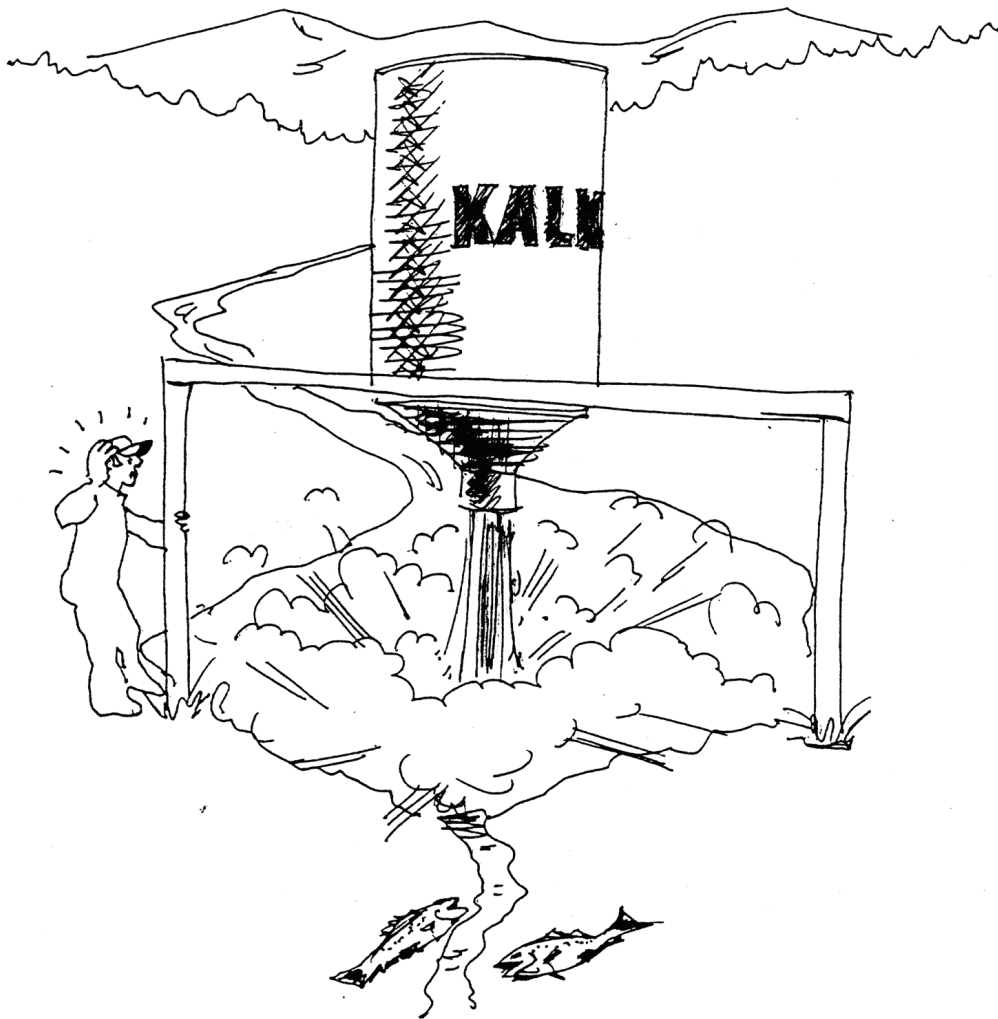


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget

År 2016



Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget År 2016	Løpenummer 7158-2017	Dato 29.05.2017
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17132

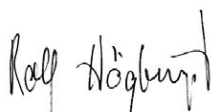
Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for Arendalsvassdraget	Trude Engesland
---	-----------------

Sammendrag

Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2016) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Det var gjennomgående god opprettholdelse av pH-målet i lakseførende del av elva. Imidlertid var det en relativt lang periode med noe høyt pH-avvik i slutten av perioden med øket pH-mål. Det ble ikke registrert tilfeller med for lav pH ved Evenstad. Lite eller ingen kalking var nødvendig i en periode på 19 uker fra 22. juni. Dosering i utvandringstiden for smolt er sammenlignet med doseringen undre tilsvarende forhold i 2008. Vesentlig lavere dosering ble registrert i 2016. Følgende tiltak og forbedringer er foreslått:

- Tidspunkter for endrete pH-mål bør bekjentgjøres bedre for å unngå feil dosering i utvandringstiden for laks.
- pH-målet i den sentrale utvandringstiden bør økes fra pH 6,3 til pH 6,4.

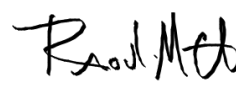
Fire emneord 1. Vassdrag 2. Kalkdosering 3. Overvåking 4. Måleteknikk	Four keywords 1. River system 2. Lime dosing 3. Monitoring 4. Measuring technique
---	---



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Kvalitetssikrer



Raoul-Marie Couture
Forskningsleder

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Arendalsvassdraget
År 2016**

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 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 kalk-doseringsanlegg 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 2016 innebar avtalen også ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som styrer kalkdoseringen.

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.

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

Grimstad, 29.05.2017

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	7
1.1 Driftskontrollsystemet.....	7
1.2 Kalkingsstrategien i vassdraget	7
1.3 Ord og uttrykk.....	8
2 Driften av anlegget	10
3 Vurderinger og forslag til tiltak	13
3.1 pH og måloppnåelse.....	13
3.2 Vannføringsmålingene	13
3.3 pH-mål i smoltutvandringstiden.....	13
4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter	15

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 (2016) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

Det ble samlet driftskontrolldata gjennom hele 2016 og alle parametere ble kontinuerlig loggført med få unntak. Temperaturdata nedstrøms anlegget var imidlertid ikke tilgjengelig i hele 2016. Det var gjennomgående god opprettholdelse av pH-målet i lakseførende del av elva. Imidlertid var det en relativt lang periode med noe høyt avvik i slutten av perioden med øket pH-mål. Det kan synes som om pH-kravet på anlegget ble satt ned for tidlig, eventuelt misforståelser omkring tidspunktet for redusert pH-mål. Det ble ikke registrert tilfeller med for lav pH ved Evenstad. Lite eller ingen kalking var nødvendig i en periode på 19 uker fra 22. juni. Stopp i gjennomstrømmingen av målekyvetten har sannsynligvis medført feil pH-målinger nedstrøms anlegget, men dette kan ikke dokumenteres på grunn av manglende temperaturdata. Doseringen er sammenlignet med doseringen under tilsvarende vannføringsforhold i 2008. Vesentlig lavere dosering måtte til i 2016 på tross av høyere pH-mål og lavere kalsiumbidrag oppstrøms doseringsanlegget som følge av stadig mindre effekt fra kalkingen i Nisser og Fyresvatn i 1997.

Tiltak og forbedringer som bør gjennomføres er følgende:

- Tidspunkter for endrete pH-mål bør bekjentgjøres bedre både for kalkingsoperatørene i Froland kommune, og for NIVA som observatør.
- Økning av pH-målet fra 6,3 til 6,4 vil ikke bidra vesentlig til økte kalkutgifter på Bøylefoss doseringsanlegg. En samlet vurdering tilsier derfor at pH-målet i den sentrale utvandringstiden bør økes for å oppnå mest mulig gunstig aluminiums kjemi.

Summary

Title: Operation Report from lime doser in Arendal River, S Norway. Non-conformance report 2016.

Year: 2016

Authors Rolf Høgberget and Tormod Haraldstad

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6893-5

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 on 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 discrepancies detected during 2016.

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. 2014).

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 – 21. april, 6,3 i perioden 22. april -22. juni og over 6,0 ellers i året. Det forhøyede pH-målet om våren skyldes at laksesmolt 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 Rygene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn målet ved Rygene om våren og høsten. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

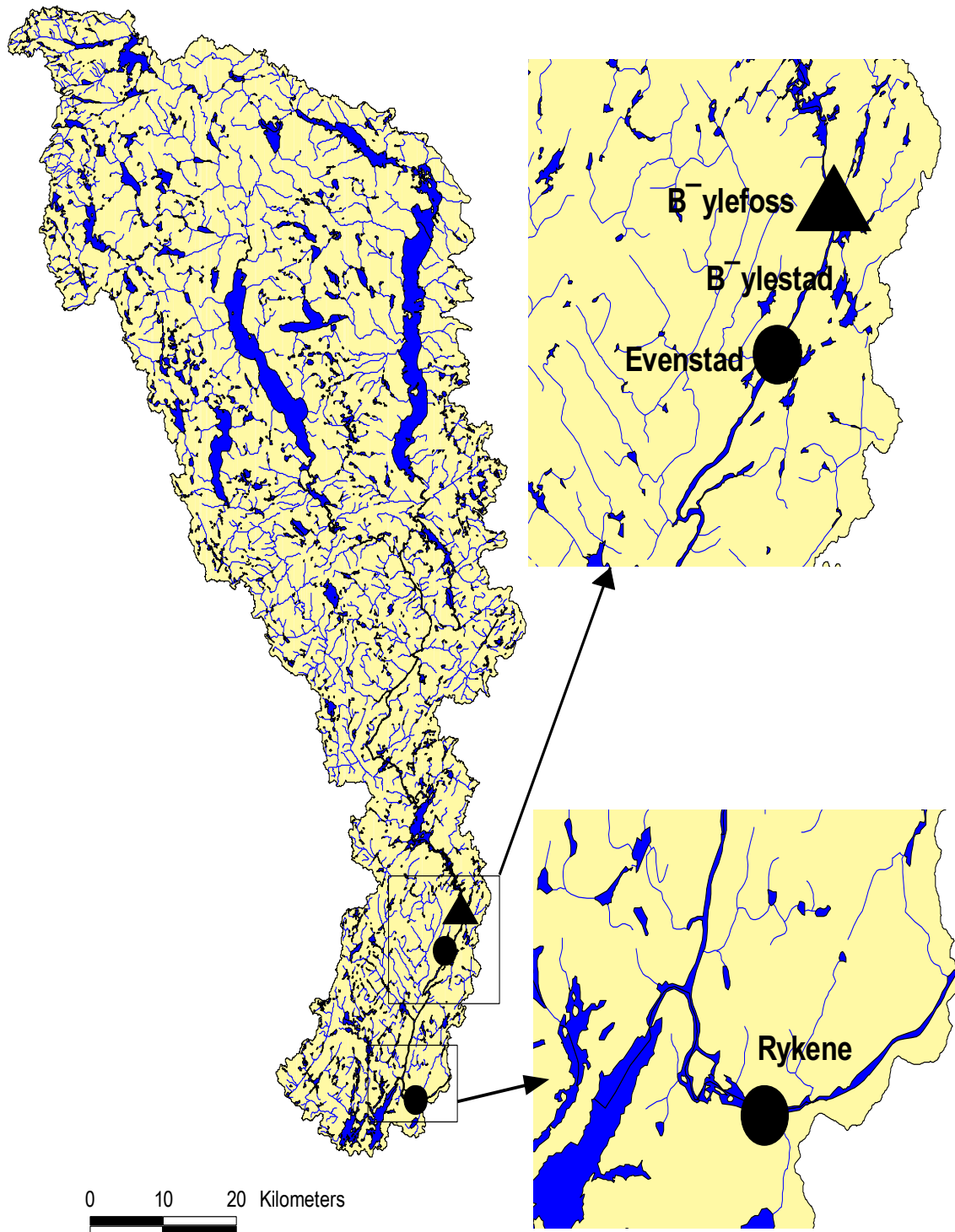
Kalkdoseringen er avhengig av riktige pH-verdier. Også i 2016 ble kvaliteten av målingene sikret gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-lauget) og jevnlig også annen oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rygene ble kvalitetssikret av NIVA for årlig publisering i DN-notatet «Kalking i laksevassdrag».

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:

Ord/uttrykk	Forklaring
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. Den vanligste enheten er g/m ³ , gram kalksteinsmel per m ³ vann i elva.
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m ³ /s). Dette er den dosen anlegget "tror" den gir til elva. Enheten er g/m ³ .
Driftskontroll-dose	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 driftskontroll-dosen 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 ³ ved vannføring 50 m ³ /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m ³).
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 temperaturmåler er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetta for å få riktige pH- og temperaturmålinger.
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 avsyrningsmiddel 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)

Arendalsvassdraget



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Arendalsvassdraget med utsnitt av to områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegget (triangel) og pH-målingspunkter (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 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. 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, Rygene og Evenstad, er det bygget henholdsvis laksetrapp m/laksesluse og fangstkammer. Ved lakseslusa på Rygene 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.

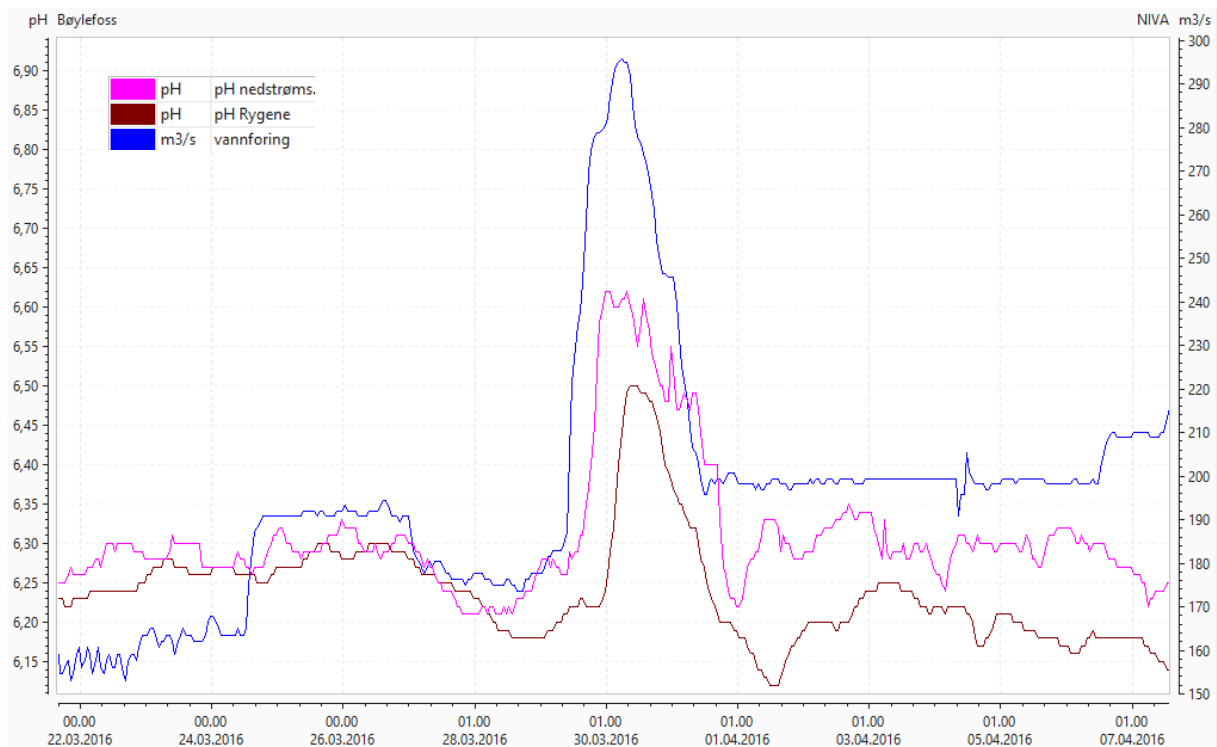
Loggeren som samler driftskontrolldata fungerte gjennom hele 2016. Signaler for kalkbeholdning, vannstand og dosering var kontinuerlig gjennom hele perioden, unntatt vannstand fra 23. desember og ut året grunnet defekt sensor. Temperaturdata var ikke tilgjengelig fra pH-stasjonen nedstrøms anlegget (Evenstad) i hele 2016. Bortfall av disse temperaturdataene skyldtes defekt kanalutgang i radiosambandet. Kun én kanal var da tilgjengelig, og denne ble benyttet til overføring av pH-verdier. pH-dataene ble lagret kontinuerlig hele året. pH- og temperaturmålingene oppstrøms anlegget er en komplett dataserie i hele 2016. Det var 27 dager hvor pH-målet for lakseførende del av elva ikke ble opprettholdt ved Rygene, **Tabell 1.** 19 av disse var under smoltutvandringen da det er ekstra høye mål (pH 6,3). Det var vanligvis ikke store avvik fra målene (rundt 0,1 pH-enhet). Unntaket var en relativt lang periode med noe høyt avvik i slutten av perioden. Det kan synes som om pH-kravet på anlegget ble satt ned for tidlig, eventuelt at avtaler om redusert pH er gjort uten at NIVA ble kontaktet, **Figur 2.** Det ble ikke registrert tilfeller med for lav pH ved Evenstad. Ved et tilfelle ble det registrert uvanlig høy pH ved Rygene. Dette kan skyldes oppvirvling av kalk på elvebunnen i forbindelse med stor flom i elva, **Figur 3.** Grunnet høy pH i elva var det ikke behov for tilførsler av mye kalk i en periode på 19 uker fra 22. juni. I denne perioden ble det dosert meget lave doser fra anlegget. Imidlertid mangler en registrering av økt pH ved Evenstad ved stort kalkforbruk i 12 dager fra 11. august. Dette tyder på at pH ikke ble riktig registrert. Antagelig var det stopp i gjennomstrømmingen av målekyvetten, men dette kan ikke dokumenteres på grunn av manglende temperaturdata fra kyvetten (temperatur nedstrøms anlegget) **Figur 4.** Dårlig sammenheng mellom pH på Rygene og Evenstad ble også observert en periode om sommeren fra midt i juni til midt i juli. **Figur 5** viser pH-utviklingen gjennom hele året sammenholdt med de til enhver tids gjeldende pH-mål. Det ble dosert mye kalk i periodene med høye pH-mål om våren, og også en del om høsten. Høyeste PLS-dose var 2,5 g/m³, mens langtidsdosen aldri var over 2 g/m³. Doseringen var aldri over 450 g/s. Dette er ikke spesielt høy dosering, da anlegget er designet til å kunne dosere 1111 g/s.

Tabell 1. Dager med for lav pH i forhold til pH-målet i målområdet for kalkingen ved Rygene.

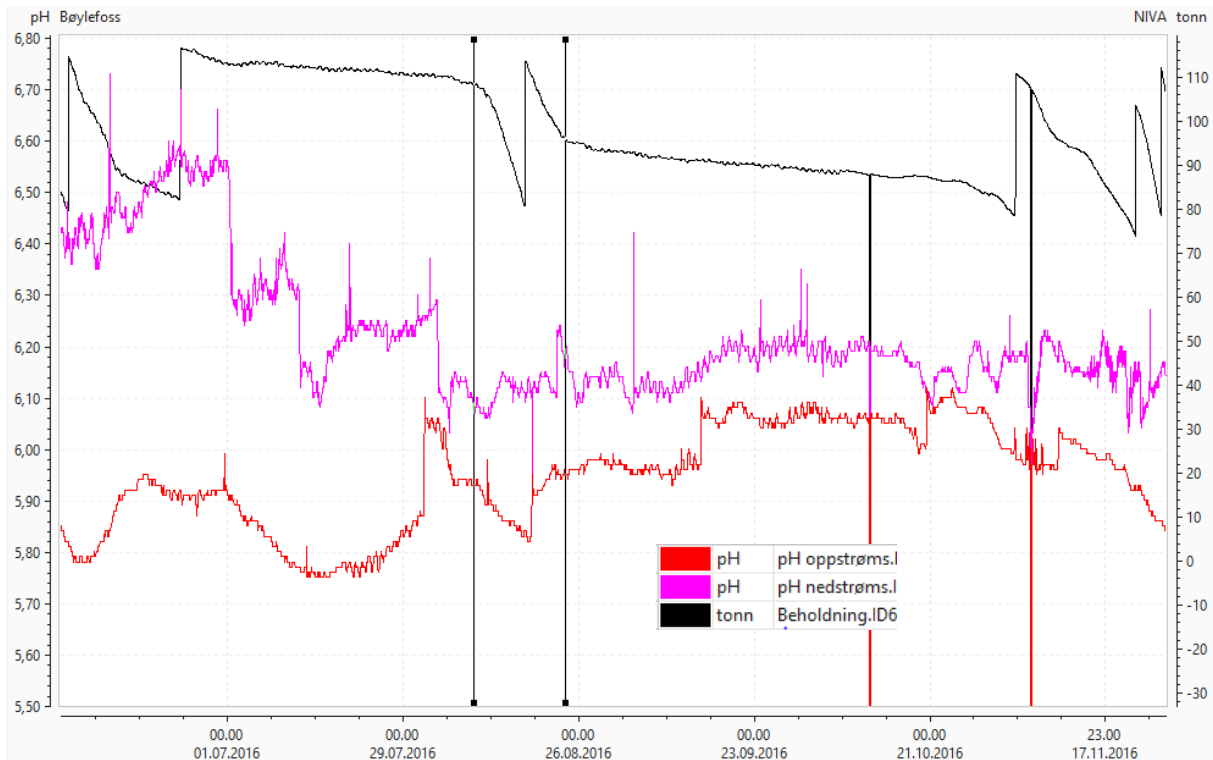
Dato	Dager under pH-målet Rygene	Laveste verdi pH	pH-avvik
22.01.2016	3	5,9	0,1
01.04.2016	0,5	6,1	0,1
07.04.2016	1,1	6,1	0,1
17.04.2016	1,4	6,1	0,1
21.04.2016	3,5	6,2	0,1
28.05.2016	1,1	6,2	0,1
06.06.2017	1,2	6,2	0,1
09.06.2016	13	6,1	0,2
19.11.2016	1,5	5,9	0,1
21.11.2016	0,7	5,9	0,1



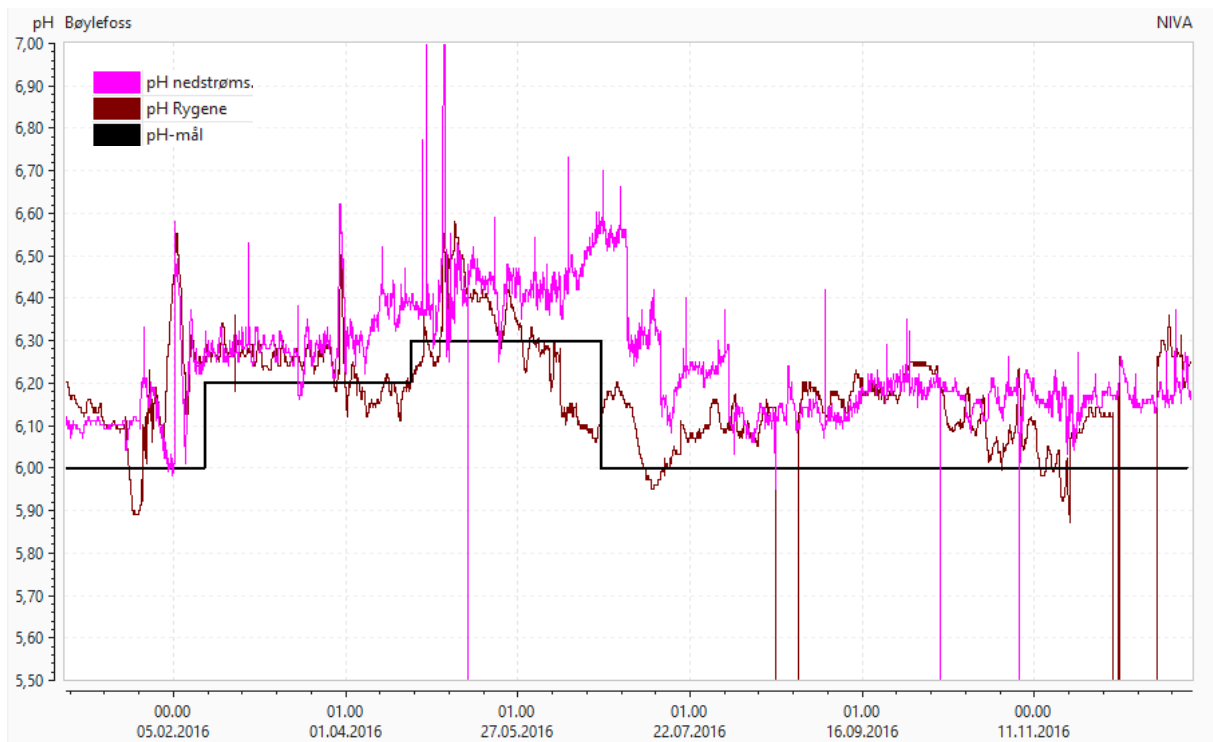
Figur 2. pH på Rygene, pH-målet og PLS-dose på Bøylefoss doseringsanlegg i juni 2016. Doseringen ble redusert for tidlig til å kunne opprettholde pH-målet.



Figur 3. Vannføring, pH på Evenstad og på Rygene i forbindelse med flom i mars.



Figur 4. pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget sammen med beholdningsutviklingen. Det ble registrert stor vektreduksjon 11. – 23. august 2016 uten at dette ble registrert i økt pH nedstrøms anlegget.



Figur 5. pH på Evenstad og Rygene sammenholdt med pH-målene gjennom hele 2016.

3 Vurderinger og forslag til tiltak

3.1 pH og måloppnåelse

pH-målene ble stort sett opprettholdt gjennom hele året. Det var derfor bedre resultater enn fjoråret (2015). Imidlertid ble dosering med høye pH-krav avsluttet for tidlig i forhold til å kunne nå målet den siste tiden med pH-mål 6,3. Tilsvarende tidlig avslutning av ekstra høy dosering ble også registrert i 2015 (Høgberget 2016). Smoltutvandringstiden kan variere en del fra år til år, med ulike tider for kulminering og avslutning. Fylkesmannen kan derfor bestemme avvikende tider for de ulike pH-målene. Det er viktig at disse blir godt bekjentgjort både for kalkingsoperatørene i Froland kommune og for NIVA som observatør. Årsaken til de store avvikene fra pH-målet mot slutten av perioden med høye mål i 2016 er ikke avklart, men det utelukkes ikke at informasjon om endrete tider, eller endringer besluttet i tidligere år, ved en feiltakelse også er blitt benyttet i 2016.

3.2 Vannføringsmålingene

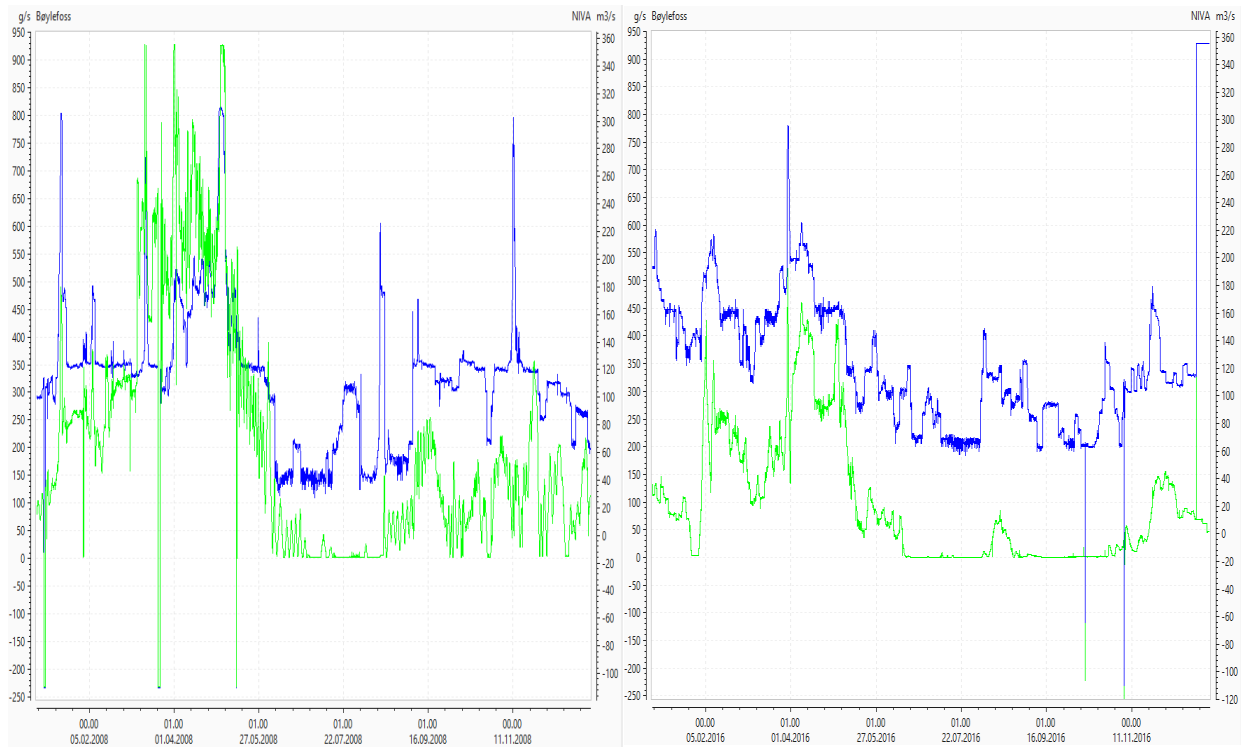
Tidligere foreslått tiltak om etablering av utstyr for vannstandsregistreringer, også ved høy vannføringer (Høgberget og Haraldstad 2016), ble ikke gjennomført i 2016. Planer for tiltak er imidlertid laget og vil bli gjennomført i 2017.

3.3 pH-mål i smoltutvandringstiden

NIVA foreslo i driftskontrollrapporten for 2009 økning av pH-målet i utvandringstiden for smolt til pH 6,4 i tiden med de høyeste pH-målene om våren, (Høgberget 2010). Fylkesmannens bekymringer omkring begrensninger i doseringskapasiteten ved økte pH-mål medførte forslag om økning av kapasiteten i driftskontrollrapporten for 2010, (Høgberget og Tveiten 2011). Kapasiteten ble øket fra 80 til 96 tonn pr. døgn i 2012. pH-målet ble øket til 6,3 i 2013. Imidlertid var det fortsatt i 2013 for høye konsentrasjoner av giftig labilt aluminium på overvåkingsstasjonen på Rygene (Hindar mfl. 2014). Også i 2014 ble det ifølge klassifisering av miljøtilstand i vann (Veileder 2, 2013 – revidert 2015) registrert verdier som gir moderat til dårlig tilstand for laks. Dette gjentok tok seg i 2015 med noe dårligere forhold enn i 2014 og tilstanden ble karakterisert som ikke tilfredsstillende, (Hindar mfl. Tiltaksovervåkingen 2014 og 2015). Et prosjekt ble gjennomført i 2014 med målinger av gjellealuminium og ulike fraksjoner av aluminium (blant annet i Nidelva) for å avdekke de mest optimale forhold for laks. Denne konkluderer også med at pH 6,4 er det mest optimale for laks (Hindar, Garmo og Teien 2015).

Doseringen i 2016 var ikke spesielt høy i noen del av året, selv ikke i tiden med de høyeste pH-målene. Stort sett var doseringen da ca. 1/3 av doseringskapasiteten på anlegget. En sammenligning med doseringen i 2008 viser at det den gangen var behov for mye høyere dosering for å oppnå pH-målene. Høyeste mål i 2008 var pH 6,2. Doseringen for å oppnå dette var ca. 600 g/s med maksimaldosering på over 900 g/s. I 2016 var det høyere pH-mål (pH 6,3), likevel var doseringen vesentlig lavere enn i 2008, henholdsvis ca. 350 g/s i snitt og ca. 450 g/s som maksdosering. Vannføringsforholdene var omtrent identiske **Figur 6**.

Årsaken til at pH-målet ikke ble hevet til 6,4, men bare 6,3 i 2013 ble begrunnet med at det ville medføre uforholdsmessig økte merkostnader i forhold til forventet oppnådd gevinst ved bedre vannkvalitet. Selv med vedvarende redusert effekt av tidligere innsjøkalkingene i Telemark (Nisser og Fyresvatn) er dosene som må til for å øke pH i lakseførende strekning betraktelig redusert. En økning til pH-mål 6,4 vil derfor heller ikke bidra vesentlig til økte kalkutgifter på Bøylefoss doseringsanlegg. Samlet vurdering tilsier derfor at pH-målet i den sentrale utvandringstiden bør økes fra pH 6,3 til pH 6,4.



Figur 6. Vannføring og dosering i hele 2008 (venstre) og 2016 (høyre). Det var nokså identiske vannføringer de to årene, men doseringen for å nå pH-målet var mye lavere i 2016. (pH-mål i 2008 pH 6,2 og i 2016 pH 6,3)

4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter

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., Høgåsen, T. og Høgberget, R. 2014. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2013. Miljødirektoratet rapport M-208 2014.

Hindar, A., Skancke L. B., Høgåsen, T. og Høgberget, R. 2015. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2014. Miljødirektoratet rapport M-412 2015.

Hindar, A., Garmo Aaberg, Ø. og Teien, H-C. Sammenhengen mellom labilt aluminium og pH i kalkede laksevassdrag. NIVA-rapport;6872 2015.

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

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

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

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

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

Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2013 – revidert 2015

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 • post@niva.no