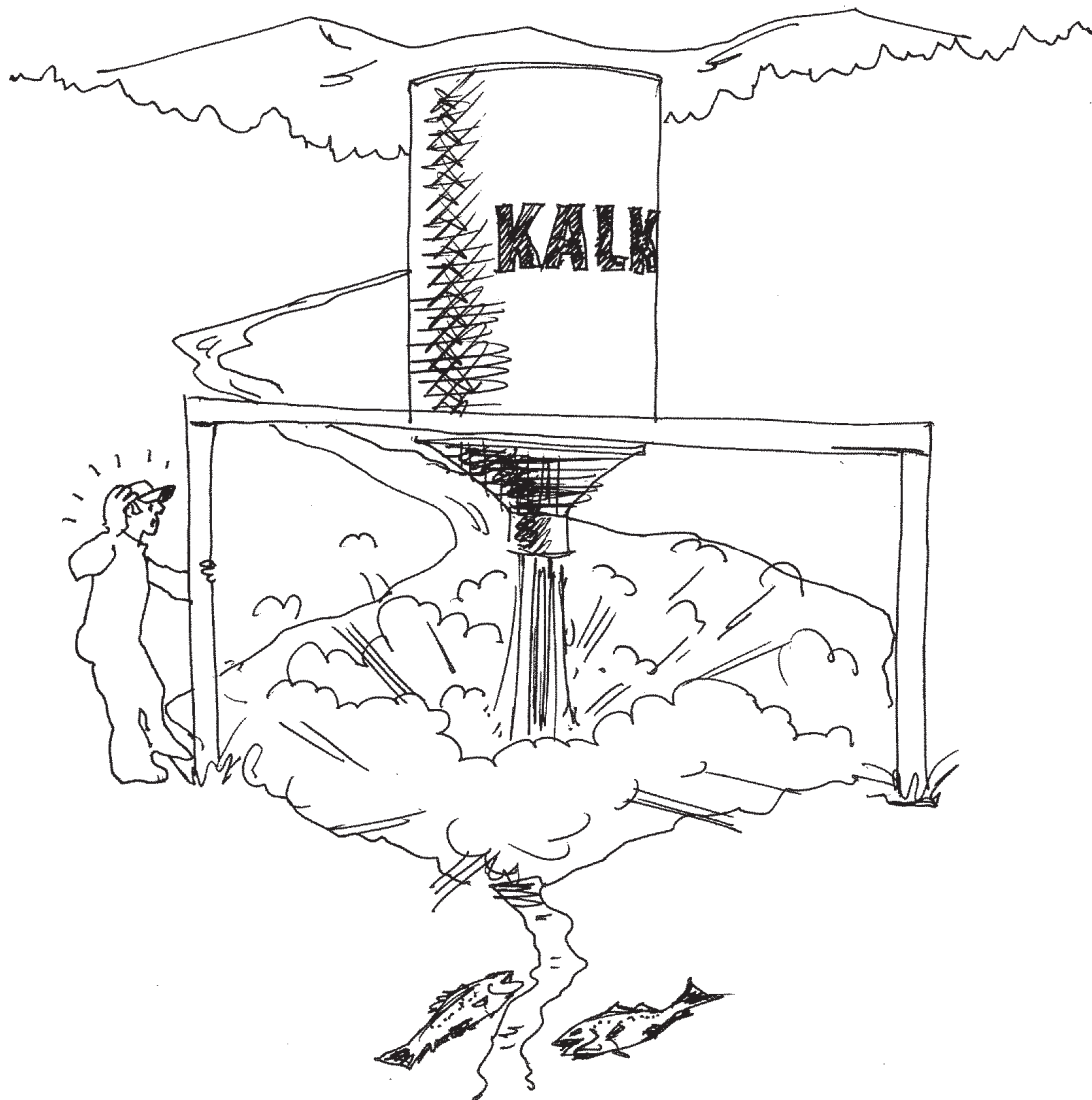


# Driftskontroll av kalkdoserings- anlegg i Arendalsvassdraget År 2020



## 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 2020	Løpenummer 7634-2021	Dato 01.06.2021
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 24

Oppdragsgiver(e) Froland kommune	Oppdragsreferanse Terje Flaten
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17132

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anleggene. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2020) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Bøylefoss doseringsanlegg hadde god driftssikkerhet. Imidlertid oppsto kortvarige tilfeller med pH under målet, spesielt om våren. Grunnet tidlig smoltutvandring ansees dette ikke å ha påvirket utvandringen negativt. Stadig mindre surt vann medførte manglende behov for kalking i 17 uker om sommeren.</p> <p>Songeelva har normalt en akseptabel vannkvalitet for laks, men den blir sur under flom. Songeelva doseringsanlegg ble derfor etablert i 2020. Det var lite behov for dosering om sommeren, men om høsten ble det dosert kontinuerlig etter et mål på pH 6,0. Det var mange, lange og store avvik fra målet. Driften på dette anlegg vurderes derfor til å være lite tilfredsstillende. Det foreslås flere forbedringstiltak for bedring av forholdene.</p>
---

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vassdrag</li> <li>Kalkdosering</li> <li>Overvåking</li> <li>Måleteknikk</li> </ol>	<p>Four keywords</p> <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/Hovedforfatter

*Sondre Meland*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7370-0  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i  
Arendalsvassdraget  
År 2020**

## Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte ikke produserer riktig kalkdose til vassdraget. Anleggene er kostnadskrevenne 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, 31.05.2021

*Rolf Høgberget*

---

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>7</b>
1.1	Driftskontrollsystemet.....	7
1.2	Kalkingsstrategi i vassdraget .....	7
1.3	Ord og uttrykk.....	8
<b>2</b>	<b>Driften av anleggene</b> .....	<b>11</b>
2.1	Bøylefoss doseringsanlegg .....	11
2.1.1	Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen .....	11
2.1.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet .....	11
2.1.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen .....	11
2.2	Gauperå doseringsanlegg i Songeelva.....	13
2.2.1	Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen .....	14
2.2.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet .....	14
2.2.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen .....	14
<b>3</b>	<b>Vurderinger og forslag til tiltak</b> .....	<b>21</b>
3.1	For sen oppstart av doseringen .....	21
3.2	For lave kalkdoser under flom .....	21
3.3	Anlegget går tom for kalk under flom .....	22
3.4	Sensorplassering for pH nedstrøms anlegget.....	22
<b>4</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>23</b>

# Sammendrag

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2020) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

## **Bøylefoss kalkdoseringsanlegg**

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 hovedelva, og mye avhenger derfor av at det fungerer tilfredsstillende til enhver tid.

Det var ingen avbrudd i loggen fra driftskontroll-loggeren gjennom året 2020. Dataene ble lagret med stabile verdier gjennom hele perioden. pH oppstrøms anlegget hadde bare ett langvarig tilfelle uten gjennomstrømming i målekyveta. Kontinuerlige pH-målinger fra doseringsanlegget er ikke formelt kvalitetssikret, men er likevel pålitelige på grunn av et interkalibreringsarbeid (pH-lauget). Stadig mindre behov for kalking om sommeren førte i 2020 til at det ikke var behov for kalking i 17 uker fra 7. juni til 4. oktober (avbrutt av 5 tonn i en flom). Det ble totalt dosert 3827 tonn kalksteinsmel gjennom året. Det oppsto en del kortvarige tilfeller med pH under målet. Selv om det ble for lav pH i slutten av perioden med høye pH-mål, ansees dette ikke å ha påvirket smoltutvandringen negativt på grunn av tidlig utvandring dette året. Doseringen fra anlegget var derfor god.

## **Songeelva doseringsanlegg**

Songeelva er en periodisk sur elv. Det betyr at den normalt har en akseptabel vannkvalitet for laks, men blir sur under flom. Doseringsanlegget som ble etablert i 2020 har som formål å dosere kalk i disse flommene slik at vannkvaliteten blir akseptabel hele tiden.

Det foreligger logg med sensordata fra anlegget ble satt i drift den 22. april 2020. Disse dataene ble innhentet fra MikaCom, se 1.3. De fleste parametere foreligger i intakte dataserier. Periodevis vises det imidlertid urealistiske tall for pH både oppstrøms og nedstrøms anlegget. Det bør vurderes å flytte på pH-elementet nedstrøms anlegget, da det er fare for at elementet kan tildekkes av sedimenter.

Eksisterende data viser at anlegget startet doseringen den 8. juni 2020. Om sommeren var det lite dosering, men fra høsten ble det dosert kontinuerlig fra anlegget. Målet for doseringen var å opprettholde  $\text{pH} \geq 6,0$ . Det var mange avvik fra dette målet, og avvikene var ofte store og langvarige. Årsakene til disse tilfellene var enten for sen oppstart av doseringen, for lave kalkdoser under flom eller at anlegget gikk tom for kalk under flom.

Driften på Songeelva doseringsanlegg vurderes til å være lite tilfredsstillende. Det foreslås forbedringstiltak ved endret vektlegging av eksisterende styringsvariable eller etablering av et raskere responssystem med pH-prosess-signal nærmere doseringsanlegget.

## Summary

Title: Evaluation of lime dosing operation in Arendal River in 2020.

Year: 2021

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

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7370-0

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 2020, and includes recommendations based on discrepancies from optimal operation detected in 2020.

# 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:

- 1) Vannføringsstyring: Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal kalkes 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.
- 2) 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 Kalkingsstrategi 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, Figur 1. Målet med denne dosereren er å sikre stabil god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av elva. For å øke lakseproduksjonen i dette området er det senere arbeidet med å bedre forholdene i sidevassdragene. Et ledd i dette var etableringen av Songeelva doseringsanlegg nær Gauperå. Anlegget ble satt i drift i april 2020. 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).

Begge doseringsanleggene er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. På Bøylefossanlegget er målestasjonen for pH nedstrøms er plassert på Eivindstad. Målet med kalkingen herfra 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 Eivindstad være noe høyere enn målet ved Rykene om våren og høsten. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.



Dosereren i Songeelva har ikke fått egne pH-mål, men doserer etter de samme målene som i hovedelva (Froland kommune v/Kai Bakken pers. med.). Det er ikke etablert eget driftskontrollsystem på dette anlegget. Doseringsdata blir isteden innhentet fra MikaCom, se 1.3.

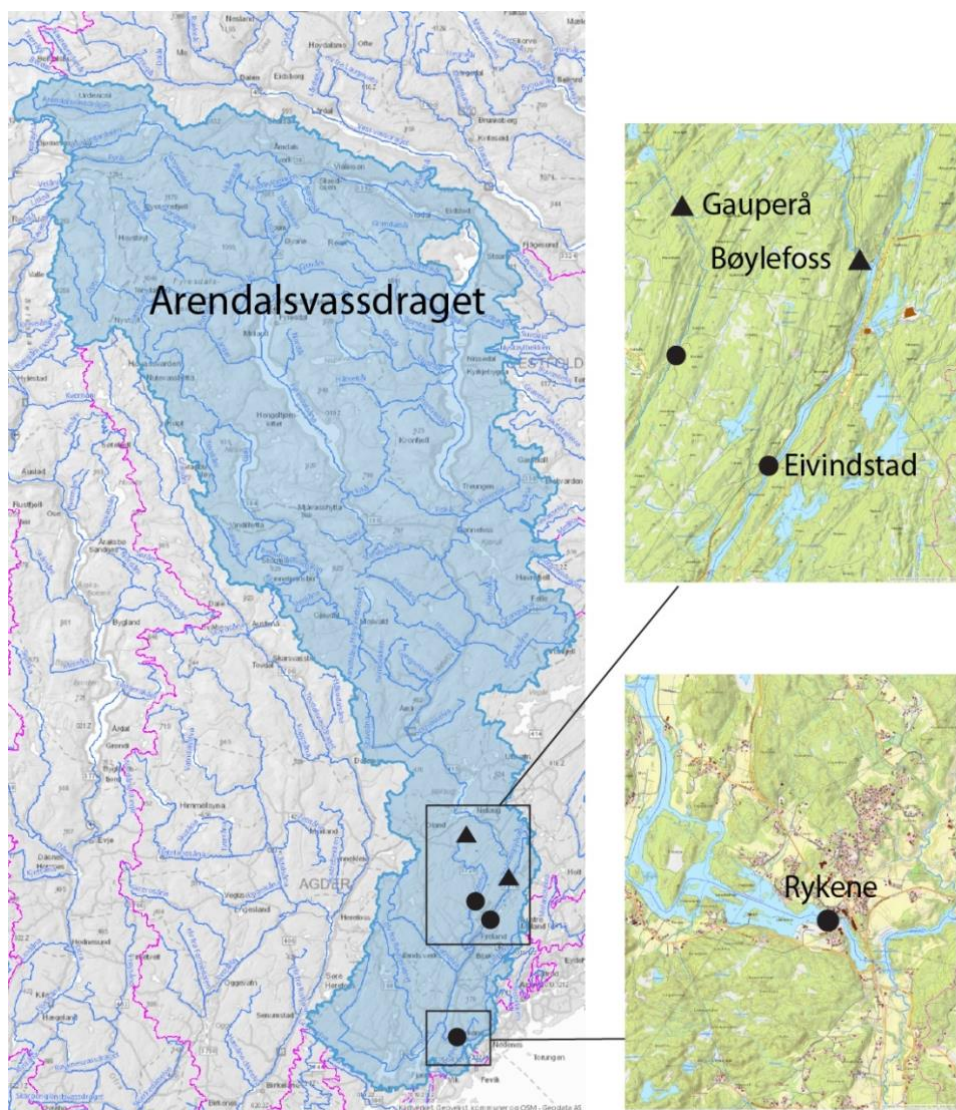
Optimal kalkdosering er avhengig av at det måles riktige pH-verdier. Også i 2020 ble kvaliteten av målingene sikret gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-lauget) selv om vår-møtet måtte avlyses grunnet samlingsrestriksjoner som følge av pandemi-utbrudd i Norge. pH-verdiene for 2020 ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rykene er kvalitetssikret av NIVA og blir publisert i en egen notatserie fra Miljødirektoratet. De øvrige pH-dataene har ikke gjennomgått slik kvalitetssikring.

### 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 mengde kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest gram per sekund (g/s).
Dose	Dosering av kalk per volum vann (konsentrasjonen). Den vanligste enheten er gram kalksteinsmel per m <sup>3</sup> vann i elva. (g/m <sup>3</sup> )
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 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 avsyingsmiddel 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.



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

## 2 Driften av anleggene

### 2.1 Bøylefoss doseringsanlegg

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 Eivindstad 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 Eivindstad, er det bygget henholdsvis laksetrapp m/laksesluse og fangstkammer. Ved lakseslusa på Rykene sluses 500-1500 fisk hvert år. Ved Eivindstad fanges fisken i kammeret og flyttes deretter manuelt over kraftverksdammen. Dette sørger derfor for at fisken kan vandre videre til Bøylefoss. For tiden bygges det en laksetrapp som skal erstatte lakseslusa. Det er gjennom mange år også plantet lakserogn oppstrøms Eivindstad.

#### 2.1.1 Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen

Det var ingen avbrudd i loggen fra driftskontroll-loggeren gjennom året 2020. Grunnet manglende tilgang på temperaturdata fra stasjonen nedstrøms anlegget, har denne parameteren vært utilgjengelig.

#### 2.1.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Vannstand, dosering og beholdning ble avlest kontinuerlig som stabile verdier gjennom hele perioden. pH oppstrøms anlegget hadde bare ett langvarig tilfelle uten gjennomstrømming i målekyveta (23 timer fra 18. til 19. juni). Det ble da avlest for lave pH-verdier. Det var ingen påviste feil i pH-målingene nedstrøms anlegget. Imidlertid er ingen kontinuerlige pH-målinger fra doseringsanlegget kvalitetssikret. De holder likevel høy standard blant annet gjennom et interkalibreringsarbeid for kalkingsoperatører som benytter pH som prosess-signaler (pH-lauget). Bare data fra pH-overvåkingsstasjonen på Rykene er kvalitetssikret for rapportering i Miljødirektoratets notatserie; «Kalking av laksevassdrag skadet av sur nedbør».

#### 2.1.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

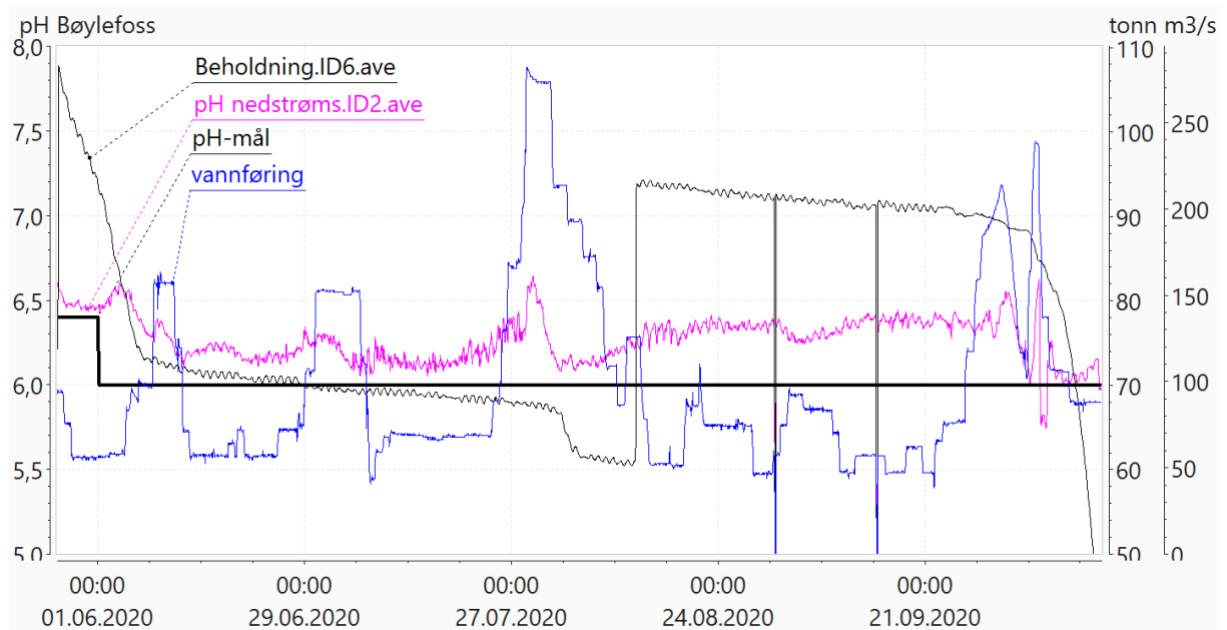
Om våren og forsommeren ble det kalket med doser mellom 1 og 2 g kalksteinsmel/m<sup>3</sup>. Sommer og første del av høsten var det ikke behov for dosering fra anlegget. Likevel ble det dosert ca. 13 tonn for å hindre at kalksteinsmel stivnet i beholdningstanken og dermed svekket doseringsevnen (Figur 2). Tiden det ikke var behov for kalking varte i 17 uker fra 7. juni til 4. oktober bare avbrutt av en kort periode 2. og 3. august, da det ble dosert 5 tonn i forbindelse med en flom. Om høsten ble det dosert med noe større variasjon i dosene, og de kunne nå opp mot 3 g/ m<sup>3</sup>. Det ble totalt dosert 3827 tonn kalksteinsmel. Anlegget fikk nye forsyninger av kalk 111 ganger. Akkumulert kalkforbruk i Figur 3 viser hvordan kalkdoseringen ble fordelt gjennom året.

Figur 4 viser pH i lakseførende strekning av elva sammen med pH-målet gjennom året. Det oppsto en del kortvarige tilfeller med pH under målet. Majoriteten av disse inntraff utenfor den mest intense smoltutvandringstiden. Noen få tilfeller oppsto mot slutten av denne perioden, men det antas at smolten dette året allerede hadde forlatt elva. Vanntemperaturen ved Rykene underbygger også dette, da 8 °C ble passert ca. 24. april. Normalt vil 25 % av smolten være utvandret fire dager etter

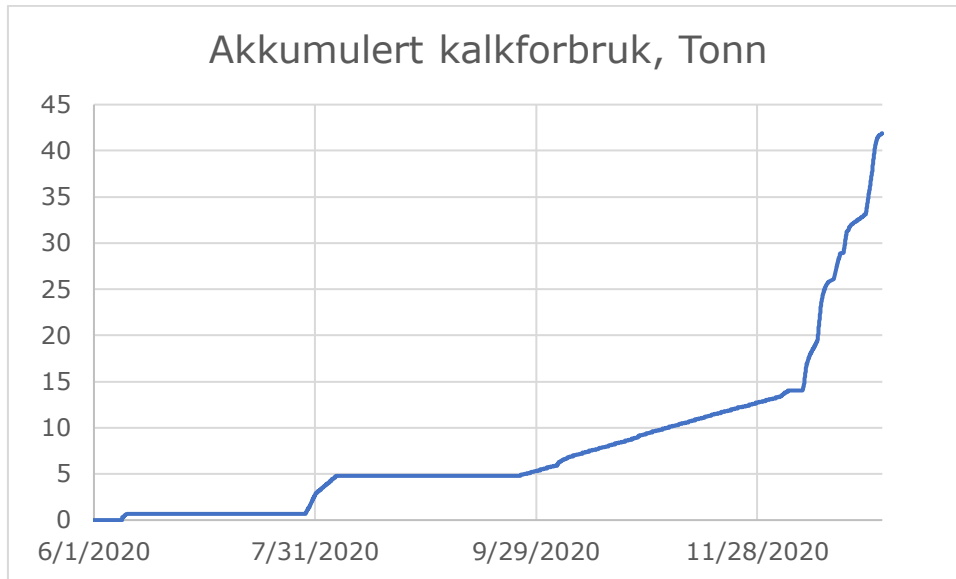
dette. (Gabrielsen m.fl. 2021). Det er overveiende sannsynlig at all smolt var utvandret en måned etter dette. Alle tilfellene er listet i *Tabell 1*.

*Tabell 1. Antall timer pH var under målet i hele lakseførende strekning av Arendalsvassdraget. Totalt utgjorde dette ca. 12 dager i 2021*

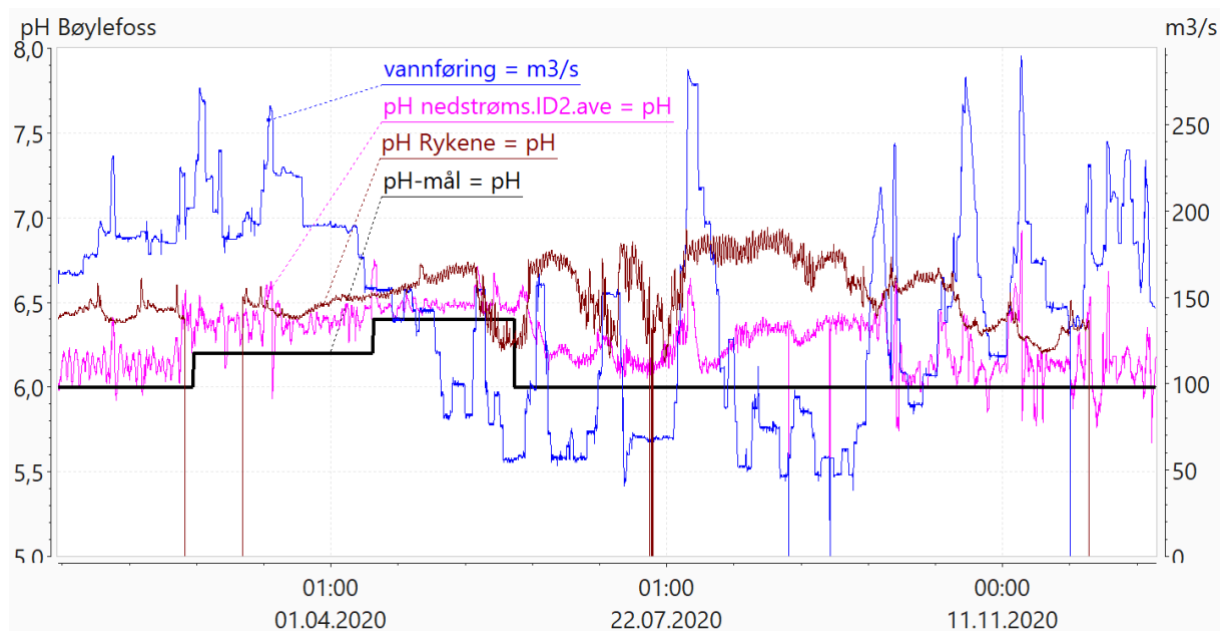
Dato	Timer under pH-målet Eivindstad	Rykene	Laveste verdi pH	pH-avvik
20.01.2021	14		5,9	0,1
25.02.2021	18		6,1	0,1
23.05.2021		9	6,3	0,1
24.05.2021		8	6,3	0,1
25.05.2021		16	6,3	0,1
26.05.2021		19	6,3	0,1
26.05.2021		124	6,2	0,2
04.12.2021	5,9		5,9	0,1
11.12.2021		65	5,8	0,2
30.12.2021		13	5,7	0,3



Figur 2. Vannføring og pH nedstrøms Bøylefoss doseringsanlegg i juni og juli 2021 sammen med pH-målet og nivået i beholdningstanken.



Figur 3. Akkumulert kalkforbruk på Bøylefoss doseringsanlegg gjennom året 2021.



Figur 4. Vannføring ved Bøylefoss doseringsanlegg, pH nedstrøms anlegget og ved Rykene sammenstilt med pH-målene gjennom året.

## 2.2 Gauperå doseringsanlegg i Songeelva

Lakseproduksjonen i Arendalsvassdraget er vesentlig lavere enn ventet i forhold til antall oppvandrende fisk (Haraldstad m. fl. 2014). Et av forbedringstiltakene er å tilrettelegge for økt produksjon i sidevassdragene. Songeelva er en slik elv som har stort potensiale for lakseproduksjon, men elva har vært sporadisk sur (Høgberget 2014). Smoltfangst foretatt i elva har vist at tross marginal vannkjemi, har elva en viss lakseproduksjon (Haraldstad 2018). Lakseførende strekning i

elva er 11,6 km. Oppvandringshinderet beskrives å være ved Gauperå, men det hevdes at laks kan vandre forbi dette punktet ved visse vannføringer. Doseringsanlegget er plassert ca. 1,2 km oppstrøms oppvandringshinderet. Doseringen blir styrt etter vannføring og pH oppstrøms og nedstrøms dosereren (Figur 1). pH-stasjonen nedstrøms anlegget er plassert i en avstand på 3 km fra anlegget.

### 2.2.1 Kvalitet og kontinuitet av den automatiske loggingen

Det foreligger komplette loggeserier fra anlegget ble satt i gang den 22. april 2020 til ut året 2020. Disse dataene ble innhentet fra MikaCom, se 1.3. Verdier for vannstand, silonivå, pH-oppstrøms anlegget og pH nedstrøms anlegget er alle intakte dataserier. Imidlertid vises det i perioder urealistiske tall for pH både oppstrøms og nedstrøms anlegget. pH nedstrøms anlegget viste låste eller lineært stigende/synkende verdier i til sammen nesten tre uker. Det er uvisst hva som er årsaken til dette.

Miljøkalk (leverandøren av doseringsanlegget) har utarbeidet en sammenheng mellom målt vannstand og vannføringen. Den er gjengitt i Figur 5 som viser lavvanns og flomverdier i et tidsintervall. Vannføringen kan være nokså nøyaktig beregnet, da en middelflom (beregnet med 0 % klimaeffekt) ved doseringsanlegget er beregnet til 17 m<sup>3</sup>/s (NIFS flomverdier, NVE).

### 2.2.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Fra oppstart ble det logget data også i en tid før kalkingen begynte. Nær identiske pH-verdier ble da vist oppstrøms og nedstrøms anlegget. Imidlertid oppsto en del pH-dropp ved måleren oppstrøms anlegget (Figur 6). Disse var ikke reelle. pH oppstrøms og nedstrøms anlegget opphørte å følge hverandre i juli (Figur 7), og manglende reaksjon på kalking 28.juli tyder på at noe var galt også med pH nedstrøms anlegget (Figur 8). Ved befaring foretatt 11. august ble det konstatert feil ved sensorplasseringen som medførte at sensoren målte i sediment (sand). Stigende pH-verdier som måtte nedjusteres oppsto flere ganger oppstrøms anlegget, og var mest fremtredende i en periode i oktober (Figur 9).

### 2.2.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

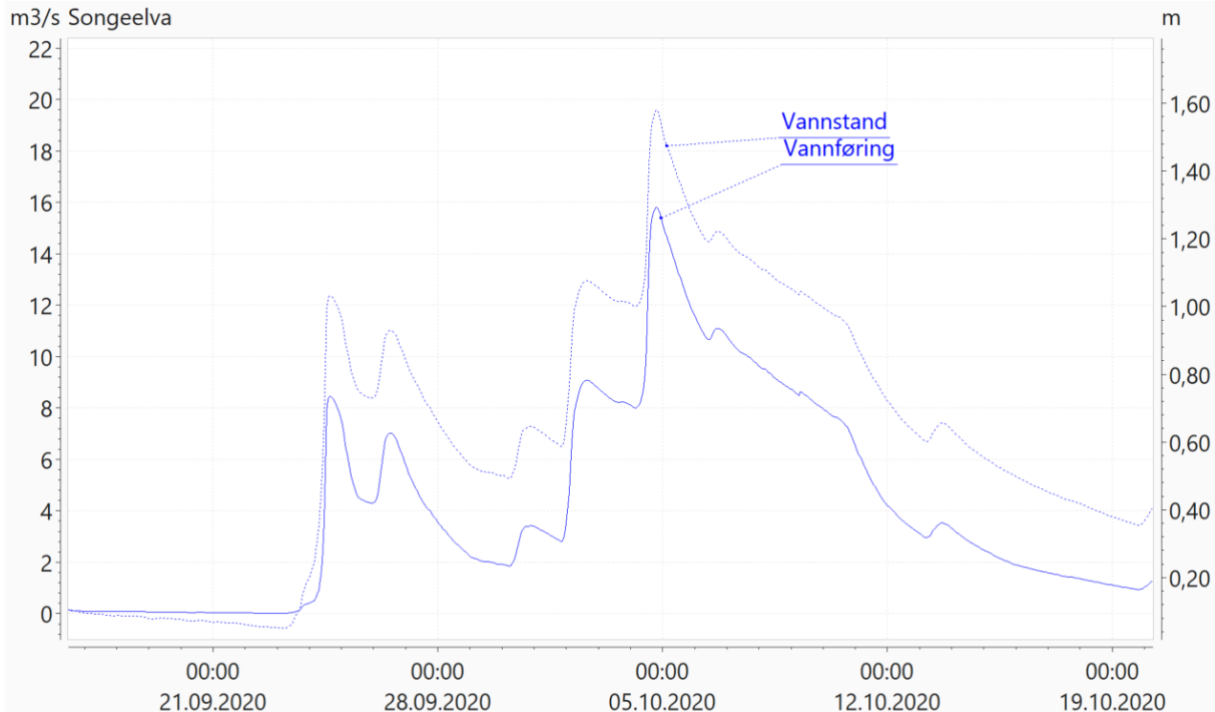
Eksisterende data viser at anlegget ble fylt opp med kalk den 4. juni. Den første doseringen startet den 8. juni 2020. Om sommeren var det to lange perioder uten dosering i 7 uker fra 10. juni og nye 7 uker fra 5. august. Det ble deretter dosert kontinuerlig om høsten unntatt i to korte perioder med manglende dosering da anlegget gikk tom for kalk i tre dager den 6. desember og ca. en dag den 20. desember. Det ble totalt dosert 41 tonn med kalksteinsmel. Figur 10 viser akkumulert kalkforbruk gjennom året. Kurven viser at anlegget i oktober og november kalket med nær konstant dosering. Det betyr at dosene varierte en del, da vannføringen varierte mye. Langtidsdosene vise imidlertid at gjennomsnittlige doser var lave (0,2 – 0,4 g/ m<sup>3</sup>), men med høyere konsentrasjoner i desember (0,9 – 1,5 g/ m<sup>3</sup>).

Start av dosering fra anlegget begynte etter perioden med utvandrende smolt var over. Målet for doseringen var derfor å opprettholde pH ≥ 6,0 gjennom hele resten av året. Det var mange avvik fra dette målet, til sammen 18 dager. Mange av avvikene var store, med pH 5,1 som laveste nivå. De fleste av periodene med for lav pH var også langvarige, se *Tabell 2*. Årsakene til disse tilfellene var flere. Ved flom den 5. juni med reduksjon til pH 5,7, tok det tre dager før doseringen fra anlegget begynte. I løpet av flommen ble pH nedstrøms anlegget redusert til pH 5,5 før doseringen startet og effekter av doseringen begynte (Figur 11). Det samme forløpsmønsteret gjentok seg ved neste flom den 26. juli. Reaksjonstiden på anlegget var da to dager før doseringen begynte og pH ble redusert til

pH 5,3 før forsuringskurven kulminerte. Ved flom den 24. september startet en nærmest konstant dosering som vedvarte ut oktober. Tre flommer oppsto i denne tiden som alle ble kalket med tilstrekkelig høye doser for å opprettholde pH > 6. Et unntak antas å være målefeil. Denne er merket med «usikker» i *Tabell 2*. Anlegget gikk tom for kalk den 6. desember under en stor flom. Dette resulterte i pH-reduksjon nedstrøms anlegget til pH 5,2. I den forbindelsen var pH under målet i over en uke, og laveste pH ble opprettholdt i over 30 timer (Figur 12). Under årets siste flom ble det dosert høyere doser enn tidligere registrert. PLS-dosene var da i området 1,8 - 3 g/m<sup>3</sup>. Det var ikke tilstrekkelig høye doser til å unngå for lav pH (pH 5,7) (Figur 13). Figur 14 viser pH nedstrøms anlegget sammen med vannføring og pH-målene i hele rapporteringsperioden.

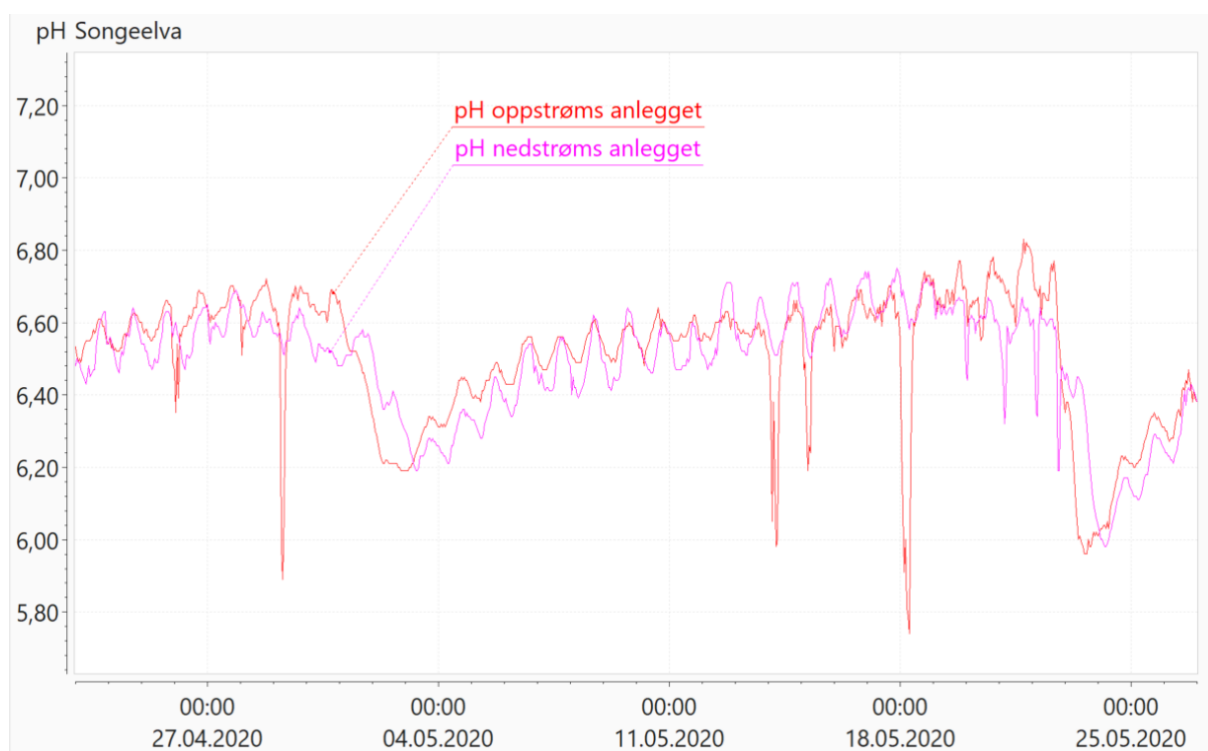
Tabell 2. Antall dager med pH under målet i Songeelva året 2020.

Dato	Dager under pH-målet i Songeelva	pH-avvik	Merknader
05.06.2020	1,7	0,5	
27.07.2020	3,2	0,7	
04.10.2020	0,9	0,2	
08.11.2020	2,3	0,6	Usikker
04.12.2020	6,3	0,8	
13.12.2020	1,4	0,9	
27.12.2020	1,8	0,3	

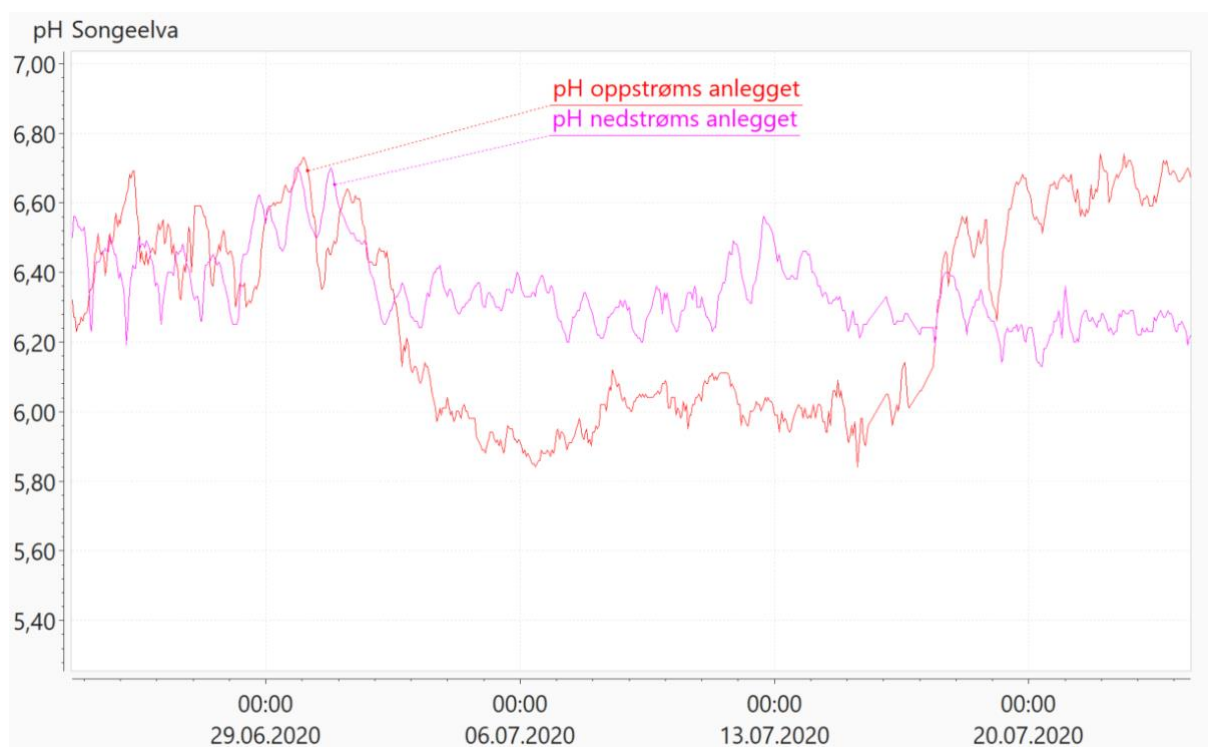


Figur 5. Eksempel på relativ vannstand med tilhørende vannføring i Songeelva. Beregningene er utarbeidet av anleggsleverandøren, Miljøkalk.

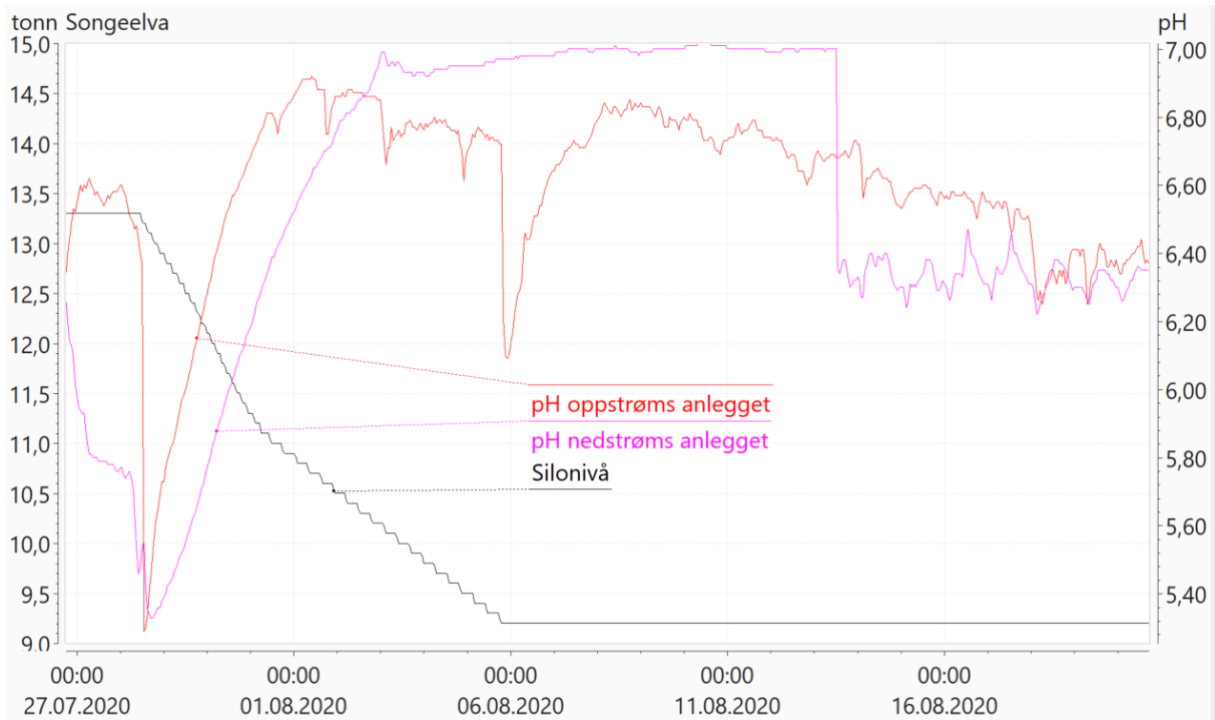




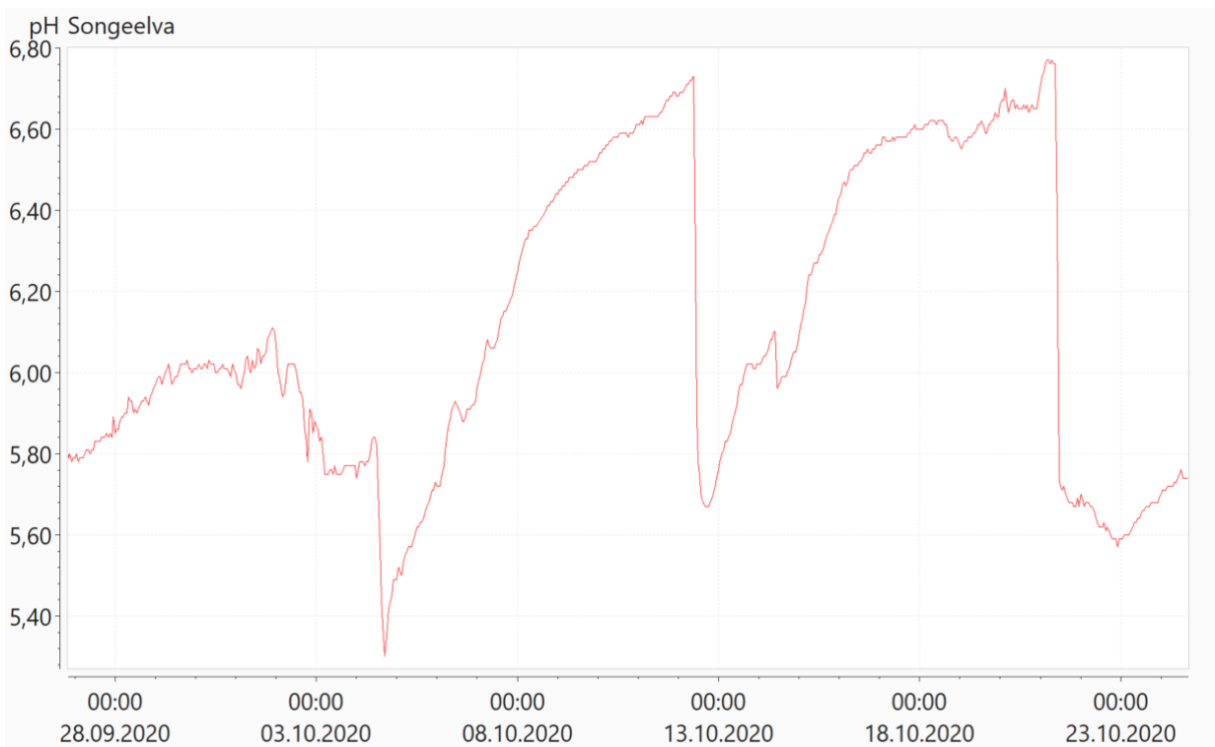
Figur 6. pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget i Songeelva i mai 2021.



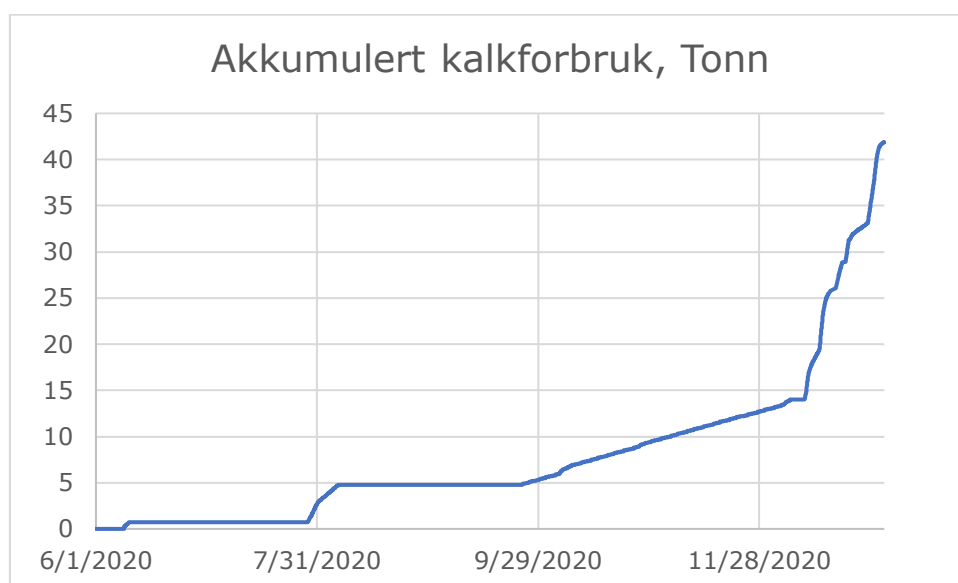
Figur 7. pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget slutter å følge hverandre den 2. juli selv om det ikke ble kalket.



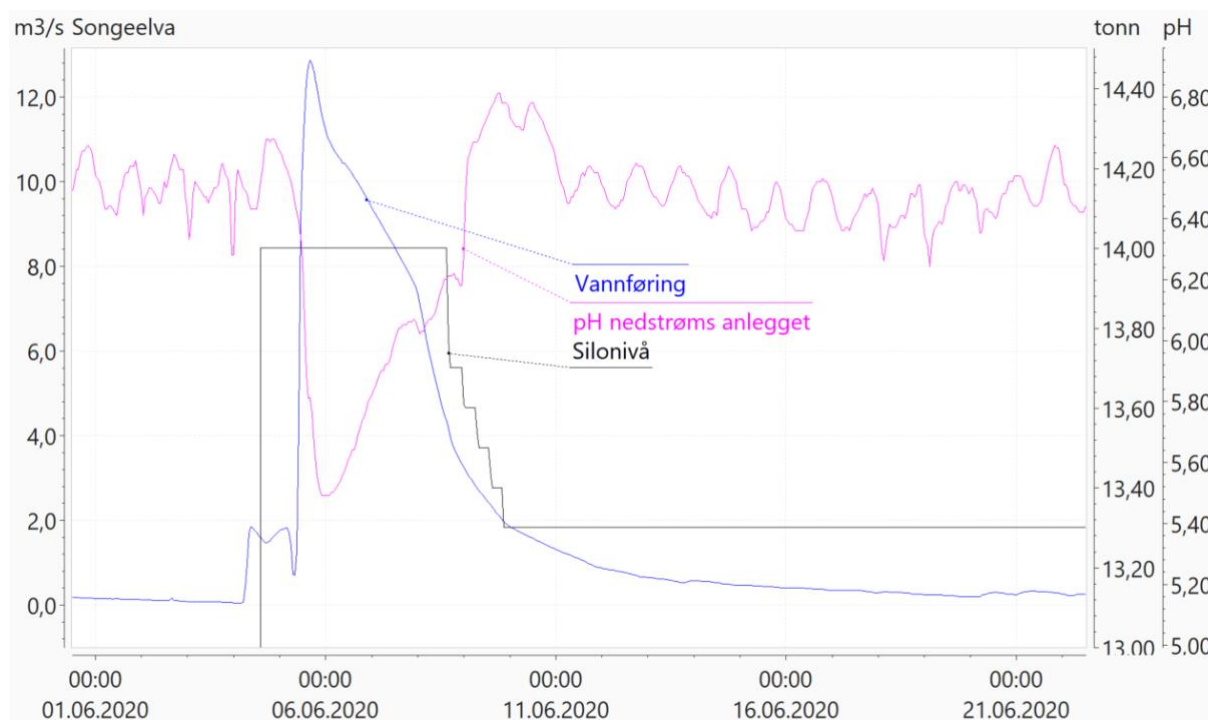
Figur 8. pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget sammen med silonivået som indikerer at det doseres. pH nedstrøms anlegget reagerer ikke på tilført kalk.



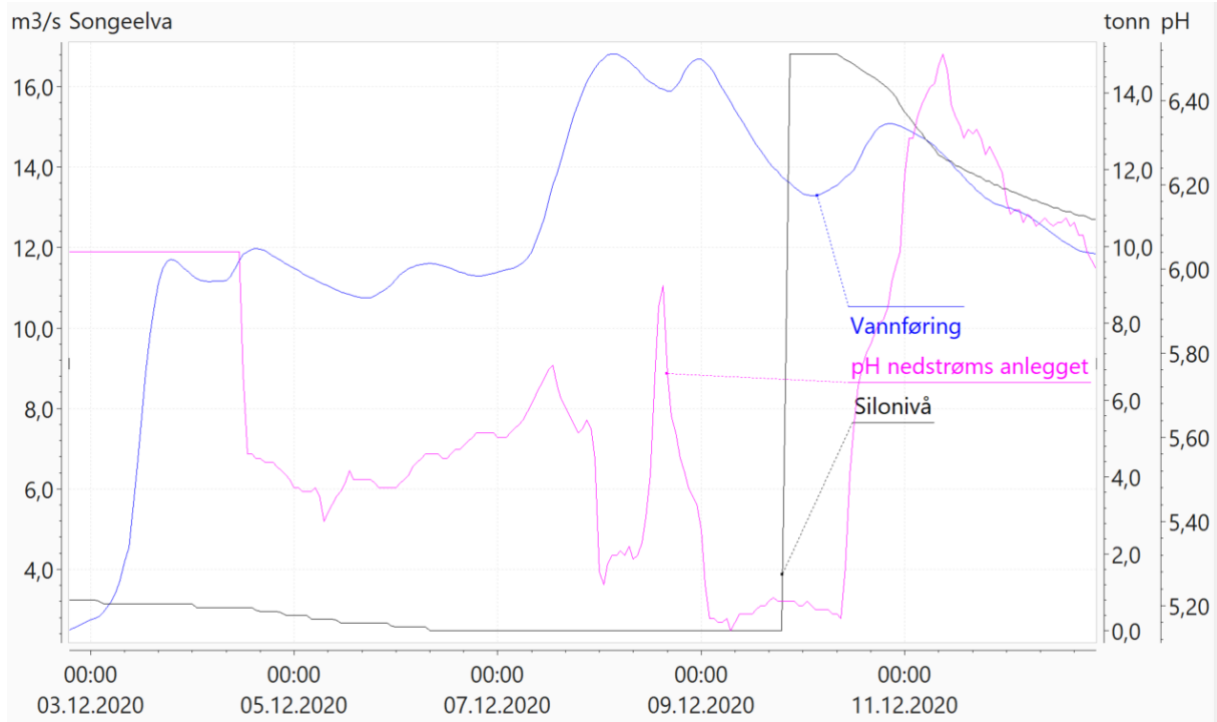
Figur 9. pH oppstrøms anlegget i oktober. Stadig stigende pH måtte nedjusteres flere ganger.



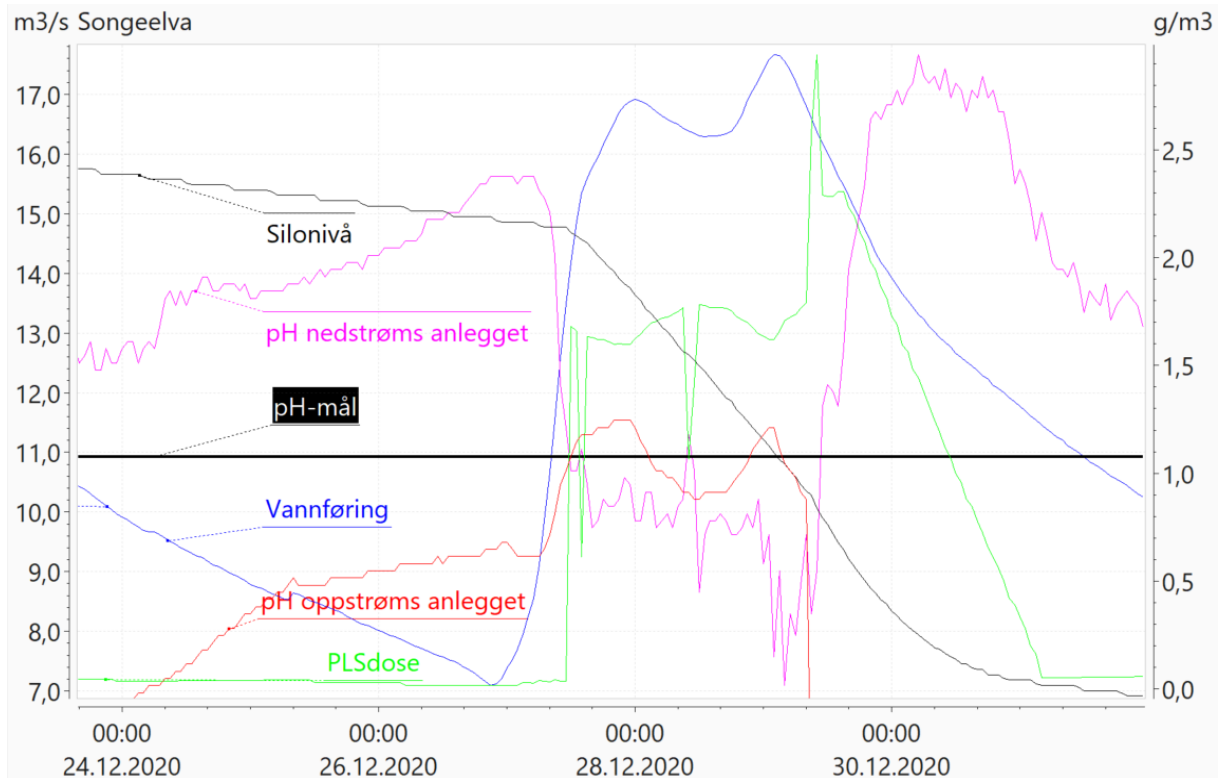
Figur 10. Akkumulert kalkforbruk i Songeelva i 2020.



Figur 11. Silonivå, vannføring og pH nedstrøms anlegget i juni 2020. Doseringen begynte for seint.



Figur 12. Silonivå, vannføring og pH nedstrøms anlegget da anlegget gikk tom for kalk. pH før den 4. desember er ikke reell.



Figur 13. Silonivå, vannføring, PLS-dose og pH oppstrøms og nedstrøms anlegget sammen med pH-målet i desember. Dosere var ikke tilstrekkelig store til å avverge for lav pH i elva.



Figur 14. pH og pH-mål gjennom hele året 2020 sammen med vannføringen.

## 3 Vurderinger og forslag til tiltak

Songeelva er en periodisk sur elv. Det betyr at den normalt har en akseptabel vannkvalitet for laks, men blir sur under flom. Doseringsanleggets oppgave er å dosere kalk i disse flommene slik at vannkvaliteten blir akseptabel hele tiden. Dette skjer i liten grad, og det er nesten like mange pH-dropp som om elva ikke skulle vært kalket. Det er flere årsaker til dette:

- For sen oppstart av doseringen.
- For lave kalkdoser under flom.
- Anlegget går tom for kalk under flom.

### 3.1 For sen oppstart av doseringen

Spesielt i de første månedene etter oppstart av anlegget var det lang tid fra behovet for kalk oppsto til doseringen satt i gang. En typisk forsurepisode i Songeelva varer i ca. en uke, og er lavest i begynnelsen av perioden. Ingen kalk ble tilført i denne fasen, og det varte 2 – 3 dager før doseringen startet. Slike forhold fører det til negative effekter på parr (Kroglund og Rosseland 2004). Ønsket effekt av doseringen i hele forsurepisoden ble da minimal/fraværende.

Om høsten var det langt kortere reaksjonstid på anlegget. Dette har sammenheng med innjustering av anlegget ved større vektlegging på pH-reduksjon oppstrøms anlegget. Doseringen ved første behov under flom den 24. september ble meget god, men ved raskt fallende pH i flom den 4. oktober kom ekstra dosering i gang 6 - 7 timer for seint. Dette resulterte i reduksjon til pH 5,6 nedstrøms anlegget. Ved de påfølgende flommene ble ikke ekstra dosering utløst fordi anlegget doserte med tilstrekkelig høy grunddosering til å avverge lav pH eller fravær av korrekte pH- verdier umuliggjorde kontroll av riktig doseringseffekt.

Det er 3 km fra doseringspunkt til pH-stasjonen nedstrøms anlegget. Fallet på denne strekningen er ca. 35 m hvor ca. ¼ utgjøres av Gauperåfallet (oppvandringshinderet). Doseringsdata viser at et tar 6 timer fra dosering til vannet når pH-stasjonen. Vannhastigheten er da 1,2 km/time ved økende flom fra 7 til 15 m<sup>3</sup>/s. Songeelva responderer meget raskt ved store nedbørsmengder. Reaksjonstiden er derfor for lang ved eksisterende plassering av pH nedstrøms-stasjon. Kompenserende tiltak er gjennomført for å bedre forholdene, men tiltaket er ikke tilstrekkelig. Enten må pH-stasjonen flyttes nærmere anlegget, og eventuelt utstyres med et raskere responderingssystem i styringselektronikken, eller pH oppstrøms anlegget som styringsparameter må tunes bedre inn.

### 3.2 For lave kalkdoser under flom

Anlegget kalket med for lave doser under flom. Dette var spesielt framtreddende under sene høstflommer. Et eksempel på dette er gitt i Figur 15. pH oppstrøms var da lav, men stigende, noe som teoretisk muligens kan ha påvirket doseberegningene. I Figur 13. var pH oppstrøms ikke kalibrert, og for høy. Dette påvirket dosene fra anlegget. Ved kalibrering (nedjustering) 29. desember, økte dosene umiddelbart. Dette gav økede pH på nedstrøms-stasjonen ca. 2 timer senere. Vannføringen var da 17 m<sup>3</sup>/s.

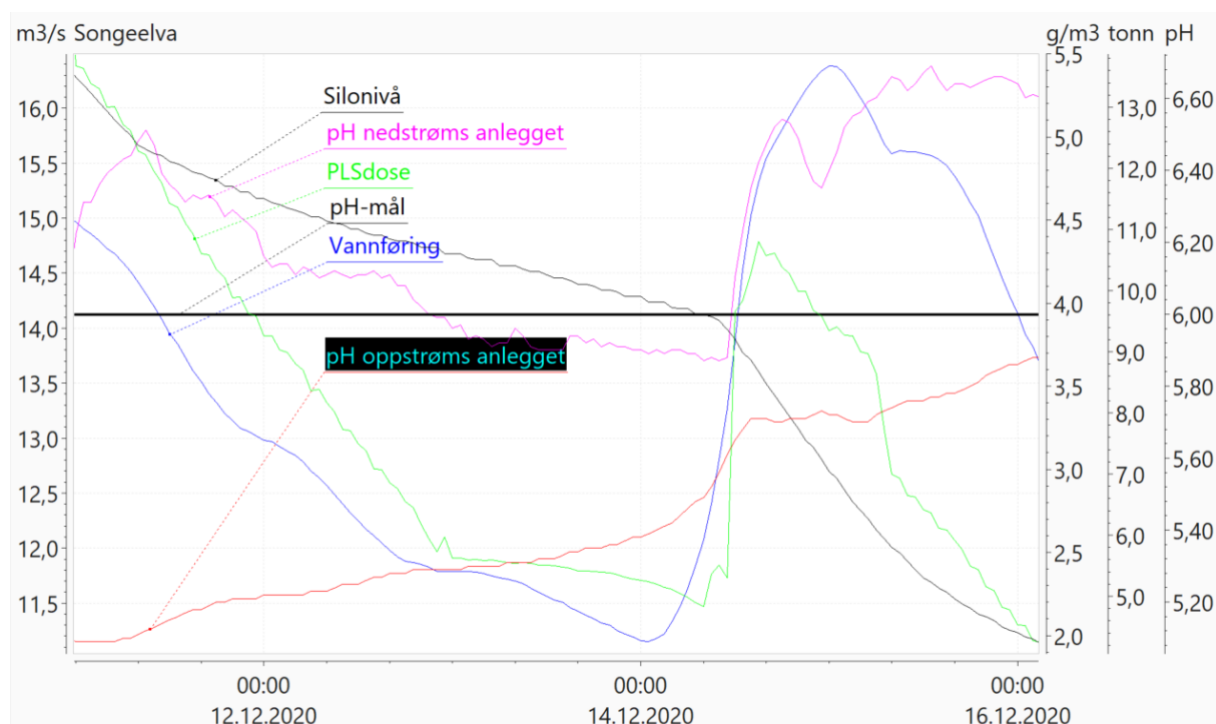
For at doseringen skal fungere optimalt er det viktig at pH oppstrøms til enhver tid måler korrekt. Dersom det er fysiske faktorer til hinder for dette, må disse forholdene utbedres.

### 3.3 Anlegget går tom for kalk under flom

Anlegget gikk tom for kalk to ganger i desember (6. og 20. desember). Vannføringen i elva var da konstant høy, og varierte i området 7 – 17 m<sup>3</sup>/s. pH ble i det ene tilfellet redusert til 5,2. Det er spesielt viktig å følge opp med nye kalkforsyninger da effekten av manglende dosering har så store konsekvenser for lakseparr. Dersom denne episoden hadde oppstått i smoltifiseringsperioden, hadde det vært ødeleggende for lakseproduksjonen i elva.

### 3.4 Sensorplassering for pH nedstrøms anlegget

pH ved Songeelva doseringsanlegg blir målt med pH-sensorer plassert under vann i elveleiet. Dermed unngås pumping av vann til en målekyvette på land. En viktig forutsetning for pålitelige pH-målinger er da at sensoren er riktig plassert i elva. I Songeelva var denne plassert slik at sand kunne sedimentere rundt sensoren og dermed hindre vannstrømmen rundt sensoren. Dette resulterte i feil målinger. Dersom det ikke er funnet ny plassering til sensoren må dette gjennomføres. Plasseringen må være slik at det ikke oppstår sedimenteringsproblemer, tørrlegging ved lavvannsføring eller isdannelse om vinteren. Sensoren må også være godt beskyttet mot drivende gjenstander som kan skade utstyret og være upåvirket av lokalt overflate- og grunnvann i nærområdet av sensoren.



Figur 15. Silonivå, vannføring, PLS-dose og pH oppstrøms og nedstrøms anlegget sammen med pH-målet i perioden 11. – 16. desember. Stigende pH oppstrøms kan ha for stor betydning for doseberegningene.

## 4 Referanser

- Gabrielsen, S.-E., Haraldstad, T. & Lamberg, A. 2021. Nidelva – Kunnskapsoppsummering av fiskebiologiske forhold. NORCE LFI Rapport nr. 406.
- Haraldstad, T. 2018. Smoltutvandring Nidelva 2018. NIVA notat j.nr.: 1337/18.
- Haraldstad, T. Güttrup, J. og Haugen, T. O. 2014. Smoltutvandring i Nidelva 2014 - Utprøving av tiltak for nedvandrende smolt ved Rygene kraftverk. NIVA rapport 6760.
- 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. 2014. Songeelva som potensiell lakseprodusent og kalkingslokalitet. NIVA rapport 6597.
- 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.
- Høgberget, R. og Håvardstun, J. Skancke L. B. 2020. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. År 2019. NIVA-rapport 7502.
- Høgberget, R. Tveiten, L. 2011. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2010.
- Kaste, Ø., Håvardstun, J. Høgberget, R. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA-rapport 5595.
- Kroglund, F. og Rosseland B. O. 2004. Effekter av forsureningsepisoder på parr- og smoltkvalitet til laks. NIVA rapport 4797.

## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



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)