

RAPPORT LNR 4422-2001

Driftskontroll av
kalkdoseringsanlegg
i Tovdalsvassdraget

Avviksrapport år 2000-2001



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: 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
5008 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 Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. | Løpenr. (for bestilling) 4422-2001 | Dato 31.08.2001 |
| | Prosjektnr. Undernr. O-98203 | Sider Pris 21 |
| Forfatter(e) Rolf Høgberget | Fagområde Måle- og overvåkingsteknologi | Distribusjon |
| | Geografisk område Aust-Agder | Trykket NIVA |

| | |
|---|-------------------|
| Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget | Oppdragsreferanse |
|---|-------------------|

Sammendrag

Det ble registrert problemer med å opprettholde god vannkvalitet i øvre deler av vassdraget, særlig under høstflommene i 2000. Varierende driftssikkerhet ble observert ved doseringsanleggene. Båskalkdoseringsanlegg har fått bedre doseringskapasitet og gjennomgått endringer for sikrere drift. Driftskontrollen på Skjeggedal-anlegget var mangelfull p.g.a. mye feil. Reparasjonstid ved dette anlegget var generelt meget lang. Anlegget gav for lav dose. Klepsland kalkdoseringsanlegg doserte tilfredsstillende i lange perioder, men kontinuiteten ble brutt av for mange lange stopp. Anlegget doserte for høy dose ved lave vannføringer. Kalkdoseringen i anadrom sone av Tovdalselva fungerte tilfredsstillende i rapporteringsperioden. Høstflommen avdekket mangelfulle forhold ved Søre Herefoss-anlegg. Anlegget har i ettertid fått bedre doseringskapasitet.

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


Rolf Høgberget
Prosjektleder


Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder
ISBN 82-577-4065-9


Nils Roar Sæltun
Forsknings sjef

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg
i Tovdalsvassdraget**

Avviksrapport år 2000-2001

Forord

NIVA begynte tidlig å engasjere seg i problematikken omkring tilfeldig dosering observert ved mange av kalkdoseringsanleggene rundt omkring i landet. Det utviklet seg en ide om at det burde være mulig å benytte enkle parametere og dertil enkle systemer for å kontrollere disse kalkdoseringsanleggene. Gjennom oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning fikk NIVA anledning til å gjennomføre et prøveprosjekt. Forholdene ble lagt til rette ved kalkdoseringsanleggene i Tovdalsvassdraget da disse ble bygget, og uttestingen ble gjennomført ved disse anleggene. Erfaringene fra testperioden var så gode at NIVA anbefalte opprettelsen av permanent driftskontroll.

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 Tovdalsvassdraget etablert. En rammeavtale for driftskontrollen ble kontraktsfestet den 4. mai 1999. I denne avtalefestes dokumentasjon ved en kortfattet avviksrapport hvert år.

Prosjektet er støttet av Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Aust-Agder. Oppdragsgiver er Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget.

Grimstad, 31.08 2001

Rolf Høgberget

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| 1. Driften på anleggene | 6 |
| 1.1 Bås | 6 |
| 1.1.1 Utbedringer i perioden | 7 |
| 1.2 Skjeggedal | 8 |
| 1.2.1 Utbedringer i perioden | 10 |
| 1.3 Klepsland | 10 |
| 1.4 Søre Herefoss | 11 |
| 1.4.1 Utbedringer i perioden | 17 |
| 2. Tiltak | 18 |
| 2.1 Bås | 18 |
| 2.2 Skjeggedal | 18 |
| 2.3 Klepsland | 18 |
| 2.4 Søre Herefoss | 18 |
| 2.4.1 Krisetiltak ved akutt svikt i doseringen | 19 |
| 3. Referanser | 21 |

Sammendrag

Bås kalkdoseringsanlegg har vært preget av mange driftsstanser i rapporteringsperioden. Som følge av disse har det blitt dosert for lite kalk fra anlegget. Når anlegget fungerte, doserte det tilfredsstillende ved normale vannføringer. Ved flom ble dosen fra anlegget for lav. Fra januar til mai 2001 var dosen satt til 9 g kalksteinsmel/m³. Denne dosen ble satt for å tilføre Herefossfjorden tilfredsstillende bufferkapasitet. Kalkdoseringsanlegget fikk øket doseringskapasitet fra juni 2001. Vannstandsmåleren måler ikke riktig ved høye vannstander. Dette er påpekt tidligere og bør utbedres. Kalksilovekta veier ikke riktig ved maksimum beholdning. Den bør justeres.

Driftskontroll av Skjeggedal kalkdoseringsanlegg har i lange perioder ikke vært mulig på grunn av flere stans ved driftskontroll-stasjonen og manglende vektsignal. Vektsignalet har ikke vært tilgjengelig i til sammen seks måneder. Som følge av de mange funksjonsstoppene på elektronisk utstyr ble anlegget bedre jordet på forsommeren 2001. Høstflommen 2000 ble benyttet til å lage fullverdig vannføringstabell for doseringspunktet. Kalkdoseringsanlegget doserte vinteren 2001 ca 1/3 av ønsket dose. Denne dosen må økes. Isdemming i elva vanskeliggjør dosering i strenge kuldeperioder. Da blir det overdosering av kalk i elva. Fortsatt er støvproblemene store på anlegget (tidligere påpekt). Reparasjonstid ved feil på anlegget er alt for lang.

Klepsland kalkdoseringsanlegg er fortsatt preget av mange driftsstanser (Høgberget 2000). Imidlertid var det bedre driftssikkerhet på anlegget i denne rapporteringsperioden enn i forrige. Det er for mange lange driftsstanser på anlegget. Anlegget doserte for lite kalk ved stor flom i elva. Overdosering ved lave vannføringer er fortsatt et problem på anlegget (tidligere påpekt).

Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg fungerte tilfredsstillende helt til stor flom høsten 2000 førte til problemer på anlegget. To forhold var gjeldende. Selv om Herefossfjorden hadde tilfredsstillende pH ble denne raskt presset ned under store nedbørepisoder. Dette vanskeliggjorde doseringen da store vannmengder skulle pH-justeres. Kapasiteten på kalkdoseringsanlegget ble overskredet. Det andre problemet var at utløpsrøret for kalkslurry tettet seg når vannstanden i elva økte til meget høye nivåer. Krisetiltak med direkte lossing av kalk i elva fra tankbil måtte ved en anledning gjennomføres. Begge svakhetene ble forsøkt rettet ved at kapasiteten på anlegget ble øket, og modifikasjoner av utløpsrøret ble foretatt. Kalkdoseringsanlegget gikk normalt igjen etter at høstflommene kuliminerte. Ujustert pH nedstrøms anlegget førte imidlertid til for høy dosering i deler av januar. I begynnelsen av våravsmeltingsperioden ble det iverksatt et "føre var tiltak" ved at pH-kravet ble satt opp på anlegget i tilfelle forsuring av nedbørfelter i nedre deler av vassdraget. Erfaringene fra dette tiltaket var meget gode.

Forslag til kriseplan ved doseringssvikt på Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg skisserer hva som bør gjøres i slike tilfeller. Planen går ut på bruk av direkte tørrdosering fra tankbil rett i elva med doseringsmal med utgangspunkt i vannstandsstaven ved inntaksbrønnen på Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg.

1. Driften på anleggene

1.1 Bås

Bås-anlegget står for 2/5 av all kalktilsetning til Tovdalsvassdraget. Det er derfor avgjørende at anlegget fungerer tilfredsstillende slik at man får en optimal effekt av kalkingstiltakene i vassdraget. Kalkdoseringsanlegget er fullautomatisert, og kalkdoseringen reguleres etter variasjonen i vannføring. Beregnet dose som anlegget skal gi er 4,7 g kalksteinsmel/m³.

Det har vært mange driftsstanser på kalkdoseringsanlegget i rapporteringsperioden, totalt 24. Syv av disse har vært over et døgnns varighet. Ingen av stoppene var over to døgnns varighet. Tidspunktene for disse stoppene er listet i **Tabell 1**.

Tabell 1. Tabell over driftsstanser på doseringsanlegget over lengre tid enn et døgn. Datoene refererer til når driftsstansene oppsto. Timer er antall timer uten dosering.

| Dato | Timer |
|-------------|-------|
| 16. jun. 00 | 44 |
| 25. jun. 00 | 25 |
| 05. okt. 00 | 42 |
| 05. des. 00 | 27 |
| 19. des. 00 | 34 |
| 24. jan. 01 | 26 |
| 14. mar. 01 | 42 |

På grunn av disse feilene fikk kalkdosereren ikke dosert den mengden kalk den var satt opp til å dosere. Det har blitt dosert ca 280 tonn for lite kalk som følge av alle stoppene.

Driftskontrollen har vært ute av funksjon i to perioder. Dette var 2.-23.november 2000 da strømforsyningen og siden loggeren måtte byttes. Den 23. mai 2001 stoppet loggeren. Ved en forsømmelse ble dette ikke rettet før 7. juni 2001.

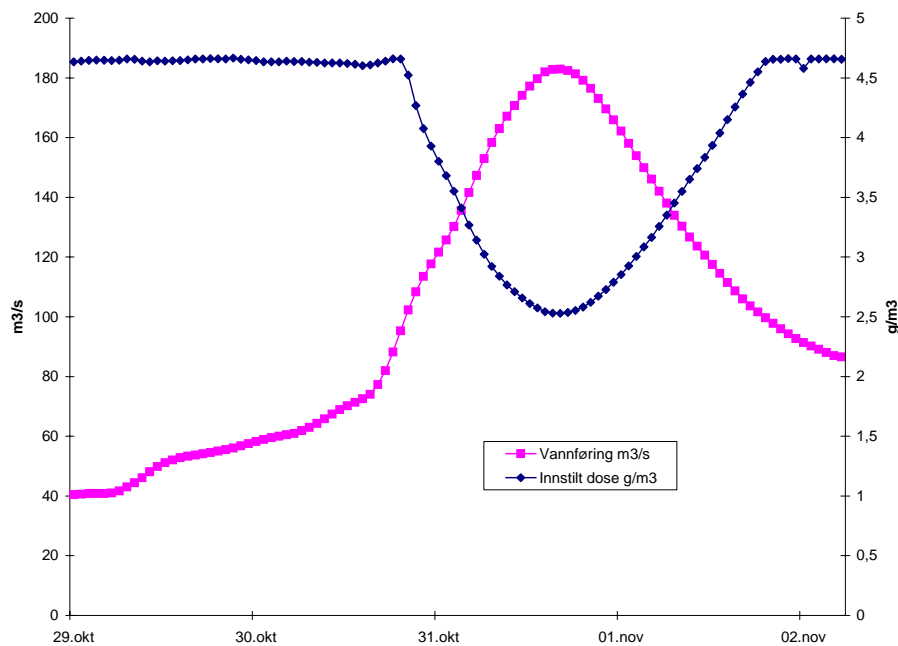
Kalkdosereren viste god effektivitet når anlegget gikk. Sommeren 2000 var den reelle doseringen noe høyere enn innstilt dose i styringsautomatikken. Gjennomsnittlig ble det dosert 5% over innstilt dose (4,7 g kalksteinsmel/m³). Fra oktober 2000 til 4. januar 2001 var den faktiske dosen fra anlegget lik innstilt dose. Under flommer med vannføringer over 96 m³/s maktet kalkdosereren likevel ikke å dosere til innstilt dose. Dosen avtok i disse tilfeller etter kurven fremstilt i **Figur 1**. Den 4. januar ble dosen satt opp til 9 g/m³. Dette ble gjort fordi nye kalkingsmål for Herefossfjorden var ønsket av Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget (møte 23. november 2000). Faktisk dose var fra januar til mars 7-8 g/m³. I april og begynnelsen av mai økte faktisk utdosering til omtrent innstilt nivå. Vårflommen gjorde seg gjeldende fra andre uke i mai. Da maktet ikke kalkdosereren å dosere ønsket dose til elva. Se **Figur 2**.

Den 21. mai ble dosen satt tilbake til 4,7 g/m³. Grunnet avbrevet i driftskontrollen i deler av juni kan ikke doseringen følges i hele perioden, men av eksisterende data vises at kalkdoseringsanlegget doserte riktige mengder fram til 12. juni. Da ble reell dose redusert til ca 3 g/m³. Kalkdoseringsanlegget doserte denne dosen ut juni.

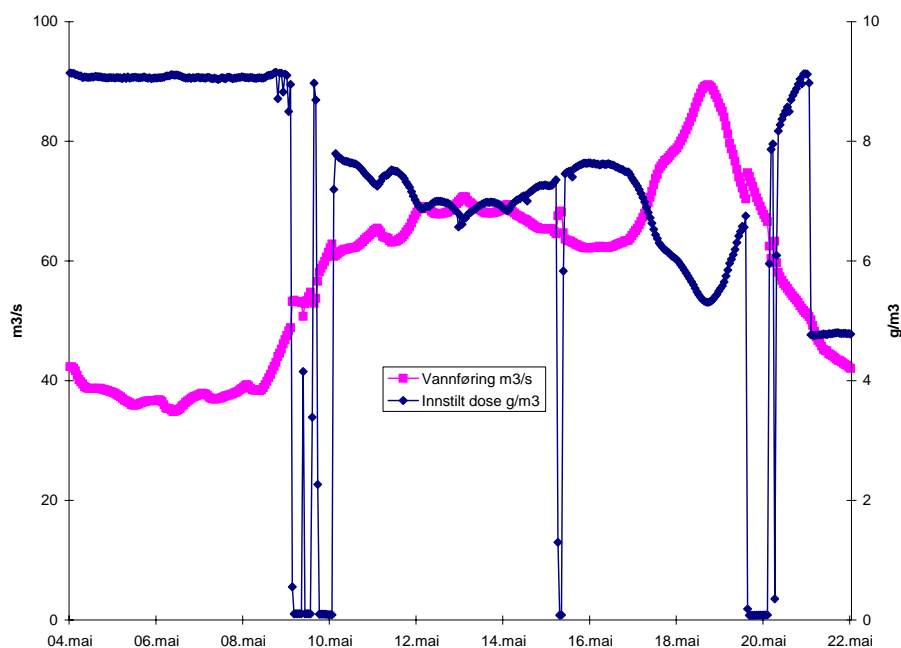
Det registreres ikke kalkvekter over 97.8 tonn i kalksiloen. Imidlertid kan kalkbeholdningen noen ganger overskride denne grensen.

1.1.1 Utbedringer i perioden

Den mangelfulle doseringen av kalk fra Bås-anlegget skyldtes dels for dårlig kapasitet på doseringsutstyret, dels tekniske problemer av andre årsaker. Kapasiteten på anlegget ble forbedret i månedsskiftet mai-juni 2000. Da ble giret på doseringsskruen byttet slik at maksimum utdosering økte fra 40 til 95 tonn kalksteinsmel pr. døgn. Føler for høyt nivå i blandekaret ble også flyttet for å unngå at denne slår ut på høy vannstand da den egentlige årsaken er skumdannelser i blandekaret, se **Figur 2**. Anlegget står derfor nå sterkere rustet til å møte kommende flommer.



Figur 1. Eksempel på situasjon der vannføringen i Tovdalselva ved Bås overskrider 96 m³/s og kapasiteten på kalkdoseringsanlegget overskrides høsten 2000. Resultatet blir at det tilføres mindre kalk til vassdraget enn ønskelig.



Figur 2. Situasjon fra vårflo i Tovdalselva ved Bås i 2001. Dosen fra kalkdoseringsanlegget er satt til 9 g/m^3 . Dermed øker presset på doseringsanlegget betydelig ved økende vannføringer. Anlegget makter ikke å kalke tilstrekkelig. Doseringen var nede i $5,3 \text{ g/m}^3$. Doseringssignalet gikk også i null flere ganger i løpet av denne perioden. Dette er tegn på at det ikke doseres kalk fra anlegget. Fenomenet oppsto særlig i perioder med høy utdosering. Da dannet det seg skum i blandekaret som slo ut på alarmfunksjonen ved høyt væsknivå i blandekaret.

1.2 Skjeggedal

Skjeggedal kalkdoseringsanlegg er et vannføringstyrt anlegg. Det har til oppgave å avsyre bidraget fra Skjeggedalselva til "Uldalsgreina". Målet for doseringen er $6,7 \text{ g/m}^3$ vann.

Grunnet store støvansamlinger på det elektroniske utstyret var det ikke mulig å drifte forsvarlig med vårt utstyr på denne kalkdosereren. Driftskontroll-logger med tilhørende utstyr ble derfor montert inn i eget instrumentskap i august 2000.

Vektsignalet ble koblet på den 25. august. Vannføringstabellen var meget mangelfull på kalkdoseringsanlegget fordi (Norges Vassdrags- og Energiverk) måledata var foretatt på et annet sted i elva, og omregningstabell til vannføring referert til vannstand i inntaksbrønnen ikke var tilstrekkelig ajourført. Den ble allikevel lagt inn som en foreløpig tabell den 1. september. Vannføringer over $11 \text{ m}^3/\text{s}$ lot seg ikke registrere før tabellen ble videreført ved en flom den 18. september. Fullstendig tabell var operativ fra 29. september 2000. Da var det en stor flom som ble registrert til $27 \text{ m}^3/\text{s}$. Vannføringstabellen for elva ved kalkdosereren er gjengitt i **Tabell 2**. Tabellen er sendt NVE for utarbeiding til teoretisk kurve. Det er mulig tabellen må kompletteres for bedre tilpassing til kurven.

Tabell 2. Vannstand og vannføring ved kalkdoseringsanlegget. Vannstanden ble avlest ved NVEs målestav ca 200 m nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Samtidig ble målestaven i inntaksbrønnen til kalkdosereren avlest. Vannstandene er avlest ved 8 forskjellige vannstander. Tabellen må betraktes som en foreløpig versjon.

| Vannstand ved kalkdoserer m | Vannføring m ³ /s |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 0,25 | 0,17 |
| 0,34 | 0,95 |
| 0,45 | 2,09 |
| 0,48 | 3,22 |
| 0,6 | 10,28 |
| 0,79 | 23,93 |
| 0,87 | 36,03 |
| 1,16 | 80,67 |

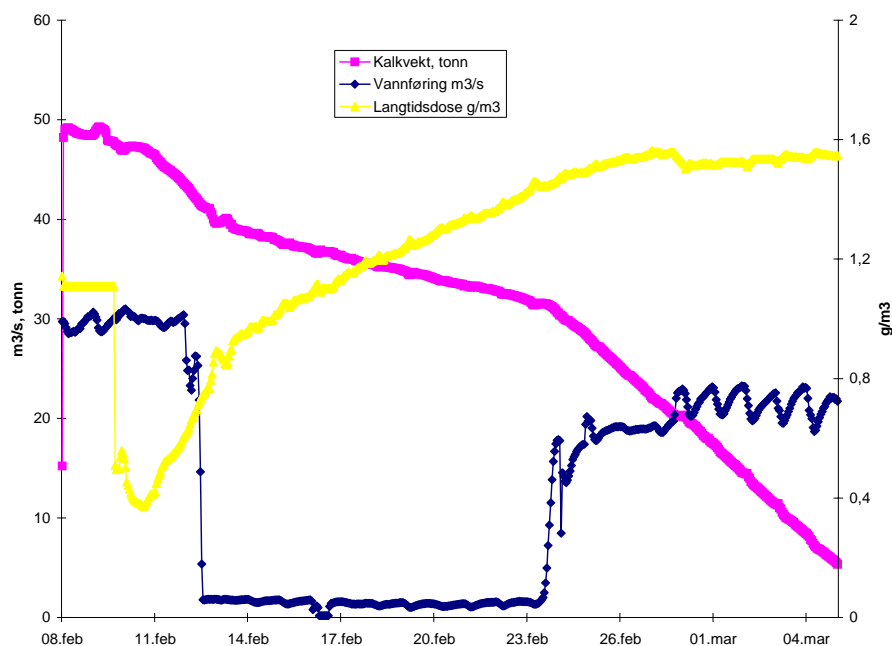
Fullverdig driftskontroll av kalkdoseringsanlegget var operativ fra 29. september 2000. Systemet var ute av funksjon i følgende fire perioder:

- 3. oktober-12. desember; dataloggeren ble defekt på et tidspunkt da det uheldigvis ikke forelå erstatningslogger på vårt lager.
- 15.-18. januar; stasjonen ble tatt ned for reparasjon i Grimstad. Komponenter for telekommunikasjon ble byttet og stasjonen deretter funksjonstestet.
- 24-29. januar; loggeren stoppet. Den måtte manuelt startes på nytt
- 7.-13. mars; loggeren stoppet ved kalkpåfylling. Den måtte da også manuelt startes på nytt.

Det har ikke vært mulig å drifte kontroll-loggeren fra 13. mars og ut rapportperioden fordi vektsignalet ikke har vært tilgjengelig. Vannstandsignalet har også i lange perioder vært ustabil.

Den 23. september gikk kalkdosereren tom for kalk. Det ble ikke fylt på ny kalk i perioden fram til 3. oktober. Det var stopp i dosering ett døgn den 15. desember og 3. februar.

I perioden 19. desember-11. januar ble det dosert ujevnt i elva. Ved vannføringer på 2-8 m³/s doserte anlegget ca 3 g, mens dosen ble helt opp mot 12 g/m³ da vannføringen nesten uteble (0,7 m³/s). Forholdet kan skyldes at kalkdosereren var satt på manuell dosering slik at anlegget doserte jevnt uten hensyn til vannføringen. Vinteren 2001 var doseringen preget av ekstreme forandringer i vannføringssignalet. Kalkdosen var lav, ca 1/3 av mål-dosen (6,7 g/ m³ vann). Vannføringssignalet varierte fordi det under sterke kuldeperioder bygget seg opp store mengder is i elva som demmet opp vannet. Disse demningene brast opp igjen hver gang det ble mildvær, se **Figur 3**. Den reelle dosen var derfor langt høyere i disse periodene enn det går fram av langtidsdosen. Langtidsdose er gjennomsnittlig dose fra kalksilofylling til ny fylling (Hindar og Høgberget 1998).



Figur 3. Situasjon ved Skjeggedal kalkdoseringsanlegg med isdemming i elva og lav dosering vinteren 2001. Doseringen følger likevel vannføringen ved dette tilfellet slik at dosen blir nok så konstant lik 1-2 g/ m³ vann.

1.2.1 Utbedringer i perioden

Det utviklet seg en feil på kalkdoseringsanlegget som slo ut vektanvisningen av kalksiloen nesten hver gang siloen ble fylt opp med kalk. Driftskontroll-loggeren ble også slått ut ved slike anledninger. En teori ble lansert om at dette kunne skyldes oppbygging av statisk elektrisitet i det lange stigerøret og glassfibersiloen når kalksteinsmel ble blåst inn i siloen. Dette og det faktum at denne dosereren er svært utsatt for ødeleggelser ved lynnedslag var bakgrunnen for at jordingssystemet på anlegget ble forbedret den 13. juli 2001. Driftskontroll-loggeren har siden dette ble gjennomført ikke hatt tilfeldige stopp. Dette tyder på at tiltaket har vært effektivt.

1.3 Klepsland

Klepsland kalkdoseringsanlegg er et vannføringstyrt anlegg som er plassert øverst i sidevassdraget ved Høvringsvatn. En tredjedel av nedbørfeltet som kalkdoseringsanlegget skal avsyre vann fra ligger ovenfor kalkdoseringsanlegget. Anlegget skal derfor gi en høy dose på 9 g/m³.

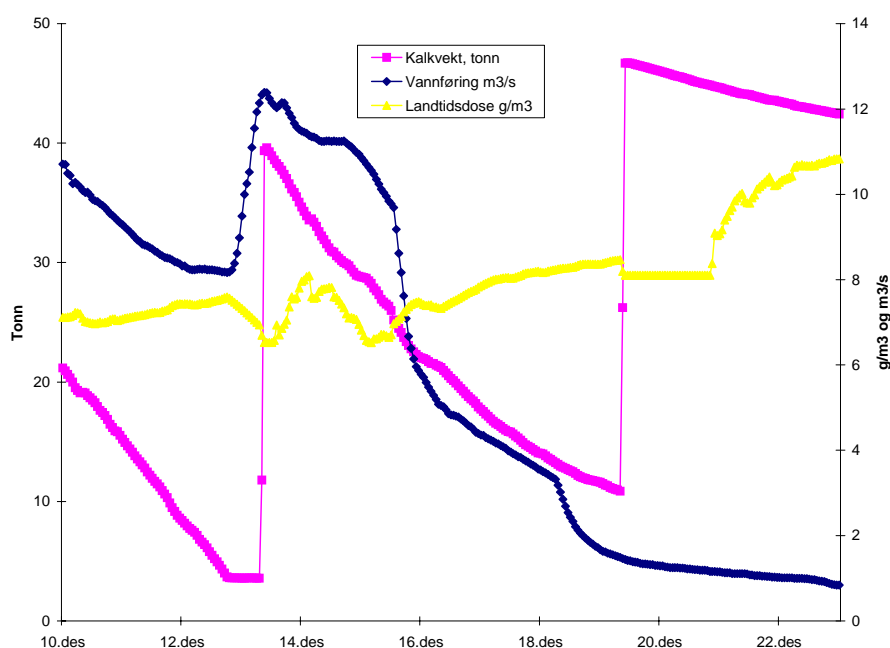
Driftskontroll-loggeren har vært ute av funksjon i følgende perioder:

- 14.-19. august; kontakten ble brutt med loggeren. Ved senere innhenting av data viste det seg at dataene for denne perioden var ødelagt.
- 31. august-7. september; ved denne anledningen ødela tordenvær også telelinjen fram til anlegget.
- 10.-13. mai 2001; uviss årsak.

Det har vært en del stans i doseringen fra anlegget. Totalt har anlegget stoppet 15 ganger i løpet av rapporteringsperioden. 9 av disse gangene var stansen av lengre varighet enn ett døgn. Noen av driftsstansene har vært over lengre tid. I fire av tilfellene sto kalkdosereren i ca en uke. Dette var 1.-9. januar, 1.-9. mars, 26. mars-3. april og 23.-31. mai. De to første periodene skulle det vært dosert mye

kalk fordi vannføringsloggen viste tidvis høy vannføring. Imidlertid har sannsynligvis isdemming i elva gitt høyere vannstand ved målepunktet enn reelt, spesielt i januar. Lav vannføring ($< 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) gjorde at de to siste driftsstansene ikke førte til effekter for kalkingen. Driftsstansen i mai var en styrt stopp i forbindelse med rengjøring av siloen. Da ble det faktisk tilført mer kalk enn ved normal dosering (ca 7 tonn ekstra).

Problemet med at kalkdosereren doserer for høy dose ved lave vannføringer, tidligere rapportert (Høgberget 2000), fortsatte også i denne rapportperioden. Dosen i juli 2000 var opp mot $17 \text{ g}/\text{m}^3$. Våren 2001 var det også tilsvarende tilstander. Da ble det registrert doser helt opp til $25 \text{ g}/\text{m}^3$. Det var midt i april med vannføring under $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Sent i september begynte høstflommen. Meget høye vannstander ble registrert flere ganger. Maksimalt var vannføringen $26 \text{ m}^3/\text{s}$ den 21. november. Kalkdosen fra anlegget ble da redusert. **Figur 4** viser hvordan dosen økte til normalt nivå da flommen kuliminerte i slutten av desember.



Figur 4. Doseringen på Klepsland kalkdoseringsanlegg i overgang fra flom til normale vannføringer høsten 2000. Kalkdosen gikk opp i takt med minkende vannføring.

1.4 Søre Herefoss

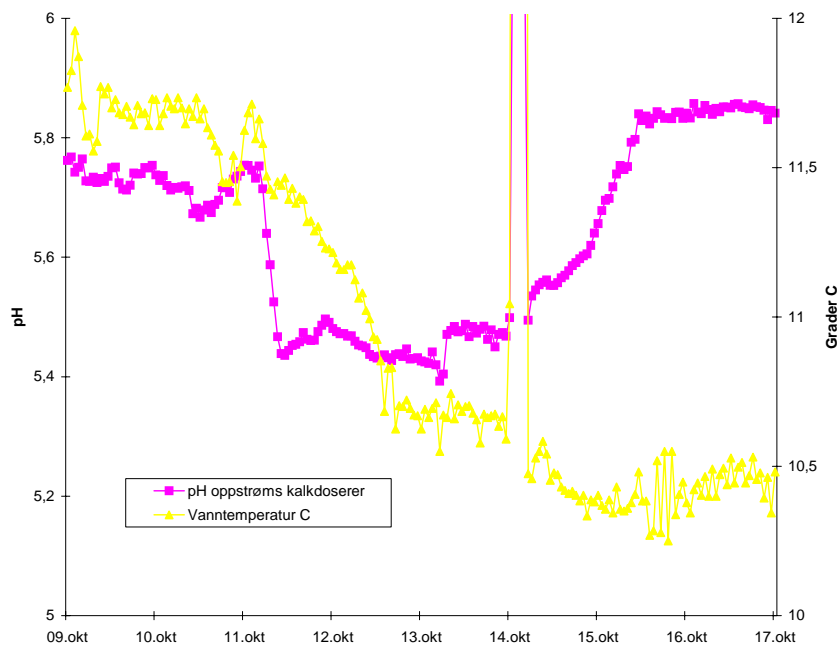
Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg er et pH-styrt kalkdoseringsanlegg. Det vil si at anlegget tar hensyn til vannføring og pH på vannet både oppstrøms og nedstrøms dosereren.

Kalkdoseringsanlegget kan således styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles 800 m nedenfor kalkdoseringsanlegget der en målestasjon sender sine data kontinuerlig opp til anlegget.

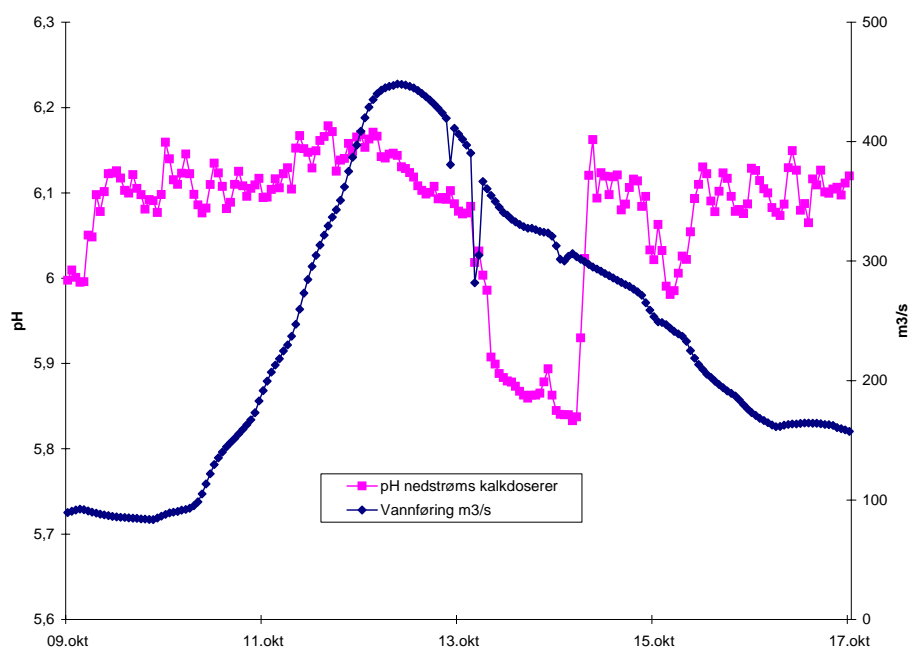
Signaler fra pH nedstrøms anlegget fantes ikke i tiden 12.-15. august 2000. Driftskontrollfunksjonen har ikke vært operativ i perioden 19.-29. august. Loggeren var da defekt og vi måtte vente på reparasjon av erstatningslogger hos vår leverandør. Loggeren stoppet også 23.-28. desember.

pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget var høyere enn pH-kravet (pH 6,0) hele sommeren 2000. Det var heller ikke nødvendig å kalke fra anlegget i perioden fra 13. juni til 4. oktober. Erfaringsmessig synker pH noe vinterstid på strekningen fra Søre Herefoss til Boen (Høgberget 2000). Den 9. oktober ble signalet fra pH-kalket derfor satt opp fra pH 6,0 til 6,1.

Høsten 2000 var det spesielt mye nedbør på Sørlandet. Tovdalselva gikk nesten kontinuerlig med høy vannføring og flomtoppene var mange og store. Den første store flommen kom 11. oktober. Den 12. oktober gikk det 448 m³/s forbi anlegget. Uheldigvis sank pH i Herefossfjorden under denne flommen. pH ble redusert fra 5,7 til 5,4 i løpet av seks timer på pH-stasjonen oppstrøms kalkdoseringsanlegget. Dette må ha sammenheng med sirkulasjonsforholdene i Herefossfjorden og temperaturen på det sure vannet som ble tilført fjorden, se **Figur 5**. (Temperaturreduksjon på ca 1 grad C sammen med rask pH-reduksjon gjentok seg ved flom den 30. oktober). Kalkdoseringsanlegget doserte på maksimum dosering, likevel sank pH i elva nedstrøms kalkdoseringsanlegget til pH 5,8-5,9 i ett døgn fra 13. oktober, se **Figur 6**. Dette har sammenheng med at utløpsrøret for kalkslurry tettet seg slik at kalken ikke kunne nå elva på normalt vis. Kalkslurryen tok da nye veier gjennom en inspeksjonskum på land slik at store mengder kalk ble tilført via elvebredden. På denne måten ble kalktilførselen opprettholdt på et visst nivå til det lyktes å åpne pluggen i transportrøret for kalkslurry. Det tok 6 timer å gjennomføre denne operasjonen. I denne tiden sto kalkdoseringsanlegget stille, se **Figur 5**.

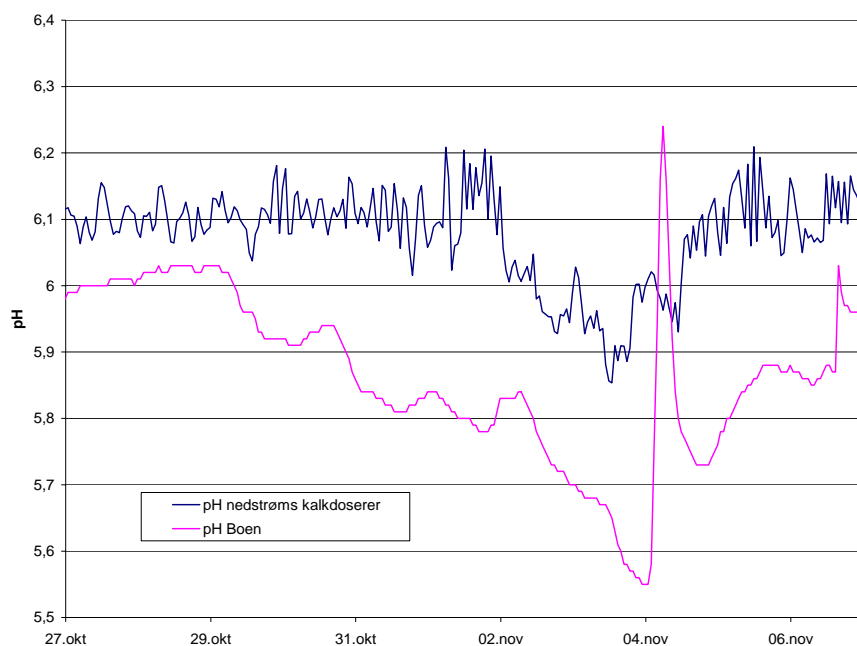


Figur 5. Temperatur og pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget på Søre Herefoss høsten 2000. Målepunktet representerer utløpet av Herefossfjorden. Temperaturen og pH sank raskt i forbindelse med kraftig flom. Sirkulerende vannmasser i Herefossfjorden hadde pH 5,8. Imidlertid blandet ikke surt flomvann seg med Herefossfjordens vann tilstrekkelig raskt til å motvirke en pH-reduksjon på 0,3 enheter. Av figuren vises at pH steg igjen etter hvert som sirkulasjonen integrerte flomvannet og bufret det til pH 5,8. Det plutselige spranget i pH og vanntemperatur skyldtes stillstand i pumpeverket på kalkdoseringsanlegget. Vanngjennomgangen i målekyvetta for pH stoppet. Dette vises ved at vanntemperaturen i målekyvetta steg mot romtemperatur og pH viste feil verdi.



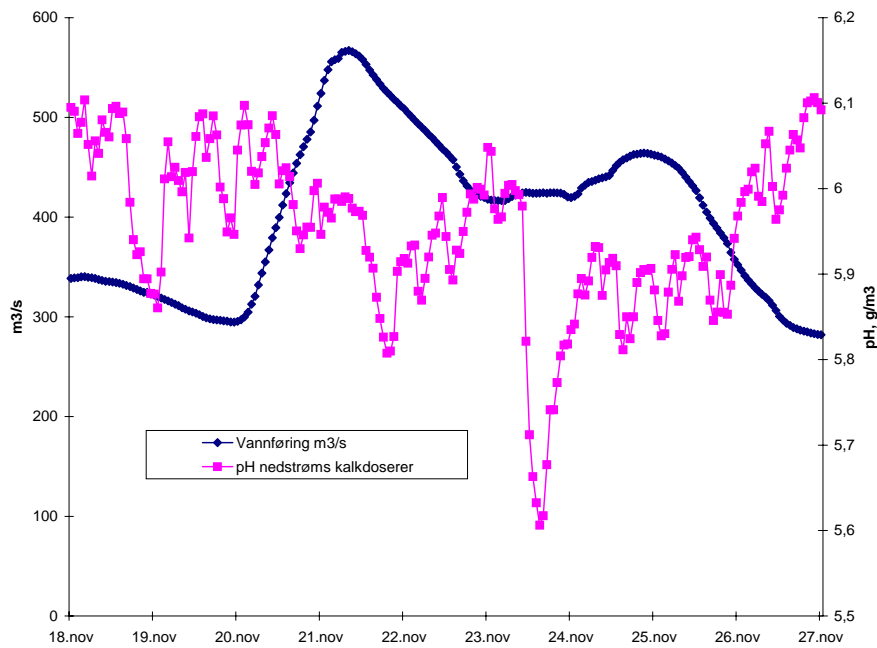
Figur 6. Vannføring og pH nedstrøms Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg ved stor flom høsten 2000. Kalkdoseringsanlegget fikk tekniske problemer som førte til at tilført mengde kalk til elva ble alt for liten. pH ble redusert til et laveste nivå på 5,8. Etter utbedring ble normal drift straks igangsatt. pH økte umiddelbart til ønsket nivå.

Problemet med tetting av utløpsrøret for kalkslurry gjentok seg ved neste storflom, den 30. oktober. Da økte vannføringen til ca 570 m³/s. Denne gangen ble kalktilførselen hemmet av at det bygget seg opp en demning på land. Som en kriseløsning ble kalkslurry pumpet fra inspeksjonskummen rett i elva. Fra pH-overvåkingsstasjonen på Boen ble det i denne perioden registrert stadig synkende pH. Da pH den 3. november passerte 5,7 ble det bestemt, som et krisetiltak, at en tankbil skulle pumpe kalk direkte i elva. Bilen ble først satt på Senumstad bru ved Senumstadjorden, senere på Mollestad bru nedstrøms utløpet av Flaksvatn. For at ikke for mye kalk skulle bli tilført elva på en gang, pumpet transportøren ut kalk som tilfeldig dosering over en lengre periode om kvelden den 2. november. Dette tiltaket forkortet tiden som elva inneholdt surt vann, se **Figur 7**.



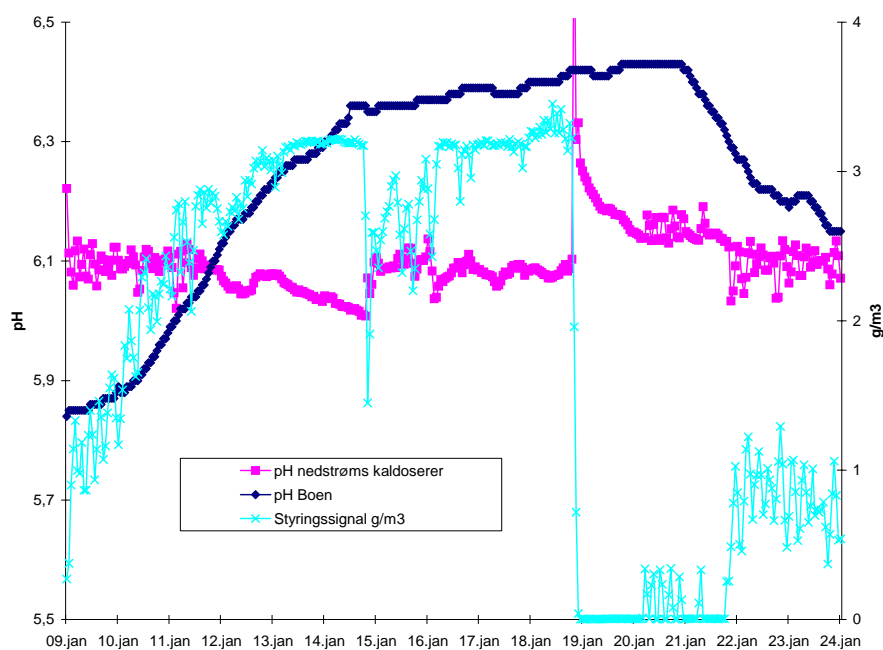
Figur 7. pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget på Søre Herefoss og ved Boen i månedsskiftet oktober-november 2000. Grunnet svikt i kalkdoseringen fra anlegget ble pH i anadrom strekning lav. Krisetiltak ble gjennomført ved direkte kalking i elva fra tankbil. Effekten ved Boen var betydelig. Tiltaket førte til at tiden som elva hadde $\text{pH} < 5,7$ ble halvert. Bedre utdosering av kalk hadde ytterligere forlenget virkningstiden.

Kalkdoseringsanlegget hadde generelt ikke nok kapasitet til å kalke tilstrekkelig under de største flomepisodene i elva. Dette synes godt i målt pH ved kontinuerlig overvåkingsstasjon på Boen (Hindar, i trykk). pH i Herefossfjorden var gjennomgående lav og ble ytterligere redusert i forkant av flommene, se **Figur 5**. Dette gjorde at kalkingskravet var meget høyt. **Figur 8** viser en typisk episode der det produseres for lav dose. Avsyringen av elva er i slike situasjoner meget sårbar ved funksjonsstopp på anlegget. En liten stopp natten til 24. november resulterte umiddelbart i kraftig reduksjon i pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget, se **Figur 8**. pH oppstrøms anlegget var under episoden 5,5-5,6. Reaksjon på hendelsen ble målt på Boen 8 timer og 45 minutter senere, (vannføring var da $422 \text{ m}^3/\text{s}$). Det samme gjentok seg den 30. november. Da ble pH redusert til 5,7 nedstrøms kalkdoseringsanlegget.



Figur 8. Kalkdoseringen på Søre Herefoss under kraftig flom i elva høsten 2000. Doseringsanlegget maktet ikke å kalke elva til ønsket pH selv om det ble styrt manuelt til 100% dosering. Elvevann med pH 5,5-5,6 ble allikevel kalket til 5,8-6,0 selv om vannføringen var 350-568 m³/s. Dosen i elva varierte mellom 0,5 og 1 g/m³. Styringssignalet viste ca 0,5 g/m³ høyere dosering. En kortvarig stans i doseringen ga umiddelbar respons og pH ble redusert helt ned til 5,6 i løpet av 5 timer.

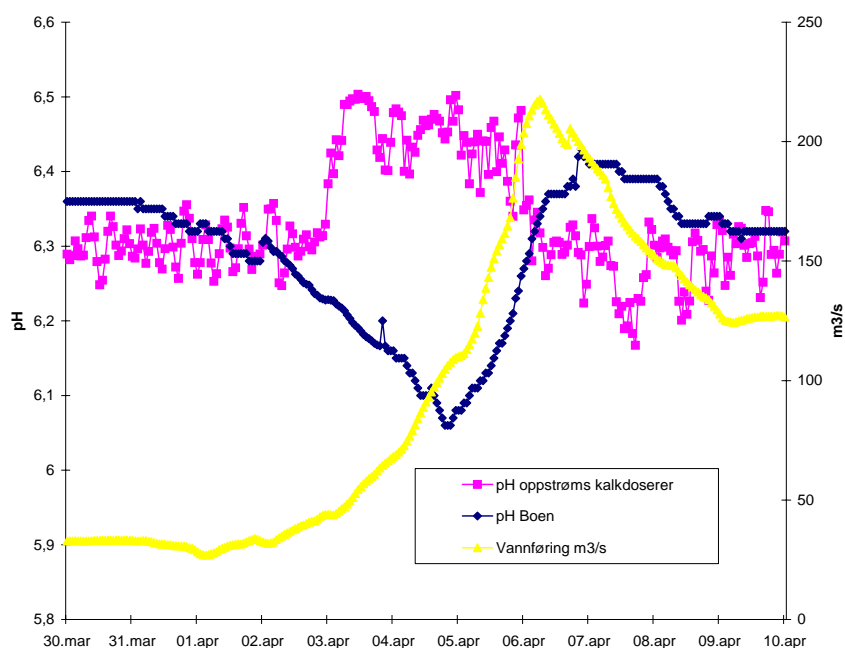
Flomperioden kuliminerte mot slutten av desember 2000. Det var ingen doseringsstopp vinteren 2001. Doseringsanlegget leverte den kalken som var tilstrekkelig til å holde pH 6,1. Imidlertid viste pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget for lav verdi i en periode på 9 dager fra 10. januar. Kalkdoseringsanlegget doserte da som normalt til pH 6,1, men grunnet manglende kalibrering skulle det langt mer kalk til for å nå dette målet. Resultatet ble at det ble dosert ca 70 tonn for mye kalk.



Figur 9. pH nedstrøms Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg i forhold til anleggets doseringssignal og pH på Boen vinteren 2000. Grunnet ujustert pH nedstrøms anlegget ble det dosert ca 2 g/m^3 for mye kalk til elva. Resultatet ble høy pH på Boen. Responstiden var ca 2 dager. Vannføringen var $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Kalibreringstidpunktet da pH ble justert til korrekt verdi synes tydelig ved at pH økte dramatisk.

Rutinemessig skal pH-kravet på doseringsanlegget økes til 6,3 den 15. februar. Imidlertid ble dette ikke forandret før 22. februar. Kravet er satt noe høyt for å kunne holde pH-målet på 6,2 for anadrom sone i den perioden laksen utvikler seg til smolt.

pH-kravet på doseringsanlegget ble holdt hele vinteren. Ved tidlig våravsmelting ble det i begynnelsen av april regnvær i lavere regioner av Tovdalsvassdraget. Erfaringsmessig oppstår forsuringstendenser i elva i forbindelse med regn på smeltende snø nedstrøms Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg. Derfor ble det i god tid før eventuell flom besluttet å øke pH-kravet til 6,5. Dette ble gjort den 3. april. To dager senere ble det sendt ut flomvarsel for nedre deler av Agder. Da var allerede anadrom sone av Tovdalselva kalket opp og ekstra bufferevne var tilført elva. Da flommen kom ble det noe lavere pH på Boen, men den massive forsuringen av elva uteble. pH-kravet kunne allerede før flomtoppen var nådd settes tilbake til normalt nivå. Dette ble gjort 6. april. Relativt små mengder vann fra de nære nedbørfeltene nedstrøms Søre Herefoss påvirket da i liten grad de store vannmengdene som var pH-justert ved anlegget. Forløpet kan følges på **Figur 10**. En senere flom tok med seg smeltevann fra øvre deler av vassdraget. Lite vann ble tilført lokalt og det var ingen behov for høyere pH-krav på Søre Herefoss.



Figur 10. Vannføring, pH nedstrøms Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg og pH fra Boen. Figuren viser utviklingen gjennom den første vårflommen 2001. Mye surt vann ble tilført elva nedstrøms kalkdosereren i begynnelsen av flommen. pH-kravet på doseringsanlegget var da allerede satt opp til pH 6,5 slik at forsurening av nedre deler av elva uteble. pH ble aldri lavere enn 6.

Doseringsbehovet opphørte fra midten av mai 2001. Da økte pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget til pH 6,3-6,4 som følge av at kalksteinsmel på elvebunnen nedstrøms anlegget ble aktivisert. Slik langtidsoppløsning er beskrevet av Hindar (1987). pH-meteret nedstrøms anlegget ga i perioder fra 5. juni ustabile signaler. pH økte da til over 7. Dette fenomenet har ikke påvirket kalkdoseringen siden det i de samme periodene ikke var behov for kalkdosering.

1.4.1 Utbedringer i perioden

Det var en alvorlig funksjonssvakhet ved Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg at utløpsrøret for kalkslurry ble tett ved dosering under store flommer. Fenomenet oppsto når mottrykket fra elva ble for stort ved flom og høy vannstand. Tiltak ble iverksatt den 3. november for å øke kalkslurrytrykket i utløpsrøret når mottrykket øker. Inspeksjonsslukene i utløpsrøret ble tettet med et lokk slik at vanntrykk kan bygge seg opp dersom gjennomløpet blir for dårlig.

Kapasiteten på kalkdoseringsanlegget ble øket fra 70 til 96 tonn pr. døgn i begynnelsen av juni 2001. Dette ble gjort for å stå bedre rustet når nye flommer med surt vann kommer til høsten.

2. Tiltak

2.1 Bås

Vannstandsmåleren på kalkdoseringsanlegget viser ikke riktig vannstand ved høye vannføringer. Dette skyldes at nivåmåleren ikke kan registrere vannstander over 3,59 m. Mangelen er påpekt tidligere og bør utbedres (Høgberget 2000).

For optimal driftskontroll vil det være en fordel om vekta på dosereren justeres slik at den veier innholdet også ved maksimum kalkmengde.

2.2 Skjeggedal

Det er fortsatt en mangelfull løsning på støvproblematikken i kalkdosererens elektronikkrom. Ingen tiltak er satt i verk siden forrige avviksrapport.

Anlegget har alt for lang servicetid ved reparasjoner av defekt utstyr. Tiltak bør settes i verk for eventuelt å forandre rutiner slik at mer kontinuerlig drift kan oppnås.

Doseringen må optimaliseres på anlegget slik at mer stabil og riktig dose kan gis ved alle vannføringer. Riktig dose skal være 6,7 g /m³ vann. Doseringsanlegget har inntil nå vært styrt etter en innstilling der NVE sitt målepunkt ca 200 m nedstrøms kalkdoseringsanlegget gir vannføringsuttrykket ved doseringsanlegget. Denne tabellen må erstattes av **Tabell 2**.

2.3 Klepsland

Kalkdoseringsanlegget gir fortsatt ulik dose avhengig av vannføringen. Tiltak for å bedre denne situasjonen ble etterlyst i forrige avviksrapport (Høgberget 2000).

Kalkdosereren står noen ganger stille i alt for lange perioder av gangen. Det kan være forskjellige årsaker til dette. En gjennomgang av de tilfellene som har vært kan kanskje forklare fenomenet. Da er det også lettere å sette inn tiltak for mer kontinuerlig drift.

2.4 Søre Herefoss

Kalkdoseringsanlegget har fått utbedret de svakheter som er påpekt tidligere.

Overstyring av kalkdoseringsanlegget på bakgrunn av flom, vær og nedbørvarsler bør inngå som fast sjekkpunkt for operatøren. Ved sørlig storm med mye nedbør er det viktig å være på vakt for p.g.a. fare for flom og sjøsaltpåvirkning (Hindar et al. 1993; 1994). Hydrologiske tilstander i nedre deler av Tovdalselva med sidevassdrag nedstrøms Søre Herefoss er behandlet ved bruk av modellberegninger i rapport av Tjomslund og Hindar (2001). I denne rapporten foreslås også at det tas i bruk automatiske styringssignaler fra sidevassdrag nedstrøms Søre Herefoss.

Dersom det skulle oppstå akutt svikt i utdoseringen av kalk ved surt vann og høy vannføring vil en krisetilstand lett kunne oppstå. Situasjonen beskrevet i 1.4 var akutt og alvorlig. Da ble røret for tilførsel av kalkslurry til elva fra doseringsanlegget tett. En del av det provisoriske arbeidet som ble gjort for å sikre kalkdoseringen var å pumpe kalk fra en inspeksjonskum via slange til elva. Det bør

monteres et uttak for kalkslurry i øverste kum på nedsiden av riksveien slik at det på en enkel måte kan pumpes kalk ut i elva ved gjentetting av kalkslurry-røret.

Imidlertid finnes ingen skriftlige rutiner med tiltaksplaner dersom elva ikke får tilført den kalkmengden som til enhver tid er nødvendig. I slike situasjoner er det viktig å vite nøyaktig hvilke tiltak som bør iverksettes. Det bør utarbeides en kriseplan der grenseverdier og rutine for tiltak klart er beskrevet, se nedenfor.

2.4.1 Krisetiltak ved akutt svikt i doseringen

Det foreslås her en enkel plan for hvordan rutinen bør være dersom kalkdoseringsanlegget på Søre Herefoss ikke virker.

Krisetiltak bør settes i verk etter vurdering av situasjonen i hvert enkelt tilfelle. Utgangspunktet for tiltak kan skyldes at kalkdoseringsanlegget ikke virker i det hele tatt, eller at doseringen blir alt for liten i forhold til dosen som bør tilføres elva. Faren for alvorlige effekter ved doseringsstopp er størst ved flom. pH-overvåkingsstasjonen på Boen vil i slike situasjoner være et godt hjelpemiddel til å forstå forsuringsutviklingen i elva.

Når alarm for krisetiltak er gitt skal kalktransportør først innhente opplysning om vannstanden på målestaven ved inntaksbrønnen på Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg. Det er viktig at transportøren vet hvor denne staven står dersom han selv fysisk må lese av staven. Tankbilen plasseres deretter 800 m nedstrøms kalkdoseringsanlegget der riksveien går inntil elva. Det er ingen avkjøring på dette stedet, så bilen må stå på riksveien. Rampe med feste for pumperøret må være montert i samarbeid med transportør og evt. veimyndigheter. Transportøren må pumpe kalken i elva etter **Tabell 3**. Forutsetningen for riktig dosering er at kalktransportøren vet hvor lang tid det normalt tar å tømme beholdningen (ca 34 tonn). Dosen bli da gitt som en pulsdosering fordi det ikke finnes muligheter for struping av kalkstrømmen. Senumstadjorden vil da fungere som et utjevningsbasseng slik at dosen vil bli jevnere nedstrøms denne. Dosen er valgt til 2 g/m³ vann på bakgrunn av erfaring fra normal dosering på Søre Herefoss ved høstflommer. Dosen er et omtrentlig tall fordi pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget og vannets bufferevne vil være forskjellig fra gang til gang.

Tabell 3. Vannstand og tid for tømning av tankbil (vogntog med totalt 34 tonn kalksteinsmel). Tabellen benyttes ved krisetiltak der kalktilsetningen må utføres som direkte tilsetning til Tovdalselva. Tabellen gjelder for vannføringer over 140 m³/s. Det er lite sannsynlig at slike krisetiltak må gjennomføres ved lavere vannføringer enn dette.

| Vannstand m | Tømmetid pr. lass (34 tonn) timer |
|----------------|---|
| 2,3 | 35 |
| 2,5 | 28 |
| 2,7 | 23 |
| 2,9 | 19 |
| 3,1 | 16 |
| 3,3 | 14 |
| 3,5 | 12 |
| 3,7 | 10 |
| 3,9 | 9 |
| 4,1 | 8 |
| 4,3 | 7 |
| 4,5 | 6 |

Kriseplanen bør bestå av en enkel informasjon med følgende punkter:

1. Informasjon om hvor målestaven er plassert og losse plass for vogntog.
2. Kartavsnitt som viser nøyaktig plassering av vannmålestav og losse plass.
3. Tabellen (**Tabell 3**) som viser tiden som skal brukes ved tømning av kalkbeholdning.

Kriseplanen må gjennomgås sammen med kalktransportør. Det er viktig at dette blir gjort i forbindelse med eventuelt skifte av transportør.

Som følge av at lossetiden kan bli meget lang må det legges opp en rutine for avlastning av den som styrer utpumping av kalk.

3. Referanser

- Hindar, A. 1987. Long-term dissolution of sedimented limestone powder in running water. Consequences for liming strategy and interpretation of liming efficiency data. *Vatten* 43: 54-58.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. og Lien, L. 1993. Betydningen av sjøsaltanrikt nedbør i vassdrag og mindre nedbørfelt. Forsuring og fiskedød etter sjøsaltepisoden i januar 1993. NIVA L.nr. 2917.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. and Semb, A. 1994. Acid water and fish death. *Nature* 372: 327-328.
- Hindar, A. og Tjomsland, T. 2001. Evaluering av kalkingsstrategien på lakseførende strekning i Tovdalselva ved hjelp av en vassdragsmodell og forslag til endringer i styringssystemet for kalkdosering. NIVA Rapport L.nr. 4401.
- Hindar, A, i trykk. Tovdalsvassdraget. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 2000. DN-notat.
- Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA Rapport L. nr. 3824.
- Høgberget, R. 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. NIVA Rapport L. nr. 4277.