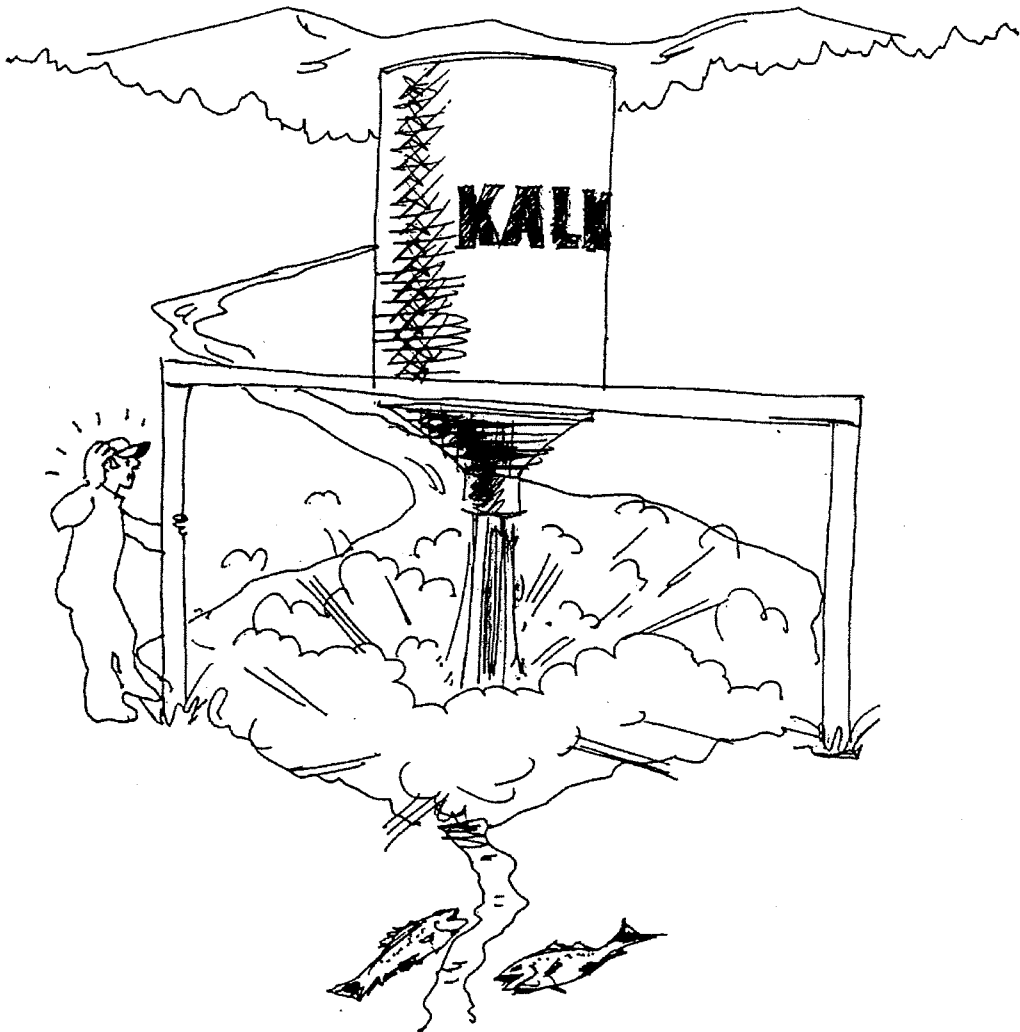


RAPPORT LNR 4277-2000

Avviksrappoort år 2000 fra
driftskontroll av
kalkdoseringsanlegg i
Mandalsvassdraget



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
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


Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget.	Løpenr. (for bestilling) 4277-2000	Dato 30.08.2000
	Prosjektnr. Undernr. O-99049	Sider Pris 17
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Måle & overvåkingsteknologi	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Adger	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Mankalk	Oppdragsreferanse
-----------------------------	-------------------

Sammendrag

Kalkdoseringsanleggene som omfattes av driftskontrollen i Mandalsvassdraget er Smeland, Håverstad og Bjelland. Driftskontrollen viser at alle anleggene har tilfredsstillende driftssikkerhet. Grunnet feil plassering av vannuttak til pH-måling på Håverstad og Bjelland leveres tidvis feil pH-signal til doseringsautomatikken på disse anleggene. Kalkdoseringen på Bjelland justerer ikke optimalt i forhold til pH-nedstrøms anlegget. Forsuringsepisoden ved utløpet av Mandalselva i julen 1999 skyldtes ikke feil dosering på Bjelland-anlegget. Forholdet avslører mangler i kalkingsstrategien for vassdraget. Ekstra doseringspunkt ved Laudal vurderes som tiltak.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vassdrag 2. Kalkdosering 3. Overvåking 4. Måleteknikk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4.
--	---


Prosjektleder


Forskningsleder
ISBN 82-577-3905-7


Forskningssjef

Avviksrapport år 2000

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg

Mandalsvassdraget

Forord

NIVA begynte tidlig å engasjere seg i problematikken omkring tilfeldig dosering ved en del kalkdoseringsanlegg 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 med uttesting av en ny type driftskontroll ved etableringen av kalkdoseringsanleggene i Tovdalsvassdraget i 1996. Erfaringene fra testperioden var så gode at NIVA anbefalte opprettelsen av permanente ordninger også andre steder.

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell i Mankalk, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget etablert. En rammeavtale for driftskontrollen ble kontraktsfestet i juni 1999. Denne kontrakten avtales dokumentasjon ved en kortfattet avviksrapport hvert år.

Prosjektet er støttet av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder, og oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Mankalk bestående av alle involverte kommuner i Mandalsvassdraget.

Grimstad, 30.08. 2000

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Driften på anleggene	7
2.1 Smeland	7
2.2 Håverstad	8
2.3 Bjelland	11
3. Tiltak	13
3.1 Håverstad	13
3.1.1 pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget	13
3.2 Bjelland	13
3.2.1 Forsuring i anadrom sone	13
3.2.2 Bedring av pH-styringen	14
3.2.3 Grunnvann påvirker pH	14
4. Referanser	17

Sammendrag

Driftskontrollen av kalkdoseringsanleggene på Smeland, Håverstad og Bjelland viser at det er meget god driftssikkerhet på de to sistnevnte anleggene. På Smeland er det også tilfredsstillende driftssikkerhet med bare noen få stopp i løpet av kontrollperioden.

På Håverstad kalkdoseringsanlegg styres kalkdoseringen for tiden manuelt. Anlegget kjøres med stor belastning, særlig vinter og vår. Mye avhenger av at dette kalkdoseringsanlegget fungerer tilfredsstillende hele tiden. Det er ønskelig at kalkingsplanen for Mandalsvassdraget og strategien med pH nedstrømsstyrt dosering på anlegget blir fulgt opp slik at doseringen på dette anlegget justeres bedre.

Kalkdoseringsanlegget på Bjelland justerer ikke doseringen optimalt. pH nedstrøms anlegget varierer for mye, og bedre justering av doseringsstyringen bør foretas.

pH-måleren på Bjelland-anlegget viser ikke alltid riktig pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget. Grunnvannspåvirkning i vannet som tas opp til måling innvirker på verdiene. Forholdet er hydrologisk betinget og bør utbedres.

Data fra pH-overvåkingsstasjonen på Kjølemo ved utløpet av Mandalselva og fra Bjelland kalkdoseringsanlegg viser at anlegget er lite egnet til å avsyre elvevann i anadrom sone fra Laudal til utløp ved enkelte flomsituasjoner. Problemet oppstår ved store tilførsler av surt vann nedstrøms kalkdosereren. Tiden fra dosering til virkning i disse områdene er for lang. Det foreslås tiltak i kalkingsstrategien for å avhjelpe situasjonen.

1. Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanlegg. 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.

I Mandalsvassdraget er det montert driftskontroll på de tre største kalkdoseringsanleggene; Smeland, Håverstad og Bjelland. Smeland-anlegget er vannføringstyrt. Håverstadanlegget er i utgangspunktet et pH-nedstrømsstyrt anlegg, men grunnet vansker med pH-målingene, fungerer det for tiden som et vannføringsstyrt anlegg. Bjelland-anlegget er styrt etter pH oppstrøms og nedstrøms dosereren.

De vannføringstyrte 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. Det følgende er en gjennomgang av driften ved hvert enkelt anlegg fra oppstart av systemet til 1. juni 2000.

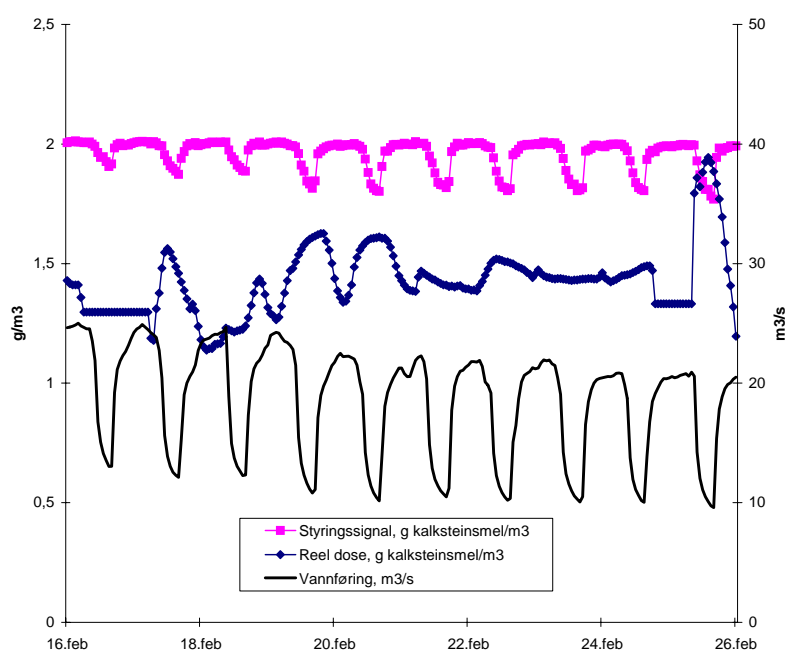
Vektregistreringen på driftskontrollloggerene ble kontrollert mot veiesedlene som leveres kalkdoseringsanleggene ved påfylling av kalk våren 2000. Det viser seg at de kontinuerlig registrerte vektene på driftskontroll-loggeren er ca 80% av verdiene på veiesedlene for leveranse på Smeland, og 90% på Håverstad. Disse feilene er det korrigert for i denne rapporten.

Datainnsamlingen sentralt på NIVA var ute av drift etter nyttår på grunn av problemer ved tusenårsskiftet. 2000 årsversjonen av dataprogrammet viste seg ikke å virke. Det tok 10 dager før feilen ble endelig rettet.

2. Driften på anleggene

2.1 Smeland

Dette kalkdoseringsanlegget er det øverste anlegget i Mandalsvassdraget. Den teoretiske kalkdosen anlegget skal gi er minst 1 g kalksteinsmel/m³ vann. Anlegget er plassert nedstrøms et kraftverk som døgnregulerer vannføringen forbi anlegget. Normal situasjon er en fordobling av vannføringen på dagtid med maksimum vannføring om ettermiddagen. Da går det normalt ca 25 m³/s forbi anlegget. Tidlig om morgenen er vannføringen på et minimum. Denne spesielle situasjonen fører til at kalkdoseringsanlegget hele tiden må forandre sin dosering for å kunne gi en jevn dose ut i elva. Anlegget mestrer denne situasjonen godt, se **figur 1**.

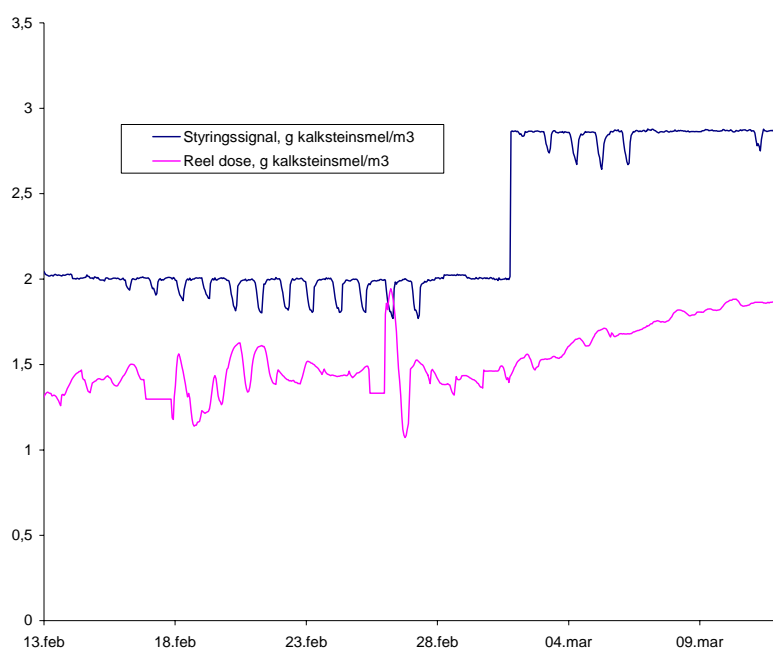


Figur 1. Doseringsanlegget må forholde seg til raske variasjoner i vannføring. Anlegget fungerer tilfredsstillende og doserer jevnt ut kalksteinsmel til en reel dose på 1,5 g kalksteinsmel/m³ vann.

Det var ikke mulig å benytte driftskontrolloggeren før pålitelige vannføringstabeller forelå fra NVE (Norges Vassdrags- og Energidirektorat). Den 10. juni 99 ble godkjente verdier fra NVE lagt inn i driftskontrolloggeren på Smeland. Den 23. juni ble systemet justert slik at riktig langtidsdose ble registrert på loggeren. Dosen som kalkdoseringsanlegget styrte etter i juli 1999 var 2 g kalksteinsmel/m³ vann. Den faktiske dosen var noe lavere, ca 1,5 g kalksteinsmel/m³ vann. Anlegget hadde en 3-dagers stopp fra 2. til 5. juli. Første halvdel av august ble styringssignalet redusert til 1,3-1,4 g kalksteinsmel/m³ vann. Det oppsto da delvis stopp i anlegget fra 5. til 9. august slik at reel dosering var 0,6 g kalksteinsmel/m³ vann. Dosen ble øket til 1,6 g kalksteinsmel/m³ vann. Reel dose ble da stabilisert til rundt 1,2 g kalksteinsmel/m³ vann. I oktober ble doseringssignalet satt til 2 g kalksteinsmel/m³ vann og dosering var stabil på 1,6 g kalksteinsmel/m³ vann. En defekt i loggerekken fra 3. til 9. desember tilslører forholdene i denne tiden. Dataene senere i desember viser en noe redusert effekt i utdoseringen i desember. Reel dose var da 1,35 g kalksteinsmel/m³ vann. I år 2000 fortsatte utdoseringen etter styringsverdi på 2 g kalksteinsmel/m³ vann til 1. mars. I denne perioden doserte kalkdosereren 1,5-1,6 g kalksteinsmel/m³ vann. Det oppsto en feil i driftskontrolloggen i forbindelse med kalkpåfylling den 17. januar som gjør at det ikke er

doseringsverdier i to dager. I denne perioden er det umulig å se om kalkdosereren har fungert tilfredsstillende. Den 1. mars økte ønsket utdosering til 2,9 g kalksteinsmel/m³ vann. Den reelle doseringen økte til 2,2 g kalksteinsmel/m³ vann. Dette viser at kalkdosereren ikke makter å øke doseringen i samme grad som man øker den teoretiske doseringsverdi, se **figur 2**.

I 1999 oppsto det forstyrrelser på driftskontrolloggeren 5 ganger. Det var 7-9. juli, 20-23. august, 28. august - 6. september, 27-31. september og 3-9. desember. I år 2000 har det bare vært én episode uten reel logging. Det var 17-19. januar. Under alle periodene var det umulig å registrere doseringsnivået på kalkdosereren. Likevel viser kalkavtaket i fire av disse periodene at dosereren ikke har stått stille i noen vesentlig tid.



Figur 2. Doseringssignalet overensstemmer ikke med driftskontrollens observerte dosering på Smeland. Den faktiske dosering er lavere enn den som oppgis av den elektroniske styringen på anlegget. Ved oppjustering i doseringsautomatikken den 1. mars 2000, økte ikke den faktiske utdoseringen fra anlegget i tilsvarende grad.

2.2 Håverstad

Håverstad kalkdoseringsanlegg er designet som et pH nedstrømsstyrt anlegg. Anlegget er plassert ved utslagstunnelen fra Håverstad kraftverk på en tange mellom denne og det gamle elveløpet. På grunn av inntaksbrønnens plassering i forhold til lokale strømninger i ellevannet har det dessverre vist seg at vann til pH-måling ikke er upåvirket av utdosert kalk fra Håverstad anlegget. Bakevje-effekter gjør at kalket vann trekker oppover det gamle elveløpet og passerer inntaksbrønnen oppstrøms doseringspunktet. For å omgå problemet har man satt pH til en fast verdi (pH 4.7). På denne måten overstyres pH-forandringene og elva får tilført en fast dosering i forhold til vannføringen. Man prøver å dosere slik at pH er i nærheten av målverdien for anadrome områder i elva allerede før evt. etterdosering ved Bjelland.

Vannføringen forbi Håverstad-anlegget er betydelig større enn ved Smeland. Den varierer vanligvis mellom 30 og 90 m³/s. Dette medfører at Håverstad-anlegget kalker mye mer enn Smeland-anlegget. Operatørene forsøker kontinuerlig å finne den rette doseringen som gir gunstigste pH før kalkingsanlegget på Bjelland 20 km nedstrøms Håverstad.

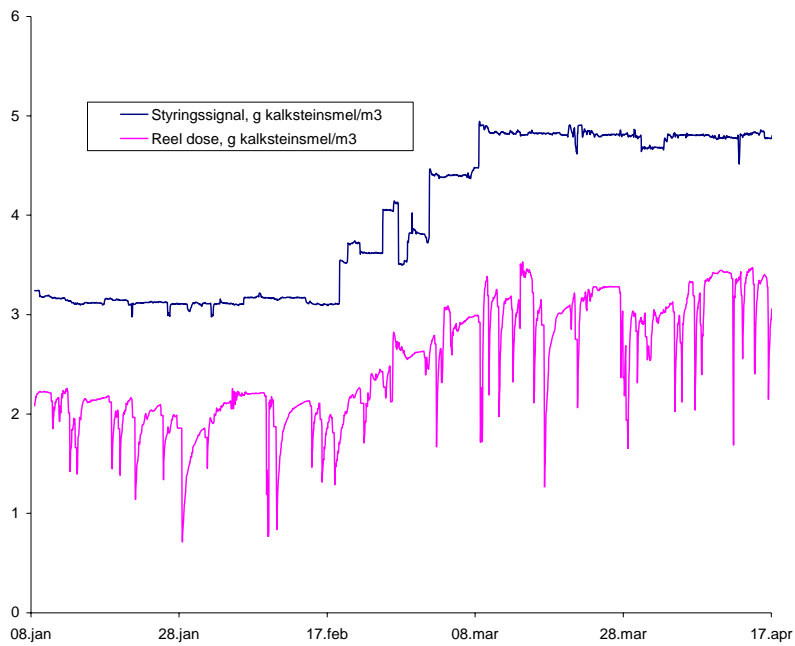
Driftskontroll-loggeren var fullt operativ etter at vannføringstabellen fra NVE ble installert den 9. juli 1999. Styringssignalet som g kalksteinsmel/m³ vann har variert i hele rapporteringsperioden. Fra en dosering på 2,25 g kalksteinsmel/m³ vann i juli ble doseringen redusert helt ned til 1,1 g kalksteinsmel/m³ vann i slutten av august. I slutten av september økte doseringssignalet igjen. Høyest dosering i 1999 var det i november. Da var doseringen 3,1 g kalksteinsmel/m³ vann. I desember var det igjen noe lavere dosering (2,5 g kalksteinsmel/m³ vann) for så å holde en konstant dosering gjennom januar og halve februar på 3,1 g kalksteinsmel/m³ vann. Den 18. februar ble doseringen igjen øket etappevis til et nivå på 4,8 g kalksteinsmel/m³ vann. Doseringen var høy helt til slutten av mai da doseringen igjen ble redusert. Den reelle kalkdoseringen har hele tiden vært lavere enn det styringssignalet viser, ca 65% av oppgitt verdi uavhengig av ønsket doseringsnivå, se **figur 3**.

Høye doseringsverdier sammen med betydelig vannføring forbi kalkdoseringsanlegget medfører store mengder utdosert kalk. Håverstad er det anlegget som doserer mest i hele Mandalsvassdraget. I følge veiedata har anlegget fått tilført nye lass 97 ganger på et halvt år, (1.1.00-25.6.00). Hvert lass er på ca 31 tonn kalksteinsmel, men ikke alle lassene er levert samlet på dette anlegget.

Det har vært svært få doseringssvikt ved anlegget. De episodene over en dags varighet som har forekommet i 1999 er: 3-9. og 20-21. august. Den 30. november var det en stopp av kortere varighet, men den nevnes likevel her fordi den oppsto på et særdeles ubeleilig tidspunkt da vannføringen var meget stor, 215 m³/s. Tapt dose i forhold til ønsket dosering var derfor over 9 tonn. I år 2000 har det ikke vært doseringssvikt på anlegget.

Det har heller ikke vært svikt i driftskontroll-loggeren, men under en periode i desember 1999 var det ikke mulig å opprettholde den daglige kontrollen fordi telelinjene det siste stykket fram til kalkdoseren var i så dårlig forfatning at gode modemforbindelser var umulig å oppnå. Dette ble rapportert til Telenor 6. desember. Den 10. desember ble det pr. telefon rapportert til Mankalk at driftskontrollen under de rådende betingelser midlertidig ikke kunne opprettholdes.

Veieutstyret på Håverstadanlegget er feil justert slik at full vekt på siloen ikke lar seg registrere på driftskontroll-loggeren. Dette går likevel ikke ut over den daglige driftskontrollen da vekttapet som ikke kan registreres utgjør bare ca 4 tonn fra maksimal beholdning.



Figur 3. Sammenligning av styringssignalet på kalkdoseringsanlegget og reel dose fra driftskontrollen. Doseringen på Håverstad-anlegget er konsekvent lavere enn styringssignalet på kalkdoseringsanlegget forteller.

2.3 Bjelland

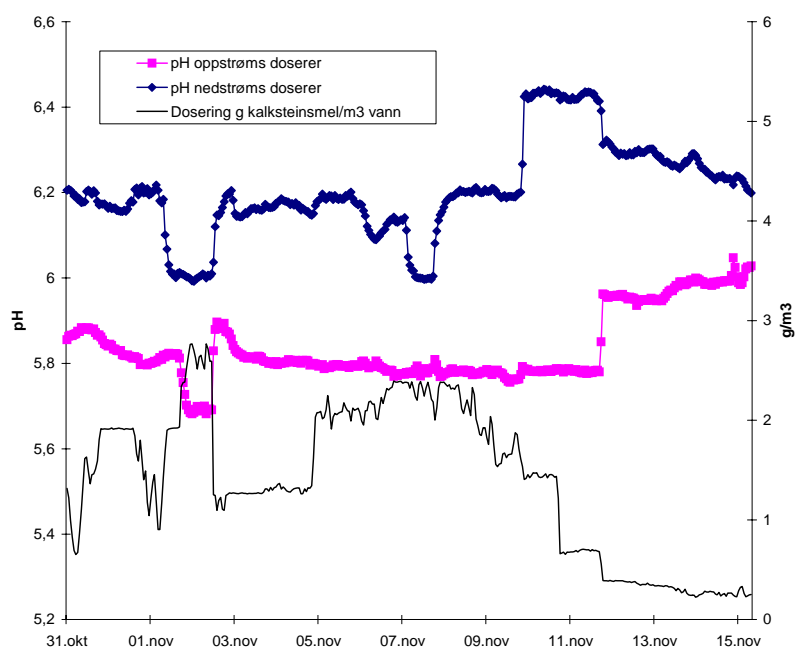
Bjelland kalkdoseringsanlegg styrer kalkdoseringen etter pH-verdiene både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Bjelland-anlegget benyttes for å etterjustere til den vannkvaliteten man ønsker i anadrom sone av Mandalsvassdraget. Det vil i praksis si fra Bjelland til Kjølamo der Direktoratet for Naturforvaltning har kontinuerlig pH-registrering som drives av NIVA. Ønsket vannkvalitet i denne forbindelse defineres som ønsket pH-verdi. Det er satt teoretiske grenseverdier for pH i anadrom sone av elva. Disse er pH 6,0 i tiden 1. juni –14. februar og 6,2 i tiden 15. februar- 31. mai. Det følgende er en gjennomgang av pH-utvikling og doseringen på Bjelland. Her rapporteres driften fra juli 1999 til 1. juni 2000. I denne perioden har det vært kontinuerlig registrering på driftskontroll-loggeren.

I juli 1999 var det en begynnende svikt ved pH-stasjonen nedstrøms Bjelland-anlegget. Periodevis ble vann stående stille i målekyvetta, slik at pH viste stigende verdier. Dette utviklet seg til en permanent tilstand fra 31. juli til 30. august. Det var total pumpevikt som førte til denne situasjonen. Uheldigvis tok det tid å skaffe ny pumpe til anlegget. I ettertid av denne episoden er rutine forandret slik at det alltid vil være en erstatningspumpe på stedet, lett tilgjengelig for operatørene. Doseringen i denne perioden ble justert ved hjelp av pH oppstrøms anlegget. pH holdt i store deler av perioden kravet på pH 6. Det ble derfor ikke dosert kalk før 17. august, da det var en svak reduksjon i pH til 5,95. Anlegget gav da en dose på 0,5 g kalksteinsmel/m³ vann. Dette var muligens en overdosering, men det var tidvis høy vannføring (100m³/s), og det var betryggende å ligge litt i overkant av ideel dosering. Da pH-verdiene nedstrøms dosereren igjen var tilgjengelige, stoppet doseringen helt p.g.a. høye nedstrømsverdier (pH>6,2). Imidlertid skjedde ikke dette før pH oppstrøms-verdiene økte en tiendedel fra pH 5,95. Motsatt ble ikke dosering umiddelbart iverksatt ved lav pH den 18. september (pH 5,9) fordi pH oppstrøms viste pH >6,1 (mulig feil justert pH-meter). Dette tyder på at det tas for mye hensyn til pH oppstrøms-verdiene når doseringssignalet skal settes fra styringsautomatikken. Denne episoden var begynnelsen på høstflommen som var karakterisert med lengre perioder med høy vannføring ispedd flomtopper. Det ser ut som om doseringskravet på kalkdoseringsanlegget i denne tiden ble satt til pH 6,2. Dette medførte reell dosering på 0,25 til 0,5 g kalksteinsmel/m³ vann frem til 25. oktober. Da ble doseringssignalet øket betydelig, i perioder opp til 2,7 g kalksteinsmel/m³ vann. Reelle verdier målt av driftskontrollen var likevel aldri over 1,3 g kalksteinsmel/m³ vann. pH nedstrøms kalkdosereren varierte en del, se **figur 4**. Det var tydelig at pH-styringen ikke var optimalt innstilt.

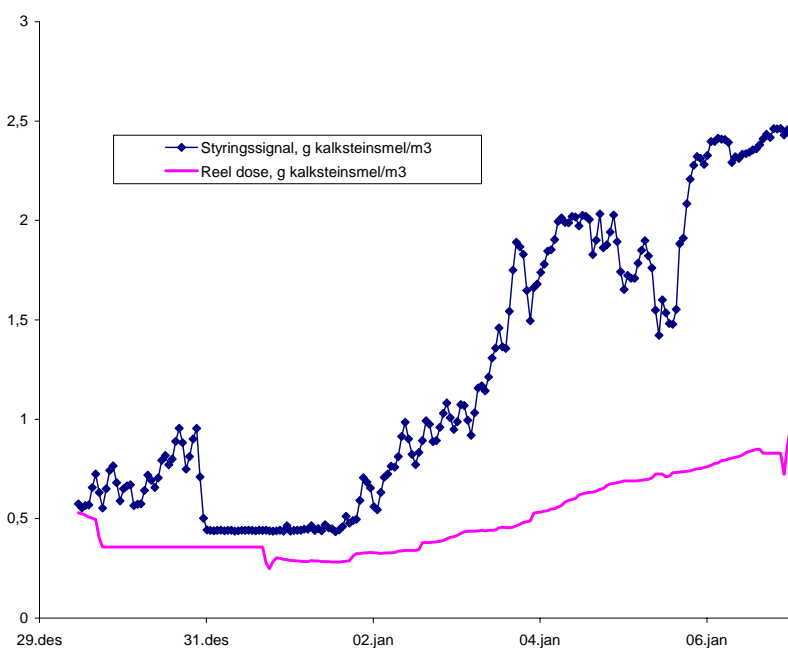
I år 2000 fortsatte det samme mønsteret. Siden pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget var stabil i lange perioder uten plutselig høyere verdier, reagerte doseringsautomatikken normalt ved flomepisoder. Selv om den reelle tilførte dosen var lavere enn styringssignalet verdi, se **figur 5**, var pH aldri lavere enn målverdien. Den 18. februar ble doseringen øket for å tilfredsstille kravet til høy pH-verdi nedover i vassdraget. pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget økte. Verdier opp mot pH 6,5 ble registrert. Også nå varierte pH en del nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Variasjonen var Δ pH 0,28. pH var likevel aldri lavere enn mål-pH (pH 6,2).

Veieutstyret på Bjelland-anlegget er noe feil justert slik at full vekt på siloen ikke lar seg registrere. Dette går likevel ikke ut over den daglige driftskontroll, da vekttapet som ikke kan registreres bare utgjør ca 4 tonn fra maksimal beholdning.

Vannføringsdata ved ekstreme flommer lar seg ikke registrere fordi vannstandssensoren er plassert slik at høyder over 5,85 m i forhold til 0-punktet på målestaven ikke kan måles. Vannføringer over 268 m³/s blir ikke registrert. Dette var tilfellet den 29. november 1999.



Figur 4. Dårlig justering av pH på Bjelland. pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget varierer Δ pH 0,4 da den skulle ligge på en omtrent konstant verdi. Vær oppmerksom på at doseringssignalet også tar hensyn til vannføringen.



Figur 5. Det var dårlig samsvar mellom kalkdosererens doserings-signal og driftskontrollens doseringsverdier. Driftskontrollens verdier er basert på akkumulering av vekttap og vannføring.

3. Tiltak

3.1 Håverstad

3.1.1 pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget

For enklere manøvrering av vannkvaliteten inn til Bjelland-anlegget bør prinsippet om pH nedstrømsstyrt doseringsanlegg på Håverstad realiseres. Det viser seg vanskelig å flytte punktet for inntaksvann til pH-måling på kalkdoseringsanlegget slik at garantert ukalket vann måles. NIVA har derfor i samarbeid med operatørene på kalkdoseringsanleggene vurdert tre forskjellige alternativer for plassering av en ny målestasjon. Da det ansees som en fordel å overføre pH-signaler til kalkdoseringsanlegget via radio er det bl.a. viktig å kontrollere radioforholdene i området. Undersøkelser ble foretatt i 1999. En lokalisering ved brua over elva på riksvei 9 ved Sveindal ble utpekt som beste plassering totalt sett.

En del av det nødvendige utstyret til en slik stasjon finnes allerede plassert på kalkdoseringsanlegget. Dermed reduseres kostnadene omkring etableringen av stasjonen. Da burde det være en prioritert oppgave å fullføre ideen som kalkingsstrategien for vassdraget legger opp til, nemlig pH nedstrømsstyrt kalkdosering på Håverstad.

3.2 Bjelland

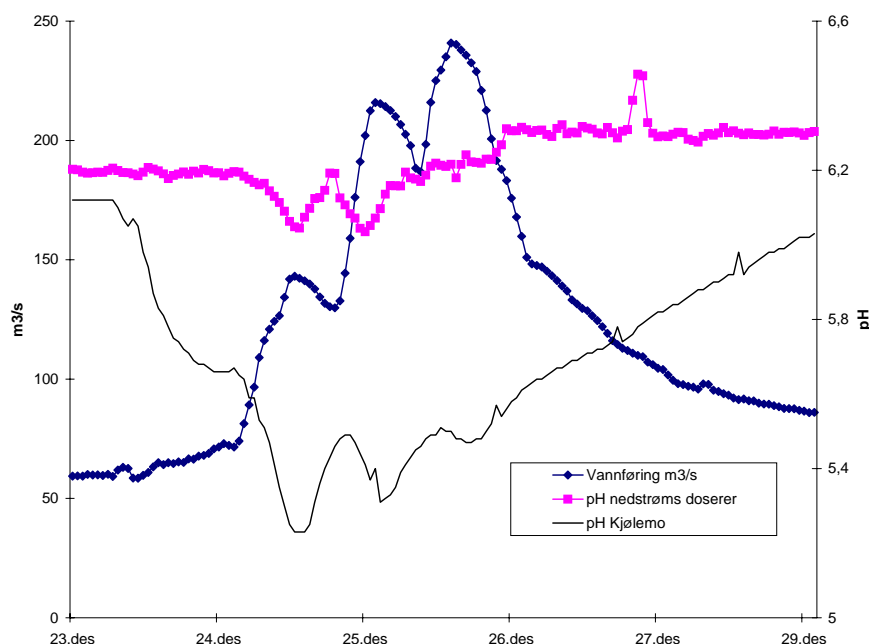
3.2.1 Forsuring i anadrom sone

NIVA driver en kontinuerlig pH-overvåkingsstasjon på Kjølamo som et ledd i DN's kalkingsovervåking. Vi har tilrettelagt forholdene slik at operatøren på Bjelland kalkdoseringsanlegg kontinuerlig kan følge med på pH-utviklingen ved Kjølamo. Da tiden fra dosering ved Bjelland til effekt ved Kjølamo er meget lang, selv ved flomsituasjoner, (hydrologiske tidsstudien er ikke foretatt), må eventuelle forandringer av doseringen ved spesielle situasjoner foretas i forkant av episodene for å ha noen vellykket virkning. Det kan i mange situasjoner være umulig for operatøren å gjennomføre slike tiltak med hell. For å ha "litt å gå på" har operatørene satt pH-kravet på Bjelland-anlegget noe høyt i forhold til ønsket pH i elva. Dette er den eneste muligheten man har til å motvirke uønskede situasjoner i vassdraget. Kalkdoseringsanleggene i sidevassdragene nedstrøms Bjelland er plassert for langt vekk fra hovedelva til å kunne gi rask nok effekt ved forsuringsepisoder. Et godt verktøy finnes derfor ikke tilgjengelig for å ta seg av situasjoner som kan oppstå. **Figur 6** viser en tilstand i Mandalsvassdraget ved juletider 1999 der store nedbørmengder falt som regn på telen mark i nedre deler av vassdraget, mens det kom som snø i øvre deler. Elva steg mindre ved Bjelland enn lenger nedover i vassdraget. Doseringen var intakt og elva fikk tilført på det meste ca 55 tonn /døgn fra Bjelland-anlegget. Ved pH-overvåkingsstasjonen på Kjølamo ble det registrert en dramatisk pH-reduksjon helt ned til pH 5,3, langt under pH-målet for elva.

Denne erfaringen viser oss at kalkingsstrategien for tiden ikke kan handtere slike situasjoner. En enkel løsning på problemet er om det etableres en losseplass for kalksteinsmel ved vannutslaget fra kraftverket ved Laudal. Her er det gode, turbulente forhold i elva og hele vannføringen går i et løp. Dette er nedenfor "fordrøyningsmagasinet" Mannflåvatn der de hydrologiske forhold er uklare (ref. notat til DN 27. mai 1998). Under flom bruker vannet relativt kort tid fra Laudal til utløpet.

Det er flere praktiske problemer forbundet med direkte dosering i elva fra lastebil. En lossing som normalt tar en halv time bør kanskje her ta en arbeidsdag. Dette setter store krav til personell og utstyr. Et spørsmål er om lastebilene har kapasitet til å handtere forholdene som oppstår ved struping av

kalksteinsmel-utmatingen. I følge en transportør på kalksteinsmel-markedet er dette umulig, men en løsning med lossing i etapper til en liten silo er mulig. Dette er det praksis for i markedet ved mørtel-leveringer. Siloen bør være utstyrt med en framtrekksskrue som kan grovjusteres etter en tabell som forholder seg til et vannmerke i elva. Tar man utgangspunkt i episoden som er beskrevet i avsnitt over, måtte det teoretisk blitt dosert 130 tonn kalksteinsmel på denne måten for å opprettholde pH på Kjølamo pH-overvåkingsstasjon (tall basert på opplysninger fra notatet: Kalking av Mandalsvassdraget-bruk av kalsium som kontrollparameter. Kaste 2000). Det er da tatt hensyn til øket vannføring ved Laudal i forhold til Bjelland.



Figur 6. Vannføring og pH i anadrom sone ved flomepisode sent i desember 1999. pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget opprettholdes på et høyt nivå, men elva surgjøres på veien ned til Kjølamo ved utløpet. Man ser at pH-reaksjonen kommer momentant ved flommens begynnelse.

3.2.2 Bedring av pH-styringen

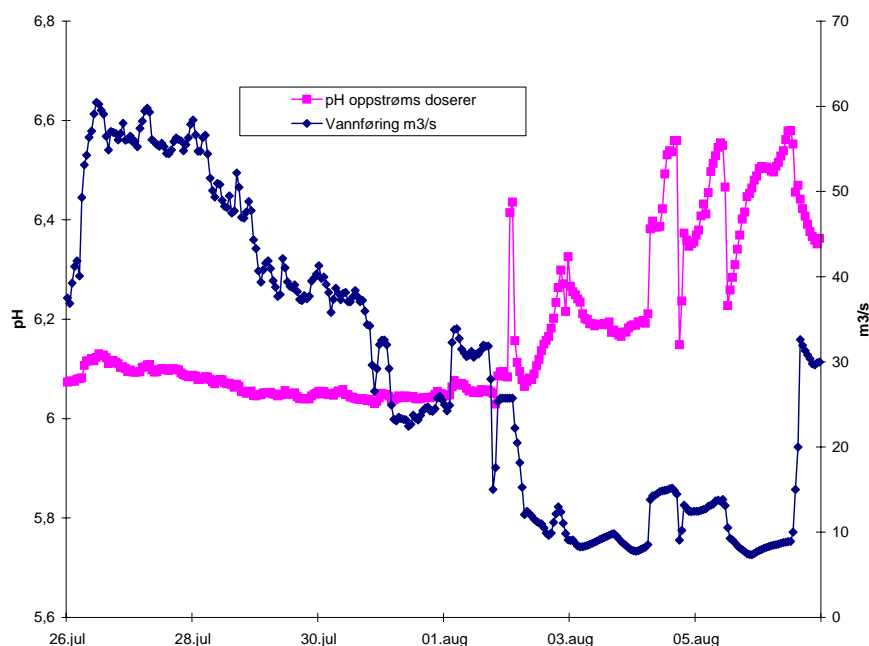
De varierende pH-verdiene på målingene nedstrøms kalkdoseringsanlegget indikerer at man burde optimalisere den elektroniske styringen på anlegget. Av dataene synes det som om at pH oppstrøms anlegget tillegges for stor verdi ved doseringsutregningen. Oppjusteringsintervall og mengde er ellers viktige parametere i denne sammenheng. Imidlertid kan det være andre årsaker til den unøyaktige doseringen. Kalkingsovervåkingen har avslørt merkelige forhold der det analyseres svært høy alkalitet og ekstreme pH-verdier på enkelte vannprøver tatt ved pH-stasjonen nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Siden doseringspunktet ligger nær bredden av elva er det mulig at det ikke oppnås homogen vannkvalitet ved uttakspunktet for vann til pH-måling 800m nedstrøms kalkdoseringspunktet. Dette punktet er lokalisert på samme side av elva som doseringspunktet. pH kan dermed gjøre brå forandringer på kort tid. Det bør undersøkes nærmere om elva ved pH-stasjonen har homogen vannkvalitet ved alle vannføringsforhold.

3.2.3 Grunnvann påvirker pH

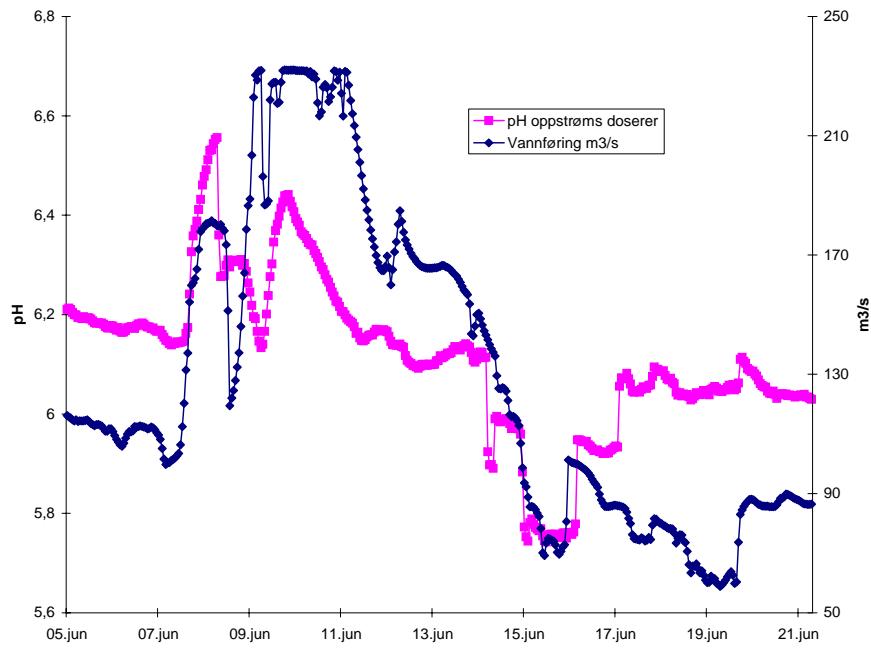
pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget måles i vann fra inntaksbrønnen til anlegget. Variasjoner i disse pH-målingene kan skyldes grunnvannspåvirkning i vannet fra inntaksbrønnen. Operatørene har ved

gjentatte tilfeller registrert store pH-forskjeller ved sammenligning av vann fra brønnen og direkte fra elva. Det er særlig ved lav vannføring at pH øker i brønnen, se **figur 7**. Det er også registrert spontan økning i pH ved begynnende flomsituasjoner, se **figur 8**. Dette kan også ha andre årsaker enn grunnvannspåvirkning, f.eks. at sedimentert kalk langs bunnen av elva kan virveles opp ved øket vannføring.

Det bør etableres et vannuttak til pH-måling fra elva som ikke påvirkes av lokale tilsig slik at man til enhver tid måler riktig pH.



Figur 7. Kurven viser økning i pH da vannføringen i Mandalselva ble ekstra lav sommeren 1999. Målingene er i vann fra inntaksbrønnen på kalkdoseringsanlegget. Flere manuelle målinger indikerer at grunnvannsbidraget fra løsmassene ved brønnen påvirker pH ved slike anledninger.



Figur 8. pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget reagerer på flom i elva ved å øke. Dette kan ha flere årsaker, en mulig årsak kan være økt artesisk grunnvannstrykk ved mye nedbør. Grunnvannstilsiget til inntaksbrønnen vil da øke.

4. Referanser

Høgberget, R. og Hindar, A 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. Rapport 3824-98, NIVA. 37 s.

Kaste, Ø. ,Høgberget, R., Handeland, H. Kroglund, F. og Trygslund, A. Effekter av driftsstans ved kalkdoseringsanlegg i Mandalselva. Notat til DN 27.05.98. 11s.

Kaste, Ø. Kalking av Mandalsvassdraget – bruk av kalsium som kontrollparameter. Foreløpig notat til FM i V-Agder og Mankalk 25.04.00. 3s.