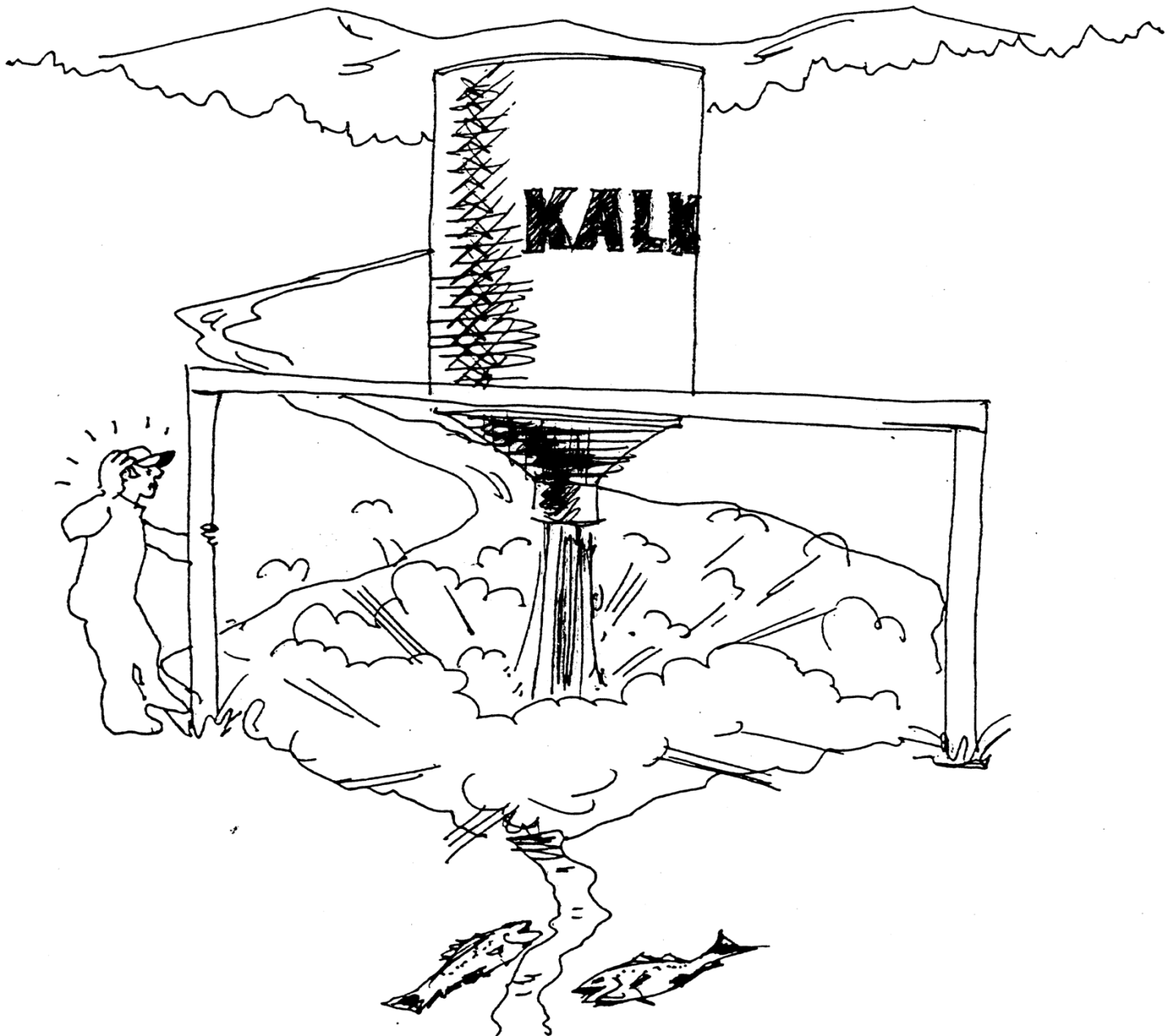


Driftskontroll av
kalkdoseringsanlegg i
Arendalsvassdraget
Avviksrapport 2008



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

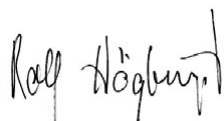
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2008	Løpenr. (for bestilling) 5786-2009	Dato Mars 2008
	Prosjektnr. Udemnr. O-29032	Sider Pris 18
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA


Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2008) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Driftssikkerheten var normal god på anlegget. Imidlertid oppsto langvarig stopp en gang grunnet langvarig strømstans. Dette førte sannsynligvis til skader på laksebestanden i elva. Den automatiske pH-styringen fungerte ikke tilfredsstillende. Dette medførte flere episoder med periodevis noe lav pH i forhold til gjeldende mål. Det er utarbeidet en vannføring-vannhastighetstabell til bruk for optimalisering av pH-styringen. Det er også utarbeidet en doseringstabell til bruk ved krisedosering og forslag til plassering av nytt doseringspunkt.</p>
--

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



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Arendalsvassdraget**

Avviksrapport 2008

Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte ikke produserer riktig kalkdose til vassdraget.

Anleggene er kostnadskrevende både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er så optimal som mulig. Ideelt innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig.

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

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anlegget og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell i kalkingsprosjektet, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget etablert. En kontraktsfestet avtale om driftskontroll innebærer gjennomgang av driftsdata flere ganger i uken samt dokumentasjon av driften ved en kortfattet avviksrapport hvert år. Avtalen innebærer også ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som måler pH til prosessering av kalkdoser fra anlegget.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Liv Bente Skancke, Lise Tveiten, Jarle Håvardstun, Øyvind Kaste og Rolf Høgberget.

Prosjektet er støttet av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Aust-Agder, og oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Styringsgruppa for kalking av Arendalsdalsvassdraget, bestående av alle involverte kommuner i Arendalsdalsvassdraget.

Grimstad, 9. mars 2009

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Driften av anlegget	8
3. Tiltak	13
3.1 pH-målinger oppstrøms anlegget	13
3.2 pH-styring	13
3.3 Krisedosering ved stopp på doseringsanlegget	15
3.3.1 Materiell	15
3.3.2 Rutine	16
4. Referanser	18

Sammendrag

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg ble satt i drift høsten 2005 og driftskontrollen ved anlegget etablert i mai 2006. Hensikten med etableringen var å skape stabil og god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av Nidelva (Arendalsvassdraget).

Det var gjennomgående god driftssikkerhet på anlegget i 2008. Imidlertid var det problemer med tilbakeslag av kalkslurry til inntaksbrønnen ved flere anledninger. Dette påvirker utdoseringen av kalk til elva. Det må gjøres tiltak slik at ikke disse forholdene oppstår.

Ved en anledning oppsto langvarig strømstans på anlegget. Da ble pH så lav i så lang tid at det sannsynligvis har gitt skadelige effekter på laksebestanden i elva.

Det var totalt sett for mange tilfeller hvor pH var under målet. En del av årsaken til dette var at den automatiske styringen av kalkdoseringen var dårlig justert. Dette medførte perioder med pH under målet ved flere anledninger da det var marginal dosering i forhold til pH-målet i lakseførende strekning av elva. Ustabilitet oppsto også ved raske vannføringsforandringer.

Misforholdet mellom tilbakemeldingstid og reaksjonstid i styringsautomatikken fører til svingninger i doseringen. Det foreslås tiltak for å bedre innjusteringen ved aktivt å benytte sammenhengen mellom vannhastighet og vannføring. En slik tabell er utarbeidet og publisert i denne rapporten.

pH var ofte om våren høyere ved Rygene (automatisk pH-overvåkingsstasjon i målområdet for kalkingen) enn ved Evenstad (pH nedstrøms anlegget). Dette kan ha sammenheng med oppløselighet av kalk og vannhastigheten.

Siden vannkvaliteten oppstrøms Bøylefoss-anlegget nesten alltid vil være for dårlig for laks, og doseringsanlegget er det eneste anlegget som betjener oppkalking av elva, er det meget viktig å ha en operativ kriseplan ved langvarig pumpestopp. Det foreslås opprettet et tilkoblingspunkt for direkte dosering til elva fra tankbil. Doseringen skal da følge en tidsplan i forhold til målt vannstand. Denne tabellen er utarbeidet og publisert i rapporten, det er også beskrivelse av doseringspunkt og hvor målestav for vannstand er plassert på kraftstasjonen.

1. Innledning

Driftskontrollsystemet

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

Kalkdoseringsanleggene styrer i hovedsak doseringen etter to forskjellige prinsipper:

- **Vannføringsstyring:** Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal avsyres og ønsket vannkvalitet fra en kalk-pH-titreringskurve. Doseringen er proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne dose målet med den faktiske dosen gitt av driftskontrollen, får man et mål på effektiviteten til anlegget.
- **pH-styring:** pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget er koblet til doseringen av kalk slik at disse overstyrer signalene fra vannføringsstyringen. Ved å sammenligne det fastsatte pH-målet for den aktuelle strekning i elva med de faktisk målte pH-verdier nedstrøms anlegget vises effektiviteten til anlegget.

Kalkingsstrategien i vassdraget

De to store innsjøene Nisser og Fyresvatn ble kalket vinteren 1996/1997 og høsten 1997 med hhv. 10000 og 8000 tonn kalk. Samtidig ble vannkvaliteten i Nesvatn bygget opp med tiltak oppstrøms denne innsjøen. Høsten 2005 ble disse tiltakene supplert med kalkdoserer ved Bøylefoss i Froland kommune. Målet med denne dosereren er å sikre stabil god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av elva.

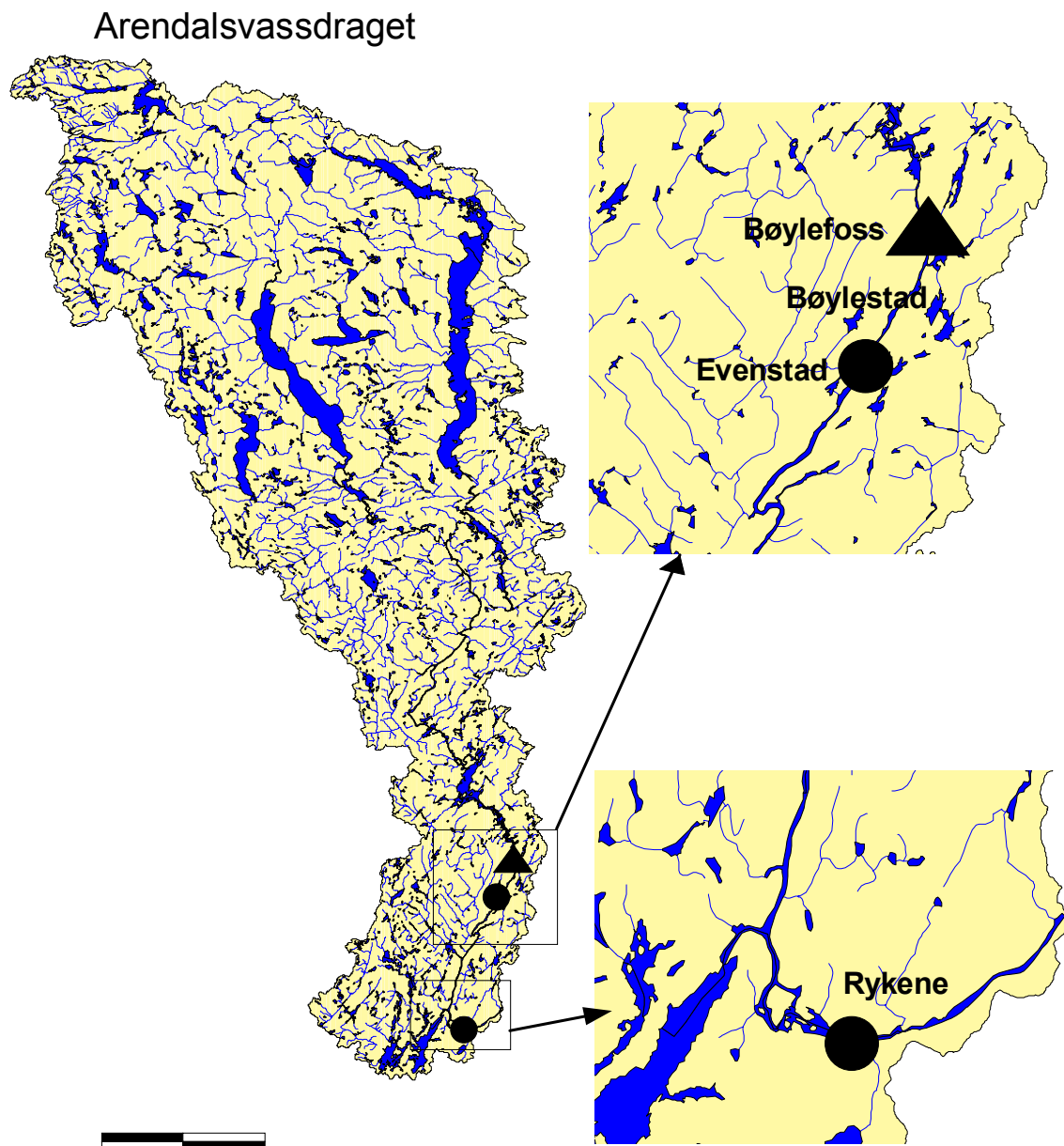
Bøylefossanlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Målestasjonen for pH nedstrøms anlegget er plassert på Evenstad, se **Figur 1**. Målet med kalkingen er at pH ved Rygene (ca. 25 km nedenfor Bøylefoss) skal være over 6,2 i perioden 15. februar – 31. mai, og over 6,0 ellers i året. For å kompensere for tilførsler av surt vann mellom Bøylefoss og Rygene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn dette. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

Rapporteringen

Det følgende er en gjennomgang av driften ved anlegget i 2008. Det er tidligere utgitt to driftskontroll-rapporter om kalkingsaktiviteten i elva:

- 4. mai - 31. desember 2006 (Høgberget og Håvardstun 2008)
- 1. januar - 31. desember 2007 (Kaste, Håvardstun og Høgberget 2008)

Denne rapporten omhandler perioden 1. januar 2008 - 31. desember 2008.



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

2. Driften av anlegget

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter vannføring og pH på vannet både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Kalkdoseringsanlegget kan således styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles 6 km nedenfor kalkdoseringsanlegget, der en målestasjon på Evenstad sender sine data kontinuerlig opp til anlegget. Anlegget doserer kalk slik at pH øker til et fastsatt pH-krav som står i forhold til pH-målene for lakseførende strekning. Oppvandringshinder for laks er kraftverksdammen på Evenstad kraftstasjon like nedenfor pH-målingsstasjonen.

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styrer etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målet for hele den lakseførende strekningen. Dette kravet er vanligvis noe høyere enn pH-målet fordi man ønsker å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

Det ble ikke registrert avbrudd i driftskontroll-loggen i 2008.

Signaler for vannstand og kalkbeholdning forsvant ved to anledninger. Dette var 5. januar og 21. mars. Dette utgjorde til sammen i 2,5 dager. En forandring i vannstandssignalet ble registrert fra 19. desember og ut året. Da ble signalet litt ustabil uten at dette påvirket driftskontrollens doseberegninger.

Det var svikt i pH-målingene oppstrøms anlegget i mer enn 8 timer ved 6 tilfeller i løpet av året. Til sammen utgjorde dette ca 6 dager uten reelle målinger. Datoer og årsak til tilfellene er gjengitt i **Tabell 1**. Målingene ble også jevnlig forstyrret av tilbakeslag av kalk til inntaksbrønnen ved svikt i vannpumpa. Dette medførte meget høye pH-verdier, se **Figur 2**.

Ved stasjonen nedstrøms anlegget (Evenstad) ble det ikke registrert svikt i pH-målingene.

Tabell 1. Mangelfulle pH-målinger som følge av teknisk svikt i 2008. Ved de fleste tilfellene var årsaken svikt i vanngjennomstrømmingen av målekyvetta.

Dato	Dager uten reele pH-målinger	Kommentar
05.01.2008	1	pH-signaler uteble
07.01.2008	0,5	Ingen vanngjennomstrømming
03.02.2008	0,7	Ingen vanngjennomstrømming
21.03.2008	1,5	pH-signaler uteble
12.05.2008	0,5	Ingen vanngjennomstrømming
30.09.2008	2	Ingen vanngjennomstrømming

Det ble registrert en del tilfeller med målinger under ønsket pH-mål i lakseførende strekning av elva. Til sammen utgjorde dette 47 døgn med for lav pH. I de fleste tilfellene var pH bare marginalt underskredet. Mange av tilfellene skyldtes ustabil pH-styring. Doserings-signalet fulgte da en sinuskurve som medførte tilsvarende pH-utvikling. Dersom kalkingen var marginal, medførte dette periodevis for lav pH. Eksempel på svingninger i doseringen er vist i **Figur 3**.

Ved noen tilfeller ble det store utslag fra pH-målet, se **Tabell 2**. Ved to anledninger var årsaken for sen leveranse av kalk slik at anlegget gikk tomt før ny beholdning ble tilkjørt. Dette var tilfellet 18. og 27. januar. (18. januar er ikke listet i **Tabell 2** fordi effekten var kortvarig). Ved et tilfelle (21. mars) ble det målt alt for lav pH i lang tid. Da var pH 5,4 i nesten to døgn. Dette har sannsynligvis gitt

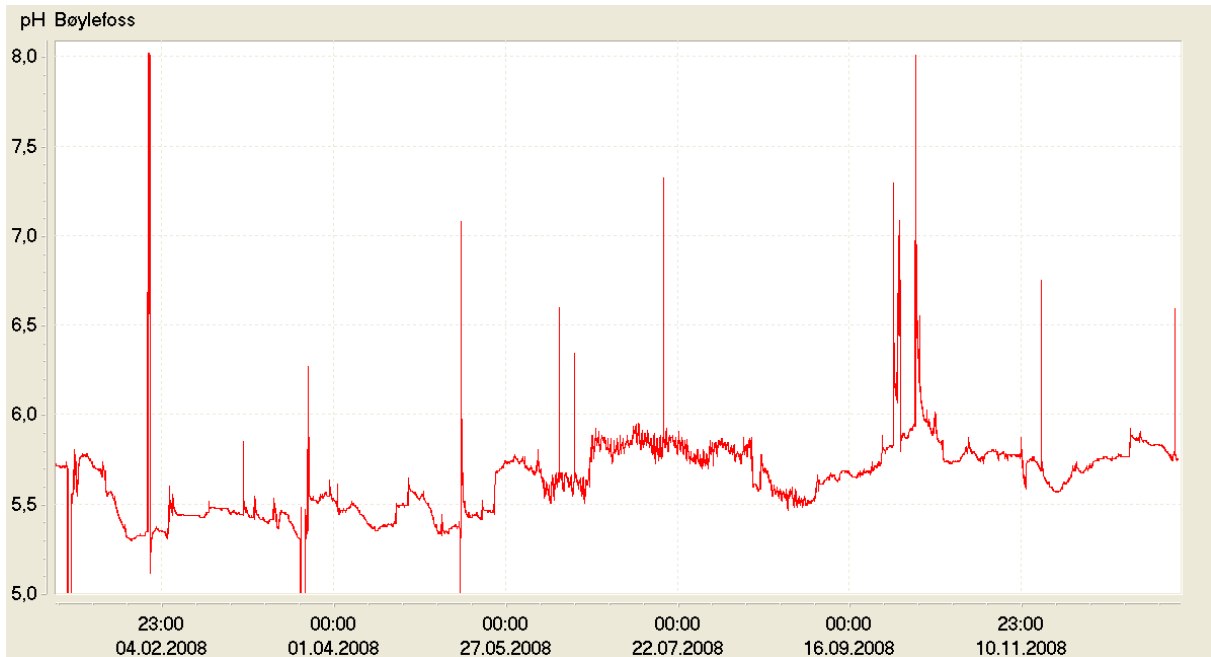
skadelige effekter på laksebestanden i elva (Kroglund og Rosseland 2004). Situasjonene er gjengitt i **Figur 4**. Årsaken var strømstans ved anlegget.

I forbindelse med en pumpesvikt på anlegget 12. mai ble det organisert forberedelser til direkte dosering i elva. Imidlertid ble feilen fort rettet og lav pH ble målt kun kortvarig ved Evenstad.

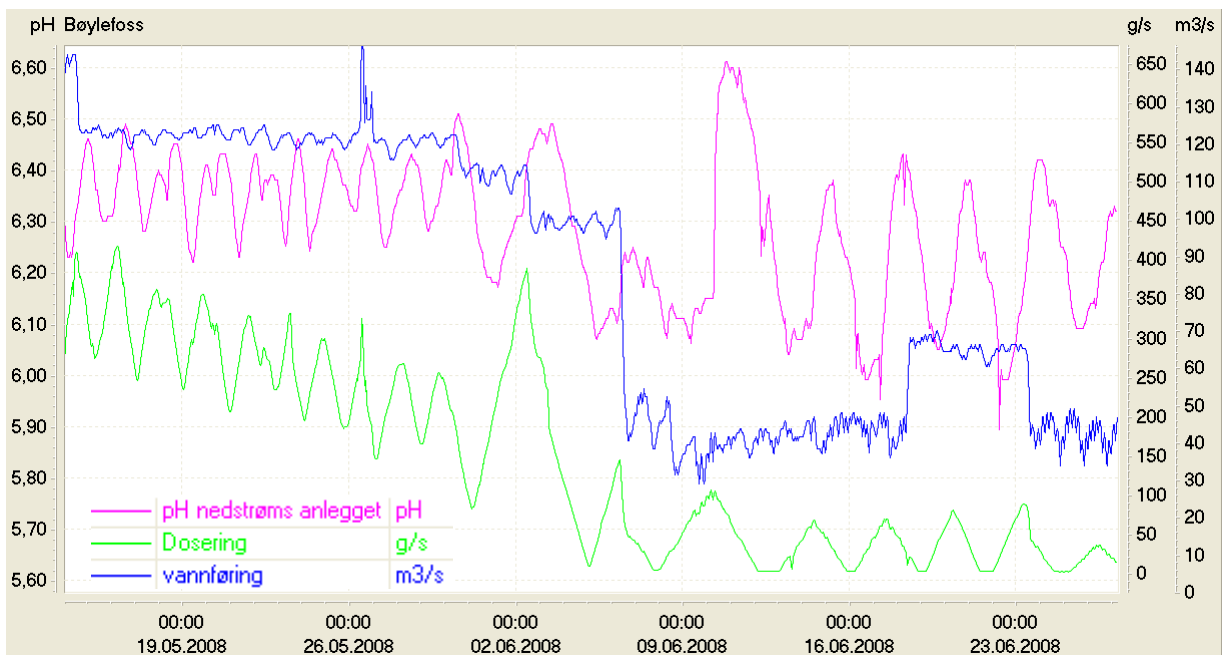
Målinger gjennom året fra de to pH-målingsstasjonene i lakseførende strekning av elva er gjengitt i **Figur 5**. Av figuren går det fram at pH om våren hadde en tendens til å være høyere på Rygene enn ved Evenstad. Dette kan ha sammenheng med økte kalkdoser om våren (høyt pH-mål). Kalksteinsmel løser seg relativt langsomt opp. Det er derfor mulig at oppløsningen ikke har vært fullstendig ved Evenstad, men at dette først skjedde lenger ned i elva. Relativt høye vannføringer bidro også til denne pH-utviklingen. Fra august ble forholdet motsatt. Det er usikkert hvilke faktorer som påvirket dette forholdet. Imidlertid markerte en stor flom 29. april (maksimum 310 m³/s) slutten på høy pH ved Rygene i forhold til Evenstad (**Figur 6**). En tydelig kortvarig økt pH ved Rygene i begynnelsen av flommen skyldes sannsynligvis oppløsning av sedimentert kalksteinsmel som ble revet med av vannmassene.

Tabell 2. Dager med pH under målet for lakseførende strekning av elva. Det ble registrert noen tilfeller hvor det var stor forskjell mellom pH-mål og registrerte verdier.

Dato	Dager med pH under målet		Laveste verdi pH	Avvik fra mål pH
	Evenstad	Rygene		
06.01.2008	1		5,8	0,2
27.01.2008	0,6		5,7	0,3
31.01.2008	0,9		5,6	0,4
21.02.2008		0,5	6,1	0,1
29.02.2008		5,5	6,1	0,1
06.03.2008	1,1		6,1	0,1
12.03.2008	0,6		6,1	0,1
15.03.2008	2,3		6,1	0,1
21.03.2008	2,3		5,3	0,9
22.03.2008		2,1	5,9	0,3
12.05.2008	0,5		5,8	0,4
13.05.2008		0,5	6	0,2
14.08.2008		1,3	5,8	0,2
17.08.2008		2,7	5,9	0,1
21.08.2008		4,1	5,9	0,1
27.08.2008		1,3	5,9	0,1
30.08.2008		1,3	5,9	0,1
02.09.2008		1,5	5,9	0,1
07.09.2008		1	5,9	0,1
10.09.2008		0,8	5,9	0,1
11.10.2008		6	5,8	0,2
21.10.2008		2,3	5,8	0,2
10.11.2008		0,5	5,9	0,1
18.11.2008		4,6	5,9	0,1
29.11.2008		1,6	5,9	0,1
01.12.2008	0,4		5,9	0,1



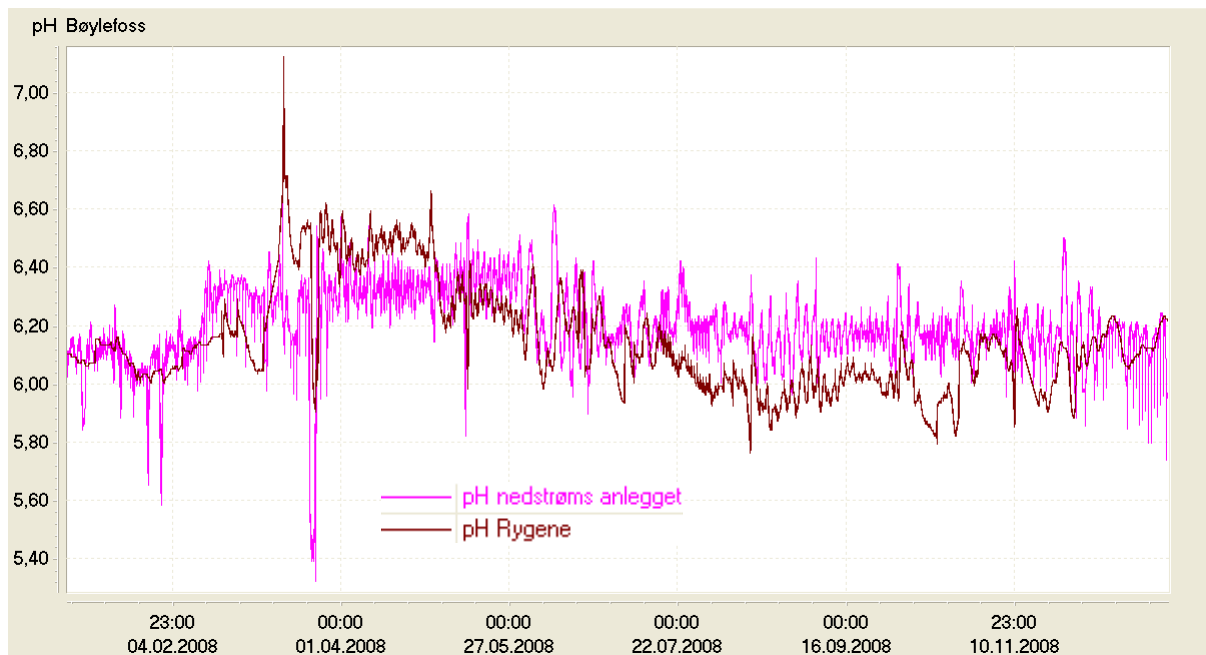
Figur 2. pH oppstrøms kalkdoseringsanlegget på Bøylefoss i 2008. Figuren viser stabil pH, men ved enkelte tilfeller vises urealistiske høye verdier på grunn av tilbakeslag av kalkslurry fra blandekaret til inntaksbrønnen ved pumpevikt.



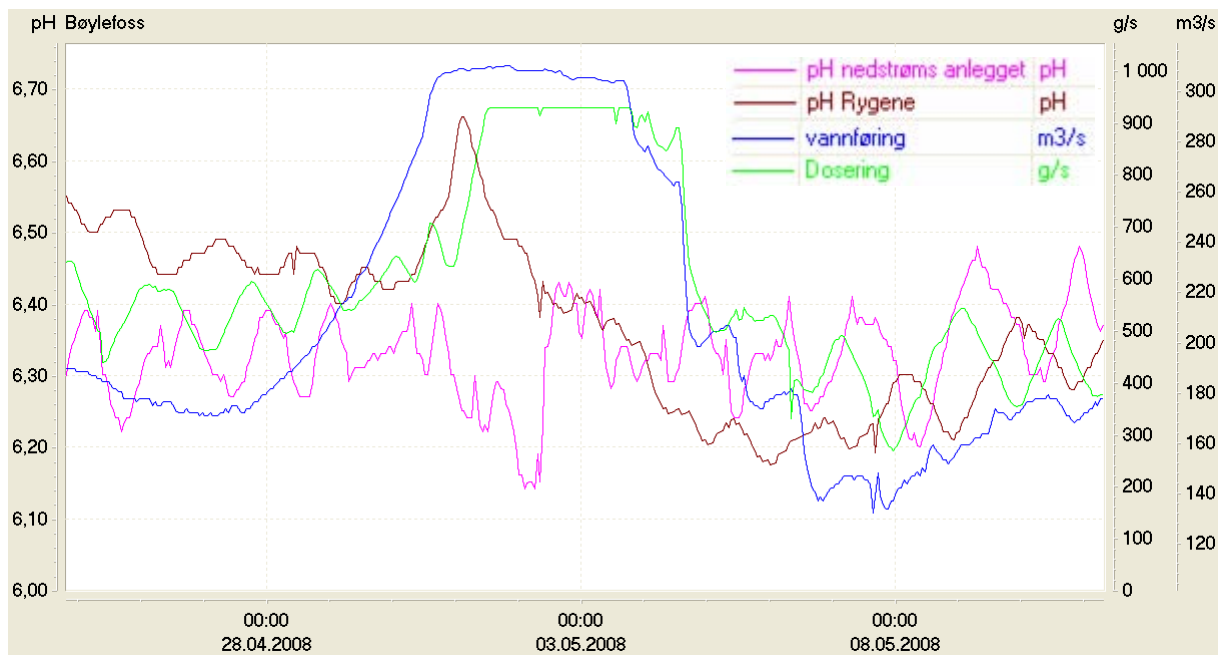
Figur 3. Vannføring, dosering og pH nedstrøms anlegget på Bøylefoss i deler av mai og juni 2008. Figuren viser dårlig automatisk styring av pH. Det oppsto bølgeeffekt i doseringssignalet som igjen påvirket pH-verdiene i elva. pH varierte ved dette tilfellet helt opp til 0,5 pH-enheter. Bølgelengden på svingningene i doseringssignalet varierer på figuren fra 3,5 dager ved 45 m³/s til 1,5 dag ved 120 m³/s.



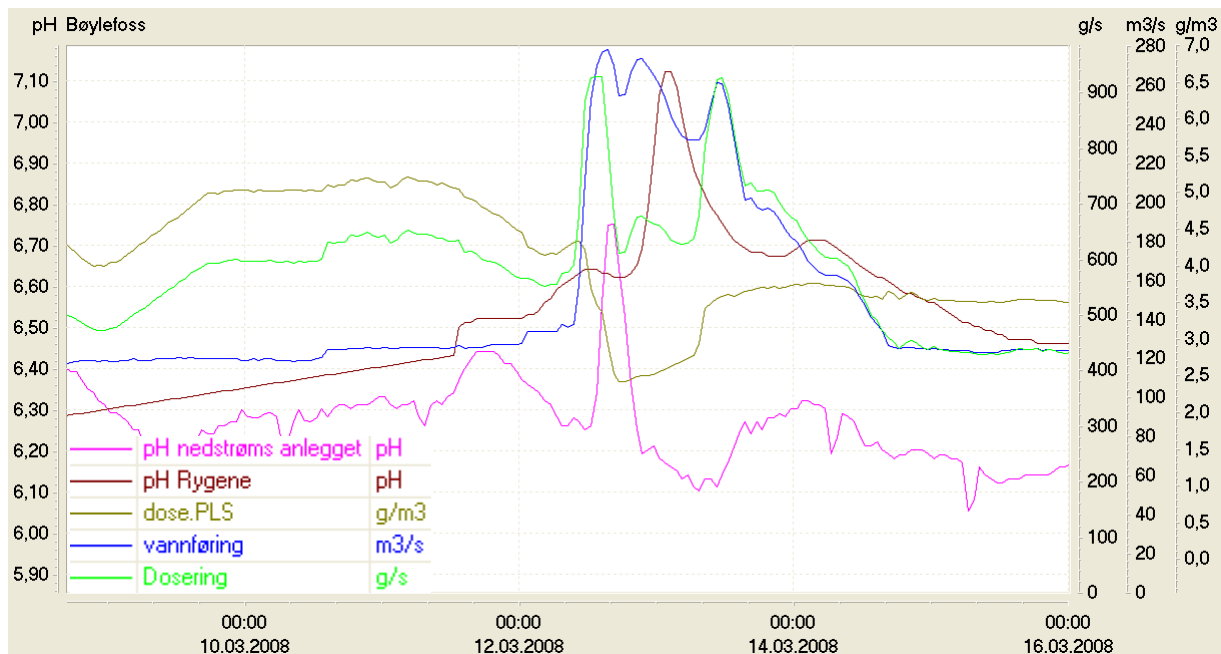
Figur 4. pH nedstrøms anlegget (Evenstad) og doseringen fra Bøylefossanlegget i mars 2008. Anlegget mistet nettstrømmen i lang tid på grunn av uvær. Langvarig stort pH-dropp ble registrert. Vannkvaliteten ble da for dårlig for laks, sannsynligvis ble laksebestanden skadet.



Figur 5. pH nedstrøms anlegget på Bøylefoss (Evenstad) og på Rygene i hele 2008. Figuren viser at det var en tendens til økende pH mot utløpet om våren. Ellers om året var pH lavere i dette området enn lenger oppe i elva. pH over 7 ved Rygene er gjengitt i **Figur 7**.



Figur 6. Vannføring, dosering, pH på Rygene og pH nedstrøms anlegget (Evenstad) i begynnelsen av mai 2008. Vannføringen økte slik at sedimentert kalk i elveleiet ble oppløst. Dette førte til økt pH ved Rygene. Ved Evenstad ble pH midlertidig lav på grunn av for liten kapasitet. Doseringssignalet gikk til maksimum dosering.



Figur 7. Vannføring, dosering, dose PLS (styringssignal som dose), pH på Rygene og pH nedstrøms anlegget (Evenstad) ved en anledning i mars med ekstra høy pH i elva. Figuren viser en sterkt økende pH ved Evenstad som følge av begynnelende flom og maksimal dosering (926 g/s). Denne pulsen nådde Rygene 10 timer etter at den passerte Evenstad. Vannføringen var 280 m³/s. pH var da enda høyere på grunn av langtidsoppløsningen av kalk.

3. Tiltak

3.1 pH-målinger oppstrøms anlegget

Styringsautomatikken for kalkdosering fra anlegget beregner doseringen ut fra pH oppstrøms anlegget og vannføringen. For at dosene skal være stabile, er automatikken avhengig av stabile signaler både fra vannstandsmåleren og pH-meteret. pH-meteret målte ved flere anledninger alt for høy pH på grunn av kalkpåvirkning av inntaksvannet. Stabiliteten i doseringen ble da forstyrret.

Problemene oppsto når det ble pumpestopp i inntaksbrønnen. Da rant kalkslurry fra blandekaret i doseringsanlegget tilbake til inntaksbrønnen i elva. Dette medførte kalkforurensing av vannet i brønnen. pH steg i noen tilfeller over 7 lang tid. Forhøyet pH ble flere ganger målt i 2 dager etter slike tilbakeslag av inntaksvann.

Et enkelt tiltak som vil hindre tilbakeslag er montering av en tilbakeslagsventil på tilførselsrøret til blandekaret. Dersom dette allerede er montert, må det gjennomføres tiltak som fører til at ventilen virker som den skal eller at vann til blandekaret blir tilført over nivået i karet.

3.2 pH-styring

pH-styringen på anlegget er alt for ufølsom. Variasjoner i doseringssignalet fører til at pH til tider vandrer for mye ved Evenstad (pH-stasjonen nedstrøms anlegget). Dette er spesielt tilfellet i de deler av året hvor pH-kravet er lavt (pH-mål 6,0) (**Figur 9**). Det er et misforhold mellom tilbakemeldingstider og reaksjon i forhold til ønsket settpunkt for pH. (Settpunktet er det samme som pH-kravet som blir manuelt satt av operatøren på anlegget). Tilbakemeldingstiden må stå i forhold til den faktiske tiden vannet tar fra doseringspunkt til effektmålingen 6 km nedstrøms Bøylefoss. Denne tiden er ofte meget lang. Derfor er det også viktig at grunndosen som blir satt ut fra pH oppstrøms anlegget og vannføringen er nogenlunde riktig. Dette sikrer at pH ikke kommer for langt ut fra settpunktet før reaksjon på endret dosering er tilgjengelig. Den reaksjonen som automatikken gir ved tilbakemeldt pH må være riktig i forhold til titreringskurven. Kalkdoseringen må justeres til dosen som gjelder ved avvikt mellom settpunktet og faktisk pH. På denne måten sikres et mest mulig nøyaktig resultat raskest mulig.

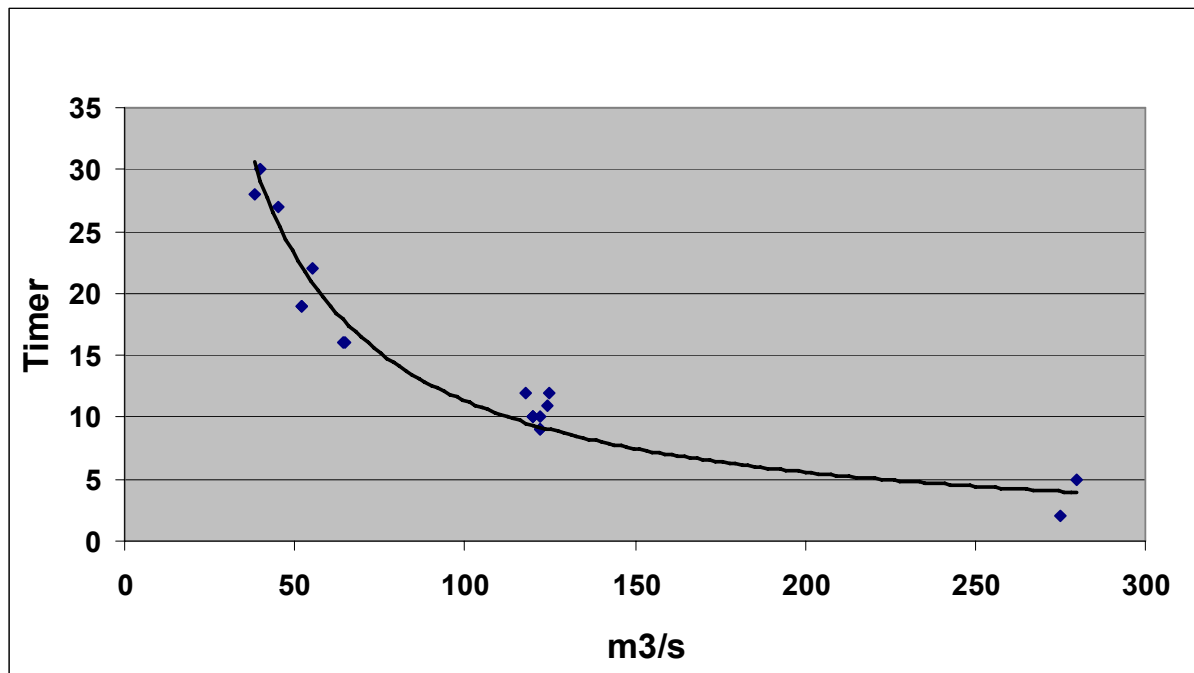
Tilbakemeldingstiden bør justeres automatisk i forhold til vannføringen. Tiden vannet i elva bruker fra Bøylefoss til Evenstad varierer mye i forhold til vannføringen. **Tabell 3** er utarbeidet med grunnlag i empiriske tall på forsinkelsen mellom dosering og pH-effekt. Til basis for tabellen ligger formelen:

$$1276 X \text{ vannføringen}^{-1,026}$$

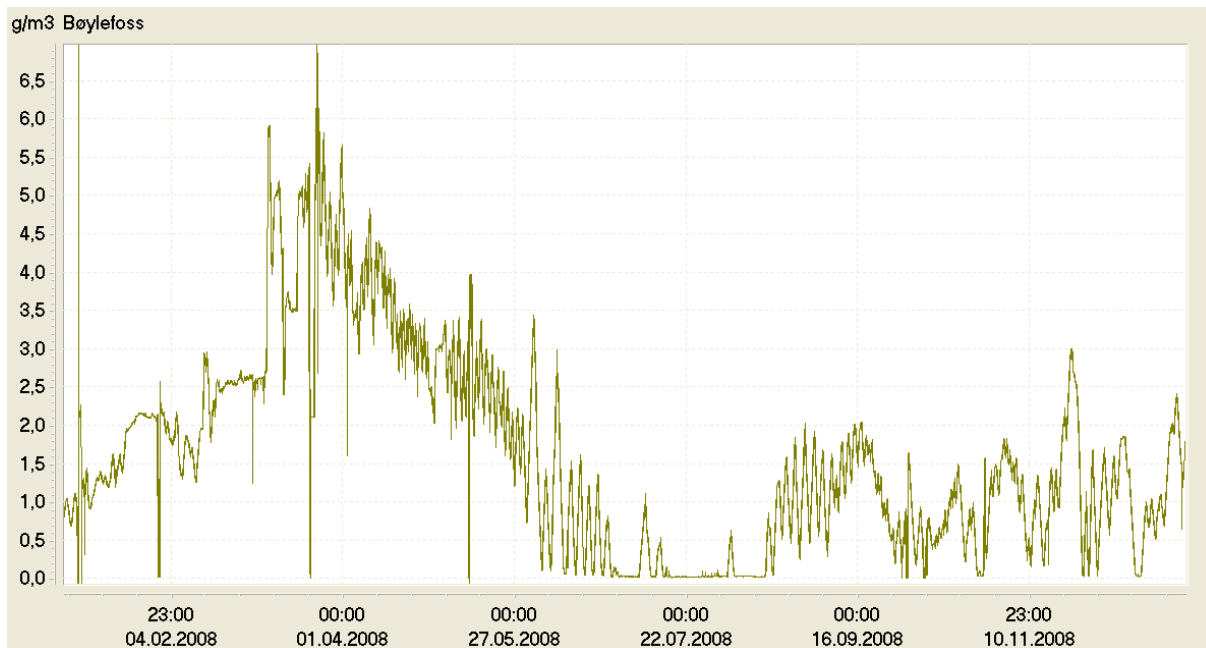
Utviklingen denne danner er gjengitt i **Figur 8** sammen med grunnlagstallen (**Tabell 3**). Sammenhengen som formelen beskriver bør benyttes til å etablere variabel tilbakemeldingstid ved signalbehandling av data i styringsautomatikken for pH-styringen.

Tabell 3. Beregnet tid vannmassene bruker på strekningen fra Bøylefoss til Evenstad i vannføringsintervallet 35-300 m³/s. Sammenhengen bør aktivt benyttes til automatisk pH-styring på anlegget.

Vannføring m ³ /s	Beregnet tid timer
35	33,2
70	16,3
105	10,8
140	8,0
175	6,4
210	5,3
245	4,5
280	3,9
315	3,5
200	5,6
220	5,0
240	4,6
260	4,2
280	3,9
300	3,7



Figur 8. Empiriske observasjoner av reaksjonstid ved dosering under ulike vannføringsforhold (punkter) sammenholdt med teoretisk kurve for tiden vannet benytter mellom Bøylefoss og Evenstad i Nidelva.



Figur 9. Styringssignal som dose gjennom hele 2008 ved Bøylefoss doseringsanlegg. Figuren viser at signalet var ujustert slik at det oppsto store pendelvirkninger. Dosene varierte fra 0 til 5 g/m³ og var høyest i månedsskiftet mars/april. Ingen dosering var nødvendig i juli og halve august.

3.3 Krisedosering ved stopp på doseringsanlegget

I Nidelva er tilnærmet kontinuerlig kalking nødvendig for å opprettholde tilfredsstillende vannkvalitet for laks. Doseringsanlegget på Bøylefoss er det eneste anlegget i vassdraget. Kalkingsstrategien er derfor meget sårbar i lakseførende strekning av elva. Langvarig stans i utdosering vil føre til dramatisk situasjon for den etablerte laksebestanden. Det bør etableres en handlingsplan for hvordan krisesituasjoner med manglende dosering bør håndteres slik at det alltid finnes en utvei som kan benyttes når problemene oppstår.

Målet ved krisehåndtering av doseringsstopp er å få dosert kalk ut i elva selv om ikke doseringsanlegget er operativt. Nødvendig materiell og rutiner må da allerede være tilgjengelige.

3.3.1 Materiell

Det er nødvendig med tilgjengelig lokalt kalklager for å kunne dosere kalk ved en krisesituasjon. Den enkleste formen for et slikt lager er å benytte lagertankene på kjøretøyene som benyttes ved kalklevering. Den største fordelen med dette er at kalken er "fersk". Den har dermed ingen fuktproblemer som vanskeliggjør utdosering. Doseringsfunksjonene er også tilgjengelig, da kjøretøyets eget lossesystem benyttes. Ulempene er at doseringen blir så langvarig at det oppholder bilens transportkapasitet, lange arbeidsøker kan presse grenser for lovlig arbeidstid og kostnadene vil også bli forholdsvis høye på grunn av den lange tiden utstyret og personellet nødvendigvis må benyttes.

For enkel dosering til elva foreslås det etablert et doseringspunkt ved Bøylefoss kraftstasjon. Der er det en stabil brygge ned mot utvidelsen av elva under Bøylefossen. Den er tilstrekkelig stor til at vogntog og semitrailere kan parkere der. Selve doseringspunktet må etableres slik at kalksteinsmel kan doseres rett i turbulensen på kraftverksutslaget. Dette er viktig for at ikke kalken skal sedimentere umiddelbart, men heller følge strømmen mot utløpet av det noe rolige området i umiddelbar nærhet av

kraftverket. På doseringspunktet må det monteres et solid rør påmontert tilsvarende fatning som på doseringsanlegget, slik at slangene på lastebilen kan kobles direkte på røret.

Kraftverkets vannstandsmerke, som er montert ved brygga, må være lett tilgjengelig og godt leselig.

3.3.2 Rutine

En enkel rutine for hvordan sjåførene skal forholde seg ved krisedosering må være lett tilgjengelig for de som leverer kalk på anlegget. Rutinene må inneholde kart med kjørerute og opplysninger om hvor målestaven befinner seg, og eventuelle opplysninger om lokale forhold på kraftverket. Videre må losserutinen (**Tabell 4**) med tidsangivelse for hvor lang tid beholdningstanken skal tømmes over, være tilgjengelig. Denne tabellen angir tiden som sjåføren skal benytte på lossingen. Han må dermed selv velge åpne- og stengetider slik at den totale tid blir riktig. Resultatet blir dermed en form for pulsdosering.

Tabellen er regnet ut fra et kalkbehov som er i nærheten av det høyeste dosekravet som erfaringsmessig gjelder for Bøylefoss doseringsanlegg. Dosen er satt til 4 g/ m³ etter det som vanligvis doseres i mars og tidlig april ved høyt pH-krav. (pH-mål 6,2) se **Figur 9**. Dermed vil en krisedosering gi overdoser dersom behovet oppstår til andre årstider (om sommeren er det ingen behov). Hensynet til den viktige smoltifiseringsperioden gjør likevel at denne tiden danner grunnlaget for tabellen.

Tabell 4. Tabell for tiden som skal benyttes ved lossing av kalksteinsmel direkte fra tankbil ved krisedosering til elva. Tabellen er regnet ut fra at et lass inneholder 35 tonn med kalk. Målestaven er plassert ved brygge på Bøylefoss kraftstasjon (**Figur 10**) og gjengir vannstand i meter over havet.

Målestav m.o.h.	Tid/lass Timer
57,92	55,8
58,22	32,1
58,52	22,6
58,82	17,4
59,12	14,1
59,42	11,8
59,72	10,0
60,02	8,6
60,32	7,5
60,62	6,6
60,92	5,8
61,22	5,1
61,52	4,5
61,82	4,0
62,12	3,6
62,42	3,2
62,72	2,8
63,02	2,5
63,32	2,3



Figur 10. Foto av Bøylefoss kraftstasjon med avmerking av vannstandsstaven. På bildet vises også de fire utløpene fra åtte generatorer på kraftstasjonen. Ikke alle er nødvendigvis i drift samtidig. Derfor må installasjon(e) for nøddosering fra bil monteres slik at kalk alltid blir dosert inn i fossende vann selv om noen av utløpene er uvirksomme.

4. Referanser

DN 2007. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2006. DN-Notat 2007-2.

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

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA-rapport 5533, 13 s.

Kaste, Ø. Håvardstun, J. og Høgberget, R. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA-rapport 5595, 15 s.

Kroglund, F. og Rosseland, B.O. 2004. Effekter av episoder på parr og smoltkvalitet til laks. NIVA-rapport L. nr. 4797.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no