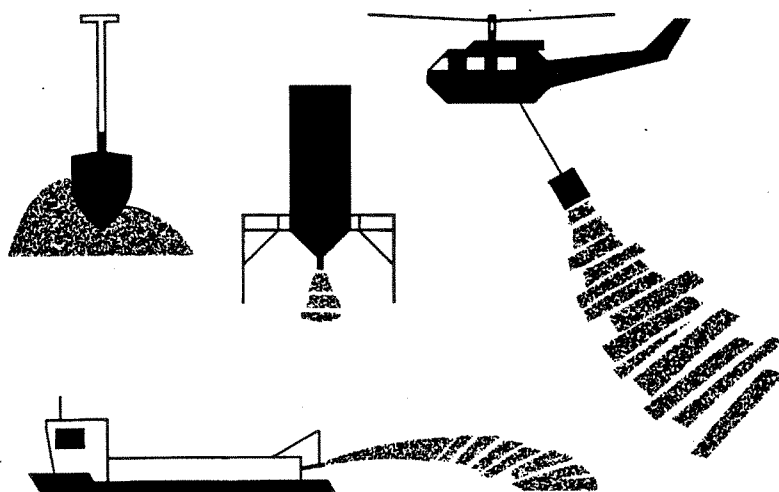


O-95149

Hekni kraftverk i Otra, Aust-Agder

Vurdering av kalkingstiltak på berørt
utbyggingsstrekning



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-95149	Undernr.:
Løpenr.: 3330	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Flute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	---	---	--

Rapportens tittel: Hekni kraftverk i Otra, Aust-Agder. Vudering av kalkingstiltak på berørt utbyggingsstrekning.	Dato: Sept. 1995	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Kalking	
Forfatter(e): Øyvind Kaste og Atle Hindar	Geografisk område: Aust-Agder	
	Antall sider: 20	Opplag: 40

Oppdragsgiver: Aust-Agder Kraftverk	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt: I forbindelse med etableringen av Hekni kraftverk i Otra er det utredet kalkingstiltak for å hindre ytterligere forsurening av utbyggingsstrekningen for dermed å redusere faren for skade på fiskebestandene i Otra. Ved dagens vannføring i restfeltet anbefales det et kalkdoseringsanlegg i sidevassdraget Bestelandså. Det er beregnet et årlig kalkbehov på 270 tonn for å avsyre tilrenningen fra restfeltet. Kostnader til innkjøp og oppføring av doseringsanlegg er anslått til kr. 550.000,-. Det er anslått årlige driftsutgifter for kalkingstiltaket på kr. 290.000,-, inkludert utgifter til kalk og drift/service på doseringsanlegget.

4 emneord, norske

1. Vassdrag
2. Vannkraftutbygging
3. Sør nedbør
4. Kalking

4 emneord, engelske

1. Water course
2. Hydro power development
3. Acid precipitation
4. Liming

Prosjektleder

Øyvind Kaste

Øyvind Kaste

For administrasjonen

Bjørn Olav Rosseland

Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-2812-8

Norsk institutt for vannforskning
Sørlandsavdelingen

O-95149

HEKNI KRAFTVERK I OTRA, AUST-AGDER

Vurdering av kalkingstiltak på berørt utbyggingsstrekning

Grimstad

September 1995

Saksbehandler:

Øyvind Kaste

Medarbeider:

Atle Hindar

Forord

I konsesjonen til utbygging av Hekni kraftverk i Otra er regulantene Aust-Agder kraftverk og Vestfold kraftselskap pålagt "å bekoste og utføre tiltak som kalking av Otra eller sideelver for å forhindre ytterligere forsuring på utbyggingsstrekningen".

På bakgrunn av dette ble NIVA anmodet om å utarbeide et forslag til utredning av kalkingstiltak på den berørte strekningen. NIVAs prosjektforslag ble akseptert, og arbeidet ble igangsatt 1. juli 1995.

Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært sjefsingeniør Lars Damsgaard, Aust-Agder kraftverk.

Grimstad, september 1995

Øyvind Kaste

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Innholdsfortegnelse.....	4
1. SAMMENDRAG.....	5
2. INNLEDNING.....	6
2.1. Bakgrunn og formål	6
2.2. Kort beskrivelse av reguleringen	6
2.3. Forventede effekter på vannkvaliteten av reguleringen.....	8
3. FORSLAG TIL KALKINGSTILTAK	10
3.1. Vannkvalitetsmål ved kalking.....	10
3.2. Kalkingsalternativer.....	10
3.3. Kalkmengder og kostnader	14
3.3.1. Alternativ I	14
3.3.2. Alternativ II.....	15
3.4. Anbefalinger.....	16
Referanser	17
Vedlegg. Generelt om kalking med doserer.	19

1. SAMMENDRAG

Det ble i 1989 gitt konsesjon til bygging av Hekni kraftverk, som vil utnytte fallet på den 11 km lange strekningen mellom Straume og Langeid i hhv. Valle og Bygland kommuner. I følge konsesjonen er regulanten pålagt å bekoste og utføre tiltak som kalking av Otra eller sideelver for å forhindre ytterligere forsuring på utbyggingsstrekningen. Ved igangsetting av kraftverket vil det i store deler av året kun gå minstevannføring forbi Hekni-demningen. Når kraftverket igangsettes, vil dermed den berørte strekningen i Otra i stor grad domineres av surt vann fra de lokale sidebekkene i området. For å redusere faren for skade på fiskebestandene i Otra ved ytterligere forsuring av utbyggingsstrekningen, er det foreslått kalkingstiltak knyttet til sidevassdragene.

Det operative målet for kalkingstiltaket er at tilsiget fra restfeltet mellom inntaket og utløpet fra Hekni kraftverk skal avsyres til pH 6,0 hele året, for å forhindre ytterligere forsuring og skader på fiskebestandene på utbyggingsstrekningen. Det er utredet to hovedalternativer for kalking på utbyggingsstrekningen mellom Straume og Langeid. Alternativ I forutsetter at restfeltet (70 km²) mellom inntaket og utløpet av Hekni kraftverk beholder sitt naturlige avrenningsmønster. Alternativ II gjelder dersom Strendetjønnbekken og Bestelandså (36,6 km²) overføres til Brokke kraftverk (søknad til konsesjonsbehandling).

Under alternativ I foreslås det plassert et doseringsanlegg i Bestelandså, ved brua på RV 39. Ved alternativ II foreslås et doseringsanlegg ved den nye Hekni-demningen. Sistnevnte løsning er basert på en eventuell bortføring av Bestelandså til Brokke kraftverk og egner seg ikke til å avsyre dagens tilrenning på utbyggingsstrekningen. Alternativ I anbefales derfor inntil eventuelle bekkeinntak i Strendetjønnbekken og Bestelandså er etablert.

Et doseringsanlegg i Bestelandså bør styres etter vannføringen i sidevassdraget, og det beregnes en overdoseringsfaktor på 1,6 for å kompensere for kalkbehovet i de andre sidebekkene på utbyggingsstrekningen. Dette gir en anbefalt kalkdose på 6,0 mg/L ved anlegget. Årlig kalkbehov ved normal avrenning i området er beregnet til 270 tonn. Med en antatt kalkpris på kr. 700,- pr tonn tilsvarer dette årlige kostnader på omkring kr. 190.000,-. Ved flom bør anlegget ha en doseringskapasitet på 0,3 tonn/time, og det anbefales en lagerkapasitet i kalksiloen på omkring 30 tonn. Det første året vil utgiftene til innkjøp og etablering av doseringsutstyr beløpe seg til omlag kr 550.000. De årlige utgiftene til innkjøp av kalk og drift/service av doseringsanleggene vil gjennomsnittlig kunne beløpe seg til omlag kr. 290.000,-.

For å minske faren for utbredelse av vannplanten krypsiv i terskelbassengene, anbefales bruk av relativt finmalt kalk (kategori 2), som blandes godt med vann før den slippes ut fra anlegget. For i størst mulig grad å unngå sedimentasjon og tilslamming med kalkpartikler i Otra nedenfor doseringsanlegget, vil det være en fordel om nærmeste terskelbasseng ble trukket lengst mulig unna munningen av Bestelandså.

2. INNLEDNING

2.1. Bakgrunn og formål

Det ble i 1989 gitt konsesjon til bygging av Hekni kraftverk, som vil utnytte fallet på den 11 km lange strekningen mellom Straume og Langeid i hhv. Valle og Bygland kommuner (figur 1). Arbeidet i kraftstasjons-området startet i mai 1992 og planlagt oppstarting av anleggene vil skje i oktober-95 (aggregat 1) og desember-95 (aggregat 2). Konsesjonen inneholder bl.a. vilkår knyttet til fisk, vannføring, terskler og vannstand i inntaksmagasinet. Det heter i ett av vilkårene at regulantene pålegges "å bekoste og utføre tiltak som kalking av Otra eller sideelver for å forhindre ytterligere forsurening på utbyggingsstrekningen".

Vannføringen på strekningen som vil bli berørt er i dag nær $100 \text{ m}^3/\text{s}$ i gjennomsnitt. Ved igangsetting av kraftverket, som har en samlet slukeevne på $170 \text{ m}^3/\text{s}$, vil det i store deler av året kun gå minstevannføring forbi Hekni-demningen. Denne er foreløpig fastsatt til $1 \text{ m}^3/\text{s}$ i vinterhalvåret og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ i sommerhalvåret. Når Hekni kraftverk igangsettes høsten 1995 vil dermed den berørte strekningen i Otra i stor grad domineres av surt vann fra de lokale sidebekkene som utgjør et samlet areal på 70 km^2 .

For å hindre skade på fiskebestandene i Otra ved ytterligere forsurening av utbyggingsstrekningen er kalking et aktuelt mottiltak. Målet med denne rapporten er å vurdere ulike kalkingsstrategier og komme med anbefalinger knyttet til kalking i det aktuelle området.

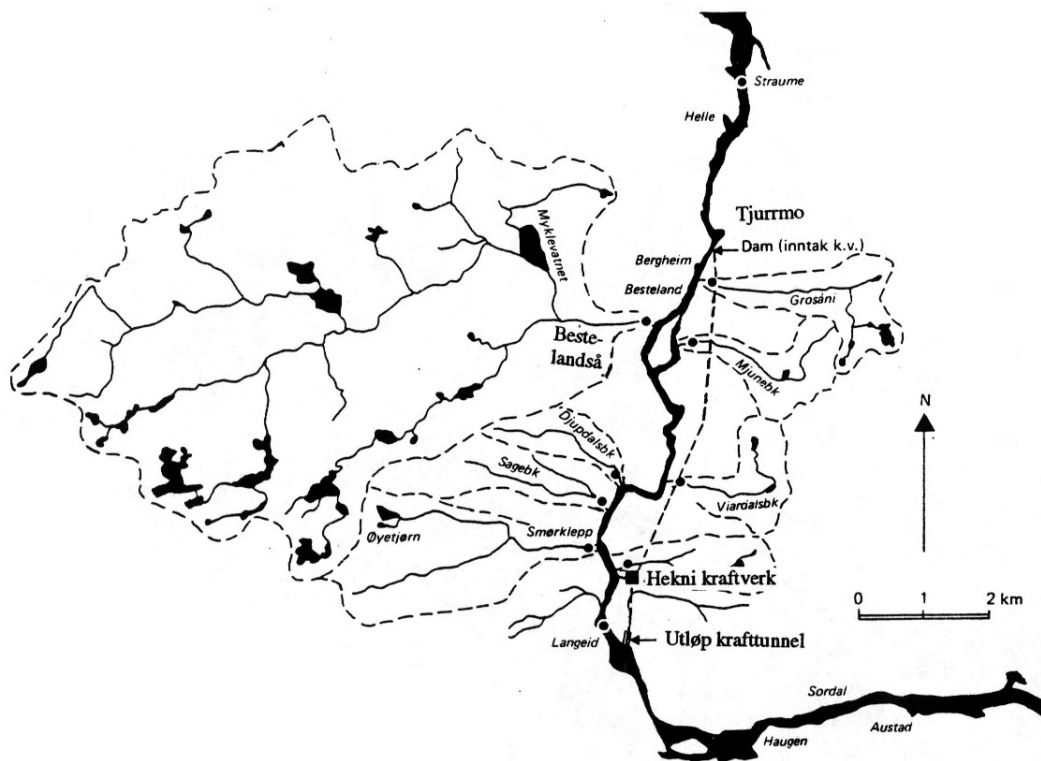
2.2. Kort beskrivelse av reguleringen

Hekni kraftverk bygges i dalsiden øst for Otra mellom Straume og Langeid. Dalsiden stiger fra elven på ca kote 200 til ca 800 moh. Den flate dalbunnen består av sand- og grusavsetninger. Selve dalsiden er skogsbevokst og er hovedsakelig dekket av et morenelag med varierende mektighet, anslagsvis 0-5 m. Området ligger i det sørøstnorske grunnfjellsområdet, med gneiser som er anslagsvis 900-1100 mill. år gamle. I gneisen forekommer linser av pegmatitt og granitt-legemer.

Reguleringen inkluderer plassering av en 120 meter lang og 10 meter høy betongdemning ved Tjurrmo. Det er avsatt plass til en eventuell fisketrapp i demningen. I konsesjonen er det satt vilkår til bl.a. følgende:

- Minstevannføring skal utprøves i løpet av de første 5 år etter igangsetting. Det kan pålegges faste eller fleksible grenser innen den nedenfor angitte ramme:

Sommer,	1.5 - 30.9	3-5 m^3/s
Vinter,	1.10-30.4	1-3 m^3/s



Figur 1. Otrå på utbyggingsstrekningen for Hekni kraftverk. Sidebekker med nedbørfelter er inntegnet (fra Grande og Wright 1982).

- Slipping av lokkeflommer for fisk, inntil 10 mill. m³/år. Behovet vil bli vurdert nærmere etter 5 år.
- Bekoste planlegging av fisketrapp forbi demningen. Dersom nærmere undersøkelser viser behov for en slik trapp, kan utbygger pålegges å bekoste bygging og drift.
- Anordne sperregitter foran tappetunneler og utløp fra kraftstasjonen dersom dette blir ansett nødvendig.
- Høyeste driftsvannstand skal være 242,0 målt ved demningen. Ved flommer over 900 m³/s tillates kote 242 overskredet idet dammens faste overløp trer i funksjon. Laveste driftsvannstand er kote 241,0.
- Ved normal drift skal vannstandsvariasjonen være maks. 20 cm. Ved driftsforstyrrelser i Brokke, tillates en variasjon på 100 cm.

Årsmiddelvannføringen nedenfor Brokke kraftstasjon, 8 km nord for Straume, var 94 m³/s i perioden 1990-1992 (tabell 1). Maksimal vannføring i samme periode var 365 m³/s. Med en samlet slukeevne i Hekni kraftverk på 170 m³/s vil det derfor sjelden være overløp ved demningen.

Tabell 1. Vannføringsdata basert på døgnverdier på NVEs målestasjon nedstrøms Brokke (NVE 1993)

Nedstrøms Brokke	
Nedbørfeltareal (km ²)	1771
Periode	1990-1992
Middel (m ³ /s)	94*
Maksimum (m ³ /s)	365
Minimum (m ³ /s)	6

* 85,1 m³/s i perioden 1961-1990.

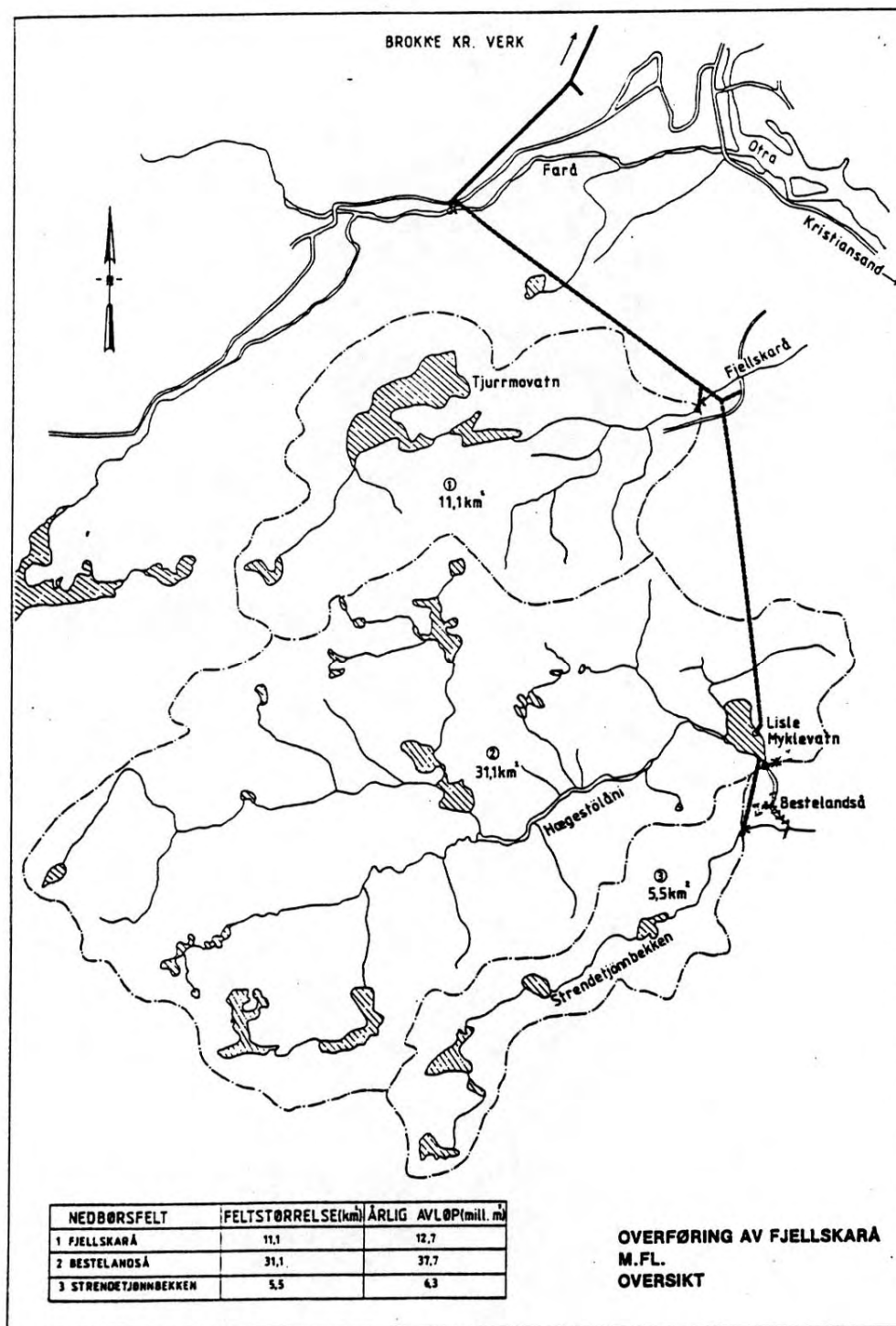
Det foreligger en konsesjonssøknad om å overføre 36,6 km² av restfeltet mellom Tjurrmo og Langeid til Brokke kraftverk (figur 2). Brokke sør - prosjektet innebærer bygging av bekkeinntak i bl.a. Strendetjørbekken og Bestelandså, slik at det totale nedbørfeltet til Bestelandså reduseres fra 40 km² til 3,3 km². Det samlede restfeltet på utbyggingsstrekningen reduseres dermed fra 69,7 til 33,1 km². De miljømessige konsekvensene av utbyggingen mht. vannkvaliteten Otra er utredet av Holtan og Lingsten (1986).

2.3. Forventede effekter på vannkvaliteten av reguleringen

Det ble i 1981 og 1982 foretatt en fysisk/kjemisk og biologisk undersøkelse av Otra med sidevassdrag mellom Straume og Langeid (Grande og Wright 1982). Det er ellers rapportert enkelte pH-målinger fra sidebekkene i en fiskeundersøkelse gjennomført i 1985 (Hansen 1986). Undersøkelsene til Grande og Wright (1982) viser at vassdraget tilføres bare små mengder næringssalter på den berørte utbyggingsstrekningen. Det ble derfor antatt at den planlagte reduksjonen i vannføring ikke ville føre til problemer med eutrofiering (overgjødning).

Sidebekkene til Otra på strekningen Straume-Langeid er betydelig surere enn hovedvassdraget. Når Hekni kraftverk igangsettes høsten 1995 vil derfor vannføringen på utbyggingsstrekningen hovedsakelig domineres av sidebakkens vann. Ved høy vannføring i 1981-1982 hadde sidebekkene pH-verdier på omkring 4,6-4,8 og konsentrasjoner av totalt aluminium på 100-150 µg Al/L. Dette er en vannkvalitet som med stor sikkerhet kan betraktes som giftig for fisk. Fiskeundersøkelsene som ble gjennomført i 1985 støtter dette: Det ble ikke fanget fisk hverken i Strendetjørbekken eller i Bestelandså, og i Fjellskarå ble det kun funnet 3 ørretyngel (Hansen 1986).

Erfaringer fra andre vassdrag på Sørlandet viser en svak pH-økning fra 1980 og fram til i dag (SFT 1994). Det er likevel ikke grunnlag til å forvente at vannkvaliteten i sidebekkene har endret seg vesentlig siden tidlig på 1980-tallet da vannkvalitetsundersøkelsene ble foretatt.



Figur 2. Planer for overføringer innenfor Brokke Sør - prosjektet.

3. FORSLAG TIL KALKINGSTILTAK

3.1. Vannkvalitetsmål ved kalking

Tilsiget fra restfeltet mellom inntaket og utløpet fra Hekni kraftverk skal avsyres til pH 6,0 hele året for å forhindre ytterligere forsuring og redusere faren for skader på fiskebestandene på utbyggingsstrekningen.

3.2. Kalkingsalternativer.

Det er i det følgende utredet to hovedalternativer for kalking på utbyggingsstrekningen mellom Straume og Langeid. Alternativ I forutsetter at restfeltet mellom inntaket og utløpet av Hekni kraftverk beholder sitt naturlige avrenningsmønster. Alternativ II gjelder dersom planene om å overføre Strendetjønnbekken, Bestelandså og Fjellskarå til Brokke kraftverk realiseres. Utbyggingsplanene er for tiden til konsesjonsbehandling.

Alternativ I

Ved dagens vannføring i restfeltet (74 mill. m³/år) kan det tenkes flere mulige kalkingstiltak:

- a) Kalkdoserer på den nye Hekni-demningen
- b) Kalkdoserer i Bestelandså
- c) Kalking i Myklevatn

Dersom en plasserer et doseringsanlegg i tilknytning til den nye Hekni-demningen (alternativ I a), vil vannføringen på stedet være lite egnet som styresignal for kalkdoseringen. Vannstrømmen forbi demningen vil først og fremst være bestemt av manøvreringsreglementet (avsn. 2.2) og bare i mindre grad påvirkes av de lokale hydrologiske forhold. For å oppnå en bedre presisjon på utdoseringen i forhold til kalkbehovet på utbyggingsstrekningen, må derfor et anlegg ved Hekni-demningen fjernstyres etter vannføringssignaler fra en av sidebekkene (f.eks Grosåni). Dette vil kreve elektronisk utstyr som vil være relativt dyrt, både i innkjøp og i drift. I perioder med flom og stort kalkbehov i sidebekkene vil det dessuten være vanskelig å få oppløst tilstrekkelig store kalkdoser dersom det kun går minstevannføring forbi demningen. Kombinasjonen av store kalkdoser og begrenset oppløsning kan gi tilslamming med kalkpartikler nedenfor kalkdoseringsanlegget og økt fare for krypsivvekst i elveleiet (Brandrud 1995a).

Bestelandså er den eneste av sidebekkene som har vannføring nok til et kalkdoseringsanlegg (alternativ I b). Her kan utdoseringen av kalk styres direkte etter vannføringen i bekken, noe som vil redusere investerings- og driftskostnadene i forhold til alternativ I a. For å kompensere for kalkbehovet også i de andre sidebekkene som renner ut på utbyggingsstrekningen, må det innberegnes en overdoseringsfaktor på 1,6 ved et anlegg i utløpet av Bestelandså.

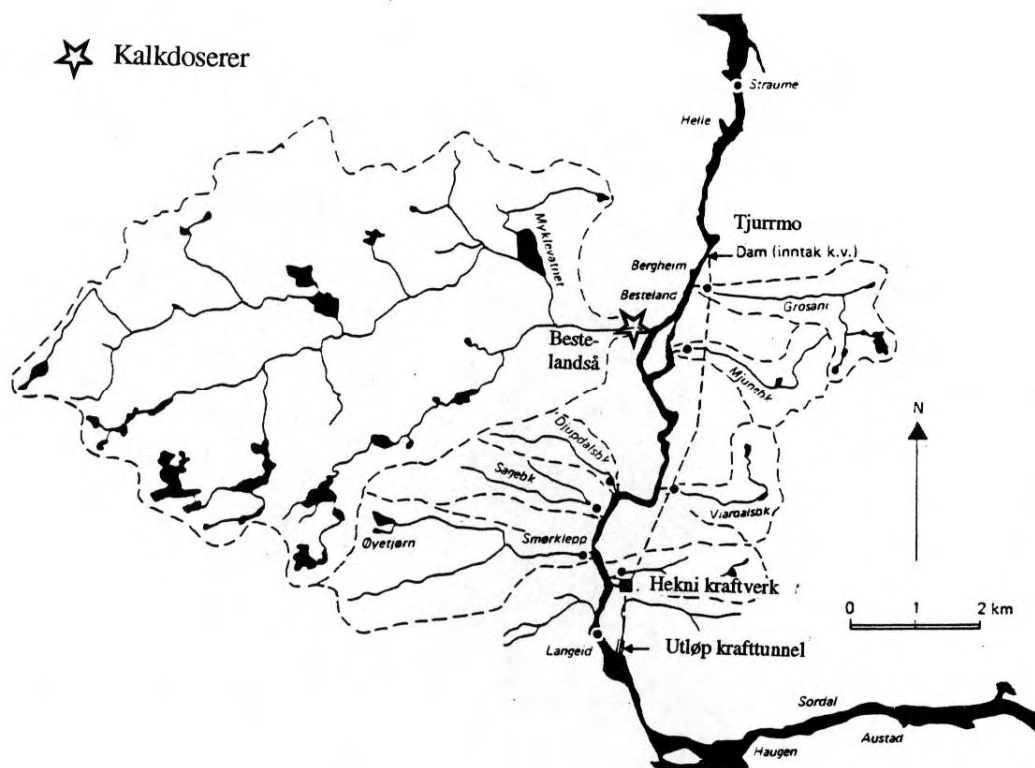
Ideelt sett bør kalkdoseringsanlegg plasseres et stykke opp i sidevassdrag for å oppnå en stabil vannkvalitet og for å unngå transport av kalkpartikler ut i hovedvassdraget. Førstnevnte faktor er viktig for å unngå ustabile former av uorganisk aluminium i hovedelva, som er vist å kunne gi skader og dødelighet på fiskebestander (Rosseland og Hindar 1991, Rosseland *et al.* 1992). I den senere tid er det, spesielt i vestligste del av Vest-Agder og i Rogaland, oppdaget en massiv utbredelse av vannplanten krypsiv (Brandrud 1994, 1995b). Undersøkelser hittil tyder på en sammenheng mellom kalking og økt utbredelse av krypsiv i innsjøer (Roelofs *et al.* 1994). Det er ikke funnet tilsvarende sammenheng mellom kalking og krypsiv i elver (Brandrud 1994, 1995b), men det er likevel grunn til å redusere transporten av kalkpartikler så mye som mulig, spesielt med tanke på at Otra fra før er tildels sterkt overgrodd av krypsiv på enkelte elvestrekninger (Rørslett 1987, Rørslett *et al.* 1990).

I en utredning om mulige virkninger av kalking på krypsivvekst i Otra (Brandrud 1995a) blir det antatt at de hydrologiske forholdene i det framtidige terskelområdet mellom Straume og Langeid vil utgjøre en større trussel for tilgroing enn de kjemiske endringene kalkingen vil medføre. Terskelbasseng med større grunne bukter eller banker bør unngås, eller tersklene bør utstyres med luke med mulighet for vegetasjonsbekjempelse ved nedtapping og innfrysing (Brandrud 1995a).

På grunn av begrensede adkomstmuligheter oppover langs Bestelandså, er eneste realistiske plasseringsalternativ for et doseringsanlegg ovenfor brua der RV 39 krysser bekken. Lokaliteten ligger omlag 50-60 meter før innløpet i Otra. Denne korte strekningen består av et strykparti med forholdsvis grov stein. Også i Otra ved utløpet av Bestelandså er det et strykparti. I følge et forslag til terskelplassering i Otra (Lars Damsgaard, pers. medd.), vil det bli omlag 350 meter fra utløpet av Bestelandså til nærmeste horisontale vannspeil (terskelbasseng). Vannet vil derfor bruke få minutter på strekningen mellom doseringsanlegget og det nærmeste terskelbassenget. For i størst mulig grad å hindre transport av kalkpartikler i Otra, foreslås det brukt en relativt finmalt kalktype, f.eks. av kategori 2 (se tabell 6 i vedlegg), og et doseringsanlegg som slemmer kalken godt opp i et blandekar før den slippes ut i elva.

Kalking av Myklevatn (alt I c) er neppe aktuelt på grunn av den hurtige vanngjennomstrømningen i innsjøen (teoretisk oppholdstid: 4 døgn). Grande og Wright (1982) antyder at innsjøen måtte kalkes 10-20 ganger i året for å oppnå en relativt stabil vannkvalitet i utløpet. Dette er vanskelig å gjennomføre i praksis, spesielt vinterstid da skogsbilveien opp til vannet er stengt og innsjøen islagt.

Samlet sett vil løsning I b, kalking med dosererer i Bestelandså, være best egnet under alternativ I (figur 3). En hovedinnvending mot denne løsningen er imidlertid at doseringsanlegget blir liggende nærmere Otra enn det som er optimalt med tanke på stabilisering av vannkjemien og transport av kalkpartikler.



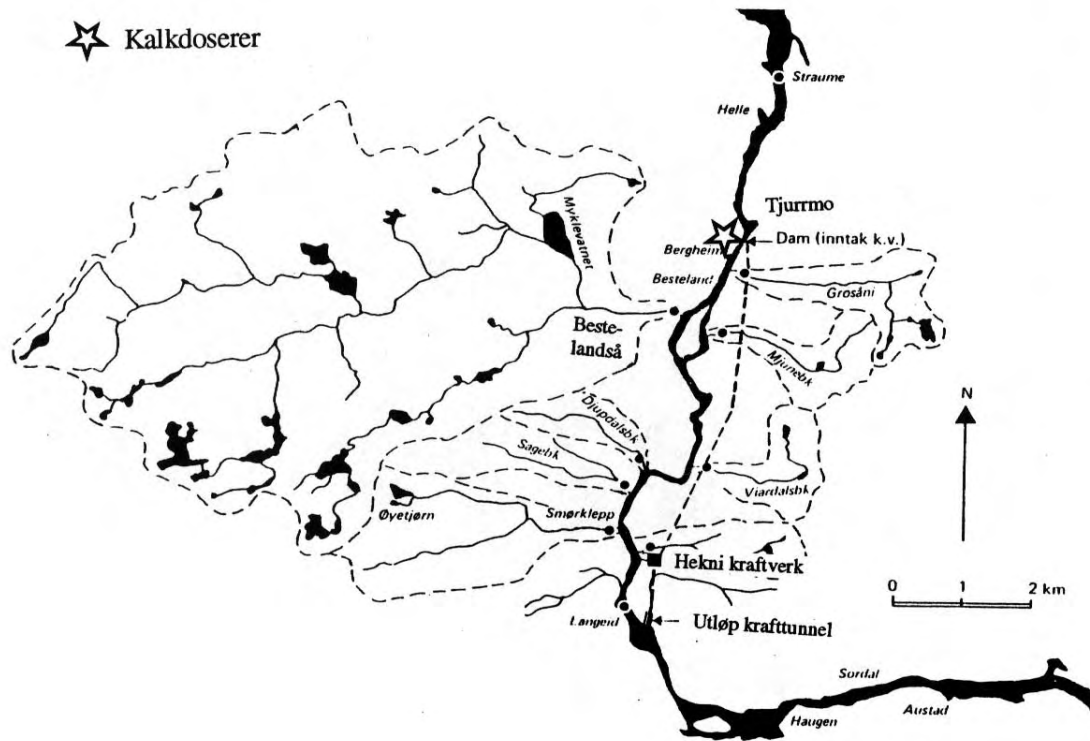
Figur 3. Forslag til plassering av kalkdoserer innenfor det anbefalte alternativ I b.

Hovedalternativ II

Dette alternativet gjelder dersom Strendetjønnbekken og Bestelandså overføres til Brokke kraftverk. Ved dette reguleringsalternativet vil middelvannføringen fra det gjenværende restfeltet på utbyggingsstrekningen ($33,1 \text{ km}^2$) bli omlag $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er samme vannmengde som minstevannføringen forbi Hekni-demningen i vinterhalvåret. Ved en 1/1 - blanding av vann fra Otra (antatt pH 6,0) med vann fra sidebekkene (antatt pH 4,8) vil pH i blandingen teoretisk bli 5,1, basert på en ren fortynningsberegning mht. H^+ ioner. I flomperioder vil avrenningen fra sidebekkene kunne komme opp i $5\text{-}15 \text{ m}^3/\text{s}$ og vil dermed fortsatt dominere vannkvaliteten i hovedelva. Det synes derfor klart at behovet for kalking fortsatt er tilstede selv om Brokke sør - prosjektet realiseres.

Dersom store deler av Strendetjønnbekken og Bestelandså overføres til Brokke kraftverk, vil dette sidevassdraget bli uegnet for kalking, med et resterende felt på kun $3,3 \text{ km}^2$ og $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ som middelvannføring. Også de andre sidebekkene mellom Straume og Langeid vil være for små for et kalkdoseringsanlegg. Det eneste realistiske plasseringsalternativet for et doseringsanlegg innenfor alternativ II synes derfor å være ved Hekni-demningen (figur 4). For å kunne styre doseringen etter kalkbehovet på utbyggingsstrekningen, må det etableres en vannføringssensor i en av sidebekkene (f.eks. Grosåni), med automatisk signaloverføring til doseringsanlegget. Dette plasseringsalternativet vil medføre fare for ustabil vannkjemi og partikkeltransport et

stykke nedenfor doseringsanlegget. For å redusere ulempene med partikkeltransport og eventuell sedimentasjon av kalkpartikler i terskelbassengene nedstrøms, bør det som tidligere nevnt under hovedalternativ I vurderes bruk av relativt finmalt kalk.



Figur 4. Forslag til plassering av kalkdoserer innenfor alternativ II.

3.3. Kalkmengder og kostnader

3.3.1. Alternativ I

Ved plassering av et doseringsanlegg i Bestelandså ved RV 39 vil det ikke være behov for ekstra veibygging eller etablering av ekstra avkjørsel/snuplass. Anlegget foreslås plassert ved elva rett ovenfor brua, hvor det er lett adkomst fra riksveien og avkjørsel for tyngre kjøretøy. Av hensyn til landskapsmessige forhold foreslås en liggende kalksilo med utvendig kledning. Strøm og telefon finnes like i nærheten (100-200 m), og linjer kan strekkes fram til anlegget uten store ekstraomkostninger.

Doseringsanlegget foreslås styrt etter vannføring i bekken, og det må etableres et profil for vannstandsmåling i elva. Anlegget kan være mekanisk drevet, men det må forutsettes at vanninntak og utdoseringsmekanisme sikres mot frost, f.eks. ved innebygging i en oppvarmet bu. En må dessuten sette samme krav til oppslemming (oppløsning) av kalken som i et elektrisk drevet anlegg. Det bør inngås drifts- og serviceavtaler med leverandøren av anlegget for å oppnå mest mulig stabil drift. I tillegg bør det oppnevnes en lokal tilsynsperson med ansvar for den daglige drift og som kan kontakte leverandøren ved uregelmessigheter og feil ved anlegget (se mer om dette i vedlegg).

Kalkbehovet i avrenningen fra restfeltet (70 km²) er beregnet på basis av vannkjemidata fra Grande og Wright (1982) og Hansen (1986). Dette er eldre undersøkelser, og vannkvaliteten i sidebekkene bør undersøkes på ny i forkant eller etter at kalkingstiltak er iverksatt for å optimalisere kalkdosene ytterligere. Beregningene inkluderer avsyring av hydrogenioner (sterk syre), aluminium og oppbygning av bufferkapasitet i vannet (Alk: 25 $\mu\text{ekv/L}$). Det er tatt utgangspunkt i en midlere pH i avrenningen på 4,9, konsentrasjoner av uorganisk labilt aluminium på 75 $\mu\text{g/L}$ og ingen alkalitet. På basis av dette er det beregnet et gjennomsnittlig CaCO₃-behov på 2,3 mg/L, noe som tilsvarer 3,7 mg kalksteinsmjøl/L dersom en antar et CaCO₃-innhold i kalken på 90% og en oppløsningsgrad på 70%. For å kompensere for sur avrenning fra de andre sidebekkene på strekningen, er det beregnet en overdoseringsfaktor på 1,6 i doseringsanlegget. Kalkdosen ved anlegget blir dermed 6,0 mg/L.

Kalkbehovet som er beregnet ovenfor er i overenstemmelse med titreringsanalyser som er foretatt i andre bekker og elver på Sørlandet (Hindar 1991, 1992, Kaste og Hindar 1994, Kaste 1994). De nevnte titreringsanalysene gjennomføres ved gradvis å tilsette en kjent mengde karbonatløsning (Na₂CO₃) og samtidig lese av pH. På denne måten får en et realistisk uttrykk for vannets avsyringsbehov, som bl.a. inkluderer nøytralisering av organiske syrer.

Årlig kalkbehov ved normal avrenning i området er beregnet til 270 tonn (tabell 2). Med en antatt kalkpris på kr. 700,- pr tonn tilsvarer dette årlige kostnader på omkring kr. 190.000,-. Dersom en regner at flomvannføringen kan være 10 ganger middelvannføringen, bør anlegget ha en doseringskapasitet på 0,3 tonn/time og 7 tonn/døgn. Ved denne doseringshastigheten vil det være praktisk med en lagerkapasitet i anlegget på omlag 30 tonn. Det første året vil utgiftene til innkjøp og etablering av

doseringsutstyr beløpe seg til omlag kr 550.000,- (tabell 3). De årlige utgiftene til innkjøp av kalk og drift/service av doseringsanleggene vil gjennomsnittlig kunne beløpe seg til omlag kr. 290.000,-.

Tabell 2. Kalkbehov i doseringsanlegget i Bestelandså.

Doserer - Besteland		
Vannmengde (mill. m ³ /år)	74	(NVE 1994)
Årlig kalkbehov (tonn kalksteinsmel)	270	
Kalkdose ved anlegg (g kalk/m ³)	6,0	
Maks. doseringskap. (tonn/time)	0,3	(antatt 10 x middelvannføring)
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)	7	

Tabell 3. Anslåtte investeringskostnader og driftskostnader ved et doseringsanlegg ved Besteland. Tallene er inkl. mva. og oppgitt i 1000 kr.

Utgiftspost	Merknad	Kostnader
Kalk	Kalkpris (700 kr/tonn)	190
Doseringsanlegg, innkjøp	30 tonns anlegg	400*
- vegframføring (0,3 km)	1000 kr/m	
- strømtilførsel (0,3 km)	100 kr/m	20
- telefon (0,3 km)	100 kr/m	20
- fundamentering		100
- serviceavtale etc.		100
Investeringer, 1. år	<i>(innkjøp og oppføring av anlegg)</i>	540
Årlige driftskostnader	<i>(kalk og serviceavtaler)</i>	290

* inkluderer ikke utvendig kledning

3.3.2. Alternativ II

Ved realisering av "takrenne-prosjektet" Brokke-sør vil restfeltet til Otra mellom inntaket og utløpet av Hekni kraftverk reduseres fra omlag 70 km² til 33 km². Dette medfører redusert kalkbehov på strekningen, se tabell 4.

Et eventuelt doseringsanlegg ved Hekni-demningen foreslås styrt etter vannføringen i Grosåni. Det må etableres et profil i bekken for vannstandsmåling og monteres utstyr for kontinuerlig vannføringsmåling. Da det dreier seg om en forholdsvis kort avstand (300-400 m), vil det la seg gjøre å strekke en kabel for signaloverføring mellom vannførings-sensoren og utdoseringsenheten i anlegget. Kostnadene i forbindelse med oppsettet er imidlertid usikre, da det dreier seg om utstyr som må spesialtilpasses hvert enkelt anlegg (tabell 5). Det er ikke tatt med kostnader til framføring av strøm og telefon i kostnadsoverslaget, da dette forutsettes å være tilgjengelig på stedet.

Tabell 4. Kalkbehov i doseringsanlegget ved Hekni-demning.

Doserer - Hekni demning		
Vannmengde (mill. m ³ /år)	32	(NVE 1994)
Årlig kalkbehov (tonn kalksteinsmel)	120	
Kalkdose ved anlegg (g kalk/m ³)	*)	
Maks. doseringskap. (tonn/time)	0,15	(antatt 10 x
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)	3	middelvannføring)

*) Vil variere avhengig av størrelse på minstevannføring / overløp.

Tabell 5. Anslåtte investeringskostnader og driftskostnader ved et doseringsanlegg ved Hekni-demningen. Tallene er inkl. mva. og oppgitt i 1000 kr.

Utgiftspost	Merknad	Kostnader
Kalk	Kalkpris (700 kr/tonn)	80
Doseringsanlegg, innkjøp	20 tonns anlegg, aut. Q-overf.	500
- vegframføring (0,3 km)	1000 kr/m	
- strømtilførsel (0,3 km)	100 kr/m	
- telefon (0,3 km)	100 kr/m	
- fundamentering		
- drift aut. vannf.måling		100
- serviceavtale etc.		100
Investeringer, 1. år	<i>(innkjøp og oppføring av anlegg)</i>	600
Årlige driftskostnader	<i>(kalk og serviceavtaler)</i>	280

3.4. Anbefalinger

For å minske faren for utbredelse av vannplanten krypsiv i terskelbassengene, anbefales bruk av ekstra finmalt kalk, som blandes med vann før den slippes ut fra anlegget. Faren for begroing med krypsiv bør også tas hensyn til ved planleggingen av terskelplassing på utbyggingsstrekningen. For i størst mulig grad å unngå sedimentasjon og tilslamming med kalkpartikler i Otra nedenfor doseringsanlegget, vil det være en fordel om nærmeste terskelbasseng ble trukket lengst mulig unna munningen av Bestelandså. Det foreløpige terskelforslaget, som innebærer 350 meter til nærmeste vannspeil, må anses som et minimum.

En eventuell overføring av Strendetjørbekken og Bestelandså til Brokke kraftverk skaper enkelte praktiske vansker knyttet til kalking på utbyggingsstrekningen mellom Straume og Langeid. Ved dagens tilsig fra restfeltet vil et doseringsanlegg ved Bestelandså være det eneste funksjonelle plasseringsalternativet. Ved en realisering av Brokke Sør - prosjektet vil imidlertid denne løsningen være uaktuell pga. for liten

vannføring i Bestelandså. Hekni-demningen vil i dette tilfellet være det eneste reelle lokaliseringalternativet for et doseringsanlegg i området.

Dersom det blir gitt konsesjon til Brokke Sør - prosjektet og det blir satt igang bygging av bekkeinntak i området, vil det uansett ta flere år før anleggene vil kunne stå klare. I mellomtiden vil Bestelandså være best egnet som lokalitet for et doseringsanlegg. Dette plasseringsalternativet anbefales derved, uansett utfallet av konsesjonsbehandlingen mht. Brokke Sør - prosjektet. Med andre ord: Det frarådes å bygge et doseringsanlegg ved Hekni-demningen nå, i påvente av en eventuell overføring av Store deler av Bestelandså til Brokke. Et anlegg ved Bestelandså vil evt. kunne flyttes til Hekni-demningen dersom overføringsprosjektet bli realisert.

Kalkberegningene i rapporten er foretatt på grunnlag av eldre vannkvalitetsdata (Grande og Wright 1982, Hansen 1986). Disse målingene bør etterhvert erstattes av nyere vannkvalitetsdata for sidebekkene, for å optimalisere de beregnede kalkdosene.

Referanser

- Brandrud, T.E. 1994. Effekter av kalking på vannvegetasjon. [i:] Romundstad, A.J. Kalking i vann og vassdrag. FoU-årsrapporter 1993. DN-notat 1994-14, s 185-189.
- Brandrud, T.E. 1995a. Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i Otravassdraget. En konsekvensutredning. NIVA-rapport nr. 3266, 17 s.
- Brandrud, T.E. 1995b. Effekter av kalking på vannvegetasjon og krypsivvekst. [i:] Romundstad, A.J. Kalking i vann og vassdrag. FoU-årsrapporter 1994. DN-notat (under trykking).
- Grande, M. og Wright, R.F. 1982. Hekni kraftverk. Vurdering av resipientforhold. NIVA-rapport, løpenr. 1438, 27 s.
- Hansen, J.H. 1986. Overføring av sideelver i Otra til Brokke kraftverk. Fiskeundersøkelser. Fylkesmannen i Aust-Agder, miljøvernavdelingen, rapport nr. 8-1986, 42 s.
- Hindar, A. 1991. Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. NIVA-rapport, løpenr. 2653. 31 s.
- Hindar, A. 1992. Kalkingsplan for Kvina-vassdraget og Litleåna. NIVA-rapport, løpenr. 2775, 34 s.
- Holtan, H. og Lingsten, L. 1986. Overføring av Bjørnarå m.fl. og Bestelandså m.fl. til Brokke kraftverk. Vurdering av eventuelle forurensningseffekter. NIVA-rapport nr. 1813, 52 s.
- Kaste, Ø. 1994. Storelva i Vegårvassdraget. Vurdering av behov for kalkingstiltak. NIVA-rapport nr. 3153, 18 s.
- Kaste, Ø. og Hindar, A. 1994. Tiltak mot forsurening av Otra. Kalkingsplan. NIVA-rapport nr. 3052, 37 s.
- NVE 1993. Vannføring NVE-stasjon nedstrøms Brokke, 1990-1992. Norges vassdrags- og energiverk, hydrologisk avdeling, Oslo.

- NVE 1994. Hydrologisk kart over Otra. Norges vassdrags- og energiverk, hydrologisk avdeling, Oslo.
- Roelofs, J.G.M., Brandrud, T.E. and Smolders, A.J.P. 1994. Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. *Aquatic Botany* 48: 187-202.
- Rørslett, B. 1987. Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapport, O-86130, 38 s.
- Rørslett, B., Brandrud, T.E. og Johansen S.W. 1990. Tilgroing i terskelbasseng i Otra ved Valle. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapport, løpenr. 2442, 117 s.
- Rosseland, B.O. and Hindar, A. 1991. Mixing zones - a fishery management problem? Pages 161-172. In: *International lake and watershed liming practices* (Olem, H., Schreiber, R.K., Brocksen, R.W. and Porcella, D.B., eds.). Terrene Inst., Washington, DC.
- Rosseland, B.O., Blakar, I.A., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, E., Oughton, D., Salbu, B., Staurnes, M. and Vogt, R. 1992. The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environ. Pollut.* 78: 3-8.
- SFT 1994. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. Rapport 583/94. Statens forurensningstilsyn, Oslo. 271 s.

Vedlegg. Generelt om kalking med doserer.

Kalkingsstrategi er bl.a. kombinasjonen av kalktyper, kalkingsteknikker og kalkmengder som til sammen sikrer tilstrekkelig vannkvalitet for fisken. Lokalisering av doserer og kalkingsintervaller blir også en del av strategien. På grunnlag av årlig kalkbehov og kostnader ved kjøp eller leie og drift av kalkdoserer kan det beregnes en sannsynlig årlig kostnad for kalking av vassdraget.

Kalktyper og kalkoppløsning

Ikke alle kalkprodukter egner seg til kontinuerlig dosering i rennende vann. Finkornige krittprodukter (kategori 1 i tabell 6) gir større fare for driftsproblemer enn bruk av noe grovere vassdragskalk. Dolomitt gir dårligere oppløsning enn kalksteinsmel med tilsvarende malingsgrader. Dårligere oppløsning må kompenseres med finere maling av kalken og det anses ikke som en fordel for driften av doseringsanlegg. Kalktyper som er for grove anbefales ikke brukt. Det er fordi en ønsker at så mye løses at det oppnås akseptabel kalkingseffekt et visst stykke nedover i vassdraget. Dårlig oppløsning må kompenseres med store kalkdoser. Det vil gi ytterligere redusert oppløsning og økt nedslamming nedstrøms anlegget. Vanligvis anbefales kalk innenfor kategori 2 eller 3 (tabell 6) ved dosererkalking. Kalk innenfor kategori 2 er vanligvis noe dyrere enn kategori 3 kalk, delvis pga. et begrenset distribusjonsnett.

Tabell 6. Sortering av kalktyper etter kornfordeling (DN 1994).

Kategori	50 % av kalken mindre enn:
1	0-3 μm
2	4-9 μm
3	10-19 μm
4	20-39 μm

Det anbefales å bruke så ren kalk som mulig. Vektandel av kalsiumkarbonat (CaCO_3) bør være omkring eller større enn 90 %, spesielt hvis det velges av de groveste kalktypene. Den andelen av kalken som ikke er kalsiumkarbonat består ofte av kvarts som er tungt nedbrytbart. Hvis det velges både grov kalk og kalk med lav andel kalsiumkarbonat, vil nedslammingen kunne bli betydelig nedstrøms kalkdoseringen.

Kalk løses opp over tid. Oppløsning skjer i vannfasen og fra kalk som blir liggende på bunnen. Kalkoppløsningen henger først og fremst sammen med kalkens finmalingsgrad, vannets pH og vannets bevegelse nedstrøms doserer. Ved lav dosering (opp til 20 g kalk/ m^3) til ukalket vann, med bruk av relativt finmalt kalk (minst 50 % mindre enn 10 μm) og ved god vannbevegelse nedstrøms doserer (ikke bassenger eller dype stilleflytende partier) vil oppløsningen i løpet av et år sannsynligvis ligge nær 100 %.

Kalk løses bedre i en turbulent elv enn i en stilleflytende elv fordi oppslemmingen av kalk i vann bedres og fordi det karbondioksidet som brukes under oppløsningen av kalk erstattes raskere. Stryk og fosser nedstrøms doseringsanlegget vil derfor bedre oppløsningen av kalken.

Kalkdoseringsanlegget og driften av det

Stående kalkdoseringsanlegg for store vassdrag vil ruve i landskapet. Men det utvikles for tiden siloanlegg som ikke skiller seg vesentlig fra mellomstore driftsbygninger. Ved anlegget må det være tilstrekkelig plass for kalkbil, slik at den kan fylle på kalk og snu uten for store ulemper.

Driftsoppfølging av et kalkdoseringsanlegg er avhengig av graden av automatisering og doseringsprinsipp. Det må innarbeides rutiner for ettersyn, med alarmer for avbrudd, påfylling og service. Alarm bør monteres hos lokal kontakt og helst flere steder. Alarm bør bl.a. knyttes til kalknivå i doserer. Avstand til kalkleverandør vil være av betydning for hvor raskt etterfylling kan skje. Det bør utarbeides en detaljert drifts- og serviceavtale med leverandøren. Det bør skaffes et visst reservelager for rask utskifting av deler.

Leverandør bør være forpliktet til å produsere en avtalt vannkvalitet. Ved misligholdelse bør det påløpe mulkt etter et avtalt system. Misligholdelse kan være at avtalt vannkvalitet underskrides utover en fastsatt tidsperiode. Dette bør innarbeides i en drifts- og serviceavtale. Alle disse momentene er viktige for å hindre lange driftsavbrudd og hører med i kontraktsforhandlinger om levering og dosering av kalk.

Driftskontroll bør innføres for mellomstore og store anlegg. Det kan være kontroll på at skruer går rundt, at det er turbiditet i vannet fra blandekaret og/eller at pH-verdien nedstrøms er det som er fastlagt. Kontroll av pH bør inkluderes i større vassdrag og iallfall i forbindelse med kalking av laks- og sjøaureførende strekninger.

Beregning av kalkdose og -mengder

Kalkmengdene avhenger først og fremst av vannmengder, kalkkvalitet og vannkvalitet. Årlige kalkmengder er basert på kalkdoseberegning og hydrologiske data for vassdraget. Det må tas hensyn til at ikke all kalk løses opp og at kalk også inneholder andre stoffer enn karbonat. I kalkingsplanene det regnet med at 70% av tilført kalkmengde løses opp. Videre er det regnet med at kalken inneholder 90% kalsiumkarbonat (udefinert kalktype og leverandør). Nødvendig doseringskapasitet og lagerkapasitet på kalkdoserere er beregnet i forhold til en beregnet maksimal døgnmiddelvannføring (10-20 ganger middelvannføringen, geografisk avhengig).

Kalken skal avsyre sterke syrer og svake syrer slik som aluminium og organiske syrer og dessuten gi vannet en viss bufferkapasitet. Kalkdosen er ikke kun avhengig av pH. I et komplekst vassdragssystem og i marginale vannkvaliteter, slik som på Vestlandet, er pH egentlig ikke en tilstrekkelig god variabel for å vurdere verken giftighet eller kalkbehov.

I mangel av en bedre styreparameter er imidlertid pH brukt som en ledetråd for beregningene.

Som grunnlag for beregning av kalkbehov kan vann fra vassdraget titreres med Na_2CO_3 . Titrering vil i dette tilfellet si å tilsette en økende mengde svak base av karbonat til ellevannet samtidig som pH måles. På den måten kan vi finne fram til hvor mye karbonat som skal til for å øke pH til forskjellige nivåer. Den mengden vi kommer fram til kan omregnes til kalkmengde.

Kostnadsoverslag for kalk, samt pris for innkjøp og oppføring av kalkdoseringsanlegg er i kalkingsplanene basert på erfaringsmateriale fra tidligere igangsatte kalkingsprosjekter.

Litteratur - fagvedlegg

DN 1994. Register over leverandører av kalk, utstyr og tjenester for kalking av vann og vassdrag. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, 18 s.