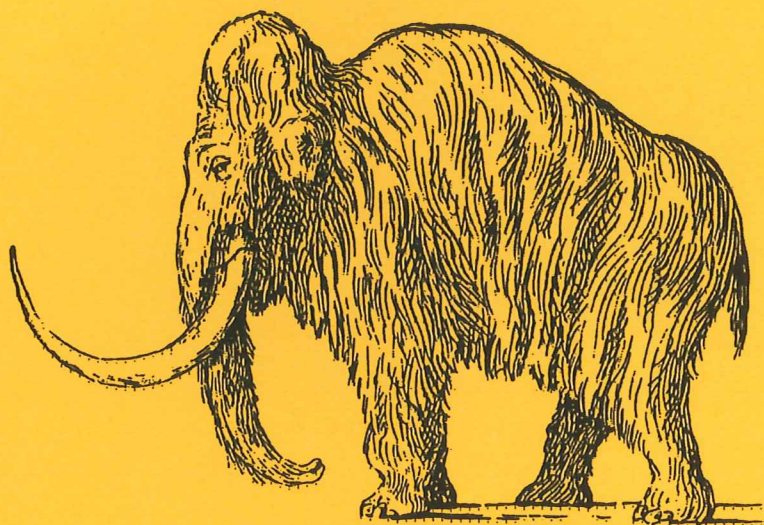


EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Kvartärgeologi



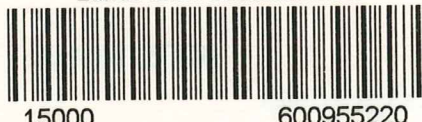
**Klimat- och miljöförändringar under holocen i
Sylarnaområdet, södra svenska Skanderna, baserat på
analys av makrofossil och klyvöppningar**

Sara Lamme

LUNDS UNIVERSITET
GEOBIBLIOTEKET

Per

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

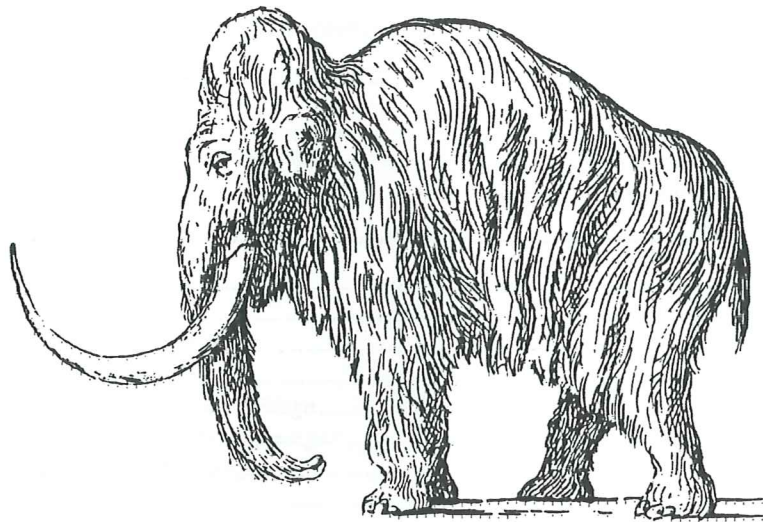
600955220

Examensarbete, 20 p
Institutionen, Lunds Universitet

Nr 127

EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Kvartärgeologi



**Klimat- och miljöförändringar under holocen i
Sylarnaområdet, södra svenska Skanderna, baserat på
analys av makrofossil och klyvöppningar**

Sara Lamme

Innehållsförteckning

ABSTRACT.....	3
SAMMANFATTNING.....	5
1 INLEDNING.....	7
1.1 VAL AV UNDERSÖKNING.....	7
1.2 VAL AV OMRÅDE.....	8
1.3 SYFTE.....	8
2 BAKGRUND.....	9
2.1 TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR I SKANDERNA.....	9
2.2 TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR AV KLYVÖPPNINGAR.....	10
3 OMRÅDESBESKRIVNING.....	11
3.1 LÄGE OCH TOPOGRAFI.....	11
3.2 GEOLOGI, VEGETATION OCH HYDROLOGI.....	11
3.3 KLIMAT.....	12
4 METODER.....	13
4.1 FÄLTARBETE.....	13
4.1.1 Vegetationskartering.....	13
4.1.2 Insamling av recenta prover.....	13
4.2 LABORATORIEARBETE.....	13
4.2.1 Växtanalys av material från snölega.....	13
4.2.2 Preparering av recenta klyvöppningar.....	13
4.2.3 Analys av fossila klyvöppningar.....	14
4.2.4 Makrofossilanalys.....	15
4.2.5 Kolanalys.....	15
4.2.6 ¹⁴ C-datering och kalibrering.....	15
5 RESULTAT.....	16
5.1 VEGETATIONEN KRING SJÖN.....	16
5.2 ANALYS AV SNÖLEGA.....	18
5.3 REFERENSSAMLING AV RECENTA KLYVÖPPNINGAR.....	18
5.4 FOSSILA KLYVÖPPNINGAR.....	19
5.5 MAKROFOSSILANALYS.....	19
5.6 KOLANALYS.....	21
5.7 ¹⁴ C-DATERINGAR.....	21
6 DISKUSSION.....	23
6.1 RECENT VEGETATION OCH DESS BEVARING I SNÖ RESPEKTIVE SJÖSEDIMENT.....	23
6.2 REFERENSPREPARAT AV KLYVÖPPNINGAR.....	23
6.3 ANALYS AV MAKROFOSSIL, KLYVÖPPNINGAR OCH KOLINNEHÅLL.....	23
6.4 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRING AV PREPARERINGSMETOD FÖR FOSSILA KLYVÖPPNINGAR.....	24
7 SLUTSATSER.....	25
TACKORD.....	26
REFERENSER.....	27

Holocene climatic and environmental changes in the Sylarna area, southern Swedish Scandes, based on macrofossil- and stomata analysis

SARA LAMME

Lamme, S. 2000: Klimat- och miljöförändringar under holocen i Sylarnaområdet, södra svenska Skanderna, baserat på analys av makrofossil och klyvöppningar. *Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet*, nr 127. 20 poäng.

A sediment sequence from Lake Spåime, situated at 887 m a.s.l. in the Sylarna area, southern Scandes, mid-central Sweden, was investigated with respect to plant macrofossil, stomata and total organic carbon analysis. Age control for the sequence was obtained by calibrated AMS ^{14}C -measurements. To compare fossil stomata, a reference collection with modern material was made. The analysis of fossil stomata allowed differentiating between coniferous and deciduous trees, but proved difficult at an identification to species level.

Furthermore, snow was collected close to the lake, analysed in respect to its content of organic material and compared to the present vegetation. While the snow sample reflected the surrounding vegetation well, the correlation between the plant macrofossil content of the uppermost sediment sample in the lake and the vegetation showed some divergence.

The results indicate warm and dry climatic conditions during the early Holocene. These were, however, shortly interrupted by a possibly cold phase at around 8000 cal years BP, as evidenced in a distinct decrease in organic content. Although speculative, this cold phase could correspond to the cooling which is reflected in other investigations at around 8200 cal years BP. Plant macrofossil and stomata finds show the presence of *Pinus sylvestris* at c. 6700-5500 cal years BP, which is later than inferred from other investigations in the area. However, the absence of plant macrofossils in a sedimentsequence is no prove for the absence of trees in an area, and it can, therefore, not be ruled out that *Pinus sylvestris* had already been present earlier. A marked change in vegetation and climate started at around 3600 cal years BP. The oceanic influence seems to have increased and the vegetation became dominated by *Betula nana* and *Empetrum nigrum* assemblages.

Keywords: Holocene, tree-limit variation, Scandes mountains, macrofossil, stomata, AMS ^{14}C -measurements

Sara Lamme, Department of Quaternary Geology, Lund Universitet, Tornavägen 13, S-223 63 Lund, Sweden

Klimat- och miljöförändringar under holocen i Sylarnaområdet, södra svenska Skanderna, baserat på analys av makrofossil och klyvöppningar

Sediment från Spåimesjön, belägen 887 möh i Sylarnaområdet, södra svenska Skanderna, undersöktes med avseende på makrofossil, klyvöppningar och kolinnehåll. Lagerföljden daterades enligt acceleratormetoden (AMS) och de erhållna dateringarna kalibrerades. För att möjliggöra analysen av fossila klyvöppningar lades en referenssamling upp av recenta klyvöppningar. I analysen av de fossila klyvöppningarna gick det att särskilja barrträd från lövträd, men det visade sig vara svårt att identifiera dem till art.

Snö samlades även in nära sjön och dess organiska innehåll analyserades och jämfördes med dagens vegetation. Snöprovet reflekterade den omgivande vegetationen väl, medan korrelationen mellan makrofossil från den översta delen av sedimentkärnan skiljde sig något från omgivande vegetation.

Resultaten indikerar ett varmt och torrt klimat under tidigholocen. Det varma klimatet avbröts dock troligen av en kort kall period vid omkring 8000 cal BP, vilket syns genom en kraftig minskning i kolhalten. Denna kalla period kan avspegla en nedkylning som andra undersökningar dokumenterat vid ca 8200 cal BP. *Pinus sylvestris* uppträder vid 6700-5500 cal BP i analysen av makrofossil och klyvöppningar, vilket är senare än vad tidigare undersökningar i området visat. Avsaknaden av makrofossil i sedimenten är dock inte något bevis för att träden inte växt i området och det kan därför inte uteslutas att *Pinus sylvestris* förekommit i området tidigare. En tydlig förändring i vegetationen och klimatet börjar kring 3600 cal BP, då den maritima influensen verkar har ökat och en vegetation dominerad av *Betula nana* och *Empetrum nigrum* börjar breda ut sig.

Nyckelord: Holocen, klimatförändringar, Skanderna, makrofossil, klyvöppningar, ¹⁴C-dateringar

1 Inledning

Att det blir varmare de närmaste hundra åren har en rad olika globala modeller över framtida klimat pekat på. De regionala modellerna är däremot mer komplicerade, då mer detaljkunskap om området kan vägas in och ger därför ett något annorlunda framtidsscenario. För norra Sverige och fjällkedjan ger dessa modeller en ännu större temperaturökning än vad det globalt sett förutspås att bli, med mildare vintrar och mer nederbörd (Rummukainen & Bergström 2000). Modellerna är konstruerade genom utvärdering av instrumentella data och simulering av framtida atmosfärssammansättningar. Dessutom tyder ett antal långa meteorologiska mätserier, från 1400-talet och fram tills idag, på att jordens medeltemperatur har varit högre de senaste hundra åren än vad de tidigare varit (Mann *et al.* 1998). Själva anledningen till temperaturökningen är dock inte helt fastslagen. Kanske är det människan som orsakat förändringen, eller så är det helt enkelt en naturlig variation?

1.1 Val av undersökning

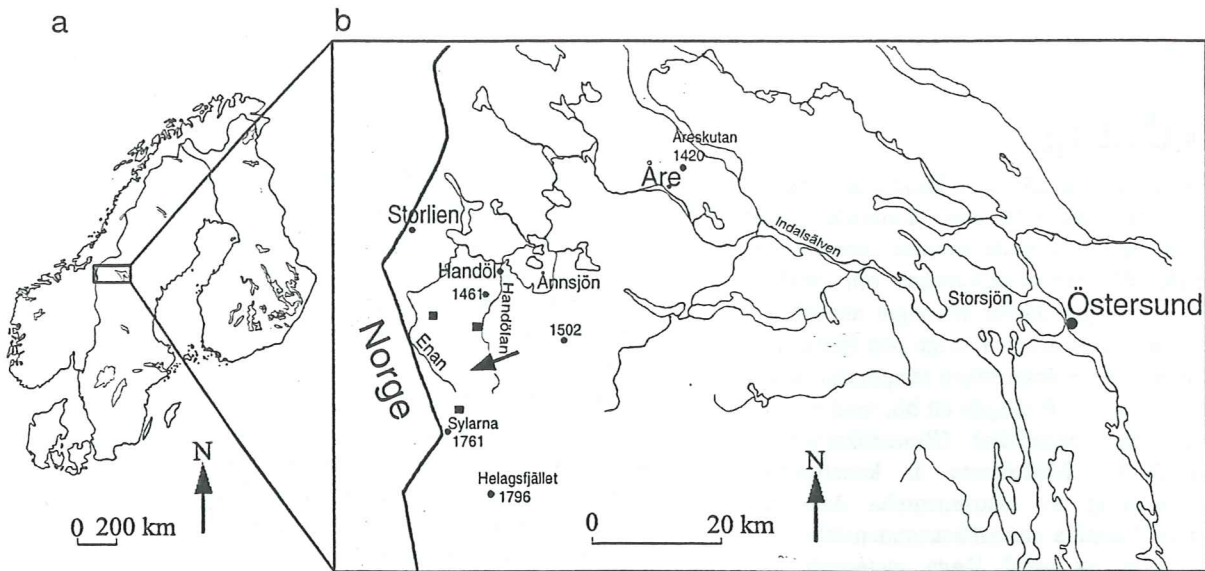
För att kunna besvara frågan om den mänskliga aktiviteten har orsakat klimatförändringarna eller ej, behövs kunskap om hur klimatet förändrats under en mycket längre tidsperiod än vad instrumentella data kan ge. Förändringar i havscirkulation, atmosfärens sammansättning och variationer i solens instrålning är exempel på variabler som anses ha orsakat tidigare klimatvariationer (Lowe & Walker 1997). Säkerligen är inte endast en av variablerna anledningen, utan alla tre tillsammans och förmodligen fler därtill (Karlén & Kuylentierna 1996; Lowe & Walker 1997). Genom att förstå orsakerna bakom naturliga klimatfluktuationer får man ett bättre underlag för att testa modellerna, vilket kan öka kunskapen om orsakerna bakom dagens och framtidens klimatvariationer.

I detta arbete har perioden efter isavsmältningen fram till idag studerats, en period kallad holocen. Betoning har lagts på tidigholocen, då tidigare undersökningar visat på förekomst av extrema klimatvariationer med betydligt varmare perioder

(Kullman 1998). Rekonstruktion av klimatförändringar under ett så långt tidsperspektiv görs bl.a. med hjälp av geologiska arkiv, t.ex. sjösediment. Växtlämningar i sjösediment, som pollen och makrofossil analyseras, då de återspeglar förändringar i vegetationen som i sin tur återspeglar klimatet.

Av de metoder som finns att tillgå, ger ingen ett fulländat resultat och analyserna är ofta tidskrävande. Ytterligare metoder som kan förbättra precisionen av resultaten och komplettera tidigare undersökningar vore därför önskvärda.

Den metod som testats i detta arbete är analys av fossila klyvöppningar. Dessa kan identifieras till släkte och i bästa fall till art och därmed visa hur utbredningen av olika trädslag och trädgränsens läge har varierat, som ett tecken på variationer i klimatet. För den här typen av undersökningar används vanligen pollen- och makrofossilanalys, vilka båda har nackdelar. Makrofossil är ofta sparsamt förekommande och stora provmängder krävs därför för att få representativa resultat. Även om klyvöppningar kan betraktas som en typ av växtmakrofossil har de fördelar jämfört med vanliga fossil som blad, kvistar och frön. Klyvöppningarna är små och förekommer i riklig mängd, vilket gör att endast små prover behövs. Implikationen av ett fynd av en klyvöppning är detsamma som för vanliga makrofossil, dvs fyndet avspeglar med all säkerhet att den aktuella arten förekommit i närheten av fyndplatsen (Hansen *et al.* 1996; Parshall 1999). Pollen har fördelen att de ofta bevaras i sediment och är lätta att identifiera, dock inte alltid till art. De förekommer också vanligen i stor mängd i sjösediment, men ger en mindre säker detektion av den lokala vegetationen. Pollen är små och lätta och kan transporteras långt och kan därför representera inte bara den lokala vegetationen utan också den regionala vegetationen. Klyvöppningar bevaras också i sediment och det är möjligt att identifiera dem till art. Nämnade fördelar med klyvöppningar gäller åtminstone för barrträd (Hansen 1995, 1996 *et al.*; Clayden *et al.* 1996; Yu 1997).



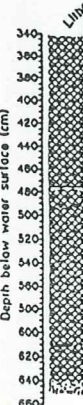
Figur 1: Karta över Skandinavien (a) och södra Jämtland (b). Fyllda kvadrater anger fjällstationer och pilen markerar Spåimesjöns läge.

1.2 Val av område

Området som undersökts är Sylarna i västra Jämtland (figur 1), där sediment studerats från en sjö, idag belägen nära trädgränsen, vilket gör att chansen är stor att upptäcka om trädgränsen legat högre under tidigare perioder. Från ett flertal närliggande bergssluttningar, men också andra områden längre norrut i de svenska fjällen, finns publicerade vegetationshistoriska undersökningar. De flesta är dock baserade på kol-14-daterade växtrester, som stubbar, rötter, blad och frukter, som inte är funna i en känd stratigrafi med fastslagen kronologi. De visar att tall (*Pinus sylvestris*) och en del värmeälskande träd, som klöbba (*Alnus glutinosa*), vårtbjörk (*Betula pendula*) och lind (*Tilia cordata*), har vuxit upp till 300 m högre och på nordligare breddgrader än vad de idag gör (Kullman 1988, 1990, 1992, 1993, 1998a, c). Den föreslagna trädfloran är förvånansvärd, då pollenanalyser inte har kunnat stödja resultaten och det finns inte några moderna analogier att jämföra med (se Kullman 1998a). Avsaknaden av känd stratigrafi och kronologi för makrofossilfynden gör att vidare undersökningar i området kan vara ett komplement. Området är också lämpligt för att utprova en ny metod, i ett känt stratigrafiskt sammanhang, med en högre detektionsgräns än pollen.

1.3 Syfte

Genom att lägga upp en referenssamling av recenta klyvöppningar blir det möjligt att identifiera fossilt material. Materialet som undersökts är en sedimentkärna från en sjö belägen nära dagens trädgräns. Sedimenten studeras stratigrafiskt och analyseras med avseende på klyvöppningar, makrofossil och kolinnehåll. Syftet är att analysen av klyvöppningar ska komplettera makrofossilanalysen, så att trädgränsvariationer kan fastställas. Tillsammans med kolanalysen kan sedan slutsatser om klimatet och miljön utrönas. Resultatet av analyserna ska jämföras med tidigare undersökningar i området och bekräfta eller förkasta dessa. Dessutom har dagens vegetation karterats och material från en snöleiga har analyserats, för att få en uppfattning om vad som ackumuleras från den omgivande vegetationen.



2 Bakgrund

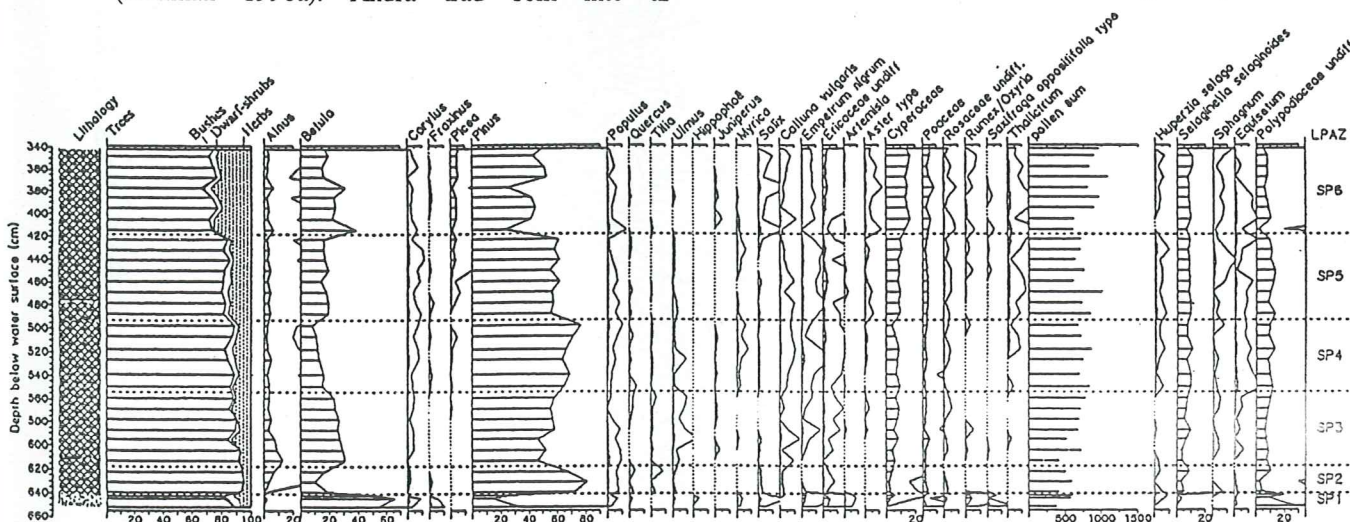
2.1 Tidigare undersökningar i Skanderna

I samband med jordartskareringen av Jämtlands län (Lundqvist 1969), undersöktes flera myrar belägna kring 600 möh med avseende på pollen. Man fann då låga frekvenser av pollen från t.ex. lind, hassel (*Corylus avellana*), skogsalm (*Ulmus glabra*) och ek (*Quercus robur*), vilket indikerar på förekomst av trädslagen på högre höjder än vad de idag växer. De låga pollenfrekvenserna kan tolkas som att träderna förekommit i dessa områden under tidig och mellanholocen (8000-4000 okalibrerade ^{14}C -år BP, vilket i fortsättningen uttrycks endast BP). I andra arbeten från området har också pollen från dessa trädslag påvisats, men många har bortsett ifrån dem då de ansett att de inte representerar den lokala vegetationen, utan har transporterats dit från omkringliggande områden (se Kullman 1998a). I figur 2 finns ett pollendiagram som upprättats från samma borkärna som undersökts i detta arbete (Holmgren 2000). Pollendiagrammet saknade tidigare dateringar, men då samma borkärna använts i detta arbete, gäller dateringarna även för pollendiagrammet.

I myrarna har man också funnit ett stort antal tallstubbar som även de daterats med kol-14-metoden. Fynden är gjorda på en betydligt högre höjd än var man idag hittar tall med en maxhöjd vid 8500-8000 år BP, dvs i stort sett strax efter isavsmältningen (Lundqvist 1969). Kullman (1998a, c) har också funnit subfossila rester av tall och andra värmeälskande träd på högre nivåer än deras nutida övre gräns. Klibbon och vårtbjörk är funna på 830 möh och har en ålder på omkring 8600-7300 BP. Lind finns inte alls i området idag, men fossila fynd på 526 möh är daterade till ca 7000 BP (Kullman 1998a). Andra träd som inte är

representerade i området idag, men som är funna 740 möh och daterade till 8500-8000 BP, är ek, skogsalm och hassel. Gran (*Picea abies*) finns i riklig mängd idag i området, dock på lägre nivåer än vad som påträffats subfossilt (Kullman 1996). En annan art, sibirisk lärk (*Larix sibirica*), som idag förekommer långt ifrån det aktuella området, ingår också bland fynden som gjorts (Kullman 1998b). En tall-björkskog med inslag av gran, lärk och arter som ek, skogsalm, lind och klibbon, föreslås alltså ha förekommit mellan ungefär 500 möh upp till drygt 800 möh enligt makrofossilfynd relativt snart efter att området blev isfritt. Detta är något som inte kunnat påvisas i pollenanalyser, sannolikt p.g.a. metodens brister.

Det finns inga moderna analogier till den tidigholocena trädfloran i området, men de enskilda trädens olika krav på den miljö de kan etablera sig i är kända. Tall, gran, lärk och fjällbjörk klarar t.ex. kalla vintrar, medan ek, lind, hassel och skogsalm vill ha mildare vintrar, men framförallt en lång och varm växtperiod. För att de olika arterna ska kunna växa tillsammans bör därför året bestå av en varm och torr sommar, kall vinter och en lång höst, vilket inte motsvarar varken maritimt eller kontinentalt klimat (Kullman 1998c). En helt annan klimatregim verkar därför ha förhärskat under tidigholocen. Under tidigholocen var instrålningen annorlunda fördelad över jordklotet än vad den är idag (Karlén & Kuylenstierna 1996; Lowe & Walker 1997). Detta beror på jordens icke-cirkulära bana kring solen och jordaxelns rörelse och ändring i lutning (Milankovitchs orbitala parametrar). Den annorlunda instrålningen kan vara förklaringen till ett annat klimat utan moderna analogier. Fynden av



Figur 2: Pollendiagram från Spåimesjön (Figur 2 från Holmgren (2000)).

makrofossil som indikerar den föreslagna trädfloran, är dock än så länge för få för att kunna fastställa rådande klimatregimer (Kullman 1998c).

Det finns däremot belägg för att säga att den maritima influensen ökat sedan tidigholocen. Numera är trädgränsen i de svenska fjällen belägen på 800-950 möh och utgörs av björk som trivs optimalt i ett kallt och nederbördsrikt klimat med små säsongsvariationer. Tidigare (9000-7000 BP) utgjordes trädgränsen i sydvästra Skanderna delvis av tall, som trivs bäst i ett kontinentalt klimat, dvs varma och torra somrar med lite snö på vintern (Kullman 1993, 1995, 1998).

Holocena trädgränsförändringar har nyligen studerats i Abisko, norra Sverige (Barnekow 2000). Flera sjöar, belägna på olika nivåer, har undersökts med avseende på pollen och makrofossil, för att rekonstruera långsiktiga förändringar av vegetation och klimat. Resultaten tyder på sommartemperaturer som under tidigholocen var ca 1,5°C högre och 1,5-2,0°C högre under mellanholocen. Dessa slutsatser har framkommit genom rekonstruktion av fjällbjörkens (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*) övre gräns och täthet samt tallens förekomst på olika nivåer. I undersökningen finns inget som tyder på att andra arter som t.ex. klibbal, vårtbjörk, ek och lind ska ha varit förekommande i denna del av Skanderna, men området är beläget ca 600 km norr om det aktuella undersökta området.

Även undersökningar av glaciärernas fluktua-

tion, pollen och daterade makrofossil i södra Norge pekar på att det gynnsammaste klimatet var redan under tidigholocen och att trädgränsen då legat högre (Kvamme 1993; Dahl & Nesje 1996). Liksom för norra Sverige har 1,5-2°C högre sommartemperaturer uppskattats för södra Norge.

2.2 Tidigare undersökningar av klyvöppningar

Det finns många exempel på tidigare undersökningar där analyser av klyvöppningar har kompletterat andra metoder (Ammann & Wick 1993; Clayden *et al.* 1996, 1997; Yu 1997; Parshall 1999). De flesta är dock utförda med avseende på studier av barrträd. I en av undersökningarna (Parshall 1999) har även klyvöppningar från lövträd beaktats men inte identifierats.

I de tidigare undersökningarna av fossila klyvöppningarna har de preparerats fram med samma metod som för pollen (Faegri *et al.* 1989). Detta är möjligt då man vill undersöka endast barrträd, vars klyvöppningar är mer lignifierade och därmed mer resistent mot nedbrytning och vanligare i sedimenten, än de från lövträd. Preparationen för lövträd måste emellertid ske med en annan metod som är skonsammare mot materialet. För en del barrträd finns en nyckel (Hansen 1995) som möjliggör identifikation av klyvöppningarna, men motsvarande saknas för lövträd.

3 Områdesbeskrivning

3.1 Läge och topografi

Sjön som undersökts är belägen i västra Jämtland, 887 möh (63°07'N, 12°19'E) (figur 1). Sjön ligger i ett område känt för sina vandringsleder, kanske främst triangeln mellan Blåhammarens-, Sylarnas- och Storulvåns fjällstationer. Sträckan mellan de två sistnämnda stationerna är ungefär 16 km och mittemellan dem är sjön belägen (figur 3). Strax intill ligger en raststuga som kallas Spåime och därför har Spåimesjön använts som arbetsnamn för sjön.

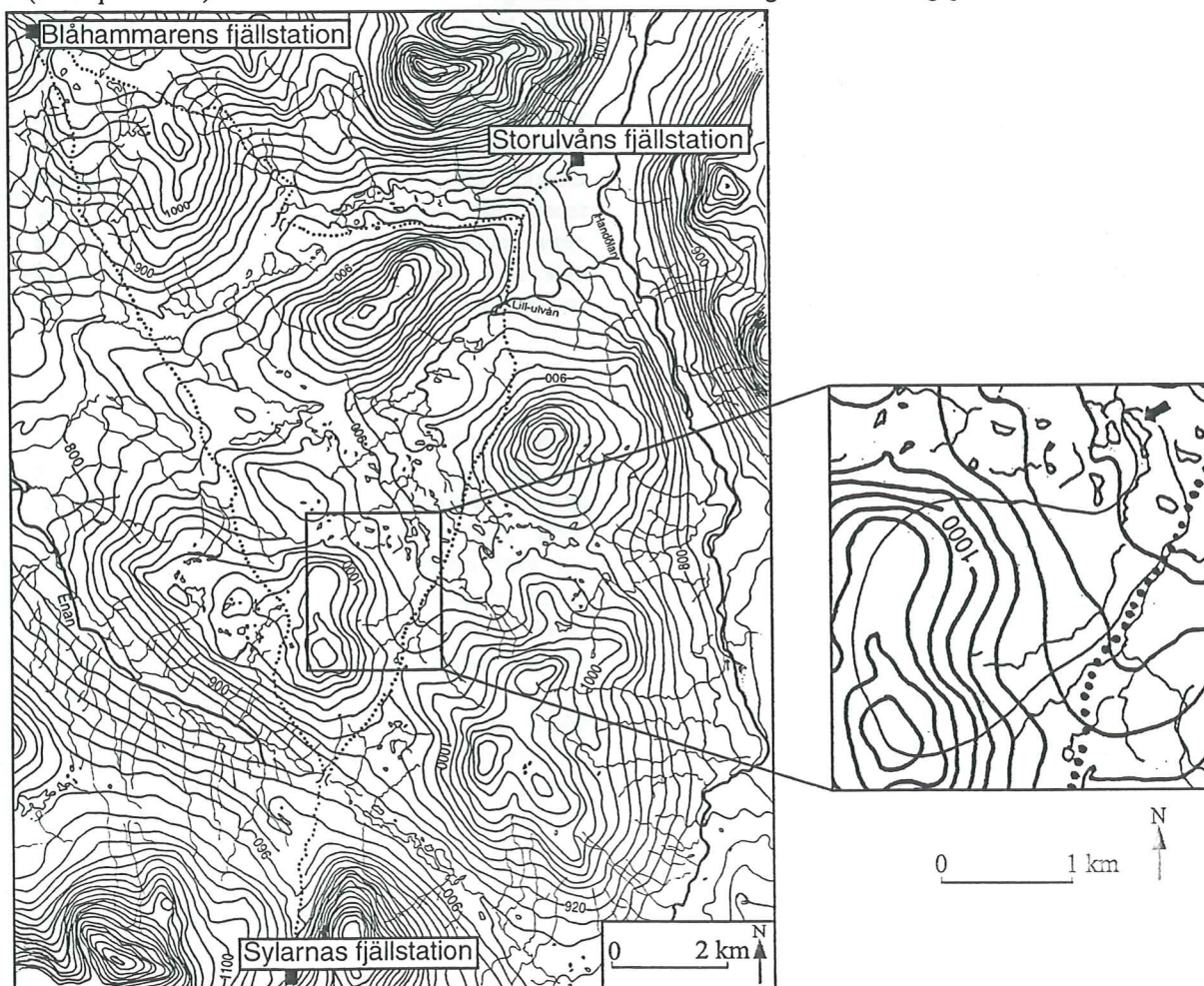
Kända fjällmassiv som bl.a. Åreskutan, Helags och Sylarna ligger som isolerade toppar med höjder från 1400 m upp till nära 1800 m. Däremellan finns områden som är relativt flacka men fortfarande belägna ca 800 m över havet. De flacka områdena är småkulliga med många sjöar av varierande storlek, de flesta dock små. Generellt kan sägas att området är högst i väster och sedan sänker sig åt nordost. De allra högsta topparna hittas i väster i Norge. I nordost breder en lägre bassäng ut sig, vilket är resterna av Centraljämtska issjökomplexet (Lundqvist 1969).

3.2 Geologi, vegetation och hydrologi

Berggrunden i området tillhör den övre skollberggrunden bestående av Köli- och Seveskollorna (Fredén 1994). De dominerande bergarterna är amfibolit, gnejs och glimmerskiffrar.

Sydvästra Jämtland tillhör jordartsområdet kalfjället (Fredén 1994). Som namnet antyder är moräntäcket av ringa mäktighet och på sina ställen obefintligt. Landskapet kring Spåime är dock undulerande med många moränryggar (<10 m) och sänkor däremellan, vilket ger en större mäktighet av moränen och är typiskt för ett dödismoränlandskap. Området blev isfritt omkring 9300 BP och den huvudsakliga isrörelseriktningen var från NV (Lundqvist 1969, 1986; Borgström 1989). De allra högsta områdena frilades tidigt och ismassan delades upp i lober i dalarna samtidigt som topparna blev isfria och bildade nunatakker.

Spåimesjön är belägen inom kalfjällets nedersta del i den lågalpina regionen, som karakteriseras av nedtryckt risvegetation (Rafstedt 1984). I skyddande lägen kan dvärgbjörk (*Betula nana*) och



Figur 3: Prickad linje anger vandringsled och fyllda kvadrater fjällstationer. I den förstörade figuren är dräneringsområdet markerat och Spåimesjön utmärkt med pil. (Ekvidistans 20 m)

viden (*Salix* ssp.) bli halvmeterhöga, medan centimeterhöga ris som kråkbär (*Empetrum nigrum*) är vanligare i mer utsatta områden. I andra skyddade områden där snön ligger kvar länge kan inte riset etablera sig och här dominerar istället lågörtängarna. Områdets vegetation är karterat som torr rished med 30-50% inslag av vegetationstypen torrt kärr (Rafstedt 1984). Detta är dock en mycket översiktlig kartering.

Sjön är belägen över skogsgränsen, dvs där den sammanhängande björkskogen slutar, som i området ligger på ca 800 möh. De översta trädformande björkarna utgör trädgränsen. Vid Spåimesjön växer endast ett fåtal fjällbjörkar, av vilka alla är mycket lågväxta och återfinns på den sydvända branten. Sjön kan därför även sägas ligga över trädgränsen.

Sjöns uppskattade dräneringsområde visas i figur 3. Området är ca 3,5 km², vilket är drygt 10 gånger större än sjön. I figur 3 kan man också se att inloppet är i söder och utloppet i norr. Både inflödet

och utflödet är relativt stort i förhållande till sjöns storlek (ca 0,3 km²), vilket ger en snabb omsättning av vattnet. Utflödet mynnar i Lill-Ulvån och så småningom i Handölan. Hela området tillhör Indalsälvens vattensystem (figur 1).

3.3 Klimat

Från Atlanten i väster kommer fuktig och mild luft in över området, vilket leder till ett maritimt klimat med mycket nederbörd. Det maritima klimatet gör att skogsgränsen ligger lägre i det undersökta området än vad den generellt gör i de södra fjällen. Av de 857 mm som årligen faller som nederbörd, är ca 45% snö. Detta är uppmätt i Storlien, ca 20 km nordväst om Spåimesjön, där en meteorologisk station är belägen. Härifrån finns också data om temperaturen för åren 1961-1990, i vilka man kan utläsa att den årliga medeltemperaturen är 1,1°C. Medeltemperaturerna för januari och juli är -7,6°C respektive 10,7°C (Alexandersson 1991).

4 Metoder

Under vårvintern 1999 provtogs ett antal sjöar längs en transekt från Handöl till Sylarna (figur 1) av Niels Hansen, Mikkel Sander, Sofia Holmgren, Olafur Ingolfsson och Dan Hammarlund. En av dessa sjöar var Spåimesjön och den har undersökts i detta arbete. Provtagningen skedde i den centrala delen av sjön (figur 5) vid ett vattendjup om ca 3,4 m med en s.k. "Rysseborr" med 7,5 cm i diameter. Kärnorna transporterades till Lund där de beskrevs och korrelerades med hjälp av magnetisk susceptibilitet. Prover för de olika analyserna togs ut av Sofia Holmgren, Dan Hammarlund och Barbara Wohlfarth.

4.1 Fältarbete

I augusti 2000 besöktes området då vegetationen dokumenterades och material från ytan av en närbelägen snölega (figur 5) togs. Tidigare under sommaren samlades blad in för referenssamlingen av recenta klyvöppningar.

4.1.1 Vegetationskartering

Genom att studera det mest närliggande området kring sjön i fält och med hjälp av den topografiska kartan över ett större område, bestämdes sjöns dräneringsområde (figur 3). En mer detaljerad vegetationsbeskrivning gjordes sedan för de delar av dräneringsområdet som ligger i direkt anslutning till sjön, genom att översiktligt inventera art-sammansättningen. Området, som utgör ungefär 1/10 av hela dräneringsområdet, delades in i zoner beroende på karaktär och dominerande arter. Zonernas namngivning följer i stort den som använts i den mer storskaliga beskrivningen av vegetationen (Rafstedt 1984).

4.1.2 Insamling av recenta prover

För att om möjligt kunna identifiera fossila klyvöppningar har en referenssamling lagts upp. Det idealiska vore att inhämta recenta blad från området som ska undersökas och preparera fram klyvöppningar ur dessa, men i ett första steg har trädslagen valts på grundval av tidigare undersökningar i Jämtland (Kullman 1995a, 1998; Lundqvist 1969), som visat att dessa kan ha förekommit under holocen.

Recenta blad samlades in främst från Dalby Söderskog, men också från Lund, Alnarp och Blekinge kustområde (tabell 1). För dvärgbjörk, glasbjörk (*Betula pubescens*), gran och polarvide (*Salix polaris*) förelåg redan färdiga preparat, vilka är framtagna i Nederländerna och har okänt ursprung, utom dvärgbjörk.

Tabell 1: Förteckning över arter som använts till referenssamlingen och områdena de inhämtats från.

Art	Område
Ask (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Dalby Söderskog
Asp (<i>Populus tremula</i>)	Blekinge
Dvärgbjörk (<i>Betula nana</i>)	Finland
Ek (<i>Quercus robur</i>)	Dalby Söderskog
En (<i>Juniperus communis</i>)	Blekinge
Glasbjörk (<i>Betula pubescens</i>)	Nederländerna?
Gran (<i>Picea abies</i>)	Nederländerna?
Hassel (<i>Corylus avellana</i>)	Lund
Klibbal (<i>Alnus glutinosa</i>)	Dalby Söderskog
Lönn (<i>Acer platanoides</i>)	Dalby Söderskog
Lind (<i>Tilia cordata</i>)	Dalby Söderskog
Polarvide (<i>Salix polaris</i>)	Nederländerna?
Sälg (<i>Salix caprea</i>)	Blekinge
Sibirisk lärk (<i>Larix sibirica</i>)	Alnarp
Skogsalm (<i>Ulmus glabra</i>)	Dalby Söderskog
Tall (<i>Pinus sylvestris</i>)	Lund
Vårtbjörk (<i>Betula pendula</i>)	Lund

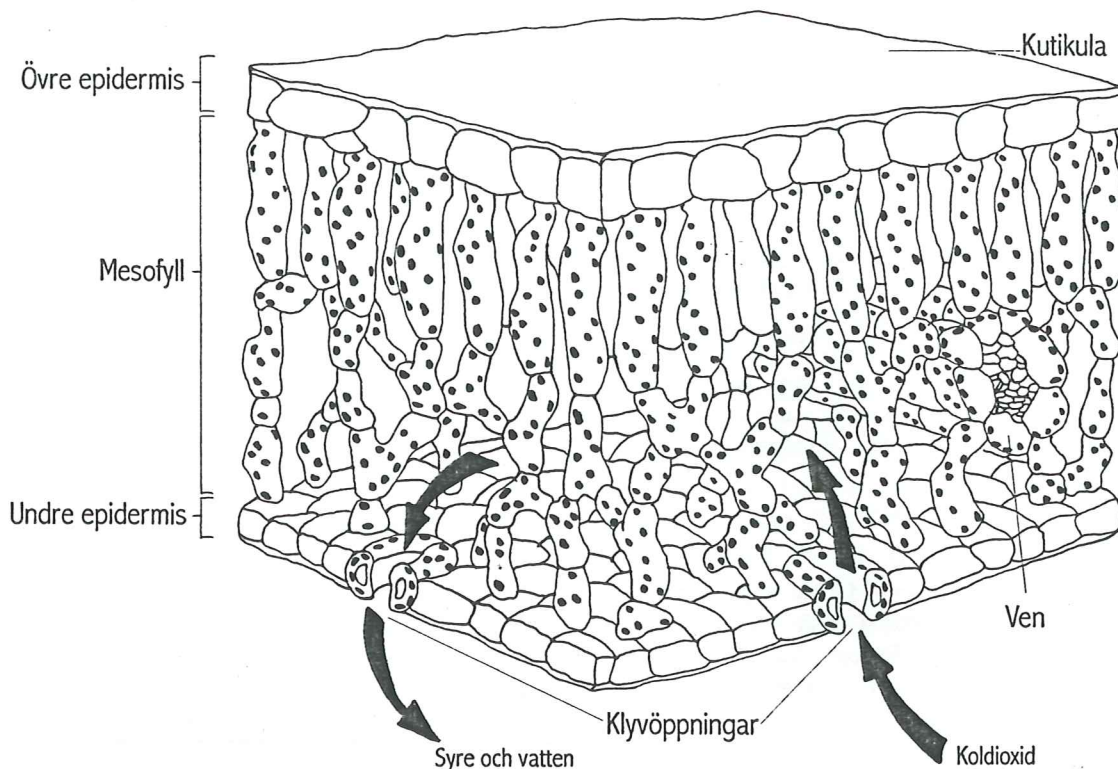
4.2 Laboratoriearbete

4.2.1 Växtanalys av material från snölega

Inom ett slumpmässigt område om ca 0,5 m² av den centrala delen av snölegan, insamlades det översta skiktet av snön (ca 2 cm). Efter det att snön smält återstod vatten samt diverse rester från växter som blad, kvistar och frön. Med hjälp av mikroskop identifierades och räknades växtdelarna med tillgänglig referenssamling och floror (Nilsson 1986; Mossberg *et al.* 1992).

4.2.2 Preparering av recenta klyvöppningar

Ett blads inre struktur visas i figur 4, där man kan se att bladet består av flera skikt (Starr & Taggart 1995). Ytterst finns kutikulan, som är ett hårt och skyddande vaxlager. Kutikulan draperar översidan av epidermalcellerna, som utgör epidermis. Mellan övre och undre epidermis finns mycket av det klorofyll som en växt har. Mellanrummet kallas mesofyll och består till stor del av luft men här finns även vener. Tack vare venerna kan vatten som transporterats genom rot och stam spridas i bladet. På samma sätt kan kolhydrater från fotosyntesen lämna bladet genom venerna. I undre epidermis finns klyvöppningar. De är öppningar i epidermis, ofta elliptiskt formade, som genom diffusion gör det möjligt för syre och vattenånga att lämna bladet och för koldioxid att diffundera in. När vattenbrist



Figur 4: Schematisk bild av ett blads inre struktur. Efter Starr & Taggart (1995).

uppstår kan klyvöppningarna tillslutas.

Det som bevaras är givetvis inte själva öppningen, utan de två omgivande cellerna som är njurformade och ser olika ut beroende på vilken art de härrör från (Hansen 1995). De två omgivande cellerna och epidermalcellerna ger ett avtryck på kutikulan som kan studeras i mikroskop.

För att kunna preparera fram kutikulan delades bladen upp i mindre bitar (2 cm^2) och blötlades i klorin innehållande natriumhypoklorit (4%) (NaHClO_2). Klorinet gör att mesofyllet löses upp och luftbubblor bildas i utrymmet mellan bladens två yttre skikt (figur 4). I samband med att mesofyllet försvinner, bleks även bladen. Beroende på olika trädslag tar detta olika lång tid. Vårtbjörk och lind tar t.ex. endast några timmar medan skogsalm måste ligga betydligt längre innan bladen bleks. För att påskynda processen kan klorinet värmas till 60°C . Detta är nödvändigt för robusta blad som t.ex. ek.

Efter blekningen sköljdes bladen flera gånger i destillerat vatten för att avlägsna så mycket av klorinet som möjligt. Därefter färgades de med safranin, dels för att bladen då lättare går att se i vattnet och dels för att klyvöppningarna blir lättare att urskilja i mikroskopet. Med hjälp av pincetter togs de sista resterna av mesofyllet och vena bort och bladens övre kutikula särades ifrån den undre. Den undre kutikulan lades på ett objektglas med glycerin. Barr behandlades likadant fram till sepa-

ringen av bladens kutikula, då dessa istället snittades upp i längdriktningen så att mesofyllet kunde tas bort och så att det blev möjligt att lägga dem plant på ett objektglas. Preparaten studerades sedan i mikroskop, dels med 400 gångers förstoring och dels med 1000 och ett försök till att se karaktärsdrag, som möjliggör identifikation, hos de olika trädslagens klyvöppningar gjordes.

4.2.3 Analys av fossila klyvöppningar

11 prover om 1 cm^3 från den undre hälften av lagerföljden (ca 5,1-6,4 m) undersöktes. Proverna löstes upp i NaOH (10%) i vilket de fick ligga 12-18 timmar. Därefter silades de med hjälp av destillerat vatten genom ett nät ($125\ \mu\text{m}$). Material som passerade nätet silades åter genom ett finmaskigare nät ($63\ \mu\text{m}$). Även om klyvöppningar oftast är mindre än det fina nätets maskvidd ($63\ \mu\text{m}$), är det ändå viktigt att undersöka större fraktioner. Klyvöppningarna behöver inte förekomma enskilt utan kan vara bundna till epidermis som har en större area och därför kan fastna i det finmaskiga nätet.

Båda fraktionerna ($63\text{-}125\ \mu\text{m}$ och $<63\ \mu\text{m}$) centrifugerades i 3 minuter (3000 varv/minut), varpå de rördes om och åter centrifugerades. En tredje centrifugering skedde efter att glycerinvatten tillsatts. En droppe av provet placerades sedan på ett objektglas tillsammans med glycerin och

preparatet studerades i mikroskop med 400 gångers förstoring. Från den grövre fraktionen (63-125 µm) gjordes ett preparat och från den finare (<63 µm) gjordes tre.

4.2.4 Makrofossilanalys

När provtagningen för alla övriga analyser var gjorda, togs kontinuerliga prover med ca 3 cm intervall för makrofossilanalys. För att underlätta slamningen lades proverna i svag NaOH (ca 5%) i 4-12 timmar. Därefter slammades de genom en finmaskig sikt (250 µm) med hjälp av en vattenstråle. Återstoden i sikten studerades under ljusmikroskop och terrestra makrofossil identifierades med hjälp av tillgänglig referenssamling på kvartärgeologiska avdelningen i Lund och avbildningar i Nilsson (1952). Resultaten åskådliggjordes sedan i ett diagram med hjälp av programmet Tilia (Grimm 1991).

4.2.5 Kolanalys

Kontinuerliga prover för kolanalys togs ut med ett intervall på ca 3 cm enligt samma schema som för makrofossil. Proverna placerades i deglar och torkades i 75°C, varpå de mortlades och återigen

torkades i 105°C. Omkring 200 mg/prov användes för analysen. Proverna förvarades i en exsikator med aktivt blågel tills de analyserades. För bestämning av kolhalten användes kolanalysatorn LECO RC-412 (Olsson 1999). Diagram över kolhalten konstruerades sedan i programmet Grapher 2.0.

4.2.6 ¹⁴C-datering och kalibrering

Åtta nivåer från sedimentkärnan valdes ut för ¹⁴C-dateringar. Terrestra makrofossil som blad, kvistar och frön användes för dateringen. Materialet placerades i noggrant rengjorda burkar och torkades i 100°C under 4-5 timmar. Proverna daterades därefter enligt acceleratormetoden (AMS) vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala.

För kalibrering till kalenderår användes datorprogrammet OxCal v2.18 som baseras på IntCal98 (Ramsey 1995; Stuiver *et al.* 1998). Programmet kalibrerar den erhållna ¹⁴C-åldern mot en kalibreringskurva och anger resultatet i form av ett intervall. Sannolikhetsfördelningen över var dateringen ligger inom intervallet åskådliggörs i diagramform där olika grader av sannolikhet är markerade. Från djup/tid kurvan i figur 9 kan kalibrerade åldrar för enskilda nivåer räknas ut (se figur 7).

Tabell 2: Litostratigrafisk beskrivning av lagerföljden.

Djup (m) under vattenytan	Enhet	Litostratigrafi
3,40-6,395	2	Mörkbrun något siltig gyttja med ljusgråa lager vid 6,076 och 6,165-6,155 m. 5 mm mörkbruna organiska lager vid 5,125 och 5,275 m.
6,395-6,41		Mörkbrun siltig gyttja med 2 mm ljusgrått lager vid 6,4 m.
6,41-6,50	1	Grå sandig silt med 3 mm ljusgråa lerlager vid 6,43 och 6,44 m och 1 cm mäktiga gråa sandiga lager vid 6,47- 6,48 m och 6,41- 6,42 m.
6,50-6,525		Grå lerig silt

5 Resultat

Den litostratigrafiska beskrivningen av den ca 3 m mäktiga lagerföljden (3,4-6,525 m under vattenytan) visar att den är relativt homogen. Endast den understa decimetern, som består av silt, skiljer sig från den överliggande sekvensen. I övrigt dominerar gyttja med tunna lager av silt. Lagerföljden som redovisas i detalj i tabell 2, delades in i två huvudenheter.

5.1 Vegetationen kring sjön

Vegetationen inom dräneringsområdet närmast sjön visas i figur 5. Den vanligaste arten inom det karterade området är kråkbär, men även andra ris som blåbär (*Vaccinium myrtillus*) är vanliga. Dvärgbjörk och dvärgvide (*Salix herbacea*) dominerar fläckvis. Gräs (*Poaceae*) och halvgräs (*Cyperaceae*) kan vara betydande på mindre områden. På fuktigare platser är florans artrikare och en rad olika örter förekommer.

De delar av dräneringsområdet som inte undersökts med avseende på vegetation, har enligt Rafstedt (1984) liknande vegetation som det mest närliggande området kring sjön. Arealen av frisk rished är dock större liksom den för lågörtäng, men i allmänhet är det samma arter som dominerar.

I zonerna i figur 5 förekommer en rad olika arter i varierande mängd. Nedan följer en noggrannare beskrivning av zonernas vegetation och karaktär.

A: Skarp rished

Vegetationstäckets är ej sammanhängande, utan delas av kala kraftigt vindexponerade ytor. Kråkbär dominerar i lågväxt form men även högre form finns. Lågvuxen dvärgbjörk är också vanlig. Ripbär (*Arctostaphylos alpinus*) förekommer fläckvis liksom halvgräs, viden och ljung (*Calluna vulgaris*). Enstaka lägre örter förekommer som fjällögontröst (*Euphrasia frigida*). Mossor finns i relativt liten mängd medan lavar har en stor utbredning i bottenskiktet.

B: Frisk rished

Blåbär och kråkbär samt högvuxen dvärgbjörk dominerar vegetationstypen som förekommer nedanför de mest vindexponerade ytorna på lutande

och torr mark. Även odon (*Vaccinium uliginosum*) förekommer, liksom enstaka enbuskar (*Juniperus communis* ssp *alpina*) och fjällbjörkar. Av örterna kan t.ex. fjällfibbla (*Hieracium Alpina*-gruppen) nämnas. Lavar och mossor finns ej i betydande mängd.

C1: Lågörtäng

Zonen är relativt fuktig och har blandad vegetation med mycket kråkbär, odon, blåbär, fjällkäpa (*Alchemilla alpina*) och dvärgbjörk. En del områden domineras av gräs och halvgräs. Andra områden domineras av örter som skogsnäva (*Geranium sylvaticum*), ormrot (*Polygonum vivipara*), skogsstjärna (*Trientalis europaea*), bergsyra (*Rumex acetosella*), svarthö (*Bartsia alpina*), fjällfibbla, fjällbräken (*Athyrium distentifolium*), rosenrot (*Rhodiola rosea*), lappspira (*Pedicularis lapponica*), gullris (*Solidago virgaurea*), hjortron (*Rubus chamaemorus*), fjällumner (*Diphasiastrum alpinum*) och tätört (*Pinguicula vulgaris*). Även ljung och viden förekommer samt rikligt med mossa.

C2: Lågörtäng

Framförallt gräs och halvgräs samt tågväxter (*Juncaceae*) som klynnetåg (*Juncus trifidus*) dominerar. Viden och dvärgbjörk finns också i denna artrika vegetationstyp. Andra arter som förekommer framförallt i de fuktigaste områdena är femfingerört (*Potentilla argentea*), moss-, lapp- och krypljung (*Cassiope hypnoides*, *Phyllodoce caerulea*, *Loiseleuria procumbens*), fjällviol (*Viola biflora*), maskros (*Taraxacum* ssp.), fjällfibbla, ormrot (*Polygonum vivipara*), fjällglim (*Silene acaulis*), fjällkäpa (*Alchemilla alpina*), fjällögontröst, tätört, svarthö samt blåbär och kråkbär.

D: Torr rished

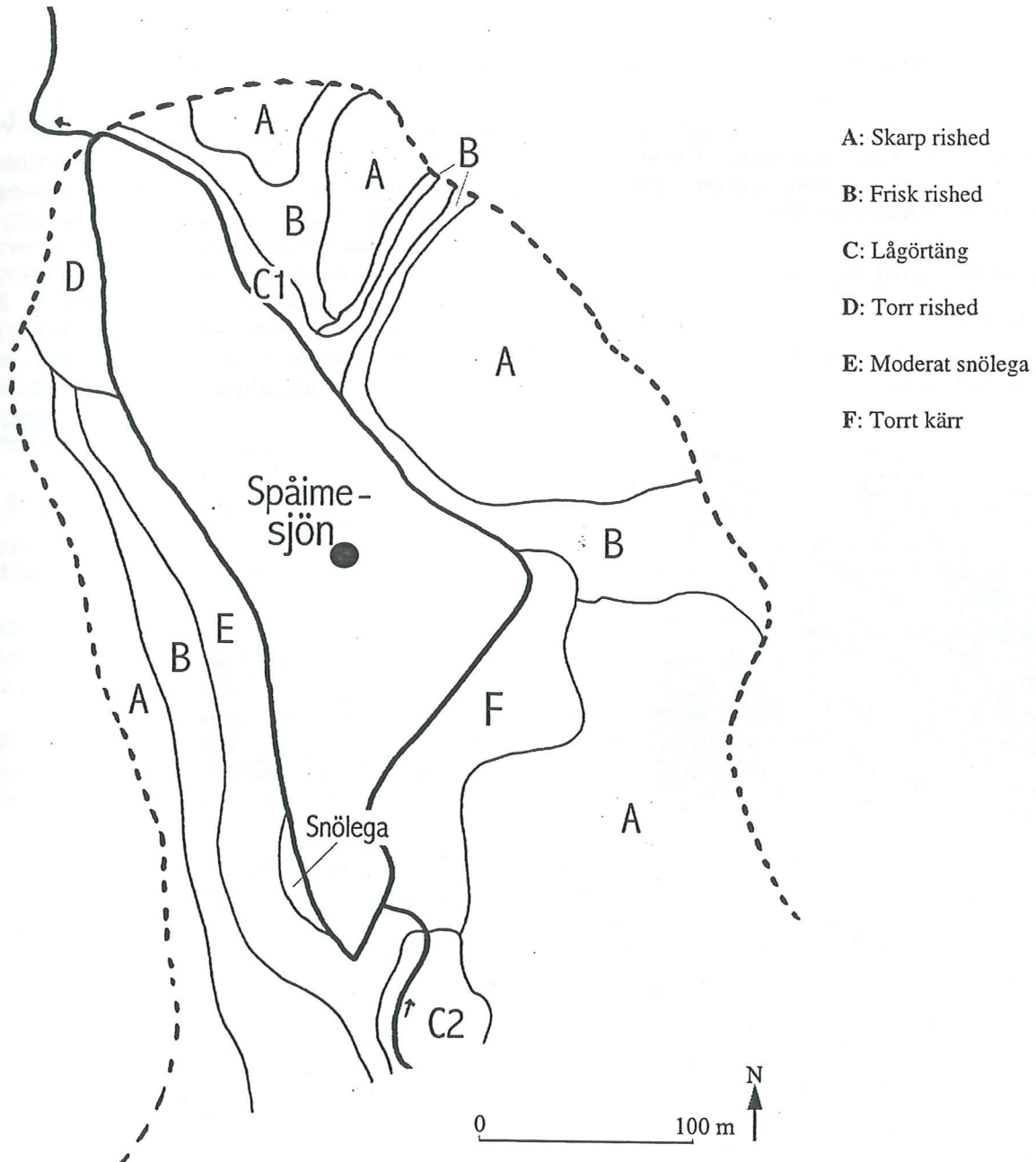
Relativt torrt och flackt lågområde med framförallt blåbär men också mycket kråkbär, halvgräs och lågvuxna dvärgbjörkar och viden. Odon, lingon (*Vaccinium vitis-idaea*), rosling (*Andromeda polifolia*) och krypljung förekommer fläckvis samt enstaka lappspiror och skogsstjärnor.

E: Moderat snölega

Dvärgvide och gräs dominerar zonen som karakteriseras av sent smältande snö. Halvgräs och mossor förekommer rikligt. I zonen överkant är vegetationen rikare. Fjäll- och lopplummer (*Huperzia selago*), lingon, blåbär, kryp- och mossjung, gullris, skogsstjärna, lappspira, fjällkåpa, norsknoppa (*Gnaphalium norvegicum*), fjällnoppa (*Gnaphalium supinum*) och bergsyra finns här.

F: Torrt kärr

Starr (*Carex* spp.) och andra halvgräs förekommer, liksom rikligt med mossa. Övriga arter som förekommer är rosenrot (*Rhodiola rosea*), norskpyrola (*Pyrola norvegica*), kung Karls spira (*Pedicularis sceptrum-carolinum*), slätterblomma (*Parnassia palustris*), viden, polarull (*Eriophorum scheuchzeri*), ormröt, fjällfibbla, hjortron och smörblomma (*Ranunculus acris*).



Figur 5: Vegetationszonernas fördelning kring sjön. Streckad linje markerar dräneringsområdets yttre gräns och cirkeln provtagningspunkten. För utförligare beskrivning av zonerna se text (5.1).

Tabell 3: Växtmaterial funnet i provet från snölegan.

Taxa	Antal (st)					
	Blad	Kvist	Fjäll	Nöt	Frö	Frökapsel
Blåbär (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	13					
Dvärgbjörk (<i>Betula nana</i>)	24	1	79		205	
Dvärgvide (<i>Salix herbacea</i>)	8					
Hjortron (<i>Rubus chamaemorus</i>)	1					
Kråkbär (<i>Empetrum nigrum</i>)	2245	1		3		
Lingon (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	9					
Odon (<i>Vaccinium uliginosum</i>)	7					
Polarvide (<i>Salix polaris</i>)	1					
Ripbär (<i>Arctostaphylos alpinus</i>)	6					
Starr (<i>Carex</i> ssp.)						161
Vide (<i>Salix</i> ssp.)		1				

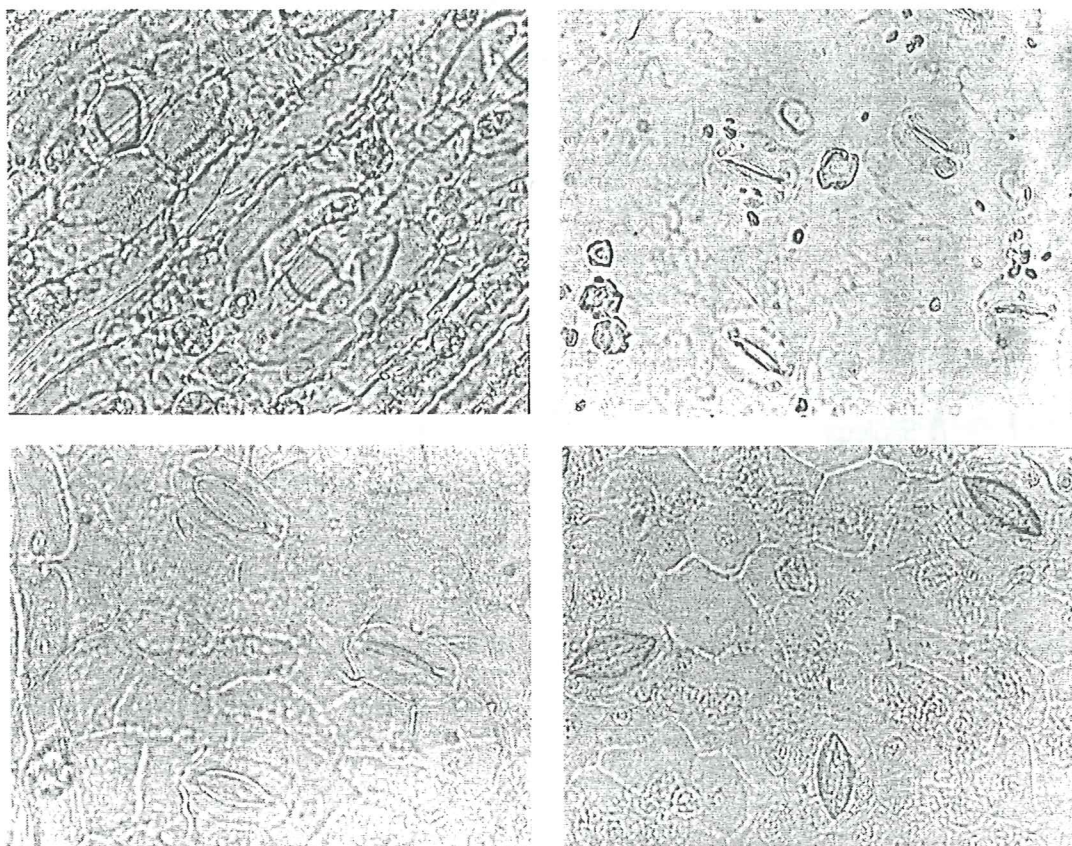
5.2 Analys av snölega

Av det material som samlades in bestod ca 80% av blad från kråkbär. Ca 1% var frön från dvärgbjörk liksom ungefär 1% var frökapslar från starr. Övriga taxa förekommer endast i liten mängd. Det fullständiga innehållet redovisas i tabell 3.

5.3 Referenssamling av recenta klyvöppningar

Som kan anas i figur 6 är det mycket svårt att urskilja olika karaktärsdrag hos de olika arterna.

Lövträden liknar varandra och det går i allmänhet inte att bestämma arterna. Barrträdens klyvöppningar skiljer sig från lövträdens. De förstnämnda ligger ofta på rad, medan lövträdens är mer slumpvis utspridda. Tillsammans med epidermalcellerna kan barrträden artbestämmas med hjälp av klyvöppningarna, till skillnad från lövträden. Klyvöppningar från lövträd är dessutom i allmänhet mindre än de från barrträd. Gran har de största med 40-60 μm , och tallens är drygt 30 μm , medan lövträden har de minsta, från 20 μm upp till 40 μm .



Figur 6: Exempel på klyvöppningar från referenssamlingen i 400 gångers förstoring. Överst till vänster tall (*Pinus sylvestris*) och till höger lind (*Tilia cordata*). Nederst till vänster fjällbjörk (*Betula pubescens*) och till höger dvärgbjörk (*Betula nana*).

Tabell 4: Resultat av analysen av klyvöppningar för de elva undersökta proverna.

Djup (m) under sedi- mentytan	Lövträd		Barrträd	
	125-63 μm	<63 μm	125-63 μm	<63 μm
5,141-5,176	0	0	0	0
5,268-5,316	0	0	0	0
5,416-5,461	1	1	0	0
5,556-5,588	1	1	0	0
5,683-5,711	2	1	0	0
5,806-5,838	0	0	0	0
5,918-5,948	0	1	0	1
6,041-6,071	0	0	0	0
6,158-6,191	2	1	0	0
6,276-6,306	0	1	0	0
6,391-6,410	0	0	0	0

5.4 Fossila klyvöppningar

Resultatet av undersökningen av fossila klyvöppningar återfinns i tabell 4 och i makrofossil-diagrammet i figur 7, där man kan se att av de 11 prover som undersöktes identifierades endast 1 klyvöppning från ett barrträd, vilket troligen var tall. I fem av proverna fanns inte någon klyvöppning och som mest hittades tre stycken per prov. Lika många hittades i den grova fraktionen som den finare, men då den finare undersöktes noggrannare, kan man möjligen dra slutsatsen att de förekommer mer frekvent i den grövre fraktionen.

5.5 Makrofossilanalys

Makrofossil-diagrammet i figur 7 har visuellt indelats i lokala makrofossilzoner (LMAZ).

LMAZ: a (6,5-6,425 m)

Zonen innehåller endast enstaka makrofossil av vide.

LMAZ: b (6,425-5,31 m)

Zonen domineras av fjällbjörk, men även dvärgbjörk förekommer. I mitten av zonen, 6,0-5,7 m,

finns indikationer på tall i form av bark, barr och barrfästen. Kvistar av vide uppträder i slutet, då starrar, som annars förekommer med enstaka fynd i zonen, försvinner.

LMAZ: c (5,31-4,89 m)

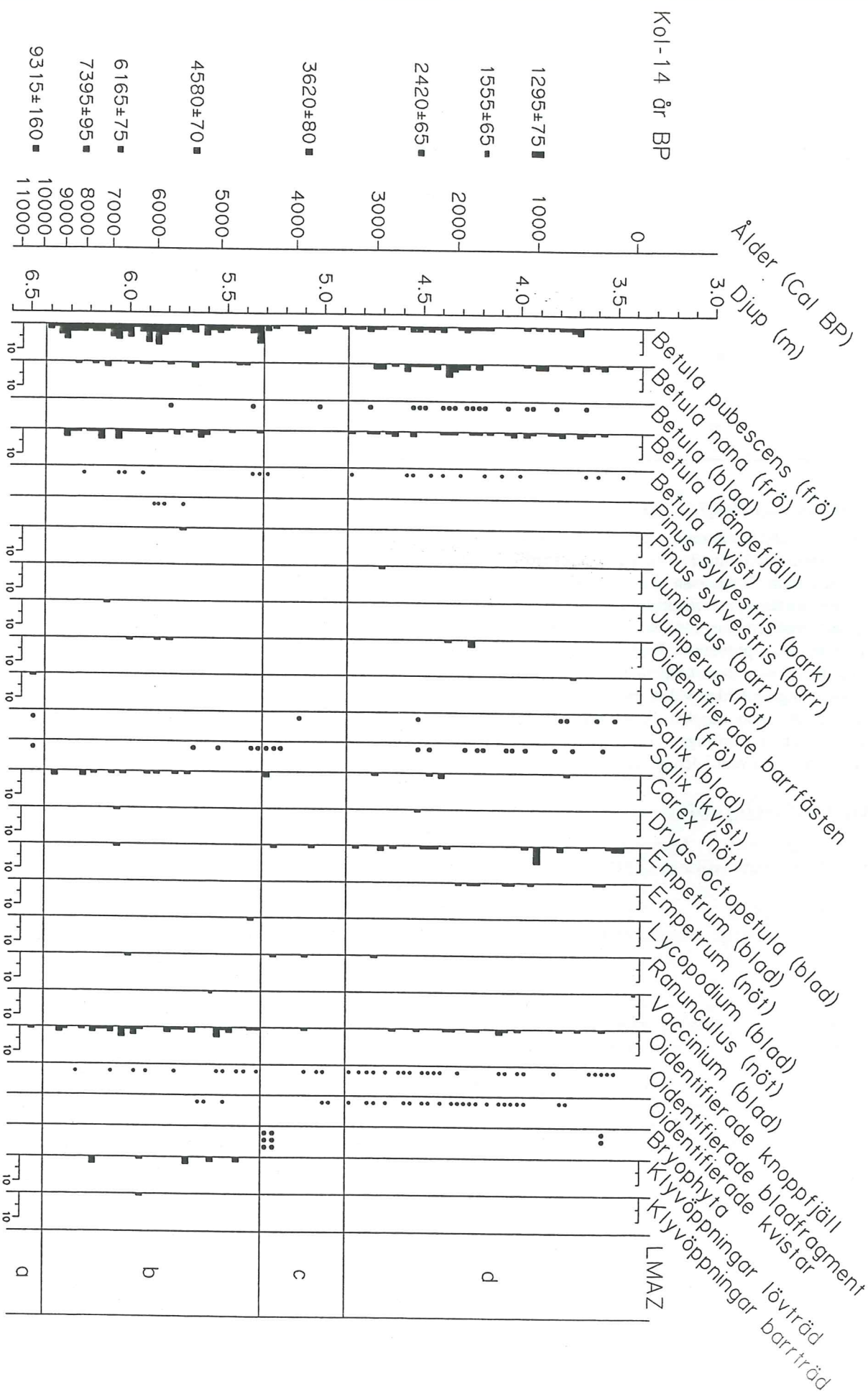
Zonen innehåller få makrofossil. Makrofossil av fjällbjörken minskar drastiskt och dvärgbjörk saknas helt. Zonen inleds med rikligt med mossa och kråkbär börjar uppträda i proverna.

LMAZ: d (4,89-3,4 m)

Förekomsten av makrofossil ökar i denna zon där kvistar och blad, om än oidentifierade, förekommer rikligare än tidigare. Mängden frö från dvärgbjörk ökar och dominerar över fjällbjörken som alltså förekommer, dock i ringa antal. Kråkbär förekommer tidvis i hela zonen, liksom kvistar från vide. Björken minskar mot slutet av zonen och det är osäkert om fjällbjörken finns kvar. Istället dominerar dvärgbjörk och kråkbär tillsammans med enstaka förekomster av blad och kvistar från vide. I övre delen av zonen hittas också *Vaccinium*.

Spåimesjön

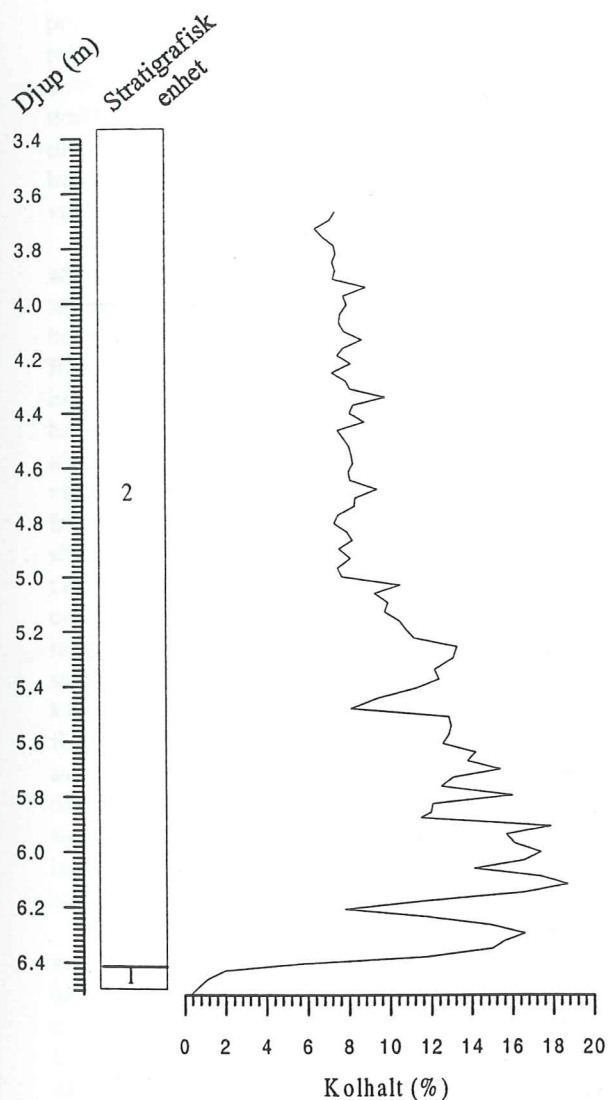
Makrofossil



Figur 7: Makrofossildiagram från Spåimesjön. Där exakt antal inte är angivet markerar cirklar ungefärlig förekomst. (● 1-10 st, ●● 11-100, ●●● >100).

5.6 Kolanalys

Resultatet av kolanalysen redovisas i figur 8. De understa proverna i lagerföljden, som består av silt, innehåller mycket låga halter av kol. När silten övergår i gyttja ökar också kolhalten. En markant minskning finns dock registrerad vid 6,2 m, varefter halten når sitt högsta värde, för att sedan gradvis minska i drygt 1 m av lagerföljden. Den övre delen, från 5 m och uppåt, har relativt stabila värden kring 8%.



Figur 8: Litostratigrafisk indelning samt resultat av kolanalysen.

5.7 ^{14}C -dateringar

Åtta prover från lagerföljden daterades (se tabell 5). Materialet som daterades var främst bladfragment, kvistar och frön (se tabell 5). I figur 9 är de kalibrerade åldrarna placerade på en djupskala för att få en uppskattning av sedimentationshastigheten. Att kurvan böjer av nedåt i lagerföljden är helt naturligt då störst kompaktion skett i denna del. Detta gör att den undre delen (ca 6,6-5 m) av lagerföljden motsvarar ungefär 7000 år, medan den övre (ca 5-3,4 m) är endast 3000 år.

Kurvan är anpassad till dateringarna (polynomial, 6 grader). Utifrån den anpassade kurvan i figur 9 kan den kalibrerade åldern för enskilda nivåer utläsas och utgöra fixpunkter för upprättandet av en tidsskala.

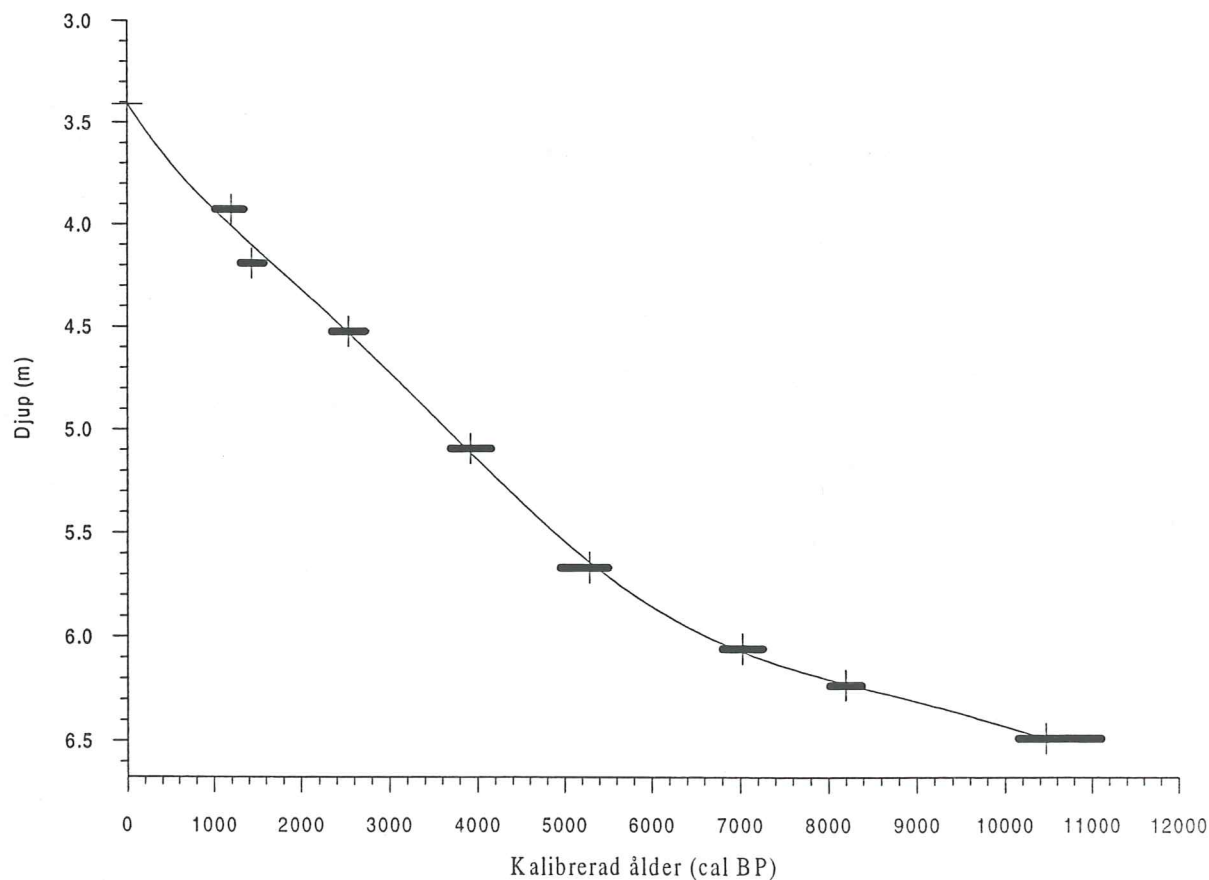
I de flesta fall har mittpunkten för intervallet med 95,4% sannolikhet använts och markerats i figur 9. I några fall var dock fördelningen långt ifrån normalfördelad och sannolikheten för att mittpunkten motsvarar den korrekta åldern blir därför liten. Genom att visuellt studera fördelningen har istället det mest troliga åldern utsetts på grundval av sannolikhetsfördelningens utseende.

Tabell 5: Material som daterats och den erhållna ¹⁴C-åldern samt den kalibrerade åldern.

Labnr.	Djup (m) under sed. ytan	Material*	δ ¹³ C % PDB	¹⁴ C-ålder BP	Kalibrerad ålder BP 95,4%	Troligaste ålder BP
Ua-16679	3,896-3,956	<i>Betula</i> (3 frön, 2 fjäll, 1 blad, 1 kvist (0,2 cm)) <i>Salix</i> (1 kvist (0,4 cm)) 1 knoppfjäll	-26,4	1295±75	1010-1340	1195
Ua-16678	4,178-4,200	<i>Betula</i> (2 kvistar (0,9, 0,6 cm)) <i>Salix</i> (1 kvist (0,7 cm))	-25**	1555±65	1300-1570	1435
Ua-16680	4,506-4,536	<i>Betula</i> (1 blad, 1 kvist (0,3 cm)) <i>Salix</i> (3 blad, 2 kvistar (0,3, 0,4 cm))	-27,4	2420±65	2340-2720	2530
Ua-16392	5,073-5,108	<i>Betula</i> (3 frön) <i>Empetrum</i> (1 nöt)	-27,2	3620± 80	3690-4150	3920
Ua-16391	5,651-5,683	<i>Betula</i> (5 frön) <i>Salix</i> (1 kvist (0,9 cm)) 2 knoppfjäll	-28**	4580 ±70	4950-5500	5290
Ua-16390	6,041-6,071	<i>Betula</i> (6 frön, 4 fjäll, 3 kvistar (0,3, 0,4, 0,5 cm)) <i>Empetrum</i> (1 nöt)	-28,8	6165± 75	6800-7250	7025
Ua-16389	6,216-6,246	<i>Betula</i> (3 frön, 1 kvist (1,3 cm)) <i>Carex</i> (2 nötter)	-28,5	7395± 95	8010-8380	8195
Ua-16388	6,470-6,500	<i>Salix</i> (1 frö, 1 blad, 2 kvistar (0,3, 0,4 cm)) 1 knoppfjäll	-30,5	9315± 160	10150-11100	10470

* =I samtliga prover förekommer även oidentifierade bladfragment

** =Värdet är antaget



Figur 9: Djup/tid kurva. Horisontella linjer markerar åldersintervallet med 95,4% sannolikhet. Den vertikala markeringen motsvarar den troligaste åldern.

6 Diskussion

6.1 Recent vegetation och dess bevaring i snö respektive sjösediment

Det material som påträffades i lagerföljden antas mestadels härstamma från sjöns direkta närhet, men också från hela dess dräneringsområde. Den recenta vegetationen dokumenterades för att få en uppfattning av vad som ansamlas i sjön. De översta proverna i sedimentkärnan visade sig stamma relativt bra med dagens vegetation, dvs de dominerande arterna fanns även representerade som makrofossil. Det snöprov som togs avspeglar ännu mer dagens vegetationen. Hela 80% av materialet bestod av blad från kråkbär, vilket också är den vanligaste växten i sjöns omedelbara närhet.

Orsakerna till att man inte får samma resultat i analysen av makrofossil i snön respektive sjösedimenten, kan vara flera. Olika arter har olika bevaringspotential i en snöleja respektive en sjö. Bladen från kråkbär är kompakta och mörka. De blir fort svarta när de avskiljs ifrån växten och hamnar på exempelvis snö. Den svarta färgen gör att mer av solens strålar absorberas i bladet och värmer upp det så att den omgivande snön smälter. Bladet sjunker då längre ner i snön och blir mer skyddat från vind och erosion och bevaras lättare än t.ex. ett frö från björk. Björkens frön är små, lätta och ljusa och sprids därför lätt med vinden, då de lägger sig ovanpå snön utan att sjunka ner. Av samma anledning som för kråkbärsblad, borde kvistar och större blad förekomma rikligt i snön. Kvistar är dock relativt tunga och förflyttas inte lätt av vinden och återfinns därför inte långt från ursprungsväxten. De större bladen däremot har ett stort vindfång och kan hamna på snön, men de förs iväg av vinden då de ligger i ett utsatt läge på snölejan.

Inte bara de översta proverna innehöll få makrofossil, utan lagerföljden var generellt fattig på identifierbara makrofossil. Detta kan bero på det stora in- och utflöde som Spåimesjön har relaterat till dess storlek. Upphållstiden för vattnet blir därför inte lång och material hinner därmed inte sedimentera, utan förs vidare i vattensystemet. Sjön är dessutom belägen på kalfjället, där vegetationen är sparsam och lite material finns att tillgå som kan bevaras.

6.2 Referenspreparat av klyvöppningar

Genom att studera materialet i den upplagda referenssamlingen, kan man konstatera att lövträd-

ens klyvöppningar är snarlika och att skilja dem åt är ett problem. I de recenta preparaten är klyvöppningarna fortfarande bundna till epidermis som också är bevarat. Även epidermis ser olika ut för olika arter och genom att studera både epidermalceller, klyvöppningar och förhållandet däremellan, kan man med viss osäkerhet skilja olika arter åt. Det finns dock flera faktorer, t.ex. CO₂-halt och solinstrålning, som påverkar förhållandet, vilket gör att samma art kan variera i utseende (Wagner 1998). Dessutom återfinns oftast inte epidermis i det fossila materialet, utan endast klyvöppningar som därmed kan vara svåra att bestämma till art.

Som framgår av referensproverna ser klyvöppningar från barrträd och lövträd mycket olika ut. Vad som därför är möjligt är att skilja de två typerna åt, vilket kan vara av intresse i vissa sammanhang.

6.3 Analys av makrofossil, klyvöppningar och kolinnehåll

>9800 cal BP

I botten av borrhönan består sedimenten av silt med en kolhalt på <2%. Endast enstaka makrofossil förekommer i form av frön, blad och kvistar från vide.

Sedimenttypen och det låga organiska innehållet är typiskt för ett område som nyligen deglacierats. Vegetationen har än så länge inte kunnat etablera sig.

9800-4400 cal BP

Sedimentationen övergår från silt till gyttja omkring 9800 cal BP. I samband med denna övergång, uppträder fjällbjörk för första gången och även andra arter börjar förekomma vid samma tid. Tall uppträder dock först kring 6700 cal BP, men då i form av både makrofossil och en klyvöppning. Kolhalten ökar markant vid 9800 cal BP och förblir relativt hög, >12%, men varierar kraftigt och lägre värden än 12% uppmättes vid två tillfällen. Vid ungefär 8000 cal BP sker en kortvarig men tydlig minskning i kolhalten till ca 8%, varefter det högsta värdet nås för att sedan gradvis sjunka. Det andra låga värdet finns omkring 5000 cal BP.

Att kolhalten ökar vid sedimentationsövergången till gyttja är att vänta då produktionen kommit igång i samband med vegetationens etablering efter deglacieringen. Björkskogen kan etablera sig och fjällbjörken är den art som dominerar eftersom den är bäst anpassad till det rådande klimatet och miljön. I tidigare under-

sökningar av daterade makrofossil, har tall påvisats omkring 3000 år tidigare (Kullman 1995; 1998) än i den här undersökningen. Även pollendiagrammet visar tidigt hög andel av tallpollen (figur 2; Holmgren 2000). Pollen från tall kan dock transporteras långt med vinden och representera mer än den lokala vegetationen. Mycket tallpollen kan också tyda på en sparsam lokal vegetation, där inte några pollen finns att tillgå, utom långtransporterade tallpollen. De värmeälskande träd som också påvisats under tidigholocen i form av subfossila rester (Kullman 1998a, c), finns representerade i pollendiagrammet (Holmgren 2000). Mängderna är dock så små att det är osäkert om de representerar den lokala vegetationen och influenberäkningar saknas, vilket hade kunnat underlätta tolkningen av fynden.

Avsaknaden av fynd från tall tidigare i makrofossilanalysen behöver inte säkert betyda att tall inte vuxit på platsen, men fynd av makrofossil är en säker indikation på att tall varit befintlig. Även klyvöppningen bekräftar med stor säkerhet att tall verkligen vuxit på platsen. Man kan även säga att klimatet varit annorlunda, då tall trivs bäst under kontinentala klimatförhållanden

Minskningen i kol vid 8000 cal BP kan avspegla en kort kall period som är känd från tidigare undersökningar, men är då daterade till ca 8200 kal BP (von Grafenstein *et al.* 1998; Willemse & Törnqvist 1999). En förklaring till temperaturminskningen har varit att stora mängder sötvatten, som tidigare dämpts upp av inlandsisen norr om de stora sjöarna i Nordamerika, har förts ut i Atlanten då fördämningen brustit. Mängden sötvatten ska ha varit så stor att det påverkat havscirkulation som i sin tur påverkat klimatet. Om det är denna episod som avspeglas i kolanalysen kan diskuteras, då den är daterad till 8000 cal BP. Att åldern skiljer sig något kan bero på dålig tidsupplösning. Andra undersökningar har emellertid varit mindre säkra på att den kalla perioden kan dateras till exakt 8200 cal BP, utan har ett större tidsintervall (Alley *et al.* 1997)

4400-3200 cal BP

Vid 4400 cal BP förekommer mossa rikligt i ett par prover, samtidigt som övriga makrofossil förekommer sparsamt. Kråkbär är dock en art som börjar uppträda vid 4400 cal BP. Kolhalten minskar och stabiliserar sig på ett relativt lågt värde på 8% ca 3600 cal BP, ungefär samtidigt ökar makrofossilmängden och dvärgbjörk börjar snart dominera.

Det låga kolvärdet och inslaget av kråkbär kan tolkas som att klimatet ändrats till att bli kallare och mer maritimt, vilket gynnar risvegetationen. En markant klimatförändring kring 4000 cal BP är dokumenterat i flera andra undersökningar (Kullman 1992; Hyvärinen & Alhonen 1994; Barnekow 1999, 2000; Snowball *et al.* 1999). Den

maritima influensen är klart högre och det blir kallare än tidigare under holocen.

3200-0 cal BP

Dvärgbjörk börjar dominera istället för fjällbjörk, som alltjämt minskar och är idag inte befintlig kring sjön. Kolhalten förblir låg kring 8%, men relativt stabil.

Det kallare klimatet består och risvegetation är den bäst anpassade och breder ut sig i området. Förändringen till ett kallare klimat syns även i pollendiagrammet, där andelen trädpollen alltjämt minskar (Holmgren 2000). Omkring 2000-800 cal BP indikerar daterade makrofossil ett kallare klimat (Kullman 1995), vilket sammanfaller med den minskande andelen trädpollen i pollendiagrammet. Minskningen av makrofossil och pollen kan tolkas som att trädgränsen sänks (Kullman 1988).

6.4 Förslag till förbättring av prepareringsmetod för fossila klyvöppningar

De framställda preparaten innehåller i stort sett inga klyvöppningar. Om detta beror på att klyvöppningarna inte bevarats eller om prepareringen inte fungerar är svårt att säga. Säkert är att metoden ännu inte är färdigutprovad och att den kan förbättras.

Preparaten innehåller mycket minerogent material och ett tillägg i prepareringen vore att koka provet i vätefluorid (HF) för att avlägsna det minerogena materialet. En längre centrifugerings- och/eller högre centrifugeringshastighet kan också provas. Slutligen kan det färdigpreparerade provet färgas så att kontrasterna förstärks och klyvöppningarna framträder bättre när man studerar provet i mikroskop. Att använda en större förstoring än 400, vore också ett alternativ, vilket gör det lättare att se karaktärsdrag hos klyvöppningarna. Med den använda förstoringen kan pollen från en förväxlas med klyvöppningar från lövträd och pediastrum med klyvöppningar från barrträd. Även om metoden förbättras med en högre anrikning och det blir lättare att hitta klyvöppningarna i proven, återstår fortfarande problemet med identifikation.

7 Slutsatser

Material från en snölega innehåller växtrester som väl återspeglar den omgivande vegetationen. Även makrofossil i ytlagret av sjösedimenten avspeglar dagens vegetationen, dock inte i samma utsträckning som materialet i snölegan.

Analys av klyvöppningar är, enligt litteraturen, ett bra komplement till andra metoder när det gäller undersökningar av barrträd. För lövträd måste anrikningen förbättras och en större förstoring användas om metoden ska fungera. Även om förstoringen ökas är det svårt, men eventuellt möjligt, att identifiera och skilja olika arter åt. Vad som är möjligt är att använda klyvöppningar för att fastställa om det funnits barr- eller lövträd i

vegetationen, då det går att skilja de två typerna åt.

Vid ca 8000 cal BP minskar kolhalten markant. Detta motsvarar troligen en kort kall period som är känd i tidigare undersökningar, men då daterad till ca 8200 cal BP.

Makrofossilanalysen bekräftar inte tidigare undersökningar om att tall och andra värmeälskande träd ska ha vuxit vid sjön (887 möh) under tidigaste holocen. Tall återfinns däremot först vid ca 6700 cal BP.

Ur kolanalysen och makrofossildiagrammet kan en markant klimatförändring utläsas vid ca 3600 cal BP, då klimatet blev kallare och den maritima influensen ökade. Denna förändringen finns även dokumenterad i pollendiagrammet.

Tackord

Jag vill tacka mina handledare Barbara Wohlfarth, Dan Hammarlund och Lena Barnekow för all hjälp under arbetets gång. Lena främst för hjälpen med makrofossilanalysen och Dan för hjälpen med kolanalysen och en trevlig, dock regnig, vistelse i Jämtland. Från Jämtlandsvistelsen vill jag också tacka Jonas Bergman, som trots hällande regn och stormbyar ville titta på blommor med mig.

Fredrike Wagner har också varit till stor hjälp vid prepareringen av klyvöppningar som annars inte varit möjlig att genomföra. Tack också till Anna Lindahl som engagerat sig i mitt arbete och kommit med praktiska råd som varit ovärderliga. Till sist vill jag även tacka Thomas Persson som visat intresse, hjälp mig med Tilia och funnits där när något gått fel.

Referenser

- Alexandersson, H. 1991: *Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90: referensnormaler*. SMHI, Norrköping.
- Alley, R.B., Mayewski, P.A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K.C. & Clark, P.U. 1997: Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology* 25, 483-486.
- Ammann, B. & Wick, L. 1993: Analysis of fossil stomata of conifers as indicators of the alpine and polar tree limits in the Holocene. In *Oscillations of the alpine and polar tree limits in the Holocene*. Edited by B. Frenzel. *Palaeoklimaforschung* 9, 175-185.
- Barnekow, L. 1999: Holocene tree-line dynamics and inferred climate changes in the Abisko area, northern Sweden, based on macrofossil and pollen records. *The Holocene* 9, 253-265.
- Barnekow, L. 2000: Holocene regional and local vegetation history and lake-level changes in the Torneträsk area, northern Sweden. *Journal of Palaeolimnology* 23, 399-420.
- Borgström, I. 1989: *Terrängformerna och den glaciära utvecklingen i södra fjällen*, 1-133. Naturgeografiska institutionen, Stockholm.
- Clayden, S.L., Cwynar, L. C. and MacDonald, G. M. 1996: Stomate and pollen content of lake surface sediments from across the tree line on the Taimyr Peninsula, Siberia. *Canadian Journal of Botany* 74, 1009-1015.
- Clayden, S.L., Cwynar, L. C., MacDonald, G. M. & Velichko, A. A. 1997: Holocene Pollen and Stomates from a Forest-tundra Site on the Taimyr Peninsula, Siberia. *Arctic and Alpine Research* 29:3, 327-333.
- Dahl, S.O. & Nesje, A. 1996: A new approach to calculating Holocene winter precipitation by combining glacier equilibrium-line altitudes and pine-tree limits: a case study from Hardangerjøkulen, central southern Norway. *The Holocene* 6:4, 381-398.
- Faegri, K., Iversen, J., Kaland, P. E. & Krzywinski, K. 1989: *Textbook of Pollen Analysis*, 4th edition. Wiley, Toronto, Kanada, 328 pp.
- Fredén, C. 1994: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas. Bra Böcker, Höganäs, 1-208.
- Grimm, E. C. 1991: Datorprogrammen Tilia och Tilia graph. Illinois State Museum, Research and Collection Center. Springfield, USA.
- Hanssen, B. C. S. 1995: Conifer stomate analysis as a paleoecological tool: an example from the Hudson Bay Lowlands. *Canadian Journal of Botany* 73, 244-252.
- Hansen, B.C.S., Macdonald, G.M. & Moser, K.A. 1996: Identifying the tundra-forest border in the stomate record: an analysis of lake surface samples from the Yellowknife area, Northwest Territories, Canada. *Canadian Journal of Botany* 74, 796-800.
- Holmgren, S. 2000: *Holocene vegetation history and climate changes in the Sylarna area, southern Swedish Scandes, based on pollen analysis*. Examensarbete, Göteborgs universitet, 1-14.
- Hyvärinen, H. & Alhonen, P. 1994: Holocene lake-level changes in the Fenoscandian tree-line region, western Finnish Lapland: diatom and cladoceran evidence. *The Holocene* 4:3, 251-258.
- Karlén, W. and Kuylentierna, J. 1996: On solar forcing of Holocene climate: evidence from Scandinavia. *The Holocene* 6:3, 359-365.
- Kullman, L. 1988: Holocene history of the forest-alpine tundra ecotone in the Scandes Mountains (central Sweden). *New Phytologist* 108, 101-110.
- Kullman, L. 1990: Dynamics of altitudinal tree-limits in Sweden: a review. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 44, 103-116.
- Kullman, L. 1992: Orbital forcing and tree-limit history: hypothesis and preliminary interpretation of evidence from Swedish Lapland. *The Holocene* 2:2, 131-137.
- Kullman, L. 1993: Holocene thermal trend inferred from tree-limit history in the Scandes Mountains. *Global Ecology and Biogeography letters* 2, 181-188.
- Kullman, L. 1995: Holocene tree-limit and climate history from the Scandes Mountains, Sweden. *Ecology* 76, 2490-2502.
- Kullman, L. 1996: Norway spruce present in the Scandes Mountains, Sweden at 8000 BP: new light on Holocene tree spread. *Global ecology and biogeography letters* 5, 94-101.
- Kullman, L. 1998: Tree-limits and Montane Forests in the Swedish Scandes: Sensitive Biomonitoring of Climate Change and Variability. *Ambio* 27:4, 312-321.
- Kullman, L. 1998a: The occurrence of thermophilous trees in the Scandes Mountains during the early Holocene: evidence for a diverse tree flora from macroscopic remains. *Journal of Ecology* 86, 421-428.
- Kullman, L. 1998b: Palaeoecological, biogeographical and palaeoclimatological implications of early Holocene immigration of *Larix sibirica* Ledeb. into the Scandes Mountains, Sweden. *Global*

- Ecology and Biogeography Letters* 7, 181-188.
- Kullman, L. 1998c: Non-analogous tree flora in the Scandes Mountains, Sweden, during the early Holocene - macrofossil evidence of a rapid geographic spread and response to paleoclimate. *Boreas* 27, 153-161.
- Kvamme, M. 1993: Holocene forest limit fluctuations and glacier development in the mountains of Southern Norway, and their relevance to climate history. *Paleoclimate research* 9, 99-113.
- Mann, M.E., Bradley, R.S. & Hughes, M.K. 1998: Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature* 392, 779-787.
- Lowe, J.J. & Walker M. J. C. 1997: *Reconstructing Quaternary environments*, 2nd edition. Longman, Essex, England, 1-446.
- Lundqvist, J. 1969: Beskrivning till jordartskarta över Jämtlands län. *Sveriges Geologiska Undersökning Serie Ca* 45, 1-418.
- Lundqvist, J. 1986: Late Weichselian glaciation and deglaciation in Scandinavia. *Quaternary Science Reviews* 5, 269-292.
- Mossberg, B., Stenberg, L. & Ericsson, S. 1992: *Den nordiska floran*. Wahlström & Widstrand, Stockholm, 1-696.
- Nilsson, T. 1952: *Kvartärpaleontologi och kvartärpaleontologiska undersökningsmetoder*. Kompendium, Lunds universitet.
- Nilsson, Ö. 1986: *Nordisk fjällflora*. Bonniers, Stockholm, 1-188.
- Olsson, S. 1999: *Manual för kolanalysator LECO RC-412*. Kvartärgeologiska avdelning, Lunds universitet, 1-2.
- Parshall, T. 1999: Documenting forest stand invasion: fossil stomata and pollen in forest hollows. *Canadian Journal of Botany* 77, 1529-1538.
- Rafstedt, T. 1984: *Fjällens vegetation: Jämtlandslän*. Naturvårdsverket. Liber, Stockholm, 1-144.
- Ramsey, B. 1995: Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program, *Radiocarbon* 37, 425-430.
- Rummukainen, M. & Bergström, S. 2000: Svenskt framtidsscenario: Norrland får skånskt klimat. *Forskning & Framsteg* 6, 8-12.
- Snowball, I., Sandgren, P. & Petterson, G. 1999: The mineral magnetic properties of an annually laminated Holocene lakesediment sequence in northern Sweden. *The Holocene* 9:3, 353-362.
- Starr, C. & Taggart, R. 1995: *Plant structure and function*. Wadsworth Publishing Company, Belmont, USA.
- Stuvier, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., van der Plicht, J. and Spurk, M. 1998: INTCAL 98 Radiocarbon age calibrations, 24000-0 cal BP. *Radiocarbon* 40, 1041-1081.
- von Grafenstein, U., Erlenkeuser, H., Müller, J., Jouzel, J. & Johnsen, S. 1998: The cold event 8200 years ago documented in oxygen isotope records of precipitation in Europe and Greenland. *Climate Dynamics* 14, 73-81.
- Wagner, F. 1998: *The influence of environment on the stomatal frequency in Betula*. LPP Contributions Series No. 9. Utrecht, Nederländerna, 1-102.
- Willemse, N.W. & Törnqvist, T.E. 1999: Holocene century-scale temperature variability from West Greenland lake records. *Geology* 27, 580-584.
- Yu, Z. 1997: Late Quaternary paleoecology of *Thuja* and *Juniperus* (Cupressaceae) at Crawford Lake, Ontario, Canada: pollen, stomata and makrofossils. *Review of Palaeobotany and Palynology* 96, 241-254.

Tidigare skrifter i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":

60. Remelin, Mika, 1994: Palaeogeographic and sedimentation models for the Whitehill-Irati sea during the Permian of South America and southern Africa.
61. Hagman, Mats, 1994: Bevattning med avloppsvatten - en hydrogeologisk studie.
62. Sandström, Olof, 1994: Petrology and depositional history of the Campanian strata at Maltesholm, Scania, southern Sweden.
63. Pålsson, Christian, 1995: Middle-Upper Ordovician trilobites and stratigraphy along the Kyrkbäcken rivulet in the Röstånga area, southern Sweden.
64. Gustafson, Lars, 1995: Senkvartär stratigrafi och utveckling i Örseryd, mellersta Blekinge.
65. Gichina, Boniface M., 1995: Early Holocene water level changes as recorded on the island of Senoren, eastern Blekinge, southeastern Sweden.
66. Nilson, Tomas, 1996: Process- och miljötolkning av sedimentationen i en subglacial läsideskavit, Järnavik, S. Blekinge.
67. Andersson, Jenny, 1996: Sveconorwegian influence on the ca. 1.36 Ga old Tjärnesjö granite, and associated pyroxene bearing quartz-monzonites in southwestern Sweden.
68. Olsson, Ingela, 1996: Sedimentology of the Bajocian Fuglunda Member at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
69. Calner, Hanna, 1996: Trace fossils from the Paleocene-Middle Eocene Monte Sporno flysch complex, Northern Apennines, Italy.
70. Calner, Mikael, 1996: Sedimentary structures and facies of fine grained deep-water carbonate turbidites in a Paleocene-Middle Eocene flysch complex, Monte Sporno, Northern Apennines, Italy.
71. Hesbøl, Ros-Mari, 1996: Retrograded eclogites of the Richarddalen Complex, NW Svalbard - Petrology and P/T-conditions.
72. Eriksson, Mats, 1996: Lower Silurian polychaetaspid and ramphoprionid polychaetes from Gotland: aspects on taxonomy and palaeoecology.
73. Larsson, Daniel, 1996: Proterozoic hydrothermal alteration and mineralization along the Protogine Zone in southern Sweden.
74. Rees, Jan, 1996: A new hybodont shark fauna from the Upper Jurassic Vitabäck Clays at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
75. Bengtsson, Fredrik, 1996: Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kulait.
76. Björngreen, Maria, 1996: Kontrollprogram vid avfallsupplag - en utvärdering.
77. Hansson, Anders, 1996: Adaptations and evolution in terrestrial carnivores.
78. Book, Jenny, 1996: A Light Microscopy and Scanning Electron Microscopy study of coccoliths from two bore holes along the City Tunnel Line in Malmö, Sweden.
79. Broström, Anna, 1996: The openness of the present-day landscape reflected in pollen assemblages from surface sediments in lakes - a first step towards a quantitative approach for the reconstruction of ancient cultural landscapes in south Sweden.
80. Paulsson, Oskar, 1996: Sevekomplexets utbredning i norra Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
81. Sandelin, Stefan, 1997: Tektonostratigrafi och protoliter i Mårma-Vistasområdet, Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
82. Meyerson, Jacob, 1997: Uppermost Lower Cambrian - Middle Cambrian stratigraphy and sedimentary petrography of the Almbacken drill-core, Scania, southern Sweden.
83. Åkesson, Mats, 1997: Moränsedimentologisk undersökning och bestämning av postglacialt bildade järn- och manganmineral i en drumlinformad rygg.
84. Ahlgren, Charlotte, 1997: Late Ordovician communities from North America.
85. Strömberg, Caroline, 1997: The conodont genus *Ctenognathodus* in the Silurian of Gotland, Sweden.
86. Borgenlöv, Camilla, 1997: Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige.
87. Mårtensson, Thomas, 1997: En petrografisk och geokemisk undersökning av inneslutningar i Nordingrågraniten.
88. Gunnemyr, Lisa, 1997: Spårämnesförsök i konstgjort infiltrerat vatten - en geologisk och hydrogeologisk studie av Strömsholmsåsen, Hallstahammar, Västmanland.
89. Antonsson, Christina, 1997: Inventering, hydrologisk klassificering samt bedömning av hydrogeologisk påverkan av våtmarksområden i samband med järnvägstunnelbyggnation genom Hallandsåsen, NV Skåne.
90. Nordborg, Fredrik, 1997: Granens markpåverkan - en studie av markkemi, jordmånsbildning och lermineralogi i gran- och lövskogsbestånd i södra Småland.
91. Dobos, Felicia, 1997: Pollen-stratigraphic position of the last Baltic Ice Lake drainage.
92. Nilsson, Johan, 1997: The Brennvinnsfjorden Group of southern Botniahalvøya, Nordaustlandet, Svalbard - structure, stratigraphy and depositional environment.
93. Tagesson, Esbjörn, 1998: Hydrogeologisk studie av grundvattnets kloridhalter på östra Listerlandet, Blekinge.

94. Eriksson, Saskia, 1998: Moränogenetiska undersökningar i klintar vid Greifswalder Boddens södra kust, NÖ Tyskland.
95. Lindgren, Johan, 1998: Early Campanian mosasaurs (Reptilia; Mosasauridae) from the Kristianstad Basin, southern Sweden.
96. Ahnesjö, Jonas, B., 1998: Lower Ordovician conodonts from Köpings klint, central Öland, and the feeding apparatuses of *Oistodus lanceolatus* Pander and *Acodus deltatus* Lindström.
97. Rehnström, Emma, 1998: Tectonic stratigraphy and structural geology of the Älkatj-Tielma massif, northern Swedish Caledonides.
98. Modin, Anna-Karin, 1998: Distributionen av kadmium i moränmark kring St. Olof, SÖ Skåne.
99. Stockfors, Martin, 1998: High-resolution methods for study of carbonate rock: a tool for correlating the sedimentary record.
100. Zillén, Lovisa, 1998: Late Holocene dune activity at Sandhammaren, southern Sweden-chronology and the role of climate, vegetation, and human impact.
101. Bernhard, Maria, 1998: En paleoekologisk-paleohydrologisk undersökning av våtmarkskomplexet Rolands hav, Blekinge.
102. Carlemalm, Gunnar, 1999: En glacialgeologisk studie av morän och moränfyllda sprickor i underliggande sandersediment, Örsjö, Skåne.
103. Blomstrand, Malou, 1999: 1992-1998 Seismicity and Deformation at Mt. Eyjafjallajökull volcano, South Iceland.
104. Dahlqvist, Peter, 1999: A Lower Silurian (Llandoveryan) halysitid fauna from the Berge Limestone Formation, Norderön, Jämtland, central Sweden.
105. Svensson, Magnus A., 1999: Phosphatized echinoderm remains from upper Lower Ordovician strata of northern Öland, Sweden - preservation, taxonomy and evolution.
106. Bengtsson, Anders, 1999: Trilobites and bradoriid arthropods from the Middle and Upper Cambrian at Gudhem in Västergötland, Sweden.
107. Persson, Christian, 1999: Silurian graptolites from Bohemia, Czech Republic.
108. Jacobson, Mattias, 1999: Five new cephalopod species from the Silurian of Gotland.
109. Augustsson, Carita, 1999: Lapillituff som bevis för underjurassisk vulkanism av strombolikaraktär i Skåne.
110. Jensen, Sigfinn J., 1999: En silurisk transgressiv karbonatlagerföljd vid S:t Olofsholms stenbrott, Gotland.
111. Lund, Mats G., 1999: En strukturgeologisk modell för berggrunden i Sarvesvagne-Luot-talako-området, Sareks Nationalpark, Lappland.
112. Magnusson, Jakob, 1999: Exploration of submarine fans along the Coffee Soil Fault in the Danish Central Graben.
113. Wickström, Jenny, 1999: Conodont biostratigraphy in Volkhovian sediments from the Mäekalda section, north-central Estonia.
114. Sjögren, Per, 1999: Utmarkens vegetationsutveckling vid Ire i Blekinge, från forntid till nutid - en pollenanalytisk studie.
115. Sälgeback, Jenny, 1999: Trace fossils from the Permian of western Dronning Maud Land, Antarctica.
116. Söderlund, Pia, 1999: Från gabbro till granat-amfibolit. En studie av metamorfos i Åkermetabasiten väster om Protoginzonen, Småland.
117. Jönsson, Karl-Magnus, 2000: Sedimentologiska och litostratigrafiska undersökningar i södra Malmös kvartära avlagringar, södra Sverige.
118. Romberg, Ewa, 2000: En sediment- och biostratigrafisk undersökning av den tidigare Littorina-lagunen vid Barsebäck, SV Skåne, med beskrivning av en Preboreal klimatoscillation.
119. Bergman, Jonas, 2000: Skogshistoria i Söderåsens nationalpark. En pollenanalytisk studie i Söderåsens nationalpark, Skåne.
120. Lindahl, Anna, 2000: En paleoekologisk och paleohydrologisk studie av fuktängar i Bräkneåns dalgång, Bräkne-Hoby, Blekinge.
121. Eneroth, Erik, 2000: En paleomagnetisk detaljstudie av Sarekgångsvärmen.
122. Terfelt, Fredrik, 2000: Upper Cambrian trilobite faunas and biostratigraphy at Kakeled on Kinnekulle, Västergötland, Sweden.
123. Sundberg, Sven Birger, 2000: Vattenrening genom komplexbildning mellan järn och humusämnen - en litteraturstudie med försök
124. Sundberg, Sven Birger, 2000: Sedimentationsprocesser och avlagringsmiljö för en kantrygg kring platåleran vid Rydsgårds gods i backlandskapet söder om Romeleåsen, Skåne
125. Kjällerström, Anders, 2000: En geokemisk studie av bergartsvariationen på Bullberget i västra Dalarna.
126. Cinthio, Kajsa, 2000: Senglacial och tidigholocen etablering och expansion av lövträd på en lokal i nordvästra Rumänien.
127. Lamme, Sara, 2000: Klimat- och miljöförändringar under holocen i Sylarnaområdet, södra svenska Skanderna, baserat på analys av makrofossil och klyvöppningar.