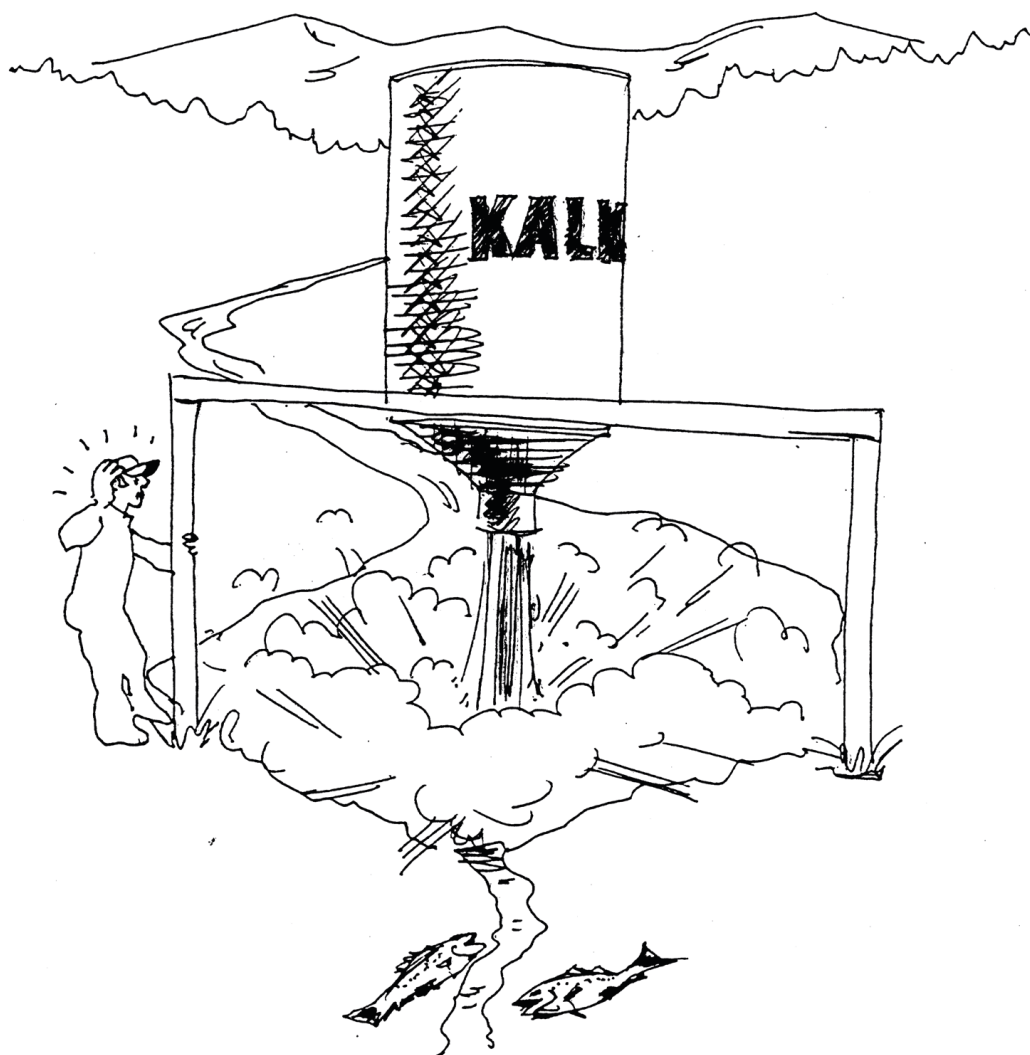


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2017



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget År 2017	Løpenummer 7280-2018	Dato 29.05.2018
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun Liv Bente Skancke	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Sider 23

Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for kalking av Tovdalsvassdraget	Oppdragsreferanse Sven Arne Ånensen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17134

<p>Sammendrag</p> <p>Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg gjennomføres for å optimalisere kalkingstiltaket. Rapporten sammenfatter avvikshendelser i 2017, og det foreslås forbedringstiltak. Driften på Bås doseringsanlegg var god. Ny vannføringskurve bør legges til grunn for dosering fra anlegget. Kartlegging av tidsforløp fra dosering til effekt i Herefossfjorden bør gjennomføres. Det var tilfredsstillende dosering fra Skåre doseringsanlegg. Etter utskifting av vannstandsmåleren ble vannføringen ikke registrert i forhold til gjeldende vannstandstabell. Dette bør utbedres. Det var god drift på Søre Herefoss doseringsanlegg. Oppgradert vannføringskurve bør legges til grunn for dosering fra anlegget. For bedre kontroll med vannføringsmålingene foreslås etablering av vannstandsmåler utenfor inntaksbrønnen på anlegget.</p>
--

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

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

Rolf Høgberget
Prosjektleder

Øyvind Kaste
Kvalitetssikrer

Heleen de Wit
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7015-0
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Tovdalsvassdraget
År 2017**

Forord

Anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann er kostnadskrevende 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 2017 besto av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget. Jarle Håvardstun har utarbeidet kartet som viser stasjonsplasseringer og stedsnavn. Rapporten er kvalitetssikret av Øyvind Kaste.

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

Grimstad, 29.05.2018

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
1.1	Ord og uttrykk.....	8
2	Driften på anleggene	10
2.1	Bås.....	10
2.1.1	Kvalitet og kontinuitet av loggedata	10
2.1.2	Sensorstabilitet og nøyaktighet.....	10
2.1.3	Doseringshistorikk og effekter av doseringen.....	10
2.2	Skåre	13
2.2.1	Kvalitet og kontinuitet av loggedata	13
2.2.2	Doseringshistorikk	13
2.3	Søre Herefoss.....	15
2.3.1	Kvalitet og kontinuitet av loggedata	15
3	Vurderinger og forslag til tiltak.....	18
3.1	Bås.....	18
3.2	Skåre	19
3.3	Søre Herefoss.....	20
4	Referanser og tidligere driftskontrollrapporter	22

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 2017), vurderinger omkring effekten av avvikene og forslag til tiltak. Hovedpunktene er gitt under.

Bås

- Det var god driftssikkerhet på anlegget i 2017, selv om anlegget sto stille eller doserte svært lite i til sammen 16 døgn.
- Tilgjengelige MikaCom-data muliggjorde sammenligninger av parametere. Størst forskjeller viste doseringsverdiene (17 % avvik), ellers var det små eller ingen forskjeller.
- Doseringen varierte fra 0 til 5,5 g/s avhengig av behovet. Det var ikke behov for dosering i 3 uker om sommeren.
- Reelle doser var vanligvis noe lavere enn PLS-dosene, men var i enkelte perioder også sammenfallende.
- Bås-anlegget benyttes mye for å styre pH-utviklingen i Herefossfjorden. I 2017 var pH stort sett over målet, men etter tre store flommer i oktober og en liten flom sent i november ble pH redusert til under målet ut året.
- Tidligere forslag om hydrologisk modellering for å finne tidsforløpet fra dosering til reaksjon i fjorden ved forskjellige vannføringer bør gjennomføres.
- Ny vannføringskurve utarbeidet av NVE bør erstatte eksisterende på anleggets PLS.

Skåre

- Anlegget doserte tilfredsstillende gjennom hele året.
- Data fra MikaCom (Miljøkalks datalogger) er benyttet til dokumentasjon av driften. Det var ikke samsvar mellom dosering og korrigert dose, PLS-dose ble derfor beregnet feil.
- En vannstandsmåler som ble montert til erstatning for defekt måler i oktober viser ikke vannstand med samme referansepunkt som forrige måler. Eksisterende vannføringstabell gir derfor feil verdier, spesielt ved lave vannføringer. Dette bør justeres.
- Innstilte doser varierte fra 1,5 til 3,9 g/m³. Langtidsdosene viste om høsten høyere doser, 5 – 6 g/m³.

Søre Herefoss

- Det var god driftssikkerhet på doseringsanlegget.
- pH viste til tider varierende grad av målenøyaktighet, særlig nedstrøms anlegget.
- Doseringssignalet var noen ganger ustabil. PLS-dosen kunne da ikke beregnes.
- pH er dokumentert noen ganger under målet, men effekten av store flommer i oktober kan ikke dokumenteres, da pH-overvåkingsstasjonen ble ødelagt i flommen. Doseringsdata antyder likevel variable doser.
- Ny vannføringskurve utarbeidet av NVE bør erstatte eksisterende på anleggets PLS.
- Forskjeller på vannstanden utenfor og innenfor inntaksbrønnen kan utgjøre store avvik i avlest vannføring. Det foreslås å montere vannstandsmåler utenfor brønnen, slik at reell vannstand kan måles til enhver tid.

Summary

Title: Operation of lime dosers in the Tovdal River, S Norway. Yearly report 2017.

Year: 2018

Author: Rolf Høgberget, Jarle Håvardstun and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7015-0

NIVA has developed methods permitting an efficient control of lime dosers in streams. The control involves simple sensor technology and an efficient information flow. This system is used to improve 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 2017. 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) og jevnlig oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Boen kvalitetssikres av NIVA før årlig publisering i Miljødirektoratets notate «Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør».

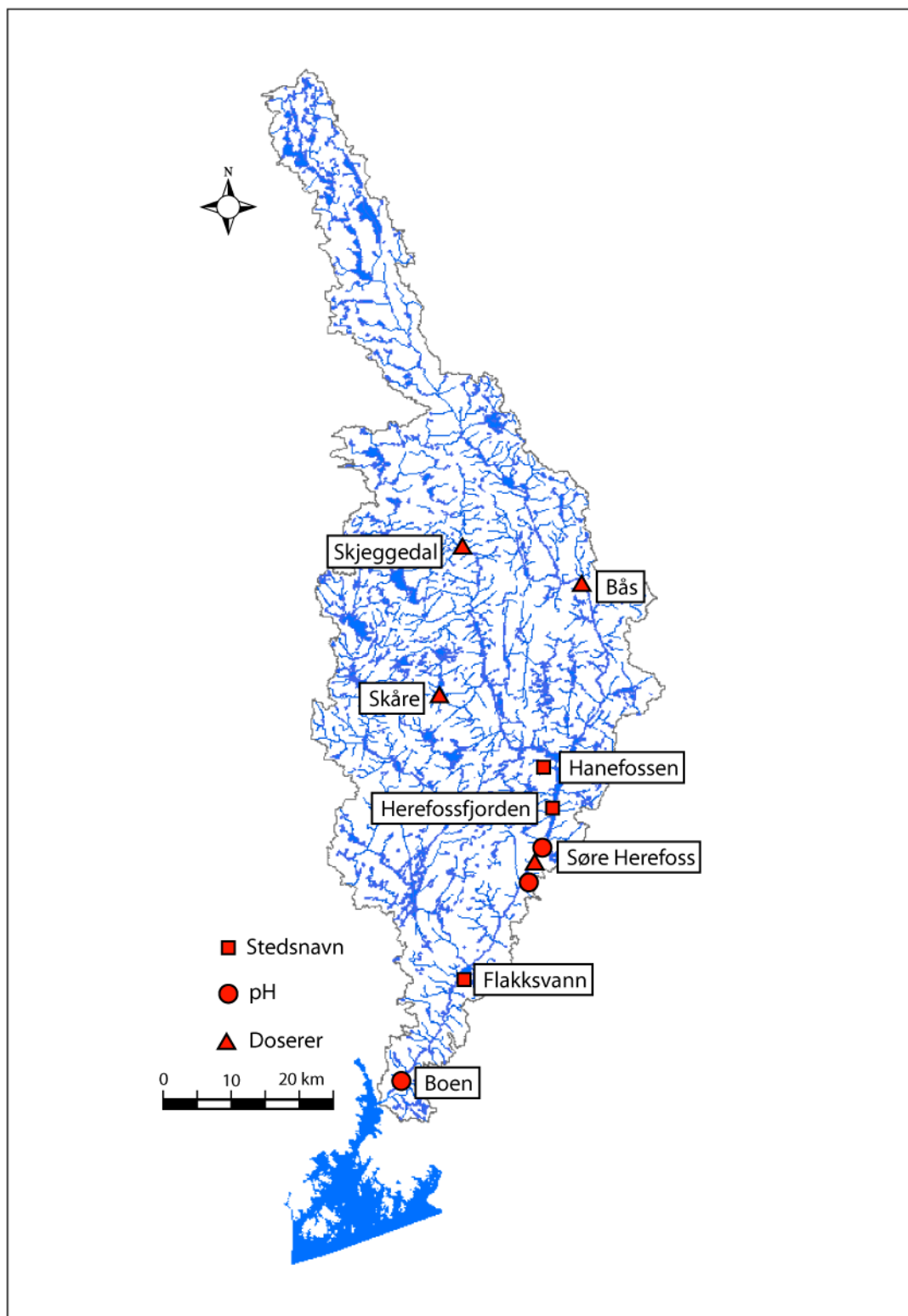
I Tovdalsvassdraget er det montert driftskontroll på fire store kalkdoseringsanlegg; Bås, Skjeggedal, Skåre og Søre Herefoss (Figur 1). Anleggene på Bås, Skjeggedal og Skåre er vannføringsstyrte anlegg. Anlegget på Søre Herefoss er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms dosereren. På grunn av manglende vannstands- og vektsignal på Skjeggedal er denne for tiden ute av funksjon. Skåre doseringsanlegg ble ombygd i 2015. Foreløpig benyttes ikke egen driftskontroll-logger til datainnsamling fra dette anlegget.

Det er tidligere utgitt en rekke driftskontrollrapporter for Tovdalsvassdraget. Disse er gjengitt i referanselista. Foreliggende rapport omhandler perioden 1. januar til 31. desember 2017.

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 og om tilsetning av kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest g/s, kalkmengde per sekund.
Dose	Tilført kalk per volum vann. Den vanligste enheten er g/m ³ , gram kalksteinsmel per m ³ vann i elva.
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m ³ /s). Dette er den dosen 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.
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.
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).



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Tovdalsvassdraget med aktuelle stedsnavn (kvadrater), pH-målestasjoner (sirkler) og kalkdoseringsanlegg (triangler).

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 i forhold til opprinnelige krav det meste av året.

2.1.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata

Driftskontroll-loggeren samlet inn data fra hele 2017 med unntak av et døgn fra 17. juli. Dette var på grunn av feil ved doseringsanlegget som medførte stopp i signaloverføringen. Foruten dette tilfellet ble vannstand, vekt og dosering registrert kontinuerlig, selv om det enkelte ganger kunne vise urealistiske verdier.

For eventuelle korrigeringer var logg fra doseringsanleggets eget system (MikaCom) tilgjengelig i tillegg til NIVAs egen driftskontroll-logg.

2.1.2 Sensorstabilitet og nøyaktighet

Vektsignalet var utilgjengelig i 3,5 uker fra 10. februar på grunn av defekte veieceller. Unøyaktige vektsignaler ble også registrert i 2 uker fra 21. april. Det var noe forskjellig avlesing av vektverdier på MikaCom og driftskontroll-logger, særlig ved full beholdningstank (Figur 2).

Doseringssignalet «stivnet» i 2,4 dager fra 1. oktober. Tilfellet oppsto i forbindelse med en stor flom.

Doseringsverdiene var nokså likt registrert i MikaCom som i driftskontroll-loggeren, men ved stor dosering viste driftskontroll-loggeren høyere dosering (17 % mer ved 73 tonn/døgn.)

Vannstandssignalet var stabilt i hele perioden, og viste identiske verdier på de to systemene. Vannføringen ble også beregnet nokså likt.

2.1.3 Doseringshistorikk og effekter av doseringen

Stans eller minimal dosering i forhold til doseringssignalet i over 8 timer oppsto 6 ganger i løpet av perioden. Dette utgjorde til sammen 16 døgn (Tabell 1). Selv om dette er flere avvik enn normalt ved anlegget, var doseringseffektiviteten god.

2.1.3.1 Kalkdosene

Anlegget doserte med forskjellige PLS-doser satt opp av driftsansvarlig for å sikre optimal dosering i forhold til pH-målet i Herefossfjorden. Vinteren 2017 var disse dosene 3,5 g/m³ i januar, økende til ca. 5,5 g/m³ mot slutten av mars. 28. mars ble dosene satt ned til 4,4 g/m³ i to uker, før de igjen ble redusert til ca. 3- 3,5 g/m³. 20. mai ble igjen dosene redusert til i området 2-3 g/m³. Disse konsentrasjonene ble opprettholdt i ca. en måned før en økning til 3,5 – 4 g/m³ ble iverksatt 22. juni. Disse konsentrasjonene ble dosert frem til anlegget ble stoppet for 3 ukers stillstand fra 10. juli.

Den 31. juli ble anlegget igjen startet med samme dose som tidligere. Etter tre dagers drift ble konsentrasjonen redusert til 2 – 2,5 g/m³ i ca. fem uker, bare avbrutt av ca. en uke der doseringen ble satt meget lavt, og også satt til null tre ganger á ca. et døgn. Doseringen ble satt til 2-2,5 g/m³ 22.august. Denne konsentrasjonen ble opprettholdt til 19. oktober, bare avbrutt av en og en halv uke fra 8. september med 3,5 g/m³ og fem dager fra 29. september med 5 g/m³. Etter 23. oktober var dosene 4,5 g/m³ +/- 0,5 g/m³ helt til årets slutt. De reelle dosene som langtidsdoser viser gjennomgående lavere verdier enn PLS-dosene, men det var enkelte perioder dosene var nokså sammenfallende.

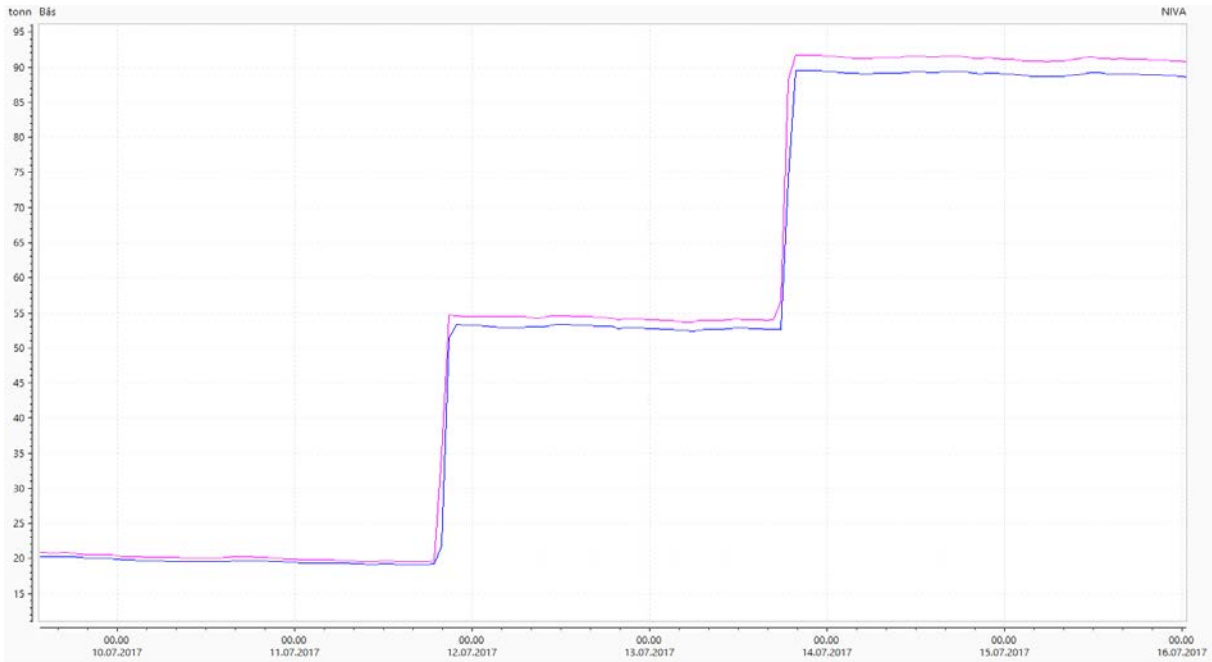
2.1.3.2 Effekt av doseringen i Herefossfjorden

pH-verdiene fra utløpet av Herefossfjorden gir god informasjon om tilstanden i Herefossfjorden. Målingene som blir foretatt på Søre Herefoss doseringsanlegg er ikke kvalitetssikret, men de gir likevel en indikasjon på surhetsnivået i fjorden. pH i Herefossfjorden påvirkes ikke bare av doseringen fra Bås. Det doseres omtrent like mye kalk fra anleggene i Uldalsgreina, men virkningen fra disse blir mer dempet grunnet innsjøer som både holder tilbake og utjevner kalkdosene. Mye av pH-variasjonen kan derfor forklares med doseringsmengdene som tilføres fra Bås-anlegget.

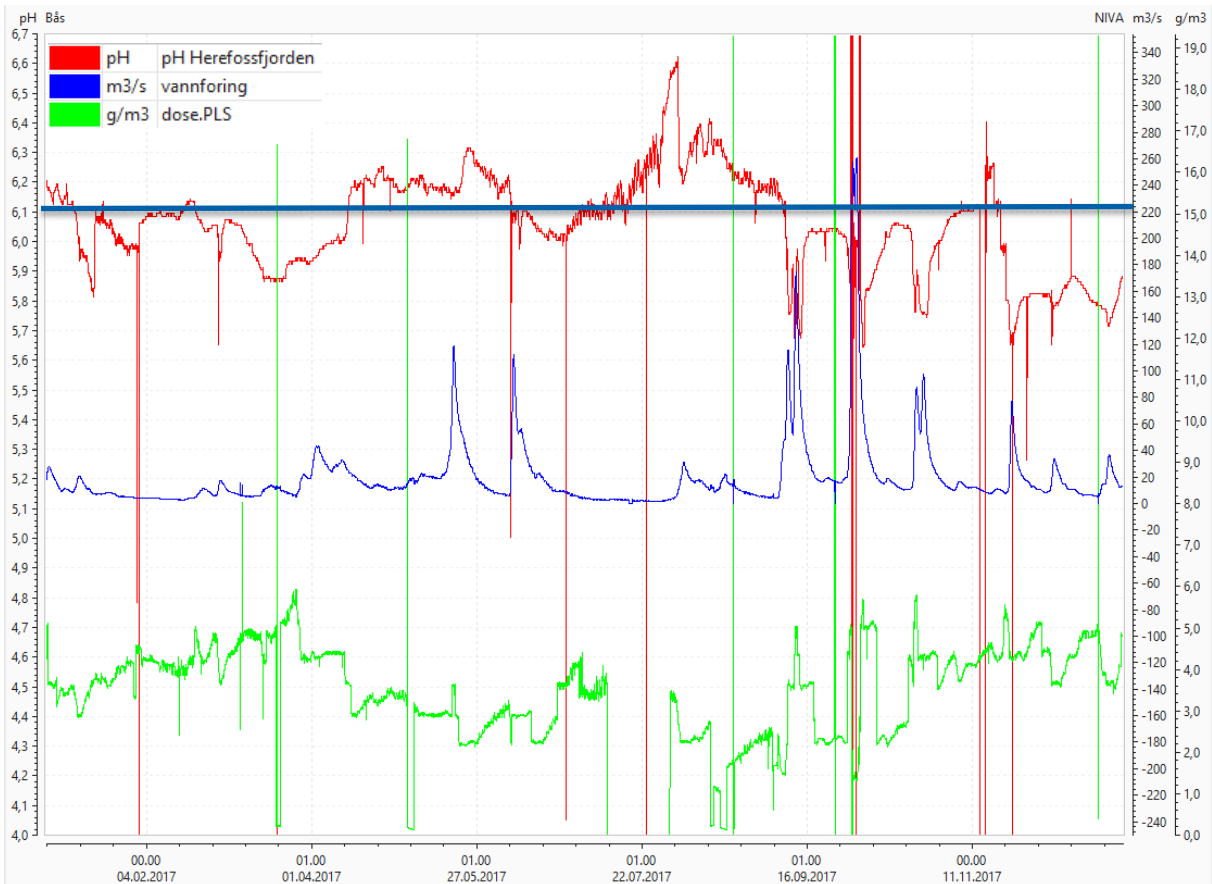
pH i fjorden var stort sett over målet hele vinter, vår og sommer, bare avbrutt av siste halvdel av april, da pH var litt lav. En flom 9. september førte til lavere pH i ca. en uke, men økte deretter igjen til pH omkring målet. En uvanlig stor flom 1. oktober og påfølgende flom 21. oktober medførte begge lav pH i fjorden, men også etter disse flommene økte pH i fjorden. En liten flom 24. november reduserte pH uten at den økte igjen slik den gjorde tidligere på høsten. pH var derfor noe lav i desember 2017. Figur 3 viser pH-utviklingen gjennom året. Kurven viser tydelig redusert pH mot høst og vinter.

Tabell 1. Dager med feil dosering/ingen dosering fra Bås doseringsanlegg i forhold til doseringskravet.

Dato	Antall dager uten dosering	Kommentar
16.01.2017	1,8	
19.03.2017	1,7	
03.05.2017	1,9	
17.04.2017	3,9	Usikker status, feil på vekta
17.07.2017	1,1	
14.08.2017	5,6	Litt dosering



Figur 2. Vektavlesing fra to systemer, MikaCom (rød) og driftskontroll-logger (blå). Avviket er ca. 2 tonn ved full beholdning.



Figur 3. pH og vannføring ut av Herefossfjorden, og pls-dose fra doseringsanlegget på Bås i 2017.

2.2 Skåre

Skåre kalkdoseringsanlegg er et vannføringsstyrt anlegg. Hensikten med anlegget er å avsyre bidraget fra Hovlandsåna til Uldalsgreina. Doseringen fra anlegget ble først bestemt til 2,6 g/m³. Kravet ble satt opp til 3,9 g/m³ høsten 2005. Dette var vanskelig å tilfredsstille ved høye vannføringer. Anlegget var også i meget dårlig forfatning, og ble erstattet av et anlegg med større doseringskapasitet (opp til 266 g/s) sommeren 2015. Anlegget er også enklere å betjene, slik at variabel dosering er innført. Doseringen kan dermed styres også mot behovet i Herefossfjorden. Det er ikke montert egen driftskontroll-logger på det nye anlegget, så doseringsdata er innhentet fra MikaCom (Miljøkalk) og bearbeidet med driftskontrollens grafikkverktøy som grunnlag for rapporteringen.

2.2.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata

Det er ikke langvarige hull i datarekkene for de parameterne driftskontrollen benytter seg av.

Dosering (tonn/døgn) forholdt seg ikke til oppgitte doser «doser korrigert g/m³», men viste langt mer ustabil utvikling uttrykt som doser (dosering dividert på vannføring, PLS-dose). Dette dosesignalet var også gjennomgående langt lavere enn oppgitt korrigert dose. Langtidsdosen viste imidlertid at anlegget doserte etter korrigert dose, Figur 4.

Vannstandsmåleren ble ødelagt i forbindelse med storflommen 2. oktober. Den ble erstattet med en trykkgiver (annen type sensor) 26. oktober. Den nye giveren registrerte avvikende vannstanden fra tidligere målinger. Da denne vannstanden benyttes til beregning av vannføring blir avviket stort, og opplagt feil.

2.2.2 Doseringshistorikk

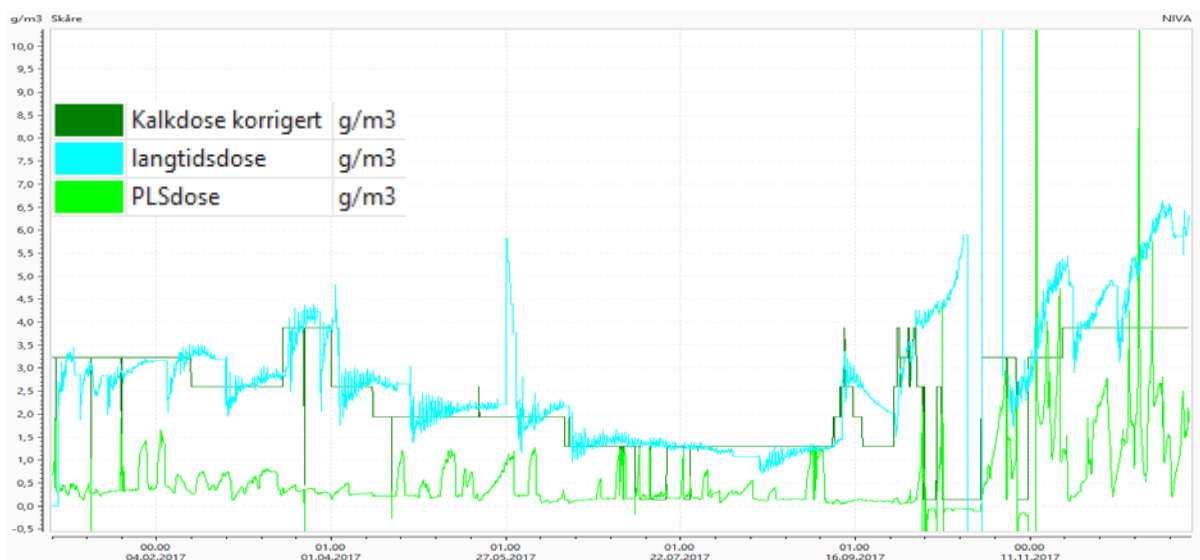
Det var kun tre tilfeller der anlegget stoppet å dosere. I tillegg var det noen tilfeller der dosering var så lav at det ikke kunne spores avtak i beholdningen. Vannføringen var i disse tilfellene også meget lav, noe som kan forklare forholdet. Alle tilfellene er gjengitt i Tabell 2 sammen med tidspunktene da anlegget var skrudd av.

Tabell 2. Antall dager med meget lav eller ingen dosering fra doseringsanlegget på Skåre i 2017.

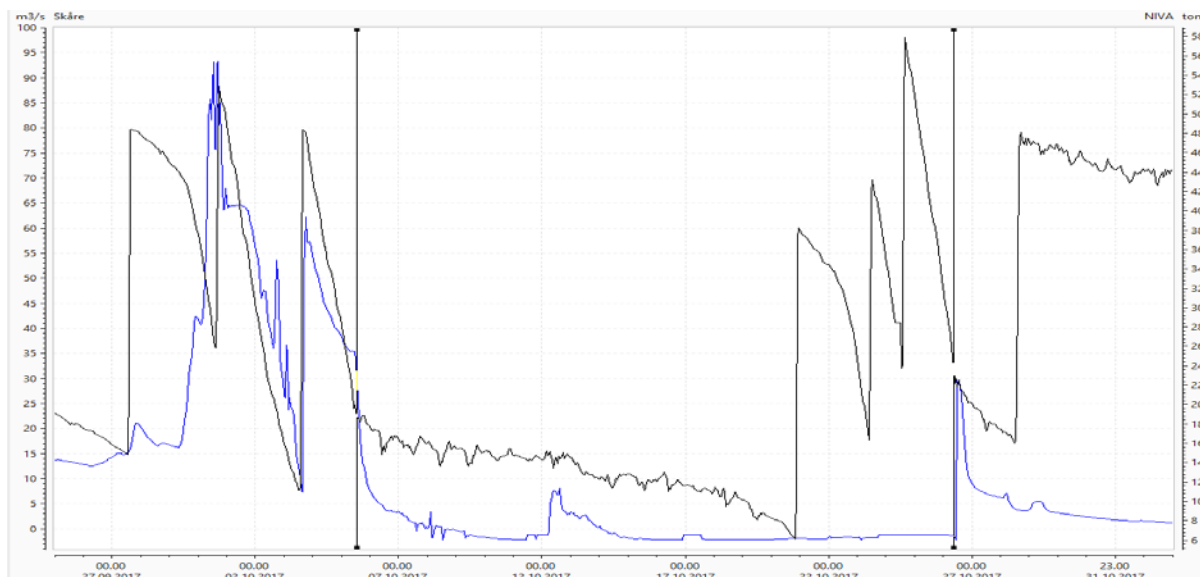
Dato	Dager	Merknad
13.01.2017	1,8	
23.01.2017	0,8	
22.04.2017	2	Lav vannføring
01.07.2017	3	Lav vannføring
07.07.2017	11,7	Lav vannføring
12.07.2017	5	Anlegget skrudd av
23.07.2017	2	Anlegget skrudd av
28.07.2017	6,3	
31.08.2017	5,6	Lav vannføring
06.11.2017	4,5	Anlegget skrudd av

Dosene fra anlegget var rundt 3 g/m³ om vinteren til midt i mars, da de ble øket til 3,9 g/m³ for en periode på ca. to uker. Deretter ble dosene igjen redusert to etapper til 1,5 g/m³ midt i juni. Denne konsentrasjonen ble stort sett opprettholdt, bare avbrutt av to korte perioder i juli uten dosering. Om høsten ble dosene satt opp til 3,9 g/m³ i forbindelse med tre flommer i september og oktober,

men satt ned igjen mellom flommene. De eksakte dosene i en tid etter storflommen 2. oktober er ikke tilgjengelig på grunn av defekt vannstandsmåler. Det ble da dosert med manuelle innstillinger som sannsynligvis medførte høye kalkdoser i elva i siste del av perioden. Før tiltaket ble gjennomført var dosene antageligvis lave (Figur 5). Etter 26. oktober ble dosene satt til 3,2 g/m³. Denne innstillingen ble opprettholdt til 21. november, bare avbrutt med 4 dages stillstand fra 6. november. Den 21. november ble dosene øket til 3,9 g/m³ og ble opprettholdt på dette nivået ut året. Langtidsdosene registrerte i november og desember høyere doser enn innstilt, og de varierte mellom 5 og 6 g/m³.



Figur 4. Forskjellige utgangspunkter for beregning av doser tilført elva ved Skåre doseringsanlegg i 2017.



Figur 5. Kalkbeholdning, tonn (svart) og vannføring, m³/s (blå) på Skåre doseringsanlegg i oktober 2017.

2.3 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 således styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget.

pH-mål i lakseførende strekning av Tovdalselva for 2017 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 seg 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 3.

2.3.1 Kvalitet og kontinuitet av loggedata

Driftskontrollens logger samlet data gjennom hele året med unntak av to dager fra 13. november, da automatikktavla på doseringsanlegget ble byttet.

Veiesignalene ble ikke mottatt på loggeren etter ombyggingen, da denne ikke var innstilt til å motta det nye signalformatet. Veiedata fra denne dato er derfor hentet inn fra MikaCom (doseringsanleggets database). Vannstandsmålingene var kontinuerlige, unntatt 3 dager fra 1. oktober da stor flom medførte målefeil (Figur 6).

Doseringssignalet var meget ustabil når det ble dosert kalk fra 28. februar til 12. juni. En liten periode med dosering om sommeren ble registrert normalt, men fra 30. september til 28. oktober og i en 3 dagers periode fra 24. november var også disse målingene meget ustabile og fulgte i liten grad vannføringen (Figur 7).

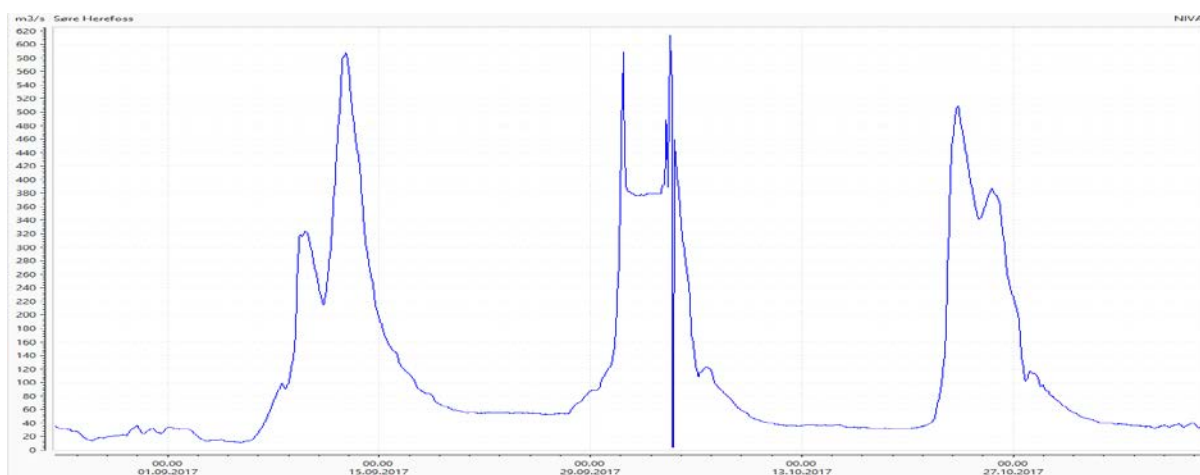
pH-meterne som inntil 2017 var levert av NIVA ble byttet ut med kalkingsleverandørens utstyr. Ombyggingen nedstrøms ble foretatt allerede i 2016 (Høgberget 2017), mens meteret som registrerer verdier oppstrøms anlegget ble byttet 1. februar 2017. Temperatursensoren som blir benyttet av dette pH-meteret ble defekt fra 13. november, men ble operativt igjen da nytt pH-element ble montert 14. desember. pH oppstrøms viste for høye nivåer fra 28. juli til 3. august og for lave nivåer i slutten av november. Ellers virket målingene gode.

pH nedstrøms anlegget viste verdier i hele perioden unntatt 3 dager fra 14. april da målingene var låst på en verdi og tre dager under flommen fra 1. oktober da utstyret ikke fungerte. pH-meteret viste usannsynlig lave verdier fire dager fra 8. juni, og 2,5 uker fra 22. august til pH-elementet ble byttet 8. september. Store svingninger i slutten av november og hele desember virker heller ikke realistiske, men dette kan ikke dokumenteres på en god måte da pH fra overvåkingsstasjonen på Boen mangler i denne perioden. pH nedstrøms anlegget, vannføring og doser er gjengitt i Figur 8.

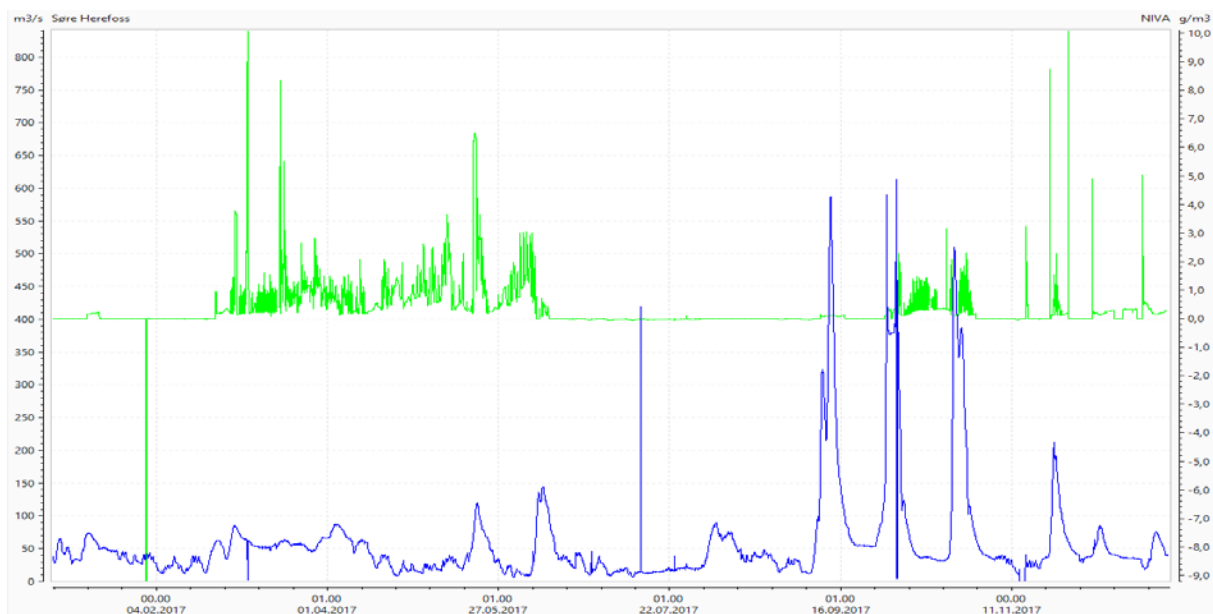
pH var noen ganger under målet i perioden med økte pH-mål. Avvikene var ikke store. Totalt var pH lavere enn målet i 8 dager ved Boen (Tabell 3). På grunn av skader oppstått under spesielt stor flom i oktober ble pH-overvåkingsstasjonen på Boen satt ut av funksjon. Det finnes derfor ikke kontinuerlige pH-data som kan dokumentere pH i forhold til målet i oktober, november og desember. pH nedstrøms Søre Herefoss og ved Boen sammen med pH-målene er vist i Figur 9.

Tabell 3. Antall timer med pH under målet i ved utløpet av Tovdalselva i 2017.

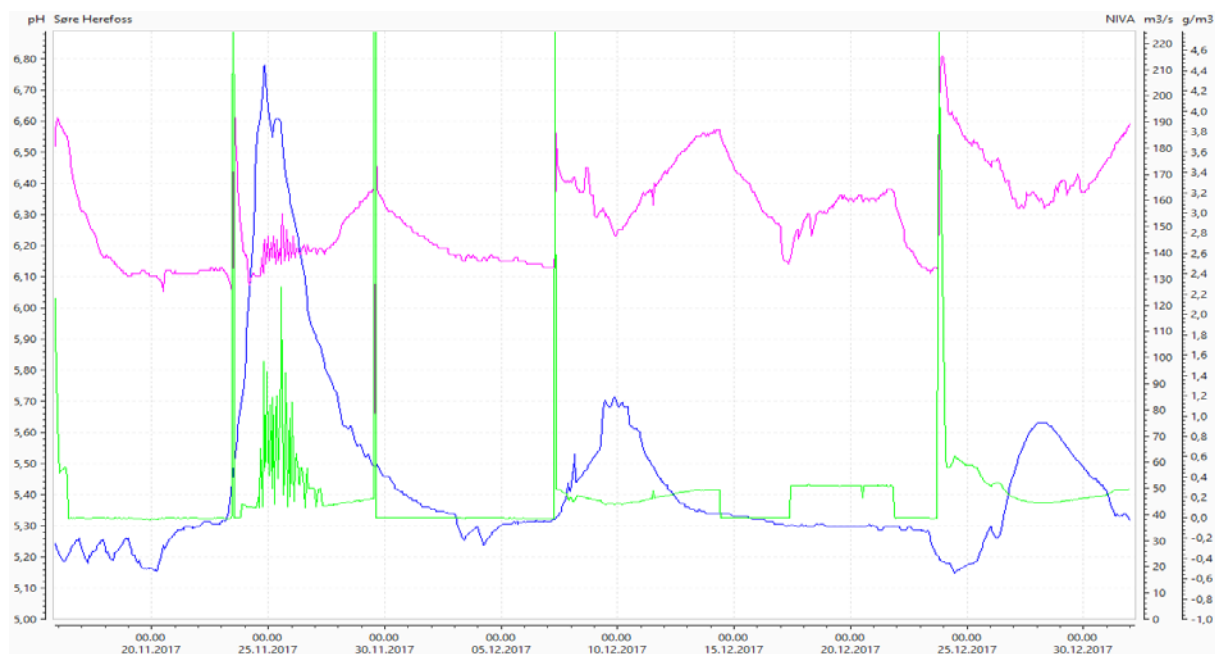
Dato	Antall timer under pH-målet i elva Boen	Laveste pH	pH-mål	Avvik fra pH-mål
01.03.2018	12	6,1	6,2	0,1
17.04.2018	27	6,3	6,4	0,1
30.04.2018	101	6,3	6,4	0,1
17.05.2018	62	6,2	6,4	0,2



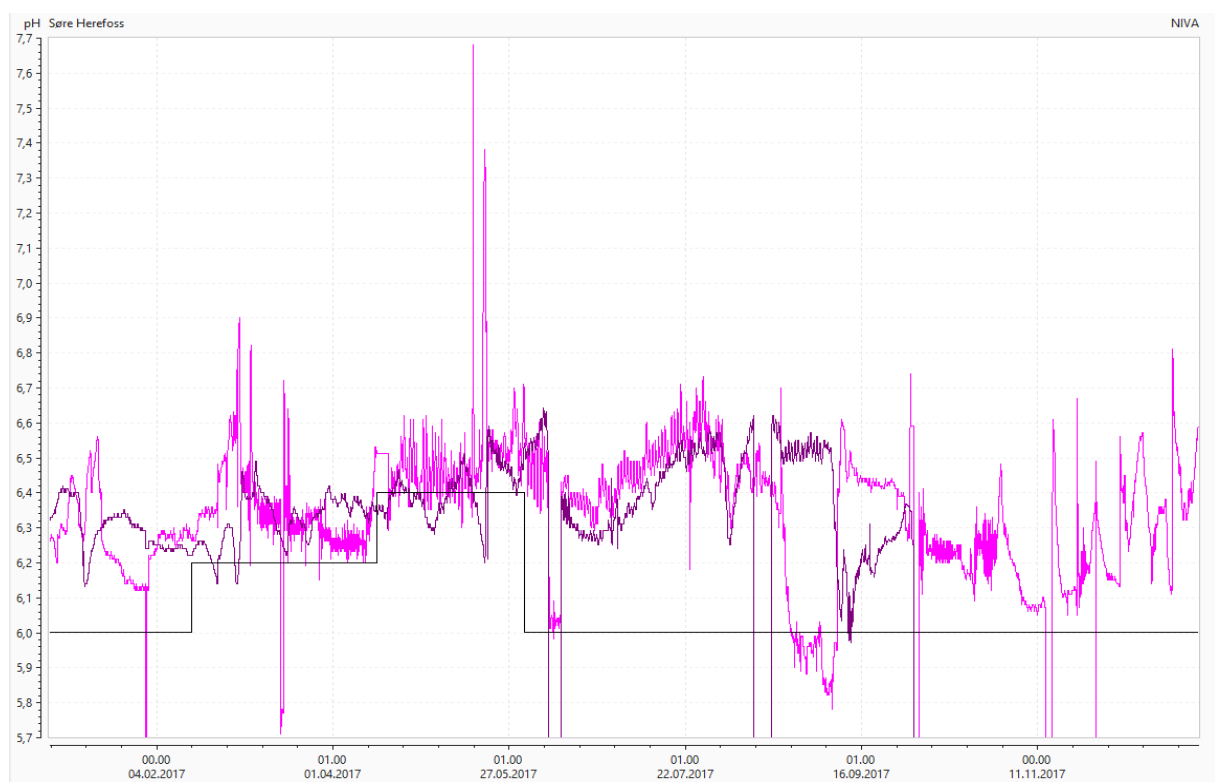
Figur 6. Vannføringen ved Søre Herefoss gjennom tre påfølgende flommer i oktober 2017. Flommen 2. oktober ble ikke registrert riktig.



Figur 7. Doseringssignalet ved anlegget (grønn) og vannføring (blå) på Søre Herefoss i 2017.



Figur 8. PLS-dose på Søre Herefoss doseringsanlegg (grønn) og pH nedstrøms anlegget (rosa) sammen med vannføringen (blå) i siste del av november og hele desember i 2017.



Figur 9. pH nedstrøms Søre Herefoss doseringsanlegg (rosa), ved Boen (brun) og pH-målet (svart) for lakseførende strekning av Tovdalselva i 2017.

3 Vurderinger og forslag til tiltak

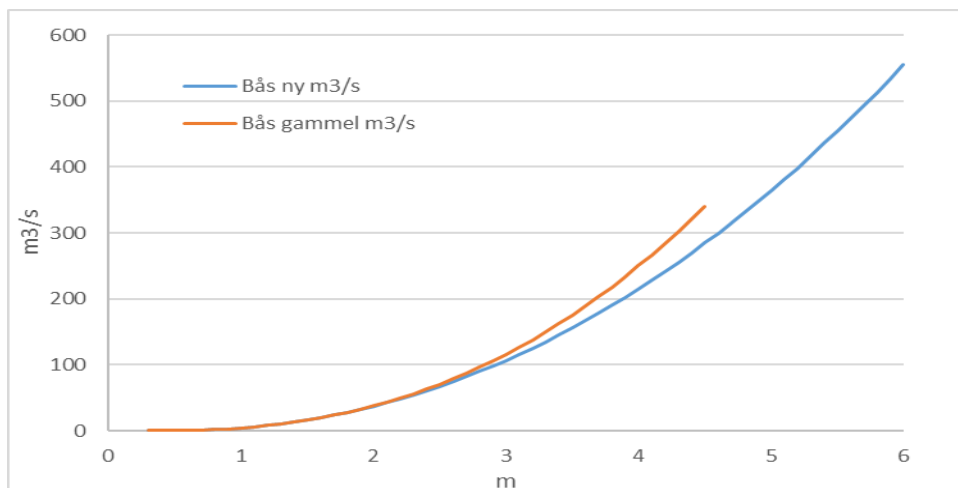
3.1 Bås

Det var god driftssikkerhet på Bås doseringsanlegg i 2017. Doseringen fra Bås ble ikke så godt tilpasset pH-målet for Herefossfjorden som året før. Spesielt ble ikke pH-målet opprettholdt utover høsten. Doseringen fra Bås doseringsanlegg gir raskere pH-effekter i Herefossfjorden enn doseringen fra Uldalsgreina. Tidligere foreslått hydrologisk modellering (Høgberget 2016) for å finne tidsforløpet fra dosering til reaksjon i fjorden ved forskjellige vannføringer er ikke iverksatt.

NVE har foretatt nye vannføringsmålinger på Bås. Disse målingene har gitt grunnlag for forbedring av vannføringskurven ved høye vannføringer. Ny tabell bør derfor erstatte den gamle vannføringstabellen i styringsprogrammet på dosereren (Tabell 4). Figur 10 viser forskjellen mellom tidligere og foreslått sammenheng mellom vannstand og vannføring ved anlegget.

Tabell 4. Ny vannføringstabell utarbeidet i 2017 av NVE for sammenheng mellom vannstand og vannføring ved målestaven på Bås doseringsanlegg.

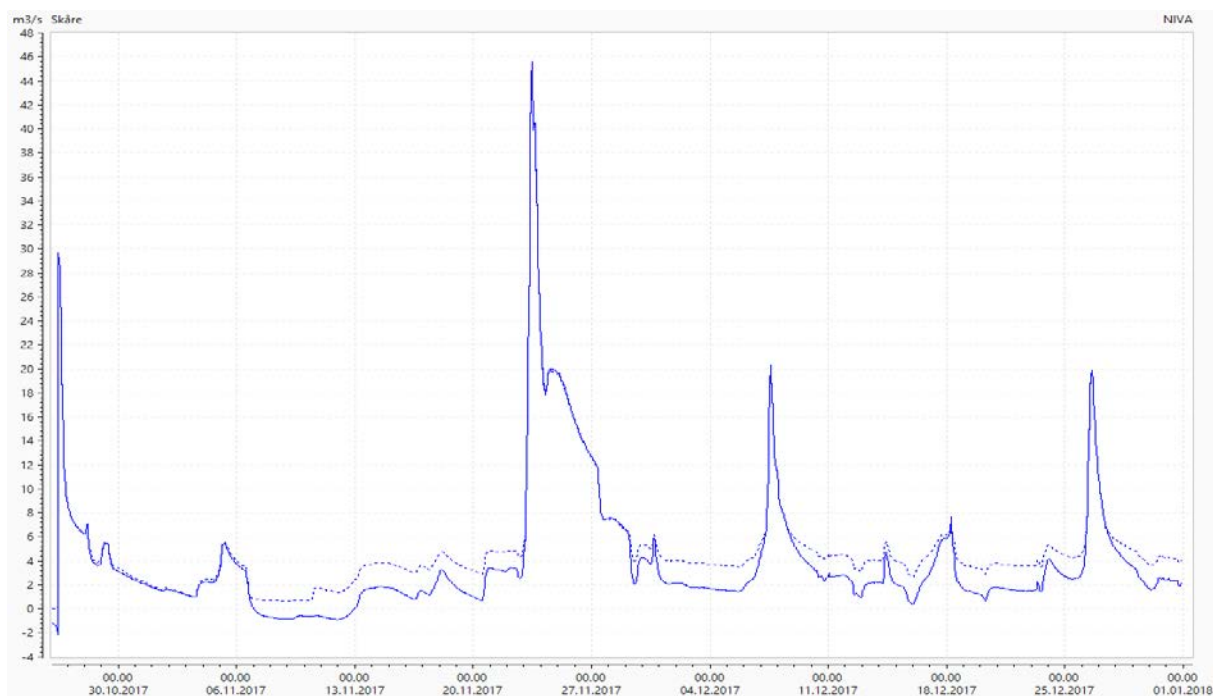
m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s
0,1	0,00	2,1	42,40	4,1	228,17
0,2	0,00	2,2	48,03	4,2	241,63
0,3	0,00	2,3	54,03	4,3	255,50
0,4	0,00	2,4	60,41	4,4	269,79
0,5	0,03	2,5	67,16	4,5	284,48
0,6	0,27	2,6	74,29	4,6	299,58
0,7	0,79	2,7	81,80	4,7	315,10
0,8	1,61	2,8	89,70	4,8	331,04
0,9	2,72	2,9	97,99	4,9	347,39
1	4,16	3	106,66	5	364,16
1,1	5,91	3,1	115,72	5,1	381,35
1,2	8,00	3,2	125,18	5,2	398,96
1,3	10,42	3,3	135,02	5,3	416,98
1,4	13,18	3,4	145,27	5,4	435,44
1,5	16,29	3,5	155,91	5,5	454,31
1,6	19,74	3,6	166,94	5,6	473,61
1,7	23,56	3,7	178,38	5,7	493,33
1,8	27,72	3,8	190,22	5,8	513,48
1,9	32,25	3,9	202,47	5,9	534,06
2	37,14	4	215,12	6	555,06



Figur 10. Gammel og ny vannføringskurve for Bås, utarbeidet i 2017 (NVE).

3.2 Skåre

Anlegget doserte tilfredsstillende gjennom året 2017. Forholdet mellom vannføring og vannstand er tidligere beskrevet som et forbedringspunkt (Høgberget 2017). Situasjonen ble ytterligere forverret etter utskifting av defekt vannstandsmåler i oktober. Figur 11 viser hvordan vannføringen på grunnlag av eksisterende vannstand-/vannføringstabell ble feil ved lave vannføringer, men viste god sammenheng under flom. Det bør gjøres tiltak slik at god sammenheng kan opprettholdes på alle vannføringer.



Figur 11. Vannføring på Bås i november og desember 2017. Stiplet kurve (MikaCom) er vannføringsberegninger på grunnlag endrete vannstander i forhold til den originale tabellen.

3.3 Søre Herefoss

Det var god drift på Søre Herefoss doseringsanlegg på tross av tidvis problemer med pH-målingene.

I 2017 forbedret NVE vannstand-/vannføringstabellen til mer nøyaktig målesikkerhet ved store vannføringer. Denne bør erstatte gammel tabell i styringsautomatikken på anlegget (Tabell 5). Det er ingen store forandringer i vannføringsutvikling mellom gammel og ny tabell før vannføringen overstiger ca. 400 m³/s, da ny tabell viser lavere vannføringsutvikling. Kurven er imidlertid utvidet til 5 m vannstand (Figur 12).

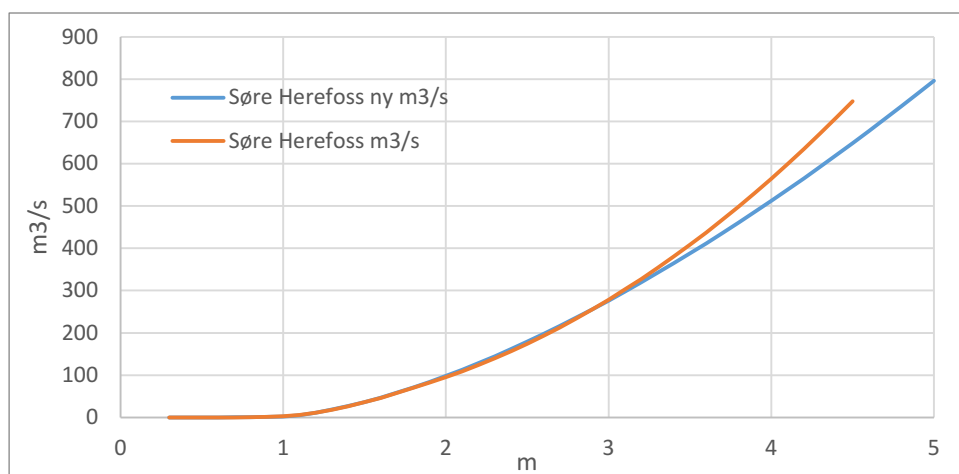
Tabell 5. Ny vannføringstabell utarbeidet i 2017 av NVE for sammenheng mellom vannstand og vannføring ved målestaven på Søre Herefoss doseringsanlegg

m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s
0,1	0,00	1,1	5,29	2,1	112,95	3,1	297,55	4,1	538,60
0,2	0,00	1,2	11,13	2,2	128,47	3,2	319,30	4,2	565,42
0,3	0,00	1,3	18,38	2,3	144,70	3,3	341,61	4,3	592,72
0,4	0,00	1,4	26,85	2,4	161,61	3,4	364,44	4,4	620,47
0,5	0,03	1,5	36,43	2,5	179,18	3,5	387,81	4,5	648,67
0,6	0,13	1,6	47,00	2,6	197,39	3,6	411,69	4,6	677,33
0,7	0,37	1,7	58,52	2,7	216,23	3,7	436,09	4,7	706,43
0,8	0,79	1,8	70,91	2,8	235,68	3,8	460,98	4,8	735,96
0,9	1,46	1,9	84,14	2,9	255,72	3,9	486,37	4,9	765,93
1	2,47	2	98,17	3	276,35	4	512,25	5	796,32

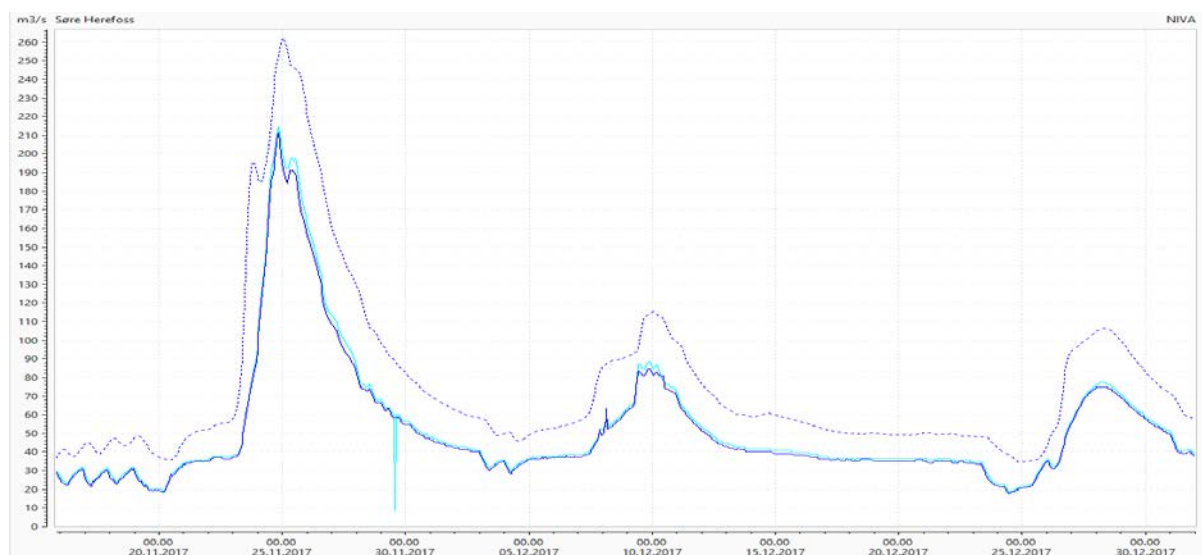
Dersom man sammenligner vannføringer målt ved Søre Herefoss med NVE målestasjon Flaksvatn (NVE nr.: 20,3,0) er middelvannføring ved Flaksvatn ca. 10 % høyere enn på Søre Herefoss. Dette stemmer ofte dårlig med tilgjengelige data for vannføringen på begge steder. Figur 13 viser vannføringen på Søre Herefoss både etter gammel og ny vannstandsavhengighet sammen med vannføringen ved Flaksvatn. Høsten preges av ingen lokal snø eller smelteavrenning. Lokale avrenningsforhold er da lite avvikende fra total avrenning. Derfor er sammenligningen gjort på høstdata. Ved middelvannføring er vannføringsøkningen over 50 % fra Søre Herefoss til Flaksvatn. Forskjellen blir mindre ved høye vannføringer. Mye av årsaken til forskjellene kan være unøyaktigheter som oppstår når vannstanden måles feil på grunn av klogging av vanntilførselsrør til inntaksdammen. Det er foretatt noen samtidige avlesinger på instrumentet som måler vannføringen på anlegget og på vannstandsmerket. Disse er satt i Tabell 1. Denne viser vannføringen ved avlest vannhøyde og vannføringen ved Flaksvatn. Det er ofte store avvik, men ikke mellom vannføring på grunnlag av målestaven og ved Flaksvatn. For nøyaktig avlesing av vannføringen bør vannstandsmåleren flyttes fra inntaksbrønnen til et punkt utenfor brønnen, men i nærheten av målestaven. Dette vil sikre god dokumentasjon på vannføringsforhold, særlig ved lave vannføringer. Forhåndsdosen vil også bli mer nøyaktig satt.

Tabell 6. Tilfeldig målte vannstander målt på instrumentet i doseringsanlegget og på målestaven ved Søre Herefoss sammen med respektive vannføringer og vannføring ved Flaksvatn. (Kilde Flaksvatn NVE)

Instrument m	Målestav m	Instrument m ³ /s	Målestav m ³ /s	Flaksvatn m ³ /s	Vannf. Økning %
1,69	1,63	57,32	50,36	58,0	15,2
1,94	1,92	89,66	86,88	89,0	2,4
2,23	2,435	133,27	167,68	183,0	9,1
1,32	1,58	19,98	44,81	52,0	16,0
1,65	1,46	52,65	32,47	35,0	7,8



Figur 12. Gammel og ny vannføringskurve utarbeidet for Søre Herefoss i 2017 (NVE).



Figur 13. Vannføring ved Søre Herefoss og Ved Flaksvatn (stiplet) senhøstes 2017. Tidligere beregningsfunksjon ved Søre Herefoss (blå), og etter ny funksjon (turkis).

4 Referanser og tidligere driftskontrollrapporter

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

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.

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