



SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Rapporter och meddelanden nr 57

Håkan Modig, Urve Miller och Ann-Marie Robertsson

Karbonat i jord. Del 4

Försurning i äldre sedimentlagerföljder med
anknytning till och i jämförelse med nutid



Uppsala 1990

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Rapporter och meddelanden nr 57

Håkan Modig, Urve Miller och Ann-Marie Robertsson

Karbonat i jord. Del 4

Förurning i äldre sedimentlagerföljder med
anknytning till och i jämförelse med nutid

Uppsala 1990

ISBN 91-7158-461-7
ISSN 0349-2176

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD

1.	Allmänt	5
1:1	Uppdraget	5
1:2	Arbetets uppläggning	5
2.	Inledning	6
2.1	Syfte och bakgrund	6
2.2	Allmänt om diatoméer och diatoméanalys	8
3.	Litteraturöversikt av pH-förändringar	8
3.1	Förurningens orsaker	8
3.2	Försumningsundersökningar	10
4.	Diatoméddatabas vid SGU med exempel på användningsområden	11
4.1	Databasens uppbyggnad	11
4.2	Förkortningar som används i diagrammen	13
4.3	Förteckning av datakoder till block och filer	13
4.4	Exempel på tabell och diagram med olika indelningsgrunder	16
5.	Diatoméstudier med inriktning på pH-förändringar av sedimentlagerföljder	18
5.1	Historik över undersökningar utförda på SGU	18
5.2	Resultat av tidigare undersökningar samt jämförelse med nya datorritade diagram	19
5.2.1	Interglaciala och interstadiala lagerföljder (Lokal 1-5)	19
5.2.2	Senglaciala, postglaciala/holocena lagerföljder (Lokal 5-10)	26
6.	Resultat: utvärdering och diskussion	38
6.1	Utvärdering och jämförelser med tidigare metodik	38
6.1.1	Diatoméddatabanken	38
6.1.2	Jämförelse mellan tidigare manuellt framställda och nya datorritade diagram	38
6.2	Möjligheter inför framtida behov och tillämpningar	39
6.3	Policyfrågor. Avnämare. Prognos	39
6.3.1	Policyfrågor och avnämare	39
6.3.2	Prognos	39
	Sammanfattning	40
	Abstract	40
	Litteraturförteckning	41
	Plansch	46

FÖRORD

Regeringen anvisade år 1985 4,5 Mkr till Sveriges geologiska undersökning (SGU) för ett treårigt kunskapsuppbyggande projekt benämnt "Karbonat i berg och jord".

Karbonatbergarter, främst kalksten och dolomit har under senare år fått en allt större betydelse inom främst miljövården. Genom föreliggande arbeten har vi för första gången erhållit en enhetlig bild över förekomst av dem i hela landet.

Inom projektet har även utvecklats metodik för bestämning av jordarters karbonathalt, pH och buffring förmåga mot försurning. Vidare har pH-förändringar i unga sjösediment studerats med hjälp av fossila kiselalger, och jämförts med "förindustriella" lagerföljder från innevarande och tidigare mellanistider.

Det är SGUs förhoppning att undersökningsresultaten som redovisas i fem delrapporter kommer att vara till nytta för såväl mineralindustrin som för centrala myndigheter, regionala och lokala planerande organ och inte minst för framtida forskning och utveckling inom miljöområdet.

Jan Olof Carlsson
Generaldirektör

Naz Ahmed Shaikh
Direktör

1. ALLMÄNT

1:1 Uppdraget

Karbonatbergarter, främst kalksten och dolomit, har under senare år fått en allt större betydelse bl.a. inom miljövården. I den svenska berggrunden är den geografiska spridningen av sådana bergarter mycket ojämn, vilket även till viss del återspeglas i jordarternas och vattnens nuvarande surhetsgrad. Sålunda saknar vissa delar av Väst- och Sydsverige liksom Norrlands inland inslag av karbonatbergarter i berggrunden och i de av landisen spridda avlagringarna, vilket tydligt avspeglas i miljön. Kvalitet och föroreningsgrad hos dessa bergarter kan variera. Vissa föroreningar kan menligt inverka på bergarternas lämplighet som miljöförbättrande medel, då främst förekomst av svavel, järn, mangan och vissa spårämnen. Jordarternas innehåll av karbonatmineral har stor betydelse för dess motståndskraft mot försurande utsläpp. Moderna analysmetoder medför att ett riktigtare bedömningsunderlag erhålls för de gränsvärden för utsläpp som åläggs industrin.

Förekomsternas geografiska uppträdande i relation till brytnings- och fraktkostnader leder till antagandet att även relativt små förekomster av hög kvalitet kan visa sig lokalt betydelsefulla. Därför har även dessa medtagits i undersökningen.

Sålunda beslöt regeringen den 28 februari 1985 att tilldela Sveriges geologiska undersökning forsknings- och utvecklingsmedel till ett kunskapsuppbyggande projekt benämnt Karbonat i berg och jord, som skulle genomföras under en period av tre år. Denna tid har senare förlängts t.o.m. budgetåret 1987/88.

1:2 Arbetets uppläggning

Arbetet delades upp i tre projekt

1. Karbonat i berg. En inventering av kalksten och dolomit i Sverige med hänsyn till utbredning och kvalitetsvariation.
2. Karbonat i minerogena jordarter. Utveckling av analys och provtagningsmetoder för bestämning av karbonathalt i minerogena jordarter.
3. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. Genom studier av fossila diatoméfloror i sjösediment kartlägga de naturliga pH-förändringarna och skilja dem från försurningseffekter orsakade av människan.

Regeringen beviljade totalt 4,5 milj. kr varav 3,3 milj. kr tilldelades projekt "karbonat i berg", 0,9 milj. kr till "karbonat i minerogena jordarter" och 0,3 milj. kr till "försurning i äldre sedimentlagerföljder". Undersökningsresultaten redovisas i fem volymer varav tre behandlar kalksten och dolomitförekomsten i olika delar av Sverige, den fjärde försurning i äldre sedimentlagerföljder samt den femte karbonat i minerogena jordarter.

Delprojekt 3 har utförts under åren 1985–1988 vid Sveriges geologiska undersöknings (SGU) jord- och vattenbyrås mikropaleontologiska laboratorium i samarbete med ADB-enheten. Huvudansvarig för projektet har varit docent Urve Miller, numera verksam vid Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet.

Genomgången av diatomédata för uppbyggande av databasen och sammanställningen av litteraturoversikten för pH-förändringar har utförts av statsgeolog Håkan Modig. Överförande av diatomédata till ADB-rutiner och programmeringsarbetet har gjorts av systemerare Jan Schedin tillsammans med Håkan Modig. Sammanställning och slutredigering av föreliggande rapport har skett under ledning av första statsgeolog Ann-Marie Robertsson i samråd med docent Urve Miller. Ritarbeten har utförts av Barbro Landerborg och skrivarbete av Yvonne Hägg.

I rapporten har de olika kapitlen skrivits av följande medverkande:

kap. 2 - Miller

kap. 3 - Modig

kap. 4 - Modig & Schedin

kap. 5 - Robertsson & Miller

kap. 6, sammanfattning och abstract - Miller.

2. INLEDNING

2.1 Syfte och bakgrund

Målsättningen är att bidra till klarläggande av förurningens miljöhistoriska förlopp. Fossila och subrecenta diatoméfloror, som förekommer i sjösediment, återspeglar i sin sammansättning miljöutvecklingen i olika sedimentationsbäcken fram till nutid. Genom noggranna diatoméstudier kan variationer i sjöars pH-värde rekonstrueras.

Undersökningsmaterialet består av sedimentlagerföljder av såväl pleistocen (2,5 miljoner – 10 000 år) som holocen (10 000 – nutid) ålder. Därmed kan en bakgrundskontroll av förurnings-signaler erhållas i äldre sjösediment avsatta under tidigare mellanistider (de två senaste benämns Holstein och Eem) och jämföras med förhållanden under innevarande mellanistid.

På detta sätt är det möjligt att åskådliggöra den naturliga förurningen förorsakad av klimat- och miljöutveckling (fig. 1). Den naturliga miljöhistoriska bakgrunden möjliggör en jämförelse med nutida förhållanden (fig. 2). Den kan även bidra till kvantifiering av förurningseffekter förorsakade av människan.

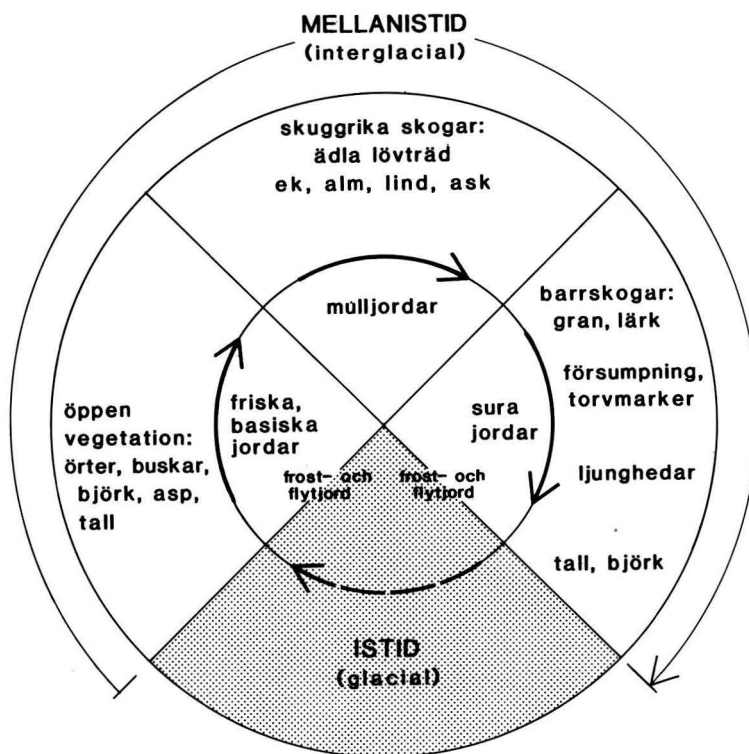


Fig. 1. Den glaciala–interglaciala utvecklingen förenklad efter Iversen (1958) och Andersen (1966).

Tidskala 10 ³	Nordeuropeisk stratigrafi		Landskapsutveckling (södra Norden)	Redovisade lokaler	Nr	
3 5 7 9 10	HOLOCEN (FLANDRIAN)		antropogen "miljö" försurning gran/boskogar jordbruk havsytstigning tempererad lövskog öppen vegetation subarktisk skog tundra	STORA SKARSJÖN ANUNDSJÖN	10 9	
	W	S	"senglacial"		LEVEÄNIEMI (postglacial)	8
		E	N	NEDISNINGS- MAXIMUM		ALTERSVATN RIIPIHARJU (postglacial) VÄGEN
	I	M E L L A N	(DENEKAMP)	polaröken/tundra		
			(HENGELO)			
			(MOERSHOOFD)			
	S	T I D I G	ODDERADE interstadial	tundra SUBARKTISK SKOG	RIIPIHARJU (interstadial 2)	5
			BRÖRUP interstadial	tundra SUBARKTISK SKOG	MARGRETEBERG (interstadial)	3
	c. 85	L		tundra		
	c. 95					
c.115	EEM INTERGLACIAL		tundra/subarktisk veg. försurning granskogar havsytstigning temp. lövskogar subarktisk skogsveg. öppen vegetation	MARGRETEBERG (ÖJE, alt. 2) LEVEÄNIEMI (interglacial)	3 (4) 1	
c.125	SAALE ISTID		(istäckt) tundra/polaröken (istäckt)	HYBY (interstadial)	2	
c.300?	HOLSTEIN INTERGLACIAL		tundra/subarkt. veg. försurning barrskogar havsytstigning temp. lövskogar subarktisk skog öppen vegetation (örter, buskar)	ÖJE (alt. 1) HYBY (interglacial)	4 2	

Fig. 2. Nordeuropeisk kvartärstratigrafi, landskapsutvecklingen i södra Norden samt i texten redovisade lokalers åldersställning.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har haft en ledande ställning i svensk diatomé-forskning under flera decennier. Inom de egna programmen jordartskartering och kvartärgeologisk dokumentation har diatoméanalytiska undersökningar haft sin givna plats. Därutöver har metodutveckling och tillämpning av diatoméanalys utförts i samband med ett flertal olika forskningsprojekt och uppdrag finansierade av forskningsråd (NFR, SJFR), naturvårdsverket (SNV), geotekniska institutet (SGI), riksantikvarieämbetet (RAÄ) och svenska muséer (läns-, stads-, sjöhistoriska). Ett omfattande, för landet unikt, arkiv med paleoekologiska-stratigrafiska diatomédata har under årens lopp byggts upp vid SGUs mikropaleontologiska laboratorium. Arkivet omfattar ca 7 500 diatoméanalyser utförda på sjösediment och moränlagerföljder.

Användningsområden med nya tillämpningar finns i riklig mängd inom den aktuella miljöforskningen. En miljöhistorisk databank som sträcker sig över hundratusentals år ger en ovärderlig bakgrund vid bedömning av dagens miljöproblem såsom övergödning, försurning, förorening, erosion, igenslamning etc. Föreliggande undersökning är ett av flera försök att utnyttja befintliga diatoméanalytiska resultat genom inmatning i databas och därmed erhålla ytterligare information.

2.2 Allmänt om diatoméer och diatoméanalys

Diatoméer är encelliga mikroalger med cellväggar av biogent kisel (amorf kiselsyra), därav namnet kiselalger. Kiselskalen är motståndskraftiga och har karakteristisk uppbyggnad och speciella strukturmönster. Dessa utgör grunden till diatomésystematiken. Därför är det möjligt att identifiera även små diatoméfragment och ofta bestämma dem till släkte eller art.

De flesta diatoméarterna lever i vatten. Diatoméfloras sammansättning är avhängig av miljön och hydrografiska förhållanden. Vattenkemi (pH, salinitet), näringstillgång, djup-, ström- och ljusförhållanden m m är väsentliga faktorer för urvalet av arter.

Levande (recenta) diatoméer är goda indikatorer på vattenmiljön de lever i och på rådande ekologiska förhållanden. Diatoméstudier ingår därför som en viktig del i limnologisk och marinbiologisk forskning. Kännedom om nu levande diatomésamhällets ekologi kan även tillämpas på fossila, subfossila och subrecenta, dvs i sedimenten förekommande diatoméflorer (Florin 1984, Miller 1984, Renberg 1986 a,b). Studier av fossila diatoméer – diatoméanalys – används av geologer som en känslig metod för bestämmande av forna miljöförhållanden och förändringar i sedimentationsbäcken. Med en diatoméstratigrafisk undersökning kan variationer i sedimentlagrens ursprung och avsättningsmiljö rekonstrueras. Exempelvis om de är avsatta i salt, bräckt eller sött vatten; om vattnet har varit humusrikt (dystroft), näringsfattigt (oligotroft), näringsrikt (eutroft) eller förorenat; om sedimenten är av vindburet (eoliskt), omlagrat eller på annat sätt stort ursprung; om de är avsatta i lugn miljö på sedimentationsplatsen eller blivit transporterade av strömmar från annat håll (Miller i Miller & Robertsson 1979, Miller 1981).

Diatoméanalys tillämpas vanligen i samband med undersökning av miljöförändringar i sedimentationsbäcken: havsnivåförändringar, landhöjning, strandförskjutning, eutrofiering, försurning och förorening. Diatoméanalys och diatoméstratigrafi är viktiga hjälpmedel även i samband med olje- och gasprospektering samt geotekniska och agrikulturella problem (kvikkleror och gyttejordar).

Diatoméer är goda indikatorer på naturliga miljövariationer, men även på förändringar orsakade av människans aktiviteter såsom erosion, omlagring, eutrofiering och försurning. På planschen (s. 47) finns avbildade några för försurning indikativa diatoméarter, som förekommer i en starkt försurad västkustsjös översta bottenslam.

3. LITTERATURÖVERSIKT AV PH-FÖRÄNDRINGAR

3.1 Försurningens orsaker

Uppfattningen om en långsiktig, naturlig försurning av mark och vatten inom norra halvklottets subboreala och boreala zoner under både tidigare interglacialer och den innevarande är idag allmänt

accepterad (Andersen 1966, 1969, Birks 1986, Foged 1969, Iversen 1958, Miller 1977, 1982, 1986, Renberg 1986, Robertsson 1988). Parallellt med industrialiseringen sedan mitten av förra seklet och särskilt under de senaste decennierna, har en markant accelererad försurning dock kunnat konstateras (Almer et al. 1974, Battarbee et al. 1988, van Dam 1987, Davis et al. 1980, Norton et al. 1981, Renberg & Hellberg 1982, Tolonen & Jaakola 1983, Wright 1977). Orsakerna till denna ökade försurningstakt anses främst bero på nederbördens stigande försurningsgrad till följd av ökade svavel- och kväveemissioner (industrier, uppvärmning och bilism) efter förbränning av fossila bränslen (Bolin & Persson 1975, Cogbill & Likens 1974, Ferm et al. 1984, Granat 1972, 1978, Holdren et al. 1984, Odén 1968, Ottar 1976, Wright & Gjessing 1976). Under de senaste årtiondena har inom ett bälte 30-70° N särskilt ökningen av svavel- och kväveföreningarnas koncentrationer (Barrie et al. 1976) medfört en försurning av nederbörden. Denna pH-sänkning är av både direkt typ och indirekt orsakad av fysikaliskt-kemiska förändringar i moln och dimbildningsprocesserna (Althuller 1976, Charlson & Rhode 1982). Av balansförändringarna i nederbördens och torrdepositionens jonsammansättning har särskilt den förhöjda sulfatkoncentrationen en avgörande försurningseffekt (Malmer 1974). Tillförda kol- och svaveloxider i atmosfären härrör till 95% från länderna på norra halvklotet. Vid sidan av naturliga partikelkällor såsom vulkanisk aktivitet, sandstormar och skogsbränder svarar USA ensamt för halva tillskottet av den i atmosfären suspenderade partikelmängden. Av detta tillskott utgör svavlet (huvudsakligen i form av sulfataerosoler) den dominerande komponenten med maximivärden under sommarmånaderna (Almqvist 1974). Den ökade mängden partiklar och aerosoler påverkar även klimatet genom förändrade in- och utstrålningsförhållanden p.g.a. att de ligger kvar längre i atmosfärens övre delar. Denna strålningsavskärmande effekt har bidragit till en dämpning av den ökade koldioxidhaltens temperaturhöjande effekt under åren 1900-1940 och därefter förbytt i en temperatursänkning (Barrie et al. 1976). På höga höjder underlättas gasreaktioner såsom fotolys och oxidation av den starkare UV-strålningen, vilket innebär att svavel- och kväveföreningarna nedfaller som starkt surgörande kvävesulfat. Detta medför att höglandsområden, vilka vanligen är endast tunnt jordtäckta, blir särskilt utsatta för den sura nederbörden.

Bidragande orsaker till mark- och vattenförsurningen av mer regional/lokal karaktär utgör de i modern tid betydande omläggningarna i markutnyttjande såsom:

- strukturrationaliseringar av jord- och skogsbruk, vilka lett till större skogsröjningsytor, avveckling av mindre jordbruksenheter, ändrade dräneringförhållanden etc. (Battarbee et al. 1985, Flower et al. 1987, Jones et al. 1986, Nilsson et al. 1982, Rosenquist 1978, Seip & Tollan 1978, Troedsson 1986).
- övergång till mer försurande gödsel såsom kalksalpeter inom jordbruket och ammoniumnitrat inom skogsbruket. Beträffande skogsgödslingen kan vid direkt tillförsel av ammoniumnitrat akuta försurningseffekter uppkomma i mindre vattendrag och på hållbundna marker, medan större vattendrag ej påverkas i nämnvärd omfattning. Skogsgödsling med ammoniumnitrat motsvarar ej heller mer än 1/6-del av det atmosfäriska nedfallets syraverkan i mellersta Sverige (Nömmik & Wiklander 1983).
- minskad omfattning av fårhållning och andra kulturellt betingade landskapsförändringar (Battarbee et al. 1985, Jones et al. 1986, Timberlid 1980).

Effekterna av dessa förändringar i markhushållningen kan ses i en ökad mårmbildning och podsolisering på brunjordens bekostnad, förbuskning och hedmarksregeneration, samt utarmning av florans till förmån för arter med lägre basmättnadskrav och i sig själva surgörande. Florans och faunans produktion av organiska syror bör också vägas in i syrabudgeten liksom markens neutraliserande effekter av den kemiska mineralvittringen (Hongve 1978). Vid tillförsel av syrasubstanter till sjöar påskyndas försurningen naturligt genom utbredning av vitmossor eller svamphyfbälten på sjöbotten, vilket både binder vattnets näringssubstanter och avskärmar bottensedimenten. Följden blir en minskning av sjöarnas näringstillgång och syrabuffrande kapacitet (Grahn et al. 1974).

Försurande nedfall (nederbörd och torrdeposition) i sjöar och vattendrag buffras väsentligen av bikarbonater i dessa. Eftersom försurning innebär en minskning i alkalinitet, d.v.s. mättnad med avseende på basstämningar, och bikarbonater utgör den främsta syrabufferten i sjöar och vattendrag, kan sjöar på basis av surhetsgraden allmänt indelas i tre typer (Henriksen 1979):

- bikarbonatsjöar med pH >5,3 och utdraget försurningsförlopp
- övergångssjöar med pH 5,3–4,7 och där bikarbonaternas syrabuffrande effekt periodvis uteblir. Resultatet blir instabila sjöar med kraftiga pH-fluktuationer speciellt ödesdigra för faunan
- kraftigt försurade sjöar med pH <4,7

Försurningseffekterna i sjöarna märks särskilt påtagligt vid pH < 5,5 eftersom bikarbonaternas bufferkapacitet då upphör och sjöarnas surhetsgrad drastiskt ökar (Henriksen 1979). Merparten av alla sjöarna faller inom den ovanstående första eller tredje sjötypen. Ett kännetecken på långt framskriden sjöförsurning är att sulfat ersatt karbonat som anjon och att koncentrationen av metaller (särskilt aluminium) stigit.

3.2 Försurningsundersökningar

Vid kontinuerliga och uppföljande klimat- och miljöövervakningar används på de flesta håll ett flertal direkta fysikaliska och kemiska mätmetoder. Vid jämförande studier av miljöförändringar och för att fastlägga de lokala eller regionala försurningsförloppen tillämpas däremot oftast *indirekta* metoder såsom mikrofossilanalyser (Battarbee & Charles 1986, Charles 1985, Davis & Berge 1980, Dickman et al. 1983, Dixit & Dickman 1986, Florin 1977, Flower 1986, Foged 1950, 1968, Miller 1973, Renberg et al. 1985, Smol et al. 1985). Härvid har analys av recenta, subfossila och fossila kiselalgor (diatoméanalys) befunnits vara mycket ändamålsenlig på grund av kiselalger-
nas:

- stora utbredning i tid (stratigrafiskt) och rum (geografiskt)
- uppträdande i de flesta akvatiska miljöer, dvs under olika osmotiska tryck och varierande salinitetsförhållanden
- förmåga att bilda vilosporer/cystor och ett finmönstrat, filtrerande kiselskal som ger diatoméerna överlägsna överlevnadsegenskaper jämfört med konkurrerande organismgrupper med snävare ekologiska toleransgränser (Ökland & Ökland 1980, Schindler 1980)
- ekologiska känslighet för förändringar i vattenkvalité såsom näringstillgång, alkalinitet, konduktivitet, föroreningsgrad, hydrografi etc. (Cholnoky 1968, Fjordingstad 1954, Gorham et al. 1974, Hustedt 1937–39, Huttunen & Meriläinen 1983, 1986a, 1986b, Kolbe 1932, Lowe 1974, Meriläinen 1967, Schoeman 1973)
- olika levnadssätt, kringsvävande eller fastsittande på olika underlag.

Vid tillgång på kontinuerliga lagerföljdsserier kan rekonstruktioner av avsättningsmiljöerna göras relativt långt bakåt i tiden. Ett flertal undersökningar av levande och subfossila diatoméfloror från Väst- och Nordeuropa (Arzet et al. 1986, Battarbee et al. 1988, Berge 1976, 1979, van Dam 1987, Flower & Battarbee 1983, Miller 1973, Renberg 1976, Tolonen & Jaakola 1983, Turkia & Huttunen 1988, Wright 1977) liksom i Nordamerika (Charles 1984, Smol et al. 1985, Watt et al. 1979) har också gjorts med syfte att försöka fastställa försurningens orsaker och förlopp. Resultaten av dessa undersökningar visar på en övergripande samstämmighet (Davis et al. 1978, 1983) med reservationer för regionala avvikelser beroende på skilda geologiska, topografiska och klimatiska förutsättningar samt människans inflytande på de naturliga miljöerna. I Nederländerna påvisar diatoméflorans förändringar i numera kraftigt näringsberikade (eutrofierade) sjöars sedimentlagerföljder en oscillerande pH-utveckling (bimodal pH-kurva). Detta har tolkats som att försurningen av dessa sjöar efterhand motverkats genom tillförsel av baskatjoner vid gödsling (van Dam 1987). I naturmiljöer med lågt markutnyttjande har ursprungligen stabila och näringsfattiga (oligotrofa) sjöar dock mycket låga pH-värden. Försurningen, vilken huvudsakligen orsakas av den sura nederbörden, tenderar att utarma de lokala flororna och begränsa sjöar och vattendrag till en antingen hypertrof/eutrof och basisk, eller en oligotrof/dystrof och mycket sur typ.

I Skottlands högländsområde (Galloway, ca 500 m ö.h.) har en fortlöpande försurning påvisats efter diatoméanalytiska undersökningar av sjösediment (Flower & Battarbee 1983, Battarbee et al. 1988). En måttlig försurningsökning sedan mitten av förra århundradet övergår i en kraftigt accelererad försurning mellan åren 1960–1970, motsvarande en pH-sänkning av en enhet till dagens pH

4,4–4,7. Eftersom försurningen daterats till tiden före skogsavverkningarna inom området, utesluts hypotesen om förändrat markutnyttjande som väsentligaste försurningsorsak. Förhöjda och från de geokemiska anomalierna avvikande halter av zink, bly och koppar i sedimentens övre delar hänförs till den atmosfäriska depositionen, vilket indikerar den sura nederbörden som huvudsak till försurningen under de senaste 150 åren.

I nordöstra USA och Kanada (SÖ Ontario) visar limnologiska undersökningar på en god överensstämmelse mellan försurningsgraden i sjöar och en i den förhärskande, kontinentala västvindriktningen avtagande försurningsgradient. Beräkningar av försurningsförloppen antyder en långsam försurning fram till 1950-talet och därefter en ökande försurningstakt (Davis et al. 1980, Norton et al. 1981).

I de skandinaviska länderna har försurningen nått längst i de södra och västra delarna, vilket påvisar ett samband med den nordostliga lågtrycksriktningen och den sura nederbördens effekter. Även saltstänk från havet påverkar dessa tunnt jordtäckta granit/gnejsområden med låg syrabuffrande kapacitet. Diatoméanalytiska undersökningar (Miller 1973, Miller i Almer et al. 1974, Davis & Berge 1980, Wright 1977) påvisar ett relativt långsamt försurningsförlopp fram till åren 1930–1940 och därefter en acceleration i försurningstakten.

4. DIATOMÉDATABAS VID SGU MED EXEMPEL PÅ ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

4.1 Databasens uppbyggnad

För en effektiv utvärdering av diatoméanalytiska resultat har SGU:s mikropaleontologiska laboratorium under de senaste tre åren byggt upp en diatomédatabas omfattande ca 6.000 taxa inklusive synonymer, varieteter och former, vilka fortlöpande åsätts signifikanta ekologiska parametervärden. Diatomédatabasen består till sin struktur av två huvudblock, nämligen:

Definitionsblocket. En grundläggande diatomédatafil där varje taxon lagras som enskild post med taxonomiskt riktigt namn, eventuella synonymer och författarnamn (auktorsnamn). Varje enskilt taxon har påförts en unik ID-kod bestående av en till släktnamnet anslutande släktkod på fyra bokstäver plus en 4-ställig artkod (iterativa 10-steg lämnar utrymme för nyttillkommande arter utan att inkräkta på den alfabetiska ordningen) och en extra position för att alfabetiskt beteckna varietet eller form. Till varje taxon är vidare knutet en uppsättning ekologiska parameterkoder av vilka den geologiskt betydelsefulla salthaltskoden kompilerats från en fristående stödfil med referensuppgifter om salthalts-ekologin. Övriga inlagrade parametervärden anger växtsätt, biotoper, pH-intervall med optima och toleransgränser, näringsstatus, kemisk permeabilitet, temperatur etc. Där en art har vida toleransgränser med avseende på någon ekologisk parameter har flera kodvärden angetts för densamma. Dessa kodvärden har vägts statistiskt som sjättedelar alltefter ekologisk signifikans i överensstämmelse med litteraturreferenser (s. 13). Diatomédatabasens parameterangivelse kan därför betraktas som en numerisk amplitud av artens naturliga förekomst och utbredning i skilda miljöer.

Distributions- och frekvensblocket innefattar följande tre filer: SITE-filen lagrar information om provtagningsplatsens läge (geografiska koordinater), Orts- och länsnamn samt höjd över havet. LEVEL-filen anger för varje prov dess djup (nivågränser), jordartsslag och eventuell förekomst av kemiska utfällningar. FREQUENCE-filen anger den numeriska frekvensen av vid diatoméanalysen identifierade och registrerade taxa. Ovanstående filer sammanlänkas genom angivna släktkoder (GENKOD) och artnummer (SPECNR). Efter angivande av SITE- och LEVEL-information samt släktkod inmatas de registrerade frekvenserna på en rullande artlista. Utskrifter kan beroende på undersökningens syfte väljas alternativt som frekvens-, kumulativ- eller successionsdiagram, parameter- eller pH-beräkningskurvor (fig. 3), artlistor och tabeller (se sid. 16). Parameterkombinationer av analysresultaten kan också erhållas utan större svårighet. Eftersom såväl in- som utmatning följer enkla frågerutiner är databashanteringens både användaranpassad och flexibel.

4.2 Förkortningar som används i diagrammen

pH	alkb	= alkalibiont pH >8
	alk	= alkalifil pH >7
	alk/CN	= svagt alkalifil/cirkumneutral pH ≥7
	ind	= indifferent pH ca 7 med vid toleransamplitud
	ac/CN	= svagt acidofil/cirkumneutral pH ≤7
	ac	= acidofil pH <7
	acb	= acidobiont pH <6-5,5

Renbergs
formel: index B=
$$\frac{\% \text{ ind} + 5x \% \text{ ac} + 40x \% \text{ acb}}{\% \text{ ind} + 3,5x \% \text{ alk} + 108x \% \text{ alkb}}$$

$$\text{pH} = 6,40 - 0,85x (-\log \text{ index B})$$

Salinitet: M	= högmarina arter
MB	= marina till brackvattenarter
BM	= brackmarina arter
B	= brackvattenarter
BL	= brackvatten-/lagunarter
BF	= utsötat brackvatten- (halofila) arter
FB	= sötvattenarter, måttligt salthaltstoleranta
FBCI	= sötvattenarter av klarsjötyp (transparent, mineralrikt vatten)
F	= sötvattenarter, inklusive saltvattenskyende (halofoba) arter

Livsformer peri	= perifyter (påväxt- och bottenformer)
epi	= epifyter (påväxtformer)
be	= bentiska (bottenformer)
pl	= plankton (frisvävande)

4.3 Förteckning av datakoder till block och filer

SPEC Miljöparametrar för de enskilda arterna.

GENKOD	*C 5	Kod för släkte och auktorsnamn
SPECNR	*C 5	Kod för art/varietet/form och auktorsnamn
SPEC	C 45	Klartextbeskrivning av art/varietet/form
LIFE	C 10	Levnadssätt
HABITAT	C 10	Habitat
BIOTOP	C 10	Biotop
TIDAL	C 10	Tidvattenberoende
SALINTY	C 10	Salthaltskrav
HALOBIOS	C 10	Halobios
CLEARW	C 10	Klarsjöform
TROPH	C 10	Näringskrav (trofi-grupp)
PH	C 10	pH-klass
PHOPTL	C 3	Undre gräns för pH-optimum
PHOPTU	C 3	Övre gräns för pH-optimum
PHTOLL	C 3	Undre gräns för pH-tolerans
PHTOLU	C 3	Övre gräns för pH-tolerans

TEMP	C 10	Temperaturkänslighet
CURRENT	C 10	Förhållande till vattenströmning
LIGHT	C 10	Ljuskra
OXYGEN	C 10	Syrekrav
PERMEAB	C 10	Kemisk permeabilitet
CELLULAR	C 10	Cellulär vidhäftning, kolonisationsbenägenhet
SUBSTRAT	C 10	Växsubstrat

SYNONYM synonymer.

GENKOD	*C 5	Kod för släkte och auktorsnamn
SPECNR	*C 5	Kod för art/varietet/form och auktorsnamn
SYNKOD	C 5	Kod för synonymens släkte
SYNNR	C 5	Kod för synonymens art/varietet/form

GEN Klartextbeskrivning av släktkoderna.

GENKOD	*C 5	Kod för släkte och auktorsnamn
GEN	C 30	Klartextbeskrivning av GENKOD

PARAM Klartextbeskrivning av miljöparameterkoderna.

PARAM	*C 8	Miljöparameter
KOD	*C 2	Kod
TEXT	C 24	Klartextbeskrivning av kod
PLTTXT	C 6	Text som används vid plottning av diagram etc.

SALINITY Olika författares uppgifter om enskilda arter

GENKOD	*C 5	Kod för släkte och auktorsnamn
SPECNR	*C 5	Kod för art/varietet/form och auktorsnamn
HUST57	C 19	Uppgift från Hustedt 1957
SIMON62	C 19	Uppgift från Simonsen 1962
CHOLN68	C 17	Uppgift från Cholnoky 1968
TYNNI80	C 10	Uppgift från Tynni 1980
FOGED	C 10	Uppgift från Foged (1950, 1968, 1969)
HUCOM57	C 30	Kommentar från Hustedt 1957
SICOM62	C 30	Kommentar från Simonsen 1962
CHCOM68	C 30	Kommentar från Cholnoky 1968
TYCOM80	C 30	Kommentar från Tynni 1980
FOCOM	C 30	Kommentar från Foged

SITE Information om provtagningsplatsens/borrpunktens läge

IDENT	*C 9	Provtagningsplatsens namn
PROJECT	C 30	Projekttitel
NAME	C 30	Namn på lokalen
MAP	C 5	Kartbladsbeteckning
X	I 4	Nord-syd koordinat i rikets nät
Y	I 4	Öst-väst koordinat i rikets nät

ALTTUDE	C 6	Höjd över havet (m)
THRESHLD	C 6	Passpunkts-/tröskelnivå (m ö.h.)
SAMPLM	C 1	Provtagningsmetod

LEVEL Uppgifter om varje provnivå i borrhåran

IDENT	*C 9	Provtagningsplatsens namn
DIARIE	*I 4	SGU:s diarienummer för nivån
DEPTHFR	I 2	Provets övre nivå (cm)
DEPTHTO	I 2	Provets undre nivå (cm)
LITHO	C 30	Jordartsslag och eventuella kemiska utfällningar, litologisk beskrivning
DENSITY	I 2	Provets densitet (g/ml)
WATERC	I 2	Provets vattenhalt vikt-%
ORGCARB	I 2	Provets vikt-% av organiskt kol
HUMUS	I 2	Provets vikt-% av humussyror
LOSSIGN	I 2	Glödförlust (loss on ignition)
SULPHUR	I 2	Svavelhalt vikt-%
PH	C 3	pH-värde
FE	I 2	Järnhalt vikt-%
CA	I 2	Kalciumhalt vikt-%
CDAT	I 4	C14-daterad ålder
CINTV	I 2	C14-intervall
POLLZONE	C 5	Pollenzon
ARCHAGE	C 5	Arkeologisk ålder

FREQ Frekvensen av diatoméer i olika prov

IDENT	*C 9	Provtagningsplatsens namn
DIARIE	*I 4	SGUs diarienummer för nivån
GENKOD	*C 5	Kod för art/varietet/form och auktorsnamn
FREQ	I 2	Frekvens

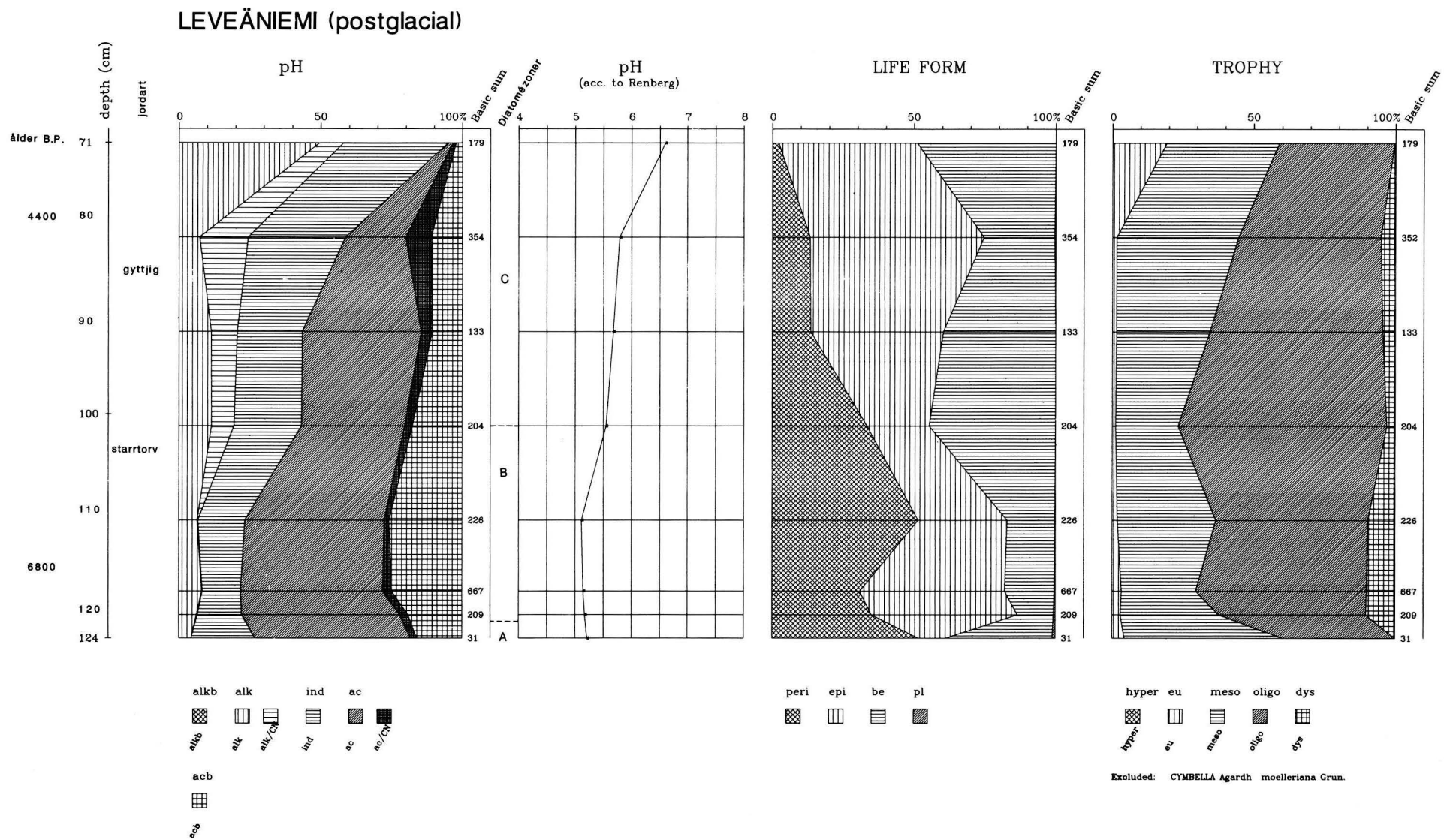
4.4 Exempel på tabell och diagram med olika indelningsgrunder

GENKOD	SPECNR	SPEC	LIFE	SALINITY	HALOBIOS	PH
ACH	1140	flexella (Kütz.)Brun.	20	32	33	3041*
ACH	2300	minutissima Kütz.	10	32	33	20
ANO	0070	exilis (Kütz.)Cleve	20	32	30	3040
ANO	0080	follis (Ehr.)Cleve	30	32	33	30
ANO	0150c	v brachysira (Bréb.)Cleve	20	32	33	4050
ANO	0165	styriaca (Grun.)Hust.	20	32	30	3041
ANO	0180	zellensis (Grun.)Cl.	30	32	33	40
CAL	1410	obtusa (W Smith)Cl.				
CYMB	0001	spp	2030	3032*	30	3020*
CYMB	0130	aspera (Ehr.)H.Perag.	2030	3031*	32	2030
CYMB	0210	cesatii (Rabenh.)Grun.	20	3032*	30	3040
CYMB	0270	cuspidata Kütz.	20	32	33	30
CYMB	0280	cymbiformis (Kütz.)Ag.	20	3032*	30	30
CYMB	0360	gracilis (Rabenh.)Cleve	20	32	33	40
CYMB	0385	incerta (Grun.)Cleve	20	32	33	41
CYMB	0480a	v incerta	20	32	33	41
CYMB	0630	moelleriana Grun.				
CYMB	0650	naviculiformis Auerswald	20	32	33	30
CYMB	0670	norvegica Grun.	20	32	33	30
CYMB	0690	obtusa Greg.	20	32	33	2130*
CYMB	0730	perpusilla A.Cleve	20	32	33	3040*
CYMB	1215	turgida Greg.	10	32	33	20
CYMB	1240	ventricosa Kütz.	20	3031*	30	3020
CYMB	1240h	v groenlandica Foged	20	3031*	32	30
DIP	0400a	v ovalis	30	30	30	2030*
DIP	0400d	v oblongella (Naegeli)Cleve	30	30	32	2030*
EPI	0020	argus (Ehr.)Kütz.	20	30	32	20
EUN	0001	spp	31	32	33	4050*
EUN	0060	arcus Ehr.	10	32	33	2030*
EUN	0170	diodon Ehr.	10	32	33	50
EUN	0170d	dovreensis A.Cl.	10	32	33	40
EUN	0220	exigua (Bréb.)Rabenh.	21	32	33	50
EUN	0230	faba (Ehr.)Grun.	10	32	33	50
EUN	0270	flexuosa Kütz.	20	32	33	5040
EUN	0280	formica Ehr.	22	32	33	3040*
EUN	0410	lapponica Grun.	22	32	33	3040
EUN	0450	lunaris (Ehr.)Grun.	22	32	33	40
EUN	0520	monodon Ehr.	10	32	33	4050*
EUN	0590	parallela Ehr.				
EUN	0600a	v pectinalis	20	32	33	30
EUN	0660a	v praerupta	10	32	33	4030
EUN	0660b	v bidens (Ehr.)Grun.	20	32	33	4041
EUN	0690	pseudopectinalis Hust.	20	32	33	40
EUN	0761	sarekensis A.Berg	10	32	33	
EUN	0770	scandinavica A.Cleve-Euler	20	32	33	40
EUN	0770b	f angusta Fontell	20	32	33	40
EUN	0780	septentrionalis Östr.	20	32	33	4050*
EUN	0840	sudetica O.Müller	20	32	33	4041*
EUN	0870	tenella (Grun.)A.Cleve-Euler	20	32	33	4050
EUN	0940	valida Hust.	10	32	33	5040
FRA	0085	construens (Ehr.)Grun.	30	30	32	20
FRU	0100d	v saxonica (Rabenh.)deToni	30	32	33	4050*
GOM	0001	spp	10	3032	30	2030*
GOM	0020c	v coronatum (Ehr.)W.Sm.	10	3230	30	3021
GOM	0050	angustatum (Kütz.)Rabenh.	10	32	33	2030*
GOM	0170	gracile Ehr.	10	32	33	3021
GOM	0220	intricatum Kütz.	10	3132*	30	2030
GOM	0270a	v longiceps	20	3230*	3230*	20
GOM	0270d	v montanum (Schum.)Hust.	10	3132*	30	2030*
NAV	0002	spp (small)	30	3230	30	203040*
NAV	0950	bacillum Ehr.	30	32	30	3020*
NAV	4570	hassiacra Krasske	30	32	33	40
NAV	5708	levanderi Hust.	30	32	33	5040*
NAV	6510	radiosa Kütz.	30	32	30	30
PIN	0220	borealis Ehr.	3040	32	30	50
PIN	0580	gibba (Ehr.)W Smith	30	32	33	40
PIN	0580o	v linearis Hust.	30	32	33	40
PIN	0700	interrupta W Smith	30	32	33	30
PIN	0890	major (Kütz.)W.Sm.	30	32	3332	4030
PIN	0910	mesolepta (Ehr.)W.Sm.	30	32	33	40
PIN	0920	microstauron (Ehr.)Cleve	30	32	33	3041*
PIN	1220	stomatophora (Grun.)Cleve	30	32	33	4050
PIN	1240	streptoraphe Cleve	30	32	33	50
PIN	1260	subcapitata Greg.	30	32	33	40
PIN	1380	undulata Greg.				
PIN	1390a	v viridis				
STA	0278	lapidicola Boye Petersen	30	32	33	30
STA	0375	norvegica Hust.	30	32	33	30
SPA	0420	phoenicenteron (Nitz.)Ehr.	3040	3032*	32	30
STA	0445d	v elliptica (Östrup)Cleve-Euler	30	32	33	30
SYN	0275	tenera W Smith				
SYN	0280	ulna (Nitzsch)Ehr.	1040	32	30	20
SYN	0280d	v danica (Kütz.)Grun.	1040*	32	33	20
TAB	0020	fenestrata (Lyngb.)Kütz.	1040	32	33	40
TAB	0030	flocculosa (Roth)Kütz.	32	32	33	50

85 row(s) found

I ovanstående lista finns genkod, artnummer, artnamn, koder för livsform, salthaltskrav, halobios (salthaltstolerans) och pH (jfr s. 11). Artlistan representerar den postglaciala lagerföljden från Leveäniemi (se sid. 29 och fig. 3).

Fig. 3. Daterade diatomdiagram med presentation av olika parametrar: pH-spektra, pH-kurva, livsformer och trof (näringsslag).



5. DIATOMÉSTUDIER MED INRIKTNING PÅ PH-FÖRÄNDRINGAR I SEDIMENTLAGERFÖLJDER

5.1 Historik över undersökningar utförda på SGU (Urve Miller)

Det första arbetet vid SGU där pH-förändringar i sedimentlagerföljder undersöktes med hjälp av diatoméundersökningar var interglaciallokalen Leveäniemi i Lappland (Miller 1971a). Därmed påvisades i Sverige den naturliga försurningseffekten i slutet av en tidigare mellanistid innan uppmärksamheten på "acid rain" och våra dagars försurningsproblem hade börjat diskuteras på allvar.

Nästa insats gjordes som forskningsuppdrag åt Statens Naturvårdsverk (SNV) i samband med undersökning av försurningens inverkan på västkustsjöar (Miller 1973, Miller i Almer et al. 1974). Diatoméundersökningar av bottensedimentens översta del i Stora Skarsjön (en av de 50 västkustsjöar som undersöktes av SNV) visade en tydlig respons av nutida atmosfärisk försurning i den subrecenta diatoméfloras sammansättning.

Diatoméanalys som lämplig metod för att fastställa forna och recenta förändringar i akvatiska ekosystem har sedan tillämpats vid ett flertal undersökningar utförda vid SGUs mikropaleontologiska laboratorium. Nedan följer ett urval av i detta sammanhang aktuella diatoméarbeten.

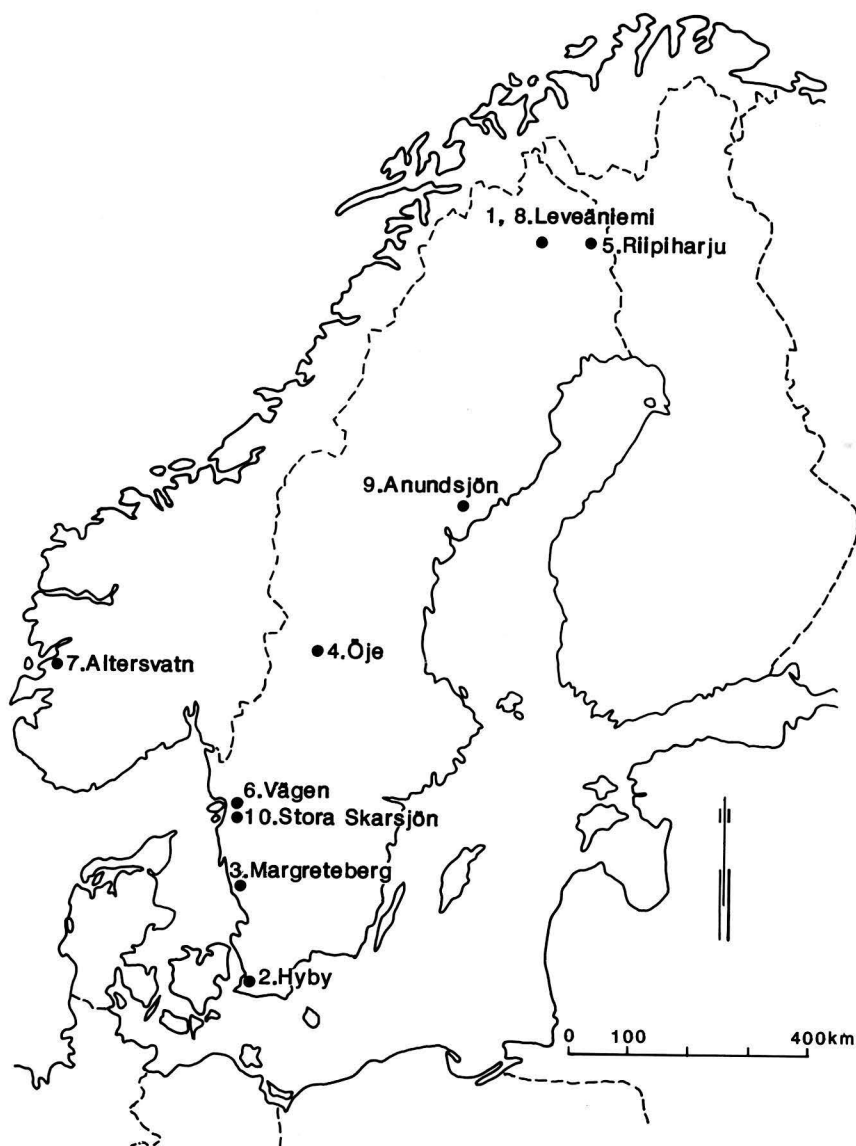


Fig. 4. Karta med läget för de redovisade lokalerna.

I Alnarpsdalens mäktiga pleistocena lagerföljd i SV Skåne, har såväl interglaciala som interstadiala och senglaciala, samt omlagrade prekvartära diatoméfloror undersökts (Miller 1971b, 1977).

I norra Ångermanland har Anundsjötraktens postglaciala utveckling studerats i samarbete med Riksantikvarieämbetets (RAÄ) arkeologiska storprojekt "Norrlands tidiga bebyggelse" (Miller, Modig & Robertsson 1979).

På västkusten har utvecklingen vid övergången pleistocen-holocen i både marin- och sötvattenmiljö undersökts på uppdrag av International Union for Quaternary Research (INQUA) Holocen kommissionen (Miller 1982).

Miljöförändringar och landskapsutveckling i mellersta Bohuslän under de senaste 12 000 åren har sammanställts inom det s.k. Friesprojektet utfört som kvartärgeologisk dokumentation vid SGU (Miller & Robertsson 1988).

Interglaciallokalen Margreteberg, Halland har undersökts (Miller i Påsse et al. 1988). Diatoméspektra har här använts för rekonstruktion av olika avsättningsmiljöer. Ett antal interglaciala och interstadiala lagerföljder i mellersta och norra Sverige har undersökts med avseende på bl.a. förändringar i vegetationen och sedimentationsmiljöer (Robertsson 1986, Robertsson 1988, Robertsson & Rodhe 1988, Lagerbäck & Robertsson 1988).

På norska västkusten har diatoméfloras förändringar i senglaciala – tidig postglaciala lagerföljder undersökts i samarbete med Bergens universitet (Lindås-projektet). Utvecklingen i sjöbäcken som isolerats från havet under senglacial tid och sedan på nytt transgrederats och ånyo isolerats, har fastställts (Kaland 1984).

Ovannämnda arbeten utgör underlag för metodutvecklingen i föreliggande rapport. Lokalernas läge framgår av översiktskartan (fig. 4).

5.2 Resultat av tidigare undersökningar, samt jämförelse med nya datorritade diagram (Ann-Marie Robertsson)

5.2.1 Interglaciala och interstadiala lagerföljder (Lokal 1–5)

Lokal 1. Leveäniemi interglacial, Norrbotten (Miller 1971a).

Den interglaciala lagerföljden har indelats i 9 olika zoner på grundval av diatoméfloras sammansättning, samt förändringar i denna avseende bl.a. pH (fig. 5). Alla nio zonerna finns inte representerade i en och samma provtagningspunkt.

zon 1+2:	alkalisk - neutralt (inklusive brackvattenarter), interglacialens inledning
zon 3+ del av 4:	neutralt - svagt surt (acidofila arter)
zon 4 (slutet)+5:	blandat alkalisk - neutralt, samt tillförsel av surt humushaltigt vatten
zon 6:	terrestriskt stadium (torvbildning), få diatoméer
zon 7:	sur miljö med inslag av neutrala och alkalifila arter (smältvatten?)
zon 8+9:	oligotrof - dystrof miljö, pH neutralt till svagt surt, interglacialens slutfas

Fig. 5 visar pH-spektra med indelning i fem olika grupper (Miller 1971a, fig. 5:1b) och ovan beskrivna utveckling.

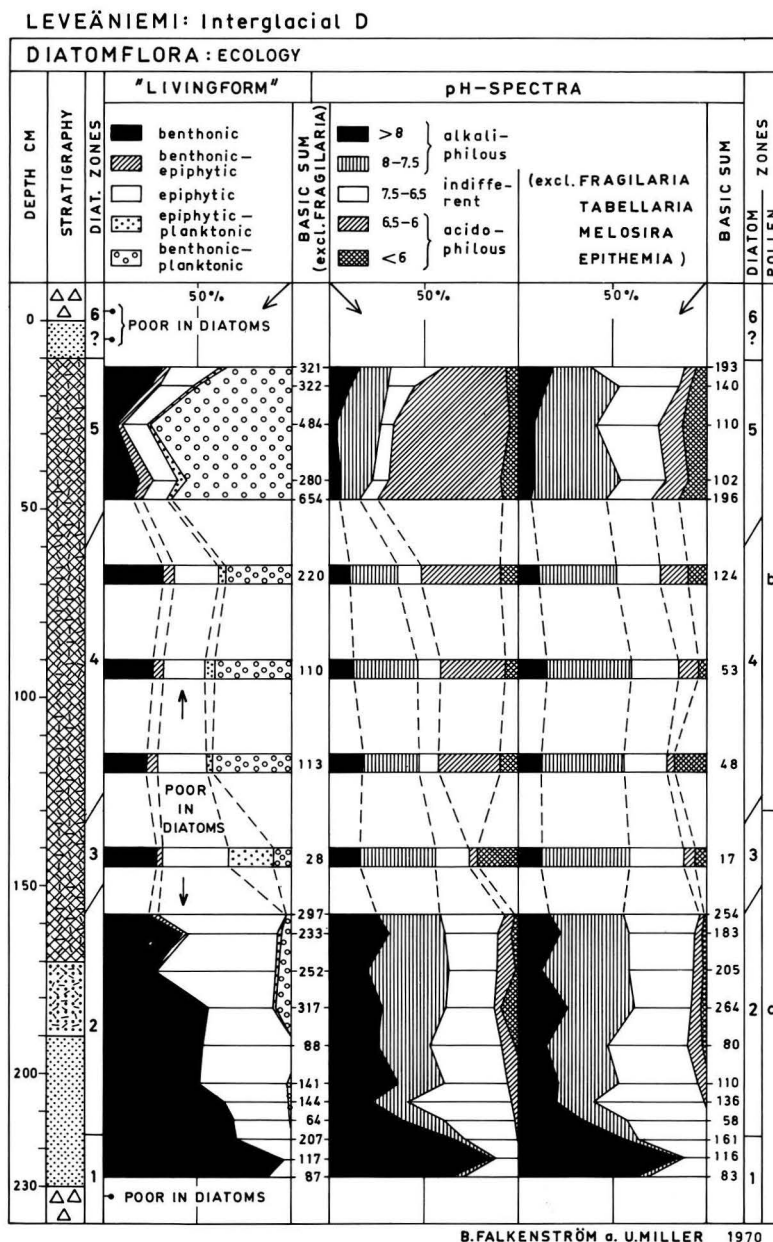


Fig. 5. Livsformer och pH-spektra från Leveäniemi interglaciala lagerföljd (Miller 1971, fig. 5:1b).

I fig. 6 presenteras samma diagram men med åtta olika grupper enligt utarbetat dataprogram. pH-kurvan beräknad enligt Renbergs formel (se s. 12) visar följande för zonerna 1–5 enligt ovan.

- zon 1: alkalisk, pH 8 eller högre
- zon 2: fortfarande alkaliska förhållanden, pH 7,5-8
- zon 3: en nivå analyserad, mycket få diatoméer, bassumman endast 33 st
- zon 4: neutralt, pH ca 7
- zon 5: neutralt, pH 6-7

pH-kurvan utgör ett medelvärde, vilket i zon 5 inte blir helt rättvisande. Där ökar nämligen både alkalifila och acidofila arter. En blandning sker i bassängen av alkalisk-neutralt vatten med tillförsel av humushaltigt vatten från torvbevuxna strandpartier. Lagerföljden anses representera Eem-interglacialen (se fig. 2).

Lokal 2. Hyby, Skåne (Miller 1977, Miller i Pässe et al. 1988).

Finkorniga sediment troligtvis avsatta under Holstein-interglacialen (jfr fig. 2). Diatoméerna representerar en svagt alkalifil sötvattensflora (fig. 7 G, H) med ett pH omkring eller något över 7.

I motsats till detta, är den Saale-interstadiala diatoméfloran dominerad av acidofila arter (fig. 7 I). pH var lågt, delvis beroende på ett arktiskt klimat, utan upplösning av mineral-salter ur jordarna runt sedimentationsbassängen.

Lokal 3. Margreteberg, Halland (Miller i Pässe et al. 1988).

Interglacial (Eem) diatoméflora från ett strandsediment (delta) innehållande både brackmarina arter och alkalifila sötvattenarter (fig. 7 B). Diatoméerna är omlagrade.

Interstadial flora med en blandning av alkalifila och acidofila arter under interstadialens maximum (fig. 7 D). Därefter uppvisar diatoméerna en tydligt sur flora, delvis beroende på arktiskt klimat (fig. 7 F) utan tillförsel av näringssalter.

Lokal 4. Öje, Dalarna (Robertsson 1988).

Finkorniga, varviga sediment, sannolikt interglaciala, har diatoméanalyserats (fig. 8). Sedimenten har avlagrats i en sjö med lågt pH, ca 5 enligt beräkning med Renbergs formel. Det rör sig om naturlig försurning under senare delen av en interglacial (Holstein eller Eem). Barrskogar med gran, tall och lärk dominerade vegetationen enligt de pollenanalytiska resultaten. Som jämförelse kan nämnas att pH-värdet i Öje-sjön i dag är 6,2.

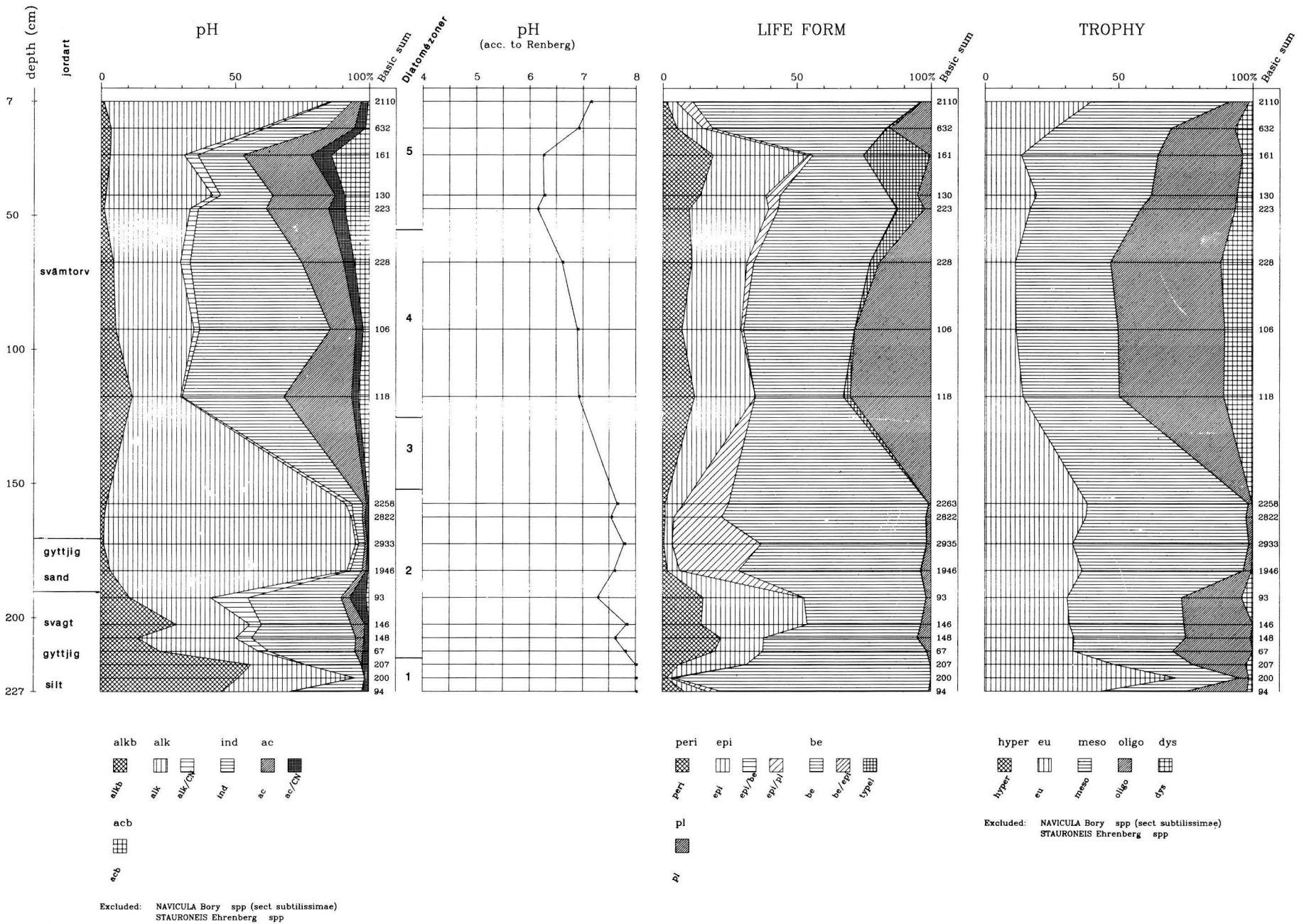
Lokal 5. Riipiharju, Ö. Norrbotten (Lagerbäck & Robertsson 1988)

Två interstadialer, från inledningen av den senaste nedisningen, finns representerade i åsgrossediment, som bl.a. diatoméanalyserats (fig. 9, 10). pH-förhållandena var sura (pH ca 5) under slutet av den första interstadialen (Peräpohjola/Brörup), zon E1 i fig. 9. Den yngre interstadialen (Tärendö) präglas av kallt, kontinentalt klimat, zon C. Vattnet hade ett lågt pH-värde (ca 5,5), som steg under den varmare delen av interstadialen.

I början av postglacial tid (holocen) var pH-värdet ca 5,7 enligt beräkning med Renbergs formel, men sjunker därefter till följd av ökande humushalt p.g.a. torvbildning, zon A2 och A1 i fig. 9.

LEVEÄNIEMI (interglacial)

Fig. 6. pH-spektra, pH-kurva enligt Renbergs formel samt livsformer och trofi-status i Leveäniemi interglaciallagertöjld.



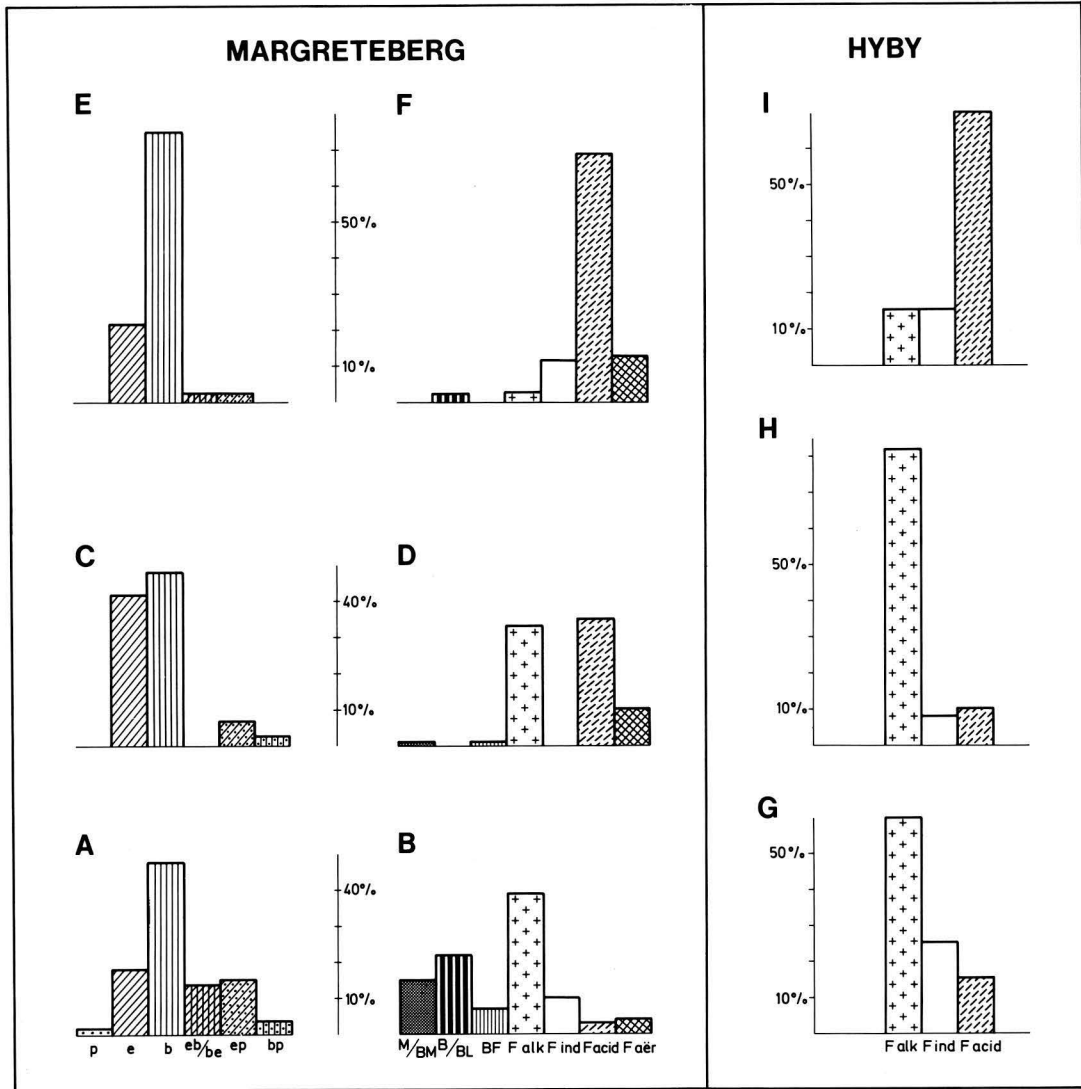
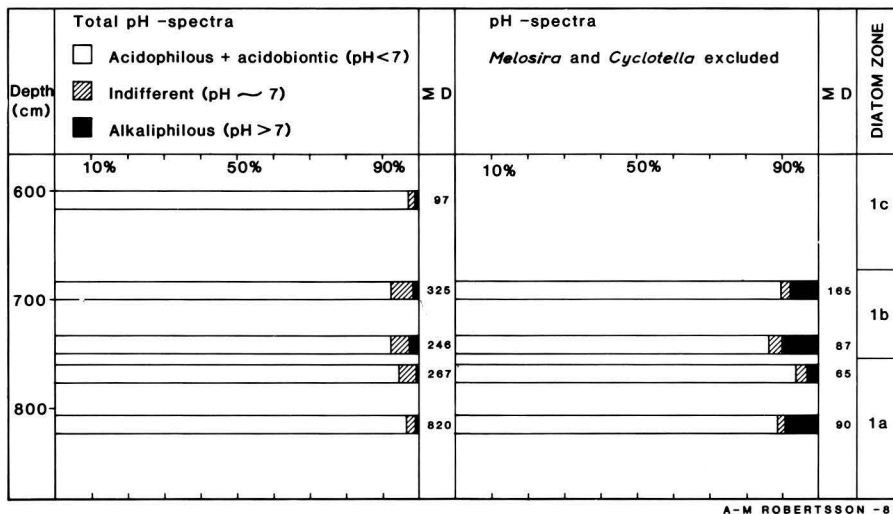


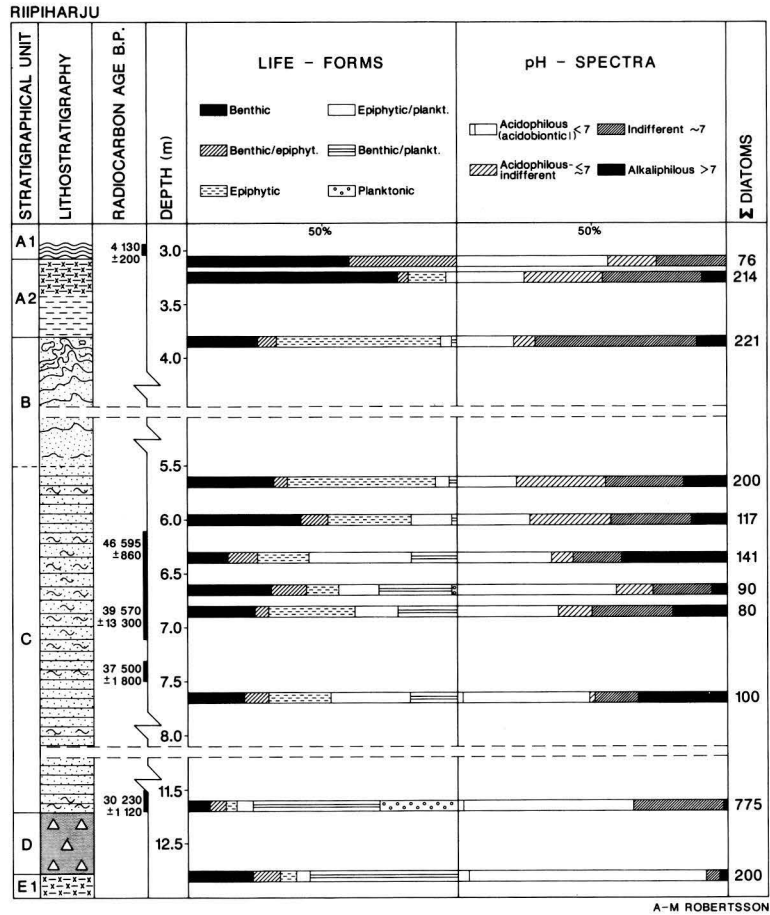
Fig. 7. Livsformer, salinitet- och pH-spektra i de interglaciala och interstadiala lagren vid Margreteberg, Halland och Hyby, SV Skåne (Miller i Pässe et al. 1988, fig. 13). Förkortningar jfr s. 12.

ÖJE



A-M ROBERTSSON - 87

Fig. 8. pH-spektra i de interglaciala sedimenten från Öje, Dalarna (Robertsson 1988, fig. 19).



Stratigraphical symbols:

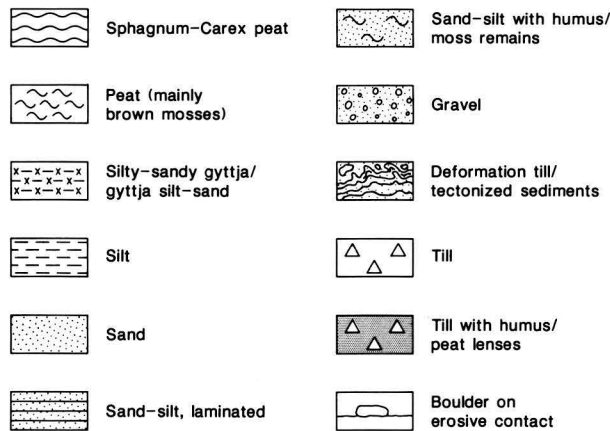
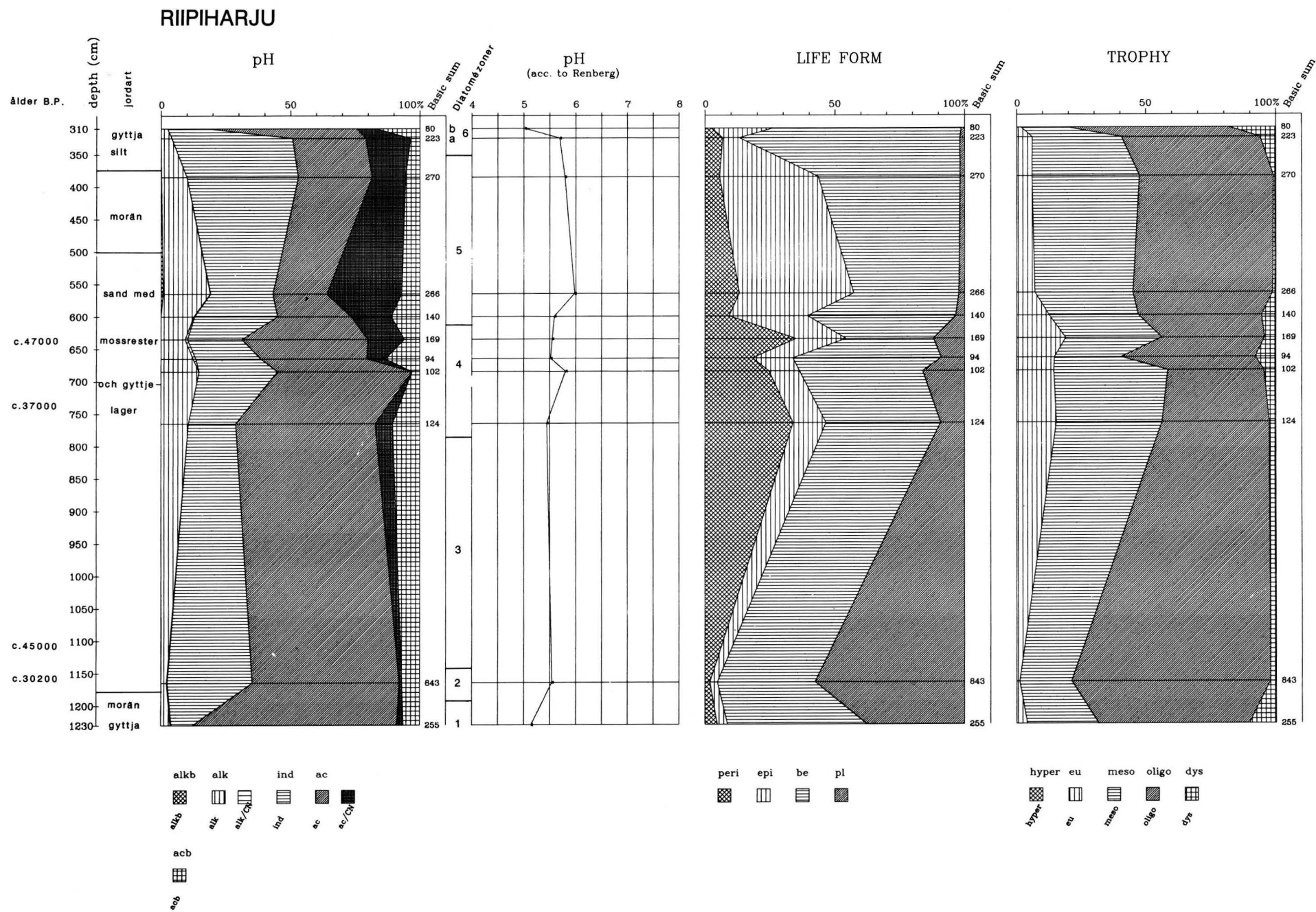


Fig. 9. Fördelningen mellan olika livsformer samt pH-spektra i de interstadiala och postglaciala sedimenten från Riipiharju, Ö. Norrbotten (Robertsson i Lagerbäck & Robertsson 1988).

Fig. 10. pH-spektra, pH-kurva, livsformer och trofi för Riipiharju.



5.2.2 Senglaciala och postglaciala (holocena) lagerföljder (Lokal 6–10)

Lokal 6. Vägen, Bohuslän (Miller 1982).

Övergången pleistocen/holocen för ca 10 000 år sedan finns representerad i lager avsatta i en grund sjö enligt diatoméfloran (fig. 11). I samband med gyttjebildningen (290 cm och uppåt) ökar andelen acidofila arter (Miller 1982, s. 197).

Det nya diagrammet (fig. 12) visar att andelen arter, som lever i sura vatten (acidobionta, acidofila), utgör över 50 % i större delen av den redovisade provserien. pH-värdet har legat mellan 5 och 7. På ca 280 cm djup sammanfaller maximet för acidobionta arter (optimala förhållanden vid pH 5,5 eller lägre) med en markant förändring av vegetationen. Heddar med bl.a. kråkbär (*Empetrum*) blev vanliga främst inom urbergsområden med mager jordmån.

VÄGEN, altitude 112 m a.s.l.

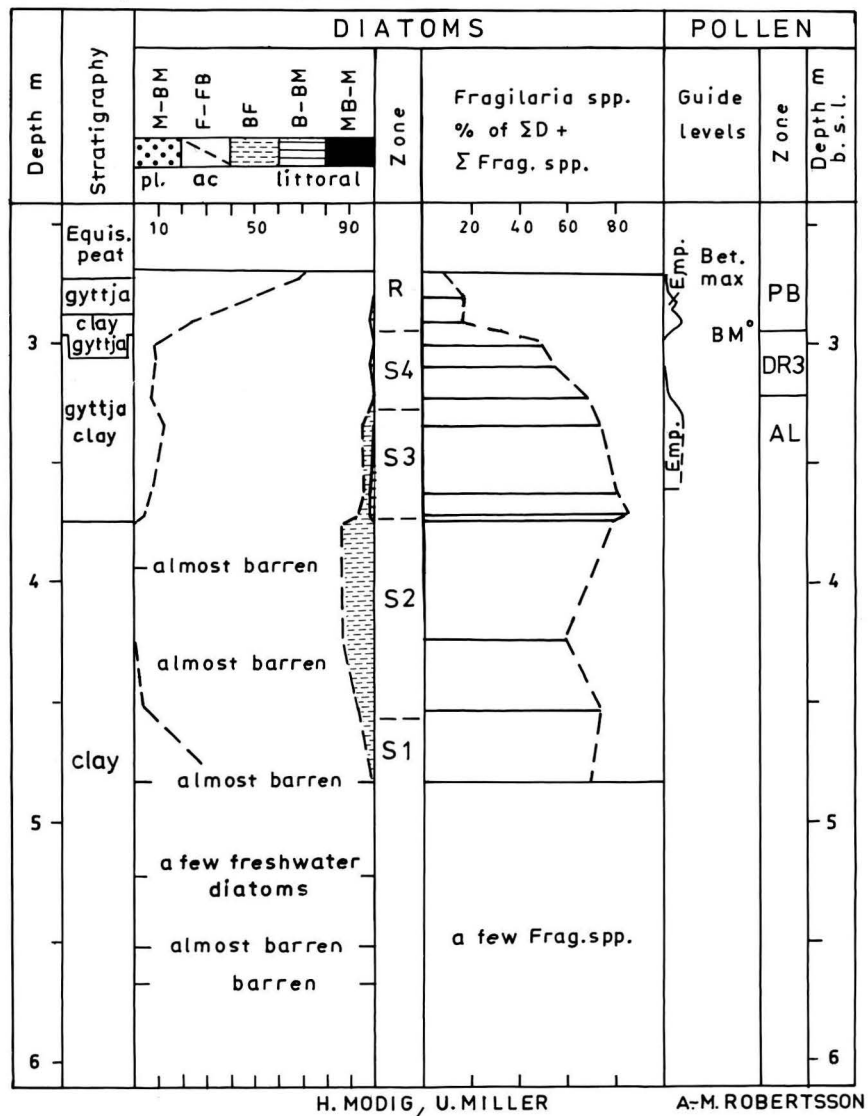
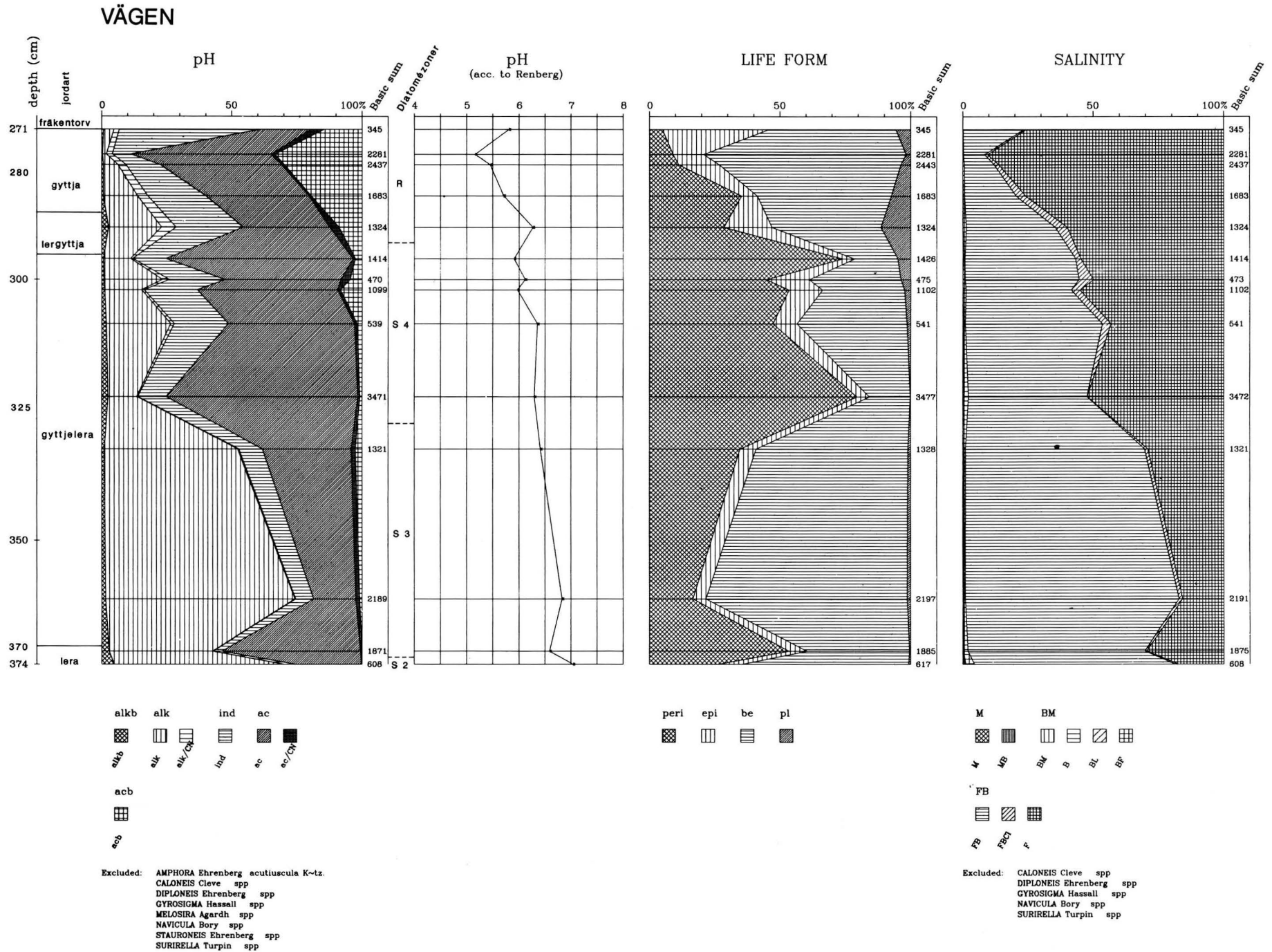
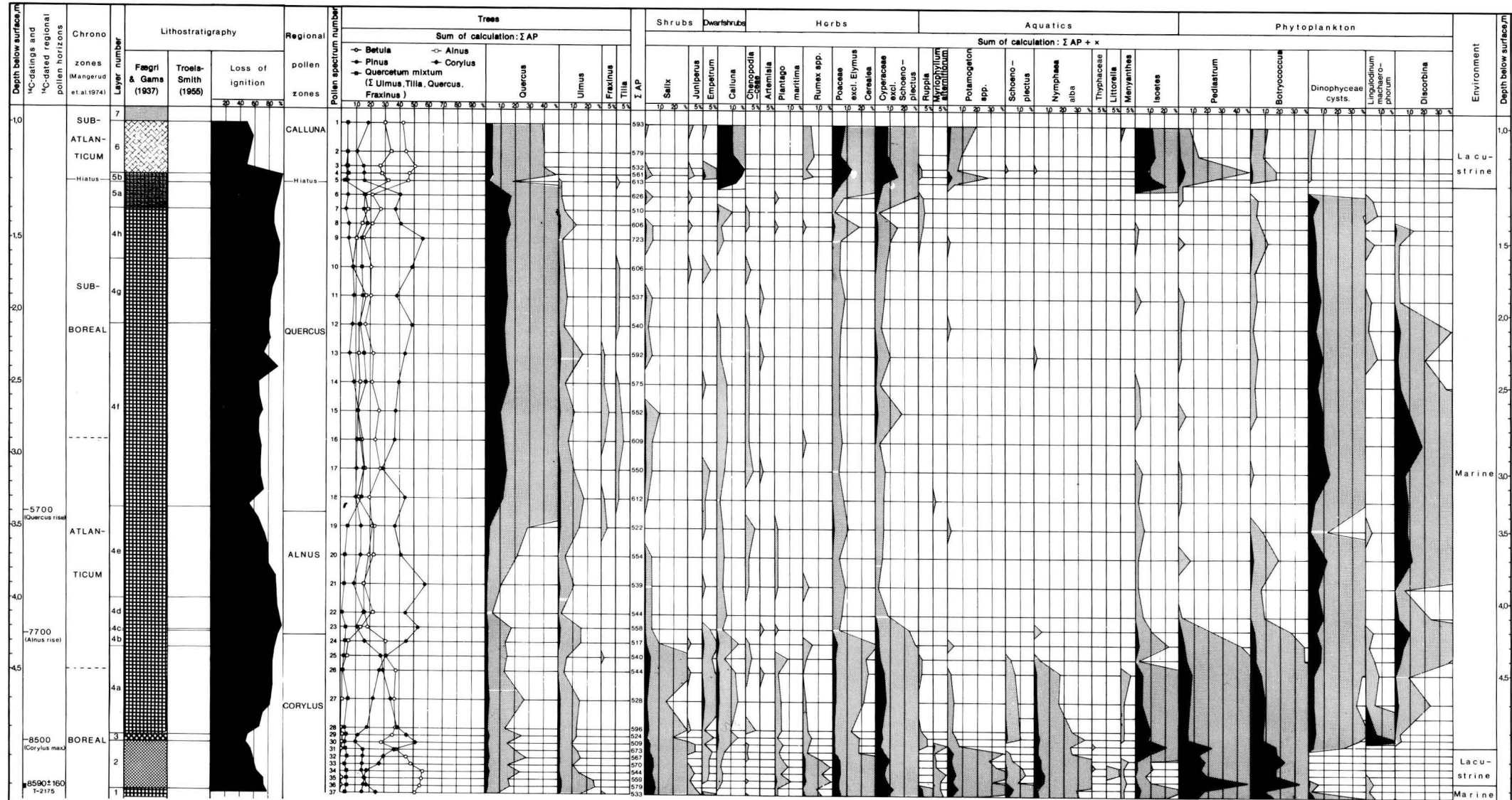


Fig. 11. Diatomé- och pollendiagram för den senglaciala och tidig holocena delen av lagerföljd från Vägen, Bohuslän (Miller 1982, fig. 16:6).

Fig. 15. pH-pekter, livsformer och salinitet för Vågen.

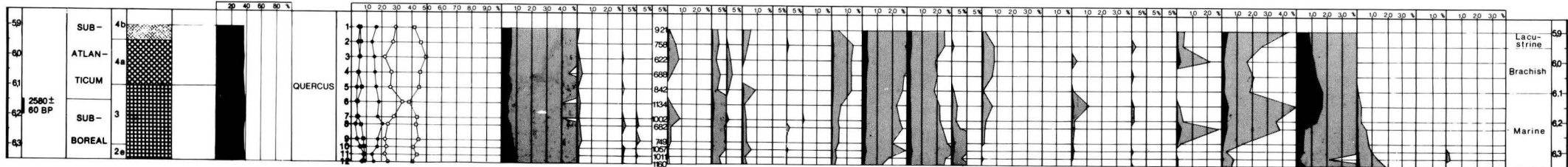


Altersvatn Fønnes, Austrheim hd. Hordaland Norway 3.9 m.s.m. profile 1



Analysis: Peter Emil Kaland 1970

Altersvatn profile 6



Analysis: Peter Emil Kaland & Maria Staveland 1977

Lokal 7. Altersvatn, Bergen-området, Norge (Kaland 1984, Kaland et al. 1984).

Lagerföljden har studerats för att klarlägga strandförskjutningen i området efter senaste nedisningen, dvs. de sista ca 10 000 åren. Bassängen isolerades från havet första gången för ungefär 8 000 år sedan. Efter ett sötvattensstadium, som varade 200–300 år, steg havsytan och nådde in i sjöbäckenet. Den andra isoleringen inträffade för ca 2 600 år sedan (fig. 13).

Diatomédiagrammet (opublicerat) visar att under sjöstadiet har den naturliga försurningen gått ganska fort i början av holocen (fig. 14). På 538 cm djup utgör de acidofila arterna ca 90% av florans.

Lokal 8. Leveäniemi postglacial (Miller 1971a)

Diatoméfloras förändring under tidsintervallet c. 7000–4000 B.P., d.v.s. värmemaximet under postglacial tid, visar ett lågt pH-värde i början, drygt 5 (fig. 15 och 16). Därefter stiger det till ungefär pH 6,5. I starrmosstorven finns inga diatoméer, bara några fragment noterades på 70–40 cm djup i lagerföljden. pH-utvecklingen är den motsatta i förhållande till Leveäniemi interglacialen (se s. 19 och fig. 5), beroende på olika sedimentationsförhållanden vid avsättning av gyttja (interglacial) respektive torv (postglacial).

Lokal 9. Anundsjön, Ångermanland (Miller & Robertsson 1979)

Lagerföljden analyserades i samband med studier av strandförskjutningen i området för projektet Norrlands tidiga bebyggelse. Anundsjöns isolering från Litorinahavet bestämdes (fig. 17).

Efter isoleringen utbildas ett sötvattensstadium med näringsfattiga förhållanden (fig. 18). pH-värdet har enligt beräkning legat mellan 5,0 och 5,5. Någon accelererad subrecent försurning återspeglas inte i sedimentens diatoméflora enligt av de analyser som gjorts hittills.

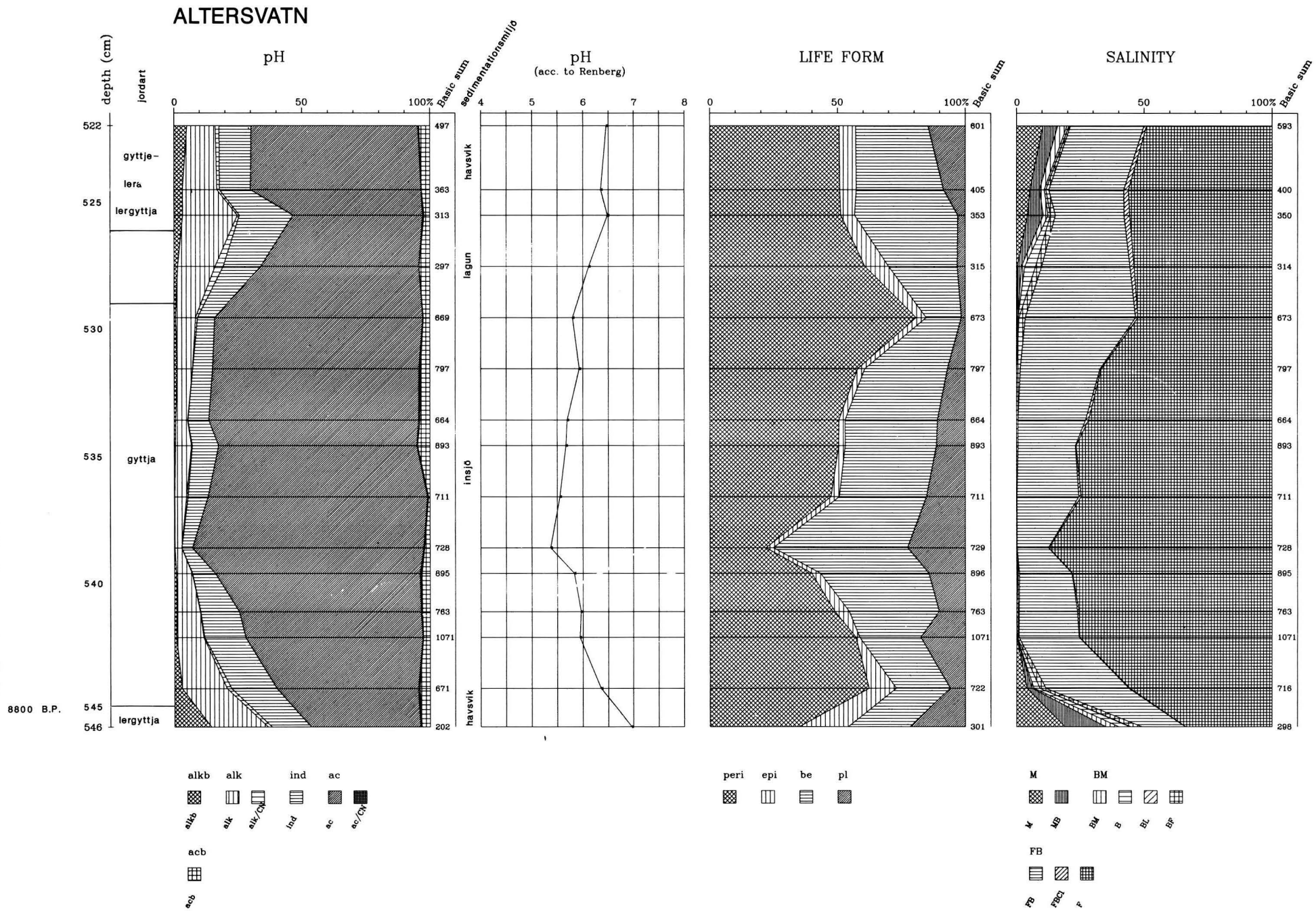
Lokal 10. Stora Skarsjön, Bohuslän (Miller 1973)

De översta 16–20 cm av botten sedimenten har undersökts i tre proppar. Resultaten visar att antalet försurningsindikatorer (acidobionta arter) ökar markant i den allra översta delen (fig. 19). pH sjunker enligt index ω (Nygaard 1956), som är kvoten mellan acida enheter och acida taxa. Diatomémängden och artantalet, framför allt plankton, minskar uppåt i sedimenten.

Beräkning av pH med hjälp av diatoméfloran visar god överensstämmelse med värdena 6,25–4,6 (4,4) uppmätta i sjön under perioden 1943–71. Enligt pH-kurvan i fig. 20 har pH sjunkit från 5,5 till ca 5 under de senaste årtiondena (?).

Fig. 13. Altersvatn – pollendiagram (Kaland 1984).

Fig. 14. Altersvatn - datorriktat diagram representerande pH, livsformer och salinitet.



Excluded: (pH)

AMPHORA Ehrenberg spp
 AMPHORA Ehrenberg acutiuscula K~tz.
 AMPHORA Ehrenberg ostrearia Br'b.
 AMPHORA Ehrenberg exigua Gregory
 AMPHORA Ehrenberg proteus Greg.
 ANOMOEONEIS Pfitzer spp
 BIDDULPHIA Gray aurita (Lyngbye)Br'b.Godey
 CALONEIS Cleve blanda (A.Schmidt)Cleve
 CALONEIS Cleve brevis (Greg.)Cleve
 CALONEIS Cleve f constricta A.Berg
 CALONEIS Cleve liber (W.Sm.)Cleve
 CALONEIS Cleve v excentrica (Grun.)Cleve
 CALONEIS Cleve brevis (Greg.)Cleve
 CALONEIS Cleve liber (W.Sm.)Cleve
 CALONEIS Cleve amphisbaena (Bory)Cleve
 CALONEIS Cleve v subsalina (Donk.)Cleve
 CALONEIS Cleve spp
 CERATAULUS Ehrenberg smithii Ralfs
 CHAETOCEROS Ehrenberg seiracanthus Gran
 COCCONEIS Ehrenberg scutellum Ehr.
 COCCONEIS Ehrenberg v stauroneiformis W.Sm.
 COCCONEIS Ehrenberg quarnerensis (Grun.)A.Schmidt
 COCCONEIS Ehrenberg molesta K~tz.
 COSCINODISCUS Erhenberg spp
 CYCLOTELLA K~tzing spp
 DIMEROGRAMMA Ralfs minor (Greg.)Ralfs
 DIPLONEIS Ehrenberg spp
 DIPLONEIS Ehrenberg fusca (Greg.)Cleve
 DIPLONEIS Ehrenberg subcincta (A.Schmidt)Cleve
 DIPLONEIS Ehrenberg didyma (Ehr.)Cleve
 DIPLONEIS Ehrenberg entomon (Ehr.)Cleve
 GRAMMATOPHORA Ehrenberg spp
 GRAMMATOPHORA Ehrenberg marina (Lyngb.)K~tz.

GYROSIGMA Hassall spp
 GYROSIGMA Hassall balticum (Ehr.)Rabenh.
 MASTOGLOIA Thwaites pumila (Grun.)Cleve
 MASTOGLOIA Thwaites floridiana Cleve
 MASTOGLOIA Thwaites smithii Thwaites
 MASTOGLOIA Thwaites pusilla Grun.
 MELOSIRA Agardh juergensii Agardh
 MELOSIRA Agardh moniliformis (OFM)Ag.
 MELOSIRA Agardh sulcata
 NAVICULA Bory forcipata Grev.
 NAVICULA Bory directa (W.Sm.)Ralfs
 NAVICULA Bory flantica Grun.
 NITZSCHIA Hassall obtusa W Smith
 NITZSCHIA Hassall granulata Grun.
 NITZSCHIA Hassall socialis Greg.
 PLAGIOGRAMMA Greville staurophorum (Greg.)Heib.
 PLEUROSIGMA W.Smith spp
 RHABDONEMA K~tzing spp
 STAURONEIS Ehrenberg spp
 STAURONEIS Ehrenberg salina W Smith
 SURIRELLA Turpin spp
 SYNEDRA Ehrenberg crystallina (Agardh)K~tz.
 SYNEDRA Ehrenberg spp
 SYNEDRA Ehrenberg hennedyana Greg.
 SYNEDRA Ehrenberg undulata (J.W.Bailey)W.Smith
 TRACHYNEIS Cleve aspera (Ehr.)Ehr.
 TRICERATIUM Ehrenberg spp
 TRICERATIUM Ehrenberg reticulum Ehr.
 TRICERATIUM Ehrenberg reticulum Ehr.
 TRICERATIUM Ehrenberg f trigona Cleve-Euler
 TRICERATIUM Ehrenberg antediluvianum (Ehr.)Grun.

Excluded: (Salinity)

AMPHORA Ehrenberg spp
 ANOMOEONEIS Pfitzer spp
 CALONEIS Cleve spp
 COSCINODISCUS Erhenberg spp
 CYCLOTELLA K~tzing spp
 DIPLONEIS Ehrenberg spp
 GRAMMATOPHORA Ehrenberg spp
 GYROSIGMA Hassall spp
 PLEUROSIGMA W.Smith spp
 SURIRELLA Turpin spp
 SYNEDRA Ehrenberg spp

LEVEÄNIEMI: Postglacial

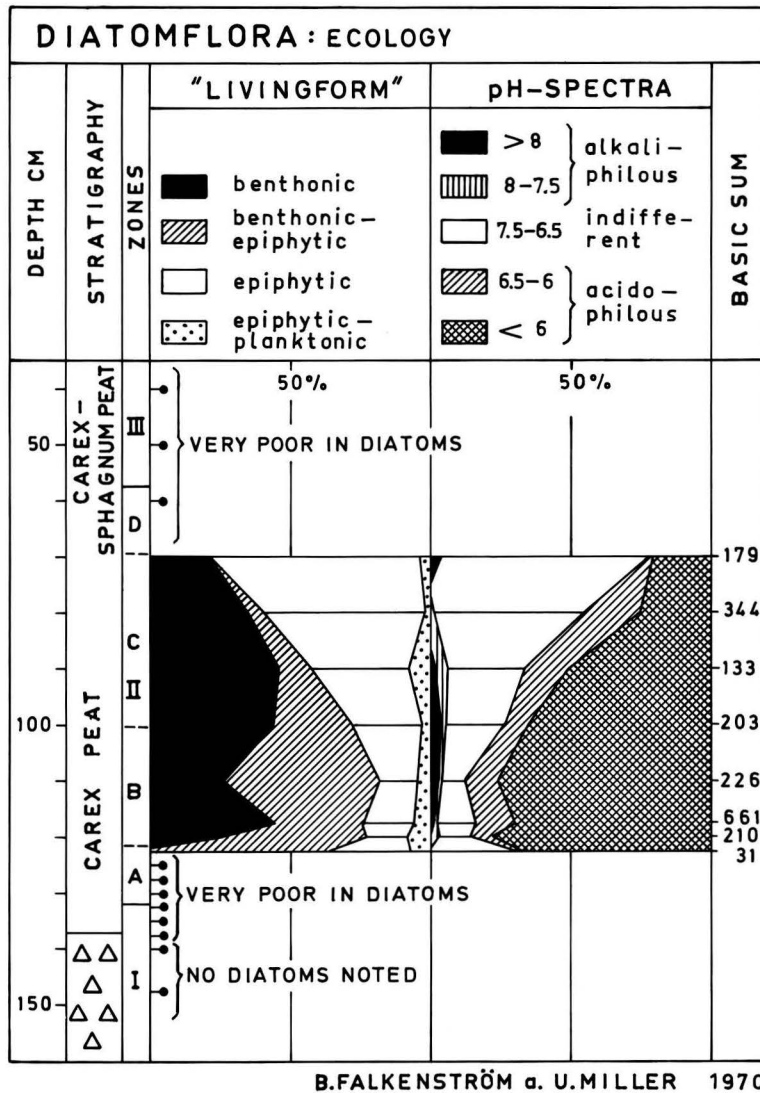


Fig. 15. Leveäniemi postglacial - fördelning av olika livsformer samt pH-gruppering (Miller 1971, fig. 5:5b).

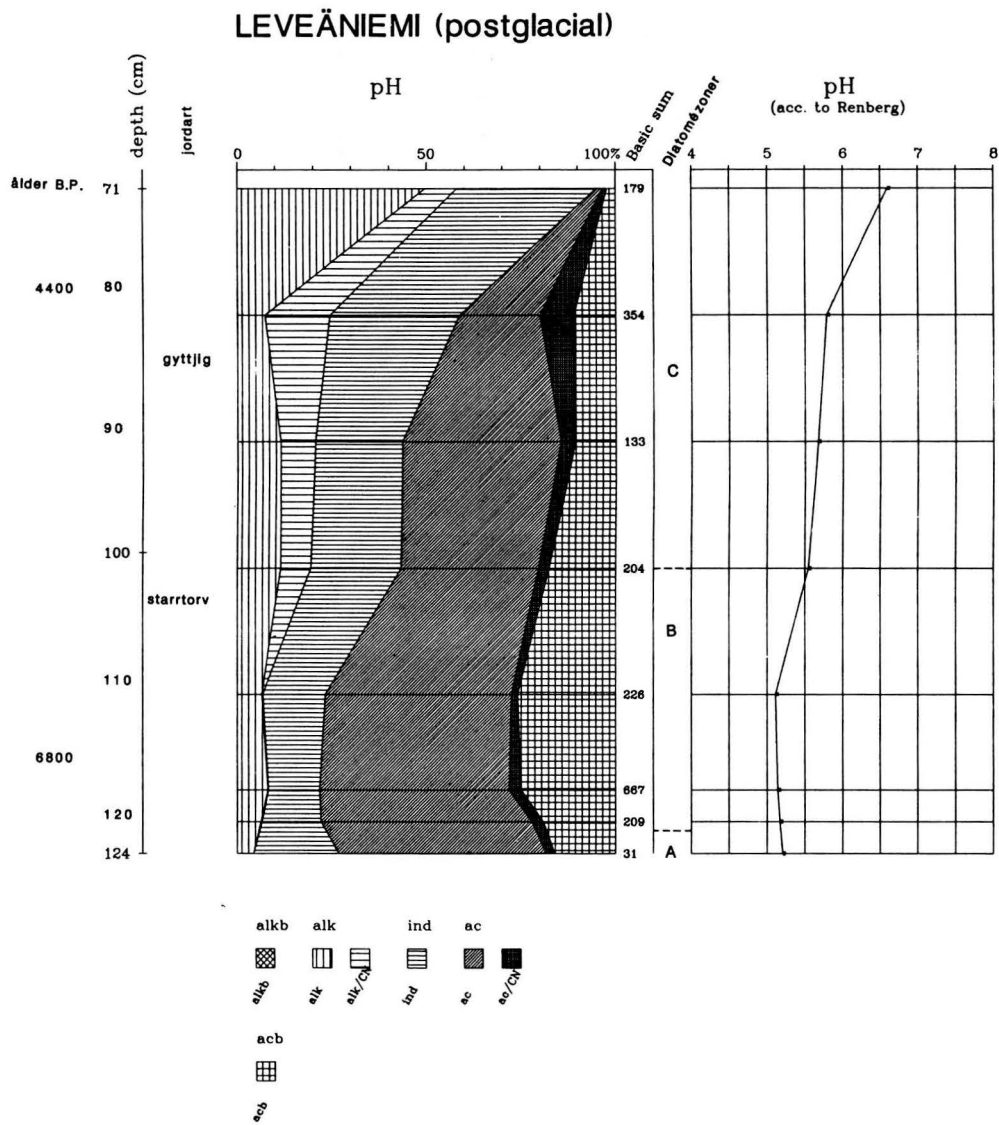
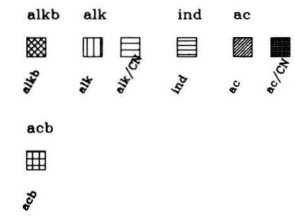
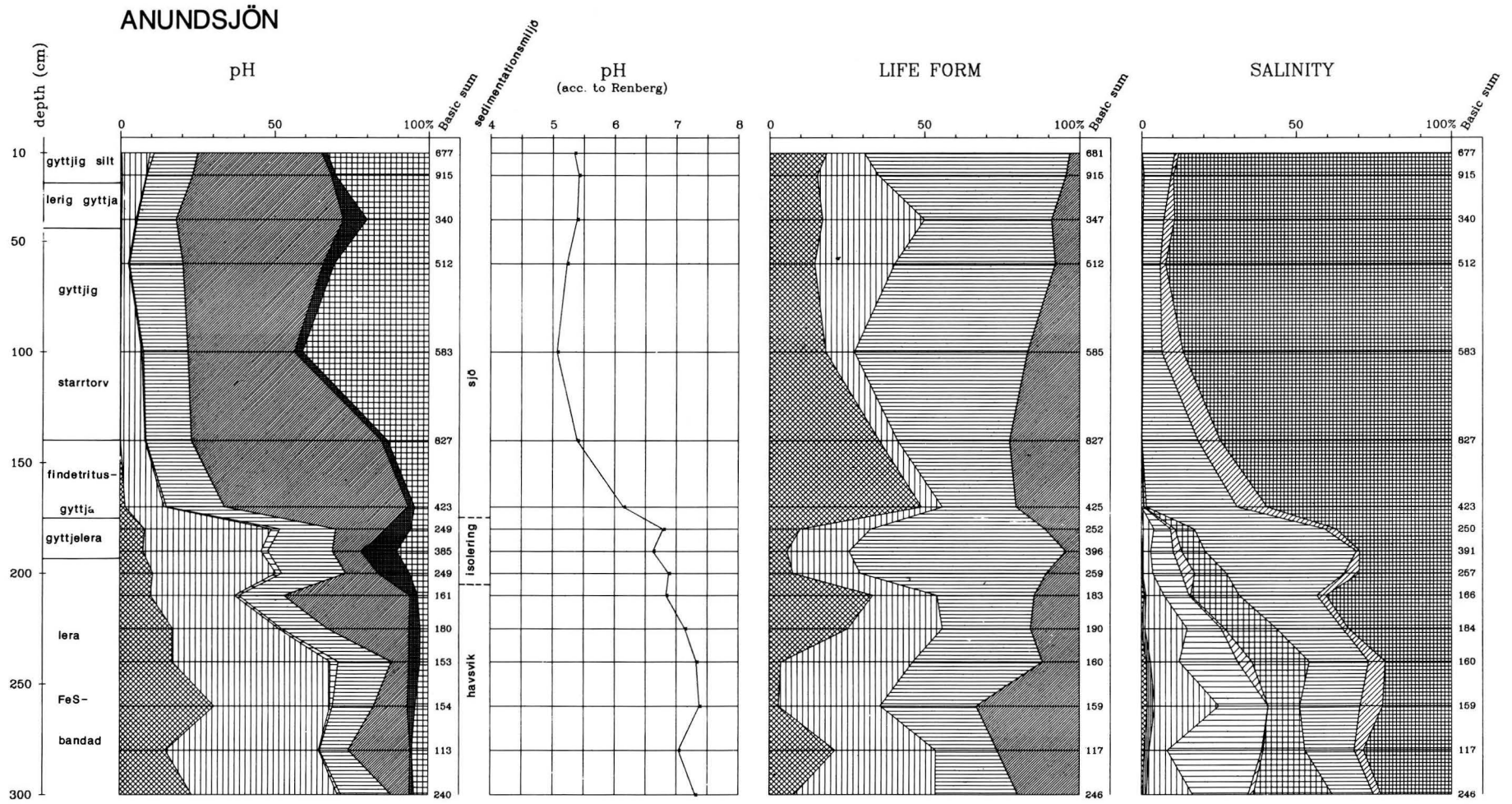
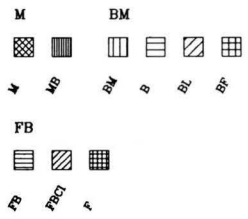
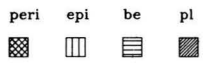


Fig. 16. Datorritade diagram för Leveäniemi postglacial med parametrarna pH och pH-kurva.

Fig. 18. Anundsjön – pH-spektra, pH-kurva, livsformer och salinitet enligt datorerat diagram.



Excluded: GYROSIGMA Hassell balticum (Ehr.) Rabenh.
 MASTOGLIOA Thwaites smithii Thwaites
 MELOSIRA Agardh juergensii Agardh
 MELOSIRA Agardh moniliformis (OPM) Ag
 NAVICULA Bory spp
 NAVICULA Bory flantica Grun.
 NITZSCHIA Hassell pseudohungarica
 PLEUROSIGMA W. Smith spp
 SURIRELLA Turpin spp
 SYNEDRA Ehrenberg spp



Excluded: NAVICULA Bory spp
 NITZSCHIA Hassell pseudohungarica
 SURIRELLA Turpin spp
 SYNEDRA Ehrenberg spp

STORA SKARSJÖN, LJUNGSKILE
DIATOMESPEKTRA

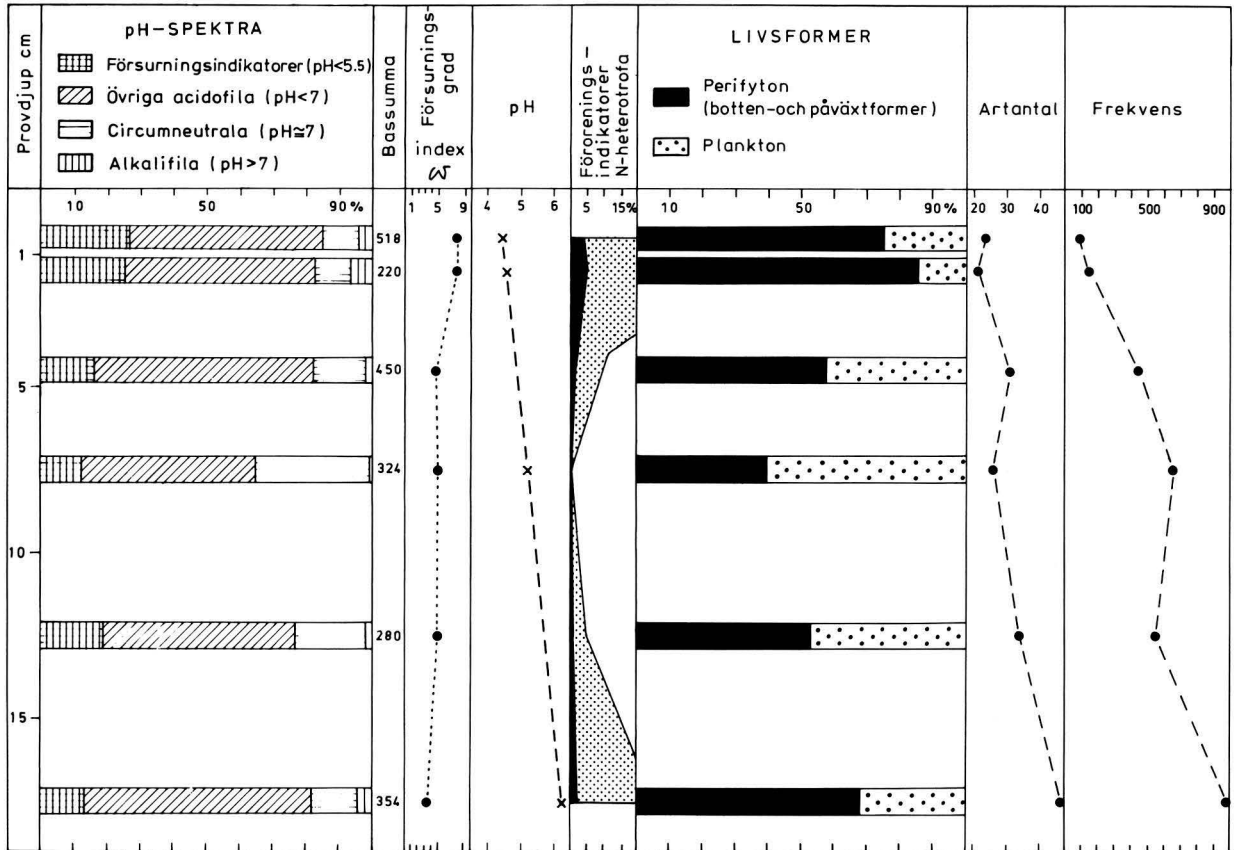
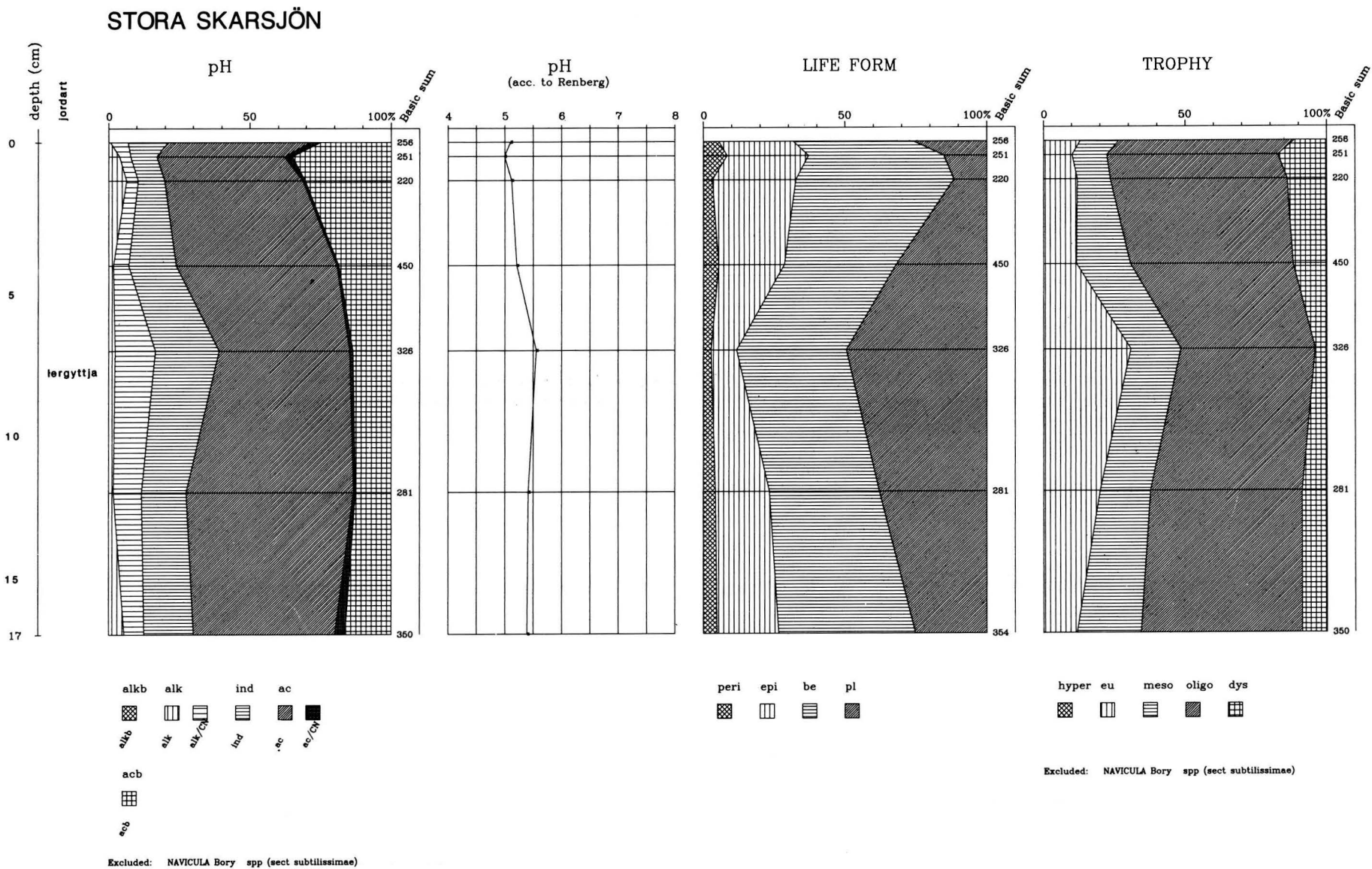


Fig. 19. Stora Skarsjön, Bohuslän. Diatomédiagram med pH-spektra, försurningsindex (ω), pH-kurva, livsformer samt art- och frekvenskurvor (Miller 1973) för de subrecenta sedimenten.

Fig. 20. Dalorriade diagram för Stora Skarsjön, pH, pH-kurva, livsformer och trofi-grupper.



6. Resultat: utvärdering och diskussion

6.1 Utvärdering och jämförelser med tidigare metodik

6.1.1 Diatomédatabanken

Uppbyggnad av en diatomédatabank vid SGU har inneburit en stor satsning för mikropaleontologiska laboratoriet. Försöksverksamheten påbörjades redan i Stockholm under 1970-talet, men fick avbrytas vid verkets utflyttning till Uppsala 1979.

Efter inrättandet av nytt datasystem i Uppsala påbörjades uppbyggnaden av en diatomédatabank i mitten av 80-talet. Behovet av effektiviserad och rationaliserad bearbetning av en stor mängd diatomédata aktualiserades i samband med två större forskningsprojekt vid laboratoriet: "Studier av gytta, dess sammansättning och egenskaper" (Berglund, Miller och Persson 1989), med anslag från Skogs- och jordbrukets forskningsråd (SJFR) i samarbete med Lantbruksuniversitetet i Ultuna (SLU), samt föreliggande FoU-projekt på uppdrag av industridepartementet.

Genomgång och sammanställning av uppgifter för en systematisk-taxonomisk-ekologisk diatomédatabank är mycket tidskrävande. Medel från SGUs ordinarie verksamhet inom kvartärgeologisk dokumentation och jordartskartering har tillskjutits för komplettering av databanken med geodata och testkörningar.

För närvarande innehåller diatomédatabanken uppgifter om cirka 6 000 taxa, samt geografisk och stratigrafisk information om ett 30-tal undersökta lagerföljder. Lokalerna är fördelade över hela landet och representerar såväl äldre (pleistocena) som yngre (holocena) sediment avlagrade under olika tidsskeden med växlande klimat och skilda miljöförhållanden. Nytt material insamlas kontinuerligt under karteringsarbeten från såväl fornsjöbäcken (myrmarker) som komplexa moränlagerföljder.

De numeriska frekvenserna av vid diatoméanalysen identifierade och registrerade taxa omfattar för närvarande cirka 400 prov.

I samband med föreliggande projekt har uppgifter inmatats från 10 lokaler, sammanlagt cirka 100 prov. Den gemensamma artlistan omfattar över 1000 taxa.

Tidigare tillämpad metodik innebar mycket tidskrävande manuell sammanställning av artlistor, mestadels omfattande 100-tals taxa för varje undersökt lokal. Gruppering avseende salinitet, pH, livsform, näringsstatus, frekvensberäkningar, samt diagramritning gjordes för hand. I jämförelse med den manuella sammanställningen är den datorprogrammerade numeriska bearbetningen, utskrivningen av artlistor och plotning av olika diagram en i mycket hög grad tidsbesparande procedur. Därutöver är resultaten enhetliga och korrelationerna kan därmed bli betydligt säkrare. Allt detta under förutsättning att de inmatade uppgifterna är riktiga och programmeringen grundad på ekologiskt och geologiskt pålitliga data.

6.1.2 Jämförelse mellan tidigare manuellt framställda och nya datorritade diatomédiagram

I stort har de nya plotterritade diagrammen blivit mycket tillfredställande. En enhetlig databehandling och gruppering hör till fördelarna. En ny parameter är pH-värden, som har uträknats enligt Renbergs formel (jfr s. 13) och kan avläsas direkt för varje analyserad nivå i lagerföljden. Dock bör här framhållas att en reviderad formel håller på att utarbetas av Renberg. Därmed kan nuvarande pH-kurvor inte betraktas som exakta i detalj, utan får anses vara preliminära. Jämfört med diatomédiagram baserade på pH-krav hos olika diatométaxa förekommer en tendens till mer markanta pH-förändringar i de manuellt konsturerade diagrammen. Delvis kan det bero på vissa skillnader i grupperingen, delvis på en viktad bedömning av de enskilda taxas toleransgränser, samt på mer tillförlitliga uppgifter i den moderna litteraturen.

6.2 Möjligheter inför framtida behov och tillämpningar

Den nu befintliga diatomédatabanken vid SGU öppnar mycket stora möjligheter för bearbetning och presentation av analysresultat erhållna vid mikroskoperingen. I föreliggande arbete har intresset fokuserats på försurningstendenser. Men även övergödning (eutrofiering) och förorening av vattendrag, sjöar och havsområden är aktuella problem som kan belysas med hjälp av diatoméstudier. Diatoméernas lämplighet som värdefulla miljöindikatorer för rekonstruktion av forna avsättningsmiljöer och klassificering av recenta vattenmiljöer är bevisad genom ett stort antal undersökningar och praktiska tillämpningar. Exempelvis kan nämnas:

- SWAP-projektet (Royal Society Surface Water Acidification Programme)
- naturvårdsverkets (SNV) eutrofieringsprojekt i svenska havsområden (marin eutrofiering)
- undersökningar av föroreningsgraden i tyska och japanska flodsystem
- igenslamning av vattenreservoarer och påväxt på fartyg
- erosionsindikatorer i samband med bosättning, boskapskötsel och odling
- nivåförändringar som strandförskjutning, isolering från havet och igenväxning

Med mikroskopens utveckling och förfining (elektronmikroskop/SEM, TEM/, akustiska mikroskop, lasermikroskop) följer även säkrare bestämning av diatométaxa och bättre förståelse för diatoméskalens uppbyggnad och systematiska ställning. En kombination av bildanalysator och akustiskt eller lasermikroskop, där analysdata direkt inmatas i datorn är en framtidsvision som snart kan bli verklighet. Dock är grunden till pålitliga resultat gedigna kunskaper om diatoméer och kännedom om ekologiska och geologiska förhållanden.

Diatoméarkivet vid mikropaleontologiska laboratoriet har byggts upp under ett 30-tal år och är utan tvekan landets största källa för diatoméstratigrafisk-paleoekologisk-miljöhistorisk information. Det innehåller ovärderliga data beträffande forna miljöförhållanden och strandförskjutningsförlopp från flera hundra lagerföljder fördelade över hela landet. Föreliggande arbete är början till ett storprojekt som skulle innebära inmatning av utförda diatoméanalyser i den vid SGU befintliga databasen. Denna arbetsinsats borde finansieras med extra FoU-medel från industridepartementet, energi- och miljödepartementet eller SNV.

6.3 Policyfrågor. Avnämare. Prognos

6.3.1 Policyfrågor och avnämare

Diatomédatabanken bör ingå i geodataarkivet som finns vid SGU. Det är SGUs uppgift att som central statlig myndighet bygga upp och förvalta denna informationsbas för geologiska miljödata på samma villkor som gäller andra vid verket befintliga arkiv såsom grusarkiv, torvarkiv, grundvattnarkiv, borrhållarkiv m.fl.

I första hand bör diatomédatabanken användas för SGUs egna behov i samband med kartering, dokumentation och tillämpad forskning. När det gäller grundforskning som bedrivs vid universitetsinstitutioner bör forskare få tillgång till arkivdata mot viss avgift (driftskostnader). Andra statliga myndigheter (SNV, SGI, SJ, RAÄ, muséer) och kommunala kontor, samt privata konsult-, byggnads- och prospekteringsföretag bör kunna få tillgång till arkivdata enligt upprättade taxor.

6.3.2 Prognos

I dagens samhälle är olika miljöproblem som orsakats av försurning, förorening, övergödning, igenslamning, igenväxning och erosion mycket aktuella och brännande frågor som kräver omedelbar översyn och snara lösningar. Åtgärder för att stoppa, dämpa och sanera uppkomna skador genom kalkning, muddring, filtrering och förstärkning är omfattande och kostsamma, men ofta ej

tillräckligt effektiva. Vanligen är de tillämpade åtgärderna alldeles för kortsiktiga. Det beror bland annat på att det kända perspektivet bakåt i tiden är för kort och att mer basmaterial måste tas fram som referens.

Ett omfattande diatomédataarkiv skulle kunna bidra till att klarlägga den miljöhistoriska och paleo-ekologiska bakgrunden till de flesta av ovannämnda miljöproblem. Därutöver skulle det möjliggöra prognoser och underlätta konstruktion av modeller för den framtida utvecklingen.

Under rådande omständigheter beträffande lösning av miljöproblemen borde SGU ges möjligheter att i ökad omfattning praktiskt tillämpa sitt omfattande, bearbetade men endast delvis publicerade, referens- och basmaterial. Därmed skulle SGU bli landets centrala myndighet i fråga om långsiktiga miljödata både bakåt och framåt i tiden. Varför inte ett "Diatomédataarkiv för miljö i tiden"?

SAMMANFATTNING

Projektets syfte har varit att spåra tendenser av försurning i äldre sedimentlagerföljder. Paleoekologiska miljödata från tidigare mellanistider har jämförts med miljöutvecklingen efter senaste istiden fram till nutid. För ändamålet har använts diatoméer eller kiselalger, kända som känsliga miljöindikatorer. Växlingar i vattenkemi och sedimentationsförhållanden registreras snabbt av förändringar i diatoméfloras sammansättning.

En litteraturöversikt av pH-undersökningar har sammanställts. Den omfattar försurningens orsaker, metoder att spåra och verifiera försurningen, samt diatoméanalytiska vittnesbörd om vattenförsurning.

Resultat från 10 tidigare diatoméanalytiskt undersökta, tidsmässigt helt skilda lagerföljder, (9 lokaler spridda över hela Sverige och en i sydvästra Norge), med sammanlagt ett 100-tal analyser, har inmatats i en modern diatomédatabank, som nyligen uppbyggs vid SGU. Dataarkivet är baserat på cirka 6 000 diatométaxa och innehåller deras taxonomiska data, samt uppgifter om olika ekologiska krav, presenterat i ett flertal parametrar.

Föreliggande rapport redogör för databankens uppbyggnad och funktioner, samt utgör en pilotstudie av dess användbarhet. De tidigare manuellt uträknade analysresultaten och diagrammen har jämförts med datorberäknade och ekologiskt grupperade plotterdiagram. Variationer i pH-värdet åskådliggörs med hjälp av en kurva uträknad enligt Renbergs formel.

Diatomédatabanken öppnar ett flertal nya användningsområden inom miljöforskningen. Det omfattande diatoméanalysarkivet (ca 7 500 analyser) vid SGUs mikropaleontologiska laboratorium kan utvecklas till ett värdefullt miljöhistoriskt centralarkiv för paleoekologiska data.

ABSTRACT

The aim of the project has been to trace tendencies of acidification in older sedimentary sequences. Palaeoecological data of environmental changes, during earlier interglacials, have been compared with the environmental development after the latest glaciation until modern times. Diatoms, siliceous microalgae, have been used as indicators of changing environmental conditions. The composition of diatom floras quickly responds to alterations in water chemistry and sedimentary conditions.

A literature survey of pH-studies has been compiled. It comprises: causes of acidification, methods to trace and verify acidification, and diatom analytical evidences of water acidification.

The tested results originate from 10 sedimentary sequences, (9 sites in Sweden and one in south-western Norway) earlier investigated by diatom analysis. Altogether about 100 analyses have been feeded into a modern computer system, which currently has been built up at the Geological Survey of Sweden. The computer system is based on c. 6 000 diatom taxa and comprises data on their taxonomy and different ecological requirements.

The present report describes the construction of the diatom data bank and its functions, representing a pilot study of its applicability. The results of earlier diatom analyses, which have been

manually calculated and presented in handdrawn diagrams, are compared with computer calculated, ecologically grouped and plotted diagrams. Variations in pH-values are shown as a plotted curve, calculated according to Renberg's formula.

The diatom data bank opens several new fields of applications within environmental research. The comprehensive archive of c. 7 500 diatom analyses at the micropalaeontological laboratory of the Survey, can be developed into a valuable central archive of palaeoecological data for studies of environmental changes and history.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Almer, B., Dickson, W., Ekström, C., Hörnström, E. & Miller, U., 1974: Effects of acidification on Swedish lakes. *Ambio* 3:30–36.
- Almqvist, E., 1974: An Analysis of Global Air Pollution. *Ambio* 3:161–167.
- Althuller, A.P., 1976: Regional Transport and Transformation of Sulfur to Sulfates in the USA. *Journal of the Air Pollution Control Ass.* 23:318–324.
- Andersen, S.T., 1966: Interglacial vegetational succession and lake development in Denmark. *The Palaeobotanist* 15:117–127.
- Andersen, S.T., 1969: Interglacial vegetation and soil development. *Medd. Dansk Geol. Foren.* 19:91–102.
- Arzet, K., Krause-Dellin, D. & Steinberg, C., 1986: Acidification of four lakes in the Federal Republic of Germany as reflected by diatom assemblages, cladoceran remains and sediment chemistry. M.Nijhoff/ W. Junk Publ. 227–250.
- Barrie, L.A., Whelpdale, D.M. & Munn, R.E., 1976: Effects of Anthropogenic Emissions on Climate: A Review of Selected Topics. *Ambio* 5:209–212.
- Battarbee, R.W., Flower, R.J., Stevenson, A.C. & Rippey, B., 1985: Lake acidification in Gallo-way: a palaeoecological test of competing hypotheses. *Nature* 314: 350–352.
- Battarbee, R.W. & Charles, D.F., 1986: Diatom-based pH reconstruction studies of acid lakes in Europe and North America. *Water, Air and Soil Pollution* 30: 347–354.
- Battarbee, R.W., Anderson, N.J., Appleby, P.G., Flower, R.J., Fritz, S.C., Haworth, E. Y., Hig-gitts, S., Jones, V.J., Kreiser, A., Munro, M.A.R., Natkanski, J., Oldfield, F., Patrick, S. T., Richardson, N.G., Rippey, B. & Stevenson, A.C., 1988: Lake Acidification in the United Kingdom. Palaeoecology Research Unit, University College London. 68 pp.
- Berge, F., 1976: Kiselalger og pH i noen elver og insjøer i Agder og Telemark. En sammenlikning mellom årene 1949 og 1975. SNSF-Project IR 18/76, Ås, 36 pp.
- Berge, F., 1979: Kiselalger og pH i noen insjøer i Agder og Hordaland. SNSF-prosjekt IR 42/79, Ås, 64 pp.
- Birks, H.J.B., 1986: Late Quaternary biotic changes in terrestrial and lacustrine environments, with particular references to north-west Europe. *In: Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeo-hydrology* (ed. B.Berglund): 3–65. IGCP Project 158 B.
- Bolin, B. & Person, C., 1975: Regional dispersion and deposition of atmospheric pollutants with particular application to sulfur pollution over western Europe. *Tellus* 27:281–310.
- Braekke, F.H.Ed., 1976: Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway. SNSF-project FR 6/76, Ås, 111 pp.
- Charles, D.F., 1984: Recent pH-history of Big Moose Lake (Adirondack Mountains, New York, U.S.A.) inferred from sediment diatom assemblages. *Int. Assoc. Theor. Appl. Limnol.*
- Charles, D.F., 1985: Relationships between surface sediment diatom assemblages and lake water characteristics in Adirondack lakes. *Ecology* 66:994–1011.
- Charlson, R.J. & Rodhe, H., 1982: Factors controlling the acidity of natural rainwater. *Nature* 295:683–695.
- Cholnoky, B.J., 1968: Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. *Lehre: Cramer*, 699 pp.

- Cogbill, C.V. & Likens, G.E., 1974: Acid precipitation in the Northeastern United States. *Water Resources Res.* 10:1133–1137.
- van Dam, H., 1987: Verzuring van vennen: een tijdsverschijnsel. (Acidification of moorland pools: a process in time.), *Doct. Thesis, Hugo de Vries-Lab., Amsterdam/Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum, Wageningen*, 175 pp.
- Davis, R.B., Smith, M.O., Bailey, J.H. & Norton, S.A., 1978: Acidification of Maine (U.S.A.) lakes by acidic precipitation. *Verh. Intern. Verein. Limnol.* 20:532–537.
- Davis, R.B. & Berge, F., 1980: Atmospheric deposition in Norway during the last 300 years as recorded in SNSF lake sediments, II. Diatom stratigraphy and inferred pH. In Drabløs, D. & A. Tollan (Eds.), *Ecological Impact of Acid Precipitation. Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid Precip., SNFR-Project, Oslo, Norway*: 270–271.
- Davis, R.B., Norton, S.A., Brakke, D.F., Berge, F. & Hess, C.T., 1980: Atmospheric deposition in Norway during the last 300 years as recorded in SNSF lake sediments, IV. Synthesis and comparison with New England. In Drablø, D. & A. Tollan (Eds.), *Ecol. Impact of Acid Precip. Proc., Int. Conf. Impact Acid Precip., SNSF-project, Oslo, Norway*: 274–275.
- Davis, R.B., Norton, S.A., Hess, C.T. & Brakke, D.F., 1983: Paleolimnological reconstruction of the effects of atmospheric deposition of acids and heavy metals on the chemistry and biology of lakes in New England and Norway. *Hydrobiologia* 113:103–123.
- Dickman, M., Dixit, S., Fortescue, J., Barlow, R. & Terasmae, J., 1983: Diatoms as indicators of the rate of lake acidification. *Water, Air, Soil Pollut.* 21:227–241.
- Dixit, S.S. & Dickman, M.D., 1986: Correlation of surface diatoms with the present lake water pH in 28 Algoma lakes, Ontario, Canada. *Hydrobiol.* 131:133–143.
- Ferm, M., Samuelsson, U., Sjödin, Å. & Grennfelt, P., 1984: Long-range transport of gaseous and particulate oxidized nitrogen compounds. *Atmospheric Environment* 18:1731–1735.
- Fjerdingstad, E., 1954: The subfossil algal flora of the lake Bölling Sö and its limnological interpretation. *Kongl. Danske Videnskab. Selskab. Biol. Skrifter* 7:1–56.
- Florin, M.-B., 1977: Late-glacial and pre-boreal vegetation in southern Sweden. 2. Pollen, spore and diatom analyses. *Striae* 5:1–60.
- Florin, M.-B., 1984: Något om kiselalger och kiselalgforskning. *Svensk Botanisk Tidskrift* 78:277–292.
- Flower, R.J., 1986: The relationship between surface diatom assemblages and pH in 33 Galloway lakes: some regression models for reconstructing pH and their application to sediment cores. *Hydrobiologia* 143:93–103.
- Flower, R.J. & Battarbee, R.W., 1983: Diatom evidence for recent acidification of two Scottish lochs. *Nature* 305:130–133.
- Flower, R.J., Battarbee, R.W. & Appleby, P.G., 1987: The recent palaeolimnology of acid lakes in Galloway, south-west Scotland: diatom analysis, pH trends and the role of afforestation. *Journal of Ecology* 75:797–824.
- Foged, N., 1950: Diatoms in Sorte Sö, en dystrof skovsö i Syd-Fyn. *Af Fyns flora og fauna* 3:1–90.
- Foged, N., 1968: Diatoms from a post-glacial core from the bottom of Esrom Sö. Denmark. *Medd. Dansk Geol. Foren.* 18:161–180.
- Foged, N., 1969: Diatoms in a postglacial core from the bottom of the lake Grane Langsö, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark.* 19:237–256.
- Gorham, E., Lund, J.W.G., Sanger, J.E. & Dean, W.E., 1974: Some relationships between algal standing crop, water chemistry, and sediment chemistry in the English Lakes. *Limnol. Oceanogr.* 19:601–617.
- Grahn, O., Hultberg, H. & Landner, L., 1974: Oligotrophication – a selfaccelerating process in lakes subjected to excessive supply of acid substances. *Ambio* 3:93–94.
- Granat, L., 1972: Deposition of sulphate and acid with the precipitation over northern Europe. *Inst. of Meteorology, Stockholm Univ. Report AC 20.* 30 pp.
- Granat, L., 1978: Sulphate in precipitation as observed by the European atmospheric chemistry network. *Atmospheric Environment* 12:413–424.
- Henriksen, A., 1979: Acidification of freshwaters – a large scale titration. SNSF-project FA 67/80. *Proc., Int. Conf. Ecol. Impact Precipitation* :68–74, Norway

- Holdren, G.R., Brunelle, T.M., Matisoff, G. & Whalen, M., 1984: The increase in atmospheric sulphur deposition in the Adirondack Mountains, *Nature* 311:245–248.
- Hongve, D., 1978: Buffering of acid lake by sediment. *Ver. int. Ver. Limnol.* 20:743–748.
- Hustedt, F., 1937–1939: Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra nach dem Material der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 15,131–177, 187–295, 393–506, 638–790 und 16: 1–155, 274–394.
- Huttunen, P. & Meriläinen, J., 1983: Interpretation of lake quality from contemporary diatom assemblages. *Hydrobiologia* 103:91–97.
- Huttunen, P. & Meriläinen, J., 1986a: A comparison of different pH indices derived from diatom assemblages. *Univ. Joensuu, Publ. of Karelian Inst.* 79:41–46.
- Huttunen, P. & Meriläinen, J., 1986b: Diatom response to pH and humic matter of the water. *Univ. Joensuu, Publ. of Karelian Inst.* 79:47–54.
- Iversen, J., 1958: The bearing of glacial and interglacial epochs on the formation and extinction of plant taxa. *Uppsala universitets årsskrift* 1958:6.
- Jones, V.J., Stevenson, A.C. & Battarbee, R.W., 1986: Land acidification and the land-use hypothesis: a mid-post-glacial analogue. *Nature* 322:157–158.
- Kaland, P.E., 1984: Holocene shore displacement and shorelines in Hordaland, western Norway. *Boreas* 13:203–242.
- Kaland, P.E., Krzywinski, K. & Stabell, B., 1984: Radiocarbon-dating of transitions between marine and lacustrine sediments and their relation to the development of lakes. *Boreas* 13:243–258.
- Kolbe, R.W., 1932: Grundlinien einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen. *Ergbn. d. Biol.* 8: 221–440.
- Lagerbäck, R. & Robertsson, A.-M., 1988: Kettle holes – stratigraphical archives for Weichselian geology and palaeoenvironment in northernmost Sweden. *Boreas* 17:439–468.
- Lowe, R.L., 1974: Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. *Environmental Monitoring Ser., U.S.E.P.A.-670 44-74-005*, Cincinnati, Ohio.
- Malmer, N., 1974: On the Effects on the Water, Soil and Vegetation of an Increasing Supply of Sulphur. SNV-rapport PM 402E. National Swedish Environmental Protection Board. 98 pp.
- Meriläinen, J., 1967: The diatom flora and hydrogen-ion concentration of water. *Ann. Bot. Fennici* 4:51–58.
- Miller, U., 1971a: Diatom floras in the interglacial sediments at Leveäniemi. In Lundqvist, J: The interglacial deposit at the Leveäniemi mine, Svappavaara, Swedish Lapland, *SGU C* 658:104–163.
- Miller, U., 1971b: Microfossils in the Quaternary layers at Tofthög, southern Scania. *Geol. Fören. Förhandl.* 93:507–524.
- Miller, U., 1973: Diatomundersökningar av bottenproppar från Stora Skarsjön, Ljungskile. *SNV Publikationer (Stockholm)* 4:42–60.
- Miller, U., 1977: Pleistocene deposits of the Alnarp Valley, southern Sweden – Microfossils and their stratigraphical application. Thesis 4. Dept. of Quaternary Geology, Lund univ., Lund, 125 pp.
- Miller, U., 1981: Diatom Analysis: A Method of Reconstructing Changes in the Sedimentation Environment. *PACT News* 9:40–52.
- Miller, U., 1982: Diatoms. In Olausson, E.: The Pleistocene/Holocene Boundary in South-western Sweden., *S.G.U. Ser. C, Nr.* 794:187–210.
- Miller, U., 1984: Något om diatoméer och diatoméanalys. *Fauna och flora* 79:181–186.
- Miller, U., 1986: An outline of the Nordic Natural Landscape in the Late Pleistocene. *Striae* 24:9–14.
- Miller, U., Modig, S. & Robertsson, A.-M., 1979: Geological Investigations in the Anundsjö Region, Northern Sweden. *Early Norrland* 12:1–106.
- Miller, U. & Robertsson, A.-M., 1979: Biostratigraphical Investigation in the Anundsjö Region, Ångermanland, Northern Sweden. *Early Norrland* 12:1–92.
- Miller, U. & Robertsson, A.-M., 1988: Late Weichselian and Early Holocene Environmental Changes in Bohuslän, southwestern Sweden. *Geographia Polonia* 55:103–111.

- Nilsson, S.I., Miller, H.G. & Miller, J.D., 1982: Forest growth as a possible cause of soil and water acidification: An examination of the concepts. *Oikos* 39:40–49.
- Norton, S.A., Davis, R.B. & Brakke, D.F., 1981: Response of northern New England lakes to atmospheric inputs of acids and heavy metals. Completion Report, U.S.O.W.R.T., Dept. Interior. Project A-048-ME, Wash. D.C., 90 pp.
- Nygaard, G., 1956: Ancient and recent flora of diatoms and chrysophyceae in Lake Gribsö. *Folia Limnol. Scand.* 8:32–94.
- Nömmik, H., & Wiklander, G., 1983: Syra/basverkan hos kvävegödselmedel använda vid skogsgödsling. SNV pm 1657. 24 pp.
- Odén, S., 1968: Nederbördens och luftens försurningsprocesser, dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer. SNF, Bull. 1:1–86, Stockholm.
- Ottar, B., 1976: Monitoring Long-Range Transport of Air Pollutions: The OECD Study. *Ambio* 5:203–206.
- Påsse, T., Robertsson, A.-M., Miller, U. & Klingberg, F., 1988: A Late Pleistocene sequence at Margareteberg, southwestern Sweden. *Boreas* 17:141–163.
- Renberg, I., 1976: Palaeolimnological investigations in Lake Prästsjön. *Early Norrland* 9:113–160, Stockholm.
- Renberg, I., 1986a: Varviga sjösediment i miljökontrollen. SNV Rapport 3038. 43 pp.
- Renberg, I., 1986b: A sedimentary diatom record of severe acidification in Lake Blåmissusjön, N Sweden, through natural soil processes. In: Smol, J. (ed.) *Diatoms and lake acidity*. M. Nijhoff/W. Junk Publ. pp 213–219.
- Renberg, I. & Hellberg, T., 1982: The pH history of lakes in southwestern Sweden. *Ambio* 11:30–33.
- Renberg, I., Hellberg, T. & Nilsson, H., 1985: Effects of acidification on diatom communities as revealed by analysis of lake sediments. *Ecological Bulletin (Stockholm)* 37:219–223.
- Robertsson, A.-M., 1986: The Diatom Flora of the Till-Covered Sediments at Pilgrimstad, Jämtland. *Striae* 24, 213–220.
- Robertsson, A.-M., 1988: Biostratigraphical Studies of Interglacial and Interstadial Deposits in Sweden. Reinvestigations of the stratigraphy at Pilgrimstad, Öje and Boliden, and studies of the new sites Margareteberg and Seitevare. Doctoral thesis. Dept. of Quaternary Research, Stockholm Univ. Report 10. 129 pp.
- Robertsson, A.-M. & Rodhe, L., 1988: A Late Pleistocene sequence at Seitevare, Swedish Lapland. *Boreas* 17, 501–509.
- Rosenqvist, I.Th., 1978: Alternative sources for acidification of river water in Norway. *The Science of the Total Environment* 10:3949.
- Schindler, D.W., 1980: Experimental acidification of a whole lake: A test of the oligotrophication hypothesis. In D. Drablös & A. Tollan: *Ecological impact of acid precipitation*, Sandefjord, Norway. 1980.
- Schoeman, F.R., 1973: A systematical and ecological study of the diatom flora of Lesotho with special reference to the water quality. Pretoria: V & R Printers, 355 pp.
- Seip, H.M. & Tollan, A., 1978: Acid precipitation and other possible sources for acidification of rivers and lakes. *The Science of Total Environment* 10: 253–270.
- Smol, J.P., Battarbee, R.W., Davis, R.B. & Meriläinen, J., 1985: Diatoms and lake acidity: Reconstructing lake pH from siliceous algal microfossil. W. Junk. Dordrecht.
- Smol, J.P., Battarbee, R.W., Davis, R.B. & Meriläinen, J., 1986: Diatoms and lake acidity. *Developments in Hydrobiology*, 29:1–307.
- Timberlid, J.A., 1980: Have changes in land use influenced the regional lake acidification? In D. Drablös & A. Tollan: *Ecological impact of acid precipitation*, Sandefjord, Norway. 1980:352–353.
- Tolonen, K. & T. Jaakola, 1983: History of lake acidification and air pollution studied on sediments in South Finland. *Ann. Bot. Fennici* 20:57–78.
- Troedsson, T., 1986: Sensitivity of Swedish Forest Soils to Acidification Related to Site Characteristics. National Swedish Environmental Protection Board. Report 3001, 52 pp.
- Turkia, J. & Huttunen, P., 1988: Diatoms of surface sediments in relation to lake acidity in Finland. Dept. of Quaternary Research, Stockholm Univ. Report 12, 99–102.

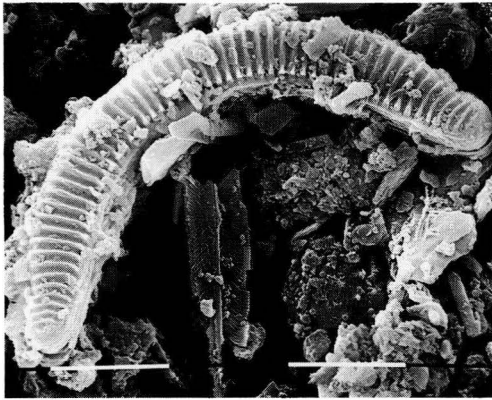
- Watt, W.D., Scott, D. & Ray, S., 1979: Acidification and other chemical changes in Halifax County lakes after 21 years. *Limnol. Oceanogr.* 24(6):1154–1161.
- Wright, R.F., 1977: Historical changes in the pH of 128 lakes in southern Norway over the period 1923–1976. SNSF Project TN 34/77. Oslo, Norway.
- Wright, R.F. & Gjessing, E.T., 1976: Acid Precipitation: Changes in Chemical Composition of Lakes. *Ambio* 5:219–223.
- Ökland, J. & Ökland, K.A., 1980: pH-level and food organisms for fish: Studies of 1.000 lakes in Norway. In D. Drablös & A. Tollan: *Ecological impact of precipitation.*, Sandefjord, Norway. 1980:326–328.

Plansch

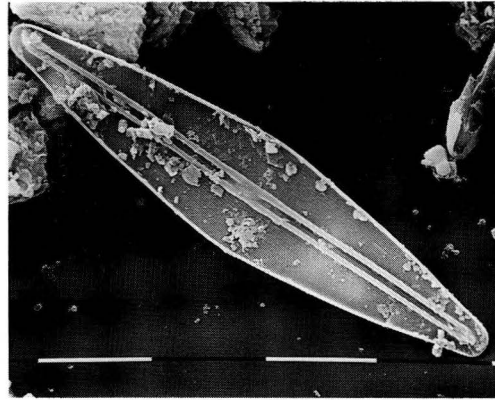
Acidobionta och acidofila diatoméarter (a–g), samt sotsfär (h) från den kraftigt försurade Stora Skarsjöns översta lösa bottenlam (0–2 cm).
Skalstreck = 10 μ (1/100 mm).

- a. *Amphicampa hemicyclus* (Ehrenberg) Karsten
- b. *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) de Toni
- c. *Anomoeoneis serians* (Brébison) Cleve
- d. *Tabellaria binalis* (Ehrenberg) Grunow. Mellanband.
- e. *Tetracyclus lacustris* Ralfs
- f. *Aulacoseira/Melosira distans* (Ehrenberg) Kützing
- g. *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing. Mellanband.
- h. Sotsfär, restprodukt av fossila bränslen, en bidragande försurningsfaktor.

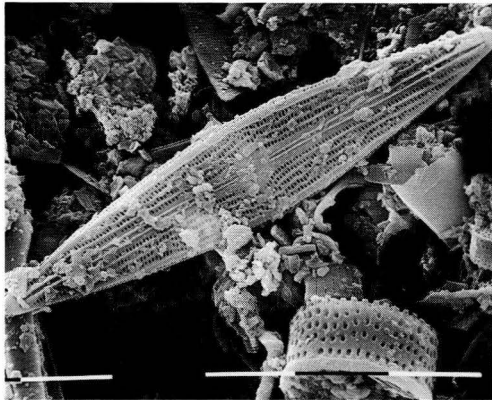
Bilder tagna med svepelektronmikroskop (SEM Philips 515) på Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet.



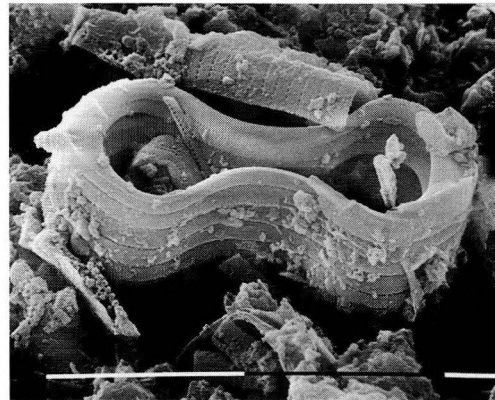
a



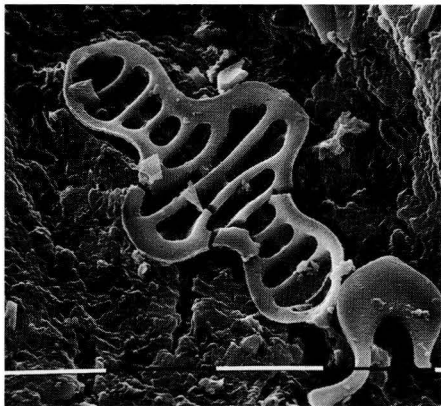
b



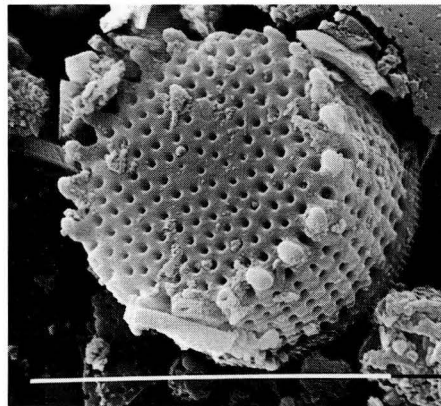
c



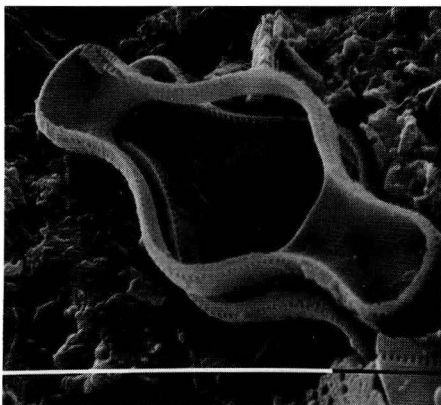
d



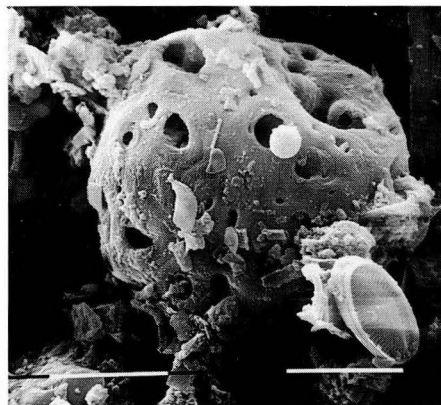
e



f



g



h

I SGU:s serie Rapporter och meddelanden har tidigare utgivits:

- *1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1—2. 1931.
- *2. **Sahlström, K. E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- *3. **Ödman, O. H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940—48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H. G., och Ericsson, B.** Grusutredningen -74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster — Försöksverksamhet. 1976.
- *6. **Knutsson, G., m fl.** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del 1 inventering. 1976.
- *7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O., och De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G., och Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. **Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L., och Persson, G.** Särtryck ur Ymer 1978 — Bebyggelsen och vattnet. 1978.
11. **Guy-Ohlson, D.** Jurassic biostratigraphy of three borings in NW Scania. (A brief palynological report.) 1978.
12. **Gustafsson, O., Andersson, J.-E., och De Geer, J.** Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. 1979.
13. **Hörnsten, Å.** Sand och övriga jordarter i Öresund. Kommentar till SGU:s maringeologiska karta över Öresund. (Under tryckning.)
- *14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
15. **Knutsson, G., Lindén, A., och Rudmark, L.** Grus- och moräntillgångar i Nybroregionen. 1979.
16. **Wilson, M. R., och Sundin, N. O.** Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden. 1960—1978.
17. **Karlqvist, L., och Qvarfort, U.** Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand — betonitskikt. 1980.
18. **Karlqvist, L., och Qvarfort, U.** Gruvhanterings inverkan på Bersboområdet, Åtvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M. R., och Åkerblom, G.** Uranium enriched granites in Sweden. 1980.
20. **Cato, I., och Engdahl, M.** Beskrivning till temakartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållanden erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanerade områden med lerjord.
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and ground-water recharge. 1980.
22. **Bergström, J., och Shalkh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarboring. 1981.
24. **Agrell, H.** Gotska Sandöns kvartärgeologi. (Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön in the Baltic.) 1981.
25. **Laufeld, S., (Ed.)** Proceedings of Project Ecostratigraphy Plenary Meeting, Gotland, 1981. 1981.
26. **Fredén, C., m fl.** Tuveskredet, 1977-11-30. Geologiska undersökningar. Särtryck av SGI Rapp. 11 B. 1981.
27. SWIM 81. Intruded and relict groundwater of marine origin. Proceedings of Seventh Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Sweden, 14—17 September 1981. 1981.
28. **Aastrup, M., Aneblom, T., Henriksson, B., och Persson, G.** PMK-grundvatten. Lägesrapport mars 1982. 1982.
29. Energigeologi. Exempel på verksamhet inom energisektorn vid SGU. April 1982.

30. Åkerblom, G., and Wilson, C. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
31. Bergström, J., och Shaikh, N. A. Malmer, industriella mineral och bergarter i Malmöhus län. 1982.
32. Ericsson, B., och Grånäs, K. SGU:s grusdataarkiv. 1983.
33. Sivhed, U. Upper Cretaceous Ostracodes from the Malen Limestone quarry and the river Stensån, southern Sweden. 1983.
34. Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg. Föredrag och inlägg från ett symposium i Uppsala den 17–18 mars 1983 anordnat av Sveriges geologiska undersökning och Svenska Gruvföreningen. O. Selinus (Red.). 1983.
35. Vanadin. 1984.
37. Andersson, M., och Ohlsson, S.-Å. Geokemisk kartering. 1984.
38. Lundqvist, Th. Färg- och teckenschema för SGU:s berggrundskartering. 1984.
39. Lindewald, H. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
40. Guy-Ohlson, D., och Malmquist, E. Lower Jurassic biostratigraphy of the Oppgård Bore No. 1, NW Scania, Sweden. 1985.
41. Andersson, M. Geokemisk kartering. Tungmineralanrikad morän. Kartbladen 15–16, C–D och 16–17, G. 1985.
42. Ressar, H., och Ohlsson, S.-Å. Geokemisk kartering. Bäcktorv. Bilaga: Beskrivning av de fjorton spårelementens exogena geokemiska kretslopp av John Ek. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
45. Shaikh, N. A., Samuelsson, L., Sundberg, A., och Wik, N.-G. Malmer, industriella mineral och bergarter i Älvsborgs län. 1986.
46. Fredén, C. Quaternary marine shell deposits in the region of Uddevalla and Lake Vänern. 1986.
47. Ahlberg, P. Den svenska kontinentalsockelns berggrund. 1986.
48. Ressar, H., Ohlsson, S.-Å., och Ekelund, L. Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Kalmar, Oskarshamn, Sundsvall och Wilhelmina. 1986.
49. Ressar, H., Ohlsson S.-Å., och Ekelund, L. Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Malmö och Sundsvall. 1987.
50. Shaikh, N. A., Persson, L., Sundberg, A., och Wik, N.-G. Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. 1989.
51. Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å. Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i Bäckvattenväxter. Översiktskartbladen Göteborg och Borås. 1988.
52. Gustafsson, O., Jonasson, S.A. och Andersson, C. Grundvattenundersökningar på Kristianstadslätten 1976–1987. 1988.
53. Andersson, M. Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
54. Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. 1989.
55. Shaikh, N.A., Karis, L., Snäll, S., Sundberg, A. och N.-G. Wik. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. 1989.
59. Andersson, M. Markgeokemiska kartan 16–18, G–I. 1989.
60. Ressar, H., Ekelund, L. och S.-Å. Ohlsson. Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.

* Utgången

Distribution
 LIBER DISTRIBUTION
 162 89 STOCKHOLM
 Tel 08-739 96 60

ISBN 91-7158-461-7
 ISSN 0349-2176