

Mikromorfologiske træk af et jordbundsprofil i moræneler

ALBERT FOBIAN



Fobian, A.: Mikromorfologiske træk af et jordbundsprofil i moræneler. *Dansk geol. Foren., Arsskrift for 1981*, side 29–44, København, 15. juli 1982.

Some micromorphological features of a soil profile are described. The soil (Mollic Hapludalf) is formed in calcareous clayey till (Weichselian). The profile is situated on the island of Hjortholm, Stavns Fjord, Samsø, and there the soils have never been cultivated. The investigations include description of thin sections as well as grain size analyses and selected chemical analyses, on the basis of which the profile formation is interpreted. In the A-horizons the eluviation of clay-size particles has reached a provisional limit and the fabric is classified as clustered vughy agglomeroplasmic-like fabric. In the B-horizons accumulation of illuvial clay-size particles is a significant feature and the fabric is cutanic (ferri-argillans) channelled vughy crazed skeleptic fabric. In the calcareous C-horizon an enrichment of secondary calcium carbonate occurs and the fabric is cutanic (calcitans) vughy jointed silaseptic fabric. The joint planes are assumed to have been formed as a result of contraction of the plasma caused by expansion of ice lenses during the period of arctic climate. Consequently, the internal drainage of the profile has been improved and the soil forming processes have been promoted. In time accumulation of clay-size particles in the B-horizons and accumulation of secondary calcium carbonate in the C-horizon are expected to reduce the internal drainage of the profile and bring about a seasonal water table which will result in a change in the profile characteristics.

Albert Fobian, Institutet for Teknisk Geologi, Danmarks Tekniske Højskole, 2800 Lyngby. 18. februar 1982.

Studiet af jordbundsprofiler – og ukonsoliderede sedimenter i øvrigt – har indtil for forholdsvis få år siden langt overvejende været baseret på udtagning af poseprøver og efterfølgende homogenisering af disse gennem smuldring og evt. knusning med henblik på fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser. Med fremkomsten af bedre metoder til indstøbning og fremstilling af tyndslib af selv tætte lerbjergarter er det også blevet muligt at studere jordpartiklernes rumlige ordning.

Med henblik på fremstilling af tyndslib af prøver fra et jordbundsprofil udviklet i moræneler, blev der i efteråret 1968 udtaget en serie intakte prøver fra et af de profiler (nr. 17), der blev beskrevet i forbindelse med et forsøg med pedologisk kortlægning udført på øen Hjortholm i Stavns Fjord, Samsø (Fobian, 1976). Arbejdet med fremstilling af tyndslibene var imidlertid så tidsrøvende, at beskrivelsen af dem på daværende tidspunkt måtte opgives. Arbejdet er senere blevet udført lejlighedsvis.

For at fremstille tyndslib af løse jordarter er det nødvendigt, at disse bindes fast sammen gennem imprægnering og hærkning. Grundlaget for denne proces blev lagt af Ross i 1924. Senere er mange

metoder blevet udviklet, ligesom mange forskellige imprægneringsmidler er blevet anvendt. Det var dog først, da anvendelsen af umættede polyester resiner blev indført i årene 1953–1956, at udviklingen tog fart (Jongierius & Heintzberger, 1963). I dag anvendes mikromorfologisk teknik inden for en lang række forskningsgrene herunder pedologi, jordbundsbiologi, palæopedologi, kvartærgeologi, sedimentologi, geoteknik, arkæologi o.a., hvor viden om jordpartiklernes fysiske ordning i naturen kan have central betydning. Publikationer fra International Working-Meeting on Soil Micromorphology (Jongierius, 1964 og Rutherford, 1974) giver eksempler herpå. Artikler om mikromorfologiske emner publiceres løbende i pedologiske tidsskrifter, f.eks. i *Geoderma*.

Herhjemme blev mikromorfologisk teknik taget op på et forholdsvis tidligt tidspunkt, idet Haarlov og Weis-Fogh (1953) publicerede en metode, efter hvilken der kan fremstilles $\frac{3}{4}$ mm tynde snit af en indstøbt prøve med henblik på jordbundszoologiske studier. Inden for de senere år er mikromorfologisk teknik anvendt i forbindelse med studier af jordbundsprofiler ved Engsvang på Neder Julianehede (Baastrup, Dals-

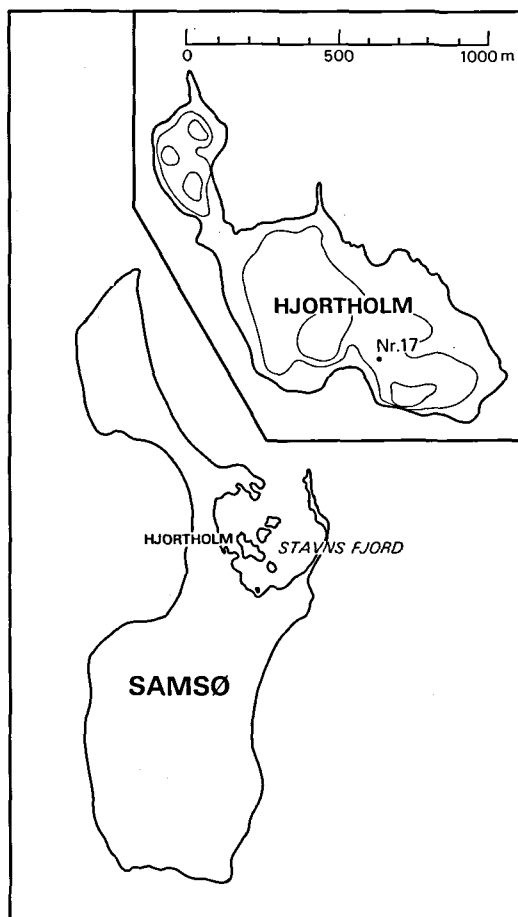


Fig. 1. Samsø med Stavns Fjord og Hjortholm. Indsat i højre hjørne ses Hjortholm og beliggenheden af profil nr. 17.

Samsø with Stavns Fjord and location of Hjortholm. In the upper right corner Hjortholm and location of profile no. 17.

gaard og Petersen, 1977) og ved Rønde (Baastrup, 1979).

Undersøgelser af varierende danske udgaver af samme jordbundstype, som dette arbejde omhandler, er bl.a. udført af Schlichting og Blume (1961 a, 1961 b og 1962), Blume (1963), Fobian (1966), Faizy (1973), Holstener-Jørgensen (1973), Møberg (1975) og Madsen (1979). Alle disse undersøgelser er udført ved hjælp af fysiske, kemiske og mineralogiske analysemetoder baseret på homogene prøver.

En beskrivelse af et jordbundsprofil kan gennemføres mere eller mindre detaljeret. Nogle karakterer giver sig bedst til kende ved makroskopisk observation, andre kræver hjælpemidler,

der spænder fra en lup over stereomikroskop, polarisationsmikroskop til – for specielle formål – elektronmikroskop. Denne undersøgelse omfatter en makroskopisk standardbeskrivelse af det undersøgte profil samt beskrivelse af tyndslib ved hjælp af polarisationsmikroskop med henblik på at undersøge de faste jordpartiklers rumlige ordening og de tilknyttede hulrum (soil fabric, Brewer, 1964). Formålet med artiklen er at redegøre for nogle af de karakterer, der kan ses i tyndslibene vedrørende profilets udvikling, samt ved hjælp af figurer at give eksempler på de forekommende hulrum og deres fordeling.

Omgivelserne

Hjortholms beliggenhed i Stavns Fjord, Samsø, fremgår af fig. 1. Øen består af moræne- og smeltevandsaflejringer fra sidste istid (Weichsel) samt postglacialt marint forland. Terrænoverfladen er småbølget, hvor højeste punkt når op til godt 26 m o.h., mens den moræneflade, der især har interesse i denne forbindelse, hovedsagelig ligger mellem 3 og 7 m o.h. Aflejringerne varierer meget inden for selv forholdsvis korte afstande, og ofte er moræneaflejringerne overlejret af lokalt forekommende aflejringer af smeltevands-sand og -ler. De lavest liggende områder inden for morænefladen er overlejret af postclaciale tørve- og gytjeaflejringer, hvis overflade overvejende forekommer mellem 2 og 3 m o.h.

I Samsø-området ligger gennemsnittet for temperatur og nedbør i perioden 1931–60 således (Lysgaard, 1968):

	temperatur C°	nedbør mm
hele året	8°	500–600
for januar	0–+0,5	40–50
for juli	16,5–17,0	60

Den vegetationshistoriske udvikling må antages at have fulgt samme retningslinier på Hjortholm som for det øvrige Danmark; men Hjortholm har aldrig været under plov, hvorfor øen indtager en særstilling i forhold til så langt størstedelen af det øvrige land. Den indflydelse mennesket har øvet på jordbundsdannelsen er af indirekte karakter og hovedsagelig begrænset til ændring af den naturlige vegetation, blandt andet ved hjælp af kreaturhold helt tilbage fra det 16. århundrede og op til i dag (Christensen, 1976).

Profilets beliggenhed

Profilets omtrentlige beliggenhed fremgår af fig. 1. Ifølge det lokale koordinatnet for Hjortholm har den beskrevne profilvæg koordinaterne N. 1,00; Ø. 65,00–66,00.

Terrænoverfladen ligger ca. 5,5 m o.h. og hældes 2–3° i vestlig retning. Profilet er beliggende inden for et område, der må antages at have hørt til en boplads i ældre stenalder (Ertebølleltid, 4.500–3.000 f.Kr.); men bopladsen har formentlig kun været beboet gennem kortere tid, hvorfor der i denne forbindelse ses bort herfra.

Vegetationen består af overdrevsvegetation,

som måske i nogen grad er præget af lævirkningen fra et buskads, der overvejende består af tjørn og som i 1968 forekom 6–8 m fra det beskrevne profil.

De naturlige dræningsforhold er præget af terrænoverfladens forholdsvis lave beliggenhed. I oktober 1968 målt vandspejl ved 2,5 m u.t., og ved en supplerende undersøgelse i november 1980 målt vand ved 1,5 m u.t. At dømme efter profilets karakterer iøvrigt, må langvarig til vedvarende vandmætning skønnes at forekomme inden for 2,5–3,5 m u.t.

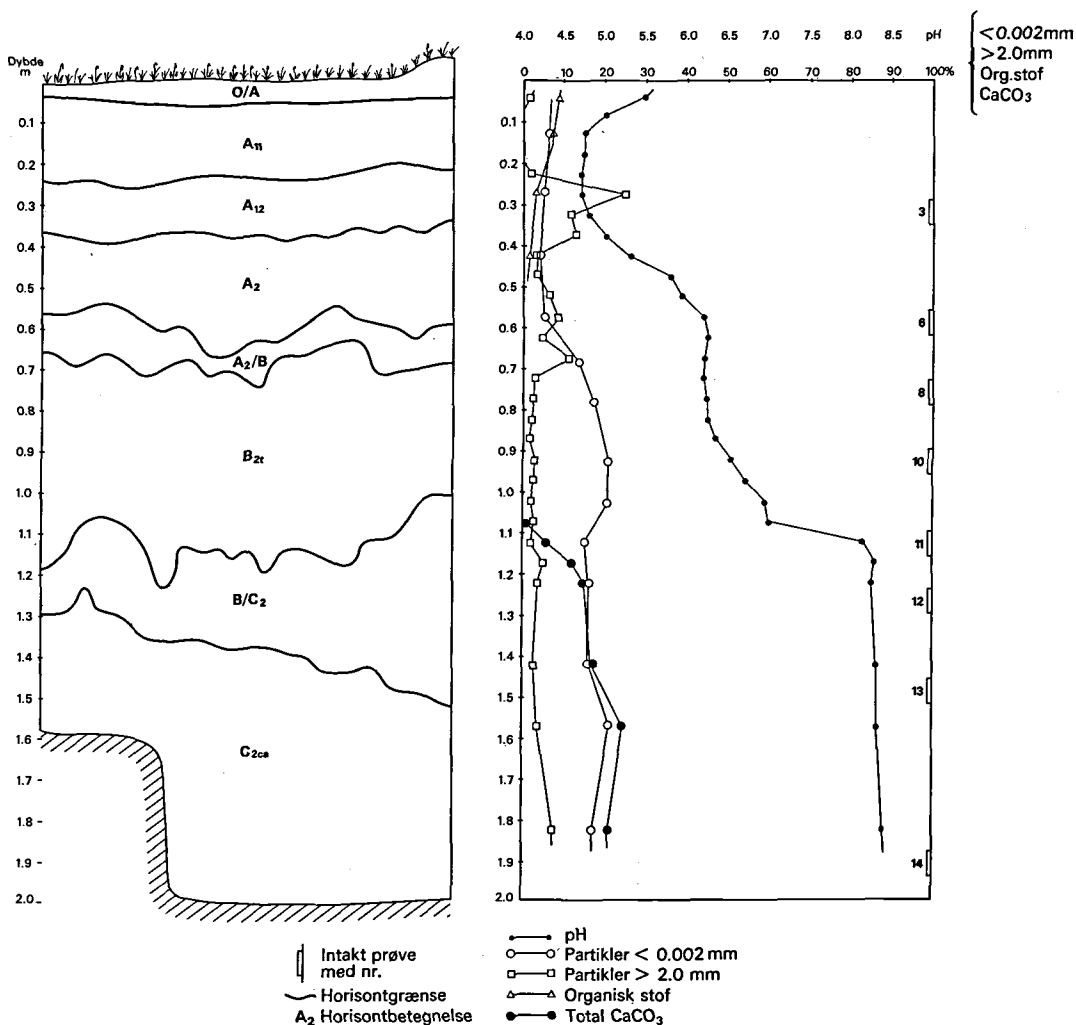


Fig. 2. Til venstre en skitse af profil nr. 17 med horisontsymboler. Til højre en oversigt over analyseresultater og de intakte prøvers placering.

To the left a sketch of the profile no. 17. To the right the results of the analyses and the depth of the intact samples.

Profilbeskrivelse

O/A 0–5 cm: Øverst tynd horisont græsaffald; derunder meget mørkebrunt, (10YR 2/2) svagt leret sand med humus; filtet og med moderat, meget fin krummestruktur; mange meget fine til medium rødder; jævn, skarp grænse.

A₁₁ 5–22 cm: Meget mørkebrunt (10YR 2/2), svagt leret sand med humus; moderat, meget fin krummestruktur; ikke vedhængende, ikke plastisk; mange meget fine til medium rødder; bølget, tydelig grænse.

A₁₂ 22–36 cm: Mørkebrunt (7,5YR 3–3,5/2), svagt leret sand med aftagende humusindhold; svagt til moderat, fin til medium krummestruktur; ikke vedhængende, svagt plastisk; få grove, almindeligt forekommende meget fine rødder; bølget tydelig grænse.

A₂ 36–62 cm: Mørkebrunt (7,5YR 4/2) og mørk gulligbrunt (10YR 4/4), svagt leret sand; moderat, medium til grov, afrundet til kantet, blokagtig struktur; svagt vedhængende, svagt plastisk; almindeligt forekommende meget fine rødder; bølget, diffus grænse.

A/B 62–72 cm: Mørk gråligbrunt (10YR 4/2) til mørkebrunt (10YR 3–4/3), leret sand; svag, medium til grov, prismatisk struktur, der brækker i medium, kantede blokke; vedhængende, svagt plastisk; få, meget fine rødder; bølget, tydelig grænse.

B_{2t} 72–112 cm: Mørk gulligbrunt (10YR 4/4) til mørkebrunt (7,5YR 4/4), sandrigt ler; moderat, medium til grov prismatisk struktur, der brækker i svagt til moderat, medium til grove, kantede blokke; meget vedhængende, meget plastisk; meget få, meget fine rødder; uregelmæssig, tydelig til diffus grænse.

B/C₂ 112–137 cm: Gulligbrunt til mørk gulligbrunt (10YR 4–5/4), sandrigt ler; moderat, medium til grov, kantet blokagtig struktur; meget vedhængende, meget plastisk; meget få, meget fine rødder; kalkholdig; uregelmæssig afbrudt grænse.

C_{2ca} 137–200* cm: Gulligbrunt til brunt (10YR 5/3–4), sandrigt ler med lys gulligbrune (10YR 6/4) og lysegrå (10YR 7/2) kalkudfældninger; svag, medium til grov, kantet blokagtig struktur; meget vedhængende, meget plastisk; meget få, meget fine rødder; kalkholdig.

Bemærkninger:

Horisont B_{2t} har belægninger på strukturfladerne.

I horisont C_{2ca} forekommer kalkudfældningerne overvejende i vertikale sprækker, men ses også i horisontale sprækker, især inden for de øverste 20 cm af horisonten.

Profilen indeholder mindre end 1% sten.

Farvebetegnelserne (fugtig jord) er efter Munsell, 1954.

Klassifikation af profilet

Jordbundsprofiler, som har gennemgået samme udviklingsforløb som dette, forekommer i mange lande og benævnes forskelligt fra land til land. Således skulle profiltypen benævnes »Parabraunerde« efter tysk klassifikation (Mückenhausen, 1962) og »Gray-Brown Podzolic soils« efter et amerikansk system, der nu er ude af brug, men begge benævnelser ses benyttet herhjemme. Ifølge FAO's klassifikationssystem (FAO-Unesco, 1974) hører profiltypen under »Luvisols«. Efter det nye amerikanske system »Soil Taxonomy« (Soil Survey Staff, 1975), der bl.a. er beregnet til international kommunikation, hører profiltypen

under »Hapludalfs«, og efter klassifikation til subgruppe niveau bliver benævnelsen »Mollic Hapludalfs«.

Benyttelsen af disse fire navne volder ikke vanskelighed for særligt interesserede, men da ikke alle er det, vil en dansk benævnelse for denne profilttype måske kunne vinde indpas. Det kunne være »Gråbrun Lerjord«. Navnet oplyser, at profilet er dannet i en lerbjergart og at profiludviklingen er så langt fremskreden, at der er dannet en gråbrun udvaskningshorisont. Denne forekommer umiddelbart under muldlaget, hvor den med vekslende tydelighed ses som en afbleget, gråbrunlig horisont i forhold til den underliggende mørkebrune akkumulationshorisont.

Klassifikation af det undersøgte profil kunne efter dette omfatte en overordnet dansk klassifikation efterfulgt af en klassifikation til subgruppe

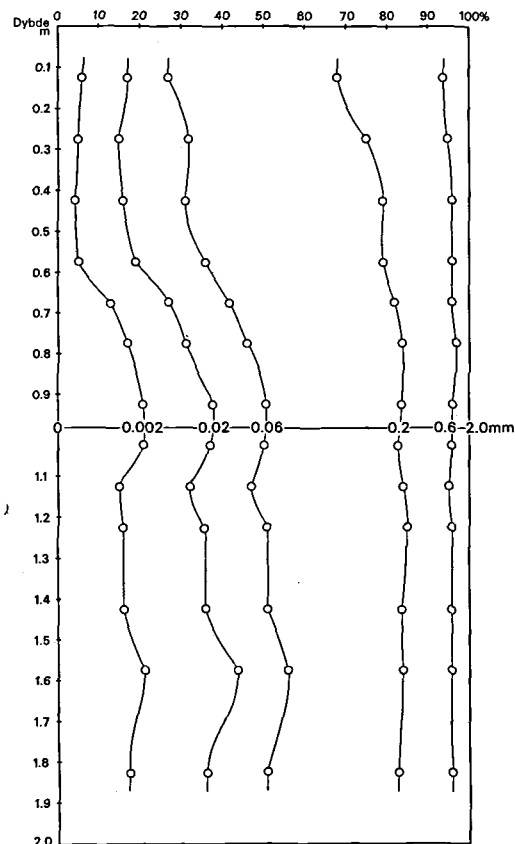


Fig. 3. Kornstørrelsesfordelingen for partikler mindre end 2 mm. Fraktionsgrænserne er angivet i figuren.

The grain size distribution for particles less than 2 mm. The boundary of the fractions is indicated in the figure.

niveau efter Soil Taxonomy og skrives således: Gråbrun Lerjord (Mollic Hapludalfs).

Laboratorieundersøgelser

Til støtte for den mikromorfologiske undersøgelse blev der udført en række analyser på poseprøver. Analyserne omfatter kornstørrelsesbestemmelser, bestemmelse af organisk stof, pH-målinger samt bestemmelse af kalkindholdet.

Kornstørrelsesbestemmelserne blev udført efter pipetmetoden for kornstørrelser mindre end 63μ og ved tørsigtning af fraktionen større end 63μ (Graff-Petersen og Thomsen, 1968), efter at de to fraktioner var adskilt ved hjælp af hævertmetoden (Tovborg Jensen og Kjær, 1948). Organisk stof blev bestemt ved hjælp af Ter Meulens metode (Kjær, 1968), hvorefter humusindholdet beregnes på grundlag af jordens indhold af kulstof i organiske forbindelser (%C) og ved multiplikation med en konstant ($\%C \times 1,724$). pH-målingerne blev udført på 10 g jord opslemmet i 25 ml vand (Kjær, 1968) ved hjælp af et »Radiometer« pH-meter.

Kalkbestemmelsen blev udført efter Tovborg Jensens metode for bestemmelse af kuldioxid i karbonater ved hjælp af kold saltsyre (Kjær, 1968). Resultaterne af analyserne fremgår af figurerne 2 og 3.

Indstøbning og fremstilling af tyndslib

De intakte prøver – 14 i alt – blev skåret ud af profilvæggen ved hjælp af konserverdåser med åben kant og med diameter på 6 cm. Efter udskæringen blev dåsens åbne ende lukket med plastfolie og tape, og således blev prøverne opbevaret, indtil indstøbning kunne finde sted. Denne og fremstillingen af tyndslibene blev udført på Sedimentpetrografisk laboratorium, Institut for Almen Geologi, Københavns Universitet og fandt sted lejlighedsvis i løbet af 1969 og frem til foråret 1970. Indstøbningen blev udført efter Jongerius og Heintzberger's metode, som blev tilpasset denne opgave. Jongerius og Heintzberger (1963) giver en detaljeret beskrivelse af deres metode, der egner sig for fremstillinger af store tyndslib (8×15 cm). Mindre omfattende vejledninger er bl.a. givet af Altemüller (1962), Brewer (1964) og FitzPatrick (1970). Indstøbningen gennemførtes under vakuum og med Vestopal 130 som indstøbningsmiddel. Under langvarig henstand i stinkskab hærnedes indstøbnings-

midlet langsomt, hvorefter prøverne var klar til skæring og efterfølgende fremstilling af tyndslib. Under den sidste del af slibeprocessen gik mindre dele af prøverne tabt. De færdige slib har størrelsen ca. $2,5 \times 5$ cm. Af forskellige grunde reduceredes prøveserien, og det videre arbejde omfatter 8 slib.

Beskrivelse af slibene

På indeværende tidspunkt foreligger der ikke et alment accepteret system til beskrivelse af mikromorfologiske jordkarakterer, men i praksis benyttes den af Brewer (1964) udarbejdede terminologi. Da denne ikke kan forventes at være almindelig kendt af årsskriftets læsere gives en kort forklaring af de benyttede termer side 42–43.

Beskrivelsen baseres på begrebet s-matrix (= matrix også omfattende skeleton korn). S-matrixen består af skeleton korn, plasma og hulrum. Den følgende beskrivelse omfatter kun de overordnede træk og vedrører kun plasmaet og hulrummene. Skeleton kornene beskrives ikke nærmere med mindre særlige forhold gør sig gældende, idet undersøgelsen ikke har afsløret større forskelle mellem de forskellige horisonter. Sandfraktionens korn har tilsyneladende tilfældig fordeling og forekommer uden foretrukken orientering, men det kan ikke udelukkes at mere systematiske undersøgelser ville afsløre detaljer, som her er oversete. Sandfraktionen består for langt den største dels vedkommende af kvartskorn, herunder bjergartsfragmenter, hvoraf kvarts udgør hovedbestanddelen. Endvidere forekommer feldspat, muskovit, hornblende, turmalin, zircon o.a.

Beskrivelsen afsluttes med en sammenfattende klassifikation af elementær fabric efter Brewer's terminologi, undtagen for slib nr. 3.

Slibenes placering inden for profilet med hensyn til dybde u.t. fremgår af fig. 2. Der foreligger ikke slib fra horisonterne O/A, A₁₁ og A₂/B.

Horisont A₁₂

Slib nr. 3: Skeleton korn med gruppevis (clustered) fordeling; overvejende organisk plasma bestående af uregelmæssigt formede mikroknoide ($0,02$ – $0,05$ mm) og udefinerbart organisk materiale samt andre partikler (ler o.a.). Mikroknoide er samlet i små grupper eller forekommer enkeltvis. Få, svagt udviklede, vertikale sprækker med ujævne overflader. Indbyrdes forbundne, meget uregelmæssigt formede porer (compound packing voids) med ujævne overflader og forekommende i et svagt markeret, netformet mønster. Stedvis forekommer tværsnit af rødder. Fig. 4 og 5.

Grund fabric: clustered vughy agglomeroplasmic-like fabric.



Fig. 4. Slib nr. 3. Skeleton korn i porøse jordaggregater. Tegningen viser uregelmæssigt formede, større porer mellem meget porøse jordaggregater. Planpolariseret lys.

Thin section no. 3. Skeleton grains in porous peds and irregular compound packing voids. Plain light.

Horisont A₂

Slib nr. 6: Kalkfri s-matrix, svagt humusholdigt plasma, der nedefter har stigende ler-indhold og er uensartet fordelt. I plasmarige partier forekommer orientering af lermineraller omkring skeleton korn (skelsepic fabric). Tilfældigt fordelte jernudfældninger (nodules, 0,1–0,7 mm). Få, sprækkelignende hulrum med ujævne overflader. Overvejende uregelmæssigt

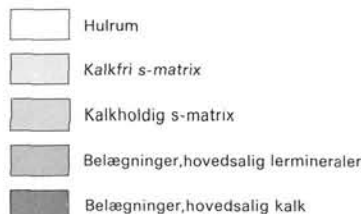


Fig. 5. Signaturforklaring til tegningerne i figurerne 4–11.

Symbols to the figures 4–11.

formede, ofte langstrakte, tilfældigt fordelte porer (vughs), hvoraf nogle har ujævne, andre jævne overflader. Kanaler (channels) og kamre (chambres) med tendens til enten vertikal eller horisontal orientering. Stedvis tydeligt udviklede, gråbrune belægninger (organo-argillans) med temmelig skarp til skarp grænse til s-matrixen. I kanaler og kamre stedvis forekomme cirkelrunde, mørkegrå ekskrementer (0,05–0,25 mm).

Elementær fabric: cutanic (organo-argillans) chambered channelled vughy silasepic porphyroscopic fabric.

Horisont B_{2t}

Slib nr. 8: Kalkfri s-matrix, uensartet fordelt plasma med lermineraller orienteret omkring skeleton korn (skelsepic fabric). Få, spredt fordelte mørkebrune til rustbrune jernudfældninger (nodules). Sprækker (craze planes) overvejende med jævne overflader. Overvejende langstrakte, tilfældigt fordelte porer (vughs) med jævne overflader samt kanaler (channels) og kamre (chambers) alle med tendens til enten vertikal eller horisontal orientering. I porer, kanaler og kamre tydeligt udviklede, gulbrune til brune lerbelægninger (ferri-argillans), med temmelig skarp grænse til s-matrixen og plettet til stribet udsukningsmønstre. Inderst mod hulrummet i sprækker, porer, kanaler og kamre forekommer spredt fordelte, tynde, gråsorte humusbelægninger (organs), der ses dels uden på lerbelægninger (compound organo-ferri-argillans), dels uden disse (simpler organs). Fig. 6.

Elementær fabric: cutanic (organo-ferri-argillans) channelled chambered vughy crazed skelsepic fabric.

Slib nr. 10: Kalkfri s-matrix, uensartet fordelt plasma med lermineraller orienteret omkring skeleton kornene (skelsepic fabric). Tilfældigt fordelte jernudfældninger (nodules, 0,2–2,0 mm). Få, vertikalt orienterede sprækker (craze planes) overvejende med jævne overflader. Ofte langstrakte, uregelmæssigt formede porer (vughs) med jævne overflader samt kanaler (channels) og kamre (chambers) alle med svag tendens til netformet fordeling og orientering i netliniernes retning. I porer, kanaler og kamre tydeligt udviklede, gulbrune til brune lerbelægninger (ferri-argillans) med skarp grænse til s-matrixen og plettet til stribet, stedvis sammenhængende udsukningsmønstre. Fig. 7.

Elementær fabric: cutanic (ferri-argillans) channelled chambered vughy crazed skelsepic fabric.

Slib nr. 11: Størstedelen af prøven har kalkfri s-matrix. Grænsen til den kalkholdige del er diffus og meget uregelmæssig. Kalkfri del: Lermineraller orienteret omkring skeleton korn (skelsepic fabric). Kalkholdig del: Skeleton kalkkorn (1,0–1,5 mm), ingen plasma separation (silasepic fabric). Begge dele: Tilfældigt fordelte jernudfældninger (nodules, 0,1–0,5 mm). Vertikalt orienterede sprækker (craze planes) overvejende med ujævne overflader. Tilfældigt til netformet fordelte porer (vughs) med regelmæssige til uregelmæssige former og jævne

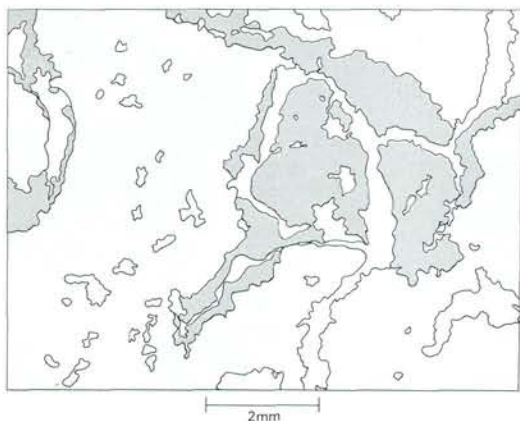
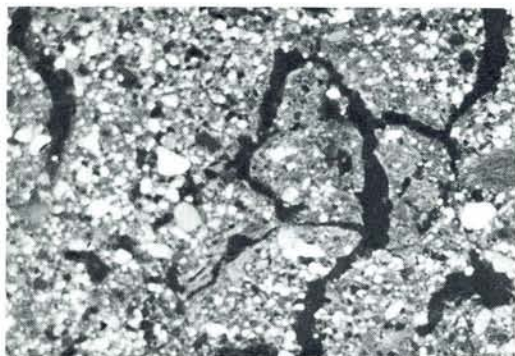


Fig. 6. Slib nr. 8. Kalkfri s-matrix med sprækker, porer og kanaler. De store lerbelægninger omtrent i billedets midte indeholder en del skeleton korn og har i øvrigt en opbygning, der vidner om et kompliceret dannelsesforløb. Krydsede nicoller.

Slib nr. 8. Carbonate leached s-matrix, craze planes, vughs, and channels. The large argillans near the centre of the photograph contain some skeleton grains and shows additionally features indicating a complicated origin. Crossed nicols.

overflader samt kanaler (channels). I porer og kanaler tydeligt udviklede, gulbrune til brune lerbelægninger (ferri-argillans) med skarp grænse til s-matrixen og plettet til stribet, stedvis sammenhængende udslukningsmønstre. Fig. 8, 8 a og 8 b.

Elementær fabric: cutanic (ferri-argillans) channelled vughy crazed skelsepic fabric.

Horisont B/C₂

Slib nr. 12: Langt overvejende kalkholdig s-matrix, men stedvis kalkfrit plasma i tilknytning til hulrum. Ingen plasma separation (silasepic fabric), men tendens til lermineralers orientering omkring skeleton korn inden for kalkfrit plasma. Få tilfældigt fordelte jernudfældninger (nodules). Horisontale, svagt bølgede, parallelle til subparallelle sprækker (joint planes) med jævne overflader, overvejende 2–5 mm vertikal afstand. I den øvre del af prøven vertikale sprækker (craze planes). Tilfældigt fordelte, aflange og ofte uregelmæssigt formede porer (vughs) med jævne overflader. Stedvis tynde kalkbelægninger (calcitans) i horisontale sprækker samt tynde lerbelægninger (argillans) i porer både inden den kalkholdige og den kalkfrie del. Fig. 9.

Elementær fabric: weakly cutanic (calcitans, argillans) vughy crazed jointed silasepic fabric.

Horisont C_{2ca}

Slib nr. 13: Kalkholdig s-matrix, plasma uden plasma separation (silasepic fabric). Svagt gruppevis fordelte jernudfældninger (nodules, 0,2–0,8 mm). Horisontale, svagt bølgede, parallelle til subparallelle sprækker (joint planes) med jævne overflader, overvejende 2–5 mm vertikal afstand. Dels tilfældigt, dels rækkevis fordelte langstrakte til uregelmæssigt formede porer (vughs) med jævne overflader. I nogle sprækker tydeligt udviklede kalkbelægninger (calcitans) med temmelig diffus til diffus grænse til s-matrixen. Inden for belægningerne forekommer uregelmæssigt formede porer og enkelte skeleton korn. Fig. 10 og 10 a.

Elementær fabric: cutanic (calcitans) vughy jointed silasepic fabric.

Slib nr. 14: Kalkholdig s-matrix, plasma uden plasma separation (silasepic fabric). Tilfældigt fordelte jernudfældninger (nodules, 0,1–0,3 mm). Horisontale, svagt bølgede, parallelle til subparallelle sprækker (joint planes) med jævne overflader,

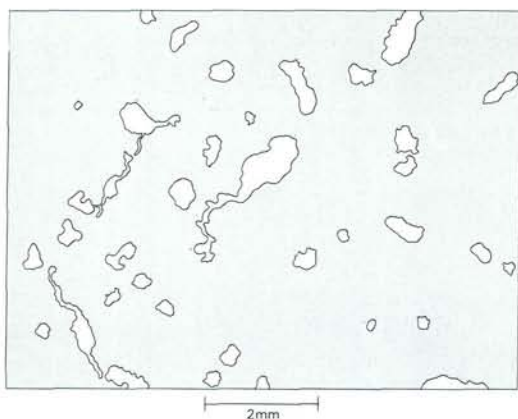
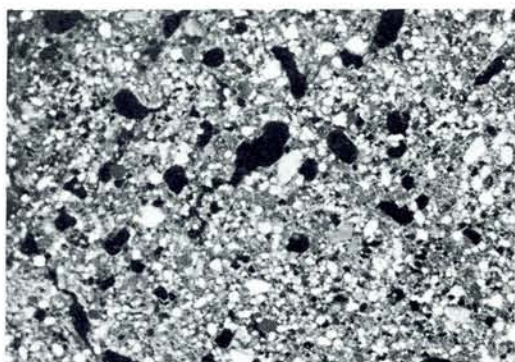


Fig. 7. Slib nr. 10. Kalkfri s-matrix med forholdsvis regelmæssigt formede porer, samt kanaler og kamre, alle med lerbelægninger, der dog ikke er vist på tegningen. Krydsede nicoller.

Thin section no. 10. Carbonate leached s-matrix with vughs, channels, and chambers. All of them have argillans, but these are not shown in the drawing. Crossed nicols.

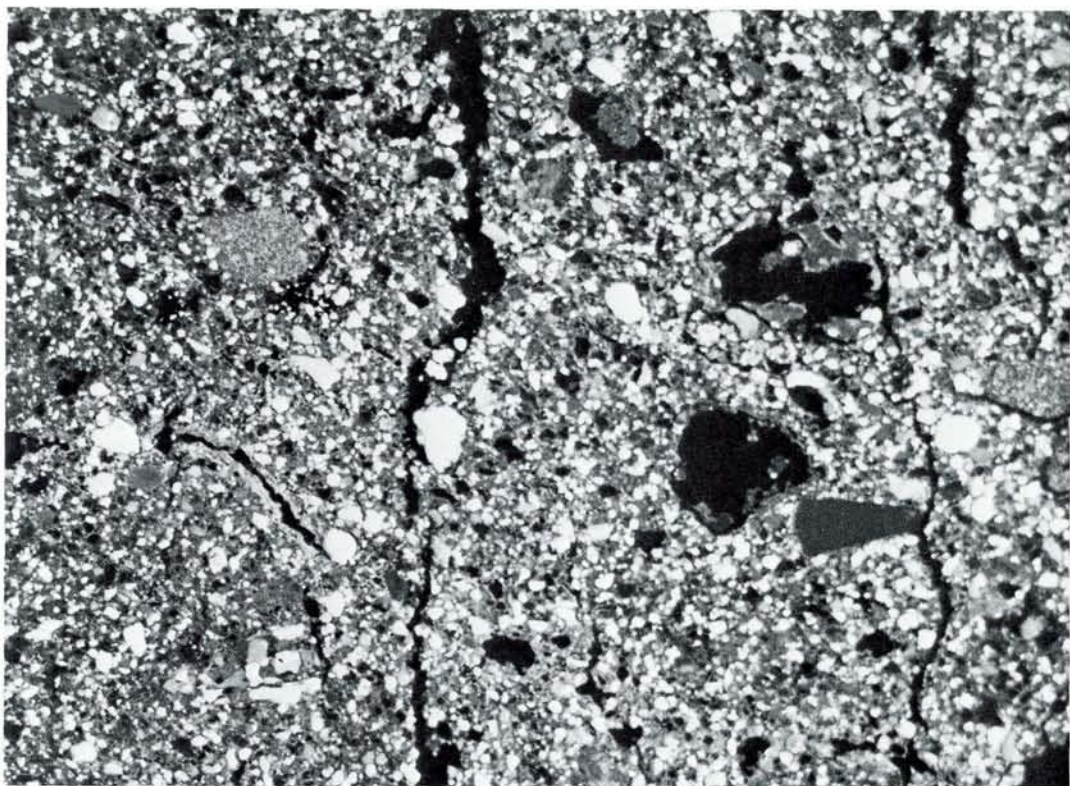


Fig. 8. Kalkfri s-matrix med sprækker, porer og kanaler. Der forekommer lerbelægninger i langt størstedelen af de viste hulrum; men kun de mest tydelige er vist på tegningen. Rammerne angiver beliggenheden af forstørrede udsnit, der er vist i fig. 8 a og 8 b.

Thin section no. 11. Carbonate leached s-matrix with craze planes, vughs, and channels. Argillans occur in the major part of the vughs, but only the most distinct of them are shown in the drawing. The frames indicate enlarged sections shown in the figures 8 a and 8 b.

overvejende 2–5 mm vertikal afstand. Forholdsvis små, ofte rækkevis fordelte, uregelmæssigt formede porer (vughs) med jævne overflader. Stedvis tydeligt udviklede kalkbelægninger (calcitans) med temmelig diffus til diffus grænse til s-matrixen. Inden for belægningerne forekommer uregelmæssigt formede porer og enkelte skeleton korn. Fig. 11.

Elementær fabric: cutanic (calcitans) vughy jointed silasepic fabric.

Profiludviklingen

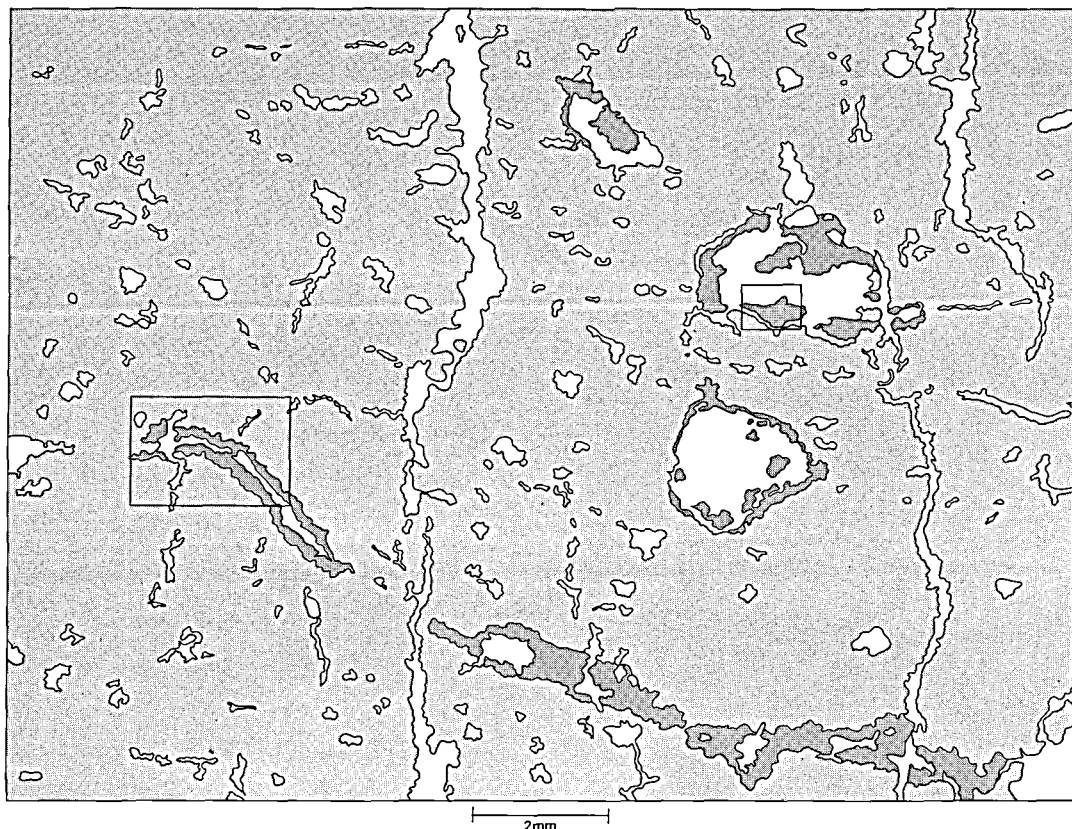
For at samle de oplysninger om profiludviklingen som arbejdet med slibene og analyseresultaterne har givet beskrives i det følgende nogle hovedtræk vedrørende skeleton kornene, plasmaet, hulrummene og belægningerne samt et resultat af den biologiske aktivitet. For dette formål er det nærliggende at begynde med den mindst omdannede del af profilet og slutte med den mest omdannede del, altså begynde forneden og slutte foroven.

Skeleton kornene

Som tidligere nævnt viser skeleton kornenes fordeling og orientering ikke større variationer fra horisont til horisont, idet der her ses bort fra, at deres procentvise andel stiger, når lerindholdet falder, samt at der er forskel i deres mineralogiske sammensætning inden for henholdsvis den kalkholdige og den kalkfrie del af profilet. Den under horisont A₁₂ beskrevne gruppevis fordeling af skeleton kornene antages at være en følge af den i denne horisont forekommende krumme-struktur. De øverste horisonter er i særlig grad præget af biologisk aktivitet, hvorfor de omtales særskilt.

Plasmaet

Inden for plasmaet forekommer betydelige ændringer op gennem profilet. Så længe plasmaet har sit fulde kalkindhold (C_{2ca} horisonten), som



tilmed er suppleret med plasma koncentration i form af kalkudfældning, forekommer skeleton kornene tæt pakket i et tilsyneladende homogent plasma, hvor der ikke er registreret plasma separation. I den øverste del af den kalkholdige zone (horisont B/C₂) begynder kalkudvaskningen at gøre sig gældende i form af kalkfrie partier i tilknytning til hulrum. Antages det, at forløbet af kalkudvaskningen medfører, at de fine kalkkrystaller i plasmaet opløses først, vil det medføre en gradvis løsere pakning af skeleton kornene, indtil der er etableret en ny efter forholdene stabil pakning af jordpartiklerne i kalkfrit plasma. Så snart kalken er fjernet, ses tendens til, at lermineraller orienteres omkring skeleton korn, og at tynde belægninger dannes i hulrum. I denne grænsehorisont forekommer kun stedvis tynde kalkbelægninger i sprækker, og horisonten er generelt mere opsprækket end C_{2ca}-horisonten. Grænsen mellem den kalkfrie og den kalkholdige del af profilet er efter dette ikke en skarp grænse, men snarere en overgangszonzone præget af omlej-

ring af partiklerne som en følge af kalkudvaskningen.

I den kalkfrie og lerrige del af profilet (B_{2t}-horisonten) forekommer tydelig plasma separation i form af orientering af lermineraller omkring skeleton korn (skelsepic fabric). Brewer (1964) nævner, at skelsepic fabric sandsynligvis opstår ved tryk i forbindelse med udvidelse af plasmaet ved optagelse af vand, hvorunder skeleton kornenes overflader udgør faste enheder, imod hvilke der udøves tryk, som forårsager orientering af lerminerallerne. En anden medvirkende årsag kunne tænkes at være tilstedeværelse af et stort antal meget fine paknings porer, som er for små til at blive set tydeligt i et 30 μ tykt tyndslib, men som er store nok til at tillade transport af 2 μ store lerpartikler, der så som aggregater samles omkring skeleton kornene. Inden for den mellemste og øverste del af B_{2t}-horisonten forekommer med vekslende tydelighed plasmarige og plasmafattige partier. Disse kunne tænkes at være dannet som følge af sammenfald af hulrum med

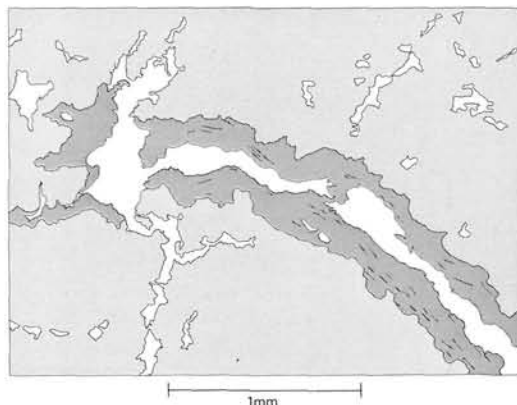
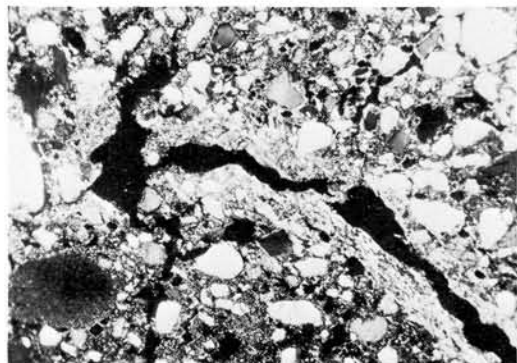


Fig. 8 a. Længdesnit af kanal. Lerbelægning med stribet orientering. Krydsede nicoller.

Length section of channel argillan with striated orientation. Crossed nicols.

lerbelægninger eller ved ændringer forårsaget af enten gentagen udtørring og vandoptagelse eller frost og tø.

Op gennem A-horisonterne ændrer plasmaet karakter dels fordi lerfraktionen her kun udgør 4–6%, dels på grund af et stigende indhold af organisk stof (fig. 2). Nederst i A_2 -horisonten farver et lille indhold af organisk stof plasmaet lidt mørkere, end det ellers er i de underliggende horisonter, og plasma separation forekommer kun inden for lokalt plasmarige partier. I A_{12} -horisonten og opefter i profilet domineres plasmaet af organisk stof, som for størstedelens vedkommende forekommer som meget små knolde.

Det ret konstante lerindhold i profilets øverste 0,6 m (fig. 2 og 3) kunne tyde på, at lernedvaskningen her er nået en foreløbig grænse, hvorefter yderligere ændringer må ses i sammenhæng med

pH-værdierne fald fra omkring 6,2 i den øverste del af B_{2t} -horisonten ned til under 5 i den øverste del af profilet. Undersøgelser fra Schweitz (Frei, 1967) viser, at lerbelægninger bliver angrebet eller endda opløst ved pH 5 og derunder. Med de her målte pH-værdier ned til 4,7 må det forventes, at processer af lignende art også har medvirket ved profilets udformning.

Hulrummene

Denne undersøgelse omfatter kun de hulrum, der kan ses i slibene og som er store nok til at blive vist i figurer i de målforhold, der arbejdes med. Dette indebærer, at meget små og meget store hulrum ikke er beskrevet generelt. De meget små hulrum dannes i forbindelse med jordpartiklernes pakning (paknings porer). De store hulrum dannes mellem jordaggregaternes overflader, og de er her kun medtaget i det omfang, de ses i slibene.

Bortset fra paknings porer antages det her, at de første hulrum er dannet som følge af frost og tø. Ravn (1954) viser eksempler på dannelse af

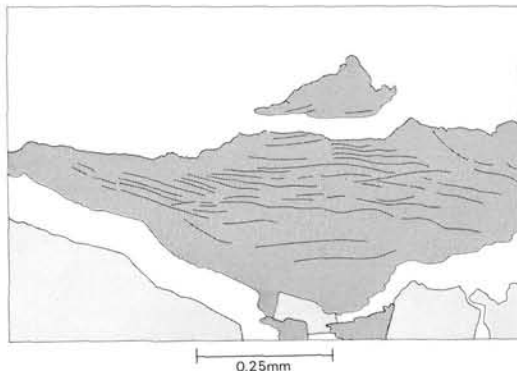


Fig. 8 b. Udsnit af lerbelægning med meget tydelig lagdeling. Planpolariseret lys.

Section of stratified argillan. Crossed nicols.

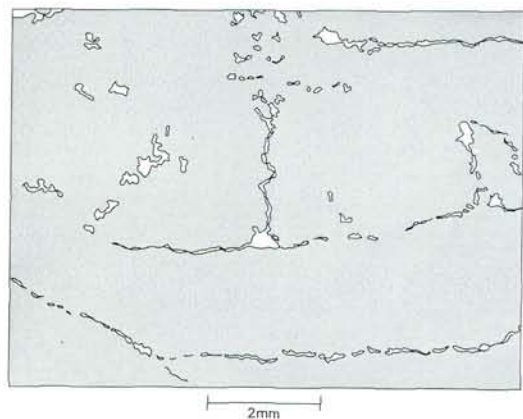
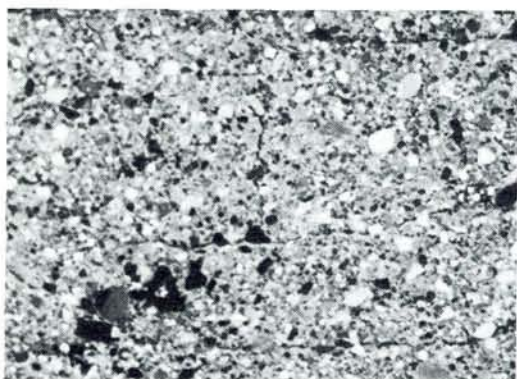


Fig. 9. Slib nr. 12. Kalkholdig s-matrix med overvejende horisontale sprækker samt porer. Krydsede nicoller.

Thin section no. 12. Calcareous s-matrix with joint planes and vughs. Crossed nicols.

islinser i jord, og Chamberlain og Gow (1979) har udført forsøg med frysning og tøning af jordarter bestående af silt og ler. Sidstnævnte forsøg viste dannelse af horisontalt orienterede serier af islinser og vertikalt orienterede polygonformede isstrukturer. Endvidere medførte frost og tø en forøgelse af jordens vertikale permeabilitet.

Antages det, at arktiske klimaforhold har medført isdannelse i jorden, og deraf følgende sammenpresning af lerjorden mellem islegemerne, og at den forholdsvis korte afstand til grundvandet har fremmet isdannelsen, kan hele det undersøgte profil have været opdelt af islinier og polygonformede isstrukturer. Efter tøning er sprækkerne bevaret i lerjorden. Således tænkes de horisontale og vertikale sprækker dannet, der ses i C_{2ca} -horisonten og som nu i vid udstrækning er markeret med sekundært udfældet kalk. I fig.

9, 10 og 11 ses især horisontalt orienterede sprækker, men forekomst af vertikale sprækker og blokagtig struktur er registreret ved beskrivelsen af profilet. I slibene ses horisontale sprækker tydeligt op til omkring 1,3 m u.t., men tendensen til enten vertikal eller horisontal orientering af nogle af de horisont B_{2t} forekommende porer, kanaler og kamre skal måske ses på baggrund af det isdannede sprækkesystem.

B_{2t} -horisonten er den mest sprækkede horisont. Med fjernelse af jordens kalkindhold forøges porevolumenet, hvilket ses tydeligt i slibene. På grund af plasmaets skrumpning som følge af udtørring dannes jordaggregater, som nævnt i

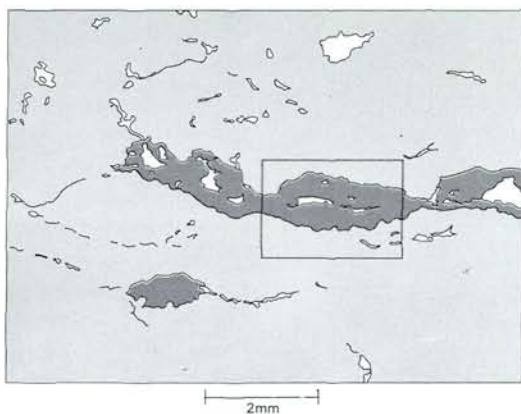
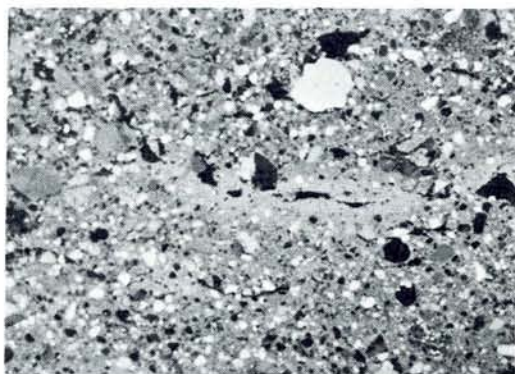


Fig. 10. Slib nr. 13. Tæt kalkholdig s-matrix med kalkudfældning i horisontal sprække og med porer, der ofte forekommer rækkevis fordelt. Den viste kalkudfældning er blandt prøvens mindste. Rammen viser beliggenheden af et forstørret udsnit, der ses i fig. 10 a. Krydsede nicoller.

Thin section no. 13. Calcareous s-matrix with joint plane calcitans and vughs often arranged nearly parallel to the joint planes. The showed calcitans are among the smaller ones of the sample. The frame indicates the enlarged section shown in fig. 10 a. Crossed nicols.

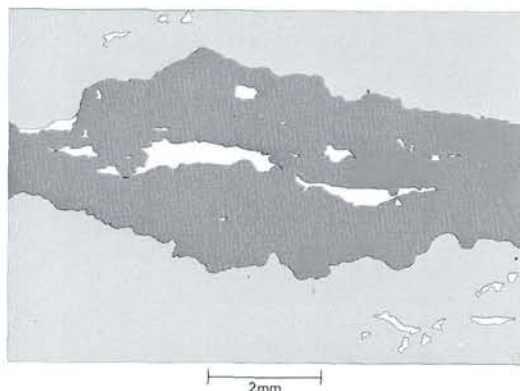
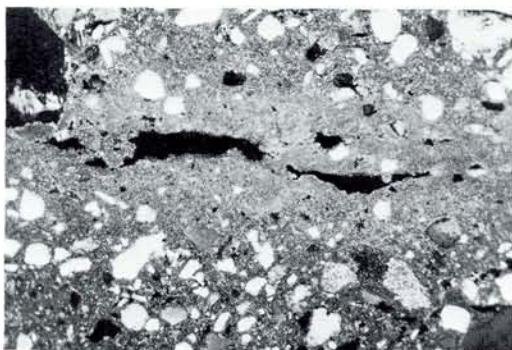


Fig. 10 a. Udsnit af kalkbelægning med diffus grænse til s-matrix. Krydsede nicoller.

Section of the calcitan. Diffuse boundary to the s-matrix. Crossed nicols.

profilbeskrivelsen, og sprækker ses især tydeligt mellem de prismatiske strukturer. Endvidere forekommer porer, kanaler og kamre, men disse er vanskelige at skelne fra hinanden i tyndslib, hvorfor de overvejende er beskrevet under ét. I figurerne 6, 7 og 8 ses eksempler på forekommende hulrum i B_{2t}-horisonten.

I A₂-horisonten domineres hulrummene af porer, kanaler og kamre, men med krumme-strukturen i A₁₂-horisonten og stærk biologisk aktivitet skifter hulrummene karakter. De får meget uregelmæssige former og forekommer indbyrdes forbundne dels mellem jordaggregerter, dels mellem kornene inden for disse.

Belægningerne

Plasma koncentration er et af profilets fremtrædende pedologiske træk, der forekommer i form af kalk- og lerbelægninger i hulrum og som små

jernudfældninger (nodules) overvejende tilfældigt fordelte. Sidstnævnte omtales ikke nærmere.

I C_{2ca}-horisonten forekommer tydeligt udviklede belægninger af sekundært udfældet kalk (CaCO₃). Profilbeskrivelsen meddeler, at kalkudfældninger forekommer både i vertikale og horisontale sprækker, men beskrivelsen i slibene omhandler kun udfældninger i horisontale sprækker. Udfældningerne består af meget fine calcitkrystaller, der som jordagtige belægninger er vokset ud fra begge vægge mod sprækkens midte (figurerne 10, 10 a, og 11). I figurerne 2 og 3 ses, at nedre maksima på kurverne for partikler henholdsvis mindre end 0,002 og 0,02 mm forekommer i samme dybde som maksimum på kurven for CaCO₃ i fig. 2, hvorfor det er nærliggende at antage, at de sekundært udfældede kalkpar-

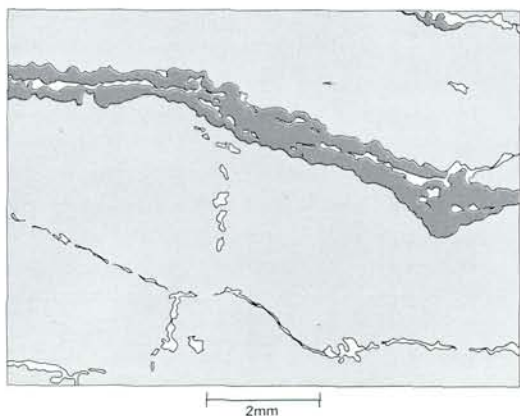
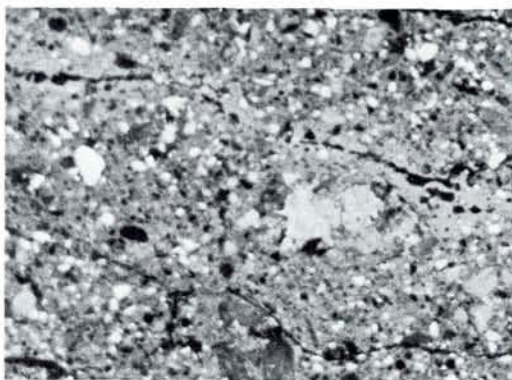


Fig. 11. Slib nr. 14. Tæt kalkholdig s-matrix med horisontale sprækker, der ses dels med, dels uden kalkbelægninger. Endvidere forekommer rækkevis fordelte porer. Krydsede nicoller.

Thin section no. 14. Calcareous s-matrix with joint planes without and with calcitans and banded distributed vughs. Crossed nicols.

tikler især forekommer inden for disse kornstørrelser. Der er ikke registreret forskelle mellem belægningernes over- og underside, og begge har som regel gradvis grænse til s-matrixen. Inden for belægningerne forekommer isolerede porer og enkelte skeleton korn, og belægningerne formodes at være dannet ved diffusion (diffusion cutans). Ikke alle sprækker har kalkbelægninger, hvilket måske kan være forårsaget af, at en sprække skal have en vis størrelse før CO₂-trykket i udsivende vand kan falde så meget, at udfældning af CaCO₃ kan finde sted. Efter en skønsmæssig bedømmelse udgør den udfældede kalkmængde kun en lille del af det samlede kalkindhold, som oprindeligt må antages at have været til stede i den nu kalkfri del af profilet.

I B_{2t}-horisonten forekommer i vid udstrækning belægninger på hulrummenes overflader. De består langt overvejende af lermineraller, men antages også at indeholde andre mineraler herunder jernoxider. De formodes at forårsage det maksimum på kurven for partikler mindre end 0,002 mm, der ses inden for B_{2t}-horisonten i fig. 2 og 3. Belægninger forekommer i næsten alle horisontens porer, kanaler og kamre, men er – ud over enkelte spor – ikke fundet i de sprækker, der ses i slibene, selv om belægninger på struktur-overflader blev registreret ved profilbeskrivelsen. Det kan ikke udelukkes, at de sprækker, der ses i slibene, først er opstået under lufttørringen af prøverne, inden indstøbningen fandt sted; men andre muligheder må stå åbne, idet der i nogle sprækker forekommer humusbelægninger og ikke lerbelægninger (slib nr. 8).

Lerbelægningerne har hovedsagelig stribet til plettet udslukningsmønster, mens sammenhængende udslukning kun forekommer stedvis. Enkelte steder forekommer tydelig lagdeling. Et eksempel herpå ses i fig. 8 b. Lerbelægningerne har skarp grænse til s-matrixen, hvilket formentlig skyldes, at lerpartiklerne er fjernet fra et sted i profilet og transporteret til det sted, hvor de nu forekommer i belægninger (illuviation cutans). Dannelsen af lerbelægninger er ikke fuldtud klarlagt. En forklaring, der for nogle typer vedkommende forekommer sandsynlig, er beskrevet i Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975). Den går ud på, at lerpartikler dispergeret i nedsivende vand føres gennem ikke-kapillære hulrum, hvor vandet efterhånden trækkes ind i den tilgrænsende jord ved hjælp af kapillære kræfter under fra-

filtrering af lerpartiklerne, der afsættes på hulrummets vægge. Denne proces kunne måske forklare, hvorfor belægningerne har tendens til at have samme tykkelse til alle sider. Eksempler på lerbelægninger ses i figurene 6, 8, 8 a og 8 b.

B_{2t}-horisonten opfylder de krav, der ifølge Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975) stilles til en horisont, for at denne kan karakteriseres som en argillic-horisont. Udviklingen af en sådan horisont regnes at tage et par tusinde år. Det må derfor antages, at hulrummene og en del af belægningerne må have alder, der nærmer sig denne størrelsesorden.

I A₂-horisonten forekommer belægninger præget af organisk stof, hvorved de mister de karakterer, der ses i B_{2t}-horisonten. I A₁₂-horisonten forekommer ikke belægninger.

Omløjring som følge af biologisk aktivitet
Den øverste del af profilet, horisonterne O/A, A₁₁ og A₁₂ er i særlig grad præget af biologisk aktivitet, som bl.a. kommer til udtryk gennem et stigende indhold af organisk stof op gennem horisonterne. Endvidere er der sket en sortering af jordens mineralpartikler, som giver sig udslag i, at der – bortset fra den øverste prøve, der omfatter den nuværende terrænoverflade, fig. 2 – ikke forekommer partikler større end 2,0 mm inden for profilets øverste ca. 0,2 m. Da der på Hjortholm praktisk taget kan ses bort fra, at jordfygning kan have forårsaget aflejring af en så betydelig mængde jord, må denne hovedsagelig skyldes regnormenes aktivitet, hvorunder planterester og mineraljord blandes, og ormenes ekskrementer aflejres på terrænoverfladen. Derved lades gruskorn og sten tilbage, og de finere mineralkorn transporteres opad og efterlades oven på ældre ekskrementer. Denne proces er almindelig kendt fra vore skove (Bornebusch, 1936) og fra Hjortholm i øvrigt, hvor arkæologiske udgravninger har vist, at oldsager især forekommer mellem 0,2 og 0,3 m u.t. Det forholdsvis høje grusindhold omkring 0,3 m u.t. kan tænkes bl.a. at være forårsaget af bortskylning af fine jordpartikler fra den let skrånende terrænoverflade i tiden fra isens afsmeltning, og indtil et sammenhængende vegetationsdække hindrede videre erosion.

Sammenfatning

Undersøgelsen har vist, at profiludviklingen medfører ændringer af de faste jordpartiklers

rumlige ordning og hulrummenes form op gennem profilet.

Inden for den mindst omdannede, nedre del af profilet forekommer skeleton kornene indlejret i et tilsyneladende homogent, kalkholdigt plasma, hvor jorden er opdelt af sprækker, der for en dels vedkommende har belægninger af sekundært udfældet kalk, som markerer sprækkernes tilstedeværelse ved makroskopisk betragtning. Sprækkerne tolkes som opstået i forbindelse med islegemernes sammenpresning af lerjorden under arktiske klimaforhold, og de antages at have forøget moræneaflejringens oprindelige permeabilitet, hvorved den efterfølgende profildannelse er forhindret.

Ændringer af partiklernes relative lejringsforhold begynder øverst i den kalkholdige del af profilet, hvor kalken først fjernes helt omkring overvejende vertikale sprækker, hvorved der dannes en stærkt uregelmæssig grænse til den kalkfrie del af profilet. Med kalkens fjernelse følger ændringer i plasmaet i form af, at lerminerallerne orienteres omkring skeleton kornene og ved dannelse af lerbælægninger på hulrummenes overflader. Endvidere forekommer tendens til dannelse af lerrige partier lidt højere oppe i profilet, og disse ændringer forårsager tilsammen akkumulation af lerfraktionens mineraler. Samtidig med kalkudvaskningen skifter hulrummene karakter, og deres samlede volumen øges kendeligt. Vertikale sprækker, porer, kanaler og kamre præger således den lerrige, kalkfrie, midterste del af profilet.

I den øverste del af profilet aftager lerindholdet ned til 4–6%, der her antages at udgøre en foreløbig grænse for lernedvaskningens omfang. Dette i forbindelse med et samtidigt stigende indhold af organisk stof, der overvejende forekommer som mikrokolde, ændrer plasmaet, og hulrummene skifter karakter. Sprækkerne fortaber sig, porer, kanaler og kamre forandres, så hulrummene mere og mere præges af stærkt uregelmæssigt formede porer, der forekommer mellem og i jordaggregaterne. Samtidig danner skeleton kornene med vekslende tydelighed gruppevis fordeling, der er en følge af jordaggregaternes krummestruktur. Profilets øverste ca. 0,2 m er omlejret som følge af biologisk aktivitet.

På længere sigt må det antages, at fortsat nedvaskning og akkumulation af lerpartikler samt fortsat udfældning af kalk i profilets nederste del

vil medføre en forringelse af de pågældende horisonterers permeabilitet og virke hæmmende på profilets interne dræningsforhold med det til følge, at profilets karakter ændres i retning mod en profiltipe præget af årstidsafhængig vandmætning.

Tillæg

Kortfattet forklaring på nogle begreber benyttet i denne artikel. For yderligere detaljer henvises til Brewers publikation (Brewer, 1964).

S-matrix: Materialet inden for peds eller apedalt jordmateriale med pedologiske karakterer. S-matrixen består af skeleton korn, plasma og hulrum.

Ped: Jordaggregat, der består af en samling primær partikler, adskilt fra tilstødende aggregater ved overflader, som giver sig til kende ved naturlige hulrum eller ved forekomst af belægninger. Her benyttes benævnelserne »jordaggregat«.

Skeleton korn: De enkelte, forholdsvis stabile korn, som ikke umiddelbart påvirkes af de jordbundsdannende processer. Skeleton kornene omfatter mineraler og organiske bestanddele og andre partikler, der er større end kolloidal størrelse.

Plasma: Den del af jordmaterialet, der er i stand til eller er blevet reorganiseret og/eller koncentreret som følge af jordbundsdannende processer. Plasmaet omfatter mineralske og organiske bestanddele af kolloidal størrelse samt forholdsvis opløseligt materiale, der ikke er bundet i skeleton korn.

Plasma separation: En væsentlig in situ ændring i ordningen af nogle af plasmaets bestanddele.

Plasma koncentration: Koncentration af en hvilken som helst af plasmaets fraktioner som følge af aflejring eller diffusion forårsaget af jordbundsdannende processer.

Orientering af lermineraller: Størstedelen af plasmaet bestanddele (lermineraller, oxider, hydroxider og andre mineraler) er krystallinske og anisotrope. Lermineraller med laggitstruktur har almindeligvis pladeagtig form og optiske egenskaber som glimmer mineraler. Da de enkelte lerpartikler for størstedelen er mindre end 2 μ , er de for små til at blive set i polarisationsmikroskop. Når der alligevel forekommer anisotrope enheder inden for f.eks. meget lerholdige plasmaer, der ses i 25–30 μ tykke slib, må det skyldes tilstedeværelse af enten større anisotrope krystaller eller aggregater af lermineraller sammensat af små, anisotrope, pladeformede partikler med foretrukken orientering i forhold til hinanden. Da større plasma krystaller sædvanligvis kan skelnes for plasma aggregater, er det muligt at beskrive aggregaternes karakterer på grundlag af deres optiske egenskaber mellem krydsede nicoller (Stephen, 1960; Brewer, 1964). Beskrivelsen omfatter fordelings- og orienteringsmønstre. Herunder skelnes mellem:

Plettet (flecked) orientering: Plasma aggregaterne er tilfældigt ordnet.

Stribet (striated) orientering: Plasma aggregaterne viser en lineær eller en kurvet lineær ordening.

Sammenhængende (continuous) orientering: Plasma aggregaterne har udslukning som en enhed på grund af stærkt orienteret plasma korn.

Det er især karakterer vedrørende plettet og stribet orientering, der benyttes ved klassifikation af plasmic fabric.

Plasmic fabric: Den rumlige ordning af s-matrixens plasma korn og intergranulære hulrum.

Ved klassifikationen lægges endvidere særlig vægt på forekomst af plasma separation og dennes art og udviklingsgrad.

I forbindelse med dette arbejde er det tilstrækkeligt at nævne to klasser, hvoraf den første benævnes »asepic fabric« og er kendetegnet ved at have plettet orienteringsmønster og ingen plasma separation, mens den anden benævnes »sepic fabric« og er kendetegnet ved at have både plettet og stribet orienteringsmønster og plasma separation. Begge klasser opdeles yderligere. Til brug for dette arbejde er følgende to underklasser benyttet:

Silasepic fabric: Asepic fabric med plettet orienteringsmønster.

Plasma aggregater forekommer; men de er vanskelige at skelne på grund af jordartens forholdsvis høje siltindhold.

Skelasepic fabric: Sepic fabric hvor en del af plasmaet har plettet orienteringsmønster; men der forekommer plasma separation med stribet orientering i tilknytning til skeleton kornenes overflader.

Hulrum (voids): På grundlag af morfologiske karakterer har Brewer (1964) defineret en række hulrumtyper. Her er benyttet følgende:

Paknings porer (packing voids): Der skelnes mellem 1) meget små, forholdsvis regelmæssigt formede hulrum, opstået ved pakning af enkeltkorn (simple packing voids) og 2) større, stærkt uregelmæssigt formede hulrum, dannet som følge af pakning af aggregater (compound packing voids).

Porer (vughs): Forholdsvis store hulrum som normalt ikke er forbundne med andre hulrum af sammenlignelig størrelse. De kan opstå på forskellige måder, hvoraf her nævnes opløsning af skeleton kalkkorn og sætning som følge af kalkudvaskning, frost og tø.

Kanaler (channels): Hulrum med cylindrisk form. Almindeligvis med regelmæssigt tværsnit og jævne vægge. Dannes som følge af biologisk aktivitet.

Kamre (chambers): Hulrum med karakteristisk form. De adskiller sig fra porer ved at have regelmæssigt formede, jævne vægge, og ved at være indbyrdes forbundne med kanaler. Dannes som følge af biologisk aktivitet.

Sprækker (planes): Hulrum der er langstrakte i ét plan. Der er her beskrevet to typer: 1) joint planes, der sædvanligvis forekommer i serier af parallelle til subparallelle sprækker med overvejende jævne vægge, og 2) craze planes, der er meget korte, indbyrdes forbundne sprækker med uregelmæssigt formede vægge. Sprækker opstår primært i forbindelse med udtørring og deraf følgende sammentrækning af plasmaet.

Belægninger (cutans): Cutans er belægninger på naturlige overflader i jord. Tidligere blev disse benævnt »clay skins«, »tonhäutchen« o.a.; men nu er den af Brewer foreslåede benævnelse »cutan« almindeligt accepteret. For at begrænse brugen af specialord for de almindeligt forekommende pedologiske karakterer er ordet »belægning« her foretrukket frem for »cutan«. Brewer klassificerer cutan-typer, bl.a. på grundlag af deres mineralogiske sammensætning, og de benævnes ved forkortelse af navnet på hovedbestanddelen og tilføjelse af endelsen -ans. Ved denne undersøgelse er der fundet belægninger bestående af lermineraler (argillans), der ofte herudover er antaget at have et mindre indhold af jernoxider (ferri-argillans). Endvidere forekommer belægninger bestående af sekundært udfældet calciumcarbonat (calcit, deraf calcitans) og for en mindre dels vedkommende belægninger hovedsagelig bestående af organisk stof (organs).

Klassifikation af jord fabric kan gennemføres til flere niveauer. Der er her benyttet to niveauer: Grund fabric og elementær fabric.

Grund fabric (basic fabric): Vedrører s-matrixens fabric og baseres på plasmaets fordelingsmønster med hensyn til skeleton kornene. To brede grupper forekommer:

Porphyroscopic fabric: Plasmaet udgør en tæt grundmasse, i hvilken skeleton kornene forekommer på tilsvarende måde som stromkorn i en porfyrisk bjergart.

Agglomeroplastic fabric: Plasmaet forekommer som løs eller ukomplet udfyldning af intergranulære hulrum mellem skeleton kornene.

Elementær fabric (elementary fabric): Vedrører de primære jordaggregaters fabric og baseres på den rumlige ordning af s-matrixens plasma (plasmic fabric), skeleton korn og hulrum samt den mest betydningsfulde gruppe af forekommende pedologiske karakterer (her er det belægninger).

Tak

Jeg står i stor taknemmelighedsgæld til Jørgen Troels-Smith, Naturvidenskabelig afdeling, Nationalmuseet, der muliggjorde mit arbejde på Hjortholm ved at opnå støtte hertil fra Carlsbergfondet. Poul Graff-Petersen stillede laboratoriefaciliteter til disposition på Sedimentpetrografisk laboratorium, Institut for Almen Geologi, Københavns Universitet. Statens naturvidenskabelige Forskningsråd har bekostet fremstilling af figurerne. Ingerlise Kjær Nielsen har udført tegnarbejdet. Gerda Steffen Krarup, Institut for Mineralindustri, Danmarks Tekniske Højskole har udført fotoarbejdet. Manuskriptet er renskrevet af Birthe Houkjer og Susanne Rahbek, begge Instituttet for Teknisk Geologi, Danmarks Tekniske Højskole, hvor arbejdet i øvrigt har fundet sted. Alle, der har medvirket, bedes modtage min tak.

Litteratur

- Altemüller, H.-J., 1962: Verbesserung der Einbettungs- und Schleiftechnik bei der Herstellung von Bodendünnschliffen mit VESTOPAL. *Zschr. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 99, 164–177.
- Blume, H.-P., 1963: Die Deutung der Tiefenfunktion des Tonmineralbestandes von Böden. *Beiträge zur Mineralogie und Petrographie*, 9, 13–27.
- Bornebusch, C. H., 1936: Skovnaturen. Fore. *Dansk Natur – Dansk Skole*. Hagerups Forlag, København. 51 pp.
- Brewer, R., 1964: *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. Wiley, New York, N.Y., 470 pp.
- Baastrop, E., 1979: Jord under mikroskop. *Varv*, 2, 34–41.
- Baastrop, E., Dalsgaard, K. og Petersen, T. H., 1977: Jorde på Bording Bakke. En undersøgelse af Neder Julianehede. *Laboratoriet for Fysisk Geografi, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, Rapport nr. 4*, 47 pp.
- Chamberlain, E. J. & Gow, A. J., 1979: Effect of freezing and thawing on the permeability and structure of soils. *Eng. Geol.*, 13, 73–92.
- Christensen, K., 1976: *Historiske efterretninger om Hjortholm i Stavns Fjord, Onsbjerg sogn, Samsø herred, Holbæk amt*. Naturvidenskabelig afdeling, Nationalmuseet, København. 10 pp. (Ikke publiceret).
- Faizy, S. A., 1973: Profile Development in Danish Loamy Soils. *Kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Årsskrift*, 49–63.
- FAO-Unesco, 1974: *Soil map of the world, 1:5.000.000. Vol. I, Legend*, Unesco, Paris. 55 pp.
- FitzPatrick, E. A., 1970: A Technique for the Preparation of Large Thin Sections of Soils and Unconsolidated Materials. In Osmond, D. A. & Bullock, P. (Ed.): *Micromorphological Techniques and Applications*, Agricultural

- Research Council, *Soil Survey, Technical Monograph No. 2*, 3–13.
- Fobian, A., 1966: Studie über Parabraunerden in Dänemark. *Pedologie*, 16, 2, 183–198.
- Fobian, A., 1976: *Pedologisk kort over Hjørholm*. Rapport, Nationalmuseets naturvidenskabelige afdeling, Nationalmuseet, København. 105 pp. (Ikke publiceret).
- Frei, E., 1967: Mikromorphologische und Chemische Untersuchungen eines Entbasten Parabraunerdeprofils des schweizerischen Mittellandes. *Geoderma*, 1, 289–298.
- Graff-Petersen, P. & Thomsen, B., 1968: *Vejledning til laboratorieøvelser i sedimentologi*. Københavns Universitets Fond til Tilvejebringelse af Læremidler. 35 pp.
- Holstener-Jørgensen, H., 1973: Om lernedslemning på dansk moræne. *Det forslige Forsøgsvæsen*, XXXIII, 4, 329–344.
- Haarløv, N. & Weis-Fogh, T., 1953: A Microscopical Technique for Studying the Undisturbed Structure of Soils. *Oikos* 4, 44–57.
- Jensen, S. Tovborg & Kjær, B., 1948: Undersøgelser over kornstørrelsesfordelingen i en række danske kalk- og mergelforekomster. *Yearbook 1948, Royal Veterinary and Agricultural College*, Copenhagen. 148–165.
- Jongerijs, A. (Ed.), 1964: *Soil Micromorphology. Proceedings of the second Working-Meeting on Soil Micromorphology, Arnheim*. Elsevier, Amsterdam. 540 pp.
- Jongerijs, A. & Heintzberger, G., 1963: The Preparation of Mammoth-sized Thin Sections. *Soil Survey Papers, Neth. Soil Survey Inst.*, 1, 37 pp.
- Kjær, B., 1968: *Vejledning ved øvelser på Agrikulturmisk Laboratorium*. DSR Forlag, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København. 84 pp. Stencileret.
- Lysgaard, L., 1968: Vejr og klima, I: *Danmarks Natur*, 2, 11–134. Politikens Forlag, København.
- Madsen, H. B. 1979: Jordbundskartering og bonitering belyst ved hjælp af jordens vandretension, bygs rodudvikling og simuleret planteproduktion. *Folia Geographica Danica*, tom. X.5, 203 pp.
- Munsell *Soil Color Charts*, 1954: Munsell Color Compagny, Baltimore.
- Mückenhausen, E., 1962: *Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 148 pp.
- Møberg, J. P., 1975: Mineralogical composition of a Danish soil developed on young morainic material. *Kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Årsskrift*, 91–110.
- Ravn, H. H., 1954: Frostfarlig jord og bekæmpelse af frostska-der. I: *Jordarbejder, teori og praksis*. Dansk Ingeniørfor-ening, Vejkursus 11.–14. oktober 1954. Teknisk Forlag, København, 35–50.
- Ross, C. S., 1924: A method of preparing thin sections of friable rock. *Amer. Journ. of Science*, Ser. 5, 483–485.
- Rutherford, G. K., (Ed.), 1974: *Soil Microscopy. Proceedings of the 4th International Working-Meeting in Soil Micro-morphology, Ontario*. The Limestone Press, Ontario. 857 pp.
- Schlichting, E. und Blume, H.-P., 1961 a: Art und Ausmass der Veränderungen des Tonmineralbestandes typischer Böden aus jungpleistozänem Geschiebemergel und ihrer Hori-sonte. *Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkun-de*, 95, 3, 193–209.
- Schlichting, E. und Blume, H.-P., 1961 b: Das typische Bo-denprofil auf jungpleistozänem Geschiebemergel in der westbaltischen Klimaprovinz und seine grundsätzliche Deutung. *Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Boden-kunde*, 95, 3, 227–239.
- Schlichting, E. und Blume, H.-P., 1962: Art und Ausmass der Veränderungen des Bestandes mobiler Oxyde in Böden aus jungpleistozänem Geschiebemergel und ihren Hori-sonten. *Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Boden-kunde*, 96, 2, 144–156.
- Soil Survey Staff, 1975: *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. U.S. Dept. Argic. Handbook, 436, 754 pp.
- Stephen, I., 1960: Clay Orientation in Soils. I: Drew, J. V. (Ed.): *Selected Papers in Soil Formation and Classifica-tion. Soil Science Society of America, Special Publication Series No. 1*, 342–349. Reproduced from Science Pro-gress, 48, 323–331.