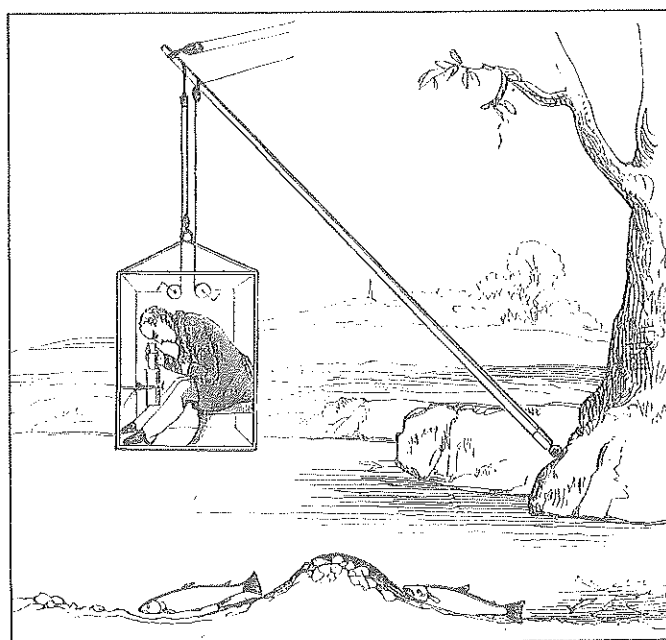




FISKENÄMNDEN  
I JÖNKÖPINGS LÄN  
88. 11. 15  
D/Dnr

Information från

# SÖTVATTENS- LABORATORIET Drottningholm



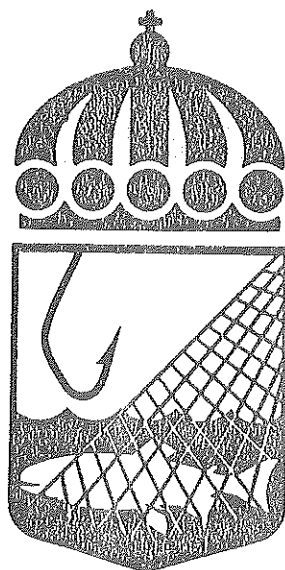
FRITZ ERIKSSON

Makrofytvegetation  
i kalkade sjöar

Författare:

Fritz Eriksson

Limnologiska Institutionen  
Uppsala Universitet  
Box 557  
751 22 UPPSALA



**FISKERIVERKET**

ISSN 0346-7007

# MAKROFYTVEGETATION I KALKADE SJÖAR

Fritz Eriksson

SAMMANFATTNING	1
INLEDNING	2
SJÖBESKRIVNING	3
METODER	4
RESULTAT OCH DISKUSSION	4
<u>Vegetation före kalkning</u>	4
<u>Vegetation efter kalkning</u>	5
Övervattensväxter	5
Flytbladsväxter	5
Långskottsväxter	7
Kortskottsväxter	8
Mossor	8
Kransalger	10
LITTERATUR	10
ENGLISH SUMMARY: MACROPHYTE VEGETATION IN LIMED LAKES	12
TABELLER OCH FIGURER	15

## SAMMANFATTNING

Kalkningens effekter på den akvatiska makrofytvegetationen har undersökts i fem sjöar; Trehörningen, Långsjön, Mörtsjön, St. Sirsjön och V. Skälsjön. Fyra av sjöarna har kalkats vid tre tillfällen medan Mörtsjön påverkats av kalkningar i uppströms liggande sjöar. Vegetationskarteringar gjordes en gång före (1976) och tre gånger efter (1979, 1980 och 1985) den första kalkningen.

Före kalkningarna påträffades totalt 32 arter varav samtliga utom kärrklomossan (Scorpidium scorpioides) är vanligt förekommande i sura oligotrofa sjöar. Vegetation fanns på mer än 40% av bottenarealen i alla sjöar utom St. Sirsjön. Kortskotts- växterna och mossorna var de mest utbredda växterna. I tre av sjöarna utgjordes mer än 50% av vegetationsområdena av rena mossmättor som till största delen dominerades av vitmossa (Sphagnum spp.). Strand-, flyt- och framförallt långskotts- växterna fanns på en liten del av den vegetationstäckta botten. Endast Mörtsjön hade en mer utbredd flytbladsvegetation.

Efter den första kalkningen minskade vitmossorna (Sphagnum spp.) mycket kraftigt i samtliga sjöar. Den försvann från de kalkade områdena men fanns kvar i reducerad täthet på andra områden i sjöarna. Påtagliga förändringar visade också de svagt mesotrofa arterna gäddnate (Potamogeton natans) och hårslinga (Myriophyllum alterniflorum), vilka utökade sina utbredningsytor samtidigt som tätheten i bestånden ökade. De små förändringar som konstaterades för andra arter kan ha legat inom ramen för de naturliga variationerna.

Från 1980 till 1985-86, efter totalt tre kalkningar, har förändringarna blivit mer påtagliga. Nya arter har tillkommit och fler arter har förändrat sina utbredningsytor. Av de förändringar som skett under ovannämnda period förmodas nedanstående vara direkta eller indirekta effekter av kalkningarna: submersa vitmossor (Sphagnum spp.) har försvunnit från samtliga sjöar; kärrklomossan (Scorpidium scorpioides)

har ökat avsevärt i två av sjöarna; kransalgen (Nitella opaca) har tillkommit i tre sjöar. I samtliga sjöar förekom 1986 flertalet kortskottsväxter på större områden än tidigare; hårslinga (Myriophyllum alterniflorum) har expanderat kraftigt i St. Sirsjön och fortsatt att öka i övriga sjöar där den förekom; riklig förekomst av dvärgbläddra (Utricularia minor) på tidigare vitmossdominerade strandavsnitt i Trehörningen; gäddnate (Potamogeton natans) har ökat ytterligare i de sjöar där den förekom; sjöfräken (Equisetum fluviatile) har ökat sin utbredningsyta i samtliga sjöar; gropnate (Potamogeton berchtoldii), knappsav (Eliocharis palustris) och säv (Scirpus lacustris) har tillkommit i Trehörningen.

Följande förändringar från 1980 till 1985-86 kan ha samband med kalkningarna: i tre av sjöarna har tätheten i bestånden av nordnäckros (Nymphaea candida) minskat drastiskt samtidigt som gul näckros (Nuphar lutea) ökat såväl sin utbredningsyta som tätheten i bestånden; näckmossorna (Fontinalis spp.) och Drepanocladus trichophyllus förekom inte lika djupt som tidigare och de visade tydliga tecken på ljusbrist i den nedre delen av sina djupområden.

## INLEDNING

Trots att halterna av försurande luftföroreningar minskat i vårt land sedan början av 1970-talet och trots att ca 2 500 sjöar kalkats, fanns det 1985 ca 15 000 försurade sjöar i Sverige (Monitor 1986). Prognoserna för framtiden visar på ett minskat nedfall av försurande ämnen och en viss återhämtning av de försurade sjöarna kan förväntas, men helt klart kommer kalkningarna för en lång tid framöver att behövas. Idag sprids årligen mer än 100 000 ton kalkstensmjöl i våra vatten. Kalkningarna ger inte någon varaktig effekt på vattenkvalitén och måste upprepas med några års mellanrum så länge det finns en tillförsel av försurande luftföroreningar. Vid varje kalkning kommer en del av kalken att inlagras i sedimenten som därigenom direkt förändras i kemiskt hänseende. En ökad biologisk aktivitet och en snabbare näringsomsättning har

dessutom konstaterats i de litorala sedimenten i kalkade sjöar (Raddum et al. 1986, Broberg 1987). Förändringarna i sedimenten kan vara väl så betydelsefulla för utvecklingen av den akvatiska makrofytvegetationen som förändringarna i vattenmassan. Flertalet kärlväxter tar upp huvuddelen av näringsämnen genom rötterna (Bristow 1975, Barko & Smart 1980), dessutom sker en viss del av de submersa växternas koldioxidupptag genom rötterna (Wium-Andersen 1971, Sondergaard & Sand-Jensen 1979).

De undersökningar som hittills gjorts vad gäller kalkningens effekter på den akvatiska makrofytvegetationen behandlar endast korttidseffekterna, alltså i huvudsak de förändringar som kan sättas i samband med kalken och en förändrad vattenkvalitet. Allmängiltigt för samtliga undersökta sjöar är att vitmossorna (Sphagnum spp.) snabbt dör ut om de utsätts för en direkt kalkpåverkan, medan bestånd som endast blir utsatta för en förändrad vattenkvalitet minskar betydligt men klarar sig några år (Eriksson et al. 1982, 1983, Hultberg & Andersson 1982, Sangfors 1984). För övrigt har endast mindre förändringar konstaterats. I några sjöar ökade dock de svagt mesotrofa arterna gäddnate (Potamogeton natans) och hårslinga (Myriophyllum alterniflorum) sina utbredningsytor under det tredje året efter den första kalkningen (Eriksson et al. 1982, 1983).

Föreliggande undersökning behandlar den akvatiska makrofytvegetationens sammansättning och utbredning under en 8-års period i några sjöar som kalkats upprepade gånger. Kalkningens korttidseffekter i dessa sjöar har tidigare redovisats av Eriksson et al. (1982, 1983).

## SJÖBESKRIVNING

De undersökta sjöarnas läge framgår av Figur 1. Sjöarna är små, näringsfattiga och svagt till måttligt humösa (Tabell 1 och 2). Samtliga sjöar utom Mörtsjön har kalkats tre gånger sedan 1977 (Tabell 1). Kalkningarna har vanligtvis gjorts under mars till maj månad och kalken, i form av kalkstensmjöl,

har spridits över hela sjöytorna, inklusive strandnära områden, och längs tillrinnande bäckar.

## METODER

Vegetationen har huvudsakligen karterats från båt. Profiler lades från stranden ut mot sjön. Dessa okulärbesiktigades med en vattenkikare på grunt vatten, medan prover togs med en Luther-räfsa på större djup. Arternas djupgränser uppmättes och en viss uppskattning av beståndens täthet gjordes. Utbredningen av de flesta arterna kunde sedan med relativt god noggrannhet överföras till de lodkartor som finns för sjöarna.

Samtliga sjöar utom Mörtsjön karterades i juli 1979, augusti 1980 och augusti 1985. Mörtsjön karterades i augusti 1986. Förundersökningarna gjordes i Trehörningen, Långsjön och Mörtsjön i juli 1976, medan St. Sirsjön och V. Skälsjön karterades i augusti 1977.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Vegetation före kalkning

Artsammansättningen i de undersökta sjöarna var den typiska för näringsfattiga sura sjöar (Tabell 3, Figur 2-9). Enda undantaget var kärrklomossan (Scorpidium scorpioides), vilken förekom i enstaka exemplar inom ett begränsat område i Mörtsjön, som var den minst sura sjön (Figur 5). Totalt påträffades 32 arter varav 24 var kärlväxter och 8 var mossor. Artrikast var Långsjön med 24 arter medan Trehörningen, som var den mest humösa sjön, endast hade 11.

I samtliga sjöar utom St. Sirsjön fanns vegetation på mer än 40% av bottenarealen (Tabell 4, Figur 2-9). Kortsköttsväxterna och mossorna var de mest utbredda växterna. De förstnämnda saknades på Trehörningens lösa bottnar, men i Långsjön och St. Sirsjön fanns de på mer än 40% av den vegetationstäckta bottenarealen. Mossorna hade den största utbredningen i V.

Skälsjön, där nästan 70% av vegetationsytan utgjordes av rena mossmattor som till största delen dominerades av vitmossa (Sphagnum auriculatum) (Figur 7). Motsvarande värden i Trehörningen och Långsjön var ca 50%. Strand-, flyt- och framförallt långskottsväxterna fanns på en mycket liten del av den vegetationstäckta botten. Endast Mörtsjön hade en mer utbredd flytbladsvegetation som dominerades av vita näckrosor (Nymphaea alba (coll.)) och gäddnate (Potamogeton natans) (Figur 5).

### Vegetation efter kalkning

#### Övervattensväxter

Någon förändring av strandvegetationens artsammansättning och utbredning kunde inte påvisas under de tre första åren efter kalkning (Eriksson et al. 1983) (Tabell 3, 5). Möjligen blev bestånden av starr (Carex spp.) något tätare och kraftigare i den inre strandzonen, vilket överensstämmer med de iakttagelser som gjorts på kalkade kärr och fuktområden (Eriksson 1979). Under de efterföljande fem åren har dock vissa förändringar skett. Allmängiltigt för dessa sjöar är att sjöfräken (Equisetum fluviatile) har expanderat in över områden där vitmossor (Sphagnum spp.) tidigare dominerade. Ökningen har förmodligen ytterst sina orsaker i kalkningarna, då det verkar osannolikt att en naturlig variation skulle gå i samma riktning i samtliga sjöar. I en av sjöarna, Trehörningen, har knappsäv (Elyocharis palustris) och säv (Scirpus lacustris) tillkommit. Dessa båda arter är vad gäller såväl pH som näringstillgång indifferenta, men blir ovanligare ju surare och näringsfattigare sjöarna är.

#### Flytbladsväxter

Efter den första kalkningen tillkom gäddnate (Potamogeton natans) i Trehörningen samt Långsjön och ökade sin utbredning avsevärt i den förstnämnda sjön under det tredje året efter kalkningen (Tabell 5, Figur 2, 3). Gäddnate kan ha



funnits i sjöarna tidigare eller också hade den spridits från den nedströms liggande Mörtsjön där den var mycket vanlig. Eftersom fröna kan lagras flera år i sedimentet (Hutchinson 1975), kan kalkningarna ha förändrat förhållandena så att fröna kunnat gro. Från 1980 till 1985 har gäddnaten fortsatt att expandera i såväl Trehörningen som Långsjön. En viss ökning har också skett i St. Sirsjön och Mörtsjön (Figur 5, 8). Bestånden var överlag mycket täta och har sannolikt gynnats av kalkningarna. Gäddnate anses ofta vara indifferent till pH (Hutchinson 1975), men den förekommer mest frekvent i sjöar med pH över 6 medan den saknas i de suraste sjöarna (Iversen 1929, Halvorsen 1977). Dessutom kan den anses vara en svagt mesotrof art (Linkola 1933, Halvorsen op.cit.).

Igelknoppsarterna (Sparganium spp.) visade inte på några entydiga förändringar av utbredningsytorna efter kalkningarna (Tabell 5). Förändringarna var dessutom små och ligger sannolikt inom ramen för de naturliga variationerna.

Näckrosorna har totalt sett ökat sin utbredning i samtliga sjöar utom St. Sirsjön (Tabell 5, Figur 2, 3, 5, 6, 8). Förändringar som torde ligga utanför den naturliga variationen har skett i Avaåsjöarna, där dominansförhållandena mellan gul näckros (Nuphar lutea) och nordnäckros (Nymphaea candida) förändrats (Figur 2, 3, 5). I dessa sjöar är det uppenbart att nordnäckrosen drastiskt har minskat i täthet, speciellt i Trehörningen och Mörtsjön. Däremot finns den kvar inom i stort sett samma områden som tidigare. Samtidigt har den gula näckrosen ökat sin utbredning och i Mörtsjön har den till stor del övertagit de områden där tidigare nordnäckrosen dominerade. Att tätheten i bestånden av nordnäckros har minskat kan ha sin förklaring i kalkningarna. Halvorsen (1977) kunde i en regional undersökning konstatera att nordnäckrosen förekom i minskad frekvens i sjöar med pH över 5.5 och att den till stor del ersattes av vit näckros (N. alba) vid pH över 6.5.

## Långskottsväxter

En av de mer påtagliga förändringarna efter den första kalkningen var att hårslinga (Myriophyllum alterniflorum) ökade sin utbredning i Långsjön (Tabell 5, Figur 3). Denna ökning har fortsatt från 1980 till 1985. I St. Sirsjön har den dessutom, under samma period, expanderat avsevärt och bestånden var 1985 mycket täta i den västra delen av sjön (Figur 8). Nya områden har även koloniserats i Mörtsjön. Att hårslingan ökar efter upprepade kalkningar har också konstaterats i en sjö på västkusten (Grönlund 1987). Helt klart gynnas hårslingan av kalkningarna och en av orsakerna till att den uppträder i massiva bestånd torde vara den ökade näringsomsättningen i sedimenten. Hårslingan förekommer visserligen inom ett brett pH-område men är vanligast i sjöar med pH 6 till 7 (Iversen 1929, Halvorsen 1977) och vanligtvis finns den ej i större bestånd i sjöar med pH under 5.5.

Löktåg (Juncus bulbosus) är en av de arter som ofta förekommer i stora kolonier i sura och försurade sjöar (Hinneri 1976, Halvorsen 1977, Roelofs 1983) och rimligen borde vara känslig för kalkning. Efter den första kalkningen minskade den också betydligt på kalkade bottenar i St. Sirsjön (Tabell 5, Figur 8), medan dess utbredning förblev oförändrad i övriga sjöar. Från 1980 till 1985 hade den försvunnit från fler områden i St. Sirsjön, men där den fanns kvar var bestånden väl så kraftiga som före kalkningarna. En minskad utbredningsyta kunde också konstateras i Mörtsjön (Figur 5). I de övriga sjöarna har löktåg däremot ökat något under de senaste åren. Grunda och tidigare vitmosssdominerade områden har företrädesvis koloniserats. Att löktåg inte minskade i samtliga sjöar är något förvånande, då även Aulio (1987) har visat på en mycket kraftig minskning av denna art i en sjö där pH under en sexårsperiod ökade från 4.4 till 6.3.

Vid karteringen 1985 påträffades gropnate (Potamogeton brechtoldii) och dvärgbläddra (Utricularia minor) för första gången i Trehörningen. Gropnate (P. brechtoldii), som är en

svagt mesotrof art (Jensén 1984), växte i enstaka exemplar på 1.5 m djup. Dvärgbläddran (U. minor) fanns i täta mattor i en mycket smal zon precis i strandkanten där vitmossor (Sphagnum spp.) tidigare varit helt dominerande. Vanligen växer den i enstaka exemplar insprängd i vitmossmattor längs strandlinjen och den kan då lätt förbises.

#### Kortskottsväxter

Bortsett från en viss ökning av strandpryl (Littorella uniflora) i Långsjön (Figur 4) var kortskottsväxternas utbredning i stort sett oförändrad under de tre första åren efter kalkningarna (Tabell 5). Under de efterföljande fem åren har dock kortskottsväxterna totalt sett ökat sin utbredning i samtliga sjöar där de förekom. Förändringarna var förhållandevis små men klart påvisbara med den undersökningsmetodik som använts. Notblomster (Lobelia dortmanna) fanns vid den senaste karteringen på fler ställen än tidigare och de gamla bestånden var ofta större. De nyetablerade bestånden påträffades nästan uteslutande på tidigare vitmossdominerade områden. Strandpryl (L. uniflora) har ökat ytterligare i Långsjön och även i St. Sirsjön fanns den på större områden än tidigare (Figur 4, 9). Styvt braxengräs (Isoetes lacustris) har utvidgat sina beståndsgränser på flera ställen i V. Skälsjön och St. Sirsjön (Figur 6, 9). I den förstnämnda sjön har den dessutom bildat nya bestånd som var väl avgränsade från de äldre. De nya bestånden växte på finsedimentbottnar som före kalkningarna var täckta av grovdetritus.

#### Mossor

Efter den första kalkningen av sjöarna försvann vitmossorna (Sphagnum spp.) mer eller mindre helt från de kalkade områdena, medan bestånd som endast blev utsatta för en förändrad vattenkvalitet minskade betydligt men klarade sig kvar (Eriksson et al. 1983) (Tabell 5). Submersa vitmossor påträffades inte i någon av sjöarna vid karteringarna 1985 och 1986. Däremot påträffades samma arter i och ovanför högvattenlinjen på

icke kalkade områden i samtliga sjöar (Figur 2, 4, 5, 7, 9). Att de submerst växande vitmossorna minskar kraftigt eller helt försvinner har också visats av Hultberg & Andersson (1982) och Sangfors (1984). Orsaken till att de slås ut ligger i de förhållandevis höga pH-värdena och  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentrationerna i de kalkade sjöarna.

Kombinationen högt pH och höga  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrationer minskar vitmossornas tillväxt och har vid långvarig exponering en letal effekt (Clymo & Hayward 1982).

Den övriga mossvegetationen var i stort sett oförändrad efter den första kalkningen (Eriksson et al. 1983). Möjligen hade Drepanocladus trichophyllus ökat i det tidigare vitmossdominerade djupområdet i V. Skälsjön. Denna art har förmodligen dominerat detta område innan vitmossorna (Sphagnum spp.) tog över och 1980 fanns den glest över hela området. Vid karteringen 1985 påträffades endast enstaka skott av D. trichophyllus. Dessa bar tydliga tecken på ljusbrist (långt mellan bladen och extremt fågrenig), vilket förmodas vara orsaken till att den mer eller mindre försvunnit. Erfarenheter från andra sjöar (Eriksson opubl.) visar att den borde klara de vattenkemiska förhållandena i sjön. Även näckmossan (Fontinalis antipyretica) hade minskat sin utbredning i V. Skälsjön fram till 1985 (Figur 7). Den hade försvunnit från de djupare områdena, men fanns kvar på 8 till 10 m djup i ungefär samma täthet som tidigare.

I Långsjön finns två arter av näckmossa, nämligen Fontinalis antipyretica och F. dalecarlica. Före kalkningarna täckte dessa stora delar av botten på 3 till 5.5 m djup (Figur 7). Från 1980 till 1985 har djupgränserna flyttats upp med 0.5 till 1.0 m och F. dalecarlica, som förekommer djupast, har försvunnit från en del områden samtidigt som de kvarvarande bestånden glesnat. F. antipyretica, som växer grundare, har däremot ökat något och hade fram till 1985 koloniserat en del av de tidigare vitmossdominerade områdena.

Kärrklomossan (Scorpidium scorpioides) påträffades före kalkningarna enbart i Mörtsjön där den växte i enstaka exemplar inom en mycket begränsad yta (Tabell 5, Figur 5). Vid karteringen 1986 fanns den i nämnda sjö på betydligt större områden och i förhållandevis täta bestånd. 1985 påträffades den även i Långsjön där den växte glest på tidigare vitmossdominerade områden i djupzonen 2 till 3 m (Figur 4). Den observerades inte vid de tidigare karteringarna och om den förbisetts måste den ha varit mycket ovanlig. Det är därför förvånande att den ökat så snabbt att den 1985 kan anses som beståndsbildande över större områden, då den förmodligen endast förökar sig vegetativt när den växer submerst. Den är en av de vanligaste submersa mossorna i sjöar med pH över 6 och det är en av de arter som kraftigt missgynnats av försurningen av våra vatten (Eriksson opubl.).

#### Kransalger

Vid den senaste karteringen kunde konstateras att Nitella opaca hade tillkommit i de tre sjöarna i Avaåsystemet (Tabell 5, Figur 2, 3, 5). Inga större områden hade koloniserats, men bestånden var överlag täta. N. opaca är mycket vanlig i sjöar med pH runt 7, medan den mer eller mindre saknas vid pH under 6 (Langangen 1974, Hutchinson 1975). Även med hänsyn till andra kemiska parametrar torde samtliga här undersökta sjöar efter den senaste kalkningen ha kunnat koloniseras av N. opaca. Att endast Avaåsjöarna koloniserats beror förmodligen på deras närhet till kusten, varifrån N. opaca sannolikt spridits av sjöfåglar.

## LITTERATUR

- Aulio, K. 1987. Rapid decline of the mass occurrence of Juncus bulbosus in a deacidified freshwater reservoir. Mem.Soc.Fauna Flora fenn. 63:41-44.
- Barko, J.W. & R.M. Smart. 1980. Mobilization of sediment phosphorus by submersed freshwater macrophytes. Freshw. Biol. 10:229-238.

- Bristow, J.M. 1975. The structure and function of roots in aquatic vascular plants. p. 221-233. In *The development and function of roots*. Eds: J.G. Torrey & D.T. Clarkson. Academic Press, London.
- Broberg, O. 1987. Nutrient responses to liming of Lake Gårdsjön. *Hydrobiologica* 150:11-24.
- Clymo, R.S. & P.M. Hayward. 1982. The ecology of *Sphagnum*. In *Bryophyte ecology*. Ed.: A.J.A. Smith. Chapman and Hall, London. 511 p.
- Eriksson, F. 1979. Kalkningens effekter på vegetationen i strandnära områden. Fiskeristyrelsen, Göteborg. 7 p. (Stencil.)
- Eriksson, F., E. Hörnström, P. Mossberg & P. Nyberg. 1982. Ekologiska effekter av kalkning i försurade sjöar och vattendrag. (English summary: Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (6). 96 p.
- Eriksson, F., E. Hörnström, P. Mossberg & P. Nyberg. 1983. Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. *Hydrobiologica* 101:145-164.
- Grönlund, T. 1987. Igenväxningsproblem med hårslinga - en kalkningseffekt? Sveriges Fiskevattenägareförbund, Fiskevård 3:28-29.
- Halvorsen, K. 1977. Makrofyttvegetationen i en del vann på Agder. SNSF-projektet, TN 36/77. 154 p.
- Hinneri, S. 1976. On the ecology and phenotypic plasticity of vascular hydrophytes in a sulphate-rich, acidotrophic freshwater reservoir, SW coast of Finland. *Ann.Bot.Fenn.* 13:97-105.
- Hultberg, H. & I.B. Andersson. 1982. Liming of acidified lakes induced long-term changes. *Wat.Air Soil Poll.* 18:311-331.
- Hutchinson, G.E. 1975. A treatise on limnology. Vol. III. John Wiley & Sons, New York. 660 p.
- Iversen, J. 1929. Studien über die pH-Verhältnisse dänsiher Gewässer und ihren Einfluss auf die Hydrophyten-Vegetation. *Bot.Tidsskr.* 40:277-326.
- Jensén, S. 1984. Sjövegetation. I. Vegetationstyper i Norden. Nordiska ministerrådet. 539 p.
- Langangen, A. 1974. Ecology and distribution of Norwegian charophytes. *Norw.J.Bot.* 21:31-52.
- Linkola, K. 1933. Regionale Artenstatestikk der Susswasserflora Finnlands. *Ann.Bot.Soc.Vanamo* 3:3-13.

Monitor. 1986. Sura och försurade vatten. Statens Naturvårdsverk. 180 p.

Raddum, G.G., P. Brettum, D. Matzow, J.P. Nilssen, A. Skov, T. Sveälv & R.F. Wright. 1986. Liming the acid Lake Hovvatn, Norway. A whole ecosystem study. Wat.Air Soil Poll. 31:721-763.

Roelofs, J.G.M. 1983. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in Netherlands. 1. Field observations. Aquat.Bot. 17:139-155.

Sangfors, O. 1984. Produktionsbestämmande faktorer för tre akvatiska makrofyter i två försurade sjöar varav den ena genomgått kalkning. Miljöforskargruppen, Kil, S84-04. 25 p. (Stencil.)

Sondergaard, M. & K. Sand-Jensen. 1979. Carbon uptake by leaves and roots of Littorella uniflora. Aquat.Bot. 6: 1-12.

Wium-Andersen, S. 1971. Photosynthetic uptake of free CO<sub>2</sub> by root of Lobelia dortmanna. Physiol.Plant. 25:245-248.

## ENGLISH SUMMARY: MACROPHYTE VEGETATION IN LIMED LAKES

Effects of liming on macrophytes and their distribution areas have been studied in five lakes. Four lakes were treated with finely crushed limestone (CaCO<sub>3</sub>) while one lake was influenced by the treatment of lakes upstream. Vegetation studies were performed before (1976) and three times after (1979, 1980 and 1985) the first lime treatment. During this period the lakes were treated with lime three times.

Altogether 32 species were found before treatment with lime. All the species, except Scorpidium scorpioides, are usually common in acidic oligotrophic lakes. In most of the lakes at least 40% of the bottom was covered by vegetation and in one lake the macrophytes occupied nearly 70% of the bottom. Isoetids and mosses occupied the largest areas. Helophytes, nympheids and elodeids were of minor importance, except in one lake where the nympheids accounted for 80% of the total vegetation area.

After the first lime treatment there was a drastic decrease in the distribution of Sphagnum spp. in all the lakes. These species were completely eliminated in those areas covered with lime, while they survived at reduced densities in other parts of the lakes three years after liming. Most of the other macrophytes seemed to be unaffected by lime treatment, but slightly mesotrophic species like Potamogeton natans and Myriophyllum alterniflorum were favored and responded with an increased distribution and denser stands in some of the lakes.

After three treatments with lime during a period of eight to ten years the changes in the macrophyte vegetation were more pronounced. One to seven additional species were found in three of the lakes, and slightly mesotrophic species as well as isoetids increased their distribution in all the lakes.

In 1986 submerged Sphagnum spp. were totally absent from all the lakes. On the other hand the circumneutral species Scorpidium scorpioides had increased its distribution considerably in two of the lakes. Other moss species like Fontinalis spp. and Drepanocladus trichophyllus were still common in the upper part of their depth range but had disappeared from the deeper parts of their former habitats, due to deteriorating light conditions.

Nitella opaca has appeared in three of the lakes during recent years. The stands were small but dense and a more extensive distribution can be expected.

In all the lakes most of the isoetids covered larger areas in 1986 than earlier. The absence of competition from Sphagnum spp. and increased mineralization of the littoral sediments has favored this type of vegetation.

Myriophyllum alterniflorum has continued to increase in the lakes where it appeared. The stands were often very dense and a further expansion which may lead to mass occurrence,



can be expected in some of the lakes. Juncus bulbosus, common in acidified lakes, decreased in two of the lakes but seemed to be unaffected or showed a slight increase in the other lakes.

In three of the lakes there was a rather drastic decrease in the density of the stands of Nymphaea candida, while the distribution was the same as earlier. On the other hand, Nuphar lutea occurred over larger areas and its density increased. In mixed stands N. lutea was always the dominant species. Potamogeton natans has continued to increase in the lakes where it appeared and a further expansion can be expected.

The helophyte vegetation has changed only to a small extent during the period. Some slightly mesotrophic species like Eliocharis palustris and Scirpus lacustris appeared in one of the lakes, and Equisetum fluviatile increased its distribution in all the lakes.

Tabell 1. Några morfometriska och fysikalisk-kemiska data för de undersökta sjöarna. (Understrukna pH-värden = år då kalkning gjorts.)

	Storlek (ha)	Max djup (m)	Spec. a. ledn. förm. (mS/m)	Tot. -N <sup>b</sup> . (mg/l)	Tot. -P <sup>b</sup> . (µg/l)	Färgtal <sup>a</sup> . (mgPt/l)	pH före kalkning
Trehörningen	3	4.5	4.4-6.8	0.30-1.23	3-23	30-120	4.0-5.3
Långsjön	10	7	4.2-5.5	0.22-1.24	2-15	20-65	4.6-5.5
Mörtsjön	3	4.5	4.3-5.3	0.19-0.80	2-16	15-65	4.9-5.9
St.Sirsjön	25	12	4.7-6.0	0.30-0.60	3-8	5-20	5.1-5.4
V.Skälsjön	40	19	2.6-3.3	0.21-0.40	4-24	0-10	4.7-5.5

	pH efter kalkning						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Trehörningen	<u>6.5-6.9</u>	6.1-6.9	5.7-6.3	<u>5.0-6.7</u>	<u>6.6-7.3</u>	6.0-7.3	6.0-7.1
Långsjön	<u>6.3-6.8</u>	6.2-6.7	5.7-6.3	<u>5.3-6.3</u>	<u>6.0-7.2</u>	6.3-7.3	6.0-7.1
Mörtsjön	<u>6.3-6.7</u>	6.0-7.1	5.7-7.0	5.3-6.5	5.9-6.8	6.0-7.1	6.4-7.0
St.Sirsjön	<u>6.5-6.8</u>	6.3-7.0	<u>6.1-7.6</u>	5.8-7.0	<u>5.5-7.0</u>	?	6.5
V.Skälsjön	<u>5.8-6.3</u> <sup>c</sup>	4.8-6.1	5.5-5.9	<u>5.2-6.7</u>	6.0-6.8	6.2-6.4	6.2-6.4

a. från Eriksson et al. 1983

b. från Eriksson et al 1982

c. kalkad nov. 1977. Dessutom kalkad med 1.5 ton Ca(OH)<sub>2</sub> 1975 och 2.5 ton CaO 1976.

Tabell 2. Några fysikalisk-kemiska data för sjöarna i Åvaområdet 1974-84 (sommarmedelvärden).

		1974	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81	-82	-83	-84
Trehörningen	pH	5.3	5.4	5.4	4.8	6.7	6.6	6.2	6.0	7.1	7.2	6.6
	Kond	-	-	-	5.6	5.3	5.2	4.7	3.6	5.9	6.9	6.3
	Ca	-	-	-	0.19	0.28	0.30	0.23	0.15	0.41	0.43	0.37
	Siktdj.	-	-	-	1.3	2.0	2.1	2.5	2.1	3.2	3.4	1.8
	Färg	25	50	30	70	90	80	70	80	50	35	70
Långsjön	pH	5.6	5.6	6.0	5.2	6.6	6.5	6.2	6.2	6.6	7.2	6.9
	Kond	-	-	-	5.0	4.8	4.6	4.4	3.8	4.1	6.3	5.8
	Ca	-	-	-	0.18	0.21	0.22	0.20	0.18	0.22	0.41	0.33
	Siktdj.	-	-	-	3.1	4.3	3.5	3.7	2.6	3.8	3.8	3.6
	Färg	15	15	10	30	40	40	40	45	30	20	30
Mörtsjön	pH	-	6.3	-	5.8	6.5	6.7	6.5	6.4	6.7	7.0	6.8
	Kond	-	-	-	5.0	4.7	4.7	4.6	4.0	4.3	5.9	5.8
	Ca	-	-	-	0.20	0.19	0.23	0.21	0.18	0.23	0.35	0.33
	Siktdj.	-	-	-	4.0	3.6	2.7	3.1	3.4	3.5	3.6	3.1
	Färg	-	20	-	25	30	35	40	40	25	20	25



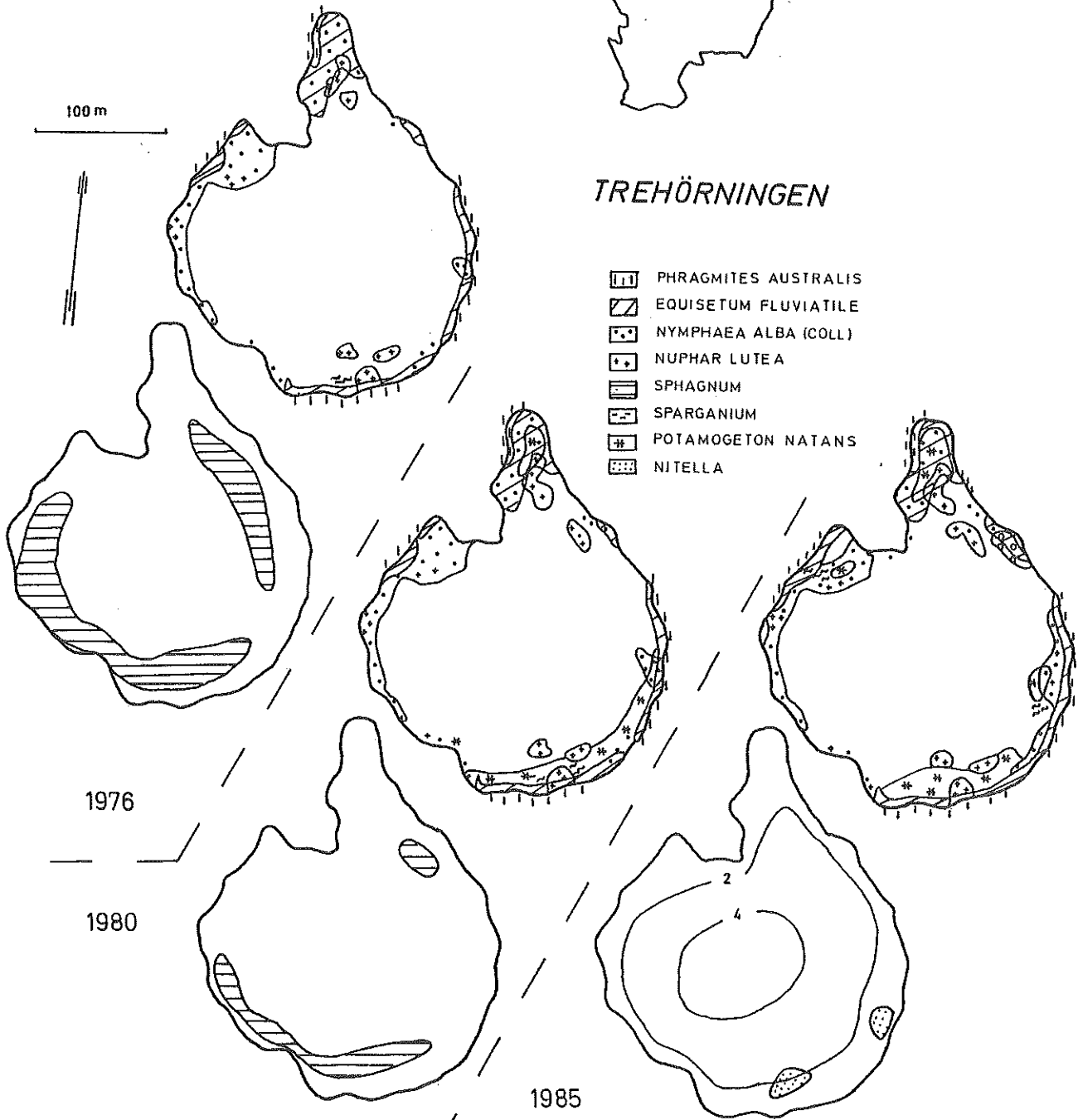
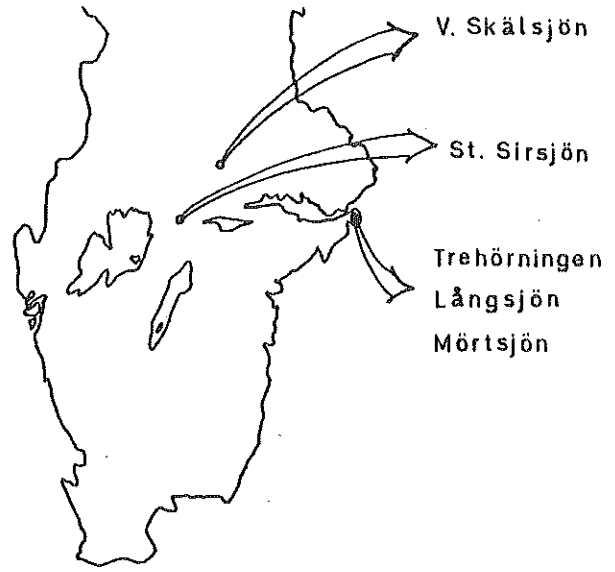
Tabell 4. Makrofytvegetationens utbredning i procent av sjöytan i kalkade sjöar före (1976) och efter upprepade kalkningar (1980 och 1985), samt olika livsformers andel av den totala vegetationsytan.

	Trehörningen		Långsjön		Mörtsjön		V. Skålsjön		St. Sirsjön	
	1976	80 85	1976	80 85	1976	86	1976	80 85	1976	80 85
Vegetationsyta i % av sjöyta	50	41 35	68	68 58	48	52	44	23 18	77	80 85
Övertattensveg. i % av veg. yta	24	29 41	17	17 22	19	23	7	13 16	15	16 16
Flytbladsveg.	-"	29 57 67	19	19 25	85	85	3	5 7	19	20 22
Långskottsveg.	-"	0 0 2	<1	3 12	18	15	0	0 <1	13	10 18
Kortskottsveg.	-"	0 0 0	54	54 64	7	8	18	34 46	46	49 55
Mossveg.	-"	47 21 <1	45	45 29	15	6	68	43 15	22	16 <1
Kransalgsveg.	-"	0 0 6	0	0 1	0	<1	0	0 0	0	0 0

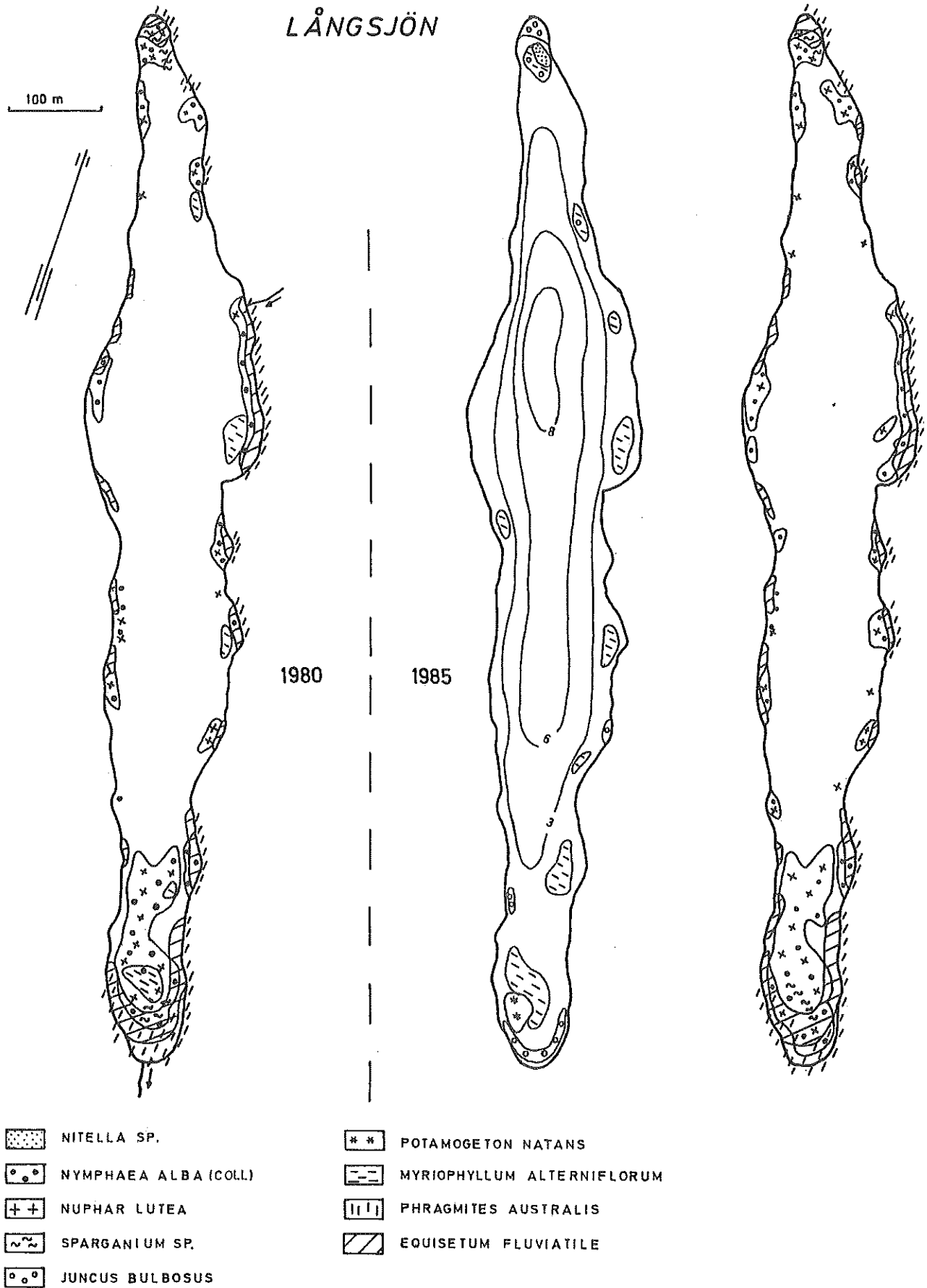
Tabell 5. Makrofyternas utbredning (ha) i kalkade sjöar före (1976) och efter kalkning (1980 och 1985).

	Trehörningen		Långsjön		Mörtsjön		V. Skålsjön		St. Sirsjön	
	1976	80 85	1976	80 85	1976	86	1977	80 85	1975	80 85
Sjöyta	3.4		10.2		2.5		40.0		24.0	
Vegetationsyta	1.7	1.4	1.2	6.9	5.9	1.2	1.3	17.4	9.3	7.3
Strandväxter	0.4	0.4	0.5	1.2	1.3	0.2	0.3	1.2	1.2	1.2
sjöfräken	0.3	0.3	0.4	0.7	0.8	0.06	0.09	0.8	0.8	0.9
Flytbladsväxter	0.5	0.8	0.8	1.3	1.5	1.0	1.1	0.5	0.5	0.5
näckrosor	0.5	0.6	0.6	1.3	1.5	0.8	1.1	0.3	0.3	0.4
igelknoppar	0.01	0.02	0.03	0.01	0.08	0.05	0.03	0.2	0.2	0.12
gäddnate	0	0.2	0.3	0	0.01	0.08	0.2	0.3	0	0
Långskottsväxter	0	0	0.01	0.01	0.2	0.2	0.2	0.01	0.01	0.02
hårslinga	0	0	0	0.01	0.2	0.08	0.14	0	0	0
löktåg	0	0	0.01	0.01	0.01	0.14	0.08	0.01	0.01	0.02
Kortskottsväxter	0	0	0	3.7	3.7	3.8	0.08	0.11	3.2	3.2
styvt braxengräs	0	0	0	1.9	1.9	0	0	0.7	0.7	0.9
notblomster	0	0	0	1.7	1.7	1.8	0.08	0.11	2.1	2.1
strandpryl	0	0	0	0.08	0.10	0.15	0	0.3	0.3	0.3
Mossor	0.8	0.3	0.01	3.1	3.1	1.7	0.18	0.08	11.9	4.0
vitmossa	0.8	0.3	0	2.0	2.0	0	0.18	0	11.9	2.6
kärrklomossa	0	0	0	0	0	0.5	0.01	0.08	0	0
Kransalger	0	0	0.07	0	0	0.03	0	0.01	0	0

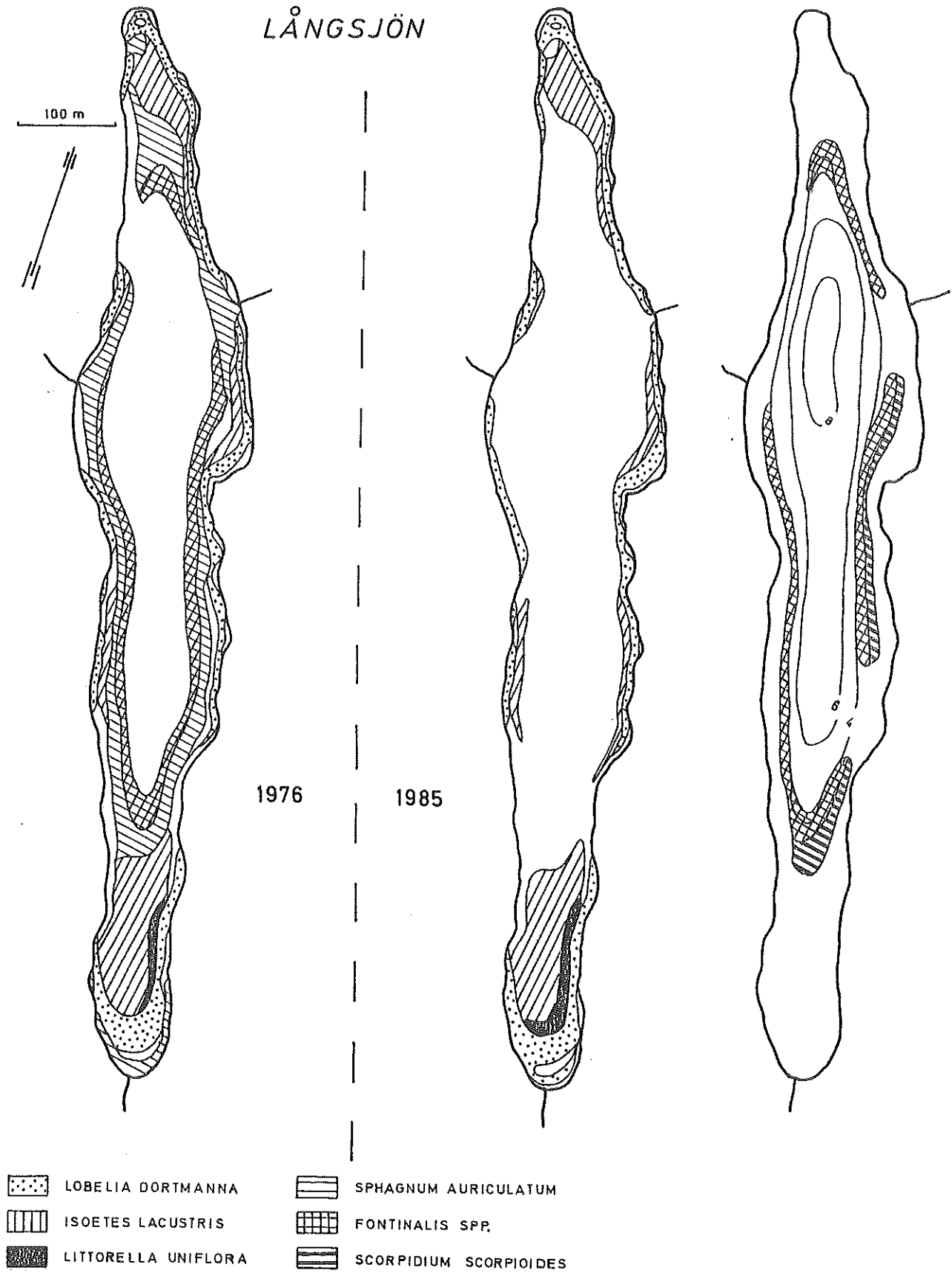
Figur 1.  
De undersökta sjöarnas läge.



Figur 2. Makrofytyvegetationen i Trehörningen 1976-85.

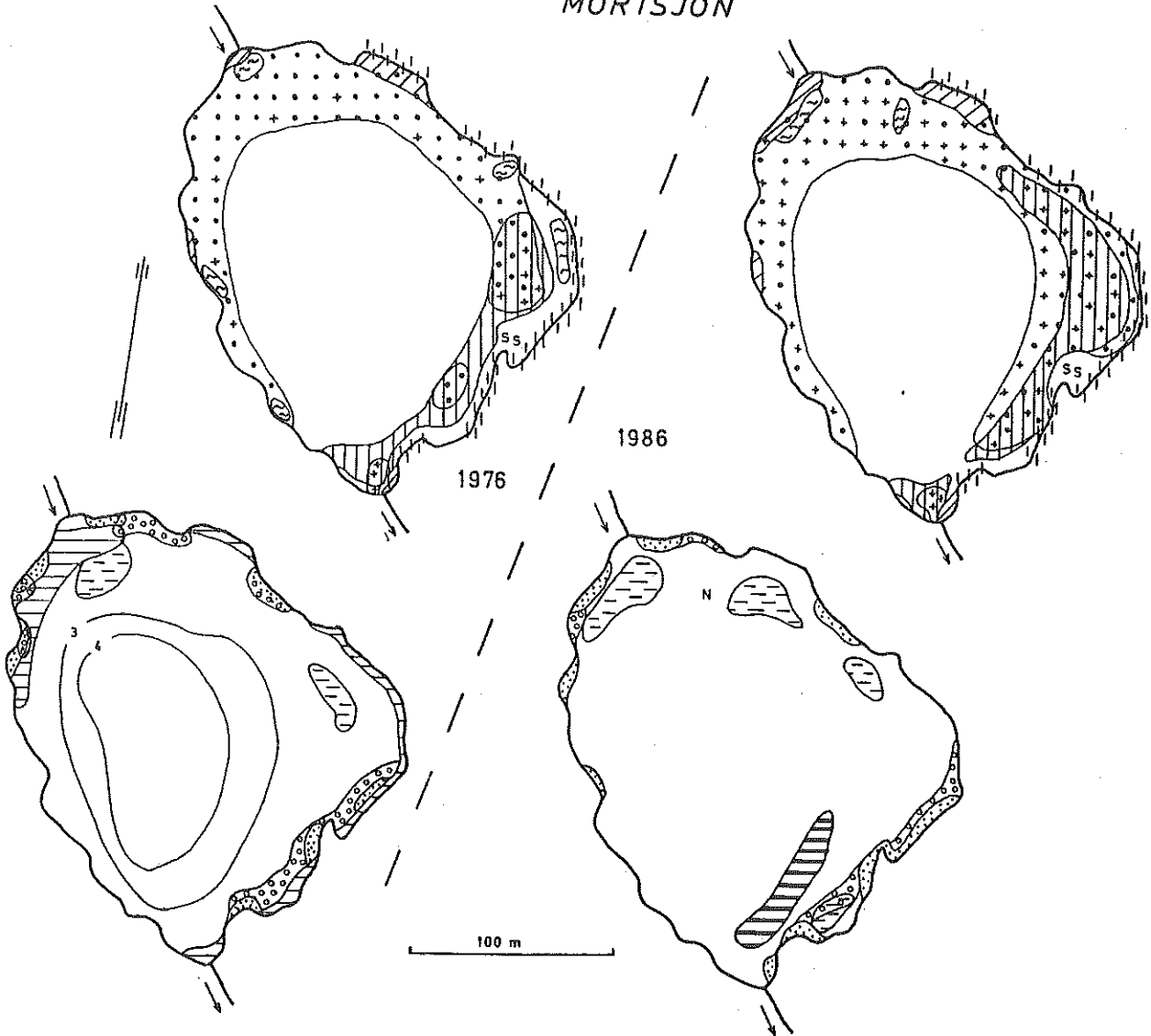















Figur 3. Utbredningen av Nitella, övervattens- och flytbladsvegetationen i Långsjön 1980-85.



Figur 4. Utbredningen av mossor och kortskottsväxter i Långsjön 1976-85.

MÖRTSJÖN

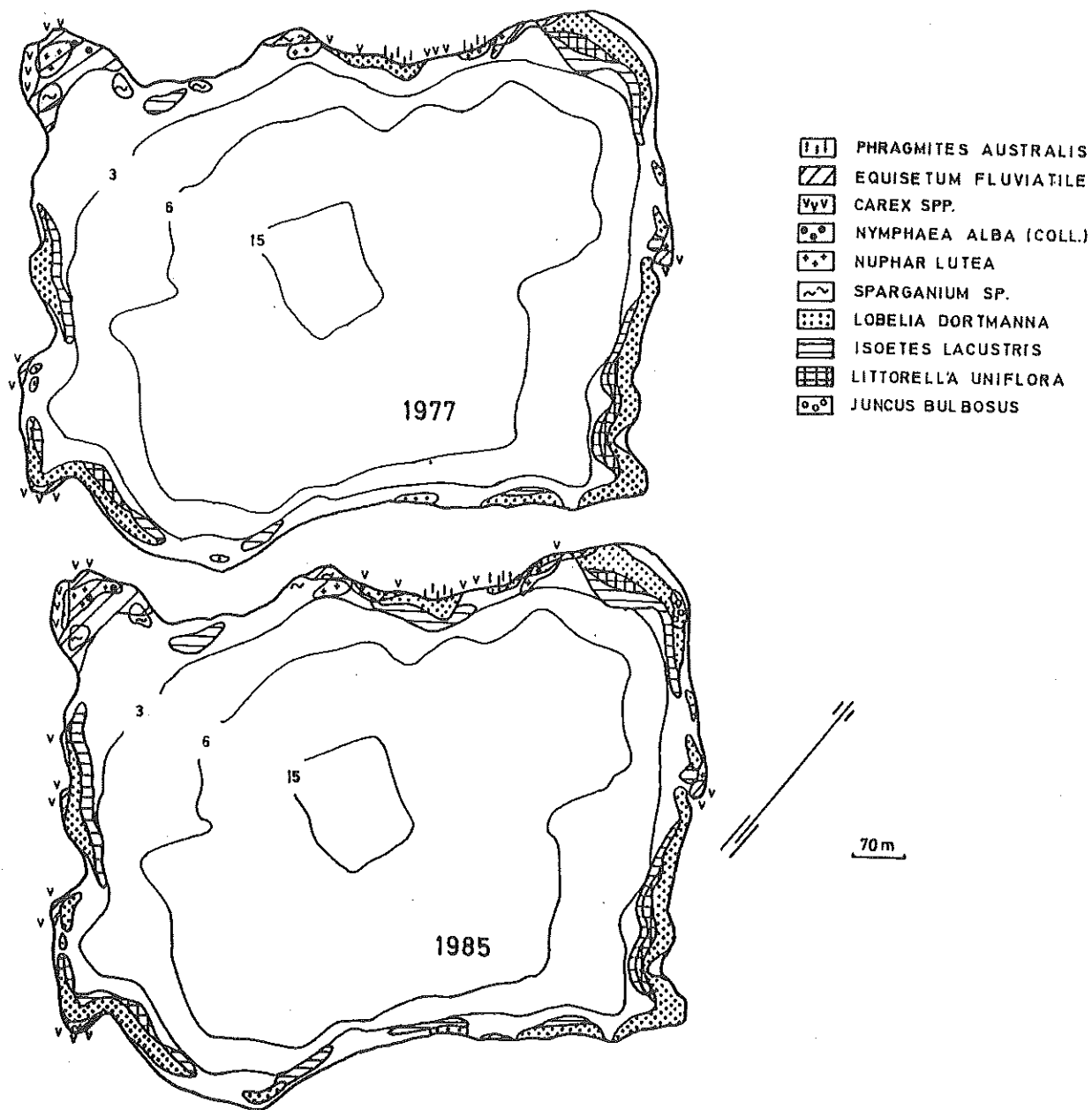


- |   |                       |   |                            |
|---|-----------------------|---|----------------------------|
|  | PHRAGMITES AUSTRALIS  |  | POTAMOGETON NATANS         |
|  | EQUISETUM FLUVIATILE  |  | MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLORUM |
|  | NYMPHAEA ALBA (COLL.) |  | LOBELIA DORTMANNA          |
|  | NUPHAR LUTEA          |  | SPHAGNUM AURICULATUM       |
|  | SPARGANIUM            |  | SCORPIDIUM SCORPIOIDES     |
|  | SCIRPUS LACUSTRIS     |  | NITELLA                    |
|  | JUNCUS BULBOSUS       |   |                            |

Figur 5. Makrofytvegetationen i Mörtsjön 1976-86.

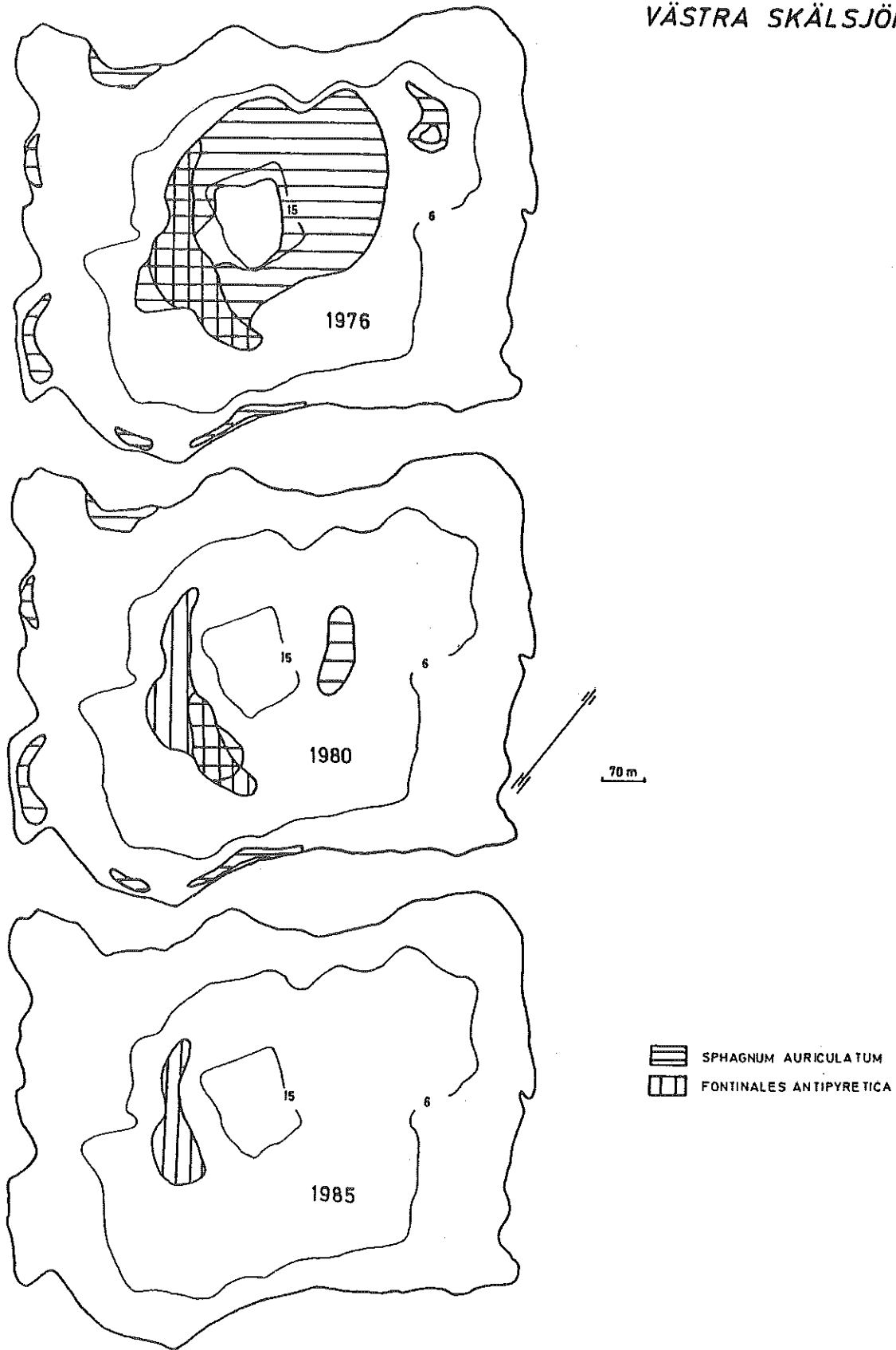


# VÄSTRA SKÄLSJÖN



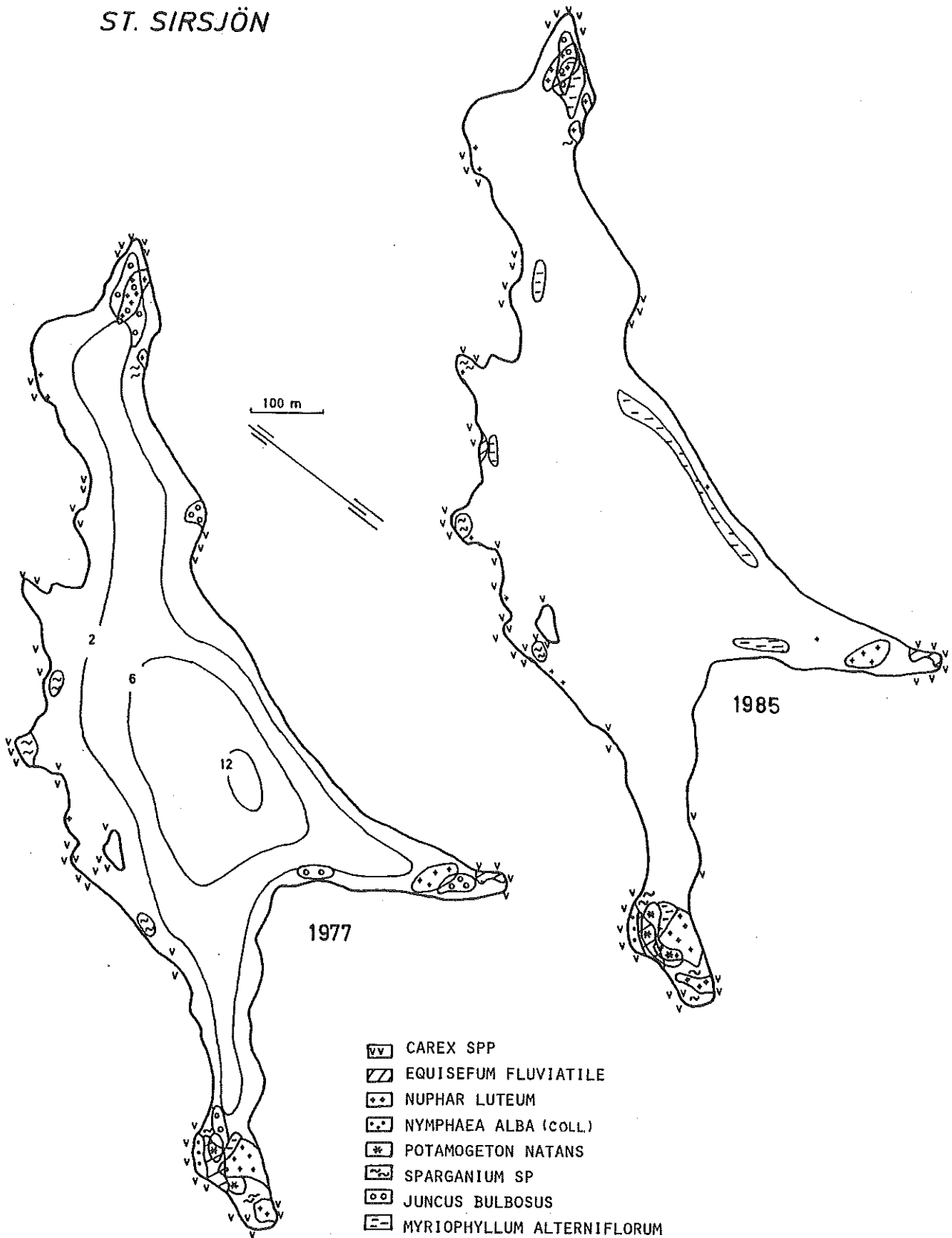
Figur 6. Kärlväxternas utbredning i V Skälsjön 1977-85.

VÄSTRA SKÄLSJÖN



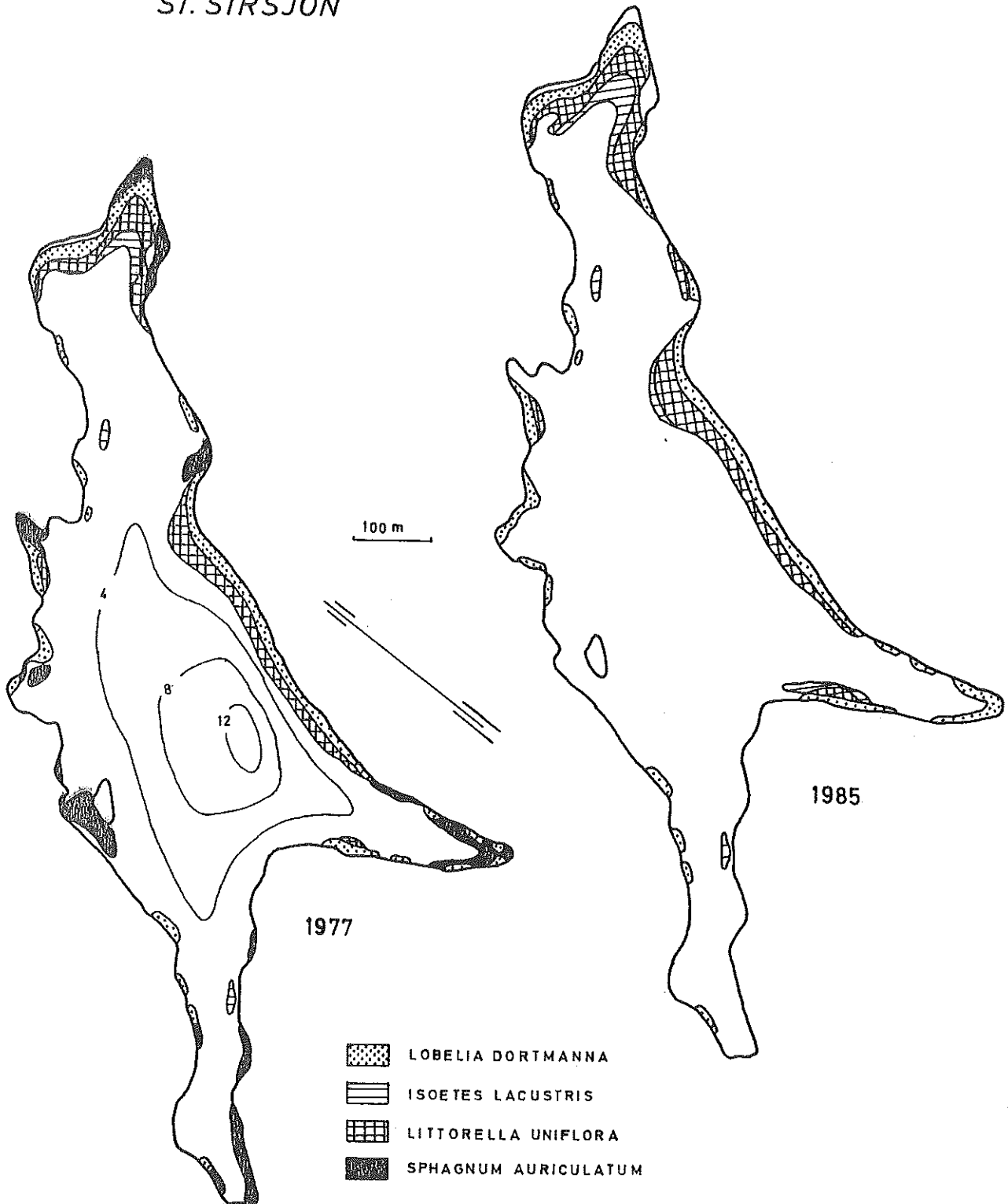
Figur 7. Mossornas utbredning i V Skälsjön 1976-85.

# ST. SIRSJÖN



Figur 8. Utbredningen av övervattens-, flyt- och långskottsväxterna i St Sirsjön 1977-85.

ST. SIRSJÖN



Figur 9. Utbredningen av mossor och kortskottsväxter i St Sirsjön 1977-85.