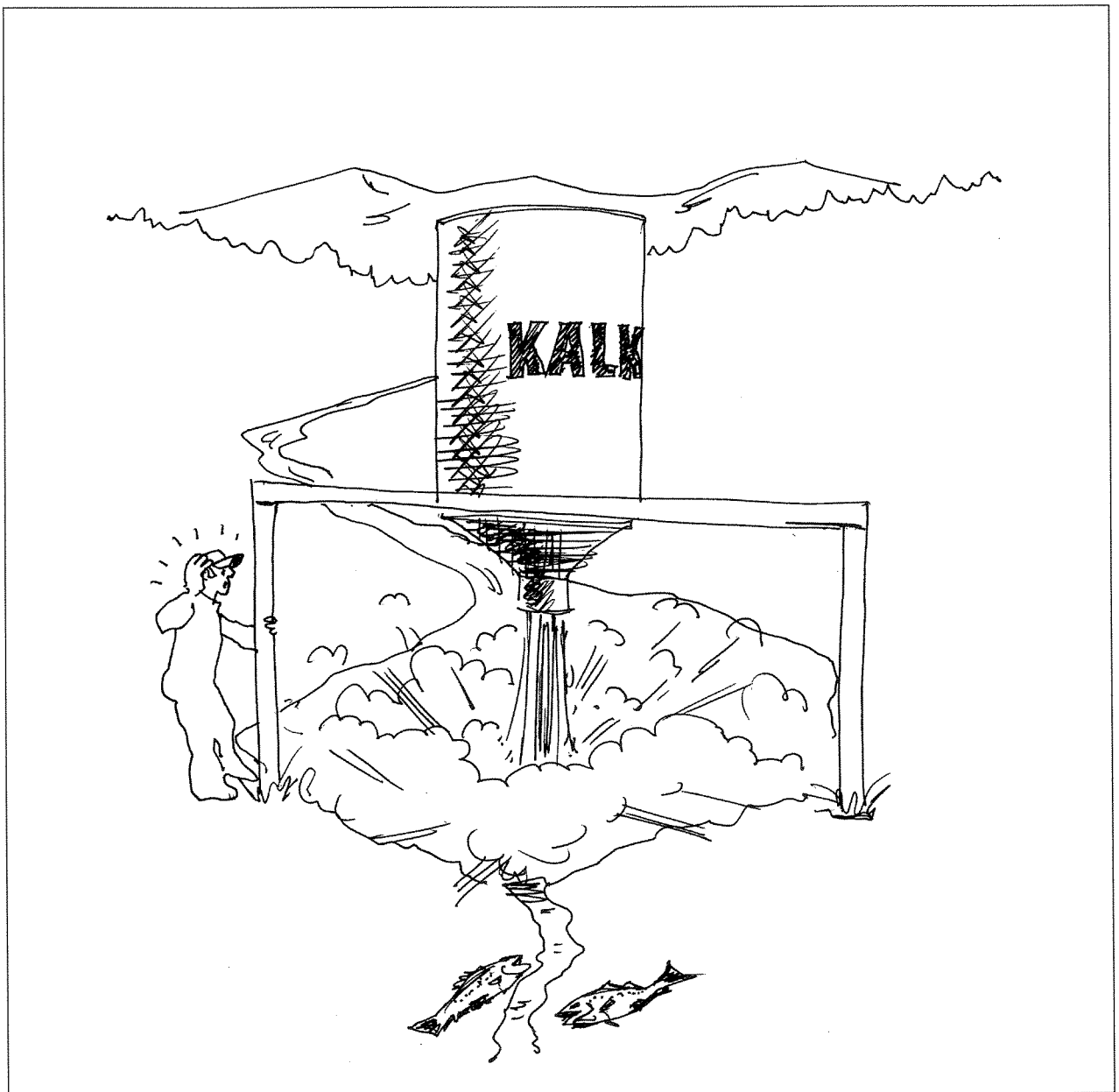


RAPPORT LNR 3824-98

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 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 32 88 33

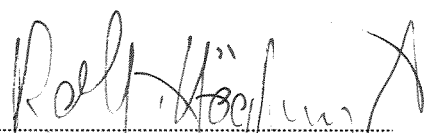
Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg	Løpenr. (for bestilling) 3824-98	Dato Februar 1998
	Prosjektnr. Undernr. O-96124	Sider Pris 37
Forfatter(e) Rolf Høgberget og Atle Hindar	Fagområde Måle- og overvåkingsteknikk	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag Bakgrunnen for etablering av prosjektet var ønsket om en bedre kontroll med drift og økonomisering med kalkforbruket i store kalkdoseringsanlegg. Et oppsett med bruk av sensor-teknologi, datalagring og overføringsystem er testet i Tovdalsvassdraget, og forsøkene har gitt gode resultater. Det anbefales derfor at driftskontroll av kalkdoseringsanlegg monteres på alle store anlegg i Norge. Bakgrunnen for dette er både muligheten for store besparelser i kalkforbruket og bedre kontroll med at anleggene gir riktig vannkvalitet. Men det er også viktig med klar ansvarsfordeling og gode rutiner for informasjonsflyt. I vassdrag der det er viktig å opprettholde en stabil og nøyaktig pH-verdi anbefales opprettet en pH-målestasjon nedstrøms kalkdoseringsanlegget med forbindelse til driftskontrollen. Radiokommunikasjon egner seg godt til dette formålet. Det vil være besparende å involvere dette signalet også som styringsparameter på kalkdoseringsanlegget. Det anbefales at kalkdoserere med driftskontroll er utstyrt med vektsensorer på alle bein (støttepunkter). Akseptabel målenøyaktighet er anbefalt. Veieutstyret må være montert på en slik måte at temperatur-effekter reduseres til et minimum. I forbindelse med prosjektet ble det utviklet en spesialtilpasset logger som også kan beregne viktige parametre som kalkdose og doseringsfeil.	
Fire norske emneord 1. Vassdragskalking 2. Kalkdosering 3. Driftskontroll 4. Måleteknikk	Fire engelske emneord 1. Liming of watercourses 2. Lime dosing 3. Operation control 4. Measuring techniques



Rolf Høgberget
Prosjektleder

ISBN 82-577-3402-0



Bjørn Olav Rosseland
Forsknings sjef

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg

Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA-Sørlandsavdelingen) tok i februar 1995 initiativ til å utarbeide et forslag til driftskontroll for kalkdoserere. I brev av 30/3-95 fikk vi i oppdrag av Direktoratet for naturforvaltning (DN) å lage et slikt forslag. Forslaget forelå i desember 1995. Den 22/4-96 ble det gitt klarsignal til oppstart av prosjektet.

Grunnet problemer med utvikling av loggere ble ikke innsamling av data foretatt før sommerhalvåret 1997. Forsøkene er foretatt på doseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Fylkesmannen i Aust-Agder la forholdene til rette for den praktiske gjennomføringen ved etableringen av doseringsanleggene i 1996. Norges Vassdrags- og Energiverk (NVE) har gitt bakgrunnsmateriale for vannføringsberegninger.

Det har vært et godt samarbeid med doseringsanlegg-leverandørene: Miljøkalk DA ^v/Ståle Ellingsen og Birger Christensen A/S ^v/Tor Fredriksen under gjennomføringen av prosjektet. Likeledes har samarbeidet med de lokale driftsoperatørene på de forskjellige anleggene vært upåklagelig. Disse operatørene var i prosjektperioden Willy Heia, Torstein Risdal, Knut Olav Tveit, Inge Klepsland og Olav Føreland.

Miljøkalk DA har levert dosererdata fra Hauglandsfoss-dosereren i Storelva (Vegårvassdraget) slik at det var mulig å sammenligne to typer veiesystem.

Veiesystemleverandør IAF Måleteknikk A/S ^v/Tor Fugelseth har gitt verdifull informasjon underveis som har økt vår forståelse for problemer og muligheter ved veiing som parameter.

Takk for godt samarbeid rettes til loggerleverandøren Industridata A/S ^v/Jan Erik Andersen og produsenten INTAB AB ^v/Jan Arnfjorden som har vært engasjert til oppgaven med å utvikle/produsere driftskontrolloggere. INTAB's prosjektansvarlige har vært Bengt Cyrén A/B ^v/Bengt Cyrén. En spesiell takk rettes til ham. Hans innsikt og velvillighet har vært uvurderlig i samarbeidet om utviklingen av utstyret.

Grimstad, 25.02.98

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	6
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn og formål	8
1.2 Beskrivelse av doseringsteknikk.	8
2. Valg av måleteknikk for driftskontroll	9
2.1 Vekt	9
2.2 Vannstand	9
2.3 Ledningsevne	10
2.4 pH	10
3. Problemstillinger ved veiing som metode.	11
3.1 Veiing av siloen	11
3.2 Strategi for måling av silovekt, sensorenes plassering.	12
4. Innsamling av data	13
5. Resultater	14
5.1 Søre Herefoss	15
5.1.1 Veieresultater	15
5.1.2 Vannstand	16
5.1.3 Kalkdose	16
5.2 Vatne	18
5.2.1 Veieresultater	18
5.2.2 Vannstand	20
5.2.3 Kalkdose	20
5.3 Bås	21
5.3.1 Veieresultater	21
5.3.2 Vannstand	21
5.3.3 Kalkdose	21
5.4 Klepslandsåna	22
5.4.1 Veieresultater	22
5.4.2 Vannstand	23
5.4.3 Kalkdose	23
5.5 Skjeggedal	24
5.5.1 Veieresultater	24
5.5.2 Vannstand	24
5.6 Hauglandsfossen i Storelva	24
5.6.1 Veiing	24
5.6.2 Vannstand	25
5.6.3 Kalkdose	25

6. pH-kontroll	27
6.1 Besparelser ved bruk av pH-nedstrømsstyring.	28
7. Kontroll-loggeren	29
7.1 Plassering og virkemåte	29
7.2 Spesialloggeren	29
7.2.1 Gruppering av type kanaler	30
7.2.2 Forklaring på kanalene	30
7.2.3 Alarm	31
7.2.4 Spesialloggeren i drift	32
8. Diskusjon	33
8.1 Data-innsamlingsutstyret	33
8.2 Sensorene	33
8.2.1 Ledningsevne	33
8.2.2 Vannstand	33
8.2.3 Veieutstyr	34
8.2.4 Kalkdose	36
8.2.5 pH	36
9. Anbefaling	37
10. Referanser	37

Sammendrag

Vassdragskalking er forbundet med store utgifter og det stilles betydelige krav både til doseringsutstyr og tilsynsrutiner for drift. Erfaringsmessig har det vist seg at driften av kalkdoseringsanlegg er av høyst ulik kvalitet. Problemet er bl.a. feildosering av kalk slik at det ikke gis optimal kalkmengde til enhver tid.

Forsøk med driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget har vist at denne formen for oppfølging er godt egnet til å sikre stabil drift og til å optimalisere kalkforbruket i doseringsanleggene. Det anbefales derfor at det etableres driftskontroll ved større kalkdoseringsanlegg i Norge. En forutsetning for et godt resultat er at ansvar avklares og at det etableres klare rutiner for informasjonsflyt.

Driftskontrollsystemet som er utviklet av NIVA og presentert i denne rapporten består av datalogger, veiesensorer, vannstandsmåler, ledningsevne måler, pH-meter og teleoverføringssystem. Data samles inn og bearbeides i en sentral database på NIVA-Sørlandsavdelingen

En driftskontroll-logger med muligheter for å gjøre beregninger er spesielt utviklet til driftskontroll av doseringsanlegg gjennom dette prosjektet. Kanalene for utregnet kalkdose til elva er viktig informasjon for driftskontrollen. Spesielt fremheves informasjonen om langtidsdose og langtids feildosering.

Veieutstyret bør være slik at det veies med veiceller under alle bein på dosereren for å unngå store feilavlesinger. Feilavlesinger oppstår særlig midt i perioden mellom to kalkpåfyllinger. Målenøyaktigheten bør være 0,1-0,5 % av full måleskala, men det er mulig å drive driftskontrollen med større måleusikkerheter. Da vil kontrollen være mindre effektiv ved lave doseringer. Imidlertid har spesial-loggeren kanaler som vil vise kalkdosen og feildosering over tid på grunnlag av akkumulert vekt-tap og vannmengde. Derfor er god driftskontroll mulig selv når dataene er mer unøyaktige. Veiedata på grunnlag av streklapp-veing er da også mulig å benytte.

Vannstandsmåleren bør ha en nøyaktighet som er bedre enn ± 1 cm på 3 m. Ved montering i inntaksbrønn er det viktig at vannstanden i brønnen følger vannstanden i elva. Likeledes må det være utarbeidet en best mulig sammenheng mellom vannstand og vannføring. Hvis disse to kravene ikke er oppfylt, vil et av driftskontrollens viktigste fundament vikle.

Ledningsevne måleren monteres i blandekaret for kalk og sirkulasjonsvann for måling av ledningsevnen i utblandet kalkslurry. Lavt signal egner seg godt som indikator på at det ikke tilsettes kalk i blandekaret.

pH nedstrøms-signaler kan tilføres doseringsanlegget som standard ingeniør-signal via radioforbindelse. Radioutstyret har ingen faste driftsutgifter og er meget fleksibelt i bruk fordi det ikke setter begrensninger for brukeren. Foreløpige erfaringer fra Mandalsvassdraget viser at radiosender og mottaker er driftsikkert i bruk.

Summary

Title: Operation control of lime dosers

Year: 1998

Authors: Rolf Høgberget and Atle Hindar

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3402-0

Large expences are connected to lime dosing in acidified waters and significant demands on dosing equipment and operation control is required. Introduction of a dosing control system of lime dosers in the Tovdalselva watercourse has proved suitable for stabil operation and optimization of the amount of limestone powder used. It is therefore recommended that large lime dosers should be equipped with such control systems.

The control system that has been developed at the Norwegian Institute for Water Research and presented in this report consists of a data logger, weighing sensors, water level meter, conductivity meter, pH meter and tele transmission. A special data logger, which also calculates lime doses and dosing errors has also been developed.

Special requirements for weighing sensors are indicated, and the importance of secure water level measurements and runoff calculations are stressed.

Downstream pH-measurements may be part of the operation control, and the signal may also act as a steering signal for lime dosing. Radio transmission of signals from downstream measurements are recommended.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Vassdragskalking er forbundet med store utgifter og det stilles betydelige krav både til doseringsutstyr og tilsynsrutiner for drift. Erfaringsmessig har det vist seg at driften av kalkdoseringsanlegg er av høyst ulik kvalitet. Problemet er bl.a. feildosering av kalk slik at det ikke gis optimal kalkmengde til enhver tid.

Dersom en kalkdoserer gir for liten kalkdose, kan det biologiske liv som er bygd opp vha kalking bli skadelidende. Hvis det doseres for mye kalk kan dette også i noen tilfeller medføre uønskete biologiske effekter pga nedslamming av gyte- og oppvekstområder for fisk og bunnlevende organismer. Den økonomiske effekten av overdosering er åpenbar og målbar. I store vassdrag kommer en raskt opp i større økonomiske tap, og det ligger derfor et betydelig innsparingspotensiale i å optimalisere driften.

Ved planlegging og etablering av kalkdoseringsanlegg blir premissene for driften av anleggene lagt. Det fastsettes bl.a. hvilken fast eller variabel kalkdose som skal tilføres elva fra doseringsanlegget. I noen tilfeller vil kalkdosen kunne endres ved at anlegget doserer etter en målt pH-verdi i elva. Mest vanlig er at pH-meteret måler verdier på surt vann oppstrøms kalkdoseringsanlegget. Verdier fra dette pH-meteret gis som et styresignal til kalkdosereren slik at denne justerer doseringen til en antatt riktig verdi på bakgrunn av en titreringskurve, dvs. forholdet mellom pH og antatt kalkbehov. I Vikedalselva i Rogaland er det også gode erfaringer med bruk av pH nedstrøms som styresignal (Hindar og Henriksen 1992). I prinsippet kan både pH oppstrøms og nedstrøms, samt vannføring gi signaler som påvirker styringen.

Kontinuerlig måling av pH nedstrøms kan samtidig tjene som del av en driftskontroll ved at produsert vannkvalitet kan følges. Men dette signalet gir ikke informasjon om kalkmengde, kalkdose eller forholdet mellom vannføring og forbrukt kalk.

Formålet med forsøkene i Tovdalsvassdraget var å finne frem til en god metode for å kontrollere drift og effektivitet på doseringsanlegg av forskjellig type og utforming. Det var også et mål å finne fram til en standardisert metode for arkivering og rapportering av driftsdata.

1.2 Beskrivelse av doseringsteknikk.

I de forskjellige kalkdoseringsanleggene tar en høyst ulike metoder i bruk for å oppnå riktig kalkdosering. En del enkle anlegg bruker vannstanden i elva til å styre kalkutmatingen mekanisk. En styrt vannstrøm gir da kraft til utmatingsmekanikken. Vannstrømmen varierer med vannstanden og dermed vannføringen. Selve utmatingsmekanikken bygger i slike anlegg på høyst ulike prinsipper. De mest vanlige anlegg av denne typen er i dag anlegg med vippekarprinsipp. Et vippekar fylles med vann og drar med seg kalk fra en slisse i bunnen av kalksiloen ut i vannet idet karet vipper over. Jo høyere vannstand i elva, dess raskere vippefrekvens.

Elektrisk styrte kalkdoseringsanlegg har ofte en eller flere utmater-skruer som doserer kalk ut i vannet. Et elektronisk vannstand-signal fra elva gir da beskjed til en doseringsautomatikk om hvordan utmaterskrueene skal gå. Disse anleggene beregner kontinuerlig hvor mye kalk som skal doseres i elva ut fra vannstandsdata og en fast eller variabel kalkdose som skal gis på stedet.

Felles for begge hovedgrupper av doseringsanlegg er at de er vannføringsstyrte.

De mest avanserte kalkdoseringsanlegg er anlegg som også tar hensyn til variasjoner i vannkvaliteten i elva. pH-verdien i elvevannet oppstrøms eller nedstrøms dosereren benyttes (Hindar og Henriksen 1992). Enkleste form for pH-styring innebærer at pH-meteret er plassert på doseringsanlegget og pH måles på vann oppstrøms dosereren. En pH-kalksteinsmel titeringskurve utarbeidet etter analyser av surt elvevann, fra prøver tatt ved lokaliteten, danner grunnlag for dosering sammen med vannføringsdata. Denne metoden vil fange opp surtvannsepisoder i elva, men er ikke eksakt fordi titeringskurvene for elvevann vil variere med den øvrige vannkvaliteten også. Kjemisk sammensetning i avrenningsvannet til vassdraget vil bl.a. variere med flom-og avsmeltingssituasjon.

Fullt utbygde anlegg er anlegg der det måles "online" pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget. I de fleste tilfeller kombineres dette med styring etter pH oppstrøms. pH nedstrøms kan da virke som en overstyrer av doseringen dersom det doseres for mye eller for lite kalk.

2. Valg av måleteknikk for driftskontroll

Vi trenger nøyaktige data for kalkforbruk og vannføring for å kontrollere om en doserer arbeider optimalt. Valg av sensorer og målemetodikk er derfor viktig. I dette tilfellet er det også viktig å ha mest mulig sammenhengende data. For å oppnå best mulig driftsikkerhet ble det valgt utstyr som ikke er avhengig av bevegelige deler som slites over tid.

Elektronisk utstyr er ømfintlig mot overspenninger som følge av lynnedslag etc. Det er umulig å beskytte det fullt ut, men vi valgte utstyr som i utgangspunktet er mest mulig beskyttet mot lynnedslag i nærheten av anlegget.

2.1 Vekt

Sensorer for veiing av kalksiloene på doseringsanleggene ble valgt som metode for registrering av kalkforbruk. Det er ingen bevegelige deler i et slikt system. Vi valgte en standard som følger:

- Elektroniske vektfolere av trykkcelletypen.
- Transmitter for omdanning av måleresultat til et 0-10V eller 4-20mA utgangssignal.
- Teoretisk målenøyaktighet på 0,1% av full måleskala, gjelder også repeterbarhet og hysteresis. Veieteknisk ble sensorene plassert slik at man veier hele dosereren ved plassering av veiceller under beina på kalksiloen.
- Veieutstyrets måleområde overskrider ikke maksimalvekten på målepunktene med mer enn 15%.

Et slikt veiesystem er i utgangspunktet meget driftsikkert, men det tåler ikke vektoverbelastning eller at sveiseutstyr benyttes på siloen uten at det er jordet andre veier enn gjennom siloen og veicellene.

2.2 Vannstand

Elektroniske ultralydsensorer plassert over vann ble valgt som metode for vannstandsmålinger. Denne metoden er god i forhold til overspenninger ved lynnedslag fordi sensoren ikke er plassert i vann. Vann

opptrer i slike sammenhenger som elektrisk ledende element. Vi valgte følgende standard for vannstandsmåling:

- Sensor av lydreleksjonstypen (ultralyd-sensor) for montering i luft, 4-20 mA utgang.
- Nøyaktighet maks. 1 cm avvik på 3 m.
- Utstyret ble plassert slik at ikke falske ekko oppstod som følge av bølger, skum, is eller snø.

2.3 Ledningsevne

Ledningsevnen øker med 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pr gram Ca/l tilsatt. Dette blir moderert mot reduksjon i H^+ og overskudd av bikarbonat. Likevel gjør det bidraget Ca har til ledningsevnen at registrering av ledningsevnen i prosessvannet er en brukbar metode som hjelpeparameter for driftskontrollen. Dersom kalken uteblir, vil ledningsevnen avta radikalt. Måleteknisk er det en enkel innretning som vil vise akutt driftstans på kalkingsanlegget. Utstyr ble montert etter følgende minstekrav:

- Utstyret skal være av enkleste type uten temperaturkompensering, men med justerbar releutgang.
- Følere av stål eller annet holdbart materiale.
- Måleren står i overløpet der kalkslurry forlater doseringsanlegget.

2.4 pH

pH-verdiene nedstrøms kalkdoseringsanlegget vil alltid være en god parameter på hvor effektiv kalkingen har vært. Det er en forutsetning at signalene blir overført kontinuerlig til kalkdosereren. På denne måten er det mulig, også for driftsoperatøren, å kontinuerlig overvåke kalkdosereren. pH-data skulle, i dette prosjektet, overføres via radiosamband, men forhold beskrevet i kapittel 8 umuliggjorde dette.

Kriterier for pH-meteret må være følgende:

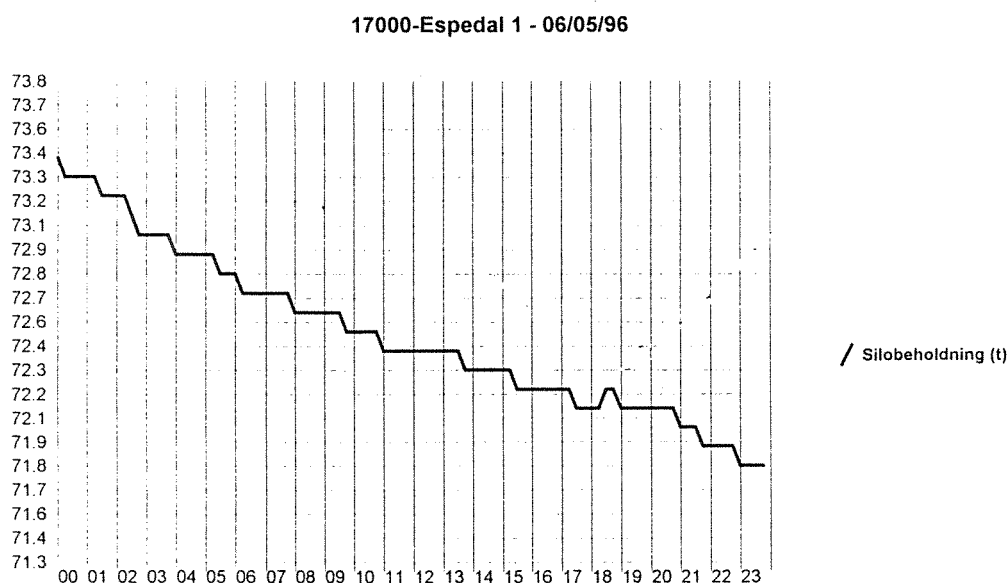
- pH-meteret må være av generelt god kvalitet.
- Minimum en utgang for pH-signal på 4-20 mA
- Temperaturkompensering. Det er ønskelig med egen temperaturutgang på 4-20 mA
- pH-elektroder må være av meget god kvalitet som tolererer lang tids kontinuerlig bruk uten kalibrering.

3. Problemstillinger ved veiing som metode.

3.1 Veiing av siloen

Veiing av hele kalksiloens vekt for å registrere nøyaktig avtak i silobeholdning vil ha klare måletekniske begrensninger. Vi så det som viktig å ha så nøyaktige målinger som mulig uten å investere i for kostbart måleutstyr. Vår test benytter standarden som er nevnt i kapitlet over. Utgiftene pr. sensor er i dag anslagsvis 7-9000 kr. Tenker en seg en silobeholdning på 100 tonn, vil måleusikkerheten teoretisk være $\pm 100\text{kg}$. Dersom elven det doseres kalk i skal tilføres en dose på 4 g/m^3 , og man bruker en times oppløsning på vektregistreringene, vil måleusikkerhetsnivået nås ved en vannføring ned mot $6,9\text{ m}^3/\text{s}$. Tidsoppløsningen man i praksis må benytte vil da måtte økes for å få sikre data.

Måling av små avtak i vekt med utstyr som også kan måle store vekter vil føre til at avtaket registreres som trappetrinn i en vektavtakskurve, (se fig. 1). Dette fenomenet vil oppstå der veiesystemet fanger opp friksjon i målepunktet. Dersom disse "trinnene" blir for store og opptrer for sjelden vil tidsoppløsningen også her være avgjørende for hvor nøyaktig resultatene lar seg avlese.



Figur 1. Trappeavtak i vektregistreringen på en doserer. (Originalutskrift fra Miljøkalk DA)

Måling av tørrstoff i tank byr på vanskeligheter ved at tørrstoffet ikke legger seg jevnt utover i tanken. Ved forbruk påvirkes vektbelastningene ulikt ved at masse blir hengende igjen i noen områder, og tapes tidlig mot uttakspunktet i andre områder. Dette er også et resultat av forskjellen på statisk og dynamisk friksjon. Vektkurvene vil vise trappetrinnsavtak.

Vær og vind påvirker vekten slik at belastningen blir forskjellig på de forskjellige bærepunkter til enhver tid. Problemet antas å være større for en stående enn for en liggende doserer, og større for frittliggende

kalksiloer enn for innebygde. Typiske årstidsavhengige forhold vil være snølast på taket av siloene og forskjell i temperpåvirkningene.

3.2 Strategi for måling av silovekt, sensorenes plassering.

Oppsettet for plassering av veiesensorer er utarbeidet etter et ønske om å klarlegge to forhold:

1. Er det behov for veieceller under hvert fundamentbein på dosererne for å gi tilfredsstillende målenøyaktighet, eller er veiing under halvparten av beina tilstrekkelig?
2. Er de fysiske forskjeller på anlegg av ulik type og fabrikat så store at det gir grunnlag for differensiering av krav til veieoppsett?

Det finnes to typer doseringsanlegg. Den ene er stående kalkdoserer der kalklageret er en stående silo som er vesentlig høyere enn den er bred. Den andre er liggende kalkdoserer der kalklageret er i en liggende silo som står på fire eller flere bein. Denne typen er lengre enn den er høy. Derfor egner den seg godt der det er behov for store lagere av kalk. Stående siloer kan bli uforholdsmessig høye.

I Tovdalsvassdraget er det kalkdoseringsanlegg fra to forskjellige leverandører. Hver av leverandørene har levert minst et stående og et liggende anlegg (se tabell 1). Den ene leverandøren leverer doseringsanlegg med kalksilo der alt er støpt i en enhet. Materialet er glassfiber og polyester. Disse anleggene er selv bærende i sin konstruksjon. Den andre leverandøren leverer doseringsanlegg i stål. Disse liggende kalksiloene står på samme måte som glassfibersiloene. Stående stålsiloer er forskjellig fra stående glassfibersiloer ved at førstnevnte står på fundamentbein mens glassfibersiloene står med hele underkanten mot underlaget.

Veiesensorer ble plassert under hvert av beina på alle typer kalkdoserere. I tillegg ble det plassert veieceller bare under den ene siden på en av de liggende stålsiloene. På stående glassfiber-doserer ble det plassert fire veieceller under kanten av dosereren med lik avstand til hverandre. På liggende stålsilo ble det plassert seks veieceller fordi denne siloen står på seks bein (tabell 1).

Tabell 1. Kalkdoseringsanleggene i Tovdalsvassdraget er av følgende typer.:

STED	Glassfiber/polyester Delvis selv bærende	Stål	Stående	Liggende
Vatne		X	X	
Bås		X		X
Søre Herefoss		X		X
Hovlandsåna	X			X
Skjeggedal	X		X	

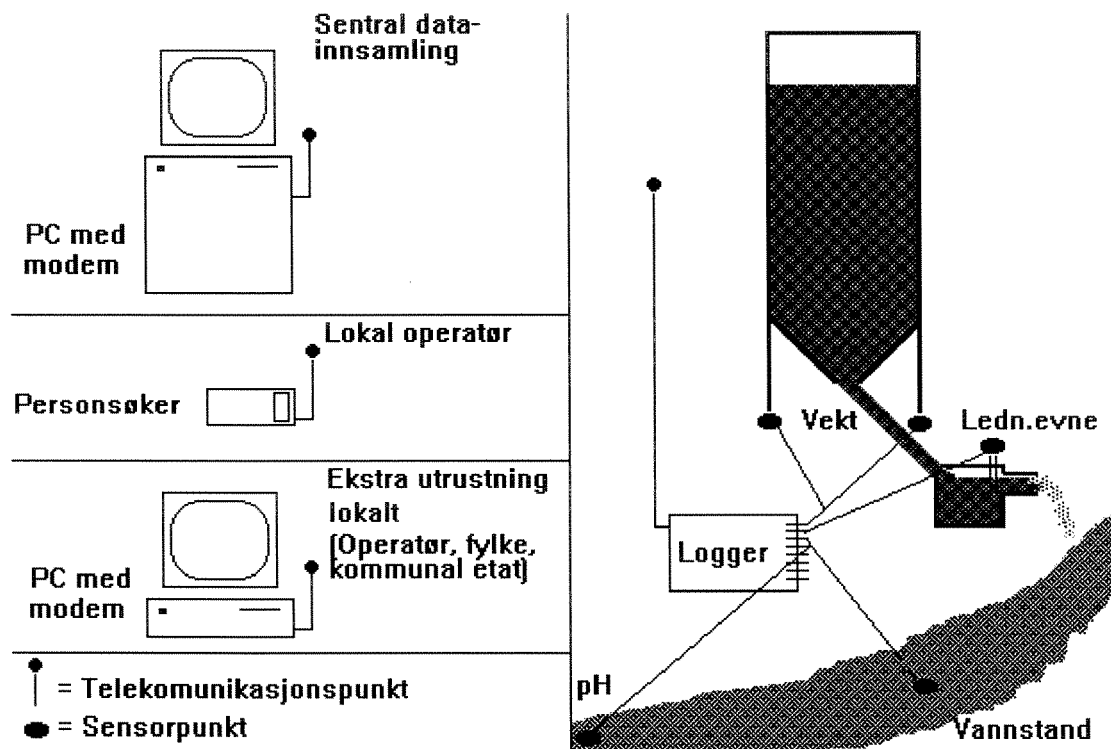
Registrering og transformering av råsignalene fra veiecellene ble foretatt i to enheter (heretter kalt transmitter). På stående siloer ble de to sideliggende sensorer koblet til hver sin transmitter. Liggende siloer ble koblet på samme måte. På den liggende siloen som står på seks bein ble de tre veiecellene på den ene langsiden koblet til en transmitter og tilsvarende på andre siden.

4. Innsamling av data

Datainnsamling skjer via lokale loggere på hver enkelt kalkdoserer. Dataene samles først i loggerene. Deretter blir data overført til en sentral datamaskin. Som siste ledd blir det fra denne maskinen kopiert sikkerhetskopier. Innsamlingsrutinen fra lokale loggere er automatisk. Hver dag ringes loggeren opp for overføring av nye data. Programvare er tilgjengelig for å overføre loggedata fra kalkdosererne. Informasjonsflyt i systemet er vist på figur 2.

Selve loggeren er en spesial-logger som registrerer fra 8 analoge og en digital inn-kanal. I tillegg har den regnekapasitet slik at den momentant regner ut verdier fra et utvalg analoge innganger og legger disse ut på nye 8 kanaler. Loggeren har dermed totalt 17 innsamlingskanaler. (Se eget kapittel om spesial-logger.)

Innsamlingsperioden for måledata strakk seg fra vår til høst 1997. Grunnet problemer med leveranse av spesial-loggeren har kun en av kalkdosererne vært forsynt med spesial-logger. Denne loggeren har vært prototypen for testing av systemet. Den har i perioder vært byttet ut med en identisk logger som er bygd opp parallelt ved fabrikken i Sverige. Testing av denne loggertypen har foregått nesten kontinuerlig på kalkdosereren i Søre Herefoss siden 19/2-97.



Figur 2. Figuren viser hvor sensorene er plassert på doseringsanlegget, og hvordan informasjon fra loggeren når de forskjellige mottakere.

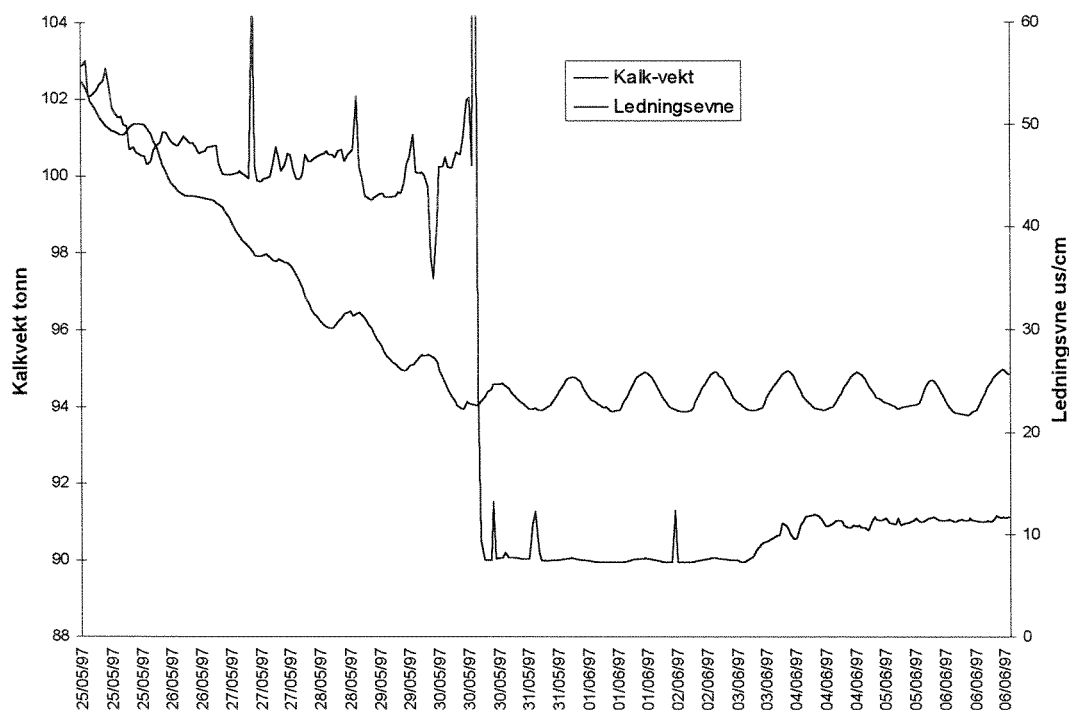
5. Resultater

Måledata fra hver av de fem kalkdosererene blir her beskrevet separat. Først redegjøres det for veieresultater og vannstand, deretter den beregnede kalkdosen dosereren produserer i elva.

Veieresultater er vurdert i forhold til teknisk kvalitet, målenøyaktighet og eventuelle skjevfordelinger av vekten i kalksiloene. Data fra 4 av dosererne ble finkalibrert i ettertid ved å bruke verdiene fra veiesedlene som leveres av kalktransportør. Disse vektene er oppgitt i 10 kg nøyaktighet. Skjeggedalsdosereren har gitt så lite reelle måledata at kalibrering og utregning av dose har vært umulig.

Vannstandsdata ble vurdert i forhold til teknisk kvalitet og som utgangspunkt for vannføringsdata. Vannstandslogg må være riktig i forhold til vannstandstav på lokaliteten, og det må være utarbeidet en sammenheng mellom målt vannstand og vannføring. Dette er avgjørende for korrekte vannføringsdata.

Ledningsevne-målinger er ikke kommentert som resultater. Denne parameteren er ment som en støtteparameter til bruk for operatøren slik at han til enhver tid kan vite om det går ut kalk i blandekaret eller ikke. I ettertid har en kalkleverandør tatt opp denne ideen og bygd videre på den, slik at alarm fra denne enheten starter prosedyrer i doserermaskineriet for automatisk å rette opp feil ved manglende utdosering av kalk. For å illustrere hvordan ledningsevnen varierer med doseringen er det nedenfor gjengitt en periode hvor dosereren på Søre Herefoss stoppet utdosering som følge av bedre pH-forhold ved dosereren (figur 3).



Figur 3. Kalkvekt og ledningsevne på kalkdosereren på Søre Herefoss. Ledningsevnen i blandekaret er vist sammen med kalksiloens vekt. Det er en momentan reduksjon av ledningsevne ved fravær av kalk i blandekaret. Figuren viser også døgnvariasjoner i avlest vekt av kalksiloen ved stillstand på doseringsanlegg. Legg merke til skalaen for kalkvekt.

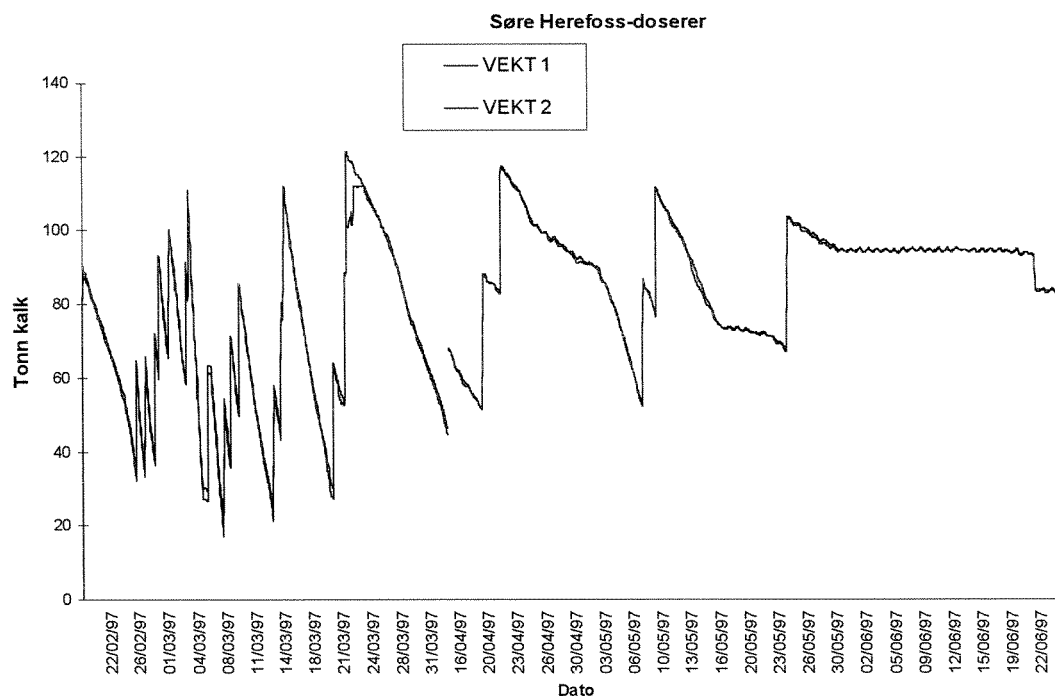
5.1 Søre Herefoss

Denne dosereren har en liggende silo med kapasitet på 120 tonn kalk. Målegrunnlaget her er perioden 19/2-97 til 26/6-97. Det ble dosert kalk gjennom vinter og vår frem til 30/5-97. Da var vannkvaliteten oppstrøms dosereren så god at doseringen opphørte.

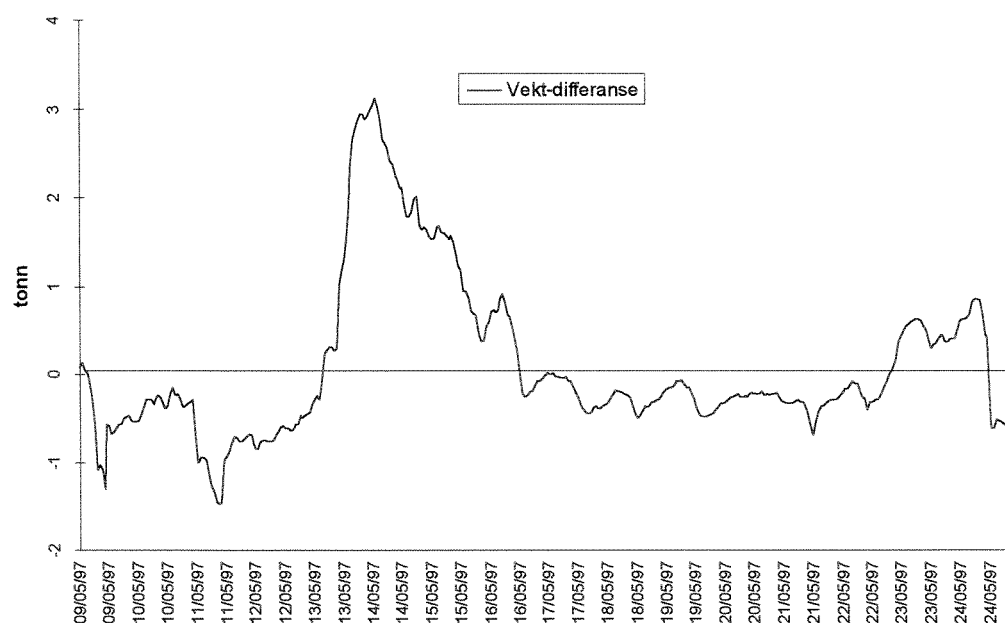
Det ble totalt fylt 23 lass kalksteinsmel á ca 35 tonn i doserersiloen i løpet av registreringsperioden. Da kalkdoseringen oppstrøms Søre Herefoss ennå ikke gav full effekt i utløpet av Herefoss-fjorden måtte dosereren på Søre Herefoss avsyre spesielt surt vann denne våren (pH 5,5-5,6). Det var i tillegg to perioder med storflom (25/2 og 3/3). Disse forholdene gav spesielt stort kalkforbruk tidlig på våren. I den mest ekstreme perioden ble det levert ca 40 tonn kalk om dagen.

5.1.1 Veieresultater

Fordeligen av vekt i siloen viste at kalken var lagret jevnt fordelt mellom høyre og venstre lengde-akse i dosereren (figur 4). Ved kalkforbruk avtok kalkbeholdningen likt på de to sidene, men noe forskjell ble registrert. Den største vektforskjellen mellom de to sidene oppstod gjennom forbruket av kalkleveranse levert 9/5-97. Kalkbeholdningen ved start var da 111,1 tonn. Før påfylling av neste lass den 24/5-97 var den 67,4 tonn. Ved fyllingstidspunktene var vektforskjellen ubetydelig, men i løpet av forbruksperioden oppsto store forskjeller mellom sidene i en periode på ca 3 dager midt i forløpet. Størst var forskjellen den 14/5-97. Da var utslaget oppe i 3,1 tonn (figur5). D.v.s. at dersom man hadde veid siloen med grunnlag i veieceller bare på den ene siden, ville feilavlesingen på dette tidspunktet være 3,1 tonn. Den 22/3-97 var registrert vektforskjell meget stor, men dette skyldes feilkalibrering av råsignalet. Signalet oversteg 10 V som er registreringsgrense for driftskontroll-loggeren ved lagring av spenning-signaler.



Figur 4. Veiedata fra kalkdosereren på Søre Herefoss. Vekt ble avlest på to sider i en liggende 120 tonn kalksilo som står på 6 bein. Det var liten forskjell på avlest vekt fra de to sidene.



Figur 5. Vekt-differanse mellom de to sidene i dosereren på Søre Herefoss i en periode mellom to kalkfyllinger av siloen.

Vektregistreringene viste en døgnvariasjon som kom klarest til uttrykk da dosereren ikke doserte kalk. Figur 6 viser en sinuskurve som følger døgnet over en periode på 14 dager. Det er lavest registrerte vekt tidlig om morgenen og høyest verdier tidlig om kvelden. Størst var variasjonen den 6/6-97 med 1,35 tonn. Det ble ikke registrert slike variasjoner i vektdata tidlig i innsamlingsperioden.

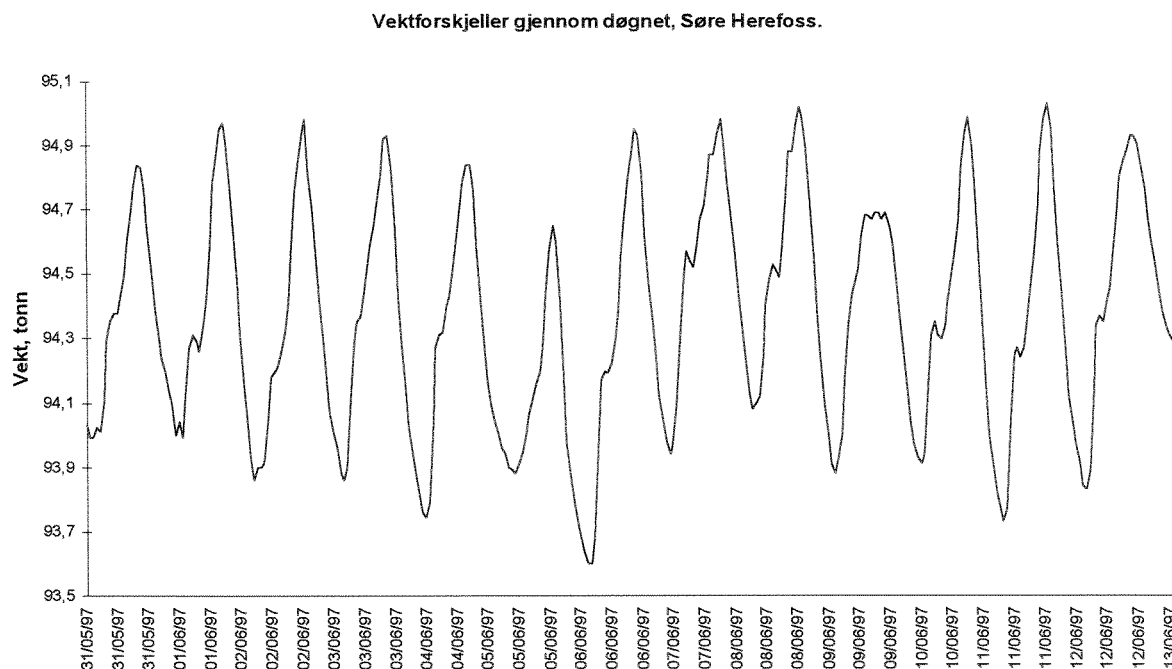
Kalkdosereren ble bygget inn under tak i månedsskiftet mars/april. Det er ikke mulig å se effekter av denne innbyggingen på avlest vekt.

5.1.2 Vannstand

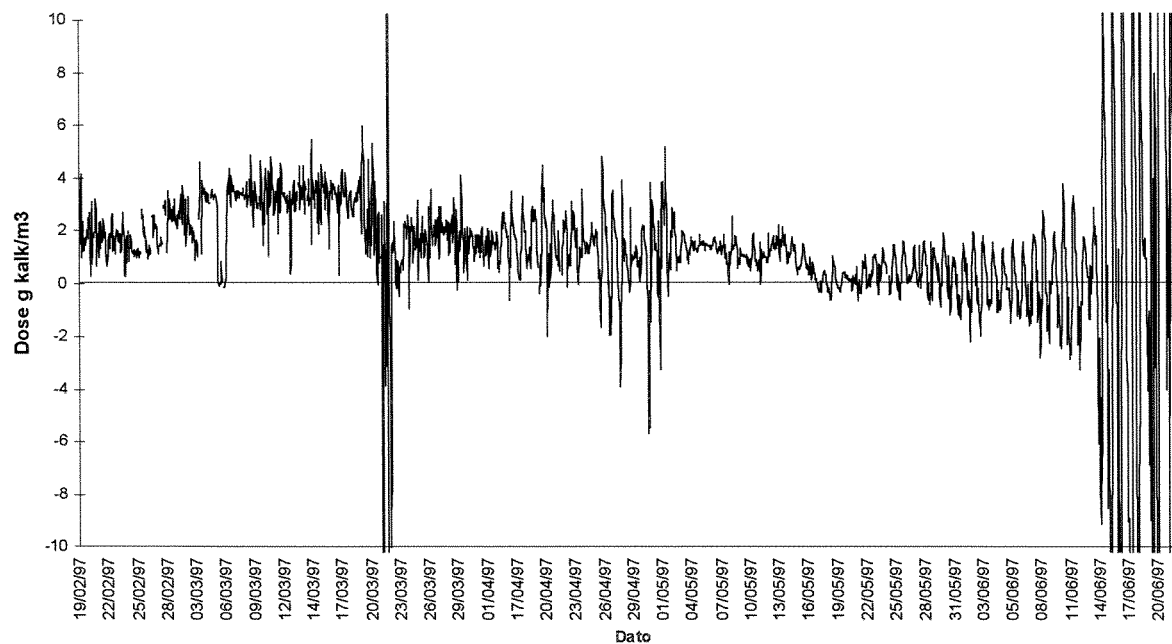
Vannstandslogg foreligger for hele registreringsperioden. I tiden fra 15/4-97 til 2/5-97 mottok loggeren ustabile signaler. Sensoren som var årsak til dette problemet ble da skiftet, og signalet har siden vært av god kvalitet.

5.1.3 Kalkdose

Til grunn for utregning av kalkdose tilført elva ligger vektreduksjonsdata og vannstandsmålingene. Dataene er preget av at veiesignalene ikke har vært stabile over døgnet. En vandring på opp mot 1,35 tonn gjør store utslag på utregnet dose dersom forbruket er lite. Kalkdosen er regnet ut fra time til time. Kurvene viser derfor store svingninger (figur 7).



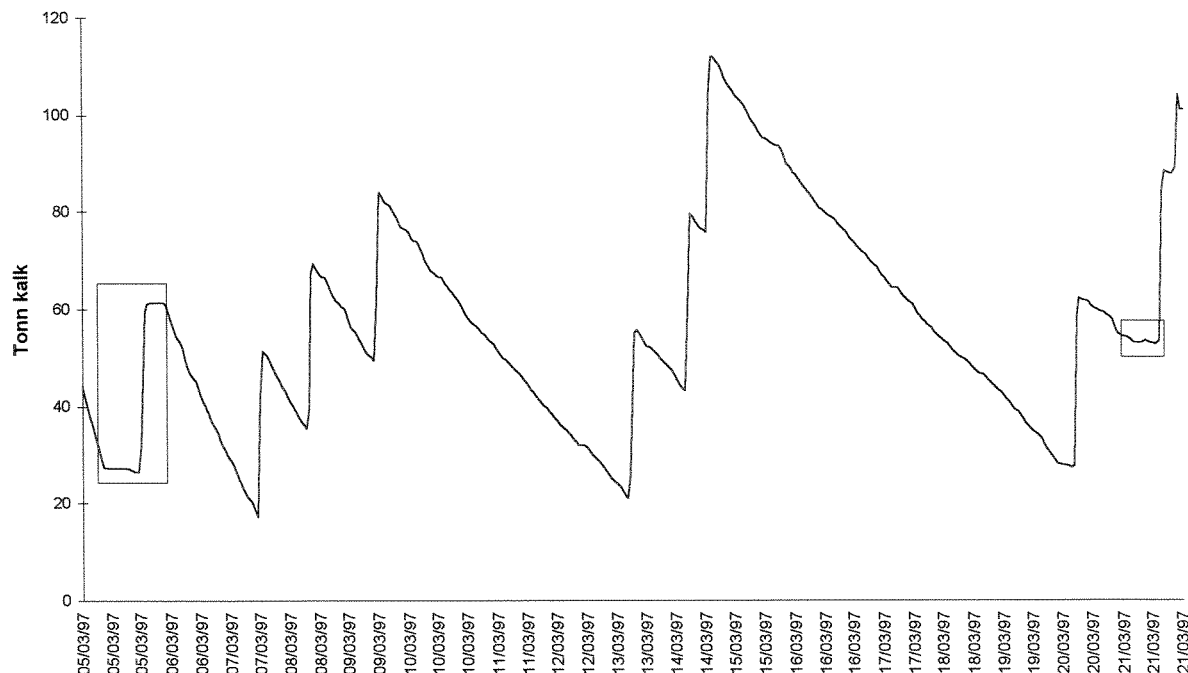
Figur 6. Vektavlesinger fra dosereren på Søre Herefoss. Døgnvariasjoner framkommer som følge av temperatursvingninger. Legg merke til vektsskalaen.



Figur 7. Kalkdose på Søre Herefoss beregnet på grunnlag av verdier fra hver time. Fra kurven er det mulig å lese midlere kalkdose tilført elva fram til slutten av juni. Utreget negativ dose ved påfylling av kalk i siloen er fjernet. Kurvens spordiske dropp skyldes delvis punktvis ubrukelige vannstandsdata og mot slutten av perioden også for store døgnvariasjoner i vektregistreringene.

I begynnelsen av innsamlingsperioden varierte dosen mellom 1 og 2 g/m³. Den 28/2-97 økte dosen til 3-3,5 g/m³. Den 20/3-97 minket dosen igjen til ca 1,5-2 g/m³. Fra den 17/5 til 30/5 har doseringen vært under 1 g/m³. Siden 30/5-97 har dosen vært 0 g/m³. Det vet vi fordi dosereren da har vært fysisk avslått. Dette er imidlertid umulig å se på kalkdosekurven p.g.a. store døgnvandringer som følge av ustabile vektavlesinger.

Av dose-kurven kan man se at dosereren har hatt et døgn stopp den 5/3-6/3 og mangelfull dosering den 21/3-97. Disse tilstandene observeres lett som horisontale linjer på vektreduksjonskurvene (figur 8).



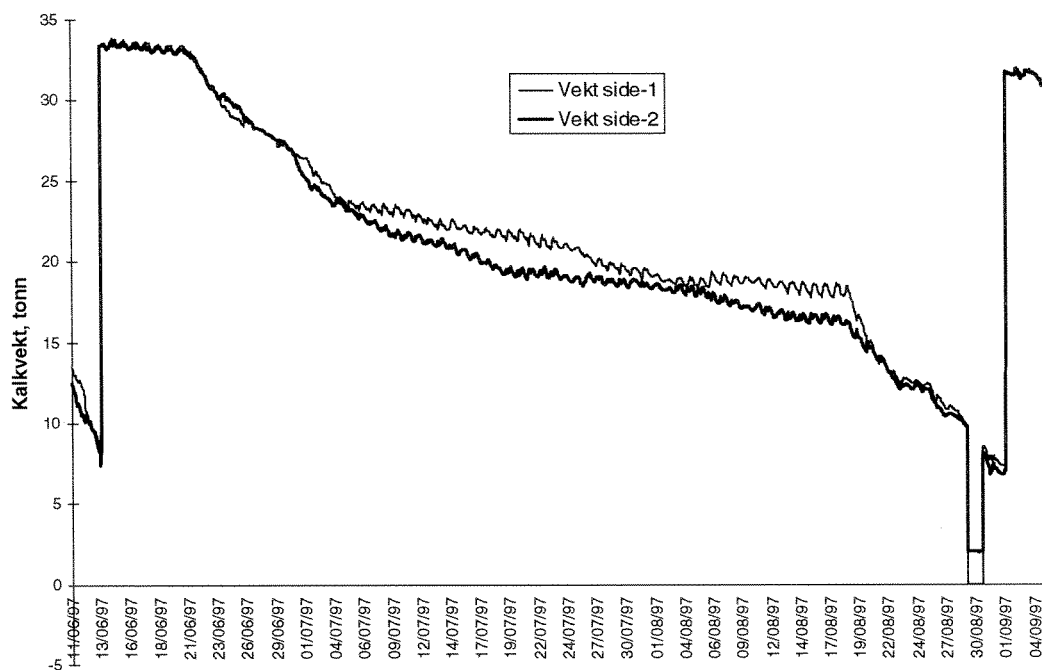
Figur 8. Vektregistreringene på Søre Herefoss avslører at det har vært helt stopp i doseringen den 5/3-6/3 og 21/3. Disse episodene er markert med rektangler.

5.2 Vatne

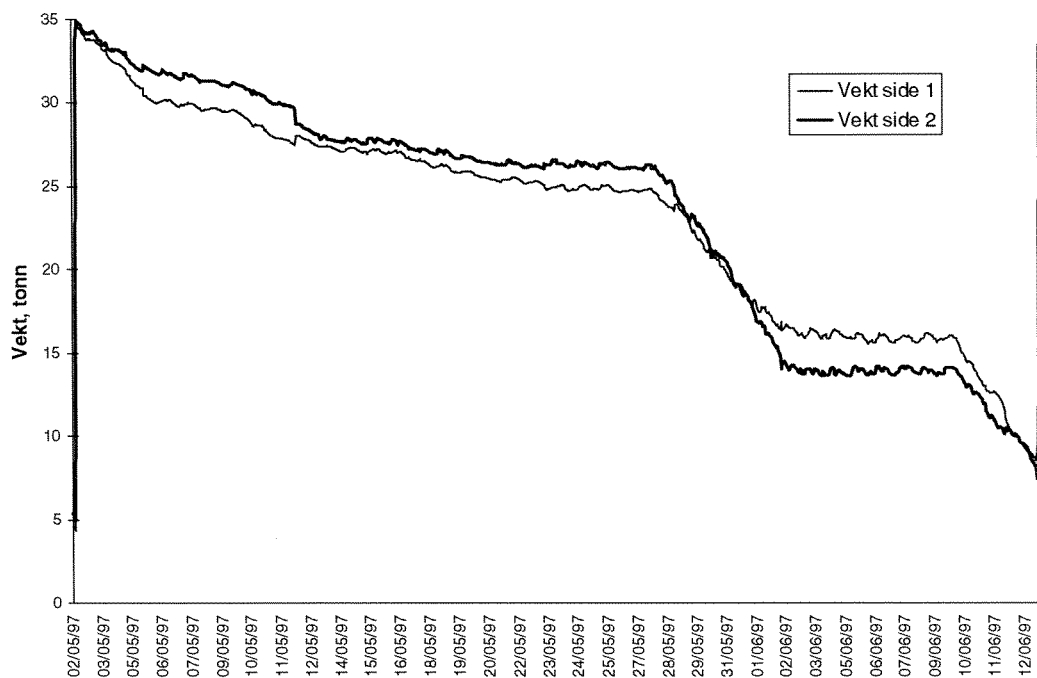
Denne dosereren er utstyrt med stående silo og vippekom. Den er en rent mekanisk drevet doserer. Dosereren er uavhengig av elektrisk strøm til driften. Loggeren får sin energiforsyning fra solcellepaneler og batterier. Det er "sovnfunksjon" på loggeren. Det innebærer at loggeren er aktiv bare dersom den blir kommunisert med, eller ved logging av data fra sensorene. Da aktiviserer den de releene som skal til for å skaffe strøm til veieutstyr og vannstandsmåler. En time i døgnet er den "våken" for lyttevakt slik at den kan ringes til for tapping av data. Måleperioden som grunnlag for denne rapporten er 10/4-97-29/9-97.

5.2.1 Veieresultater

Dosereren er utstyrt med fire veieceller, ett under hvert bein. Det registreres vekt separat fra hver side av dosereren. I måleperioden er det fylt på siloen i alt tre ganger. Måledataene viser at det ofte er en vektforskjell (figur 9). Ved påfylling er det lik vektavlesing på begge sider, men midt i forbruksperiodene er vektforskjellen tildels stor. Største vektforskjell er målt til 2,7 tonn den 2/6-97.



Figur 9. Kalkvekt i siloen på kalkdosereren ved Vatne. Vekten er målt på hver side av dosereren. Kalkinnholdet fordeler seg ulikt i siloen gjennom forbruksperioden.



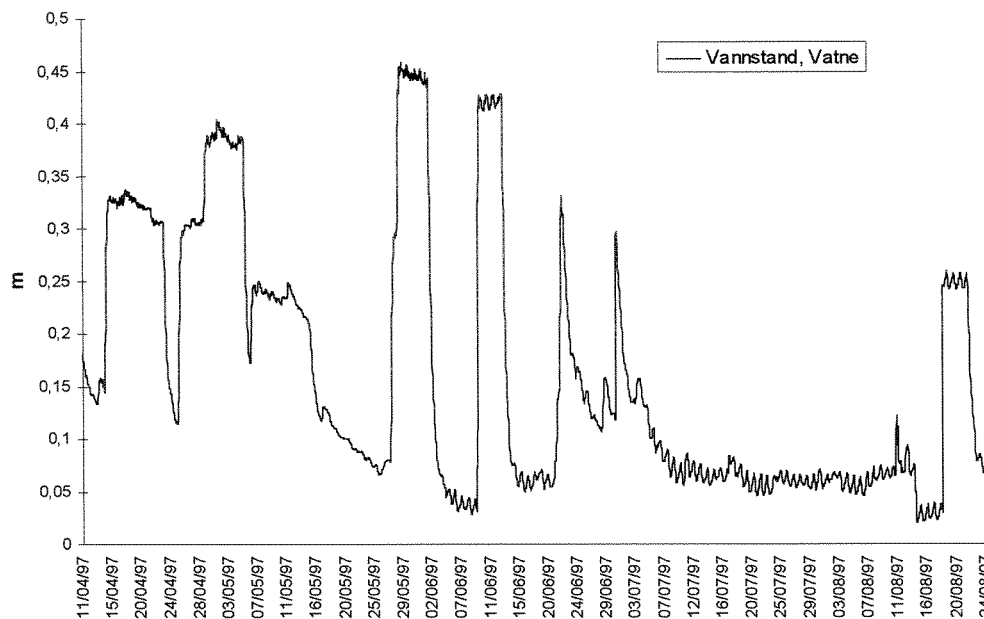
Figur 10. Veiedata fra Vatne-dosereren. Man ser at kalken kan rase ut ulikt i siloen. Legg merke til tidspunktet den 11/5-97 da kalk har lagt seg over fra den ene til den andre siden av siloen.

Vektforskjellen er usystematisk bl. a. ved at sidene veksler på å være tyngst fra en forbruksperiode til en annen. Fordelingen av kalk kan veksle raskt når kalken raser ut på en side, se figur 10.

Døgnvariasjoner på avlest vekt har vært opp til 0,5 tonn. Disse svingningene følger en døgnkurve. Svingningene er ikke avlesbare ved stor kalkdosering.

5.2.2 Vannstand

Vannstandsmålingene har vært stabile i hele innsamlingsperioden. De viser at vannføringen forbi doseringsanlegget er preget av brå variasjoner, se figur 11. Dette skyldes reguleringen i Homstøl-Eptevatnmagasinet. Også vannstanden viser til tider en sinuskurve som følger døgnet, særlig når vannstanden er liten.

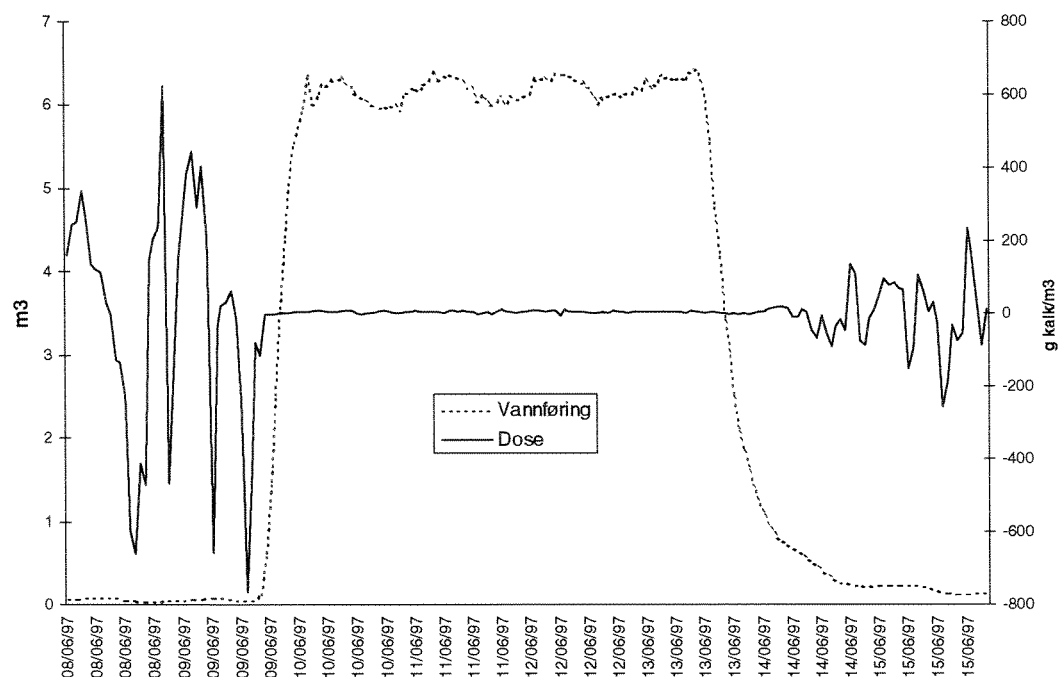


Figur 11. Vannstanden ved dosereren på Vatne viser ikke naturlige vannføringsforhold fordi vassdraget er regulert.

5.2.3 Kalkdose

I perioder er det mulig å se dosen på grunnlag av timesverdier. Dette gjelder når vannstanden er høy. I perioder der alt vann blir holdt tilbake fra elva er det ekstremt lav vannføring forbi dosereren. I disse periodene er ikke veiesystemet nøyaktig nok til å registrere riktig vekt. Dose-verdiene blir da uleselige på kurven (figur 12).

Dosen har vært ca 5 g/m^3 i store deler av registreringsperioden. Fra 10/4 til 28/4 var dosen noe høyere og om høsten fra 30/8 til 19/9 noe lavere. Det var stopp i dosering 1/9-3/9-97.



Figur 12. Vannførings- og kalkdosekurver fra kalkdosereren på Vatne. Når vannføringen øker, øker også utdoseringen av kalk. Da normaliserer verdiene for "timesdose" seg. Legg merke til skalaen for kalkdose. Normalverdier ligger nær 3-5 g kalk/m³

5.3 Bås

Denne dosereren er en liggende doserer med veieceller montert under de tre beina på den ene langsiden av siloen. Hele siloen hviler på seks bein. Dataene som behandles i denne rapporten er samlet inn i perioden 17/6-97 til 20/10-97. Det har ikke vært brudd i datainnsamlingene.

5.3.1 Veieresultater

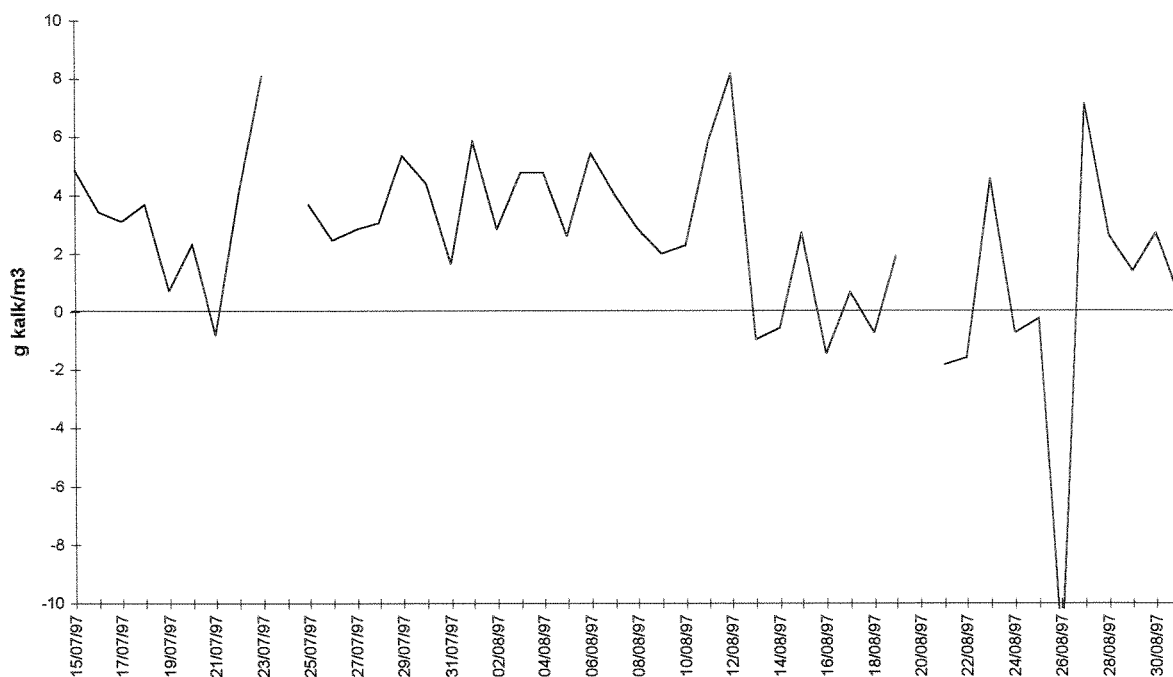
I perioden har det vært påfylling av kalk i siloen 10 ganger. Døgnvariasjonene er som ved Søre Herefoss og Vatne, men variasjonen her er mye større. Det er målt forskjeller på dag og nattvekt på 2,11 tonn den 13/ 8-97. Selve vektavlesingen har hele tiden vært meget stabil. Det vil si at forskjellen på maksimal og minimal-verdi registrert vært minutt gjennom avlesingsintervallet (en time) har vært minimal.

5.3.2 Vannstand

Vannstandskurve foreligger uavbrutt i perioden. Denne viser naturlige døgnvariasjoner ved lav vannføring. Vannstandsvariasjonene på Bås viser et forløp som er normalt for et uregulert vassdrag.

5.3.3 Kalkdose

Doseberegning på 1 times oppløsning gir bare lesbare verdier i perioder med vannføring over ca 7 m³/s. Fra 22/6 til 30/6 har dosen vært 5-8 g/m³ avbrutt av et døgn med stopp den 24/6. Fra 25/6 til midt i juli var dosen vært lavere, ca 4 g/m³. Fra midten av juli til ut august er dosen beregnet på grunnlag av døgnverdier (figur 13). Disse viser at den samme dosen er gitt fram til 11/8. Fra 11/8 og fram til 26/8 er det ikke dosert kalk. Fra denne dato har dosen vært 3-4 g/m³. Det var stopp i doseringen 30/8 og 1/9-97.



Figur 13. Kalkdosen fra kalkdosereren på Bås. Dosen er beregnet på grunnlag av døgnverdier i en periode der doseringen har vært for lav til å gi lesbare verdier på timesbasis. Kurven viser at det ikke har vært dosering 19-21/7 og 13-22/8-97.

5.4 Klepslandsåna

Dosereren her er en liggende doserer som står på 4 punkter. Den er av en noe annen konstruksjon enn de andre liggende dosererene i vassdraget. Byggematerialet er glassfiber, og konstruksjonen bæres oppe uten behov for støttebein. Doserereren hviler likevel på fire punkter ved at det er lagt veieceller på disse punktene. To og to veieceller er koblet til hver sin transmitter slik at hver side av lengde-aksen blir veid for seg.

5.4.1 Veieresultater

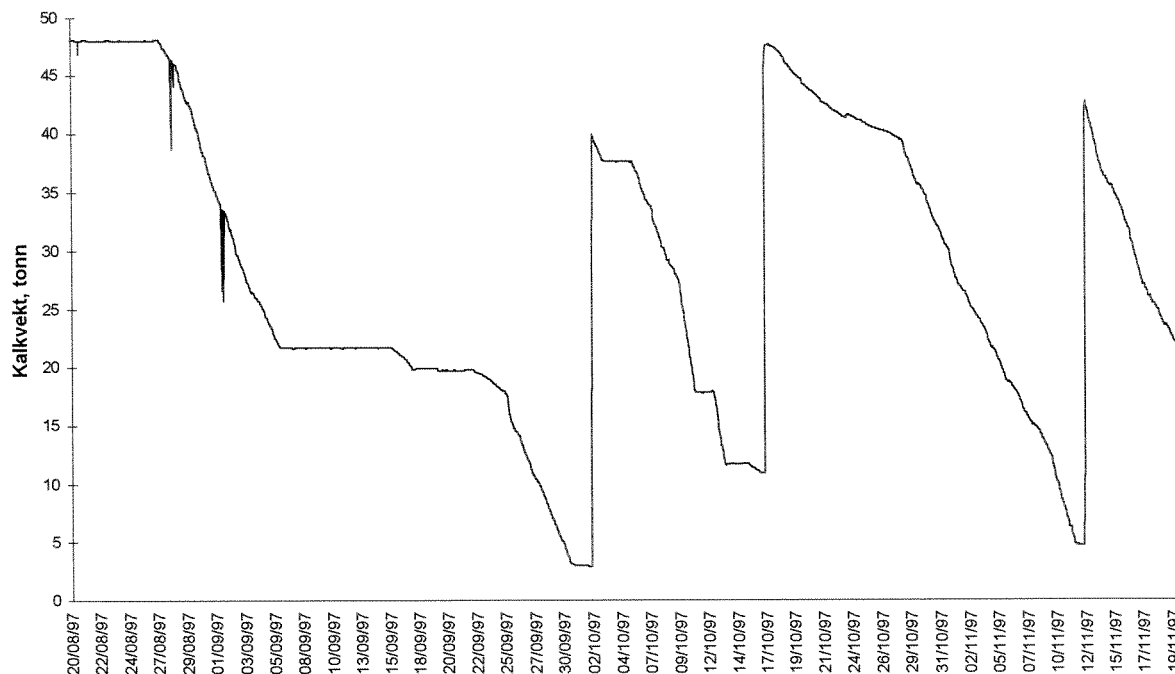
Det er registrert data i en periode fra 25/4-97 til 21/11-97, bare avbrutt i en kort periode på fire dager i august (24/8-28/8). Det er fylt på kalk syv ganger i løpet av forsøksperioden.

Veiesignalene opptrer som stabile signaler. I perioder hvor det ikke har vært dosering på anlegget vises eventuell ustabilitet i veieutstyret godt. I disse periodene kan det bare antydes en liten døgnvandring som følge av temperaturforskjellen dag og natt. Utslagene er på maksimum 70 kg. Imidlertid har det i den første tiden av registreringsperioden vært feil på utstyr som har gjort at det ikke er registrert veiedata fra side 1 på doserereren. Etter at dette ble rettet opp den 2/6-97 har denne veietransmitteren levert meget gode signaler hele tiden. Transmitteren på side 2 har i perioder vært ustabil. Dette skyldes ikke døgnvariasjoner i avlest vekt, men tekniske forhold som ikke er nøyere undersøkt. Det har ikke vært ustabilitet etter 27/8-97.

Ser man på de to sidene separat, har det vært forskjeller på vekttapet. Registreringsdataene etter 27/8 er så stabile at avtaket på de to sidene kan studeres. Forskjellen i vekt fra den ene til den andre siden var

helt oppe i 3,0 tonn midt i en forbruksperiode. Totalt innhold var på dette tidspunktet 25 tonn. Ved en annen anledning var den samme forskjellen 2,4 tonn.

Man kan se ut fra veiedata på denne dosereren at den har hatt lange perioder med stillstand. Disse periodene er 22-27/8, 6-15/9 og 17-22/9. Etter dette har den også hatt fire kortere perioder av ca et døgn varighet uten drift (figur 14).



Figur 14. Veiedata fra dosereren på Klepsland. Stopp i doseringen ses tydelig som horisontale linjer.

5.4.2 Vannstand

Vannstandsdata finnes for hele perioden, men i to perioder i løpet av sommeren har signalene vært av dårlig kvalitet. Signalene har da droppet periodevis ned mot 0. Det er likevel ikke vanskelig å se hva vannstanden har vært.

5.4.3 Kalkdose

Dose-beregninger på grunnlag av 1 times loggedata er i store perioder av så dårlig kvalitet at de ikke kan tolkes. Kurven svinger da med meget store amplituder. Dette gjelder når vannføringen er under 1 m³/s. Vannføringsdata viser at dette er tilfellet store deler av sommeren. Det er likevel mulig å si at dosen har vært økende fra 10-12 g/m³ til 25 g/m³ i løpet av mai. I en måned fra 20/6 har dosen først vært under 10 g/m³ for så å øke til over 40 g/m³. Deretter ble dosen igjen redusert til 15 g/m³ for så å øke igjen til 25-30 g/m³. Siste del av registreringsperioden viser timesverdiene klart at dosen det meste av tiden har vært 10-15 g/m³. Fra 20/10 og en uke varierte dosen fra 15 til 20 g/m³. Ser man i tillegg på akkumulerte døgnverdier (dose/døgn), er bildet komplett. Disse viser at det 14 dager i juni har vært en dosering på ca 60 g/m³.

5.5 Skjeggedal

Dette er en stående doserer av selvbærende type. Den har normalt ingen bein som støtter siloen, men fordi det måtte monteres veieceller på dosereren, har disse punktene blitt bærepunkter som siloens vekt hviler på. Dosereren er laget av glassfiber og polyester. Det er plassert fire veieceller med to transmittere. Hver transmitter behandler signaler fra to veieceller. De to transmitterene betjener veiingen fra hver sin side av siloen. Siloen står åpen for vær og vind.

5.5.1 Veieresultater

Veiesystemene på denne dosereren har ikke fungert tilfredsstillende. Periodevis har det vært gode inngående signaler til loggeren, men ikke i så lange perioder at det er mulig å lage noen oversikt over driftsforløpet.

5.5.2 Vannstand

Vannstandsdata finnes fra 15/7-97 til 4/11-97, avbrutt av en periode fra 23/8-97 til 31/8-97. Dataene er av god kvalitet. De viser en markant døgnvandring i vannstanden gjennom sommersesongen frem til oktober. Dette skyldes høy fordamping om dagen i de lange periodene med meget varmt og tørt vær sommeren 1997.

5.6 Hauglandsfossen i Storelva

Det er innhentet måledata fra kalkdosereren ved Hauglandsfossen på Vegårshei. Dataene er levert av Miljøkalk DA. Dosereren doserer kalk for anadrom sone i Storelva ved Tvedestrand. På denne dosereren er det montert veiesensorer i hull i godset på siloens bærebain. Belastningen på beina bevirker en målbar ettergiving i metallet som oppfattes av sensorene. Sensorene omgjør dette til et spennings-signal som transformeres videre i et avlesingsinstrument.

Dette systemet er 25% rimeligere i anskaffelse enn veiecellene som er montert på Tovdalsdosererene. Teoretisk målenøyaktighet er 2 %, mot 0,1 % av full måleskala for veiecellene.

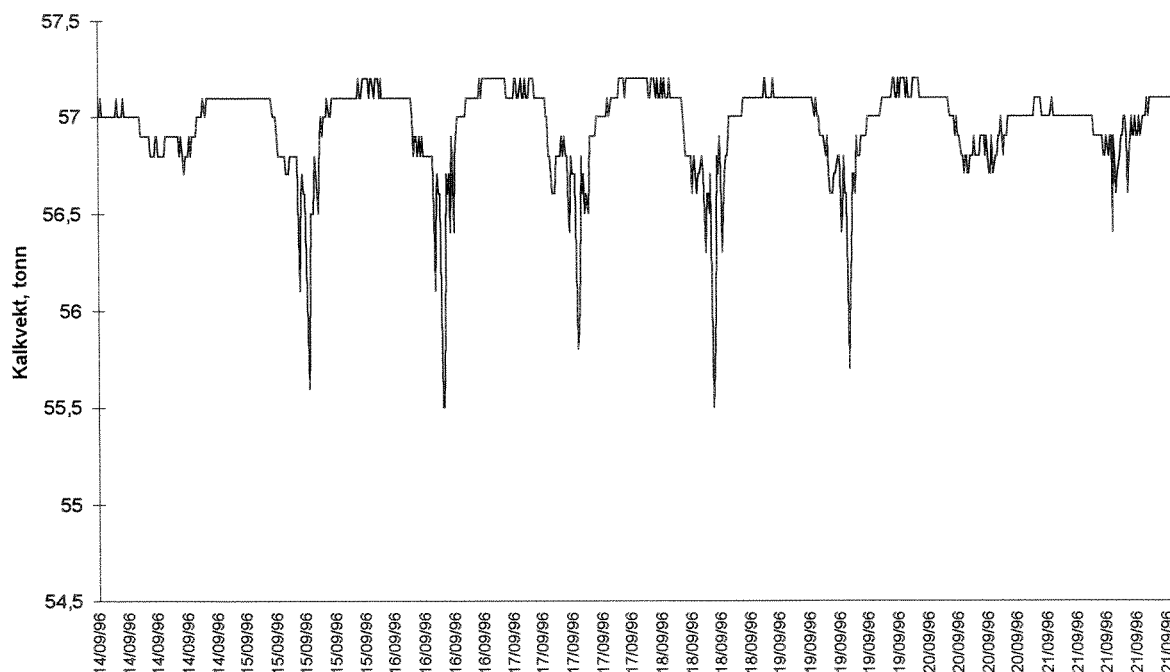
Dosereren har liggende silo, og den veies med sensorer på to av fire bærebain. Veiedata brukes av operatøren til å ha oversikt over silobeholdning. Dosering av kalk beregnes på grunnlag av vannføring og pH oppstrøms dosereren.

Det er plukket ut data fra siste del av juli, september og oktober 1996 for å fange opp perioder med stor, liten eller ingen dosering.

5.6.1 Veiing

Også dette veiesystemet har tilsvarende døgnfluktuasjoner som veieutstyret på Søre Herefoss, Bås og Vatne, figur 15. Denne variasjonen kan være ca 1,5 tonn i en silo som veier rundt 60 tonn. Tallet er framkommet i en periode uten drift av anlegget.

Generelt er dataene fra Hauglandsfoss av bedre kvalitet enn fra de tre anleggene i Tovdal fordi døgnvariasjonen ikke er påfallende under ordinær drift.



Figur 15. Veiedata fra doserer med enklere veiesystem ved Hauglandsfoss i Storelva. Dataene viser en tydelig døgnvariasjon. Dataene er hentet fra Miljøkalk DA.

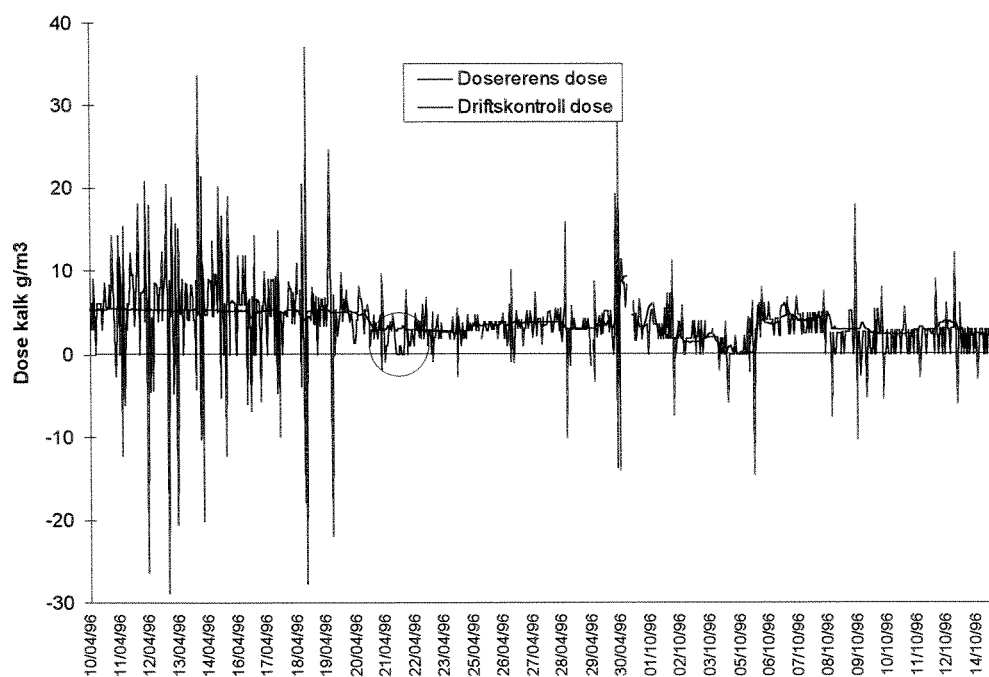
5.6.2 Vannstand

Vannstandsdata er først regnet om til vannføring av leverandøren. Vannføringstabellen er laget av den lokale operatøren på grunnlag av hans beregninger. Dataene er av god teknisk kvalitet.

5.6.3 Kalkdose

Doseberegninger på grunnlag av 1 times oppløsning i bakgrunnsdataene viser store momentane utslag på dosekurven (figur 16) Det er likevel mulig å avlese midlere dosering. Dette skyldes bl.a. at det ikke var spesielt lav vannføring i periodene som er undersøkt. Ved vannføringer ned mot $4 \text{ m}^3/\text{s}$, som oppstod midt i april, ble utslagene store, men det var fortsatt mulig å avlese omtrentlig dose.

Dosererens eget regneverk lagrer også de utregnede doseverdiene. Beregningene er gjort på grunnlag av vannføring og pH-data. Disse verdiene er sammenlignet med doseberegningene på grunnlag av vekt-tapet (figur 16). Kurven viser at det er godt samsvar mellom beregnet og faktisk dosering. Unntaket er midt i april, da dosererens beregnet dosen til $5,2\text{-}5,4 \text{ g}/\text{m}^3$, mens reell verdi var nesten dobbelt så høy, opp mot $10 \text{ g}/\text{m}^3$. Den 22/4 var det stopp i doseringen. Dette vises p.g.a. manglende vekttap, mens dosererens doseverdi er uforandret. Den andre uken i oktober var det gjennomgående lavere dosering enn det som dosererens data viste. Gjennomsnittlig reell verdi var $1,9 \text{ g}/\text{m}^3$, mens dosererdata viste $2,7 \text{ g}/\text{m}^3$.



Figur 16. Kalkdosen fra kalkdosereren på Hauglandsfoss i Storelva. Kurven merket "dosererens dose" er dosen beregnet på grunnlag av vannføring og pH. Kurven merket "driftskontroll dose" og dosen på grunnlag av vekttap og vannføring. Punktet avmerket med ring viser manglende utdosering. Merk at kurven inneholder resultater fra to forskjellige tidsperioder (april og oktober 1996).

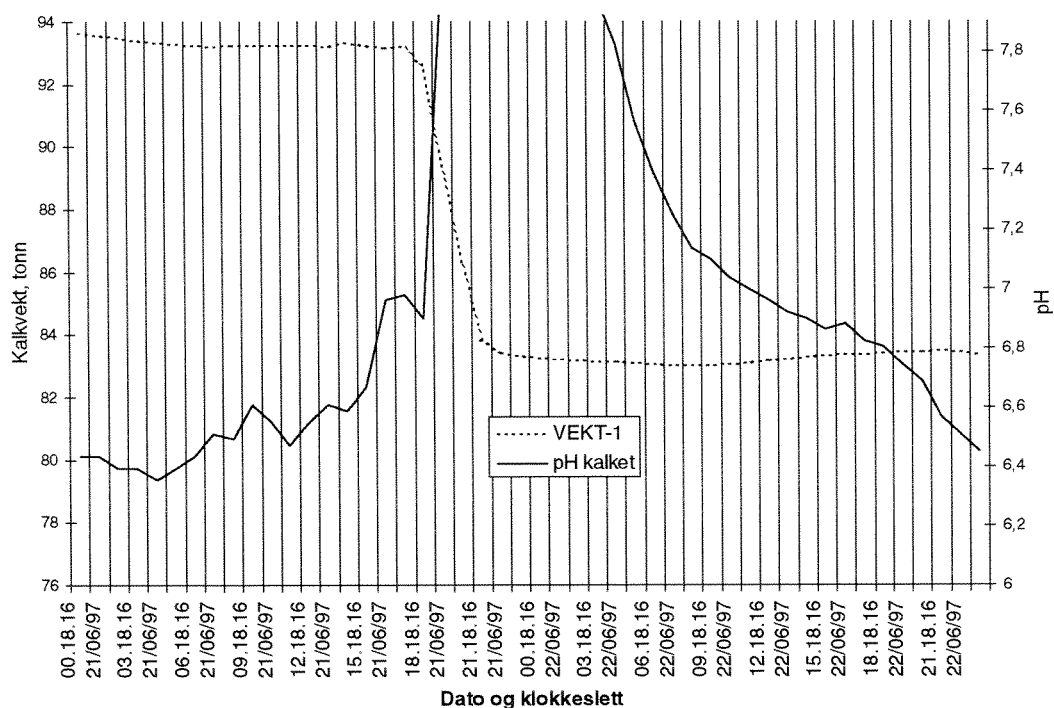
6. pH-kontroll

Som en del av prosjektet ble det etablert en pH-målestasjon nedstrøms dosereren på Søre Herefoss. Ideen var å bruke pH som en kontrollparameter på doseringsanleggets nøyaktighet. Dersom kalkdosen var feil ville dette spores i pH-verdiene nedstrøms dosereren.

Det var meningen at kontinuerlige pH-data skulle leveres via radiosignaler til loggeren på doseringsanlegget. Dette er et sikkert system fordi det er lite påvirket av induerte spenninger som følge av lynnedslag i nærheten av anlegget. Imidlertid var det umulig å erverve konsesjon på drift av slike anlegg i 1997. I følge den ansvarlige myndighet, Post og Teledirektoratet, har det vært en enorm økning i antall konsesjonssøkere. Dette har ført til at de har tatt opp hele systemet til evaluering, noe som igjen førte til at vår søknad fra juni 1997 ikke ble saksbehandlet før innsamlingsperioden var over. (Pr. 24/10-97 har vi tillatelse til midlertidig drift). Foreløpige erfaringer fra Bjelland i Mandalsvassdraget, der et tilsvarende anlegg er satt i drift, viser en meget god driftsikkerhet.

pH-stasjonen ble etablert ca 800 m nedstrøms dosereren. Området mellom kalkdosereren og pH-stasjonen er preget av kraftige stryk og strøme strømmer. Vannet bruker derfor ikke lang tid fra det har passert dosereren til det har nådd pH-stasjonen. pH målt nedstrøms vil derfor egne seg godt som styringsparameter for kalkdosering ved anlegget. Signalet kan brukes til prosessstyring av kalktilsetning på tilsvarende måte som man finner mange steder i prosessindustrien der produktets kvalitet avgjør videre tilsetningsgehalt. Denne feed-back styringen er også brukt i Vikedalselva (Hindar og Henriksen 1992).

Dersom man vil bruke pH-verdiene fra pH nedstrøms kalkdoserer som prosessparameter er det viktig at tilbakemeldingstiden til anlegget ikke blir for lang. På Søre Herefoss har vi en episode som klart viser hvor lang tid vannet tar fra doserer til pH-meter. Den 21/6 var det en uønsket spontan feil på dosereren, som utløste maksimal dosering på lav vannføring. Vannføringen var under 3 m³/s. Likevel tok det mindre enn en time før pH-verdiene økte ved målestasjonen. Dette indikerer at kalkdosering styrt etter pH nedstrøms vil fungere bra på Søre Herefoss (figur 17).



Figur 17. Engringer i pH og silovekt ved tekniske feil på kalkdosereren på Søre Herefoss. Det ble dosert på maksimum i en periode uten doseringsbehov. pH-meteret gikk til fullt utslag mindre enn en time etterpå. Legg merke til skalaene.

6.1 Besparelser ved bruk av pH-nedstrømsstyring.

Dosereren på Søre Herefoss benytter vannføring og pH oppstrøms kalkdoserer som variabel ved utregning av hvor mye kalk som skal doseres til enhver tid. Tidlig i 1997 var pH i Herefossfjorden lav og stabil på ca pH 5,5. Doseren måtte derfor etterdosere med høye doser for å avsyre vannkvaliteten nedstrøms. I denne tiden finnes ikke verdier fra pH nedstrøms fordi utstyret ennå ikke var montert. Utover våren økte pH i Herefossfjorden som følge av kalkdoseringen fra de andre etablerte kalkdoserere lenger oppe i vassdraget. pH stabiliserte seg på verdier rundt pH 6.

Fra 6/6-97 finnes kontinuerlige data fra pH nedstrøms kalkdoserer. Disse dataene viser at pH har vært 6,2-6,3 stort sett i hele sommerhalvåret. Doseren har våren 1997 vært innstilt på å kalke elva opp til pH 5,8. Den 30/5-97 passerte pH oppstrøms denne grensen og doseren stoppet. Den 21/6-97 oppstod problemer på doseren som førte til at den ga maksimal dosering selv om anlegget ikke skulle være i drift. Anlegget ble da stoppet manuelt. Det har siden den datoen ikke vært startet opp igjen fordi pH-verdiene nedstrøms viser at doseren fortsatt ikke behøver å dosere kalk for å holde pH på et akseptabelt nivå (pH 5,8). Dersom ikke pH-data nedstrøms hadde eksistert, ville doseren dosert kalk i flere perioder etter denne dato. Vannføringen sommeren 1997 var imidlertid meget lav og pH har i de aktuelle perioder ligget bare ca 0,1 enheter for lavt. Derfor har innsparingen i denne perioden som følge av at vi benyttet pH-nedstrøms data vært beskjeden. I perioden 06/6-97 til 28/7 er det likevel spart 14 tonn kalk.

I en kort periode høsten 1997 ble doseringsanlegget prøvekjørt. I denne perioden økte pH nedstrøms kalkdosereren med 0,3-0,4 pH-enheter.

7. Kontroll-loggeren

Allerede på et tidlig tidspunkt i prosjektet ble det etablert et tett samarbeid med logger-leverandøren. Bedriften INTAB AB var nettopp igang med utvikling av en ny type loggerer for å møte et stadig mer krevende marked. Denne loggeren ville tilfredsstillende kravet til en driftskontrollogger. Prosjektet ble dermed med i utviklingsprosessen av den nye loggertypen. Vi fikk utlevert den første prototypen på den nye loggeren for uttesting.

Denne situasjonen viste seg å ikke være så god for prosjektet. Mens vi hadde behov for å sikre gode og vedvarende data gjennom innsamlingsperioden, ble det tidlig klart at forsinkelser og driftsbrudd kunne sprengte vår tidsramme totalt. For å sikre data ble det derfor plassert standardloggerer på kalkdosererne. Disse loggerene har ikke regnekapasitet for framvisning av utregnede data ved loggetidspunkt. De kan heller ikke vise historikk uten bruk av pc. Som verktøy for driftsoperatørene på kalkdosererne er de derfor et dårligere verktøy enn spesial-loggeren, men vi fikk samlet inn de nødvendige data.

Standardloggerne ble benyttet hele innsamlingsperioden. Den eneste kalkdosereren som har vært utstyrt med spesiallogger har vært på Søre Herefoss. I tillegg har vi benyttet en logger som tidvis har vært på fabrikken i Sverige og tidvis på dosereren. På denne måten kunne feil og mangler laboratorietestes og utbedres. Spesialloggerer til samtlige doseringsanlegg som var med i prosjektet er siden levert NIVA-Sørlandsavdelingen.

7.1 Plassering og virkemåte

En standard logger ble plassert inne på hvert doseringsanlegg. Det ble montert modem for tilslutning til telenettet. Dersom doseringsanlegget hadde oppringt modemoppkobling i forbindelse med den daglige driften av dosereren måtte driftskontrollen ha en egen telenettforbindelse. Dette fordi det er umulig å ringe til en abonnent der det står to modemer. Det ene modem vil da automatisk ta av røret først slik at den andre aldri får opprettet forbindelse. Dette forholdet var tilfellet på to av anleggene i Tovdal (Søre Herefoss og Bås). På Søre Herefoss ble det derfor etablert et eget telefonabonnement til driftskontrollen. På Bås ble det montert en mobiltelefon. Skjeggaldsdosereren fikk også mobiltelefon-forbindelse. Dette fordi det ikke var lagt inn telefon på denne dosereren. På Klepplandsåna ble doserens telelinje benyttet.

7.2 Spesialloggeren

Spesialloggeren forsynes med strøm via 230 VAC. I prinsippet kan den forsynes av 12 VDC, men strømforbruket er for høyt til normal batteridrift. Dette begrenser bruken til anlegg der det er installert nettstrøm.

Spesialloggeren kan i prinsippet arbeide med det avlesingsintervall man måtte ønske begrenset nedad til 30 sekunder dersom man ønsker å kommunisere med modem. I våre oppsett er loggeren programmert til å lese verdier hvert minutt. Disse verdiene blir midlet og lagret hver time. I tillegg lagres også maksimal- og minimalverdiene.

Lagrede verdier samles i loggerens databank på ca 500 Kbt. Med 1 times lagringsintervall er dette tilstrekkelig til 600 dagers lager. Lagringene gjøres rullerende. Det vil si at når lageret er fullt, slettes første lagring i rekken for å gi plass til siste lagring. Modemforbindelsen ble brukt til å samle nye data

hver dag fra loggerene. Dette sikrer en god bevaring av dataene og har den praktiske betydningen at loggeren aldri må tømmes for å få plass til nye lagringer.

Oppsamlete data fra loggerene gikk inn på en sentral pc som hadde forbindelse med alle loggerene. Denne maskinen stod i forbindelse med nettverk-systemet på NIVA-Sørlandsavdelingen slik at backup av data ble utført via nettverkets datasikringssystem.

Loggeren samlet data fra ledningsevnesensor, veiesensorer, vannstandsensorer og, på Søre Herefoss, pH-sensor og dosesignal. Spesialloggeren har følgende kanaler:

Kanal nr.	Enhet	Parameter
1	pH	pH oppstrøms
2	pH	pH nedstrøms
3	m	Vannstand
4	grader C	Vanntemperatur
5	tonn	Kalkvekt side 1
6	tonn	Kalkvekt side 2
7	mS/m	Ledningsevne
8	g/s	Kalkdosering
9	m ³ /s	Vannføring
10	dam ³ (=1000m ³)	Akkumulert vannmengde
11	tonn	Samlet kalkvekt-reduksjon
12	tonn	Kalkforbruk
13	%	Doseringsfeil
14	g/m ³	Dose fra time til time
15	g/m ³	Beregnet dose fra dosereren
16	g/m ³	Langtids-dose
31	0/1	Ledningsevne ved bruk av enkelt alarm-rele

7.2.1 Gruppering av type kanaler

De 8 første kanalene er analoge inngangskanaler, dvs. at loggeren registrerer utgangssignalene fra sensorene. Disse signalene er i denne sammenheng enten spenningssignaler (volt) eller strømsignaler (ampere). Loggeren regner om rå-dataene til ønsket enhet og verdi. Kanal 9-16 er kanaler som legger ut ferdig utregnete verdier og enheter på grunnlag av verdier fra andre kanaler. Det er en prosessor i loggeren som utfører beregningene. Kanal 31 er en digital inngangskanal som registrerer kontakt eller ikke kontakt f.eks. over et rele.

7.2.2 Forklaring på kanalene

Under er forklart hvordan kanalene som leverer utregnete verdier fungerer.

Kanal 8 tar inn en utregnet verdi fra kalkdoseren som analogt signal. Beregningsgrunnlaget er vannføring og eventuelt pH. Doseren vil hele tiden forsøke å styre sin kalkdosering etter denne verdien.

Kanal 9 er vannføring etter en vannføringstabell som fysisk må legges inn i loggeren. Denne tabellen ble utarbeidet av NVE ved hver doserer i Tovdalsvassdraget. Tabellen har en kolonne med forskjellige vannstander og tilhørende kolonne med målte vannføringer. Loggeren interpolerer verdier med tabellen som utgangspunkt.

Kanal 10 er total vannmengde som har passert forbi doseringsanlegget. Regneverket integrerer verdiene etter som tiden går. Integratoren settes automatisk til 0 hver gang det fylles kalk i siloen. Det passerer så mye vann forbi et doseringsanlegg mellom to kalkfyllinger at enheten er satt til dam^3 (dekakubikkmeter; 1000 m^3) for ikke å operere med for høye tall i grafikken.

Kanal 11 er mengden forbrukt kalk. Ved påfylling av kalk settes denne automatisk til 0. Etter hvert som forbruket av kalk gjør at vekten i siloen minker, akkumuleres totalt kalkforbruk. Utgangspunktet er summen av kanal 5 og 6 (veiecellene). Det settes en minimumsgrense for hvor mye kalk som skal forbrukes før kanalen begynner å regne på verdiene. Denne grensen settes etter skjønn og erfaring av loggeroperatør. Denne grensen kalles "vektterskelen". Dersom vektøkningen er større enn vektterskelen, 0-stilles regneverket. Det er et poeng at vektterskelen settes høyere enn ustabiliteten i avlesingene fra veiecellene. Figur 18 viser tiden verdiene har vært under vektterskelen.

Kanal 12 er mengden forbrukt kalk utregnet med bakgrunn i kanal 8 (det doserereren beregner at den doserer ut). Denne settes også til 0 ved overskridelse av vekt-terskel.

Kanal 13 viser feildosering i %. Like etter en påfylling vil den ikke være aktiv fordi avleste vektreduksjoner over korte tidsintervaller kan gi store avvik i forhold til sann verdi. Utrekningene begynner derfor ved passert vekt-terskel. Utrekningen er basert på verdiene fra kanal 11 og 12

Kanal 14 er dose kalk tilført elva beregnet på grunnlag av vektreduksjonen pr. lagringsintervall (en time) og momentan vannføring. Denne kanalen er meget sensitiv overfor ustabile vektavlesinger, men vil raskt registrere feil dersom det oppstår doseringssvikt i anlegget.

Kanal 15 gir kalkdosen som doseringsanlegget forsøker å gi. Vekten i beregningsgrunnlaget er data fra doseringsanlegget (kanal 8)

Kanal 16 gir kalkdosen over tid. Akkumulert forbrukt kalk dividert på akkumulert vannmengde forbi doseringspunktet siden siste kalkfylling gir et uttrykk for gjennomsnittlig langtidsdose tilført elva. Bergningene utføres når vektreduksjonen har overskredet vektterskelen.

Kanal 31 kan benyttes til å registrere for lavt kalkinnhold i blandekaret i de tilfeller det bare er en enkel ledningsevne måler med releutgang.

7.2.3 Alarm

Alarmer kan gis fra fire kanaler, og det kan velges fritt fra alle 17 kanaler. Grenseverdiene for alarm settes av loggeroperatøren. Alarm gis som en nummerkode som identifiserer hvilken logger som gir alarm og hvilken kanal som har aktiv alarm. Kvittering av alarm gjøres enten ved fysisk tasting på loggerens tastatur eller fra databasestasjon via telenettet. Dersom alarmer ikke kvitteres, vil anlegget gi duplikatmeldinger ved hvert lagringstidspunkt (hver time).

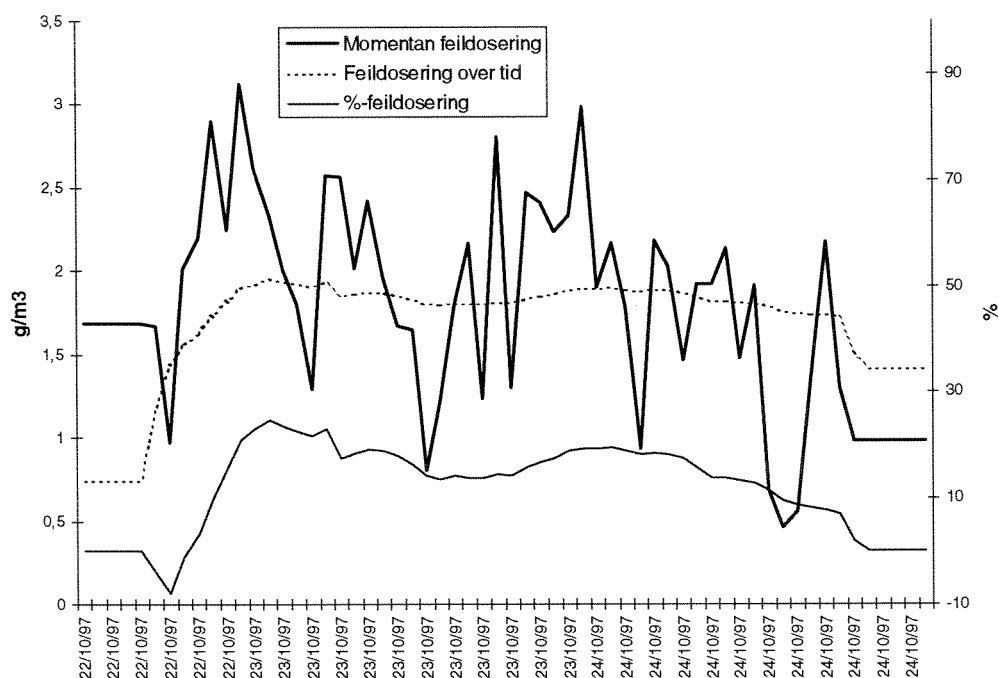
Denne type alarmgiver egner seg godt til bruk mot personsøkertjenesten. Også annet utstyr med muligheter for nummerbeskjeder vil egne seg.

Alle tilpassinger, vannføringstabeller, kanaloppsett og andre "software" inngrep i loggerens arbeid kan utføres fra sentral databasestasjon.

7.2.4 Spesialloggeren i drift

Dosereren på Søre Herefoss ble satt i drift i en periode i september 1997 for å teste spesialloggeren etter at den var ferdig utviklet. Alle kanaler på loggeren var da i drift, og fordi det var forbruk av kalk i doseringsanlegget fikk vi også verdier ut på de kanalene som er avhengige av vekttap i siloen for å gi registreringer. Doseverdiene fra kanal 14 til 16 over en periode mellom to kalkfyllinger er vist på figur 18. Det er tydelig hvordan korttidsdosen på kanal 14 (momentan feildosering i figuren) viser store svingninger som følge av veiusikkerheten og at kanalen forholder seg til momentan-verdier i loggeøyeblikket, ikke avleste middelverdier. Langtidsdosen har et mye roligere forløp.

Så lenge doseringen ikke har nådd vektterskelen vil dosen fremkomme som en rett strek. Dette er siste verdi før fylling av silo. Den holdes for at det ikke skal oppstå en eventuell alarm for feildosering. Doseringfeilen varierer med 10-20% i overdosering.



Figur 18. Spesial-loggerens analyse av doseringen. Figuren viser forløp mellom to kalkfyllinger på Søre Herefoss. Det har vært overdosert kalk på anlegget. Legg merke til at kurvene begynner og slutter med rette streker. Dette er den første tiden etter to påfyllinger av kalk i siloen. Verdiene er for usikre til å regnes på. Det blir derfor ikke gjort beregninger av dose i denne tiden. Verdiene ligger under vektterskelen.

8. Diskusjon

8.1 Data-innsamlingsutstyret

Alle mangler og uklare forhold ved virkemåten til spesialloggeren ble tatt opp fortløpende med leverandør. De er rettet opp og testet ut på nytt. Den loggertypen vi sitter igjen med i dag er derfor blitt et meget godt redskap til bruk for den oppgaven loggeren skal utføre. Dette gjelder loggeprosedyrer, avlesings- og presentasjonsmuligheter, overføring og telekommunikasjon, alarmfunksjoner og driftsikkerhet. Særlig vil kanalen for registrering av kronisk feildosering være viktig i arbeidet med økonomisering av kalkforbruket ved dosererene. En begrensning er at loggeren trekker så mye strøm at det i praksis er vanskelig å drive enheten på anlegg der det ikke er etablert nettstrøm.

8.2 Sensorene

8.2.1 Ledningsevne

Ledningsevne målere er i utgangspunktet enkle instrumenter å holde i drift. Det har da heller ikke vært problemer forbundet med driften av disse, og denne delen av driftskontrollen har vært svært vellykket. Også en av dosererleverandørene har i kjølvannet av dette prosjektet benyttet ledningsevnen for å bedre driften av anleggene. Alarm som settes på grunnlag av lav ledningsevne må kun aktiveres ved en ledningsevne i nærheten av det som rent vann gir. På den måten unngås falske alarmer ved f.eks. pulsdosering.

8.2.2 Vannstand

Vannstandsmålerne var av lydrefleksjonstypen, og de ble montert over vann. Dette er en metode som også tidligere er benyttet i doseringsanlegg. Fordelen med denne monteringen er at utstyret er mer motstandsdyktig mot lynnedslag og at det ikke oppstår uønskede elektriske potensialnivåer i det elektroniske systemet. Meteret er fullstendig isolert mot vann, som i disse tilfeller må oppfattes som ledende. Det har da heller ikke vært vesentlige problemer med driften av disse målerne.

Likevel er det levert ubrukelige data som skyldes feil på måleutstyret. Særlig på Søre Herefoss var det store problemer med en sensor. Den ble byttet ut etter at den var delvis skyld i at dosereren "gikk amok" og doserte alt for mye den 21/6-97. Også på Klepplandsåna har vannstandsmåleren vist gale verdier periodevis. Dette hadde sannsynligvis sin årsak i at registreringsutstyret ikke var riktig jordet. Ved omkobling av jordingsforbindelser opphørte forholdet.

Det oppsto lett feil i avleste verdier i de tilfeller sensoren var plassert i inntaksbrønnen for vann til dosereren. Det skjer fordi det ikke er frie baner for vannbevegelse inn til brønnen. Anlegget kan synes i orden ved levering, men gjennom en tids drift vil motstanden i tilførselsrør o.s.v. bli større som følge av tilgroing. Da minker innstrømningshastigheten, og måledataene vil vise for lave verdier. Dette har vært tilfellet ved Søre Herefoss i en lang periode sommeren 1997. Det må derfor oppfattes som et svakt punkt ved kalkdosering at vannstandsmålere blir plassert på denne måten.

Den største usikkerheten er imidlertid vannføringstabellene, som i de fleste tilfeller ble levert av NVE. Det oppgis at verdiene er usikre ved minimumsverdier og ved flom. NVE's øvre grenseverdier ved dosererne i Tovdalsvassdraget var:

Kleplandsåna	10 m ³ /s
Vatnedalsåna	10 m ³ /s
Skjeggedal	20 m ³ /s
Bås	80 m ³ /s
Søre Herefoss	100 m ³ /s

Det vil derfor være forbundet med stor usikkerhet å finne riktig doseringsmengde ved flomsituasjoner når vannføringen er større enn dette. NVE opplyser at tabellene ikke er fullstendige før de har målt vannføringen i flomsituasjoner.

Ved Skjeggedaldosereren har NVE utført sine målinger på et annet sted enn der vannstandsensoren står. Dette resulterer i merarbeid fordi vannstander ved NVE's målestav må relateres til vannstander i inntaksbrønnen der vannstandsensoren er plassert.

Ved Kleplandsåna må man også sette det et spørsmålstegn ved de vannføringsmålingene som eksisterer i dag. Operatøren hevder at det ikke er samsvar mellom reell og beregnet vannføring. Dette underbygges også av at det er målt lav vannføring i hele registreringsperioden og at utregnet kalkdose har vært unormalt høy.

Fordelen med driftskontroll er at alle slike forhold oppdages relativt raskt, og at de dermed kan utbedres uten at det får store økologiske og økonomiske konsekvenser.

8.2.3 Veieutstyr

Data fra de fem kalkdosererne i Tovdal og det ene i Storelva gir et godt bilde av hvilke faktorer som påvirker kvaliteten på veieresultatene.

Ved å veie silosidene separat har vi sett hvordan vekttapet fordeler seg tilfeldig i siloene over tid. Det er forskjeller i kalkavtak mellom to sider i siloen på alle typer kalksilo. Den store liggende siloen på Søre Herefoss, som kan romme 120 tonn kalk, er den siloen der forskjellene er minst. Den liggende siloen på Klepland og den stående siloen på Vatne har størst forskjeller. Forskjellene utgjør 3,6-16% av kalkinnholdet.

En forutsetning for å kunne bruke veiing som del av driftskontrollen er at veiecellene holder de oppgitte spesifikasjoner. Alle veieceller hadde en teoretisk målenøyaktighet på 0,1 % av full måleskala. Teoretisk skulle derfor dosereren på f.eks Søre Herefoss ha en målenøyaktighet på 120 kg. Dette kan, i følge leverandøren, økes noe i praktisk bruk. Veiedata fra Søre Herefoss, Bås og Vatne viser imidlertid at det er store døgnvariasjoner i avleste data. Disse svingningene er så betydelige at de gjør utstyret dårligere egnet til formålet enn bruk av enklere veiesystemer der målenøyaktigheten er 2%.

På nevnte doserere i Tovdal er det stor forskjell på døgnvariasjoner i veiedata om sommeren (stor døgnvariasjon) og høsten (liten døgnvariasjon). Det er derfor mistanke om at temperaturen virker inn og påvirker den faktiske målenøyaktigheten. Ved konstant vekt på Søre Herefoss dosereren, og med ca. 80 tonn kalk i siloen, var målenøyaktigheten om sommeren 1,1% av full måleskala. På Bås var den 1,8% ved samme silovekt. Dette er overraskende stor unøyaktighet.

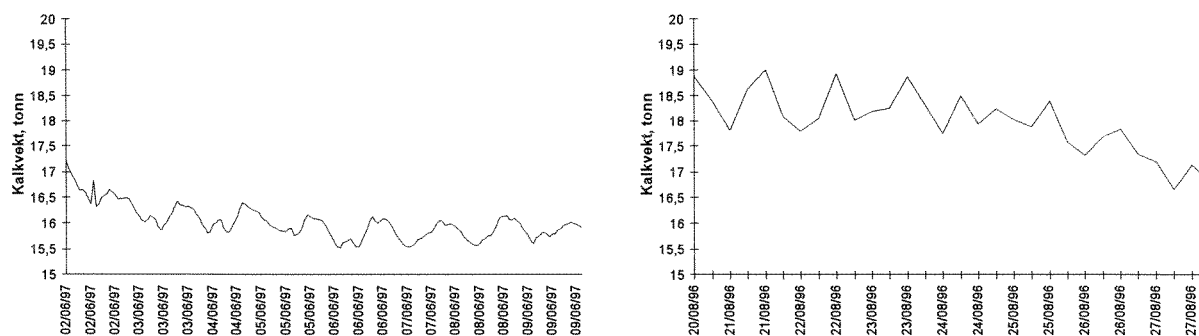
Veiecellene består av et sett med mange strekkklapper som er montert i veieenheten. Signalene fra disse strekkklappene er meget høy-ohmige mV-signaler. Motstanden i strekkklappene varierer med temperaturpåvirkningen på strekkklappene. Derfor er veiecellene bygd opp på en spesiell måte for å dempe disse effektene. Tekniske spesifikasjoner på veieceller av typen Hottinger Baldwin - C2/20t viser at samlet temperatureffekt for nullpunkt og hysteresis skal være lavere enn 0,07% pr. 10 grader Kelvin. Dersom man regner at forskjellen på dag-og nattemperatur er 10 grader, vil den avleste vektvandringen da ikke utgjøre mer enn 84 kg på Søre Herefoss dosereren, mens faktiske vandringer er helt oppe i 1350 kg.

Veiecelleleverandør antyder at konstruksjonsmessige forhold på siloen kan være årsak til disse uoverensstemmelsene. Alle de tre siloene med store vektvandringer er laget av stål. Stålet utvider seg ved oppvarming, og dette kan føre til at uønskede krefter virker inn på veiecellene. Dersom dette er tilfellet, blir det antydning tiltak som innebærer kartlegging av materialbevegelser og eventuelle utbedringer med støttestag og lignende. Leverandøren understreker at dette bare er en teori og at årsaken kan ligge i noe annet. Vi kan bare konstatere at vektverdiene ikke er av den kvaliteten de skulle være, men de er likevel akseptable ved de fleste vannføringer.

Veiecellene på Klepslandsåna fungerer slik de skal. Her er praktisk målenøyaktighet bedre enn 0.14%. Veiecellene på denne dosereren er utsatt for vær og vind fordi siloen ikke er innbygd. Sett med bakgrunn i dette forhold er resultatene herfra overaskende bra. Ved denne nøyaktigheten er det mulig å få fram gode doseberegninger med vannføringer helt ned i 1 m³/s beregnet med 1 times verdier. Siden denne dosereren er laget av glassfiber som reagerer annerledes på temperatursvingninger, er det mulig at nettopp dette er årsaken til at denne dosereren veies så mye bedre enn stålsiloene.

På Søre Herefoss ble kalksiloen bygd inn i løpet av registreringsperioden. Eventuelle effekter av denne forandringen er umulig å se. Kalkavtaket var så stort at eventuelle døgnvariasjoner ikke blir lesbare, men det kan skyldes at i hele perioden før innbygging var det stor utdosering på anlegget.

På Vatne ble nedre del av siloen bygd inn senhøstes 1996. Det finnes veiedata fra før denne tid. Oppløsingstiden på lagrete data var da fire ganger i døgnet. Dette gir noe dårligere datagrunnlag. Likevel viser sammenligninger av data før og etter innbygging en klar effekt av at veiecellene blir stående innendørs. Døgnvariasjonene var nesten dobbelt så store før dosereren ble bygget inn (figur 19).



Figur 19. Veiedata fra før og etter innbygging av nedre del av doserer på Vatne. Denne innbyggingen forårsaket at veiecellene ble stående innendørs, men evt. påvirkninger på selve siloen ble ikke forandret fordi denne ble stående utendørs også etter innbyggingen. Figuren viser at det er større døgnvandringer før innbygging enn etter.

På Klepslandsåna-dosereren finnes det ikke tilstrekkelige veiedata til å foreta beregninger over dosererens drift. Det har vært store driftsproblemer med veiestyret som følge av ødeleggelse i tordenvær. Anlegget blir lett slått ut av lyn. Ansvarlig elektriker på anlegget antyder at en mulig årsak til de mange stoppene skyldes den lange avstanden til nærmeste transformator på strømmettet. Dette er et svakt punkt når det er tordenvær i området. Det har også vist seg at service har tatt lang tid. Når utstyret har vært til reparasjon, har det tatt uforholdsmessig lang tid å få utstyret tilbake på plass.

8.2.4 Kalkdose

Doseberegninger på grunnlag av veiedata og vannføring gir den faktiske kalkdosen som er tilført elva. Tidsintervallet man benytter ved beregning av kalkdosen avgjør hvor nøyaktig verdiene angis. Ved bruk av timesverdier vil doseberegningene bli unøyaktige p.g.a. variasjonen i vektavlesing. Vanligvis vil man kunne avlese gjennomsnittlig kalkdose på diagrammer som i figur 7, men dersom det er lav vannføring, vil kalkavtaket være lite. Da vil det være stor usikkerhet i avleste timesverdier, men ved å øke tidsintervallet mellom doseberegningene bedres nøyaktigheten. Det er derfor også viktig å utføre doseberegninger med grunnlag i langtidsoppløsning på dataene, slik det blir gjort i spesialloggerens kanal 16 (langtidsdose).

8.2.5 pH

Tre forhold ble klarlagt ved pH-målingene nedstrøms kalkdosereren på Søre Herefoss.

- pH øker i elveløpet umiddelbart nedstrøms kalkdosereren selv om doserereren er ute av drift i lange perioder. Det skyldes langtidsoppløsning av kalksteinsmel fra bunnen, slik det er funnet andre steder (Hindar 1987; Hindar og Henriksen 1992). Ved styring etter pH nedstrøms kan det tas hensyn til dette i beregningen av kalkdose.
- Det er en momentan pH-reaksjon på ukontrollert utdosering av kalk.
- Under normal drift på kalkdosereren vil responsen være øket og stabil pH nedstrøms doseringsanlegget.

På bakgrunn av nevnte forhold vil pH nedstrømsmåling derfor egne seg godt som styringsparameter for utdosering av kalk. Selv med de sparsomme data vi sitter inne med (dosereren på Søre Herefoss har nesten ikke vært i drift pga redusert vannkvalitetsmål i vassdraget i perioden) er det klart at pH nedstrømsstyring kan gi en betydelig økonomisk gevinst.

9. Anbefaling

Det anbefales at driftskontroll av kalkdoseringsanlegg monteres på alle store anlegg. Bakgrunnen for dette er muligheten for optimal kalking både økologisk og økonomisk. Kontinuerlig drift og potensielt store besparelser i kalkforbruket kan sikres.

I vassdrag der det er viktig å opprettholde en stabil og nøyaktig pH-verdi anbefales opprettet en pH-målestasjon nedstrøms kalkdoseringsanlegget med forbindelse til driftskontrollen. Det vil være besparende å involvere dette signalet også som styringsparameter på kalkdoseringsanlegget.

Veieutstyret er et viktig element i driftskontrollen. Det anbefales at kalkdoserere som skal kontrolleres er utstyrt med vektsensorer på alle bein (støttepunkter). Veieutstyret må være montert på en slik måte at temperatureffekter reduseres mest mulig. Praktisk målenøyaktighet på 0,1-0,5 % av full måleskala og beregnet for maksimum 15% overbelastning vil egne seg meget godt til formålet.

For å få mest mulig nytte av driftskontrollen må øvrige svake punkter ved kalkdosering, f.eks. vannstandsmåling og vannføringsberegning, reduseres eller elimineres.

10. 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. and Henriksen, A. 1992. Acidification trends, liming strategy and effects of liming for Vikedalselva, a Norwegian salmon river. *Vatten* 48: 54-58.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3824-98

ISBN 82-577-3402-0