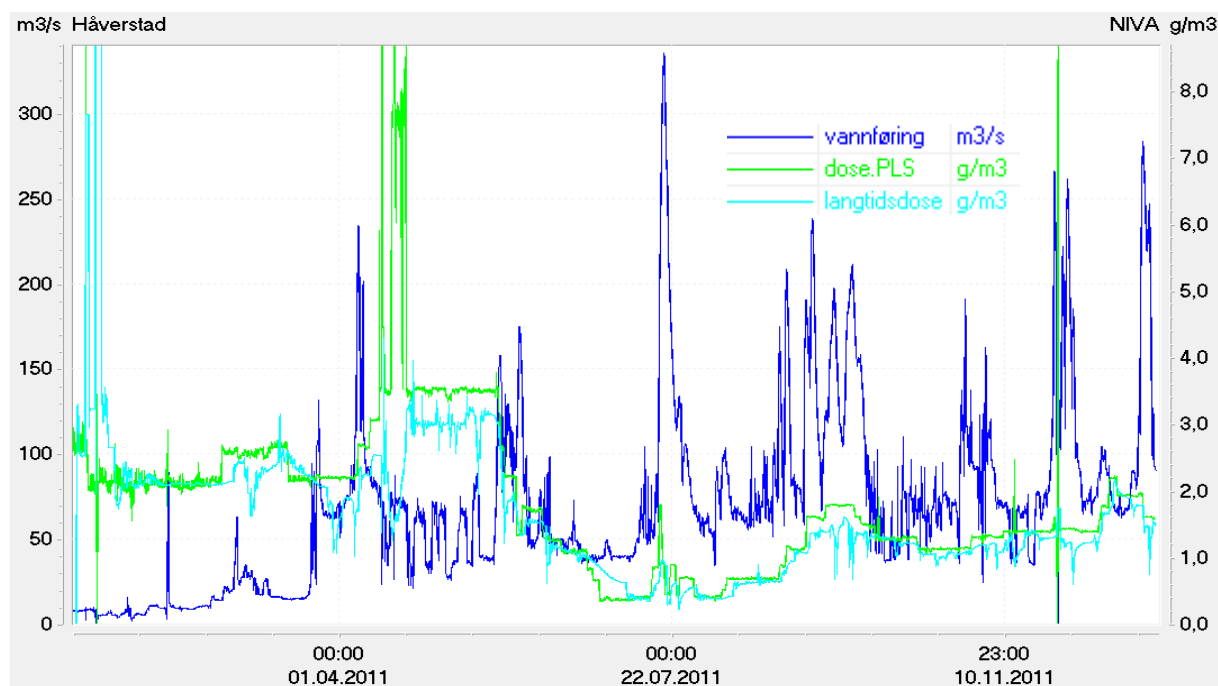
Kalkdoseringsanlegget på Håverstad ligger mellom anleggene på Smeland og Bjelland (**Error! Reference source not found.**), på en tange mellom utslagstunnelen fra Håverstad kraftverk og det gamle elveløpet. Anlegget er et pH-styrt kalkdoseringsanlegg. Det vil si at pH-verdier som blir målt i elva oppstrøms 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 fungerer nå anlegget som et vannføringsstyrt doseringsanlegg, med dosering av fast dose i forhold til vannføringen.

Det var ingen lange avbrudd i driftskontrolloggingen, men 4 timer 10. januar og 9 timer 28. november mangler.

Det var ingen sviktende veie- eller vannstandssignal, med unntak av noen få feil på veiesignalet i begynnelsen av januar.

Anlegget hadde bare tre stopp med varighet over 8 timer. Alle disse var imidlertid under et døgn varighet. Datoene var 14. april, 17. april og 14. november. Årsaken til stopp i november var pumpebytte på anlegget.

Dosene som ble levert fra anlegget varierte gjennom rapporteringsperioden. Året begynte med doser omkring 2-2,5 g/m³. Fra slutten av april til slutten av mai ble dosene øket til ca. 3 g/m³ for så igjen å avta suksessivt til et lavmål på 0,5 g/m³ i juli og august. Dosene økte igjen om høsten. Flomvannet i september ble dosert til konsentrasjoner omkring 1,5 g/m³. Utover høsten varierte dosene omkring 1-1,5 g/m³. Sent i desember ble det dosert noe kraftigere (2g/m³) (**Figur 4**)



Figur 4. Vannføring, PLS-dose og langtidsdose ved Håverstad doseringsanlegg i 2011. Doseringsproblemene i april vises ved høye PLS-doser, mens den reelle doseringen vist ved langtidsdosen gikk ned.

2.3 Bjelland

Kalkingsanlegget på Bjelland ligger nedenfor Smeland og Håverstad (*Figur 1*) og styrer mesteparten av vannkvaliteten på lakseførende strekning (Bjelland–Kjølemo). I praksis vil ønsket vannkvalitet i denne sammenheng 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.

Driftskontrolloggen er komplett i 2011 med unntak av 10 timer 22. juni, da ingen kanaler på loggeren viste riktige verdier. Årsaken til forholdet er ukjent.

Det ble ikke registrert langvarig sviktende veie- og vannstandssignal ved anlegget i 2011 (over 8 timers varighet). Vannstanden økte imidlertid over maksimum registrerbar grense i 12 timer den 19. juli.

pH-signalet både oppstrøms- og nedstrøms anlegget forsvant for enkelte korte perioder. Begge signaler falt ut 22. juni og 11. september i henholdsvis 17 og 5 timer. I tillegg var det ustabile signaler inn på loggeren 5. januar fra begge pH-stasjonene uten at signalet forsvant fullstendig. I tillegg uteble signalet 6 timer fra pH-nedstrøms anlegget den 24. juli.

Det ble registrert noen tilfeller med manglende vanngjennomstrømming i målekyvettene for pH-målinger både oppstrøms- og nedstrøms anlegget. Ved pH-målingene oppstrøms anlegget var dette tilfellet vinter og vår, mens pH-stasjonen nedstrøms anlegget hadde sine stopp i vanngjennomstrømmingen om høsten (**Tabell 2**).

Tabell 2. Dato og varighet med stillstand i målekyvettene for pH-målinger ved Bjelland doseringsanlegg i 2011. Bare tilfeller med stillstand over 8 timer er med i oversikten. Til sammen var det 15 dager uten vanngjennomstrømming i pH-kyvettene.

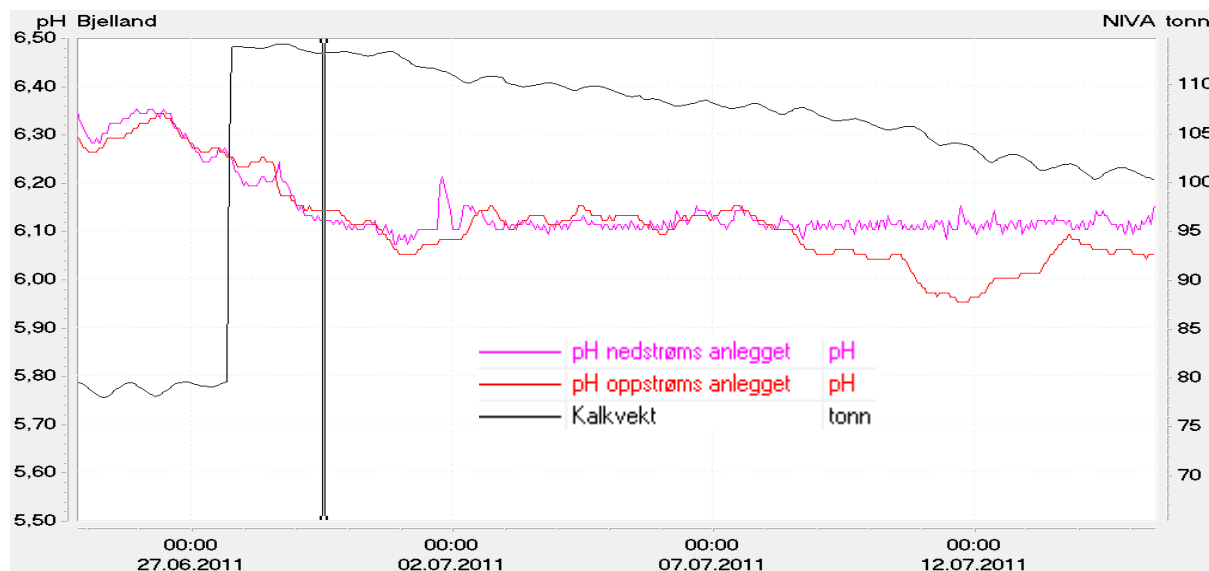
| Startdato | Dager uten gjennomstrømming i målekyvetta | |
|------------|---|-------------------|
| | Oppstrøms doserer | Nedstrøms doserer |
| 24.01.2011 | 0,4 | |
| 31.01.2011 | 1,1 | |
| 02.02.2011 | 1,8 | |
| 26.05.2011 | 3,9 | |
| 01.06.2011 | 0,7 | |
| 10.06.2011 | 3,8 | |
| 23.06.2011 | | 0,4 |
| 02.09.2011 | | 1,2 |
| 08.09.2011 | | 0,5 |
| 09.09.2011 | | 1 |

Det var 9 tilfeller der pH oppstrøms anlegget ble målt høyere enn nedstrøms anlegget. De fleste av disse forholdene oppsto selv om anlegget kalket. Totalt var det 15 dager med slike pH-målinger. **Tabell 3** viser når og i hvor lang tid slike forhold oppsto. Det var også tilfeller der dosering fra anlegget ikke påvirket pH nedstrøms anlegget. Eksempel på en slik tilstand er gitt i **Figur 5**. Det virket da som om pH-meteret nedstrøms anlegget ikke reagerte på forandringer i pH selv om elementene var nye og viste god måleevne. pH-meteret hadde også en tendens til å vise økende verdier hele tiden, og måtte derfor til stadighet prosesskalibreres. Tallene i displayet var nesten utvisket slik at det ble vanskelig å avlese pH. Elektrokort og display ble derfor byttet 1. desember.

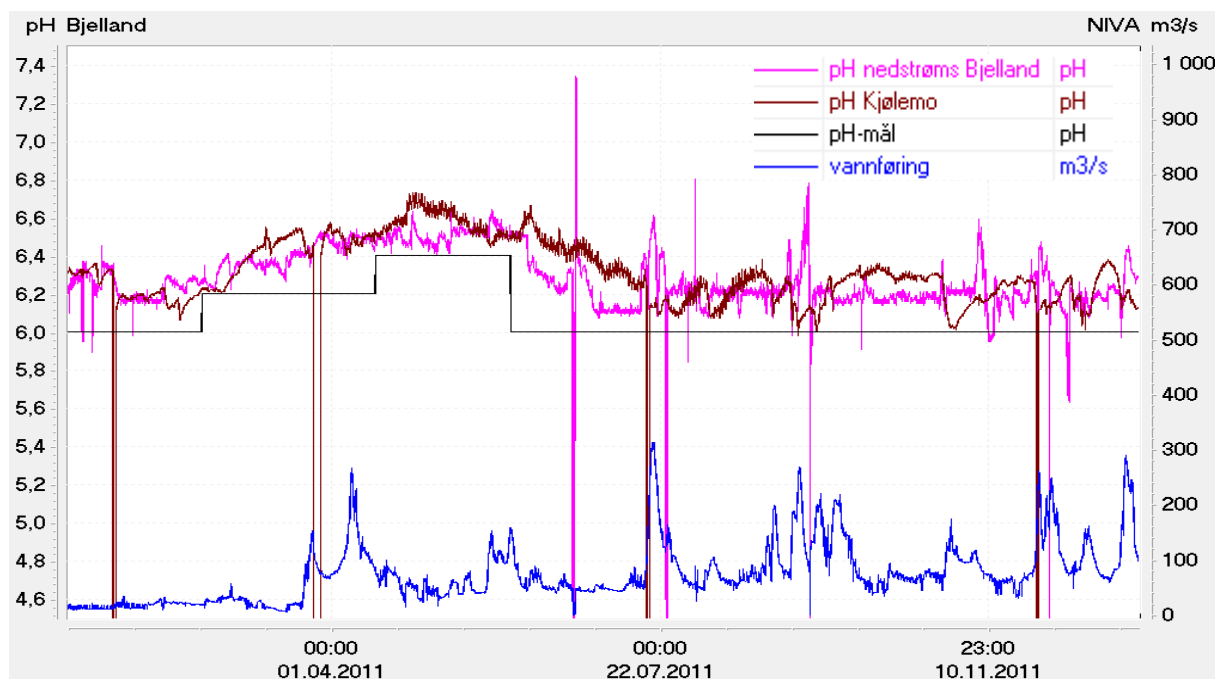
Det var ikke registrert tilfeller der pH i lakseførende strekning av elva ble målt lavere enn pH-målet for elva. Kurver som viser pH-utviklingen gjennom året sammenholdt med vannføringen er gjengitt i **Figur 6**.

Tabell 3. Tilfeller i 2011 da pH oppstrøms anlegget viste høyere verdier enn nedstrøms. Dette er tilstander som regelmessig oppstår ved dette doseringsanlegget. Det er ikke foretatt målinger for å avdekke hva årsaken er.

| Startdato | Dager | Merknad |
|------------|-------|-----------------------|
| 16.01.2011 | 3,5 | Dosering fra anlegget |
| 17.02.2011 | 2,8 | Dosering fra anlegget |
| 14.03.2011 | 2,1 | Dosering fra anlegget |
| 08.06.2011 | 0,8 | |
| 17.08.2011 | 1 | |
| 11.09.2011 | 0,5 | |
| 10.11.2011 | 1,9 | Dosering fra anlegget |
| 07.12.2011 | 0,7 | |
| 20.12.2011 | 1,5 | Dosering fra anlegget |



Figur 5. pH oppstrøms og nedstrøms anlegget sammen med kalkvekten ved Bjelland doseringsanlegg i månedsskiftet juni-juli 2011. Perioden begynner uten kalkdosering. Så startet kalkingen, markert med vertikal linje. Dette påvirket ikke pH nedstrøms anlegget før etter 9 dagers kalking. Dosen var hele tiden ca. $0,2 \text{ g/m}^3$.



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 ble opprettholdt i hele perioden. De vertikale linjene er ikke reelle, men oppstår ved signalforstyrrelser eller bortfall av signal. pH-dropp til pH 5,65 den 7. desember er heller ikke reell. Verdiene var effekter av kalibreringsrutinen som benyttes.

2.4 Logåna

Logåna er en periodisk sur sideelv til Mandalselva. Den er laks- og sjørrettførende, 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 forsurende episoder. Elva var før 2002 kalket ved hjelp av kalkdoseringsanlegg.

Høsten 2002 ble Logåna doseringsanlegg for vannglass (SiO_2) etablert. Det er et pH-styrt anlegg. pH-meteret har etter januar 2005 vært plassert oppstrøms doseringspunktet. For beskrivelse av prinsipp, se Høgberget, Håvardstun og Tveiten 2006. Vannføringssignalet er tilkoblet styringsautomatikken 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 forsurende episoder. pH-kravet for Logåna doseringsanlegg var satt til pH 5,9.

Det var ingen avbrudd i loggingen fra anlegget i rapporteringsperioden.

Vannstandsverdiene var ikke reelle i januar. Årsaken var stabile vinterforhold med nedising av elva. Doseringsanlegget ble da satt ut av automatisk drift. Det var også feil på vannstandsmålingene 5 dager fra 4. september og nesten hele 15. november.

Beholdningsloggen er komplett for hele året.

Det var 7 tilfeller da anlegget ble strømløst over lengre tid enn 8 timer pr. dag. Lavere pH enn reelle verdier blir da benyttet som faktor til beregning av doseringssignal. I de fleste av tilfellene førte dette ikke til uforholdsmessig høyt forbruk av vannglass, enten fordi vannføringen var lav, anlegget ikke var

aktivert eller at det allerede var krevet høy dosering på grunn av høy vannføring og surt vann. Tilfellene er gjengitt i **Tabell 4**. Imidlertid ble det dosert ca. 0,5 m³ for mye i forbindelse med en strømstansen 8. april. Behov var da lavere enn dosert, fordi reell pH ikke lavere enn ca. 5,6 under strømstansen.

Tabell 4. Oversikt over de tilfellene da anlegget mistet nettspenningen i løpet av året 2011.

| Dato | Dager |
|------------|-------|
| 08.01.2011 | 2,1 |
| 08.04.2011 | 0,5 |
| 27.06.2011 | 0,5 |
| 31.07.2011 | 1 |
| 07.09.2011 | 0,5 |
| 24.09.2011 | 0,3 |
| 30.09.2011 | 0,8 |

Det var en del tilfeller der vanngjennomstrømmingen i målekyvetta stanset. Til sammen var det 27 dager da pH-målingene ikke ble gjort på friskt vann fra elva. Stans i gjennomstrømmingen i januar skyldtes nedfrysing i inntaksbrønnen (**Tabell 5**).

Tabell 5. Dato og varighet for stopp i vannstrømmingen gjennom målekyvetta for pH på Logåna doseringsanlegg i 2011. Til sammen utgjorde dette 27 dager.

| Startdato | Dager | Merknad |
|------------|-------|---------------------------------|
| 01.01.2011 | 11,5 | |
| 08.04.2011 | 0,5 | |
| 18.05.2011 | 1,9 | |
| 21.05.2011 | 0,9 | Delvis stopp i gjennomstrømming |
| 23.05.2011 | 0,9 | |
| 24.09.2011 | 3,2 | |
| 01.10.2011 | 1,4 | |
| 06.10.2011 | 4,5 | Delvis stopp i gjennomstrømming |
| 27.10.2011 | 0,7 | |
| 26.11.2011 | 0,8 | |
| 12.12.2011 | 1,1 | |

Figur 7 viser et tilfelle der doseringen kom i gang 17 timer for sent på grunn av stillstanden i målekyvetta 23. mai. Stillstanden oppsto i starten av en flom med surt vann som dermed ikke ble behandlet slik den skulle.

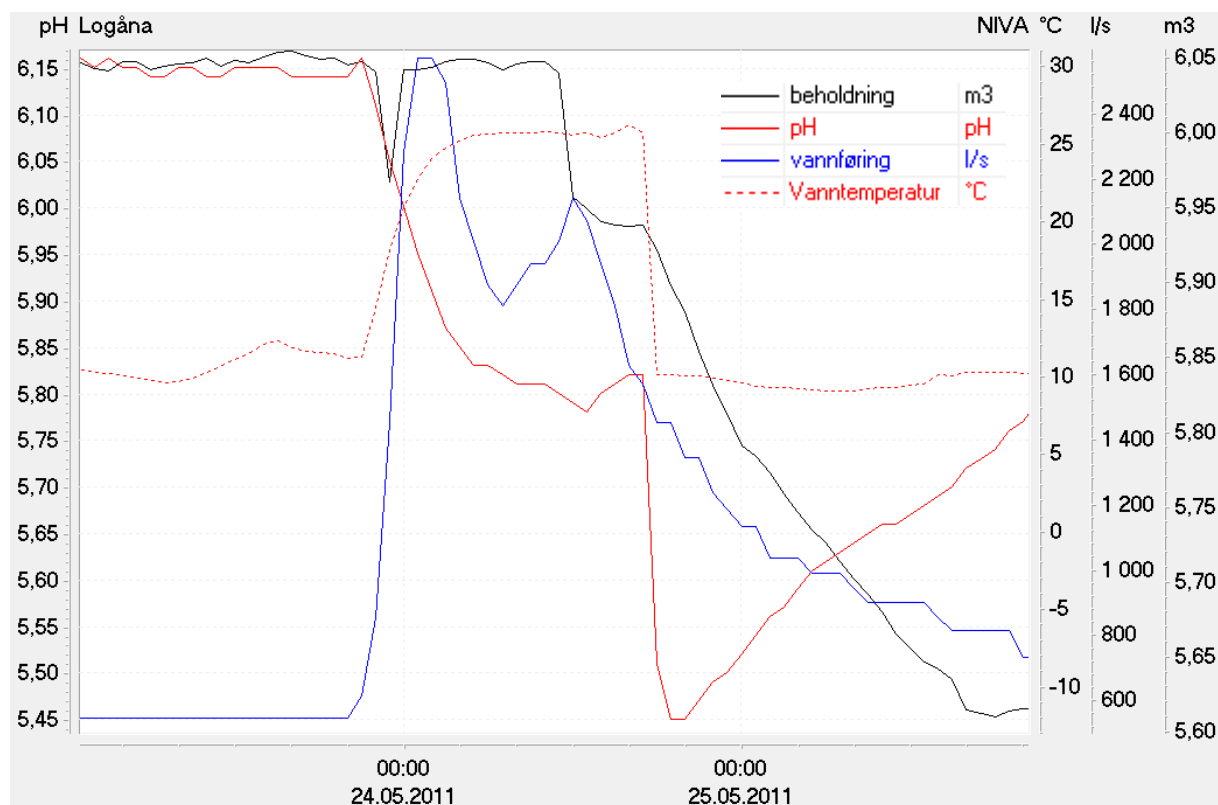
Anlegget gikk tom for vannglass under en doseringsperiode to ganger i løpet av 2011. Det var 14 timer 5. september og 21 timer 8. september. pH var i begge tilfeller under 5,5. Fisk kan ha tatt skade som følge av disse forholdene (Kroglund og Rosseland 2004). Årsaken skal angivelig være feil i produksjonen av vannglass som forsinket leveransene.

17. januar ble det dosert 1,25 m³ vannglass da behovet var minimalt (**Figur 8**). Feil innstilling på manuell dosering var årsaken til forholdet.

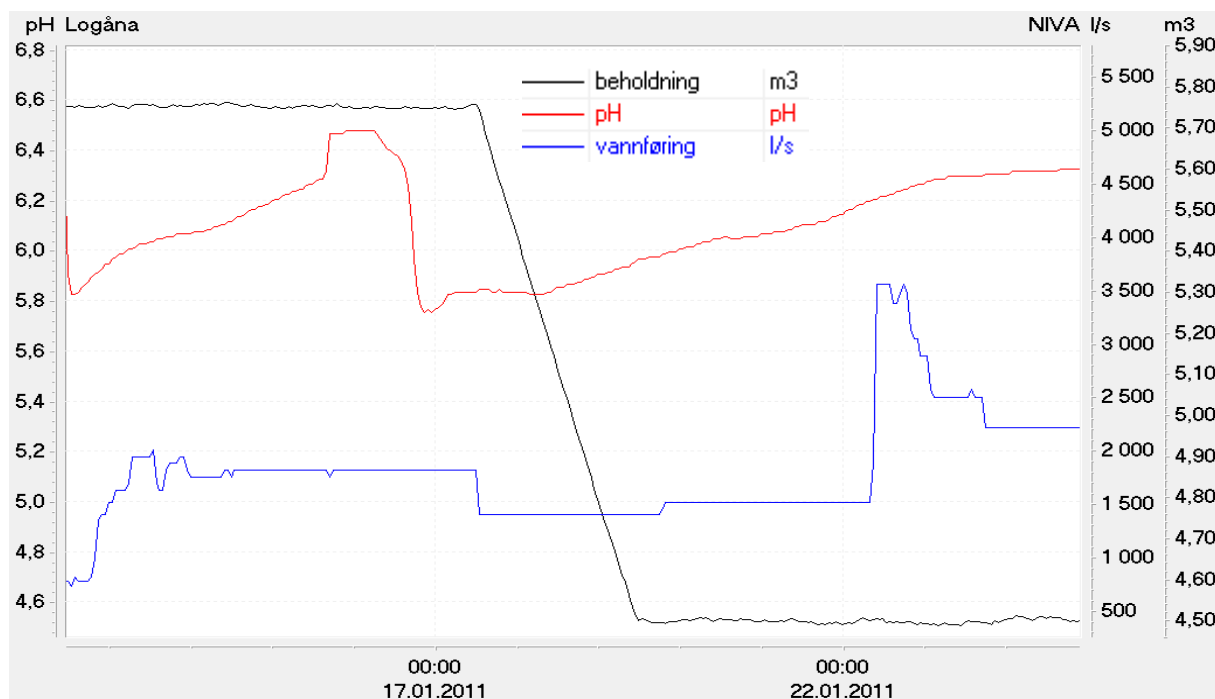
11. oktober var det lite vann i elva, men ganske surt vann. Da stoppet doseringen for tidlig. Dette har sammenheng med lavt doseringsbehov selv om dosene som skulle tilføres var nokså høye (opp mot 2 ml/m³). Ved lavt doseringsbehov ble grensegangen mellom stillstand og minimal bevegelse i pumpa ustabil (**Figur 9**).

Fra 26. november begynte en periode med svært surt flomvann. Denne perioden varte helt ut året. Det ble da nesten kontinuerlig dosert vannglass fra anlegget (**Figur 10**).

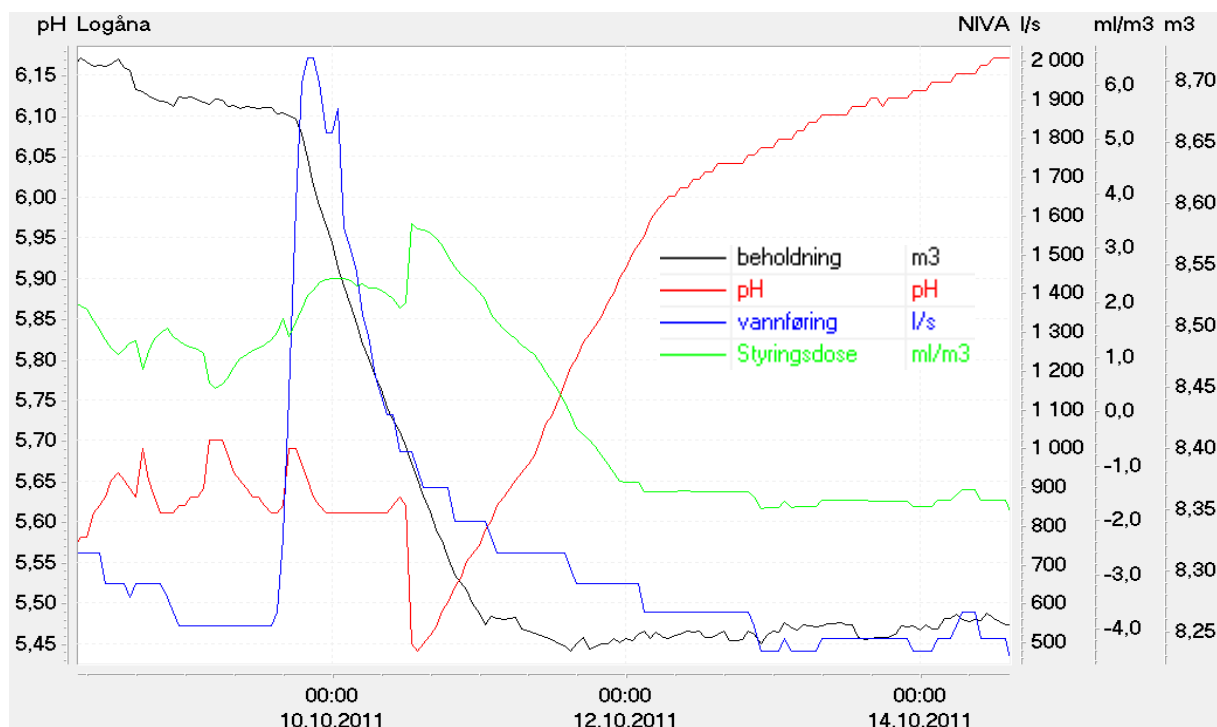
pH, vannføring og vannglassforbruk som beholdning er gjengitt i **Figur 11**.



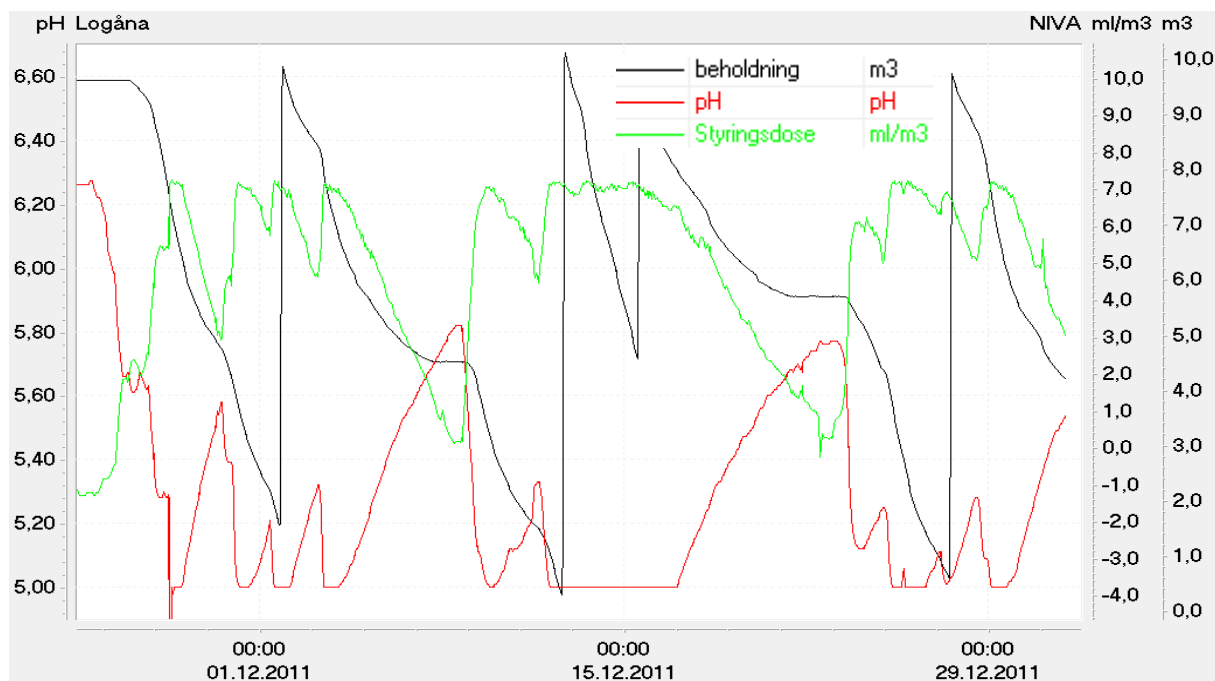
Figur 7. pH, vanntemperatur, beholdning og vannføring ved Logåna doseringsanlegg i deler av mai 2011. Figuren viser hvordan vann med lavere pH i økende flom ikke ble dosert fordi pH ble registrert feil. Årsaken var stillstand i målekyvetta. Dette vises ved unaturlig høy vanntemperatur.



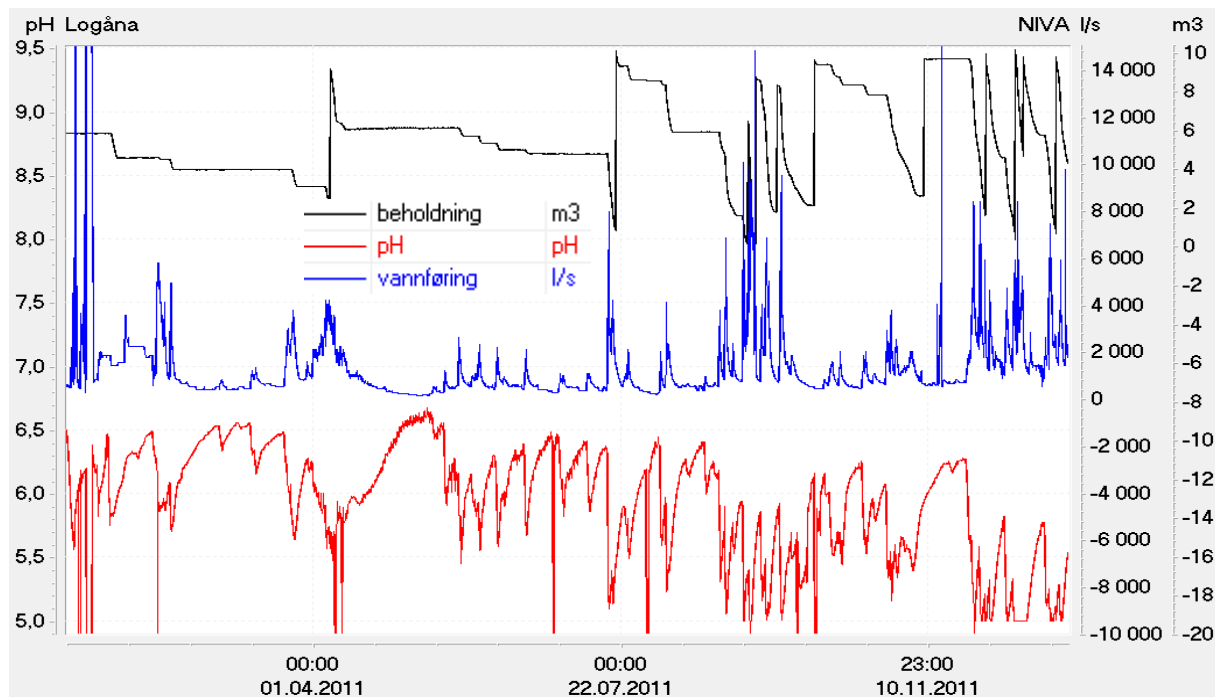
Figur 8. pH, beholdning og vannføring ved Logåna doseringsanlegg i januar 2011. pH ble noe lav, og vannføringen var moderat. Likevel ble det dosert relativt mye vannglass fra anlegget. Dosen var 5 ml/m³, nesten 10 ganger mer enn behovet.



Figur 9. pH, beholdning, styringsdose og vannføring ved Logåna doseringsanlegg i oktober 2011. Figuren viser en for tidlig avslutning av doseringsperioden. Doseringen ble avsluttet allerede ved pH 5,6.



Figur 10. pH, beholdning og styringsdose ved Logåna doseringsanlegg i desember 2011. Denne perioden var preget av mye og meget surt vann. Dette førte til nærmest kontinuerlig dosering fra anlegget i hele desember.



Figur 11. pH, beholdning og vannføring ved Logåna doseringsanlegg i hele 2011. To perioder ble preget av mye vannglassdosering. Det var september og desember. Legg også merke til lavere pH utover året.

3. Tiltak

3.1 Smeland

Driftssikkerheten var dårligere enn normalt for dette anlegget. Totalt var det 36 døgn uten dosering. Anlegget kalker gjennomgående noe lavere enn dose målet. Nye kalkingskrav for Smeland-anlegget tidligere etterlyst (Høgberget og Tveiten 2011) er ikke etablert.

3.2 Bjelland

Undersøkelsene som er foreslått gjennomført for å avdekke eventuelle ulikheter i pH på tvers av elva og i ulike dyp ved Bjelland bru (Høgberget og Tveiten 2010), er ennå ikke gjennomført.

Det er fortsatt behov for å kunne måle riktige vannføringer også ved ekstrem flom. Tidligere er det bestemt at målepunktet for vannstand bør flyttes, men tiltaket er satt på vent inntil videre (Høgberget 2010). Tiltak som fjerner feilavlesinger ved ekstrem flom bør likevel gjennomføres. Dersom det ikke er aktuelt å flytte målepunktet til et sted der all vannføring kan registreres korrekt med eksisterende måleutstyr (ultralyd-sensor), foreslås etablert alternativ vannstands-sensor i form av trykkmåler eller annen formålstjenlig måleteknologi i elva ved anlegget.

pH-meteret på stasjonen nedstrøms anlegget står montert på en slik måte at varmluft fra en vifte med varmeelement blåser rett på pH-meteret og gjør det varmt. Uttørring av komponenter i elektrokort kan generelt være årsak til feil på elektroniske apparater. Feil på elektrokort og display på dette meteret kan godt være forårsaket av for mye varme. Det anbefales at pH-meteret flyttes til et sted uten ekstra varmepåvirkning.

Det bør vurderes å redusere pH-kravet noe i forhold til pH-målet i de tider av året hvor det bare er parr og voksen laks i elva. For lav pH er da mindre kritisk enn om våren med smolt og smoltifiserende fisk i elva. **Figur 6** viser at pH-kravet ofte er ca. 0,2 over målverdien. Den bør senkes til 0,1 i nevnte perioder.

3.3 Logåna

Hver gang det oppstår strømstans ved anlegget, iverksettes en grunddosering som kan medføre dårlig kjemikalieøkonomi. Det er generelt for dårlig sikkerhet på nettspenningen til anlegget.

Fortsatt er driftssikkerheten på pH-stasjonen for dårlig. Noe av årsaken var isingsproblemer i den kalde årstida, men de største problemene skyldes de tilfellene der rusk tetter vannstrømmen under flom. Det bør gjøres tiltak slik at kontinuerlig drift av pH-stasjonen kan opprettholdes. Ved Bjodland doseringsanlegg for vannglass, Litleåna i Lygna, har man god erfaring med bruk av alternativ måleteknologi som muliggjør elektrodeplassering ute i elva. Dette sikrer kontinuerlige målinger.

Manglende tilførsel av vannglass ved behov for lav dosering bør unngås. Tilleggsutstyr som kan sikre vannglasstilførsel ved lav dosering bør vurderes montert.

Ingen vannglasstilførsel på grunn av manglende produksjon må unngås. Tiltak mot slike situasjoner må etterlyses hos produsenten.

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.
- Høgberget, R., 2010. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2009. NIVA rapport L. nr. 5959.
- Høgberget, R og Tveiten, L., 2011. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2010. NIVA rapport L. nr. 6171.
- Kroglund, F. og Rosseland, B.O. 2004. Effekter av episoder på parr og smoltkvalitet til laks. NIVA rapport L. nr. 4797.

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 • post@niva.no