

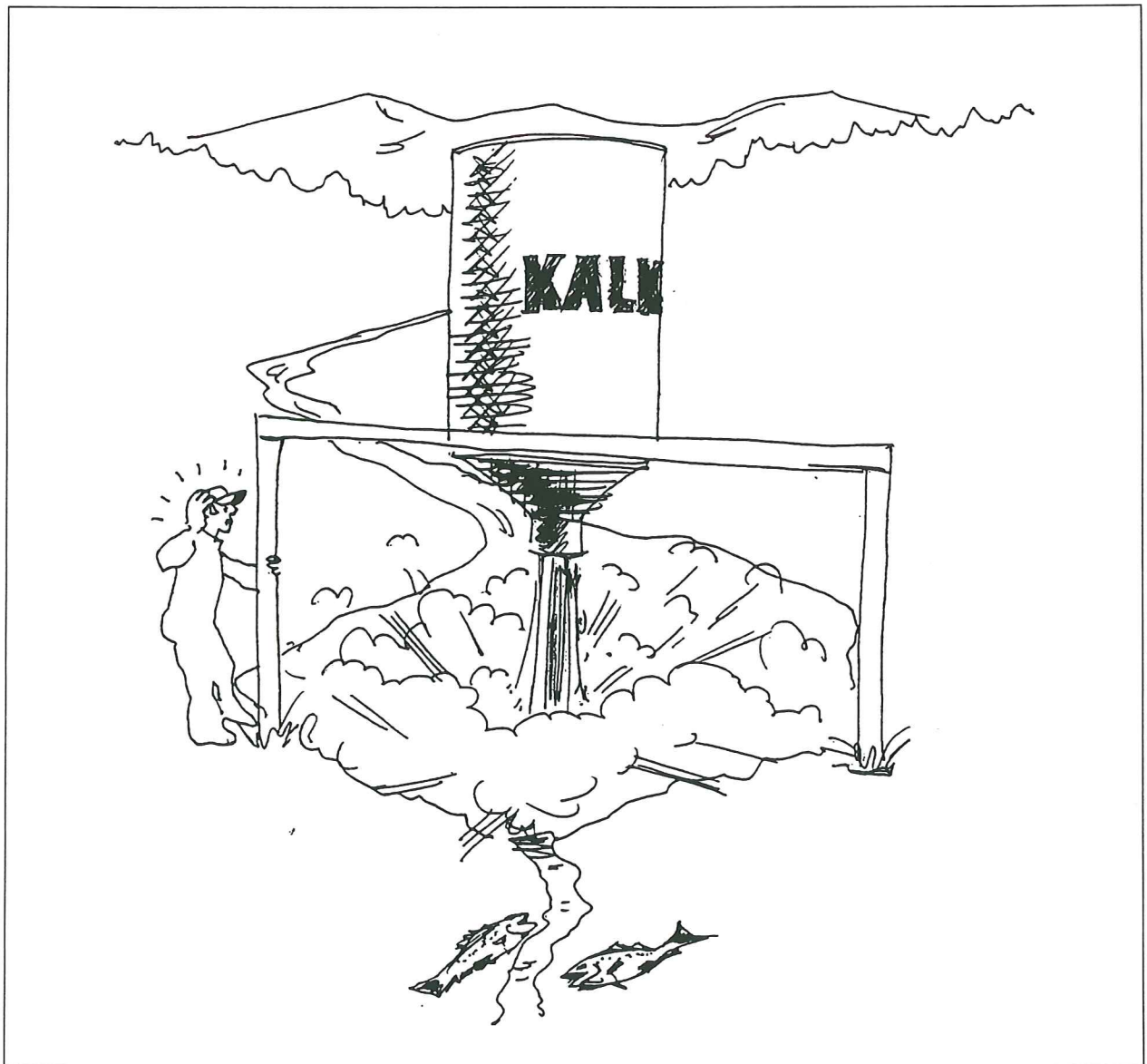
NIVA



RAPPORT LNR 4668-2003

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina

Avviksrapport år 2002



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina. Avviksrapport år 2002.	Løpenr. (for bestilling) 4668-2003	Dato 24.02.03
	Prosjektnr. Undernr. O-21805	Sider Pris 29
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

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

Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Kvina er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Det foreslås tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Lindeland kalkdoseringsanlegg har meget god driftssikkerhet. Anlegget er vannføringsstyrt, men skal fra 14.03.02 dosere til ønsket pH. Anlegget er ikke utstyrt for automatisk pH-styring. Manuell justering fungerer ikke tilfredsstillende. Etablering av pH som styringsparameter anbefales. Nyland kalkdoseringsanlegg har meget god driftssikkerhet. Arrangement for vannopptak til pH-måling oppstrøms anlegget fungerer provisorisk. Det har derfor vært mange feil i målingene. Nytt vannsystem må etableres. Anlegget justerer dårlig mot pH-mål i anadrom sone. Årsakene er mangelfull manuell etterstyring av pH-automatikken på anlegget, manglende automatisk pH-styring ved lavt doseringsbehov og vanskelige justeringsforhold ved ispropper i elva (medfører feil vannføringsdata). Det er utarbeidet en vannførings-tidskurve for manuell reaksjonstid ved etterstyring av pH fra anlegget. Størrelsen på ekstratiltak er ikke kvantifisert p.g.a. mangel på sammenlignbare data. Alle pH-metere som benyttes i elva bør kalibreres etter samme mal.

Fire norske emneord 1. Vassdrag 2. Kalkdosering 3. Overvåking 4. Måleteknikk	Fire engelske emneord 1. 2. 3. 4.
--	---


 Rolf Høgberget
 Prosjektleder


 Brit Lisa Skjelkvåle
 Forskningsleder


 Nils Roar Sælthun
 Forskningsdirektør

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg

i Kvina

Avviksrapport år 2002

Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalkprodukter i rennende vann ofte produserer tilfeldig kalkdose til vassdragene de betjener. Anleggene er kostnadskrevende både i etablering og drift. 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 er riktig.

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

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Kvina etablert. En rammeavtale for driftskontrollen ble kontraktsfestet i juni 2001. Denne avtalen innebærer dokumentasjon ved en kortfattet avviksrapport hvert år.

Prosjektet er støttet av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder. Oppdragsgiver er Kvinesdal kommune.

Grimstad, 24.02. 2003

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Driften på anleggene	8
2.1 Lindeland	8
2.2 Nyland	13
3. Tiltak	20
3.1 Lindeland	20
3.2 Nyland	22
3.2.1 pH oppstrøms anlegget	22
3.2.2 pH nedstrøms anlegget	23
3.2.3 Vannføring og doser	25
3.3 Oppsummering av tiltak	28
4. Referanser	29

Sammendrag

Lindelands kalkdoseringsanlegg er et vannføringsstyrt anlegg som er utstyrt for å kunne tilføre elva en fast kalkdose før etterjustering av pH ved Nylands kalkdoseringsanlegg 16 km nedstrøms Lindeland. I rapporteringsperioden ble utgangspunktet for styring av dosen forandret fra et rent dose-krav til et ønsket pH-krav for strekningen Lindeland-Nyland. Det er få "ufrivillige" stans på anlegget, og driften fungerer derfor meget tilfredsstillende. Det er foretatt justering av både vekt og vannføringsverdier på anlegget slik at driftskontrolldata skal bli korrekte. Driftsdata viser at det er vanskelig å opprettholde jevn pH på strekningen. pH-økning ved lave vannføringer uavhengig av dosering fra anlegget er vanlig. Momentan pH-reduksjon oppstår ved flom i elva, selv om dosering økes fra anlegget. Årsaken er at justeringen må gjøres manuelt da anlegget mangler pH som styringsparameter. For bedre justering av doseringen i forhold til pH bør dette signalet etableres. Etterfylling av kalk sviktet under flom i oktober. Transportapparatet bør fungere, også under flomsituasjoner, da behovet er størst.

Nylands kalkdoseringsanlegg er et våtdoseringsanlegg som benytter kalkslurry fra Hustadmarmor AS (Biokalk 75). Det er automatisk styrt og benytter pH oppstrøms og nedstrøms anlegget sammen med vannføring som styringsparametere. Det er meget få driftsstanser på anlegget. Anlegget har derfor meget god driftssikkerhet. Vannføring er kalibrert ved anlegget, men kalkbeholdning er ikke justert fordi det mangler dokumentasjon på leveringsmengde ved kalkfylling. Anlegget ble lenge styrt manuelt fordi stabile signaler for pH oppstrøms anlegget manglet. Årsaken er at anlegget ble bygget uten uttak for vann til måling av pH oppstrøms anlegget. Løsningen som da måtte benyttes, medførte periodevis kalkforurensing av målekyveta og stopp i gjennomløp av vann til pH-måling. Provisorisk forlengelse av avløpet gir nå midlertidig løsning på forurensingsproblemet. Permanente løsninger på vannforsyningen, som også sikrer vann til pH-måling etterlyses. På Oksestein (pH nedstrøms anlegget) var det isproblemer i tilførselen til pH-måling. Bedre vintersikring ble montert og stasjonen fungerer nå tilfredsstillende, men er flomutsatt ved store vannføringer. Vannføringen forbi Nylandanlegget registreres feil i perioder med isdemming i elva. Dette medfører vanskeligheter med pH-styring av doseringen.

pH-data fra Oksestein og Kloster viser at Nylandanlegget doserte utilfredsstillende med store pH-avvik i begynnelsen av rapporteringsperioden (høsten 2001). I perioden 15. februar-31. april (pH-mål 6,2), var pH på Kloster nesten fortinuerlig for lav. Situasjonen var bedre i perioden 1. april – 1. juni (pH-mål 6,4), men også da var det til tider noe lav dosering. Høy pH ble også observert. Sommeren 2002 (pH-mål 6,0) var pH ved Kloster over målet. Det ble da, i lang tid, registrert for høyt pH-nivå. Høsten 2002 var det fortsatt tidvis meget høy pH, men under flom ble pH raskt redusert. Vanskeligheter med justering av pH skyldes flere årsaker. Operatørene på anlegget har ikke justert doseringen etter verdiene fra Kloster selv om programvare er tilgjengelig for innhenting av data. Mikatek kan justere anlegget, men har ikke direkte tilgang på disse dataene. Nylandanlegget justerer ikke etter pH ved lav dosering. Dette fører til høye pH-verdier i elva.

En sammenheng mellom vannføringen og starttidspunkt for eventuell ekstradosering er utarbeidet, men sammenhengen i størrelsen på tiltak i forhold til forventet pH-reduksjon er ikke fastsatt. For bedre oversikt over sammenhenger bør samme operatør justere samtlige pH-metre i elva.

Oppsummering av tiltak, prioritert rekkefølge:

1. Operatørene overtar ansvar for daglig drift av automatisk pH-overvåkningsstasjon på Kloster.
2. Bedring av transportkapasiteten for kalklevering (gjelder Lindeland i dette vassdraget).
3. Automatisering av doseringen også ved lave vannføringer på Nyland.
4. Bedre sikring av vanntilførsel til pH-måling oppstrøms Nyland.
5. Automatisk pH-styring på Lindeland.
6. Oppgradering av vannføringsmålinger slik at stor vannføring kan måles ved Nyland.
7. Dokumentasjon av leveringsmengde ved kalkleveranser til Nyland.

1. Innledning

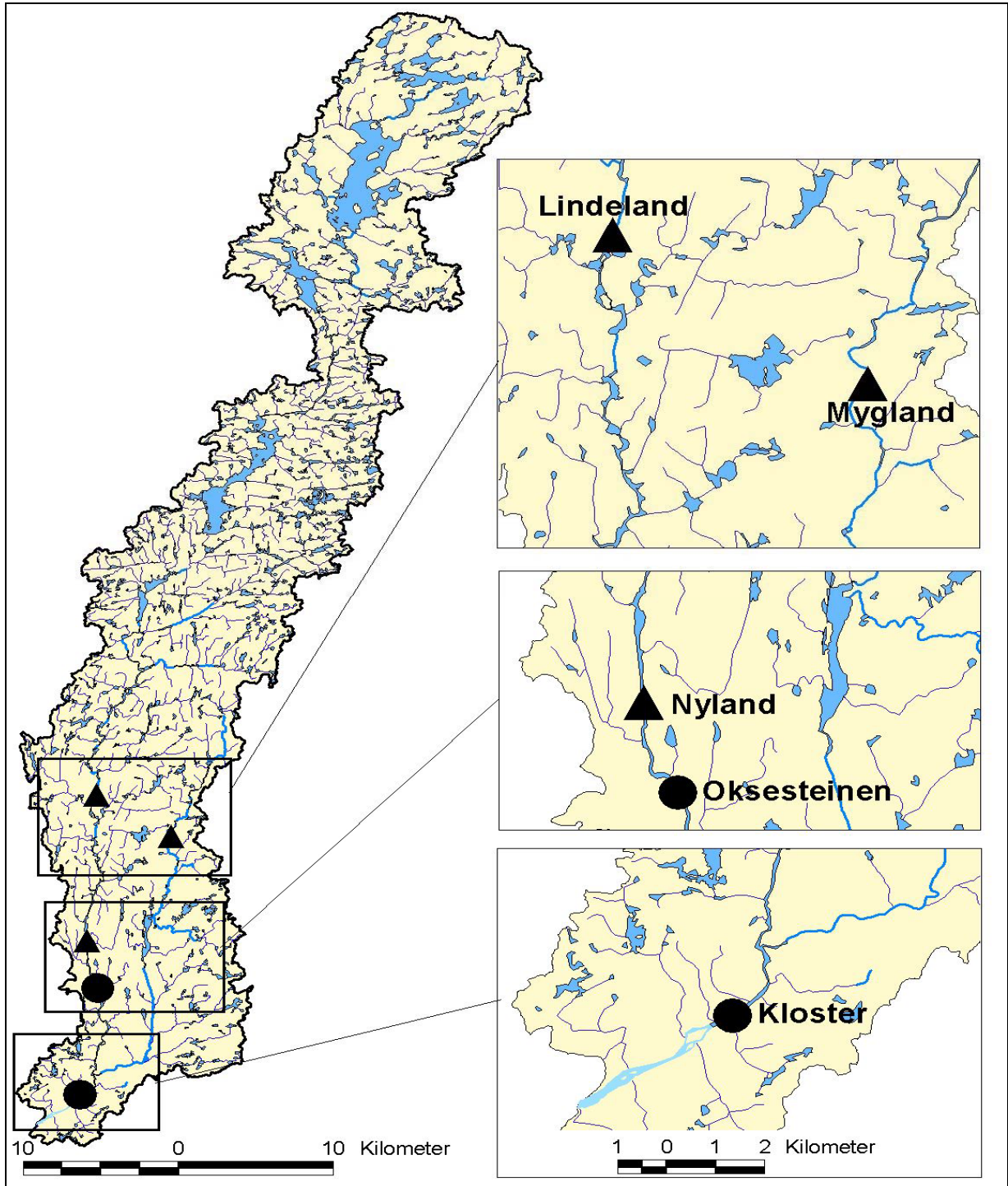
Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Systemet er basert på registrering av kalkforbruk som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets beholdningstank (kalksilo) og vannføringen ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Hindar og Høgberget (1998). Bakgrunnen for utviklingen av dette systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige driftsresultater på de forskjellige kalkdoseringsanleggene.

Prinsipielt foreligger to driftsformer for kalkdosering i elv. Det er vannførings- og pH-styrte anlegg. De vannføringsstyrte kalkdoseringsanleggene skal kalke med faste doser. Dosene beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltene som skal avsyres og en kalk/pH-titreringskurve for den aktuelle vannkvaliteten på hvert enkelt sted. Ved å sammenligne doseringsmålet med den faktiske dosering gitt av driftskontrollen vil en få et mål på effektiviteten til anleggene. Ved pH-styrte anlegg overstyres vannføringsbasert dosering av ekstra prosessignaler fra pH-målere.

I Kvina er det tre kalkdoseringsanlegg: Mygland, Lindeland og Nylandanlegget. Mygland og Lindeland er vannføringsstyrte, mens Nyland er et pH-styrt anlegg. Denne rapporten omhandler bare driften på to av anleggene: Lindeland og Nyland. Begge disse er plassert i hovedløpet av Kvina (vestre løp). Årsaken er at NIVA ikke har avtale om driftskontroll av Mygland kalkdoseringsanlegg.

Rapporten er den første avviksrapporten av driften ved de to anleggene, og omhandler perioden 11. oktober 2001 til 1. januar 2003.

Figur 1 viser nedbørfeltet til Kvina, med plassering av kalkdoseringsanlegg og pH stasjoner.



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).

2. Driften på anleggene

2.1 Lindeland

Dette anlegget er et vannføringsstyrt anlegg i vassdragets vestre løp. Anlegget benytter kalksteinsmel. Driften er elektrisk. Det er plassert langt oppe i nedbørfeltet ved Lindeland bru som ligger 34 km fra utløpet av Kvina. Anlegget har vært i drift fra 1995. Da anlegget var det eneste i dette delnedbørfeltet, var dosen satt til 6 g kalksteinsmel/m³. Den gode vannkvaliteten førte til økning i aurebestanden, og kvaliteten på fisken gikk ned, som følge av næringsmangel. Samtidig ble det observert stor sedimentering av kalk i elveleiet. Derfor ble det i mars 2002 besluttet at doseringen skulle reduseres til veiledningsvis 2,5 g/m³. Effekten av tiltaket skal måles ved Nyland kalkdoseringsanlegg 16 km nedstrøms anlegget. pH-målet ble satt til minimum pH 5,5. Det ble antydnet en dose på 1,9 g CaCO₃/m³, men var fra dette tidspunkt underordnet i forhold til pH-målet.

Det ble montert driftskontroll-logger på anlegget i november 2001. For å kunne registrere nøyaktige kalkdoser, er systemet avhengig av riktig vannføringsregistrering på anlegget. Fra tidligere var vannføring fra Sira-Kvina kraftselskap (SKK) ved deres limnigraf på Lindeland benyttet direkte mot anleggets måleutstyr. Imidlertid harr tverrprofilen i elveleiet noe ulik form ved de to registreringspunktene. Det var derfor nødvendig å justere verdiene mot anleggets vannstandsmålinger. Limnigrafdata fra SKK sammen med vannstandslogg fra kalkdoseringsanlegget er grunnlaget for utarbeidelse av et uttrykk for sammenhengen mellom vannstand og vannføring. **Tabell 1** viser utvalgte verdier i tabellform, og sammenhengen er gitt ved følgende ligning:

$$\text{Vannføring} = -2,1x^4 + 12,9x^3 - 5,4x^2 - 15,5x + 10,3$$

x = vannstand på målepunkt ved Lindeland kalkdoseringsanlegg.

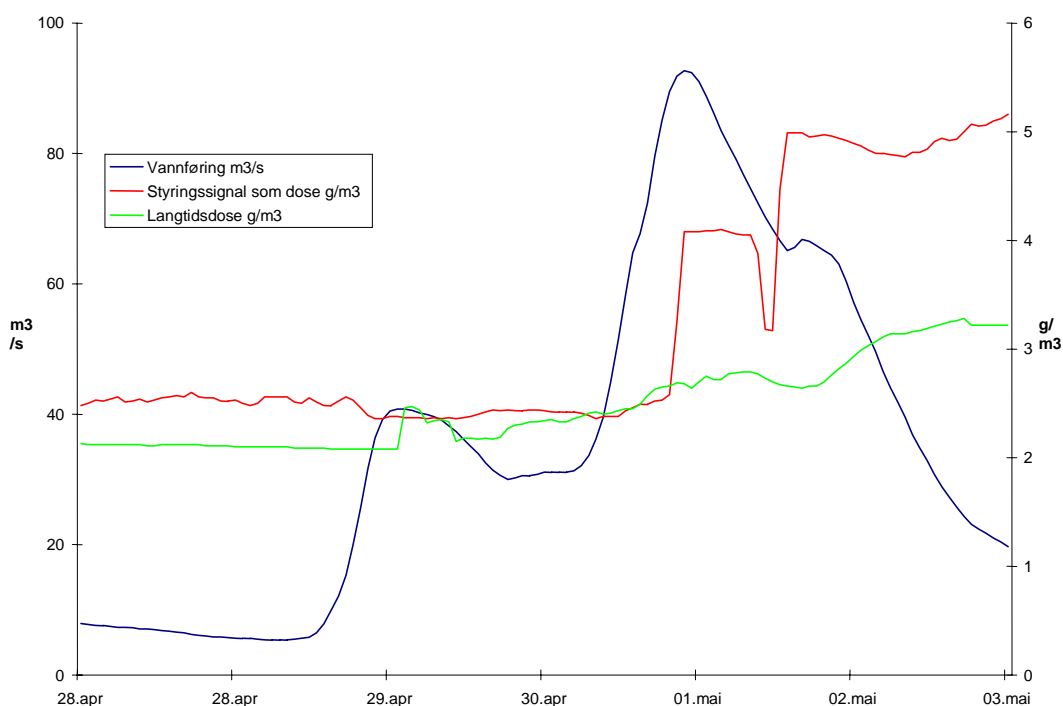
Tabell 1. Justert vannføringstabell for Lindeland kalkdoseringsanlegg. Tabellen viser noe lavere verdier enn den man tidligere opererte med.

Vannstand m	Vannføring m ³ /s
1	0,2
1,2	1,9
1,4	5,4
1,6	10,8
1,8	18,2
2	27,4
2,2	38,4
2,4	50,9
2,6	64,7
2,8	79,2
3	94,2
3,2	109
3,4	123
3,6	135
3,8	146
4	153

Driftskontrollsystemet var fullt operativt fra 30. november 2001. Det er registrert i alt seks ufrivillige driftstanser på anlegget i rapporteringsperioden. Kun ett av disse hadde betydning for mengde kalk dosert til elva. Dette var den 26. oktober 2002, da anlegget var ute av drift i 6 timer under en stor flom. Ca 16 tonn kalk skulle da vært dosert ut. To driftstanser hadde varighet ut over en arbeidsdag (8 timer). Det var 7. og 14. desember da anlegget sto stille henholdsvis 24 og 9 timer. Disse episodene hadde ingen betydning for vassdraget på grunn av lav vannføring og dermed lavt kalkforbruk.

Driftskontrollen har vært kontinuerlig i hele rapporteringsperioden.

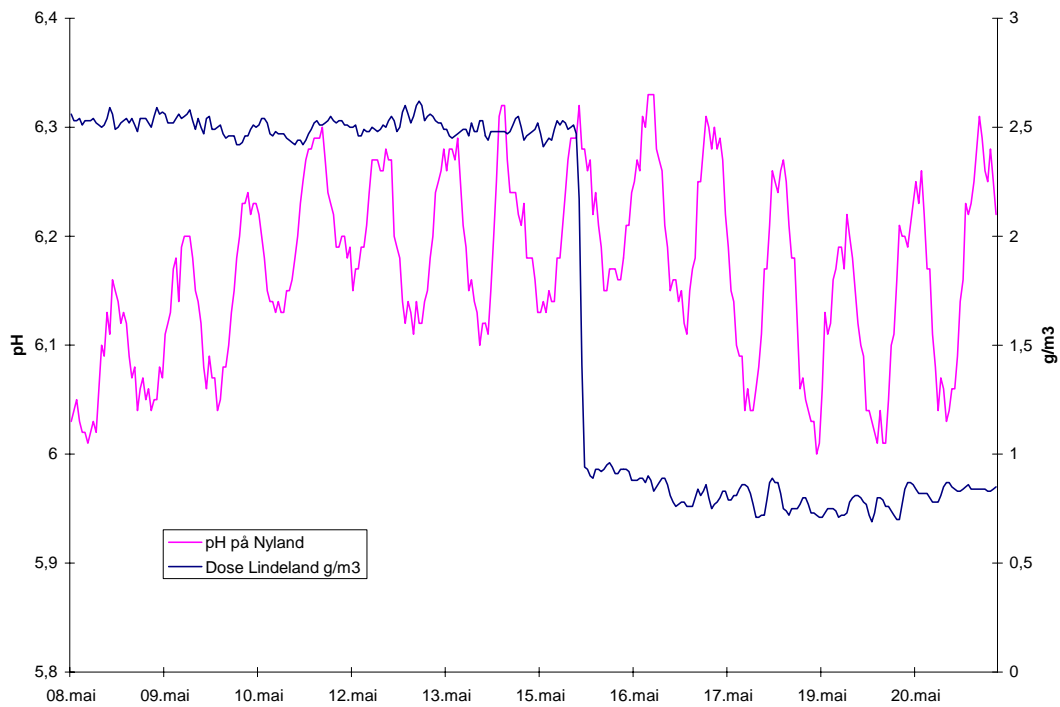
Dosen var høy (7-9 g/m³) fra november 2001 til midt i mars 2002. Det var god overensstemmelse mellom styringssignalet oppgitt som dose og langtidsdosen utregnet på grunnlag av vektreduksjon og vannføring (for forklaring ref. Hindar og Høgberget 1998). Etter 14. mars ble dosen satt til 2,5 g/m³. Også da var dosen i samme området som langtidsdosen. Dosemålet ble fra dette tidspunkt veiledende i forhold til å kunne opprettholde et ønsket pH-mål ved Nyland (pH 5,5). Den 1. mai ble dosen øket til 5 g/m³ i forbindelse med flom. Det ble i denne forbindelse observert noe treghet i doseringssystemet (se **Figur 2**), men pH ved Nyland viste en meget bra respons på tiltaket. pH reduserte ikke lenger enn til 5,7.



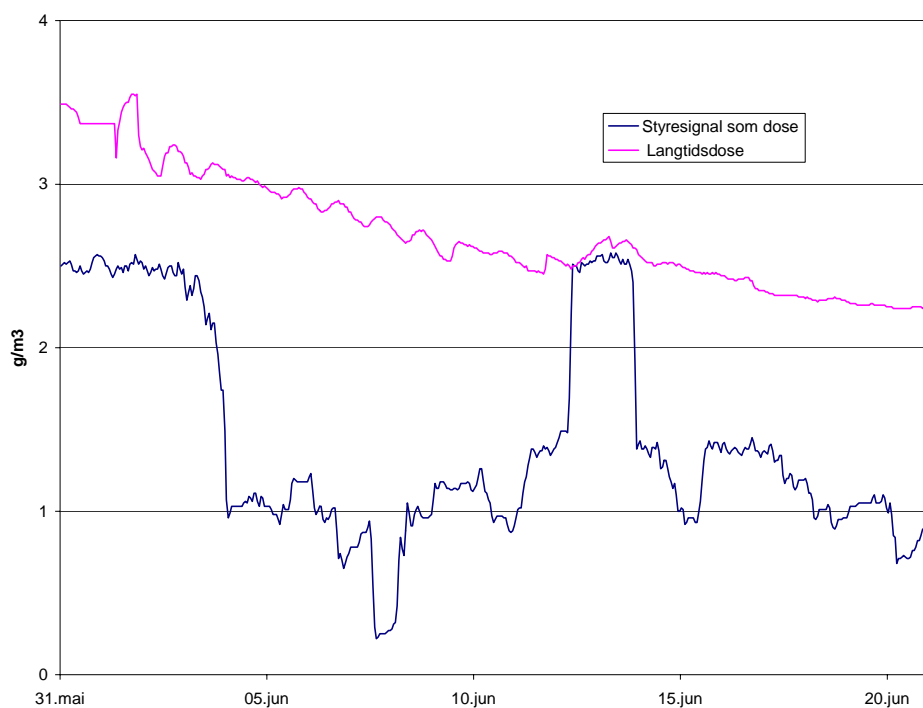
Figur 2. Vannføring og doser fra kalkdoseringsanlegget på Lindeland. Langtidsdose er utregnet dose på grunnlag av vektreduksjon og vannføring. Figuren viser tre reaksjon ved manuell justering av dosen under flom. Figuren viser også at ekstra dosering ble satt igang sent i flommen.

Da pH ble en overordnet styringsparameter, var det behov for å fravike dosemålet på 2,5 g/m³. Dette ble tatt opp med fylkesmannen den 11. juni. Det ble da muntlig klarert at doseringen kunne fravikes, om nødvendig også stoppes. Den 15. juni ble dosen satt ned fra 2,5 til 1 g/m³, i første omgang for en uke, for å redusere høy pH ved Nyland. Dette hadde ingen effekt på pH-verdiene, se **Figur 3**. Senere ble dosen nærmest permanent redusert til området 0-1 g/m³ fra 3. juni til 31. august, bare avbrutt av to perioder med 2,5 g/m³ i forbindelse med flommer den 22. juni og 10. juli. I denne tiden viser

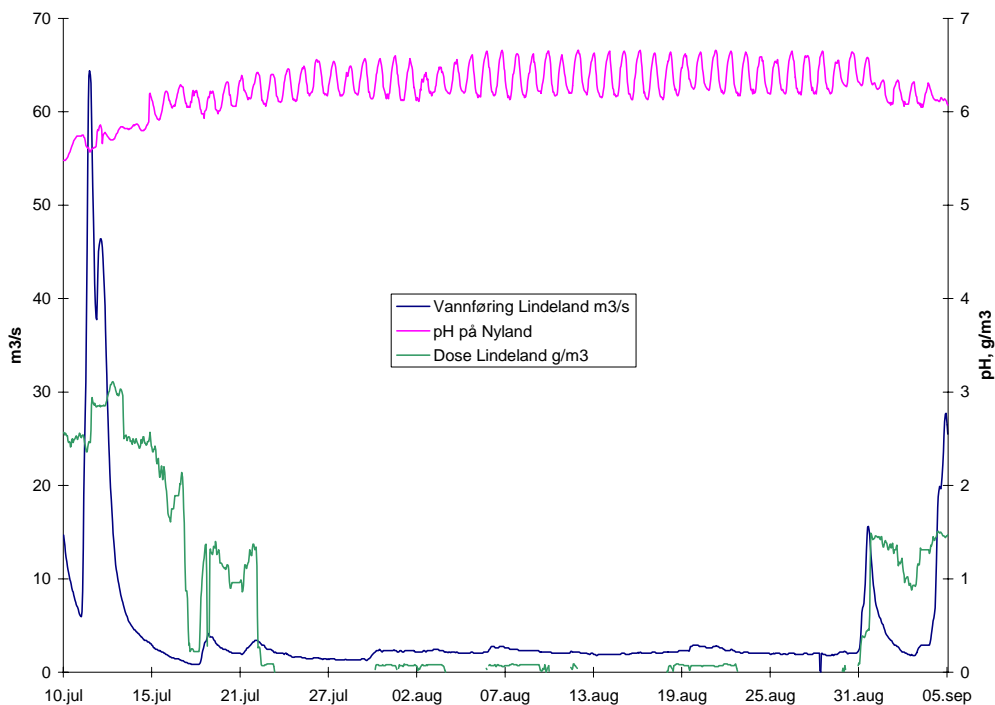
langtidsdosen at den faktiske doseringen er noe høyere enn doseringssignalet skulle tilsi, se **Figur 4**. pH-data fra samme periode viste fortsatt høye verdier, men fra flommen 22. juni ble pH redusert til et nytt nivå for en periode på tre uker. Da begynte pH igjen å stige. Dette førte til at anlegget den 22. juli ble stoppet. Anlegget sto da stille til 31. august uten at dette resulterte i redusert pH ved Nyland, se **Figur 5**. Ved økt vannføring den 31. august ble anlegget igjen startet. pH ved Nyland ble da likevel redusert til 5,7.



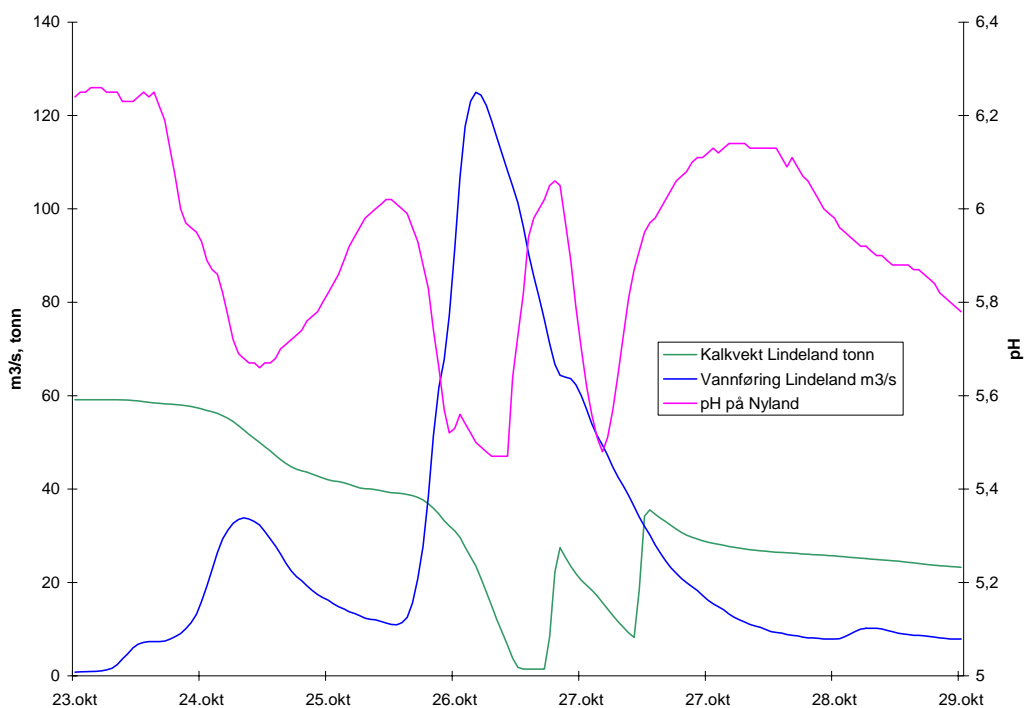
Figur 3. Kalkdosen fra Lindeland kalkdoseringsanlegg i forhold til pH målt 16 km nedstrøms anlegget (Nyland) i mai 2002. Vannføringen var ca 5 m³/s. pH reagerte lite på reduksjonen i tilført kalk.



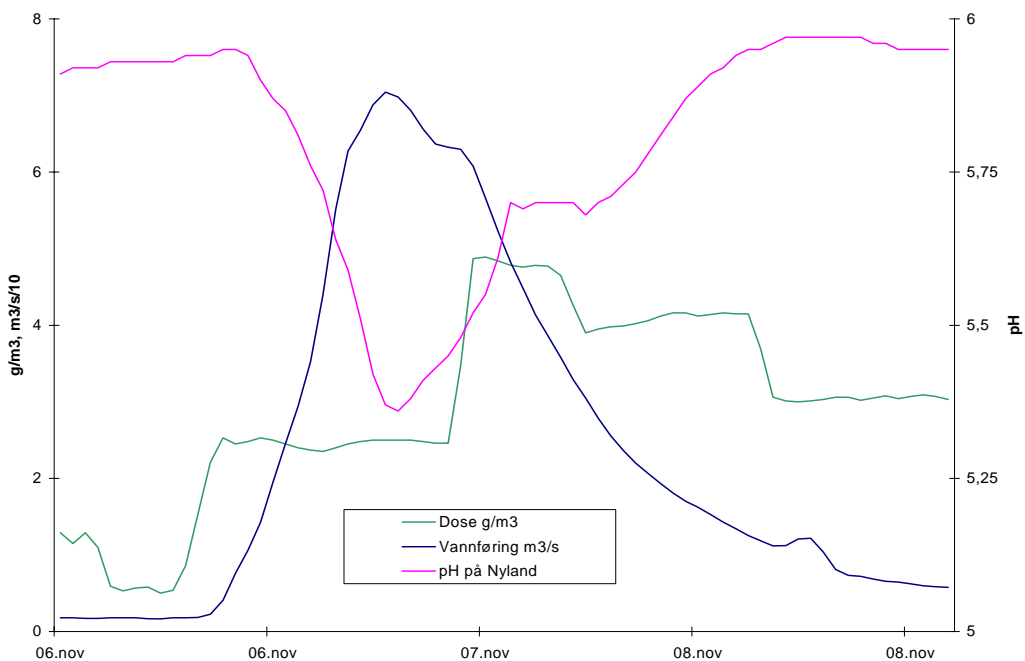
Figur 4. Kalkdosen fra Lindeland kalkdoseringsanlegg i en periode på forsommeren 2002. Langtidsdosen (verdier på grunnlag av veiedata og vannføring) viser høyere dose enn forventet.



Figur 5. Vannføring og kalkdose på Lindeland kalkdoseringsanlegg og pH ved Nyland 16 km nedstrøms anlegget sommeren 2002. Figuren viser at pH holdes på et høyt nivå, selv om det ikke kalkes fra anlegget.



Figur 6. Vannføring og kalkvekt på Lindeland kalkdoseringsanlegg og pH på Nyland. Figuren viser at kalk ikke ble etterfylt tidsnok. Anlegget gikk tom for kalk. Likevel ble det ikke registrert for lav pH i elva nedstrøms anlegget (pH-mål 5,5).



Figur 7. Vannføring og dose på Lindeland kalkdoseringsanlegg og pH på Nyland. Figuren viser at doseringen ble for sent justert opp under en flom i november 2002. pH sank under målet på 5,5.

Fra 31. august til 11. oktober varierte doseringen fra 0-3 g/m³. I denne perioden økte pH igjen gradvis til 6,3. Anlegget ble da stoppet i 9 dager fra 11. oktober. Dette hadde ingen effekt på pH ved Nyland. I forbindelse med forventet stor flom 26. oktober ble anlegget startet den 23. oktober. Anlegget doserte under denne episoden kraftig, og dosen var opp mot 6 g/m³. På grunn av økt kalkforbruk ved stor flom (125 m³/s) gikk dosereren tom midt i flommen og ca 16 tonn kalksteinsmel ble ikke dosert slik den skulle. Imidlertid ble det ikke registrert pH-verdier under pH-målet ved Nyland, se **Figur 6**. Senere ble doseringen satt ned til 3 g/m³. Da var det moderat vannføring i elva (5-10 m³/s). Likevel økte ikke pH før vannføringen ble redusert til ca 2 m³/s. Da ble doseringen stoppet, og ved flommen den 7. november ble doseringen startet noe sent slik at pH for en kort tid ble under målet ved Nyland, se **Figur 7**. I tiden 10. november - 31. desember ble anlegget stoppet i fem perioder, deriblant en stopp på 15 dager fra 23. november. Når anlegget doserte, varierte dosen mellom 1 og 2,5 g/m³. Denne perioden er preget av høy pH ved Nyland ved lave vannføringer. Driftsstans oppsto på loggeren med pH-registreringene ved Nyland den 18. desember. pH-data finnes derfor ikke fra denne dato og ut året 2002.

2.2 Nyland

Nylandanlegget er et pH-styrt anlegg. Anlegget er plassert ca 16 km fra utløpet av Kvina i elvas vestre løp. Det skal justere pH i forhold til de krav som settes for produksjon av anadrom laksefisk i elvas nedre områder fra Trælandsfoss til utløpet ved Kloster. Disse målene er satt til pH 6,0 i tiden fra 1. juni til 15. februar, pH 6,2 fra 15. januar til 1. april og pH 6,4 fra 1. april til 1. juni. pH-målene skal holdes i hele den anadrome sonen. Måloppnåelsen kontrolleres ved Kloster der det er plassert en automatisk pH-overvåkingsstasjon.

Anlegget benytter "Biokalk" fra Hustadmarmor AS. Dette er en type kalkslurry med tørrstoffinnhold på 75 %, av dette er 95 % CaCO₃ og 2 % MgCO₃. Produktet gjøres flytende ved bruk av dispergeringsmiddel. Egenvekt er 1,9 kg/l. Anlegget er forsynt med to stk 30 m³ tanker. Det er installert omrørere slik at ikke slurryen skal sedimentere. pH-styringen foretas gjennom benyttelse 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 Oksestein bru, som ligger ca 1 km nedstrøms anlegget.

Det ble montert system for driftskontroll av anlegget høsten 2001. Nivåmålerne i beholdningstankene ble brukt som utgangspunkt for beholdning og forbruk. Dette er forskjellig fra samtlige andre driftskontrollstasjoner, der vektavlesning benyttes for samme formål (Høgberget og Hindar 1998). Vannføringen ved anlegget er justert i forhold til målinger fra Sira Kvina kraftselskap (SKK) 4 km nedstrøms anlegget. Denne justeringen har foregått gjennom avlesninger i 2002 ved elleve forskjellige vannstander i vannføringsområdet var fra 2,4 til 105 m³/s. Målepunktene var Stegemoen limnigraf og logget vannstand på Nyland. Disse avlesningene er justert mot et fastpunkt som er en målestav i inntaksbrønnen. Avlesningene danner grunnlag for **Tabell 2**. Uttrykket for tabellen er gitt i følgende formel:

$$\text{Vannføringen} = 52,179x^2 - 51,096x + 9,3471$$

x = vannstand på Nyland kalkdoseringsanlegg.

Tabell 2. Tabell for vannføringen ved Nyland kalkdoseringsanlegg. Tabellen er laget på grunnlag av matematisk sammenheng mellom avlesninger på Stegemoen og Nyland.

Vannstand m	Vannføring m ³ /s
0,7	0
0,8	1,86
0,9	5,63
1	10,43
1,1	16,28
1,2	23,17
1,3	31,10
1,4	40,08
1,5	50,11
1,6	61,17
1,7	73,28
1,8	86,43
1,9	100,63
2	115,87

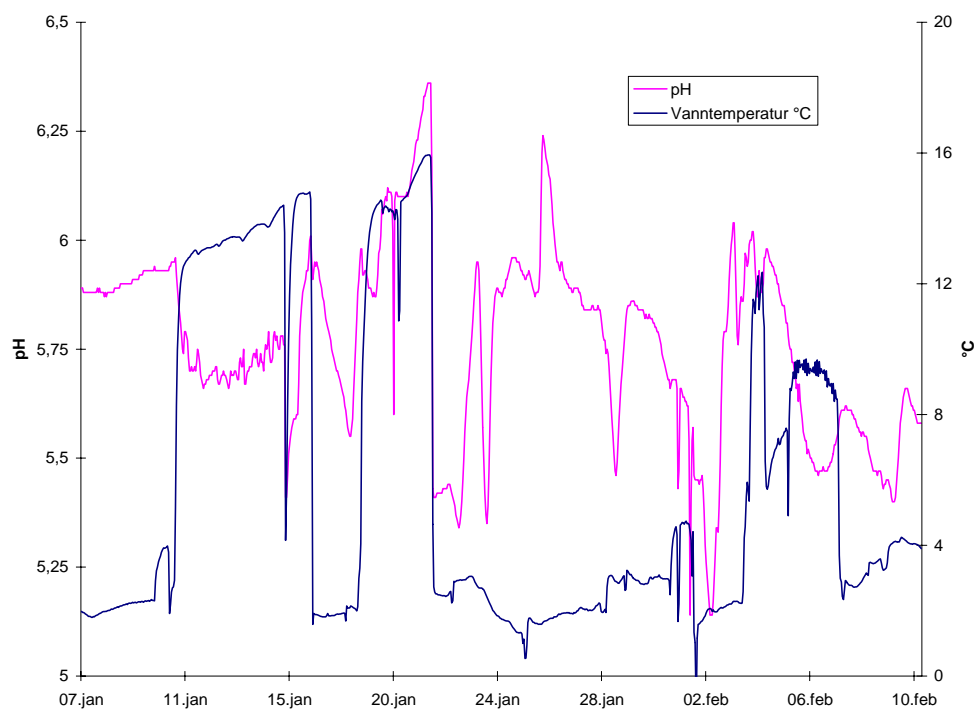
Oppgitt maksimum vannføring forbi anlegget er 500 m³/s og maksimum vannføring som anlegget skal ta høyde for er 350 m³/s (Grøner 1999). Slik anlegget fungerer nå, kan ikke vannstanden logges høyere enn 2,6 m. Dette gir en vannføring på 229 m³/s.

Avlesningen av innholdet i lagertankene er ikke justert. Vanligvis blir justeringen foretatt ved sammenligning av avleste mengder i forhold til påfylt kalk. Til dette benyttes veiesedler fra transportør. Dessverre finnes det i følge transportøren (Gjødseltransport AS) ikke utstedte veiesedler som dokumentasjon (Torstein Sele pers. med.). Dose utregnet på bakgrunn av vannføring og redusert beholdning er derfor ikke korrigert.

Det ble startet logging av data for driftskontroll den 11. oktober 2001. I rapporteringsperioden ble det bare konstatert en betydningsfull driftsstans på anlegget. Det var 26. oktober 2002 da anlegget sto stille i 10 timer.

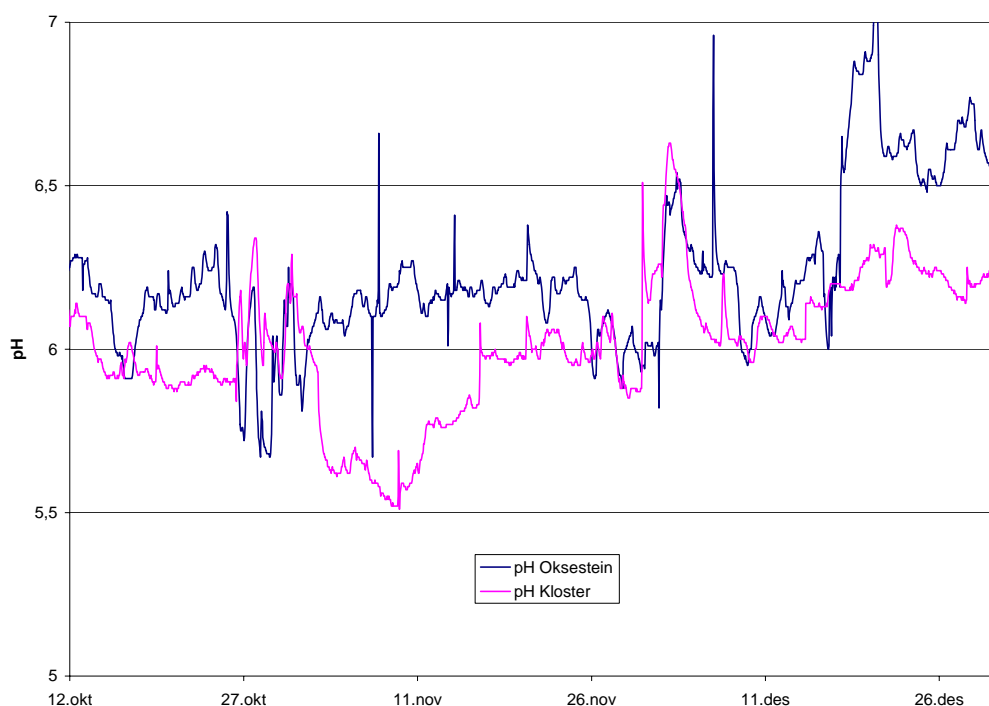
Driftskontroll-loggeren var ute av drift fra 18. desember 2002 og ut året.

pH-målingene på Nylandanlegget har tilnærmet vært kontinuerlige. Imidlertid har feilmåling av pH oppstått sporadisk på grunn av manglende gjennomgang i målekyvetta, se **Figur 8**. Is i tilførselen til målekyvetta på Oksestein oppsto også i perioder i januar 2002.



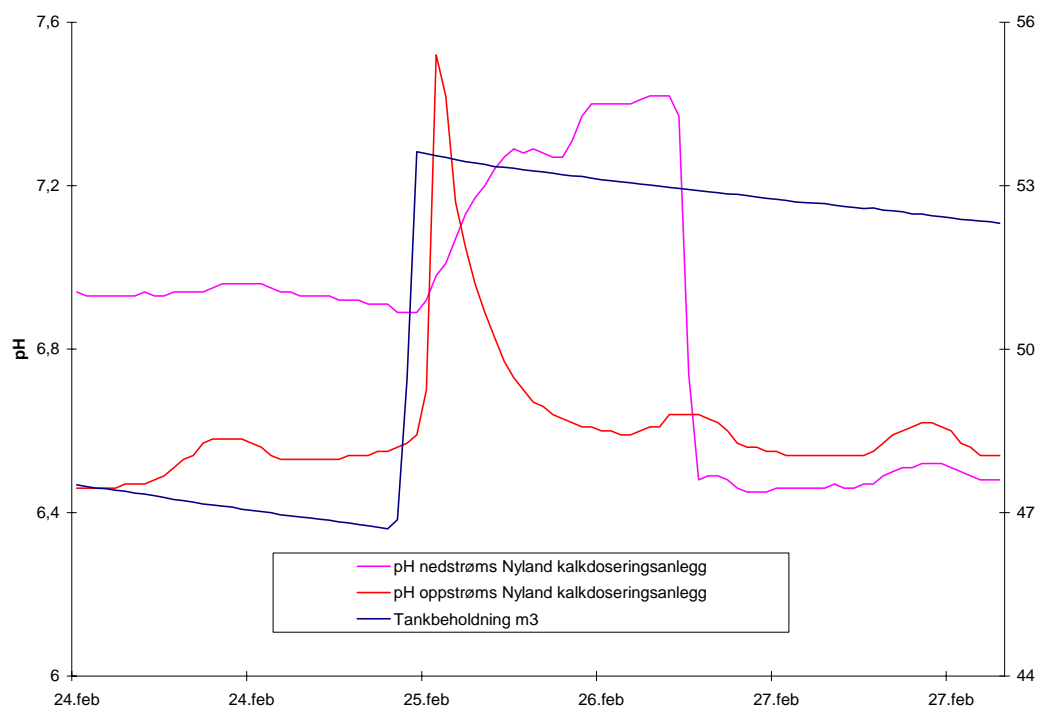
Figur 8. pH og vanntemperatur fra målekyvetta på Nyland kalkdoseringsanlegg. Målingene skal vise pH oppstrøms anlegget, men blir ikke riktige når vannstrømmen stopper i kyvetta. Tilstanden vises også tydelig ved økning i vanntemperaturen.

Målingene fra pH-overvåkingsstasjonen på Kloster viser at pH var under målet (pH 6,0) i to lange perioder høsten 2001. Det var 11. - 26. oktober og 1 - 16. november. Den 8. november var pH på det laveste. Den ble da målt til pH 5,5. pH var også i perioder langt over målet. Høyest pH ble målt den 2. desember. Den målte da pH 6,6. Variasjonene i pH var betydelige nedstrøms kalkingen. **Figur 9** viser tydelig hvor ustabil nivået var i elva. Stuving av is førte også til ekstra høy pH i en periode på 2 uker fra 17. desember. Dette har sammenheng manuell drift av anlegget i perioder med isdemming av elva. Ved manuell drift reguleres doseringen etter vannføringen. Når det registreres økning i vannføringen blir doseringen regulert etter feil verdier. Dosen ble manuelt satt ned 28. desember. I januar og februar 2002 var det kun to ubetydelige avvik ved Kloster da pH-målet var 6,0. Det var 1. og 8. februar. Ved Oksestein var det to korte avvik i samme periode. Det var 28. januar og 2. februar. pH var da henholdsvis 5,8 og 5,7 selv om doseringsanlegget var i drift.



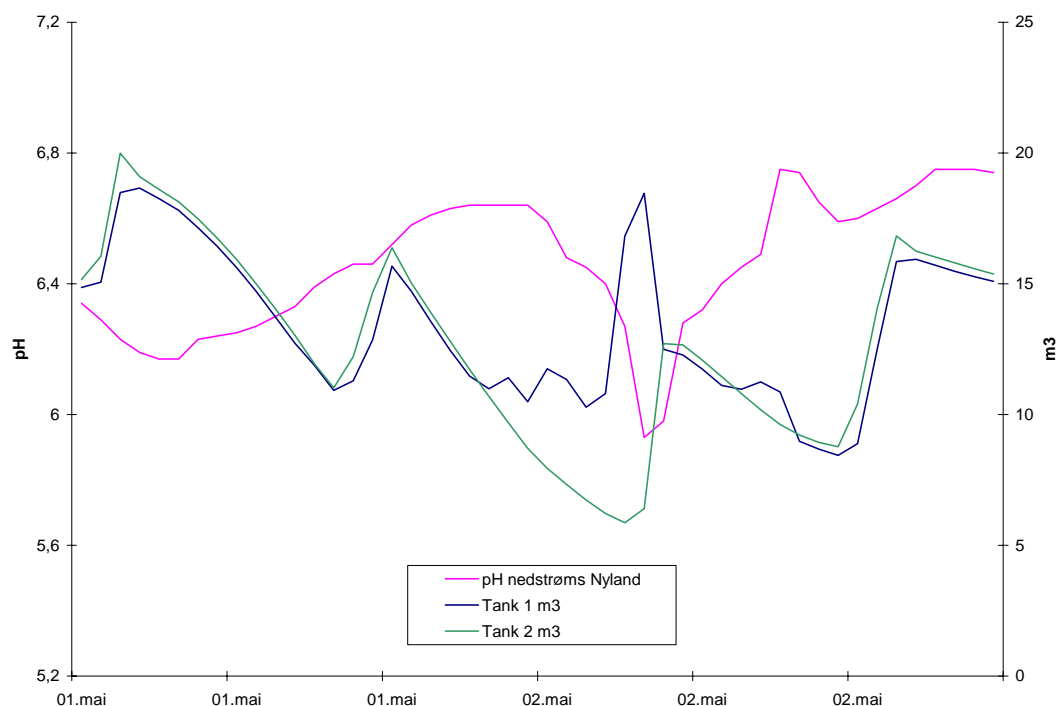
Figur 9. pH fra overvåkingsstasjonen på Kloster og Oksestein bru nedenfor Nyland kalkdoseringsanlegg. pH-målet for perioden er pH 6,0. Kurven viser at dette målet i lange perioder ikke oppnås. Det er også meget store variasjoner i surhetsnivå.

pH målingene ved Kloster avvek betydelig fra målet i perioden 15. februar til 1. april (pH-mål 6,2). Denne tiden var preget av nesten sammenhengende lav pH, bare avbrutt av fire dager fra 2. mars og 7. mars da pH var såvidt over målet (pH 6,25). Det ble flere ganger gitt innspill til ansvarlig for justering av doseringen (Mikatek) slik at doseringen ved Nyland ble øket. Ved Oksestein (pH nedstrøms anlegget) holdt pH målet, bortsett fra 6. mars, da pH var lav i fire dager i forbindelse med flom (maksimum vannføring $105 \text{ m}^3/\text{s}$). Laveste pH var da 5,6 selv om anlegget var i drift. Den 25. februar ble det målt høy pH både oppstrøms og nedstrøms anlegget i forbindelse med overfylling av kalk på anlegget, se **Figur 10**. Den 21. mars ble pH-kravet på Oksestein satt til 6,6 for å møte kommende pH-mål (pH 6,4).



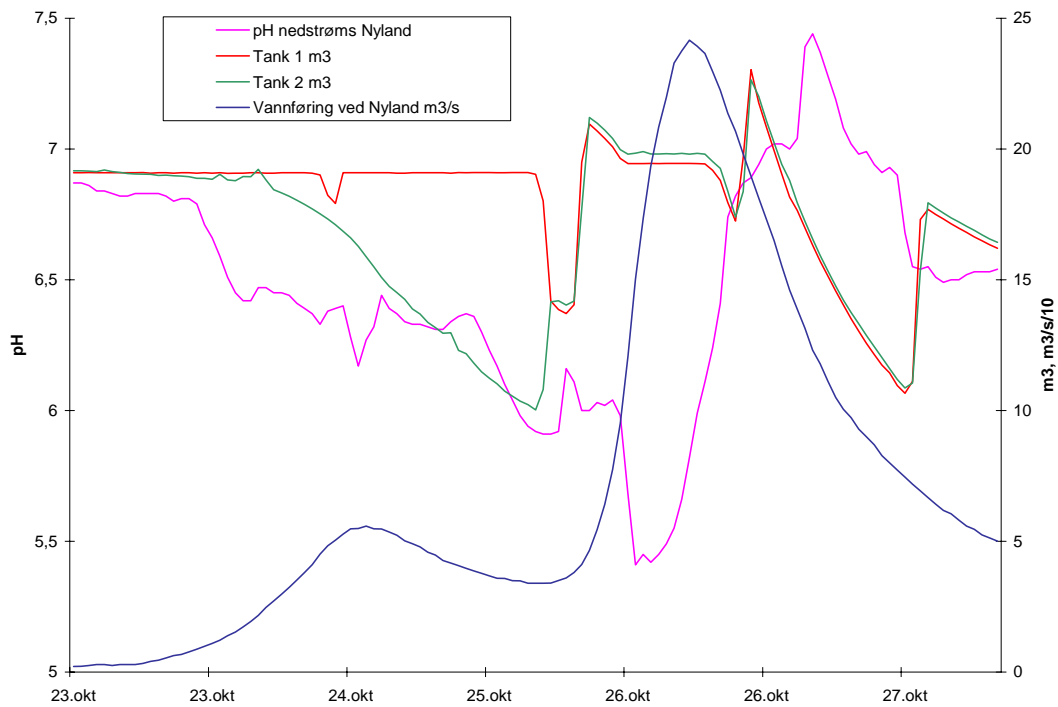
Figur 10. pH oppstrøms og nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg og tankbeholdning på anlegget i februar 2002. Kurven viser pH-reaksjonen da det ble sølt med kalkslurry ved påfylling. Store mengder kalk ble tilført elva slik at pH økte til 7,4 ved Oksestein bru (pH nedstrøms anlegget). Kalksølet forurenset også inntaksvannet for måling av pH oppstrøms anlegget slik at pH ble målt til 7,5.

pH-mål 6,4 i perioden 1. april – 31. mai ble avveket fire ganger ved Kloster. Det var 9 dager fra 6. april, 4 dager fra 19. april, samt 28. april og 4. mai. pH var ved disse tilfellene aldri under pH 6,2. Mikatek fikk i perioden mange innspill om pH-situasjonen på Kloster slik at man kunne justere inn doseringen for å nå pH-målet der. Det var svært høy pH to ganger i samme periode. Rundt 23. april og 2. mai var pH i området 6,8. På Oksestein var det i begynnelsen av perioden fra 2. til 12. april tidvis lavere pH enn kravet. Den 29. april begynte en flom som resulterte i lav pH på Oksestein (pH 5,9). På tross av uklare driftsdata viser pH at doseringen må ha midlertidig delvis sviktet, se **Figur 11**.



Figur 11. Volumet i beholdningstanker og pH nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg i mai 2002. Figuren viser pH-reduksjon samtidig med at beholdningen i tank 1 ikke ble riktig registrert. Situasjonen tyder på en midlertidig reduksjon i utdosering av kalkslurry.

Operatøren fikk beskjed om å redusere pH-kravet i forhold til nye mål (pH-mål 6,0) den 3. juni. Fra 1. juni var pH ved Kloster kontinuerlig over målet til siste uke i oktober. Kalkforbruket ved Nyland var i samme periode ca 75 m³ kalkslurry. pH var høy og varierte i området pH 6,45 ± 0,15. Uforholdsmessig høy pH ble målt en uke fra 25. august (pH 6,6), 5. og 27. september (pH 6,8 og 6,6). Den 26. oktober kom en flom som reduserte pH i Kvina. Laveste pH i flommen ble målt til 5,9. Etter flommen økte pH igjen til de tidligere målte nivåer. 7. november var pH igjen meget høy (6,7). Fra 15. desember sank pH 0,2 enheter. Denne situasjonen vedvarte ut året. På Oksestein holdt pH målet kontinuerlig, med unntak av 23. juni (pH 5,9), 11. juli (pH 5,9) og 26. oktober (pH 5,4) da anlegget på grunn av teknisk svikt ikke kalket for fullt, se **Figur 12**. Imidlertid var pH meget høy i store deler av perioden med verdier over pH 7. Bare unntaksvis var pH lavere enn 6,2. Det var de to siste ukene i juni, første uke i juli og en uke fra 5. september. Forholdene sammenfalt med økt vannføring i Kvina. Anlegget doserte ikke kalk i august og fra 13. september til 21. oktober.



Figur 12. pH nedstrøms Nyland, tankbeholdning, vannføring ved anlegget i oktober 2002. Figuren viser en stopp i doseringen midt i en stor flom (maksimum vannføring 240 m³/s). Dette førte til surt vann i en periode på 10 timer. Situasjonen har sammenheng med at driftsoperatørene var opptatt med å redde pH-stasjonen på Oksestein (pH nedstrøms Nyland) fra å bli tatt av flommen. Figuren viser også en tilstand der det var sedimentert kalkplugg i utløpet av tank 1 slik at kalkslurry bare ble brukt fra tank 2. Da driftsoperatørene staket opp forbindelsen ble beholdningen utlignet i de to tankene.

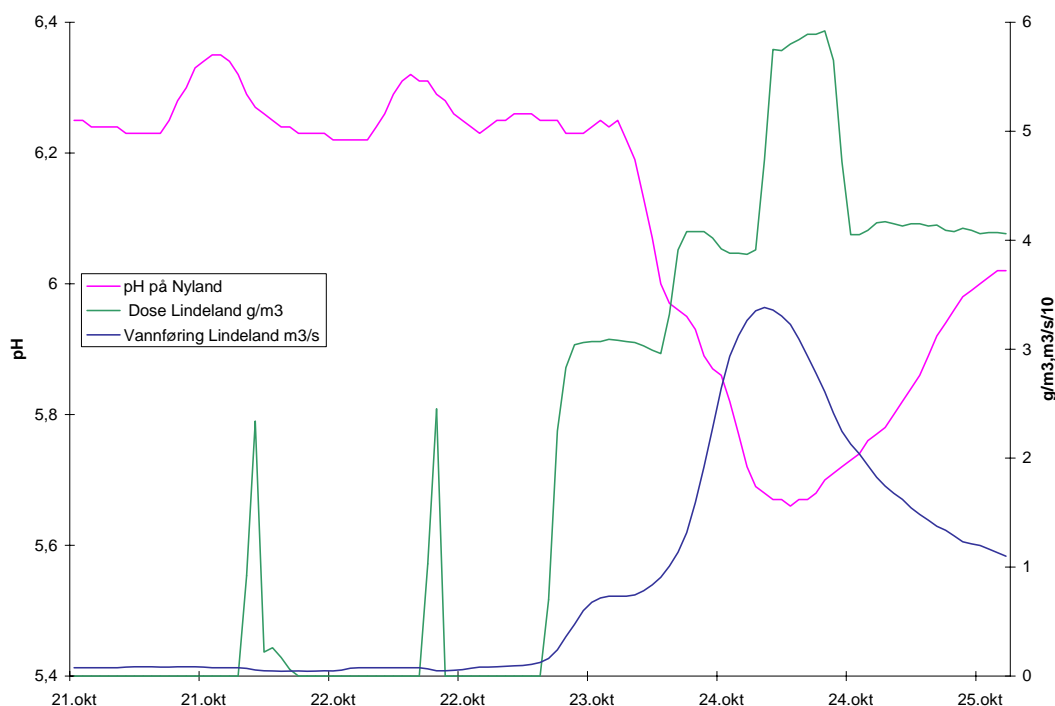
3. Tiltak

3.1 Lindeland

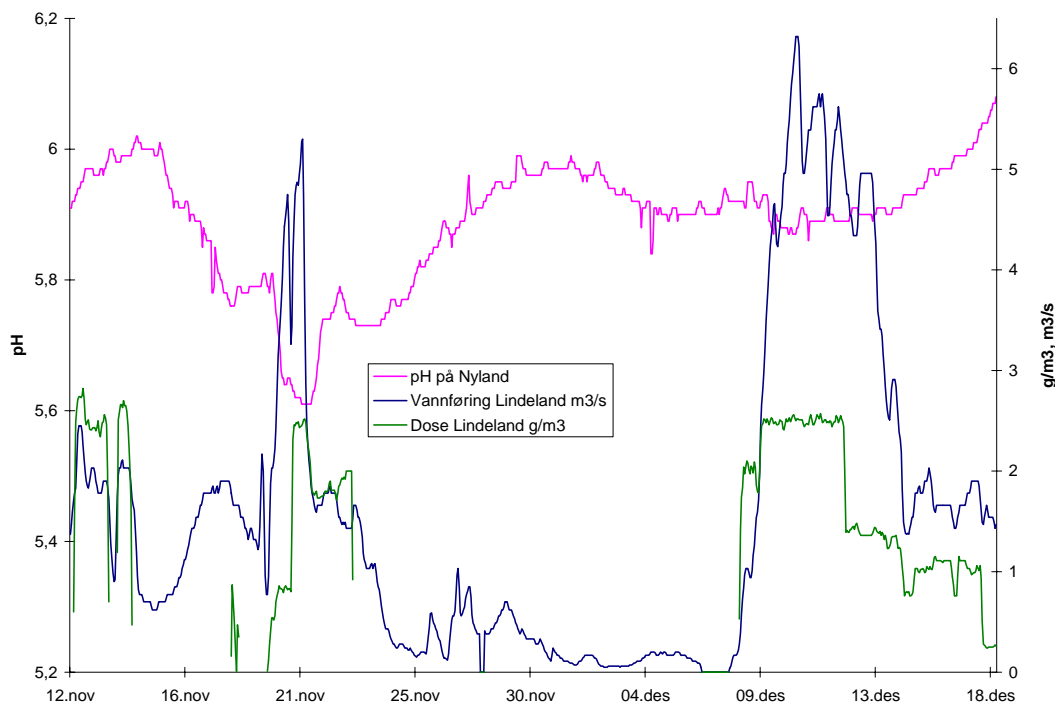
Lindelandanlegget var i tiden 15. mars til 31. desember 2002 styrt hovedsakelig etter pH-verdier fra elva 16 km nedstrøms anlegget (pH oppstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg). Siden dosereren er konstruert for automatisk dosering etter vannføring, har den ingen automatiske funksjoner som støtter andre styringsparametere. Anlegget må derfor overstyres manuelt. Leverandøren av det elektroniske doseringssystemet (Mikatek) er engasjert i denne oppgaven. Mikatek kan utføre sine kommandoer via telenettet uten fysisk å være tilstede. Innledningsvis ble doseringen innstilt etter veiledende teoretiske doser. Siden har erfaringer dannet et mer nyansert bilde av doseringsbehovet. Dette erfaringsgrunnlaget er stadig i utvikling, og det er sannsynligvis langt igjen til den endelige doseringsteknikken er etablert. Imidlertid oppsummeres her viten vi sitter med pr. 1. januar 2003.

Siden avstanden mellom doseringspunkt og effektmåling er så lang (16 km), vil effekten ved forandret dose ved lav vannføring måles lenge etter tiltaket. Er derimot vannføringen stor, vil effekten måles raskere og registreres tydeligere på dataloggen. Dersom man skal ha håp om nøyaktig og riktig dosering til enhver tid, er det viktig å ha god oversikt over denne reaksjonstiden. Driftsstans 26. oktober gav oss to punkter i en vannførings-reaksjonstids-tabell. Ved denne anledningen ble det ikke etterfylt kalk tidsnok i anlegget, slik at siloen gikk tom da vannføringen var 105 m³/s. Reaksjonene synes 8 timer senere med lavere pH verdier ved Nyland. Ved 75 m³/s ble anlegget fylt igjen og startet. pH økte da 10,5 timer senere, (**Figur 6**). Episoden illustrerer også at det er svakheter i transportleddet. I følge operatøren på anlegget var kalk bestilt normalt i forhold til rutine. Fordi alle transportbiler var opptatt med leveranser andre steder, ble det ikke levert kalk tidsnok. Flomvann har ofte den sureste vannkvaliteten, og er dermed viktig å avsyre. Det er derfor meget uheldig at transportkapasiteten ikke er tilstrekkelig ved flom.

Doseringen fra Lindeland ved lave vannføringer gir generelt for høy pH ved Nyland. Driften på anlegget har derfor i perioder vært stoppet. Likevel opprettholdes et høyt pH-nivå nedstrøms anlegget, særlig om sommeren. Forholdet er også observert nedstrøms kalkdoserere i andre vassdrag (Høgberget 2002). **Figur 13** viser hvordan stabilt høy pH i elvevannet opprettholdes selv uten kalking om sommerer, for så å reduseres markant ved utskylning under flom. På senhøsten 2002 var det generelt lite vannføring i elva. pH var høy, men det ble likevel tidvis dosert kalk. Dette førte til at pH ble for høy i forhold til pH-målet, se **Figur 5**. Årsaken til at det likevel periodevis ble kalket er, i følge Mikatek, frykten for at vannkvaliteten skal bli for sur ved plutselig flom. **Figur 14** viser hvordan Mikatek periodevis forandret dosen i forhold til forventet regn. Når flom uteble, resulterte dette i høyere pH. Etablering av automatisk pH-styring ved anlegget vil avhjelpe en del på slike situasjoner, men vil aldri bli fullverdig erstatning for manuelle tiltak. Under bestemte forhold vil det være mye vann som tilføres elva i området mellom Lindeland og Nyland. Da er det viktig at disse tilstandene er forutsett, slik at ekstra dosering er igangsatt før situasjonen opptrer. Foreløpig finnes ingen doseringsteknikk i drift som har vist at manuell overstyring kan automatiseres.



Figur 13. Vannføring og kalkdose fra Lindeland kalkdoseringsanlegg og pH ved Nyland 16 km nedenfor anlegget i desember 2002. Figuren viser at pH ble raskt og dramatisk redusert da flom effektivt skyllet ut godt bufret elvevann selv om doseringen kom raskt igang.



Figur 14. Vannføring og kalkdose fra Lindeland kalkdoseringsanlegg og pH ved Nyland 16 km nedenfor anlegget i november 2002. Figuren viser tidvis dosering i perioder da det ikke er behov. Årsaken til doseringen kan være at det er forventet stor vannføring i forbindelse med varsel regnvær. Dersom varselet slår feil, vil resultatet være økt pH i elva.

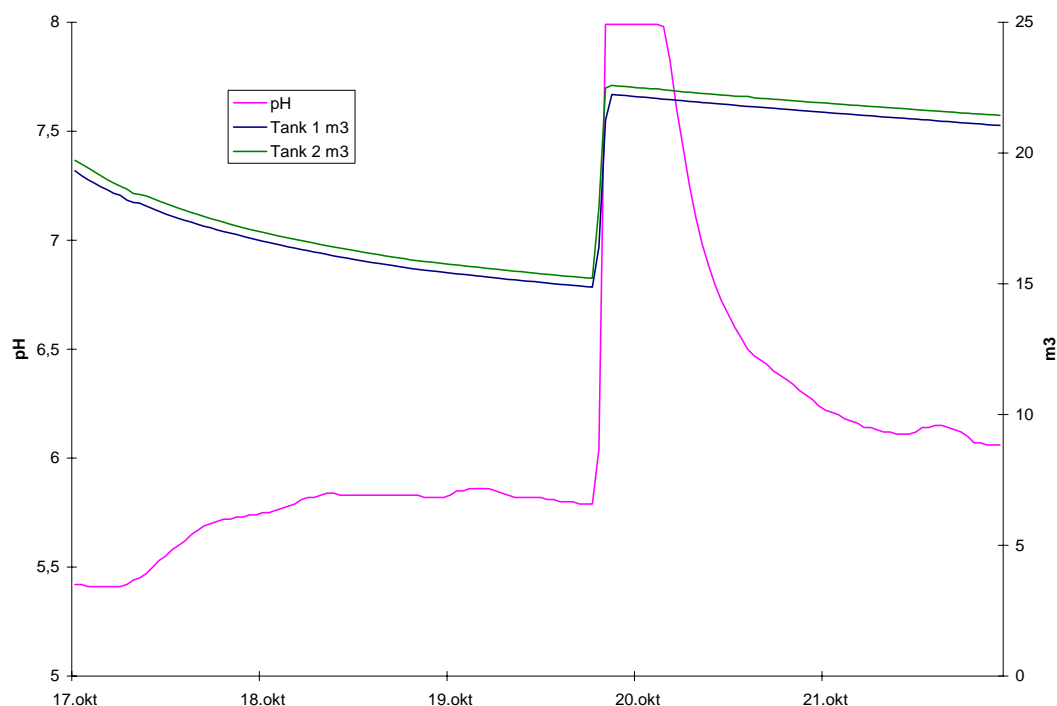
3.2 Nyland

Nyland kalkdoseringsanlegg skal alltid justere doseringen etter ønsket pH-krav. En forutsetning for at anlegget kan utføre riktige justeringer i forhold til pH, er at styringssignalene til enhver tid er korrekte. Ved Nyland har det vært problemer med stabile signaler fra alle de tre styringssignalene (vannføring, pH oppstrøms- og nedstrøms anlegget). Det følgende er en gjennomgang av problemene med hvert enkelt signal.

3.2.1 pH oppstrøms anlegget

NIVA fikk høsten 2000 oppdraget med å montere pH-meter for registrering av pH oppstrøms Nyland. Dessverre viste det seg at det ikke fantes vannuttak som var godt egnet til pH-måling. Uttaket ble derfor montert på en ventil på trykksiden av en trykkvannstank. Vannet i denne tanken er egentlig beregnet til rengjøring. Det jevne uttaket av vann vil føre til konstant forbruk slik at trykkpumpa stadig må pumpe nytt vann for å opprettholde trykket. Det ble klarert med leverandøren av anlegget at dette ikke ville overbelaste trykkvannspumpa. Variasjonen i trykket og problemer med innstilling av ventilen, har i perioder ført til stillstand i målekyvetta. pH-målingene blir da feil, se **Figur 8**. Leverandøren av anlegget forsøkte å sette inn et nytt uttakspunkt på hovedtilførselen av vann til anlegget, men dette punktet fungerte ikke. Vann kom ikke ut av uttaket.

Et stort problem for pH-målingene har vært feilmålinger av inntaksvannet til målekyvetta. Årsaken til dette var at vann til pH-måling oppstrøms anlegget var forurenset med kalk fra anlegget, se **Figur 15**. Kalkholdig rengjøringsvann ble ledet til et avløpsrør som endte ved inntaksbrønnen til anlegget. Synlige kalkrester lå på steinene ved brønnen. Da kalk ble spylt ut, ble noe av det med tilbake til pH-kyvetta via inntaksvannet. Reaksjonen kom da umiddelbart som ekstremt høye pH-verdier. Tilstanden oppsto med jevne mellomrom og var årsaken til at anlegget ble styrt kontinuerlig på manuell drift selv om alle styringsparametere var operative. NIVA foreslo en provisorisk løsning på problemet ved montering av en slange som forlenger på avløpsrøret. Dette ble utført den 6. desember 2001. Usikkerhet omkring holdbarheten av tiltaket gjorde likevel at automatisk styring ikke ble igangsatt før skriftlig anbefaling fra NIVA forelå 28. januar 2002. Selv om isgang i elva vinteren 2002 ødela en del av denne slangen, har tiltaket hele tiden siden fungert etter hensikten. Tiltaket er fortsatt å betrakte som provisorisk. Permanente tiltak må iverksettes (se neste avsnitt).



Figur 15. pH og tankvolum på Nyland kalkdoseringsanlegg 20. oktober 2001. Figuren viser umiddelbar pH-økning ved påfylling av kalk. Dette har sammenheng med feil utløpspunkt for avløpsvann fra anlegget.

På prosjektmøtet for kalkingen av Kvina den 23. januar 2001 ble det bestemt at pH-målingen for pH oppstrøms anlegget måtte flyttes. NIVA foreslo 25. juni 2001 to alternative måter å gjøre dette på. Imidlertid ble vannbehovet på anlegget utvidet i forbindelse med en vernerunde på anlegget 5. oktober 2001, noe som sannsynligvis tilsidesatte forslagene fra NIVA. Fylkesmannen i Vest-Agder etterlyste fortløpende i saken 13. mars 2002 uten at det foreløpig er gjort noe. For bedre driftssikkerhet på signalene, er det på tide at denne saken videreføres.

3.2.2 pH nedstrøms anlegget

Automatisk pH-målestasjon på Oksestein bru 1 km nedstrøms Nyland leverer signaler til anlegget via radiosamband. Stasjonen var til å begynne med utstyrt med enkel tilførselslange med innlagt varmekabel for vinterbruk. Vinteren 2001 viste at dette ikke var tilstrekkelig for å holde systemet isfritt ved strenge kuldeperioder. Det ble derfor montert solid isotermslange. Anlegget har siden fungert uten driftsmessige problemer. Imidlertid er stasjonen meget utsatt under sterk flom. Problemet oppstår når drivstokker og trær hekter seg på slangen og truer med å dra med seg hele stasjonen ut i elva. For øyeblikket har vi ingen gode forslag til forbedringer, men ønsker likevel at tiltak blir iverksatt når gode forslag måtte foreligge.

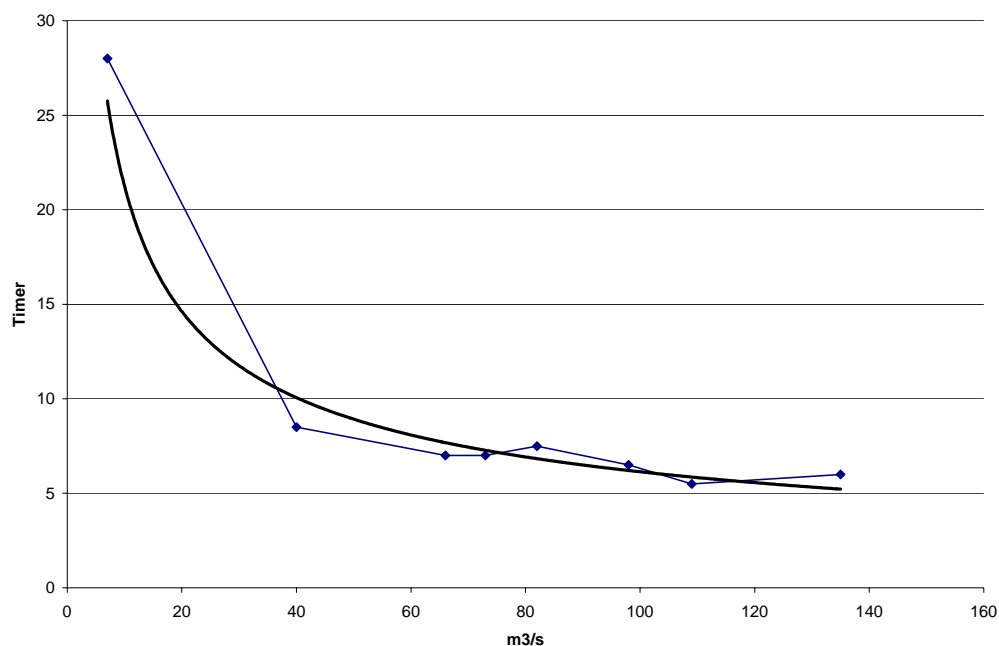
Det er et ønske at periodevis manuell overstyring av anlegget kan foretas etter pH på Kloster automatiske overvåkingsstasjon. Operatørene har fått to sett programvare for innhenting av disse dataene. Det har likevel ikke ført til at man har benyttet muligheten til overstyring. Måledata viser at det er høyst forskjellig reaksjon på Kloster avhengig av flom og avrenningssituasjon nedstrøms Nyland. Det kan derfor være vanskelig å avgjøre når og hvor mye doseringsanlegget skal overstyres. To faktorer er viktige for hvilke tiltak som skal iverksettes. For det første bør man ha oversikt over tiden vannet bruker fra Nyland til Kloster. pH og vannføringsdata fra 8 episoder i 2002 gir oss

mulighet til å kartlegge denne tiden. Faktiske målinger er gjengitt i **Figur 16**. Forholdet lar seg beskrive matematisk i uttrykket:

$$y = 73,581x^{-0,5394}$$

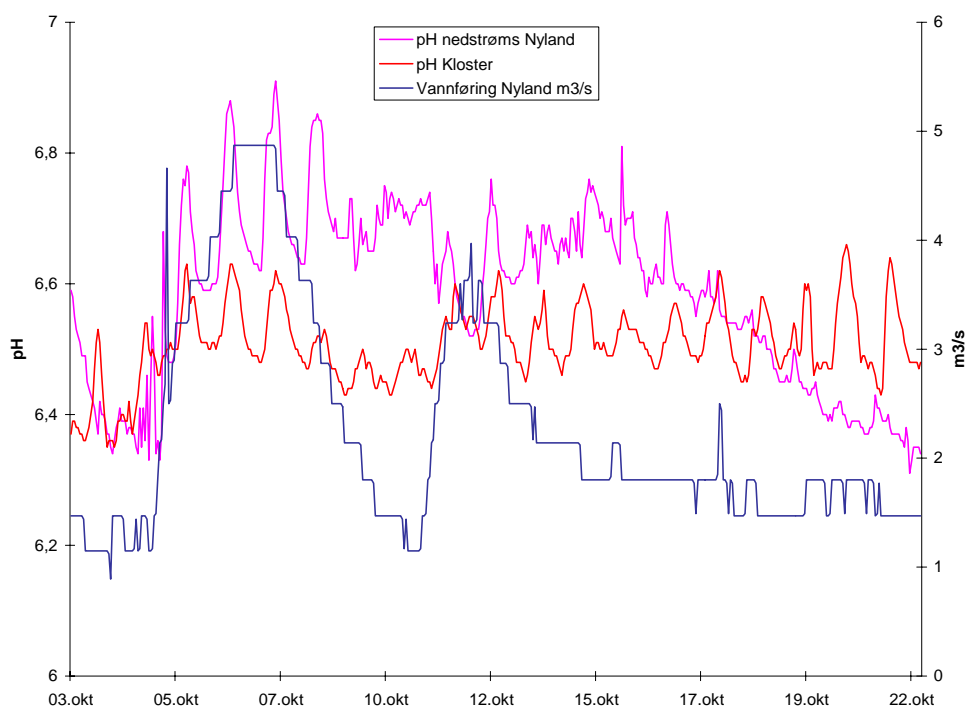
x = Vannføring ved Nyland
y = Reaksjonstid på Kloster

Uttrykket er en foreløpig versjon, og gjelder ved fallende vannføring. Ved stigende vannføring har vi ikke tilstrekkelig data til å beskrive tiden, men registreringene vi har, tyder på noe kortere tid. Det vil bli utarbeidet nye ligninger når bedre grunnlagsdata foreligger.



Figur 16. Sammenheng mellom tiden vannet bruker fra Nyland kalkdoseringsanlegg til utløpet og vannføring ved Nyland. Vannet ble sporet ved hjelp av pH i elva. Teoretisk sammenheng vises i eksponensiell kurve. Tiden øker voldsomt ved lav vannføring.

Den andre viktige faktoren er størrelsen på tiltaket med bakgrunn i pH-avvik ved Oksestein. Eksisterende data viser store avvik mellom pH-målingene ved Oksestein og Kloster. Dette er naturlig fordi mye vann fra sidedebørfelter nedstrøms Oksestein vil surgjøre elva. Den største jokeren i systemet er Litleåna. Denne elven vil noen ganger bidra med avsyret vann slik at vannkvaliteten i Kvina stabiliseres, andre ganger med surt vann som ytterligere reduserer pH. Det gjør ikke situasjonen bedre at pH på Oksestein og Koster måles av to forskjellige instanser. Situasjonen kan dermed bli slik at pH registreres på to forskjellige nivåer selv om vannkvaliteten er lik **Figur 17**. Avvik i pH fra Nyland til Kloster kan dermed ikke måles nøyaktig. Bare når det benyttes samme utstyr for innhenting av pH-verdier til prosesskalibrering, kan forholdene bli tilfredsstillende. NIVA ønsker derfor at operatørene på kalkdoseringsanlegget også får ansvar for å holde pH-meteret på Kloster. (Formelt tatt opp første gang 17. juni 2002).

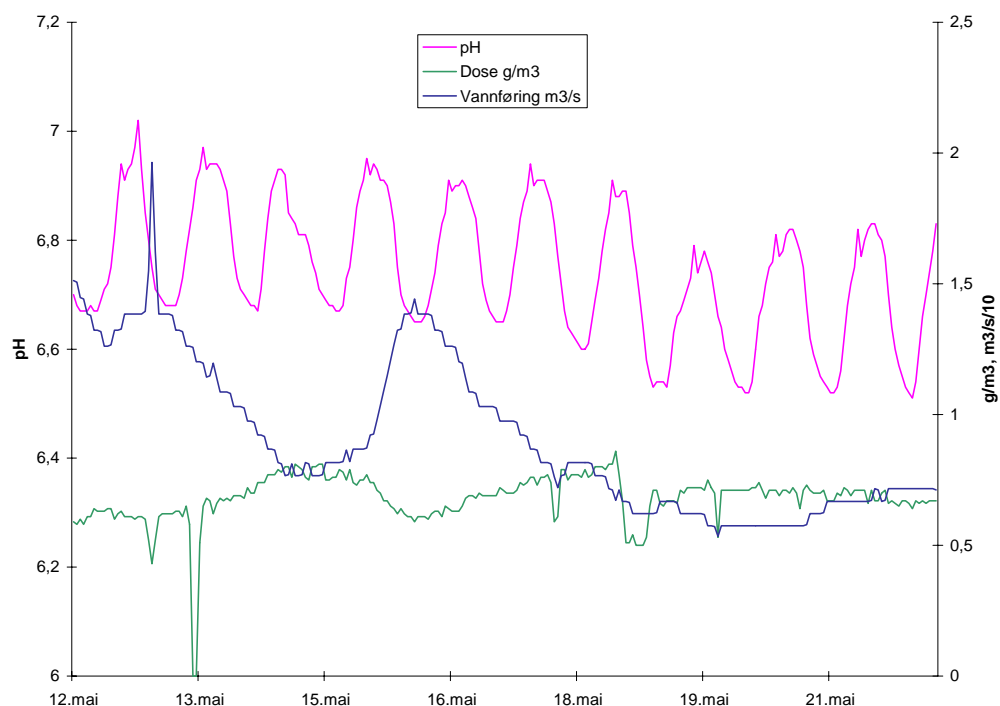


Figur 17. pH og vannføring på Nyland og pH på Kloster i oktober 2002. Figuren viser varierende avvik i pH mellom Nyland og Kloster under meget stabile vannføringsforhold i elva (1,5-5 m³/s). Situasjonen indikerer at pH-meterne ikke reagerer på likt. De kan være forskjellig kalibrert.

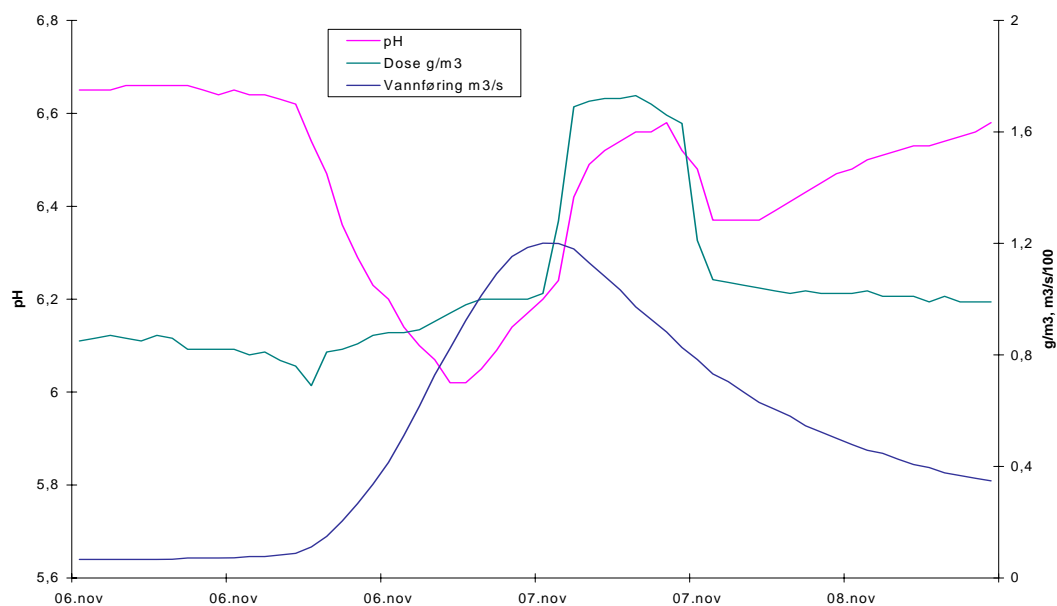
3.2.3 Vannføring og doser

Vannføringen forbi doseringsanlegget blir registrert ved bruk av en elektronisk vannstandsmåler (ultralydmåler) i inntaksbrønnen til anlegget. Når det registreres lav vannføring og det er høy pH i elva, kan ikke anlegget justere etter pH. Årsaken er at det ikke finnes mulighet for automatisk pH-justering ved lave vannføringer når doseringen skal være under 10 l slurry pr. time. Dette medfører at det doseres kalk når det ikke behøves. Forholdet er vist på **Figur 18**. Anlegget må under slike forhold styres manuelt. Dersom anlegget styres manuelt, og det oppstår flom, må anlegget manuelt settes tilbake til automatisk styring. Man kommer da på etterskudd med doseringen. Forholdet er vist på **Figur 19**. For å unngå disse problemene bør det etableres muligheter for automatisk pH-styring også ved minimale vannføringer.

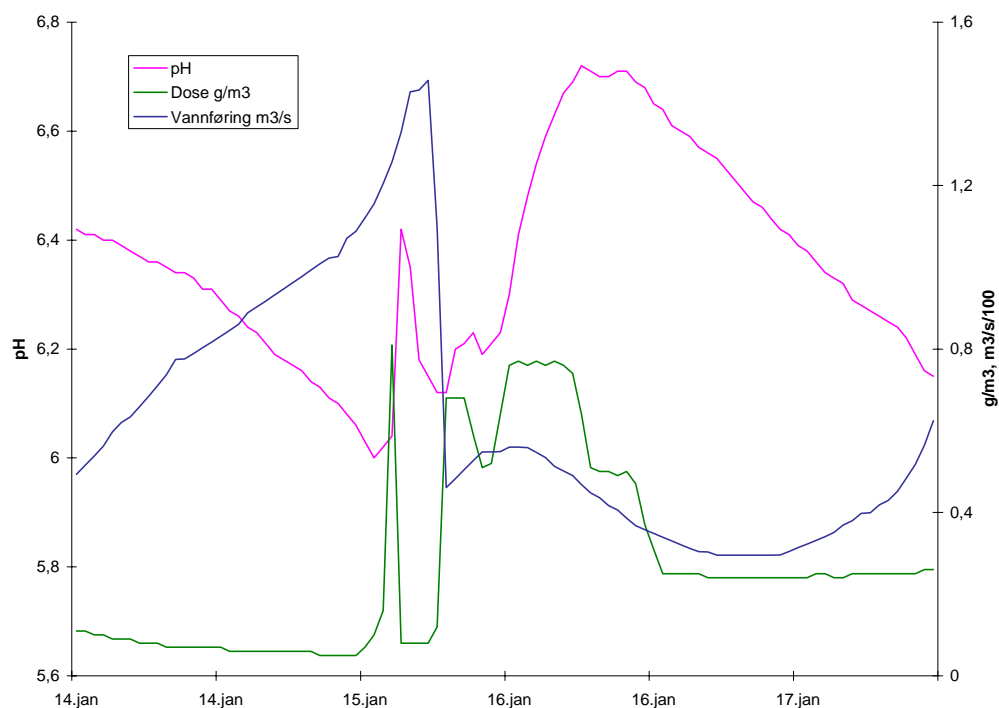
Når temperaturen blir tilstrekkelig lav og det er lav vannføring i elva, bygger det seg opp ispropper i elveløpet. Slike forhold gjør kalkdoseringen vanskelig. To forskjellige effekter er registrert av dette. **Figur 20** viser en situasjon før automatisk styring ble etablert på anlegget. Det var satt en lav dose i elva slik at pH avtok ved økende isdemming. Da isen brøt, var det vanskelig å finne den riktige doseringen. **Figur 21** viser en situasjon der anlegget gikk uten automatisk justering av pH fordi doseringsbehovet var for lavt. Når isen bygget demning, ville anlegget øke doseringen slik at pH ble alt for høy på Oksestein. Selv med utvidet automatisk styring, vil det være vanskelig å unngå justeringsproblemer ved isdemming. Dette har sammenheng med at reaksjonstiden (tiden vannet tar fra Nyland til Oksestein) blir vesentlig lengre enn forventet. Dette er vanskelig å ta høyde for ved programmering av tidsfaktor i forhold til vannføring.



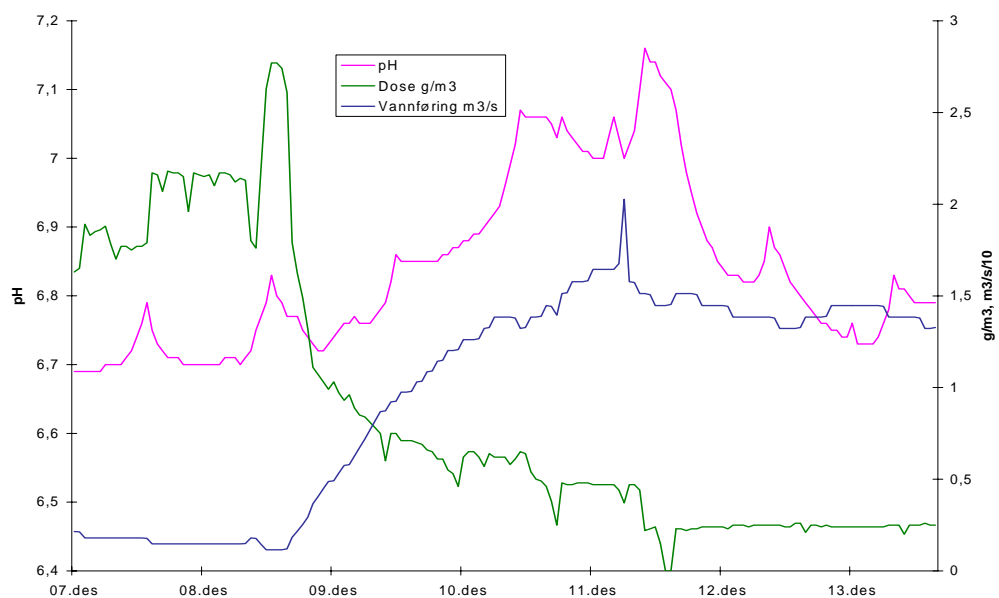
Figur 18. Vannføring, dose og pH nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg i mai 2002. Figuren viser dosering i elva selv om pH er langt over kravet (pH 6,0). Vannføringen er lav. Anlegget kan ikke justere dette inn så lenge behovet er lavt (under 10 l kalkslurry pr. time).



Figur 19. Vannføring, dose og pH nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg i november 2002. Figuren viser sen reaksjon på doseringen ved flom. Årsaken kan være at pH lå for høyt i forhold til pH-kravet på anlegget (pH 6,0). Det tok da for lang tid før økt dosering ble igangsatt. Reaksjonen ble da også for stor, og pH økte for mye. Det kan i slike situasjoner oppstå en midlertidig pendelvirkning som dempes effektivt ved riktige innstillinger i automasjonen.



Figur 20. Vannføring, dose og pH nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg i januar 2002. Figuren viser økende vannføring p.g.a. isdemming i elva. I denne perioden var det manuell styring av anlegget. Doseringen var lav og pH var synkende. Da isdemningen sprang, ble det vanskelig å justere inn pH.



Figur 21. Vannføring, dose og pH nedstrøms Nyland kalkdoseringsanlegg i desember 2002. Figuren viser manglende justering av pH ved lavt doseringsbehov. Ved isdannelse i elva og falsk registrering av økende vannføring, øker også pH til meget høye verdier.

3.3 Oppsummering av tiltak

Alle rapporterte behov for tiltak er her listet etter den rekkefølgen vi anbefaler at tiltakene bør gjennomføres. Viktigste tiltak er øverst på listen.

1. Operatørene overtar ansvar for daglig drift av automatisk pH-overvåkingsstasjon på Kloster.
2. Bedring av transportkapasiteten for kalklevering (gjelder Lindeland i dette vassdraget).
3. Automatisering av doseringen også ved lave vannføringer på Nyland.
4. Bedre sikring av vanntilførsel til pH-måling oppstrøms Nyland.
5. Automatisk pH-styring på Lindeland.
6. Oppgradering av vannføringsmålinger slik at stor vannføring kan måles ved Nyland.
7. Dokumentasjon av leveringsmengde ved kalkleveranser til Nyland.

4. Referanser

Grøner, 1999. Anbuds-og kontraktsbestemmelser samt kravspesifikasjon for kalkdoserer Sinland i Kvinesdal kommune. Utkast pr. 24.30.00. O.nr.4407.

Høgberget, R. 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA Rapport L. nr. 4511.

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