



Et profil med senglaciale aflejringer i Schleswig-Holstein

Øverst i profilerne i kalkbruddet ved Lieth nær Elmshorn i Schleswig-Holstein har man gennem en række år kunnet se senglaciale lag, mest som humusholdige horisonter. Som det ses på billedet, er der her tre horisonter, en øvre tydelig og to mindre tydelige, mellemljret af sand, der formodentlig er vindtransporteret.

Den øvre horisont er af Allerød alder i følge pollenanalyserne, de to underliggende repræsenterer formodentlig Bølling (den midterste) og en ældre 'varmetid', et interval, som sådanne svage spor omtales som. Den nedre horisont har været betegnet 'Meindorf-Interval' og skulle repræsentere en 'varmetid' ældre end Bølling.

Lignende aflejringer er ikke kendt i Danmark, men da lokaliteten ved Liet også ligger sydligere, er det ikke usandsynligt, at der på sådanne steder kan findes mere 'komplette' lagfølger for Senglacial-tiden end i Danmark. Måske er nogle af de sandede aflejringer i bunden af søbassinerne på Møn afsat på samme tid, som 'Meindorf-horisonten' blev dannet i Schleswig-Holstein.

Steen Sjørring



HEROVER SES ET 'FIRKLØVER'-SPORFOSSIL, SOM VI NU KENDER 3 AF FRA DANMARK. SPORFOSSILER KAN SE MEGET FORSKELLIGE UD, LÆS MERE HEROM I DETTE NUMMER.

PÅ HAVBUNDEN I STOREBÆLT FINDER MAN TRÆSTUBBE STÅENDE PÅ RODEN -HVOR GAMLE ER DE, OG HVAD FORTÆLLER DE OM TIDLIGERE TIDERS HAVNIVEAUER ?

VI BRINGER OGSÅ EN BESKRIVELSE AF TO SENGLACIALE SØAFLEJRINGER PÅ MØN, OG ENDELIG FORTÆLLES LIDT OM GLIMMER, SOM HØRER TIL BLANDT DE ALMINDELIGE BJERGARTSDANNENDE MINERALER.

Den hærdnede kalksten med 'firkløveret' på forsiden er 10 centimeter bred. Stykket er fotograferet af Christina Vildmand.

NY STRUKTUR: Fra 1.11.91 er strukturen ved Geologisk Centralinstitut, Københavns Universitet, blevet ændret. Tidligere bestod Centralinstituttet af fire institutter (for almen Geologi, for Mineralogi, for Palæontologi og Historisk Geologi, samt for Petrologi) og Geologisk Museum. Efter den nye struktur består Centralinstituttet nu af ét Geologisk Institut og Geologisk Museum.

NYE TIDER, men gamle priser: Redaktionen har besluttet, at abonnementsprisen for 1992 skal være 80,- kr også i 1992. VENT med at betale, indtil girokortet kommer, men betal så gerne SNAREST muligt derefter!

Ved henvendelse til VARV kan det ofte fremme ekspeditionen, hvis abonnementsnummer oplyses. Nummerkoden er trykt sammen med din adresse på bagsiden af bladet. De første fem cifre (02543) er VARVs nummer hos Postvæsenet, de næste fire cifre er dit personlige nummer.

VARVs redaktion ønsker alle en glædelig Jul og et godt Nytår!

— og Peter glæder sig til gensynet i 1992!



VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 33 11 22 32 Telefax: 33 11 46 37.

Telefoniske bestillinger og forespørgsler kan rettes til: Svend Pedersen og Steen Sjørring på ovenstående telefonnummer.

Skriftlige henvendelser og bestillinger ekspederes snarest muligt.

Redaktion: Svend Pedersen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Lena Madsen, Steen Sjørring og Vivianne Berg-Madsen (Sverige).

Renskrift: Lena Madsen og Steen Sjørring

Montage: Steen Sjørring

Repro: Tecno Color a/s, Esbjerg

Tryk: Johnsen+Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 80 kr i abonnement for 1991. Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80, eller 80 SEK til VARVs svenske postgirokonto: 4388-5.

Adresseændringer bedes meddelt VARV!

©1991 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.



Figur 2. Flintring i bryozokalken ved Kællingedal.

og i Tyskland er betegnelsen Sassnitzer Blumentopf det lokale navn. I disse tilfælde er det flinten, der har navnet, og ikke selve gravegangen.

I Norfolk i England har man fundet en flintkrukke med en flintring uden om. Det er ikke fundet ved Kællingedal endnu, men måske har vi blot ikke set godt nok efter.

Både flintringe og -krukker udvikles i de horisonter, hvor flintknolde normalt danner 'lag'. Gravegangenes passage gennem disse horisonter synes at have forstyrret den almindelige flintdannende proces, så der i stedet for 'lag' dannes ringe eller krukker.

Figur 3. En 'stabel' flintkrukker over hinanden i skrivekridt i Hemmoor, Tyskland. Foto: R. Bromley.



Ringe af Flint

af Steen Sjørring

Omkring 3 km øst for Hanstholm, lidt østligere end Kællingedal, kan man undertiden se faststående bryozokalk af Danien alder på den ydre del af stranden. Til tider er bankerne helt dækket med sand, men ganske ofte er de frilagte, så man der har en mulighed for at se et vandret snit i bryozokalkbanker (fig. 1).



Figur 1. De blotlagte bryozokalk-banker i vandkanten ved Kællingedal vest for Hanstholm.

I overfladen af bankerne ses stedvis nogle besynderlige ringformede strukturer, ofte helt cirkelformede med en diameter omkring 1 meter, og hvor selve 'cirklen' består af flint (fig. 2). Sjældnere kan man i centrum af cirklen iagttage et blyanttyndt mærke, men det er netop herfra, det hele tager sit udgangspunkt.

Det centrale punkt er mærket efter en gravegang, der kan være ganske dyb, og det er kemiske ændringer i forbindelse med gravegangen, der har medført, at flint bliver udskilt i nogen afstand fra gangen. Selve gravegangen har fået et navn, nemlig *Bathichnus paramoudrae* (på græsk betyder *bathus* dyb og *ikhnos* spor).

Paramoudra er den irske betegnelse for flintkrukker, som også er almindelig i skrivekridtet på Møn. I det engelske kridt kaldes de tilsvarende for Potstone,

Glimmer

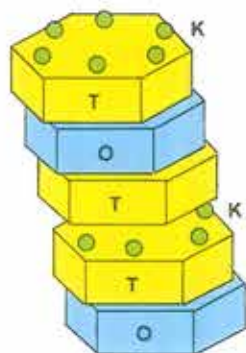
af Peter Stockmarr

Glimmerminerale er kendt af de fleste. I mange strandsten kan man se glimmer som små lyse eller mørke skinnende korn. De mest almindelige glimmerminerale er muskovit (også kaldet lys glimmer) og biotit (eller mørk glimmer). Både muskovit og biotit er almindelige bjergartsdannende mineraler, men foruden disse to, er der en lang række andre mineraler, der også hører til glimmergruppen, og det er den kemiske sammensætning i glimmerminerale, der bestemmer navnet.

Glimmerminerale er en gruppe under laggittersilikaterne. De er karakteriserede ved, at deres krystalgitter er opbygget omkring lag af SiO_4 -grupper. Disse grupper deler de tre iltatomer med naboerne, så basisenheden i laggittersilikater kan skrives som Si_2O_5 . Det skal bemærkes, at i de mest almindelige glimmerer er forholdet mellem silicium (Si) og ilt (O) ikke 2:5. Dette skyldes, at silicium, som har 4 positive ladninger (Si^{4+}) i gitteret erstattes med aluminium (Al), som kun har 3 positive ladninger (Al^{3+}). Den resulterende elektriske uligevægt udlignes ved at optage kalium (K^+) i krystallerne.



Figur 1. Aggregat af muskovitkrystaller. Foto: Ole Bang Berthelsen.



Figur 2. Meget skematisk skitse af glimmers opbygning.

Glimmermineraleerne er opbygget af lag, der ligger over hinanden i et velordnet mønster. Der er tre forskellige slags lag:

T: Lag af silicium (Si), aluminium (Al) og ilt (O), der er bundet til hinanden i tetraedre. I disse lag er der normalt 3 siliciumatomer for hvert aluminiumatom.

O: Lag af enten aluminium eller jern (Fe) og magnesium (Mg) samt ilt og hydroxylgrupper (OH). I muskovit finder man aluminium, mens der i biotit er jern og magnesium. Metalionerne er bundet til ilt og hydroxylgrupper i oktaedre.

K: Lag, der består af kalium (K). I lithiumglimmer er kalium erstattet af lithium (Li).

De kræfter, der binder K-lagene til T-lagene, er meget svage. Der er tale om de såkaldte van der Waals' kræfter, der kun er 1/10 så stærke, som de øvrige bindinger i krystallen. Det er denne svage binding, der forårsager den gode spalteslighed i glimmermineraleerne.



Figur 3. Flerfarvet muskovitkrystal med sekskantet form. Farvevariationerne skyldes kemiske variationer i krystallen. Foto: Ole Bang Berthelsen.



Flere runde flinteknolde

af Richard Bromley

I en tidligere artikel (Varv 1991-2) blev tre flinteknolde omtalt, med 'usædvanlige' indhold, dvs. to slags sporfossiler. Den ene type sporfossil (2 stykker) lignede i form en edderkop, den anden (unik) lignede et firkløver. Var der mon flere knolde af disse typer i amatørernes samlinger?

Vores efterlysning har båret frugt. Vi har nu kendskab til ialt 9 knolde af den første type og 4 firkløvere. Så kan det i hvert fald konstateres, at de ikke er så 'udsædvanlige' som vi troede. De bedste eksemplarer er afbilledet her.

Edderkop-flintene er alle runde, nogle lidt større end andre, og sporfossilet ligger centralt. Gangenes størrelse og tværsnit forandrer sig meget lidt, men arkitekturen er ret forskellig. Nogle radierer som de tidligere publicerede stykker, men andre er ret uregelmæssige. Ingen af dem er dog så velbevarede som de to tidligere publicerede eksemplarer, da de nye har meget kvarts krystalvækst i hulrummene, som skjuler detaljerne.

Derimod er de nye firkløver-fossiler meget velbevarede. De to der er afbilledet her (og på forsiden), er begge fundet i Geologisk Museums samlinger i København (af magister Floris), og de blev indsamlet i forrige århundrede. De sidder ikke i flinteknolde men består af let forkislet kalk, og er nok af Danien alder. Den bedste (se forsiden) ligner ekstremt meget de tidligere publicerede stykker, idet fire ténformede legemer er forbundet med en 'stilk'. I det andet eksemplar er 'stilken' opsvulmet og ligner lidt en femte tén, der giver det hele et 5-talligt blomster-agtigt udseende. Vi har heraf lært, at vi nok har hele fossilet bevaret og ikke kun et fragment som tidligere frygtet.

Hvis andre læsere har yderligere eksemplarer af disse to sporfossiler, er vi meget interesseret i at høre derom. Vi savner stadig et velbevaret, helt edderkop-spor, og da denne form ikke synes at være så ualmindelig, kan vi tillade os at være optimistiske. Vi kender stadig ikke noget til udenlandske forekomster af disse meget danske fossiler.

De afbildede stykker tilhører: (øverst t.v.): J. Plougmand, København, (øverst t.h.): Johannes Holm, Bramminge, (midten t.v.): Frederiksberg Studenterkursus, (midten t.h.): Virum Gymnasium, (nederst t.v.): Geologisk Museum, og nederst t.h.: ejeren er redaktionen ukendt.

Alle afbildede stykker er mellem 11 og 15 cm i diameter.

Muskovit, $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, krystalliserer monoklint og optræder tit tavleformede med en sekskantet grundflade. Farven kan variere fra helt lys til gule, brune og grønne nuancer. Hårdheden er 2–2,5, så den kan ridges med en negl. Muskovit har en perfekt spalteredning.

Muskovit har navn efter 'Moskva-glas', idet muskovit blev benyttet som glas i Zartidens Rusland. Ved forvitring omdannes muskovit til lerminerale, bl.a. til kaolinit.

Biotit, $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, krystalliserer monoklint og optræder oftest med en tydelig sekskantet grundflade. Farven er sort eller brunsort, men ren Mg-biotit kan dog være lys. Hårdheden varierer mellem 2,5 til 3, hvorfor biotit kun vanskeligt kan ridges med en negl. Biotit har en perfekt spalteredning. Biotit har navn efter den franske fysiker J.B. Biot. Ved forvitring omdannes biotit til chlorit, talk eller vermiculit.



Figur 4. Bøjet biotitkrystal. Ved kuglepennen er biotiten forvitret til chlorit. Endvidere ses udfældninger af jernoxider som rødbrune belægninger. Foto: Ole Bang Berthelsen.

Glimmere findes i magmatiske, metamorfe og sedimentære bjergarter. I magmatiske bjergarter viser tilstedeværelsen af glimmer, at der var vand til stede i smelten, inden den størknede. Muskovit forekommer kun, hvis smelten var rig på aluminium og fattig på jern og magnesium, da der ellers ville blive dannet biotit.

I granitiske pegmatitter er det muligt at finde muskovit- og biotitkrystaller på op til flere meters størrelse. I tilknytning til sådanne findes der ofte en del sjældne mineraler.

I sedimentære bjergarter er det dominerende glimmermineral muskovit. Det skyldes, at muskovit ved atmosfæriske forhold er væsentlig sværere at nedbryde end biotit. Bowens reaktionsserie kan også benyttes til at beskrive den relative stabilitet af forskellige mineraler. Jo højere et mineral står i figuren, des lettere

forvitret det under atmosfæriske forhold. Det ses, at biotit står 2 pladser højere end muskovit, hvilket betyder, at biotit forvitret lettere.



Figur 5. Bowens reaktionsserie viser rækkefølgen af de mineraler, der dannes ved aftagende temperatur i en smelte. Til venstre ses de mørke mineraler, der afløses hinanden et efter et, og til højre er plagioklaserne vist. Temperaturen aftager nedad.

I metamorfe bjergarter er der også mulighed for dannelse af biotit ud fra de fleste magmabjergarter og sedimentter, hvorimod muskovit fortrinsvis dannes ved metamorfose af lerbjergarter og optræder da ofte sammen med chlorit, granat eller biotit. Der findes tit kyanit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) sammen med muskovit. Ved kontaktmetamorfose kan der dannes sericit, der er finkornet muskovit eller muskovit-lignende mineraler. Ved denne omdannelse sker der en udludning af metaller fra bjergarten, og disse metalforbindelser kan afsættes på andre steder og således danne potentielle malmforekomster. Det er derfor en vigtig observation at fastslå, om der findes sericit i et område, da der således er mulighed for et malmlegeme i nærheden.

Nogle andre glimmermineraler

Lepidolit, $\text{K}(\text{Li},\text{Al})_{2-3}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, kendes på sin lyserøde farve og større hårdhed, der er 3–4. Bortset herfra er lepidolit vanskelig at skelne fra biotit. Lepidolit findes i granitiske pegmatitter sammen med albit, grøn turmalin og andre lithiummineraler som f.eks. spodumen. Lepidolit vokser ofte på muskovitkrystaller.

Phlogopit, $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F},\text{OH})_2$, er en magnesiumrig glimmer, der ligner biotit, men har lidt lavere hårdhed og en gulligbrun farve. Phlogopit optræder i metamorfe kalksten og i ultrabasiske bjergarter. Phlogopit er et almindeligt mineral i kimberlitter, hvilket er en af årsagerne til, at man anser phlogopit for at være et almindeligt mineral i Jordens øvre kappe.

Margarit, $\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, har hårdhed 4–5 og findes i aluminiumrige bjergarter sammen med corund (aluminiumoxid) og diaspor (aluminiumhydroxid).

Yderligere regnes en række mineraler med ret varierende kemisk sammensætning også til glimmermineralerne, det er bl.a. glaukonit, vermiculit og stilpnomelan.

Figur 4. En arkæolog undersøger en Stenalderboplads i en druknet skov på 8 meters vanddybde i Musholm Bugt. Foto: Peter Hauerbach.



stof-14 dateringer af stubbene foreligger endnu ikke).

Flere stubbe fra forskellig dybde i Storebælt er klar til at blive C-14 dateret. Det ser således ud til, at det faktisk vil kunne lykkes at skaffe en tæt sekvens af træstød fra ca. 31 meters dybde til lige omkring nuværende havniveau. Det vil kræve en betydelig indsats at nå så vidt. Lykkes det, vil man stå med en flot afprøvning af antagelsen om sammenhæng mellem 'skovdøden' og havstigningen i Storebælt – og i bekræftende fald med en meget nøjagtig dateret havstigningskurve for tidsrummet mellem 10.000 til 5000 før nu.

At dømme ud fra de foreløbige resultater tegner der sig allerede på nuværende tidspunkt så småt et mønster for havstigningen i det centrale Storebælt. For 9900 år siden passerende vandoverfladen 30 meters dybde, for 8100 år siden 11 meter og for 8000–7500 år siden 8 meter. Det svarer til en gennemsnitlig stigning på ca. 1 centimeter om året.

Havstigningen i Stenalderen var altså ikke specielt hurtig og voldsom. Heri adskiller den sig fra den oversvømmelseskatastrofe, der udspillede sig i det græske øhav ved Santorini vulkanens udbrud i Bronzealderen – en hændelse, som nok er ophav til myten om øen Atlantis, der forsvandt i havet på en nat og en dag (se Varv 1991 nr. 3). Til gengæld var der i Stenalderen tale om en oversvømmelse af anderledes og Verdensomspændende karakter. Den må blandt andet have opslugt vidtstrakte, frugtbare kystsletter i Mellemøsten. Måske er det mindelserne herom, der efter lang tids mundtlig overlevering er nedskrevet i Det gamle Testaments beretning om Syndfloden.

dybde. En sådan 'skovhugst' er så småt kommet i gang – blandt andet i forbindelse med anlæggelsen af den faste forbindelse over Storebælt.

Ved A/S Storebæltsforbindelsens sandsugning sydøst for Romsø ud for Kerteminde blev der i 1990 bjærget to velbevarede fyrrestubbe (fig. 2) fra ca. 30 meters dybde. Det er fastslået med sikkerhed, at de stod med rødderne plantede i den nuværende havbund. Den ene af dem er for nylig blevet dateret ved hjælp af C-14 metoden til en alder på 9900 ± 105 år. Hermed er der tale om det absolut ældste, daterede fyrretræ, der kendes fra Danmark.

Skiftet mellem istiden og den nuværende varmetid fandt sted for ca. 10.000 år siden. Stubbene fra Romsø stammer således fra den allertidligste del af varmetiden. Da der er tale om velvoksne skovfyr med brede årringe (fig. 3), vidner de om en meget hurtig klimaforbedring i årene umiddelbart efter istiden.



Figur 3. De brede årringe i fyrrestubbene fra Romsø vidner om gunstige vækstvilkår allerede i de første år af nuværende varmetid.

Et andet fascinerende træfund blev gjort af dykkere fra Skov- og Naturstyrelsen i 1987 i Musholm Bugt – ikke langt fra egestubbens voksested. Det var på lige omkring 8 meters dybde, hvor der få centimeter under havbundens sandoverflade viste sig en hel skov af tætstående stød. Der var både store og små træer (fig. 4), og flere forskellige træsorter var repræsenteret i denne havopslugte bevoksning. Ydermere lå der mængder af spor efter menneskers bosættelse mellem træerne. Tilsyneladende er der tale om en stor kystboplads, som – ud fra flinteredskabernes form – må have en alder på mellem 7500 og 8000 år. (Kul-



Figur 6. Op til kvadratmeter store biotitkrystaller i en tyk pegmatitgang ved Evje i Syd Norge.

Industriel anvendelse af glimmerminerale

Muskovit anvendes for tiden primært som elektriske isolatorer, og da det kan deles i meget tynde flager, kan det lægges ind i en del elektronisk udstyr, hvor man ikke kan anvende syntetiske materialer.

Små muskovitskæl benyttes også til at give tapeter silkeskær, og samme effekt kan opnås ved iblanding i farver og lak.

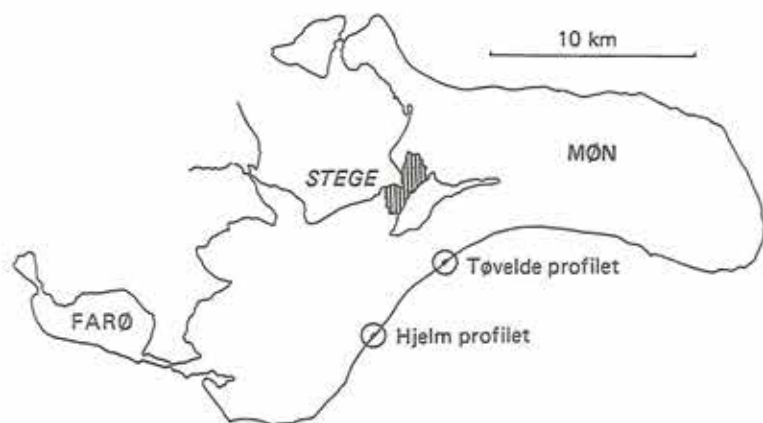
Biotit har ingen direkte industriel betydning, hvis der ikke forekommer større mængder af sjældne metaller. Disse kan være til stede på grund af biotits 'løse' krystalstruktur.

Senglaciale Søer

af Erik Otto Heiberg

Antallet af åbne profiler med senglaciale søaflejringer i Danmark er begrænset, men på Møns sydøst-vendte kyst kan minds to senglaciale søaflejringer ses i kystprofilerne. Den ene søaflejrung ligger ved Hjelm, mens den anden ligger lige vest for Tøvelde Stenen (fig. 1).

Lokaliteten ved Tøvelde (Tøvelde Stensø) er en klassisk lokalitet, men den har stort set været i glemmebogen i næsten 100 år, siden A.C. Johansen i 1904 publicerede sin disputats: *Om den fossile kvartære molluskfauna i Danmark og dens relationer til forandringer i klimaet*. Heri behandler han molluskfaunaen, og lokaliteten Tøvelde er en nøglelokalitet i arbejdet. Da der er mange lokaliteter i nærheden af Tøvelde, har jeg taget mig den frihed at omdøbe den til Tøvelde Stensø, da Tøvelde Stenen ligger lige ved og er indtegnet på de fleste kort.



Figur 1. Beliggenheden af de to kystprofiler med senglaciale søaflejringer på Møn.

Den lokalitet, A.C. Johansen behandlede, er den dybeste del af lavning I (L.I.1 - L.I.2) i figur 10. Det var den eneste blottede del, ca. 60 m langt, da han arbejdede på lokaliteten i 1897-98. I disputatsen opstillede han et temperaturforløb for Senglacial tid på baggrund af søaflejringeres indhold af muslinger og snegle. Disputatsen blev voldsomt kritiseret, især fordi der var mangelfuld viden om molluskernes biologi og udbredelsesforhold, centrale punkter, der netop er forudsætninger for temperaturforløbets rigtighed. Diskussionen ebbede efterhånden ud, og Johansens klimaforløb for Senglacial tid er stadigvæk aktuelt.

træstubbe. De fandtes både på den næsten plane bund i Musholm Bugt og hele vejen ned af østskråningen i den dybe Storebæltsrende i hvert fald til ca. 25 meters vanddybde. Oplysningen om træstød på den stejle skråning var især interessant. Her var det meget lidt sandsynligt, at træerne er gået ud og siden dækket af vandmættede lag ved helt lokal forsumpning af lavninger. Det måtte være vandstigningen i selve Verdenshavet, som var skyld i, at træerne gik ud et efter et, og at deres stubbe derefter blev bevarede.

Hvis denne antagelse var korrekt, måtte det altså være muligt at fastlægge havstigningens tempo ganske nøje. Der krævedes 'blot', at man inden for et begrænset område indsamlede og daterede et passende antal stubbe fra forskellig



Figur 2. To velbevarede, knap 10.000 år gamle stubbe af skovfyr. De har vokset sydøst for Romsø i Storebælt på et sted, som nu ligger 30 meter under havoverfladen. Foto: Søren Madsen, A/S Storebæltsforbindelsen.



Figur 1. En cirka 8100 år gammel træstub, som blev trawlet op fra sit oprindelige voksested 11 meter under nuværende havoverflade i Musholm Bugt i Storebælt.

Fiskeren havde fået en stor stub af et egetræ (fig. 1) med op i sit trawl. Den var trukket op fra 11 meters vanddybde i Musholm Bugt på østsiden af Storebælt. Dens gode bevaringstilstand viste, at træets nedre dele hurtigt efter dets død er blevet dækket af vandmættede, ilt- og bakteriefattige lag. I sådanne omgivelser har træstubbe næsten ubegrænset holdbarhed – med mindre mennesker griber ind. I det foreliggende tilfælde var det nedgravningen af den ene af de to naturgasledninger mellem Fyn og Sjælland, der havde blotlagt stubben.

Nærmere undersøgelser på Nationalmuseet viste, at stammen rummede knap 200 årringe, og at den var 8070 ± 115 år gammel (ukalibrerede C-14 år).

I følge fiskeren havde nedgravningen af gasledningen i Storebælt frilagt talrige

I det følgende beskrives de to søbassiner fra Møn, men først nogle bemærkninger om søer, moser og kransnålalger.

Søer og moser

Der er nogen forvirring omkring begreberne søer og moser. Det skyldes nok, at mange senglaciale søaflejringer er opkaldt efter de (yngre) moseaflejringer, hvorunder de senglaciale lag ligger. Der bør derfor skelnes mellem sedimenterne (søaflejringerne) og lokalitetens navn (efter den yngre mose). Et søsediment er aflejret i åbent vand. Ofte dominerer grovere sediment nær bredden, mens sedimentet bliver mere gytjeholdigt, hvor vanddybden er større. En moseaflejringer er derimod en bred-nær til lavvandet aflejringer, der domineres af plantedele som siv, mosser, blade og grene, der kan omdannes til tørv.

Kransnålalger

Kransnålalger er en gruppe alger, der er vigtige sedimentdannere i ferskvand sammen med vandplanten Vandaks. En slægt af kransnålalger, *Chara sp.* (se fig. 2) er specielt vigtig som sedimentdanner i kalkholdige søer i det østlige Danmark. Ved fotosyntese optager characealger CO_2 eller HCO_3^- fra vandet og udfælder kalk, dels i planten, men i særdeleshed uden på planten.

I den ydre del af den brednære zone dominerer slægten Vandaks (*Potamogeton sp.*), der også bidrager til sedimentationen af kalk, men mens Vandaks kun udnytter CO_2 , har characealgerne en fordel i en sø med hårdt vand, hvor der er mere HCO_3^- til rådighed end CO_2 .

Når algen dør og nedbrydes, bliver kalken liggende sammen med algens frugter (oogoner), der kan ses med lup og ligner miniature 'ris-papirlamper', enten hvide (med kalk på) eller direkte som frugtskaller, der er brune eller sorte (fig. 3).



Figur 2. Characealge med frugter (oogoner).

Foto: Christina Vilmand og Ole Bang Berthelsen.



Figur 3. Oogoner af *Chara* sp., her fra Allerød characekalk. De fleste er sorte, men der ses også enkelte med hvid kalkbelægning. Centralt i billedet ligger der en muslingekrebs (ostrakod). Nålesneglen øverst til venstre er en nutidig art, der lever i de ældre aflejringer. Denne snegl er ca. 6 mm lang. Foto: Christina Vilmand.

Kalken ligger tilbage, hvor algerne har vokset. Derfor er characekalk tykkere, hvor algerne har haft de bedste vækstbetingelser. Generelt er deres udbredelse begrænset af to faktorer: 1) Deres øvre udbredelse i en sø er styret af fysiske faktorer, som bølger og skygning fra rodfaste planter, og 2) Den nedre grænse betinges af, hvor dybt lyset kan trænge ned i vandet, og dette er igen styret af indholdet af næringsstoffer og af tilførslen af sedimenter til søen. Hvor lyset ikke længere kan trænge ned begynder blødbunden, som er uden vegetation.

Algerne trives bedst på lerede og siltede sedimenter, svarende til et roligt miljø. Kransalger er meget følsomme over for forurening (højt indhold af nærings-salte), og benyttes i vurderingen af forureningsniveauet i nuværende søer. Kransalger er nemlig nogle af de første, der forsvinder ved forurening i form af et højt indhold af næringsalte. Omvendt betyder tilstedeværelsen af characekalk, således at der har været et roligt sedimentationsmiljø med et relativt lavt indhold af næringsalte.



Træstubbe på havets bund - eller Syndfloden i Storebælt

af Anders Fischer

Da den sidste istids gletschere smeltede, steg Verdenshavet adskillige snese meter. Et gammelt kendt bevis for denne oversvømmelse er de træstubbe, som står flere steder på havbunden omkring Danmark – blandt andet i Storebælt. Dykkere går nu på hugst i disse stubskove for at skaffe nøjagtige oplysninger om tempoet i den Syndflodsagtige havstigning.

Gennem de senere år har danske arkæologer kunnet sætte havstigningen i begyndelsen af den nuværende varmetid i et menneskeligt perspektiv. Der er nemlig fundet et stort antal bopladser fra Stenalderen på bunden af de indre danske farvande. En række forbløffende velbevarede bosteder er således undersøgt 5–10 meter under nuværende havoverflade. Den foreløbige dybderekord for dykker-påvist Stenalder bopladser er sat af Skov- og Naturstyrelsens dykkere på 20 meter vand i Storebælt.

Nogle af de havopslugte Stenalder bopladser antyder, at havstigningen må være foregået forbløffende hurtigt. Som eksempel kan nævnes en boplads på 4–6 meters vanddybde på Argusgrunden nordøst for Lolland. Her fandt dykker-arkæologer et stenbrolagt ildsted få centimeter nede i havbundens sand. Trods oversvømmelsen lå aske og madrester endnu på plads. Ja, da sandet blev viftet væk, lå de forkullede grene fortsat i det nydeligste stjernemønster.

Selv om der gennem adskillige år har været arbejdet med spørgsmålet, er det fortsat uafklaret, hvor hurtigt havoverfladen steg, når det gik hurtigst. Ved en samtale i 1986 med en Storebæltsfisker, gik det op for forfatteren, at havbundens stubskove tilsyneladende vil kunne yde et vigtigt bidrag til besvarelsen af netop dette spørgsmål.

Den postglaciale sø

Et stykke ind i Postglacial tid, formodentlig for 7–8.000 år siden, blev lavningen igen vandfyldt, hvor vegetation er vandret ud over det brednære skalbælte, der indeholder næsten alle de arter af ferskvandsmollusker, vi kender fra den nutidige fauna. Ved efterfølgende faldende vandstand voksede lavningen helt til, og vegetationen blev efterhånden omdannet til den tørv, der ses i den laveste del af bassinet.



Figur 16. Nærbillede af lavning L.I.1 (se figur 13). Lige over hakken ses gråbrun gytje fra Ældre Dryas, et tyndt lag af characegytje og bladtørv fra Allerød følger over. Den midterste del af billedet (med en okkerbrun stribe i midten) er lergytje fra Yngre Dryas. Det godt 20 cm tykke, hvide lag over lergytjen er skalgrus af postglacial alder, der efterfølges af yngre tørveagtig jord i toppen af profilet.

Om søers udvikling

En sø's historie er betinget af 1) Hvordan sølavningen er opstået, 2) Hvad der er sket i og omkring søen, og 3) Udviklingen i søens opland. Dette afspejles direkte i søaflejringerne, men det er ikke helt ligetil at udrede udviklingen af senglaciale søer, fordi søbassinet ofte er udviklet samtidig med søen. Dette har tit været tilfældet for søbassiner, der er opstået som følge af bortsmeltning af dødis, hvor sedimentationen stedvis var begyndt, inden isen smeltede endelig bort. Stedvis kan man se, at der udvikledes muldlag i den jord, der dækkede dødisen, mens der fandt søsedimentation sted i de lavere områder uden om. Når så isen endelig smeltede bort, sank den muldprægede jord ned og ligger nu dybest i de centrale dele af søen. Sådanne forhold kendes blandt andet fra mange dødis-huller i Nordsjælland, hvor 'Allerød Muld' optræder almindeligt (se Varv 1983 nr. 2). Det kan således ikke forventes, at de samme sedimentære enheder kan følges gennem hele søbassinet.

Når søbassinet endelig er udviklet, bliver aflejringerne mere gennemgående, og forskelle i aflejringerne kan tolkes som ændringer i søens opland, tit som en reaktion på klimaændringer, der kan forårsage vandstandsændringer i søen, og/eller ændre den omgivende vegetations sammensætning og udbredelse.

Et andet forhold er vigtigt, nemlig om der har været adskillelse (springlag) mellem varmt overfladevand og koldt bundvand. Springlagets placering afhænger bl.a. af søens vindekspønering. Bundvandets temperatur på 4–8° styres af grundvandets temperatur, i dag 7–8°, der igen er afhængig af stedets gennemsnitstemperatur. I dele af Senglacial tid har temperaturen sikkert været lavere. Overfladevandets temperatur er derimod direkte bestemt af solens indstråling.

Et springlag medfører store forskelle i livsbetingelser: characekalk og skalgrus dominerer i den lyse zone over springlaget, mens sedimentationen på dybere vand består af kemisk udfældet kalk, kalk udskilt af alger, der lever i overfladevandet, og af døde alger og andet materiale, som synker til bunds og aflejres under springlaget.

Søen ved Hjelm

Den senglaciale søaflejrung ved Hjelm ligger ca. 14 meter over havniveau og ses nede fra stranden som to lyse, hvide striber, der kan følges over en strækning på ca. 25 meter (fig. 4). De senglaciale aflejringer er her blevet pollenanalyseret af Else Kolstrup i 1982. Der er en forskel mellem Kolstrup's og min opmåling, men det kan skyldes, at aflejringerne bliver tyndere ind mod land, og at kysterosionen har fjernet det opmålte profil fra 1982. Det er derfor nok den sidste rest af den senglaciale sø, der nu kan ses.

Lagfølgen kan opdeles i en række enheder, der her er sat sammen med de pollenanalytiske data. Denne korrelation er ikke strengt korrekt, men for overskuelighedens skyld er de jordartsmæssige grænser søgt henført til de pollenbestemte tidsafsnit, se tabel 1.



Figur 4. Profilet med senglaciale aflejringer ved Hjelm. De to lyse striber består af characekalk, der formodentlig repræsenterer Bølling (nederst) og Allerød (øverst). Tommestokken er 1 meter lang.

Dybde i cm	Lithologiske enheder	Formodet alder
0–30	Pløjelag	
30–115	Gytje, leret-siltet, grågrøn	Yngre Dryas
115–137	Characegytje, med lerlag	Allerød
137–175	Gytje, leret-siltet, grågrøn	Ældre Dryas
175–190	Characegytje, leret, lagdelt	Bølling
190–198	Sand, siltholdigt (flydejord)	Tidlig Dryas
198–?	Glaciale aflejringer	

Tabel 1. Skematisk oversigt over aflejringerne i den senglaciale sø ved Hjelm. Signaturene i den lithologiske søjle til venstre i tabellen er de samme, som er benyttet i figur 10 (for Tøvelde Stensø) på midtersiderne.

Allerød- og Bølling-sekvenserne er karakteriseret af et højt indhold af characekalk og et tilsvarende lavt indhold af minerogent materiale (se figur 5 og 6). Søen ved Hjelm ligger så højt, at den må forventes at have haft et begrænset opland. Sammenholdes dette med søens ringe størrelse, har den været meget føl-



Figur 15. Næbillede af den nedre senglaciale del i L.1.1 med Tidlig Dryas lag i bunden, der overlejres af dy (ved 5-6 cm på tommestokken) fra Bølling og Ældre Dryas gytje (mellem 6 og 8 cm). Herover følger characekalkgytje (8-10 cm) og brun bladtørv (10-12 cm), begge fra Allerød, dækket af Yngre Dryas gytje.

vokser et delta ud fra øst. Ude i søen aflejres lerede sedimenter med en molluskfauna, der svarer til den i søen ved Hjelm, men yderligere kan trepigget hundestejle og padder tilføjes.

Vandstanden falder til 5-6 meter ved overgangen til Allerød, hvor det dominerende sediment er characekalkgytje på lavere vand, mens der kun var beskeden sedimentation på det dybere vand (lavning 1), formodentlig betinget af et springlag i søen. Der kommer nye molluskarer til, bl.a. *Physa fontinalis*, der kræver klart vand, og *Anisus sp.* og *Acroluxus lacustris*, der lever på lavt vand, indtil 2 meters dybde. Af fisk er der fundet rester af gedde, aborre og karpefisk.

I slutningen af Allerød falder vandstanden til ca. 3 meter, hvorfor der kun aflejres sedimenter i bassinets dybere dele, mens der begynder en forsumpning i de øvrige dele af bassinet. Fra omgivelserne blæser der blade og andet plantemateriale ud i søen i et sådant omfang, at faunaen ikke kan omsætte det, og der dannes en organisk rig aflejring i form af dy og tørv.

I Yngre Dryas steg vandstanden til 6.5 meter, mens minerogent materiale atter blev skyllet ud i søen, og flere af fiskearterne samt characealgerne er forsvundet eller i det mindste ikke fundet i aflejringerne. Atter falder vandstanden for til sidst at udtørre søen helt.

Udviklingen starter i Tidlig Dryas med ustabile forhold med flydejord, som gled ud i bassinets vestlige del, mens der næsten samtidig voksede et delta ud fra øst i den nordøstlige del af den spæde sø. Herefter, i Bølling, aflejres der kun en lille smule minerogent materiale langs bredden af søen, der er så lavvandet, at jorddækkede dødispartier rager op i søen som øer. På disse øer og langs med søens bredder indvandrer en vegetation, der dels danner jordbund og dels omdannes til tørv, mens findelt humus (dy) aflejres mellem øerne og søens bredder i lavningerne L.I.1 og L.II.1, se figur 15. Samtidig hermed dannes 10-20 cm tørvemuld i L.I.2, nemlig på toppen af en af 'øerne' i den østlige del af lavningen, se fig. 14.



Figur 14. Profiludsnit fra L.I.2., hvor der i bunden ses en brunlig muldet tørv, som er dannet på den gamle landoverflade, da området var en ø i Bølling. Det lyse lag ved 20 cm mærket på tommestokken er characekalk efterfulgt af få centimeter brun bladtørv, begge dele fra Allerød. Herover følger lergytje fra Yngre Dryas. Øverst i profilet ses postglacial skalgrus. Se i øvrigt figur 10.

I sådanne aflejringer er det svært at bevare kalkskallede dyrs skeletter, men jeg har dog fundet en indre kalkplade fra en landsnegl af slægten *Limax* sp., der er en lille brun snegl, som ligner de almindelige skovsnegle. Dette underbygger, at det er en bred-nær aflejring.

Bølling-tiden afløses af Ældre Dryas, hvor den underliggende dødis langsomt smelter bort, og de tørveagtige jordbunde synker ned og oversvømmes. Vandstanden var dengang mindst op til 7.5 meter kurven. Søens bundtopografi er nu etableret, og dele af søen præges af flydejord langs med bredderne, og atter

som over for klimatiske ændringer og de deraf følgende vandstandsændringer, hvilket formodentlig også har været en stress-faktor for den flora og fauna, som har levet i søen. Både fauna og flora er her mere sparsom end i Tøvelde Stensø.



Figur 5. Nærbillede af den nedre del af de senglaciale lag i søen ved Hjelm. Det lyse lag i midten er characekalk fra Bølling, herunder ses rustne lag fra Tidlig Dryas samt glaciale lag. De øvre brune lag er fra Ældre Dryas. Parallelt med tommestokken ses lysegrå striber, tydeligst i de brune lag. Det er spor efter trærodde.



Figur 6. Nærbillede af den mellemste del af den senglaciale sø ved Hjelm. Det lyse lag i midten er characekalk fra Allerød, herunder lergytje fra Ældre Dryas og øverst i billedet gytje fra Yngre Dryas.

Udviklingen af den senglaciale sø ved Hjelm

Efter at området blev isfrit, og permafrosten havde sluppet sit greb, var jordoverfladen ustabil, da der ikke var megen vegetation. Denne periode prægedes af flydejord, der skred ned i lavningen (se fig. 4). Senere fyldtes lavningen med vand, og der aflejredes finere og finere sand, samtidig med at vegetationen bredte sig i omgivelserne. Dette skete i Tidlig Dryas.

Udviklingen fortsætter med en klimaforbedring, der er gunstig for vegetationen, som holder på jorden i området, hvorfor der kun er et ringe tilskud af minerogent materiale til søen. I denne Bølling periode er omgivelserne stabile, og de biologiske processer har nået et niveau, hvor udvaskning af kalk og næringsstoffer i oplandet er begyndt. Samtidig hermed dækkedes søbunden af characealger, og to muslingslægter (*Pisidium sp.* og *Sphaerium sp.*) og mindst en snegleslægt (*Lymnaea sp.*) indfandt sig, men livsbetingelserne har sandsynligvis ikke været så gode, da der kun er meget få eksemplarer til stede.



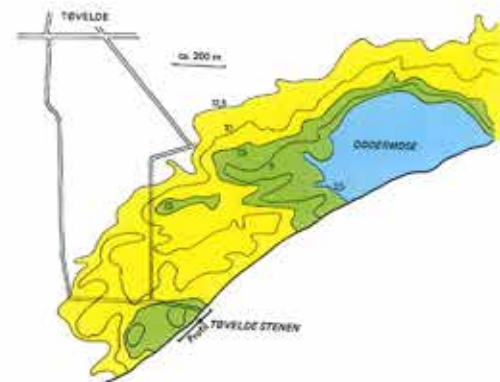
Figur 7. Skitse af bønne muslingen (*Sphaerium sp.*), der er op til 1 cm lang (til venstre), og af ærtemuslingen (*Pisidium sp.*), der bliver 7-8 mm lang (til højre).

Herefter, i Ældre Dryas, forværredes vækstbetingelserne for vegetationen, så der skete en fornyet erosion i oplandet og en forøgelse af indholdet af minerogent materiale i søen. Der var ingen characealger til stede, men begge muslingslægter var der dog stadigvæk. Da den nedre del af gytjelaget stadigvæk er kalkholdigt, tyder det på en fortsat udvaskning i oplandet, mens den øvre del er fattigere på kalk, tydende på en ringere udvaskning.

Det følgende characegytelag fra Allerød tid tyder på at oplandets vegetation igen er stabiliseret. Udvasningen har været kraftigere end i Bølling, da kalkindholdet i gytjen er større. Molluskfaunaen, nu igen med *Lymnaea sp.* er blevet yderligere udvidet med to nye slægter (*Valvata sp.* og *Gyrulus sp.*) og endelig er der også kommet fisk til. Denne fauna fortsætter uændret i resten af søens historie, der afsluttes med mere sandede lag (fra Yngre Dryas), hvor characealgerne er forsvundet. Søbassinet er nu fyldt op.

Tøvelde Stensø

Dette kystprofil kan følges over godt 175 meter (se fig. 1 og 12), og fremstår som fire mindre adskilte lavninger. Fra sydvest mod nordøst er den dybest liggende lavning (L.I.) omkring 50 meter bred. I denne lavning ses dækkende lag af Postglacial alder over et stykke på ca. 30 meter. Lavning II er i dag ca. 20



Figur 12. Skitsekort over de topografiske forhold omkring lokaliteten Tøvelde Stensø og Oddermose.

Udviklingen af den senglaciale sø ved Tøvelde Stenen

Denne sø adskiller sig fra søen ved Hjelm, idet den er større, den er dybere, og den har en lavere topografisk beliggenhed. Tøvelde Stensø's udvikling er langt mere kompleks, men den generelle klimaudviklings indvirkning på den omliggende vegetation og den heraf følgende sedimentation i søen lader sig dog afsløre, se fig. 10.



Figur 13. Lavning L.I. i Tøvelde Stensø. Se i øvrigt figur 10 og 16.



Figur 11. Snegle fra de seneglaciale lag. Øverst ses *Gyalus crista* og nederst *Acroloxus lacustris*. Ca. 3 x naturlig størrelse. Foto: Christina Vilmand.

meter bred og lavning III næsten 35 meter. Lavning IV, der ligger nordøst for stien ned til stranden, er næsten 20 meter bred.

Den topografiske afgrænsning ind mod land følger omtrent 7.5 meter kurven, således at søområdet er ca. 400 meter langt i retning SV–NØ og omkring 150 meter bredt vinkelret på kysten. Længst mod vest ses en mose (gammel tørvegrav), og lidt længere mod øst følger lavning I, der har omtrent samme størrelse. Disse to lavninger er de laveste dele af den oprindelige sø, der her har haft en vanddybde på mellem 5 og 7.5 meter, da vandstanden stod højest, men der er ikke noget i vejen for, at vandstanden kan have været så højt oppe som til 10 meter kurven, hvorved vandet så kunne have stået i forbindelse med Oddermose 1 km længere mod nordøst, så søsystemet har været større, end det synes i dag (fig. 12).

Der er opmålt så komplette lagfølger i de fire lavninger som muligt, og lavningernes indbyrdes sammenhæng er vist i figur 10. Det generelle billede er, at de ældste og mest brednære aflejringer findes i lavning IV. De yngste aflejringer, samt de aflejringer, der er aflejret på dybest vand, ses derimod i lavning I. Opdelingen i forskellige lavninger må ses som et resultat af forskellige erosionsnit langs kysten.



Figur 8. Snegle fra de seneglaciale lag. I øverste række ses den spiraloprullede *Anisus contortus*, i midten *Valvata piscinalis* og nederst *Lymnaea pereger*, der er ca. 10 mm lang. Foto: Christina Vilmand.



Figur 9. Snegle fra de seneglaciale lag. I øverste række *Physa fontinalis*, i midten *Valvata cristata* og nederst *Gyalus albus*. Sneglene er vist i omtrent dobbelt størrelse. Foto: Christina Vilmand.

Figur 10. Lithologiske søjler fra Tøvelde Stensø, hvor rastesignaturen angiver jordartstyper, og samme farver angiver, at disse lag er dannet på samme tid.

I lavning L.I. er næsten alle enheder repræsenterede, og den opmålte lagfølge er vist i tabellen til højre.

Lavning L.II. ligger højere end lavning L.I. og adskiller sig fra denne ved at have den største fundne mængde af characekalk fra Allerød samt største mængde af gytje fra Yngre Dryas. Til gengæld mangler det tynde lag af bladtørv fra Allerød, der er vist i fig. 14 og 15. I lavning L.II (og L. III.) indgår der endvidere flydejord.

Lavning L.III ligger endnu højere i terrænet end lavning L.I. og L.II. Her mangler organiske lag fra Bølling, der her er repræsenteret ved sandede lag. Lavning L.IV., der ligger højest, nemlig op til 7.5 meter kurven, indeholder den mest minerogene sekvens, svarende til, at vi her er meget tæt på bassinets kant.

Signaturer: 1. tørv, 2. dy, 3. characekalkgytje, 4. lergytje, 5. sand, 6. groft sand, 7. flydejord og 8. moræneler.

Farver: Gult: Postglaciale aflejringer, Grønt: Yngre Dryas, Rosa: Allerød, Violet: Ældre Dryas, Blåt: Bølling, Orange: Tidlig Dryas.

Dybde i cm	Lithologiske enheder	Formodet alder
0–30	Pløjelag og omdannet tørv	Postglacial
30–50	Kalkgytje og skalgrus	
50–51	Driftgytje	
—	Hiatus: aflejringer mangler	
51–99	Gytje, leret, grågrøn	Yngre Dryas
99–102	Bladtørv, leret, lamineret, mørk	Allerød
102–104	Characegytje, hvidgul	Ældre Dryas
104–107	Gytje, leret, grågrøn	
107–108	Gytje, humusholdig, sort	Bølling
108–114	Ler, sandet med svag rodhorisont	Tidlig Dryas
114–?	Glaciale aflejringer	

