

Evaluering av et lite kalkdoseringsanlegg utviklet for kalkdosering etter pH-krav i små elver. Monebekkdosereren.



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

Tittel Evaluering av et lite kalkdoseringsanlegg utviklet for kalkdosering etter pH-krav i små elver. Monebekkdosereren.	Løpenummer 7521-2020	Dato 24.06.2020
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 19

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet rapport M-1767 2020	Oppdragsreferanse Helge Tjøstheim
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17134

Sammendrag

For å redusere redusere/eliminere blandsonereffekter og sikre lakseproduksjon i Monebekken ble et kalkingsanlegg etablert i 2018 som et FOU-prosjekt. Målet med dette er å kunne levere stabil pH for laks med rimelige løsninger, og dermed danne en standard for hvordan slike anlegg bør være ved etablering i andre sure sidevassdrag med laks. Denne rapporten er en vurdering av om målet er oppnådd.

Doseringsanlegget doserte til stadighet langt mer kalk enn ønskelig, men hadde også mange tilfeller med manglende dosering som medførte sur elv og uegnete forhold, spesielt for laksesmolt. Årsaken var ofte både for sein start og stopp av dosering i forbindelse med flom. Det foreslås forbedringstiltak på eksisterende styringssystem, alternativt styringsteknologi som muliggjør raskere responstid. Dette er spesielt viktig ved lave vannføringer. Det foreslås forsøkt etablert en multivariat PID-reguleringsteknikk som er spesielt beregnet på rask respons ved uønsket tilstandsutvikling. Ved benyttelse av et slikt system, vil pH oppstrøms anlegget være overflødig som styringsparameter.

Fire emneord	Four keywords
<ol style="list-style-type: none"> Vassdrag Kalkdosering Evaluering Doseringsteknikk 	<ol style="list-style-type: none"> River system Lime dosing Evaluation Dosing technique

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

Rolf Høgberget
Prosjektleder

Sondre Meland
Forskningsleder

ISBN 978-82-577- 7256-7
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Evaluering av et lite kalkdoseringsanlegg
utviklet for kalkdosering etter pH-krav i små
elver.**

Monebekkdosereren

Forord

NIVA har gjennom hele Tovdalskalkingens historie gjennomført rapportering av den vannfaglige effekten av doseringen fra kalkdoseringsanleggene. Oppdragsgiver er stiftelsen Tovdalskalk v/ Birkenes kommune som er direkte støttet av Miljødirektoratet ved fylkesmannen i Agder. Som et tillegg til denne aktiviteten har NIVA akseptert en forespørsel fra Miljødirektoratet v/Helge Tjøstheim om en tilsvarende gjennomgang av effektiviteten til Monebekk-dosereren.

Miljøkalk har levert elektroniske data. Manuelle pH-data er levert av Olav B. Tveite og Sven Arne Ånensen. Sven Arne Ånensen har vært behjelpelig med informasjon og tilrettelagt befaringsanlegget.

Grimstad, 24.06.2020

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	8
1.1	Bakgrunn.....	8
1.2	Formål.....	8
2	Metoder	9
2.1	Rapporteringen.....	9
2.2	Doseringen.....	9
3	Doseringseffektiviteten	11
3.1	Kvaliteten av måledata	11
3.1.1	pH nedstrøms anlegget	11
3.1.2	Vannføring.....	11
3.1.3	Veiedata	11
3.1.4	Dosering	12
3.2	pH og doser.....	12
4	Vurderinger	15
4.1	Doseringskvaliteten og effekten målt som pH.....	15
4.2	pH og forventet effekt på fisk.....	15
5	Forslag til forbedringer	17
5.1	Doseringskapasiteten	17
5.2	pH-styringssystemet	17
6	Referanser	19

Sammendrag

Fangststatistikkene viser en betydelig bedring av fangstene av laks i forsurete sørlandselver siden kalkingen av disse elvene startet. Likevel er lakseproduksjonen alt for lav i forhold til hva som teoretisk er mulig. Kalkingen i Tovdalselva har stabilisert laksebestanden på et nivå lavere enn gytebestandsmålet. En del av årsaken kan være blandsoneproblematikk i forbindelse med sideelver. For å redusere og/eller eliminere disse effektene i Monebekken ble det i 2018 etablert et kalkingsanlegg som et internt FOU-prosjekt. Målet er å kunne levere stabil pH for laks med rimeligere løsninger enn et ordinært kalkdoseringsanlegg. Anlegget, som er bygget av Miljøkalk, er pH-styrt, og driftes uten bruk av nettstrøm. pH-målene for Tovdalselva bør også gjelde for Monebekken. Doseringsanlegget bør derfor innstilles etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målene. Anlegget må dosere nøyaktig. Ideelt innebærer dette at driften er kontinuerlig, uten utilsiktet avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig uten overdosering i vesentlig grad. Formålet med denne rapporten er å vurdere om dette oppnås. Rapporten baserer seg på data innhentet av MikaCom, et styrings-, presentasjons- og lagringsverktøy som er utviklet av Miljøkalk, og manuelle pH-målinger foretatt med et felt-pHmeter. Dette pH-meteret er tilknyttet et organisert interkalibreringsarbeid, pH-lauget.

Når anlegget er ferdig utviklet, og alle tilpassinger er gjort, vil det kunne danne en mal for hvordan andre tilsvarende anlegg bør bygges opp.

Anlegget doserer tørrkalk rett i elva. Utmatingen skjer gjennom en form for pulsdosering der skruene går i en fast rotasjonshastighet, driftstid/oppholdstid tidsstyres. Maksimum-minimum dosering er 24000-160 kg/døgn. For beregning av kaldoser er det montert målere for pH oppstrøms og nedstrøms anlegget, samt vannstand og vekt av kalkbeholdning.

Det var godt samsvar mellom verdier fra pH-logger og målte punktverdier av pH. Forholdet mellom vannstand og vannføring er basert på manuelle vannføringsmålinger foretatt av Miljøkalk.

Flomverdier ut over de målte er lagt inn som ekstrapolering. Derfor er de beregnede dosene usikre. Veiedataene av beholdningstanken inneholder en feilkilde i eventuell akkumulering av snø på toppen av tanken. Avlesingene var stabile unntatt data senere enn ca. 15. mars 2020, da de ble for dårlige til å kunne benyttes ved doseberegninger. Doserings-signalet viser ingen god sammenheng med vektavtaket i kalkbeholdningen.

Doseringsanlegget doserte langt mer enn ønskelig, og produserte dermed ofte en høy pH i elva. Overdoseringen resulterte i hvitfarget elvebunn som følge av uoppløst kalk. Dette forringet bunnssubstratet, men hadde også en positiv effekt ved at kalk i sedimentene ble løst opp tidlig under flom når vannføringen før flommen var nokså høy (2-2,5 m³/s). Dette motvirket forsurening. Imidlertid oppsto lav pH når vannføringen før flom var lav. Årsaken var for sein start og stopp av dosering, og pH ble da for lav ved flom i ca. 4 – 5 timer med påfølgende stor overdosering. Grenseverdiene for labil aluminium (LAI) overskrides hver gang pH blir for lav i forhold til pH-målet, og LAI øker ved lavere pH. Forhold som oppsto i Monebekken ved de laveste pH-nivåene i smoltifiseringstiden, gav sannsynligvis dødelighet på laksesmolt.

Eksisterende doseringsanlegg kan benyttes med vannføring opp mot ca. 185 m³/s. Den laveste doseringen fra anlegget er for ca. 1,2 m³/s. Dette gjør anlegget uegnet til dosering i små og mellomstore sideelver. Dersom gangtiden kan reduseres, vil dette være et tiltak som setter doseringskapasiteten mer i forhold til behovet. Dersom dette ikke er mulig, bør alternativ doseringsteknikk vurderes. Pulsdosering med lange intervaller mellom hver dosering øker risikoen for pH-pulsering i effektområdet. Et system som baserer seg på kortere intervaller vil redusere slike effekter.

pH-nedstrøms anlegget som prosess-signal bør plasseres slik at tilbakemeldingstiden etter dosering ikke blir for lang. Anlegget er utstyrt med en step-regulering som i prinsippet reagerer seint. Det foreslås forsøkt etablert en multivariat PID-reguleringsteknikk som er spesielt beregnet på rask respons ved uønsket tilstandsutvikling. Kjemisk kalkoppløsningsstid og vannhastighet er variable

faktorer som da må aktiveres i styringsprogrammet. Målet for bruk av PID-styring må være å kunne plassere pH-måleren nedstrøms anlegget vesentlig nærmere doseringsanlegget. Ved benyttelse av et slikt system, vil pH oppstrøms anlegget være overflødig som styringsparameter.

Summary

Title: Evaluation of a small calcification plant specialized for calcium dosing by pH requirements in small rivers

Year: 2020

Author: Rolf Høgberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577- 7256-7

To reduce/eliminate mixing zone effects and ensure salmon production in Monebekken, a calcification plant was established in 2018 as a developing project. The aim of this is to be able to deliver stable pH for salmon with affordable solutions, thus creating a standard for how such facilities should be when establishing in other acidic side waterways with salmon. This report is an assessment of whether the goal has been achieved. The plant doses dry lime right into the river, and is richly equipped to produce correct doses. Active parameter data is logged, and relevant data is used in the reporting work. The dosing plant was constantly dosed far more than desirable, but also had many cases of lack of dosing that resulted in acidic river and unsuitable conditions, especially for salmon smolt. The cause was often both for late start and stop of dosing in connection with flooding. The plant is oversized in relation to the need for dosing in small and medium tributaries of salmon. Pulse dosing is used on the plant. Reduced dosing time between breaks can set the dosage capacity more in relation to the need. Alternative dosing technique should be considered. Any new management system should be programmed so that the process signal downstream dose can be placed near the plant to reduce the feedback time at low water flows. It is proposed that a multivariate PID regulation technique is proposed specifically designed for rapid response in case of unwanted condition development. When using such a system, the pH upstream system will be superfluous as a control parameter

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Fullskala kalking av store lakseelver på Sørlandet har vært et tema fra den første elva ble fullkalket i 1985 (Audna). Siden har mange elver blitt fullkalket med kontinuerlig kalking fra kalkdoseringsanlegg. Fangststatistikkene av laks viser en betydelig utvikling fra nesten 0 tonn før kalking til flere år over 10 tonn i syv av de kalkete elvene (Miljødirektoratet 2019). Dette er en svært positiv utvikling, men sett i forhold til potensialet for lakseproduksjon i disse elvene, er fiskefangstene beskjedene. For Tovdalselva sin del var gjennomsnittlig årsfangster de siste 10 årene ca. 1400 kg, (2018 er unntatt grunnet manglende vannføring, og derfor var lav fangst). Dette står i skarp kontrast til tidligere tider, da kong Christian II av Danmark eide fiskeretten, og leide den ut på åremål for en avgift på omkring 10 tonn saltet laks og 100 spekelaks for Boen-fisket, (Norske Lakseelver, Boen Gård). Mange forhold har forandret seg siden den gang, hvor forsuringen som begynte før 1900, og var på sitt værste midt på 1980- tallet, har vært den største kilden til bortfall av laksebestanden. Kalkingsprosjektet i Tovdalselva begynte i 1996 med oppstart av flere store doseringsanlegg, og avansert styringsteknologi med dosering etter pH-krav på et anlegg i lakseførende strekning. Dette førte til en rask økning av bestanden, men stabiliserte seg siden på et moderat nivå lavere enn gytebestandsmålet (Anon 2016) selv om driften av anlegget gjennom mange år var meget god (Høgberget mfl. 2018). Det er bekymringer knyttet til blandsoneproblematikken nedstrøms alle sure tilløpsbekker og småelver. Dette er et sette av kjemiske reaksjoner som oppstår mellom kalket og ukalket aluminiumsrikt vann som gir negative effekter på fiskeoverlevelse (Kroglund mfl. 1998). Et ledd i optimaliseringen av kalkingsvirksomheten er derfor å redusere påvirkning fra blandsoner gjennom kalking av sure sideelver. Monebekken er en slik sur lokalitet, og det ble gjennomført vurderinger omkring kalkingsbehovet i 2013 (Høgberget 2014). Et kalkingsanlegg etablert som et internt FOU-prosjekt hos fylkesmannen i Agder, hvor målet var å kunne levere stabil pH for laks med rimeligere løsninger enn et ordinært kalkdoseringsanlegg, ble bygget av Miljøkalk i 2018. Anlegget er pH-styrt, og driftes uten bruk av nettstrøm. Det er utarbeidet en enkel rapport om teknikken og status pr. september 2019. (Lysnes 2019).

1.2 Formål

Behovet om enkel og billig, men nøyaktig doseringsteknologi for å sikre vannkvaliteten i sidevassdrag til de store kalkete laksevassdragene er stort, spesielt i små lakseførende elvene. Derved unngås blandsoneproblematikk i hovedelvene etter samløp, samtidig som det gir grunnlag for yngelproduksjon i sideelvene. Monebekkdosereren er et slikt doseringsanlegg. Det er montert mye utstyr som gjør anlegget i stand til å dosere nøyaktig etter pH.

Det er definert pH-mål for lakseførende strekning av Tovdalselva. Disse er for tiden 6,0 fra 1. januar til 15. februar, pH 6,2 i perioden 15. februar til og med 14. april, pH 6,4 i perioden 15. april til 1. juni og pH 6,0 resten av året. Da Monebekken er lakseførende, gjelder disse målene også her. Doseringsanlegget bør derfor innstilles etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målet. Det er avgjørende for et økonomisk og miljømessig forsvarlig resultat at anlegget doserer så nøyaktig som mulig. Ideelt innebærer dette at driften er kontinuerlig, uten utilsiktet avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig uten overdosering i vesentlig grad. Formålet med denne rapporten er å belyse disse punktene.

Når anlegget er ferdig utviklet, og alle tilpassinger er gjort, vil det kunne danne en mal for hvordan andre tilsvarende anlegg bør bygges opp.

2 Metoder

2.1 Rapporteringen

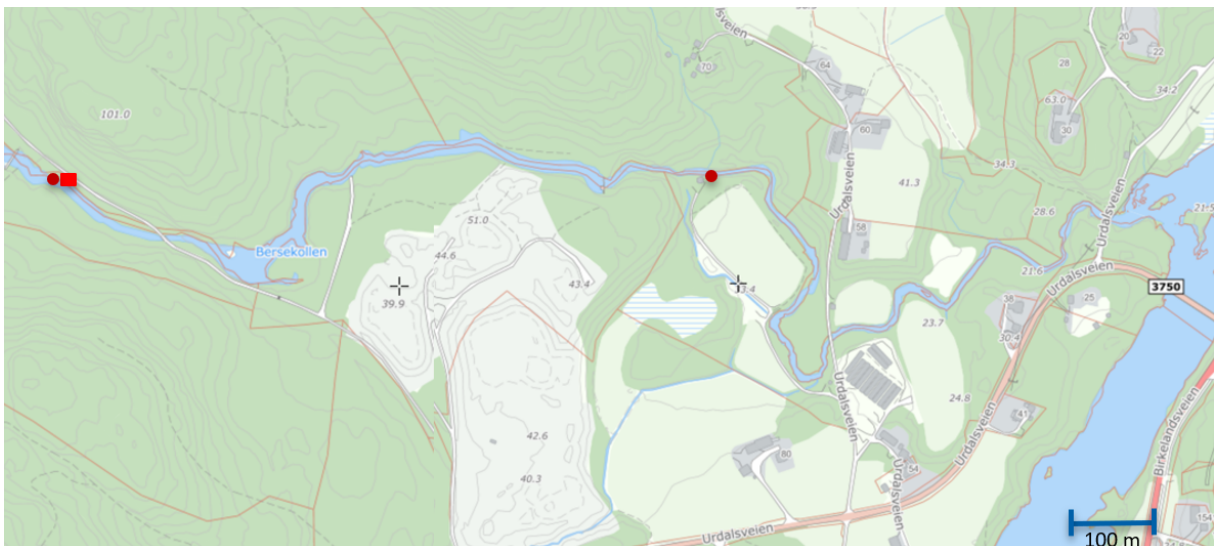
Resultatene i rapporten baserer seg på data innhentet av MikaCom, et styrings-, presentasjons- og lagringsverktøy som er utviklet av Miljøkalk, en avdeling av Franzefoss Minerals. Dette er systemet som er installert på anlegget for drift og styring av kalkdoseringen. I tillegg er det innhentet manuelle pH-målinger fra kalkingsoperatøren og andre rutineprøver som innhentes for kjemianalyser på oppdrag fra fylkesmannens miljøvernavdeling (FM). Denne rapporten omhandler ikke kjemiske resultater, bare pH og andre fysiske data som kan påvirkes gjennom drift og styring av anlegget. Alle manuelle pH-målinger ble registrert med et felt-pH-meter tilhørende stiftelsen Tovdalskalk. Dette pH-meteret er tilknyttet et interkalibreringsarbeid som gjennomføres med samtlige felt-pH-metere som benyttes av kalkingsoperatører på pH-styrte anlegg i Agder (pH-lauget). Denne aktiviteten finansieres av FM og organiseres av NIVA.

2.2 Doseringen

Anlegget er plassert ca. 1,65 km (målt i elvelengde) oppstrøms utløpet av bekken i Tovdalselva. Det doserer tørrkalk rett i elva gjennom et hulrom i betongfundamentet (Figur 1). Et sett med framtrekksskruer benyttes til utmatingen. Utmating av kalk skjer gjennom en form for pulsdosering der skruene går i en fast rotasjonshastighet, men driftstiden varierer med behovet. Minimum driftstid er 4 sekunder, og minimums oppholdstid er 10 minutter, med mulighet for manuelle innstillinger til kortere oppholdstid. Maksimum-minimum dosering er 24000160 kg/døgn. Ved lavere behov enn 160 kg/døgn stopper dosereren. To pH-målere er installert for beregning av kalkdoser. pH oppstrøms dosereren er plassert på anlegget, mens pH nedstrøms anlegget er etablert ca. 800 m (i elvelengde) nedstrøms anlegget (Figur 2). En kraftverksdam for et mikrokraftverk fordrøyer oppholdstiden på det kalkete vannet før det når pH-nedstrømsmåleren.



Figur 1. Tørt kalksteinsmel doseres ut i et rom under anlegget med gjennomstrømmende bekkevann. Det doseres med en fast doseringshastighet.



Figur 2. Doseringsanlegg (rød firkant) og målepunkter for pH (røde sirkler) oppstrøms anlegget, og 800 m nedstrøms anlegget, (Kartkilde Norkart).

3 Doseringseffektiviteten

3.1 Kvaliteten av måledata

Et pH-styrt doseringsanlegg benytter informasjon for beregning av doseringen fra to forskjellige parametere, pH og vannføring. For korrekt dosering må begge disse registreres nøyaktig. Dersom pH nedstrøms doseringspunktet benyttes, vil en korrektur av feilinnstilt dosering basert på pH oppstrøms anlegget og vannføring være mulig. pH nedstrøms anlegget er derfor den viktigste parameteren for korrekt dosering. For beregning av doser benyttes enten doseringen (mekanisk dosert kalk pr. tid) eller vekttapet i kalkbeholdning pr. tid. Det siste er ofte tilfellet ved kontroll av dosene over tid, også kalt langtidsdoser (Høgberget og Hindar 1998). Veiedata av beholdningstanken er da en viktig måleparameter.

3.1.1 pH nedstrøms anlegget

pH nedstrøms anlegget ble logget fra 23. mai 2019 (oppstrøms fra 10. mai). Anlegget hadde dosert kalk fra 10. mai, og ca. 2 tonn hadde blitt dosert da den førte effekten ble dokumentert gjennom pH-loggingen. Figur 3 viser godt samsvar mellom pH-log og målte pH-verdier, spesielt de som ble målt i felt. Laboratorieverdiene var enkelte ganger noe lavere, men viste vanligvis samsvarende verdier med feltmålingene og pH-loggen.

3.1.2 Vannføring

Miljøkalk har selv foretatt målinger med flygel og utarbeidet en foreløpig tabell som benyttes til å beregne vannføringen (Tabell 1). Forholdet mellom vannstand og vannføring er basert på disse manuelle vannføringsmålingene, som ble foretatt ved en kjørebru ca. 150 m nedstrøms doseringsanlegget. Vannstandsloggen på anlegget var stabile. Vannføring ble etablert som logg 10. mai 2019. Flomverdier ut over det registrerte er lagt inn på skjønn, da det foreløpig mangler måledata på høye vannstander. Tabellen er ikke kvalitetssikret. Derfor kan de beregnede dosene være usikre.

Tabell 1. Foreløpig tabell med vannstander og tilhørende vannføringsmålinger i Monebekken.

Dato	Målestav ved anlegget m	Vannføring m ³ /s
11.03.2019	0,35	1,94
31.03.2020	0,2	0,37
-	1,43	25,17

3.1.3 Veiedata

Vekt av beholdningstanken er en parameter som ble introdusert samtidig med vannføringen. Monebekk-anlegget er et «åpent» anlegg uten innebygd beholdningstank. Det vil derfor være en feilkilde i eventuell akkumulering av snø på toppen av tanken. I det meste av perioden var kvaliteten på veiedataene tilstrekkelig stabile til å kunne beregne langtidsdose, men fra ca. 15. mars 2020 var disse dataene for ustabile til å kunne benyttes til slike beregninger, (Figur 4).

3.1.4 Dosering

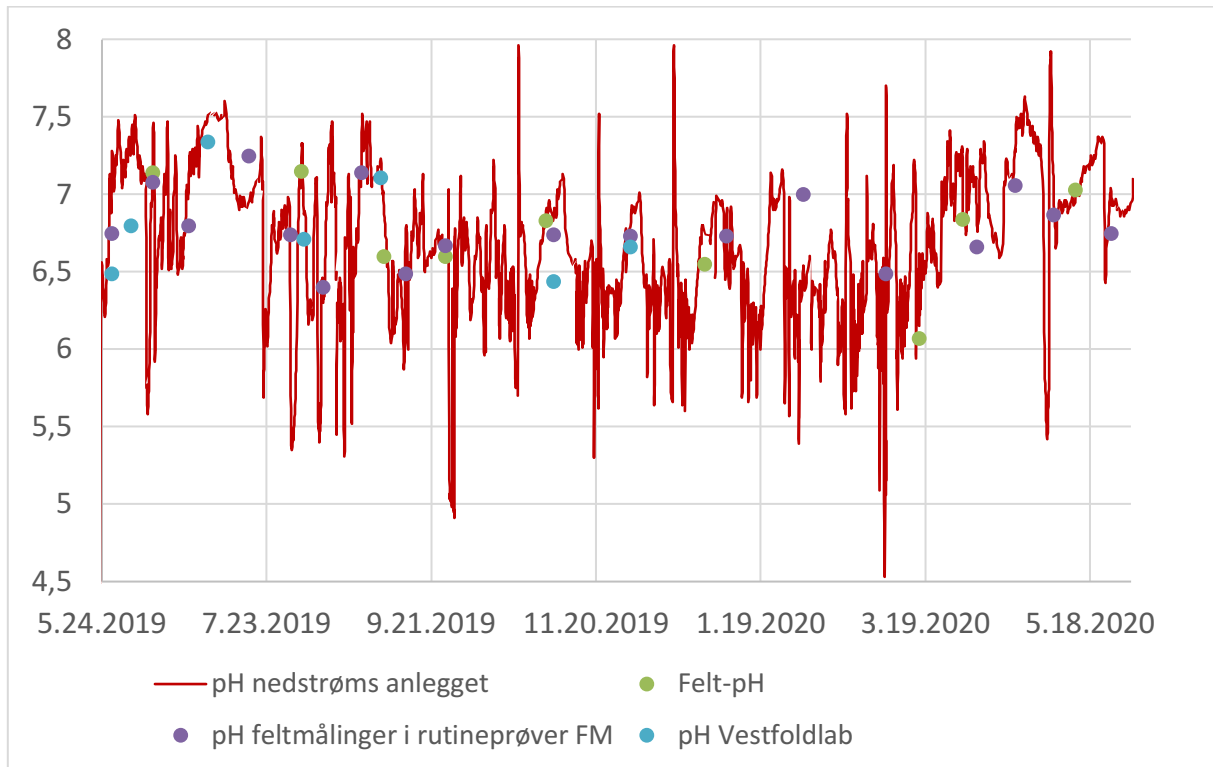
Doseringssignalet viser ingen god sammenheng med vektavtaket i kalkbeholdningen (silonivå). Dette gjør denne parameteren vanskelig å benytte til å beregne styringssystemets doser (pls-doser). Figur 5 viser hvordan avtaket i beholdningen vedvarer selv om doseringssignalet tilsier ingen dosering.

3.2 pH og doser

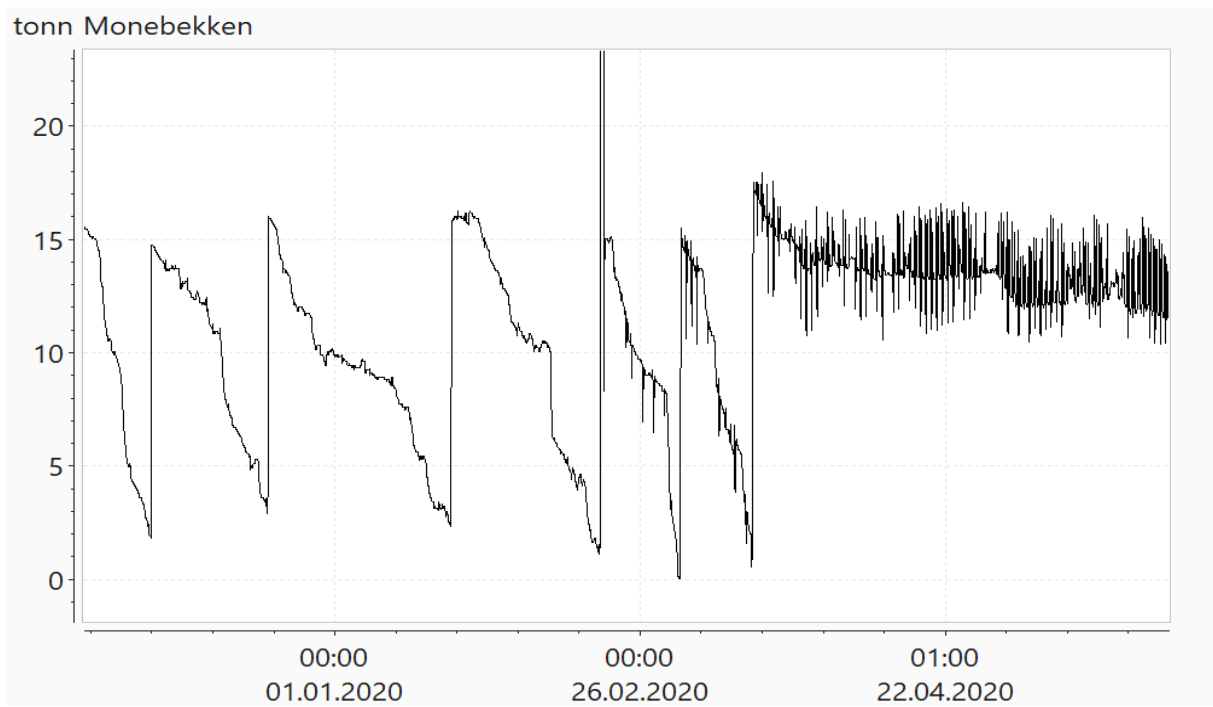
Det er store variasjoner i pH nedstrøms doseringsanlegget. Figur 3 viser ofte pH 6,0-6,5, men også lange perioder med pH >7. Relativt ofte har pH også droppet til i området pH 5,5 – 5,7. Dette oppsto ca. 30 ganger i løpet av registreringsperioden. Langvarige dropp (< 8 timer) er listet i Tabell 2. Det er vanskelig å dokumentere de aktuelle momentandosene på grunn av unøyaktighetene i tilgjengelige doseringsdata. Imidlertid gir langtidsdosene et godt bilde av de gjennomsnittlige kalkkonsentrasjonene i elva (Figur 6). Disse viser at dosene har vært svært høye, spesielt før 15. oktober 2019, da de var ca. 5 g/m³, og med nivåer helt opp mot 15 g/m³. Fra 15. oktober til midt i februar var dosene noe lavere, gjennomsnittlig 2,5 g/m³. Data fra våren 2020 er vanskelig å tyde på grunn av meget ustabile tall i doseringsloggen.

Tabell 2. Antall dager med for lav pH i forhold til målene i Tovdalselva. Totalt var pH for lav i 14 dager.

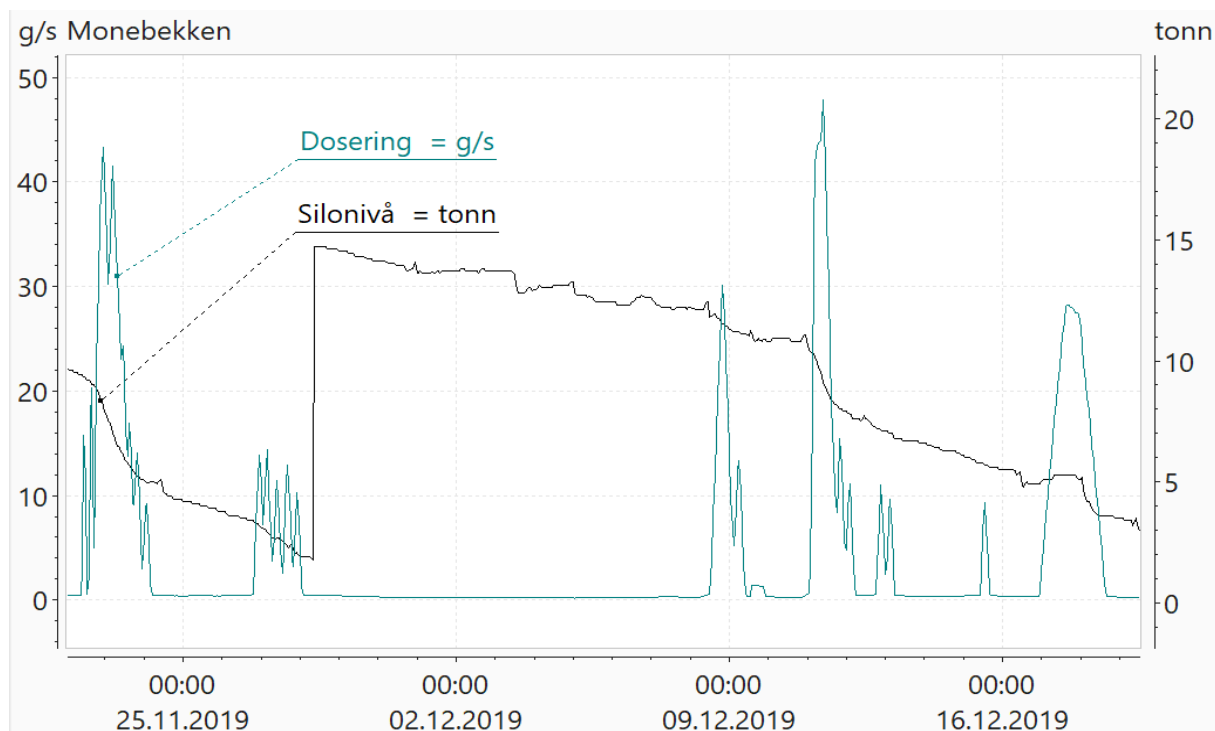
Dato	Dager under pH-målet Monebekken	Laveste verdi pH	Avvik fra pH-mål
09.06.2019	1,4	5,6	0,4
31.07.2019	2	5,4	0,6
10.08.2019	1,2	5,4	0,6
20.08.2019	0,4	5,3	0,7
22.08.2019	0,4	5,5	0,5
27.09.2019	1,2	5	1
28.09.2019	0,8	4,9	1,1
23.10.2019	1	5,7	0,3
21.11.2019	0,3	5,6	0,4
17.12.2019	0,8	5,7	0,3
21.12.2019	0,3	5,7	0,3
11.01.2020	0,3	5,7	0,3
17.01.2020	0,3	5,7	0,3
18.02.2020	0,8	5,6	0,6
03.03.2020	0,7	4,5	1,7
01.05.2010	1,6	5,4	1



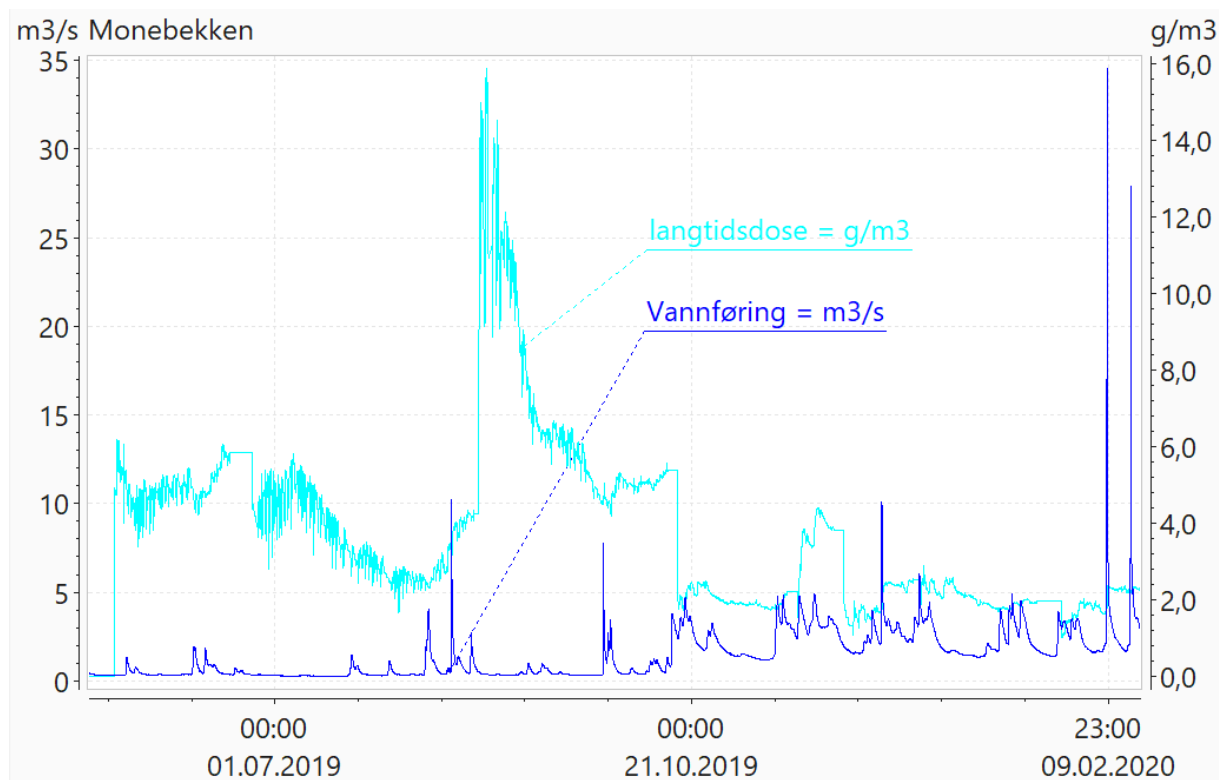
Figur 3. pH nedstrøms Monebekken doseringsanlegg. Rød graf er loggete data fra MikaCom. «Felt-pH» er kalkingsoperatørens stikkprøver med felt-pHmeter. pH varierte mye over tid, og var ofte for lav.



Figur 4. Ustabil vektavlesing hindrer alternative beregninger av kaldosene i Monebekken (langtidsdose).



Figur 5. Vektavtak i kalkbeholdning og doseringssignalet på Monebekken doseringsanlegg. Det er ingen god sammenheng mellom faktisk dosering og doseringssignalet.



Figur 6 Langtidsdoser og vannføring i Monebekken. Langtidsdosene gir det beste bildet av kalkdosene i elva.

4 Vurderinger

4.1 Doseringskvaliteten og effekten målt som pH

Behovet for kalk til nøytralisering av det sure vannet i Monebekken er beregnet til ca. 1,5 g/m³ (Høgberget 2014). Doseringsanlegget doserte langt mer, og produserte dermed en høyere pH i elva enn ønskelig. Figur 7 viser resultatet av overdosering, en hvitfarget elvebunn som følge av uoppløst kalk. Det mest optimale pH-nivået for ugiftig aluminium er vurdert til å være i området pH 6,4 (Hindar m.fl 2015). Overgår pH vesentlig dette nivået, vil det medføre dårligere fiskehabitatet ved at uoppløst kalk sedimenteres og forringer bunnssubstratet. I Monebekken var dette tilfelle en stor del av tiden. En positiv effekt var at kalk i sedimentene ble løst opp under flom. Dette medførte høyere pH i begynnelsen av noen flomutviklinger og motvirket dermed forhold som oppstår på grunn av for sein oppstart av kalking ved behov. Tidsforløpet synes å følge et mønster som er beskrevet i neste avsnitt.

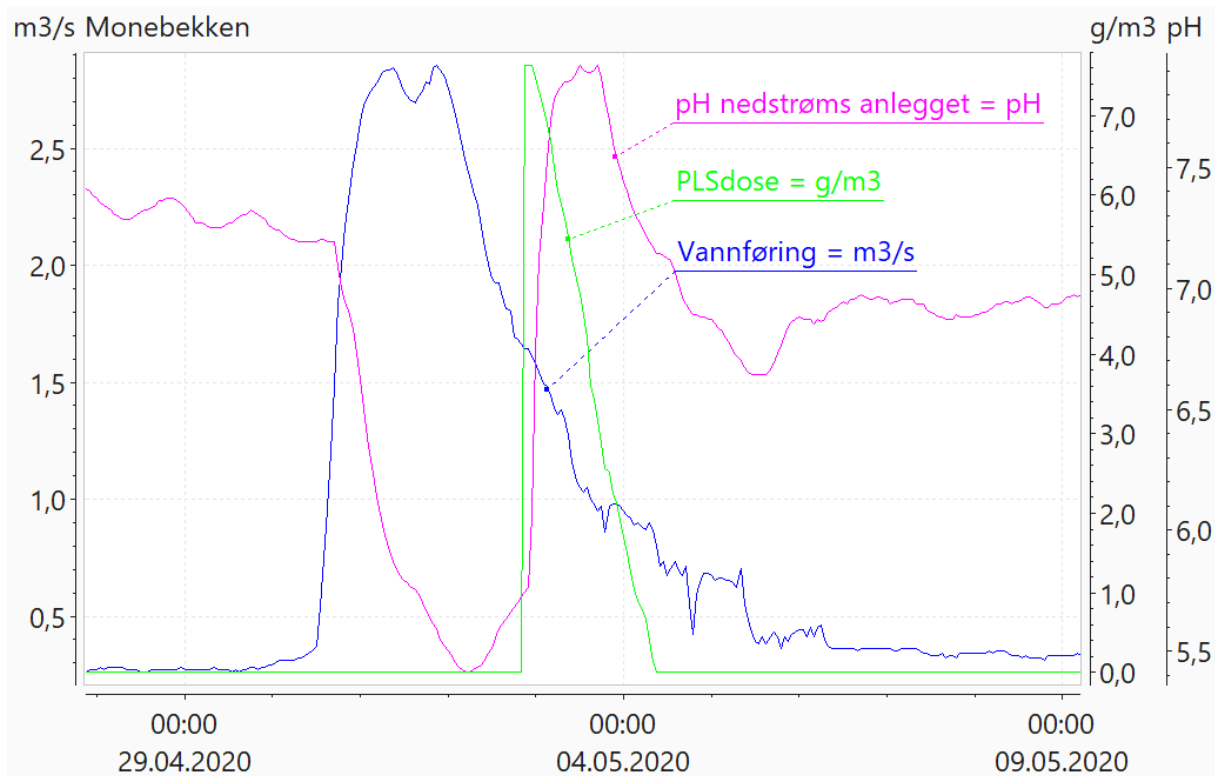
Det oppsto ofte tilfeller der pH ble høy i etterkant av flommer. Årsaken synes å være for høye kalkdoser når flommene kumulerte. Figur 8 viser at dette skyldes for sein økning av doseringen som reaksjon på fallende pH og deretter sein reaksjon på høy pH. Ofte oppsto tilfeller der pH forble lav ved økt vannføring i ca. 4 – 5 timer med påfølgende stor overdosering. De fleste av disse tilfellene oppsto når vannføringen var lav, og regnvær førte til moderat høy vannstand (Figur 8). Enkelte flommer ble imidlertid kalket med riktige doser på rette tid. Eksempel på dette vises i Figur 9. Disse var store flommer hvor resuspensjon av sedimentert kalk sannsynligvis bidro til tilstrekkelig høye doser i begynnelsen av flommene. Vannføringen før flomutviklingen var i disse tilfellene nokså høy (ca. 2 - 2,5 m³/s), slik at reaksjonen fra pH nedstrøms anlegget ble relativt kort.

4.2 pH og forventet effekt på fisk

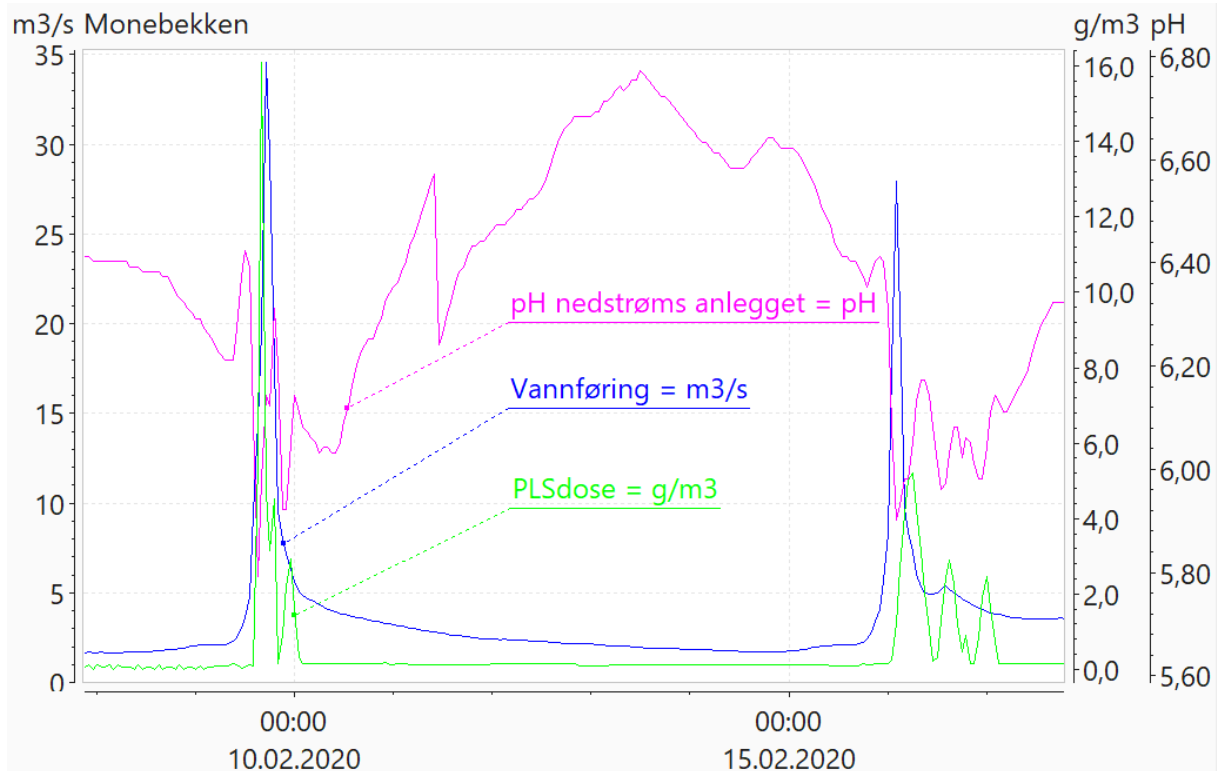
Monebekk-anlegget er etablert for å gjøre vannkvaliteten tilstrekkelig god for laks. Toleransenivået for labilt aluminium (LAI) varierende avhengig av hvilket livsstadium laksen er på. Det er generelt ingen god sammenheng mellom LAI og pH, men LAI-konsentrasjonen øker ved redusert pH. Dette er også dokumentert i Monebekken (Høgberget 2014). Laks i smoltifiseringsperioden er spesielt utsatt. LAI-konsentrasjonen i denne tiden bør ikke overgå 10 µg/l, (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). Dette overskrides hver gang pH blir for lav i forhold til pH-målet, og øker ved lavere pH. Kroglund og Rosseland fastslår at tilsvarende forhold som ved de laveste pH-nivåene i smoltifiseringstiden, og den lange tiden dette ble registrert, gir dødelighet på laksesmolt (Kroglund og Rosseland 2004).



Figur 7. Foto av sedimentert kalksteinsmel i en høl ca. 200 m nedstrøms Monebekken doseringsanlegg.



Figur 8. For sein og for høy dosering i forbindelse med flomutvikling i Monebekken.



Figur 9. Eksempel på flommer som ble riktig dosert vinteren 2020.

5 Forslag til forbedringer

5.1 Doseringskapasiteten

Eksisterende doseringsanlegg er dimensjonert til å dosere 24 tonn/døgn. Dette tilsier at anlegget kan benyttes i elver med vannføring opp mot ca. 185 m³/s (dose 1,5 g/m³). Utmatning av kalk er ca. 278 g/s når mateskruene er i drift. Den laveste kapasiteten er utmatning i 4 sekunder i løpet av maksimum 10 minutters intervall. Vannføringen som anlegget kan dosere for er da minimum 1,2 m³/s. Dette gjør anlegget uegnet til dosering i små og mellomstore sideelver, da lavere vannføring enn dette kombinert med surt vann ofte er tilfellet. Eksempelvis er Monebekken beregnet til å gi maksimum vannføring i en 20 årsflom til 17,5 m³/s. midlere vannføring er 0,55 m³/s, (NVEs Nevina-målepunkt er valgt ved oppgangshinder for anadrom laksefisk). Vannføringen kan være vesentlig lavere enn dette i lange perioder. Dersom gangtiden kan reduseres til 1 sekund, vil dette være et tiltak som setter doseringskapasiteten mer i forhold til behovet. Dersom eksisterende minimum gangtid er satt for å sikre dosering, bør alternativ doseringsteknikk vurderes.

Pulsdosering med lange intervaller mellom hver dosering øker risikoen for pH-pulsering i effektområdet. Et system som baserer seg på kortere intervaller vil redusere slike effekter.

5.2 pH-styringssystemet

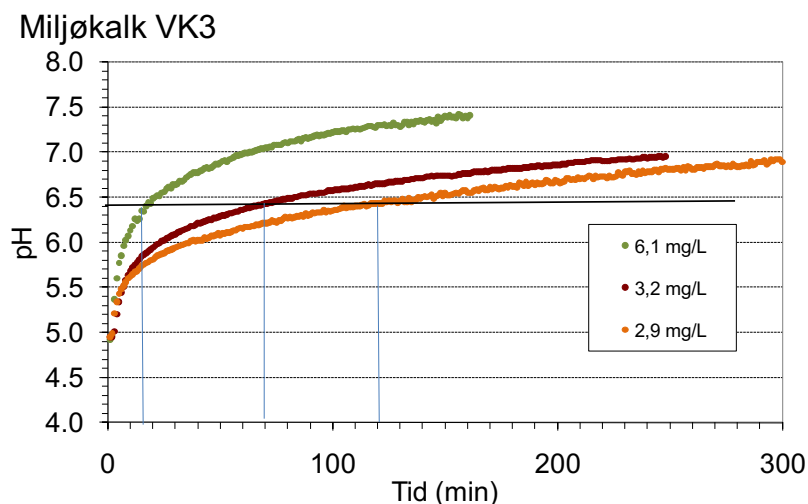
pH-nedstrøms anlegget som prosess-signal bør plasseres slik at tilbakemeldingstiden etter dosering ikke blir for lang. Dette oppstår ofte i Monebekken (Figur 8). Anlegget er utstyrt med en step-

regulering som i prinsippet er sent reagerende. For justering av reaksjonsnivået settes to konstante tidsfaktor, en doseringstid og en tid mellom doseringene. En korrekt justering av disse tidskonstanter reduserer injusteringstiden til satt pH nedstrøms anlegget, men dette tar uansett noe tid.

PID-reguleringsteknikk er spesielt beregnet på rask respons ved uønsket tilstandsutvikling. Prinsippet bygger på integrering av avviket fra ønsket verdi over en satt tid (integralvirkning, I). Dersom det er mulig å benytte en slik form for prosess-styring ved kalkdosering i elv, vil målet om stabil pH til enhver tid kunne oppnås. Imidlertid er det to faktorer som gir utfordringer:

- Kjemisk kalkoppløsningstid fra tilsatt kalk til pH-effekt er treg (Figur 10).
- Tilbakemeldingstiden forandres vesentlig i forhold til vannføring.

Bruk av multivariat PID-regulering vil kunne benyttes dersom nøyaktige opplysninger kan settes om kalkoppløsningstider og vannhastigheter ved ulike vannføringer. Målet må være å kunne sette pH-måleren nedstrøms anlegget vesentlig nærmere doseringsanlegget. Den største utfordringen vil være å beregne hvilken pH-settverdi som skal gjelde ved ulike vannføringer for å oppnå pH-målet ved lakseførende strekning av elva. Ved benyttelse av et slikt system, vil pH oppstrøms anlegget være overflødig som styringsparameter.



Figur 10. Forsøk foretatt med Miljøkalk VK3 kalk som viser hvor langsom kalken løser seg opp og gir høyere pH. (Kroglund og Teien 2009)

6 Referanser

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

Kroglund, F, Teien, H.C. 2009. Komparative studier mellom kalksteinsmel (Miljøkalk VK3, Miljøkalk NK3) og kalkslurry BIOKALK 75. Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for plante- og miljøvitenskap. ISSN 0805 -7214

Kroglund, F, Teien, H.C., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Kvellestad, A. 1998. Varighet av ustabil og skadelig aluminiumskjemi på giftighet overfor lakseparr; renneforsøk utført i Suldalslågen, høst 1996. NIVA-rapport L. nr. 3815.

Anon. 2016. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 9b, 849 s

Miljødirektoratet 2019. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2018, M-1566.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2018. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2017. NIVA Rapport L.nr. 7280.

Høgberget, R., Forsuringstilstanden i Monebekken. Vurdering av kontinuerlige pHdata og vannprøver i forhold til giftighet og kalkingsbehov for fisk. NIVA Rapport L.nr. 6619.

Lysnes, T. 2019. Rapport kalkdoserer Monebekken. Franzefoss Minerals 2010.

Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA Rapport L.nr. 3824

Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018.Veileder 02:2018, Klassifisering av miljøtilstand i vann

Kroglund, F.; 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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

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