

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. 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

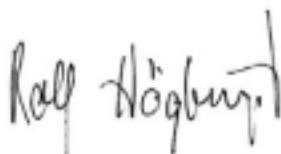
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Avviksrapport 2011.	Løpenr. (for bestilling) 6381	Dato 24.05.12
	Prosjektnr. Undernr. 11137	Sider Pris 18
Forfatter(e) Jarle Håvardstun Rolf Høgberget	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri Trykket
	Geografisk område Vest-Agder	NIVA

Oppdragsgiver(e) Kvinesdal kommune	Oppdragsreferanse
---------------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2011) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Det har blitt betydelig bedre måloppnåelse av pH målet ved Kloster etter at det nye kalkdoseringsanlegget i Litleåna er tatt i bruk.</p>
--

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



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder



Merete J. Ulstein
Prosjektdirektør

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina

Avviksrapport 2011

Forord

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 Lindeland- og Nyland-anleggene samt å introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg etablert i Kvina i juni 2001. En rammeavtale for driftskontrollen ble da kontraktsfestet, og avtalen innebærer gjennomgang av driftsdata flere ganger i uken samt dokumentasjon av driften i form av en kortfattet statusrapport hvert år.

Det ukentlige arbeidet er utført av Jarle Håvardstun, Lise Tveiten, Liv Bente Skancke og Rolf Høgberget ved NIVA Sørlandsavdelingen. Prosjektet er støttet av Miljøvern avdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder og oppdragsgiver er Kvinesdal kommune.

Grimstad, mai 2012

Jarle Håvardstun

Innhold

Innhold	4
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Anleggene i driftskontrollen	7
2. Driften av anleggene	10
2.1 Lindeland	10
2.2 Nyland	10
2.3 Litleåna	13
3. Vurdering av driften	15
3.1 Måloppnåelse på lakseførende strekning	15
4. Tiltak	17
4.1 Tidligere anbefalte tiltak som er gjennomført	17
4.2 Tidligere anbefalte tiltak som ikke er gjennomført, men som fortsatt anbefales	17
5. Referanser	18

Sammendrag

I Kvina er det nå fire kalkdoserere: Mygland-anlegget i sidegrenen Litleåna samt det nye Steindøranlegget nederst i Litleåna, i tillegg til Lindeland- og Nyland-anleggene, som begge ligger langs hovedelva, hhv. 34 og 16 km fra utløpet i sjøen. Driftskontrollen omfatter nå Steindøranlegget og Nyland kalkdoseringsanlegg. Lindelandanlegget har stått stille i 2010 og 2011 og det har derfor kun blitt dosert fra Nyland og Steindøranleggene. For å vurdere om kalkingen gir ønsket resultat i den nedre, lakse- og sjørrettførende strekningen av elva brukes kontinuerlige pH-data fra overvåkingsstasjonen ved Kloster, som ligger ved utløpet av elva.

Det var få perioder med for lav pH i forhold til målet i 2011. I 2011 var det som i 2010 betydelig færre døgn med pH lavere enn målet enn i tidligere år. Det forekom imidlertid en periode på en uke i smoltifiseringsperioden der pH lå mer enn 0,1 enhet under målet.

Summary

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

Year: 2012

Authors: Jarle Håvardstun and Rolf Høgberget.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6116-5

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 in River Kvina during the last year.

1. Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996-97 for å overvåke og forbedre effektiviteten ved anlegg som doserer kalk eller andre avsyingsmidler i sure vassdrag. 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, se Høgberget og Hindar (1998).

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalkprodukter i rennende vann ofte produserer tilfeldige eller upresise kalkdoser. Anleggene er kostnadskrevende både i etablering og drift, og det er derfor avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er så optimal som overhodet mulig. Ideelt sett innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid verken er for lav eller for høy.

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.

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2011) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Tidligere rapporter fra driftskontrollen i Kvina er gitt i referanselisten bak i rapporten. Resultatene fra kalkingen av Kvina rapporteres dessuten hvert år i forbindelse med DNs effektkontroll i større vassdrag.

1.1 Anleggene i driftskontrollen

I Kvina er det nå fire kalkdoseringsanlegg: Mygland, Steindør, Lindeland og Nyland (**Figur 1**).

Steindøranlegget i Litleåna ble montert i slutten av 2008. Driften av dette kalkdoseringsanlegget er tatt med i rapporten, mens Mygland og Lindeland kalkdoseringsanlegg ikke er inkludert i driftskontrollsystemet etter avtale med oppdragsgiver. Lindelandanlegget, som har vært i drift fra 1995, er vannføringsstyrt. Anlegget er ikke i daglig drift, men fungerer som ett beredskapsanlegg som kan benyttes ved behov. Det er plassert langt oppe i nedbørfeltet, ved Lindeland bru som ligger 34 km fra utløpet av Kvina.

Nyland-anlegget er pH-styrt og ligger ca 16 km fra utløpet av Kvina. pH nedstrøms anlegget justeres i forhold til de krav som settes for produksjon av anadrom laksefisk på strekningen mellom Trælansfoss og utløpet ved Kloster. Disse målene er satt til pH 6,0 i tiden fra 1. juni til 15. februar, pH 6,2 fra 15. februar til 1. april og pH 6,4 fra 1. april til 1. juni. Måloppnåelsen kontrolleres ved Kloster der det er plassert en automatisk pH-overvåkingsstasjon. Nyland-anlegget benytter "Biokalk" fra Hustadmarmor AS. Dette er en type kalkslurry med egenvekt 1,9 kg/l og tørrstoffinnhold på 75 %,

hvorav 95 % er CaCO_3 og 2 % MgCO_3 . Produktet gjøres flytende ved bruk av dispergeringsmiddel. Anlegget er forsynt med to stk. 30 m^3 tanker. Det er installert omrørere slik at ikke slurryen skal sedimentere. pH-styringen foretas ved bruk av signaler fra pH-metere både oppstrøms- og nedstrøms anlegget. En forhåndsdose blir fastsatt på grunnlag av vannføring og pH oppstrøms anlegget. Denne verdien blir justert med pH-verdier fra Oksesteinen bru, som ligger ca. 1 km nedstrøms anlegget.



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Kvina med utsnitt av tre områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoserere (triangler) og pH-målestasjoner (sirkler).

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 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 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 metriske enheter (meterstav/målestav). 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 Prosesskalibrering	Lageret av kalk eller annet avsyngsmiddel på kalkdoseringsanlegget. 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).

2. Driften av anleggene

2.1 Lindeland

Lindelandanlegget har gått ut av driftskontrollen og NIVA har ikke lengre datalogger på anlegget. Kalkdoseringsanlegget er i praksis blitt lagt ned. Anlegget vil i fremtiden kunne være viktig for å holde beredskapen oppe. Det har vist seg at Nyland og det nye Steindør kalkdoseringsanlegg klarer å holde vannkvaliteten greit selv om Lindeland kalkdoseringsanlegg har stått stille.

2.2 Nyland

Nyland er et pH-styrt kalkdoseringsanlegg. Det vil si at anlegget justerer kalkdoseringen etter pH oppstrøms og nedstrøms anlegget. Det var svikt i pH-målingene oppstrøms anlegget i mer enn 8 timer ved kun to anledninger i løpet av 2011 (**Tabell 1**). Den 12.01. ble det byttet til nye pH-elektroder på pH-stasjonen oppstrøms dosereren.

Tabell 1. Mangelfulle pH-målinger oppstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg pga. teknisk svikt i 2011.

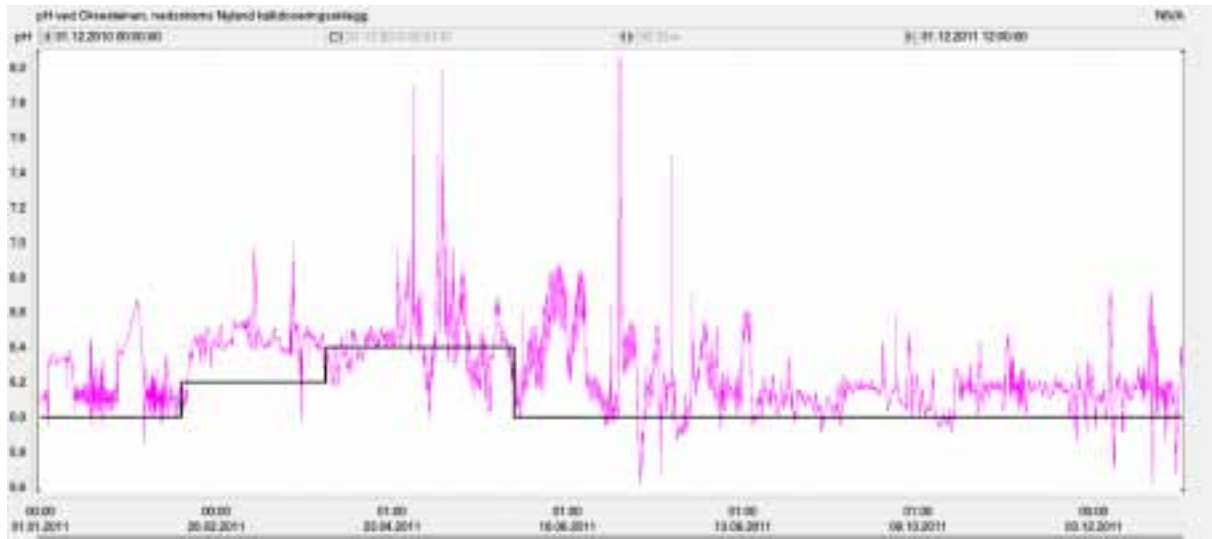
Dato	Dager uten reell pH-måling	Kommentar
7.sept	5,3	Ingen gjennomstrømning
25.nov	1,7	Ingen gjennomstrømning
SUM	7	

Det var også svikt i pH- målingene nedstrøms anlegget i mer enn 8 timer ved to tilfeller i løpet av 2011. Til sammen utgjorde dette ca 2,6 døgn uten reelle målinger. Dato og årsak til disse tilfellene er gjengitt i **Tabell 2**.

Tabell 2. Mangelfulle pH-målinger nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg pga. teknisk svikt i 2011.

Dato	Dager uten reell pH-måling	Kommentar
1.jan	1,8	Ingen gjennomstrømning
8.jan	0,8	Ingen gjennomstrømning
SUM	2,6	

Den kontinuerlige pH-målingen gjennom året ved Oksestein, nedstrøms Nylandanlegget, er vist i **Figur 2**. Den viser at det var flere lange perioder i tidsrommet 1.4-31.5 der pH var under målet på 6,4. Resten av året var det kun korte perioder med pH under målet i 2011.



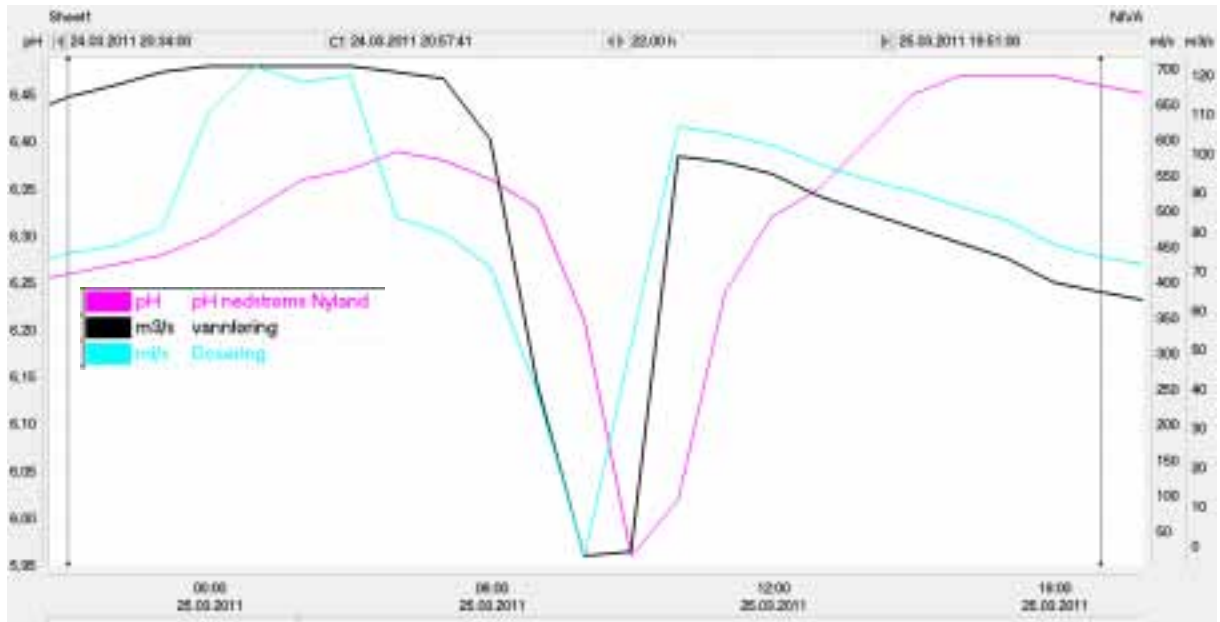
Figur 2. Resultater fra kontinuerlig pH- måling ved Oxsesteinen nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg i 2011. Svart linje viser pH målet.

Det har ved flere anledninger vært vanskelig å få kontakt med loggeren på Nyland kalkdoseringsanlegg. Dette har medført at data ikke har blitt overført ved utførelse av driftskontroll og operatør har måttet restarte modemmet, før data på nytt kunne bli overført. Modemet ble derfor byttet ut i desember 2011 med ett GSM-modem som er mer stabilt.

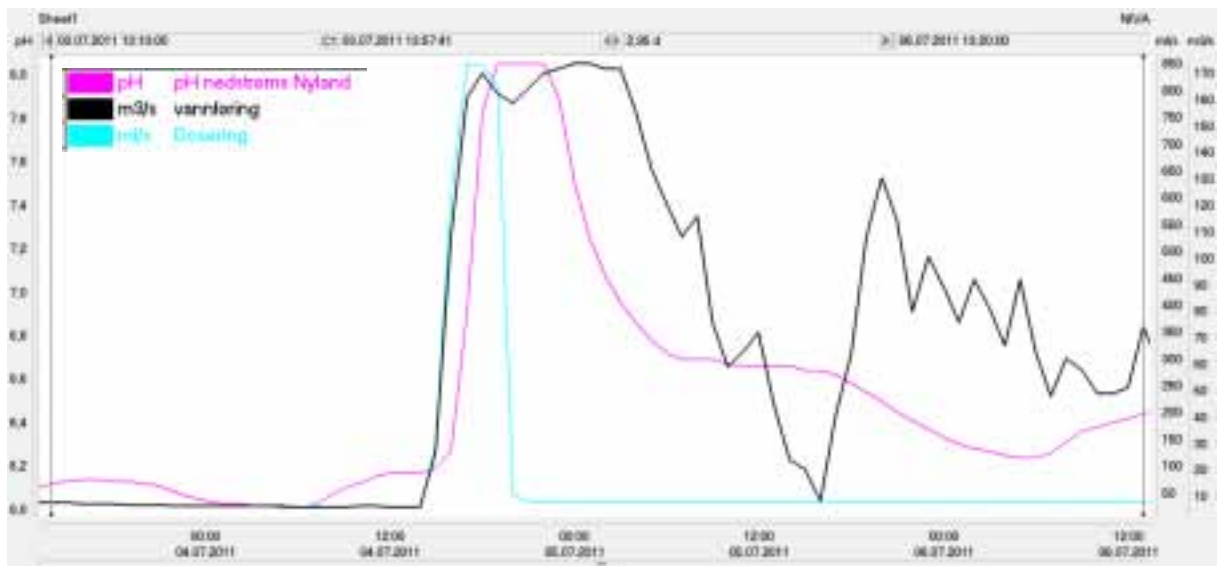
Det har også vært forstyrrelser på vannføringsmålingene ved flere anledninger. Dette medførte enkelte ganger fall i pH fordi vannstand og dermed vannføring feilaktig ble registrert for lavt, en slik situasjon er vist i **Figur 3**. Andre ganger ble det kalket for mye pga. feil vannstandsmåling. Eksempel på en slik situasjon er vist i

Figur 4. Miljøkalk har byttet utstyret for vannstandsmålinger i perioden og slike feildoseringer har ikke forekommet etter at utstyret ble byttet ut.

Ved bytte av vannstandsmåleren ble det også satt inn ett nytt galvanisk skille. Dette førte til forstyrrelser på grafene, antagelig på grunn av annerledes jordet system, feilen ble rettet i desember.

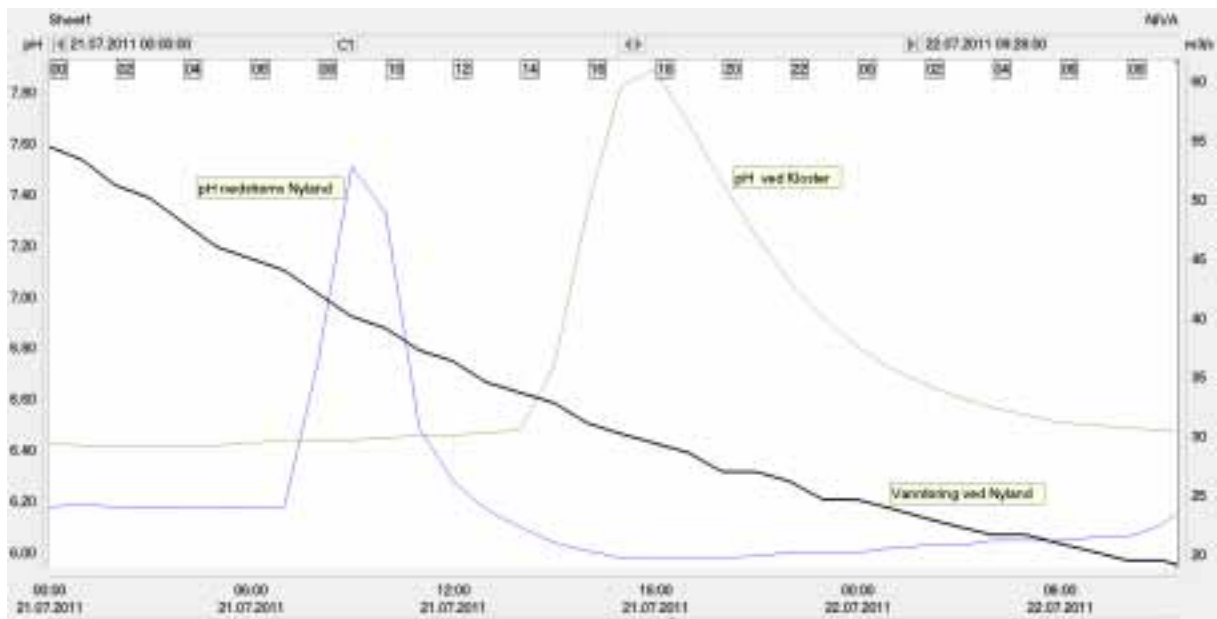


Figur 3. Eksempel på dropp i pH grunnet feil på vannstandsmåler.



Figur 4. Eksempel på økning i pH grunnet feil på vannstandsmåler.

Det var et uheldig utslipp av 24 tonn kalk i elva den 21.07. Grunnen til utslippet var et slangebrudd. Utslipet er brukt til å beregne tiden det tar fra effekten av kalkutslippet på Nyland, har nådd pH-målestasjonen på Kloster, nederst i vassdraget. Effekten av dette er vist i **Figur 5**.

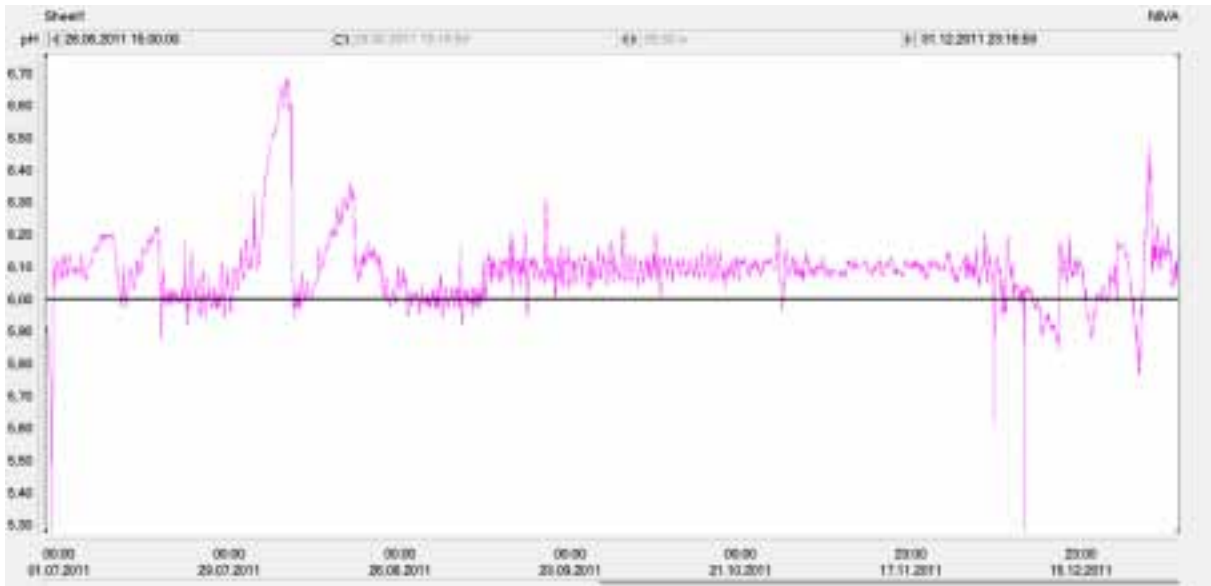


Figur 5. Kurver som viser pH økning ved Kloster (grønn linje) nederst i Kvina, etter uhellsutslipp av 24 tonn kalk ved Nyland kalkdoseringsanlegg. Vannføring er vist med svart linje.

Figur 5 viser at fra utslippet startet til pH begynte å øke ved Kloster gikk det syv timer, etter 9 timer begynte pH på Kloster å avta igjen og pH effekten av utslippet var fullstendig borte etter ca 26 timer. Vannføringen i elva var på ca 44 m³/s når utslippet startet. Etter ett døgn var vannføringen redusert til ca 20 m³/s.

2.3 Litleåna

Ved Steindør kalkdoseringsanlegg ble pH-verdiene registrert feil på NIVAs logger, feilen ble først utbedret 29.6. Etter dette registrerte loggeren riktige data. I perioden fra 29.6 og ut året var det kun en episode på ett døgn fra 24.12-25.12 der pH falt mer enn 0,1 enhet under målet i mer enn 8 timer. pH falt da til 5,8. Den kontinuerlige pH-målingen fra 29.6 og ut året er vist i **Figur 6**.



Figur 6. Resultater fra kontinuerlig pH-måling nedstrøms Steindør kalkdoseringsanlegg i Litleåna i perioden 29.6-31.12 2011. Svart linje viser pH målet

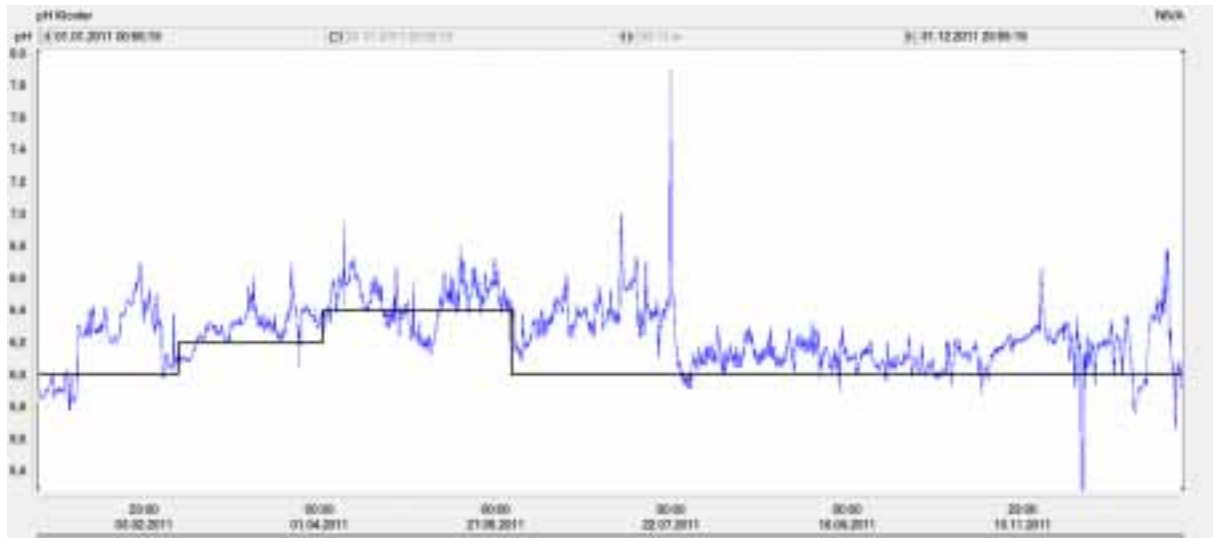
Grafen i **Figur 6** viser at kalkingen fra Steindør anlegget i stor grad har klart å nøytralisere bidraget av surt vann som har blitt tilført Kvina fra Litleåna i perioden 29.6 og ut året. Dette har også vært tilfelle i perioden fram til 29.6, det vises i den gode måloppnåelsen av pH på Kloster.

3. Vurdering av driften

3.1 Måloppnåelse på lakseførende strekning

Data fra den kontinuerlige pH-overvåkingen ved Kloster brukes for å vurdere om kalkingen har gitt ønsket resultat på den lakseførende strekningen i elva. I **Figur 7** er pH-verdier fra Kloster plottet i forhold til målene som gjelder i de ulike deler av året.

Den viser at det var flere perioder der pH lå under kravet gjennom året for denne strekningen, men det er hovedsakelig få og kortvarige perioder der pH ligger mer enn 0,1 enhet under målet.



Figur 7. Resultatene fra kontinuerlige pH målinger ved Kloster i 2011. Svart linje viser pH målet.

Tabell 3 viser perioder hvor pH-verdiene i elva lå mer enn 0,10 pH-enheter under aktuelt målnivå i mer enn 8 timer ved Kloster i 2011. Det var til sammen kun 15 døgn i 2011 med verdier lavere enn målet. Dette er en betydelig forbedring i forhold til mange tidligere år. Det var en lengre periode på 7 døgn fra 1. mai der pH var mer enn 0,1 pH-enhet under målet, dette er midt i smoltfiseringsperioden og er derfor ekstra uheldig med tanke på mulige gjelleskader av aluminium på smolten.

Tabell 3. Perioder i 2011 som pH ved Kloster lå >0,10 pH-enheter under målet (varighet >8 timer).

Dato	Ant. døgn	Laveste pH	pH-mål	Differanse	kommentar
01.01.11	2,2	5,85	6,0	0,15	
06.01.11	0,8	5,85	6,0	0,15	
10.01.11	0,5	5,80	6,0	0,2	
15.01.11	1,6	5,83	6,0	0,2	
17.02.11	1,5	6,08	6,2	0,12	
02.04.11	0,4	6,27	6,4	0,13	
26.04.11	0,4	6,24	6,4	0,16	
29.04.11	1,0	6,21	6,4	0,19	
01.05.11	7	6,12	6,4	0,28	
29.11.11	1	5,0	6,0	0,4	Ikke reell. Stillstand i målekyvetten
SUM	15				

Det har i tidligere driftskontrollrapporter blitt påpekt at problemene med å oppnå fastsatt pH-mål ved Kloster kan skyldes flere forhold: (1) For lav pH nedstrøms Nyland-anlegget etter kalking, (2) tilførsler av surt vann fra Litleåna, og (3) påvirkning fra lokale sidebekker omkring Kloster. Kloster ligger nedstrøms samløpet med Litleåna, og denne stasjonen gir dermed en god dokumentasjon på problemene. Resultatene fra pH-målingene i 2011 viser at det nye Steindøranlegget har hatt god effekt, og har ført til langt bedre måloppnåelse av pH ved Kloster sett over hele året. Det ser derfor ut til at Steindøranlegget nøytraliserer det sure vannet fra Litleåna. Dette har tidligere vært hovedårsak til at pH har lagt under målet ved Kloster.

4. Tiltak

4.1 Tidligere anbefalte tiltak som er gjennomført

- Interkalibrering av felt-pH-metre til driftsoperatører i Kvina, Lygna, og Mandal to ganger per år.
- Resultatene fra driftskontrollen i de senere årene viste tydelig at det var behov for en ekstra doserer i nedre del av Litleåna. Denne ble etablert i desember 2009 og har fungert bra også i 2011.
- Bedre kvalitetssikring av pH-signaler oppstrøms og nedstrøms Nyland.
- Det har vært problemer med begroing av elektrodene på Kloster, og en spyleanordning har nå blitt montert og har hatt en viss effekt.
- Temperatur og pH-data er nå tilgjengelig på internett.
- Inkludering av det nye Steindøranlegget i Litleåna i driftskontrollen for å vurdere effekten av denne kalkingen på pH ved Kloster.

4.2 Tidligere anbefalte tiltak som ikke er gjennomført, men som fortsatt anbefales

- Vurdere å justere opp pH-kravet nedstrøms Nyland-anlegget (svinger ofte under målet for lakseførende strekning), samt forsøke å dempe døgnsvingningene i pH nedstrøms anlegget.

5. Referanser

Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA-rapport 3824, 37 s.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Avviksrapport år 2002. NIVA-rapport 4668, 29 s.

Håvardstun, J. og Høgberget, R. 2010. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Avviksrapport for 2010. NIVA-rapport 6179, 14 s.

Håvardstun, J. og Høgberget, R. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Avviksrapport for 2008. NIVA-rapport 5809, 16 s.

Kaste, Ø. og Skancke, L.B. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Statusrapport for 2006. NIVA-rapport 5392, 18 s.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Avviksrapport for 2003 og 2004. NIVA-rapport 5049, 21 s.

Kaste, Ø. og Høgberget, R. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Statusrapport for 2005. NIVA-rapport 5218, 18 s.

Kaste, Ø., L.B. Scancke., J. Håvardstun og R. Høgberget. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Statusrapport for 2007. NIVA-rapport 5596, 19 s

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