

RAPPORT LNR 4074-99

Undersøkelse av
vannvegetasjonen i
forsurete/kalkete
lokaliteter i Hordaland
i 1996 - 97:

Eksingedalsvassdraget i Vaksdal,
Frølandsvatn i Samnanger og
Havsgårdsvatn i Fusa

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Titel Undersøkelse av vannvegetasjonen i forsurete/kalkete lokaliteter i Hordaland i 1996-97: Eksingedalsvassdraget i Vaksdal, Frølandsvatn i Samnanger og Havsgårdsvatn i Fusa	Lopenr. (for bestilling) 4074-99	Dato 30. juni 1999
	Prosjektnr. Undemr. O-95234	Sider Pris 23
Forfatter(e) Tor Erik Brandrud	Fagområde Forsuring/kalking	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hordaland, miljøvernavdelingen	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Undersøkelsene indikerer at en i stor grad har intakte vegetasjonssamfunn og små forsuringsskader i svakt/moderat forsurete vassdrag på Vestlandet. Det er bare få indikasjoner på tap av mangfold (nedre del av Ekso). Ionefattige vassdrag på Vestlandet kan ha opptil ca. 50% forsuringfølsomme arter i vannvegetasjonen. Videre viser undersøkelsen en vital vekst av krypsiv i svakt/moderat forsurete innsjøer og stilleflytende elver på Vestlandet. Eksingedalsvassdraget er preget av frodig vannvegetasjon og stedvis tilgroing i terskelbasseng på innsjøpregete strekninger. Forekomsten av forsuringfølsomme arter er meget høy i den øvre, lite forsurete delen, mens bare tre følsomme arter ble registrert i den nedre, forsurete delen nedstrøms Nesevatn i 1996-97. En reduksjon i forsuringfølsomme arter i nedre del siden 1990-91 kan tyde på begynnende forsuringsskader. Tilbakegangen av duskelvemoser kan trolig forklares ved en kombinasjon av regulering og forsuring. Frølandsvatn er en utpreget gjennomstrømningsinnsjø med store gruntområder, frodig og artsrik vannvegetasjon og et usedvanlig høyt antall forsuringfølsomme arter (8 av 15). Kalking av vassdraget kan føre til en økt tilgroing av krypsiv og torvmose, men grad av tilgroing styres trolig i stor grad av hydrologiske forhold. Havsgårdsvatn har vært kalket siden 1990. Vannvegetasjonen preges av lite ione- og næringskrevende kortskuddsvegetasjon, og med en beskjedne og trolig ikke økende forekomst av krypsiv. Kun én forsuringfølsom art (tusenblad) ble registrert.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. vannvegetasjon	1. aquatic macrophytes
2. forsuringfølsomme arter	2. acidification-sensitive species
3. krypsiv-tilgroing	3. <i>Juncus supinus</i> expansion
4. Vestlandet	4. Western Norway

Tor Erik Brandrud
Prosjektleder

Anne Lyche Solheim
Forskningsleder

Britt Lise Gjelluue
Forskningsjef

**Undersøkelse av vannvegetasjonen i forsurete/kalkete
lokaliteter i Hordaland i 1996-97:**

**Eksingedalsvassdraget i Vaksdal, Frølandsvatn i Samnanger og
Havsgårdsvatn i Fusa**

Forord

Det foreliggende prosjektet er utført på oppdrag av miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Hordaland, som også har finansiert prosjektet. Kontaktperson hos Fylkesmannen har vært kalkingsplanlegger/konsulent Kjell Hegna, som takkes for diverse informasjon om vassdragene. Geir Johnsen, Rådgivende Biologer takkes for informasjon om Frølandsvatn, og Øyvind Andreas Brandrud takkes for assistanse under feltarbeidet i Eksingedalsvassdraget.

I tillegg til oppdraget fra Fylkesmannen er det foretatt undersøkelser i Eksingedalsvassdraget for Direktoratet for naturforvaltning i 1997 som et ledd i kalkingsovervåkingen av vassdraget. Disse resultatene er også inkludert i den foreliggende rapporten.

Oslo, 30. juni 1999

Tor Erik Brandrud

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
2. Materiale og metoder	8
3. Eksingedalsvassdraget	9
3.1 Artsdiversitet og dominansforhold	9
3.2 Forsuringsfølsomme arter	11
3.3 Vegetasjonsendringer 1990-1997	11
3.4 Status for krypsiv	12
4. Frølandsvatn	14
4.1 Artsdiversitet og dominansforhold	14
4.2 Forsuringsfølsomme arter og behov for kalking	17
4.3 Vurdering av vegetasjonsutvikling og tilgroing	19
4.4 Vurdering av mulige effekter av (full)kalking	20
4.5 Kalkingsstrategi	21
5. Havsgårdsvatn	22
5.1 Effekter av kalking	22
6. Litteratur	23

Sammendrag

- Undersøkelsene indikerer at en i stor grad har *intakte vegetasjonssamfunn* og små forsuringsskader i svakt/moderat forsurete vassdrag på Vestlandet.
- Det er bare *få indikasjoner på tap av mangfold* (nedre del av Ekso).
- Ionefattige vassdrag på Vestlandet kan ha opptil ca. *50% forsuringfølsomme arter* i vannvegetasjonen.
- Videre viser undersøkelsen en vital vekst av krypsiv i svakt/moderat forsurete innsjøer og stilleflytende elver på Vestlandet.

Eksingedalsvassdraget

- Eksingedalsvassdraget er preget av frodig vannvegetasjon i terskelbasseng på innsjøpregete strekninger. Enkelte av disse terskelbassengene har hatt en betydelig tilgroing etter regulering.
- Totalt 20 vannplanter (høyere planter + vannmoser) er registrert i Ekso. Vegetasjonen er dominert av flôtgras, krypsiv, klovasshår, hornormose og duskelvemoser.
- Forekomsten av forsuringfølsomme arter er meget høy i den øvre, lite forsurete delen, med 10 arter registrert, mens bare tre følsomme arter ble registrert i den nedre, forsurete delen nedstrøms Nesevatn i 1996-97.
- En *reduksjon i forsuringfølsomme arter i nedre del siden 1990-91* kan tyde på begynnende forsuringsskader. Vegetasjonen nedstrøms Nesevatn er pr. 1996-97 preget av forsuringstolerante arter.
- Den dominerende, forsuringfølsomme arten duskelvemoser har gått tilbake i nedre del siden 1990-91. Denne tilbakegangen kan trolig forklares ved en *kombinasjon av regulering og forsuring*.

Frølandsvatn i Samnanger

- Frølandsvatn i Tyssevassdraget i Samnanger er en utpreget gjennomstrømningsinnsjø med store gruntområder.
- Vannvegetasjonen er frodig og artsrik, dominert av krypsiv, hornormose, klovasshår, tusenblad og kransalgen *Nitella*.
- Andelen av *forsuringfølsomme arter* er usedvanlig høy (8 av 15 arter), og vannvegetasjonen er vurdert som intakt og ikke negativt påvirket av forsuring.
- Ut i fra hensynet til bevaring av det botaniske mangfoldet, synes det ikke å være behov for kalking av Frølandsvatn med nærliggende vassdragsavsnitt.
- Det ble registrert en frodig vekst i vannvegetasjonen i 1996, og bestandsstrukturen tilsier at det har skjedd en viss framvekst av krypsiv og hornormose i bukter og langs land de aller seineste årene.

- Vannvegetasjonen i Frølandsvatn har et betydelig tilgroingspotensiale, men holdes trolig i sjakk av hydrologiske forhold (erosjon ved isgang og flom), og grad av tilgroing vil være avhengig bl.a. av vinterklima og manøvrering av Frøland kraftverk.
- Kalking av vassdraget kan føre til en økt tilgroing av krypsiv og torvmose, særlig hvis det oppstår overdosering kombinert med kraftig reforsuring av restfelt.

Havsgårdsvatn i Fusa

- Havsgårdsvatn har vært kalket siden 1990.
- Vannvegetasjonen preges av lite ione- og næringskrevende kortskuddsvegetasjon, og med en beskjeden og trolig ikke økende forekomst av krypsiv.
- Det ble bare registrert én forsuringfølsom art (tusenblad), og det er usikkert om denne var tilstede før kalking.
- Trolig har innslaget av forsuringfølsomme arter også tidligere vært beskjedent i denne innsjøen.

Summary

Title: Aquatic macrophytes in acidified/limed waters in Hordaland 1996-1997: The Eksingedal watercourse in Vaksdal, lake Frølandsvatn in Samnanger and Havsgårdsvatn in Fusa.

Year: 1999

Author: Tor Erik Brandrud

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3679-1

The study indicates small, negative effects of acidification in slightly/moderately acidified waters in Western Norway. Soft waters in W Norway contain up to approx. 50% acidification sensitive species. The Eksingedal river is characterized by well-developed, species-rich aquatic vegetation. In the lower, most acidified part of the Eksingedal river there has been a reduction of acidification sensitive species 1990-97. For *Fontinalis dalecarlica* this decline seems to be caused by a combination of acidification and regulation. Frølandsvatn is a shallow lake with luxuriant aquatic vegetation and a remarkably high number of acidification sensitive species (8 out of 15). Liming might lead to expansion of *Juncus supinus* (= *J. bulbosus*) and *Sphagnum auriculatum*, but the vegetation cover seems to be largely controlled by hydrology. Havsgårdsvatn (limed from 1990) is a species-poor, soft-water lake containing only one acidification sensitive species (*Myriophyllum alterniflorum*), and having small, non-increasing populations of *Juncus supinus*.

1. Innledning

Vannvegetasjonen i mer eller mindre forsurete vassdrag, samt utviklingen etter kalking, er lite kjent fra Hordaland. Det finnes data fra noen kalkede innsjøer i Sogn og Fjordane, som indikerer forholdsvis rikelige forekomster av forsuringfølsomme arter som iallefall delvis må ha vært tilstede også før kalking (Hobæk m. fl. 1996). I minst ett tilfelle er det også indikasjoner på økt tilgroing med krypsiv (*Juncus supinus* = *J. bulbosus*) etter kalking i disse innsjøene.

I den sørlige delen av Rogaland (Dalane) er det foretatt en mer omfattende undersøkelse som dokumenterer en betydelig problemvekst av krypsiv i endel grunne, små til middelstore, kalkede innsjøer (Brandrud 1995, 1996). På denne bakgrunn ble det i 1996 foretatt en basisundersøkelse og vurdering av enkelte planlagte kalkingsobjekter i Hordaland, - objekter som er karakterisert av stedvis omfattende krypsivbestander (Eksingedalsvassdraget, samt Frølandsvatn, Samnanger). Videre er det også foretatt en inventering av den kalkede innsjøen Havsgårdsvatn i Fusa.

Hovedmålsettingene med prosjektet har vært å vurdere utviklingen av krypsiv i kalkede eller planlagt kalkede lokaliteter, samt å vurdere status m.h.p. artsmangfold i vannvegetasjonen i forsurete og kalkete lokaliteter.

2. Materiale og metoder

Eksovassdraget ble undersøkt 13. august 1996 og 2. oktober 1997, mens Frølandsvatn og Havsgårdsvatn ble undersøkt 14. august 1996.

Vannvegetasjonen i Ekso er undersøkt på 12 stasjoner (se tabell 1). Alle stasjonene er lagt til terskelbasseng; 6 til stilleflytende partier med grus, silt og mudderbunn, og 6 i noe mer hurtigstrømmende partier med steinbunn. Frølandsvatn er undersøkt i gruntområdene på sør- og vestsiden, nord til utløpet av Frøland kraftverk, samt med enkelte observasjoner i den østre delen med innløpsområde, og i utløpsosen. Havsgårdsvatn er undersøkt ved en inventering begrenset til sørsiden.

På de undersøkte lokalitetene er det foretatt registrering av artsdiversitet og dominansforhold hos makrovegetasjonen (karplanter, kransalger og vannmoser) etter en semikvantitativ skala. Videre er samlet populasjonsprøver av krypsiv. Måling av lengden av årsskudd på krypsiv er basert på de 10 lengste årsskuddene innsamlet. Lokalitetene er undersøkt ved vading og med bruk av vannkikkert og kasterive. Navnsettingen følger Lid & Lid (1994).

3. Eksingedalsvassdraget

Eksingedalsvassdraget (Ekso) er lite forsuret i de øvre delene (ned til Nesevatn) pga. endel lett-forvitrelige, ionerike bergarter i nedbørfeltet (kalsium verdier omkring 1,0 mgCa/l). I denne delen har pH de seinere årene ligget mellom 6,0 og 6,5, bare unntaksvis under 6,0 (Kaste m. fl. 1996, Bjerknes m. fl. 1997, Fjellheim m. fl. 1998). De nedre delene har derimot forsøringsproblemer pga. sure sidefelt og regulering. En regulert, og sterkt redusert vannføring ut fra Nesevatn, kombinert med sur avrenning fra sidefeltene nedstrøms Nese medfører en pH i intervallet 5,5-6,0 i nedre del, med surstøt ned til omkring pH 5,0 (Kaste m. fl. 1996, Bjerknes m. fl. 1997, Fjellheim m. fl. 1996). Kalsium-verdiene er her meget lave (0,5-0,7 mgCa/l). I 1997 ble det satt i drift en kalkdoserer ved Langhølen rett nedstrøms Nesevatn (nær Modalstunnelen) for å avsyre den nedre minstevannsføringsstrekningen.

Eksingedalen har en karakteristisk trappetrinnstopografi, og elva veksler mellom stilleflytende, innsjøpregete partier og fossestryk. Vannvegetasjonen bærer preg av dette, og er på de stilleflytende partiene meget frodig til Vestlandet å være, særlig ved Lavik, Flatekvål og helt lokalt ved Eikemo. Overvåkingsstasjonene er konsentrert til disse områdene.

På de stilleflytende partiene er det registrert en markert tilgroing med vannvegetasjon etter at vassdraget ble regulert og det ble anlagt terskelbasseng på 1970-tallet (Brandrud m. fl. 1992). Ved Lavik dekker vegetasjonen nå stedvis hele det breie, innsjøpregete elveløpet, og tilgroingen blir sett på som et problem av de som bruker vassdraget.

Det ble i 1996 foretatt en basis-undersøkelse i forhold til den planlagte kalkingen, og anlagt 8 overvåkingsstasjoner i vassdraget. Hovedresultatene fra denne undersøkelsen er rapportert i Bjerknes m. fl. (1997). Overvåkingsstasjonene ble i 1997 supplert med 4 tilleggsstasjoner. Alle lokalitetene er knyttet til terskelbasseng, og fordeler seg på stilleflytende partier med grus, silt og mudderbunn, samt mer hurtigstrømmende partier med steinbunn.

Kalkdosereren ved Langhølen kom først igang og var fullt operativ april 1997. Makrovegetasjonen er flerårig og relativt saktevoksende, og trenger derfor normalt minst én vekstsesong for å respondere på endrete vekstbetingelser. Undersøkelsene både i 1996 og 1997 må derfor betraktes primært å representere situasjonen for vannplantene før kalking i vassdraget, og kan betegnes som basisundersøkelser. Basert på undersøkelsene 1996-97, sammenholdt med tidligere undersøkelser (Brandrud m. fl. 1992), presenteres i det følgende hovedtrekkene i vannvegetasjonen før kalking.

3.1 Artsdiversitet og dom inansforhold

I alt er det registrert 9 høyere vannplanter (karplanter) i vassdraget på 1990-tallet (10 arter om man regner to underarter av krypsiv; jfr. Brandrud m. fl. 1992). I et nasjonalt perspektiv er dette en artsfattig vannvegetasjon (jfr. Brandrud & Aagaard 1997), men det er trolig en representativ artsdiversitet for mange Hordalandsvassdrag. Vannmosevegetasjonen er relativt sett mer artsrik, med 11 arter registrert, og med dominans av bladmoser. De fleste av de forekommende vannplantene er fanget opp innenfor de anlagte overvåkingsstasjonene. Den største artsdiversiteten ble funnet på de stilleflytende partiene (9 arter pr. lokalitet), mens de hurtigstrømmende partiene var mer artsfattige og totalt mosedominert (6 arter pr. lok.) (tab. 1).

Tabell 1. Vannvegetasjon på overvåkingsstasjoner i terskelbasseng i Eksovassdraget 1996-97 (det ble ikke registrert målbare endringer på stasjonene fra 1996 til 1997).

Lok. 1-6: stilleflytende partier (ovenifra og nedover i vassdr.). TRE: Trefallvatnet N. LAV: Lavikhølen. FLØ: Flatekvål Ø. FLA: Flatekvål, v/brua. NES: Nesevatn. EIK: Storaskjær v/ Eikemo (bakevje). lok. 7-12 mer hurtigstrømmende partier med steinbunn. EKS: Nedre Ekse. BIN: Fosse/Bindingsbø. FLV: Flatekvål V. LAN: Langhølen (v/Modalstunnelen). MOD: Modalstunnelen, rett nedstrøms kalkloserer. STO: Storaskjær v/ Eikemo(v/terskel).

Hyppigheten av artene er angitt etter følgende skala: 1: sjelden (< 5 forekomster), 2: spredt, 3: vanlig, 4: lokalt dominerende, 5: dominerende på store deler av lokaliteten. Artene med størst hyppighet uthevet. Forsuringsfølsomme arter(som definert av Brandrud & Mjelde 1993) merket med stjerner**.

	T R E	L A V	F L Ø	F L A	N E S	E I K	E K S	B I N	F L V	L A N	M O D	M O D	S T O
KORTSKUDDSPANTER													
mykt brasmegras <i>Isoetes echinospora</i>	1	2	2	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-
stivt brasmegras <i>Isoetes lacustris</i>	-	2	2	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-
evjesoleie <i>Ranunculus reptans</i>	2	4	3	2	4	2	1	-	-	-	-	-	-
syblad <i>Subularia aquatica</i> **	3	3	3	2	3	1	-	-	-	-	2	-	-
LANGSKUDDSPANTER													
klovasshår <i>Callitriche hamulata</i> **	1	4	4	2	2	-	-	-	1	-	-	-	-
krypsiv <i>Juncus supinus = J. bulbosus</i>	-	4	3	3	2	5	-	-	1	2	2	-	-
FLYTEBLADSPANTER													
flôtgras <i>Sparganium angustifolium</i>	5	1	4	3	5	3	-	3	-	-	2	-	-
VANNMOSER													
rødmesigdmose <i>Blindia acuta</i> **	-	-	1	-	-	-	1	-	2	2	-	2	-
vrangklomose <i>Drepanocladus exanml.</i> **	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kjølelvmose <i>Fontinalis antipyretica</i> **	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-
duskelvmose <i>Fontinalis dalecarlica</i> **	2	3	4	4	-	-	4	5	5	2	3	2	-
klobekkmose <i>Hygrohypnum ochraceum</i> **	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
mattehutre <i>Marsipella emarginata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	2	-
buttgråmose <i>Racomitrium aciculare</i>	2	-	-	1	-	-	2	2	2	-	1	2	-
bekketvebladmose <i>Scapania undulata</i>	-	2	3	3	-	2	2	3	4	4	4	5	-
horntorvmose <i>Sphagn. auriculatum</i>	2	4	3	3	3	2	-	-	-	1	-	-	-
DIVERSITET (ant.karplanter)	5	7	7	6	7	6	1	1	2	1	3	0	-
DIVERSITET (ant.karpl.+moser)	9	10	11	9	8	8	7	5	7	6	6	5	-

Arter i tillegg funnet på andre lokaliteter 1990-91: småvasshår (*Callitriche palustris*) **, besterumpe (*Hippuris vulgaris*) **, *Schistidium* sp. ** og vassstorvmose (*Sphagnum cuspidatum*)

Den dominerende og frodigste vannvegetasjonen i Ekso består av langvokste bestander med klovasshår (*Callitriche hamulata*), krypsiv (*Juncus supinus = J. bulbosus*), flôtgras (*Sparganium angustifolium*) og undervannsformer av hornstorvmose (*Sphagnum auriculatum*) som gjerne opptrer i et mosaikk-mønster. Tett vegetasjon av denne typen ble registrert bl.a. på overvåkingsstasjonene Lavikhølen, Flatekvål Ø, Nesevatnet og ved Eikemo (tab. 1).

Ved lav vannføring når de fleste flôtgras-bestandene opp i overflaten med sine lange, smale flyteblader, og de vegetasjonsrike områdene er da lett synlige. På særlig stilleflytende partier og evjer forekommer det også endel kortskuddsvegetasjon dominert av de kortlevete artene evjesoleie (*Ranunculus reptans*) og syblad (*Subularia aquatica*).

På mer hurtigstrømmende partier med steinbunn er det stedvis utviklet en frodig og tett vegetasjon av elvmoser (*Fontinalis* spp.). Dette gjelder særlig terskelbassengene omkring Bindingsbø der mosevegetasjonen har 90-100% dekning. I den nedre delen er mosevegetasjonen dårligere utviklet, og dominert av bekketvebladmose (*Scapania undulata*).

3.2 Forsuringsfølsomme arter

Forsuringsfølsomme arter (jfr. Brandrud & Mjelde 1993) spiller en viktig rolle i Eksingedalsvassdraget, særlig oppstrøms Nesevatn. Her inngår stedvis rikelig av følsomme arter som klovasshår (*Callitriche hamulata*) (se fig. 4), sylblad (*Subularia aquatica*), duskelvemose (*Fontinalis dalecarlica*) og klobekkmose (*Hygrohypnum ochraceum*) (tab. 1). I 1990-1991 ble vegetasjonssammensetningen vurdert som opprinnelig og lite preget av forsurening (Brandrud m. fl. 1992), men trolig var det allerede da begynnende forsuringseffekter i den nedre delen av vassdraget. I dag er forsuringpreget mer påtagelig i den nedre delen (se kpt. 3.3).

Totalt er det registrert 10 forsuringsfølsomme arter i vassdraget (herunder 4 høyere planter), dvs. 50% av makrovegetasjonen (tab. 1). Dette er en betraktelig høyere prosentandel følsomme arter enn det som er registrert i forsurete vassdrag sør for Hordaland (bortsett fra Bjerkreimsvassdraget). Det er faktisk også en høyere andel enn det som er anslått for enkelte Sørlandsvassdrag før de ble forsuret. I den nedre delen av Ekso er forekomstene imidlertid betydelig mindre og i 1996-97 ble det bare registrert 3 forsuringsfølsomme arter i denne delen.

Fraværet av antatt forsuringbegunstigete arter er bemerkelsesverdig, og kan samsvare med at vassdraget er i en tidlig fase av forsurening. En forsuringbegunstiget, vanlig art som elvetrappemose (*Nardia compressa*) er ikke registrert med sikkerhet i vassdraget, og de mer eller mindre acidofile artene av blærerot (*Utricularia* spp.) er heller ikke registrert.

Det er også registrert endel forsuringsfølsomme arter blant de fastsittende algene i vassdraget, særlig i øvre del, og det er også registrert rikelig med forsuringsfølsomme bunndyr i den øvre delen (Bjerknes m. fl. 1997).

3.3 Vegetasjonsendringer 1990-1997

Det har skjedd visse vegetasjonsendringer i perioden 1990-1997: Vegetasjonen av undersjøisk torvmose (horntorvmose) og bekketvebladmose (*Scapania undulata*) har økt flere steder, mens vegetasjonen av den forsuringsfølsomme arten duskelvemose har gått tilbake og virker lite vital der den står igjen. Disse endringene i vannmosevegetasjonen er mest påtagelige i de nedre, mest forsurete vassdragsavsnittene, og synes ihvertfall i noen grad å være forsuringrelaterte. I 1990-91 ble det registrert tildels meget små forekomster av tilsammen 5 forsuringsfølsomme arter i den nedre delen av vassdraget (Brandrud m. fl. 1992). I 1996-97 ble 3 følsomme arter registrert, hvorav bare 2 var gjenfunn (sylblad og duskelvemose). Omkring 1990 ble det nedstrøms Nesevatn bl.a. funnet enkelte små forekomster av klovasshår som nå ser ut til å være utgått, og som kan indikere at følsomme arter er tapt, eller i ferd med å gå tapt i den nedre delen som følge av forsurening.

Imidlertid har vassdraget de siste 15-20 årene også gjennomgått tildels betydelige forandringer som følge av regulering (jfr. Brandrud m. fl. 1992), og enkelte av de overnevnte endringene kan være en mer langsiktig (etter)virkning av dette. Det er en høy grad av samvariasjon mellom reguleringspåvirkning og forsurening i vassdraget, som kan gjøre det vanskelig å skille effekten av det ene fra det andre. Blandt annet er det registrert spesielt lite vitale bestander av duskelvemose i enkelte stillestående terskelbasseng med lav vannføring. Disse har antageligvis for liten gjennomstrømning og (periodevis) for stor nedmudring til at duskelvemosen og andre normalt strømkrevende moser kan trives. På den annen side har arten gått tilbake også i ellers moserike, mer hurtigstrømmende områder i den nedre, mest forsurete delen (f.eks. på steinsatte terskler) der den ut i fra hydrologi og substrat burde kunne trives. De seinere års vegetasjonsendringer, og spesielt tilbakegangen av duskelvemose, synes m.a.o. å skyldes en kombinasjon av forsurening og regulering.

Bortfall av en forsuringfølsom art som klovasshår synes derimot primært å ha med forsuringen å gjøre, da denne planten ihvertfall stedvis burde ha blitt begunstiget av anleggelsen av terskelbasseng. Blant annet fantes denne i 1990-91 i bassenget ved Storaskjær, der det idag er en frodig, men rent forsuringspreget vannvegetasjon dominert av krypsiv.

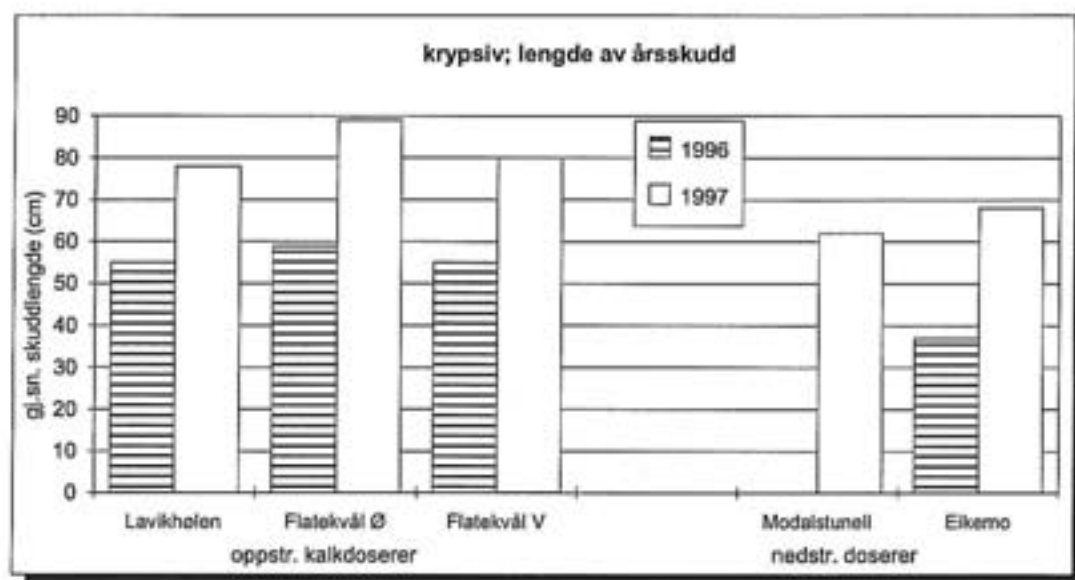
Det ble ikke registrert endringer i makrovegetasjonen nedstrøms kalkdosereren etter de første fem månedene med kalking. Det forventes at det på den kalkede strekningen etterhvert vil skje en forskyvning i retning av dominans av den forsuringfølsomme duskelvemosen på bekostning av den nå dominerende, forsuringstolerante bekketvebladmose. Rett nedstrøms dosereren ble det registrert et kalklag på steinene i mer stillestående partier. Her var mosen i dårlig forfatning. Her ble det også registrert kraftig utviklede algefiltmatter over mose på endel steiner.

I de øvre delene av Ekso (oppstrøms Nesevatn) som har større vannføring og lite surt vann har det skjedd overveiende små og ubetydelige vegetasjonsendringer siden 1990-91. Dette innebærer at den tildels kraftige tilgroingen av enkelte terskelbasseng som skjedde før 1990 (Brandrud m. fl. 1992) har stoppet opp, og vegetasjonen synes nå å være fullt etablert i de områdene som er egnet for vannvegetasjon. Det ble riktignok registrert en viss økning av flótgras (*Sparganium angustifolium*) på enkelte lokaliteter, særlig etter den tørre, varme sommeren 1997, men dette kan sannsynligvis betraktes som innenfor naturlige fluktuasjoner. Étt område i øvre del har imidlertid hatt en kraftig tilgroing siden 1990-91: Trefallvatnet mellom Ekse og Nesheim har de seinere årene hatt en betydelig etablering av flótgras (*Sparganium angustifolium*). Omkring 1990 var det lite vegetasjon på de store gruntområdene i den nordre delen, mens det i 1997 var 10-20 m brede soner langs land med tett flytebladsvegetasjon av flótgras. Enkelte steder gikk vegetasjonen tvers over vatnet. Tilgroingen tilsvarer den som er registrert i andre terskel-basseng (f.eks. Nesheimvatnet og Lavikvatnet; jfr. Brandrud m. fl. 1992) og er sannsynligvis en forsinket effekt av stabilisert vannstand som følge av terskel-byggingen.

3.4 Status for krypsiv

Krypsiv finnes i Ekso i de nedre og midtre deler, dvs. overveiende fra Lavik og nedover (Brandrud m. fl. 1992). Krypsivvegetasjonen i Ekso er preget av kraftige, frodige årsskudd av en vekstform som gjerne føres til en egen underart, dysiv (*Juncus supinus* ssp. *nigritellus=kochii*). De mest omfattende bestandene (ved Lavikhølen og ved Eikemo) er meget lite endret siden 1990-1991. Enkelte nyetablerte planter ble registrert i Nesevatn og ved Flatekvål 1996-97, og kan indikere en viss økning i krypsivbestandene her. Disse stasjonene er imidlertid ikke undersøkt tidligere.

Generelt var planteveksten frodigere i Ekso i 1997 enn i 1996, trolig pga. den varme, tørre sommeren med lav vannføring og høy vanntemperatur. Dette gav seg bl.a. utslag i langt kraftigere og frodigere vekst av krypsiv (*Juncus supinus* = *J. bulbosus*) på alle stasjoner i 1997. På en stasjon ble det registrert nesten dobbelt så lange årsskudd i 1997 som i 1996 (figur 1). Den kraftigste veksten ble registrert omkring Flatekvål, der det ser ut til å opptre endel unge bestander på framvekst. Riktignok ble skuddprøvene tatt tidligere i 1996 (13. august) enn i 1997 (2. oktober), men skuddmorfologi og tidligere erfaring tilsier at lengdeveksten av årsskuddene er tilnærmet avsluttet medio august.



Figur 1. Vekst av krypsiv (*Juncus supinus* = *J. bulbosus*) i Ekso i 1996 (før kalking) og 1997 (snaut et halvt år etter start kalking).

I den opprinnelige kalkingsplanen ble det foreslått en kalkdoserer ved Flatekvål (Kaste m. fl. 1996), men det synes nå ikke aktuelt å etablere denne (K. Hegna, pers. medd.). En kalking oppstrøms Nesevatn ville kunne ha ført til en økt vekst av de allerede vitale krypsiv- og torvmose-bestandene. Dette fordi kalking kombinert med reforsuring fra sure sidebekker kan føre økt tilgang på CO_2 , noe som gir bedre vekstvilkår for krypsiv og torvmose. Områdene rett nedstrøms den tidligere foreslåtte doserereren hadde i 1997 en særlig kraftig vekst av krypsiv, og kan se ut til å være et område med en økende krypsivetablering. Ut i fra usikkerhet om en negativ vegetasjonsutvikling bør derfor en kalking oppstrøms Nesevatn frarådes, - selv om faren for reforsuring (og dermed høy CO_2 -produksjon) sannsynligvis er lav ved Flatekvål. For målsettingen om opprettholdelse av biologisk mangfold synes det heller ikke nødvendig med kalking oppstrøms Nesevatn. Kalking nedstrøms Nesevatn vil derimot sannsynligvis ha små konsekvenser m.h.p. tilgroing med krypsiv, og kan synes å være nødvendig for å opprettholde artsmangfoldet på denne strekningen.

4. Frølandsvatn

Frølandsvatn ligger innerst i Samnangerfjorden, nederst i Tyssevassdraget (Samnangervassdraget), 27 moh. Frølandsvatn er en utpreget gjennomstrømningsinnsjø (Kambestad & Johnsen 1990), og har store gruntområder i den (sør)vestre delen (mot utløpet) med en svært jevn dybde, trolig pga. en større løsmassefylling (fig. 2).

Det er to hovedinnløp, h.h.v. i nord (Storelvi), og i øst (Frølandselvi/Eikedalselvi) (fig. 2). Eikedalsvassdraget ned til Frølandsvatn er varig vernet mot kraftutbygging. Storelvi-greina er gjennomregulert, og vannet føres via Frøland kraftverk og ut i innsjøen i nord (jfr. Kambestad & Johnsen 1990, Bjerknes m. fl. 1998). I den (sør)vestre, grunne delen av innsjøen er dybden i midtpartiet 60-100 cm og det er mulig å vade tvers over. Her er det svært grunne banker på 60-80 cm på sørsida og ut omtrent til midten. Substratet på disse bankene er nærmest kvikksandaktig, med et 20-40 cm bløtt topplag med endel organisk materiale innblandet. På nordsiden er dybden ca 1 m, med noe fastere sandbunn. Mot utløpsosen går det en djupål langs norvestsida (mot tunnelen).

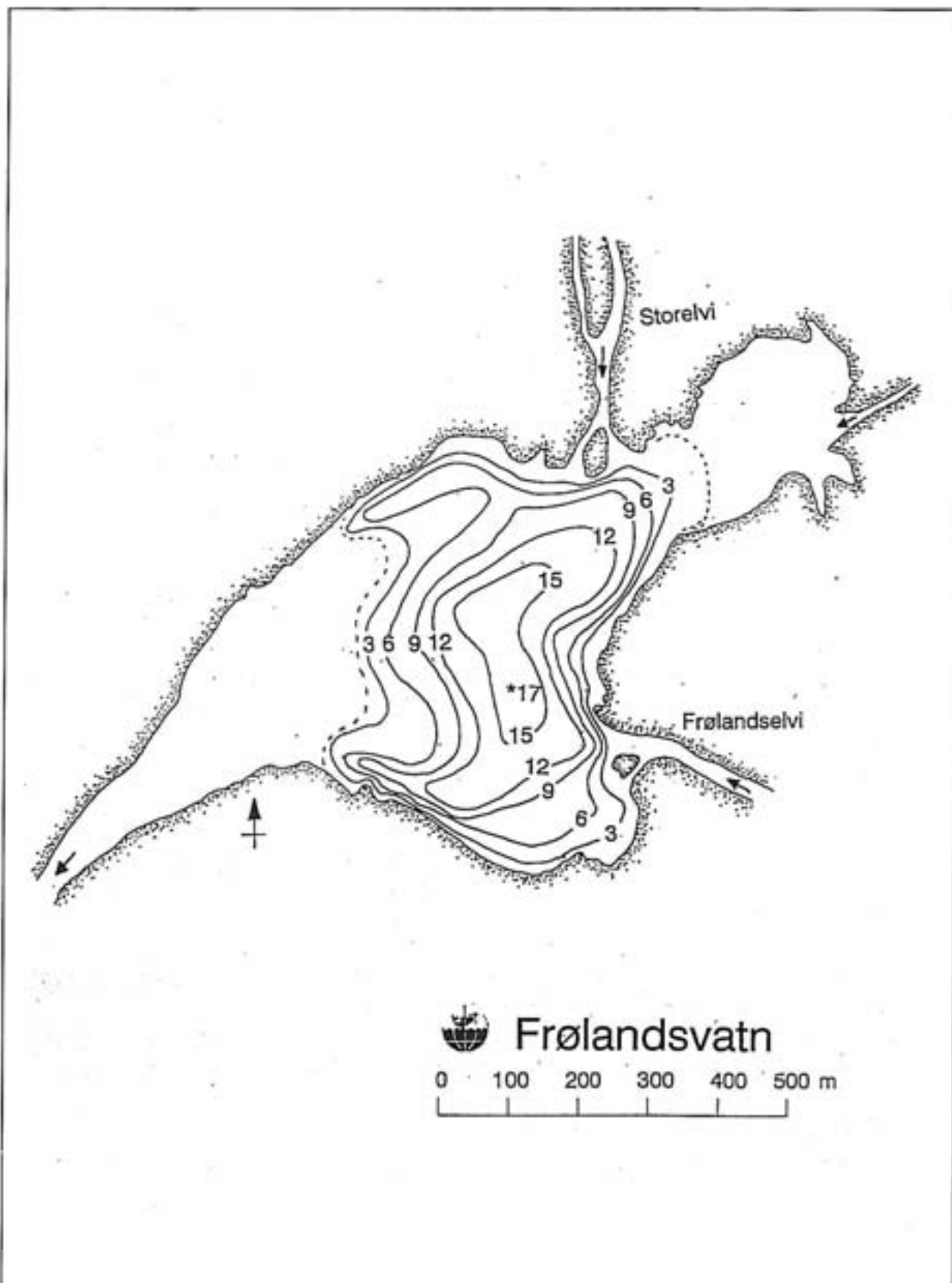
Frølandsvatn er relativt lite forsuret, med pH overveiende $> 5,4$. I perioden 1990-97 er det målt pH-verdier i intervallet 5,2-6,0 i innsjøen og rett nedstrøms (Kambestad & Johnsen 1990, Kålås m. fl. 1996, Bjerknes m. fl. 1997b). De to hovedinnløpene har litt forskjellig vannkvalitet, vannet fra utløp kraftstasjonen er noe surere enn vannet i Frølandselvi (pH 5,3-5,8 mot 5,8-6,1 i 1994-95). Frølandselvi/Eikedalsvassdraget har innslag av lettforvitrelige bergarter (i Kvamskogsområdet), og i denne greina er det ofte registrert pH verdier over 6,0. Frølandselvi (Eikedalsvassdraget) er noe påvirket av innsjøkalking etter 1995, uten at dette foreløpig ser ut til å påvirke vannkvaliteten inn i Frølandsvatn (Bjerknes m. fl. 1997b). Tyssevassdraget er generelt ionefattig, med overveiende lave kalsium-verdier (0,5-1,0 mgCa/l).

4.1 Artsdiversitet og dom inansforhold

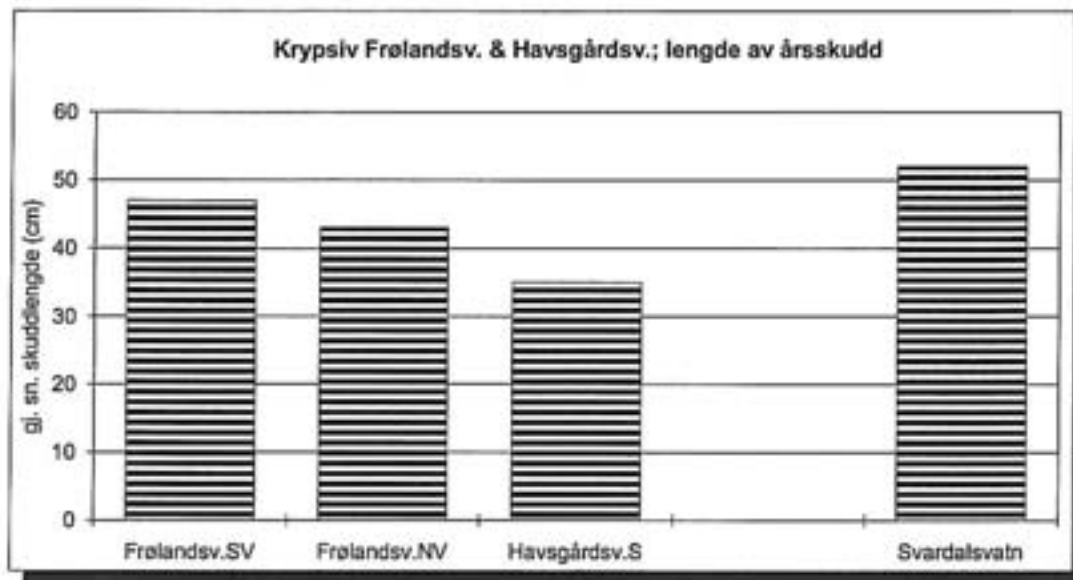
Vannvegetasjonen i Frølandsvatn var stedvis meget frodig og artsrik (tab. 2). Tilsammen ble det registrert 15 ekte vannplanter, herunder 10 karplanter og én kransalge. Dette er i Vestlandsmålestokk et høyt artstall, særlig tatt i betraktning den nokså begrensede undersøkelsen i 1996.

De nordlige og østlige delene hadde liten vegetasjonsdekning. På de grunneste bankene i den sørvestre delen var det derimot 70-80% vegetasjonsdekning. De vegetasjonsrike områdene var karakterisert av kompakte sater og matter av langskuddsvegetasjon og torvmose. Ute på bankene i midtpartiet opptrådte blandingsbestand med frodig, svakt strømfornete sater av h.h.v. krypsiv (*Juncus supinus* = *J. bulbosus*), tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*), klovasshår (*Callitriche hamulata*), samt flytebladsplanten flótgras (*Sparganium angustifolium*). Innimellom var det innslag også av kransalgen *Nitella flexilis/opaca* og undersjøiske torvmosematter av hornormose (*Sphagnum auriculatum*). I en bukt i nordøst ble det registrert en mindre bestand av kysttjønnaks (*Potamogeton polygonifolius*).

Krypsivbestandene i Frølandsvatn var preget av mye unge planter med relativt lange og frodige årsskudd. I en svak innbuktning på sørsida nær utløpet forekom endel nye (1-3 år gamle), opprette krypsivplanter med opp til 55 cm lange årsskudd (fig. 3). Strømløpssåtene i midtpartiet hadde også kraftige årsskudd (subsp. *nigritella* = *kochii* type). Noen få planter nådde overflaten ute i det grunne midtpartiet, men sammenfiltrede overflatematter var ikke utviklet her. En grunn bukt på nordøstsiden (ut for gårdene) hadde 100% vegetasjonsdekning med tette bestander av tusenblad og (innerst) krypsiv. Her dannet krypsivet sammenhengende overflatematter nær land (i dybdesonen 50-70 cm). Årsveksten var her litt mindre enn i sørvest (fig. 3).



Figur 2. Frølandsvatn med dybdeforhold. Store deler av den grunne plattformen i sørvest er vegetasjonsdekket. (Etter Kambestad & Johnsen 1990.)



Figur 3. Vekst av krypsiv (*Juncus supinus* = *J. bulbosus*) i Frølandsvatn i Samnanger (ikke kalket) og Havsgårdsvatn i Fusa (kalket) 1996. Vekstmålinger fra det kalkede Svardalsvatn i Gulen i Sogn & Fjordane er tatt med til sammenlikning. (Sistnevnte har tendenser til problemvekst med overflatematter med krypsiv.)

På enkelte grunne banker (særlig på nordvestsida) ble det registrert kortskuddsvegetasjon av evjesoleie (*Ranunculus reptans*) og sylblad (*Subularia aquatica*), samt spredte rosetter av mykt brasmegras (*Isoetes echinospora* = *I. setacea*). I marbakken mot djupålen i vest/nordvest var det også innslag av stivt brasmegras (*Isoetes lacustris*).

Horntorvmose dannet tette, frodige og omfangsrrike matter langs begge sider (særlig langs sørøstsida), gjerne med innslag av tusenblad, klovasshår, *Nitella* og litt krypsiv. Noen steder forholdsvis nær utløpet nådde disse torvmosemattene opp i overflaten (fra d = 60-80 cm). Torvmosemattene var grønne og usedvanlig frodige, med spesielt lange og kraftige årsskudd (opp til 20 cm lengde registrert flere steder).

På stein i innløpsområdene i nord og øst og langs land på sørøstsida ble det registrert endel mose, både av dusk- og kjølelvemose (*Fontinalis dalecarlica* & *F. antipyretica*) samt av bekketvebladmose (*Scapania undulata*) (jfr. tab. 2). Forekomstene indikerer en betydelig gjennomstrømning i innsjøen.

Bestander dominert av kransalgen *Nitella flexilis/opaca* ble særlig registrert i utløpsområdet og i en liten bukt på sørsida ved utløpet.

Innløpsområdet i (sør)øst ble bare undersøkt fra land, men ser ut til å ha liten vegetasjonsdekning.

Tabell 2. Vannplanter registrert i Frølandsvatn (tre første kolonner) og søndre del av Havsgårdsvatn 1996. Hyppighet angitt etter følgende skala: 1: sjelden; 2: spredt; 3: vanlig; 4: lokalt dominerende; 5: dominerer store deler av lokaliteten. Dominerende arter indikert i fet stil. Forsuringsfølsomme arter (etter Brandrud & Mjelde 1993) angitt med stjerne.

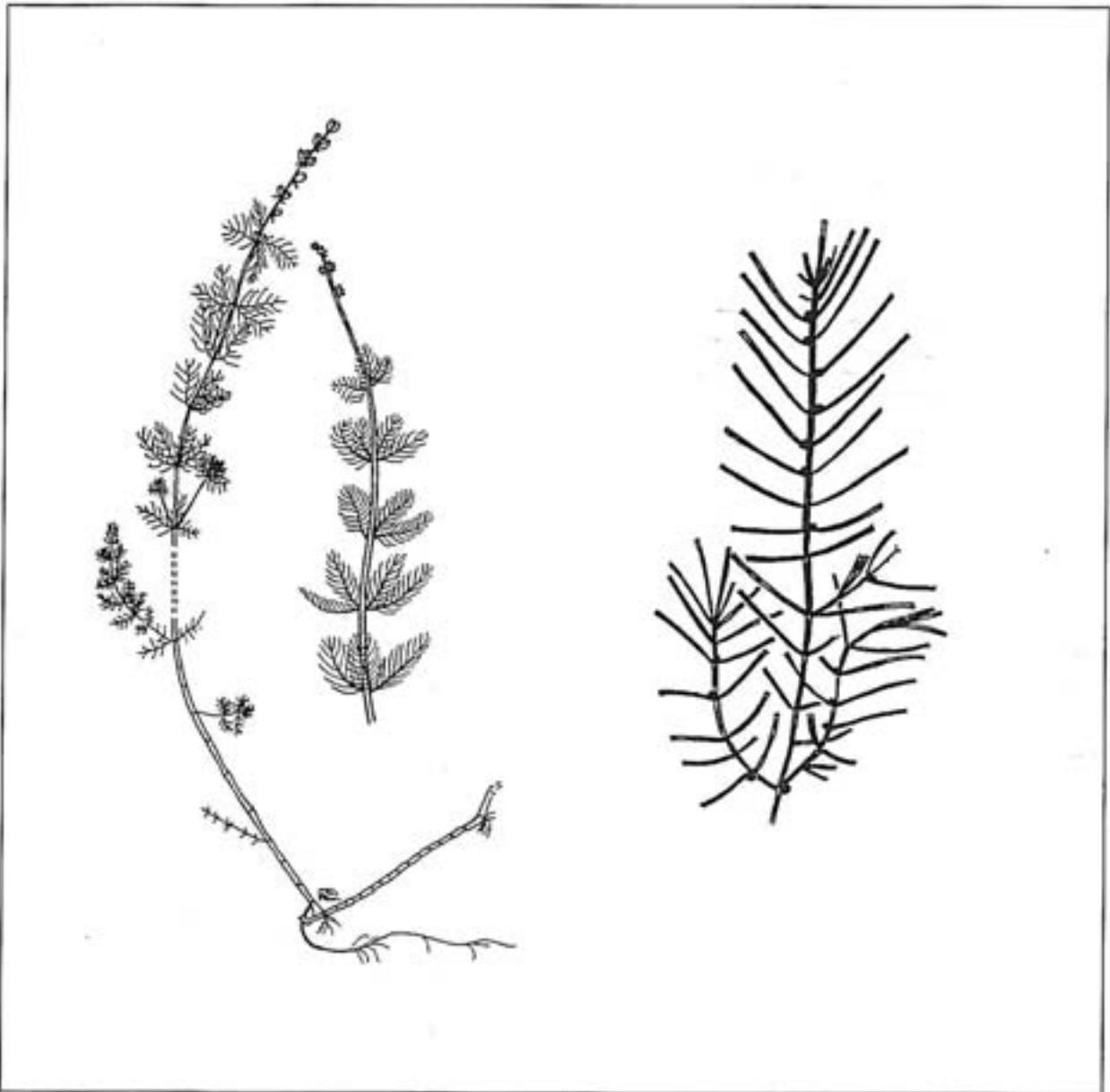
	SØ	NV	utlop	Hav.S
KORTSKUDDSPLANTER:				
mykt brasmegras <i>Isoetes echinospora</i> = <i>setacea</i>	2	3	-	2
stivt brasmegras <i>Isoetes lacustris</i>	-	2	-	3
tjønngress <i>Littorella uniflora</i>	-	-	-	2
botnegress <i>Lobelia dortmanna</i>	-	-	-	4
evjesoleie <i>Ranunculus reptans</i>	-	2	-	2
syblad <i>Subularia aquatica</i> **	-	2	-	-
LANGSKUDDSPLANTER:				
klovasshår <i>Callitriche hamulata</i> **	3	2	3	-
småvasshår <i>Callitriche palustris</i> **	-	1	-	-
krypsiv <i>Juncus supinus</i> = <i>bulbosus</i>	3	4	3	2
tusenblad <i>Myriophyllum alterniflorum</i> **	3	4	4	3
FLYTEBLADSPLANTER:				
hvit nøkkerose <i>Nymphaea alba</i>	-	-	-	2
kysttjønna <i>Potamogeton polygonifolius</i> **	-	2	-	-
flôtgrass <i>Sparganium angustifolium</i>	3	4	4	2
KRANSALGER:				
<i>Nitella flexilis/opaca</i> **	2	-	3	-
VANNMOSER:				
kjølelvemose <i>Fontinalis antipyretica</i> **	2	2	-	-
duskelvemose <i>Fontinalis dalecarlica</i> **	2	2	2	-
elvetrappemose <i>Nardia compressa</i>	-	-	-	2
bekketvebladmose <i>Scapania undulata</i>	2	2	-	-
horntorvmose <i>Sphagnum auriculatum</i>	4	3	4	-
Sum ant. vannplanter/karplanter (tot. 15/10)	10/5	14/10	7/4	10/9

4.2 Forsuringsfølsomme arter og behov for kalking

Frølandsvatn har et høyt artsmangfold av vannplanter, og et uvanlig stort innslag av forsuringsfølsomme arter som tusenblad, klovasshår, *Nitella* og elvemoser (*Fontinalis* spp.) (jfr. tab. 2). Tilsammen ble det registrert 8 forsuringsfølsomme arter av de totalt 15 registrerte vannplantene i innsjøen, dvs. mer enn 50% følsomme arter. Dette er i tråd med det som er funnet i Eksingedalsvassdraget, og er langt høyere enn det som finnes i forsurete vassdrag på Sørlandet. Både mangfold, frodighet og andelen forsuringsfølsomme arter indikerer en *intakt vannvegetasjon* som ikke er negativt påvirket av forsuring. Observasjoner i utløpsosen (Tysseelvi) og innløpsosen (Frølandselvi) tilsier at vassdraget videre oppover og nedover heller ikke er negativt påvirket av forsuring. De forsuringsfølsomme artene i Frølandsvatn er de samme som også er registrert i Evangervatnet i Vossovassdraget (Brandrud 1995).

Det er registrert forsuringsfølsomme arter i alle de undersøkte delene av innsjøen, men med en viss overrepresentasjon av de følsomme artene *Nitella* og kjølelvemose på sørsida, dvs. den delen som påvirkes av den beste vannkvaliteten (fra Frølandselvi). Disse variasjonene kan imidlertid også (delvis) skyldes variasjon i strøm- og bunnforhold mellom nord- og sørsiden. Forøvrig er innsjøen i vekstsesongen mest påvirket av den relativt gode vannkvaliteten fra den uregulerte Frølandselvi, da det på denne tiden går lite vann gjennom kraftverket.

Det er under utarbeidelse en kalkingsplan for Tyssevassdraget, hovedsakelig av hensyn til en truet laksestamme i Frølandselvi (Bjerknes m. fl. 1998). Den foreliggende undersøkelsen tilsier at Frølandsvatn *ikke* har noe behov for kalking når det gjelder hensynet til det botaniske mangfoldet (jfr. tilsvarende vurderinger for enkelte kalkede innsjøer i Sogn og Fjordane, Hobæk m. fl. 1996). Det samme ser ut til å gjelde Tysseelvi nedstrøms- og Frølandselvi oppstrøms Frølandsvatn. Også når det gjelder bunndyr er det registrert intakte samfunn med forekomst av de forventede, forsuringfølsomme artene i vassdraget, med forsuringindeks = 1 på de fleste stasjoner (Fjellheim & Raddum 1996). Tilsammen gir disse undersøkelsene et inntrykk av et *intakt biologisk mangfold i Tyssevassdraget*. Hensynet til bevaring av biologisk mangfold synes derfor ikke å være noe viktig argument for kalking i denne sammenheng.



Figur 4. Eksempler på forsuringfølsomme karplanter i Frølandsvatn. Vanlig tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*) (t.v.) og klovasshår (*Callitriche hamulata*). Fra Lid & Lid (1994).

4.3 Vurdering av vegetasjonsutvikling og tilgroing

Frølandsvatn skiller seg fra de fleste kalkede eller planlagt kalkede innsjøene på Vestlandet pga.:

- (i) Meget store arealer av gruntområder med dybde < 1 meter.
- (ii) Stor grad av gjennomstrømming.

I tillegg er innsjøen også påvirket av regulering som bl.a. bidrar til utjevnet vannstand og holder sjøen mer isfri om vinteren (jfr. Kambestad & Johnsen 1990). Alt dette gjør at innsjøen har *et meget betydelig potensiale for tilgroing* med probleplanter som krypsiv og hornormose. Frølandsvatn har forøvrig store likhetspunkter med de grunne gjennomstrømningsinnsjøene Molaugvatn (Frafjordsvassdraget) og Fotlandsvatn (Bjerkreimsvassdraget) som begge *har* et betydelig tilgroingsproblem med krypsiv og torvmose (Larsen m. fl. 1997, Walseng m. fl. 1997).

Grunnen til at Frølandsvatn har en relativt moderat vegetasjonsdekning synes å være fysiske begrensninger, dvs. is- og strømforhold. I glisne felter ute på de grunne bankene ble det flere steder observert erosjonsspor, og vegetasjonen er åpenbart i en finstemt balanse med is og strømerosjon. Det bekreftes fra kraftstasjonen at kraftverket ble manøvrert med lav vannføring i perioder vinteren 1995/96, og vegetasjonen kan dermed ha blitt utsatt for endel iserosjon.

Imidlertid ble det ved undersøkelsen i 1996 registrert følgende indikasjoner på en økende tilgroing langs land og i bukter de seineste årene:

1. Relativt lange og kraftige årsskudd samt enkelte overflatematter av krypsiv.
2. Usedvanlig lange og frodige årsskudd av hornormose.
3. Tette og åpenbart unge torvmosematter langs land.

Begge artene som synes å være i framgang (krypsiv og torvmose) er CO₂-planter, dvs. de er avhengige av CO₂ som sin karbon-kilde, og de er avhengige av høye CO₂-konsentrasjoner for å oppnå den type kraftige vekst som er registrert i Frølandsvatn. Dette indikerer at det har vært periodevis høye CO₂-nivåer i innsjøen de siste årene. Dette kan ha sammenheng med økende grad av (periodevis) forsuring og ustabil vannkvalitet de seinere årene. En viss blandings-effekt i innsjøen kan også spille en rolle. Innblanding av noe surere vann fra kraftstasjonen kan gi økt CO₂-dannelse.

Flere av de andre dominerende artene i innsjøen (tusenblad, klovasshår, trolig også *Nitella flexilis/opaca*) er avhengig av bikarbonat som karbonkilde, og stor frodighet av disse artene, indikerer at innsjøen også (i hvertfall i perioder) holder en viss alkalinitet, noe som også bekreftes av vannkjemiske data (Kålås m. fl. 1996).

De frodige bestandene av krypsiv og hornormose som ble registrert i 1996 synes å være resultat av minst to år med gunstige vekstvilkår, og det virker derfor lite sannsynlig at den relativt begrensede kalkingen i nedbørfeltet fra 1995 skal ha hatt noen betydning.

Ifølge lokalkjente har det alltid vært mye vegetasjon i Frølandsvatn, og det kan tenkes at den kraftige og (stedvis) økende veksten som ble observert i 1996 er en del av naturlige svingninger. Vegetasjonsdekkets utbredelse og tetthet styres sannsynligvis i stor grad av hydrologiske forhold, og det kan godt tenkes at flom og iserosjon år om annet vil hindre videre vegetasjonsetablering. Vekstvilkårene for f.eks. krypsiv kan dessuten trolig variere en god del fra år til år i slike vassdrag med svakt sur, ustabil vannkvalitet på Vestlandet. Undersøkelsene i Eksingedalsvassdraget indikerer dette (se kpt. 3). Men sistnevnte undersøkelser tilsier også at 1997 var et godt år for krypsivvekst på Vestlandet, og det er grunn til å anta at dette også gjelder Frølandsvatn, som dermed kan ha hatt (minst) tre sesonger på rad med kraftig vekst.

Hvis den mer eller mindre nyetablerte og frodige planteveksten langs land og i buktene på Frølandsvatn gradvis fortettes og sprer seg utover, vil dette bidra til et mer organisk substrat som i sin tur gir bedre vekstgrunnlag. Det skal sannsynligvis lite til før den finstemte balansen mellom oppbygging og nedbrytning (gjennom erosjon) av plantedekket forrykkes, slik at store deler av innsjøen kan koloniseres. I så fall kan en få forhold som minner om Fotlandsvatnet i Bjerkreimsvassdraget, der store deler av innsjøen og mye av vannsøylen er fylt opp av tett krypsiv-torvmosevegetasjon.

4.4 Vurdering av mulige effekter av (full)kalking

Det er dokumentert endel problemvekst med krypsiv etter kalking, hovedsakelig fra Sørvestlandet. Dette gjelder imidlertid overveiende innsjøer som er (i) direkte kalket, med en kalk-effekt både i sediment og vannfase og (ii) påvirket av perioder med kraftig refsuring (Brandrud 1995, 1996). Ved fullkalking av den lakseførende strekningen av Tyssevassdraget, vil Frølandsvatn kun bli indirekte kalket (jfr. Bjerknes m. fl. 1997b), og det kan synes mindre sannsynlig at kalkingen vil forårsake kraftige vekstøkninger her.

Imidlertid er det en viss usikkerhet knyttet til slike grunne gjennomstrømningsinnsjøer etter kalking. Det er nylig registrert en annen innsjø på Vestlandet med liknende topografi og hydrologi (Molaugvatn i Frafjord) som har hatt en kraftig økning av krypsiv og undersjøisk torvmose etter indirekte kalking (Larsen m. fl. 1997). Her synes kalkingen - trolig med episoder av betydelig overkalking - å være den eneste, mulige forklaringen på tilgroingen. I dette tilfellet er det tenkelig at innsjøen har fått vannmasser med høye CO₂-nivåer som følge av en blanding av (over)kalket vann med ikke-kalket, surt vann fra sidevassdrag. En tilsvarende CO₂-blandings-effekt kan også tenkes for Frølandsvatn.

Molaugvatn i Frafjord har etter kalking hatt en like kraftig tilgroing med undersjøisk torvmose som med krypsiv (Larsen m. fl. 1997). Dette er normalt ikke tilfelle i de direkte kalkede innsjøene, som like gjerne har en nedgang som en (svak) økning av torvmose etter kalking (Brandrud 1995). I motsetning til krypsivet tar torvmosen opp all sin næring fra vannfasen (og ikke noe fra sedimentet), og dessuten kan plantene bli hemmet av direkte påleiring av kalk. Det kan derfor se ut som en kraftig torvmose-ekspansjon i større grad enn krypsiv-ekspansjon kan være knyttet til indirekte kalkede lokaliteter. I tillegg synes horn-torvmose generelt å ha et optimalt habitat i grunne gjennomstrømningsinnsjøer i vestlige strøk av Norge, og det kan se ut som det bare er på Vestlandet denne kan danne problemvekst (jfr. bl.a. Eksingedalsvassdraget, Brandrud m. fl. 1992). Horn-torvmosen står sterkt, - og synes å ekspandere noe i Frølandsvatn, og har sannsynligvis et like stort tilgroingspotensiale som krypsiv etter kalking.

En viktig forskjell på Molaugvatn i Frafjord og Frølandsvatn kan være at vekstforholdene i sistnevnte i større grad styres av hydrologiske forhold, og sannsynligheten for en kraftig ekspansjon av krypsiv og torvmose etter kalking synes derfor mindre i sistnevnte, - i hvertfall i et noe lengre tidsperspektiv. Videre kan det se ut til at et element av overkalking kan ha vært utslagsgivende i Molaugvatn.

Hvis Tyssevassdraget kalkes moderat, burde sjansene for en omfattende tilgroing av vannplanter etter kalking være små. Eksemplet med Molaugvatn viser imidlertid at vi ennå vet for lite om vegetasjons-effekter av kalking på grunne gjennomstrømningsinnsjøer på (Sør-)Vestlandet, og at vi vet lite om hvilke betingelser som skal til for eventuell problemvekst. Det er derfor (fortsatt) vanskelig å spå noe om vegetasjonsutvikling etter kalking i slike systemer.

4.5 Kalkingsstrategi

Vannvegetasjonen i Frølandsvatn har i utgangspunktet gunstige vekstvilkår, men holdes sannsynligvis i sjakk av hydrologiske forhold. Det antas som mest sannsynlig at en fullkalking av vassdraget ikke vil endre dette bildet dramatisk. Det er imidlertid en risiko for økt plantevekst/problemvekst. For mest mulig å kunne unngå tilgroing, er følgende hensyn viktige i en kalkingsstrategi; (i) holde lavest mulig kalkdoser, (ii) unngå enhver form for overkalking (f.eks. ved innkjøring av doserere), og (iii) unngå reforsuring. Reforsuring kan unngås ved å kalke opp sidevassdrag. De overnevnte hensynene blir stort sett forsøkt ivaretatt i dagens kalkingsstrategi.

Undersøkelsen av Molaugvatn i Frafjord (Larsen m. fl. 1997) indikerer at selv indirekte kalking og kalkdoserere *kan* føre til økt plantevekst av krypsiv og torvmose på Vestlandet. Det blir derfor viktig å overvåke vegetasjonsutviklingen i grunne gjennomstrømningsinnsjøer av type Frølandsvatn og Molaugvatn. Det bør foretas en jevnlig vegetasjonsovervåking av Frølandsvatn.

5. Havsgårdsvatn

Havsgårdsvatn er en av meget få innsjøer i Samnanger-Fusa området som har vært kalket over en lengre periode, med årlig båtkalking siden 1990. Innsjøen var før kalkingen markert sur med pH på 4,8 i 1988 (E. Kleiven, pers. medd.). Etter kalking har pH variert fra 5,4 til 5,8, og etter 1995 har den ligget på 6,2. Innsjøen ble undersøkt bl.a. med tanke på en mulig krypsiv-ekspansjon i innsjøer på Vestlandet etter kalking. Innsjøen ble undersøkt på sørsiden.

Havsgårdsvatn har noe brunt vann, men fast bunn med småstein, sand og grus, samt noe svaberg i strandsonen.

Det ble funnet lite krypsiv (*Juncus supinus* = *J. bulbosus*) i Havsgårdsvatn. Vannet er preget av kortskuddsvegetasjon, slik det er typisk for ionefattige vestlandssjøer. Glisne bestander av botnegras (*Lobelia dortmanna*), eventuelt i blanding med stivt brasmegras (*Isoetes lacustris*) danner enger nesten fra land. Innimellom opptrer flekker med tjønngras (*Littorella uniflora*). I dypere områder (fra omtrent 1,5-2 meters dyp) opptrer spredte rosetter av stivt brasmegras. Ellers ble det hist og her observert små forekomster og enkelt-planter av krypsiv, tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*) og flótgras (*Sparganium cf. angustifolium*). I en liten bukt i sørvest (der veien kommer ned til vannet) ble det registrert en noe større forekomst av tusenblad.

Spredte krypsivplanter opptrådte regelmessig, gjerne omkring 1 meters dybde. Noen høyvokste, isolerte planter kan indikere unge bestander, men aggressiv vekst ble ikke observert, og ingen planter nådde opp til overflaten. Plantene var tynne, og med moderat til liten vitalitet. Årskudd av de lengste plantene ble målt til 30-40 cm (fig. 3).

Det ble registrert relativt mye av rødalgen slinke (*Batrachospermum vagum* coll.) i grunne områder. Denne arten liker brunt og surt vann, og kan indikere refsuring i strandsonen. Det ble også registrert rikelig av den forsuringbegunstigete elvetrappemose (*Nardia compressa*) på stein i strandsonen. Denne indikerer tilsvarende forhold som slinke, men moseduskene var gjennomgående uten blader, noe som kan tyde på redusert vitalitet etter kalking.

5.1 Effekter av kalking

Siden innsjøen ikke er undersøkt før kalking må en vurdering av effekter basere seg på antagelser. Som hovedinntrykk synes vannvegetasjon stabil, og i liten grad i endring.

Årsvæksten av krypsiv indikerer at kalkingen har hatt liten eller ingen effekt på vekst av krypsiv i Havsgårdsvatn, og planter av den typen som ble registrert i 1996 (fig. 3) kan meget vel ha forekommet også tidligere i innsjøen. Resultatene fra Havsgårdsvatn styrker inntrykket fra undersøkelser i Sogn & Fjordane, at krypsivet har et bredt spekter av respons på kalking på Vestlandet (Hobæk m. fl. 1996), og at økt vekst/problemvekst med krypsiv heller er unntaket enn regelen. Forekomstenes utseende og alder tyder ikke på kraftigere vekst i Havsgårdsvatn tidligere på 1990-tallet.

Det ble registrert én forsuringfølsom art i innsjøen; tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*). Med den markerte forsuringen innsjøen hadde før kalking, er det usikkert om denne arten var tilstede da. Det virker iallefall sannsynlig at arten har økt sine forekomster etter kalking. Havsgårdsvatn ligger øverst i nedbørfeltet, og det er trolig at re-etablering av enkelte forsuringfølsomme arter vil kunne ta endel tid. Trolig er heller ikke mange følsomme arter hjemmehørende i denne innsjøen. Det forekommer fortsatt forsuringbegunstigete (acidofile) arter i Havsgårdsvatn.

6. Litteratur

- Bjerknes, V., Brandrud, T.E., Fjellheim, A., Kaste, Ø., Lindstrøm, E.-A., Raddum, G. & Skiple, A. 1997. Eksingedalsvassdraget. [i:] Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. Direktoratet for naturforvaltning notat 1997-1: 243-253. Trondheim.
- Bjerknes, V., Åtland, Å., Hindar, A. & Lyse, A.A. 1997b. Kalkingsplaner for Romarheimselva i Lindås, Samnangervassdraget i Samnanger og Uskedalselva i Kvinnherad. NIVA-notat. V 97/9.
- Brandrud, T.E. 1995. Effekter av kalking på vannvegetasjon og krypsivvekst. [i:] FoU-virksomhet kalking. Årsrapporter 1994. Direktoratet for naturforvaltning notat 1995-9: 151-167. Trondheim.
- Brandrud, T.E. 1996. Vegetasjonsproblemer i ferskvann etter kalking. [i:] Halvorsen, G. (red.) Konsekvenser av kalking i skog og vatn. Bø i Telemark 14.-15. november 1995. Seminarrapport. Norsk Limnologforening, rapp.: 96-105.
- Brandrud, T.E. & Mjelde, M. 1993. Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. Naturens Tålegrenser rapp. 29.
- Brandrud, T.E., Mjelde, M. & Lindstrøm, E.A. 1992. Tilgroing med vannvegetasjon i terskelbasseng i Eksingedalselva, Hallingdalselva og Skjoma. Omfang, årsaker og tiltak. NIVA-rapp. 2826.
- Brandrud, T.E. & Aagaard, K. (red.) 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann- og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. En kunnskapsstatus. NINA temahefte 13-97/NIVA rapp. 3734-97, Trondheim.
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1996. Bunndyrundersøkelser i forbindelse med vassdragskalking i Hordaland. LFI, Zool. inst. Univ. Bergen rapp. nr. 91.
- Hobæk, A., Bjerknes, W., Brandrud, T.E. & Bækken, T. 1996. Evaluering av fullkalkede innsjøer i Sogn og Fjordane: Fiskebestander, makrovegetasjon, bunndyr og dyreplankton. NIVA-rapp. 3385.
- Kambestad, A. & Johnsen, G. 1990. Tilstandsbeskrivelse for Eikedalsvassdraget, i Kvam og Samnanger i Hordaland. Rådgivende Biologer as. rapp 38, Bergen.
- Kaste, Ø., Hindar, A., Skiple, A. & Henriksen, A. 1996. Tiltak mot forurensning av Ekso. Kalkingsplan, samt prognose for kalkbehov basert på tålegrenseoverskridelser fram mot år 2000. NIVA-rapp. 3462, Oslo.
- Kålås, S., Bjørklund, A.E. & Johnsen, G. 1996. Kalkingsplan for Samnanger kommune 1995. Rådgivende Biologer as. rapp 172, Bergen.
- Larsen, B.M., Løvhøiden, F., Brandrud, T.E. 1997. Frafjordelva. [i:] Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. Direktoratet for naturforvaltning notat 1997-1: 163-172. Trondheim.
- Lid, J. & Lid, D.T. 1994. Norsk flora. 6. utg. Det Norske Samlaget, Oslo.
- Walseng, B., Brandrud, T.E., Kaste, Ø., Larsen, B.M. & Lindstrøm, E.A. 1997. Bjerkreimsvassdraget. [i:] Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. Direktoratet for naturforvaltning notat 1997-1: 135-150. Trondheim.