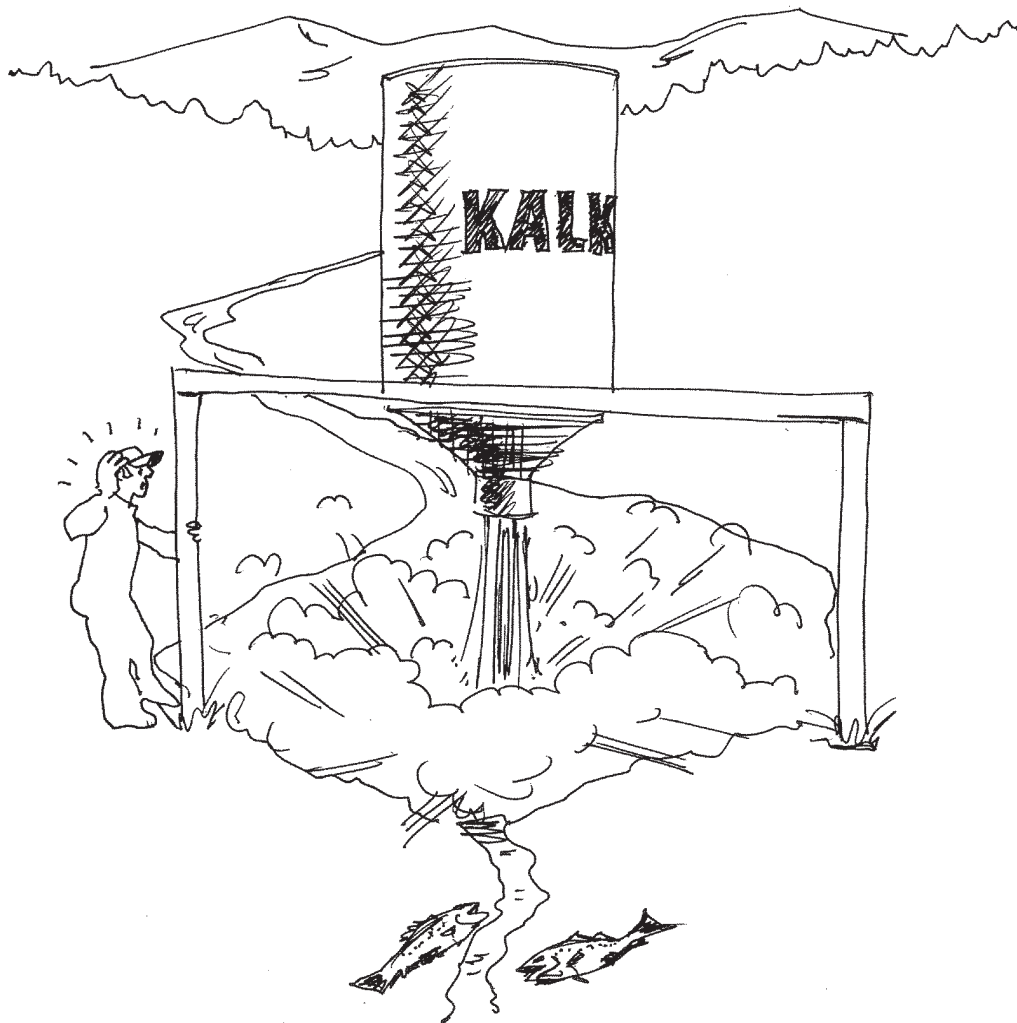


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2021



RAPPORT

Hovedkontor

Økernveien 94
0579 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 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2021	Løpenummer 7756-2022	Dato 16.06.2022
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 31

Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Tovdalselva	Kontaktperson hos oppdragsgiver Sven Arne Ånensen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17134

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg gjennomføres for å optimalisere kalkingstiltaket. Rapporten sammenfatter avvikhendelser i 2021, og det foreslås forbedringstiltak: Kalkingen fra Bås-anlegget var svært god, og bidro vesentlig til at pH stort sett var over målet i Herefossfjorden. Det er ønskelig å oppgradere pH oppstrøms Bås til en ordinær pH-overvåkingsstasjon. På Skripeland er det foretatt forbedring som resulterte i at den gjennomsnittlige effektiviteten var god, målt som bidrag til pH-målet i fjorden. Anlegget på Væting er nytt av året, og effekter av kalkingen er ikke observert i 2021. Ved Monebekk-anlegget var driftssikkerheten totalt sett bedre i 2021 enn tidligere. Søre Herefoss-anlegget doserte periodevis litt mye, og det var kun et tilfelle med pH under målet. Doseringseffektiviteten var derfor meget god. Det etterlyses en mer nøyaktig måte å loggføre nødvendige driftsparametere i MikaCom med eksakte tidsstempel som timesverdier. Kontinuiteten i loggingene må også bli bedre.</p>
--

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

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

Rolf Høgberget
Prosjektleder

Sondre Meland
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7492-9
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Tovdalsvassdraget
År 2021**

Forord

Anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann er kostnadskrevenne både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk og miljømessig forsvarlig resultat at driften er så optimal som mulig. Ideelt innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig. Til dette har NIVA utviklet et enkelt system for effektiv kontroll av driften av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt.

Som et ledd i å bedre den daglige driften ved anleggene, ble NIVAs driftskontroll av kalkdoseringsanlegg etablert i Tovdalsvassdraget i 1999. Dokumentasjon er i form av en kortfattet avviksrapport hvert år.

Driftskontrollen utføres av fast personell på NIVA, som i 2021 besto av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget. Jarle Håvardstun har utarbeidet kartet som viser stasjonsplasseringer og stedsnavn. Rapporten er kvalitetssikret av Sondre Meland.

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen «Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget» (Tovdalskalk), bestående av alle involverte kommuner i Tovdalsvassdraget. Prosjektet er støttet av Statsforvalteren i Agder.

Grimstad, 16.06.2022

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
1.1	Ord og uttrykk.....	8
2	Driften på anleggene	10
2.1	Bås.....	10
2.1.1	Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata	10
2.1.2	Doseringshistorikk og effekter av doseringen	10
2.2	Skripeland	12
2.2.1	Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata	13
2.2.2	Doseringshistorikk og effekter av doseringen	13
2.3	Væting.....	15
2.3.1	Doseringshistorikk.....	16
2.4	Monebekken.....	17
2.4.1	Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata	17
2.4.2	Doseringshistorikk og effekter av doseringen.	18
2.5	Søre Herefoss.....	21
2.5.1	Kvalitet og kontinuitet av loggete data.....	21
2.5.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet	22
2.5.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen	22
3	Vurderinger og forslag til tiltak	25
3.1	Bås.....	25
3.1.1	pH oppstrøms anlegget som overvåkingsstasjon	25
3.1.2	Vannstandsmålinger	25
3.2	Skripeland	26
3.2.1	Vannføringsmålinger	26
3.2.2	pH	26
3.2.3	Logg	26
3.3	Væting.....	26
3.4	Monebekken.....	26
3.4.1	Manglende loggføring	26
3.4.2	Doseringsregimet	26
3.4.3	pH-styringen.....	26
3.5	Søre Herefoss.....	26
3.5.1	Kalkdoseringen	26
3.5.2	Temperaturen	27
3.5.3	pH-målingene og måloppnåelsen	27
3.6	Generelt.....	27
3.6.1	Datagrunnlaget	27
3.6.2	Kalkforbruket.....	27
4	Referanser og tidligere driftskontrollrapporter	29

Sammenheng

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Tovdalselva gjennomføres for å optimalisere kalkdoseringen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av avvikshendelser i rapporteringsperioden (1. januar -31. desember 2021), vurderinger omkring effekten av avvikene og forslag til tiltak. Hovedpunktene er gitt under.

Bås

- Driftskontroll-loggeren samlet data kontinuerlig i hele perioden.
- Sensorstabiliteten var god i hele perioden.
- Anlegget doserte tilnærmet kontinuerlig gjennom hele perioden.
- Kalkingen fra anlegget bidro vesentlig til at pH stort sett var over målet i 2021.
- Det er ønskelig å oppgradere pH oppstrøms Bås til en ordinær pH-overvåkingsstasjon

Skripeland

- Nødvendige loggedata fra MikaCom mangler i til sammen 11 dager.
- Flytting av kalkutløp har ført til stabile pH-verdier oppstrøms anlegget.
- Det er foretatt forbedring av inntakskummen for vann til anlegget.
- Vannføringskurve er foreløpig ikke opparbeidet for anlegget, men skal gjennomføres for vannføringen under brua til fv. 44 oppstrøms anlegget.
- Doseringen har blitt styrt etter pH nedstrøms anlegget. Dette har ført til «jojo-effekter» i pH, men totalt sett var gjennomsnittlige effektiviteten god målt som bidrag til pH-målet i fjorden.

Væting

- Risåna er en kronisk sur sideelv til Tovdalselva. Det er likevel oppvandring av laks der.
- Doseringsanlegget ved Væting ble nylig etablert med oppstart i november 2021.
- Sammenhengen mellom vannstand og vannføring er under utarbeidelse.
- Ingen effekter er registrert i 2021.

Monebekken

- Nødvendige loggedata fra MikaCom mangler i til sammen 13 dager.
- Doseringsdata reflekterer ikke den reelle doseringen fra anlegget, da det kan doseres kalk selv om doseringssignalet viser ingen dosering.
- Veiesignalet fra beholdningstanken sviktet og gjorde det umulig å beregne dosene.
- Reaksjonstiden ved kalkbehov er for lang, og pH var under målet en del ganger.
- Totalt sett var driftssikkerheten bedre i 2021 enn tidligere rapportert.

Søre Herefoss

- Driftskontroll-loggeren samlet data kontinuerlig i hele perioden.
- De var periodevis noe høy pH i forhold til målene.
- Det var kun et tilfelle med pH under målet. Doseringseffektiviteten var derfor meget god.

Generelt

- Det etterlyses en mer nøyaktig måte å loggføre nødvendige driftsparametere i MikaCom med eksakte tidsstempel som timesverdier. Kontinuiteten i loggingene må også bli bedre.

Summary

Title: Operation of lime dosers in the Tovdal River, S Norway. Yearly report 2021.

Year: 2021

Author: Rolf Høgberget, Jarle Håvardstun and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7492-9

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 processed and reported by NIVA and is an aid to operators and water managers.

This report summarizes deviations from optimal operation detected during 2021. Measures to improve the operation are suggested.

1 Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å optimalisere kalkingstiltaket. Systemet er basert på registrering av kalkforbruk (vektreduksjon i kalksilo med veieceller) og målt vannføring ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene i elva ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Høgberget og Hindar (1998). Bakgrunnen for utviklingen av dette systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige og til dels utilfredsstillende driftsresultater på de forskjellige kalkdoseringsanleggene. Mer presis dosering reduserer også behovet for fordyrende sikkerhetsmarginer.

Kalkdoseringsanleggene styres i hovedsak etter vannføring og pH:

Vannføringsstyring: Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose målt i g/m³. Grunn dosen beregnes i forhold til en kalk-pH-titreringskurve. Med dette som grunnlag bestemmes dosene også av hvor i nedbørfeltet anlegget er plassert i forhold til målområdet. Doseringen fra anlegget skal også være proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne de fast beregnete dosene med den 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 strekningen i elva med de målte pH-verdiene vises effektiviteten til anlegget.

Kalkdoseringen er avhengig av riktige pH-verdier. Kvaliteten på pH-målingene sikres gjennom arbeidet i et eget interkalibreringsprogram (pH-lauget) bestående av kalkingsoperatører som benytter pH som prosess-signal ved doseringsanleggene. NIVA er koordinator og faglig støtte i dette arbeidet. pH- overvåkingsstasjonen på Boen driftes av kalkingsoperatøren og pH-verdiene kvalitetssikres av NIVA før årlig publisering i Miljødirektoratets notatserie: «Kalking i laksevasdrag skadet av sur nedbør».

For å kunne gjennomføre driftskontroll av kalkingsanleggene må det foreligge en historisk logg over nevnte parametere. Det er for tiden fem doseringsanlegg som har slik loggføring.

NIVAs egen driftskontroll-logger er montert på to store kalkdoseringsanlegg; Bås, og Søre Herefoss. På de øvrige anleggene (Skripeland, Væting og Monebekken) hentes data inn fra MikaCom, se kap. 1.1. Anleggenes plassering er vist i *Figur 1*.

Det er tidligere utgitt en rekke driftskontrollrapporter for Tovdalsvassdraget. Disse er gjengitt i referanselista. Foreliggende rapport omhandler perioden 1. januar til 31. desember 2021.

1.1 Ord og uttrykk

Det forekommer en del ord og uttrykk i rapporten som er forklart her:

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 ³ vann i elva. (g/m ³).
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 som anlegget «tror» den gir til elva. Enheten blir g/m ³ .
Driftskontroll-dose	Den kalkdosen som er beregnet levert til 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 til 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 å begynne med doseberegninger. I denne tiden vises siste gjeldende verdi som en horisontal strek.
Forhåndsdosser	Kalkdoser beregnet på grunnlag av vannføring og pH – kalk titreringskurve. Dette gir en umiddelbar effekt som senere blir korrigeret av pH nedstrøms anlegget
pH-mål	Den til enhver tid gjeldende verdi for hvor høy man ønsker at pH skal være i elva. Verdien blir ofte fastsatt av Fylkesmannen 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 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/målekyvette	Beholder som pH-elektroder og termometer er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetten for å få riktige pH- og termometermålinger.
Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i meterriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i «fast fjell» eller i forhold til m.o.h. (meter over havet).
Beholdning	Lageret av kalk på doseringsanlegget. Noen ganger er uttrykket silonivå benyttet.

2 Driften på anleggene

2.1 Bås

Bås kalkdoseringsanlegg står for 2/5 av all kalktilsetting i Tovdalsvassdraget. Det er derfor avgjørende at anlegget fungerer tilfredsstillende slik at man får en optimal effekt av kalkingstiltakene i vassdraget. Kalkdoseringsanlegget er fullautomatisert, og kalkdoseringen reguleres etter variasjonen i vannføringen. Beregnet teoretisk dose som anlegget skal gi var opprinnelig 4,7 g kalksteinsmel/m³. Denne dosen er satt med utgangspunkt i beregninger foretatt for 25 år siden (Hindar 1991). Forsuringssituasjonen er vesentlig forbedret siden den gang, og dosene blir for tiden justert i forhold til et vedtatt pH-mål i Herefossfjorden (pH 6,0). Dette innebærer at dosene er vesentlig redusert det meste av året i forhold til opprinnelige krav.

2.1.1 Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

Driftskontroll-loggeren samlet data kontinuerlig i hele perioden. Det er ikke registrert irrasjonelle verdier av kalkbeholdning, dosering eller vannstand. Sensorstabiliteten var god i hele perioden. Ved noen tilfeller ble det registrert kortvarige økninger av vannstanden i forbindelse med pumpestopp, *Figur 2*.

2.1.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

Stans eller minimal dosering i forhold til doseringssignalet i over 8 timer oppsto bare to ganger i løpet av perioden. Det var 19. februar og 7. september, da anlegget stoppet i henholdsvis 13 og 52 timer.

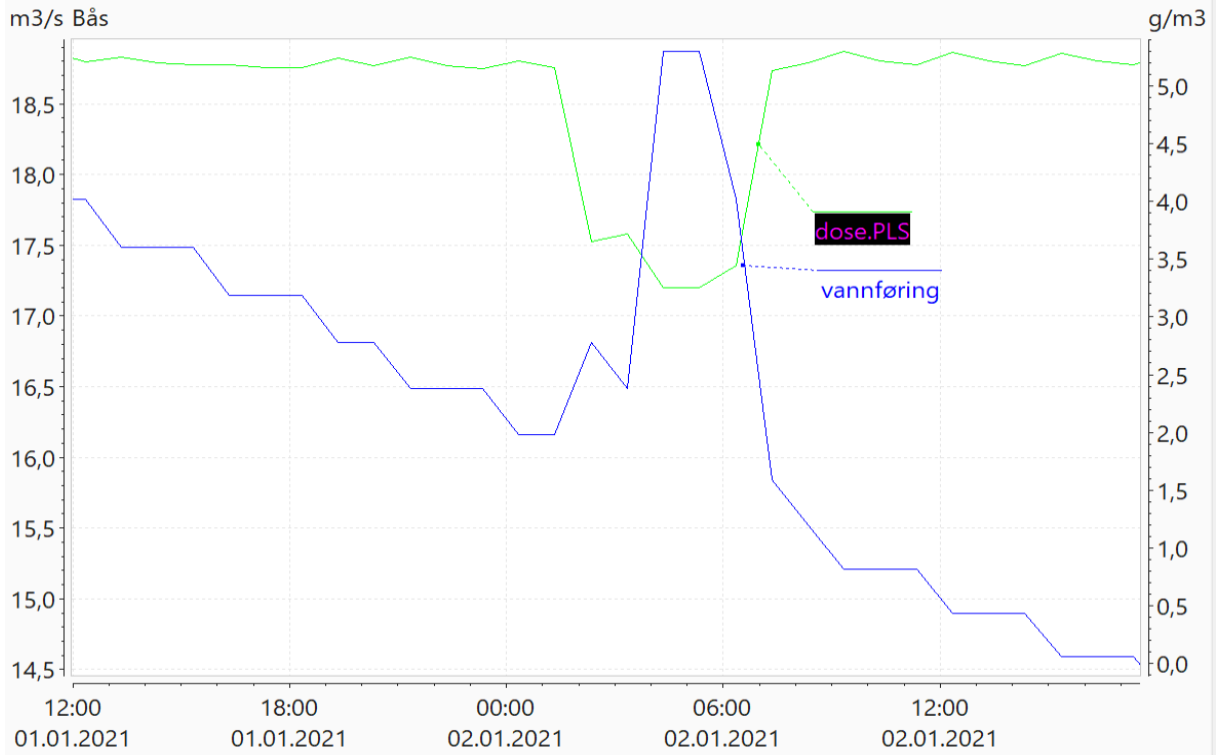
2.1.2.1 Kalkdosene

Anlegget doserte med varierende PLS-doser bestemt av driftsansvarlig for å sikre en god effekt i forhold til pH-målet i Herefossfjorden. PLS-dosene varierte mellom 3,5 og 5 g/m³ i januar, februar og mars. I begynnelsen av april økte dosene til over 6 g/m³, for så igjen å bli redusert til nivåer rundt 4 g/m³. Gjennom sommeren fortsatte doseringen med stabilt nokså høye doser, bare avbrutt av en kort periode med doser i området 2 g/m³. Dosene falt til 2 g/m³ den 9. september for så gradvis å øke utover høsten til i området 5 g/m³. Denne trenden ble avbrutt av noen korte intervaller med ekstra lave, og ekstra høye doser. Første uke i desember økte PLS-dosene til 13 g/m³ uten at de reelle dosene endret seg. Langtidsdosene var gjennomgående lavere enn PLS-dosene. Kalkdoser gjennom året er gjengitt i *Figur 3*. Det ble dosert kalk fra anlegget gjennom hele året, totalt 1152 tonn. Akkumulert kalkforbruk er vist i *Figur 4*.

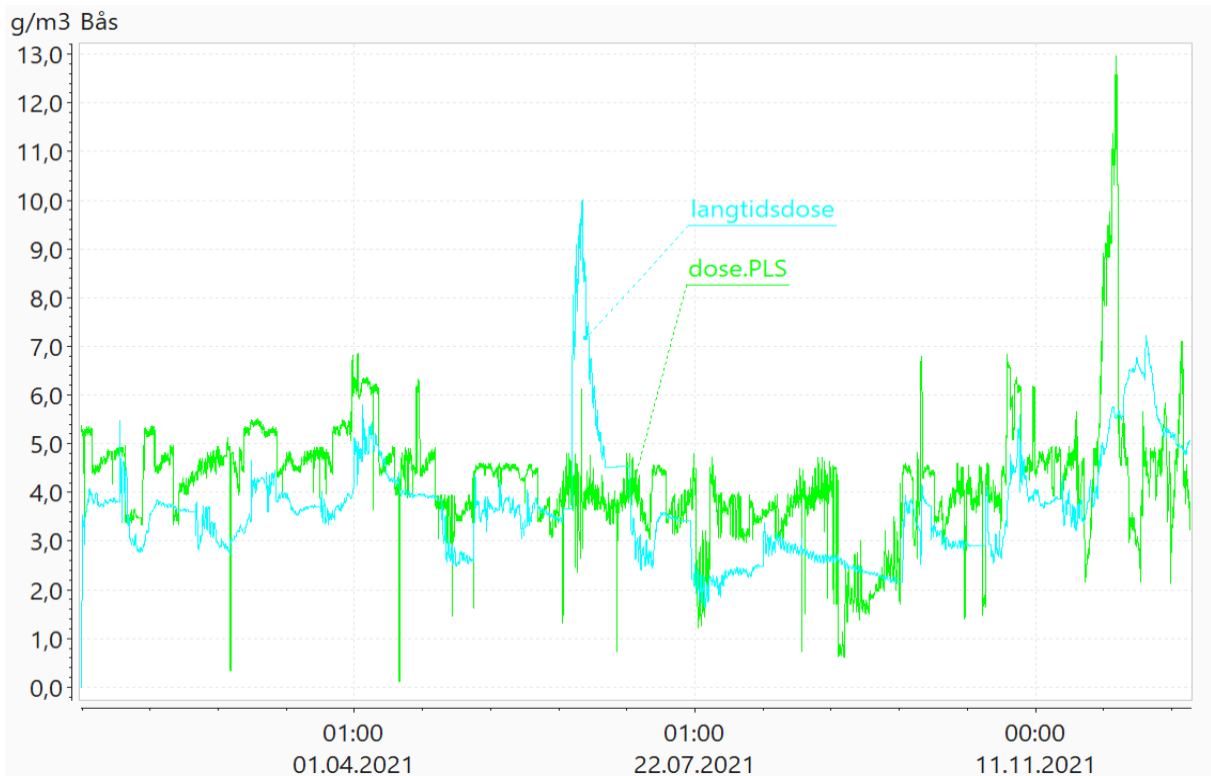
2.1.2.2 Effekt av doseringen i Herefossfjorden

Målet for Herefossfjorden er pH 6,0. pH-verdiene fra utløpet av fjorden (oppstrøms Søre Herefoss doseringsanlegg) er et godt målepunkt for tilstanden i Herefossfjorden, og dermed graden av måloppnåelse. pH i Herefossfjorden påvirkes mye av doseringen fra Bås, men også like mye fra Skripeland-anlegget i Uldalsgreina.

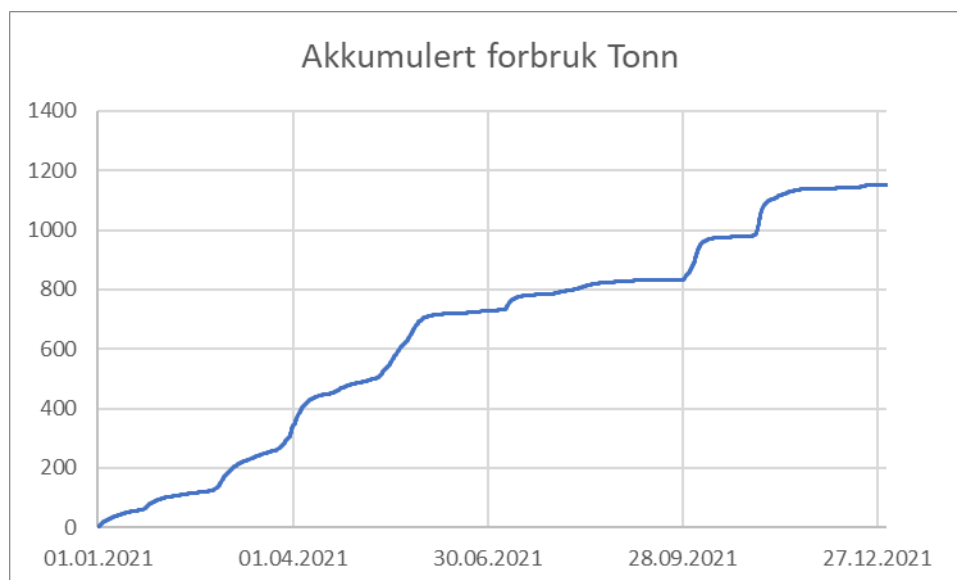
pH var stort sett over målet i hele perioden, unntatt to dager i februar og nesten 14 dager i mars, da pH var ubetydelig under målet. Også ved to anledninger om høsten (3. oktober og 1. desember) var pH under målet i forbindelse med flom. Om sommeren og tidlig høst økte pH til over pH 6,6. Dette kulminerte den 22. september, se *Figur 5*.



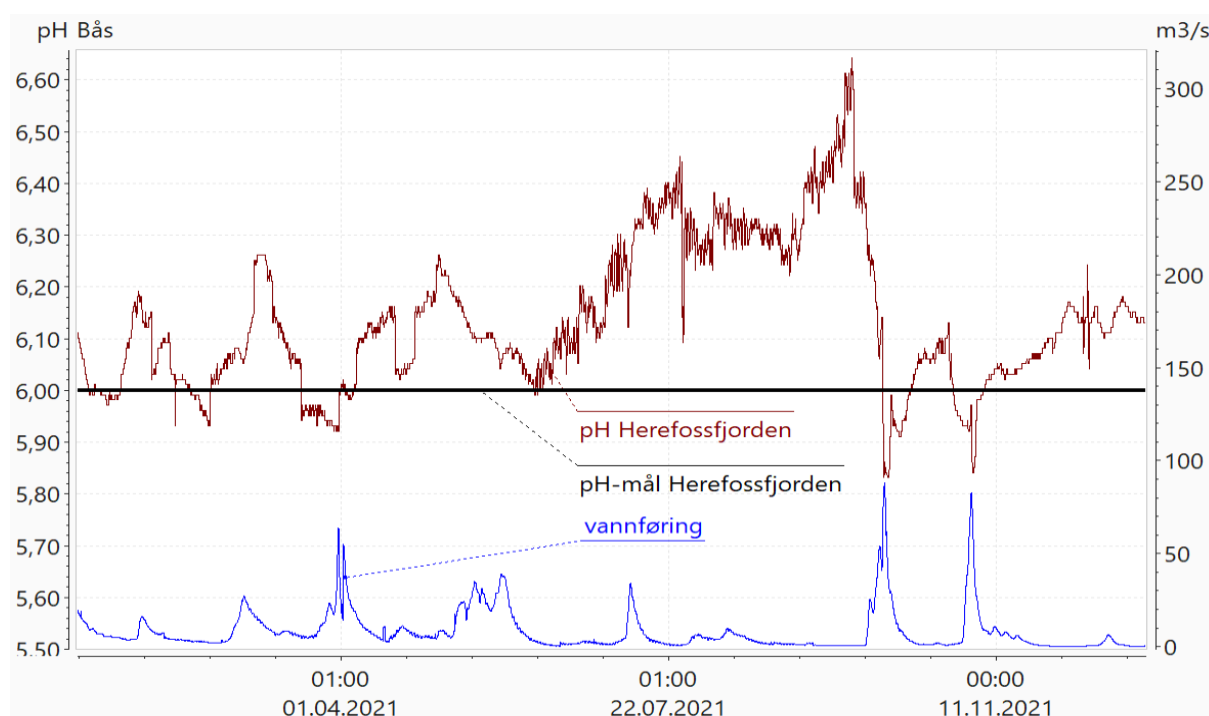
Figur 2. Høyere vannføringsavlesinger ved pumpestopp forårsaket av høyere vannstand i pumpebrønnen. Avviket var ca. 2,5 m³/s.



Figur 3. Kalkdosene som ble levert fra Bås doseringsanlegg gjennom året 2021.



Figur 4. Akkumulert kalkforbruk gjennom året 2021 ved Bås kalkdoseringsanlegg. Totalt 1152 tonn.



Figur 5. pH i herefossfjorden sammen med pH-målet for fjorden og vannføringen ved Bås doseringsanlegg gjennom hele året 2021.

2.2 Skripeland

Skripeland doseringsanlegg ble bygget og satt i drift i 2020. Den første forsøksvise doseringen begynte sent i november. Dette anlegget erstatter alle tidligere doseringsanlegg i Uldalsgreina. Anleggets oppgave er å sørge for at pH-målet for Herefossfjorden blir opprettholdt. Denne oppgaven

deles med Bås doseringsanlegg i den østre grenen av Tovdalsvassdraget, (*Figur 1*). Anlegget kan prinsipielt styres etter pH oppstrøms og nedstrøms anlegget samt vannføringen forbi anlegget. pH nedstrøms anlegget er plassert i en av stand på 2,2 fra anlegget i utløpet av Bukkefjorden. Dette er oppstrøms utløpet av Rettåna. For mer nøyaktig beskrivelser av de rådende forhold henvises til kalkingsplanen for Uldalsgreina (Høgberget 2016)

2.2.1 Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

Driftslogg på anlegget foreligger i MicaCom (se kap. 1.1). Det er innhentet data som midlele timesverdier for vannføring (m³/s), silonivå (tonn), dosering (g/s) og pH oppstrøms og nedstrøms anlegget. Det var fem tilfeller med manglende data i MicaCom, til sammen 11 dager *Tabell 1*.

Tabell 1. Dato og tid for bortfall av logg ved Skripeland doseringsanlegg i 2021.

Dato	Timer
26.02.2021	81
04.03.2021	24
28.09.2021	45
03.10.2021	19
03.12.2021	96

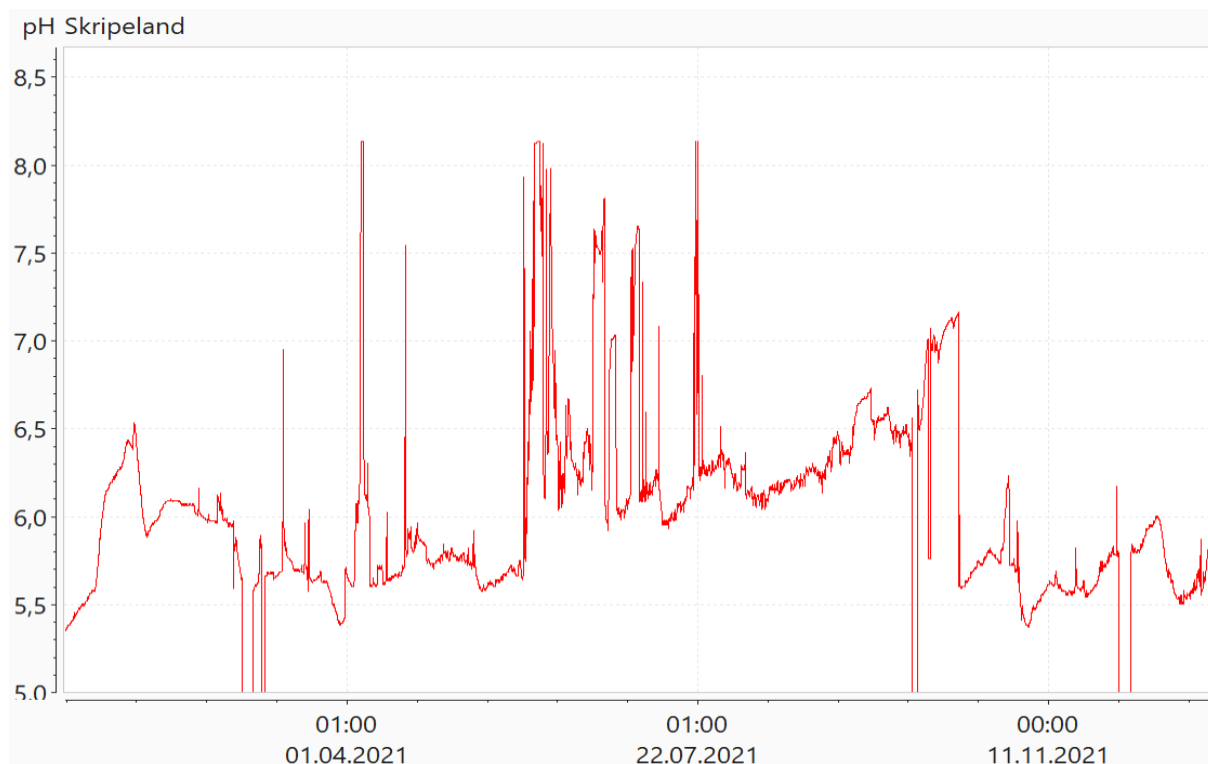
Vannstandsdata er hentet fra inntaksbrønnen på anlegget. Brønnen var i begynnelsen ikke lav nok til å kunne detektere vannstanden ved spesielt lav vannføring. Dette har påvirket målingene i begynnelsen av perioden. Vannføringskurve er foreløpig ikke opparbeidet for anlegget. Årsaken er at fjorden nedstrøms anlegget (Skripelandsfjorden) demmes opp ved flom slik at den påvirker vannstanden ved flom (Høgberget m.fl. 2021).

pH oppstrøms anlegget blir målt i inntaksbrønnen. Denne er plassert innenfor utløpspunktet for kalkdoseringen. Bakevjeeffekter har ført til at kalket vann noen ganger har blitt tilført brønnen og dermed påvirket pH i brønnvannet. I løpet av perioden har forholdet blitt rettet ved at utløpet er flyttet i elva til et dypere parti der vannet kun løper utover ved alle vannføringer, *Figur 6*.

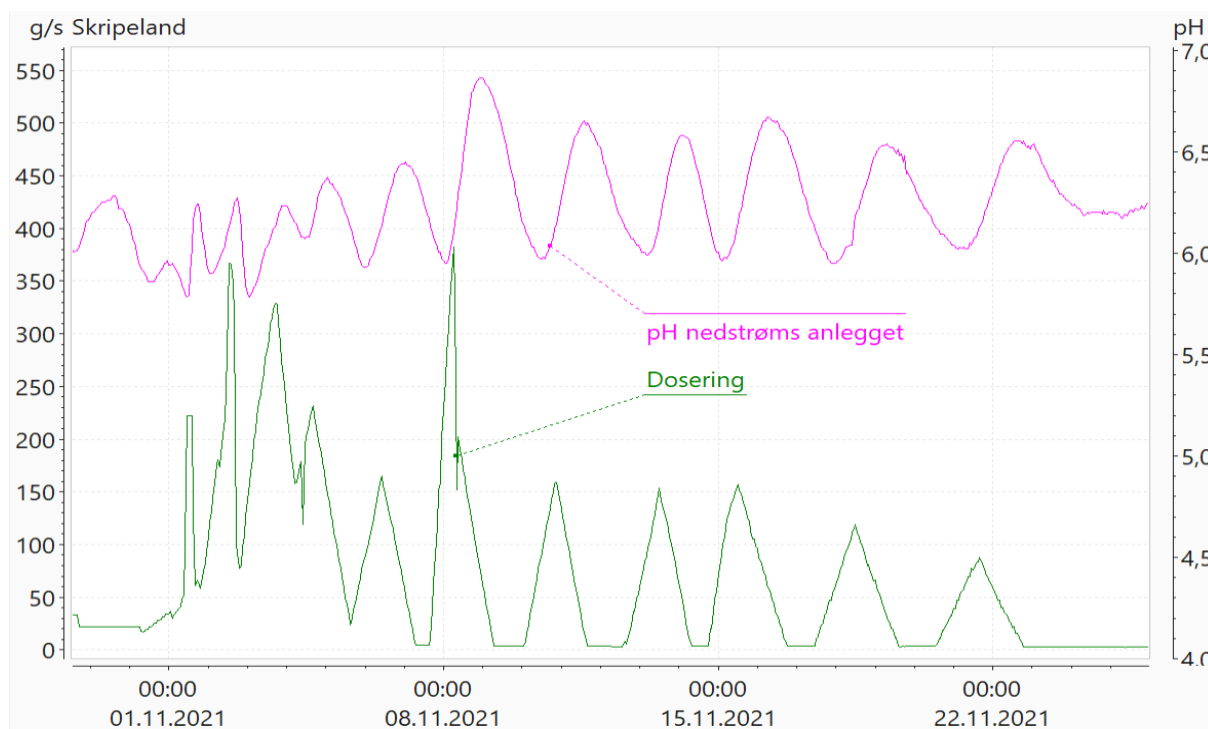
pH nedstrøms anlegget var ute av funksjon i to lange perioder. Det var 6,6 uker fra 17. januar og 2,4 uker fra 3. oktober.

2.2.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

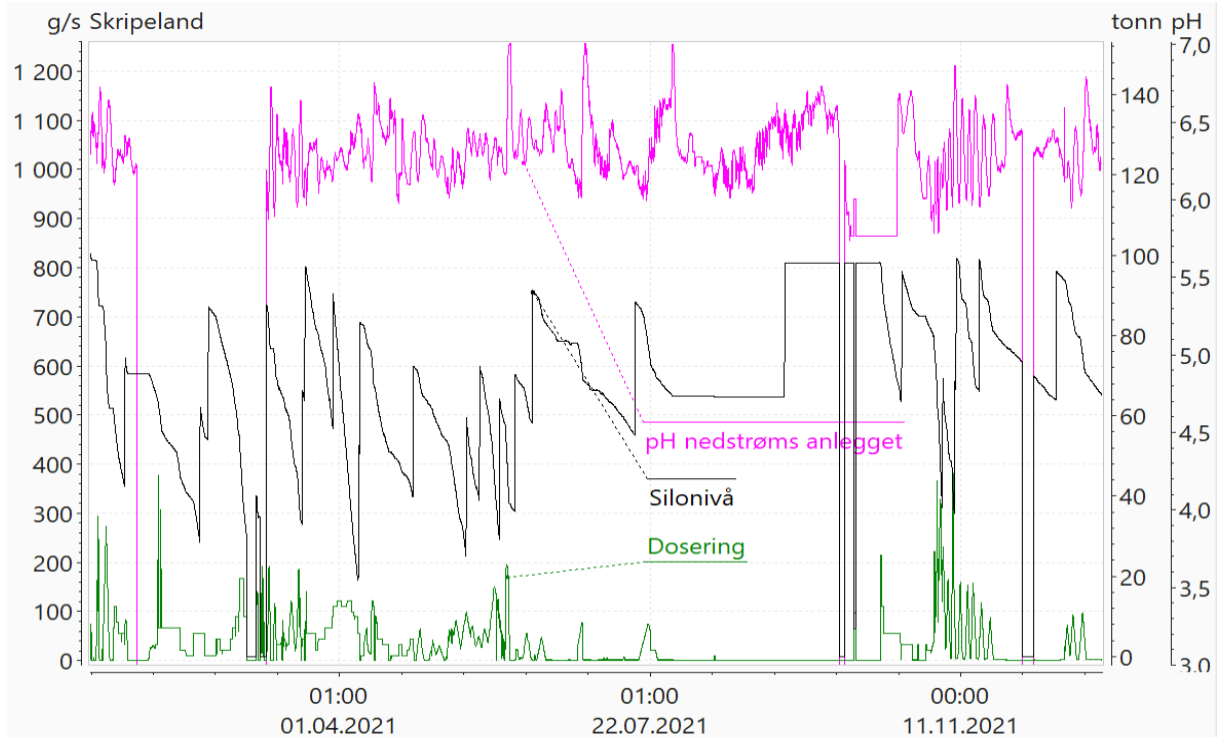
Det foreligger ingen reell vannføringskurve som kan benyttes til justering av dosene; i lange perioder ei heller pH-oppstrøms anlegget for innstilling av forhåndsdose. For å unngå å drifte anlegget kun med fast dosering, har det derfor blitt dosert med pH-nedstrøms anlegget som eneste variabelt justeringssignal. Da anleggets styringssystem ikke er designet for denne type regulering, oppstår «jojo-effekter» i pH nedstrøms anlegget, se *Figur 7*. I mangel på dose-verdier er doseringsforløpet gjennom året vist som vekttapet (silonivå) og dosering i *Figur 8*. Selv om pH varierte mye, var den gjennomsnittlige effektiviteten god. Det ble registrert forbrukt med 806 tonn kalksteinsmel. På grunn av manglende data i noen perioder, kan totalforbruket ha vært noe mer. Akkumulert kalkforbruk er gjengitt i *Figur 9*. Effekten av kalkingen på Herefossfjorden deles med effekten fra Bås-anlegget, og er vist i *Figur 5*.



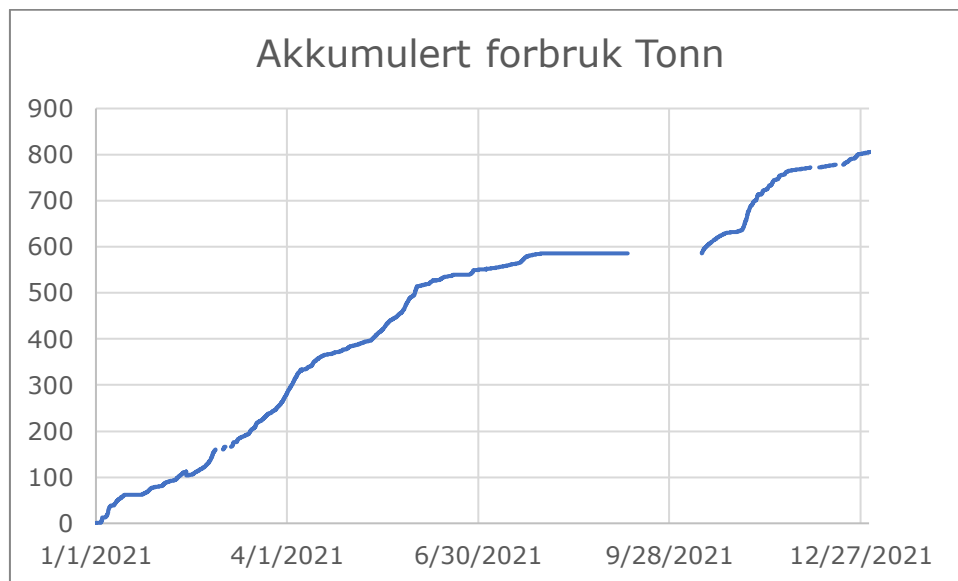
Figur 6. Bakevje-effekter førte til at pH oppstrøms Skripeland ble påvirket av kalk fra anlegget. Derfor periodevis svært høye verdier.



Figur 7. pH nedstrøms Skripeland doseringsanlegg og doseringssignalet fra styringssystemet på anlegget. Mangelfulle innstillingsmuligheter medførte overreaksjoner på doseringen.



Figur 8. Silonivå, dosering og pH nedstrøms Skripeland doseringsanlegg i 2021.



Figur 9. Akkumulert kalkforbruk på Skripeland kalkdoseringsanlegg i året 2021. Det ble registrert 806 tonn.

2.3 Væting

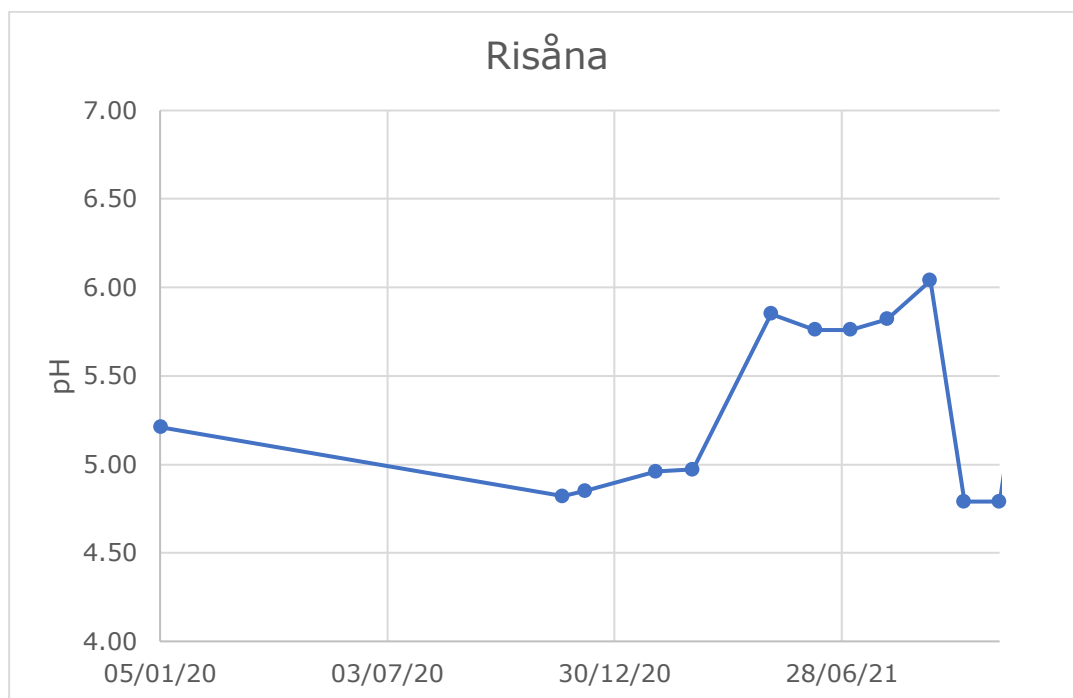
Væting doseringsanlegg er et nylig etablert anlegg i Tovdalsvassdraget (oppstart i 2021). Det er lokalisert i øvre deler av Risåna, en kronisk sur elv med utløp i lakseførende strekning av Tovdalselva.

Det er jevnlig foretatt pH-målinger som dokumenterer lav pH, men økende pH om sommeren, *Figur 10*. Likevel er det observert laks i elva. Derfor ble det besluttet å etablere et kalkdoseringsanlegg i øvre deler av elva. Anlegget som ble benyttet sto tidligere på Skåre i Vegusdal, der det bidro til kalkingen av Uldalsgreina. Skripelandsdosereren har nå har overtatt for all dosererkalking i den delen av vassdraget. Risåna har et nedbørfelt på 26 km², og en midlere vannføring på ca. 1 m³/s. Det betyr at flommer på 15 m³/s kan forekomme.

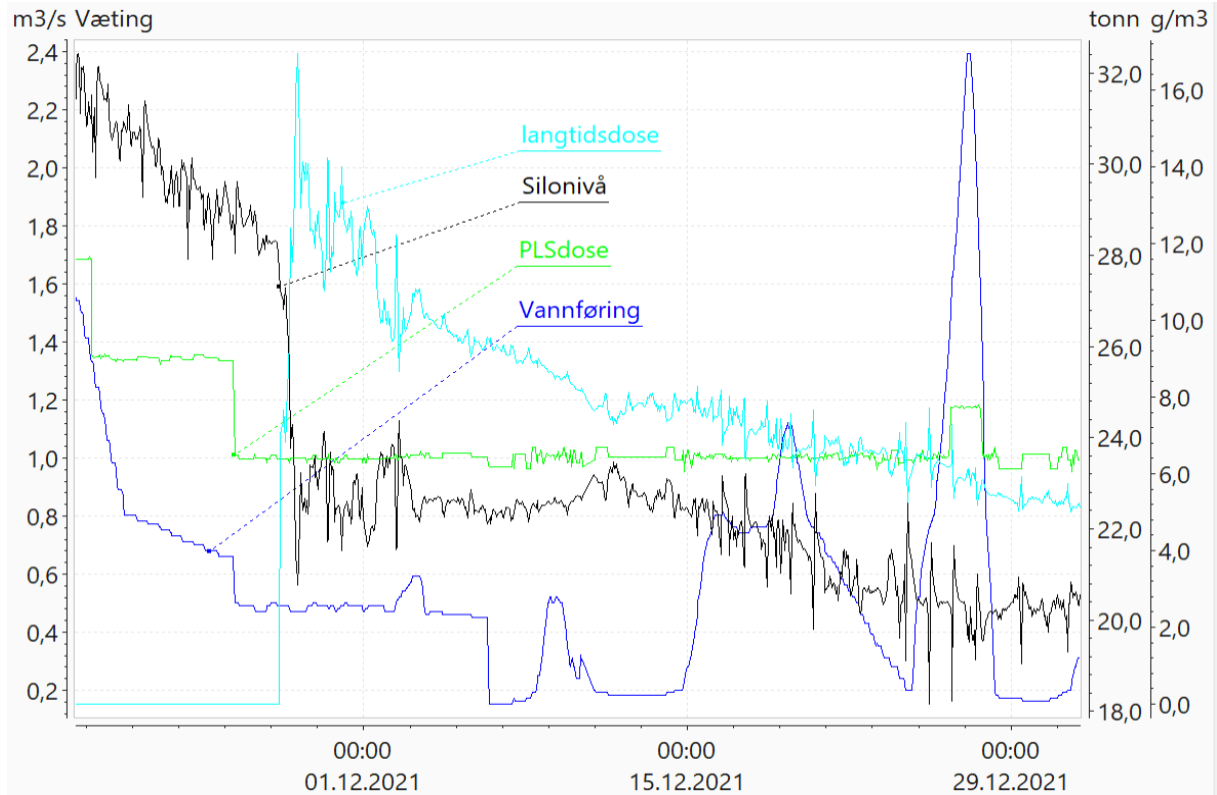
2.3.1 Doseringshistorikk

Anlegget ble montert og satt i drift i 2021. Begynnende prøvedrift og innkjøring ble foretatt høsten 2021. MikaCom-systemet er etablert på anlegget, og det foreligger driftslogg fra 18. november 2021. Denne viser at anlegget allerede doserte kalk da loggen ble startet. Dosene var da meget høye, men avtok noe utover i desember til et nivå rundt 6 g/m³, *Figur 11*. Dette var fortsatt høye doser. Det er stor usikkert omkring grunnlaget for beregnede doser er korrekte, da vekten av beholdningstanken (silonivå) er kalibrert, men ikke vannføringen.

pH-effekter av doseringen foreligger ikke i 2021.



Figur 10. pH i Risåna før kalking fra Væting doseringsanlegg. Prøvene er tatt nær utløpet. (Data dra Olav B. Tveite i oppdrag for statsforvalteren i Agder).



Figur 11. Doseringsforløp ved Væting doseringsanlegg i Risåna fra oppstart av doseringen høsten 2021.

2.4 Monebekken

Monebekken er en sideelv til Tovdalselva. Den har utløp i den lakseførende delen av leva, og har en kronisk sur vannkvalitet. Kjemisk oppfølging og automatisk pH-overvåking er tidligere gjennomført, og dette dannet grunnlag for råd omkring kalkingstiltak (Høgberget 2014). Et doseringsanlegg ble etablert i 2018. Målsettingen med anlegget er å etablere lakseproduksjon i Monebekken og redusere blandsone-effekten etter samtløp med Tovdalselva. Kalkingsanlegget ble etablert som et internt FOU-prosjekt hos Statsforvalteren i Agder, hvor målet var å kunne levere stabil pH for laks med rimeligere løsninger enn et ordinært kalkdoseringsanlegg. Anlegget er pH-styrt med pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Avstanden til måleren nedstrøms anlegget er ca. 800 m. Anlegget driftes uten bruk av nettstrøm. Doseringskapasiteten oppgis der til 0,160 – 24 tonn kalksteinsmel/døgn (Lysnes 2019), og en første evaluering av driften ble gjennomført i 2020 (Høgberget 2020). Definerte pH-mål for lakseførende strekning av Tovdalselva må også å gjelde for Monebekken, se kap. 2.5.

2.4.1 Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

Det er benyttet sensordata fra anleggets eget drifts- og operativsystem, MikaCom. Det oppsto en del tilfeller der logging falt bort. Til sammen utgjorde dette 305 timer, men bare 250 av disse kan identifiseres. Disse er gjengitt i *Tabell 2*. Resterende 50 timer er det umulig å spore på grunn av hvordan intervallmidlingen til timesverdier gjennomføres digitalt i MikaCom. Doseringsdata reflekterer ikke den reelle doseringen fra anlegget, da det kan doseres kalk selv om doseringssignalet viser ingen dosering, (*Figur 12*).

Veiesignalet fra beholdningstanken (silonivået) sviktet store deler av året, (*Figur 13*).

Tabell 2. Timer uten tilgang på relevante doseringsdata (pH oppstrøms og nedstrøms anlegget, dosering, silovekt og vannstand/vannføring) fra Monebekken doseringsanlegg i 2021.

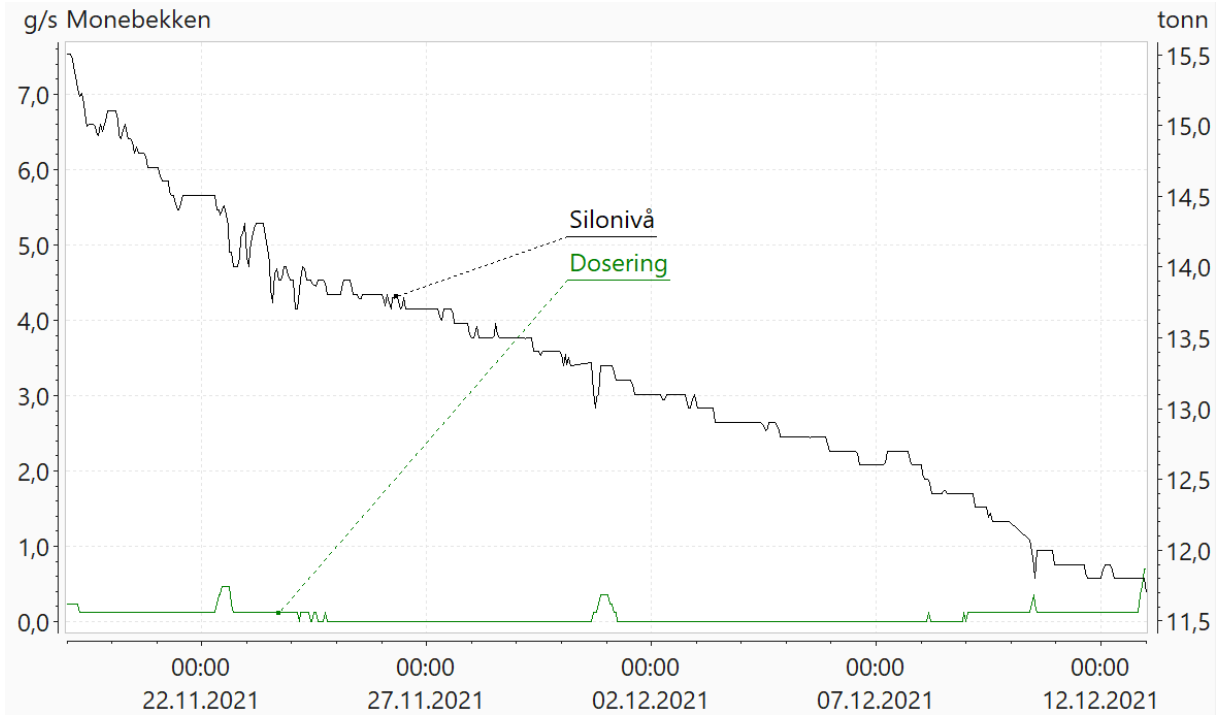
Dato	Timer
30.01.2021	28
04.02.2021	116
26.02.2021	83
04.03.2021	24

2.4.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen.

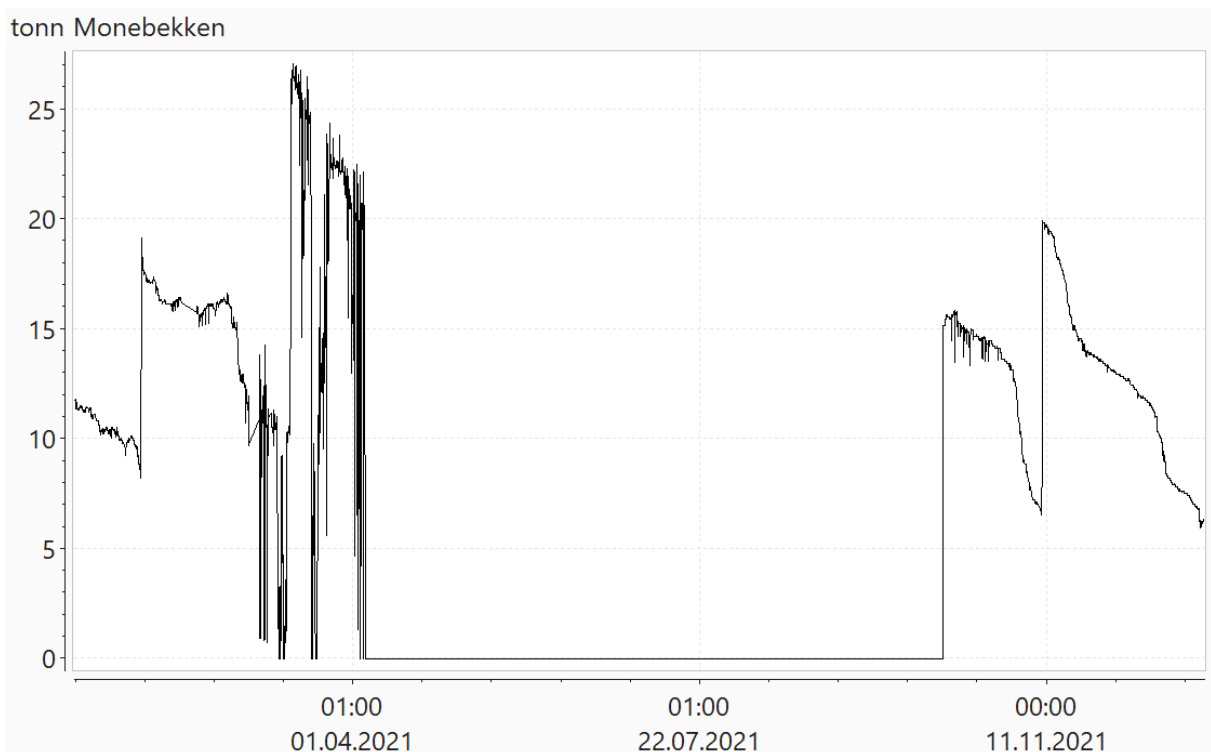
Mangelen på veiesignaler gjorde det umulig å beregne dosene som ble levert fra anlegget store deler av året. Imidlertid foreligger alle data i januar og februar. Det var to flommer i denne perioden. Begge ble dosert med høye kalkdoser. Mellom flommene ble det også kalket slik at pH i elva ble opprettholdt på et høyere nivå enn pH-målet. I den første flommen ble imidlertid ikke pH-målet oppnådd første del av flommen. Da ble pH redusert til pH 5,5 før store kalkdoser ble tilført, og pH økte, *Figur 14*. Også om høsten oppsto det samme forholdet under flom 2. oktober, men senere ble flere mindre flommer /høy vannføring dosert slik at pH ble opprettholdt på et nivå over målet. Ett unntak beskriver hvor små avbrekk i doseringen som skal til ved slik vannføring, før pH dropper, *Figur 15*. Totalt var det 279 timer i løpet av året hvor pH var lavere enn målet i mer enn 8 timer, *Tabell 3*. En oversikt med utviklingen av pH i lakseførende strekning av Monebekken (pH nedstrøms anlegget) er gitt i *Figur 16*. Totalt sett var driftssikkerheten bedre i 2021 enn rapportert for året før (Høgberget m.fl. 2021), men det er fortsatt for mange avvik fra pH-målet.

Tabell 3. Oversikt over tilfellene der kalkdoseringsanlegget i Monebekken ikke doserte tilstrekkelig for å oppnå pH-målet i 2021. Bare tidsintervaller i mer enn 8 timer er medregnet.

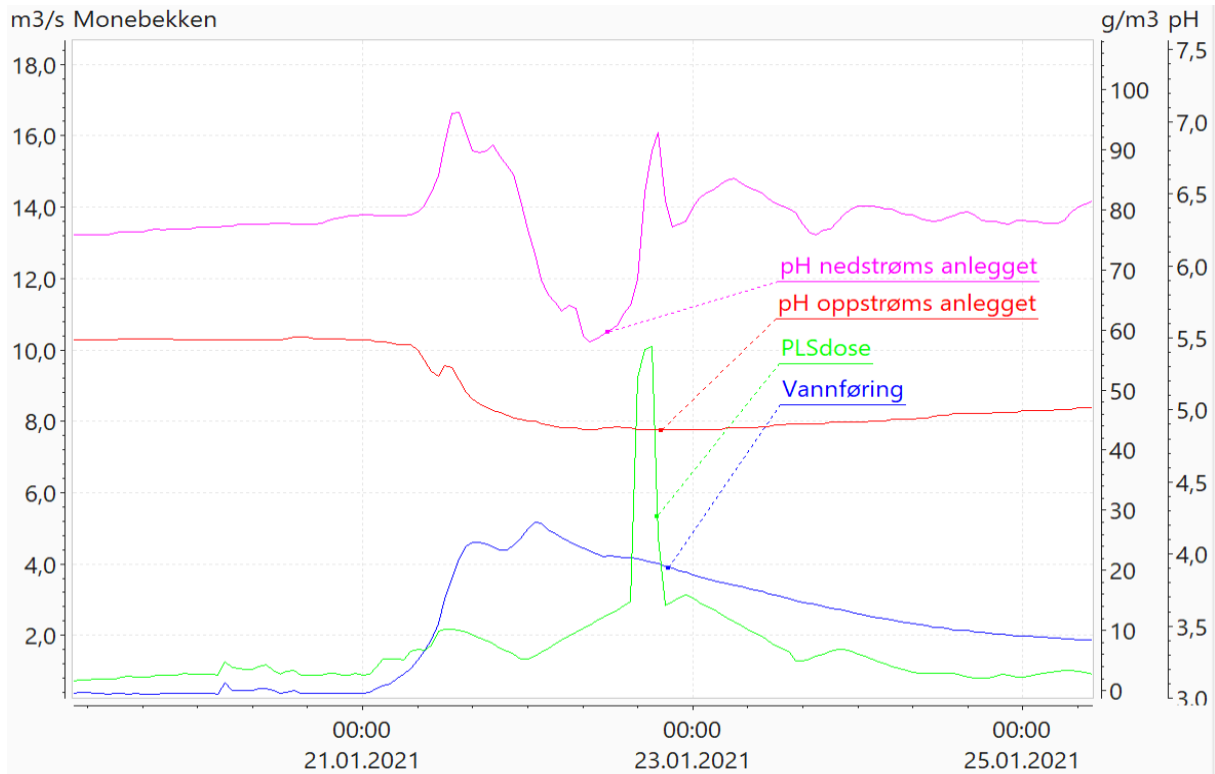
Dato	Timer under pH-målet	Laveste pH	pH-avvik
22.01.2021	12	5,5	0,5
15.02.2021	115	5,9	0,3
21.02.2021	26	5,9	0,3
25.02.2021	9	6	0,2
24.03.2021	9	6	0,2
18.05.2021	10	6,2	0,2
29.05.2021	10	6,2	0,2
30.05.2021	15	6	0,4
01.10.2021	62	4,6	0,4
07.11.2021	11	5,7	0,3



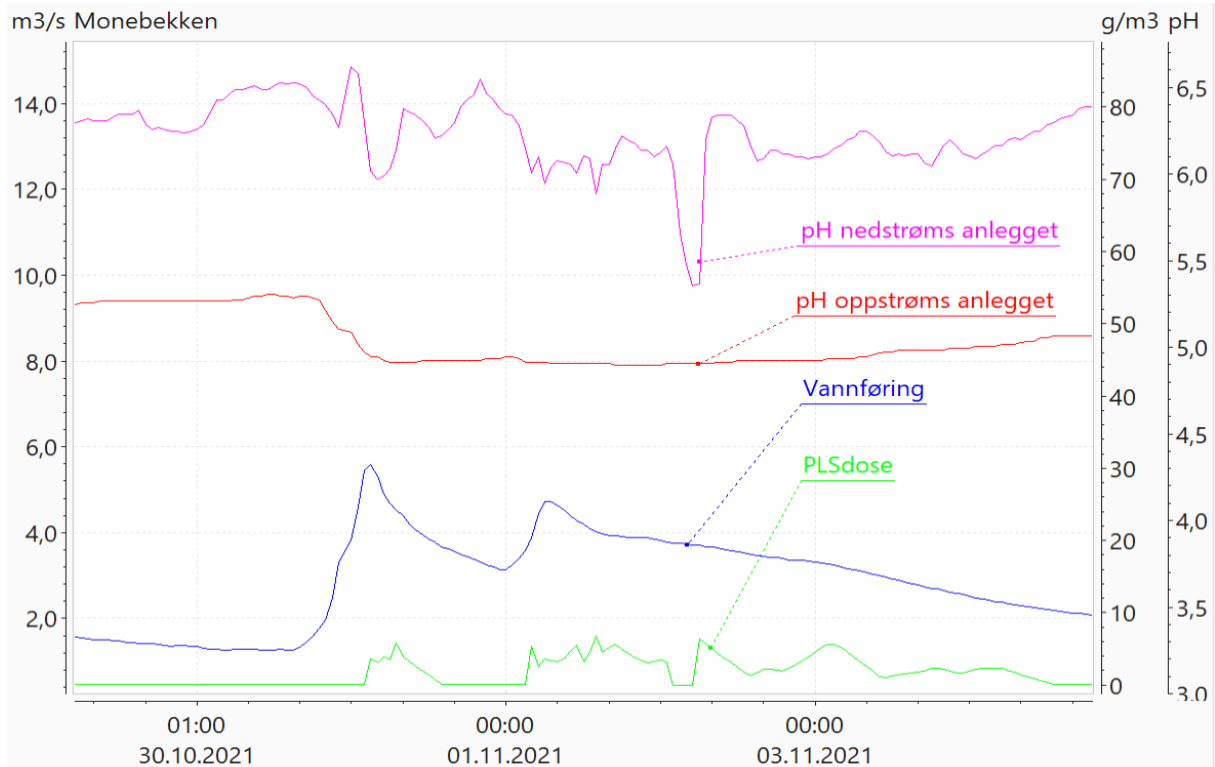
Figur 12. Det ble dosert fra anlegget selv om doseringssignalet viste ingen dosering.



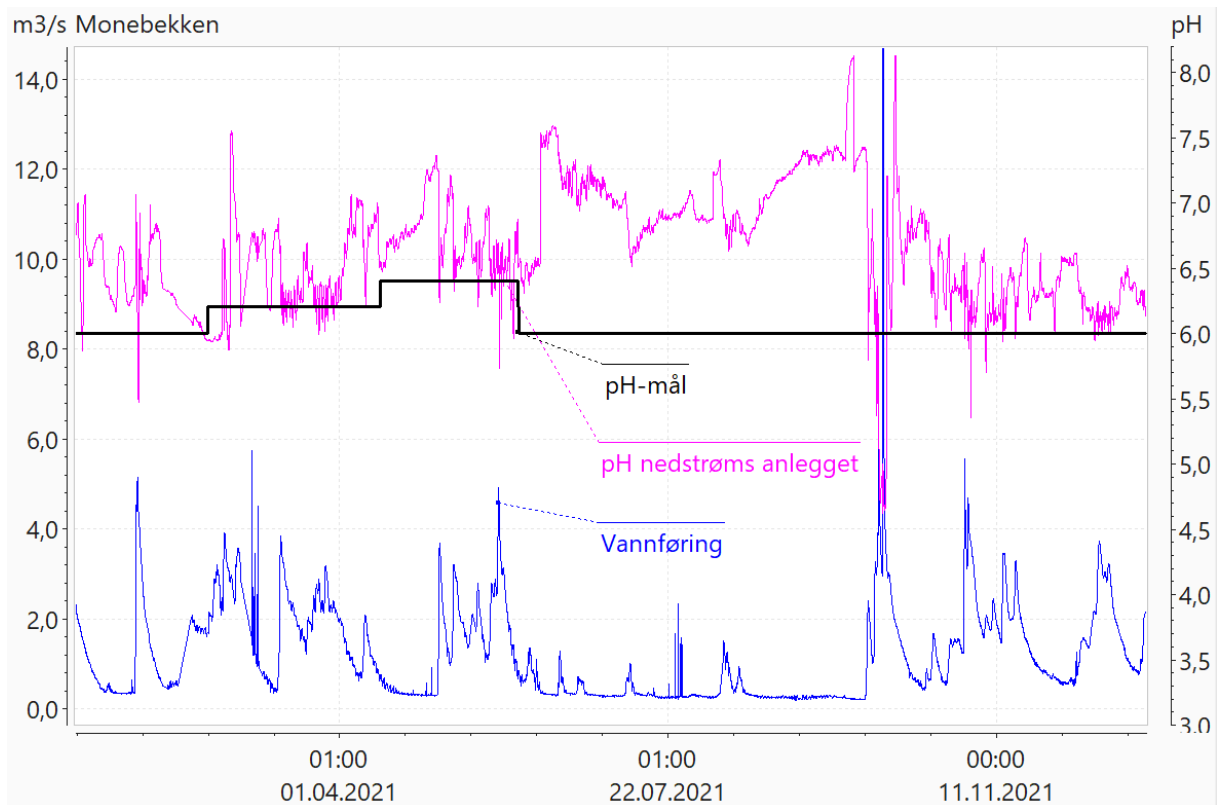
Figur 13. Kalkbeholdning (silonivå) ved Monebekken doseringsanlegg i 2021. Vekten begynte å svikte 1. mars, og var uleselig helt til 8. oktober. Driftskontroll av doseringen var da umulig.



Figur 14. Sen reaksjon ved flom førte til midlertidig forsuring nedstrøms anlegget.



Figur 15. Et lite avbrekk i doseringen 2. november (ingen PLS-dose) resulterte i pH 5,4 en kort periode før doseringen igjen kom i gang. Vannføringen på dette tidspunktet var 3,7 m³/s.



Figur 16. pH nedstrøms kalkdoseringsanlegget i Monebekken og pH-målene sammen med vannføringen i hele 2021.

2.5 Søre Herefoss

Søre Herefoss kalkdoseringsanlegg er et pH-styrt anlegg. Det vil si at anlegget styres etter vannføring og pH i vannet både oppstrøms og 800 meter nedstrøms dosereren. Kalkdoseringsanlegget kan derfor styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget.

pH-mål i lakseførende strekning av Tovdalselva for 2021 var satt til pH 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. Doseringsanlegget styrer etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målet for hele den lakseførende strekningen. Dette kravet er vanligvis noe høyere enn pH-målet for å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

Et mål på pH 6,0 er også satt for Herefossfjorden oppstrøms anlegget. Dette er gjort for å sikre mot katastrofal effekt på laks- og sjøarebestanden i elva dersom det skulle oppstå langvarig svikt i doseringen fra anlegget. pH i utløpet av Herefossfjorden er gjengitt i Figur 5.

2.5.1 Kvalitet og kontinuitet av loggete data

Driftskontroll-loggeren samlet data kontinuerlig i hele perioden.

pH nedstrøms anlegget viste periodevis bortfall av verdier i perioden 3. – 27. juli. Det foreligger heller ingen slik pH-logg i perioden 4. - 7. oktober. Vannstanden falt bort i et døgn den 29. november.

2.5.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Generelt om pH-dataene som danner grunnlag i denne rapporten: pH ved overvåkingsstasjonen på Boen er kvalitetssikret. pH- og temperaturverdier fra doseringsanlegget (oppstrøms og nedstrøms anlegget) er ikke kvalitetssikret.

pH oppstrøms doseringsanlegget måles i en kyvette som er koblet til pumpevann fra elva til blandekaret for kalk inne på anlegget. pH kan bare vise riktige verdier dersom vannstrømmen er kontinuerlig gjennom denne kyvetten. Det var fire kortvarige tilfeller med stopp i gjennomstrømmingen, men pH ble bare påvirket ved ette av tilfellene (7. februar).

pH nedstrøms anlegget hadde store avvik før kalibrering i begynnelsen av året. Spesielt lave verdier før kalibrering oppsto en uke i juni, *Figur 17*. pH-målingene var også feil i perioden fra 27. juli til 6. august.

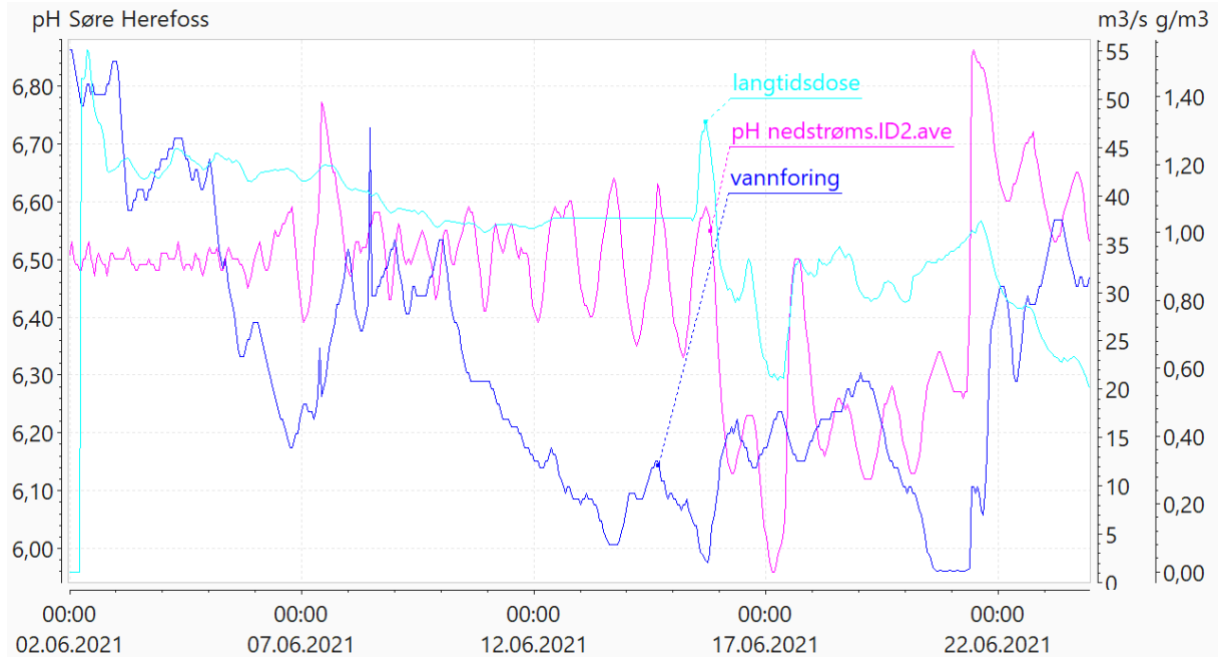
Beholdningsvekta ble registrert uriktig i desember, og viste da også sakte økende vekt, *Figur 18*.

2.5.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

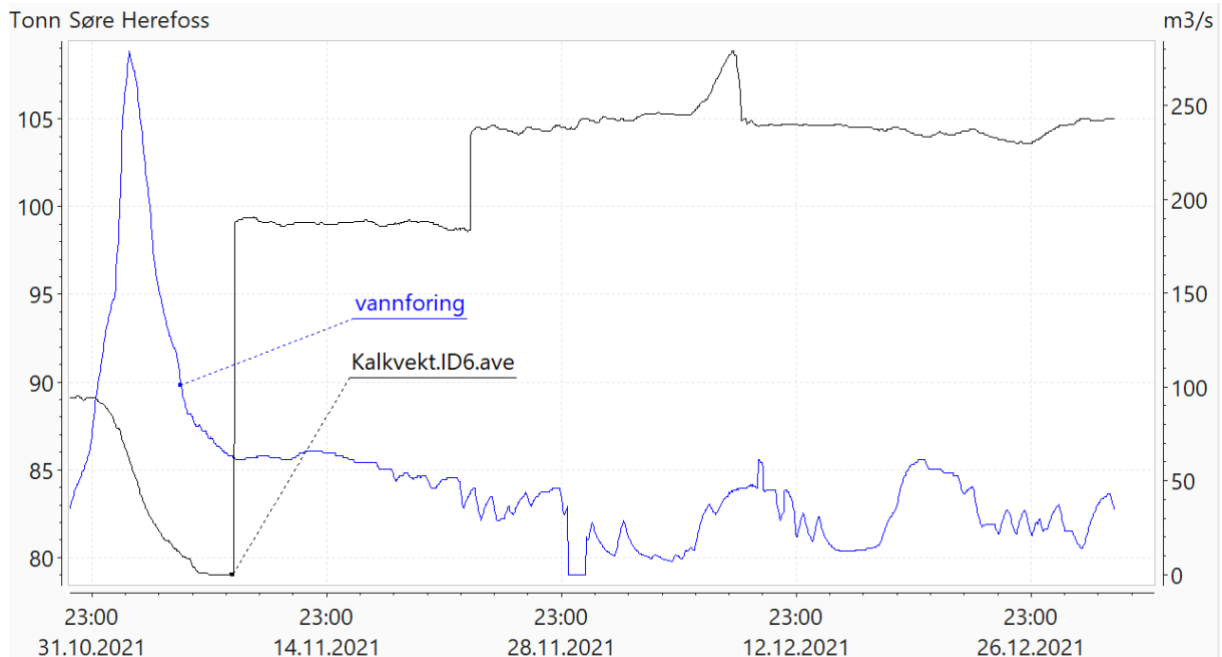
De tre første ukene i januar ble det kalket til noe høy pH i forhold til målet på pH 6,0. pH varierte i da i området pH 6,3 – 6,6 nedstrøms anlegget og målverdiene ved Boen var rundt pH-6,3. Dosene var likevel lave både i januar og februar. I mars økte dosene noe, men langtidsdosene var likevel under 0,5 g/m³. 1. april begynte en flom som krevet høyere doser (langtidsdose 4,5 g/m³). Imidlertid ble behovet raskt igjen redusert, da første del av våren forløp uten ny flomutvikling i elva. De høye pH-kravene (pH 6,4) medførte likevel nokså høye doser (2 – 2,5 g/m³). I mai økte vannføringen, og dosene med den. Med vannføring rundt 100 m³/s rundt 17. mai, var langtidsdosene igjen oppe i 4,5 g/m³, og i månedsskiftet mai juni var vannføringen 150 m³/s og dosene 6 g/m³. Ved alle disse tre flommene økte ikke pH nedstrøms anlegget nevneverdig, men på Boen ble det registrert 0,4 enheter over pH-målet ved alle tre tilfellene. Om sommeren fra 21. juni og ut hele høsten ble det ikke dosert kalk fra anlegget, unntatt første halvdel av oktober, da en stor flom krevet små doser kalk for å opprettholde pH-målet. pH var i hele denne tiden langt over pH-målet. *Figur 19* viser utviklingen i pH gjennom året både ved målområdet (Boen) og nedstrøms anlegget sammen med pH-målene og vannføringen. Det ble totalt kalket 816 tonn kalk fra Søre Herefoss doseringsanlegg. Akkumulert kalkforbruk er gjengitt i *Figur 20*. Det var kun et tilfelle med pH under målet. Det var to dager fra 15. februar da pH minst skulle vist 6,2, men viste pH 6,1. Doseringseffektiviteten var derfor meget god i 2021.

2.5.3.1 Temperaturen i elvevannet.

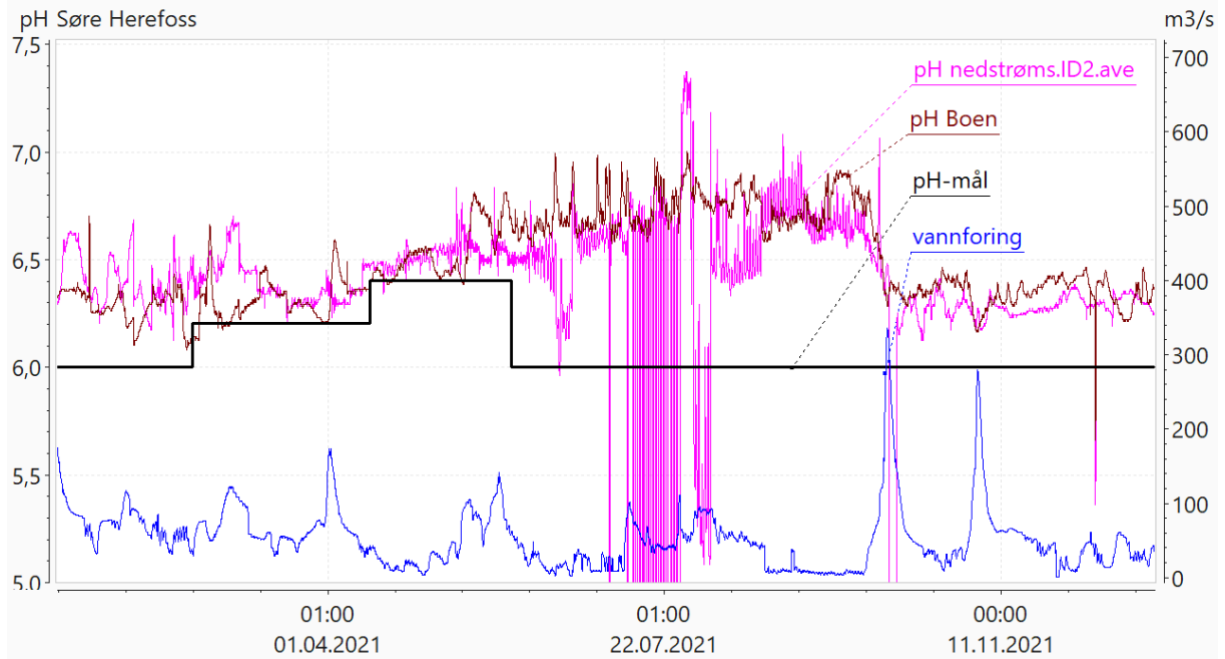
Temperaturutviklingen er viktige for biologiske prosesser i elva. Årskurven for temperatur ved Boen er gjengitt i *Figur 21*. Denne er mistenkelig lik temperaturen nedstrøms doseringsanlegget på Søre Herefoss. Mulig det foreligger en feil i loggingen. Det er uvisst hvor nøyaktig temperaturene er, da nøyaktigheten avhenger av at kalibreringer blir gjennomført ved behov.



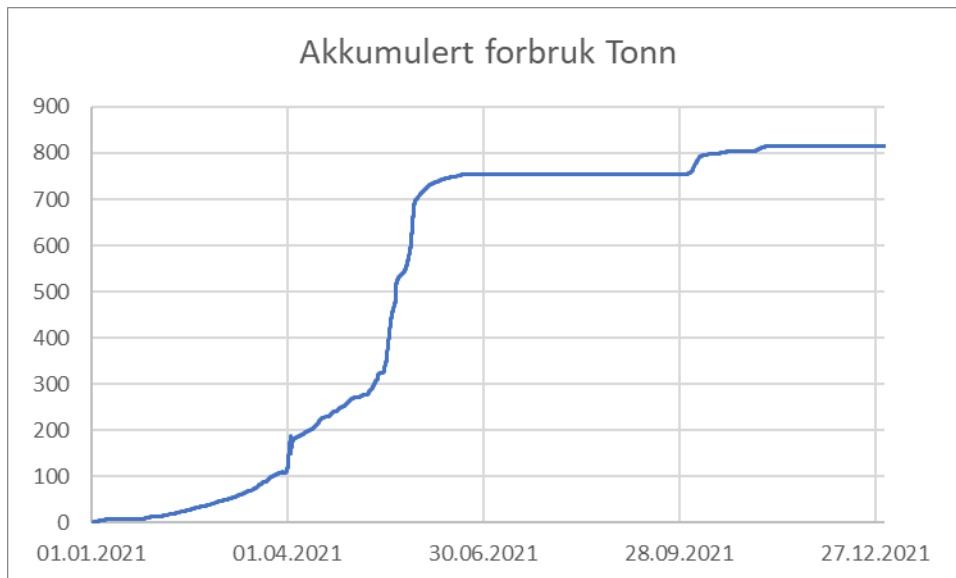
Figur 17. Feil innstilt pH nedstrøms Søre Herefoss doseringsanlegg i juni 2021. Foruten langtidsdosen underbygger høye pH-verdier på Boen også dokumentasjonen på forholdet, se Figur 21.



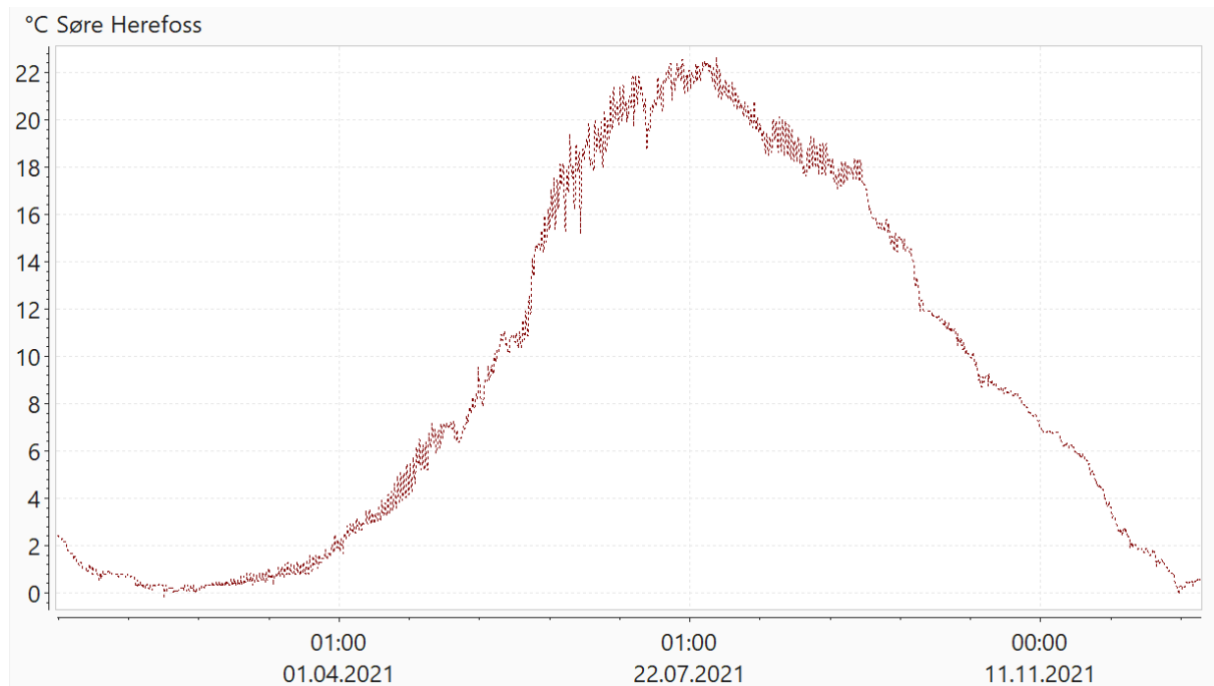
Figur 18. Vannføring og kalkvekt i en periode det ikke ble kalket. Ustabile veiesignaler, også med uriktig økning og reduksjon i vekta i desember 2021. Vannføringen viser ofte døgnvariasjon ved vannføringer under 55 m³/s.



Figur 19. pH gjennom året 2021 i lakseførende strekning av Tovdalselva sammen med pH-målene i elva. Vannføringen ut av Herefossfjorden (Søre Herefoss) er også vist.



Figur 20. Akkumulert kalkforbruk på Søre Herefoss doseringsanlegg i 2021. Det var høy dosering sent om våren, men lite resten av året. Totalt ble det benyttet 816 tonn kalksteinsmel.



Figur 21. Temperaturen gjennom året i lakseførende strekning av Tovdalselva. (Målinger hentet fra Boen).

3 Vurderinger og forslag til tiltak

3.1 Bås

3.1.1 pH oppstrøms anlegget som overvåkingsstasjon

Den automatiske pH-stasjonen oppstrøms all kalkdosering i Tovdalselva fungerer som kontinuerlig overvåking av forsuringutviklingen i store ukalkete nedbørfelt. Det var ikke tilstrekkelig mange kontrollmålinger til å gjennomføre tilfredsstillende kvalitetssikring av pH-dataene. For å kunne opprettholde en god og sikker drift av kvalitetssikringen, kreves mer tid til dette arbeidet. Midler må i så fall avsettes. Delvis kvalitetssikret kurve er gjengitt i Figur 22.

3.1.2 Vannstandsmålinger

Det oppstår høydeforskjeller mellom vannstanden inne i brønnen og ute i elva når kanalen i bunnen av brønnen klogges igjen, og vannstanden måles inne i brønnen. Dette er et generelt problem på mange doseringsanlegg, og ble også observert på Bås i 2021. Dette året var forskjellen liten, men dersom ikke rensing blir foretatt jevnlig, vil det medføre lavere kalkdoser en ønskelig. Slike tilstander er ikke observert ved Bås.

3.2 Skripeland

3.2.1 Vannføringsmålinger

Det etableres for tiden et sikrere målepunkt for vannføring i elva ved Fylkesveibrua over Kolstraumfjorden (rv 42) i stedet for ved Skripeland. Reguleringsregimet i Skripeland kraftverk vil sannsynligvis kunne stuve vannstanden i Kolstraumsfjorden noe slik at et helt nøyaktig punkt blir vanskelig å oppdrive, (Høgberget m.fl. 2021), men det blir uansett mye bedre enn forholdene i 2021.

3.2.2 pH

Problemene med at pH oppstrøms anlegget influeres av endrete strømmingsforhold når det blir lav vannstand er sannsynligvis løst ved flytting av utløpspunktet til et sikrere sted for å unngå bakevje-effekter.

3.2.3 Logg

Det er for mange avbrekk i loggen som produseres av MikCom. En kontinuerlig logg med korrekt tidsstempel på hver enkel avlesing er viktig for oppfølging av doseringshistorikken ved anlegget.

3.3 Væting

Anlegget ble etablert i 2021, og første prøvedrift satt i gang samme høst. Fullstendig kurve for vannføringsutvikling i forhold til vannstanden ved anlegget finnes foreløpig ikke, men er under utarbeidelse.

3.4 Monebekken

3.4.1 Manglende loggføring

Det oppstår for mange opphold i datarekkene for å kunne utføre en fullstendig gjennomgang av doseringshistorikken. Loggesystemet er også oppbygget slik at ikke tidsstempelet blir nøyaktig. Dette resulterer i at en del av tiden ikke blir loggført og tidsavlesingen blir forskjøvet i forhold til reelt tidsstempel.

3.4.2 Doseringsregimet

Tidligere er det beskrevet en stor grad av overdosering fra anlegget (Høgberget m.fl. 2021). Grunnet mangelen på veiedata, kan ikke akkumulert kalkforbruk gjennom året beregnes i 2021. Likevel viser pH nedstrøms anlegget at det har vært mindre grad av overdosering i 2021.

3.4.3 pH-styringen

Fortsatt mangler metoder for raskere kalkingsrespons ved pH-dropp i Monebekken. Dette er tidligere bemerket, (Høgberget m.fl. 2020 og 2021).

3.5 Søre Herefoss

3.5.1 Kalkdoseringen

Herefossfjorden hadde høy pH om sommer. Dette er forhold som er vanskelig å unngå, da det må doseres store kalkdoser helt inn mot starten av sommeren på grunn av høye pH-mål ved

smoltutvandringen. I 2021 ble dette forsterket ved at pH nedstrøms anlegget uheldigvis da også viste for lave verdier slik at doseringen ble opprettholdt for lenge.

3.5.2 Temperaturen

Loggete vanntemperaturer nedstrøms anlegget er identisk med vanntemperaturen på Boen. Dette tyder på feil kanaltilkobling til loggeren. Forholdet må identifiseres og rettes.

3.5.3 pH-målingene og måloppnåelsen

Generelt ble det ble kalket noe mer enn nødvendig, men på den andre siden ble risikoen for ikke å nå pH-målet redusert. Total vurdering er derfor at resultatet av kalkingen var svært god.

3.6 Generelt

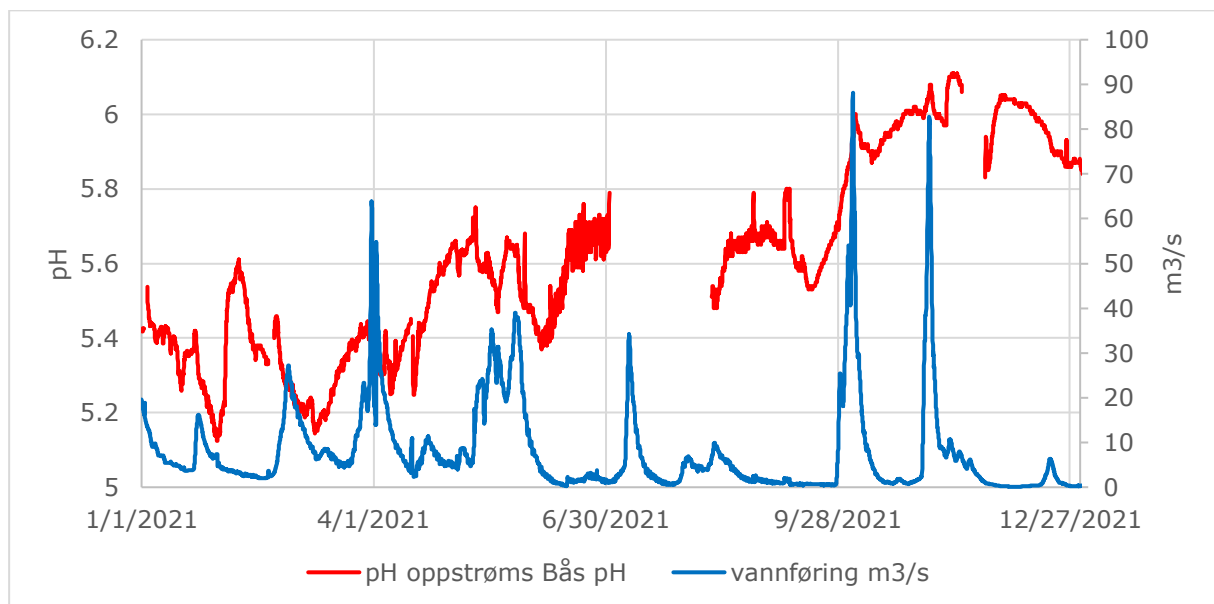
3.6.1 Datagrunnlaget

Data til grunnlag for driftskontroll-rapportene blir innhentet enten fra NIVAs egne loggere (AAC-loggere) eller fra Miljøkalk sitt drifts- og operativsystem (MikaCom). Det oppleves som problematisk at lange tidsperioder ofte ikke er loggført i MikaCom. Det er også uheldig at timesverdiene som produseres i MikaCom blir tidsforskjøvet i forhold til korrekt tidsstempel, se *Figur 23*.

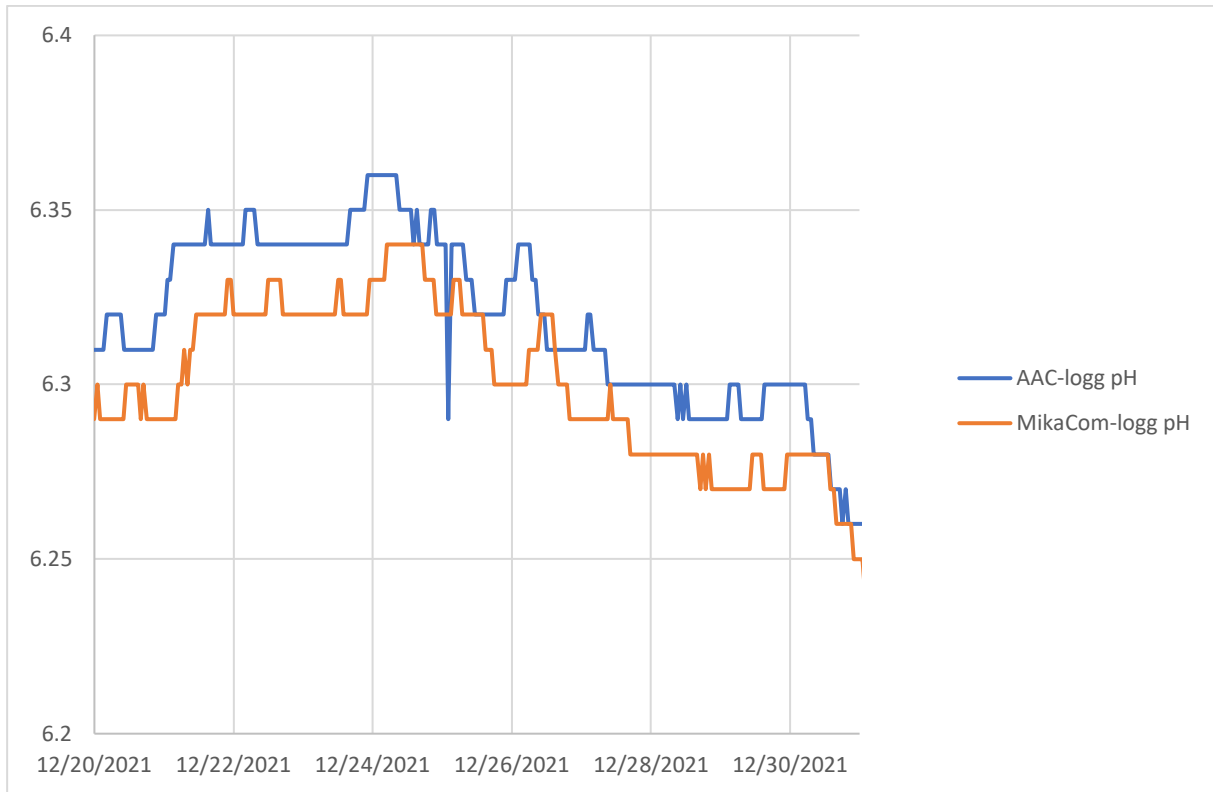
Det etterlyses en mer nøyaktig måte å loggføre nødvendige driftsparametere.

3.6.2 Kalkforbruket

Det ble kalket betydelig mindre i 2021 enn tidligere år. Kalkforbruk på de tre stor anleggene var 2774 tonn, og fordelte seg slik: Bås 1152 tonn, Skripeland 806 tonn (usikkert) og Søre Herefoss 816 tonn. Det totale kalkforbruket i hele Tovdalsvassdraget var noe høyere, og ble tilført fra de små doseringsanleggene og eventuell annen dosering.



Figur 22. pH oppstrøms Bås kalkdoseringsanlegg. På grunn av manglende kalibrering er pH-verdiene etter sommeren usikre.



Figur 23. Tidsstempellet forskyves i MikaCom ved midling av tilfeldige tidsstempler til timesverdier. Eksempelet er fra Søre Herefoss doseringsanlegg, der det foreligger lagring på to forskjellige loggesystemer (AAC-logger og MikaCom-logg). Forskyvingen er her ca. en halv dag.

4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter

Hindar, A. 1991. Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. NIVA-rapport L. nr. 2653.

Høgberget, R., 2014. Forsuringstilstanden i Monebekken. Vurdering av kontinuerlige pHdata og vannprøver i forhold til giftighet og kalkingsbehov for fisk. NIVA-rapport 6619.

Høgberget, R., 2016. Kalkingsplan for Uldalsgreina i Tovdalsvassdraget. NIVA rapport 7076

Høgberget, R., 2020. Evaluering av et lite kalkdoseringsanlegg utviklet for kalkdosering etter pH-krav i små elver. Monebekkdosereren. NIVA rapport 7521.

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

Høgberget, R. 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. NIVA Rapport L.nr. 4276.

Høgberget, R. 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. NIVA Rapport L.nr. 4422.

Høgberget, R. 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA Rapport L.nr. 4511.

Høgberget, R. 2010. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2009. NIVA Rapport L.nr. 5956.

Høgberget, R. og Tveiten, L. 2011. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2010. NIVA Rapport L.nr. 6168.

Høgberget, R. 2012. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2011. NIVA Rapport L.nr. 6369.

Høgberget, R. 2013. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2012. NIVA Rapport L.nr. 6527.

Høgberget, R. 2014. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2013. NIVA Rapport L.nr. 6694

Høgberget, R. 2015. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport 2014. NIVA Rapport L.nr. 6844.

Høgberget, R. 2016. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2015. NIVA rapport L.nr. 7080.

Høgberget, R. 2017. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2016. NIVA rapport L.nr. 7180.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2002. NIVA Rapport L.nr. 4750.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005a. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2003. NIVA Rapport L.nr. 4990.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2005b. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2004. NIVA Rapport L.nr. 5051.

Høgberget, R. Håvardstun, J. og Tveiten, L. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2005. NIVA Rapport L.nr. 5235.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA Rapport L.nr. 5462.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA Rapport L.nr. 5601.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA Rapport L.nr. 5789.

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

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2019. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2018. NIVA Rapport L.nr. 7413.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2020. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2019. NIVA Rapport L.nr. 7507.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2021. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2020. NIVA Rapport L.nr. 7644.

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

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

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no