

<p style="text-align: center;">Botaniske undersøkelser av kalkede myrområder ved Fjorda, Gran og Jevnaker kommuner. Effekter av rekalking</p>	<p>Rapportnr.:</p> <p>1/01</p>
	<p>Dato:</p> <p>01.10.01</p>
<p>Forfatter(e): Harald Korsmo, Tor Erik Brandrud og Vegar Bakkestuen</p>	<p>Faggruppe:</p> <p>Naturforvaltning</p>
<p>Prosjektansvarlig: Ola Hegge</p>	<p>Område:</p> <p>Fjorda, Gran og Jevnaker</p>
<p>Finansiering: Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen</p>	<p>Antall sider: 19</p>
<p>Emneord: Myr, terrengkalking, vegetasjonsanalyser, torvmoseskader</p>	<p>ISSN-nummer:</p> <p>0801-8367</p>
<p>Sammendrag:</p> <p>Det er foretatt vegetasjonsundersøkelser av virkningen av gjentatt myrkalking med lavdose kalksteinsmel (ca 2 tonn/ha) i Fjorda-området vest for Randsfjorden. Transektanalyser ble tidligere foretatt etter førstegangs kalking, og disse ble re-analysert 1995, ett år etter andregangs kalking. Området består av fattigmyr, med innslag av noe rikere myr (intermediærmyr). <i>Det ble registrert omfattende skader på torvmoser etter førstegangskalkingen i 1994. Disse var forsterket etter andregangskalkingen, slik at det med noen få unntak ikke ble registrert levende torvmoser i analyserutene, og det var begynt å oppstå erosjonfelter i myrtorva. Disse skadene er vurdert å være mer eller mindre irreversible. Som en følge av torvmose-avdøingen er det skjedd en økning av pionér-pregete bladmoser, samt av enkelte gras/halvgras og lyngarter. Pågående norske undersøkelser viser langt større torvmoseskader ved lavdose-kalking med kalksteinsmel enn ved grovkornet dolomitt-kalking. Videre viser foreliggende undersøkelse at gjentatte myrkalkinger forsterker skadene betydelig. Årsaken til skadenes omfang er diskutert og mulige langtidsvirkninger ved gjentatt kalking er vurdert med støtte i andre undersøkelser.</i></p>	
<p>Referanse: Korsmo, H., Brandrud, T. E. & Bakkestuen, V. 2001. Botaniske undersøkelser av kalkede myrområder ved Fjorda, Gran og Jevnaker kommuner. Effekter av rekalking. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen, Rapp. nr. 1/01, 19 s.</p>	

Fylkesmannen i Oppland
Miljøvernavdelingen

Kontoradresse:
 Storgt. 170
 2626 Lillehammer

Postadresse:
 2626 Lillehammer

Elektronisk post:
 Internett: postmottak@fm-op.sri.telemax.no
 X400: S=postmottak;O=fm-op;P=sri;A=telemax;C=no;

Telefon: 61 26 60 00
 Telefaks: 61 26 61 67

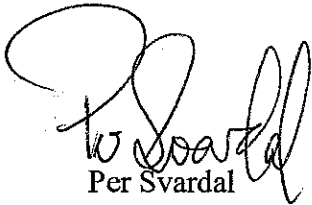
Forord

Fjorda har vært plukket ut som et særlig interessant kalkingsprosjekt fordi det har vært ansett som typisk for mange forsurede innsjøer på Østlandet. Det har derfor blitt viet særlig oppmerksomhet når det gjelder utprøving av metodikk og oppfølging med forskningsaktiviteter.

Terrengkalking har vært en lite utprøvd kalkingsmetode, som ble forsøkt i Fjorda første gang i 1990. I tillegg til en oppfølging av terrengkalkingens kjemiske og biologiske effekt i innsjøsystemet er det gjennomført botaniske undersøkelser for å få kunnskaper om denne kalkingsformens konsekvenser for vegetasjonen på de terrengkalkede myrene. En slik undersøkelse ble første gang gjennomført i 1994, 4 år etter første gangs kalking av myrene. Undersøkelsen som rapporteres her er en oppfølgende undersøkelse som ble gjennomført i 1995, ett år etter andre gangs kalking av myrene.

Undersøkelsen er gjennomført av Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) på oppdrag fra fylkesmannen i Oppland.

Lillehammer 1. oktober 2001



Per Svardal
Avdelingsdirektør



Ola Hegge
Overingeniør

NINA's forord

Endel myrer i Fjordaområdet i Gran ble kalket i 1990 og re-kalket i august 1994. NINA har tidligere på oppdrag av Fylkesmannen i Oppland foretatt en undersøkelse av myrvegetasjonen etter den første kalkingen (Korsmo m. fl. 1996). Det ble den gang registrert betydelige skader på torvmoser. Den foreliggende rapporten er en oppfølging av den første undersøkelsen, og omhandler effekter av andregangskalkingen i 1994.

Feltarbeidet er utført av Harald Korsmo NINA, nå Høyskolen i Gjøvik og Arne Pedersen, Oslo. Førstnevnte og Tor Erik Brandrud, NINA har hatt hovedansvaret for skriving av rapporten, mens den statistiske behandlingen er utført av Vegar Bakkestuen, NINA. Fiskeforvalter Ola Hegge hos fylkesmannen har vært behjelpelig med å framskaffe relevante opplysninger og bakgrunnsmateriale i forbindelse med prosjektet. Vi takker for godt samarbeide.

Oslo, april 2001

Harald Korsmo
prosjektleder

Tor Erik Brandrud

Innholdsfortegnelse	side
Sammendrag	5
1 Innledning	6
1.2 Undersøkellesområdet	6
2 Materiale og metoder	8
2.1 Feltmetodikk	8
2.2 Behandling av vegetasjonsdata	9
3 Resultater	10
3.1 Endringer étt år etter andre gangs kalking	10
3.2 DCA-ordinasjon	12
3.3 Skader på moser	13
4 Diskusjon	14
4.1 Effekter av kalking med kalkmel versus kornet dolomitt-kalk	14
4.2 Endringer ved andregangs kalking	15
4.3 Generelt om skader på myr og torvmoser	16
4.4 Eventuelle videre undersøkelser	
5 Litteratur	17
Vedlegg	18
Vedlegg 1 Analyserutenes plassering langs transektene	
Vedlegg 2 Rådatatabell. Artenes smårutefrekvens	

Sammendrag

Det er foretatt vegetasjonsundersøkelser på 5 myrer i Fjorda-området vest for Randsfjorden for å studere virkningen av gjentatt myrkalking. Det er tidligere foretatt transektundersøkelser etter førstegangs kalking, og disse transektanalysene ble re-analysert sommeren 1995, étt år etter andregangs kalking. Området er kalket med lavdose kalksteinsmel (ca 2 tonn/ha).

Området består av fattigmyr, med innslag av noe rikere myr (intermediærmyr).

Det ble registrert omfattende skader på torvmoser etter førstegangskalkingen i 1994. Disse var forsterket etter andregangskalkingen, slik at det med noen få unntak ikke ble registrert levende torvmoser i analyserutene, og det var begynt å oppstå erosjonfelter i myrtorva. Endringene etter andregangskalking er med bakgrunn i erosjonsskadene vurdert å være mer eller mindre irreversible.

Som en følge av torvmose-avdødingen ble det registrert en signifikant økning av pionér-pregete bladmoser, samt en signifikant økning av enkelte gras/halvgras og lyngarter.

Pågående norske undersøkelser, sammenholdt med den foreliggende, viser langt større torvmoseskader ved lavdose-kalking med kalksteinsmel enn ved grovkornet dolomitt-kalking. Store skader ved bruk av kalkmel er også dokumentert fra Sverige. Videre viser foreliggende undersøkelse at gjentatte myrkalkinger forsterker skadene betydelig.

Årsaken til skadenes omfang er diskutert og mulige langtidsvirkninger ved gjentatt kalking er vurdert med støtte i andre undersøkelser.



1 Innledning

Fjorda utgjør et rikt forgreinet innsjøsystem på grunnfjellsvidda på vestsiden av Randsfjorden. Området har lenge vært preget av forsuring, med reduksjon i fiskebestanden (Sevaldrud & Muniz 1980, Sevaldrud & Hegge 1987). Fjorda har på denne bakgrunn vært et prioritert kalkingsobjekt i Oppland. I den nordvestre delen ble kalk tilført første gang i 1985 (Hindar 1994).

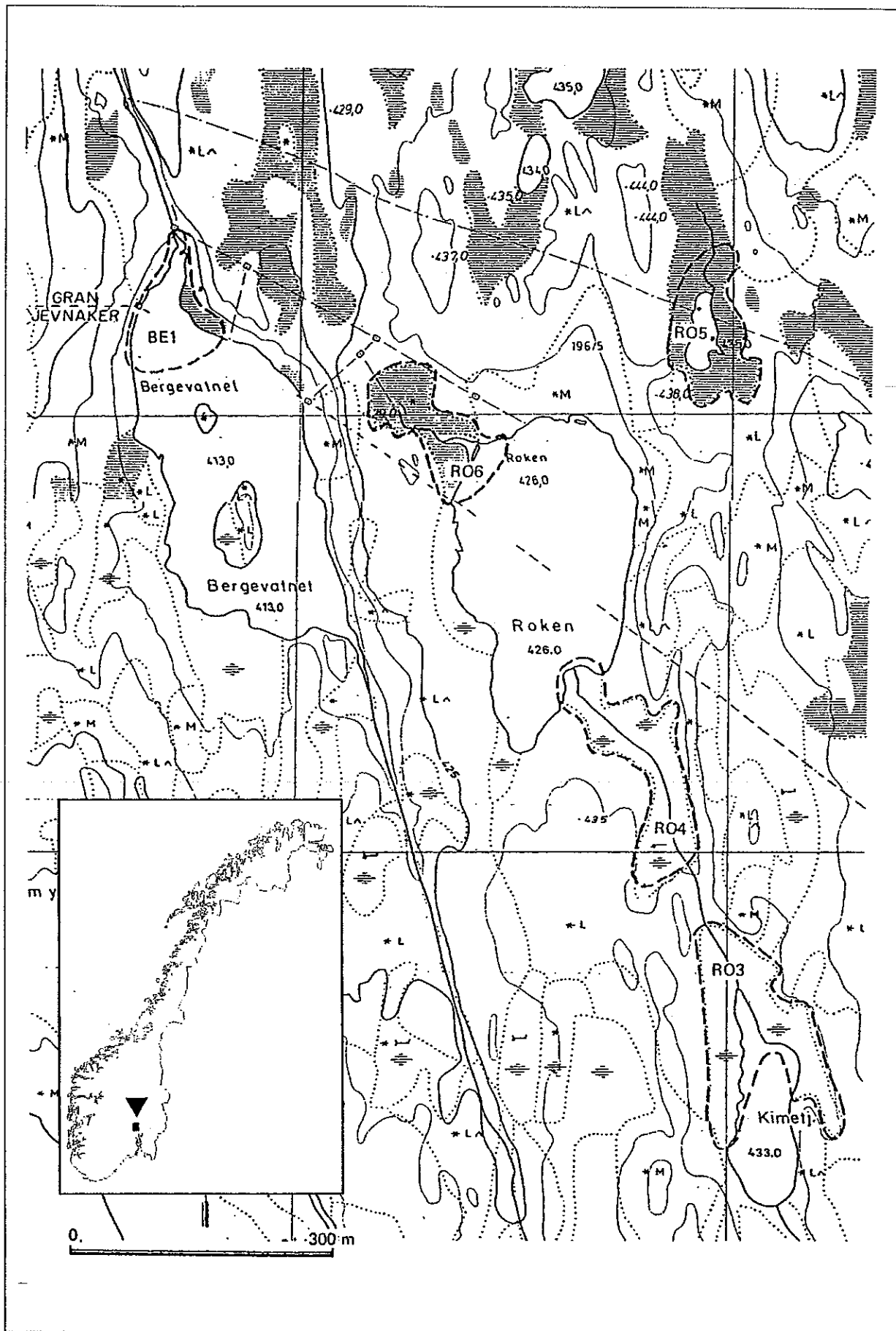
Terrengkalking/myrkalking gir en lengre og mer stabil forbedring av vannkvaliteten enn ved kalking direkte i vannmassene. Direkte kalking kan være aktuelt for å øke pH raskt i et vann som er sterkt forsuret, mens vedlikeholdskalking i myr er mest hensiktsmessig for å gi en bedre langtidsvirkning, ved at bufferkapasiteten i myra holder lenger. Etter kalking avgir myra over lang tid kationer til nedenforliggende vannforekomster. Dessuten er terrengkalking/myrkalking velegnet for å dempe og avgifte akutte og kraftige surstøt i f. m. snøsmelting eller sjøsaltepisoder som genererer kraftig syre. Terrengkalking, herunder myrkalking har i det seinere i økende grad vært forsøkt som et avbøtende tiltak mot sur nedbørs virkning på fiskebestander i Norge (se f. eks. Direktoratet for naturforvaltning 1992, 2001 Hindar 1994, Høiland & Pedersen 1994, Brandrud 2000).

I 1990 ble det spredt 67 tonn kalksteinsmel (CaCO_3) på et begrenset areal i fire vann med tilstøtende myrer sør for Haukfjorden i Gran og Jevnaker kommuner for å avsyre og avgifte det nedenforliggende arealet (dvs. hindre tilførsel av giftig aluminium).

Myrene fikk en lav dose kalk tilsvarende omtrent 2 tonn/ha. Sommeren 1994 ble det utført vegetasjonsøkologiske undersøkelser i transekter med permanent oppmerkede analyseruter, med tanke på å studere mulige effekter av kalkingen i 1990 (Korsmo et al. 1996). Den foreliggende rapporten omhandler re-analyse av disse rutene i 1995, og presenterer tilstanden i vegetasjonen ett år etter andregangskalking. Det er seinere foretatt en tredje kalking av området i 2000.

1.2 Undersøkellesområdet

Kalkingsfeltet ligger i et utstrømningsområde som går ned til Haukfjorden i nord (**fig. 1**). Området ligger mellom 413 og 435 m o.h. og utgjør Roken-feltene RO3-RO6. Berggrunnen i området består av grunnfjell av granodiorittisk, migmatittisk gneis med liten bufferkapasitet mot forsuring (Sigmond et al. 1984). Viddelandskapet utgjør det gamle prekambriske peneplanet, med fjordsystemet i et nettverk av sprekkesoner. For nærmere beskrivelse av området, se Hindar (1994) og Korsmo et al. (1996).

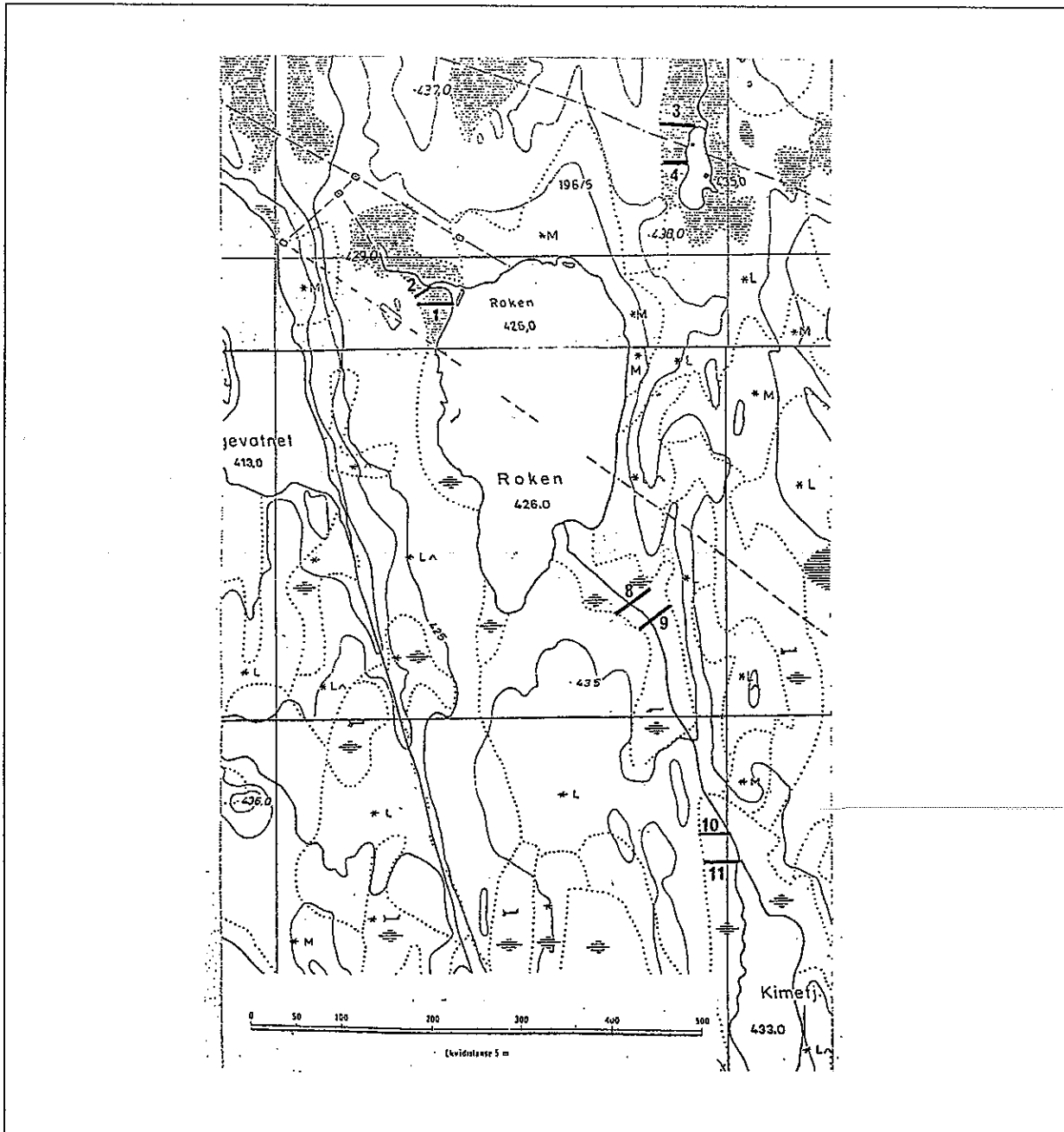


Figur 1. Kart over tiltaksområdet med kalket myr sør for Fjorda (fra Hindar 1989).

2 Materiale og metoder

2.1 Feltmetodikk

Myrvegetasjonen er analysert langs 8 permanent merkede transekter (**fig. 2, Vedlegg 1**). Ruteplassering og analysemetode er beskrevet utførlig i Korsmo et al. (1996). I forhold til den første undersøkelsen er 3 (av i alt 11) transekter tatt ut og ikke re-analysert (transekt nr 5-7; rute 31-45, jfr. **Vedlegg 1**), pga. usikker status m.h.p. kalking. Transektene er plassert med tanke på å få med mest mulig av variasjonsbredden i myrvegetasjonen. De fleste transektene omfatter fattigmyr, men transekt 8 og 9 omfatter også endel noe rikere intermediær myr langs en bekk (**fig. 2**). Analyserutenes plassering er vist i **Vedlegg 1**.



Figur 2. Plassering av de undersøkte transektene. Transekt 1-4 og 10-11 er fattigmyr, mens transekt 8-9 omfatter også endel noe rikere intermediærmyr.

I hver av 2 x 2 m storrutene langs transektene (**Vedlegg 1**) ble det re-analysert i to mesoruter på 0,5 x 0,5 m. Hver mesorute var delt i 4 x 4 småruter (mikroruter). Antall forekomster i mikrorutene er angitt for hver art som artens smårutefrekvens, og nyttes i tillegg til artens prosentvise dekning som mål på kvantitativ mengdeangivelse.

Vegetasjonsanalysene ble utført juni 1995. Artenes smårutefrekvens i analyserutene er vist i **Vedlegg 2**.

2.2 Behandling av vegetasjonsdata

Vegetasjonsanalysene er utført slik at de gir et bilde av situasjonen i 1995 ca ett år etter andregangs kalking. Hensikten var å se om det hadde skjedd forandringer i de samme analyserutene, om frekvensfordeling og dekning har endret seg i forhold til utgangssituasjonen før kalkingen i 1994. Det ble gjennomført en ordinasjonsanalyse (DCA) etter standard metode som gjennomføres bl.a. i f. m. terrestrisk naturovervåking og ulike terrengkalkingsprosjekt.

Endringer i artssammensetning, DCA-ordinasjon

DCA-ordinasjonen er utført ved hjelp av programpakken CANOCO 4 (ter Braak & Smilauer 1998). Det ble benyttet detrending med segmenter og ikke-lineær reskalering av ordinasjonsaksene, for å hindre negativ bue-effekt og kant-effekt. Aksene blir da skalert i såkalte standardavvik-enheter (SD-enheter). Avstanden mellom rutenes posisjoner i ordinasjonsdiagrammet angir grad av ulikhet mellom rutene.

Arter med lav frekvens i totalmaterialet kan bidra til støy (bias) eller opptre som avvikere (outliers) i ordinasjonen, fordi de kan representere tilfeldige forekomster som gir liten informasjon om de økologiske forholdene i ruta. Slike arter er gitt mindre vekt i ordinasjonen ved hjelp av standard nedveiingsprosedyrer i programpakken BDP, Biological Data Program/PC (Pedersen 1988).

Analyserutene fra tiltaksfelter og referansefelter fra begge analyseår ble benyttet samtidig i samme DCA-ordinasjon (totalt 140 analyseruter). Hver rute er således behandlet to separate analyseenheter: en basert på registreringene i 1994 og en i 1995. Dersom det har skjedd endringer i flere arters mengde, som respons på endringer i en eller flere økologiske faktorer, vil flere analyseruter i ordinasjonsdiagrammet flytte seg i samme retning, og hver enkelt rutes endring i ordinasjonsscore kan således benyttes som mål på grad av endring av vegetasjonen. DCA-ordinasjon er utført både på % dekningsdatasettet og på frekvensdatasettet. Endringer i artssammensetning ble vurdert ved hjelp av en tosidig Wilcoxon ettutvalgstest for "paired samples" hvor nullhypotesen er at median forflytning av rutene er lik null.

Analyse av endringer i artsmengder

Hvorvidt endringer i arters smårutefrekvens og prosent dekning i analyseruta fra 1994 til 1995 var statistisk signifikante, ble testet ved tosidig Wilcoxon ettutvalgstest for "paired samples". Nullhypotesen i denne testen er at artens mediane smårutefrekvens ikke er endret. Wilcoxon-testene ble utført i SPSS.

3 Resultater

De undersøkte transektene representerer overveiende fattigmyr (fattig jordvannsmyr) med innslag av intermediær myr(kant) og ekstremfattige tuer av ombrotrof karakter (regnvannsmyr). De dominerende artene i materialet var torvull (*Eriophorum vaginatum*) og starrartene trådstarr (*Carex lasiocarpa*), dystarr (*Carex limosa*) og flaskestarr (*Carex rostrata*), samt lyngartene kvitlyng (*Andromeda polifolia*), tranebær (*Oxycoccus quadripetalus*) og blokkebær (*Vaccinium uliginosum*) (se samletabell i Vedlegg 2).

3.1 Endringer étt år etter andregangs kalking

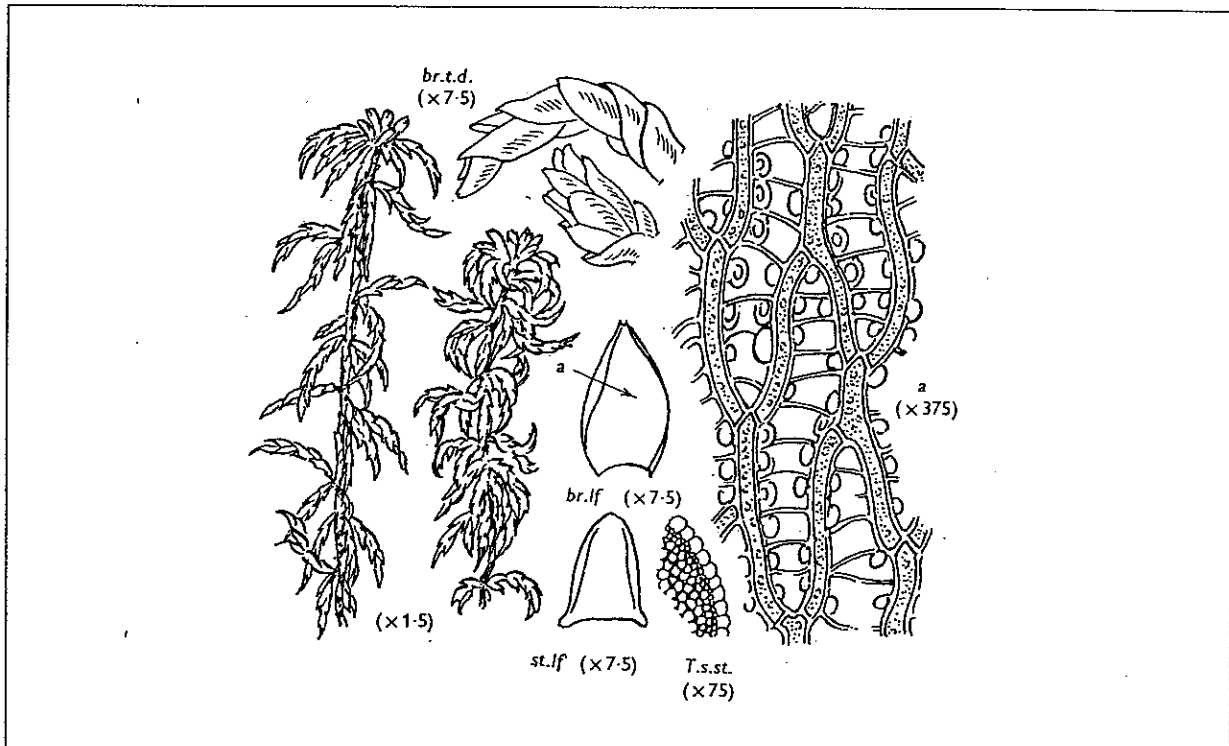
Det ble registrert omfattende endringer bare på étt år (1994-1995) etter 2.gangs kalking. Særlig var endringene store m.h.p. torvmosevegetasjonen. I 1994, fire år etter førstegangs kalking, ble det registrert stedvis store skader på torvmosene. I 1995 etter andregangs kalking var torvmosene stort sett døde og i ferd med å gå i oppløsning, og det var omfattende skader også der det ble registrert lite skader etter førstegangskalkingen (se kpt. 4.3). I 1994 ble det registrert 24 torvmosearter i rutene. I 1995 var dette tallet redusert til 5 arter (Vedlegg 2), og dette var stort sett arter knyttet til åpent vann i høljer, eller flommark langs bekk (som horn-torvmose *Sphagnum auriculatum* og den nærstående *S. subsecundum*; fig. 3).

Tabell 1 gir en oversikt over de vanligere artene (forekomst i > 4 ruter) som har vist en signifikant endring 1994-1995. Hovedmønsteret er klart; *alle torvmosene har gått tilbake/forsvunnet i alle ruter.*

Tabell 1. Vanligere arter (forekomst i > 4 ruter) som har vist en signifikant endring m.h.p. smårutefrekvens mellom 1.gangs og 2.gangs analyse 1994-1995.

Karplanter:	Totalt	Fram	Tilbake	W.Rank	Sign.	Retn.
Kvitlyng <i>Andromeda polifolia</i>	58	20	6	-3,043	0,002	+
Trådstarr <i>Carex lasiocarpa</i>	32	19	6	-1,954	0,051	+
Sveltstarr <i>Carex pauciflora</i>	14	9	4	-1,823	0,068	+
Torvull <i>Eriophorum vaginatum</i>	42	19	10	-2,212	0,027	+
Furu (frøplanter) <i>Pinus sylvestris</i> juv.	23	20	2	-3,771	0	++
Molte <i>Rubus chamaemorus</i>	33	6	19	-2,661	0,008	-
Sivblom <i>Scheuchzeria palustris</i>	28	23	2	-3,481	0	++
Stortranebær <i>Vaccinium oxycoccus</i>	59	28	12	-3,325	0,001	+
Moser:						
Myrfiltmose <i>Aulacomnium palustre</i>	25	21	2	-3,850	0	++
Skruevrangmose <i>Bryum capillare</i>	15	14	1	-3,274	0,001	++
Bekkevrangmose <i>Bryum pseudotriquetrum</i>	15	15	0	-3,415	0,001	++
Pæremose <i>Leptobryum pyriforme</i>	21	5	14	-1,946	0,052	-
Vegnikkemose <i>Pohlia nutans</i>	37	29	8	-4,337	0	++
Filtbjørnemose <i>Polytrichum strictum</i> cf.	30	6	15	-1,847	0,065	-
Fjelltorvmose <i>Sphagnum aongstroemii</i>	5	0	5	-2,041	0,041	--
Horn-torvmose <i>Sphagnum auriculatum</i>	7	0	7	-2,401	0,016	--
Svelt-torvmose <i>Sphagnum balticum</i>	8	0	8	-2,536	0,011	--
Brodd-torvmose <i>Sphagnum fallax</i>	6	0	6	-2,207	0,027	--
Rust-torvmose <i>Sphagnum fuscum</i>	7	0	7	-2,371	0,018	--
Vort-torvmose <i>Sphagnum papillosum</i>	24	0	24	-4,313	0	--
<i>Sphagnum</i> sp.	13	0	13	-3,303	0,001	--
Grasmose <i>Straminergon stramineum</i>	17	14	2	-2,825	0,005	++

Totalt = antall analyseruter (1x1m) der arten forekommer. Fram = antall analyseruter der arten går fram. Tilbake = antall analyseruter der arten går tilbake. W. Rank = Wilcox Rank - Z-verdien (Rank-verdien) i en ettutvalgstest som er benyttet til å teste hypotesen om at medianendringen ikke er forskjellig fra 0 mot den tosidige alternative hypotesen. Sign. = testens signifikansnivå (* p<0.05, ** p<0.01). Retn. = + framgang, - tilbakegang.



Figur 3. Horntorvmose *Sphagnum auriculatum*, eksempel på én av de få torvmosene som i enkelte ruter hadde overlevd etter andregangs kalking, trolig pga. overflomming og dermed utskylling av kalken. (Tegning etter Watson 1968.)

Mest tydelig er dette for den dominerende arten vortorvmose (*Sphagnum papillosum*), som i 1995 ikke ble registrert levende fra noen av de 24 rutene den ble funnet i 1994. Trolig fantes denne arten i flere ruter før førstegangskalkingen i 1990. Det ble registrert bemerkelsesverdig få levermoser i torvmosemattene både ved undersøkelsen i 1994 og 1995. Dette kan muligens tyde på en tilbakegang av dette elementet allerede ved førstegangskalkingen.

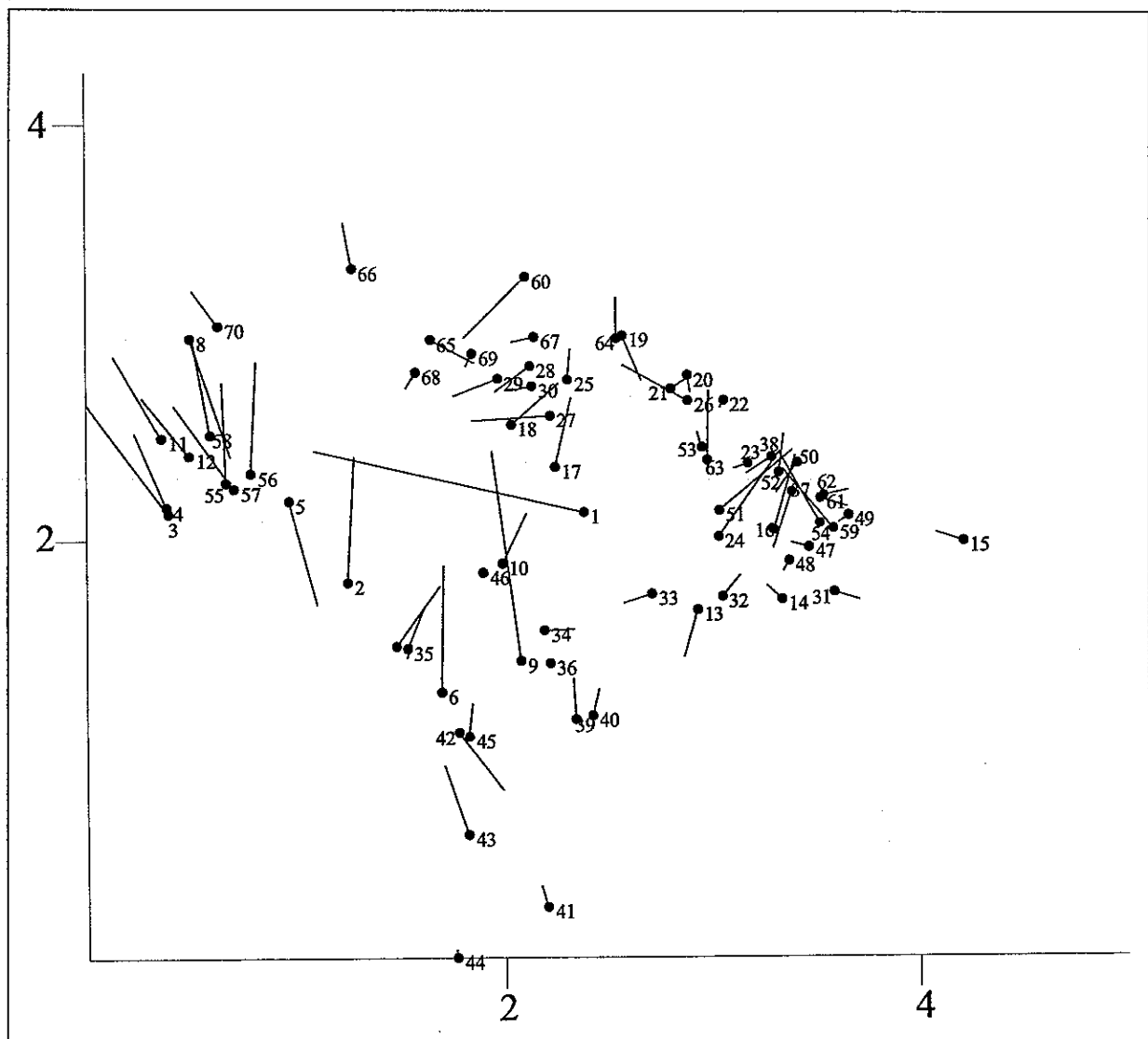
I kjølvannet av utdøingen av torvmosemattene har det skjedd en sterk økning av enkelte bladmoser. Dette gjelder særlig myrfiltmose (*Aulacomnium palustre*), vrangmoser (*Bryum capillare*, *B. pseudotriquetrum*), nikkemose (*Pholia nutans*) og grasmose (*Straminergon stramineum*) (Tabell 1).

Når det gjelder karplanter, er det bemerkelsesverdig få arter som viser en tilbakegang etter andregangskalkingen (Tabell 1). Den eneste arten som går signifikant tilbake er molte (*Rubus chamaemorus*). Derimot er det en markert økning i flere av de vanlige halvgrasartene som trådstarr (*Carex lasiocarpa*), sveltstarr (*Carex pauciflora*) og torvull (*Eriophorum vaginatum*). Mest markert er framgangen hos sivblom (*Scheuchzeria palustris*) som trolig har evnen til nokså hurtig vekst med lange utløpere. Blandt lyngartene er det registrert en økning hos kvitlyng (*Andromeda polyfolia*) og tranebær (*Vaccinium oxycoccus*), dvs. arter med lange utløpere og evne til forholdsvis rask forflytning. Andre, viktige lyngarter som blokkebær og røsslyng (*Calluna vulgaris*) oppviser ingen endringer ett år etter andregangskalking. Også enkelte av de dominerende gras/halvgrasartene som flaskestarr (*Carex rostrata*) og blåtopp (*Molinia caerulea*) viser liten endring (jfr. samletabell i Vedlegg 2).

3.2 DCA-ordinasjon

I likhet med analysen fra 1994 (jfr. Korsmo m. fl. 1996) viser DCA-ordinasjonen av smårutefrekvens-datasettet og prosent-datasettet fra 1995 stor strukturell likhet, og her er bare vist resultatet av førstnevnte (fig. 4).

DCA-ordinasjonen i **figur 4** viser analyserutenes posisjon basert på beregnet (u)likhet i artsscorene, langs de to viktigste DCA-aksene (disse to første aksene fanger tilsammen opp 26% av variasjonen i materialet). I analysen er lagt inn datasettene *både* fra 1994 og 1995, og posisjonen av hver enkelt rute i h.h.v. 1994 og 1995 er forbundet med en linje. Den svarte prikken angir posisjonen i 1994, det andre endepunktet av linjen angir posisjonen i 1995. Ved å kombinere de to datasettene, inkluderes en sterk tidsendringsgradient i materialet, som i noen grad maskerer de underliggende, økologiske hovedgradientene (nærings- og fuktighetsgradientene) i materialet. Hovedstrukturen er imidlertid fortsatt intakt, med tørre og fattige ruter som en klar ansamling t.h. i diagrammet (tuer og skogkant-ruter), og svært fuktige ruter helt t.v.



Figur 4. DCA-ordinasjonsplot som viser plassering av rutene langs aksene DCA1 og DCA2 mhp. artenes smårutefrekvens. Linjene markerer forskyvning av rutene fra 1994 (svart prikk) til 1995 m.h.p. DCA-verdier langs de to første aksene.

Det har skjedd en stedvis betydelig endring i ruteposisjonene fra 1994 til 1995 (jfr. lengden på linjene i **fig. 4**), dvs. det har skjedd en til dels betydelig endring i artssammensetningen i smårutene. Endringene er påtagelig størst i fuktige, torvmoserike ruter, og her går også endringene i samme retning, og virker i stor grad styrt av bortfallet av torvmoser, med tilhørende framvekst av bladmoser (jfr. **Tabell 1**). I høyre delen av ordinasjonsdiagrammet, dvs. blant de tørre, lyngrike, torvmosefattige rutene er endringene små og i liten grad rettede (dvs. kan representere tilfeldige vegetasjons-svingninger).

3.3 Skader på moser

Et påfallende trekk for de kalkede arealene fire år etter førstegangskalking var store grå og svarte felter i bunnsjiktet. Spesielt den fattige myrtypen hadde dette. Ett år etter andregangskalking var skadene langt større enn ved forrige undersøkelse (Korsmo et al. 1996). I regelen var alle torvmosene i analyseruta drept eller sterkt skadet, slik at mer eller mindre erodert torvdvdy var synlig. Kun i noen tilfeller, særlig av frittflytende eller tidvis overflommende torvmoseskudd, var det mulig å bestemme arten. Det var tydelig at disse skadene var forårsaket av kalkingen, og de var enda tydeligere denne gangen sett i forhold til undersøkelsen i 1994 (Korsmo et al. 1996). Det ble generelt observert en tendens til noe mindre skader i noe rikere myr (dvs. intermediær myr; transekt 8 og 9, jfr. **Vedlegg 1 og 2**) enn i fattigmyr (selvom dette ikke er fanget opp i analysematerialene 1994-95). Blant annet hadde de litt kravfulle artene fjelltorvmose (*Sphagnum aongstroemii*), lurvtorvmose (*S. majus*) og beitatorvmose (*S. teres*) forholdsvis lite skader i 1994, men i 1995 var også disse artene døde innenfor rutematerialet. De intermediære myrpartiene ligger i et svakt hellende terreng med god vanngjennomstrømning, slik at kalken her i større grad enn ellers kan bli skyllet vekk fra torvmoseplantene.

I felter med erosjon i torvmoseoverflaten ble det fra 1994 til 1995 observert en økende etablering av mer eller mindre pionéraktige bladmoser (se forrige kap. og **Tabell 1**).

4 Diskusjon

4.1 Effekter av kalking med kalkmel versus kornet dolomitt-kalk

Myrundersøkelsen etter kalking i Fjorda viser *betydelige og mer eller mindre irreversible skader i plantedekket*. Dette til tross for at det er brukt lavere kalkdoser (ca. 2 tonn/ha) enn det som har vært vanlig tidligere ved våtmarkskalking i Sverige (jfr. Aronson 1990, Rafstedt 1993). Det er påtagelig at det hovedsakelig er torvmoser (og trolig også ledsagende levermoser) som er skadet, og at de aller fleste andre endringer i plantedekket som er registrert er styrt av den tiltagende avdøding og erosjon i torvmosemattene. De undersøkte myrene i Fjorda ligger uberørt til, og de observerte skadene er av en slik karakter og omfang at det er helt usannsynlig at de skulle være forårsaket av noen annen miljøstress enn kalkingen.

Slike omfattende skader med avdøding og erosjon av torvmoser er i Norge ellers bare beskrevet og dokumentert fra et myrkalkingsforsøk ved Røynelandsvatn ved Grimstad (Høiland & Pedersen 1994). Felles for begge disse myrkalkingene er at det ble brukt *kalksteinsmel*, dvs. finfordelt kalk som får stor kontaktflate med torvmoseplantene og fester seg på disse. Kalkingen gir dermed en betydelig svisseffekt, inntil kalken etterhvert blir skylt ned fra vekstpunktene. Det er påtagelig at de få torvmoseplantene som har greid seg etter andregangs kalking, er de som flyter i åpent vann eller blir overflommet og som derved ikke har fått denne svisseffekten.

Det er videre påtagelig at skadene i de to overnevnte kalkingene med kalksteinsmel er betydelig større enn ved kalking med (tilsvarende mengder av) grovkornet dolomitt-kalk. Ved forsøkskalking med sistnevnte i nedbørfelt i Flekke-Guddal i Sogn (Direktoratet for naturforvaltning 2001) og ved Store Hovvatn i Tovdalsvassdraget i Aust-Agder (Brandrud 2000) ble det registrert relativt små, akutte torvmoseskader (sviskader) i myr, og stort sett bare der hvor kalken var skyllet ned og ansamlet (f.eks. kompakte torvpartier i ombrotrof myr, samt kant av høljer). Den foreliggende undersøkelsen styrker m.a.o. inntrykket av at *myrskadene ved lavdose-kalking med kalksteinsmel er betydelig større enn ved kalking med kornet dolomitt-kalk*.

4.2 Endringer ved andregangskalking

Hva er effekten av en re-kalking med kalksteinsmel? De foreliggende resultatene indikerer at en andregangskalking med kalksteinsmel har ført til aksellererende skader, særlig på de intermediære myrpartiene, der skadene var relativt små (< 20%) etter førstegangs kalking (jfr. Korsmo m. fl. 1996). Fire år etter førstegangskalkingen syntes re-etableringen av frisk torvmose stedvis å være godt igang. Men etter andregangskalkingen synes uttdøingen å være tilnærmet fullstendig, og skadene dermed i langt større grad irreversible, med erosjon i torvmosemattene som følge, samt utvikling av sekundær bladmosevegetasjon. Dette synes også å være erfaringen fra Sverige; at myrene i noen grad kan greie en engangskalking, men gjentatt kalking fører til store skader og ødeleggelse av myrene (jfr. Aronson 1990, Rafstedt 1993).

Det må tas enkelte forbehold når det gjelder tolkningen av den foreliggende undersøkelsen. For det første er ikke utgangstilstanden *før* kalking kjent, og dermed er det også noe usikkert i hvilket stadium av (aksellerert) nedbrytning eller langsom oppbygging disse myrene var i ved førstegangsundersøkelse fire år etter start kalking. Videre er den foreliggende undersøkelse foretatt kun ett år etter andregangskalking, og fanger derfor hovedsakelig kun straks-effektene med sviskader, kombinert med de løpende kaskade-effektene av førstegangskalkingen. Selvom hovedinntrykket er avdøding, erosjon og irreversible skader, må man anta at enkelte vekstpunkter av torvmoser har overlevd, og at en viss re-etablering vil finne sted. Hvor stor, og hvor rask denne re-etableringen er, vet vi ikke.

4.3 Generelt om skader på myr og torvmoser

Torvmosearter er svært spesialiserte organismer med en finstemt tilpasning både når det gjelder fuktighet og næring/kalkholdighet/surhet. Det kan derfor forventes at de ulike artene i ulik grad er følsomme overfor kalking. Imidlertid synes artenes finstemte forhold til pH og kalsium i myrvannet å overstyres av endel fysiske-strukturelle forhold i myrene. Sagt på en annen måte, de torvmoseartene som vokser slik at kalken blir liggende lenge i kontakt med vekstpunkter har større sjanser for å få akutte svi-skader enn de artene som kan fysisk "kvitte seg" med kalken med én gang den er spredd. Skader av kalking forekommer trolig først og fremst ved at kalk blir liggende på thallus uten å oppløses i lengre tid. Mackenzie (1992) viste i en britisk undersøkelse at torvmosene allerede 2-3 uker etter kalking ble avbleiket, skjøre og mistet ofte skuddspissene.

Generelt vil følgende arter/voksesteder være fysisk mest utsatt for sviskader:

- (i) arter som vokser relativt tørt (tuer mer utsatt enn høljær), generelt vil vannfylte habitater være minst utsatt (hvis det ikke ansamles mye kalk)
- (ii) saktevoksende arter som danner kompakt myrortorv der kalken ikke unnslipper (ombrogen myr særlig utsatt, flatmyrer mer utsatt enn bakkemyrer, myrdråg med god gjennomstrømning minst utsatt)
- (iii) arter som vokser i (kompakte) forsenkninger der kalken skylles ned og samles opp (forseknninger i ombrogen myr særlig utsatt)
- (iv) arter som er tilpasset et miljø med meget lav pH (ombrogen myr og fattigmyr med pH<4,0 mest utsatt)

Hovedtendensen ser ut til å være at *de ombrotrofe myrene (regnvannsmyrene)* er mer utsatt enn *de minerotrofe myrene (jordvannsmyrene)*. Dette er indikert fra såvel norske undersøkelser (Høiland & Pedersen 1994, Brandrud 2000, Direktoratet for naturforvaltning 2001) som utenlandske (Aronson 1990 og Mackenzie 1992). Svenske undersøkelser viser også at mykmatter med stillestående vann er mer utsatt enn hellende fastmattemyr.

Den foreliggende undersøkelsen viser at ved kalking med kalksteinsmel er også fattig, minerogen myr svært sårbar overfor skader. Resultatet fra vår undersøkelse viser en entydig og drastisk tilbakegang i torvmoser som vokser i lave tuer og mykmatter etter 5 år. Undersøkelsen viser også at etter andregangs kalking er alle torvmosearter og habitat-typer tilnærmet 100% skadet uansett myrtype, bortsett fra enkelte frittflytende eller overflommede planter.

Det er vist ved andre undersøkelser med kalking i myr at kalkingen kan skade bunnsjiktet, men *ikke* nødvendigvis feltsjiktet (Høiland & Pedersen 1994, Korsmo et al. 1996). Svenske undersøkelser har vist at torvmoser og levermoser er svært følsomme overfor kalking i myr (Rafstedt 1993). Torvmoser erstattes av filtbjørnemose (*Polytrichum strictum*) og myrfiltmose (*Aulacomnium palustre*), mens starr og gras øker i frekvens. I de vegetasjonsløse flekkene der det tidligere vokste torvmoser, oppstår det erosjon og mer pionéraktige forhold. Slike forhold skaper betingelser for en suksesjon som i mange tilfeller starter med innvandring av bladmoser som *Pholia* spp.

Langtidseffekten på myrene i Fjorda-området er vanskelig å vurdere, men en frykter at nedbrytning av *Sphagnum*-rike myrstrukturer fører til en radikal forandring av myrtypene, ved at torvmoser erstattes av andre arter som ikke er torvdannende. På løsbunn og i sumpaktige myrpartier kan hele bunnsjiktet slås ut ved gjentakende kalking, noe vi også indikeres i vår undersøkelse. På lengre sikt kan hele myrtypen og hydrologien forandres (Rafstedt 1993). I Fjorda har kalkingen ikke pågått så lenge at en kan tale om at myrtype og hydrologi er forandret, men gjentatt kalking kan ikke utelukke en slik utvikling.

Etter førstegangs kalking ble det observert langt mindre skader i den intermediære myra (dvs. de rikeste myrpartiene). Dette kan ha sammenheng med at artene her er vant til et noe mer kalsium-rikt miljø med høyere pH. Men hovedgrunnen synes å være at torvmosene her danner løse matter, og det

er større gjennomstrømning og overflomning pga. større helning og pga. en stor bekk som nokså sentralt finner veien gjennom myra.

De aller fleste torvmoser er fysiologisk tilpasset et meget næringsfattig miljø, og vil derfor være særlig følsomme overfor kontakt med kalk. Generelt er moser følsomme, men særlig torvmosene. Teoretisk vil en torvmose som tar opp Ca^{2+} -ioner kvitte seg med ekvivalente mengder med H^+ -ioner. Torvmosen fungerer i praksis som en ionebytter. Følgen av dette blir at pH synker i omgivelsene. Økning av kalsiumioner i miljøet kan føre til utlekking av Mg^{2+} -ioner, siden sistnevnte byttes lettere ut enn kalsiumionene (Brady 1990, Høiland & Pedersen 1994). Som en naturlig følge av dette reduseres torvmosen sin fotosyntese pga. magnesiumlekkasjen. Under slike forhold nedsettes også regenereringsevnen hos torvmoser (Mackenzie 1992).

4.4 Eventuelle videre undersøkelser

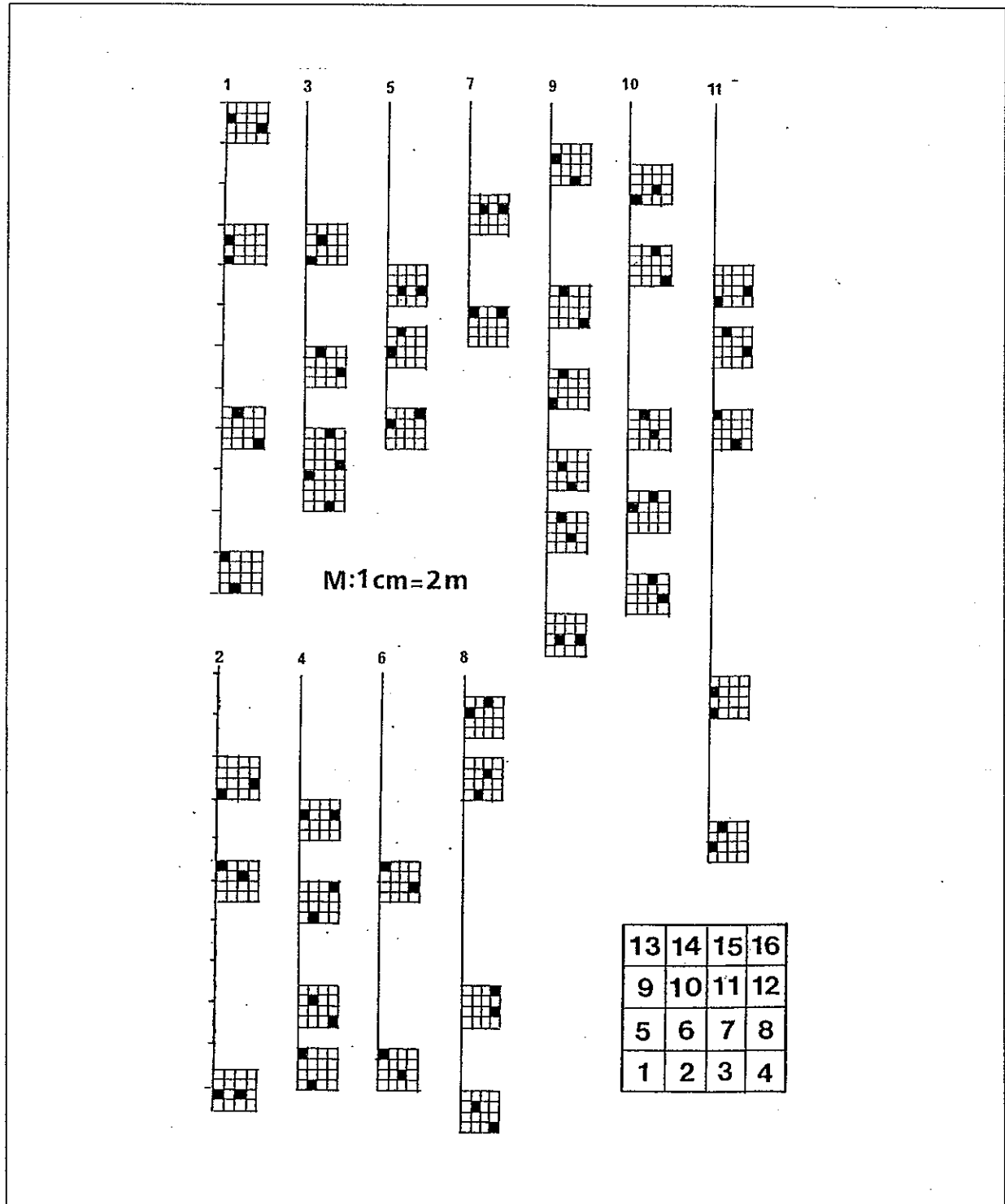
Med foreliggende undersøkelse er grunnlaget lagt for en tidsserie-undersøkelse av myrskader i Fjordaområdet. Materialet med permanent merkede transekter er godt egnet til oppfølgende undersøkelser. Transektene fanger opp en stor floristisk og økologisk variasjon, og ordinasjonsanalysene avspeiles gradienter i nærings- og fuktighetskrav. Endring av trofegrad og næringsforhold som følge av kalking vil kunne avdekkes i form av endringer i artsposisjoner langs de to viktigste ordinasjonsaksene. Hvordan dette vil slå ut etter gjentatt kalking, kan bare nye undersøkelser vise, men det er nærliggende å tro at myrene vil utvikle seg mot en rikere type.

5 Litteratur

- Aronson, J.-A. 1990. Våtmarkskalking. Förändringar på miljö och vegetasjon. Naturvårdsverket. Rapport 3827: 1-57. Stockholm.
- Brady, N. C. 1990. The nature and properties of soils (10th ed.). Macmillian. New York.
- Brandrud, T. E. 2000. Terrengkalking av Store Hovvatns nedbørfelt. Vegetasjonsforhold, spredningskart og igangsetting av myrundersøkelser. Årsrapp. til DN (upubl.).
- Direktoratet for naturforvaltning 1992. Kalking i vann- og vassdrag. FoU-årsrapporter 1990. DN-notat 1992-4. Trondheim.
- Direktoratet for naturforvaltning 2001. Terrengkalkingsprosjektet. Årsrapporter 1998 og 1999. Terrengkalking for å avgifte surt overflatevann. DN-notat 2001-1. Trondheim.
- Hindar, A. 1989. Prosjektering av kalkingstiltak i Fjorda-området. NIVA-rapp. 4/89.
- Hindar, A. 1994. Kalking i Fjorda-området. NIVA-notat. Grimstad.
- Høiland, K. & Pedersen, O. 1994. Virkning på vegetasjon ved områdekalking av myr. Undersøkelse foretatt ved Røynelevvatn, Birkenes, Aust-Agder. [i:] Kalking i vann og vassdrag. FoU-virkomheten. Årsrapporter 1992. Direktoratet for naturforvaltning notat 1994-2: 44-71. Trondheim.
- Korsmo, H., Eilertsen, O. & Pedersen, A. 1996. Botaniske undersøkelser av kalkede myrområder i Fjordas nedbørfelt, Gran & Jevnaker kommuner i Oppland. NINA Oppdragsmelding 428. Oslo.
- Mackenzie, S. 1992. The impact of catchment liming on blanket bogs. [in:] Bragg, O. M., Hulme, P. D., Ingram, H. A. P. & Robertson, R. A. (eds.): Peatland ecosystems and man: An impact assesment. Department of biological sciences, University of Dundee.
- Pedersen, O. 1988. Biological data program/PC. Version 1.01. Brukerveiledning. - VegeDataConsult, Oslo.
- Rafstedt, T. 1993. Orientering om svenska våtmarkskalkingsprosjekt. [i:] Kalking i vann og vassdrag. Seminarreferat. DN-notat 1993-9: 79-94.
- Sevaldrud, I. H. & Hegge, O. 1987. Fiskestatus i forsurningsfølsomme områder. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernadv. Rapport 8-1987.
- Sevaldrud, I. H. & Muniz, I. P. 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. SNSF-prosjektet IR 77/80. Ås.
- Sigmond, E. M. O., Gustavson, M. & Roberts, D. 1984. Berggrunnskart over Norge. 1:1 million. Norges geologiske undersøkelse.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 1998. CANOCO Reference Manual and User Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). - Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA).
- Watson, E. V. British Mosses and Liverworts. 2nd. ed. Cambridge.

Vedlegg 1

Analyserutenes plassering langs transektene. Transekt 5, 6 & 7 (dvs. rute 31-44) ble *ikke* re-analysert i 1995.



Vedlegg 2

Vegetasjonsanalyser 1995. Rådatatabell. Artenes smårutefrekvens. Transekt 1: rute 1-8; trans 2: r 9-15; trans 3 r 16-22; trans 4 r 23-30, trans 8 r 45-52; trans 9 r 53-64; trans 10 r 65-74; trans 11 r 75-84.

