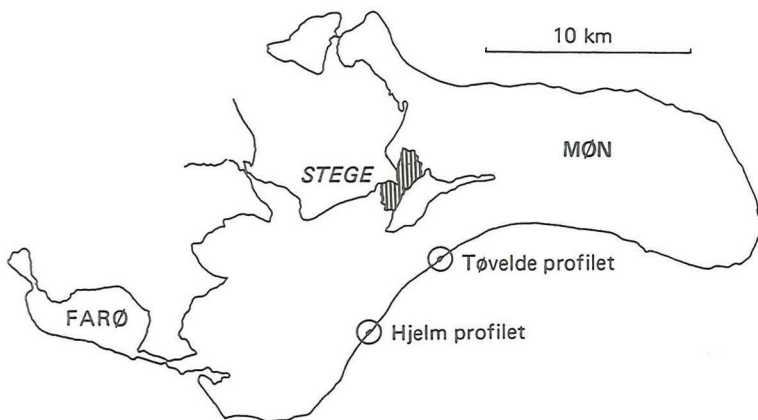


# Senglaciale Søer

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 søaflejring 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.

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 moseaflejrings er derimod en bred-nær til lavvandet aflejrings, 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 speciel vigtig som sedimentdanner i kalkholdige søer i det østlige Danmark. Ved fotosyntese optager characealger  $\text{CO}_2$  eller  $\text{HCO}_3^-$  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  $\text{CO}_2$ , har characealgerne en fordel i en sø med hårdt vand, hvor der er mere  $\text{HCO}_3^-$  til rådighed end  $\text{CO}_2$ .

Når algen dør og nedbrydes, bliver kalken liggende sammen med algens frugter (oogoner), der kan ses med lup og ligner miniature 'rispapirlamper', 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 tykkest, 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. Kransålgler er meget følsomme over for forurening (højt indhold af nærings-salte), og benyttes i vurderingen af forureningsniveauet i nuværende søer. Kransålgler er nemlig nogle af de første, der forsvinder ved forurening i form af et højt indhold af næringssalte. Omvendt betyder tilstedeværelsen af characekalk, således at der har været et roligt sedimentationsmiljø med et relativt lavt indhold af næringssalte.

### 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 vindeksponering. Bundvandets temperatur på  $4-8^{\circ}$  styres af grundvandets temperatur, i dag  $7-8^{\circ}$ , 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 søaflejrning 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. Signaturerne 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-

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 sen-glaciale 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 sen-glaciale 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 mineralmateriale 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 bønnemuslingen (*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 mineralmateriale 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 characegytjelag 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 8. Snegle fra de senglaciale 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 senglaciale lag. I øverste række Physa fontinalis, i midten Valvata cristata og nederst Gyralus 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.

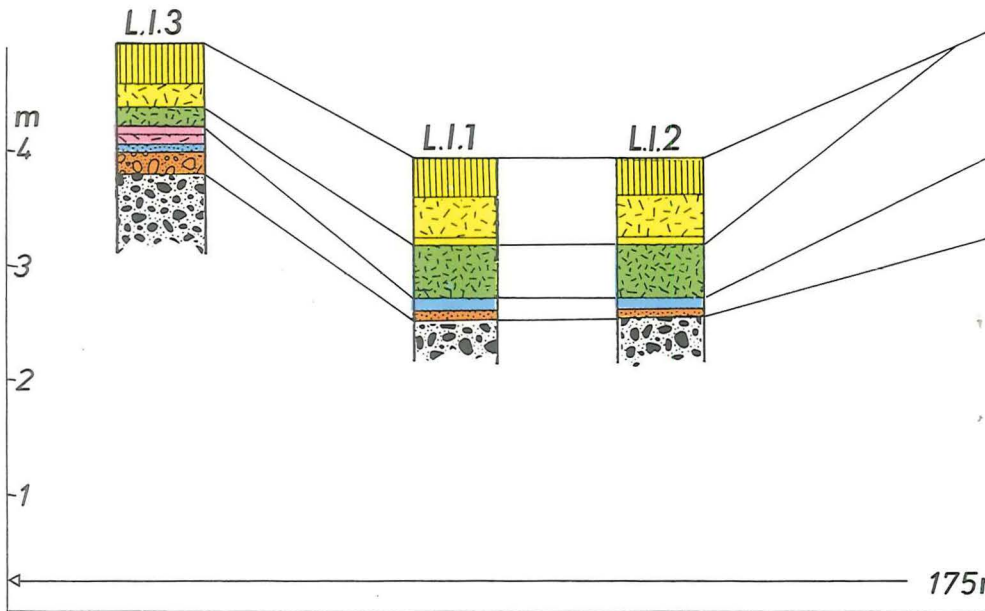
I lavning L.I. er næsten alle enheder repræsenterede, og den opmålte lagfølge er vist i tabellen til højre.

Lavning L.II. ligger højere end lavning L.I. og adskiller sig fra denne ved at have den største fundne mægtighed af characekalk fra Allerød samt største mægtighed 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.

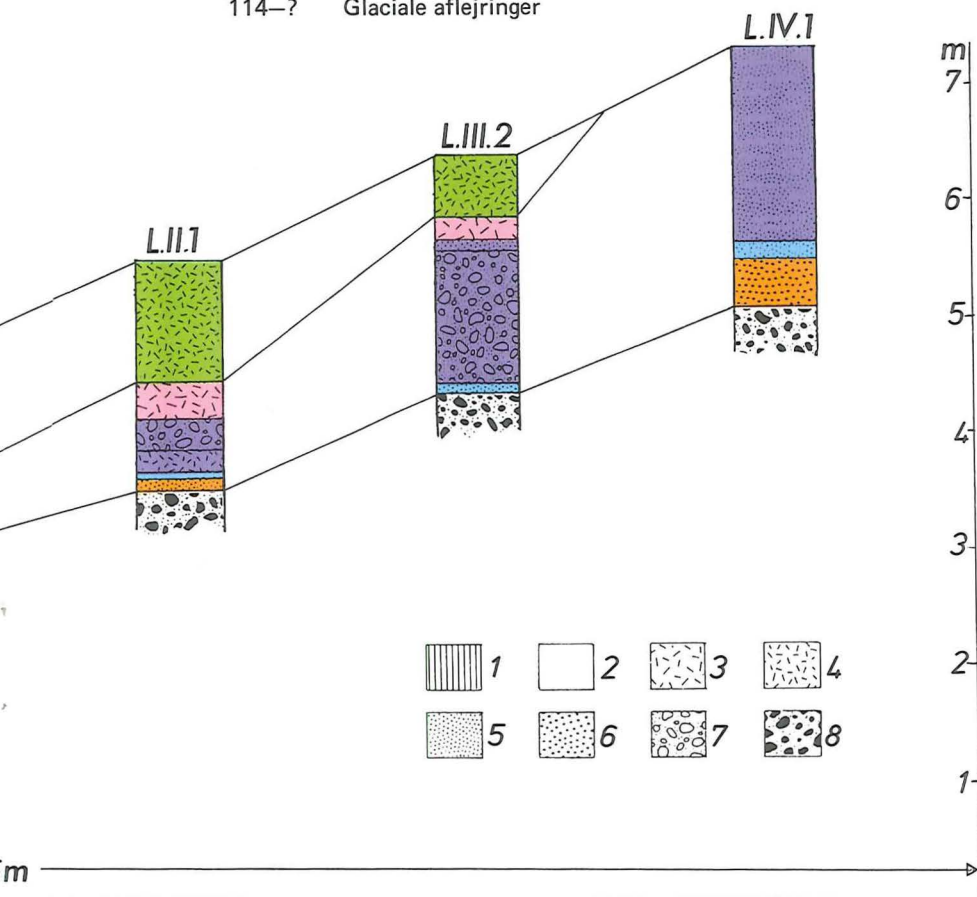
Lavning L.III ligger endnu højere i terrænet end lavning L.I. og L.II. Her mangler organiske lag fra Bølling, der her er repræsenteret ved sandede lag. Lavning L.IV., der ligger højest, nemlig op til 7.5 meter kurven, indeholder den mest minerogene sekvens, svarende til, at vi her er meget tæt på bassinets 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	
30–50	Kalkgytje og skalgrus	Postglacial
50–51	Driftgytje	
—	Hiatus: aflejringer mangler	
51–99	Gytje, leret, grågrøn	Yngre Dryas
99–102	Bladtørv, leret, lamineret, mørk	Allerød
102–104	Characegytje, hvidgul	
104–107	Gytje, leret, grågrøn	Ældre Dryas
107–108	Gytje, humusholdig, sort	Bølling
108–114	Ler, sandet med svag rodhorisont	Tidlig Dryas
114–?	Glaciale aflejringer	



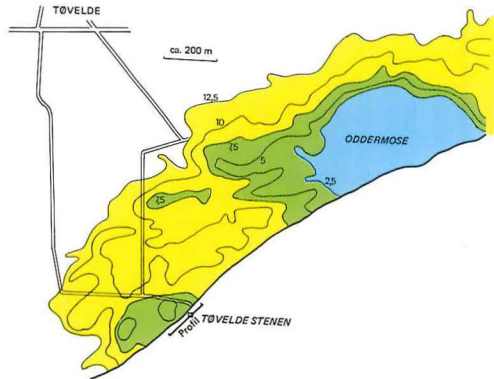


*Figur 11. Snegle fra de sen-glaciale lag. Øverst ses Gyalus crista og nederst Acroloxus lacustris. Ca. 3 x naturlig størrelse. Foto: Christina Vilmand.*

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 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.*

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.

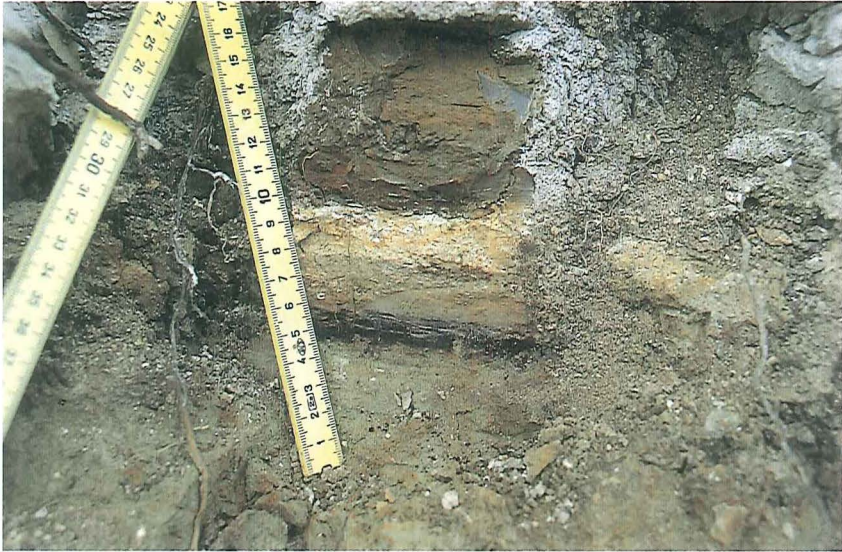


Samtidig hermed dannes 10-20 cm tørvemuld i L.I.2, nemlig på toppen af en af 'øerne' i den østlige del af lavningen, se fig. 14.

*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



Figur 15. Nærbillede 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 beskedent 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 karpesfisk.

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.

### 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.*