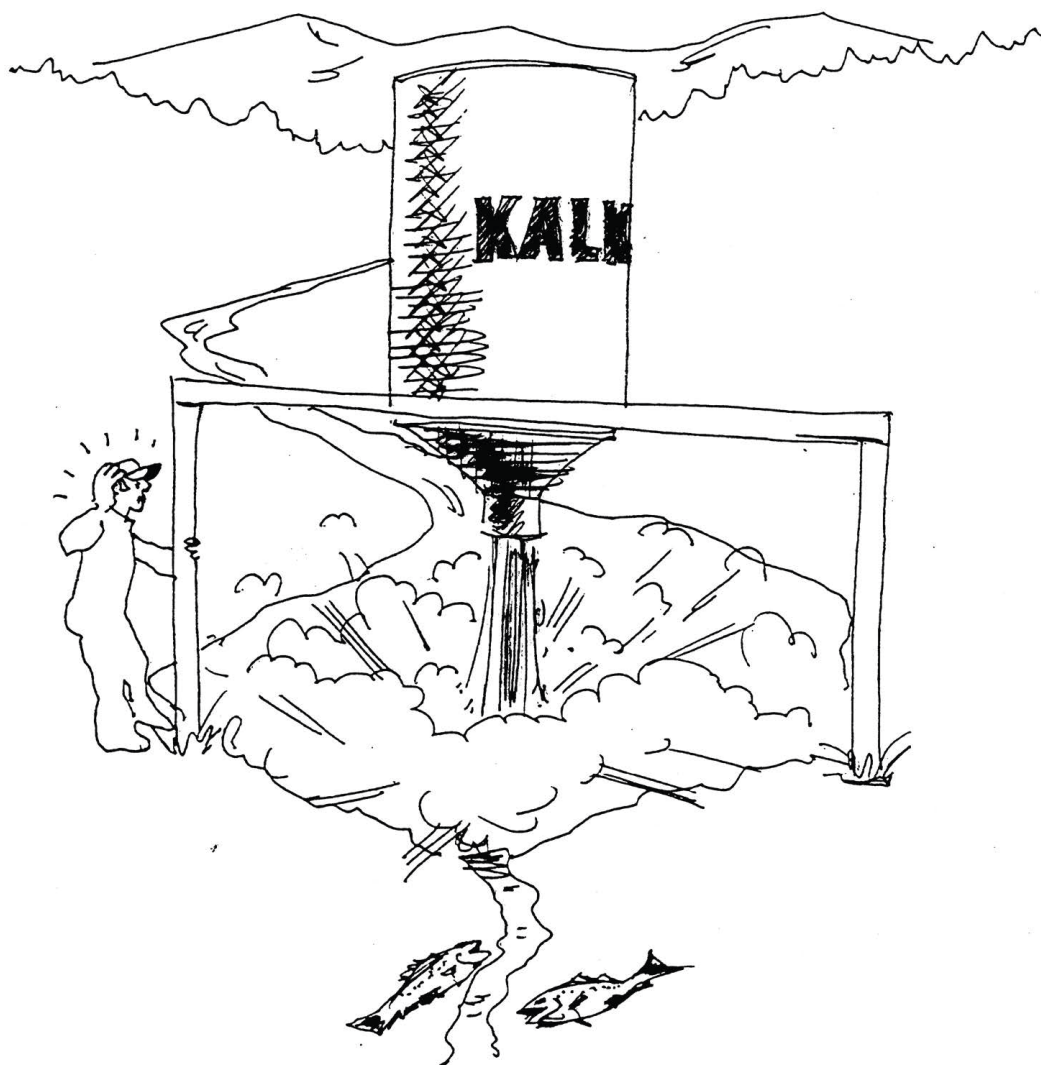


# Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget

År 2019



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Danmark**

Njalsgade 76, 4. sal  
2300 København S, Danmark  
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget År 2019	Løpenummer 7502-2020	Dato 07.05.2020
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 16

Oppdragsgiver(e) Froland kommune	Oppdragsreferanse Trude Engesland
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17132

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2019) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. pH var ved noen tilfeller under målet i deler av elva, men bare marginale avvik ble registrert. Derfor ansees ikke dette å ha hatt noen negativ effekt for anadrom laksefisk. Ustabil pH oppsto i forbindelse med flommer som følge av upresis dosering. Det foreslås ytterligere forbedring av doseringsautomatikken. På grunn av et misforhold i ulike vannføringsberegninger anbefales det en justering til gjeldende vannføringstabell.</p>
---

Fire emneord	Four keywords
<ol style="list-style-type: none"> <li>Vassdrag</li> <li>Kalkdosering</li> <li>Overvåking</li> <li>Måleteknikk</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>River system</li> <li>Lime dosing</li> <li>Monitoring</li> <li>Measuring technique</li> </ol>

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

*Rolf Høgberget*  
Prosjektleder

*Sondre Meland*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7237-6  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i  
Arendalsvassdraget  
År 2019**

## Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte ikke produserer riktig kalkdose til vassdraget. Anleggene er kostnadskrevene både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er så optimal som mulig. Ideelt sett innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig.

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

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anlegget samt 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. I 2019 opphørte en tidligere avtale om ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som styrer kalkdoseringen. Kontroll av pH-målingsfunksjonen som prosess-signal utføres derfor ikke lenger av NIVA, men tillegges driftsansvarlig på anlegget.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Jarle Håvardstun, Liv Bente Skancke og Rolf Høgberget. Kartmaterialet i rapporten er utarbeidet av Jarle Håvardstun.

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget, bestående av alle involverte kommuner i vassdraget.

Grimstad, 04.05 2020

*Rolf Høgberget*

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>7</b>
1.1	Driftskontrollsystemet .....	7
1.2	Kalkingsstrategien i vassdraget.....	7
1.3	Ord og uttrykk.....	8
<b>2</b>	<b>Driften av anlegget .....</b>	<b>10</b>
2.1	Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen .....	10
2.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet .....	10
2.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen .....	10
<b>3</b>	<b>Tiltak .....</b>	<b>14</b>
3.1	Vannstand og vannføringsmålinger .....	14
3.2	Doseringsautomatikken.....	14
<b>4</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>16</b>

## Sammendrag

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg ble satt i drift høsten 2005, og driftskontrollen ved anlegget ble etablert i mai 2006. Hensikten med etableringen var å skape stabil og god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av Nidelva (Arendalsvassdraget). Anlegget er det eneste i Arendalsvassdraget, og mye avhenger derfor av at det fungerer tilfredsstillende til enhver tid.

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2019) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

Det var ingen avbrudd i loggen fra driftskontroll-loggeren. For noen parametere ble det også benyttet data også fra MikaCom (Ord og uttrykk 1.3). Disse dataene viste mange hull i tidsrekkene. I rapporten benyttes pH-data både fra Rygene og doseringsanlegget. Rygene-data er kvalitetssikret, mens pH-data fra doseringsanlegget ikke er kvalitetssikret.

pH-loggen nedstrøms anlegget viste verdier nær pH-målet gjennom hele året. Ved noen tilfeller var pH under målet i deler av elva (til sammen 10 dager), men bare marginale avvik ble registrert. Umiddelbare pH-økninger oppsto i forbindelse med stor flomutvikling på grunn av resuspensjon av sedimentert kalk. Dette destabiliserte doseringen. Mot slutten av året syntes det også som om pH-reguleringen var mindre presis.

Det er tidligere foreslått å overstyre doseringsautomatikken ved flom. Vannhastighetstabellen for elveavsnittet er nyttig informasjon ved ytterligere optimalisering av doseringen.

Det var et misforhold i vannføringsberegningene fra MikaCom og driftskontrollens egne beregninger. Det foreslås at de eksisterende sammenhenger mellom høydenivåer og vannføringer blir justert så godt som mulig i forhold til gjeldende vannføringstabell.

## Summary

Title: Evaluation of lime dosing operation in Arendal River in 2019

Year:2020

Author(s): Rolf Høgberget, Jarle Håvardstun and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7237-6

NIVA has developed methods permitting an efficient control of lime dosers in streams. The control involves simple sensor technology and an efficient information flow. This system is used to improve and ensure a cost-efficient liming. The information generated is an aid to operators, water managers and is extensively used for quality control issues.

This report summarizes results from the evaluation in Arendal River in 2019, and includes recommendations based on discrepancies from optimal operation detected in 2019.

# 1 Innledning

## 1.1 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.

## 1.2 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. I dag er effekten av de to store innsjøkalkingene i Nisser og Fyresvatn nærmest bortfalt, og vannkvaliteten oppstrøm Bøylefoss må betraktes som nær ukalket (Hindar mfl. 2017).

Bøylefossanlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Målestasjonen for pH nedstrøms anlegget er plassert på Evenstad, Figur 1. Målet med kalkingen er at pH ved Rykene (ca. 25 km nedenfor Bøylefoss) skal være over 6,2 i perioden 15. februar – 14. april, 6,4 i perioden 15. april -31. mai og over 6,0 ellers i året. Det forhøyede pH-målet om våren skyldes at laksesmolt (*Salmo salar*) er mer sårbar for lav pH enn de andre stadiene i laksens livssyklus. Tidspunktet for smoltifiseringen og smoltutvandringen fra elva vil variere mellom år, og er hovedsakelig bestemt av daglengde, elvetemperatur og vannføring. Smoltutvandringen vil de fleste år havne innenfor den angitte perioden med forhøyet pH mål i elva. På grunn av variasjoner i vårutviklingen med lave elvetemperaturer er det nå innført muligheter for justering av tidsintervallene for de forskjellige pH-målene i smoltperioden avhengig av elvetemperaturen om våren. For å kompensere for tilførsler av surt vann mellom Bøylefoss og Rykene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn målet ved Rykene om våren og høsten. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

Optimal kalkdosering er avhengig av at det måles riktige pH-verdier. Også i 2019 ble kvaliteten av målingene sikret gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-lauget) og jevnlig også annen oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rykene i 2019 er kvalitetssikret av NIVA og blir publisert i årsrapporten fra tiltaksovervåkingen til Miljødirektoratet for 2019.



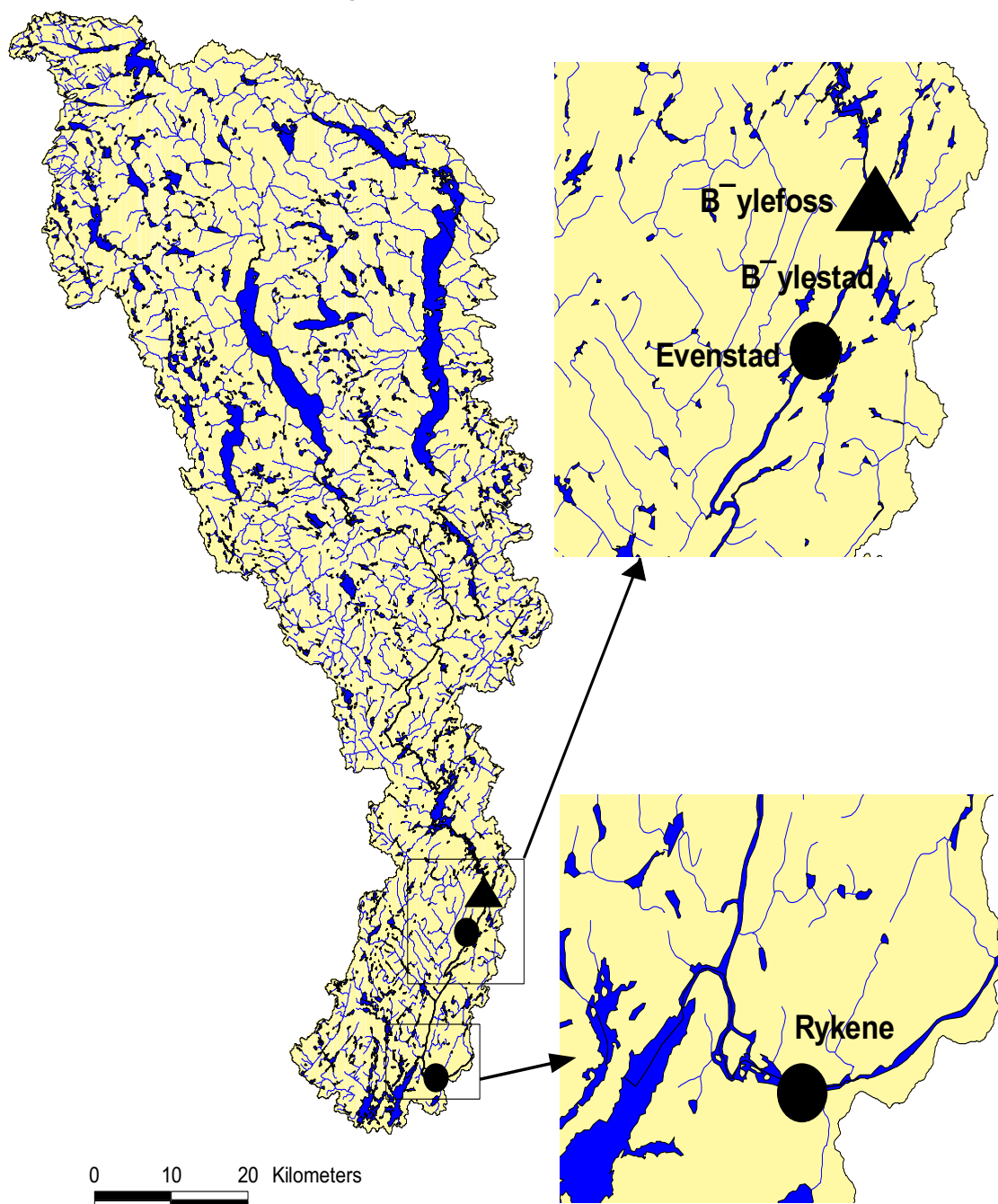
### 1.3 Ord og uttrykk

Det forekommer en del ord og uttrykk i rapporten som kan være vanskelig å forstå betydningen av. For å lette leserens forståelse av innholdet presenteres her en liste med ord og uttrykk som vanligvis benyttes i rapporteringen:

<b>Ord/uttrykk</b>	<b>Forklaring</b>
Dosering	Brukes om generell tilsetning av kalk, men den egentlige betydningen er tilsetning av kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest g/s, dosering per sekund.
Dose	Dosering av kalk per volum vann (konsentrasjonen). Den vanligste enheten er g/m <sup>3</sup> , gram kalksteinsmel per m <sup>3</sup> vann i elva.
PLS-dose, styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m <sup>3</sup> /s). Dette er den dosen anlegget «tror» den gir til elva. Enheten er g/m <sup>3</sup> .
Driftskontrolldose	Den kalkdosen som er beregnet levert elva på grunnlag av kalkvektsreduksjon i beholdningstank/kalksilo per tidsenhet dividert på akkumulert vannmengde forbi doseringsanlegget i samme tidsrom.
Timesdose	Den driftskontrolldosen som er levert i løpet av en time. Verdien er gjennomsnittet av aktuelle timesdoser til elva. For eksempel vil en vektreduksjon på 0,9 tonn i løpet av en time gi en timesdose på 5 g/m <sup>3</sup> ved vannføring 50 m <sup>3</sup> /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m <sup>3</sup> ).
Langtidsdose	Den gjennomsnittlige driftskontroll-dosen som er levert elva siden siste påfylling av kalk i beholdningstank/kalksilo. På kurvene som vises i rapporten kan det være store utslag. Dette oppstår i forbindelse med begynnende utregning fra ny beholdning. Årsaken er stor unøyaktighet i veieutstyret. Derfor settes en begrensning i når regneverket får lov til å begynne med doseberegninger. I denne tiden vises siste gjeldende verdi som en horisontal strek.
pH-mål	Den til enhver tid gjeldende verdi for hvor høy man ønsker at pH skal være i elva. Verdien blir ofte fastsatt av Fylkesmannens miljøvernavdeling i samarbeid med kalkingsstiftelsen for vedkommende kalkingsprosjekt.
pH-krav	Det pH-kravet som blir satt i styringsautomatikken ved et pH-styrt doseringsanlegg med pH-nedstrøms anlegget som styringssignal. pH-kravet er ofte høyere enn pH-målet for elveavsnittet.
PLS	«Programmerbar logisk styring». Forkortelsen er ofte benyttet som betegnelse på styringsautomatikken på kalkdoseringsanlegg.
UPS	«Uninterruptible power supply». Forkortelse på ekstra energikilde (strømkilde) som benyttes når nettspenningen uteblir.
Kyvette, pH-/målekyvette	Beholder som pH-elektroder og termometer er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetta for å få riktige pH- og termometermålinger.
Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i metriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i «fast fjell» eller i forhold til moh. (meter over havet).
Beholdning	Lageret av kalk eller annet avsyngsmiddel på kalkdoseringsanlegget.

Prosesskalibrering	Sette en kjent pH-verdi som avlesingsverdi i et pH-meter. Det har da alltid vært gjennomført en tidligere 2 pkt. kalibrering på pH-meteret (kalibrering mot bufferne pH 4 og 7).
MikaCom	Programvare benyttet på anlegget til kontroll og styring av doseringsanlegget. Programvaren er utviklet av Miljøkalk, En avdeling av Franzefoss Minerals.

## Arendalsvassdraget



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Arendalsvassdraget med utsnitt av to områder som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegget (triangel) og pH-målepunkter (sirkler).

## 2 Driften av anlegget

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter vannføring og pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Kalkdoseringsanlegget kan styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles på Evenstad 6 km nedenfor kalkdoseringsanlegget, og data sendes 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. 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. Oppvandringshinder for laks er kraftstasjonen på Bøylefoss, like ovenfor doseringsanlegget. Ved de to kraftverkene, Rykene og Evenstad, er det bygget henholdsvis laksetrapp m/laksesluse og fangstkammer. Ved lakseslusa på Rykene sluses 500-1500 fisk hvert år. Ved Evenstad fanges fisken i kammeret og flyttes deretter manuelt over kraftverksdammen. Dette sørger derfor for at fisken kan vandre videre til Bøylefoss. Det er gjennom mange år også plantet lakserogn oppstrøms Evenstad.

### 2.1 Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen

Det var ingen avbrudd i loggen fra driftskontroll-loggeren. For sammenligning av driftskontrollens beregnede vannføringer med anleggets egne beregninger, ble det benyttet data fra MikaCom. Også pH og temperaturdata fra den automatiske pH-overvåkingsstasjonen på Rygeene ble hentet derfra. Disse dataene viste mange hull i datarekkene når avlesingstidspunktene ble midlet til timesverdier. Temperaturdata er bare tilgjengelig fra målinger oppstrøms doseringsanlegget.

### 2.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Vannstand, dosering og beholdning ble avlest kontinuerlig som stabile verdier gjennom hele perioden. Imidlertid er det et misforhold i vannføringsberegningene fra MikaCom og driftskontrollens egne beregninger (Figur 2).

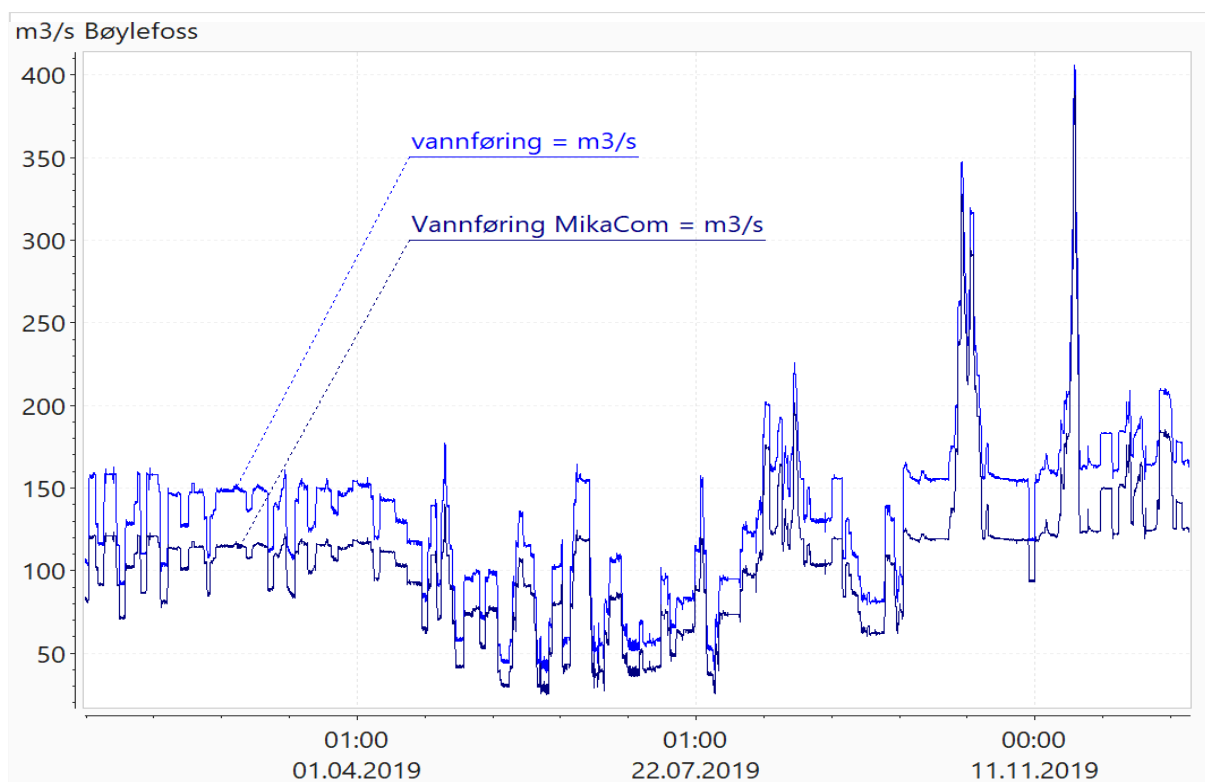
Om sommeren var det ikke behov for dosering fra anlegget. Likevel ble det dosert noe for å hindre at kalksteinsmel stivnet og dermed svekket doseringsevnen (5,5 tonn). Dette vedvarte i 14,5 uker fra 1. juli til 9. september (**Feil! Fant ikke referanseilden.**). Data fra pH-overvåkingsstasjonen på Rygene er kvalitetssikret. pH-data fra doseringsanlegget er derimot ikke kvalitetssikret. Brå endringer i pH-kurvene synes derfor ofte ved prosesskalibrering (Figur 3).

### 2.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

pH-loggen nedstrøms anlegget viste verdier nær pH-målet gjennom hele året. Det var ingen lange perioder med uforholdsmessig høy pH (Figur 4). Ved ni tilfeller gjennom året var pH under målet i deler av elva. Til sammen utgjorde dette 10 dager. Ved alle tilfellene var det bare marginale avvik (Tabell 1), derfor ansees ikke dette å ha hatt noen negativ effekt for anadrom laksefisk. Umiddelbare pH-økninger ble registrert i forbindelse med stor flomutvikling den 16. oktober og 23. november. Disse økningene skyldtes resuspensjon av sedimentert kalk ved flom. pH-økningen førte automatisk til stor reduksjon i doseringen. Da kalken var ferdig utvasket ble pH derfor redusert. Treghet i automatikken førte deretter til noe sen økning av doseringen. Dette resulterte i midlertidig for lav pH. Begge situasjonene vises på Figur 5. Mot slutten av året syntes det som om pH-reguleringen var mindre presis enn normalt slik at pH-variasjonen på Evenstad (nedstrøms doseringsanlegget) over tid ble større enn normalt og det oppsto en form for bølgeeffekt. Forholdet oppsto etter flommen den 25. november og vedvarte ut året (Figur 6).

Tabell 1. Antall timer under pH-målet i øvre (Evenstad) og nedre (Rygene) del av lakseførende strekning av Nidelva. Tilfeller med varighet under 8 timer er ikke registrert.

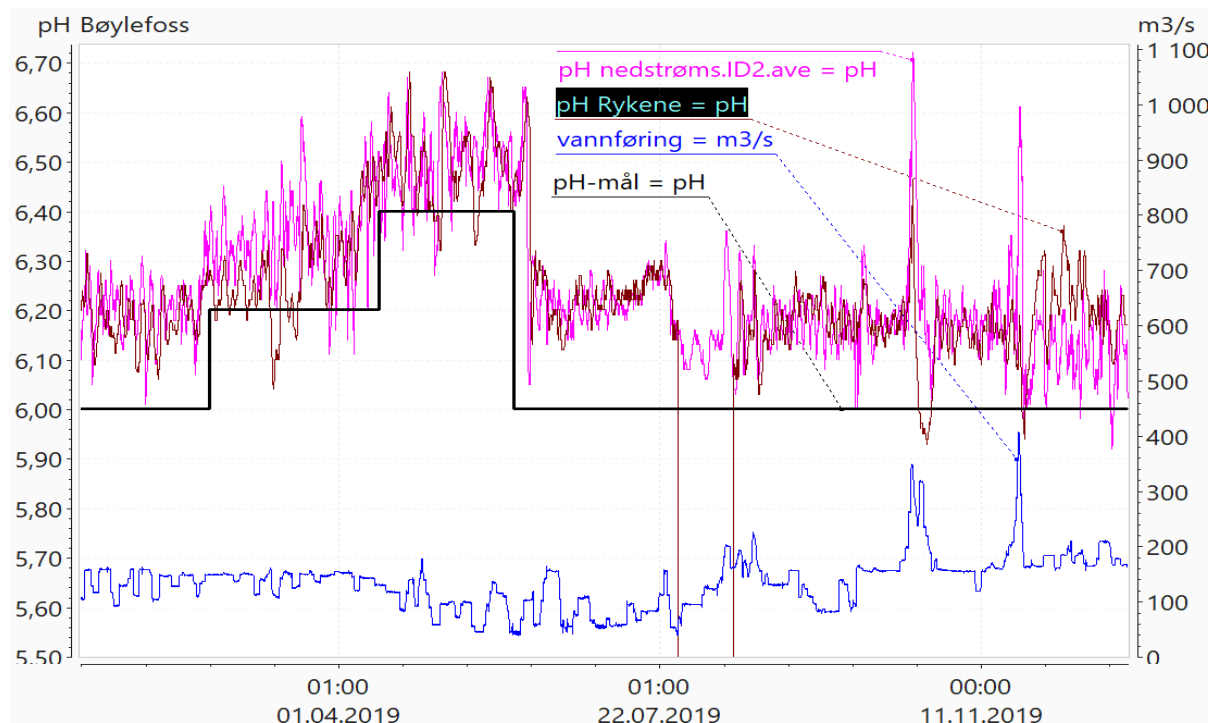
Dato	Timer under pH-målet Evenstad	Rygene	Laveste verdi pH	pH-avvik
08.03.2019		72	6	0,2
16.03.2019		13	6,1	0,1
28.03.2019	15		6,1	0,1
15.04.2019	12		6,3	0,1
04.05.2019	27		6,3	0,1
05.05.2019		20	6,3	0,1
18.05.2019		24	6,3	0,1
21.10.2019		49	5,9	0,1
25.10.2019		8	5,9	0,1



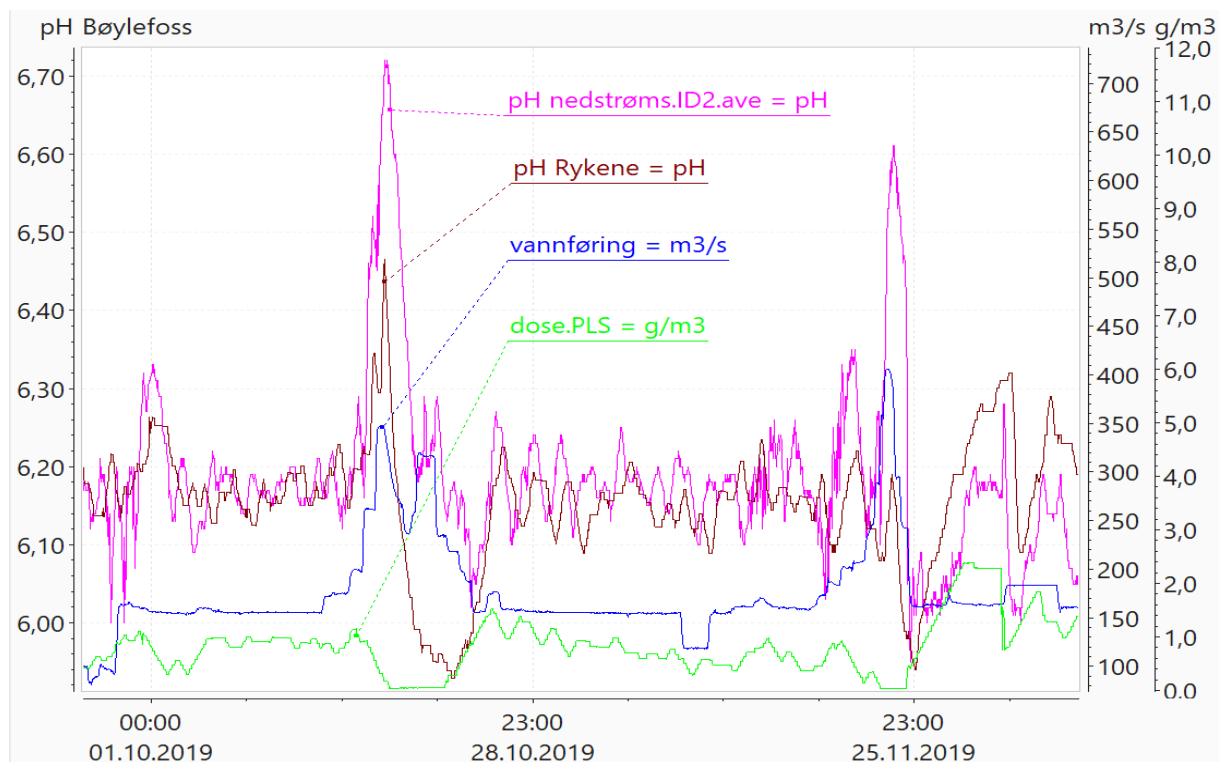
Figur 2. Vannføringene ble beregnet forskjellig på driftskontrollens logger og i MikaCom.



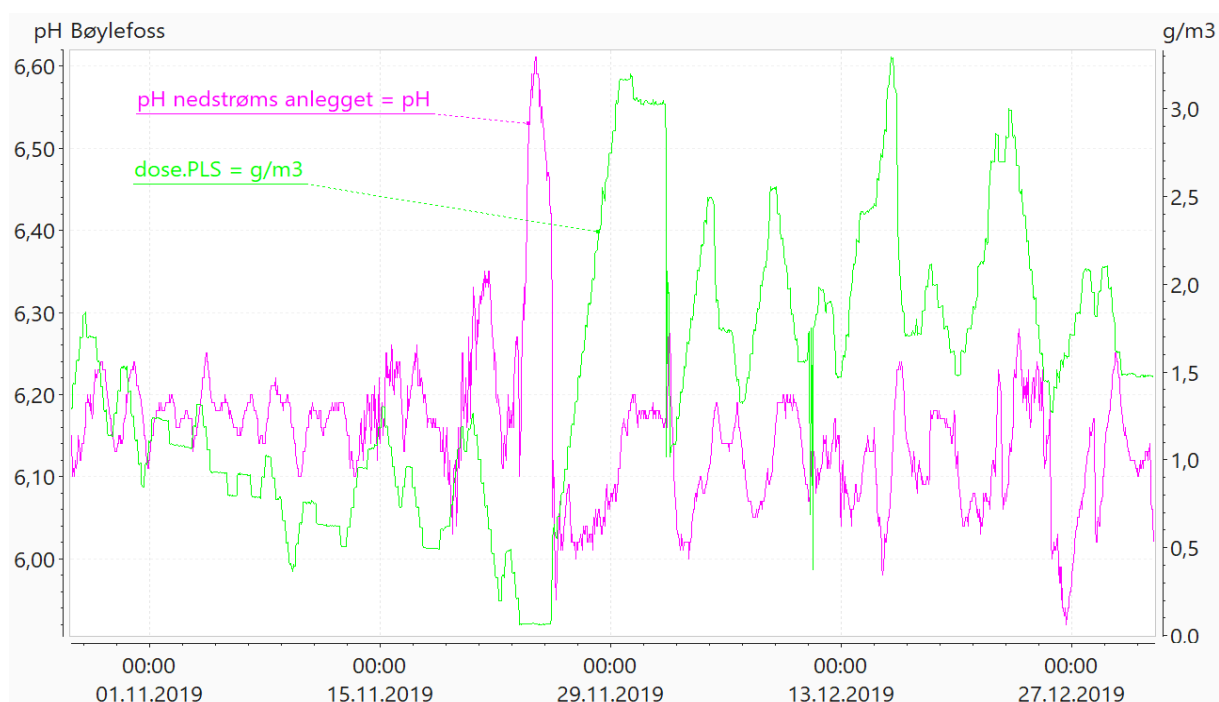
Figur 3. Eksempel på pH-kurve som korrigeres ved prosessskalibrering to ganger i løpet av en måned.



Figur 4. pH ved Evenstad (nedstrøms Bøylefoss doseringsanlegg) og i målområdet for kalkingsvirksomheten (Rygene) sammenholdt med pH-målet for kalkingen. Vannføringen ved Bøylefoss er også vist.



Figur 5. pH ved Evenstad (nedstrøms Bøylefoss doseringsanlegg) og i målområdet for kalkingsvirksomheten (Rygene) sammen med vannføring og PLS-dose ved doseringsanlegget på Bøylefoss i deler av oktober og november 2019.



Figur 6. pH ved Evenstad og PLS-dose på Bøylefoss doseringsanlegg i november og desember 2019. Mer upresis dosering oppsto etter en flom.

## 3 Tiltak

### 3.1 Vannstand og vannføringsmålinger

Vannstanden blir avlest nærmest identisk på driftskontroll-loggeren (AAC) og i MikaCom. Likevel beregnes vannføring forskjellig på de to systemene (Figur 2). Ved en enkelt kontroll av vannføringen med opplysninger gitt av Arendal Fosskompani, eier av kraftverket rett oppstrøms doseringsanlegget, ligger deres verdier et sted mellom våre verdier (Tabell 2). Tallene er ikke helt sikre, da de behøver å gjennomføre nye oppmålinger for å kalibrere verdiene.

Tabell 2. Tre instanser med ulikt beregningsgrunnlag oppgir ulike vannføring ved tilfeldig et valgt tidspunkt.

Beregninger utført av	Bøylefoss m <sup>3</sup> /s
Arendal fosskompani	243
MikaCom	236
AAC	258

I påvente av en oppgradert versjon av vannstand/ vannføringskurven for Bøylefoss foreslås at de eksisterende sammenhenger mellom høydenivåer og vannføringer blir justert så godt som mulig i forhold til gjeldende vannføringstabell (Tabell 3).

Tabell 3. Gjeldende sammenheng mellom høyde over havet og vannføring ved Bøylefoss doseringsanlegg.

Kote m	m <sup>3</sup> /s
57,63	0
57,93	40
58,16	60
58,65	104
59	127
59,24	169
60,15	282
60,5	370
61,61	520
61,65	550
62,05	630
62,55	770
63,2	975
63,6	1150

### 3.2 Doseringsautomatikken

Det ble flere ganger registrert store pH økninger ved begynnende flom. Denne utviklingen ble forsterket ved at styringsautomatikken på anlegget ikke reagerte hurtig nok. Det resulterer i at pH først blir unødvendig høy, for deretter å bli unødig lav. Dette svekker også kalkingsøkonomien ved anlegget. Også «bølge-effekt» ble påvist utenom flomsituasjonene (Figur 6), noe som indikerer

mangelfulle innstillinger i den automatiske kalkdoseringen. Det er tidligere foreslått å overstyre doseringsautomatikken ved flom (Høgberget m.fl. 2018). Vannhastighetstabellen utviklet i 2007 (Høgberget og Håvardstun 2008) er en god veileder for valg av variabler i programmeringen (Tabell 4). Dette er tidligere gjennomført, men ytterligere optimalisering bør forsøkes gjennomført.

Tabell 4. Beregnet tid vannmassene bruker på strekningen fra Bøylefoss til Evenstad i vannføringsintervallet 35-300 m<sup>3</sup>/s.

Vannføring m <sup>3</sup> /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



## 4 Referanser

Haraldstad, T og Høgberget, R. 2014. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2013. NIVA-rapport 6667.

Haraldstad, T og Høgberget, R. 2015. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2014. NIVA-rapport 6860.

Hindar, A., Skancke L. B. og Høgberget, R. 2017. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2016. Miljødirektoratet rapport M-821 2017.

Høgberget, R. 2010 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2009. NIVA-rapport 5964.

Høgberget, R. 2012 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2011. NIVA-rapport 6344.

Høgberget, R. 2013. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget - Avviksrapport 2012. NIVA-rapport 6516.

Høgberget, R. 2016. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget - Avviksrapport 2015. NIVA-rapport 7035.

Høgberget, R. 2017. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget - År 2016. NIVA-rapport 7158.

Høgberget, R. og Haraldstad, T. 2016. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2015. NIVA-rapport 7035.

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

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA-rapport 5533.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA-rapport 5786.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. Skancke L. B. 2018. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. År 2017. NIVA-rapport 7257.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. Skancke L. B. 2019. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. År 2018. NIVA-rapport 7395.

Kaste, Ø., Håvardstun, J. Høgberget, R. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA-rapport 5595.

Høgberget, R. Tveiten, L. 2011. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2010.

## 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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)