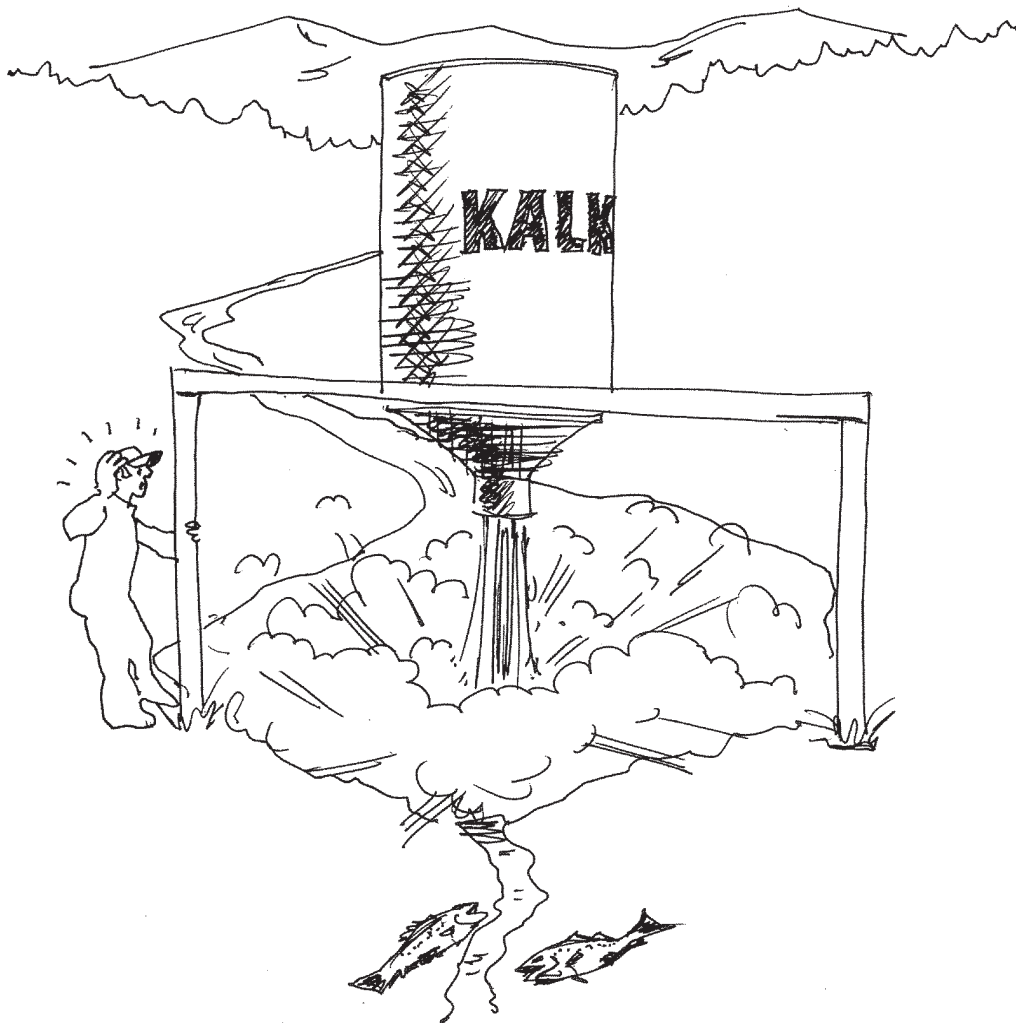


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2022



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 2022 | Løpenummer 7862-2023 | Dato 10.05.2023 |
| Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke | Fagområde Kalking og forsuring | Distribusjon Åpen |
| | Geografisk område Agder | Sider 28 |

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

Sammenheng

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg gjennomføres for å optimalisere kalkingstiltaket. Rapporten sammenfatter avvikhendelser i 2022, og det foreslås forbedringstiltak: Kalkingen fra anleggene på Bås og Skripeland var god. Dette bidro til at pH stort sett tilfredsstillte målet for Herefossfjorden samtidig som doseringen ved Søre Herefoss for å korrigere til pH-målene for laks, ble liten. Innsamling av data for kontinuerlig pH-måling oppstrøms Bås ble avsluttet. Viktige driftsparametere på Skripelandanlegget kan gi manglende nøyaktighet. Dette er under utbedring. Anlegget på Væting behøver pH som styringsparameter for tilfredsstillende dosering. For å unngå gjentakende dropp under pH-målet ved forsuringer, behøver Monebekkanlegget raskere doseringsrespons. Alternative styringsformer bør utredes. Selv om pH-målingene ved Søre Herefoss-anlegget var vanskelig å kalibrere, doserte anlegget meget godt, og 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.

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

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

Rolf Høgberget
Prosjektleder/Hovedforfatter

Hans Fredrik Veiteberg Braaten
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7598-8
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Tovdalsvassdraget
År 2022**

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 Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) utviklet et 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 2022 besto av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget. Jarle Håvardstun har utarbeidet kartet som viser stasjonsplasseringer og stedsnavn. Rapporten er kvalitetssikret av Hans Fredrik Veiteberg Braaten.

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, 25.04.2023

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introduksjon..... | 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 | 10 |
| 2.2 | Skripeland | 12 |
| 2.2.1 | Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata | 12 |
| 2.2.2 | Doseringshistorikk og effekter av doseringen..... | 12 |
| 2.3 | Væting..... | 15 |
| 2.3.1 | Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata | 15 |
| 2.3.2 | Doseringshistorikk | 15 |
| 2.4 | Monebekken | 17 |
| 2.4.1 | Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata | 17 |
| 2.4.2 | Doseringshistorikk | 17 |
| 2.5 | Søre Herefoss..... | 21 |
| 2.5.1 | Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata | 22 |
| 2.5.2 | Doseringshistorikk | 22 |
| 3 | Vurderinger og forslag til tiltak | 25 |
| 3.1 | Bås..... | 25 |
| 3.2 | Skripeland | 25 |
| 3.2.1 | Vannføringsmålinger | 25 |
| 3.2.2 | pH | 25 |
| 3.2.3 | Logg | 25 |
| 3.3 | Væting..... | 25 |
| 3.4 | Monebekken | 25 |
| 3.4.1 | Doseringsregimet | 25 |
| 3.5 | Søre Herefoss..... | 26 |
| 3.5.1 | pH-målingene | 26 |
| 3.6 | Generelt | 26 |
| 3.6.1 | Datagrunnlaget..... | 26 |
| 3.6.2 | Kalkforbruket..... | 26 |
| 4 | Referanser..... | 27 |

Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Tovdalselva gjennomføres for å optimalisere kalkdoseringen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av avvikshendelser i rapporteringsperioden (1. januar -31. desember 2022), vurderinger omkring effekten av avvikene og forslag til tiltak. Hovedpunktene er gitt under.

Bås

- Dosene varierte en del for å kunne opprettholde pH-målet i Herefossfjorden. Dette involverte også to lange perioder uten doseringsbehov sommer og tidlig høst.
- Det er ikke lenger mulig å overvåke pH oppstrøms Bås. Dermed forsvinner muligheten til detaljert overvåking av forsuringssendringer i øvre deler av Tovdalsvassdraget.
- Anlegget kalket halve vanntilførselen til Herefossfjorden, men bidro bare med 39 % av kalktilførselen.

Skripeland

- Nødvendige loggedata fra MikaCom mangler i over 2,5 måneder.
- Etablering av vannføringskurve er ikke gjennomført, men skal beregnes av vannstandsdata fra riksveibrua oppstrøms anlegget. Det er likevel usikkert hvor nøyaktig dette kan bli.
- Bakevjeeffekter førte fortsatt til at kalket vann kan påvirke pH i brønnvannet (pH oppstrøms anlegget).
- Anlegget bidro vesentlig til å opprettholde pH-målet i Herefossfjorden.

Væting

- Det ble dosert 117 tonn fra anlegget, men ingen dosering ble gitt om sommeren.
- Stikkprøver av pH viser perioder med for lav pH. Dette indikerer at doseringseffektiviteten ikke var tilfredsstillende for laks.
- Det etterlyses etablering av pH-styring for bedre justering av dosene i forhold til pH-målene.

Monebekken

- Anlegget mangler det rette styringsverktøyet til å kunne håndtere raske svingninger i pH.
- Totalt var det 233 timer med for lav pH. I noen tilfeller var avvikene store og vedvarte over lang tid. Doseringseffektiviteten var derfor ikke tilfredsstillende

Søre Herefoss

- pH-loggen fra anlegget viser at det til tider var store problemer med å kunne måle nøyaktig.
- Det ble kun registrert to tilfeller med pH lavere enn pH-målet. Doseringseffektiviteten var derfor meget god.

Generelt

- Det var problematisk at lange tidsperioder ofte ikke ble loggført. Det er også uheldig at timesverdiene som produseres i MikaCom blir tidsforskjøvet i forhold til korrekt tidsstempel.
- Kalkforbruket viser at mye av kalkingsbehovet ble oppfylt før Søre Herefoss-anlegget. Det er også verd å merke at Skripeland-anlegget har overtatt for Bås som det mest doserende anlegget i Tovdalselva.

Summary

Title: Operation of lime dosers in the Tovdal River, S Norway. Yearly report 2022.

Year: 2022

Author: Rolf Høgberget, Jarle Håvardstun and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7598-8

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 2022. Measures to improve the operation are suggested.

1 Introduksjon

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 egne driftskontroll-loggere er montert på to store kalkdoseringsanlegg: Bås og Søre Herefoss, men ble i løpet av året lite brukelige på grunn av utfasing av telekommunikasjonsprinsippet disse loggerne var avhengige av. Alle doseringsdata hentes nå inn fra MikaCom loggesystem, se kap. 1.1. Anleggenes plassering er vist i Figur 1.

Det er tidligere utgitt en rekke driftskontrollrapporter for Tovdalsvasdraget. Disse er gjengitt i referanselista. Foreliggende rapport omhandler perioden 1. januar til 31. desember 2022.

1.1 Ord og uttrykk

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

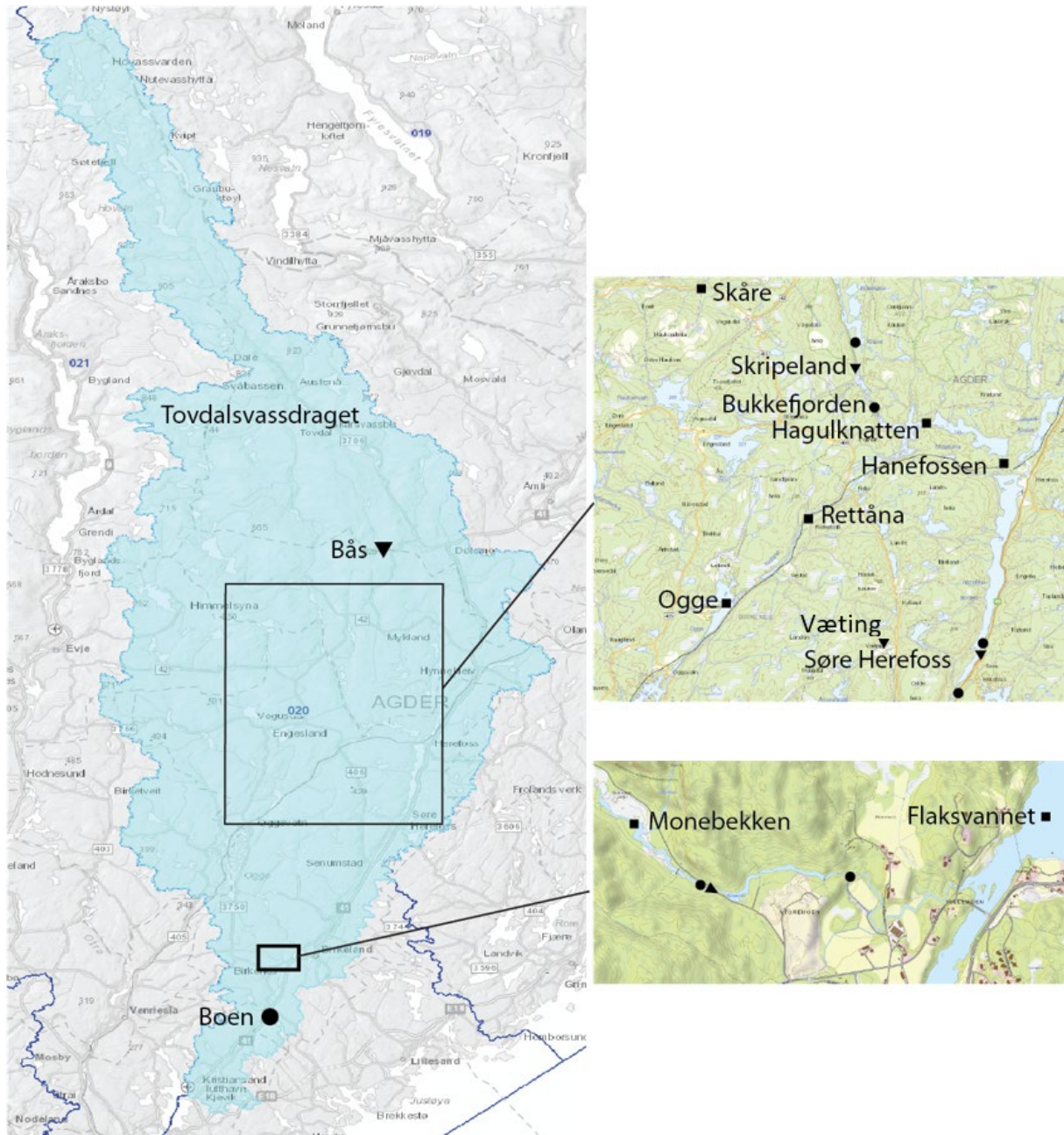
| Ord/uttrykk | Forklaring |
|------------------------|--|
| Dosering | Brukes om generell tilsetning av kalk, men den egentlige betydningen er tilsetning av mengde kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest gram per sekund (g/s). |
| Dose | Dosering av kalk per volum vann (konsentrasjonen). Den 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. |
| Forhåndsdoser | 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. |

Prosesskalibrering

Sette en kjent pH-verdi som avlesingsverdi i et pH-meter. Det har da alltid vært gjennomført en topunktskalibrering av pH-meteret (kalibrering mot bufferne pH 4 og 7).

MikaCom

Programvare benyttet på anlegget til kontroll og styring av doseringsanlegget. Det er også et data-arkiv tilknyttet systemet. Programvaren er utviklet av Miljøkalk, En avdeling av Franzefoss Minerals.



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Tovdalsvassdraget med aktuelle stedsnavn (kvadrater), pH-målestasjoner (sirkler) og kalkdoseringsanlegg (triangler). Oppstrøms Herefossfjorden er vassdraget delt i to like store elver. Den vestlige kalles «Ulldalsgreina».

2 Driften på anleggene

2.1 Bås

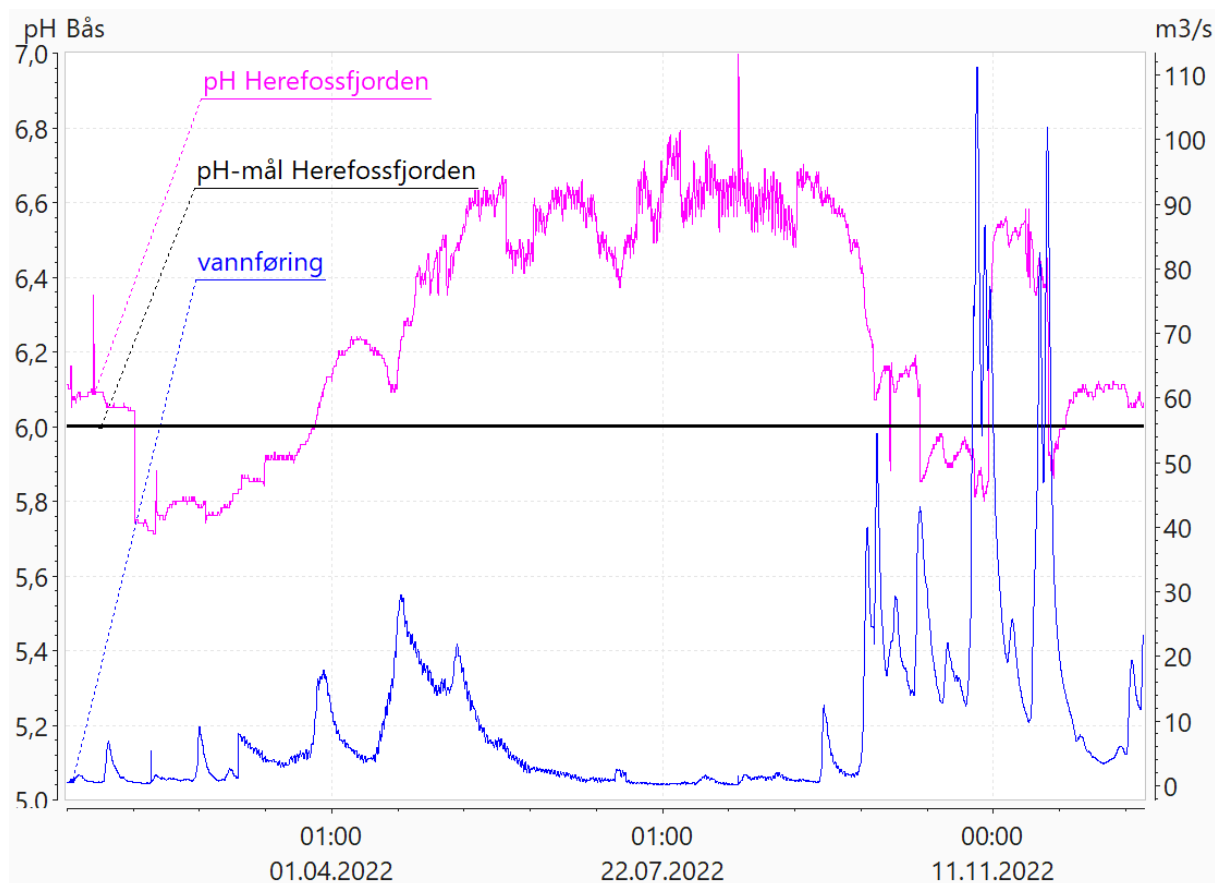
Bås kalkdoseringsanlegg står for 2/5 av all kalktilsetting i Tovdalsvassdraget. Det er derfor avgjørende at anlegget fungerer tilfredsstillende slik at man får en optimal effekt av kalkingstiltakene i vassdraget. Kalkdoseringsanlegget er fullautomatisert, og kalkdoseringen reguleres etter variasjonen 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

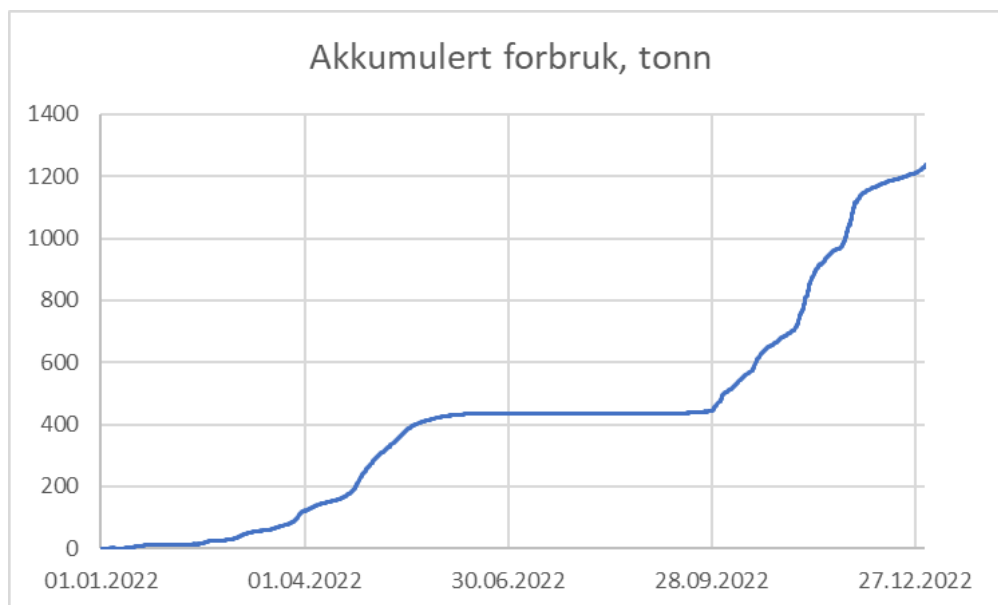
Det foreligger doseringsdata fra driftskontroll-loggeren fram til 11. mai. Dette var avslutningsdatoen for Telenors 3G-nett som loggeren er avhengig av for kommunikasjon (GSM-oppkobling). Etter denne datoen ble data innhentet fra MikaCom-systemet, (se 1.1). Beholdning (silovekt), vannstand og dosering ble logget kontinuerlig hele året uten nevneverdige forstyrrelser eller bortfall av data.

2.1.2 Doseringshistorikk

Dosene som ble levert fra anlegget varierte en del for å kunne opprettholde pH-målet i Herefossfjorden. Det var også to lenge perioder uten doseringsbehov, (11. juni – 26. august og 1. – 16. september). I januar varierte PLS-dosene mellom 1,5 og 3 g/m³. Deretter økte dosene gradvis til ca. 6 g/m³ midt i mars. Dette nivået ble opprettholdt til sist i april, da dosene igjen gradvis ble redusert til 3 g/m³ før doseringen ble stoppet 11. juni. I september begynte doseringen med de samme dosene som på forsommeren. Deretter ble det igjen en gradvis økning mot midt i november da PLS-dosene igjen ble justert til i underkant av 6 g/m³ i forbindelse med en stor høstflom. Da var dosene også i en kort periode over 7 g/m³. Senere i desember ble dosene noe redusert til i området 5-6 g/m³. pH i Herefossfjorden og vannføringen ved Bås gjennom året er vist i Figur 2. Det ble totalt kalket med 1239 tonn kalksteinsmel (>97 % CaCO₃) fra Bås-anlegget i 2022. Akkumulert kalkforbruk er gjengitt i Figur 3.



Figur 2. Vannføring ved Bås sammen med pH i utløpet av Herefossfjorden og pH-målet i fjorden.



Figur 3. Akkumulert kalkforbruk på Bås doseringsanlegg i 2022. Kurven er basert på data for vektreduksjonen i beholdningstanken for kalksteinsmel.

2.2 Skripeland

Skripeland doseringsanlegg ble bygget og satt i drift i 2020. Dette anlegget erstatter alle tidligere doseringsanlegg i Uldalsgreina. Den første forsøksvise doseringen begynte sent i november samme år. 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

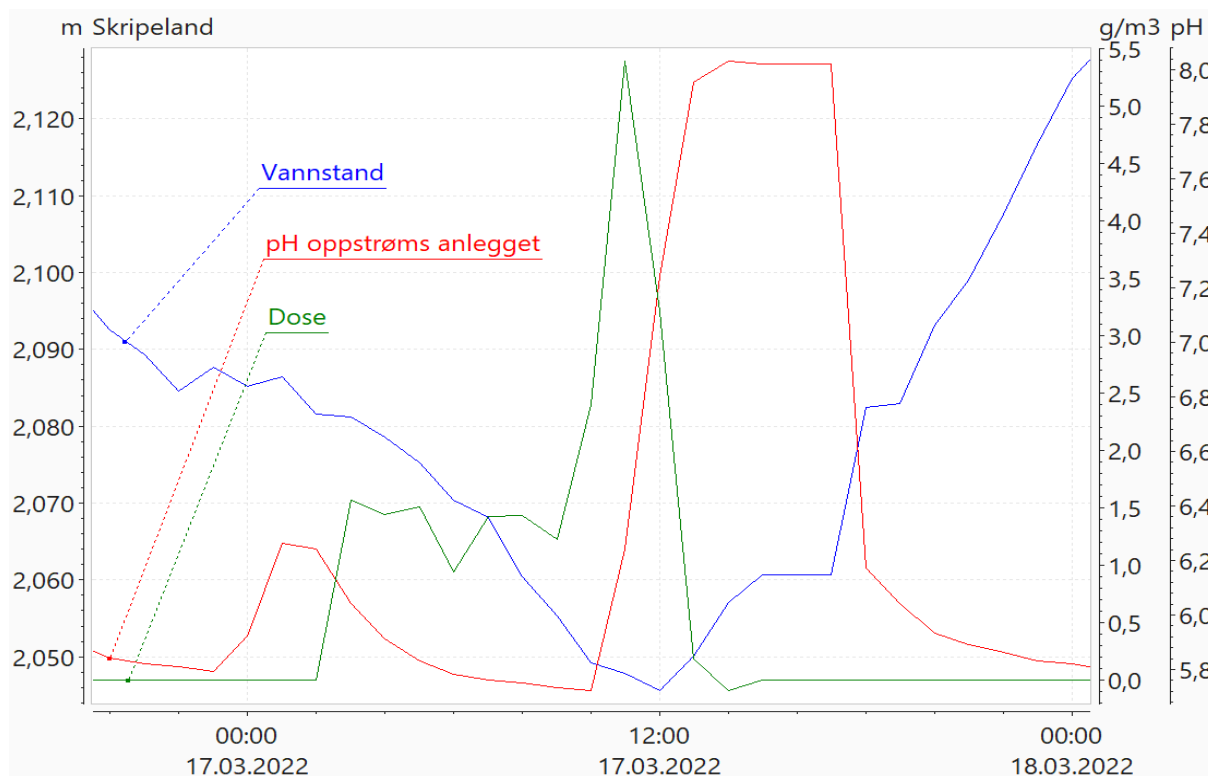
Råloggen fra MikaCom danner grunnlaget for midling av data til timesverdier for vannføring (m^3/s), silonivå (tonn), dosering (g/s) og pH oppstrøms og nedstrøms anlegget. Loggen falt bort i en lang periode fra 8. juli til 27. september og 17 timer den 23. november.

Vannstandsdata er hentet fra inntaksbrønnen på anlegget. Dersom Hanefossmagasinet nedstrøms Skripeland fylles opp, påvirker dette vannstanden i brønnen slik at nøyaktig vannføring ikke kan dokumenteres. (Høgberget m.fl. 2021). Vannføringskurve er derfor foreløpig ikke opparbeidet for anlegget.

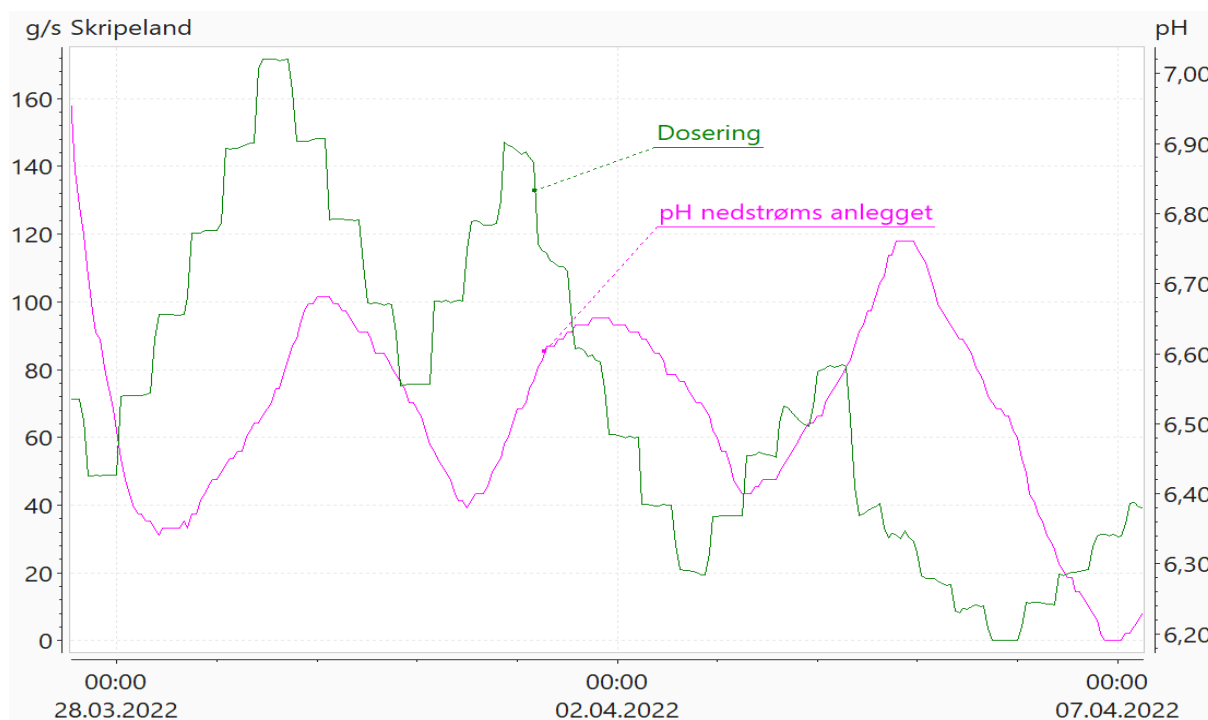
pH oppstrøms anlegget blir målt i inntaksbrønnen. Denne er plassert innenfor utløpspunktet for kalkdoseringen. Bakevjeeffekter har ført til at kalket vann noen ganger har blitt tilført brønnen og dermed påvirket pH i brønnvannet. Disse forholdene gjelder fortsatt, selv om utløpet er flyttet i elva til et dypere parti lenger ut i elva. Et eksempel på dette er vist i Figur 4.

2.2.2 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

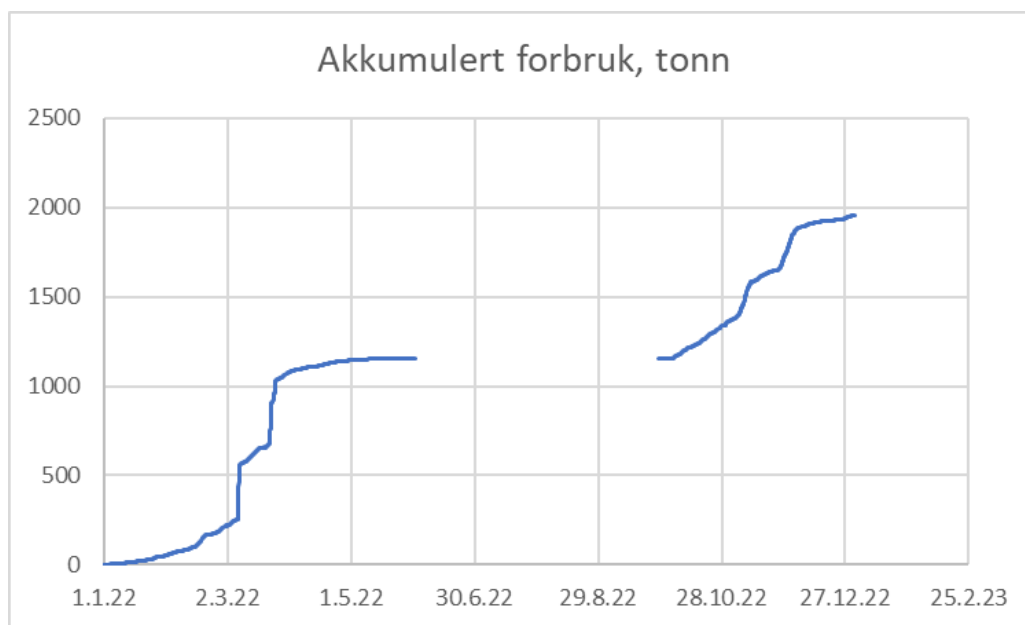
Det oppsto to ufrivillige stopp i doseringen i mer enn 8 timer. Det var 8. mars (23 timer) og 12. oktober (19 timer). I tillegg ble det stopp i doseringen i forbindelse med tom silobeholdning 17. mars (36 timer). Ingen av disse tilfellene medførte pH under målet for Herefossfjorden, (pH 6). Det ble hyppig registrert ustabil dosering, såkalte «jojo-effekter» i pH nedstrøms anlegget, se Figur 5. Selv om pH varierte mye under slike forhold, var den gjennomsnittlige effektiviteten god. Det ble registrert et forbruk på 1958 tonn kalksteinsmel. På grunn av manglende data i en lang periode, kan totalforbruket ha vært noe mer. Akkumulert kalkforbruk er gjengitt i Figur 6. Effekten av kalkingen på Herefossfjorden deles med effekten fra Bås-anlegget, Bidraget som økt pH i Uldalsgreina, er vist i Figur 7 sammen med vannføringen.



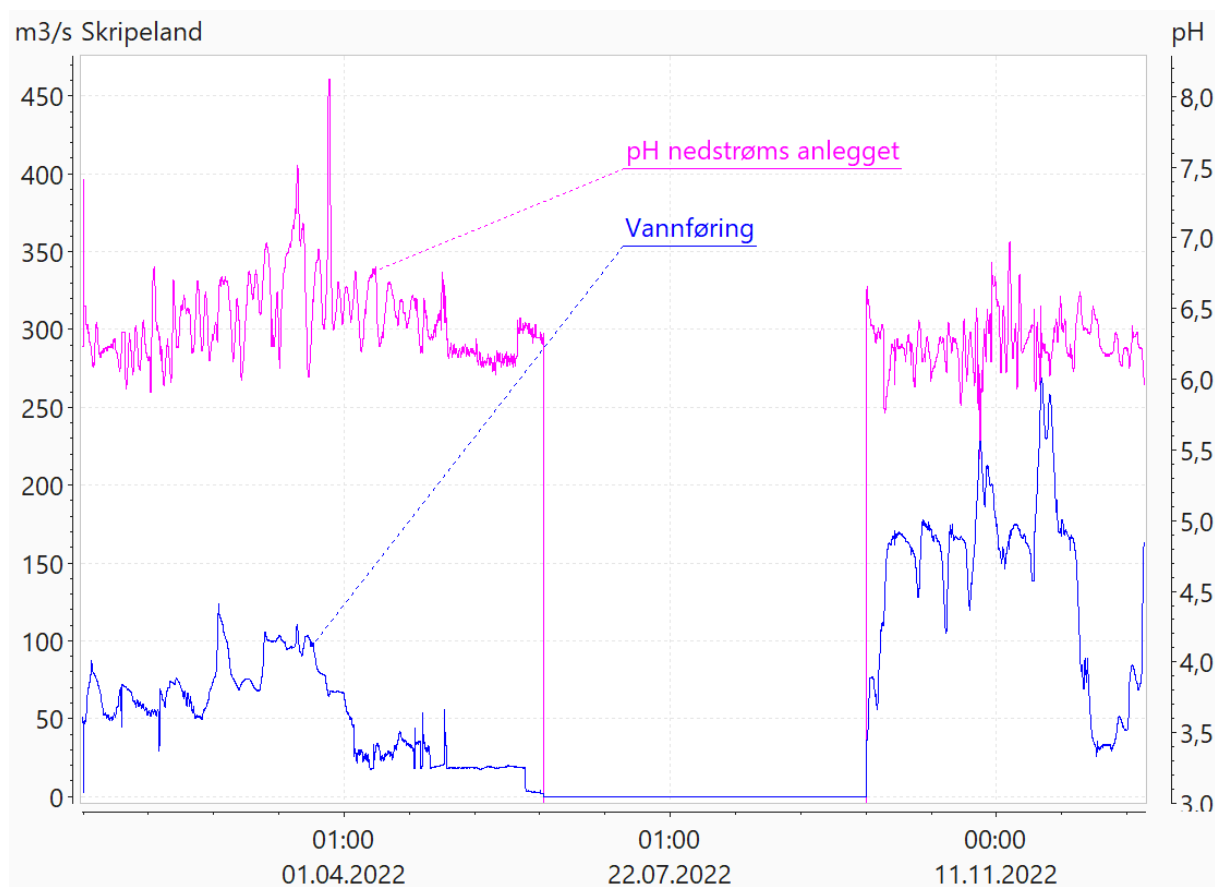
Figur 4. Relativ vannstand, kalkdose og pH oppstrøms Skripeland doseringsanlegg på et tidspunkt der tilført kalk hadde stor påvirkning på pH oppstrøms anlegget.



Figur 5. Ustabil dosering fra Skripeland doseringsanlegg førte til store svingninger i pH nedstrøms anlegget.



Figur 6. Akkumulert kalkforbruk på Skripeland doseringsanlegg i 2022. Kurven er basert på data for vektreduksjonen i beholdningstanken for kalksteinsmel.



Figur 7. Tilnærmet relativ vannføring (se 2.2.1) og pH nedstrøms Skripeland doseringsanlegg i 2022. En lang periode uten tilgjengelige doseringsdata vises på grafen.

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. 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. 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.

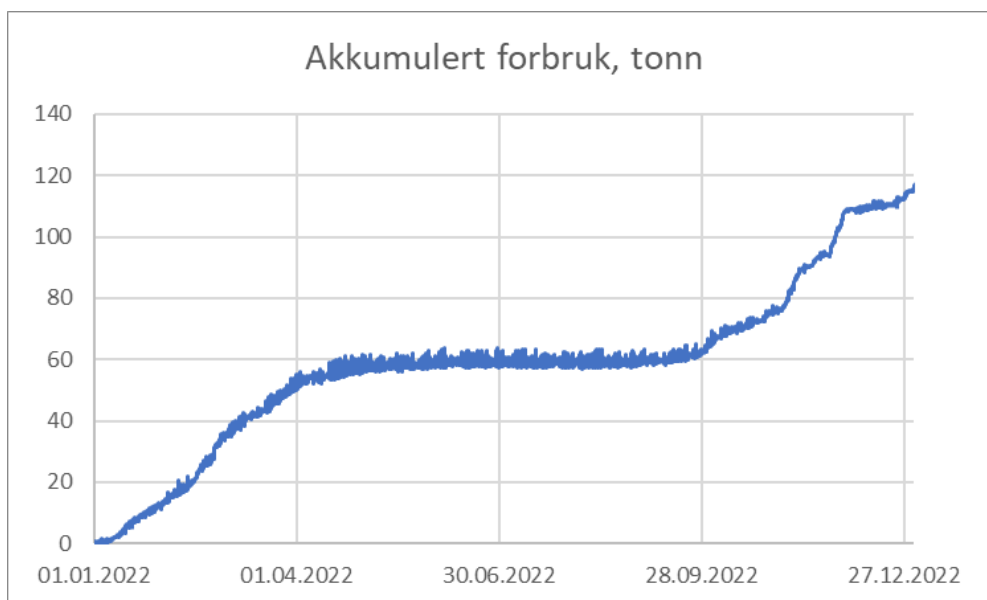
2.3.1 Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

MikaCom-systemet er etablert på anlegget og historiske doseringsdata blir hentet fra dette systemet. Verdier for vannstand, silonivå og dosering ble registrert kontinuerlig gjennom hele året.

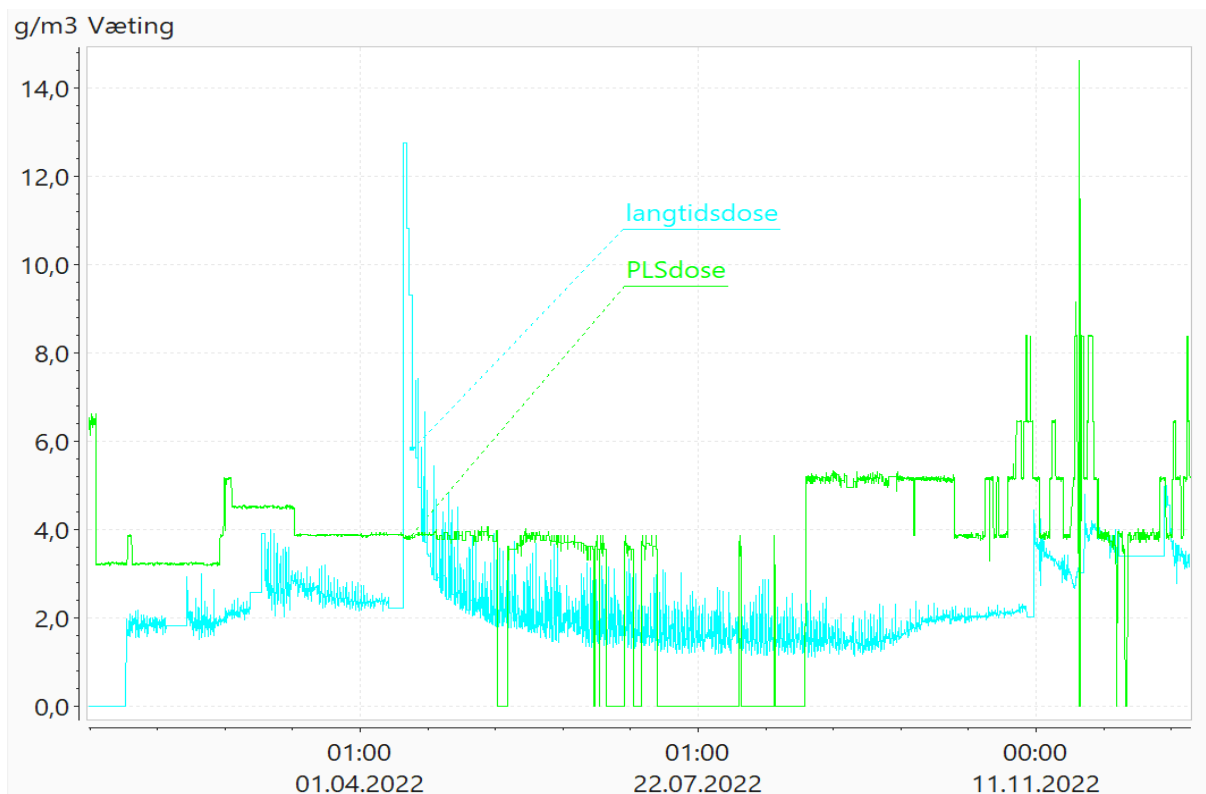
2.3.2 Doseringshistorikk

Basert på registrert vektreduksjon i beholdningstanken (siloen) ble det dosert 117 tonn kalksteinsmel gjennom 2022. det vesentligste av dette ble dosert vår og høst. Det ble ikke dosert fra anlegget i perioden 1. juni- 26. august. Akkumulert kalkforbruk gjennom året er vist i Figur 8. PLS-dosene om våren var 3,2 g/m³ (3. januar - 13. februar), 4,5 g/m³ (17. februar - 10. mars) og 3,9 g/m³ (10. mars – 1. juni). Langtidsdosene var ca. 1/3 lavere. Om høsten varierte PLS-dosene i kortere perioder mellom 3,9 og 5,1 g/m³ avbrutt av enkelte høye doser (8,4 g/m³). Langtidsdosen av også da lavere, se Figur 9. Vannføring sammenholdt med silovekt gjennom hele året er gjengitt i Figur 10.

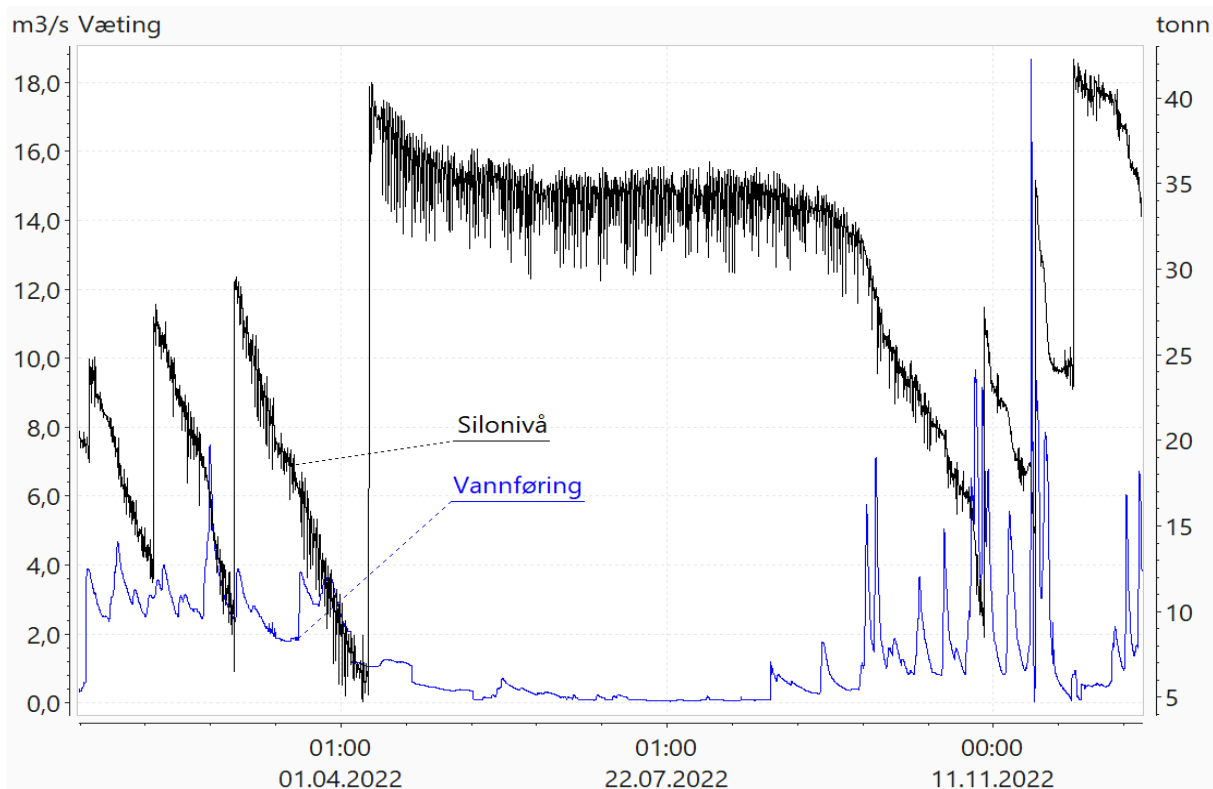
pH-effekter av doseringen gjennom kontinuerlig logg foreligger ikke, men stikkprøver viser god effekt av doseringen det meste av tiden. Imidlertid oppsto perioder med for lav pH. Figur 11. Dette indikerer at av doseringseffektiviteten ikke er tilfredsstillende for laks.



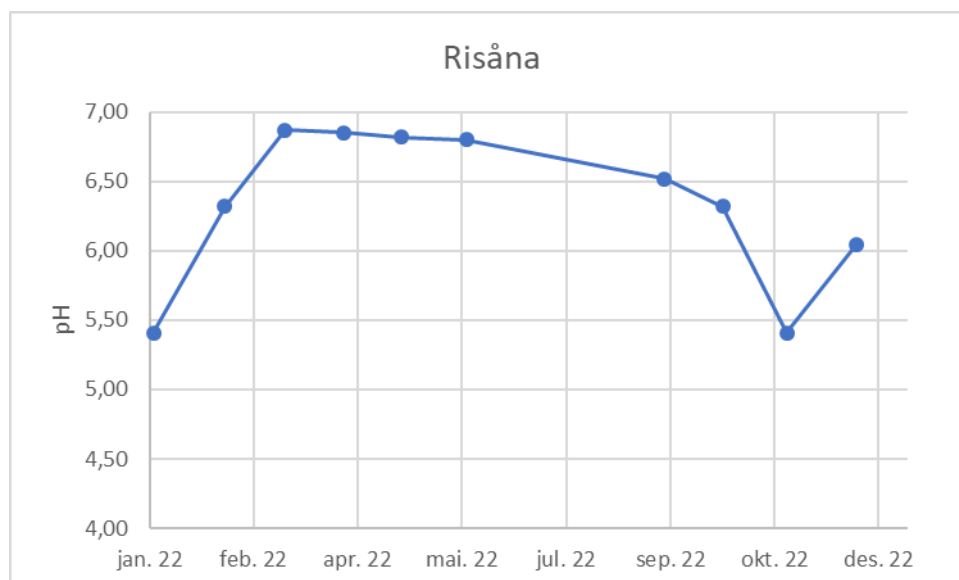
Figur 8. Akkumulert kalkforbruk på Væting doseringsanlegg i 2022. Kurven er basert på data for vektreduksjonen i beholdningstanken for kalksteinsmel.



Figur 9. PLS- og langtidsdoser fra Væting doseringsanlegg i 2022.



Figur 10. Vannføring og kalkvekt (silonivå) ved Væting doseringsanlegg i 2022.



Figur 11. pH-stikkprøver av Risåna i 2022, (data fra Nedre Tovdal grunneierlag v/Olav Bårdsen Treite)

2.4 Monebekken

Monebekken er en sideelv til Tovdalselva. Den har utløp i den lakseførende delen av elva, 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 samløp 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 gjelde for Monebekken, se kap. 2.5.

2.4.1 Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

Data fra MikaCom-loggen viser kontinuerlige målinger av vannstand, silonivå, pH oppstrøms og nedstrøms anlegget, temperatur nedstrøms anlegget og dosering gjennom hele året. Målinger av silonivå var ustabile i perioden 17. februar – 20. oktober. I denne perioden var det hyppige avvik i områdene $\pm 3,5$ tonn (Figur 12).

2.4.2 Doseringshistorikk

Det ble kalket kontinuerlig med tilstrekkelig høye doser til å opprettholde pH-målet for smolt om våren. Unntaket var 25.mai, da pH ble redusert til 6,1 (pH-mål 6,4) i 30 timer på grunn av for lav dosering, (Figur 13). Om sommeren ble det ikke dosert fra anlegget i en lang periode fra 27. mai til 28. september. Likevel var pH svært høy i målområdet for kalkingen (pH 7,0 – 7,4). Imidlertid oppsto det behov for kalking 26. august, 13. og 26. september uten at dette utløste tilstrekkelig doseringssignal. Dette førte til kortvarige forsurende episoder hvor pH den 26. september ble redusert

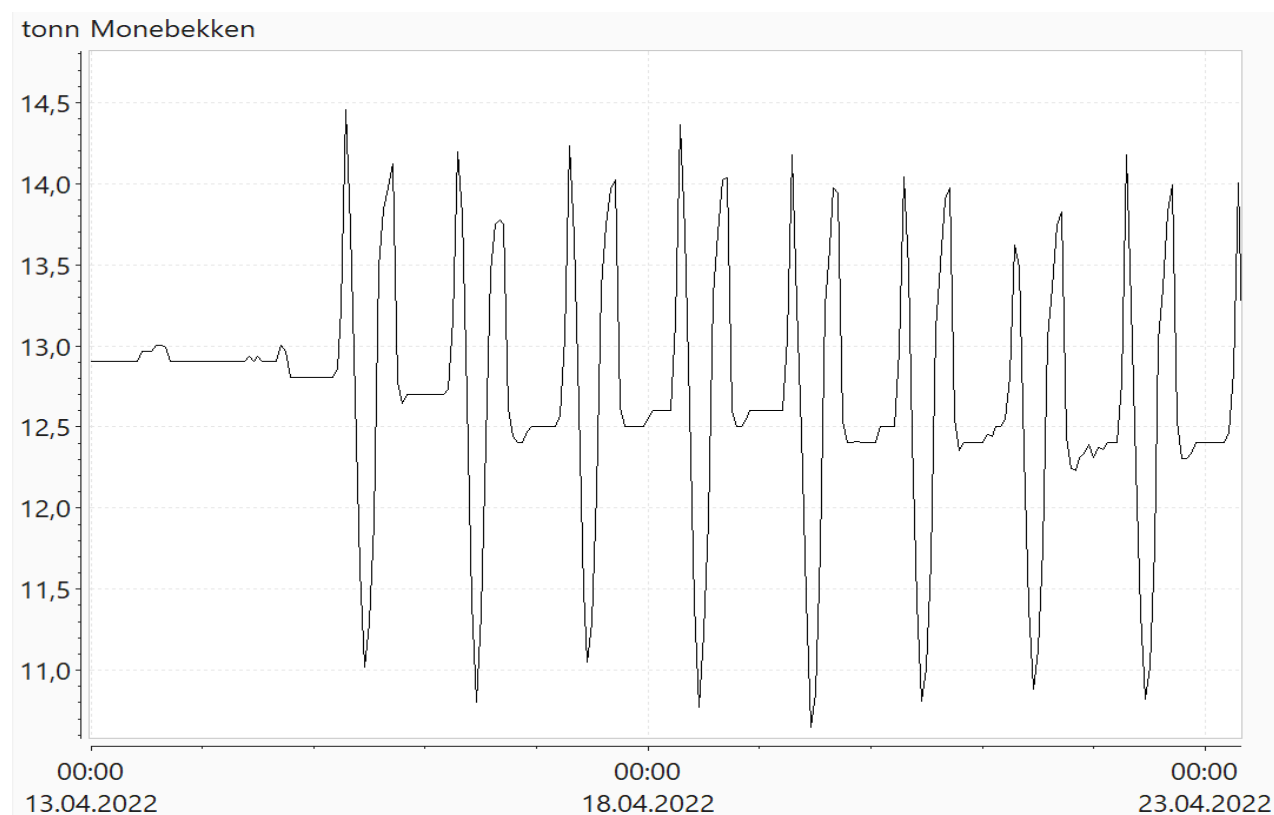
til pH 4,7, (Figur 14). Senere på høsten oppsto flere situasjoner med for sen start av dosering i forbindelse med flom. Et eksempel på dette er gitt i (Figur 15).

Det var totalt 233 timer hvor pH var for lav i forhold til pH-målet. I noen av disse tilfellene var avvikene store og vedvarte over lang tid. En tabell over alle avvik er gjengitt i Tabell 1.

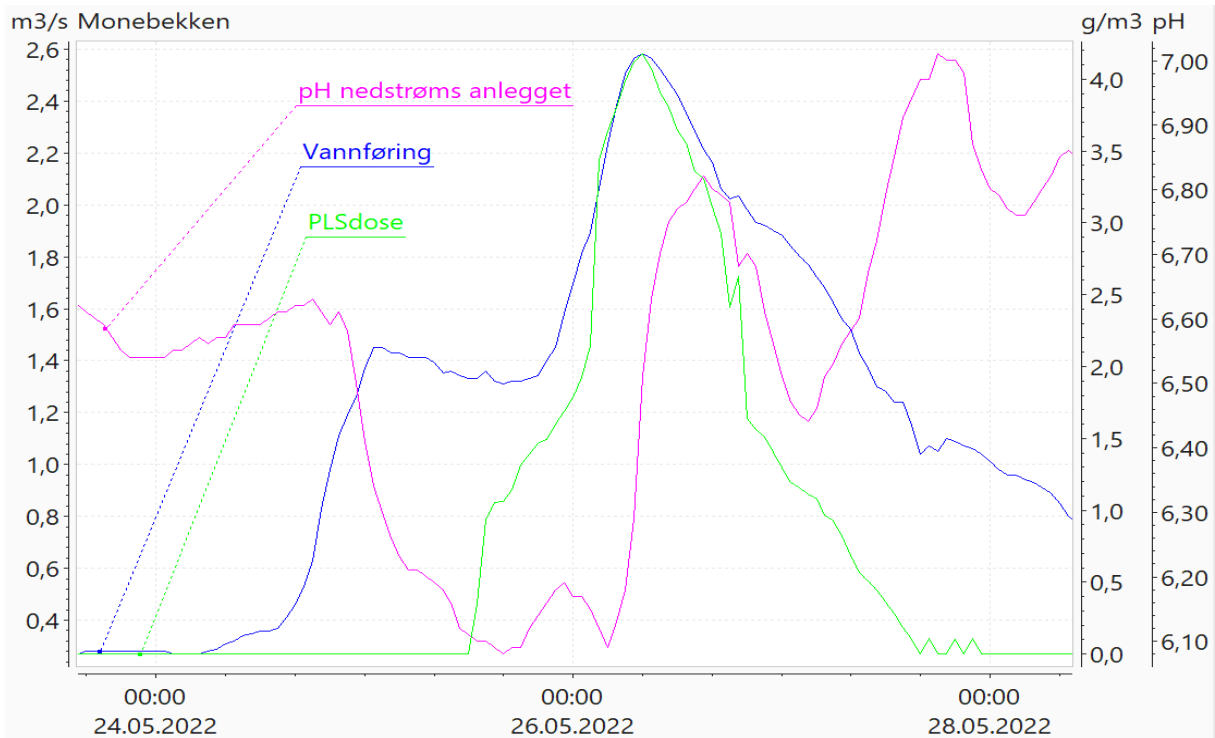
Det ble totalt dosert 81 tonn kalksteinsmel fra anlegget i 2022. Akkumulert kalkforbruk er gjengitt i Figur 16. pH nedstrøms anlegget gjennom året er gjengitt i Figur 17.

Tabell 1. pH-avvik i forhold til målet i over 8 timer. I avviket 23. november var tiden med ekstremt lav pH kortvarig (6 timer).

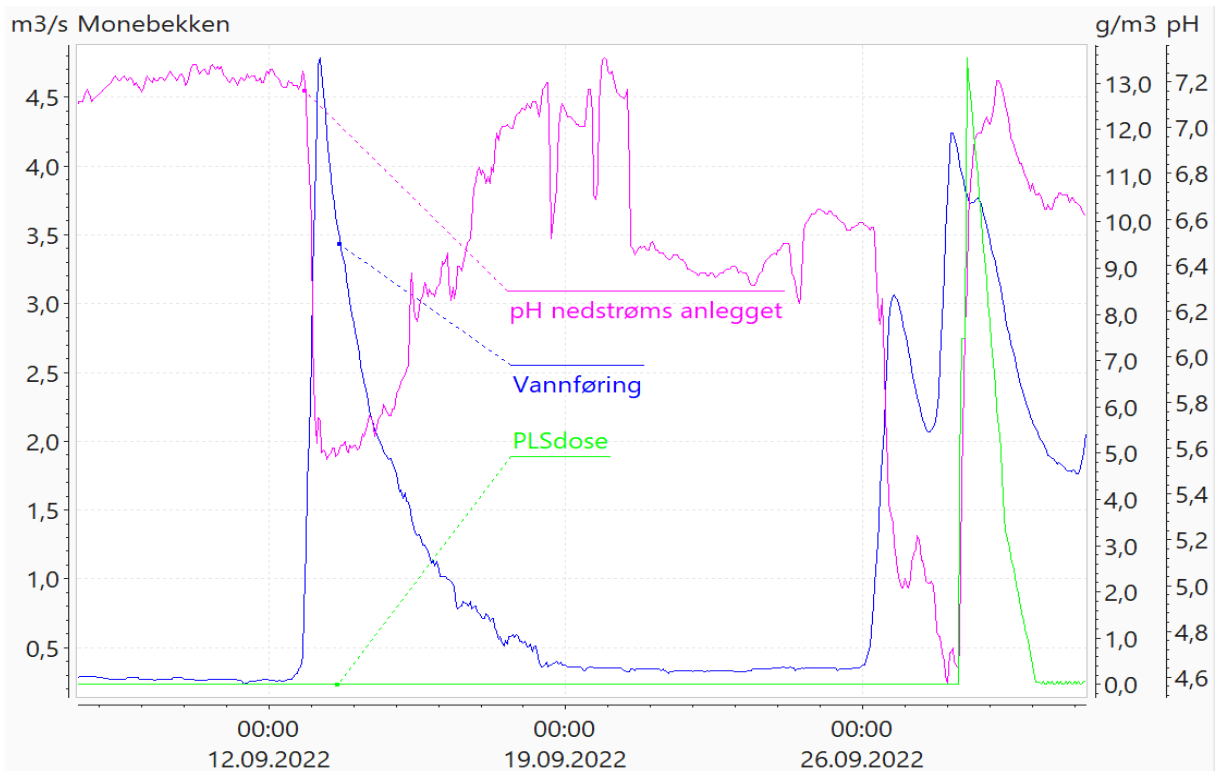
| Dato | Timer under pH-målet | Laveste pH | pH-avvik |
|------------|----------------------|------------|----------|
| 25.05.2022 | 30 | 6,1 | 0,3 |
| 13.09.2022 | 53 | 5,6 | 0,4 |
| 26.09.2022 | 45 | 4,6 | 1,4 |
| 06.10.2022 | 10 | 5,9 | 0,1 |
| 16.10.2023 | 18 | 5,5 | 0,5 |
| 24.10.2022 | 14 | 0,5 | 0,5 |
| 10.11.2022 | 12 | 5,9 | 0,1 |
| 23.11.2022 | 23 | 4,8 | 1,2 |
| 21.11.2022 | 28 | 5,5 | 0,5 |



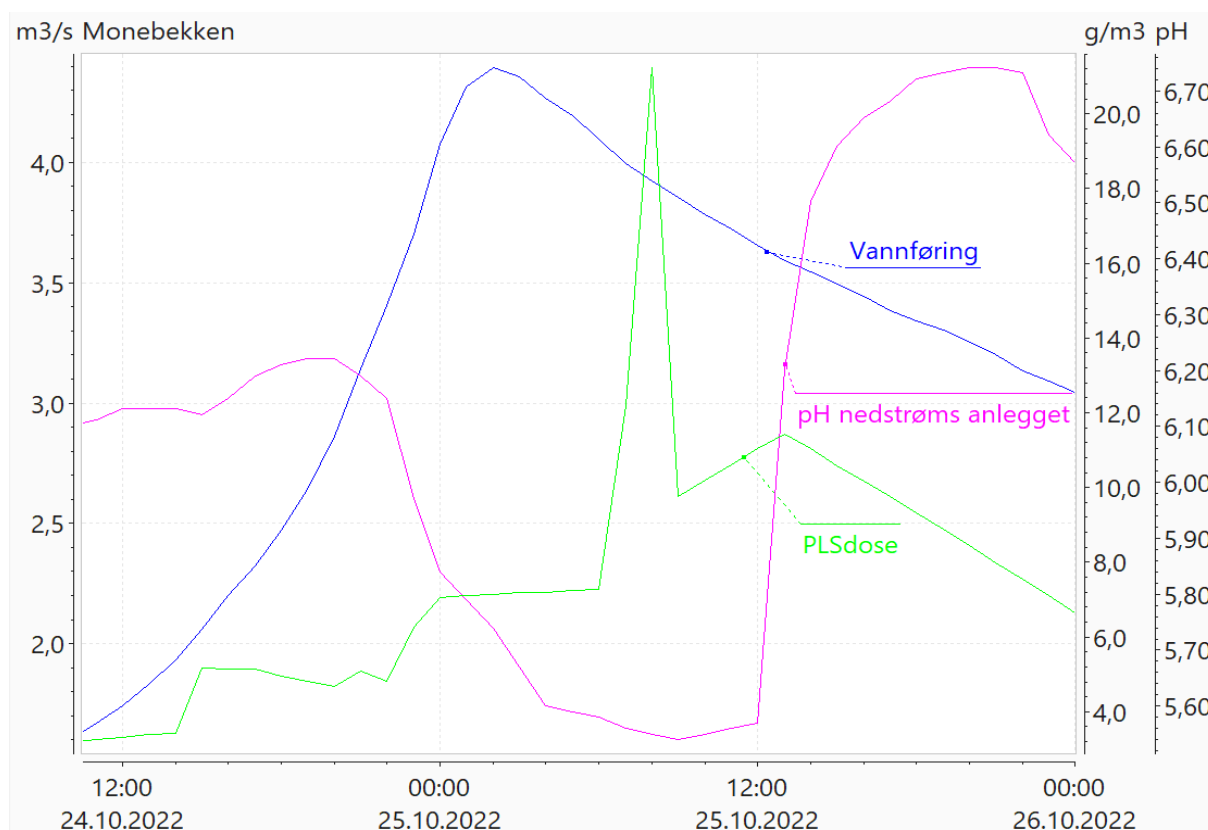
Figur 12. Eksempel på ustabil vektavlesing på Monebekken doseringsanlegg (13.-23.4.2022). Forstyrrelser oppsto en gang i døgnet.



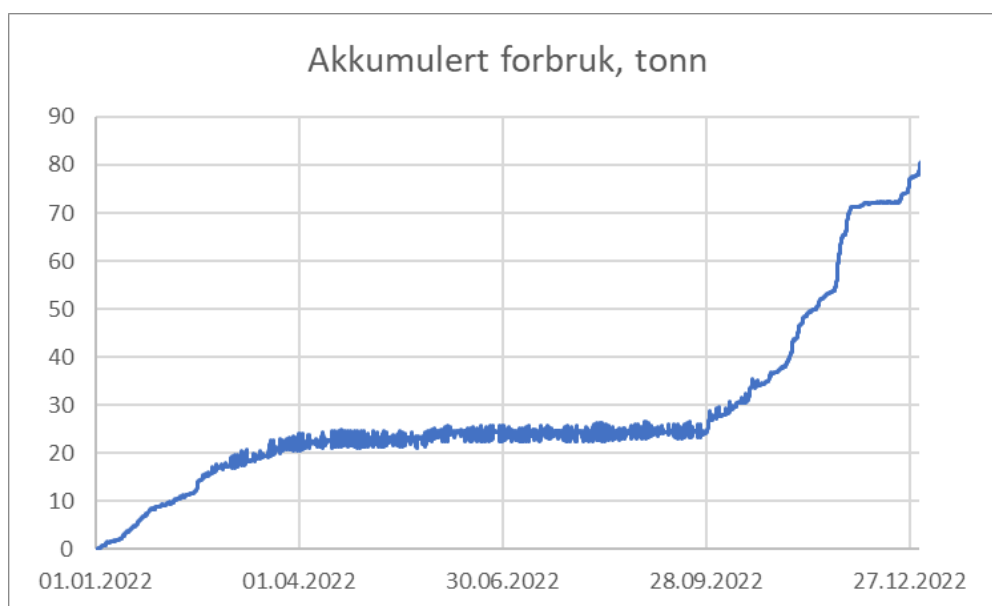
Figur 13. PLS-dose, vannføring og pH nedstrøms Monebekken doseringsanlegg i forbindelse med kortvarig forsuring. Doseringen kom for seint i gang.



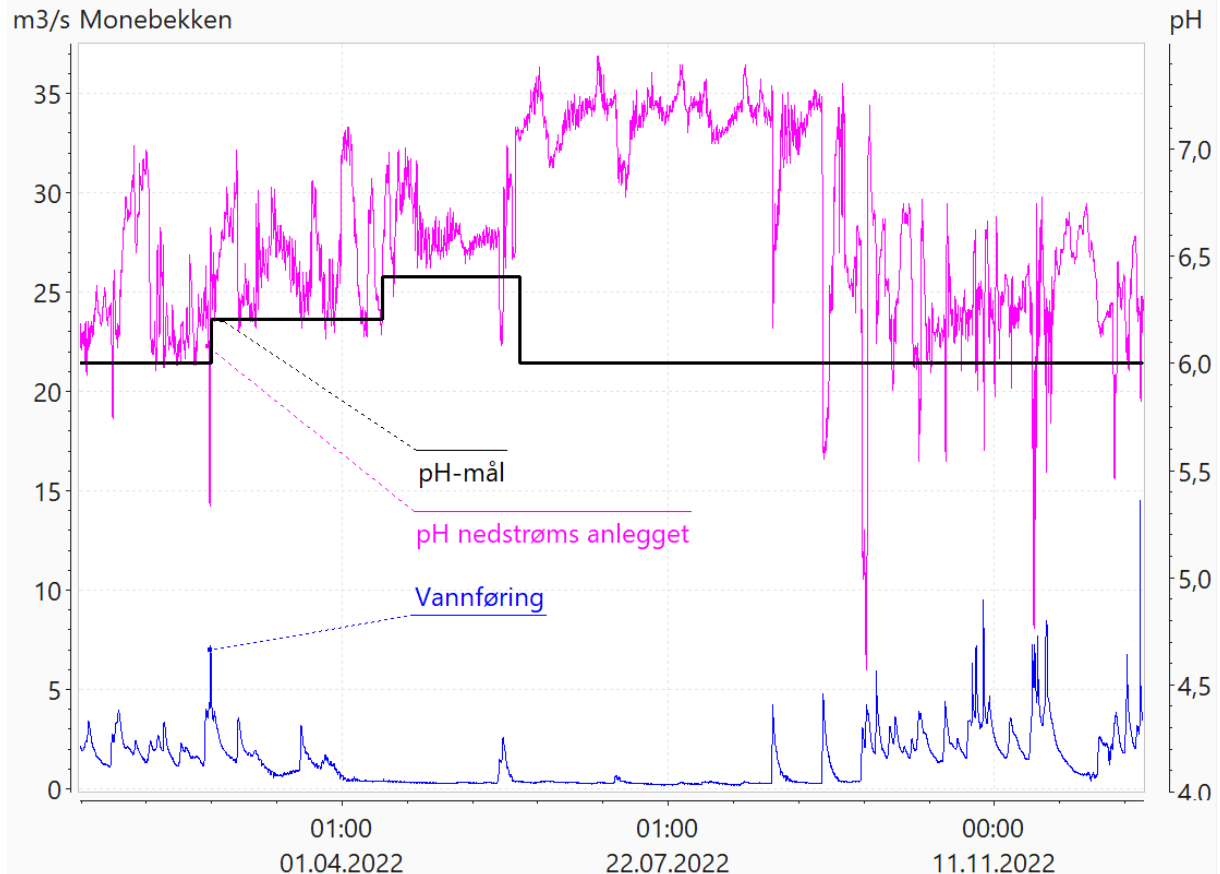
Figur 14. PLS-dose, vannføring og pH nedstrøms Monebekken doseringsanlegg ved to tilfeller av manglende doseringssignal ved lav pH.



Figur 15. PLS-dose, vannføring og pH nedstrøms Monebekken doseringsanlegg. Doseringen ble for sent startet, og dosekravet (PLS-dosen) ble kortvarig meget høyt.



Figur 16. Akkumulert kalkforbruk på Monebekken doseringsanlegg i 2022. Kurven er basert på data for vektreduksjonen i beholdningstanken for kalksteinsmel.



Figur 17. Vannføring, pH nedstrøms anlegget og pH-mål for Monebekken i 2022.

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 2022 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 sjøaurebestanden i elva dersom det skulle oppstå langvarig svikt i doseringen fra anlegget. pH i utløpet av Herefossfjorden er gjengitt i Figur 2.

2.5.1 Stabilitet, kontinuitet og nøyaktighet av loggedata

Som tilfellet med loggedata fra Bås, har også innhenting av doseringsdata fra Søre Herefoss blitt endret, se 2.1.1. Med dette ble det oppdaget 15 timers forskjell i tidsstempelen mellom loggedata fra MikaCom og driftskontroll-loggeren, Figur 18.

Med utgangspunkt i registrert vannstand, beregnes vannføringen litt forskjellig på anlegget enn i driftskontroll-loggeren ved høye vannføringer, Figur 19.

Ved flere tilfeller ble det registrert til dels store momentane endringer i pH både oppstrøms og nedstrøms anlegget, antagelig i forbindelse med kalibrering eller problemer med pH-målingene. Dette antyder at pH-målingene til tider ble målt feil, Figur 21. pH fra overvåkingsstasjonen på Boen ble ikke registrert i en periode på nesten 7 uker fra 8. juni.

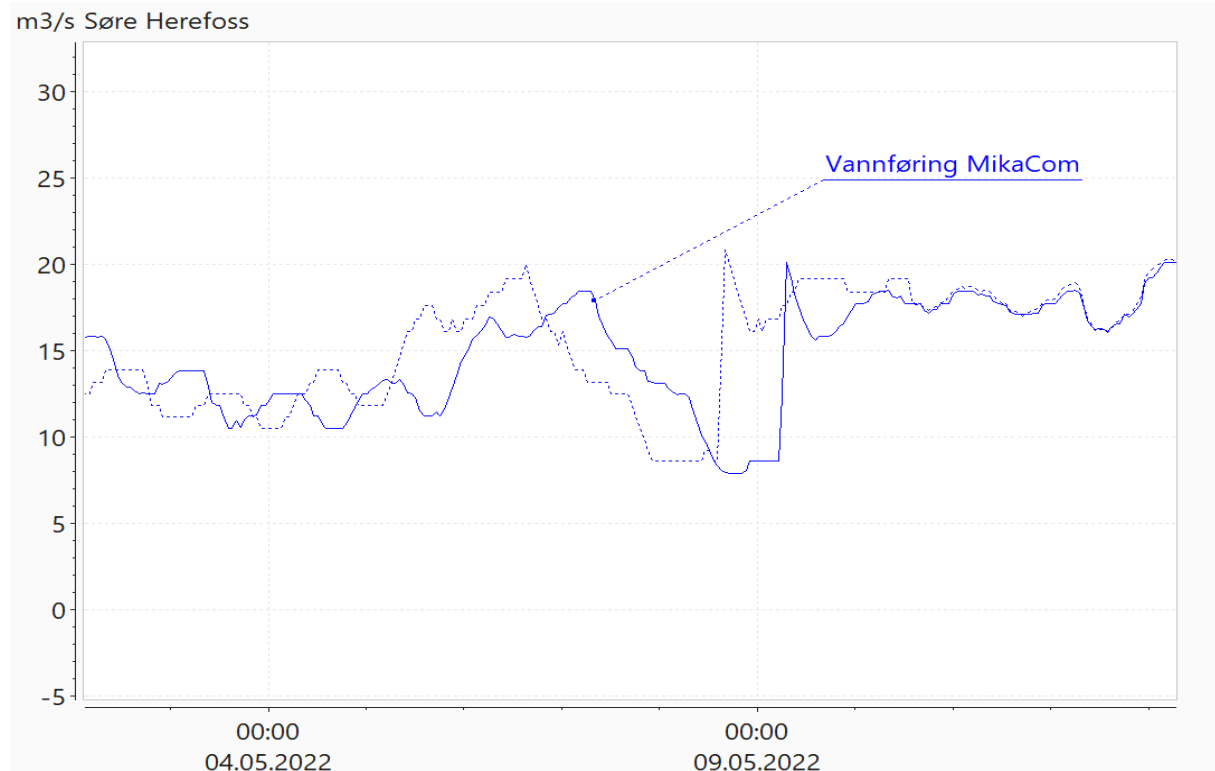
Temperaturmålingene oppstrøms anlegget var ute av funksjon i 9 dager fra 21. januar, og det oppsto stopp i målekyvetta tre ganger, 6. oktober, 21. og 22. november, alle med varighet 11 timer.

Vektavlesingene er eksakte i forhold til veiesedler som følger transporten av nye kalkforsyninger

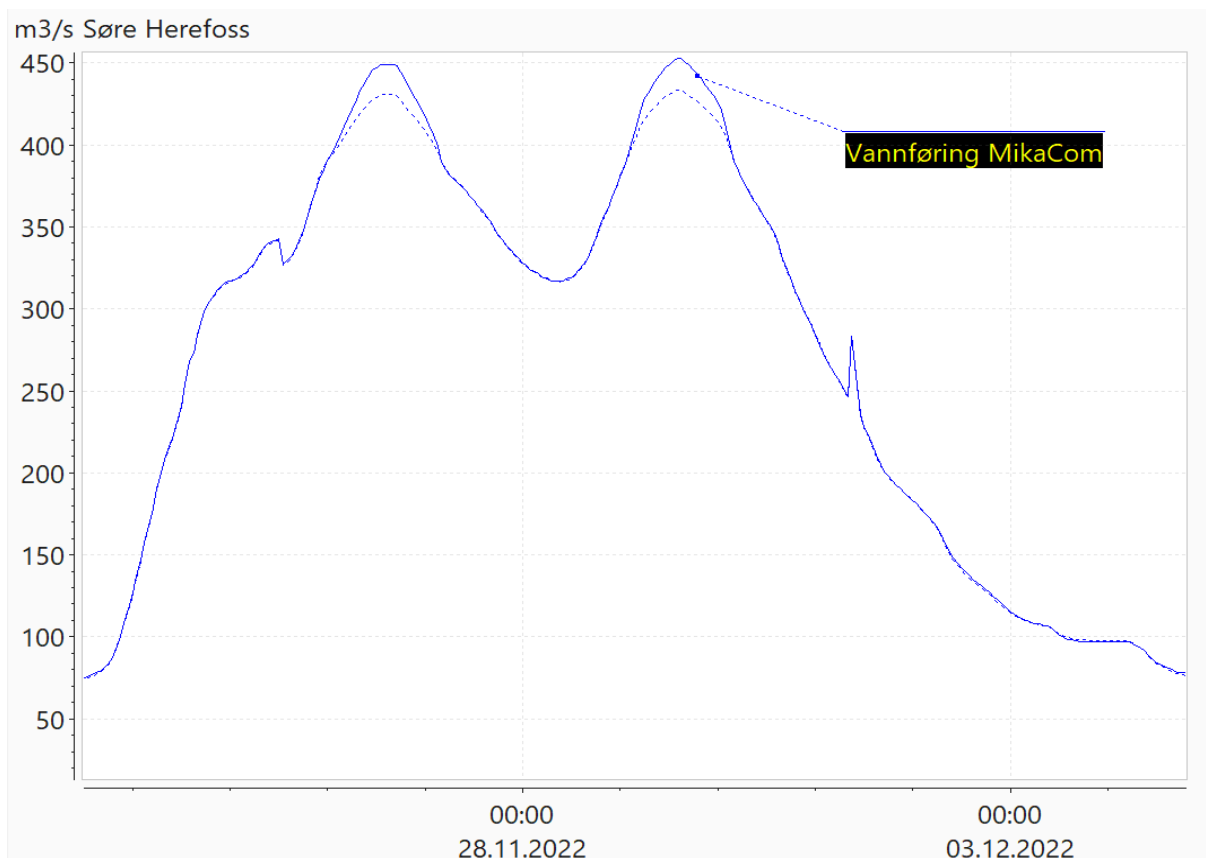
2.5.2 Doseringshistorikk

Basert på data avledet fra PLS-doser, er doseringen høyere enn den faktiske doseringen. Forholdet har liten betydning, da doseringseffektiviteten til dette anlegget blir målt som pH i forhold til pH-målet. Det ble dosert 364 tonn kalk fra anlegget. Om sommeren var det ikke behov for kalking i mer enn 7 uker (16. mai – 18. oktober). Akkumulert kalkforbruk er vist i Figur 20.

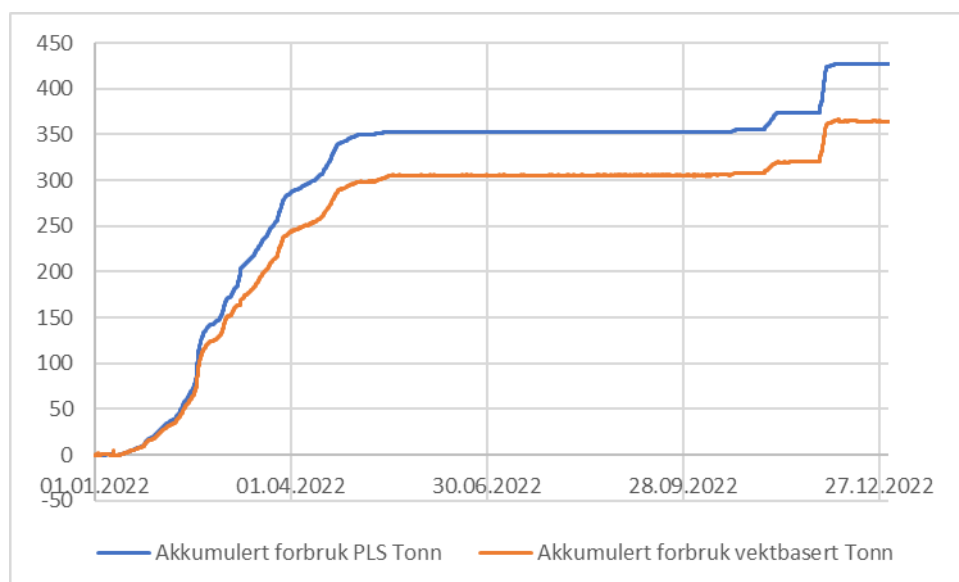
Det ble kun registrert to tilfeller med pH lavere enn pH-målet. Det var i forbindelse med økte mål 15. februar og 15. april, da pH var for lav i henholdsvis 58 og 18 timer. Laveste pH var pH 6, 1 og pH 6,2. Figur 21 viser pH og pH-mål gjennom året sammenholdt med vannføringen forbi anlegget.



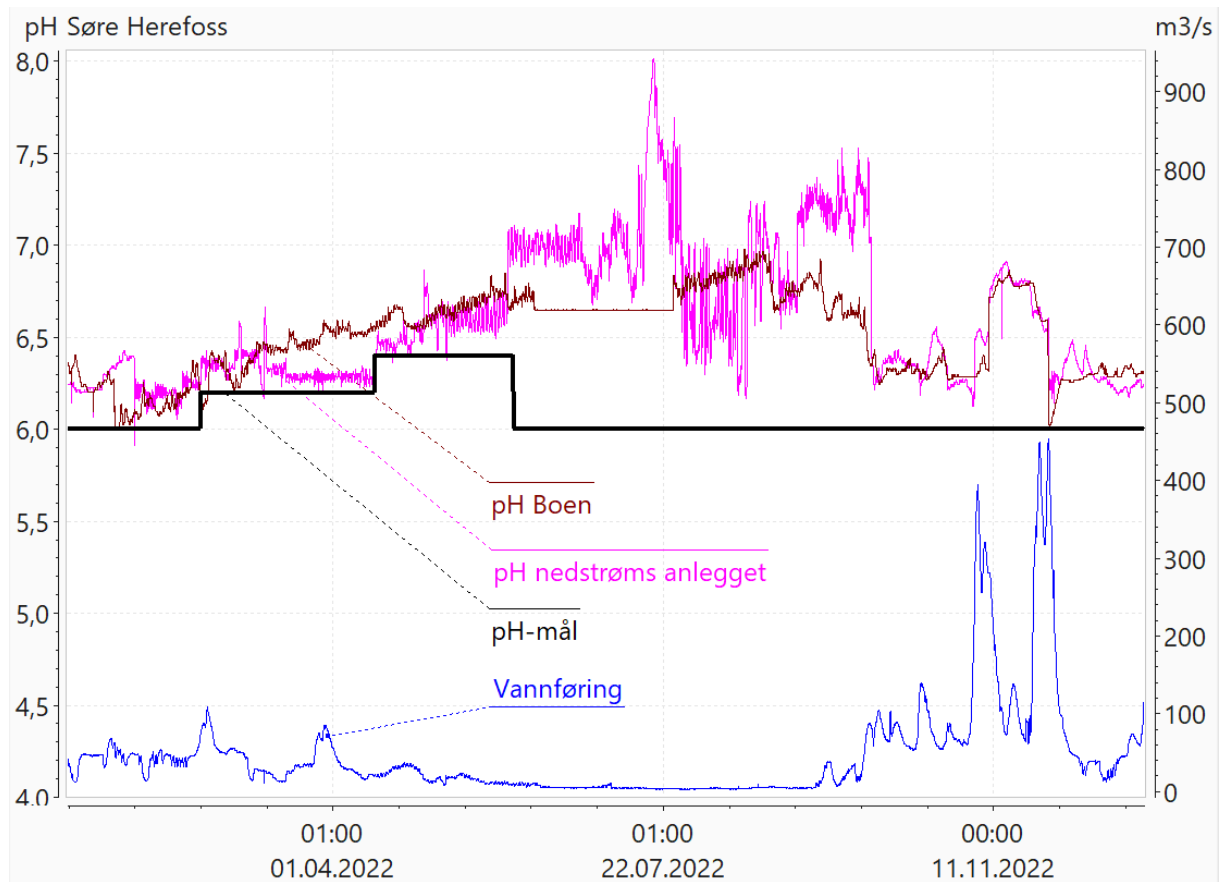
Figur 18. Forskjeller i tidsstempel av vannføringsmålinger. Antagelig er årsaken feil tidsstempel i driftskontroll-loggeren. Forholdet ble rettet 10. mai.



Figur 19. Forskjeller i beregnede vannføringer ved høy vannstand.



Figur 20. Akkumulert kalkforbruk på Søre Herefoss doseringsanlegg i 2022. Rød kurve er basert på data for vektreduksjonen i beholdningstanken for kalksteinsmel. Benyttes styringssignalet som grunnlag, avviker tallene. Dette viser feil i grunnlaget for doseberegningene ved anlegget.



Figur 21. pH og pH-mål i lakseførende strekning av Tovdalselva sammen med vannføringskurven i 2022.

3 Vurderinger og forslag til tiltak

3.1 Bås

pH oppstrøms Bås er nå satt ut av drift, da MikaCom-systemet ikke registrerer disse verdiene og driftskontroll-loggeren ikke lenger kan overføre disse dataene til sentral database. Dermed forsvinner muligheten til detaljert overvåking av forsuringssendringer i øvre deler av Tovdalsvassdraget. Anlegget kalker halve vanntilførselen til Herefossfjorden, men bidrar bare med 39 % av kalktilførselen til Herefossfjorden.

3.2 Skripeland

3.2.1 Vannføringsmålinger

Grunnet forhold omkring oppstuvning av vannstanden ved fylkesveibrua (rv 41) over Kolstraumfjorden, vil et målepunkt for vannstand der ikke være en optimal løsning for korrekte vannføringsmålinger (Høgberget m. fl. 2021), men uansett bli bedre enn dagens forhold som hindrer gode sammenhenger mellom vannstand og vannføring. Dette arbeidet er i gang nå (Sven Arne Ånensen pers. med.)

3.2.2 pH

Problemene med at pH oppstrøms anlegget influeres av endrete strømmingsforhold ble forsøkt løst ved flytting av utløpspunktet til et sikrere sted for å unngå bakevje-effekter. Erfaringer har vist at problemet fortsatt eksisterer.

3.2.3 Logg

Det mangler doseringsdata fra 30 % av tiden i 2022. Dette er ikke tilfredsstillende. Loggesystemet må gjøres mer stabilt.

3.3 Væting

Driftsdata i 2022 viser at anlegget var i stabil drift. Imidlertid viser pH-målinger nedstrøms anlegget at doseringen ikke alltid var tilstrekkelig til å oppnå pH-målene som gjelder i Tovdalselva. Det finnes ingen kontinuerlige pH-målinger nedstrøms anlegget som er tilknyttet anlegget. Dersom dette etableres, åpnes mulighetene for en bedre justering av dosene i forhold til pH-målene.

3.4 Monebekken

3.4.1 Doseringsregimet

Anlegget doserte godt gjennom smoltifiseringsperioden om våren. Derimot var det mange avvik om høsten. Dette antyder at det om våren ble lagt ned betydelig arbeid i å kunne opprettholde pH-målene.

Anlegget mangler det rette styringsverktøyet til å kunne handtere raske svingninger i pH. Dette har tidligere vært påpekt, og forsøk med alternative styringsformer bør prioriteres

3.5 Søre Herefoss

3.5.1 pH-målingene

pH-loggen fra anlegget viser at det til tider var store problemer med å kunne måle nøyaktig. Operatøren kan ikke peke på eksakte årsaker til disse utfordringene. Forholdet kan ha sammenheng med mulig mangelfull instrumentjord. Mange elektriske komponenter på et doseringsanlegg har kontakt med vann, og det skal være svært lite jordingsfeil på anlegget, før dette slår inn på et meget høyimpedansig råsignal for pH. Det er også mulig at elektrodene ikke er av ypperste kvalitet.

3.6 Generelt

3.6.1 Datagrunnlaget

Data til grunnlag for driftskontroll-rapportene blir nå innhentet av drifts- og operativsystemet, 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. Dette er tidligere bemerket (Høgberget m.fl. 2021). Det etterlyses derfor en bedre måte å loggføre nødvendige driftsparametere på, der data kan innhentes med korrekte tidsstempel.

3.6.2 Kalkforbruket

Det ble kalket mer i 2022 enn året før år. Totalforbruk ved anleggene var 3760 tonn. Av dette ble kun 365 tonn dosert ved Søre Herefoss. Dette viser at mye av kalkingsbehovet blir oppfylt høyere oppe i vassdraget, og Søre Herefoss-anlegget kun fungerer som en etterjustering. Det er også verd å merke seg at Skripeland-anlegget har overtatt for Bås som det anlegget i Tovdalselva som doserer mest.

4 Referanser

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.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Skancke, L. B. 2022. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. År 2021. NIVA Rapport L.nr. 7756

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

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskingsinstitutt 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