

Kalkingsplan for Bakkaåna



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

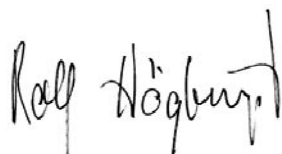
Tittel Kalkingsplan for Bakkaåna	Løpenummer 7168-2017	Dato 09.06.2017
Forfatter(e) Rolf Høgberget	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Utgitt av NIVA

Oppdragsgiver(e) Sokndal kommune	Oppdragsreferanse Rita Ørslund
-------------------------------------	-----------------------------------

Sammendrag

Bakkaåna er en del av Sokndalsvassdraget i Rogaland. Vassdraget var tidligere en god lakseelv, men den lokale laksestammen ble tidlig utryddet på grunn av forsuring. Vassdraget er kalket fra 1987 og laks har kommet tilbake i elva. Kalkingen er imidlertid sterkt redusert og forsuring av Bakkaåna oppstår i episoder. Et doseringsanlegg for kalk er vedtatt plassert i lakseførende del av elva ved utlopsområdet av Steinsvatnet. Den foreliggende kalkingsplanen gir råd for kalkingen ned til samløpet med Rosslandsåna i nedre deler av vassdraget. To alternative styringsparametere for kalkdosering er vurdert, pH og konduktivitet. Før en avgjørelse tas, foreslås det å etablere en automatisk overvåking for å fastslå hvilken av disse som egner seg best. På grunn av vanskelige tilkomstmuligheter foreslås det dosering via en lang tilførselsslange. Kalktype, anbefalt dose, maksimum doseringskapasitet, lagerstørrelse og årlig kalkforbruk er beregnet.

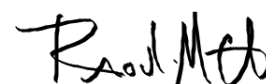
Fire emneord	Four keywords
1. Kalking	1. Liming
2. Forsuring	2. Acidification
3. Laks	3. Atlantic Salmon
4. Elv	4. River



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Atle Hindar
Kvalitetssikrer



Raoul-Marie Couture
Forskningsleder

Kalkingsplan for Bakkaåna

Forord

Forsuringssituasjonen i Bakkaåna reduserer vannkvaliteten for laks. Ønsket om etablering av et kalkdoseringsanlegg har utløst utredning av mulige plasseringer for et slikt anlegg og anbefalinger om kalktype. På grunnlag var dette er det besluttet lokalt å arbeide for etablering av et anlegg på Løtopt ved utløpet av Steinsvatnet.

NIVA har fått i oppdrag av Sokndal kommune å utrede en kalkingsplan tilpasset denne plasseringen. Kontaktpersonen i kommunen har vært Rita Ørslund, og Ørjan Simonsen hos Fylkesmannen i Rogaland har framskaffet kalkingsdata fra vassdraget. Representant for grunneierlaget i Sokndalsvassdraget har vært Jon Kapstad. Kapstad har vært behjelpelig med vannprøvetaking. Alle takkes for godt samarbeid.

Grimstad, 09.06.2017

Rolf Høgberget

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	6
1.1 Bakgrunn	6
2 Vassdragsbeskrivelse	7
2.1 Nedbørfeltet.....	7
2.2 Hydrologi.....	7
2.2.1 Oppvandringsmuligheter	7
2.3 Vannkjemi	7
2.3.1 pH.....	7
2.3.2 Kalsium.....	8
2.3.3 Aluminium	8
3 Kalkingstiltaket	9
3.1 Mål for kalkingen	9
3.1.1 Vannkjemiske mål	9
3.1.2 Blandsoneffekter	10
3.1.3 Tilslamming.....	10
3.2 Plassering og dimensjonering, Løtopt	10
3.2.1 Kalktype.....	10
3.2.2 Doseringskapasitet.....	11
3.2.3 Lagerkapasitet og årlig kalkbehov.....	11
4 Anbefaling	13
5 Referanser	14

Sammendrag

Bakkaåna er en del av Sokndalsvassdraget i Rogaland. Det er elvestrekningen fra Steinsvannet i Steinsvassdraget til samløpet med flere sideløp ved Åmot. Vassdraget var tidligere en god lakseelv, men den lokale laksestammen ble utryddet allerede i 1880-årene på grunn av forsurening. Vassdraget er kalket siden 1987. Kalkingen av Steinsvassdraget er imidlertid sterkt redusert. Dette har ført til redusert pH i Bakkaåna og forsurening oppstår i episoder. Redusert vannkvalitet for laks har utløst behov for et kalkdoseringsanlegg. Plassering ved Løtopt i utløpsområdet av Steinsvatnet er utpekt som mulig lokalisering. Nedbørfeltet dekker 77 km² og består av tungt oppløselige bergarter. Det er ingen regulering av elva, og den er en typisk flomelv. Laks kan i prinsippet vandre langt opp i vassdragets øvre deler forbi ønsket doseringspunkt.

Vannprøver fra 2011 til og med 2016 er analysert på forsuringparametere, og automatisk pH-overvåking i deler av 2016 er benyttet til å vurdere vannkvaliteten. Det er en synkende tendens i pH-nivå og spesielt lave verdier oppstår ved flom. Kalsiumkonsentrasjonen i perioden har også vært synkende. Konsentrasjonen av potensielt giftig labilt aluminium gir god til moderat vannkvalitet for laks de fleste år i henhold til vannforskriften. I 2016 viste imidlertid 22 % av analysene dårlig kvalitet for laks.

Behovet for et doseringsanlegg i Bakkaåna er bakgrunnen for denne kalkingsplanen. I Bakkaånas nedre del tilføres betydelige vannmengder fra samløpet med Rosslandsåna. Dette er nærmest ukalket vann som vil skape blandsoner nedstrøms samløpet. Kalkingsplanen tar imidlertid ikke høyde for denne problematikken fordi tiltak i dette området er utredet i en egen rapport.

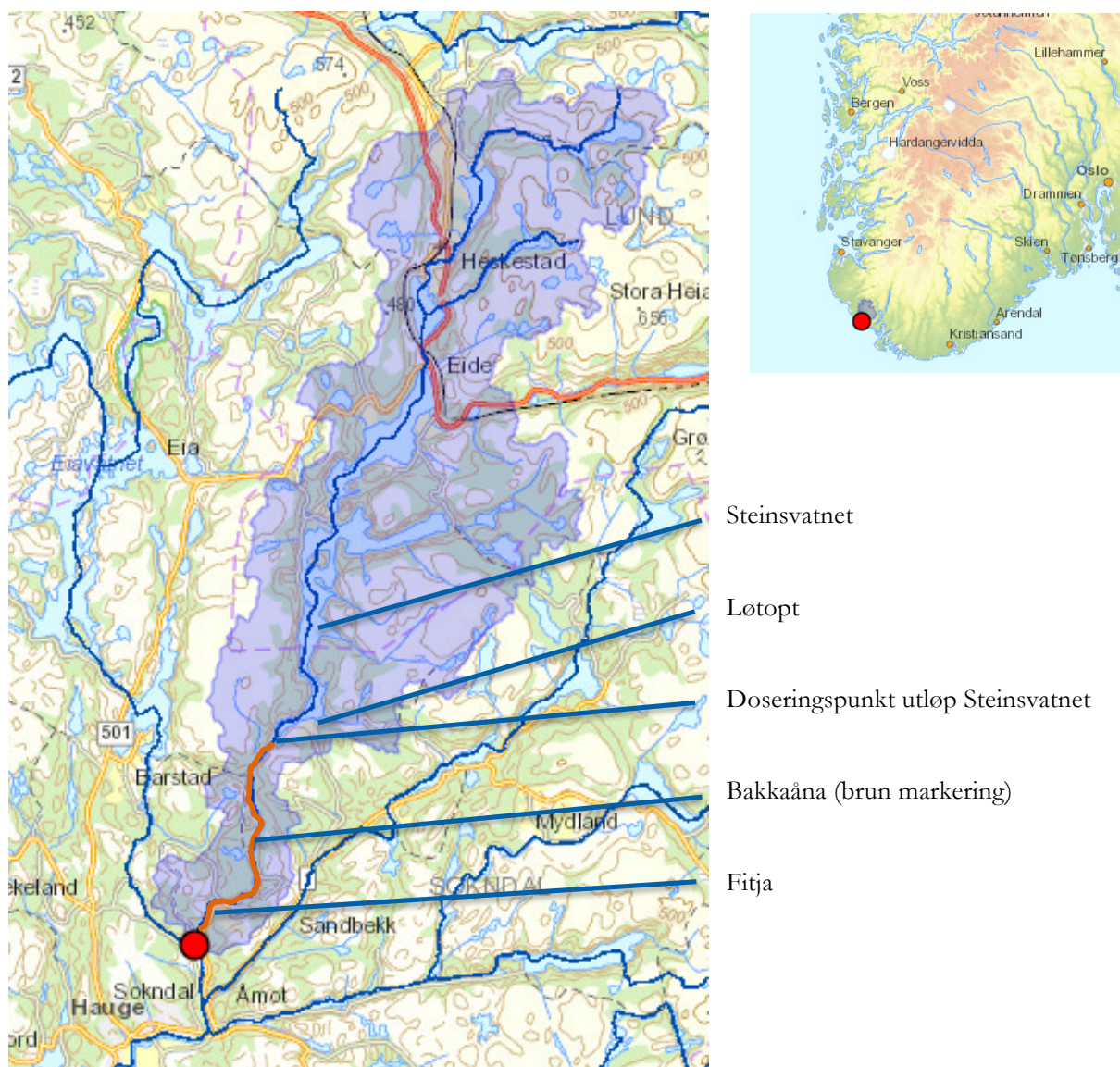
Målet med planen er å foreslå løsninger som vil gi en god vannkvalitet for laks i Bakkaåna. To alternative parametere for optimal dosering er vurdert, pH og konduktivitet. Konduktivitet viser gode sammenhenger med konsentrasjoner av labil aluminium (LAl). Imidlertid er datagrunnlaget for lite til å kunne fastslå om disse sammenhengene er god nok til å benytte konduktivitet som styringsparameter. pH vil kunne benyttes som styringsparameter, men dette krever tett oppfølging og systematisk kalibrering av sensor(er). Det er foreslått å benytte pH-mål 6,4 i smoltifiserings- og smoltutvandringstiden, og pH 6,0 resten av året. Før det tas stilling til valg av styringsparameter er det foreslått etablert automatisk overvåking av både pH og ledningsevne i en tilstrekkelig lang periode til å dokumentere disse sammenhengene bedre.

Fra et anlegg ved Løtopt kan oppslemmet kalk tilføres utløpselva via slange. Framføring av kalk i over 1 km lange slanger setter høye krav til driftssikkerheten. Det må derfor etableres tekniske løsninger som sikrer effektiv service dersom klogging i slangene hindrer kalkdoseringen. For å minimalisere negative biologiske effekter ved blandsoneproblematikk nedstrøms kalkdoseringen og tilslamming og sedimentering av kalk er det foreslått benyttet minimum kategori 2-kalk med CaCO₃-innhold > 95 %. Maksimal doseringskapasitet bør tilpasses forholdene som oppstår ved flomvannføring i smoltutvandringstiden. Dosen må da være 1,1 g/m³, og doseringen må være 87 g/s for å nå dette målet ved samløpet med Rosslandsåna. Lagerbeholdningen for ca. en måneds drift krever en minimums lagerkapasitet på 50 tonn. Med grunnlag i data fra perioden 2011 – 2016, vil doseringsbehovet være gjennomsnittlig 150 tonn CaCO₃ pr. år.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Bakkaåna er elvestrekningen fra Steinsvatnet i Steinsvassdraget til samløpet med flere sideløp ved Åmot i Sokndalsvassdraget. Bakkaåna er en av flere lakseførende sidegrener. Nedenfor samløpene kalles elva Sokno, **Figur 1**. Vassdraget var tidligere en god lakseelv, men den lokale laksestammen ble sterkt rammet av forsuring og ble utryddet allerede i 1880-årene. For å få tilbake laksen i vassdraget, ble en stor kalkingsinnsats påbegynt i 1987. Senere har kalkingen økt og laksen har for fullt kommet tilbake i elva. Innsjøkalking som blir gjennomført i Steinsvassdraget er imidlertid i ferd med å reduseres og store deler av tilførselene til Bakkaåna blir nå ikke kalket. Steinsvatnet er ikke kalket siden år 2000 (Magnus Elvestrøm pers.med.). Kun Fosstjørnan, Stokkavatnet og Hesttjørn blir fortsatt kalket med til sammen 8 tonn årlig. Dette gir marginal effekt nedover i vassdraget, og har ført til redusert pH i Bakkaåna. Forsuringen oppstår i episoder. Forsuringssituasjonen i Bakkaåna reduserer vannkvaliteten for laks og har utløst behovet for et kalkdoseringsanlegg. Mulige plasseringer er utredet (Høgberget -notat 2016) og beslutning et tatt om lokalisering i utløpsområdet av Steinsvatnet ved Løtopt.



Figur 1. Oversiktskart og stedsnavn med nedbørfeltgrenser for Bakkaåna. (kilde NVE).

2 Vassdragsbeskrivelse

2.1 Nedbørfeltet

Bakkaåna er det nest største delnedbørfeltet i Sokndalsvassdraget (Sokno). Nedbørfeltet dekker 77 km² før samløpet med Rosslandsåna. Det aller meste er utmark (94 %), med 37 % bart fjell, 40 % skog, 16 % vannoverflate av innsjøer. 4 % er innmark. Høyeste punkt er 630 m.o.h., men det meste av utmarka ligger ca. 2-300 m.o.h.. Bergartene består for det meste av tungt oppløselig anortositt og mangeritt/kvartsmangeritt (NGU kart over Bjerkreim-Sokndal-intrusjonen).

2.2 Hydrologi

Det er ingen regulering av vannføringen i form av kraftproduksjon eller andre inngrep i elva. Elva er en typisk flomelv, der det oppstår rask respons med høy vannføring ved kraftig regnvær. **Tabell 1** viser hydrologiske data ved flere punkter i elva, også punktet nedstrøms samløpet med Rosslandsåna. Her øker vannføringen med 41 % mellom Lindland og utløpet av Ålgårdselva.

Tabell 1. Hydrologiske data for Bakkaåna.

	Ved utløpet av Ålgårdselva	Ved utløpet av Rosslandsåna	Utløpet av Steinsvatnet
Nedbørfelt (km ²)	185,4	76,8	67,3
Del av totalfelt, Sokno %	61	25	22
Middelavrenning (l/s/km ²)	54,3	57	58,8
Middelvannføring (m ³ /s)	10,1	4,4	4,0
5-års flom (m ³ /s)	111,3	47,7	40,3

2.2.1 Oppvandringsmuligheter

Laks kan i prinsippet vandre langt opp i vassdragets øvre deler. Oppvandringshinderet er ikke definert, men ca. 2 km nedstrøms utløpet av Steinsvatnet har laksen trolig problemer med å komme forbi. En må anta at stedet er lettere å forsere ved bestemte vannføringer. Noe gyting foregår i strykene nedstrøms Steinvatnet.

2.3 Vannkjemi

Vannprøver fra 2011 til og med 2016 er tatt i nedre deler av Bakkaåna ved Fitja. Analyser er utført på forsuringsparametrene: pH, alkalitet, konduktivitet, kalsium (Ca), reaktivt aluminium (RAL) og ikke labilt aluminium (ILAL). Bare pH og Ca foreligger som komplett tidsserie. Det er også foretatt automatisk pH-overvåking gjennom en kort periode våren 2016.

2.3.1 pH

pH ble målt i prøver hver fjortende dag gjennom hvert år med unntak om våren, da frekvensen var en uke. I 2016 var det også noe utvidet prøvetaking sommer og høst. **Figur 2** viser pH fra 2011 til 2017. pH i Bakkaåna har gradvis blitt redusert, fra gjennomsnittlig ca. pH 6,0 til ca. pH 5,8. En tydelig reduksjon oppsto ved årsskiftet 2014 – 2015. De to påfølgende år ble dette lavere nivået opprettholdt. Årsaken til denne raske utviklingen er ukjent. De laveste verdiene (pH 5,5 -5,6) ble periodevis registrert i 2015 og 2016. Det er dokumentert at disse situasjonene oppstår ved flom (Høgberget 2016).

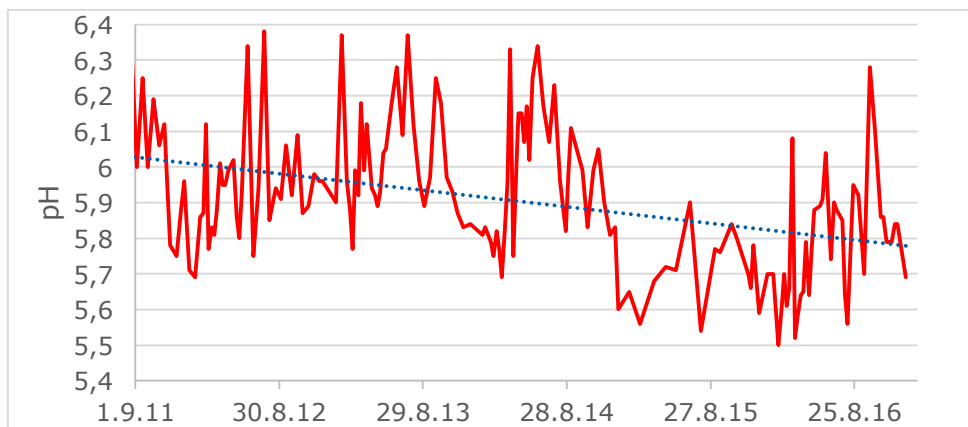
2.3.2 Kalsium

Kalsiumkonsentrasjonen i perioden har vært synkende, fra gjennomsnittlig 0,97 mg Ca/l (maks. 1,23 mg Ca/l, min. 0,78 mg Ca/l) til gjennomsnittlig 0,79 mg Ca/l (maks. 0,96 mg Ca/l, min. 0,59 mg Ca/l), se **Figur 3**.

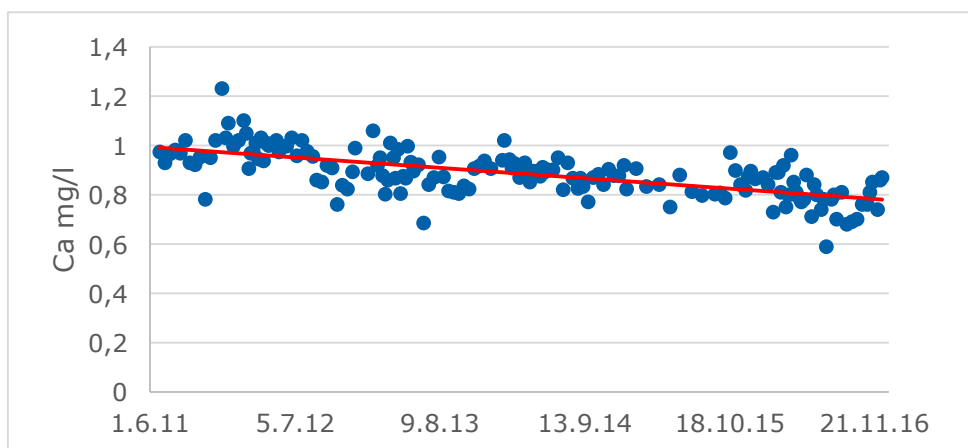
2.3.3 Aluminium

Grunnlaget for vurderingen av aluminiumskjemien er analyser foretatt høsten 2014 og hele året 2015 og 2016. Det er målt på reaktivt aluminium og ikke-labilt aluminium. Differansen er den labile aluminiumsfraksjonen (LAl). LAl er giftig for vannlevende organismer (hindrer gjellefunksjonen) hvis konsentrasjonene er høye nok. Laks er spesielt ømfintlig, og grenseverdier for god aluminiumskjemi er satt til 10 µg LAl/l (Klassifiseringsveilederen under vannforskriften fra 2013-revidert 2015).

Konsentrasjon av reaktiv aluminium i Bakkaåna varierte mellom 25 og 163 µg /l med 45,6 µg/l som middelerdi. LAl varierte mellom 3 og 75 µg /l med 15,8 µg/l som middelerdi. Høsten 2014 var konsentrasjonen aldri over 11 µg/l (god tilstand), mens 58 % av analysene i 2015 indikerte moderat tilstand. I 2016 viste 22 % av analysene dårlig tilstand.



Figur 2. pH i årene 2011-2016 i Bakkaåna. Elvevannet er blitt surere i løpet av de 6 årene (lineær trend markert med stiplet linje).



Figur 3. Kalsiumkonsentrasjon i Bakkaåna i årene 2011 - 2017. Trendlinjen viser at det har vært en reduksjon i perioden.

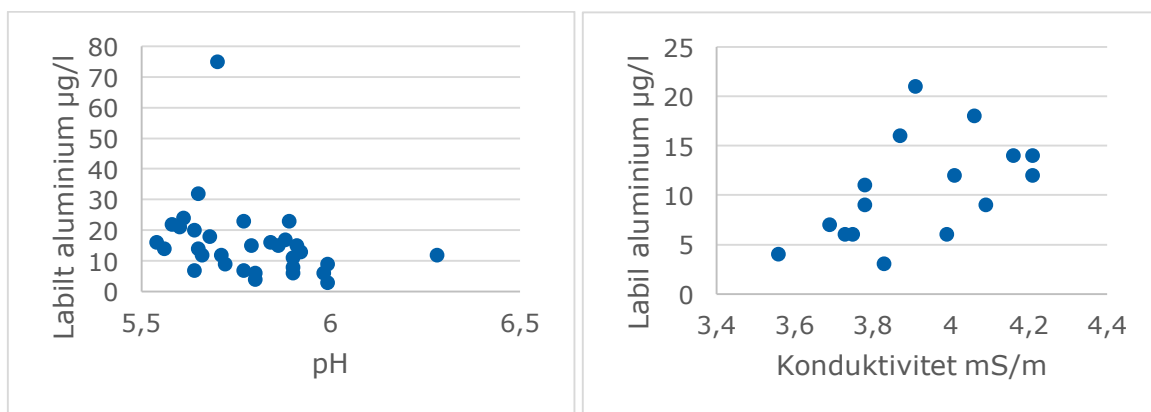
3 Kalkingstiltaket

3.1 Mål for kalkingen

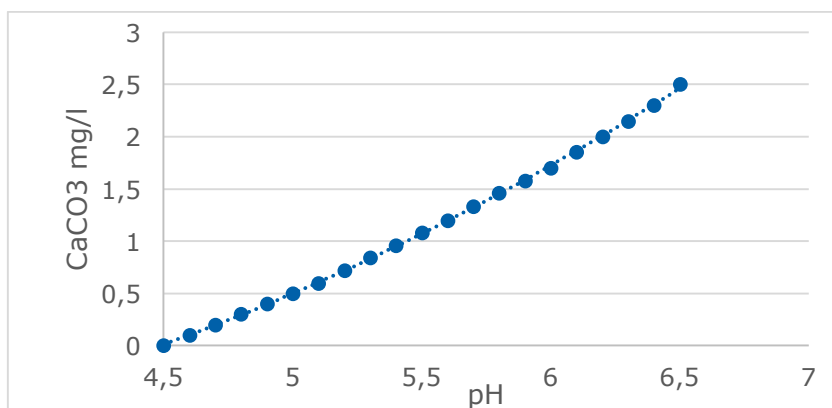
Behovet for et doseringsanlegg i Bakkaåna er aktualisert av en redusert kalkingsinnsats i innsjøene oppstrøms elva. Denne utviklingen er et resultat av ulike behov for kalking for ferskvannsfisk kontra anadrom laksefisk. Isolert sett vil dosererkalking sannsynligvis medføre bedre utnyttelse av tilført kalk, da denne kalkingsformen på årsbasis ser ut til å gi høyere total oppløsning av kalk enn innsjøkalking (Hindar 2017). Men det forutsetter at det kan tas hensyn til denne gode oppløsningen. I Bakkaånas nedre del tilføres betydelige vannmengder fra samløpet med Rosslandsåna. Dette er nærmest ukalket vann som vil skape blandsoner nedstrøms samløpet. Denne kalkingsplanen innbefatter ikke tiltak som kan ha tilstrekkelig effekt nedstrøms dette samløpet for å redusere denne effekten. Tiltak i dette området er utredet i egen rapport (Høgberget 2017)

3.1.1 Vannkjemiske mål

For å oppnå det vannkjemiske målet om $< 10 \mu\text{g LAl/l}$ foreslås å tilføre kalsiumkarbonat (CaCO_3) gjennom kalking fra en doserer. Dette øker pH, som igjen reduserer LAl. Sjøsalter tilføres nedbørfeltet under stormregn og dette kan gi en ionebyttingseffekt i jorda, der natrium holdes tilbake slik at H^+ -ioner og LAl tilføres. Effekten av sjøsalter ses ved at konduktiviteten øker (Figur 4), men dette påvirker ikke Ca-konsentrasjonen i særlig grad.



Figur 4. Sammenhenger mellom LAl, pH og konduktivitet.



Figur 5. Titreringskurve for CaCO_3 mot pH ved moderat TOC-konsentrasjon ($< 3 \text{ mg TOC/l}$).

3.1.1.1 Doseringskontroll

Det finnes ingen metode for å måle LAl kontinuerlig som en «online» parameter, slik at doseringen kan styres direkte etter LAl. Imidlertid benyttes ofte pH som prosess-signal i og med at det som regel er en god sammenheng mellom pH og LAl. pH behøver nødvendigvis ikke å heves høyt for å nå målet om god aluminiumskjemi. Konduktivitet kan også ha en god sammenheng med LAl på grunn av sjøsalteffekten. Måleområdet som disse sammenhengene opptrer innenfor er imidlertid lite i eksisterende data til å vise gode sammenhenger, **Figur 4**. Hvilken som egner seg best som styringsparameter er derfor usikkert.

Figur 4 viser at $\text{pH} \leq 5,9$ vanligvis gir $\text{LAl} > 10 \mu\text{g/l}$. pH 6,0 bør da være et tilstrekkelig mål for kalkdosering utenom smoltutvandringen. Imidlertid er kravet til god aluminiumskjemi høyere i denne perioden. I lakseelver på Agder er pH-målet i den sentrale utvandringstiden ofte satt til pH 6,4. Dette vil gi tilstrekkelig lav konsentrasjon av LAl (Hindar mfl 2015). Ved beregning av doseringsbehovet i forhold til pH er det benyttet en generell titreringstabell utarbeidet av NIVA for vannkvaliteter med ulikt organisk innhold (TOC). For $\text{TOC} < 3 \text{ mg/l}$ er det benyttet kurven gjengitt i **Figur 5**.

3.1.2 Blandsoneffekter

I tillegg til blandsonen etter samløpet med Rosslandsåna, vil blandsoner oppstå nedstrøms doseringspunktet ved utløpet av Steinsvatnet. De mest intense reaksjonene som fører til giftig aluminium oppstår innenfor 15 minutter etter innblanding (Kroglund mfl 1998). Dette gjelder selv om kalkdosene i det kalkete vannet økes (Teien og Kroglund 2009). Under de fleste vannføringsforhold vil det oppstå blandsoneproblematikk i hele elveavsnittet mellom Hølen og Steinsvatnet) (ca. 1 km).

3.1.3 Tilslamming

Det må også være et mål å unngå sedimentering og tilslamming av gyte og oppvekstområdene nær doseringspunktet. Problemet kan reduseres ved valg av riktig kalkprodukt.

3.2 Plassering og dimensjonering, Løtopt

Det er ikke praktisk mulig å plassere anlegget i nærheten av utløpet fra Steinsvatnet, men ved bredden av Steinsvatnet ca. 1200 m fra utløpet (**Figur 6**) er det mulig å plassere et anlegg ved Løtopt (Høgberget 2016). Teoretisk kan oppslemmet kalk tilføres utløpselva herfra via slange. Framføring av kalk i over 1 km lange slanger setter imidlertid høye krav til driftssikkerheten. Det må derfor etableres tekniske løsninger som sikrer effektiv service dersom klogging i slangene hindrer kalkdoseringen.



Figur 6. Vika ved Løtopt der det er mulig å etablere utdosering av kalk via slange. Selve doseringsanlegget må plasseres i trygg høyde for vannstander som kan opptre under stor flom. Steinfyllingen på bildet ligger trolig for lavt.

3.2.1 Kalktype

I utløpet av Steinsvatnet er elvesubstratet preget av grove steiner. Fallet i utløpsområdet er ca. 1/60. Dette vil gi en god turbulens i vannet slik at kalk effektivt slemmes opp. Da elva er lakseførende i

utslippsområdet anbefales likevel benyttet minimum kategori 2-kalk med CaCO_3 -innhold $> 95\%$. Dette vil bidra til mindre klogging i slangen og at uønsket sedimentering reduseres i elva.

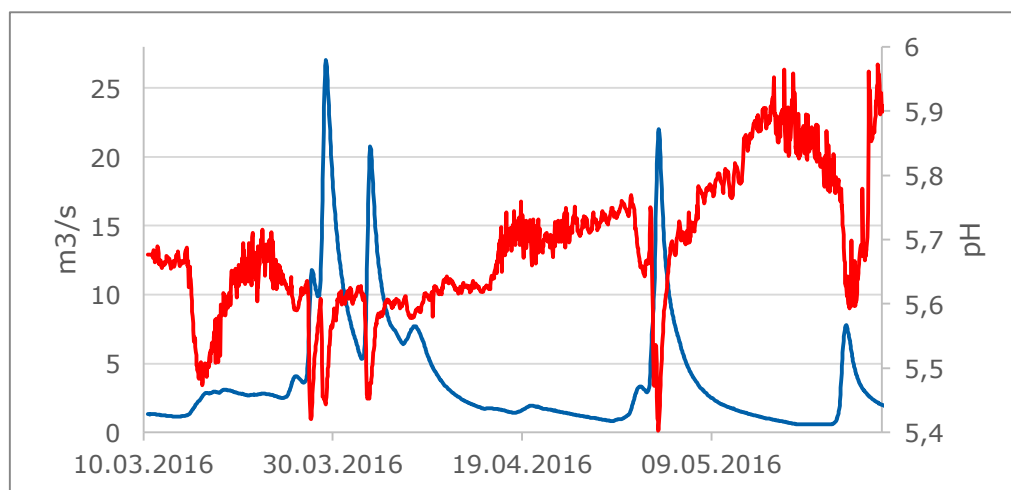
3.2.2 Doseringskapasitet

Doseringskapasiteten tilpasses doseringsbehovet under flom. Automatisk overvåking har vist at pH under flom reduseres til 5,4. **Figur 7** viser pH under flom på NVE-målestasjon Refsvatn i Litlå (nabovassdraget). Bakkaåna har større nedbørfelt enn Litlå, men vannføringsutviklingen vil være omtrent identisk. **Figur 8** viser beregnet vannføring gjennom 6 år i Bakkaåna (2011-2016). Grafen er utledet av NVE-målestasjon på Refsvatnet, og viser at vannføringer over $60 \text{ m}^3/\text{s}$ har oppstått 5 ganger i løpet av perioden. Ved pH 5,4 i utløpet av Steinsvatnet må dosen være $1,1 \text{ g}/\text{m}^3$ for å øke pH til 6,4 i smoltifiseringsperioden. Dersom man antar 75% oppløsning av kalk, må det doseres $87 \text{ g}/\text{s}$ for å nå dette målet ved samløpet med Rosslandsåna. pH øker imidlertid nokså raskt etter en flomtopp. Dermed reduseres også doseringsbehovet slik at doseringen gjennom en forsureningsperiode vil være betydelig lavere. Det tar normalt ca. 2 dager før pH igjen er på samme nivå som før episoden (**Figur 9**). Refsvatn-data viser et gjennomsnitt på 24 store og små flommer pr. år.

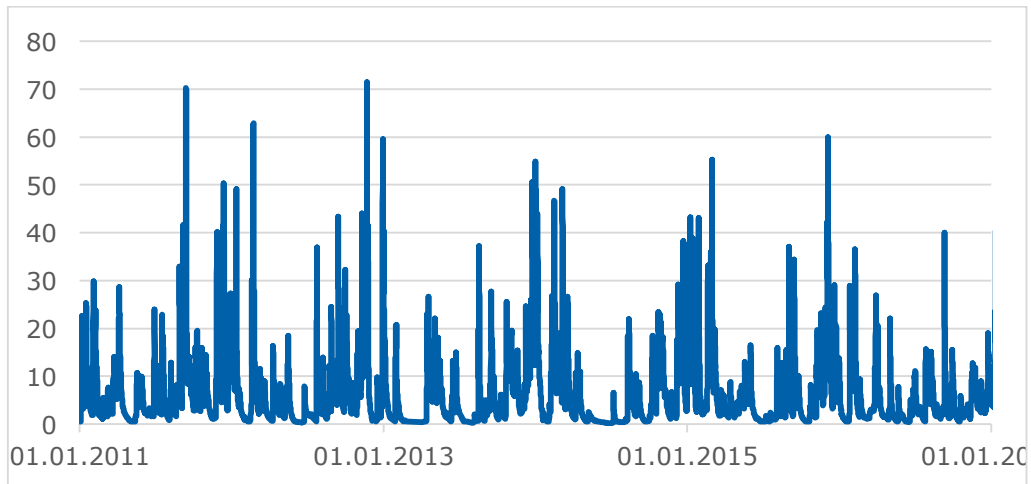
3.2.3 Lagerkapasitet og årlig kalkbehov

Figur 9 viser en tilnærmet gjennomsnittlig flom i Bakkaåna (maksimum vannføring $22 \text{ m}^3/\text{s}$). Denne er benyttet til beregning av kalkbehovet. En slik flom krever ca. $3,5$ tonn CaCO_3 ved pH-mål 6,4. Flomepisodene kan imidlertid være store, og med korte intervaller. En lagerbeholdning for ca. en måneds dosering vil, når det er tett mellom flommene, kreve minimum lagerkapasitet på 50 tonn.

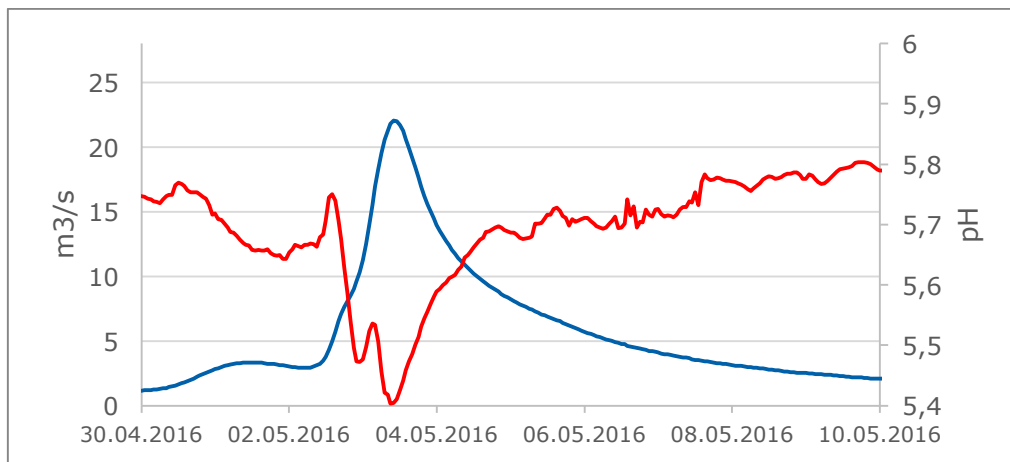
Kalkbehov er beregnet forskjellig ved ulike vannføringer. Ved flom $> 5 \text{ m}^3/\text{s}$ er det benyttet et høyere pH-mål, da relativt mange av disse tilfellene oppstår under smoltutvandringen. En gjennomsnittlig pH 6,2 er da benyttet. For vannføringer $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$ er målet satt til pH 6,0. Doseringsbehovet er beregnet til gjennomsnittlig 150 tonn CaCO_3 pr. år.



Figur 7. pH (timesverdier) og vannføring i Bakkaåna utledet av vannføring ved Refsvatn (NVE nr.: 26.29.0) våren 2016.



Figur 8. Vannføring i Bakkaåna i årene 2011 – 2016. Vannføringen er utledet av målinger ved Refsvatn (NVE nr.: 26.29.0).



Figur 9. Typisk flomutvikling i Bakkaåna sammenholdt med pH-utviklingen.

4 Anbefaling

For bedre kartlegging av forholdene mellom pH, konduktivitet og labilt aluminium foreslås det opprettet en midlertidig automatisk overvåkingsstasjon for kontinuerlig registrering av pH og konduktivitet. Det bør samtidig etableres en relativ vannstandsmåling slik at forandringer i pH og konduktivitet kan relateres til vannføringsvariasjoner. Disse vannstandsmålingene bør også kunne utløse automatisk vannprøvehenting for analyser av aluminiumsfraksjoner. Samlet vil dette gi grunnlag for valg av styringsparameter for kalkdosereren.

5 Referanser

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

Høgberget, H. 2016. Kalkingsstrategi for Bakkaåna, Sokndalsvassdraget. Notat NIVA, J.nr.: 1491/16.

Høgberget, H. 2017. Ny kalkingsstrategi for laks i Sokndalsvassdraget. NIVA-rapport 7145.

Kroglund, F., Teien, H.C., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Kvellestad, A. 1998b. Varighet av blandsoner og betydningen av ulike aluminiumskonsentrasjoner og kalking for giftighet overfor lakseparr. Renneforsøk utført i Suldalslågen, høst 1996. NIVA-rapport 3815. 61 s.

Teien, H.C., Kroglund, F. 2009. Komparative studier mellom kalksteinsmel (Miljøkalk VK3, Miljøkalk NK3) og kalkslurry BLOKALK 75 - løselighet av Ca og økning i pH over tid. Universitetet for miljø- og biovitenskap, institutt for plante- og miljøvitenskap. ISSN 0805 -7214.

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