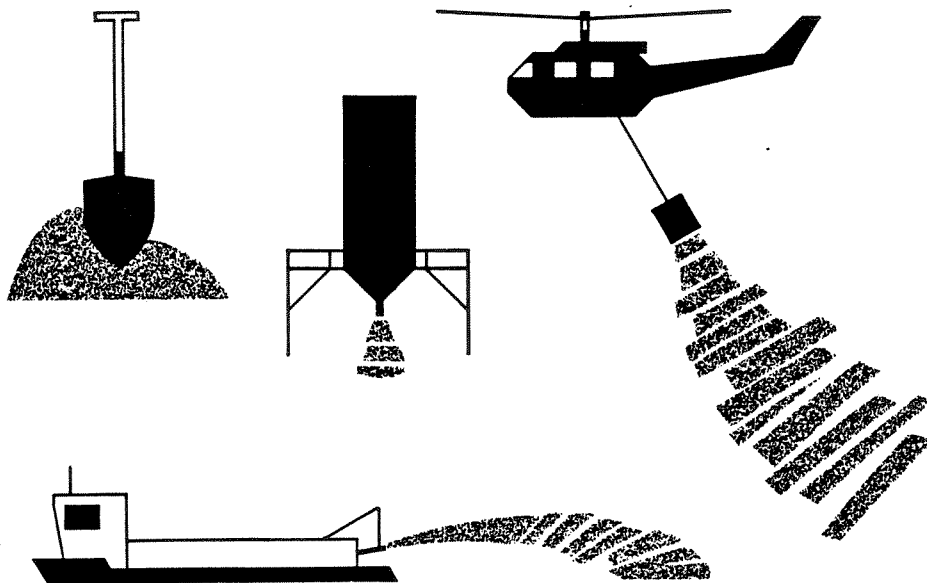


O-94013

Miljøtiltak for bevaring av laksen i
Vossovassdraget

Kalkingsplan



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-94013	Undernr.:
Løpenr.: 2992	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 Rute 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: Miljøtiltak for bevaring av laksen i Vossovassdraget - Kalkingsplan.	Dato: 26.01.94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Kalking	
Forfatter(e): Øyvind Kaste Atle Hindar Frode Kroglund	Geografisk område: Hordaland	
	Antall sider: 23	Opplag: 100

Oppdragsgiver: Vossoutvalget/Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt:

Antall laks fanget i Vossovassdraget har avtatt de senere år. Forskjellige forklaringer er lansert. Undersøkelser, utført av NIVA i 1993 viser at enkelte av sidevassdragene er markert forsuret, og at disse fungerer som transportveier for aluminium til hovedvassdraget. Det ble bl.a. påvist manglende sjøvannstoleranse hos laksesmolt. For å sikre smoltkvalitet og smoltutvandring, anbefales det årlig å kalke sidevassdrag på strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden med omlag 1800 tonn kalk til anslagsvis 1.1 mill. kr. Det anbefales at også Raundalselva, i innløpet til Vangsvatnet, kalkes. Dette vil nær fordoble kalkmengder og kostnader. Leie eller kjøp av doseringsanlegg og utgifter forbundet med tilrettelegging, grunnarbeider osv. kommer i tillegg. I smoltifiseringsperioden, som er satt til 1/2-30/6, er det foreslått en kalkdose som tilsvarer en pH-hevning fra 5.5 til 6.5. Ellers i året foreslås en dosering som tilsvarer en pH-heving fra 5.5 til 6.2.

4 emneord, norske

1. Vassdrag
2. Sur nedbør
3. Laks
4. Kalkingsplan

4 emneord, engelske

1. Water course
2. Acid precipitation
3. Atlantic salmon
4. Liming plan

Prosjektleder

Atle Hindar

For administrasjonen

Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-2437-8

Norsk institutt for vannforskning
Sørlandsavdelingen
Grimstad

O-94013

**Miljøtiltak for bevaring av laksen i Vossovassdraget -
Kalkingsplan**

Grimstad

januar 1994

Saksbehandler:
Medarbeidere:

Atle Hindar
Øyvind Kaste
Frode Kroglund

FORORD

Laksestatistikk basert på elvefangst indikerer en gradvis nedgang i laksebestanden i Vossovassdraget. Med bakgrunn i dette er det nedsatt et eget utvalg ("Vossoutvalget") som skal koordinere arbeidet med å sikre laksebestanden i elva. Vossoutvalget har bedt NIVA om å utarbeide en kalkingsplan for vassdraget, basert på tilgjengelige data og nye undersøkelser.

Planarbeidet er utført ved NIVA's Sørlandsavdeling, mens NIVA-Vestlandsavdelingen har bidratt til planen ved å samle og systematisere tidligere overvåkningsdata. Hydrologiske data for vassdraget er levert fra Hydrologisk avdeling i NVE. NVE har også levert kartgrunnlag og nedbørfelldata basert på vassdragsregisteret REGINE. Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap har vært behjelpelige med opplysninger om reguleringene i vassdraget.

Vannprøvene er analysert av Norsk institutt for naturforskning (NINA), kontaktperson har vært Ann Kristin Schartau. Kostnadsoverslag for kalk, innkjøp og leie av kalkdoseringsanlegg er innhentet fra Miljøindustri A/S i forbindelse med utarbeidelse av andre kalkplaner og brukt her med visse forbehold.

Arbeidet med kalkingsplanen for Vossovassdraget er i sin helhet finansiert av Direktoratet for naturforvaltning.

INNHALDSFORTEGNELSE:

FORORD.....	2
INNHALDSFORTEGNELSE:.....	3
1. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	4
2. INNLEDNING.....	5
2.1. Bakgrunn.	5
2.2. Målsetting.	6
2.3. Avgrensning.	7
3. VASSDRAGSBESKRIVELSE	7
3.1. Vassdragsavsnitt og hydrologi.....	7
3.2. Reguleringer	10
3.3. Vannkvalitet.....	12
4. KALKINGSTEKNISK GRUNNLAG.....	14
4.1. Kalkingsstrategi	14
4.2. Kalktyper og kalkopløsning.....	14
4.4. Beregning av kalkdose og -mengder	15
4.5. Forbehold og forutsetninger for prisfastsettelse og lokalisering av doseringsanlegg.	16
5. KALKINGSPLAN FOR VOSSOVASSDRAGET.....	17
5.1. Kalkingsstrategi for laks på strekningen Vangsvatnet-Bolstadfjorden.....	18
5.2. Kalkingsstrategi for laks på hele den lakseførende strekningen.....	20
5.3. Kalkingsstrategi mot blandsoner med ustabil vannkjemi.	21
5.4. Anbefalt framdrift.....	21
6. REFERANSER	22

1. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Antall laks fanget i Vosso har avtatt de senere år, mens tilsvarende utvikling ikke er påvist i andre lakseførende vassdrag i Hordaland, for eksempel i Etne. Vosso er ikke tidligere betraktet som forsuret, men i de nedre deler av vassdraget er naturens tålegrense for sur nedbør overskredet. Aluminiumskonsentrasjonen som er påvist i vassdraget kan imidlertid forklare skadeomfanget. Det ble i undersøkelsen av vannkvaliteten i Vosso i 1993 påvist at forsureningen var mest markert i sidevassdragene, og at disse fungerte som transportveier for aluminium til hovedvassdraget.

Etter fysiologiske forsøk med laksesmolt ble det anbefalt å kalke viktige oppvekstområder for laks i Vosso for å sikre smoltkvaliteten og smoltutvandringen i vassdraget. På et møte i Miljøvernavdelingen i Hordaland høsten 1993 ble det vedtatt å utarbeide handlingsplaner for tiltak i Vosso, deriblant en kalkingsplan. I den foreliggende kalkingsplanen er det satt opp tre alternative hovedmålsettinger som representerer et gradvis økende ambisjonsnivå.

- Målnivå 1. Sikre smoltutvandring og smoltkvalitet på strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden og sørge for tilstrekkelig god vannkvalitet i forbindelse med oppvandring og gyting.
- Målnivå 2. Målnivå 1 utvides til å gjelde hele den lakseførende strekningen i Vossovassdraget.
- Målnivå 3. Målnivå 2 utvides med kalkingstiltak for å unngå blandsonereffekter forårsaket av middels store sidebekker på strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden.

Det er lagt opp til en konstant kalkdose som reguleres automatisk etter vannføring. I smoltifiseringsperioden, som er satt til 1/2-30/6 er det foreslått en kalkdose som tilsvarer en pH-hevning fra 5,5 til 6,5. Ellers i året foreslås en dosering som tilsvarer en pH-økning fra 5,5 til 6,2.

	Målnivå 1	Tillegg Målnivå 2	Tillegg Målnivå 3
Årlig behov (tonn kalksteinsmjøl)	1830	1550	ca. 600
Årlig kostnad til kalk (1000 kr.)	1100	930	350-400

I tabellen ovenfor er kalkbehov og kostnader for hvert målnivå angitt. Det anbefales at både målnivå 1 og 2 iverksettes samtidig. Dette betyr kalking av utløpet i Evanger kraftverk, samt i Teigdalselva, Tverrelva og Raundalselva. Totalt gir dette et årlig kalkforbruk på nær 3400 tonn til en kostnad av rundt 2,0 mill. kr. I tillegg til dette kommer leie av kalkdoserere til anslagsvis kr. 260.000 pr år. Ved gjennomføring av målnivå 1 og 2 samtidig, får en bygget opp en bufferkapasitet i vassdragets øvre deler, samtidig som en kalker de største forsursingsbidragene på strekningen Vangsvatn - Bolstadfjorden.

Målnivå 1 kan gjennomføres alene, men miljøforholdene for laks vil bli mer usikre uten kalking av Raundalselva. Tiltaket vil imidlertid redusere syretilførselen til vassdraget og kunne bidra til å sikre laksebestanden på Strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden. Målnivå 2 anbefales ikke gjennomført alene.

Et viktig usikkerhetsmoment er mulighetene for at det oppstår blandsoner mellom sure sidebekker og mindre surt vann i hovedelva. Dersom dette aksepteres som et problem i vassdraget, bør fase 3 i kalkingsplanen iverksettes, med kalking av mellomstore sidevassdrag på strekningen Vangsvatnet-Bolstadfjorden.

2. INNLEDNING

2.1. Bakgrunn.

Årlig fangst av laks og sjøørret i Vosso-vassdraget var på mer enn 4 tonn pr. år frem til 1969. Fra 1969 var årlig fangst redusert til ca. 2 tonn/år, for å bli ytterligere redusert etter 1987 (laksestatistikken, Statistisk Sentralbyrå). Vassdraget er idag fredet, som følge av liten tilbakevandring av laks. Laksestammen i Vosso er betraktet som spesielt verneverdig, og er av Direktoratet for naturforvaltning oppført som en av fire laksestammer i Norge som underlegges spesielt vern. Tilbakegangen i laksefiske har stor negativ innvirkning på lokalsamfunnet, blant annet gjennom inntektstap.

Antall laks fanget i Vosso har avtatt de senere år, mens tilsvarende utvikling ikke er påvist i andre lakseførende vassdrag i Hordaland, for eksempel i Etne (laksestatistikken, Statistisk Sentralbyrå). Ulike begrunnelser for skade på laksen i Vosso er foreslått, hvor kraftutbygging, veiutbygging, oppdrettsnæringen og lakselusangrep har stått sentralt som forklaringsmodeller.

Vosso er ikke tidligere betraktet som forsuret, men i de nedre deler av vassdraget er naturens tålegrense for sur nedbør overskredet (Henriksen m.fl. 1990). Det er tidligere registrert pH-verdier ned mot 6.2, men dette alene er ikke vurdert som et pH-nivå som er tilstrekkelig lavt til å skade laks. pH 6.2 er bl.a. brukt som mål-pH for kalking av den sure Vikedalselva (Hindar m.fl. 1989). Aluminiumskonsentrasjonen som er påvist i deler av vassdraget kan imidlertid forklare skadeomfanget. Det ble i undersøkelsen av vannkvaliteten i Vosso påvist at forsuringen var mest markert i sidevassdragene, og at disse fungerte som transportveier for aluminium til hovedvassdraget.

Tilførsler av surt, aluminiumsholdig vann fra sidevassdrag og inn i mindre sure eller nøytrale hovedvassdrag gir opphav til såkalte "blandsoner". I surt aluminiumsrikt vann foreligger aluminium på små (lavmolekylære) former. Dersom pH heves (som i en "blandsone"), endrer aluminiumsforbindelsene seg, og vokser til større forbindelser (polymeriserer). Denne prosessen, hvor aluminium sies å være i ulikevekt, er både pH-, temperatur- og tidsavhengig. Aluminium i ulikevekt vil i økt grad legge seg på fiskens gjeller, og blir langt giftigere enn det var før pH-hevingen. Dette ble første gang vist i blandsoner-forsøk i Audna (Rosseland og Hindar 1991, Rosseland m. fl. 1992; Kroglund m. fl. 1993a), der fisk døde selv ved pH 6.0 i blandsonen. Nyere (upubliserede) forsøk har sågar demonstrert dødelighet i blandsoner helt opp i pH 7.0, med ekstrem dødelighet ved pH 6.2.

Våren 1993 ble vannkvaliteten i Vosso, samt i flere sidevassdrag, undersøkt med hensyn på om forsuring kan forklare tilbakegangen i fangst (Kroglund m. fl. 1993b). I denne undersøkelsen ble det påvist at selv moderat surt vann kan påvirke lakse smoltens evne til å saltregulere i sjøvann. Dødelighet og salttap varierte mellom stasjonene, men var størst der vannkjemien så ut til å være sterkest påvirket av surt vann. Testing av lakse smoltens evne til å tolerere sjøvann viste enda sterkere den negative påvirkning fra vannkvaliteten. På de stasjonene i hovedvassdraget hvor det ble observert enten dødelighet eller betydelig stress i forsøk, til tross for rimelig god vannkvalitet, er det "blandsone-kjemi" som antas å være årsaken.

Undersøkelsene viser at selv om det ikke påvises dødelighet på laks i ferskvann, vil laksens evne til å tåle overgang til sjøvannsfasen kunne være vesentlig svekket. Det betyr at lakse smolten vil

ha en unormalt høy dødelighet etter utvandring til sjøvann. Dødelighet blant lakse- og auresmolt i Teigdalselva samme vår forsterker inntrykket av at forsuring kan være en vesentlig årsak til tilbakegangen i laksebestanden.

Andre undersøkelser utført de senere årene viser også at pH 6.2 ikke nødvendigvis er tilfredsstillende for laksesmolt, dersom det er aluminium til stede i vannet (Hindar og Henriksen 1992). Forsøk i Vikedalselva viser at smolt eksponert til pH 5.7 døde, mens fisk eksponert til vann surere enn pH 6.3 hadde redusert evne til å saltregulere i sjøvann (Kroglund m. fl. 1993c). Forsøk med avsyring av surt vann i oppdrettsanlegg indikerer også at pH må være høyere enn 6.3, dersom tilveksten til yngel ikke skal påvirkes når aluminium er tilstede (Jenssen og Leivestad 1989).

Siden enkelte sidevassdrag i nedre deler av Vosso viser tegn på forsuring og ligger relativt nær kysten (50 km fra Bergen) kan de også være utsatt for den såkalte sjøsalteffekten. Sjøsalteffekten baserer seg på at det avsettes salter med nedbør (i hovedsak natrium-klorid, eller koksalt). Natrium holdes tilbake i jordsmonnet ved ionebytting, mens H⁺-ioner frigjøres og løser ut aluminium i jordvannet. Dette kan føre til at vassdragene får tilført surt- og aluminiumsrikt vann, som resultat av nedbørepisoder med høye sjøsaltkonsentrasjoner. Det er vist at dette hovedsakelig inntreffer i vassdrag som allerede har lav pH (pH<5.0), mens natrium heller kompenseres med basekationer (kalsium og magnesium) i vassdrag med høyere pH (vassdrag hvor tålegrensen ikke er overskredet) (Hindar m. fl. 1993). Surheten blir isåfall ikke vesentlig endret. I det moderat forsurede Vossovassdraget vil begge disse fenomenene (blandsoner og sjøsalteffekt) være sannsynlige, slik som i Ekso i januar/februar 1993.

Kroglund m.fl. (1993b) anbefalte kalking av viktige oppvekstområder for laks i Vosso for å sikre smoltkvaliteten og smoltutvandringen i vassdraget. Også de andre undersøkelsene det er referert til sannsynliggjør at en slik anbefaling bør følges.

På dette grunnlag ble det på et møte hos miljøvernavdelingen i Hordaland høsten 1993 vedtatt å utarbeide handlingsplaner for tiltak i Vosso, deriblant en kalkingsplan.

2.2. Målsetting.

For å lette arbeidet med kalkingsplanen er det satt opp tre alternative hovedmålsettinger som representerer et gradvis økende ambisjonsnivå. Siden kalkingstiltakene er rettet inn mot laksesmolt, et av de mest sensitive livsstadier vi kjenner til, vil tiltakene også sikre gode levevilkår for annet organismeliv enn fisk i vassdraget og dermed ha betydning for det biologiske mangfoldet.

- Målnivå 1) Sikre smoltutvandring og smoltkvalitet på strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden og sørge for tilstrekkelig god vannkvalitet i forbindelse med oppvandring og gyting.
- Målnivå 2) Målnivå 1 utvides til å gjelde hele den lakseførende strekningen i Vossovassdraget.
- Målnivå 3) Målnivå 2 utvides med kalkingstiltak for å unngå blandsonereffekter forårsaket av middels store sidebekker på strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden.

2.3. Avgrensning.

Kalkingsplanen er basert på eksisterende vannkjemiske data fra vassdraget. Det er ikke gjennomført noe eget undersøkelsesprogram for vannkjemi i forbindelse med kalkingsplanen.

Øvrige fiskestelltiltak og vurdering av utsettingsbehov og -rutiner er ikke tatt opp.

3. VASSDRAGSBESKRIVELSE

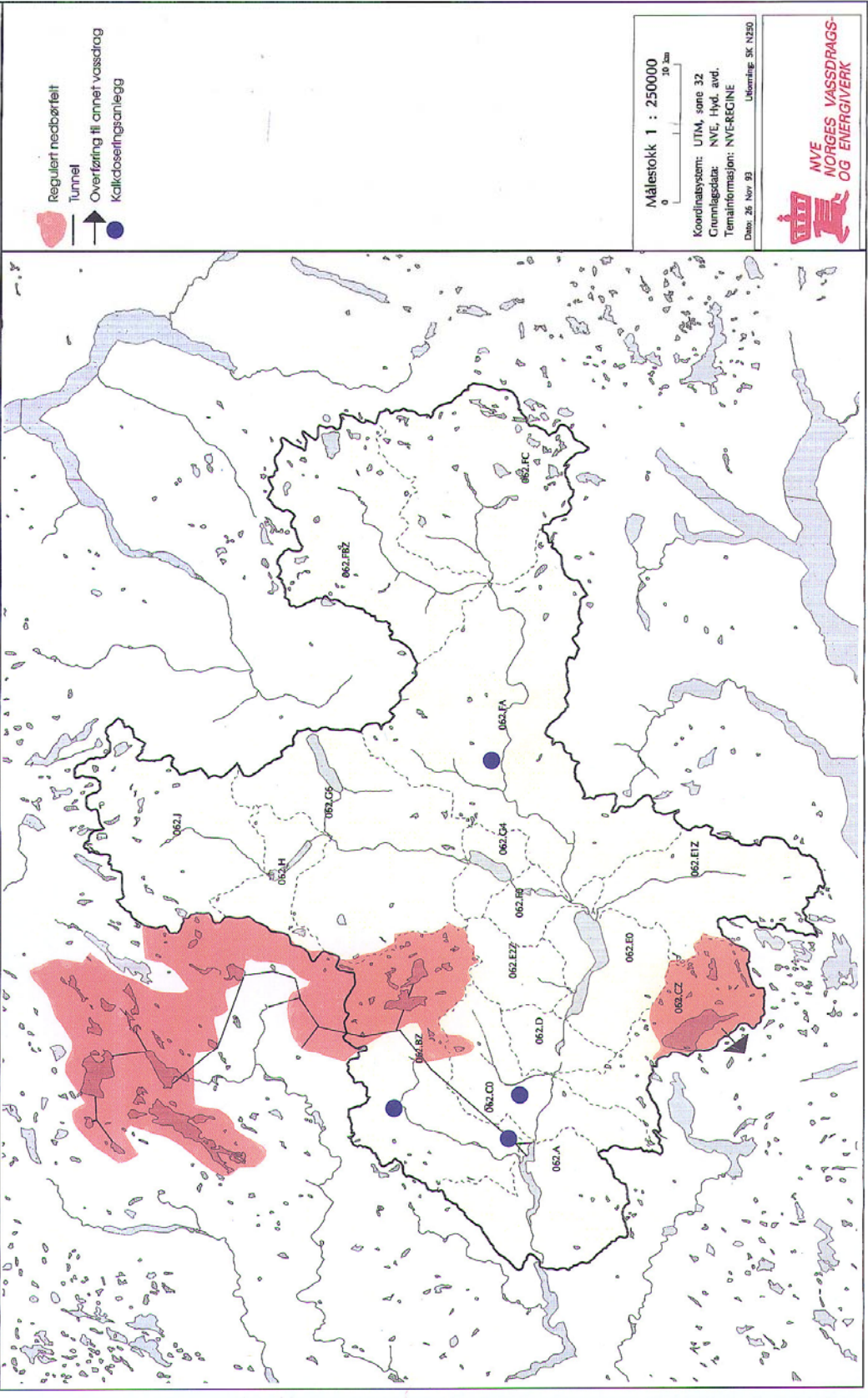
Vosso er det største vassdraget på Vestlandet med et naturlig nedbørfelt på 1492 km². Totalt finnes det 2018 større og mindre vann i vassdraget, med et samlet areal på 76.3 km². Medregnet overføringer i forbindelse med kraftutbygging er det totale nedbørfeltet 1641 km². Den nederste delen av elva, fra utløpet i Bolstadfjorden og opp til Evangervatn kalles Bolstadelva. Den er 3.5 km lang og har en stigning på 11 meter. I øvre del av Evangervatnet kommer Teigdalselva inn fra nord. Nedre del av denne elva er lakseførende. Hovedelva fra Evangervatn og opp til Vangsvatn er den egentlige Vosso. Den er, inkludert Seimsvatnet, ca. 9 km lang med en total stigning på 36 meter. Like ovenfor Vangsvatnet splittes Vossovassdraget i to grener: Strandaelva og Raundalselva. Laksen stoppes langt nede i begge disse elvene, ved Rognsfossen i Strandaelva og like ovenfor Palmafossen i Raundalselva. Laksetrapp er bygget begge steder, men ikke fullført i Rognsfossen

3.1. Vassdragsavsnitt og hydrologi

Vossovassdraget kan grovt deles inn i 3 hovednedbørfelt (figur 1). De to øverste sidegrenene Strandaelva og Raundalselva, med et areal på henholdsvis 376 og 523 km², forenes like oppstrøms Vangsvatnet. Det nederste vassdragsavsnittet består av Vangsvatnet, Vosso, Evangervatnet og Bolstadelva. Innberegnet reguleringer har Vossovassdraget en gjennomsnittlig spesifikk avrenning på 63,5 l/sek*km². Dette gir en gjennomsnittlig vannføring på 104 m³/s ved utløpet i Bolstadfjorden. Hydrologiske data for viktige sidevassdrag er vist i tabell 1.

Figur 1. (neste side) Vossovassdraget, med nedbørfelt og delnedbørfelt (REGINE-enheter). Forslag til plassering av kalkdoserere er inntegnet. Kartet er utarbeidet av NVE.

Delområder i 062.Z Vossovassdraget



*Tabell 1. Hydrologiske data for viktige sidevassdrag og deres relative bidrag til vannføringen i hovedelva nedstrøms de respektive innløpene. Vassdrag merket * har redusert nedbørfelt pga. kraftutbygging.*

Lokalitet	Areal km ²	Spes. avr. l/s km ²	Tilsig (år) mill m ³ / år	Tilsig, hovedelv mill m ³ / år	Bidrag %
Strandaelva	375,6	56,4	668,5	1582	42,3
Raundalselva	523,4	55,3	913,5	1582	57,7
Bordalselva	92,7	72,6	212,2	1794	11,8
Dyrvo	32,8	71,1	73,6	1976	3,7
Tverrelva	35,3	70,3	78,3	2163	3,6
Torfinno*	28,9	71,4	65,1	2163	3,0
Sagelva, Merkesgrovi	22,9	65,0	47,0	2210	2,1
Skorveelva m.fl.	11,2	52,6	18,5	2229	0,8
Evanger kraftstasjon	254,3	87,4	700,8	2935	23,9
Teigdalselva*	86,9	67,7	185,2	3120	5,9
Vossedalselva, Geitåni m.fl.	59,5	62,6	117,5	3237	3,6
Rasdalselva, Tveitagrovi m.fl.	24,9	63,3	49,7	3287	1,5

Det er innhentet vannføringsdata fra tre målestasjoner i vassdraget, Kinne, Bulken og Teigdalselva (tabell 2). Førstnevnte stasjon ligger i Raundalselva. Bulken ligger i hovedvassdraget like nedstrøms Vangsvatnet. For de periodene som er angitt i tabell 2 var det registrert en maksimal vannføring ved stasjonene Kinne, Bulken og Teigdalselva på henholdsvis 269, 513 og 104 m³/s. Middelvannføringen ved de samme stasjonene var 35, 62 og 10 m³/s. De foreliggende data viser at maksimal vannføring ligger omlag 10 ganger over middelvannføringen.

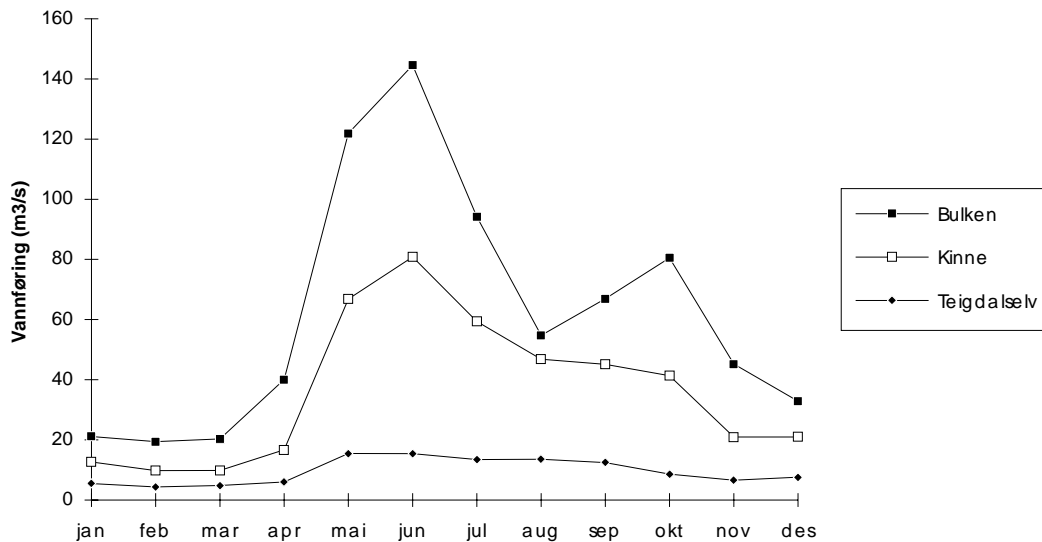
Tabell 2. Vannføringsdata basert på døgnverdier på stasjon 2543 Kinne, 598 Bulken og 2654 Teigdalselva. Data fra NVE, Hydrologisk avdeling.

	Kinne	Bulken	Teigdalselva
Nedbørfeltareal (km ²)	509	1102	87
Periode	1983-1992	1930-1960	1985-1992
Middel (m ³ /s)	35,3	62,0	9,6
Maksimum (m ³ /s)	269,4	513,9	104,4
Minimum (m ³ /s)	0,0	2,8	0,1

Vannføringen i Vossovassdraget (Bulken) er lavest om vinteren og høyest i mai og juni (figur 2). Dette skyldes at en relativt stor andel av nedbørfeltet ligger i fjellområder hvor snøsmeltingen er stor om sommeren. Vannføringen avtar brått i juli måned og forsetter å avta i august. Andelen av høyfjellsområder innenfor de ulike delnedbørfeltene er avgjørende for tidspunkt og mektighet av flommen. I Teigdalselva, som er et mindre vassdrag med relativt liten andel fjellområder innenfor nedbørfeltet, vil vårfloppen komme tidligere enn i hovedvassdraget. Teigdalselva er forøvrig påvirket av vassdragsregulering, se avsnitt 3.2. Denne forskjellen mellom sideelv og hovedvassdrag er viktig i forbindelse med kalking. Mindre sidevassdrag vil ha en tidligere flom enn hovedvassdraget og kan derfor få en relativt stor betydning for vannkvaliteten i hovedelva tidlig på våren, dvs. i laksens smoltifiseringsperiode.

Vossovassdraget har svært mange små innsjøer innenfor sitt nedbørfelt, særlig i de høyereliggende områdene. Det finnes 5 større innsjøer knyttet til hovedstrengen av vassdraget. Disse er Myrkedalsvatnet, Oppheimsvatnet og Lønnavatnet som ligger langs Strandaelva, samt

Vangsvatnet og Evangervatnet som ligger i de nedre delene av hovedvassdraget. Hydrologiske data for disse innsjøene er gitt i tabell 3. Vangsvatnet og Evangervatnet har så kort oppholdstid at innsjøkalking ikke er aktuelt.



Figur 2. Månedsmiddelvannføring på stasjon 2543 Kinne, 598 Bulken og 2654 Teigdalselva (Mestad) basert på døgnverdier. Måleperioder er angitt i tabell 2.

Tabell 3. Hydrologiske data for innsjøer i Vossovassdraget. Teoretisk oppholdstid (TW) er gitt.

Innsjø	Nedbørfelt km ²	Avrenning l/km ² sek	Max. dyp m	Mid dyp m	Innsjøvolum mill. m ³	TW år
Myrkedalsvatnet	153	67	97	35	137	0,41
Oppheimsvatnet	60	44	66	35	59	0,71
Lønavatnet	351	55	26	11	137	0,23
Vangsvatnet	1089	57	60	32	257	0,13
Evangervatnet	1663	64	114	54	153	0,05

3.2. Reguleringer

Det regulerte feltet til Evanger kraftverk har et samlet areal på 254 km² (tabell 4). Området ligger over 700 m.o.h. og har en spesifikk avrenning på 87 l/sek km². De øvre delene av Teigdalselvas nedbørfelt (bl.a. Piksvatn, Volavatn) utgjør 59 km² av det regulerte feltet. Resten av det regulerte feltet ligger utenfor Vossovassdragets naturlige nedbørfelt og hørte opprinnelig til

Eksingedalsvassdraget. Utløpet av Evanger kraftstasjon renner ut i Evangervatnet like oppstrøms utløpet til Teigdalselva.

Tabell 4. Areal og tilsig for nedbørfelt i Vossovassdraget berørt av kraftutbygging.

Nedbørfelter	Areal km ²	Spes. avr. l/s km ²	Tilsig (år) mill m ³ / år
Naturlig nedbørfelt	1492,2	61,1	2876,1
Overført til Evanger kraftverk	+ 254,3	87,4	+ 700,8
Herav overført fra Teigdalselva	- 58,8	85,3	- 158,9
Overført til annet vassdrag (Torfinnsvatn)	- 46,6	88	- 129,4
Nedbørfelt med reguleringer	1641,2	63,54	3288,6

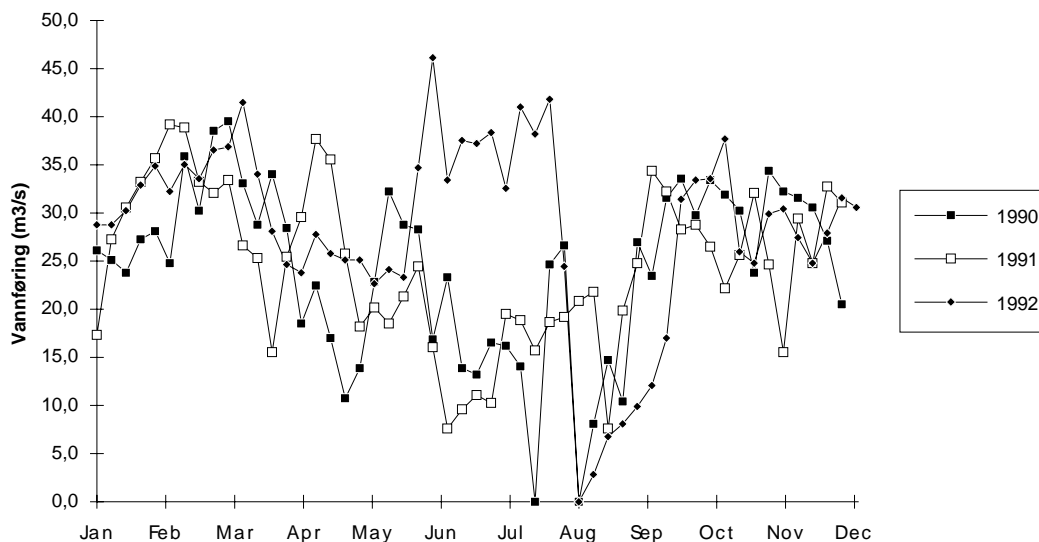
Vannføringen ut fra Evanger kraftstasjon var i perioden 1990-1992 gjennomsnittlig 26 m³/s. Tilsiget for denne perioden var imidlertid noe høyere enn normalen som er angitt i tabell 4. Variasjoner i vannføring i løpet av året ved Evanger kraftstasjon er framstilt i figur 3. Vannføringskurvene viser stor variasjon, spesielt sommerstid. Det generelle bildet er høy vannføring om vinteren, noe lavere i sommerhalvåret. Kurvene for 1990 og 1991 representerer et "normalår" med avtak i vannføring omkring månedsskiftet mai/juni. 1992 var preget av stor tilrenning og stor vannføring gjennom kraftverket til midten av juli.

Reguleringen fører til en utjevning av vannføringen over året. Dette avviker fra vannføringsmønsteret i hovedelva, som har en markert flom i perioden april-august. I perioder med lav vannføring i hovedelva, dvs vinterperioden fram til 1. april, vil vannmassene fra kraftverket bidra med en relativt stor andel av den totale vannføringen i vassdraget. Med 30 m³/s gjennom kraftverket (figur 3) og 20 m³/s i hovedelva (figur 2) vil vannkvaliteten i utløpsvannet fra kraftverket være avgjørende for laksesmolten i hovedvassdraget. I sommerhalvåret vil det relative bidraget fra kraftverksmagasinene normalt være mindre.

I perioder går det vann fra kraftverksmagasinene i overløp til Teigdalselva. Dette vannet er vanligvis surere enn det en finner i Teigdalselva forøvrig og kan være kritisk for fiskebestanden i de nedre delene.

I den sørligste delen av nedbørfeltet til Vossovassdraget er Torfinnsvatn overført til et annet vassdrag. Denne overføringen omfatter ca. 47 km² i et område hvor spesifikk avrenning er oppgitt til 88 l/sek*km².

Vossovassdraget er vernet mot øvrig kraftutbygging.



Figur 3. Ukentlig vannføring ut fra Evanger kraftstasjon i perioden 1990-1992.

3.3. Vannkvalitet

Vossovassdraget er godt undersøkt både når det gjelder vannkjemiske og biologiske forhold. Det er framfor alt Strandaelva, Vangsvatnet og hovedløpet ned mot Bolstadfjorden som er blitt undersøkt i de tidligere undersøkelsene. Datagrunnlaget er tynnere for den øvre hovedgrenen Raundalselva og de mindre sidevassdragene fra Vangsvatn og ned til utløpet i Bolstadfjorden.

I Vosseprosjektet, som ble gjennomført i perioden 1972-1982, ble vassdraget grundig undersøkt med hensyn på vannkvalitet, dyreplankton, bunndyr og fisk (Faafeng m.fl. 1980, Haraldstad 1983). Vossovassdraget har vært overvåket med hensyn til eutrofiering innenfor Statlig program for forurensningsovervåkning (Holtan m.fl. 1986). Norsk institutt for naturforskning (NINA) har siden 1988 tatt månedlige prøver fra en stasjon i hovedelva mellom Vangsvatnet og Evangervatnet (Kvilekvål). Våren 1993 ble NINAs undersøkelsesprogram utvidet med flere stasjoner i hovedvassdraget, sidevassdrag, samt utløpet av Evanger kraftstasjon. Voss kommune har drevet et lokalt overvåkningsprogram i vassdraget, hvor det er foretatt pH-målinger i et utvalg av innsjøer og bekker. Innledningsvis ble det referert til NIVAs undersøkelse i 1993 (Kroglund m.fl. 1993b).

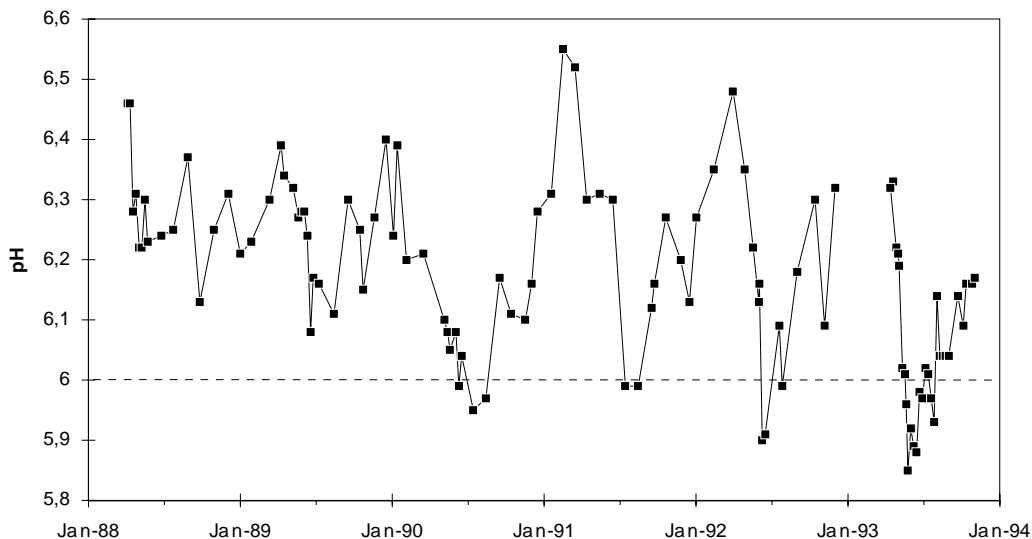
Den naturlige vannkvaliteten i Vossovassdraget er ionefattig og inneholder lite oppløst organisk stoff (humusstoffer) (tabell 5). Vannet har lav alkalitet og lite kalsium, og er følgelig lite motstandsdyktig mot forsurening. I perioden 14. april til 1. juni 1993 var middel-pH i hovedelva ved utløpet av Evangervatn 6,0. Surheten i elva økte fra Vangsvatnet til utløpet av Evangervatnet. Dette skyldes innvirkning av sidevassdrag som er surere enn hovedvassdraget. Av de sidevassdragene det foreligger målinger av, er Tverrelva, Teigdalselva og utløpet fra Evanger kraftstasjon de sureste. I perioden 28/5-2/11 1993 var middel-pH i utløpsvannet fra kraftstasjonen 5,75 (N=28). Det foreligger lite vannkvalitetsdata fra magasinene til Evanger kraftverk. Det

mangler også vannkvalitetsdata for de fleste mellomstore sideelvene som slutter seg til hovedvassdraget mellom Vangsvatnet og utløpet av Evangervatnet.

Tabell 5. Gjennomsnittsverdier og standard avvik for pH (beregnet fra H^+), H^+ , alkalitet (alk), kalsium (Ca), ANC (basekationer minus anioner), total monomerisk aluminium (TM-Al) og uorganisk monomerisk aluminium (UM-Al). Verdier er vist for perioden 14. april - 1. juni (fra Kroglund m.fl. 1993b).

Stasjon	pH	H+	K-25 µS/cm	Alk µekv/L	Ca mg/L	ANC ekv/L	TM-Al µg/L	UM-Al µg/L
14. april - 1. juni, vannkjemi stasjoner								
Raundalselva	5,7	1,8±0,7	22,8±4,4	8,9±10,9	1,0±0,5	17,9±13,0	18,0±4,6	8,3±3,7
Strandaelva	6,0	1,0±0,4	31,3±5,4	24,6±9,8	1,3±0,4	30,0±8,4	17,3±4,5	5,0±2,1
Kvilekvål	6,1	0,9±0,3	32,3±5,5	27,5±12,9	1,5±0,4	33,9±10,4	17,0±6,9	8,0±5,2
Ut. Evangervt.	6,0	1,1±0,2	29,7±3,6	20,8±3,9	1,3±0,2	25,1±2,6	18,4±3,1	6,8±2,5
Tverrelva	5,5	3,1±1,3	33,1±13,0	2,8±4,2	1,0±0,6	1,8±8,4	28,2±16,3	17,9±14,6
Teigdalselva	5,8	1,5±0,5	31,0±12,4	11,9±7,8	1,4±0,8	13,4±10,6	23,9±8,2	7,0±5,6

Vannkvalitetsmålinger fra Kvilekvål i perioden 1988-1993 kan tyde på en nedgang i alkalitets- og pH-verdiene i løpet av de siste årene (figur 4). Det er i perioder med høy vannføring i mai og juni at forsureningen av vassdraget er mest framtreddende. Dette kan være en kritisk periode for laksesmolten i vassdraget. Tilførsler fra sure sidevassdrag i nedre del av hovedelva vil kunne forsterke de negative effektene, selv om vannføringsbidragene relativt sett som regel er små i forhold til flomvannføringen i hovedelva i denne perioden (figur 2).



Figur 4. pH-målinger fra stasjonen Kvilekvål, som ligger mellom Vangsvatnet og Evangervatnet.

I mars-april er vannføringen i hovedelva normalt lav, og tilførsler fra lavereliggende sidevassdrag, særlig utløpet fra Evanger kraftstasjon vil få større relativ betydning. Vannkvaliteten i

hovedvassdraget er imidlertid relativt god på denne tiden av året (figur 4), og vannmassene vil følgelig ha større evne til å nøytralisere tilførsler fra sure sidevassdrag.

4. KALKINGSTEKNISK GRUNNLAG

4.1. Kalkingsstrategi

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 av kaldosere kan det beregnes en sannsynlig årlig kostnad for kalking av vassdraget.

Det gis her en kort gjennomgang av de forhold som har betydning for kalkdosering i elver og kostnader forbundet med kalkingen.

4.2. Kalktyper og kalkoppløsning

Ikke alle kalkprodukter egner seg til kontinuerlig dosering i rennende vann. I denne rapporten er krittprodukter ikke omtalt fordi det er større fare for driftsproblemer med kritt enn med noe grovere kalksteinsmjøl. Dolomitt er heller ikke omtalt fordi oppløsningen er dårligere enn for tilsvarende malingsgrader av kalksteinsmjøl. 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.

Kalkmel innenfor følgende kornfordelingsområder anbefales brukt:

	diameter i μm
90 % av vekt mindre enn	15-100
50 % av vekt mindre enn	8-30
20 % av vekt mindre enn	2-10

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 kalkdoserer.

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 kalken blandes raskere med elvevannet, fordi oppslemmingen 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. Det bør tas hensyn til ved plassering av doseringsanlegg.

4.3. Kalkdoseringsanlegget og driften av det

Kalkdoseringsanlegget vil ruve i landskapet fordi det skal inneholde kalk for en viss periode. Det utvikles for tiden siloanlegg som ikke skiller seg vesentlig fra store driftsbygninger. Ved anlegget må det være tilstrekkelig plass for kalkbil, slik at den kan fylle på kalk og snu uten for store ulemper.

Som det går fram av avsnitt 4.5, har vi ikke kostnadsberegnet tilrettelegging og grunnarbeider for doseringsanleggene. Her behøves spesifikasjoner fra leverandør.

Driftsoppfølging av et kalkdoseringsanlegg er avhengig av graden av automatisering og doseringsprinsipp. Det må innarbeides rutiner for ettersyn, 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 kalk vil være av betydning for hvor raskt etterfylling kan skje. Det bør utarbeides en detaljert drifts- og serviceavtale med leverandør. 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 mulker 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. Det kan derfor ikke settes opp kostnader for dette.

4.4. Beregning av kalkdose og -mengder

Kalken skal avsyre sterke og svake syrer og dessuten gi vannet en viss bufferkapasitet. Kalkdosen er derfor ikke kun avhengig av pH. I Vossovassdraget vil det dessuten være avgifting av aluminium som er selve målet med kalkingen.

Som grunnlag for beregning av kalkbehov er det en fordel å gjennomføre titreringsforsøk med vannet i et laboratorium. En økende mengde svak base av karbonat (Na_2CO_3) tilsettes en vannprøve av elvevannet 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.

For å beregne kalkdosen for Vosso har vi brukt titreringskurver for andre vassdrag. Siden pH ikke er vurdert som tilstrekkelig god variabel for å beregne dosen har vi valgt å ta utgangspunkt i at den tilsatte kalkmengden skal gi en pH-økning fra 5.5 til 6.5 (smoltperioden) eller fra 5.5 til 6.2 (resten av året). Det vil si at kalkdosen skal være hhv. 2.4 g/m^3 og 1.2 g/m^3 i disse periodene. Her er det også tatt hensyn til karbonatinnhold i kalken og antatt oppløsning, se nedenfor.

I perioder med høy pH og ubetydelig aluminium vil kalking være unødvendig, men vi mener at dette er vanskelig å ta hensyn til fordi det vil kreve relativt omfattende vannprøvetaking og rask analyse, eventuelt kontinuerlig måling av pH og helst også aluminium, og at doseringsanlegget styres etter disse dataene.

Kalkmengdene avhenger først og fremst av vannmengder, kalkkvalitet og vannkvalitet. Årlige kalkmengder er basert på kalkdoseberegning slik det er beskrevet over og hydrologiske data for vassdraget. Det er tatt hensyn til at ikke all kalk løses opp og at kalk også inneholder andre stoffer enn karbonat. I beregningene er det regnet med at 70 % av tilført kalkmengde løses opp. Miljøindustri's SR-kalk er brukt som referanse. Det er regnet med at kalken inneholder 90 % kalsiumkarbonat. Nødvendig doseringskapasitet og lagerkapasitet på kalkdoserere er beregnet i forhold til maksimal døgnmiddelvanntilføring.

4.5. Forbehold og forutsetninger for prisfastsettelse og lokalisering av doseringsanlegg.

De forbehold og forutsetninger som gjelder for beregninger i denne planen er følgende:

- pH i vassdraget er fastsatt på bakgrunn av eksisterende vannkjemidata fra ulike kilder. Det er ikke gjennomført noe eget prøvetakingsprogram med tanke på en kalkingsplan for vassdraget. Datagrunnlaget kan derfor være noe spinkelt for enkelte av sidevassdragene.
- Det er lagt opp til en konstant kalkdose som reguleres automatisk etter vanntilføring. Kalkdosen er basert på titreringskurver fra Tovdalselva og Kvinavassdraget i Aust- og Vest-Agder (Hindar 1991, 1992). I smoltifiseringsperioden, som er satt til 1/2-30/6 er det foreslått en kalkdose som tilsvarer en pH-hevning fra 5,5 til 6,5. Ellers i året foreslås en dosering som tilsvarer en pH-økning fra 5,5 til 6,2, se under 4.4.
- Kalkoppløsning er satt til 70 % med Miljøindustri's SR-kalk som referanse. Innholdet av kalsiumkarbonat (den aktive bestanddelen) i kalken er satt til 90 %, se under 4.4.
- Kalkpris er satt til 600 kr/tonn, inkl. moms. Endelig prisfastsettelse for kalken kan ikke foretas før det er innhentet tilbud for kalking av vassdraget.
- Kalkdoseringsanleggene i hovedvassdraget er enten middels store eller store og prisene for slike anlegg er i størrelsesorden hhv. kr. 300.000.- og kr. 400.000.- pluss moms (Hindar 1991, 1992). Doseringsanleggene kan leies. Leieprisen er anslagsvis 20 % av innkjøpsprisen pr. år. For de middels store anleggene vil det si kr. 60.000.- pr. år og for de store kr. 80.000.- pr. år. Endelig prisfastsettelse for doserere kan ikke foretas før det er innhentet tilbud.
- I tillegg til innkjøp av anlegg kommer utgiftene til fundamentering, brønn for inntaksvann og vannstandsmåling, legging av innløps- og utløpsrør til sirkulasjonsvann. Det er nødvendig å legge vei og føre strøm og telefon helt fram til de mest avanserte dosererne. Slike engangsutgifter er ikke lagt inn i beregningene.
- Det bør settes opp en vedlikeholds- og driftsavtale for doseringsanleggene, som innebærer en garanti for vannkvaliteten. Prisen på en slik pakke vil særlig være avhengig av de evt. bøter som leverandør aksepterer ved stans i kalkdosering. Akseptabel lengde på avbrudd kan være forskjellig for de ulike anleggene. Prisen på slike garantiordninger er ikke tatt med her.

- Det er ikke innhentet detaljerte opplysninger om bæreevnen til de veier i nedbørfeltet som skal brukes til kalktransport. Det innføres akseltrykkrestriksjoner på en rekke veier om våren. Denne perioden er samtidig spesielt kritisk av hensyn til kontinuerlig kalkdosering.
- Det er ikke innhentet godkjenning fra de grunneiere som må avstå grunn til doseringsanlegg eller gi annen form for tillatelse. Det tas derfor forbehold om plasseringsmulighetene. Det er heller ikke tatt kontakt med de grunneiere som evt. må godkjenne at vassdraget kalkes.

5. KALKINGSPLAN FOR VOSSOVASSDRAGET

Tilførsel av kalk kan skje på flere ulike måter, hvorav innsjøkalking fortsatt er den mest utbredte. I Vossovassdraget finnes det ikke innsjøer som har en så lang oppholdstid på vannet at det er aktuelt med innsjøkalking som del av en hovedstrategi. I den foreliggende planen er det derfor kun arbeidet med kalkdosering i elver.

I tabell 1 er de viktigste sideelvene i Vossovassdraget oppgitt med relativt vannføringsbidrag til hovedelva. Dette, sammen med vannkvalitet gir et bilde av de ulike elvenes forsureningspotensiale og hvor en bør konsentrere kalkingsinnsatsen i området. Raundalselva, utløpet av Evanger kraftstasjon og Teigdalselva peker seg ut som aktuelle kalkingslokaliteter. Tverrelva bør også tas med pga. sin lave pH i flomperioder.

Prioriteringen mellom de foreslåtte lokalitetene er avhengig av målsetningen med kalkingen. De tre sistnevnte vassdragene vil først og fremst bidra til å bedre vannkvaliteten i den nedre delen av hovedvassdraget. Kalking av Raundalselva vil, ved siden av å bedre vannkvaliteten i de øvre delene, også øke bufferkapasiteten i vannet lengre nede i elva.

I det følgende er det foreslått praktiske tiltak for å oppfylle målene i avsnitt 2.2.

5.1. Kalkingsstrategi for laks på strekningen Vangsvatnet-Bolstadfjorden.

Dette målnivået har som utgangspunkt å sikre smoltutvandring og smoltkvalitet på strekningen Vangsvatnet-Bolstadfjorden. Vannkvaliteten skal gjøre vassdragsavsnittet levelig for laks hele året. I tillegg skal laksen kunne reprodusere. Det vil si at det skal sørges for tilstrekkelig god vannkvalitet i forbindelse med oppvandring og gyting.

Kalking av utløpet fra Evanger kraftstasjon.

Det etableres et doseringsanlegg i avløpstunnelen fra Evanger kraftstasjon (figur 1). Vannføringen ut fra kraftverket vil bli relativt jevn sammenlignet med avrenningen fra et naturlig nedbørfelt. Det maksimale avløpet gjennom kraftverket er bestemt av kapasiteten på anlegget og større flomtopper vil gå i overløp i de forskjellige kraftmagasinene inne på fjellet. En del av flomoverløpet fra det regulerte feltet vil gå til Vossovassdraget gjennom Teigdalselva. Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap (BKK) har relativt begrensede muligheter for å styre

manøvreringen av kraftverket for å optimalisere vannkvaliteten under smoltifiseringsperioden (Olav Vatshelle, BKK, pers. medd.).

Med de forutsetninger som er gitt under avsnitt 4.5 er det beregnet et årlig behov på 1180 tonn kalksteinsmjøl til en kostnad på omlag kr 710.000. Middelvannføring er beregnet ut fra tabell 1. Maksimal kapasitet i kraftverket er oppgitt til 54 m³/s. Ved denne vannføringen må anlegget ha kapasitet til å dosere 0,5 tonn kalk/time, eller omlag 11 tonn på ett døgn hvis vannføringen holdes konstant. Det bør derfor anlegges en middels stor doserer i vassdraget.

Kalken fra anlegget vil føres ut i Evangervatnet og videre til Bolstadelva. Evangervatnet har for kort oppholdstid til å egne seg for innsjøkalking, men vil representere et utjevningssjøbasseng for kalk og samtidig et kalklager. Det vil si at korte driftsavbrudd ikke vil være kritiske for laksen. Dette bør det tas hensyn til når avtaler med kalkleverandør inngås.

Kalking av Teigdalselva.

Den øverste delen av Teigdalselva er regulert og overføres til Evanger kraftstasjon. I perioder er det overløp fra disse magasinene til Teigdalselva. Det er derfor benyttet observert vannføring (middel for perioden 1985-1992) som grunnlag for kalkberegningene (tabell 2). Den uregulerte delen av Teigdalselva er ikke blant de sureste sidevassdragene, men det tidvise overløpet av surt ionefattig vann fra kraftverksmagasinene kan true laksen i elva. Det foreslås derfor at det etableres en kalkdoserer i Teigdalselva for å sikre laksebestanden. Anlegget foreslås etablert i nærheten av brua ved Kråkefossen (figur 1). For å avsyre den delen av Teigdalselvas nedbørfelt som ligger nedstrøms dosereren, er det beregnet en dosering ved anlegget på 5 g/m³ (kalksteinsmjøl) i smoltifiseringsperioden og 2,5 g/m³ ellers i året. I perioder med overløp fra det regulerte feltet vil denne dosen gi for stor kalkmengde, men det vil ikke medføre noen ulemper, kun noe større kostnader enn beregnet her. Økningen er vanskelig å beregne fordi vi ikke kjenner til hvor mye vann som vil gå i overløp.

Kalkingen vil da omfatte hele den lakseførende strekningen. For å opprettholde god vannkvalitet ned til Evangervatn er det beregnet et årlig behov på 520 tonn kalksteinsmjøl til en kostnad av omlag kr 310.000. Dersom en antar en maksimal vannføring på 10 ganger middelvannføringen (tabell 2), må anlegget ha kapasitet til å dosere 0,8 tonn kalk/time, eller omlag 20 tonn på ett døgn hvis vannføringen holdes konstant. Det bør derfor anlegges en middels stor doserer i vassdraget.

Driftsavbrudd for doseringsanlegget kan representere en nesten umiddelbar fare for fiskebestanden i Teigdalselva, men vil være langt mindre kritisk for laksen i hovedvassdraget, særlig i perioder med liten vannføring i Teigdalselva.

Kalking av Tverrelva.

Tverrelva er det sureste av sidevassdragene som er undersøkt. Selv om vannføringen i denne sidegrenen er lav, vil den ha relativt stor betydning for vannkvaliteten i Vosso ved at den vil reagere mer spontant enn hovedvassdraget på nedbørepisoder. Kalking av Tverrelva vil ved siden av å avsyre dette vassdraget også medvirke til å skape økt bufferkapasitet i Vosso og Evangervatnet. Dette vil være positivt med tanke på at to sidevassdrag omtrent på størrelse med Tverrelva renner inn i Vosso like nedstrøms. Hvorvidt disse er forsuret er usikkert da det kun foreligger noen få enkeltmålinger av vannkvalitet i disse elvene. Kalking av Tverrelva vil kunne virke forebyggende mot en eventuell forsurening fra disse to elvene på strekningen ned mot Evangervatnet.

En kalkdoserer i Tverrelva foreslås plassert i nærheten av bru på veien til Kolle (figur 1). Dette vil sikre en god oppløsning på kalken før vannet når Vosso. Lokaliseringen må vurderes nærmere mhp. framkommelighet og snumuligheter for tunge kjøretøyer. For å avsyre den delen av Tverrelvas nedbørfelt som ligger nedstrøms dosereren, er det beregnet en dosering ved anlegget på 2,7 g/m³ (kalksteinsmjøl) i smoltifiseringsperioden og 1,3 g/m³ ellers i året.

Til avsyring av Tverrelva ned til utløpet i Vosso vil det årlig være behov for 130 tonn kalksteinsmjøl til en kostnad av omlag kr 80.000. Dersom en antar en maksimal vannføring på 10 ganger middelvannføringen (tabell 1), må anlegget ha kapasitet til å dosere 0,2 tonn kalk/time, eller omlag 5 tonn på ett døgn. Det bør derfor anlegges en middels stor doserer i vassdraget.

Driftsavbrudd for doseringsanlegget kan representere en nesten umiddelbar fare for fiskebestanden i Tverrelva, men vil være langt mindre kritisk for laksen i hovedvassdraget, særlig i perioder med liten vannføring i Tverrelva.

Kalkmengder og kostnader forbundet med målnivå 1.

Det samlede årlige kalkforbruket ved å kalke utløpet av kraftstasjonen, samt Teigdalselva og Tverrelva blir 1830 tonn (tabell 6). Total årlig kostnad blir omlag 1,1 mill kr pluss leie av kalkdoserere.

Tabell 6. *Kalkbehov og kostnader forbundet med målnivå 1. Kalkdosen som er oppgitt gjelder ved doseringsanleggene.*

	Kraftverket	Teigdalselva	Tverrelva	Sum
Årlig kalkbehov (tonn)	1180	520	130	1830
Årlig kostnad (1000 kr.)	710	310	80	1100
Leie av anlegg (1000 kr.)	60	60	60	180
1/2-30/6 Kalkdose (g kalk/m ³)	2,4	5	2,7	
1/7-28/2 Kalkdose (g kalk/m ³)	1,2	2,5	1,3	
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)	11	10	5	
Maks. doseringskap. (tonn/time)	0,5	0,4	0,2	

5.2. Kalkingsstrategi for laks på hele den lakseførende strekningen.

Dette målnivået bygger på 5.1 og har som utgangspunkt å sikre smoltutvandring og smoltkvalitet på hele den lakseførende strekningen, som strekker seg opp til Rognsfossen i Strandaelva og et stykke forbi Palmafossen i Raundalselva. Vannkvaliteten skal gjøre vassdragsavsnittet levelig for laks hele året. I tillegg skal laksen kunne reproducere, det vil si at det skal sørges for tilstrekkelig god vannkvalitet i forbindelse med oppvandring og gyting.

Dette alternativet vil sikre laksens leveområde i en større del av vassdraget og innebærer kalking av hele den østre sidegrenen, Raundalselva. Prosjektet vil innebære relativt høye omkostninger, men vil til gjengjeld bygge opp bufferkapasiteten i hele vassdraget fra Vangsvatnet og nedover.

Kalking av Raundalselva.

Vannkvalitetsdata for 1993 viser at Raundalselva jevnt over er surere enn Strandaelva, som er det andre øvre hovedløpet til Vosso. Kalking av Raundalselva vil øke Vossovassdragets evne til å nøytralisere sure tilførsler fra sidevassdragene ned mot Bolstadfjorden. I perioder med is og termisk sjiktning i Vangsvatnet vil Raundalselva ha spesielt stor innvirkning på vannkvaliteten nedover i Vossovassdraget. Vinterstid vil kaldt smeltevann renne som en elv gjennom innsjøen like under isen og i liten grad blande seg med de dypere vannlagene. Denne kalkingsstrategien kan imidlertid ikke gjøre noe med at mellomstore, sure sidevassdrag lokalt kan skape giftige blandsoner i hovedelva.

En kalkdoserer i Raundalselva foreslås lagt et stykke ovenfor den lakseførende strekningen, på strekningen mellom Urdland og Raundal kirke (figur 1). For å avsyre den delen av Raundalselvas nedbørfelt som ligger nedstrøms dosereren, er det beregnet en dosering ved anlegget på 3 g/m³ (kalksteinsmjøl) i smoltifiseringsperioden og 1,5 g/m³ ellers i året.

Det årlige kalkbehovet for å avsyre Raundalselva ned til samløpet med Strandaelva er beregnet til 1550 tonn kalksteinsmjøl, til en kostnad av kr 930.000. Basert på en forventet maksimal vannføring på 270 m³/s, må anlegget ha kapasitet til å dosere 2,5 tonn/time, eller omlag 60 tonn på ett døgn dersom vannføringen holdes konstant. Det bør derfor anlegges en stor doserer i vassdraget.

Tabell 7. Kalkbehov og kostnader for påbygning med målnivå 2. Kalkdosen som er oppgitt gjelder ved doseringsanlegget.

	Raundalselva
Årlig kalkbehov (tonn)	1550
Årlig kostnad (1000 kr.)	930
Leie av anlegg (1000 kr.)	80
1/2-30/6 Kalkdose (g kalk/m ³)	3
1/7-28/2 Kalkdose (g kalk/m ³)	1,5
Lagerkap. silo i ett døgn (tonn)	59
Maks. doseringskap. (tonn/time)	2,5

5.3. Kalkingsstrategi mot blandsoner med ustabil vannkjemi.

Dette målnivået søker å unngå giftige blandsoner mellom kalket og ukalket surt vann på strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden. I den nedre delen av vassdraget er det en rekke middels store sidevassdrag som kan forårsake såkalte blandsoner i hovedvassdraget (Rosseland og Hindar 1991). Dette er soner med ustabil vannkjemi, der surt og aluminiumsholdig vann blandes med kalket vann. Det er vist at slike soner kan være spesielt giftige for fisk som oppholder seg der (Rosseland m.fl. 1992). I perioder med stort nedfall av sjøsalter, stor avrenning i sidevassdragene og lav temperatur vil det trolig være størst fare for at blandsoner oppstår.

Det bør vurderes om noen av de middels store sidevassdragene i den nedre delen av Vossovassdraget bør kalkes for å unngå blandsoner. Ved å kalke sideelver i vassdraget vil en dessuten også kunne utnytte de produksjonsarealene som finnes i disse elvene. Det bør utarbeides separate planer for de mindre sideelvene i Vossovassdraget, basert på tilstrekkelig gode vannkemiske data.

De mellomstore sidevassdragene bør kalkes med kalkdoserere. Plasseringen av doserere må tilpasses avrenningsforhold, atkomst og fiskeforhold. Det vil være tilstrekkelig med en doserere i hvert vassdrag. Dosererne kan være enklere enn de som er foreslått under 5.1 og 5.2. Kalking av enkelte innsjøer i disse vassdragene kan være aktuelt, men det er ikke utredet her. Kontinuerlig dosering direkte i elvene vil imidlertid sikre best kontroll med vannkvaliteten i sidevassdragene.

Mindre sidebekker som Dyrvo, Torfinno, Sagelva, Merkesgrovi, Skorveelva, Vossedalselva, Geitåni, Rasdalselva og Tveitagrovi utgjør en vesentlig del av nedbørfeltet i de nedre delene av vassdraget som ikke omfattes av kalkingsplanens pkt 5.1 og 5.2. Tilsammen drenerer disse bekkene et nedbørfeltareal på nærmere 180 km² med et samlet tilsig på 370 mill m³/år. Dersom en regner med de kalkdosene som er benyttet under 5.1 og 5.2 vil det årlig kreves i overkant av 600 tonn kalksteinsmjøl til en kostnad av kr 350.000-400.000 for å kalke opp disse. I tillegg til dette kommer leie eller innkjøp av doseringsutstyr.

5.4. Anbefalt framdrift

Det anbefales at både målnivå 1 og 2 iverksettes samtidig. Dette betyr kalking av utløpet i Evanger kraftverk, samt i Teigdalselva, Tverrelva og Raundalselva. Totalt gir dette et årlig kalkforbruk på nær 3400 tonn til en kostnad av rundt 2,0 mill. kr. I tillegg til dette kommer leie av kalkdoserere til anslagsvis kr. 260.000 pr. år. Ved gjennomføring av målnivå 1 og 2 samtidig, får en bygget opp en bufferkapasitet i vassdragets øvre deler, samtidig som en kalker de største forsursbidragene på vei ned mot Bolstadfjorden. Kalking av Raundalselva vil være en sikkerhetsventil mot kortvarige forsuringsepisoder knyttet til flom, stor syreavsetning eller sjøsaltepisoder.

Målnivå 1 kan gjennomføres alene, men miljøforholdene for laks vil bli mer usikre uten kalking av Raundalselva. Tiltaket vil imidlertid redusere syretilførselen til vassdraget og kunne bidra til å sikre laksebestanden på Strekningen Vangsvatnet - Bolstadfjorden. Målnivå 2 anbefales ikke gjennomført alene.

Et viktig usikkerhetsmoment i forhold til å lykkes med kalkingen i Vossovassdraget er muligheter for blandsoner mellom sure sidevassdrag og mindre surt vann i hovedelva. Dersom dette vurderes

som et problem i vassdraget bør fase 3 i kalkingsplanen iverksettes, med kalking av mellomstore sidevassdrag på strekningen Vangsvatnet-Bolstadfjorden.

6. REFERANSER

- Faafeng, B., Brettum, P., Kristoffersen, T., Lindstrøm, E.A., Matzow, D., Nilssen, J.P. og Tjomsland, T. (1980). En undersøkelse av Vossovassdraget 1977. NIVA-rapport, løpenr. 1162, 167 s.
- Haraldstad, Ø. (red.) (1983). Vosseprosjektet, ferskvannøkologisk forskning i Vossovassdraget 1972-1982. Vosseprosjektet, Zoologisk institutt, Universitetet i Oslo, rapport nr. 11-1983, 83 s.
- Henriksen, A., Lien, L. og Traaen, T.S. (1990). Tålegrenser for overflatevann - Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. Naturens tålegrenser, Miljøverndepartementet, fagrapport nr. 2/1990. 49 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.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. og Lien, L. (1993). Betydningen av sjøsaltanriket nedbør i vassdrag og mindre nebørfelt. Forsuring og fiskedød etter sjøsaltepisoden i januar 1993. NIVA-rapport, løpenr. 2917, 42 s.
- Hindar, A., Hoell, E., Veidell, A., og Nilsen, A.N. (1989). Kalking av Vikedalselva. Forsøk med styring av kalkdosering etter pH målt nedstrøms kalkdoserer. NIVA-Kalking av surt vann 7/89. 39s.
- Hindar, H. og Henriksen, A. (1992). Acidification trends, liming strategy and effects of liming for Vikedalselva, a Norwegian salmon river. *Vatten*, 48, 128-134.
- Holtan, H., Bakketun, Å., Brettum, P., Løvik, J.E. og Lindstrøm, E.A. (1986). Overvåkning av Vossovassdraget 1981-84. Sammenfattende rapport (overvåkningsrapport nr. 217/86). NIVA-rapport, løpenr. 1831, 46 s.
- Jensen, E.A. og Leivestad, H. (1989). Surt vann og smoltproduksjon. Sluttrapport fra Vannbehandlingsprosjektet Salar/BP. 82 s.
- Kroglund, F., Berntsen, M., Åtland, Å. og Rosseland, B.O. (1993b). Er laksen truet selv ved moderat forsuring ? Eksempler fra Vosso. NIVA-rapport, løpenr. 2947, 34 s.
- Kroglund, F., Lydersen, E. og Rosseland, B.O. (1993a). Endringer i aluminiumskjemi i blandsoner med kalket og surt vann. Områder karakterisert av aluminiums

ulikevekt og stor giftighet for fisk. Årsrapport fra TVLF-programmet, årsmøte i Stjørdal 1993.

Kroglund, F., Staurnes, M., Rosseland, B.O. og Kvellestad, A.K. (1993c). Vannkvalitets-kriterier for laksesmolt. Kalking i vann og vassdrag. FoU-årsrapporter 1992. DN-notat, i trykken.

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.

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2437-8