

1 13

Endringer i flora og vegetasjon på
Bygddeltaet etter senkingen av
Myrkedalsvatnet i
Vossovassdraget
-utviklingen fra 1987 til 1991

Avid Odland



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

oppdragsmelding

Endringer i flora og vegetasjon på
Bygddeltaet etter senkingen av
Myrkedalsvatnet i
Vossovassdraget
-utviklingen fra 1987 til 1991

Arvid Odland

Odland, A. 1992. Endringer i flora og vegetasjon på Bygddeltaet etter senkningen av Myrkdalsvatnet i Vossovassdraget - utviklingen fra 1987 til 1991. - NINA Oppdragsmelding 113: 1-36.

Trondheim, januar 1992

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0212-3

Forvaltningsområde:
Naturinngrep - vassdrag

Copyright (C) NINA
Norsk institutt for naturforskning
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Eli Fremstad, Synnøve Flø Vanvik

Opplag: 100

Kontaktadresse:
NINA
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tlf.: (07) 58 05 00

Referat

Odland, A. 1992. Endringer i flora og vegetasjon på Bygddeltaet etter senkningen av Myrkdalsvatnet i Vossovassdraget - utviklingen fra 1987 til 1991. - NINA Oppdragsmelding 113: 1-36.

Denne rapporten redegjør for endringer i flora og vegetasjon etter senkningen av Myrkdalsvatnet. I måned etter at senkningen var utført ble de lagt ut og analysert fastprofiler og fastruter i ulike deler av deltaet. Disse er siden blitt analysert hvert år. 0,5 x 1,0 m ruter er analysert, med dekning angitt i prosent. Rutenes høyde over et bestemt vannivå er målt med nivelleringskikkert.

De innsamlete dataene er blitt behandlet med numeriske metoder ved hjelp av dataprogrammene TWINSPAN og CANOCO.

Vegetasjonsetableringen på de blottlagte sedimentene skjedde meget raskt, og endret seg i sterk grad de første årene. I de opprinnelige vegetasjonsbeltene har imidlertid endringene vært relativt små, og selv fire år etter senkningen finnes fortsatt flaskestarr/sennegras (*Cares rostrata/C. vesicaria* - og elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-beltene noenlunde intakt selv om de nå ligger høyt over det nye vannivået. Nye flaskestarr/sennegras-belter er i ferd med å etableres, mens det enda i liten grad er blitt utviklet nye elvesnelle-belter. Vegetasjonen på deltaet er fortsatt under forandring, og det vil trolig gå flere år før nye, stabile vegetasjonssoner er utviklet.

Emneord: deltavegetasjon - suksesjon - vannstands-senkning - Vest-Norge.

Arvid Odland, Norsk institutt for naturforskning, c/o Botanisk institutt, Universitetet i Bergen, Allégt. 41, 5007 Bergen.

Abstract

Odland, A. 1992. Delta vegetation succession from 1987 to 1991, following permanent drawdown of Myrkdalsvatn lake, Voss, Western Norway. - NINA Oppdragsmelding 113: 1-36.

This report describes botanical changes during the four years since the permanent drawdown of the Myrkdalsvatn lake. One month after the drawdown, in July 1987, permanent quadrats and transects in different parts of the delta were analysed, and since then re-analysed each year. 0,5 x 1.0 m quadrats are analysed and species abundance estimated on a percentage scale. The position of the quadrats in relation to a fixed water-level has been measured using a surveyor's level.

The data have been analysed by numerical methods using the TWINSPAN and CONOCO programs.

Stages in primary and secondary succession are described for each year. Plant invasion started very early on the exposed sediments, and the vegetation changed rapidly during the first years. The secondary succession is, however, much slower, and the original *E. fluviatile*, *C. rostrata* and *C. vesicaria* belts are still present. But in the *E. fluviatile* belts there is an increasing number of "alien" plants. New belts with *C. rostrata/C. vesicaria* are beginning to be established, but they do not yet have the same structure as the original zones.

Key-words: delta vegetation - succession - permanent drawdown - Western Norway.

Arvid Odland, Norwegian Institute for Nature Research, c/o Botanical Institute, University of Bergen, Allégt. 41, N-5007 Bergen, Norway.

Forord

Etter mange år med planlegging og motstand fra naturvernhold, ble det gitt konsesjon til senking av Myrkdalsvatnet, og inngrepet ble utført sommeren 1987. En av konsesjonsbetingelsene var å stille midler til disposisjon for "biotopforbedrende tiltak", spesielt med tanke på å redusere skadevirkningene for fuglefaunaen. For å forlenge strandlinjen og skape større biotopdiversitet ble det gravd ut en del kanaler og bygget opp "øyer".

I forbindelse med senkningen ble det satt i gang botaniske og ornitologiske undersøkelser for å registrere virkningene av senkningen. De første botaniske registreringene ble foretatt i august 1987, ca. 1 mnd etter senkningen. Det ble lagt ut og analysert fastruter og fastprofiler i reguleringssonen, og disse er senere analysert årlig til og med 1991. Rapporten redegjør for hovedtrekkene i den utviklingen som har skjedd så langt. Det har ikke vært mulig å bearbeide alle de dataene som er innsamlet så langt innenfor rammen av denne rapporten. Siden vegetasjonen i området heller ikke på noen måte har stabilisert seg enda, vil prosjektet bli fulgt opp enda noen år, slik at en får dokumentert hvor lang tid det tar før nye, stabile vegetasjonssoner er etablert, og hva som skjer med de opprinnelige sonene.

Botanisk/landskapsøkologisk er det beklagelig at dette inngrepet ble utført, men som "eksperiment" for å studere vegetasjonssuksesjon etter et slikt inngrep, er dette meget interessant.

Prosjektet har fått økonomisk støtte fra "Biotopjusteringsprogrammet" i NVE.

Berit Brunstad takkes for utholdende assistanse under feltarbeid i dårlig vær, fra 1988 til 1991.

Bergen, november 1991

Arvid Odland

Innhold

	Side
Referat	3
Abstract	3
Forord	4
1 Innledning	6
2 Undersøkesområdet	6
2.1 Vegetasjonstyper på de høyestliggende partiene på deltaet	6
2.2 Vann- og vannkantvegetasjon	8
2.3 De opprinnelige vegetasjonssoneringene	9
2.4 Naturinngrep i forbindelse med senkningen	10
2.5 Vannføring og vannstand	10
3 Materiale og metoder	12
4 Undersøkte profiler	12
4.1 Profiler på ugravde sedimenter	12
4.2 Profiler på gravde sedimenter	14
5 Dataanalyse	15
5.1 Beskrivelser av vegetasjonsutformingene hvert år	15
5.1.1 1 mnd. etter senkningen (1987)	15
5.1.2 1 år etter senkningen (1988)	17
5.1.3 2 år etter senkningen (1989)	18
5.1.4 3 år etter senkningen (1990)	18
5.1.5 4 år etter senkningen (1991)	19
5.2 Vegetasjonsforandringer langs profil 1	20
5.3 Florsitiske endringer langs profil 1 og profil A4	22
5.4 Endringer i artsdiversitet langs profil 3	25
5.5 Ordinasjon av vegetasjonsdataene i profil 3	26
6 Diskusjon og konklusjon	32
7 Sammendrag	34
8 Summary	35
9 Litteratur	35

1 Innledning

Senkingen av Myrkdalsvatnet ble utført sommeren 1987. Hensikten var å innvinne mer nyttbar jordbruksareal på Bygddeltaet i nordenden av vatnet.

Deltet har i lange tider vært nyttet til jordbruksformål, men de lavestliggende delene var periodevis for fuktige til å kunne utnyttes. Ved en permanent senkning på ca 1,4 m, og utvidelse av utløpet av Myrkdalsvatnet, antok en at større deler av deltaet kunne utnyttes. Fra naturvernhold var det store motforestillinger mot dette naturinngrepet, på grunn av et rikt fugleliv, og den velutviklede vannvegetasjonen. Denne biotopen var også en viktig grunn til at Vossovassdraget ble vurdert som meget verneverdig, og senere varig vernet mot kraftutbygging under behandlingen av Verneplan III for vassdrag.

Senkninger for å innvinne mer jordbruksmark har vært utført en rekke steder i Skandinavia det siste hundreåret. Spesielt fra Sverige foreligger det mange beskrivelser fra regulerte vann. Mest omfattende var reguleringen av Hjälmareren i 1879, der vannivået ble senket med ca 1,8 m (Callmé 1887, Grevillius 1893, Hytteborn 1977). Resultatet for landbruket etter slike senkninger har vært forskjellige, men biologisk sett har de i mange tilfeller fått store negative virkninger (Flodkvist 1947, Lillieroth 1949, Skogen & Odland 1991).

Hvilke konsekvenser slike senkninger får for flora og vegetasjon avhenger av en rekke faktorer, hvorav substrat, topografi, næringsstatus, hydrologi, isforhold og klima spiller en stor rolle. Men det foreligger svært få undersøkelser som belyser sammenhengene mellom disse faktorene og vegetasjonsutvikling etter en regulering av vannstanden.

Målsettingen med denne rapporten er å beskrive endringer i flora og vegetasjon på Bygddeltaet som en følge av senkingen, og spesielt beskrive vegetasjonsutviklingen på de stedene som ble blottlagt, utgravd og bygget opp under inngrepet.

2 Undersøkellesområdet

Myrkdalsvatnet (229 m o.h.) ligger i den nordligste greina av Vossovassdraget. Myrkdalselvi drenerer de sørlige delene av Stølsheimen-Vikafjell-plataet. Bygddeltaet i nordenden av Myrkdalsvatnet er det største delta avsatt i en innsjø på Vestlandet. Deltaets størrelse tilsier at det er bygd opp hovedsakelig av breavsetninger i slutten av siste istid. Materieltilførselen i dag synes å være minimal og består hovedsakelig av finmateriale som avsettes i de ytre delene av deltaet, spesielt i flomperioder. Nedbørsfeltet til Myrkdalsvatnet vannmerke er 156 km². Midlere avrenning i perioden 1930-60 var 10,8 m³/s eller 69,3 l/s/km².

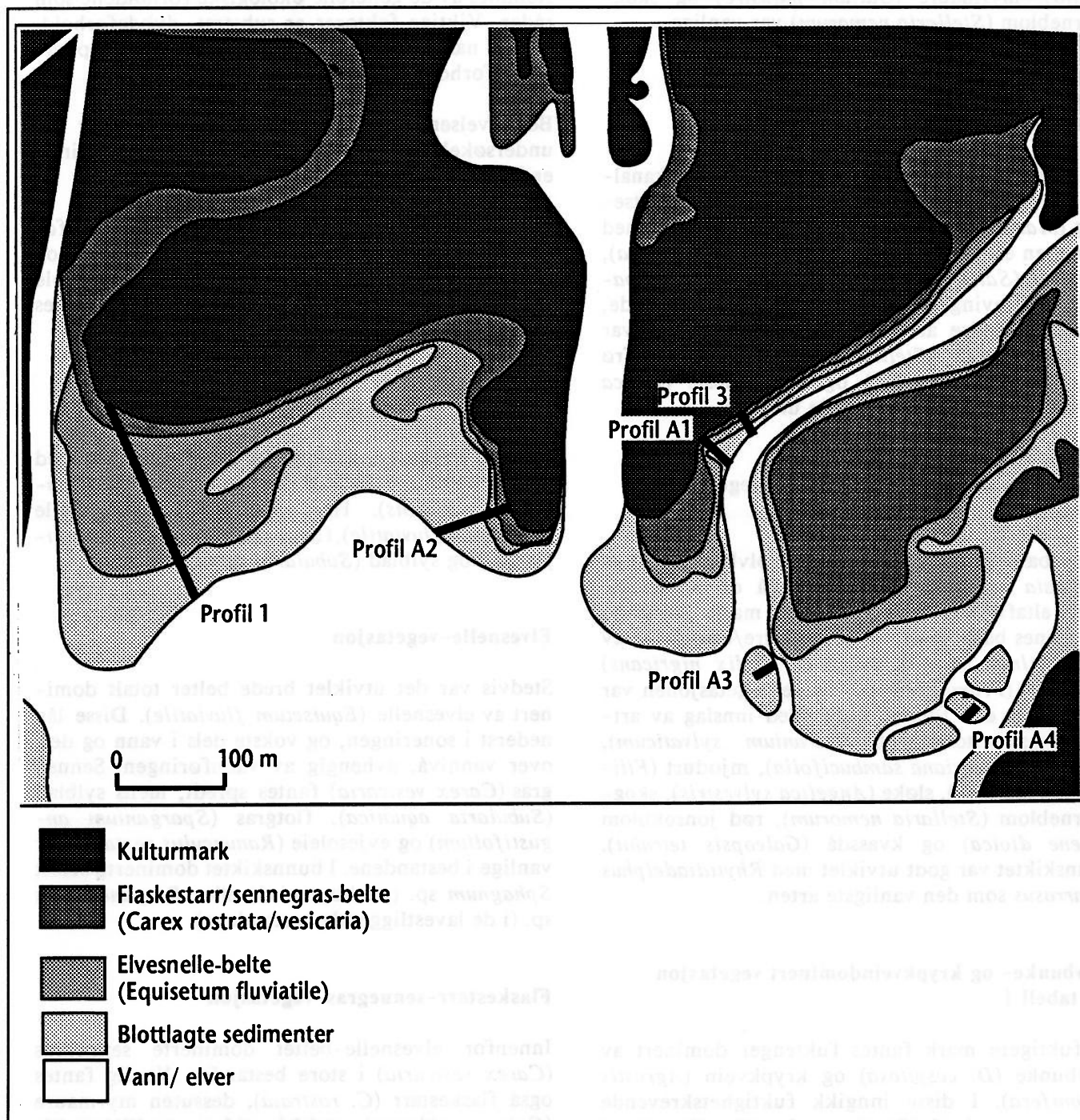
Mesteparten av berggrunnen i nedbørsfeltet består av anorthositt, men i de vestligste delene finnes endel fyllitt (Kvale 1960).

Det finnes ingen klimastasjon i Myrkdalen, men interpolert mellom nærliggende stasjoner (Voss, Eksingedalen) kan en anta en midlere julitemperatur rundt 14,5 °C, og en midlere januarstemperatur rundt -3,0 °C, og en årlig middelnedbør mellom 1500 og 2000 mm (på deltaet).

Bygddeltaet var benyttet som slåttemark også før senkingen (se figur 1), og det fantes bare små rester igjen av den opprinnelige deltavegetasjonen. I de ytre, lavestliggende delene var det utviklet store, opptil 150 m brede bestander med elvesnelle (*Equisetum fluviatile*). Flaskestarr/sennegrass (*Carex rostrata/C. vesicaria*) dannet også stedvis store bestander. I overgangen mot slåttemarka dannet strandrør/skogrørkvein (*Phalaris arundinacea/Calamagrostis purpurea*) ofte store bestander. Disse sonene var adskilt med skarpe overganger bestemt av det naturlige vannstandsregimet i Myrkdalsvatnet.

2.1 Vegetasjonstyper på de høyestliggende partiene på deltaet

Det er foretatt en del vegetasjonsanalyser fra de høyestliggende delene av Bygddeltaet. Disse representerer de siste delene av den vegetasjonen som trolig ville ha vært dominerende dersom deltaet ikke hadde blitt brukt som kulturmark. Bestandene ligger i utkanten av kulturmarka, ofte i forsenkninger i tidligere elveløp. Denne vegetasjonen kan skilles i fire hovedtyper:



Figur 1. Skisse over natur og vegetasjon i de ytre delene av Bygddeltaet etter senkningen i 1987. - Sketch of nature and vegetation at the outer part of the delta after the drawdown in 1987.

Strandrør- og skogrørkvein-dominert vegetasjon A i tabell 1

Tette bestander dominert av strandrør (*Phalaris arundinacea*) og/eller skogrørkvein (*Calamagros-*

tis purpurea) var vanlige på deltaet, ofte i kanten av kulturmarka. Ofte hadde bestandene et tett tre/busksjikt av svartvier (*Salix nigricans*). Ellers inngikk andre arter i liten grad, men krypsoleie (*Ranunculus repens*), vendelrot (*Valeriana sambu-*

cifolia), myrmaure (*Galium palustre*) og skogstjerneblom (*Stellaria nemorum*) var vanlige.

Strutseving-dominert vegetasjon

B i tabell 1

I forsøkninger på selve delatflaten (gamle kanaler og elveløp) fantes bestander dominert av strutseving (*Matteuccia struthiopteris*). De opptrådte med eller uten et tre/buskskikt av gråor (*Alnus incana*), svartvier (*Salix nigricans*) eller hegg (*Prunus padus*). Strutseving var som regel helt dominerende, slik at få andre arter inngikk. Mest vanlige var skogstjerneblom (*Stellaria nemorum*), springfrø (*Impatiens noli-tangere*) og brennenesle (*Urtica dioica*). Bunnskiktet var dårlig utviklet.

Sølvbunke- og høgstaudedominert vegetasjon

C i tabell 1

Bringebær (*Rubus idaeus*) og sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) dominerte på de høyestliggende eltaflatene, på noe tørrere mark. Bestandene finnes både med og uten et tre/buskskikt av gråor (*Alnus incana*), svartvier (*Salix nigricans*) eller hegg (*Prunus padus*). Denne vegetasjonen var mer artsrik enn forrige type, med innslag av arter som skogstorkenebb (*Geranium sylvaticum*), vendelrot (*Valeriana sambucifolia*), mjøduert (*Filipendula ulmaria*), sløke (*Angelica sylvestris*), skogstjerneblom (*Stellaria nemorum*), rød jonsokblom (*Silene dioica*) og kvassdå (*Galeopsis tetrahit*). Bunnskiktet var godt utviklet med *Rhytidadelphus squarrosus* som den vanligste arten.

Sølvbunke- og krypkveindominert vegetasjon

D i tabell 1

På fuktigere mark fantes fuktenger dominert av sølvbunke (*D. cespitosa*) og krypkvein (*Agrostis stolonifera*). I disse inngikk fuktighetskrevende arter om myrtistel (*Cirsium palustre*), stjernestarr (*Carex echinata*), gråstarr (*C. canescens*) og myrfiol (*Viola palustris*).

2.2 Vann- og vannkantvegetasjon

Vegetasjonssonene ved et vann er innstilt i likevekt med de karakteristiske vannstandsfluktuationene i vannet. Hvilke vegetasjonssoner som utvikles be-

stemmes av de generelle økologiske forholdene som råder. Viktige faktorer er substrat, dybdeforhold, pH og næringsforholdene i vannet, vanntemperatur, isforhold og høyde over havet.

Beskrivelsene av vegetasjonstypene bygger på undersøkelser utført i forbindelse med registreringer i Verneplan III-vassdrag (Odland 1979).

I de ytre delene av Bygddeltaet fantes det før senkningen store bestander med elvesnelle og flaskestarr/sennegras. Flytebladsvegetasjon ble ikke registrert, mens kortskuddsvegetasjon fantes spredt.

Evjesoleie-vegetasjon

Nederst i vegetasjonsbeltet fantes ofte en sone med en mer eller mindre tett matte av evjesoleie (*Ranunculus reptans*). Her inngikk også elvesnelle (*Equisetum fluviatile*), flotgras (*Sparganium angustifolium*) og sylblad (*Subularia aquatica*).

Elvesnelle-vegetasjon

Stedvis var det utviklet brede belter totalt dominert av elvesnelle (*Equisetum fluviatile*). Disse låg nederst i soneringen, og vokste dels i vann og dels over vannivå, avhengig av vannføringen. Sennegras (*Carex vesicaria*) fantes spredt, mens sylblad (*Subularia aquatica*), flotgras (*Sparganium angustifolium*) og evjesoleie (*Ranunculus reptans*) var vanlige i bestandene. I bunnskiktet dominerte oftest *Sphagnum* sp. (på høyt nivå) eller *Drepanocladus* sp. (i de lavestliggende bestandene).

Flaskestarr-sennegras-vegetasjon

Innenfor elvesnelle-beltet dominerte sennegras (*Carex vesicaria*) i store bestander. Vanlig fantes også flaskestarr (*C. rostrata*), dessuten myrmaure (*Galium palustre*), trådsiv (*Juncus filiformis*), bekkeblom (*Caltha palustris*) og krypsoleie (*Ranunculus repens*). Denne sonen ble øverst avløst av en strandrør (*Phalaris arundinacea*)- skogrørkvein (*Calamagrostis purpurea*)-dominert vegetasjon.

Tabell 1. TWINSPAN-klassifikasjon av vegetasjonsanalyser fra de høystliggende delene av deltaet. Dekningen er angitt i %, men tabellen viser deknningen i en 7-gradig skala der 1 = 1 %, 2 = 2-5 %, 3 = 5-10 %, 4 = 11-20 %, 5 = 21-40 %, 6 = 41-60 %, 7 = 61-100 %. -TWINSPAN-classification of vegetation analyses from the higher parts of the delta. The cover is given in percentage, but in the Table the cover is given according to 7 pseudospecies cut-levels where 1 = 1 %, 2 = 2-5 %, 3 = 5-10 %, 4 = 11-20 %, 5 = 21-40 %, 6 = 41-60 %, 7 = 61-100 %.

	A	B	C		D			A	B	C		D	
	1	1			1	11		1	1			1	11
	10	2341	7	89	563	24		10	2341	7	89	563	24
Ranunculus repens	42	11--	-	-1	-1-	1-	Maianthemum bifolium	--	----	-	--	--1	--
Phalaris arundinacea	74	1--1	1	-1	-1-	--	Geranium sylvaticum	--	----	1	1-	354	--
Calliergon stramineum	-1	----	-	--	----	--	Equisetum pratense	--	----	-	63	----	--
Salix nigricans	67	3234	-	7-	----	--	Epilobium angustifolium	--	----	-	--	-1-	--
Calamagrostis purpurea	36	---1	1	-3	11-	--	Climacium dendroides	--	----	-	-1	----	--
Equisetum arvense	--	-1--	1	--	-1-	--	Carex ovalis	--	----	-	1-	----	--
Betula pubescens	--	----	3	--	-1-	--	Athyrium sp. (juv.)	--	----	-	--	-1-	--
Urtica dioica	--	-1-2	1	--	----	--	Rhytidadelphus squarrosus	--	----	-	2-	44-	6-
Prunus padus	--	543-	5	--	12-	--	Cirsium helenioides	--	----	-	--	-33	16
Paris quadrifolia	--	1----	1	--	----	--	Campanula rotundifolia	--	----	-	--	-1	-1
Matteuccia struthiopteris	--	7677	-	--	----	--	Anthriscus sylvestris	--	----	-	--	-1	-1
Impatiens noli-tangere	--	-441	-	--	----	--	Alchemilla vulgaris coll.	--	----	-	--	-1	-1
Chrysosplenium oppositifolium	--	----	1	--	----	--	Viola palustris	-1	----	-	1-	----	4-
Stellaria nemorum	11	1424	4	-1	523	-3	Trifolium repens	--	----	-	--	----	11
Ranunculus acris	--	1-1-	-	--	--1	-1	Stellaria graminea	--	----	-	--	----	-1
Galium palustre	11	----	-	--	-11	--	Rubus saxatilis	--	----	-	--	----	-1
Agrostis capillaris	--	-1--	-	--	1--	--	Potentilla erecta	--	----	-	--	----	1-
Filipendula ulmaria	1-	11-2	1	-1	111	13	Polygonum viviparum	--	----	-	--	----	31
Valeriana sambucifolia	11	11-2	1	11	141	-1	Polytrichum commune	--	----	-	--	----	4-
Solidago virgaurea	--	----	1	--	1--	-1	Luzula multiflora	--	----	-	--	----	11
Alnus incana	--	1-34	5	--	636	--	Lotus corniculatus	--	----	-	--	----	-1
Silene dioica	--	-1--	4	1-	231	--	Hieracium sp.	--	----	-	--	----	11
Rubus idaeus	--	---1	4	-1	641	--	Galium boreale	--	----	-	--	-11	-4
Rumex acetosa	-1	----	-	-1	--1	11	Festuca rubra	--	----	-	--	----	11
Galeopsis sp.	1-	----	1	13	113	-1	Cirsium palustre	--	----	-	--	----	1-
Deschampsia cespitosa	-1	-1-1	4	56	444	45	Carex pallescens	--	----	-	--	----	-1
Brachythecium sp.	11	----	-	--	33-	--	Carex echinata	--	----	-	--	----	1-
Angelica sylvestris	1-	---1	1	11	231	1-	Carex canescens	--	----	-	--	----	1-
Sorbus aucuparia	--	----	-	--	-11	--	Anthoxanthum odoratum	--	----	-	--	----	-1
Potentilla palustris	--	----	-	--	--1	--	Agrostis stolonifera	--	----	-	11	----	43
Oxalis acetosella	--	----	-	--	--1	--							

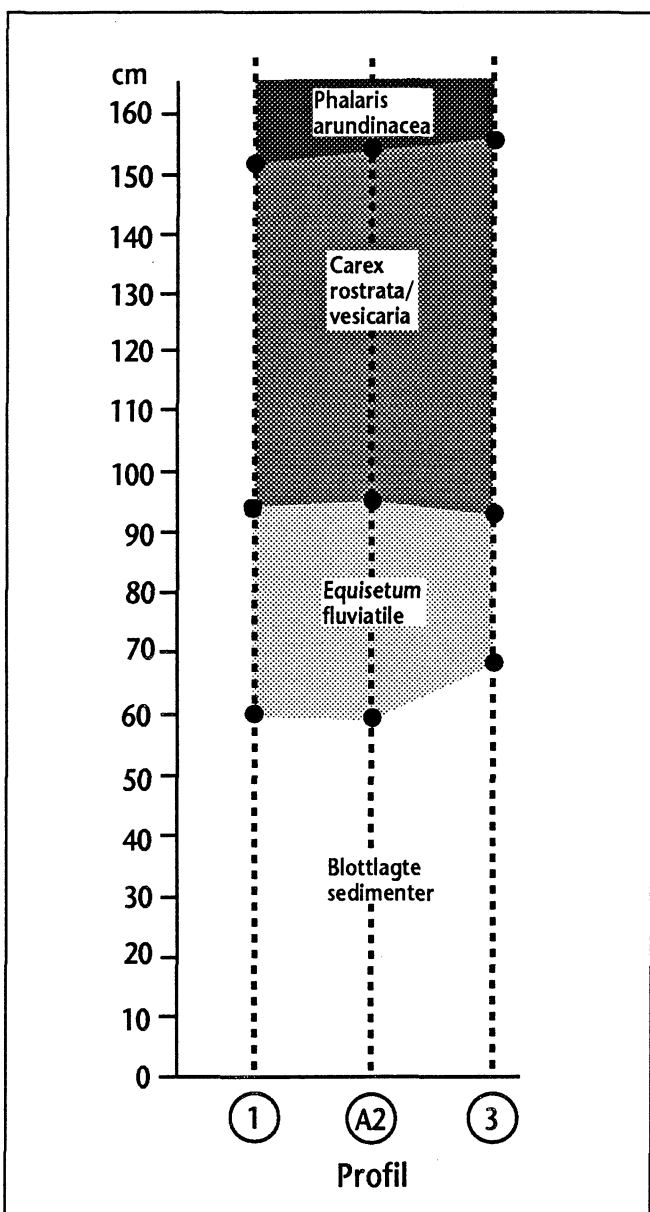
Trådsiv-slåttestarr-vegetasjon

Tette matter med trådsiv (*Juncus filiformis*) var enkelte steder utviklet i områder som var konstant fuktige. Sammen med denne vokste krypkvein (*Agrostis stolonifera*), myrmaure (*Galium palustre*), sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), myrfiol (*Viola palustris*) og slåttestarr (*Carex nigra*).

2.3 De opprinnelige vegetasjonssoneringene

Figur 2 viser hvordan de opprinnelige vegetasjonssoneringene framstod ca 1 mnd. etter senkningen.

Alle høyder er her målt i relasjon til samme vannnivå. Nederst låg over alt et belte dominert av elvesnelle (*Equisetum fluviatile*). I de undersøkte profilene hadde denne en vertikal utstrekning mellom 25 og 36 cm. Over dette låg det et belte med flaskestarr (*Carex rostrata*) og/eller sennegras (*C. vesicaria*), med en vertikal utstrekning på ca 60 cm. Ovenfor dette, i kanten av selve deltaflaten fantes ofte store bestander med strandrør (*Phalaris arundinacea*). "Normal sommervannstand" låg i øvre del av flaskestarr/sennegras-beltet.



Figur 2. Den opprinnelige vertikale utstrekningen av elvesnelle (*Equisetum fluviatile*), flasketarr/sennegras (*Carex rostrata/C. vesicaria*) og strandør (*Phalaris arundinacea*) i profil 1, A2 og 3 i relasjon til den nye vannstanden. - The original vertical distribution of *Equisetum fluviatile*, *Carex rostrata/C. vesicaria* and *Phalaris arundinacea* in transect 1, A2 and 3 in relation to the new water-level.

2.4 Naturinngrepene i forbindelse med senkningen

I forbindelse med denne senkningen ble det utført en rekke inngrep som på ulike måter har påvirket de naturlige forholdene på deltaet. Midlere sommervannivå er senket med ca. 1.4 m. Dette har medført at store gruntvannsområder ble blottlagt. I tillegg til dette ble utløpet utvidet slik at vannstandsfluktuationene er blitt sterkt redusert i forhold til tidligere. Elveløpene er blitt forbygd slik at en forhindrer en tilbakeskridende erosjon. Endel kanaler er blitt utvidet, og flere øyer omgitt av grunne kanaler ble bygget opp med tanke på å utvide strandsonen og skape hekkeplasser for fugl. I de gravde områdene ble store arealer blottlagt, og i disse har vegetasjon etter hvert blitt utviklet.

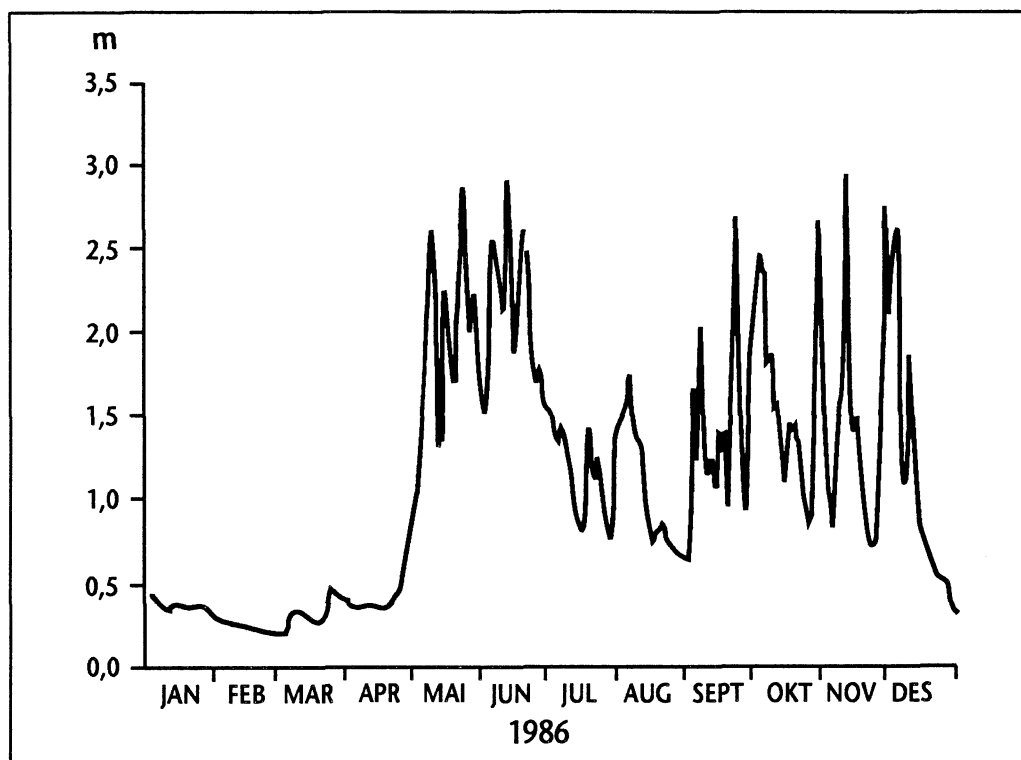
2.5 Vannføring og vannstand

NVE har en limnigraf i Myrkdalsvatnet, og det foreligger en lang serie med data som viser vekslinger i vannstanden før reguleringen. Figur 3 viser døgnverdier gjennom 1986, året før senkningen. I forbindelse med senkningen måtte limnigrafen flyttes, slik at det egentlig er etablert en ny målestasjon i vatnet. Figur 4 viser døgnverdier for vannstanden i løpet av 1988, året etter senkningen, målt ved denne limnigrafen.

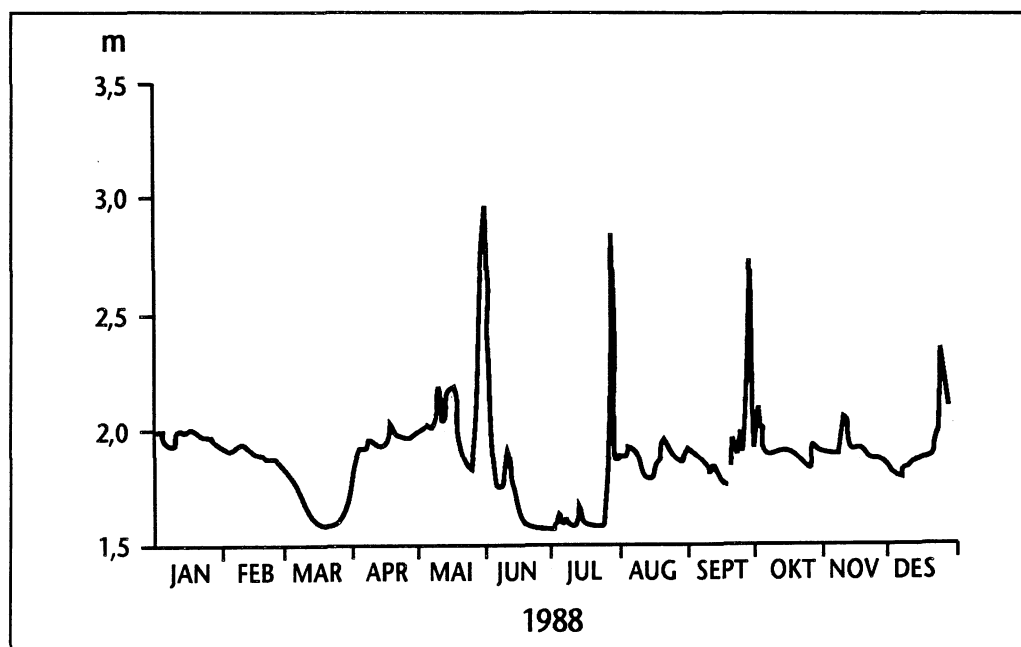
Etter senkningen opptrer fortsatt perioder med flomvannstand, ca en m over "normal vannstand", men disse periodene er svært korte. Før senkningen opptrådte perioder med flom mer hyppig, spesielt vår og høst, og generelt låg "normal sommervannstand" ca en m høyere enn "normal vintervannstand". Flomtopper mer enn to m høyere enn lav vannstand opptrådte vanlig før reguleringen.

Dette viser at det har skjedd meget store endringer både når det gjelder "normal vannstand" og hyppighet, varighet og amplitude i flomvannstanden.

Figur 3. Vannstandsdata fra Myrkdalsvatn i løpet av 1986. - Water level fluctuation during 1986 in the lake Myrkdalsvatn.



Figur 4. Vannstandsdata fra Myrkdalsvatn i løpet av 1988. - Water level fluctuation during 1988 in the lake Myrkdalsvatn.



3 Materiale og metoder

For å kunne følge vegetasjonsutvikling og forandring som skjedde, ble det like etter senkningen lagt ut fastprofiler fra de opprinnelige vegetasjonssonene og ned mot den nye vannkanten. Profilene ble merket, og for hver meter ble det analysert en 1 x 0,5 m rute. Dekningen av artene ble angitt i %. I tillegg til rutene i profilene ble det utlagt fastruter i ulike deler av reguleringssonen.

Det ble merket og analysert tre profiler i 1987, ca en mnd etter senkningen. Alle disse låg i områder som var blottlagt, men hvor det ellers ikke var noen inngrep. Profil 2 som låg like ved elveutløpet var i 1988 blitt forstyrret ved sedimentasjon av et ca 10 cm tykt sandlag, og dette er senere ikke reanalysert. I 1988 ble ytterligere fire profiler lagt ut. Profil A2 låg på ugravde sedimenter. Profilene A1, A3 og A4 ble lagt i områder hvor de øvre sedimentene var utgravd fra dypere lag, og substratet er derfor noe forskjellig fra de andre. Profil A1 låg i siden av en kanal som ble utvidet, og profil A3 og A4 på de nye "øyene", fra toppen og ned mot vannet. Senere er profil 3 (1990) og A1 (1991) blitt ødelagt ved oppdyrking.

Fra hver profil er det tatt en eller flere jordprøver for analyse. Glødetap (Ign %), pH og kationer er analysert etter standard metoder. Dessuten er kornfordelingen analysert.

Høydene langs profilene er målt med nivelleringskikkert. Alle høyder er angitt i forhold til vannivået (22 aug. 1988), og alle profilene slik de er vist i figur 3 angir høyde i forhold til dette.

Totalt er det til nå analysert ca 500 ruter, men det har ikke vært mulig å bearbeide dette materialet fullstendig innen rammen for denne rapporten. Siden vegetasjonen i området heller ikke er stabilisert, tar jeg sikte på å følge opp disse undersøkelsene i enda noen år.

Drepanocladus-arter er meget viktige innslag i vegetasjonen på deltaet og de opptrer i ulike utviklingsstadier. Det meste er *D. exannulatus*, men *D. fluitans* og *D. aduncus* er trolig også til stede. Disse artene kan være vanskelig å skille, jf. Lodge (1960a og b) og Hedenäs (1987).

Pohlia-arter er også meget viktige. Det meste er bestemt til *P. nutans*, men andre arter er trolig også til stede.

4 Undersøkte profiler

Det ble i alt lagt ut 7 profiler, og deres plassering er vist på figur 1. Det er skilt mellom de profiler som ble utlagt på sedimenter som det ikke var gravd i (1,2,3 og A2), og de som ligger på gravde sedimenter (A1, A3 og A4).

4.1 Profiler på ugravde sedimenter

Profil 1

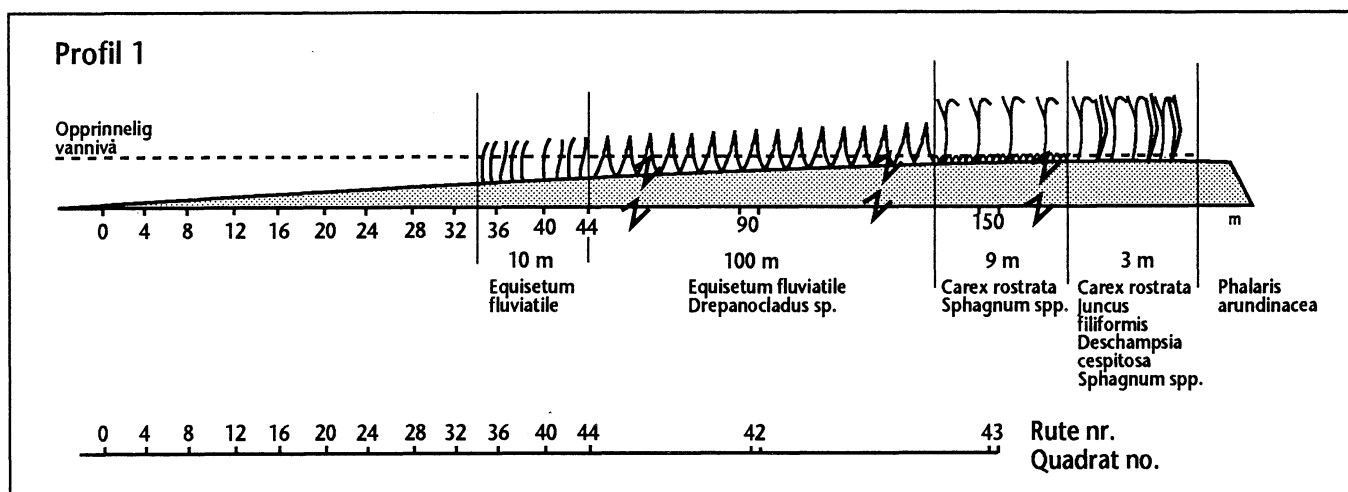
Profil 1 (figur 5 og 7) ligger på vestsiden av deltaet. Den strekker seg fra den nye vannkanten og ca 150 m innover deltaet. Deltaet er flatt i denne delen, og høydeforskjellen fra ytterst til innerst er 96 cm. Profilen er analysert kontinuerlig i de ytterste 41 metrene. Innenfor dette ligger det en fastrute på 90 m og en på 150 m.

Kornfordelingssammensetningen i tre utvalgte felt-er langs profilen er vist i tabell 2. Denne viser at i den ytre delen av profilen er det en noe mindre fraksjon av partikler <125 µm enn lenger inne i profilen. Men i hele profilet finnes det lite partikler >1 mm. Jordkjemiske data fra en prøve tatt 40 m inne i profilen er vist i tabell 3.

Etter senkningen ble det blottlagt en ca 34 m lang strandsone. Det opprinnelige elvesnelle-beltet strakk seg ca 120 m innover deltaet med en vertikalt utstrekning på 41 cm (se figur 3). Innenfor dette beltet fantes en smal flaskestarr-sone. Det ble ikke registrert noen rester etter vegetasjon utenfor elvesnelle-beltet.

Profil 2

Profil 2 ble lagt like øst for utløpet av Bygdelva. Denne låg også i en flat del av deltaet. Her ble en 41 m lang strandsone blottlagt. En måned etter senkningen var denne strandsonen helt dominert av sylblad (*Subularia aquatica*), bare med spredte innslag av andre arter. Ovenfor denne fantes en 8 m bred elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-*Drepanocladus* sp.-sone, og innenfor denne en ca 100 m lang elvesnelle (*E. fluviatile*)-*Sphagnum teres*-sone. Denne profilen viste de samme soneringene som i profil 1. Dessverre ble denne profilen "ødelagt" ved at et 10 cm sandlag ble sedimentert i de nedre delene av denne ved en flom høsten 1987.



Figur 5. Profil 1 består av 41 ruter som analyseres årlig fra "normal sommervannstand" etter senkningen og inn i det opprinnelige elvesnelle-beltet. I tillegg ligger en fastrute ca 90 m, og en ca 150 m lenger inne på deltaet. - Transect 1 consists of 41 quadrats which are analysed annually from the new "mean summer" water-level to the original *Equisetum fluviatile* belt. In addition one permanent quadrat is situated some 90 m and one some 150 m inside the delta.

Tabell 2. Kornfordelingsanalyser fra sedimenter i de undersøkte profilene. 1(2), 1(5) og 1(6) ligger henholdsvis 15, 100 og 150 m inne i profil 1. - Particle size analysis from the upper part of the sediments. 1(2), 1(5) og 1(6) lie respectively 15, 100 og 150m from the new water-level inside transect 1.

	1(2)	1(5)	1(6)	3	A1	A2	A3	A4
> 19 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
> 16 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
> 8 mm	0,0	0,0	0,2	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0
> 4 mm	0,1	0,0	0,1	0,0	7,0	0,0	0,5	0,0
> 2 mm	0,2	0,0	0,4	0,0	10,9	0,1	2,1	0,2
> 1 mm	0,6	0,1	2,6	0,1	13,8	0,1	3,9	1,5
> 500 um	1,4	2,0	3,1	4,5	14,2	3,9	6,2	3,6
> 250 um	4,5	6,1	3,4	7,4	9,0	4,9	9,0	5,1
> 125 um	44,5	9,4	6,0	10,4	6,5	10,3	18,0	7,8
< 125 um	48,8	82,3	84,1	77,7	31,5	80,9	60,0	81,7

Tabell 3. Jordkjemiske analyser fra sedimenter i de undersøkte profilene. Ign er glødetap i %, CEC er kation utbyttingskapasitet i me/100 g tørr jord, og Base er basemetning i %. - Analysis of soil chemistry of sediments in the transects. Ign = loss-on-ignition in percentage, CEC = cation exchange capacity in me/100 g dry soil, and Base is base saturation in percentage.

	pH	Ign %	Ca mg/100 g tørr jord	Mg mg/100 g tørr jord	Na mg/100 g tørr jord	K mg/100 g tørr jord
1(5)	4,0	5,3	12,3	2,3	1,4	10,4
3	5,0	7,3	21,2	4,0	0,8	7,1
A1	4,9	5,0	35,4	7,5	0,5	5,6
A2	5,0	5,3	26,6	9,2	0,7	7,2
A3	4,9	5,3	24,1	4,8	0,5	6,1
A4	5,2	6,5	30,6	6,3	0,8	5,9

	Ca m.ekv./100 g tørr jord	Mg m.ekv./100 g tørr jord	Na m.ekv./100 g tørr jord	K m.ekv./100 g tørr jord	H m.ekv./100 g tørr jord	CEC m.ekv./100 g tørr jord	Base %
1(5)	0,61	0,19	0,06	0,26	7,12	8,25	13,68
3	1,06	0,33	0,03	0,18	7,91	9,52	16,87
A1	1,77	0,61	0,02	0,14	6,96	9,51	26,79
A2	1,33	0,76	0,03	0,18	6,81	9,11	25,25
A3	1,20	0,39	0,02	0,16	6,55	8,32	21,27
A4	1,53	0,52	0,04	0,15	6,71	8,94	24,96

Profil 3

Profil 3 (figur 6) ble lagt øst for elva, i siden av et kanalløp. Denne er betydelig brattere enn profil 1 og 2. Den strekker seg fra vannkanten og opp mot deltaflaten, og ender i kanten av en slåttemark. Profilen er 15 m lang, og har en vertikal høydeforskjell på ca 110 cm. Profilen ble ødelagt ved oppdyrking, slik at det bare foreligger data for perioden 1987-1989.

Opprinnelig låg det her et 3 m bredt belte med elvesnelle, med *Drepanocladus exannulatus* i bunnskiktet. Vertikalt sett utgjorde dette et 25 cm bredt belte. Ovenfor dette låg et belte med flaskestarr (*C. rostrata*), og aller øverst en bestand med strandrør (*Phalaris arundinacea*) i kanten av kulturmarka.

Profil A2

Profil A2 ble lagt noe vest for elva. Den strekker seg 36 m fra vannkanten og innover deltaflaten. Høydeforskjellen er 143 cm. Profilen er ganske flat i de nedre 17 metrene, og stiger så noe brattere oppover kanten mot selve deltaflaten. Profilen ble først analysert i 1988.

Kornfordeling og jordkjemisk analyse av en sedimentprøve er gitt i tabell 2 og 3.

Den opprinnelige vegetasjonen har bestått av et ca 5 m bredt belte dominert av elvesnelle (*Equisetum fluviatile*). Over dette låg det en 15 m bred sone med sennegrass (*Carex vesicaria*), og aller øverst en strandrør (*Phalaris arundinacea*)-bestand. Den vertikale utstrekningen av elvesnellebeltet var ca 35 cm.

4.2 Profiler på gravde sedimenter

Profil A1

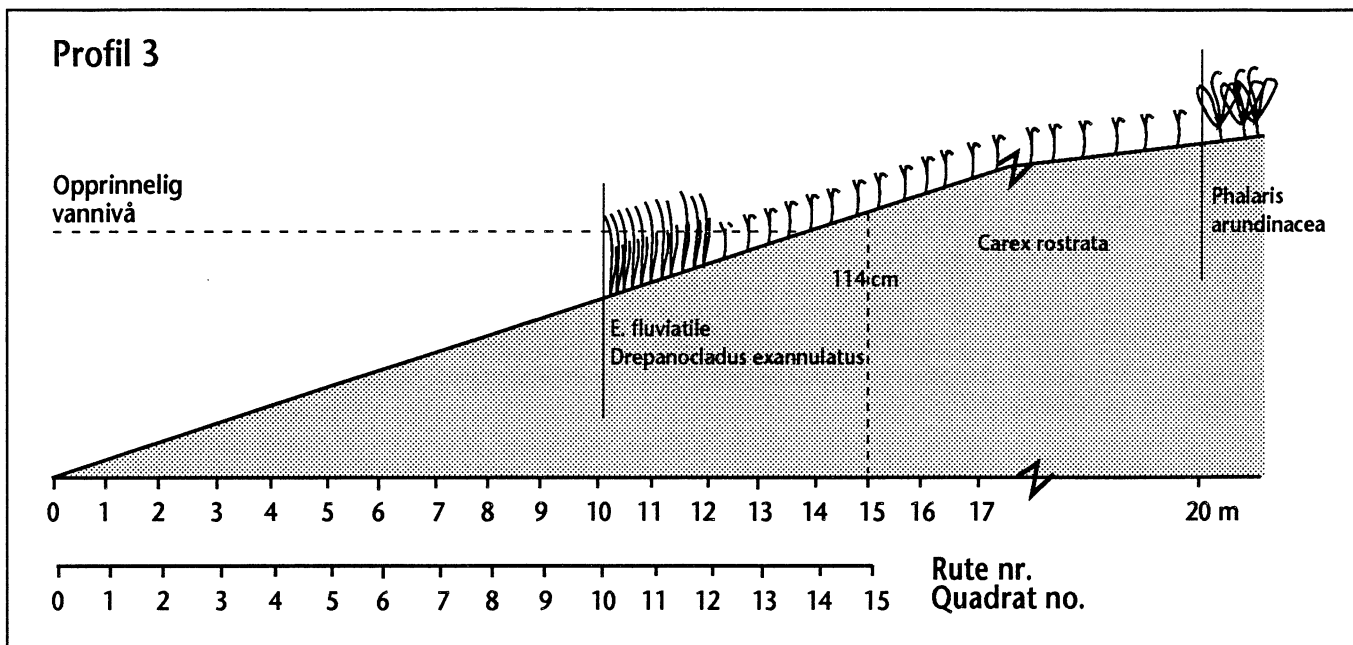
Profilen ble lagt ved samme kanal som profil 3, men i et område hvor kantene var utgravd for å utvide kanalen. Profilen var 11 m lang, og låg i en relativt bratt skråning, med en høydeforskjell på 158 cm fra nedre til øvre punkt. Profilen ble avsluttet i en intakt strandrør (*Phalaris arundinacea*)-bestand, men ellers var all opprinnelig vegetasjon fjernet. En måned etter senkningen fantes det ikke vegetasjon langs profilen.

En kornfordelings- og jordkjemisk analyse fra en prøve midt i profilet er vist i tabell 2 og 3. Prøven skiller seg noe fra de andre ved at mer enn halvparten av substratet består av partikler >1 mm. Men også her var mer enn 30 % av partiklene <125 µm.

Dessverre ble denne profilen ødelagt ved grøfting, slik at den bare ble analysert 1988-90.

Profil A3 og A4

Disse profilene ligger på de kunstige øyene som ble bygget opp i 1987. De består av sedimenter som ble gravd opp fra nærliggende områder. Analyser av sedimentenes sammensetning er vist i tabell 2 og 3. Profilen A3 er 9 m lang, med en vertikal utstrekning på 172 cm. Profil A4 ligger på en av de ytterste øyene som ble laget. Profilen er 8 m lang, og høyeste punkt ligger 155 cm over 0-punktet.



Figur 6. Profil 3 omfatter 15 ruter som strekker seg far "normal sommervannstand" etter senkning, gjennom elvesnelle-beltet og inn i flaskestarr-beltet. - Transect 3 consists of 15 quadrats stretching from the new "mean summer water-level", through the *E. fluviatile* belt and into the *Carex rostrata* belt.

5 Dataanalyse

5.1 Beskrivelser av vegetasjonsutformingene hvert år

De analyserte profilene og fastrutene gir grunnlag for en beskrivelse av de vegetasjonstypene/stadiene som opptrådte hvert år etter senkningen. Det er skilt mellom vegetasjonsanalyser fra henholdsvis gravde og ugravde sedimenter, og hver av disse er klassifisert ved hjelp av TWINSPAN (Hill 1979). Hovedgruppene som framkommer ved klassifikasjonene hvert år blir beskrevet.

5.1.1 Vegetasjonsforholdene en måned etter senkningen (1987)

Deltaet ble undersøkt første gang ca 1 mnd etter at senkningen var gjennomført. De opprinnelige vegetasjonsbeltene låg intakt, men de fleste stedene langt innenfor den nye vannkanten. I de flateste partiene var det blottlagt store deltaarealer. På disse fantes allerede en stor dekning av karplanter. Bare i de aller lavestliggende feltene var det nesten bare

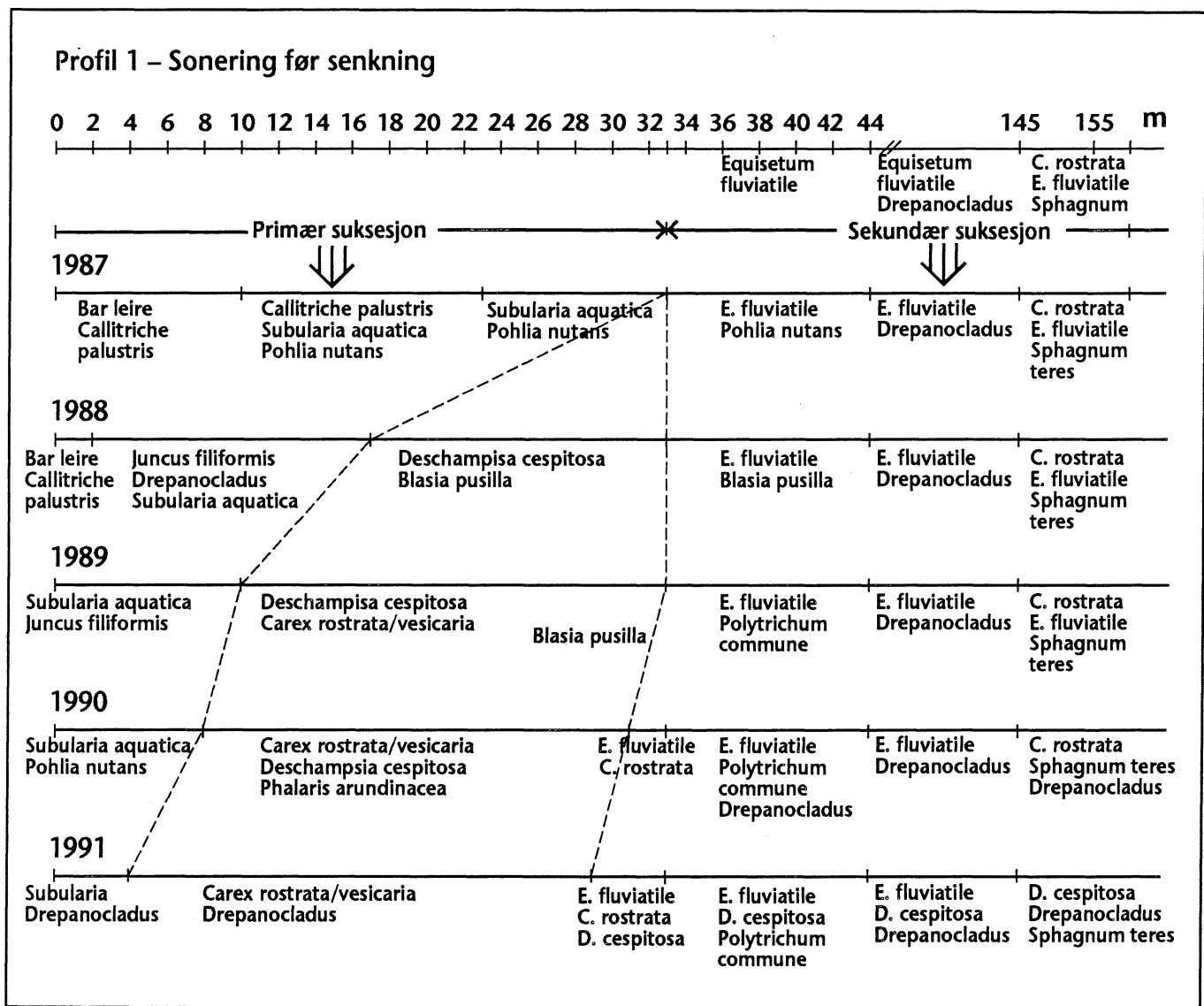
bar silt. Sylblad (*Subularia aquatica*) var den dominerende arten, ofte med 80 % dekning. Ellers var det mye småvasshår (*Callitriche palustris*), og noe flotgras (*Sparganium angustifolium*) i de ytre områdene. Spredt fantes det også tuer med karplanter som sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), padde-siv (*Juncus bufonius*), flaskestarr (*Carex rostrata*), sennegrass (*C. vesicaria*), krypsiv (*Agrostis stolonifera*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), evjesoleie (*Ranunculus reptans*) og krypssoleie (*R. reptans*).

I de områdene der det var gravd i sedimentene - kanaler og kunstige øyer - fantes det på dette tidspunkt ikke vegetasjon. Unntak var spredte vierbusker som var satt ut på øyene.

Vegetasjonstypene 1 mnd etter senkningen

Småvasshår (*Callitriche palustris*)-sylblad (*Subularia aquatica*)-vegetasjon

De analyserte bestandene låg på blottlagt silt, og denne vegetasjonen var således utviklet i løpet av tiden etter senkningen. En kan her skille mellom tre utforminger: En med et meget sparsomt vegetasjonsdekke av bare spredte forekomster av karplanter og



Figur 7. Hovedtrekkene i vegetasjonssoneringene langs profil 1 fra 1987 til 1991. - Main vegetation zones along transect 1 during the years 1987 to 1991.

noe *Drepanocladus exannulatus*. En annen gruppe hadde en tettere vegetasjon med sylblad (*Subularia aquatica*), småvasshår (*Callitriche palustris*), sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og et relativt tett bunnsjikt med *Pohlia nutans* og *Drepanocladus exannulatus*. En annen gruppe hadde også en relativt tett vegetasjon, men i tillegg til de ovennevnte artene inngikk mer flaskestarr/sennegrass (*Carex rostrata*, *C. vesicaria*), evjesoleie (*Ranunculus reptans*) og *Marchantia polymorpha*.

Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-vegetasjon

Innen det opprinnelige *E. fluviatile*-beltet kunne en skille mellom tre utforminger, vesentlig basert på bunnsjiktets sammensetning: De største arealene ble dekket av den opprinnelige typen med et tett dekke av *Drepanocladus exannulatus* eller *Sphagnum teres* i de høyestliggende partiene. I de lavestliggende delene hvor det var mindre *Drepanocladus exannulatus*, hadde det skjedd en sterk ekspansjon av *Pohlia nutans* og *Blasia pusilla*.

Flaskestarr/sennegras-(*Carex rostrata*/*C. vesicaria*)-vegetasjon

I det meste av denne vegetasjonen stod flaskestarr og sennegras så tett at det ikke gav rom for andre arter. Bunnsjiktet var stedvis velutviklet med *Drepanocladus exannulatus* som dominant art.

5.1.2 Vegetasjonsforholdene 1 år etter senkningen (1988)

Ett år etter senkningen hadde det skjedd store endringer i vegetasjonen på de blottlagte deltaområdene. Graminider (spesielt sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og trådsiv (*Juncus filiformis*) og ulike mosearter (spesielt *Blasia pusilla*) dannet nå stedvis et tett vegetasjonsdekke. Sylblad (*Subularia aquatica*) som var dominant i den første tiden etter senkningen var gått meget sterkt tilbake. I elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-beltet hadde en rekke nye arter etablert seg. Mest framtrædende var det tette mosedekket av *Blasia pusilla* i den delen av beltet hvor det var lite *Drepanocladus exannulatus*.

Analyser av ugravde sedimenter

Småvasshår (*Callitriche palustris*)-sylblad (*Subularia aquatica*)-vegetasjon

Denne vegetasjonstypen fantes nederst i profilene, og var karakterisert ved innslag av arter som nålsivaks (*Eleocharis acicularis*), mannasøtgras (*Glyceria fluitans*) og flotgras (*Sparganium angustifolium*). Trådsiv (*Juncus filiformis*) og flaskestarr (*Carex rostrata*) var imidlertid vanlige, og i bunnsjiktet dominerte *Drepanocladus exannulatus*, *Pohlia nutans* og *Philonotis tomentella*. Sammenlignet med året før hadde typen imidlertid mye mindre utbredelse.

Sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*)-trådsiv (*Juncus filiformis*)-vegetasjon

Det aller meste av de blottlagte deltaområdene ble dette året helt dominert av sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og trådsiv (*Juncus filiformis*). I tillegg til disse artene var krypkvein (*Agrostis stolonifera*), flaskestarr (*Carex rostrata*), sennegras (*C. vesicaria*), krypkvein (*Ranunculus reptans*), evjesoleie (*R. reptans*), harestarr (*Carex ovalis*), strandrør

(*Phalaris arundinacea*) og flotgras (*Sparganium angustifolium*), vanlige. I bunnsjiktet dominerte *Blasia pusilla* stedvis, mens *Dicranella palustris*, *Pohlia* sp., *Philonotis tomentella*, *Polytrichum commune* og *Marchantia polymorpha* opptrådte vanlig, men mer spredt.

Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-vegetasjon

De opprinnelige elvesnelle-beltene låg fortsatt intakt, men det hadde skjedd en etablering av en rekke nye arter, spesielt krypkvein (*Agrostis stolonifera*), sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), krypsoleie (*Ranunculus reptans*), skogrørkvein (*Calamagrostis purpurea*) og flaskestarr (*Carex rostrata*). *Drepanocladus exannulatus*, *Blasia pusilla* og *Marchantia polymorpha* dominerte i bunnsjiktet.

Flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata*/*C. vesicaria*)-vegetasjon

De opprinnelige beltene låg intakt, og andre arter hadde i liten grad etablert seg i disse tette mattene.

Analyser fra gravde sedimenter

Ett år etter senkningen hadde det også etablert seg en pionervegetasjon på de sedimentene det var gravd i. Vegetasjonen var sparsom, og ble totalt dominert av kryptogamer. Karplanter fantes bare spredt.

Vegetasjonen var meget homogen i nesten hele de undersøkte områdene. De samme pionerartene hadde etablert seg i like stor grad langs alle profilene. *Marchantia polymorpha*, *Pohlia nutans* og små akrokarpe moser (bl.a. *Ceratodon purpureus*, *Bryum* spp., *Pleuridium subulatus*) dominerte fullstendig, mens *Philonotis tomentella*, *Blasia pusilla*, og *Drepanocladus exannulatus* var vanlige, men hadde mindre dekning. Frøplanter av bjørk (*Betula pubescens*) og vierarter (*Salix* spp.) fantes innen hele området. Småvasshår (*Callitriche palustris*), trådsiv (*Juncus filiformis*), og sylblad (*Subularia aquatica*) var svært vanlige, unntatt i de aller øverste delene. Evjesoleie (*Ranunculus reptans*), *Blasia pusilla*, knereverumpe (*Alopecurus geniculatus*) var vanligst i de nedre delene.

5.1.3 Vegetasjonsforholdene 2 år etter senkningen (1989)

Endringene i vegetasjonen andre året var betydelig mindre enn fra det første året etter senkningen. Vegetasjonen var imidlertid blitt enda tettere, og arealene med pionervegetasjon langs vannkanten ytterligere redusert. Den tette grasmatten var trukket enda lengre ned mot vannkanten. Graminidevegetasjon dominerte fortsatt fullstendig i de deltaområdene som var blitt blottlagt. De opprinnelige beltene med elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) og flaskestarr (*Carex rostrata*) fantes fortsatt intakt.

Analyser av ugravde sedimenter

Sylblad (*Subularia aquatica*)-vegetasjon

Aller lengst ned mot vannkanten dominerte sylblad (*S. aquatica*), og sammen med denne fantes også sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), mannasøtgras (*Glyceria fluitans*), evjesoleie (*Ranunculus reptans*), flaskestarr (*Carex rostrata*) og sennegras (*C. vesicaria*). I et sparsomt bunnsjikt fantes vesentlig *Drepanocladus exannulatus*.

Sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*)-flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata*/*C. vesicaria*)-vegetasjon

Det aller meste av de blottlagte områdene ble dekket av denne typen. I tillegg var strandrør (*Phalaris arundinacea*), trådsiv (*Juncus filiformis*) og krypssoleie (*Ranunculus repens*) vanlige. I bunnsjiktet var *Drepanocladus exannulatus* den viktigste arten, men mosedekningen var relativt liten.

Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-vegetasjon

I de gamle beltene med elvesnelle hadde det skjedd en sparsom innvandring av andre arter, spesielt sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), krypkvein (*Agrostis stolonifera*), skogrørkvein (*Calamagrostis purpurea*), krypssoleie (*Ranunculus repens*) og flaskestarr (*Carex rostrata*). I et velutviklet bunnsjikt dominerte *Drepanocladus exannulatus* eller *Polytrichum commune*, men også *Pohlia nutans*, *Philonotis tomentella*, *Blasia pusilla*, *Drepanocladus exannulatus* og små akrokarpe moser var vanlige.

Flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata*/*C. vesicaria*) vegetasjon

De gamle sonene var fortsatt lite forandret. Få andre arter hadde klart å etablere seg i disse tette mattene.

Analyser fra gravde sedimenter

I de gravde sedimentene hadde det skjedd en sterk ekspansjon av graminider og små vierbusker siden året før. Bunnsjiktet var imidlertid fortsatt velutviklet.

Vegetasjonen i disse områdene var fortsatt relativt lite differensiert, da arter som sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), trådsiv (*Juncus filiformis*), *Philonotis tomentella*, *Marchantia polymorpha*, gråstarr (*Carex canescens*) og flaskestarr (*C. rostrata*) fantes i nesten alle rutene. En kunne imidlertid skille mellom en sylblad (*Subularia aquatica*)-småvasshår (*Callitriche palustris*)-vegetasjon nederst, og en sone med små bjørkebusker (*Betula pubescens*) og *Blasia pusilla* øverst.

5.1.4 Vegetasjonsforholdene 3 år etter senkningen (1990)

Tilsynelatet hadde det ikke skjedd store forandringer i vegetasjonsdekket siden året før. De gamle flaskestarr/sennegras- og elvesnelle-beltene var fortsatt intakt, og graminider dominerte på de blottlagte sedimentene.

Analyser fra ugravde sedimenter

Sylblad (*Subularia aquatica*)-småvasshår (*Callitriche palustris*)-vegetasjon

Denne typen fantes vesentlig helt nederst i profilene, og hadde en sammensetning lik årene før.

Flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata*/*C. vesicaria*)-sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*)-vegetasjon

I denne typen fantes i tillegg sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), strandrør (*Phalaris arundinacea*) og trådsiv (*Juncus filiformis*) konstant, og stedvis som co-dominant. Bunnsjiktet bestod vesentlig av

Drepanocladus exannulatus, men dekingen var for det meste liten. Denne typen dekket det aller meste av de blottlagte sedimentene.

Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-flaskestarr (*Carex rostrata*)-vegetasjon

Denne typen ble dominert av elvesnelle (*E. fluviatile*), flaskestarr (*C. rostrata*) og/eller sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), og av *Polytrichum commune* og *Marchantia polymorpha* i bunnsjiktet. Bestandene var utviklet i overgangen mellom den tidligere elvesnelle (*E. fluviatile*)-sonen og sedimenter som ble blottlagt etter senkningen.

Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-*Polytrichum commune*-vegetasjon

Sammen med elvesnelle (*E. fluviatile*) var sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) konstant, og stedvis codominant. Ellers inngikk trådsiv (*Juncus filiformis*), krypsoleie (*Ranunculus repens*), krypkvein (*Agrostis stolonifera*), gråstarr (*Carex canescens*), og harestarr (*C. ovalis*) konstant. I et tett bunnsjikt dominerte *Polytrichum commune* og *Drepanocladus exannulatus*.

Flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata/C. vesicaria*)-vegetasjon

De opprinnelige beltene låg fortsatt intakt, og av andre arter fantes det nesten bare krypsoleie (*Ranunculus repens*) inne i de tette mattene.

Analysen fra gravde sedimenter

I områder med gravde sedimenter hadde det skjedd en kraftig utvikling av vegetasjonsdekket. Den arten som dominerte det meste var sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*). Bunnsjiktet var også velutviklet, med *Polytrichum commune*, *Blasia pusilla* og *Marchantia polymorpha* som de viktigste artene.

Vegetasjonen virket fortsatt å være ganske homogen over det hele, noe som skyldes dominansen av sølvbunke (*D. cespitosa*). Men det var et hovedskille i materialet ved de nederste rutene på bakgrunn av forekomst av sylblad (*Subularia aquatica*) og kneverumpe (*Alopecurus geniculatus*). På høyere nivå hadde *Polytrichum commune*, krypkvein (*Agrostis*

stolonifera), gråstarr (*Carex canescens*) og hundekvein (*Agrostis canina*) sin hovedutbredelse.

5.1.5 Vegetasjonsforholdene 4 år etter senkningen (1991)

Analysen fra ugravde sedimenter

Sylblad (*Subularia aquatica*)-småvasshår (*Callitriche palustris*)-vegetasjon

I de nedre delene av profilene fantes sylblad (*Subularia aquatica*), småvasshår (*Callitriche palustris*) og knereverumpe (*Alopecurus geniculatus*) vanlig. Men også sennegras (*Carex vesicaria*), sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), trådsiv (*Juncus filiformis*) og krypkvein (*Agrostis stolonifera*) inngikk vanlig i rutene. *Drepanocladus exannulatus* dominerte i bunnsjiktet.

Flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata/C. vesicaria*)-sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*)-vegetasjon

Flaskestarr/sennegras og *Drepanocladus exannulatus* dominerte nå det meste av de blottlagte sedimentene, men fortsatt var sølvbunke (*D. cespitosa*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), trådsiv (*Juncus filiformis*) og krypsoleie (*Ranunculus repens*) svært vanlige.

Flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata/C. vesicaria*)-vegetasjon

De "gamle" flaskestarr/sennegras-beltene låg fortsatt intakt, men arter som kvassdå (*Galeopsis tetrahit*), sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og krypsoleie (*R. repens*) fantes spredt.

Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-vegetasjon

De opprinnelige elvesnelle-beltene fantes fortsatt, men det hadde skjedd en sterk innvandring av nye arter, spesielt flaskestarr (*Carex rostrata*), sennegras (*C. vesicaria*), harestarr (*C. ovalis*), gråstarr (*C. canescens*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), krypsoleie (*Ranunculus repens*), skogrørkvein (*Calamagrostis purpurea*), hundekvein (*Agrostis canina*) og myr-

maure (*Galium palustre*). I bunnsjiktet dominerte *Polytrichum commune*, men *Drepanocladus exannulatus*, *Marchantia polymorpha*, *Rhytidiadelphus squarrosus*, *Chiloscyphus pallescens*, *Hypnum lindbergii* og *Scapania* spp. var også vanlige.

Analyser fra gravde sedimenter

Mest karakteristisk i de områdene hvor det var blitt gravd var en sterk vekst av vier (*Salix* spp.)-busker. De høyeste og tetteste krattene var utviklet i profil A4 hvor selje (*Salix caprea*) og svartvier (*S. nigricans*) var blitt opp til 2 m høye. Bunnsjiktet var fortsatt velutviklet, med *Polytrichum commune* og *Marchantia polymorpha* som de viktigste artene.

De lavestliggende rutene var karakterisert ved knereverumpe (*Alopecurus geniculatus*) og evjesoleie (*Ranunculus reptans*), men også sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), trådsiv (*Juncus filiformis*), krypkvein (*Agrostis stolonifera*) og strandrør (*Phalaris arundinacea*) var vanlige. I bunnsjiktet dominerte *Marchantia polymorpha*.

De høyestliggende rutene var preget av flaskestarr (*C. rostrata*), selje (*Salix caprea*), svartvier (*S. nigricans*), bjørk (*Betula pubescens*) (opptil 60 cm høye busker) og stor dekning av *Polytrichum commune* i bunnsjiktet. En kunne ellers skille mellom en gruppe med et høyere og tettere busjskikt av *Salix* spp., og mer flaskestarr (*Carex rostrata*) som var best utviklet på den ytre øya. En gruppe hadde et mindre tett busjskikt og mer sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og strandrør (*Phalaris arundinacea*) i feltsjiktet. Her inngikk også flere arter i både felt- og bunnsjiktet.

5.2 Vegetasjonsforandringer langs profil 1

Hovedtrekkene i suksesjonen innen profil 1 er vist i figur 8.

1987

De lavestliggende 10 m bestod mest av bar silt, med spredte forekomster av småvasshår (*Callitriche palustris*) og sylblad (*Subularia aquatica*). Mellom 11 og 33 m var vegetasjonsdekket tettere med de samme artene, men med mer *Pohlia nutans*. Det opprinnelige elvesnelle-beltet fantes mellom 33 og 145 m, og kunne deles i en *Pohlia nutans*-sone og en

Drepanocladus exannulatus-sone ovenfor. Mellom 145 og 155 m låg et fuktig *Carex rostrata*-*Equisetum fluviatile*-*Sphagnum teres*-belte.

1988

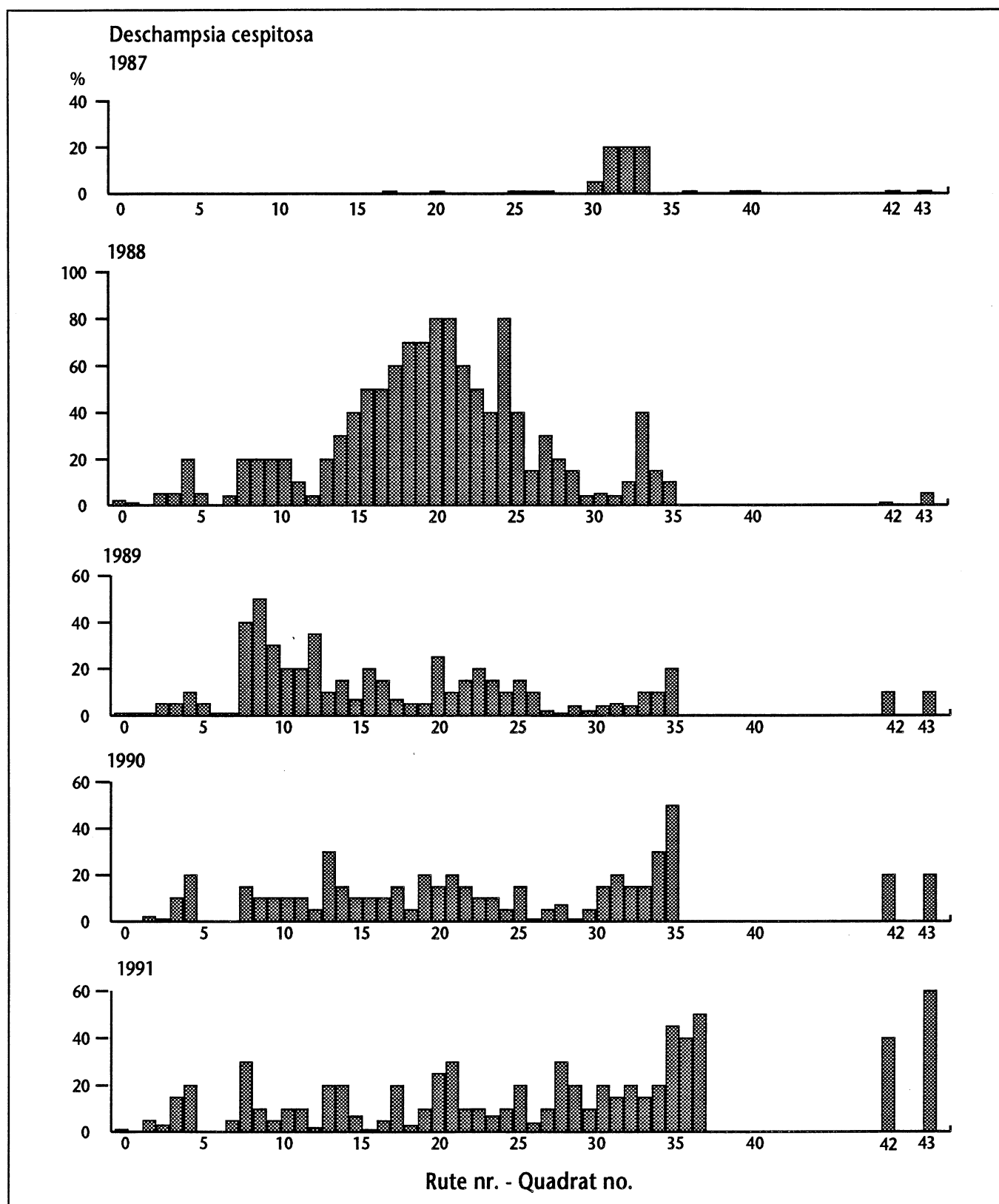
Sonen med bar leire og spredte forekomster med småvasshår (*Callitriche palustris*) var nå redusert til de to lavestliggende rutene. Rute 2-17 hadde en vegetasjon karakterisert ved småvasshår (*Callitriche palustris*) og sylblad (*Subularia aquatica*), men trådsiv (*Juncus filiformis*) var vanlig. Sonen mellom rute 17 og 33 var svært homogen og ble helt dominert av sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), trådsiv (*Juncus filiformis*) og flaskestarr (*Carex rostrata*). I bunnsjiktet var *Dicranella palustris* og *Drepanocladus exannulatus* vanlige i de nedre rutene, mens *Blasia pusilla* dominerte helt i de øvre rutene. I *Equisetum fluviatile*-sonen dominerte *Blasia pusilla* og *Pohlia nutans* nederst og *Drepanocladus exannulatus* øverst. I denne sonen hadde det etablert seg en rekke "fremmede" arter, spesielt skogrørkvein (*Calamagrostis purpurea*). Lengst inne i profilet låg *Carex rostrata*-*Sphagnum teres*-sonen, og den hadde endret seg lite.

1989

De ti lavestliggende rutene bestod av en sylblad (*Subularia aquatica*)-evjesoleie (*Ranunculus reptans*)-vegetasjon, med sprete innslag av flaskestarr (*Carex rostrata*), sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og trådsiv (*Juncus filiformis*). Mellom rute 10 og 33, opp til det gamle *Equisetum fluviatile*-beltet, fantes en relativt homogen *Carex rostrata*-*Deschampsia cespitosa*-dominert vegetasjon, med jevnt innslag av trådsiv (*Juncus filiformis*). Fra rute 33 fantes det et velutviklet mosedekke av *Blasia pusilla* og små akrokarpe moser. I den ytre del av *Equisetum fluviatile*-beltet dominerte *Polytrichum commune* og *Philonotis tomentella*. Lenger inne var fortsatt *Drepanocladus exannulatus* den dominante arten. Innerst i profilet fantes en *Carex rostrata*-*Equisetum fluviatile*-*Sphagnum tenellum*-vegetasjon. I denne hadde det skjedd en økning av sølvbunke (*D. cespitosa*), skogrørkvein (*Calamagrostis purpurea*) og krypkvein (*Ranunculus repens*), og en reduksjon av *Sphagnum teres*.

1990

I de åtte lavestliggende rutene fantes en sylblad (*Subularia aquatica*)-småvasshår (*Callitriche palustris*)-vegetasjon. I de fire innerste rutene var imidlertid flaskestarr (*Carex rostrata*) også dominant. Rute 9-30 hadde en flaskestarr/sennegrass (*C.*



Figur 8. Dekningen av sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) langs profil 1 fra 1987 til 1991. - The cover of *Deschampsia cespitosa* along transect 1 during 1987 to 1991.

rostrata/C. vesicaria)-sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*)-dominert vegetasjon. Strandrør (*Phalaris arundinacea*) var stedvis co-dominant, og trådsiv (*Juncus filiformis*) og krypsoleie (*Ranunculus repens*) opptrådte i de fleste rutene. Bunnsjiktet var sparsomt, men *Drepanocladus* sp. er konstant. I rute 31-33 fantes en overgangssone dominert av flaskestarr/sennegras, elvesnelle (*E. fluviatile*) og *Polytrichum commune*. Det var tydelig at elvesnelle nå hadde ekspandert utover fra sonen innenfor. Den opprinnelige elvesnelle-sonen låg fortsatt noenlunde intakt mellom rutene 33 og 41. Flaskestarr (*Carex rostrata*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), gråstarr (*Carex canescens*), skogørkvein (*Calamagrostis purpurea*) og krypkvein (*Agrostis stolonifera*) opptrådte imidlertid også vanlig. I et tett bunnsjikt dominerte *Polytrichum commune* og *Drepanocladus exannulatus*. Lenger inne i profilet låg *Equisetum fluviatile*-*Drepanocladus exannulatus*-sonen fortsatt intakt, men det hadde skjedd en økning av sølvbunke (*D. cespitosa*) og engsyre (*Rumex acetosa*). Innerst hadde elvesnelle (*E. fluviatile*) og *Sphagnum teres* gått kraftig tilbake, og sølvbunke (*D. cespitosa*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), engsyre (*Rumex acetosa*) og *Drepanocladus exannulatus* hadde økt sterkt.

1991

De fire nederste rutene var karakterisert ved sterkt innslag av sylblad (*S. aquatica*), småvasshår (*C. palustris*), knereverumpe (*A. geniculatus*), og i et relativt tett bunnsjikt dominerte *Drepanocladus exannulatus*. Sonen fra rute 5-29 ble dominert av sennegras (*Carex vesicaria*), og med flaskestarr (*C. rostrata*) som co-dominant. Sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*), trådsiv (*Juncus filiformis*), strandrør (*Phalaris arundinacea*) var konstante og stedvis co-dominante. Vanlige arter var også harestarr (*Carex ovalis*) og krypsoleie (*Ranunculus repens*). I bunnsjiktet dominerte *Drepanocladus exannulatus*. Rutene 29-33 representerte en overgangssone mellom det opprinnelige elvesnelle-beltet og ny-etablert vegetasjon. Elvesnelle hadde spredt seg (trolig vegetativt) nedover i profilet, samtidig som flaskestarr (*Carex rostrata*), sennegras (*C. vesicaria*) og sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) også hadde etablert seg her. Rutene 33-41 låg i det opprinnelige elvesnelle-beltet. Her hadde det nå skjedd en kraftig økning av sølvbunke (*D. cespitosa*). I tillegg var krypkvein (*Agrostis stolonifera*), gråstarr (*Carex canescens*), harestarr (*C. ovalis*), myrmaure (*Galium palustre*), trådsiv (*Juncus filiformis*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), krypsoleie (*R. repens*) og skogørkvein (*Calamagrostis purpurea*) vanlige.

Bunnsjiktet ble helt dominert av *Polytrichum commune*, men med innslag av *Scapania* sp., *Drepanocladus exannulatus*, *Rhytidiadelphus squarrosus*, og *Hypnum lindbergii*. Lenger inne i elvesnelle-beltet fantes en elvesnelle-sølvbunke-*Drepanocladus exannulatus*-vegetasjon, med innslag av harestarr (*C. ovalis*), strandrør (*Phalaris arundinacea*), matsyre (*Rumex acetosa*) og myrfiol (*Viola palustris*).

Innerst i elvesnelle-beltet fatnes en sølvbunke-*Drepanocladus* sp.-vegetasjon, med innslag av hundekvein (*Agrostis canina*), harestarr (*Carex ovalis*), flaskestarr (*C. rostrata*), sennegras (*C. vesicaria*), strandrør (*Phalaris arundinacea*) og *Hyphnum lindbergii*. Elvesnelle og *Sphagnum teres* var her blitt nesten helt borte.

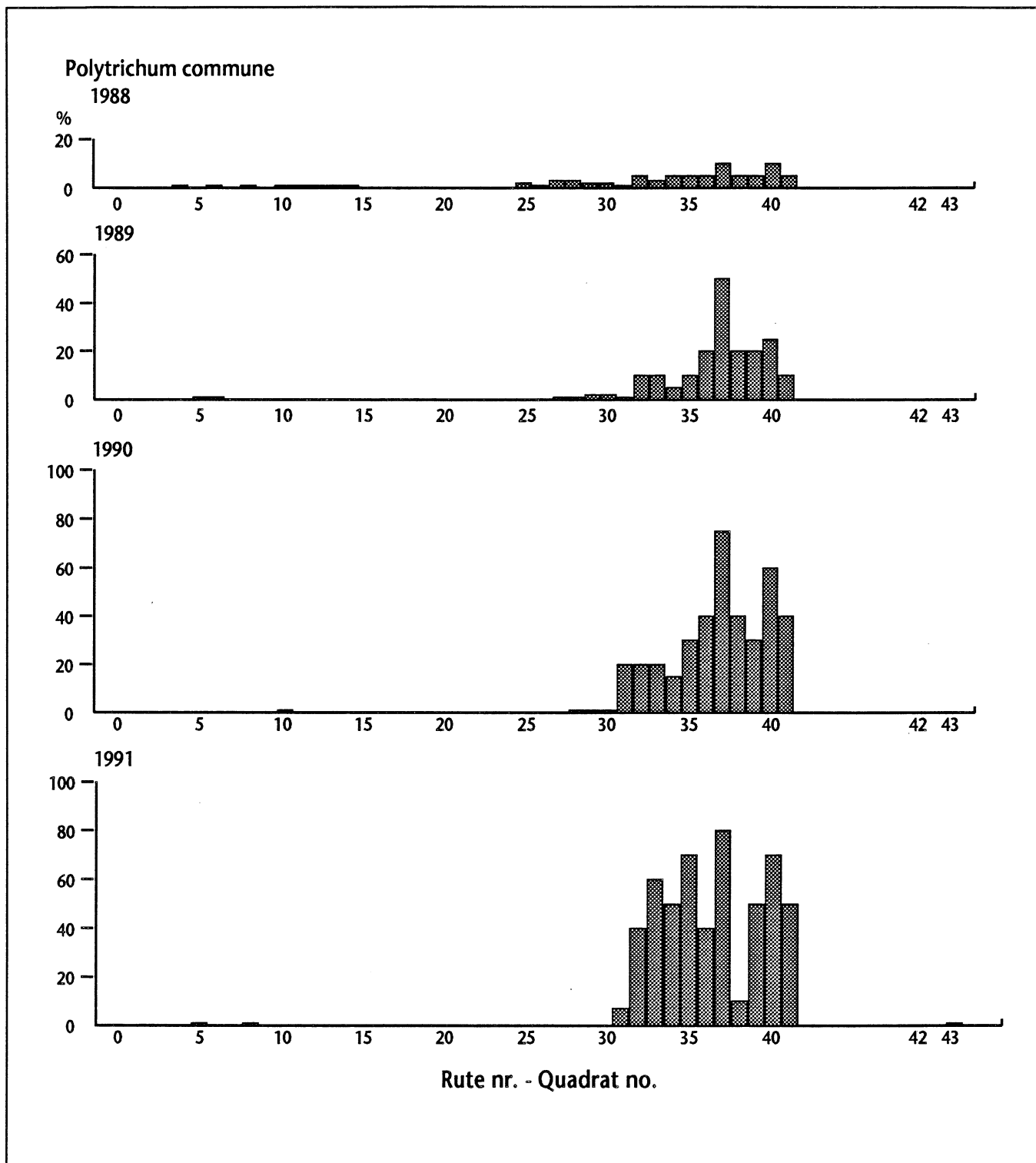
5.3 Floristiske endringer langs profil 1 og profil A4

Floristisk har det skjedd store forandringer innen profilene etter senkningen. Eksempler på dette er vist i figur 9 og 10 (profil 1) og 11 og 12 (profil A4). Endringer av endel andre arter blir nevnt nedenfor.

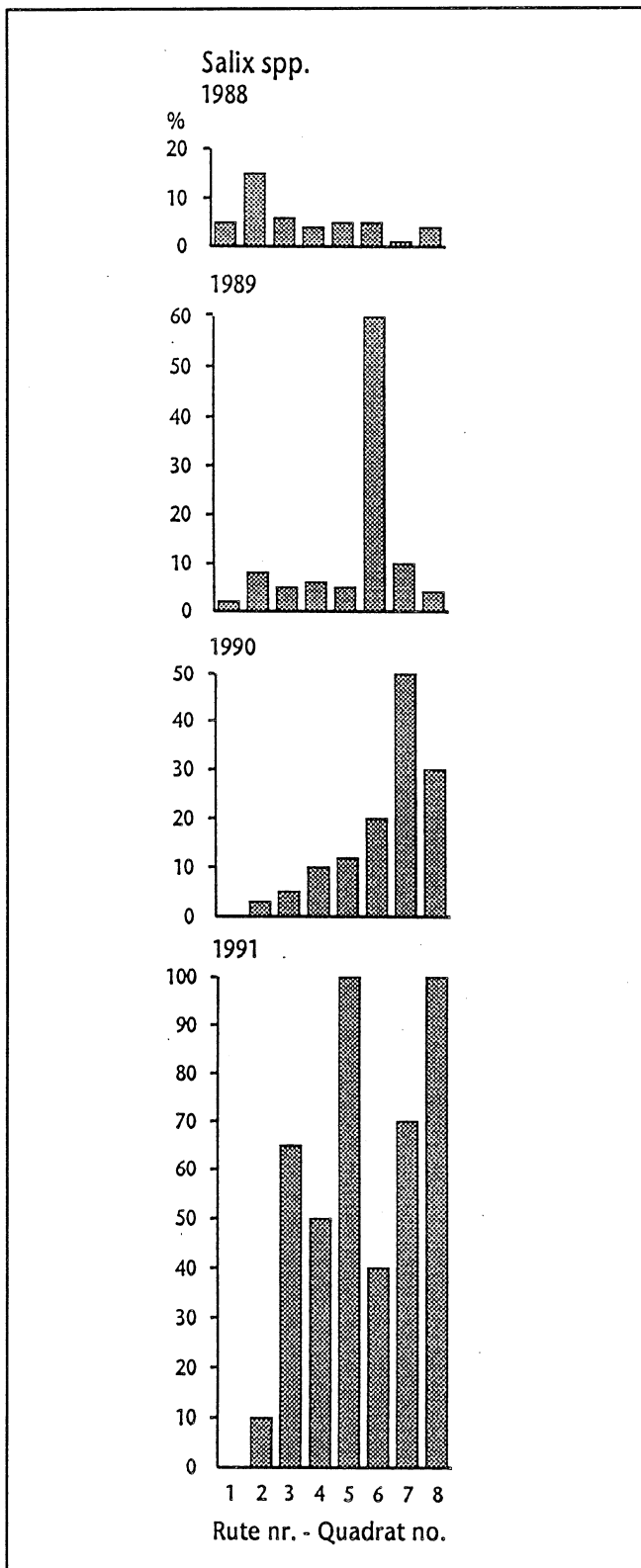
Elvesnelle-beltet (*Equisetum fluviatile*) har holdt seg nesten uendret i tiden etter senkningen. Faktisk har elvesnelle "vandret" noe nedover i profilet, og er nå dominant i 2-3 ruter nedenfor dens opprinnelige sone.

Små frøplanter av flaskestarr (*Carex rostrata*) og sennegras (*C. vesicaria*) etablerte seg meget raskt på de blottlagte sedimentene, og har senere bare økt sin utbredelse og dominans. De synes imidlertid å ha problemer med å etablere seg i elvesnelle-beltet, og i de sju nedre rutene. I profilet er *C. vesicaria* den dominerende arten, men i de fleste rutene er *C. rostrata* co-dominant.

Sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) (figur 8) var framfor alle den viktigste pionerarten på de blottlagte sedimentene. Allerede en måned etter senkningen hadde den i enkelte ruter en dekning på 20 %. Året etter var den i store områder totalt dominerende, men i de lavestliggende partiene hadde den mindre dekning. Enkelte tuer fantes også inne i elvesnelle-beltet. Etter 1988 har dens dominans på de blottlagte sedimentene gått sterkt tilbake, mens den ekspanderte sterkt lenger oppe i profilet.



Figur 9. Dekningen av *Polytrichum commune* langs profil 1 fra 1987 til 1991. - The cover of *Polytrichum commune* along transect 1 during 1987 to 1991.



Figur 10. Dekningen av vierarter (*Salix* spp.) langs profil A4 fra 1988 til 1991. - The cover of *Salix* spp. along transect A4 during 1988 to 1991.

En måned etter senkningen var sylblad (*Subularia aquatica*) den dominerende arten på de blottlagte sedimentene, generelt sett i større grad enn det som framgår av forholdene i profil 1. I 1988 hadde den gått sterkt tilbake, mens den senere har etablert seg som dominant i de ytre delene av profilet, hvor den "normalt sett" skal ha sitt optimum.

Inne i elvesnelle-beltet, og noe nedenfor dette var *Pohlia nutans* dominerende i bunnsjiktet allerede en måned etter senkningen. Senere har den gått sterkt tilbake og finnes i dag bare i liten grad. Dette viser hvilket fortrinn moser med gemmae (yngleknopper) har når det gjelder rask etablering.

Blasia pusilla hadde i liten grad etablert seg i elvesnelle-beltet en måned etter senkningen. Året etter var imidlertid *Blasia pusilla* totalt dominerende nederst i elvesnelle-beltet, og noe nedenfor dette. Senere har arten gått kraftig tilbake, og finnes i dag bare i liten grad.

Polytrichum commune (figur 9) ble ikke registrert i profinet en måned etter senkningen. I 1988 fantes den i små mengder langs det meste av profilet. Fra 1989 til 1991 hadde den økt kraftig, men bare nederst i elvesnelle-beltet og fem m nedenfor dette.

I det 110 m brede elvesnelle-belte dominerte *Drepanocladus exannulatus* bunnsjiktet fullstendig, unntatt i de lavestliggende 10 metrene. En måned etter senkningen var *Drepanocladus exannulatus* vanlig langs det meste av profilet, men i små mengder. Også året etter var det lite av arten. I 1989 hadde den imidlertid stedvis etablert seg som dominant i de ytre delene av profilen, en utvikling som ble fortsatt i 1990.

Profil A4 (se figur 2) er en kystig øy der sedimenter fra dypere lag av deltaet er gravd opp for å bygge denne øya. Her lå det ikke noen intakt frøbank som kunne spire like etter senkningen, og innvandringen av artene startet derfor ikke opp før i 1988. Profilet er 8 m langt, og høyeste punkt ligger cm over "normal sommervannstand".

Sølvbunke (*D. cespitosa*) har etablert seg i profilet, men aldri i så stor grad som i profil 1. Størst dekning har den i nedre del av profilet.

Flaskestarr/sennegrass (*C. rostrata/vesicaria*) opptrådte svært sparsomt i 1988 og 1989. Senere har de stedvis ekspandert sterkt, men de synes ikke å ha stabilisert seg i en veldefinert sone enda.

I 1988 fantes sylblad (*Subularia aquatica*) innen hele profilet. Trolig hadde flommer dette året avsatt frø over hele øya. Siden den tid er den bare registrert nederst, og i varierende mengder.

Evjesoleie (*Ranunculus reptans*) har opptrådt i varierende mengder. Den finnes vesentlig nederst i profilet hvor den i 1991 var helt dominerende.

Som sylblad fantes småvasshår (*Callitriche palustris*) i 1988 gjennom hele profilet, men etter den tid har den blitt sterkt redusert.

Frø av bjørk (*Betula pubescens*) spirte allerede i 1988 i de øvre delene av profilet. I de øvre rutene var buskene i 1991 blitt 30-60 cm høye.

I dette profilet har *Salix*-arter ekspandert sterkt (figur 10). I 1991 dominerte svartvier (*S. nigricans*) (opp til 1,9 m høye busker) i de nedre delene av profilet og selje (*S. caprea*) (opp til 2,0 m høye busker) øverst.

Blasia pusilla hadde sitt optimum i de øvre delene av profilet i 1989, men har siden gått tilbake og var helt borte i 1991.

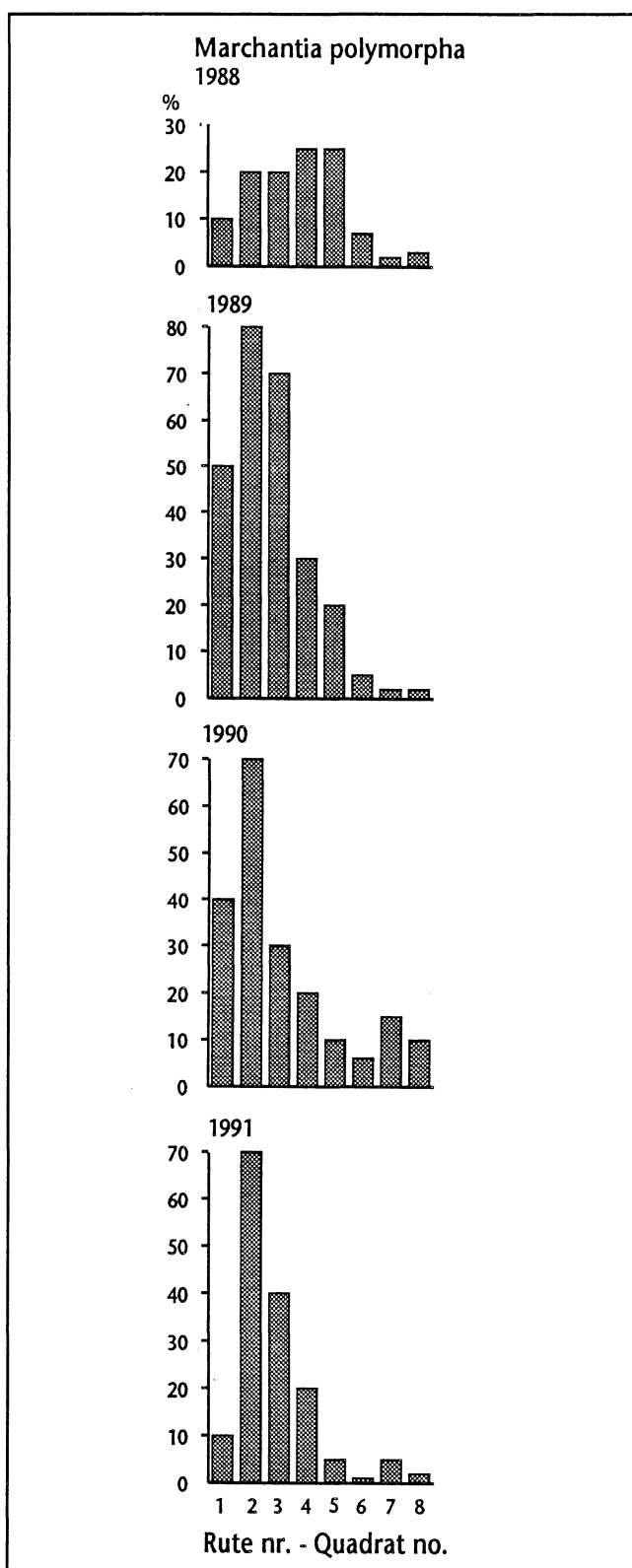
Pohlia nutans dominerte bunnsjiktet i profilet i 1988. Den har siden blitt sterkt redusert, og ble ikke registrert i 1991.

Polytrichum commune har jevnt økt i mengde, og var i 1991 den dominerende arten øverst i profilet. Vekslingene mellom *Pohlia* sp., *Blasia pusilla* og *Polytrichum commune* følger her samme mønster som i profil 1.

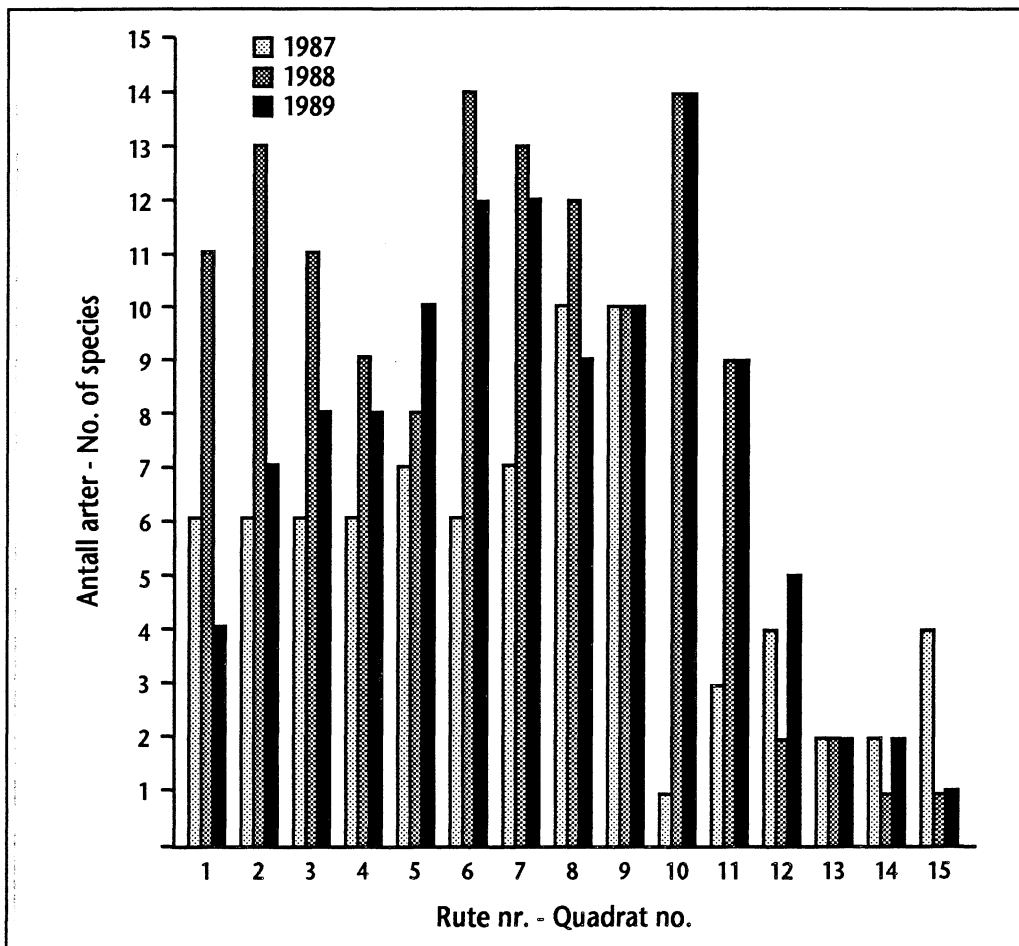
Marchantia polymorpha (figur 11) etablerte seg raskt nederst i profilet, og var i 1989 den dominerende arten nederst. Siden har dens forekomst blitt redusert.

5.4 Endringer i artsdiversitet i profil 3

Ytre påvirkninger av et økosystem medfører vanligvis at artsdiversiteten midlertidig øker. Gjennom en lang utviklingsperiode har det blitt etablert en likevekt mellom miljøforholdene på stedet og de artene som vokser der. Endres likevekten, vil frø fra mange arter kunne spire under de nye betingelsene før de(n) best tilpassede arten(e) overtar. **Figur 12**



Figur 11. Dekningen av *Marchantia polymorpha* langs profil A4 fra 1988 til 1991. - The cover of *Marchantia polymorpha* along transect A4 during 1988 to 1991.



Figur 12. Antall karplanter i analyserutene langs profil 3 fra 1987 til 1989. - Number of vascular plants in the analysed quadrats within transect 3 from 1987 to 1989.

viser endringene i antall karplanter i de analyserte rutene langs profil 3 fra 1987 til 1989.

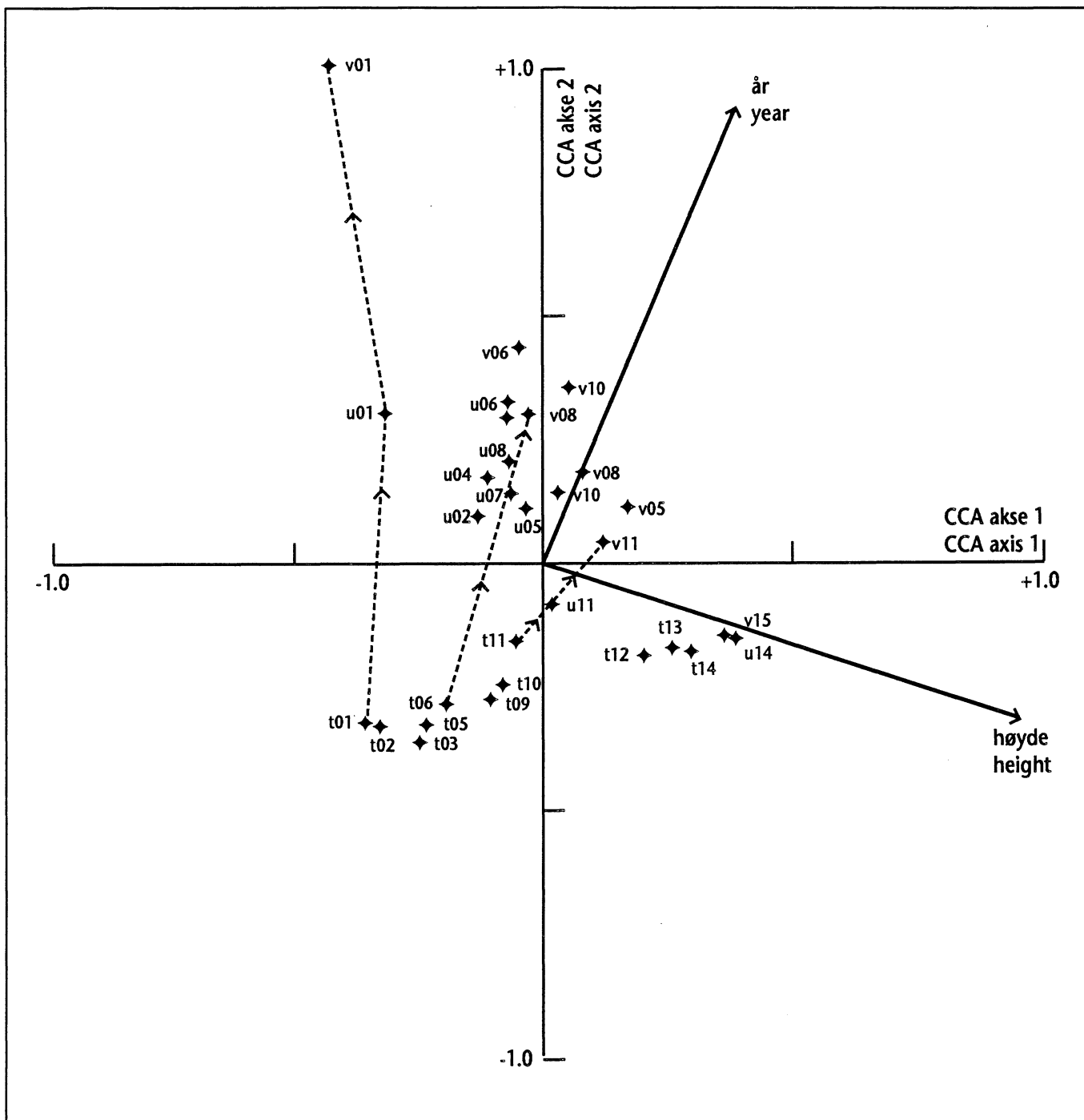
Hovedtrekket er en innvandring av en rekke arter på de blottlagte sedimentene (de ni nederste rutene) allerede en måned etter senkningen. Året etter var artsantallet fordoblet i mange av rutene, for så å reduseres igjen året etter.

En måned etter senkningen var det midlere antallet i de 9 nederste rutene 7 karplanter og 2 moser. Ett år etter var dette steget til 11 karplanter og 6 moser; og 2 år etter til 8,9 karplanter og 4 moser.

I rute 10 som ligger nederst i elvesnelle-beltet, vises "kanteffekten" tydelig. En rekke nye arter hadde etablert seg her en måned etter senkningen. Inne i selve elvesnelle-beltet skjedde økningen først året etter. Inne i flaskestarr-beltet var artsantallet meget lavt, og viste nesten ingen endring i løpet av denne tiden. Nye arter hadde ikke klart å etablere seg i disse tette mattene med starr.

5.5 Ordinasjon av vegetasjonsdataene fra profil 3

Profil 3 (figur 7) lå i en relativt bratt del av deltaet, ned mot en elveodert kanal. En måned etter senkningen fantes et ca tre m bredt belte nederst, dominert av sylblad (*Subularia aquatica*), flotgras (*Sparganium angustifolium*) og *Drepanocladus exannulatus*. Ovenfor dette lå en *Subularia aquatica*-*Drepanocladus exannulatus*-sone med større innslag av flaskestarr (*Carex rostrata*) og sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*). Mellom 9 og 11 m fantes det opprinnelige elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-beltet, og ovenfor dette flaskestarr (*Carex rostrata*)-beltet. Forandringene som har skjedd her i løpet av 1988 og 1989 kan vises ved hjelp av en ordinasjonsanalyse. Figur 13 viser analyserutenes plassering i relasjon til akse 1 og 2 ved en kanonisk korrelasjonsanalyse (CCA i programpakken CANOCO, ter Braak 1988, 1990).



Figur 13. Posisjonen til analyserutene i profil 3 i 1987 (t01-t15), 1988 (u01-u15) og 1989 (v01-v15) i relasjon til CCA-akse 1 og 2. Miljøvariablene "år" og "høyde" er angitt med piler. - The position of the analyses along transect 3 in 1987 (t01-t15), 1988 (u01-u15) and 1989 (v01-v15) in relation to CCA-axis 1 og 2. The environmental variables "år" (year) and "høyde" (height) given by the arrows.

Den floristiske sammensetningen av rutene er her relatert til deres høyde over vannivået og analyseår. t01-t15 viser analysene i profilet i 1987, en måned etter senkningen, u01-u15 og v01-v15 rutene henholdsvis ett og to år senere.

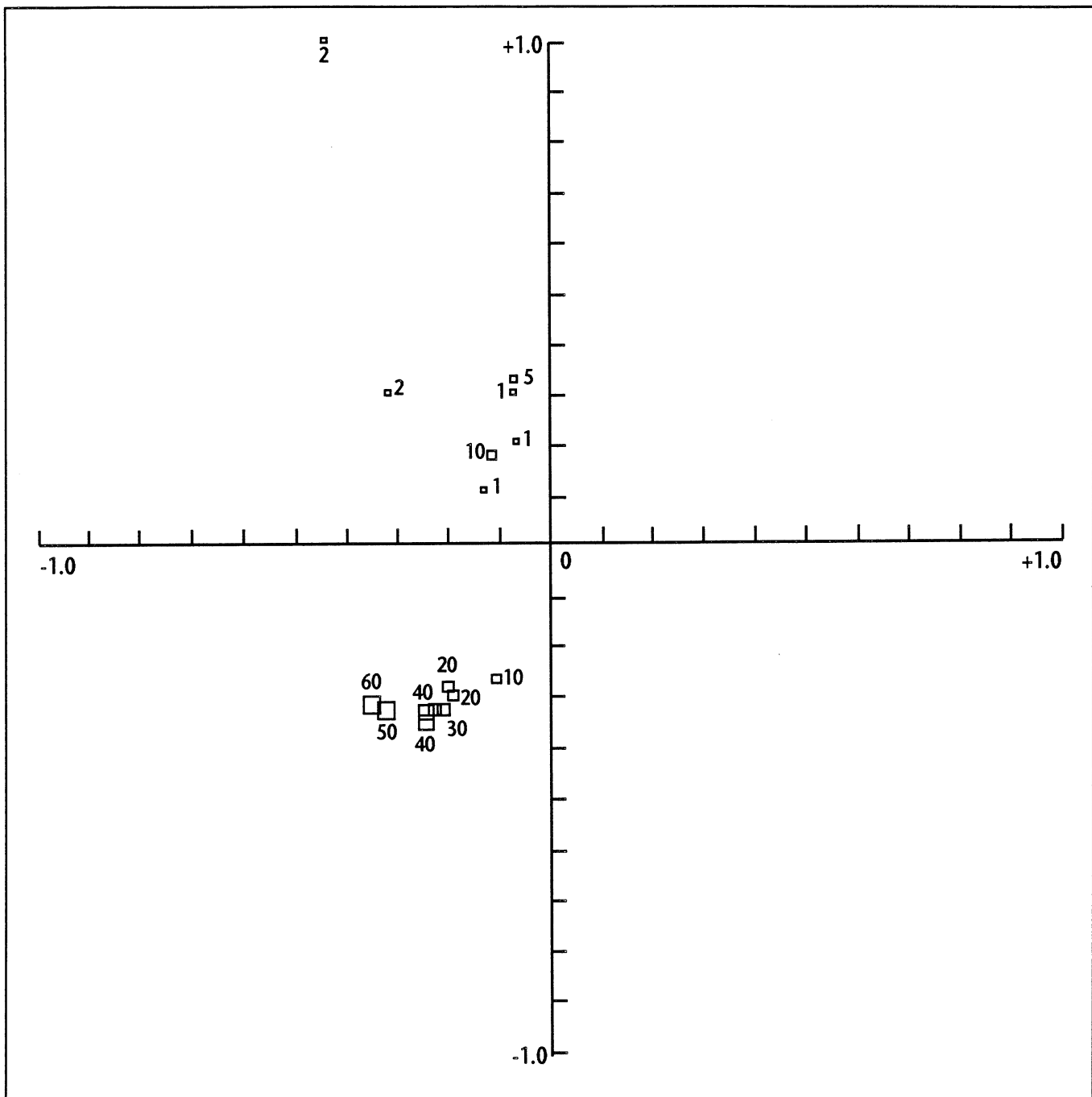
Ordinasjonsdiagrammet viser at de største floristiske forandringene i løpet av de to første årene skjedde på de blottlagte sedimentene, og at endringene har avtatt oppover i profilen. I *Carex rostrata*-beltet hadde det i løpet av denne tiden nesten ikke skjedd noen forandring.

Endringene langs CCA-akse 2, som er nært korrelert med tidspunkt etter senkningen, varierer fra 6,7 nederst til 0,1 (angitt i SD units). Denne forandringen er større enn den som er registrert i en fastprofil langs en fossesprut-gradient etter reguleringen i Aurlandselva (Odland et al. 1991).

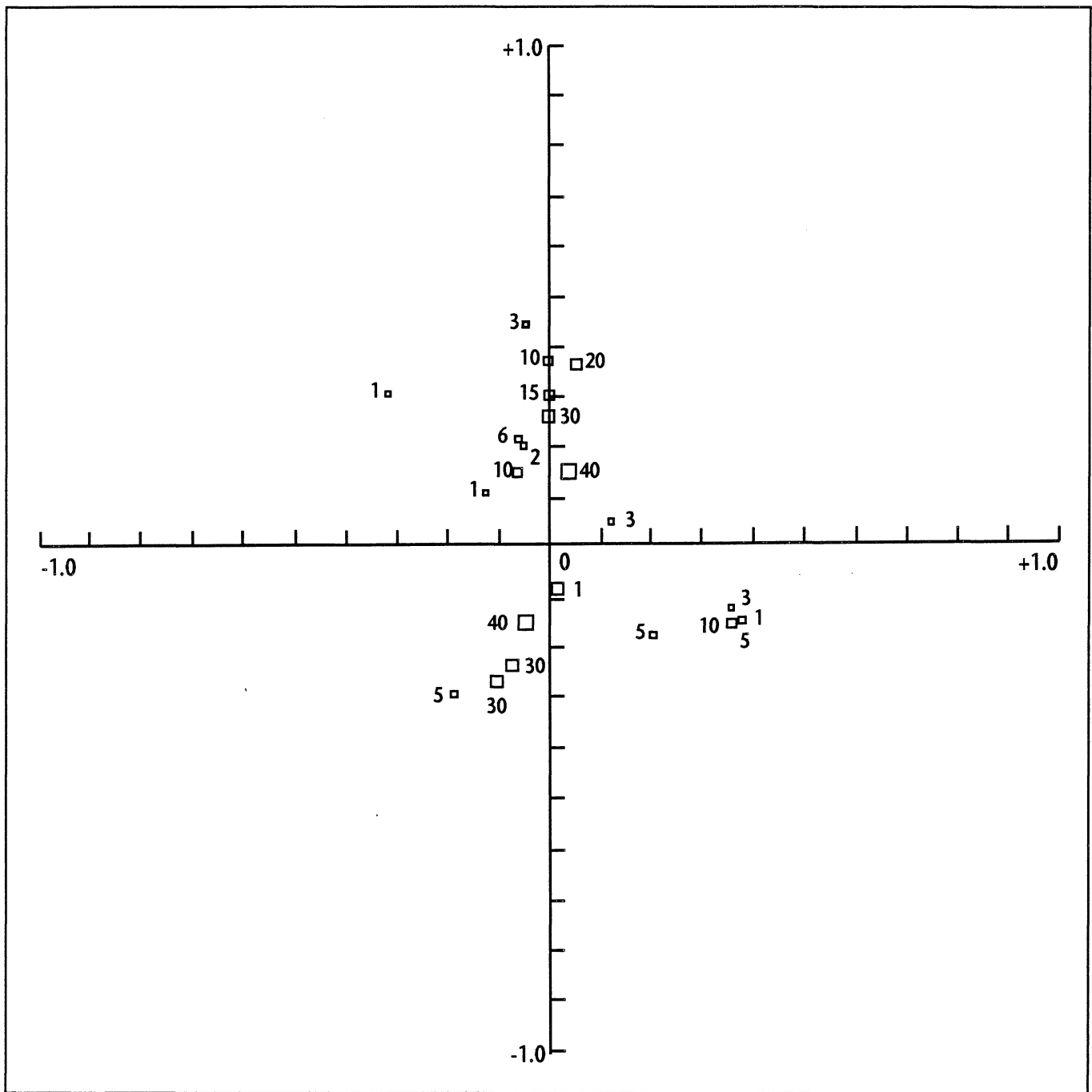
Figur 14, 15 og 16 viser posisjon og dekning av sylblad (*Subularia aquatica*), elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) og flaskestarr (*Carex rostrata*) i ruter langs profil 3 fra 1987 til 1989. *Subularia aquatica* finnes vesentlig i nedre venstre del av diagrammet, og den er således assosiert med de lavestliggende delene av profilene i et tidlig stadium i suksesjonen etter senkningen.

De rutene elvesnelle er dominant i ligger i de sentrale delene av ordinasjonsdiagrammet. Rutene viser en relativt stor utstrekning langs CCA-akse 2, noe som indikerer en relativt stor sekundær suksesjon i disse rutene.

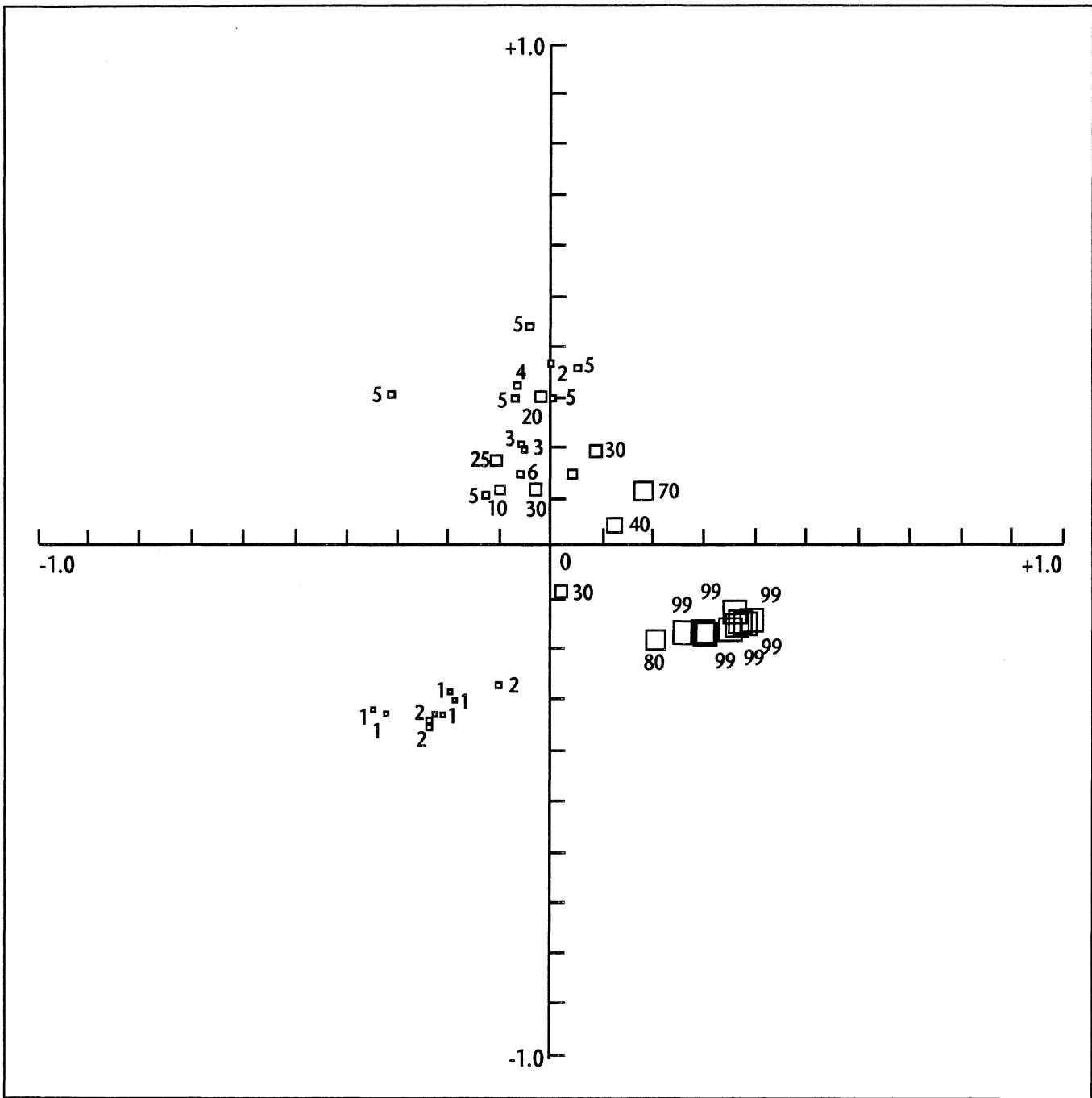
Rutene som låg i det opprinnelige *Carex rostrata*-beltet ligger i nedre høyre del av diagrammet, og dette har holdt seg nærmest uforandret. Flaskestarr har imidlertid i stor grad også etablert seg i lavere-liggende deler av profilet, men dekingen etter to år var liten.



Figur 14. Posisjonen (og dekning) til ruter der det forekommer sylblad (*Subularia aquatica*) i relasjon til CCA-akse 1 og 2. - The position (and cover) of quadrats in which *Subularia aquatica* occur in relation to CCA-axis 1 and 2.



Figur 15. Posisjonen (og dekning) til ruter der det forekommer elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) i relasjon til CCA-akse 1 og 2. - The position (and cover) of quadrats in which *Equisetum fluviatile* occur in relation to CCA-axis 1 and 2.



Figur 16. Posisjonen (og dekning) til ruter der det forekommer flaskestarr (*Carex rostrata*) i relasjon til CCA-akse 1 og 2. - The position (and cover) of quadrats in which *Carex rostrata* occur in relation to CCA-axis 1 and 2.

6 Diskusjon og konklusjon

På bakgrunn av undersøkelsene kan en trekke en del generelle konklusjoner når det gjelder suksesjonen på Bygddeltaet. Det er imidlertid viktig å skille mellom sonering og suksesjon. En suksesjon skjer når et plantesamfunn utvikles til et annet, på samme sted. Sonering kan defineres som serier av vegetasjonstyper/arter langs en gradient.

På deltaet skjer begge prosessene samtidig etter senkningen. Bildet kompliseres ved at en del arter som er viktige innslag i en suksesjon ett sted, egentlig har sitt naturlige optimum på et annet sted i en sonering. Dette gjelder de fleste av de viktigste kolonisatorene på de blottlagte deltaflatene.

Både fra Norge og Nord-Europa ellers foreligger det en rekke undersøkelser som beskriver vannvegetasjon og dens sonering i ferskvann, (f.eks Ruuhijärvi 1974, Spence 1982).

I hovedtrekk skilles det ofte mellom 4 soner:

- epilittoral sone - ligger permanent over vannivået
- eu-littoral sone - ligger mellom høyeste og laveste vannstand
- sub-littoral sone - ligger mellom laveste vannstand og ned til nedre grense for makrofytter
- profundalsonen - sone uten fotosyntetiserende planter

Det finnes imidlertid ulike oppfatninger om hvordan sonene skal utskilles (jf. oversikt hos Wassén 1966: 25).

Undersøkelsene på Bygddeltaet omfatter øvre del av sub-littoral og nedre del av epi-littoral sone. Etter senkningen må en rekne med at det vil bli en sterk forskyving og sammentrekning av disse sonene, men det er enda for tidlig å fastslå hvordan de nye vil bli.

I et område som blir påvirket av f.eks. en regulering, vil det umiddelbart skje floristiske endringer. Ifølge Clements (1916) kan en skille mellom to hovedtyper av suksesjon:

- 1 Primærsuksesjon omfatter vegetasjonsutviklinger som starter på blottlagt mark.
- 2 Sekundær suksesjon omfatter endringer i en etablert vegetasjon etter en ytre påvirkning.

Clements skiller mellom følgende faser ("sere") i en primærsuksesjon, fra kolonisering til ny klimaksvegetasjon er utviklet (jf. Kershaw 1973: 40):

- 1 **Nudation**, which is the initiation of the succession by a major disturbance in the environment
- 2 **Migration** of the available species to fill the vacant ecological niche
- 3 **Ecesis** or the subsequent ability of the migrules to germinate, grow and reproduce successfully
- 4 **Competition**
- 5 **Reaction** of species on the environment is one of the outstanding features of succession and constitutes the major mechanism of environmental change which allows further migrules to enter
- 6 **Final stabilization**

De blottlagte deltaområdene befinner seg nå i suksesjonsstadier som tilsvarer fase 4-5 hos Clements. På deltaet foregår det samtidig en sekundærsuksesjon i de tidligere vegetasjonsbeltene. I elvesnellebeltet skjer det en langsom endring av vegetasjonen, med innvandrings av nye moser, gras- og starrarter, men fortsatt kan denne sonen registreres. I flaskestarr/sennegrassonen har det til nå skjedd små forandringer. Disse artene danner så tette vegetasjonsdekker at andre arter får problemer med å etablere seg.

Sekundær suksesjon:

I den innerste sonen dominert av flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata*/*C. vesicaria*) og elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) har disse artene etter fire år blitt nesten helt borte, og i bunnsjiktet er *Sphagnum teres* blitt sterkt redusert mens *Drepanocladus exannulatus* har økt sin dominans.

Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-*Drepanocladus exannulatus*-sonen har holdt seg forbausende stabil, men i 1991 var det blitt et betydelig innslag av sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*). Grunnen til at andre i liten grad har innvandret her skyldes trolig den tette matten med *Drepanocladus exannulatus* som gjør det vanskelig for frø å spire.

I elvesnelle-beltet hvor det opprinnelig ikke var noe bunnsjikt, etablerte *Pohlia nutans* seg allerede i 1987, en måned etter senkningen. Året etter var *Blasia pusilla* den dominerende arten, og siden har *Polytrichum commune* vært mest framtrædende, til dels sammen med *Drepanocladus exannulatus*. Også her har nå sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) etablert seg i stor grad. Spesielt interessant er det å

observere at elvesnelle "vandrer" utover i profilen ved hjelp av vegetativ formering.

(*Betula pubescens*), spesielt på ytre øy (profil A4). I 1991 var det her utviklet et tett kratt, med opptil to m høye busker.

Primær suksesjon

Sylblad (*Subularia aquatica*) som en måned etter senkningen dominerte store deler av de blottlagte sedimentene, har gradvis blitt fortrent utover (nedover) i profilet. Sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og trådsiv (*Juncus filiformis*) var de mest framtrepende artene i 1988 og 1989, men har etter den tid gradvis gått tilbake til fordel for flaskestarr/sennegras. I 1991 var det en relativt tett vegetasjon av disse artene, men fortsatt henger en del "fremmede arter" med sammenlignet med de opprinnelige flaskestarr/sennegras-beltene hvor nesten bare disse artene fantes.

Profil 1 indikerer at det på ingen måte er etablert noe nytt klimaks-stadium etter senkningen. Et nytt flaskestarr/sennegras-belte er i ferd med å stabiliseres, men hvor stor utbredelse dette vil få er enda usikkert. Det er tydeligvis for tørt for disse artene innerst i profilen. En må også forvente at de "gamle" elvesnelle-beltene vil forsvinne, men om disse vil bli erstattet av graminider eller flaskestarr/sennegras er usikkert.

Undersøkelsen viser at det er en del markerte forskjeller mellom suksesjonsforløpene på uforstyrrete og gravde sedimenter. Dette skyldes nok i stor grad den store "frøbanken" som til enhver tid ligger i de øvre sedimentene, og som spirer når forholdene ligger til rette for det. Når det graves i sedimentene vil en fjerne dette øvre "frøbanklaget" og nye frø må tilføres sedimentene. Dette skjer vesentlig ved høye vannstander. Undersøkelser fra Sverige viser at det kan finnes enorme mengder frø i slike sedimenter, i størrelsesorden 100 000-150 000 frø/m², og at det meste av de spiredyktige frøene ligger i de øvre 30 cm (Skoglund 1990).

Generelt sett ligger suksesjonen på de gravde sedimentene ett år etter det en finner på de uforstyrrede sedimentene. I tillegg er det også viktige forskjeller i artsutvalg og dominansforhold i de ulike suksesjonstrinnene. Dette skyldes trolig forskjeller i sedimentene.

Marchantia polymorpha har generelt sett mye større dekning på de gravde sedimentene. Dessuten har det her skjedd en raskere utvikling av et busksjikt (*Salix caprea*, *S. nigricans*, i mindre grad bjørk

7 Sammendrag

Sommeren 1987 ble vannstanden i Myrkdalsvatnet senket ca 1,4 m. Grunnen til reguleringen var å uttørke større deler av det store Byddeltaet slik at det kunne nyttes til jordbruksformål. I forbindelse med reguleringen ble også elveløpet og kanalsystemer på deltaet stedvis endret, og det ble laget flere kunstige øyer. I forbindelse med senkningen ble det utlagt fastprofiler og fastruter som er blitt analysert hvert år etter senkningen.

Før senkningen dannet strandrør (*Phalaris arundinaces*) og skogrørkvein (*Calamagrostis purpurea*) bestander i de høyestliggende delene av deltaet. Nedenfor disse dannet flaskestarr (*Carex rostrata*) og sennegras (*C. vesicaria*) store bestander i de flateste partiene, og ytterst var det utviklet opptil 150 m brede soner med elvesnelle (*Equisetum fluviatile*).

Som en følge av senkningen ble relativt store deltaflater blottlagt nedenfor de opprinnelige vegetasjonsbeltene. Vegetasjonsetableringen på de blottlagte sedimentene skjedde meget raskt, men vegetasjonen endret seg i sterk grad de første årene. Sylblad (*Subularia aquatica*) som en måned etter senkningen dominerte store deler av de blottlagte sedimentene, har gradvis blitt fortrent utover (nedover). Sølvbunke (*Deschampsia cespitosa*) og trådsiv (*Juncus filiformis*) var de mest framtrepende artene i 1988 og 1989, men har etter den tid gradvis gått tilbake til fordel for flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata/C. vesicaria*). I 1991 var det en relativt tett vegetasjon av disse artene, men fortsatt henger en del "fremmede arter" med sammenlignet med de opprinnelige flaskestarr/sennegras-beltene hvor nesten bare disse artene fantes. Vegetasjonsutviklingen på gravde og ugravde sedimenter viser seg å være forskjellige, og på de gravde sedimentene ligger suksesjonen ett år etter i tid. Dette skyldes den store frøbanken som til enhver tid ligger øverst i sedimentene.

I de opprinnelige vegetasjonsbeltene har imidlertid endringene vært relativt små, og selv fire år etter senkningen fantes fortsatt flaskestarr/sennegras (*Carex rostrata/C. vesicaria*)- og elvesnelle (*Equisetum fluviatile*)-beltene noenlunde intakt selv om de nå ligger høyt over vannivået, mens det enda i liten grad er blitt utviklet nye elvesnelle-belter. På de nye øyene er det blitt utviklet tette, 2 m høye kratt av vierarter.

Artsdiversiteten viser store variasjoner i tiden etter senkningen. I de første årene økte antall arter sterkt i de blottlagte områdene, men senere har artsantallet etter hvert blitt redusert.

8 Summary

During the summer of 1987, the water-level in the Myrkdalsvatn lake was permanently lowered approximately 1.4 m. The reason for this drawdown was to achieve more farmland on the delta, situated in the northern part of the lake. In connection with this regulation, the river courses and channel systems were changed, and several new "islands" were constructed in order to increase biological diversity.

Before the drawdown, *Phalaris arundinacea* and *Calamagrostis purpurea* were most common on the highest parts of the delta. At lower levels, extensive stands dominated by *Carex rostrata*, *C. vesicaria* and *Equisetum fluviatile* had developed.

As a result of the drawdown, relatively large areas of bare sediments were exposed below the original *Equisetum fluviatile* zone. There new species have invaded, initiating a vegetation succession, which, in time, will develop into a new stable vegetation zonation. *Subularia aquatica* dominated the exposed areas 1 month after the drawdown. Later *Deschampsia cespitosa* and *Juncus filiformis* became totally dominant during 1988 and 1989. Since then, these species have slowly declined, with an increasing dominance of *Carex rostrata* and *C. vesicaria*, but still several "alien" plants for such vegetation occur. Vegetation succession on disturbed and undisturbed sediments show different patterns. Vegetation succession on disturbed sediments is 1 year behind in time due to the removal of the seed-banks in the uppermost part of the undisturbed sediments.

In the original vegetation zones surrounding the lake, a secondary succession has taken place due to changes in the environment. This is, however, much slower than the primary succession. The original *E. fluviatile*, *C. rostrata* and *C. vesicaria* belts are still present, but in the *E. fluviatile* belts there is an increasing number of "alien" plants.

Species diversity has changed after the drawdown. During the first year there was a significant increase in richness, but later the number of species has decreased.

9 Litteratur

- Callmé, A. 1887. Om de nybildade Hjelmar-öernas vegetation. - Bihang Kungliga svenska Vetenskaps-Akademiens handlingar 12, Afd. 3, 7: 1-44.
- Clements, F.E. 1916. Plant succession. An analysis of the development of vegetation. - Carnegie Inst. Washington. 242.
- Flodkvist, H. 1947. En sjösänkning som icke borde ha utförts. - Grundförbättring 1947,1: 245-247.
- Grevillius, A.Y. 1893. Om vegetationens utveckling på de nybildade Hjelmar-öerna. - Bihang til Kungliga svenska Vetenskaps-Akademiens handlingar 18, Afd. 3, 6: 1-110.
- Hedenäs, L. 1987. On the ontogeny of alar cells in *Drepanocladus aduncus*, *D. exannulatus* and some other species. - J. Bryol. 14: 753-759.
- Hill, M.A. 1979. TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. - Cornell University Ithaca. N.Y.
- Hytteborn, H. 1977. Vatten- og vegetationsregleringsforsök i en del av Västra Kvismaren, Närke. - Medd. Växtbiol. Inst. 1977,10. Uppsala.
- Kershaw, K.A. 1974. Quantitative and dynamic plant ecology. - Edward Arnold, London.
- Kvale, A. 1960. The nappe area of the Caledonides in Western Norway. - 21 st. Int. Geol. Congr. Norden 1960. Norges geol. Unders. 212e.
- Lodge, E. 1960a. Studies of variation in British material of *Drepanocladus fluitans* and *Drepanocladus exannulatus*. 1. An analysis of the variation. - Svensk Bot. Tidskr. 54: 368-386.
- Lodge, E. 1960b. Studies of variation in British material of *Drepanocladus fluitans* and *Drepanocladus exannulatus*. 2. An experimental study of the variation. - Svensk Bot. Tidskr. 54: 387-393.
- Lillieroth, S. 1949. Om ogynnsamma följder av sjösänkning och vattenförorening i nordvästra Skåne. - Skånes natur (Skånes Naturskyddsförnings årsskrift) 36: 6-48.
- Odland, A. 1979. Botaniske undersøkelser i Vossovassdraget. - Univ. Bergen, Bot. Inst. Rapp. 6: 1-79.
- Odland, A., Birks, H.H., Botnen, A., Tønsberg, T. & Vevle, O. 1991. Vegetation change in the spray zone of a waterfall following river regulation in Aurland, Western Norway. - Regulated Rivers: Research & Management 6: 147-162.

- Ruuhijärvi, R. 1974. A general description of the oligotrophic lake Pääjärvi, southern Finland, and the ecological studies on it. - *Ann. Bot. Fennici* 11: 95-104.
- Skogen, A. & Odland, A. 1991. Flora og vegetasjon i og rundt Ervikvatnet, Stad, 9 år etter senkningen, samt en vurdering av Morkadalsvassdragets botaniske verdi i verneplansammenheng. - NINA Forskningsrapp. 18: 1-60.
- Skoglund, J. 1990. Seed banks, seed dispersal and regeneration processes in wetland areas. - *Acta Univ. Ups. Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science.* 253.
- Spence, D.H.N. 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. - *Adv. Ecol. Res.* 12: 37-125.
- ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by {partial}{detrended}{canonical} correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). - Technical report LWA - 88-02. Agricultural Mathematics Group, Wageningen.
- ter Braak, C.J.F. 1990. Update notes: CANOCO version 3.10. - Agricultural Mathematics Group, Wageningen.
- Wassén, G. 1966. Gardiken. Vegetation und Flora eines lappländischen Seeufers. - *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens avhandlingar i naturskyddsärenden* 22: 1-142.

1 13

nina
oppdrags-
melding

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0212-3

Norsk institutt for
naturforskning
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel. (07) 58 05 00