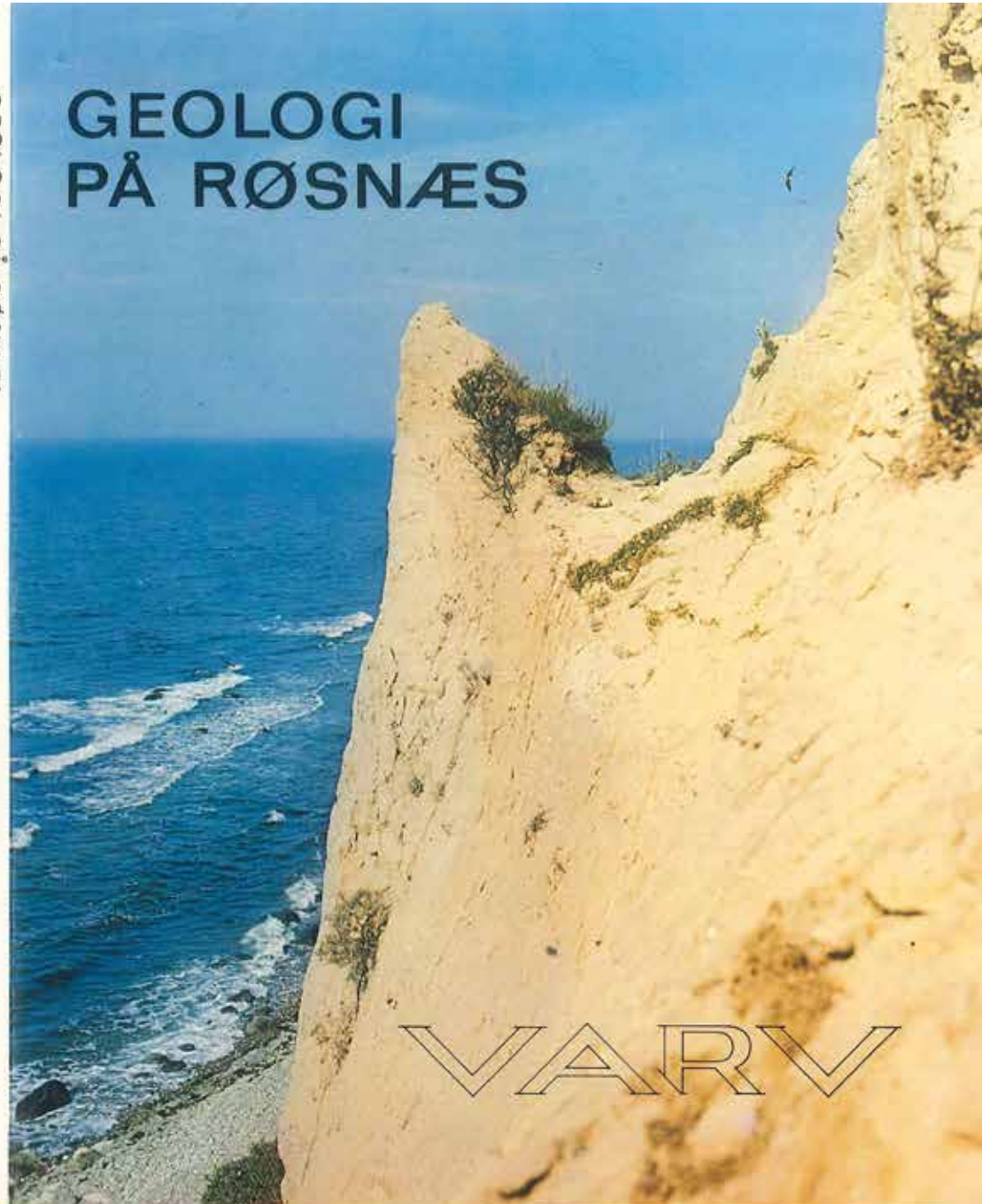




GEOLOGI PÅ RØSNÆS



VARV

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

MINERALOGISK MUSEUM

ØSTER VOLDGADE 5-7, 1350 KØBENHAVN K.

TELEFON (01) 135001, POSTGIRO 906 88 80

VARV 1975

**EKSKURSIONSFØRER NR. 3
ASGER BERTHELSEN**

VARV EKSURSIONSFØRER NR. 3

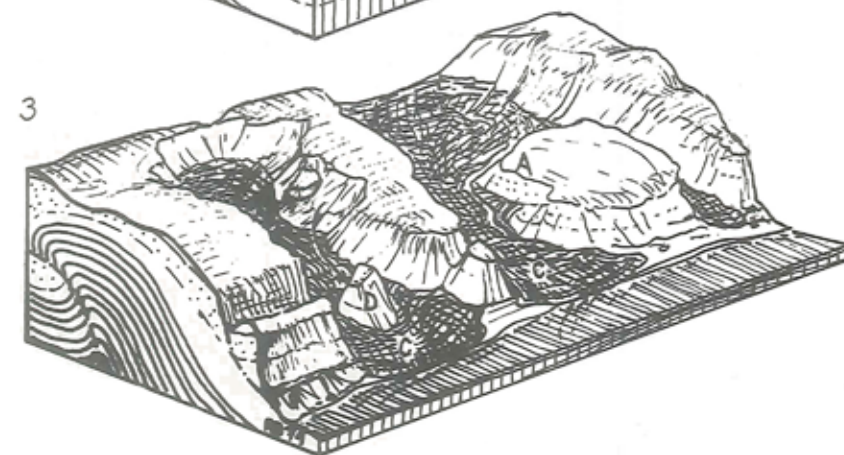
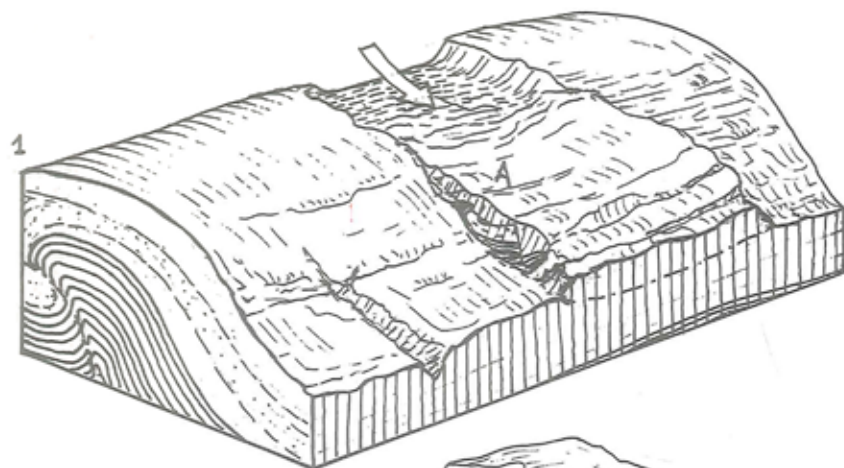
ASGER BERTHELSEN

GEOLOGI PÅ RØSNÆS



Redaktion: Mona Hansen
Valdemar Poulsen

København 1975



VARV udsender herved sin tredje ekskursionsguide, som beskriver geologien på det naturskønne Røsnæs. Det er i år 75 år siden, den første geologiske beskrivelse af denne egns istidslandskaber udkom. I ældre litteratur omtales moræneleret, som opbygger mange af sydkystens klinger, som "rullestensformationen", der tænktes dannet ved et katastrofeagtigt udbrud, så blokke, sten, grus, sand og ler fra den dybere undergrund blev skyllet ud over Danmark. Nu er geologerne blevet klogere, og ingen tvivler i dag på, at store isdækker i løbet af Kvartærtiden gentagne gange nåede Danmark og efterlod sin medtagne last som moræne, eller omlejret af smeltevand, som smeltevandsaflejringer.

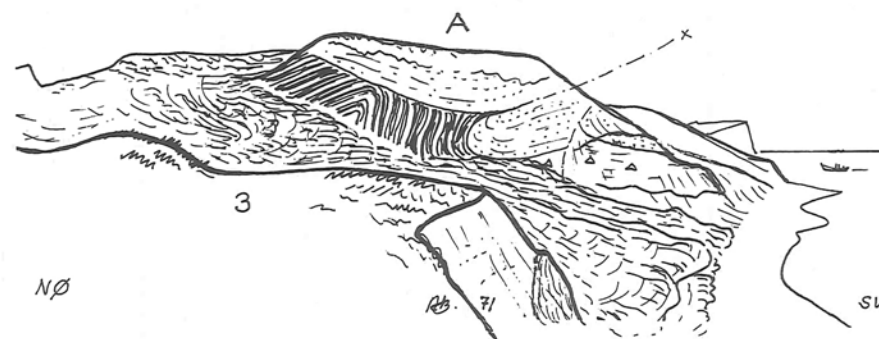
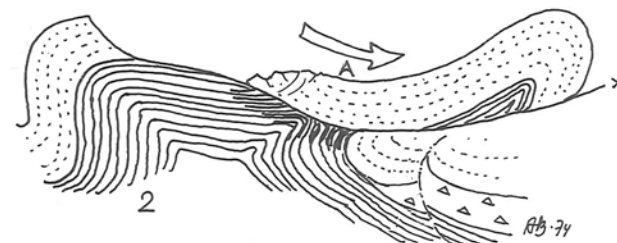
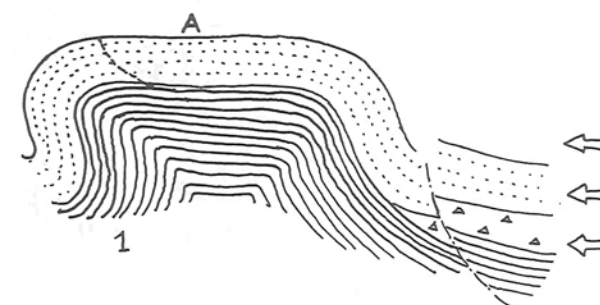
Mange af de lokaliteter, der beskrives, ligger på privat grund, og forfatteren skylder grundejerne tak for tilladelse til at kunne færdes på dem. Vi må som gæster altid tage hensyn til ejernes interesser, og vi må værne om lokaliteterne, så andre besøgende også kan få glæde af dem. Besøgende må også være opmærksom på, at lokaliteterne kan ændre sig. Det er ikke alene tilfældet i grusgrave, hvor gravningen frembringer nye profiler og lukning udsletter eksisterende, klinskred kan også ændre - slette eller forårsage nye blotninger. Der er derfor i denne guide lagt speciel vægt på at forklare istidsgeologiens metoder - i håb om, at den interesserede derved vil blive i stand til selv at finde en forklaring på de nye blotninger, som de geologiske kræfter (inklusive menneskets) stadig skaber.

GEOLOGI PÅ RØSNÆS er trykt af FAIR-PRINT AS

Mekanisk, fotografisk eller anden gengivelse af dette hefte eller dele deraf er ikke tilladt i følge lov nr. 158 af 31. maj 1961 om ophavsret.

© Tidsskriftet Varv, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K.

Forsidebilledet viser "spiret" på Helles klint på sydkysten af Røsnæs. "Spiret" er uderoderet af en morænelersbænk, som aflejreredes for cirka 19.000 år siden af en isstrøm, som nåede til NV-Sjælland fra nordøstlig retning.



Større flager af Kvartære bjergarter skred i "hatten af"-strukturer fra foldekammen ud over foldeflanken (se figuren side 13).

I Stenalderhavets tid, hvor både havniveau og grundvandsspejlet lå højere end i dag, eroderedes stejle kystklinter og erosionskløfter skar sig fra stranden op i landet. Klintpartierne mellem dalene begyndte at skride ud langs cylinderformede brud, så lagene undergik en svag kipning.

Da havniveauet senere sænkedes (relativt set), uddybedes erosionsdalene yderligere og nåede ned til det plastiske ler i foldekernerne. Veritable "gletschere" af plastisk ler begyndte nu at brede sig gennem dalene ned mod havet. "Gletscherne" fødtes den dag i dag de steder, hvor erosionen (inklusive den af mennesket skabte!) har blottet det oppressede plastiske ler, og de bringer det i "unormal" kontakt med de Kvartære bjergarter i dalsiderne.

ADVARSEL TIL DE BESØGENDE

Nygravede vægge i grusgrave kan pludselig og uden varsel skride ud og begrave både dyr, mennesker, fotografiapparater, kompasser og graveskeer. Hvis besøgende forbydes adgang til grusgrave, skyldes det ejerens frygt for at noget sådant skulle indtræffe.

1 og 2 er skematiske profiler, der viser, hvorledes en "hatten af"-struktur udvikles ved tyngdekraftbetinget (gravitativ) udglidning af en flage i den flanke af folden, som isen trykkede på, da de permafrosne jordlag blev foldet op. Bemærk, hvorledes en mindre forkastning under udglidning ændrer orientering i toppen (for neden til højre i tegning 2). Eksemplet er hentet fra kysten syd for Kongstrup, hvor det plastiske ler i foldens kerne har været udnyttet i leca-fabrikationen. "Hatten af"-strukturen blev sandsynligvis dannet dengang permafrosten, der ellers havde holdt de oppressede jordlag sammen, forsvandt. Udglidningen lettedes af det fede plastiske ler i foldens kerne. En "gletscher" af plastisk ler breder sig i dag ned gennem en erosionsdal anlagt senere end flageudglidningen.

Videnskabsmænd bebrejdes ofte, at de lever i "åndernes rige", isolerer sig oppe i deres elfenbenstårne og ikke "kommunikere nedefter" - ikke populariserer deres indsamlede viden.

De bebrejdes også ofte, at det de laver - hvad det så end er - ikke er nyttigt, ikke tjener samfundets interesser.

Der er sikkert mange, der har prøvet at have haft håndværkere, og som ved, at mureren ikke tilkalder den vordende parcelhusejer, for at vise ham de syv første sten, der er muret op. Maleren fremviser heller ikke et arbejde, før det er skredet så langt frem, at "klienten" kan forestille sig det endelige resultat.

En videnskabsmand har det ofte ligesådan. Det hus han bygger, er bygget af iagttagelser og tanker og ofte braser det sammen undervejs som et korthus, så er der noget at sige til, at han vil have huset nogenlunde op at stå, før han "sælger" det populært som den "endelige sandhed" ?

Det "hus", som skulle bygges, før denne lille bog blev til, blev påbegyndt i 1969. Det blev delvis bygget utraditionelt, og før de nye metoder kunne markedføres, var det tilrådeligt at efterprøve dem andre steder end på Røsnæs.

"Geologi på Røsnæs" kan forhåbentlig tjene som en vejledning for de geologisk interesserede, som vil færdes på den naturskønne halvø, men det er samtidig hensigten med bogen at fortælle lidt om, hvad istidsgeologi kan bruges til og hvordan istidsgeologen får ideerne, når han digter det, der er en blanding af logisk tænkning og fantasi med højt til loftet, kort sagt:

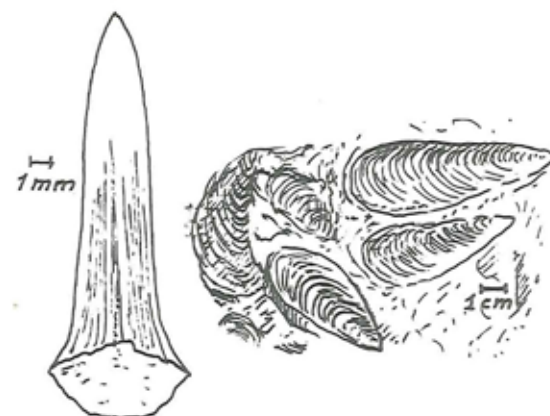
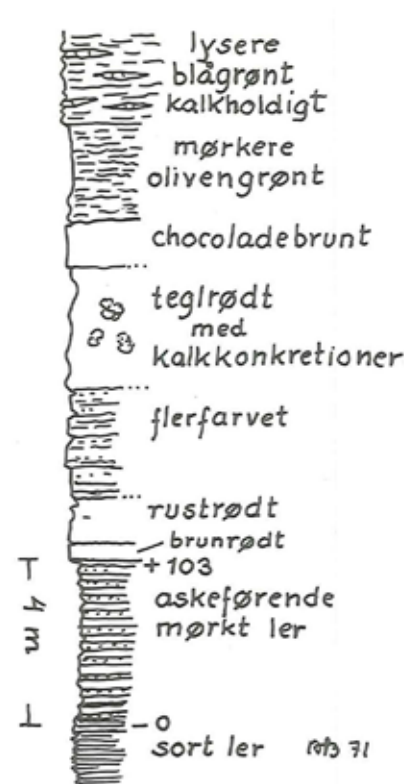
EVENTYRET OM HVORDAN RØSNÆS BLEV TIL.

God appetit. Hvis De får sand i munden undervejs, er det lykkedes for mig.

Oktober 1975.

INDHOLDSFORTEGNELSE

I	HISTORISK TILBAGEBLIK	side 3
	Fra Steffens til Milthers	- 3
	Røsnæs som et stridens æble	- 4
	Ny viden eller landskabspleje ?	- 7
II	DE TERTIÆRE FORMATIONER PÅ RØSNÆS	- 8
	Hævedes undergrundens lag ?	- 8
	Lagfølge og fossilindhold	- 9
	Det plastiske lers senere skæbne	- 10
III	DE GLACIALGEOLOGISKE ARBEJDSMETODER	- 15
	Glacialmorfologiske studier og kortlægning	- 15
	Luftbilledtolkning	- 16
	Ledebloktællinger	- 16
	Stentællingsmetoden og andre petrografiske metoder	- 18
	Gletschernedarvede strukturers betydning	- 19
	Strømretningsbestemmelser	- 21
	Palæoklimatiske indikationer	- 21
	Søjleprofilmetoden og boredata	- 23
	Den glacialtektoniske metode og det kinetostratigrafiske princip	- 24
	Strykning-hældning	- 25
	Den stereografiske projektion	- 26
IV	DE KVARTÆRE DANNELSER	- 31
	Den todelte stratigrafi	- 31
	Interglaciale og interstadiale aflejringer	- 31
	Den "grå moræne"	- 35
	Asnæs varmetiden	- 37
	Den Ungbaltiske kuldebølge	- 40
	Maskemønstre og iskiler på Røsnæs	- 42
	Kalundborg fjord og Sydrøsnæs' højdedrag bliver til	- 42
	Store Ulvebjergs vidnesbyrd	- 48
	Røsnæs-problemerne set i større sammenhæng	- 52
	Røsnæs varmetiden	- 54
	Isloben fra øst og Storebælts gletscheren	- 56
	Fladbakkerne på NØ-Røsnæs	- 59
V	AFSLUTTENDE BETRAGTNINGER	- 65
	Litteraturliste	- 69
	Ordliste	- 71
	Kort over Røsnæs	- 76



Nedre Eocæn højtand og brudstykke fra konkretion med *Mytilus roenaeensis* nov.sp. (efter Petersen m.fl. 1973).

Lagsøjle visende det plastiske lers farvefølge. Det underliggende askeførende ler er opmålt af K.Strand Petersen.

Den uregelmæssige flade, som erosionsdiskordansen udgør, har også været udsat for dislokationer, og kan derfor undertiden findes at være stejltstående eller overklippet.

Det plastiske ler har forårsaget talrige udskridninger langs Røsnæs' sydkyst. Havde det ikke været for de af Leca-fabrikken åbnede lergrave, ville det have været yderst vanskeligt at udrede, hvad der er istryksstrukturer, og hvad der er senglaciale og postglaciale udskridningsstrukturer. Da den sidste is smeltede bort fra sydkysten, stabiliserede permafrosten endnu et godt stykke tid de opskudte og foldede jordlag, og erosionsdalene havde svært ved at skære sig ned i permafrostlaget. Men da permafrostlaget tøede op, (denne optøning skete især nedefra - som følge af den varme-strømning, der hele tiden udgår fra Jordens indre) begyndte tyngdekraftbetingede udskridninger at indtræffe.

udskredne profiler. Sammenholdes dette diagram med lagserien fra en boring i Lillebælt, beskrevet af Arne Dinesen (1972), forekommer det sandsynligt, at det plastiske ler på Røsnæs ikke alene omfatter det Nedre Eocæne Røsnæs Ler (opkaldt efter halvøen), men også inkluderer nogle af overgangslagene til Lillebælt Leret (fra Mellem Eocæn).

Dinesen (1972, side 76) har i øvrigt undersøgt foraminiferindholdet i en prøve fra det askeførende ler og fire fra det røde Røsnæs Ler i lergraven sydvest for Ulstrup. Binzer (1974, side 123, loc.nr.25) har publiceret en kemisk analyse af dette ler samt data om dets sporelementindhold.

K.Strand Petersens detaljerede undersøgelser i lergraven ved Slettenshage (Petersen 1969, 1973 a og b, Petersen, Hoch og Bonde, 1973) har endvidere vist, at det askeførende ler og Røsnæs Leret ikke er så fattigt på makrofossiler som tidligere antaget. I en konkretion ved askelag nummer +36 er fundet en Eocæn *Mytilus* art - beslægtet med nutidens blåmusling. Under askelaget +90 er fundet hjænder og benfiskerester. Lignende fund er gjort i sorte slirer i det ovenliggende Røsnæs Ler. I fossilhorisonten under +90 er også indsamlet knoglerester fra flere gammel-Tertiære fuglearter, samt fossilt ved og nogle enkelte frø. I cementstensniveauet med askelag nummer +103 forekommer veludviklede gravegange. I en mere vestlig grav med Røsnæs Ler er fundet rester af en blæksprutte i en kalkkonkretion.

DET PLASTISKE LERS SENERE SKÆBNE

Den Eocæne lagserie, som er vist i søjlediagrammet side 11, findes dog ikke udviklet på alle lokaliteter. Den Tertiær-Kvartære afbrydelse eller lakune har karakter af en erosionsdiskordans, idet de Kvartære formationer (moræne eller smeltevandssand) på forskellige lokaliteter hviler på forskellige niveauer inden for det plastiske ler. De kan således hvile direkte på det rustrøde ler, der med få meters mægtighed overlejrer det askeførende ler.

I HISTORISK TILBAGEBLIK

FRA STEFFENS TIL MILTHERS

Røsnæs halvøen har med sin egenartede natur altid tiltrukket sig geologernes interesse - også selv om Røsnæs er den del af Sjælland, der ligger længst "vest for Valby bakke". Den romantiske naturfilosof Henrik Steffens omtaler allerede i 1810 Røsnæs i sine "Geognostisch-geologische Aufsätze". Han sammenligner Røsnæs' geologiske opbygning med Kullens og antager, at undergrundens granit ligger højt under Røsnæs. I 1828 beskriver J.H.Bredsdorff "Mineralier fundne på Refnæs ved Kalundborg", og i sin første "Danmarks Geologi" fra 1835 tegner Johan Georg Forchhammer, "den danske geologis far", sin berømte linie fra Rügen, over Møn til Røsnæs og Mors. Omkring denne linie viste de geologiske lag særlig kraftige forstyrrelser. Da Forchhammer i 1840 besøgte Røsnæs, fandt han i de lagforstyrrelser, som præger sydkystens klinte, en bekræftelse på sin teori om, at undergrundens lag langs denne linie var blevet hævet og presset op mod jordoverfladen.

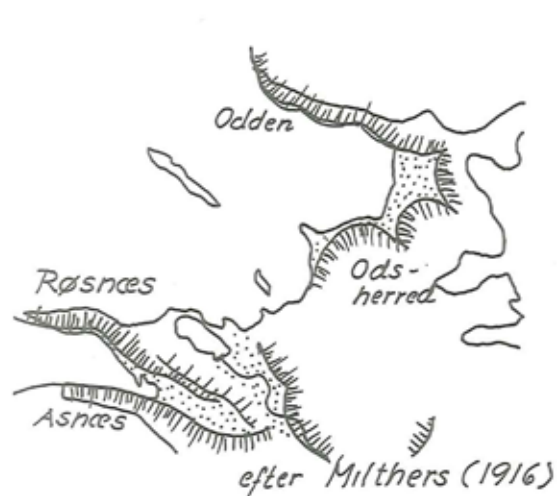
Efter oprettelsen af Danmarks geologiske Undersøgelse i 1888, foretog Kristian Rørdam og Vilhelm Milthers i årene 1892-1896 den første systematiske geologiske kortlægning af NV-Sjælland - og herunder også af Røsnæs. Med udgivelsen af kortbladsbeskrivelsen i 1900 indtraf der dog ikke nogen pause i udforskningen af Røsnæs' geologi - snarere tværtimod. Mange af de mere specielle problemer, der var dukket op under kortlægningen, blev nu taget op og belyst i en hel række af afhandlinger, og nye undersøgelser blev startet. Her skal kun nævnes to eksempler: A.C.Johansen (1904) beskrev de snegle-muslingeførende lag fra mosen med sumpskildpadden ved Bjørnstrup, og senere undersøgte S.A.Andersen (1937) de vulkanske askelag i lererien under det røde plastiske ler, som blottedes efter et skred i klinten ved Snogekjærgaard i 1913.

RØSNÆS SOM ET STRIDENS ÆBLE

Efter afslutningen af den almindelige geologiske kortlægning fortsatte V.Milthers sine studier under gentagne besøg på Røsnæs, og i 1943 samlede han sine omfattende iagttagelser i bogen "Nordvestsjælland's Geologi".

For den læser, som er fortrolig med områdets stednavne, er her en rig fond af viden at øse af, men ved læsning af denne bog alene, får man dog ikke et indtryk af, hvor højt bølgerne gik i diskussionen om de istids-geologiske forhold på Røsnæs.

Det er ganske åbenbart, at kortbladsbeskrivelsens to forfattere, Rør-dam og Milthers, ikke var enige i disse spørgsmål, for der gives ikke nogen entydig forklaring på Røsnæs' tilblivelse i dette værk, der er klassisk, fordi det indeholder den første beskrivelse og tolkning af et dansk randmorænelandskab. Denne tolkning af Odsherredbuernes dannelsesmåde står dog alene for juniorforfatteren, V.Milthers' regning, idet Rør-dam afstod fra medforfatterskab til dette kapitel.



Men selv om vi må afvise Forchhammers teori om lagforstyrrelsernes tektoniske oprindelse, er det dog værd at bemærke, at de nyere undersøgelser har vist, at der trods alt er foregået hævninger i Røsnæsområdet. Tidligt i Eocæn-tid dukkede et Eo-Røsnæs op som en grund bank eller en ø i det hav, der da i øvrigt dækkede det meste af Danmark, og over hvilket askeregnen fra en vulkan i Skagerrak spredtes ved udbrud efter udbrud. De vulkanske askelag genfindes i det isforstyrrede moler ved Limfjorden, hvor godt 200 lag kan genkendes på grundlag af tykkelse og indbyrdes afstand. Et særligt iøjnefaldende askelag har fået nummer +1, og herover ses lag op til nummer +140. Lagene under nummer +1 - ialt 39 lag - har fået negative numre fra -1 til -39. I lagserien i lergraven ved Slettenshage, undersøgt af Kaj Strand Petersen (1969 og 1973 b), findes askelag fra de samme vulkanudbrud, men de afsluttes her med lag nr +103, og dette lag er udviklet som en hærningshorisont, idet udskilt kalk har kittet laget sammen til cementsten. I det askelags-profil ved Snogekjærgaard, som S.A. Andersen undersøgte, findes heller ikke yngre askelag end +103. Når yngre askelag ikke genfindes i Røsnæsprofilerne skyldes det ikke, at de ikke er blevet aflejret her, men at de er blevet fjernet, eroderet bort, i forbindelse med en lokal hævnning af havbunden - inden aflejringen af det ovenliggende røde plastiske ler, Røsnæs Leret.

LAGFØLGE OG FOSSILINDHOLD

Det plastiske ler, der overlejrer det nedre askeførende ler på Røsnæs, er meget fedt og fremtræder med kraftige farver. V.Milthers (1943, side 19) mente at kunne se en vis lagfølgemæssig orden i farvefordelingen, og de nyere undersøgelser har da også vist, at det er muligt at opstille en holdbar lokal aldersinddeling eller stratigrafi ved hjælp af lerets farver og øvrige makroskopiske kendetegn. I diagrammet side 11 er vist den samlede lagfølge, der er sammenstykket ud fra iagttagelser i forskellige lergrave og

Saltbæk vig. Dette bidrager utvivlsomt til landskabsfredningen, men virker unægtelig også i den retning, at vor viden om bakkelandskabets indre opbygning ikke øges. Det betyder i virkeligheden, at eksisterende opfattelser om landskabets tilblivelse fredes sammen med landoverfladen.

Har man først studeret de gode, dybtgående snit i de mindre og spredte grusgrave, kan man langt lettere og betydeligt mere sikkert tolke strukturerne i de ret tilskredne og visse steder ligefrem frodigt bevoksede klintprofiler langs kysten. Hvad der er botanikerens fryd, er ikke geologens, og hvad der kan forarge en naturfredningsmand, kan undertiden fryde en geolog.

II DE TERTIÆRE FORMATIONER PÅ RØSNÆS

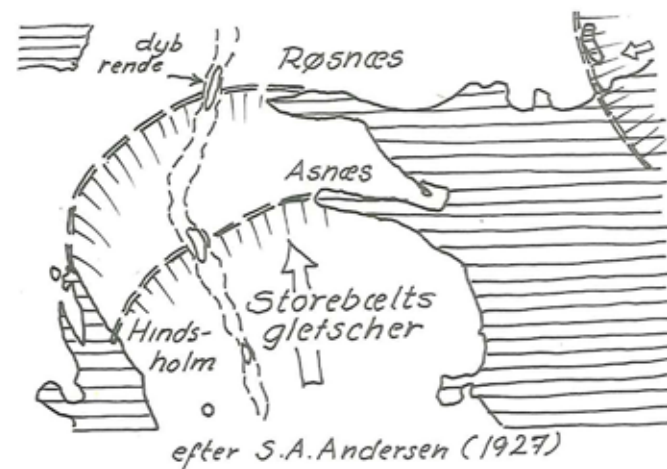
HÆVEDES UNDERGRUNDENS LAG ?

Under feltarbejde på Røsnæs kan der ikke skelnes skarpt mellem undergrundsgeologi og istidsgeologi. Nok er der et stort hul, en lakune, i lagserien - spændende fra det yngste plastiske ler (? Mellem Eocæn) helt "op" til de ældste Kvartære aflejringer fra Eem interglaciertid - men overalt, hvor det plastiske ler er påtruffet, har det vist sig at være påvirket af de samme lagforstyrrelser som de ældre Kvartære aflejringer. Kun de alleryngste Kvartæraflejringer, fra sidste del af istidens slutfase, viser ikke forstyrret lagstilling.

De ovenfor nævnte lagforstyrrelser er ikke forårsaget af indre geologiske, det vil sige "ægte" tektoniske kræfter, sådan som Forchhammer forestillede sig det, men de skyldes det tryk, som sidste istids fremrykkende gletschere udøvede. Som Milthers (1943, side 31) bemærkede, er det plastiske ler og de ovenliggende moræne- og sandlag "tilsammen at betragte som Flager af et vældigt Omfang".

Rørdams egne synspunkter kan ses i hans "Geologi og Jordbunds-lære" fra 1909, hvor det fremgår af en figur, at han anså Røsnæs for at være blevet dannet som en randmoræne foran Storebælts gletscheren under et af dennes afsmeltningstadier.

V. Milthers fremkom med sit synspunkt ved det "Skandinaviske Naturforskersmøde" i Kristiania i 1916, hvor han fremholdt, at Røsnæs udgør en isranddannelse forårsaget af en is, der kom fra nordøst. Han byggede denne opfattelse på sine fund af visse ledeblokke, norske rhombeporfyrer og svenske kinnediabaser, langs sydkysten af Røsnæs.



En yngre geolog, S.A. Andersen (1927 og 1929), hævdede dog, at Storebælts bundforhold, bakkerækkernes form på Røsnæs og skrålejringer i smeltevandaflejringerne på Røsnæs tydede på, at Rørdams opfattelse var korrekt. - Milthers gensvarede i 1932 sine kritikere i en større afhandling om "Israndens Tilbagerykning fra Østjylland til Sjælland-Fyn". Han modificerer her sit oprindelige synspunkt, idet han ikke længere fastholder, at de norske og vestsvenske ledeblokke blev transporteret til Røsnæs med den sidste isstrøm. Denne mener han, bredte sig fra øst ind over NØ-

Røsnæs, og langs dens sydlige og sydvestlige rand blev ældre moræneaflejringer (indeholdende norske og svenske ledeblokke), presset op i bakkerækkerne på Sydrøsnæs.

Den sydfor-liggende halvø, Asnæs, betragtede V. Milthers derimod som en israndsdannelse, der angav den nordligste position af en sydfra-kommende isstrøm, Storebælts gletscheren. Kalundborg fjord skulle således angive skillelinien mellem to forskellige isstrømmes udbredelse. Denne modificerede opfattelse genfindes også i Milthers' senere arbejder. I "Nordvest-sjællands Geologi" (1943) tilføjede han dog, at da israndslinien på Røsnæs østligere bliver skåret af Asnæslinien, må Storebæltsfremstødet have været det yngste. - S.A. Andersen fastholdt på den anden "front" også sin opfattelse uændret.

I 1952 viste Helge Gry, at smelte vandet fra Storebælts gletscheren var strømmet ud over en stor dødismasse, der dækkede de nordøstlige dele af Røsnæs. I søer i denne dødis afsatte smelte vandet grus-, sand- og lerlag, der efter dødisens bortsmeltning kom til at stå frem som fladbakker. Skillelinien mellem de to "omstridte" isstrømme flyttedes herved fra fjorden op på selve Røsnæs. S.A. Andersen (1964) tilsluttede sig dog ikke Gry's salomoniske løsning. Han hævdede, at fladbakkerne på NØ-Røsnæs var at opfatte som sparsomme erosionsrester efter et oprindelig sammenhængende større dække af smelte vandsaflejringer.

S.A. Andersen mente - ligesom Gry - at det var smelte vand fra Storebælts gletscheren, der havde ført gruset, sandet og leret til NØ-Røsnæs, og han fremførte overbevisende argumenter herfor, men - selv i en "afdød" form - accepterede han ikke Milthers' islobe fra øst på NØ-Røsnæs.

De geologiske undersøgelser på Røsnæs i 60'erne og 70'erne har bragt adskillige nye oplysninger frem, og har vist, at der findes et større eller mindre element af "videnskabelig sandhed" i alle de ældre opfattelser fra dette århundrede. Det er samtidig blevet klart, at Røsnæs' istids-

geologiske udvikling har været særlig kompliceret, fordi fire forskellige isfremstød bidrog til landskabets udformning, og det skal ikke nægtes, at der endnu er mange problemer, som fortjener en mere indgående behandling.

Interessant nok var det en besvarelse af Københavns universitets geologiske prisopgavespørgsmål for 1960, der fremkaldte den fornyede interesse for Røsnæs' geologi, som viste sig i 60'erne og begyndelsen af 70'erne. Besvarelsen, hvori Røsnæs-lerets foraminiferer blev beskrevet, kom fra nuværende docent, dr.phil. H.J. Hansen, og på hans foranledning blev en magisterstuderende, nuværende videnskabelig assistent ved D.G.U., mag.scient. K.Strand Petersen, startet på en detaljeret undersøgelse af de tertiære og kvartære aflejringer i Slettenshage lergrav, sydvest for Ulstrup.

Da det i foråret 1969 blev besluttet, at Københavns universitets kvartærgeologiske feltkursus skulle afholdes på Sjælland, var intet mere naturligt end at henlægge det til Røsnæs, hvor et geologisk "brohoved" var blevet etableret, og hvor det nyoprettede landskabslaboratorium bød på gode indkvarteringsmuligheder. Fra 1969 til 1971 afholdtes i alt 5 feltkurser. Både lærere og studerende takkes for de bidrag de herigennem har ydet til udforskningen af Røsnæs' istidsgeologi. Mag.scient. Kaj Strand Petersen og cand.scient. Peter Konradi, begge DGU, takkes også for faglig bistand.

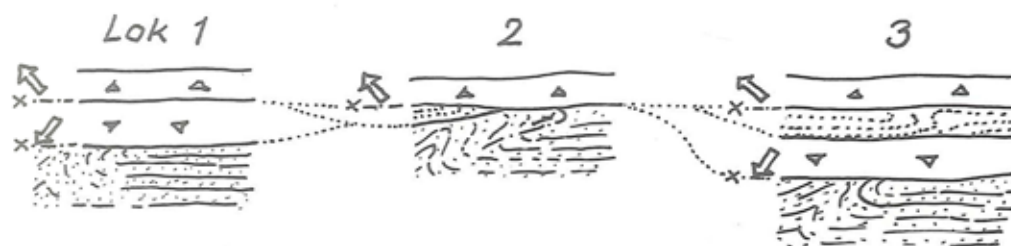
NY VIDEN ELLER LANDSKABSPLEJE ?



Den kraftige byggeaktivitet i Kalundborg-området i slutningen af 1960'erne, medførte øget gravning efter sand og grus og også efter fyldjord. En væsentlig del af gravningen foregik i mindre grave, der ofte blev drevet af grundejeren selv. Adskillige af de interessante profiler, der fremkom ved denne gravning, kan desværre ikke længere ses. Enten drives grave ikke mere, eller de er totalt udslattede som led i landskabsplejen. Grusindvindingen er blevet koncentreret, og sker nu fortrinsvis i meget store grave i de regelmæssigt lejrede hedesletteaflejringer syd og sydøst for

istryksbestemmelserne træder hjælpende til, for viser alle tre morænebænkes tilsvarende isoverskridelse ét og samme bevægelsesmønster, er det sandsynligt, at de alle tilhører ét og samme større isfremstød med flere underfaser.

Et yngre, større isfremstød (for eksempel fra SØ) kan også helt borteordere alle aflejringer fra et forudgående isfremstød (for eksempel fra NØ) på en bestemt lokalitet, og man kunne da forledes til at tro, at lokaliteten har raget op som en isfri nunatak eller har ligget uden for den forudgående (NØ-lige) isstrøms udbredelsesområde. Finder man imidlertid



Eksempel på hvorledes morænebænke på forskellige lokaliteter jævnføres efter det kinostratigrafiske princip. På lokalitet 2 viser orienteringen af dislokationerne i lagene under de yngste smeltevandsaflejringer og den yngste moræne, at de er fremkaldt af det ældste isfremstød, der har efterladt morænebænke på lokalitet 1 og 3.

isbetingede deformationer i aflejringerne neden under de borteordede, og er disse dislokationer i overensstemmelse med det bevægelsesbillede man fra andre lokaliteter har fastlagt for den NØ-lige isstrøm, må det anses for sandsynligt, at dislokationerne er fremkaldt af denne isstrøm, uanset at den ikke er repræsenteret ved nogle aflejringer på den pågældende lokalitet.

Det kinostratigrafiske princip anvendes med andre ord som et overordnet princip til koordination og afstemning af alle glacialgeologiske data. Det er omtalt ret udførligt her, fordi det var undersøgelserne på Røsnæs (1969 - 71), der gav stødet til dets formulering (Berthelsen, 1973).

Skematiske blokdiagrammer visende udviklingen af udglidninger og skred langs Røsnæs' sydkyst i løbet af Senglacial- og Fastlandstid (1), Stenalderhavets tid (2) og Nutiden (3). Bemærk at vegetationen er udeladt. A angiver en stor flageudskridning af formodet senglacial alder. B cylinderformet brud. C "gletschere" af plastisk ler. D skredblok, der er flydt med "gletscheren".

III DE GLACIALGEOLOGISKE ARBEJDSMETODER

Mens de Eocæne formationer udviser en ensartet stratigrafisk udformning over hele området, præges Røsnæs' Kvartære lagserie af lokal lagudkiling og hurtig vekslen mellem aflejringstyper, faciesændringer, og de skiftende smeltevandsstrømme og isfremstød har fremkaldt lokale lagafbrydelser i forskellige niveauer. Da sådanne afvigelser fra en regelmæssig lejring gør sig gældende inden for relativt korte afstande, og da der - trods Røsnæs' mange gode dagblotninger - oftest er længere mellem de gode profiler, vanskeliggøres opstillingen af en detaljeret glacialstratigrafi.

I de sidste årtier er der dog - ligesom inden for de fleste videnskabsgrene - også sket betydelige fremskridt i glacialgeologien, og nye arbejdsmetoder er blevet føjet til de gammelkendte.

GLACIALMORFOLOGISKE STUDIER OG KORTLÆGNING

De glacialmorfoloiske studier og kortlægningen af de øvre jordlag på grundlag af stikprøver ved hjælp af karteringsboret indgår som klassiske elementer i enhver glacialgeologisk undersøgelse. Analyse af terrænformerne og jordlagenes beskaffenhed dannede basis for fastlæggelsen af både Using's israndslinie (Hovedopholdslinien, der markerede ydergrænsen for isdækket under sidste istid) og den Haderske israndslinie (den Østjyske israndslinie, som viser et markant yngre isfremstød, der afbrød isens bortsmeltning). Gry's (1952) tolkning af fladbakkerne på NØ-Røsnæs hviler på

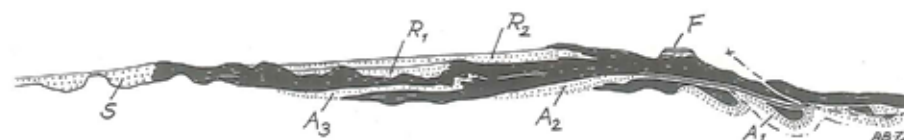
samme grundlæggende arbejdsmetode. Alle de nævnte eksempler er imidlertid hentet fra glacielle landskaber, der udvikledes i forbindelse med den sidste nedisning af de pågældende områder. At ældre landskabsformer, når de er store nok, i let modificeret form kan præge eller "slå igennem" yngre glaciellandskaber, blev tidligt påvist af Poul Harder, og nyere undersøgelser i Skåne, på Sjælland, i Jylland og i Nordtyskland har samstemmende vist, at der mange steder findes "sammensatte landskaber", hvor gamle landskabsformer skabt under en tidligere nedisning, kan optræde - så at sige uændrede - side om side med former, der udvikledes under de senere fremstød. De nye undersøgelser på Røsnæs har vist, at selv en så tilsyneladende "sårbar" bakketype som en hatformet bakke, i permafrossen tilstand kan "overleve" gentagne isoverskridelser. Erkendelsen af det glacielle landskabs kompleksitet og morfologiens flertydighed medfører, at mange af afsmeltningsfasens stilstandslinier, der figurerer på det glacielle Danmarkskort, må betragtes med stor skepsis; det gælder også for Røsnæs' vedkommende.

LUFTBILLEDTOLKNING under stereoskop repræsenterer et værdifuldt moderne supplement til den glaciellmorfologiske metode og kan, af den trænede geolog, også benyttes som et led i kortlægningen. På luftbillederne over Røsnæs kan ydergrænsen for Stenalderhavets aflejringer og strandvoldsdannelse omkring Saltbæk vig således tydeligt aflæses. Under stærk forstørrelse er også fundet, at oppresningsstrukturene i bakkernes indre på Sydrøsnæs aftegner sig i markoverfladen.

LEDEBLOKTÆLLINGER

Ledeblokmetoden (Milthers, 1909) kan på baggrund af den viden, vi råder over i dag, desværre ikke længere tillægges helt den afgørende betydning, som V. Milthers, metodens ophavsmand naturligt tillagde den (Gry,

Aflejringer, der er knyttet til et bestemt isdækkes fremstød og afsmeltning, udgør en kinetostratigrafisk enhed, fordi deres aflejringsstrukturer og deformationsstrukturer er udviklet i overensstemmelse med bevægelsesbilledet (kinematiken) i denne isstrøm. "Kernen" i en kinetostratigrafisk enhed er de moræneaflejringer, isdækket har efterladt, og hertil knytter sig et "ydre gevandt" af smeltevandsaflejringer og iskontaktsedimenter, der dannes under fremrykningen og under afsmeltningsstadiet.



Skitse visende en ideel kinetostratigrafisk enhed med en "kerne" af moræner (sort), og et "ydre gevandt" af smeltevandsaflejringer (prikkede). Flageoverskydninger er angivet med prik-streg-prik symbol. A₁, A₂ og A₃ er smeltevandsaflejringer dannet i forbindelse med ophold under den generelle fremrykning, S dannet ved isens maksimale udbredelse, og R₁ og R₂ dannet under ophold eller mindre fremstød under den generelle recession. F angiver en fladbakke dannet efter isstrømmens overgang til dødis.

Både fremrykningen til isdækkets maksimale udbredelseslinie, og afsmeltningen herfra kan være foregået i flere etaper. Der kan have været lokale ophold under den generelle fremrykning, og også lokale fremstød under den generelle recession ("tilbagetrækning"). Et og samme større fremstød kan derfor på en enkelt lokalitet være repræsenteret ved for eksempel tre morænebænke, hvor de yngre har disloceret de ældre. Her er det



Tre morænebænke med ens udformning og sammensætning og ens bevægelsesbillede henføres til forskellige faser af et og samme større isfremstød.

Konstruktionerne udføres i praksis over et trykt net med gradinddelinger svarende til Jordens længde- og breddegrader, et såkaldt Wulff net. Et stykke gennemsigtigt papir lægges over nettet og en nål føres gennem nettets centrum, så papiret kan drejes herom. Nettets omrids og de fire verdenshjørner markeres på papiret. - Ved plotning af en strygning-hældning måling drejes papiret så N-S linien på det graddelte net angiver lagets strygning i forhold til N-S mærkerne på papiret. I denne stilling vil en af længdegradsbuerne på nettet svare til lagets skæring med grydebunden. Længdegradsbuen indtegnes, hvis laget skal angives ved en stor cirkel. Ønsker man lagets orientering angivet ved et lagnormal-plot, fastholdes papiret i samme stilling over nettet, og fra centrum tælles det antal grader, laget hælder fra centrum og langs nettets ækvator ud til lagnormalens skæringspunkt, der markeres med et kryds. Men husk at tælle i en retning modsat af den, hvori laget hælder. Denne fremgangsmåde gentages ved hvert lagnormalplot. Når alle strygning-hældning målinger er plottede, drejes papiret indtil krydserne fordeler sig omkring en af det underliggende nets længdegradsbuer. Fra det punkt, hvori denne længdegrad skærer ækvatorlinien i nettet, tælles nu 90° langs ækvator i retning over nettets centrum til det punkt, der angiver den eftersøgte foldeaksens orientering. Tæl så op, hvor mange grader der er fra dette punkt langs ækvator videre ud til nettets rand (hvor der sættes en lille prik), og foldeaksens dyk-vinkel er bestemt. Drej så papirets N-pil tilbage over nettets N-pil og aflæs aksens retning ... som kompasretningen fra en tænkt linie fra centrum og ud til den lille prik i nettes rand. Foldeaksens retning-dyk er hermed konstrueret.

grafiske projektion (Wulff net), hvorved foldeaksens orientering i den store struktur kan bestemmes, selv om den ikke direkte kan måles i felten. Når først foldeaksernes orientering (retning-dyk) er bestemt, kan der konstrueres profiler eller blokdiagrammer af strukturen. På side 47 ses et "udskåret" blokdiagram udført af K.Strand Petersen (1973 a).

Det kinetostratigrafiske princip er en arbejdshypotese, det vil sige en antagelse, der lægges til grund for tolkningen af de glacialtektoniske, glaciodynamiske og alle andre glacialgeologiske data. Efter dette princip må man forvente, at tidsforskellige isfremstød fra forskellige retninger (for eksempel NØ og SØ) ikke alene vil kunne spores ud fra deres aflejringer (moræner og smeltevandsdannelser) men også ved hjælp af de dislokationer, fremstødene har medført.



Forstørret udsnit af luftbillede over vestligste del af Røsnæs (Geodætisk Institut, rute D 364 C, 152). Øverst til venstre ses Røsnæsgård. På markerne til højre, der først blev opdyrket i sidste del af forrige århundrede, ses folder og forkastninger i de Kvartære dannelser (overvejende smeltevands-sand). Strukturerne, der skæres diskordant af overfladen, er dannet ved is-tryk udført af den Ungbaltiske is. Reproduceret med tilladelse (A.680/75) af Geodætisk Institut.

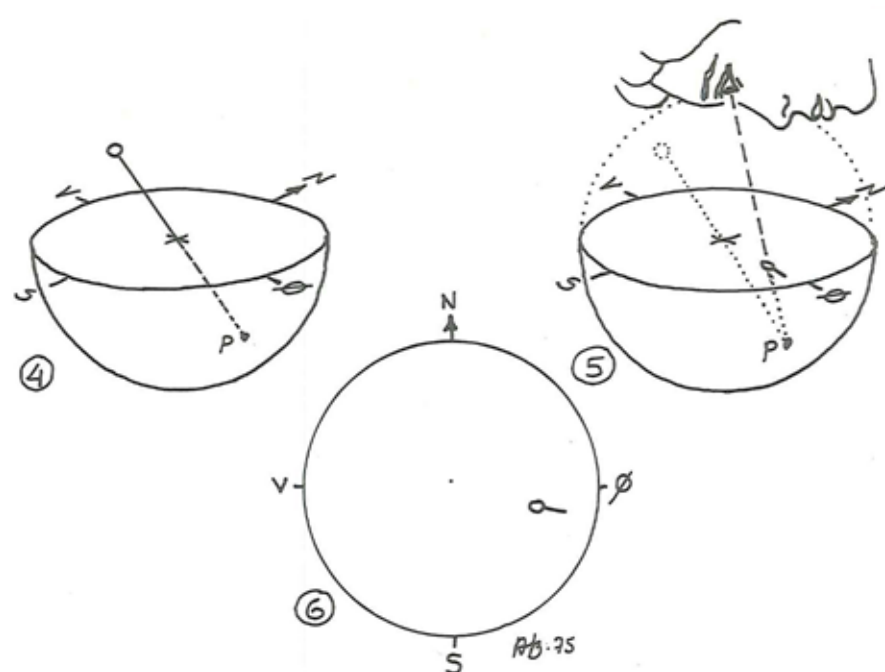
1974, Krüger, 1974, Marcussen, 1974). De fleste Kvartæraflejringer på Røsnæs er ret ledeblokkfattige, og selv om "karakterblokke", det vil sige, blokke, der er faststående inden for større områder, regnes med, kan den enkelte aflejrings blokindhold ikke opgøres på et statistisk forsvarligt

grundlag ved tælling på stedet ("plukning" i klint, tælling i markstensbunker eller på markoverfladen). Selv i større grusgrave kan det være svært at finde så mange ledeblokke, at det er tilladeligt at beregne deres procentuelle fordeling.

Da strandstenene langs Røsnæs' sydkyst ikke med sikkerhed kan henføres til én og kun én bestemt formation i klinterne, giver strandstenstællinger "kunstige" blandinger mellem de blokselskaber, der optræder i de aldersforskellige moræner og smeltevandsaflejringer, som havet har udvasket blokkene fra. Nye tællinger udført over korte, udvalgte strækninger på sydkysten synes dog at bekræfte Milthers' hovedkonklusion: at den "nedre, dislocerede moræne" først og fremmest karakteriseres af et vist indhold af rhombeporfyre og kinnediabaser og et ret betydeligt indhold af dalablokke, mens den øvre, regelmæssigt lejrede moræne præges af et baltisk blokselskab - det vil sige stammende fra Østersøen. Nye tællinger på NØ-Røsnæs viser derimod ingen mærkbar forskel på blokindholdet i smeltevandsaflejringer af vidt forskellig alder og oprindelse. Det samme, måske meget gamle materiale, er tilsyneladende blevet oparbejdet igen og igen. Det er ledeblokkfattigt, men indeholder en del Palæozoiske bjergarter, hjemmehørende i Østersøområdet, og desuden hvidprykket flint.

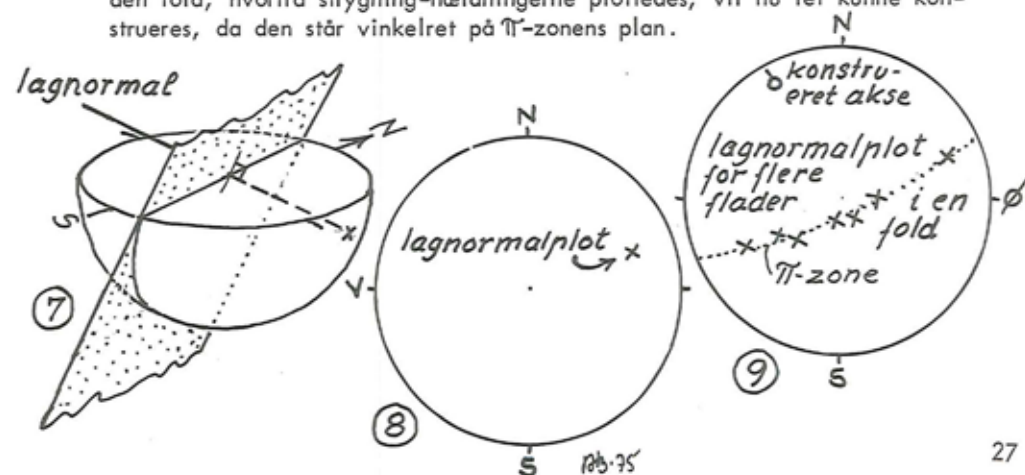
STENTÆLLINGSMETODEN OG ANDRE PETROGRAFISKE METODER

Stentællingsmetoden, som udvikledes i slutningen af forrige århundrede af Rørdam samt Ussing og Madsen, har de seneste år fået en vis renaissance (f.eks. Sjørring, 1973 og Petersen 1973 a), selv om Marcussen (1974) stærkt betvivler dens værdi. Der gælder dog nok det samme for denne metode som andre glacialgeologiske metoder: metodens resultater bør vurderes i sammenhæng med andre data. K.Strand Petersens meget detaljerede undersøgelser af bjergartssammensætningen inden for flere fraktioner i morænerne på Sydrøsnæs giver således sammenholdt med supplerende pe-



Skal man i et diagram angive mange planers orientering, indtegner man undertiden ikke hvert enkelt stercirkelplan, men angiver i stedet for orienteringen af lagnormalen, det vil sige den linie, der står vinkelret på planet og som går gennem grydelågets centrum (se tegning 7). De forskellige lags lagnormalers skæring med grydebunden angives oftest som et kryds. Disse krydsmærkede punkter overføres til grydelåget og det færdige diagram efter samme princip som er vist for punktet P i tegning 5 og 6.

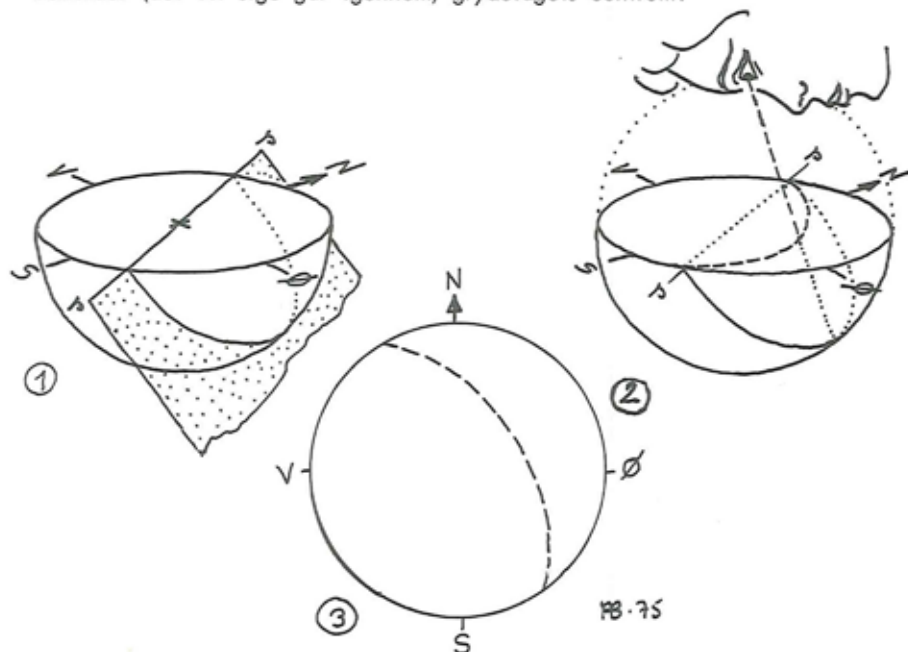
Hældning-strygning målinger fra lag, som indgår i en fold, vil plottet som lagnormaler fordele sig omkring en stercirkel, (π -zonen på tegning 9). Denne stercirkel markerer orienteringen af et plan (at det forholder sig sådan vil fremgå, hvis tegning 3, 2 og 1 "læses baglæns"). Foldeaksen i den fold, hvorfra strygning-hældningerne plottedes, vil nu let kunne konstrueres, da den står vinkelret på π -zonens plan.



DEN STEREOGRAFISKE PROJEKTION er et af strukturgeologens vigtigste værktøj til sammenstilling og bearbejdelse af måledata om flader og liniers rumlige orientering.

Projektionen kan opfattes som en tegning af en halvkugleformet gryde set fra oven. Vi må tænke os, at grydens låg er vandret og gennemsligt og at gryden langs sin yderrand er forsynet med verdenshjørneangivelser i stedet for hanke.

I en sådan "grydeprojektion" kan alle planer eller linier nu "puttes i gryden" med deres rigtige orientering i forhold til verdenshjørnerne og det vandrette plan. Planer og linier anbringes altid sådan, at de indeholder (det vil sige går igennem) grydelågets centrum.



Et hældende plan vil skære grydebunden i en storcirkel, det vil sige en halvbue med centrum i grydelågets centrum, mens det vil skære grydelåget i en ret linie (s....s) på tegning 1. I det færdige diagram tegnes storcirklen, som den ville ses, hvis iagttageren holdt sit øje som vist i tegning 2. Det færdige diagram med storcirklen angivende planets rumlige orientering ses i tegning 3.

En dykkende linie, for eksempel en foldeakse vil, som vist i tegning 4 skære grydebunden i et punkt P. Dette punkt overføres til grydelåget med øjet anbragt som vist i tegning 5, og det vil i det færdige diagram (tegning 6) ligge midt i foldningsaksesympolet hoved.

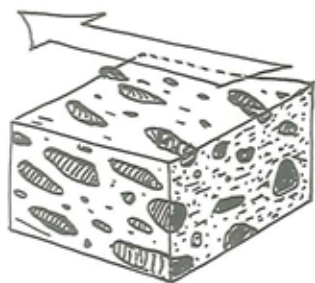
trografiske og stratigrafiske data, interessante resultater, og der kan næppe være tvivl om, at stentællingsmetoden i en mere moderne form bør indgå på lige fod med bestemmelser af kornstørrelsesfordelingen og undersøgelser af sammensætningen af tungminerale og af lerfraktionens mineralogi. Alle sådanne petrografiske data giver værdifulde bidrag til søjleprofilmetoden (se side 23).

GLETSCHERNEDARVEDE STRUKTURERS BETYDNING

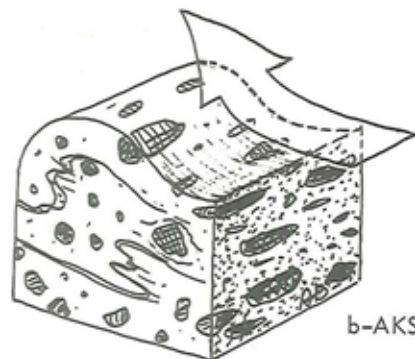
Glaciodynamiske strukturer (Lavrushin, 1970) er strukturer, der udvikledes under den dynamiske proces, der førte til at isens underste lag - sålen - blev så beriget på opslæbt og opblandet materiale fra underlaget, at det ved afsmeltningen dannede et morænedække. Blandt de glaciodynamiske strukturer, der er bevaret i fremsmeltede moræneaflejringer, kan nævnes de internstrukturer, der er beskrevet fra den nedre moræne ved Græsmarken, Asnæs (Berthelsen, 1971 og 1974), og som gør det muligt at fastlægge den aflejrende is' bevægelsesretning.

I de seneste år har stenorienteringsmålinger på de aflange sten i morænerne helt berettiget vundet indpas i den glacialgeologiske metodik (Krüger, 1970), og denne metode har da også været anvendt på Røsnæs, men her desværre med meget begrænset udbytte. De aflange sten (i almindelighed fra 2 til 20 cm lange) blev forsigtigt frigjort, så kompasretning af deres længste akse og dennes dyk kunne måles. Desuden målt stenes dimensioner. Der indmålt 50 sten på hver lokalitet, idet dog sten med stort dyk blev udeladt, og målingerne indførtes som punkter i et arealtro net (Lambert net).

I en moræne aflejret af en is, der har bevæget sig frem over et jævnt underlag, vil stenene i bundmorænen dykke svagt imod bevægelsesretningen (a-præget orientering), men ledsages isbevægelsen af oppresning



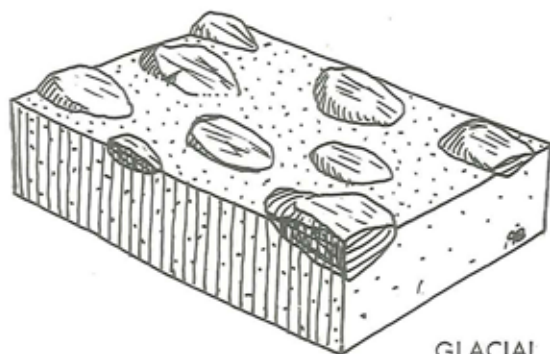
a-PRÆGET STENORIENTERING



b-AKSE
STENORIENTERING

og foldning, hvorved bundmorænen stemmes op mod forhindringer eller selv deltager i foldebevægelserne, vil stenenes længdeakser blive orienteret vinkelret på fremstødsretningen (b-akse orientering), eller med andre ord parallelt med foldeaksen i oppresningsstrukturerne. I dislocerede områder vil man kunne finde b-akse orientering overpræget på en a-akse orientering (se f. eks. Rasmussen, 1974), og det er sikkert sådanne "interferenser", der gør det svært at tolke stenorienteringsmålingerne fra Røsnæs.

Isbevægelsesretningen kan undertiden også bestemmes ved hjælp af skurestriber, som det sedimentladede bundlag i en isstrøm har indridset på sten i en glacial brolægning. Dette har kunnet gøres i skredprofilen øst for campingpladsen ved Elverdams Gaard. Syv svagt "tagstenslagte" (imbrikerede) sten viste her isskuring fra en retning omkring SSØ ved



GLACIAL BROLÆGNING

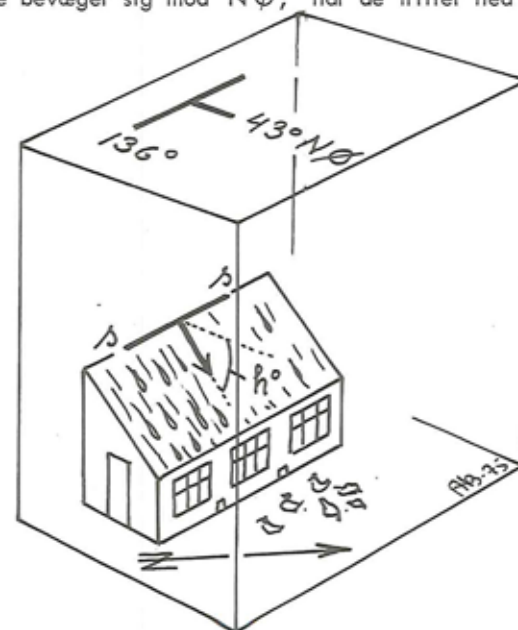
Selve istryksbestemmelsen på en lokalitet kræver en undersøgelse af de dislocerede lags geometri, rumlige forhold. Dette indebærer at lagfladernes orientering opmåles på udvalgte punkter inden for en foldestruktur. Sådanne strygning-hældning målinger plottes (indtegnes) i den stereo-

STRYGNING-HÆLDNING er måledata, som angiver en flades rumlige orientering.

Fladen, hvis orientering måles, kan være et gruslags over- eller underkant eller taget på et hønhuse som vist i nedenstående skitse. Strygningen er kompasretningen af en vandret linie gennem fladen, for eksempel tagryggens kompasretning (s s) på hønhuset. Denne kompasretning måles fra ret nord med uret og op til 180° fra ret nord. Hønhusets tag stryger i 136° .

Hældningen af et tag måler vi altid ved en gavl, der står vinkelret på tagryggen. Hældningen af geologiske lag måles tilsvarende i et plan, der står vinkelret på lagfladens strygning. Hældningen opgives i grader. Taget på hønhuset hælder således 43° . Et fladt tag hælder få grader, et fladtliggende (eller svagt hældende) hælder også få grader. Stejlstående lag og tage hælder mange grader, dog under 90° , som angiver lodret lagstilling.

Ved hældningsmålinger skal man ikke alene anføre, hvor mange grader den undersøgte flade hælder, men også i hvilken retning den hælder. Hønhusets tag hælder således 43° i nordøstlig retning, for regndråberne bevæger sig mod NØ, når de triller ned ad taget.



Alle de indtil nu nævnte metoder har det til fælles, at de i et område som Røsnæs kun i meget få tilfælde med sikkerhed gør det muligt at jævnføre eller korrelere en aflejring eller en hændelse på én lokalitet med tilsvarende dannelser eller hændelser på andre lokaliteter, for som nævnt i dette kapitels indledning, kan der være store lokale variationer inden for den afstand, der er imellem de gode blotninger, boringer eller geoelektriske sonderinger.

Det er derfor sidst og ikke mindst - men dog ikke alene - takket være den glacialtektoniske metode (Gry, 1940, Berthelsen, 1971 og 1973), at det har været muligt at samle de enkelte løse brikker til det helhedsbillede, som fremtræder i den glacialstratigrafiske oversigt i tabellen på side 67. Denne sammenstilling skal dog ikke tages som "den endelige sandhed", men repræsenterer den for tiden bedst mulige tilnærmelse mod en "videnskabelig sandhed".

Glacialtektoniske istryksbestemmelser kan udføres, hvor et isfremstød har medført foldning eller flageopskydning af de underliggende lag. Akserne, det vil sige ryglinierne i folderne vil normalt have en retning, der står vinkelret på istrykket, og flagerne forskydningsretning vil være parallel med isens bevægelsesretning. Denne regel gælder dog kun, hvis det er fladtliggende lag, der disloceres, forstyrres, af en jævnt fremskridende og retliniet isfront. Har lagene en varieret lagstilling som følge af ældre isfremstøds dislokationer, bliver forholdene mere komplicerede, og er isstrømmens front buet, fordi strømmen har delt sig op i flere løber, vil for eksempel foldeakserne også have skiftende retninger: de vil bue på samme måde som isfronten.

Det siger derfor sig selv, at istryksbestemmelser udført på store strukturer, er de mest værdifulde, og at der skal adskillige istryksbestemmelser til, før den generelle bevægelsesretning for et isdække kan fastlægges.

basis af den Ungbaltiske moræne. Glaciale brolægninger kan også findes i et (eller flere) niveauer i en moræne, da en isstrøm kan "befri sig for" den nederste tunge del af den sedimentladede sål-zone, og glide videre hen over denne under samtidig udvikling af en intern brolægning (Gripp, 1973).

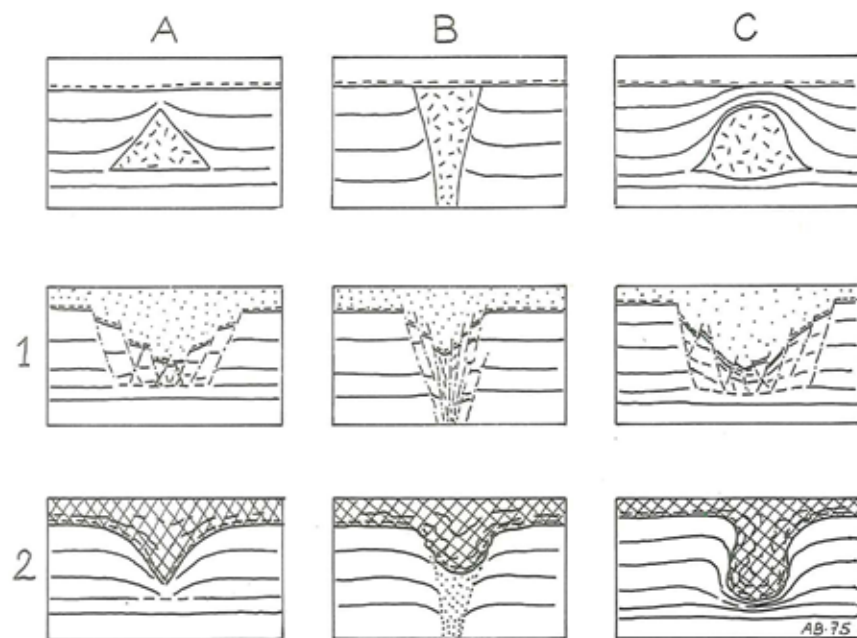
STRØMRETNINGSBESTEMMELSER

De strømbetingede strukturer, som ses i smeltevandsaflejringer, fortæller om smeltevandets afstrømningsretning, og om hvilken vej materialtransporten foregik. Metoden blev først anvendt på Røsnæs af S.A. Andersen (1927 og 1964), og senere undersøgelser har suppleret - og oftest bekræftet - S.A. Andersens resultater.

Kendskabet til de strømbetingede strukturers udvikling og deres betydning som miljøindikatorer er imidlertid blevet øget meget væsentligt i de allerseneste år (jfr. Reineck og Singh, 1973), og der er derfor stadig langt igen, før undersøgelserne af disse forhold på Røsnæs kan betragtes som "tilfredsstillende" afsluttet. Halvøen rummer adskillige "lærebogseks-empler", der fortjener en detaljeret beskrivelse og bearbejdelse.

PALÆOKLIMATISKE INDIKATIONER

Forekomsten af permafrostbetingede strukturer i de Kvar-tære aflejringer på Røsnæs og Asnæs har også bidraget til opklaringen af områdets stratigrafiske udvikling. De permafrostbetingede strukturer omfatter dels iskilestrukturer og tilsvarende maskemønstre i overfladen, dels andre typer indsynkningsstrukturer fremkommet ved uds melting af mindre islegemer (? intrusiv grundis eller relikt gletscheris). Til indsynkningsstruk-turerne hører vasestrukturer, der først opdagedes på Røsnæs. Denne og andre typer er vist på næste side. Se også side 55.



Forskellige typer af indsynkningsstrukturer dannet ved udsmelting af massive grundislegemer i permafrostlaget. Islegemerne har under A revleform, under B kileform og under C klokkeform. Strukturerne af type A 1, B 1 og C 1 er indstyrtningsstrukturer med ledsagende forkastninger. De dannes, hvor udsmeltingen sker fra neden. Typerne A 2, B 2 og C 2 er indflydningsstrukturer, der dannes ved udsmelting oppefra. Typerne B 1 og B 2 er begge iskilestrukturer, og typen C 2 er en vasestruktur. Den egentlige forskel på typerne A 1 og C 1 gør sig kun gældende i den tredje dimension.

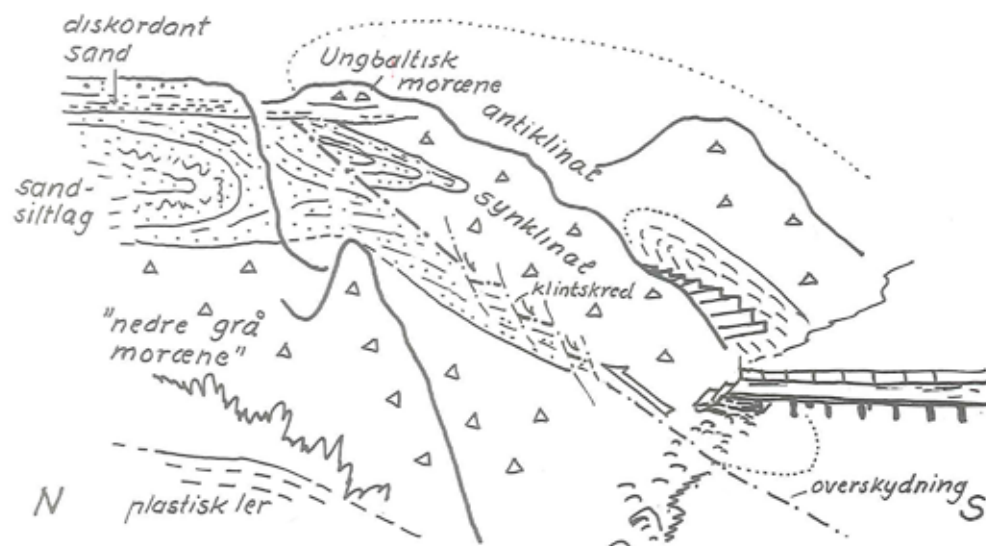
Hvor jordlagenes kalkindhold er blevet udvasket, og hvor jern- og manganforbindelser er blevet udfældet, før jordlagene blev dislocerede, foreligger vidnesbyrd om øget "geokemisk aktivitet" og dermed om mildere tidsafsnit, hvor vandet i jorden kunne cirkulere frit, fordi det ikke var bundet som is.

SØJLEPROFILMETODEN OG BOREDATA

På lokaliteter, hvor udgravningerne er dybe nok, eller klintprofilerne er høje nok, kan opstilles søjleprofiler, der omfatter flere smeltvandsaflejrede lagserier og moræneenheder, og de forskellige enkelte lag og enheders sedimentologiske karakteristika kan indføres i søjleprofilen. Søjleprofilmetoden, der hidtil især er blevet anvendt ved studiet af større sedimentationsbassiner, bygger på, at sedimentære lagserier aflejret i forskellige miljøer, viser en karakteristisk udformning og udvikling i de forskellige dele af bassinet, og det røber sig i søjleprofilerne fra sted til sted. Før metoden vil kunne anvendes i fuld udstrækning ved løsningen af de mere komplicerede glacialgeologiske problemer, må der gennemføres adskilligt flere "case studies" af glacigene lagserier i områder, hvor aflejningsmiljøet ved hjælp af andre metoder kan fastlægges entydigt. De detaljerede undersøgelser, som er blevet udført i fladbakken Stensbjerg på NØ-Røsnæs, kan betragtes som et bidrag til sådanne studier. Der er ingen tvivl om, at søjleprofilmetoden i fremtiden vil få stærkt øget betydning i studiet af de Kvartære lagserier.

Hvor der foreligger tilstrækkeligt sikre resultater fra nogenlunde tæt placerede borer, oftest vandboringer, opnås yderligere oplysninger. Kortlægning af gennemborede Kvartære formationer efter cirkeldiagrammetoden finder sted i forbindelse med DGU (Danmarks geologiske Undersøgelse)'s hydrogeologiske undersøgelser. I områder med en uforstyrret stratigrafi, kan geoelektriske målinger også give værdifulde resultater, blandt andet med henblik på kortlægningen af den præ-Kvartære overflades højdeforhold. Disse målinger er baseret på de forskellige jordarters forskellige ledningsevne for elektrisk strøm, idet ledningsevnen er en funktion af vandindholdet.

tryk. Den har generelt været fra syd mod nord, idet der dog er variationer på grund af oppresningsstrukturernes buede forløb. Buerne vender den konvekse side mod nord.



En iøjnefaldende foldstruktur ses i Helles klint - og bedst, når den som i skitsen ovenfor betragtes fra skrænten noget vest for badebroen. Klintens lagserie omfatter nederst plastisk ler. Herover følger en mægtig bæk af "nedre grå moræne", hvoraf det karakteristiske "spir", som er afbildet på forsiden, er uderoderet. Over den "nedre grå moræne" følger smeltevandssand og silt med enkelte gruslag. Disse smeltevandsaflejringer danner i den vestvendte væg nordfor "spiret" en stor liggende fold, en synklinal, som er væltet over mod nord. Øverst i klinten ses bryozo-rigt smeltevands-sand diskordant lejret på foldens bøjede lag og lokalt også diskordant Ungbaltisk moræne. Foldningen har bragt den "nedre grå moræne" op i omvendt (inverteret) lagstilling ovenpå sand- og siltlagene. Denne omvendte morænelersflanke opbygger klinten lige vest for trappen. Den lille dal, som trappens første del fører op igennem, er eroderet ud i kernen af den efterfølgende antiklineal, og derfor optræder der plastisk ler her. Antiklinalens normale flanke dannes af morænelersklinten øst for trappen (sydligst i skitsen ovenfor).

Denne store struktur kompliceres af en overskydning, som medfører, at sand- og siltlagenes synklinal ombøjning i blokken nærmest fjorden befinder sig højere oppe i klinten end den ellers burde være. Dertil kommer, at kystparallelle klintskred har forstyrret overskydningen og lagene i den omvendte antiklinalflanke.

IV DE KVARTÆRE DANNELSER

DEN TODELTE STRATIGRAFI

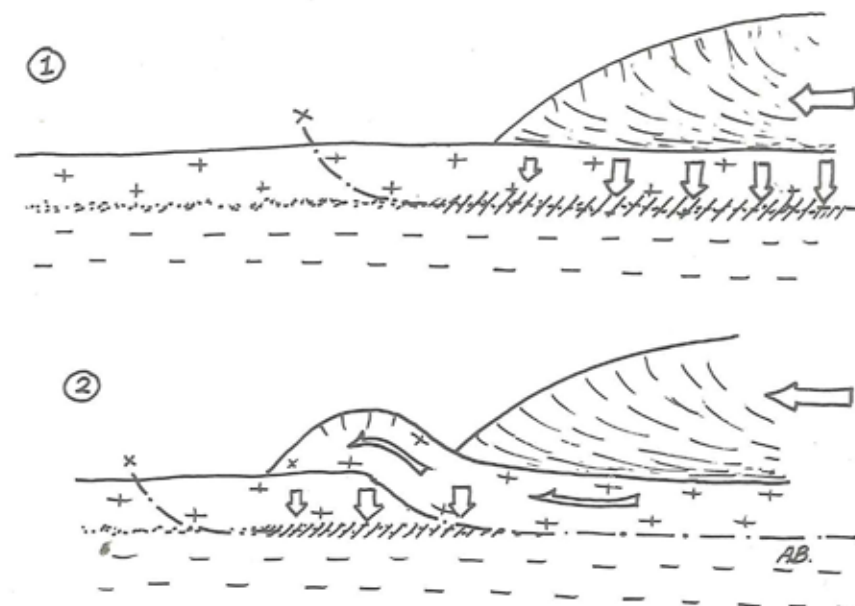
V. Milthers (1932, side 43) delte Kvartærlagene i Sydrøsnæs' klinger op i en ældre disloceret lagserie omfattende moræner og smeltevandssand hvilende på plastisk ler, og en yngre regelmæssigt lejret serie af lagdelt smeltevandssand og -grus og stedvis et øvre lag af moræner eller morænegrus. Det var dengang ikke muligt at sige noget sikkert om, hvor stor aldersforskellen mellem den oppressede serie og den regelmæssigt lejrede serie var, men da skalførende lag fra sidste interglacialtid, Eem interglacial, tidligere var blevet fundet i en af sydkystens klinger, ville Milthers ikke udelukke, at der kunne forekomme glaciale lag ældre end sidste istid (Weichsel) på Røsnæs.

INTERGLACIALE OG INTERSTADIALE AFLEJRINGER

K. Strand Petersens (1973 a) undersøgelser i lergraven ved Slettenshage bekræftede Milthers' todelte Kvartærstratigrafi og viste, at der her var udviklet en diskordans mellem to baltiske moræner, som har forskellig lagorientering. I den nedre af disse moræner fandtes en flage af marint Eem ler med skaller efter et dyresamfund domineret af sneglen *Turritella communis*. Under den nedre dislocerede baltiske moræne med flagen forekom en endnu ældre moræne. Petersen (1973 a) anfører, at denne "nederste moræne" kan være ældre end sidste istid, men nærværende forfatter henfører den til Weichselistidens hovedfremstød. Man må gøre sig klart, at en af de store vanskeligheder ligger i det forhold, at moræner afsat ved forskellige isfremstød kan vise mange lighedspunkter med hensyn til sammensætning og blokindhold.

En anden lokalitet, der har haft stor betydning for udredningen af Røsnæs' Kvarter stratigrafi, er klinten ved Charlesvej, mellem Kongstrup og Skambæk Gaard, se figur side 33. Der kan også i denne klint udskilles tre moræner, en disloceret, en dislocerende og en diskordant. Den nedre dislocerede moræne er todelt i klintens sydøstlige del, idet den kan opdeles i en øvre grålig del og en nedre blålig del. Denne farveforskel skyldes antagelig ikke forskel i forvitningsgrad, men beror snarere på, at den nedre del af den "grå moræne" indeholder opblandet materiale fra en ældre, mere blåfarvet aflejring. Der forekommer små, velafrundede rullesten af plastisk ler (≥ 1 cm) i fede partier i det blålige moræneler, så det må formodes, at en marin aflejring, aflejret ovenpå det plastiske ler, siden er blevet opblandet i den "grå moræne". I dag kan dannelsen af ganske lignende rullesten iagttages, hvor havet vasker ind over det plastiske ler i stranden. Direkte opblanding af plastisk ler i en moræne - uden forudgående marin omlejring - ville føre til dannelse af uregelmæssige klumper og smører af plastisk ler i moræneleret. I det, vi derfor kan betragte som den blålige lokalmoræne, er endvidere fundet en noget sandopblandet ler-smørre, hvori er ret velbevaret skal af sneglen *Turritella* er fundet. En undersøgelse af lerets mikrofauna (foraminiferer) er udført af P. Konradi (DGU). Den viser, at en marin arktisk-boreoarktisk fauna med enkelte boreale former er blevet opblandet. Faunaen må formodes at tilhøre en marin, kølig interstadial aflejring fra ældre Weichsel, men den lader sig ikke direkte sammenligne med andre interstadiale faunaer. Et interstadial betegner en mere kortvarig bedring af klimaet inden for en istid, mens et interglacial er en lang varmeperiode mellem to istider.

I klinten ved Charlesvej kan den blålige lokalmoræne ses at være blevet hævet op over en mindre horst-lignende struktur, hvori en lys, gullig sand-silt serie er blottet. Strømribber i sandet viser, at dette ligger retvendt. Øverst i serien forekommer 10 cm tykke indslag af moræneagtigt, gråsort sandet ler, der tolkes som en slags flydemoræne.

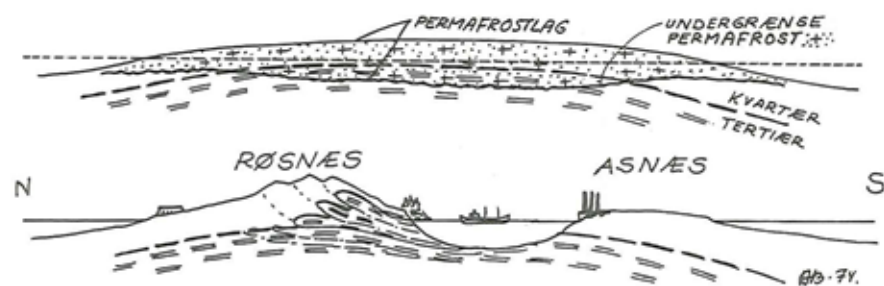


Principskitse visende mekanismen ved flageoppression. Permafrostlaget har korssignatur, ufrosne jordlag stregsignatur. Zonen med porevandsovertryk er skraveret. De tykke pile angiver belastningstryk, de tynde overskydningsbevægelsen. Bemærk, at den opskudte flage automatisk bøjes (foldes) svagt.

at trykbelastningen påføres. Sådanne betingelser vil ofte være til stede i grænsezonen, mellem jordlag med ufrossent og frossent grundvand, og især når denne grænsezone ligger i jordarter, der i forvejen har en lille vandgennemstrømmelighed (permeabilitet) og et stort porevandsindhold, og det er netop egenskaber, der karakteriserer de Øvre Paleocæne og Eocæne lerarter i NV-Sjælland.

Efter en sandsynligvis kortvarig pause, hvor den Ungbaltiske is "samlede kræfter" til at overvinde den forhindring, den selv havde skabt, blev Sydrøsnæs overskredet af Ungbalten, og de oppressede flager blev yderligere deformeret og toppen af oppresningsstrukturerne blev eroderet.

Bevægelsesretningen for den dislocerende is kan bestemmes ud fra orienteringen af de folder og overskydninger, som skabtes på grund af isens



Skitseprofiler visende situationen før og efter flageopstablingen på Sydrøsnæs i forbindelse med den Ungbaltiske is' fremrykning.

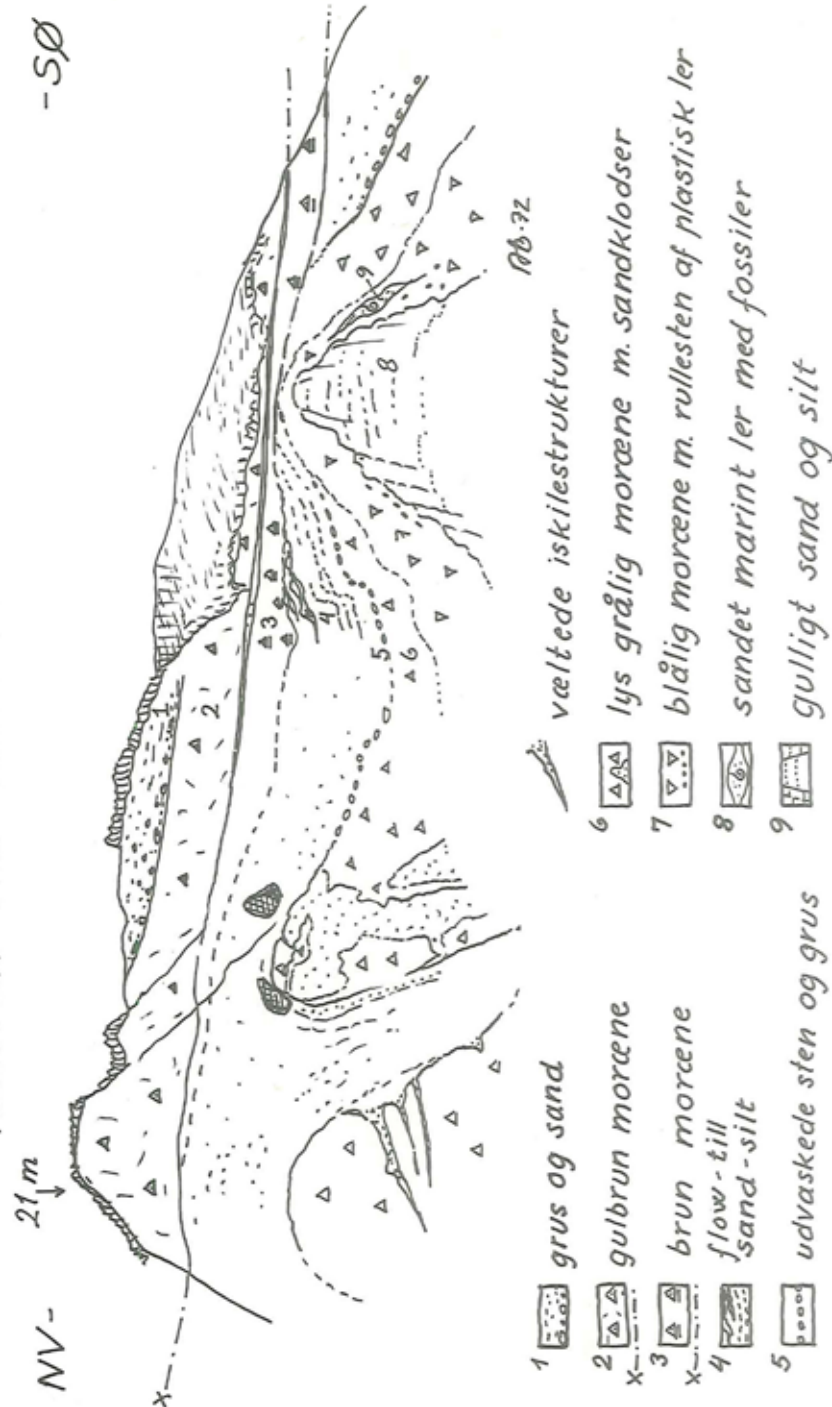
delse med disse dislokationer, idet de store flager, hvis nedre del bestod af askeførende ler og plastisk ler, må være hentet herfra. Flagerne blev skubbet sammen og dannede højdedraget på Sydrøsnæs, og ligesom fjorden ender brat ud for Kalundborg by, gør bakkedraget det også.

Det er sandsynligt, at Asnæs og Røsnæs - før det Ungbaltiske fremstød - har udgjort et sammenhængende landskab, hvor der i det højtliggende land udvikledes et tykt permafrostlag, der omfattede både de Kvartære og den øverste del af de præ-Kvartære lag. Da den Ungbaltiske is rykkede frem over dette landskab, medførte isens vægt, at grundvandets poretryk øgedes i grænsezonen mellem den ikke-frosne undergrund og permafrostlaget. Det forhøjede porevandstryk nedsatte jordlagenes sammenhængskraft og lettede dannelsen af en glideflade, en overskydning, langs grænsezonen.

Foran isen, hvor porevandsstrykket ikke blev forøget, søgte overskydningsplanet op mod jordoverfladen. Da isen rykkede frem skubbede den den permafrosne flage op foran sig, og der opstod da lidt længere fremme igen en zone med øget porevandstryk, og en ny overskydning dannedes her.

Betingelsen for, at en hurtigt påført trykbelastning medfører stigning i porevandstrykket ved basis af permafrostlaget, er selvsagt, at porevandet er (delvist) indespærret, så det ikke kan nå at sive væk i takt med,

KLINTEN ved CHARLESVEJ



MASKEMØNSTRE OG ISKILER PÅ RØSNÆS

Hvor iskiler i permafrostlaget danner et sammensat celle-mønster, vil der ved udsmeltingen kunne dannes maskemønstre på jordoverfladen, da markoverfladens højde påvirkes, og da jordbunden vil have en lidt anden beskaffenhed oven over iskilerne end uden om disse.

Maskemønstre, der tilskrives en sådan oprindelse, er udviklede på NØ-Røsnæs. De blev først opdaget ved luftbilledstudier (Berthelsen, 1971), og mens de ses tydeligt på luftbillederne, kan de være svære at erkende i felten, da reliefforskellene er meget små. Maskemønstrene viser maskevidder på 50-200 meter. Tilsvarende stormaskede mønstre kendes fra højarktiske egne, for eksempel NØ-Grønland.

På NØ-Røsnæs optræder maskemønstre i morænefladen omkring Trænemosen, men de er ikke udviklet i de fladbakker, hvis grus- og sandlag er blevet aflejret ovenpå moræneleret. De ses heller ikke, hvor senglaciale smeltevandsaflejringer eller postglaciale sedimenter dækker morænefladens moræneler omkring Saltbæk Vig. Se luftbilledudtegnings side 43.

Den Ungbaltiske kuldebølge har også efterladt sig spor i aflejringerne på Sydrøsnæs. Iskilestrukturer i lossepladsprofilen ved Ulstrup og i klinten ved Charlesvej kan efter al sandsynlighed henføres til dette tidsinterval. På den sidste lokalitet, er iskilestrukturerne blevet disloceret sammen med den omgivende "grå moræne" ved den Ungbaltiske is' fremstød.

KALUNDBORG FJORD OG SYDRØSNÆS' HØJDEDRAG

BLIVER TIL

Det Ungbaltiske fremstød, som nu fulgte, må anses for at have haft ansvaret for udviklingen af de store og dybtgående dislokationer, som præger Sydrøsnæs. Vi må antage, Kalundborg fjord blev "gravet ud" i forbin-

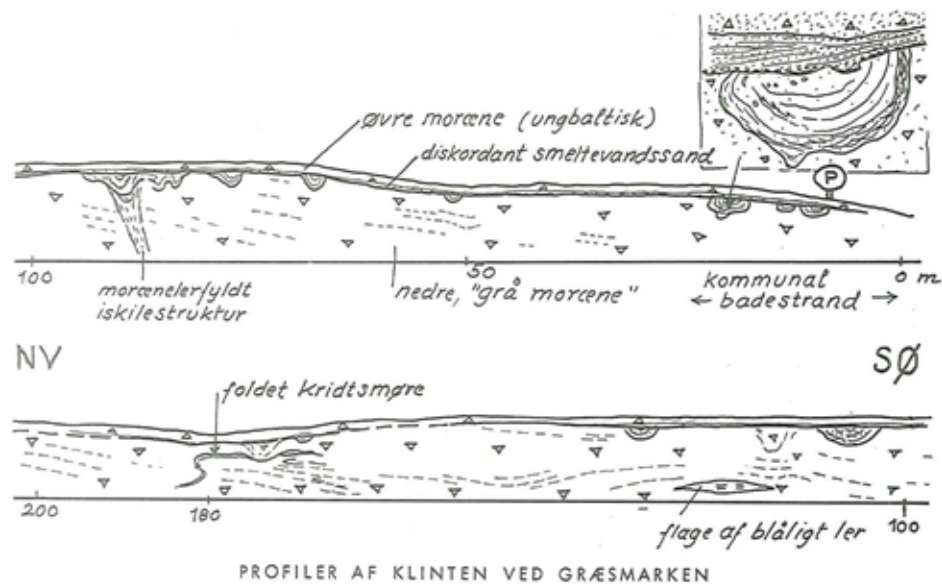
Den stratigrafiske stilling af disse sand-silt lag er usikker, og for "enkeltheds skyld" er de i den stratigrafiske tabel side 67 henført til den indledende fase af Hovednedisningen i Weichsel.

DEN "GRÅ MORÆNE".

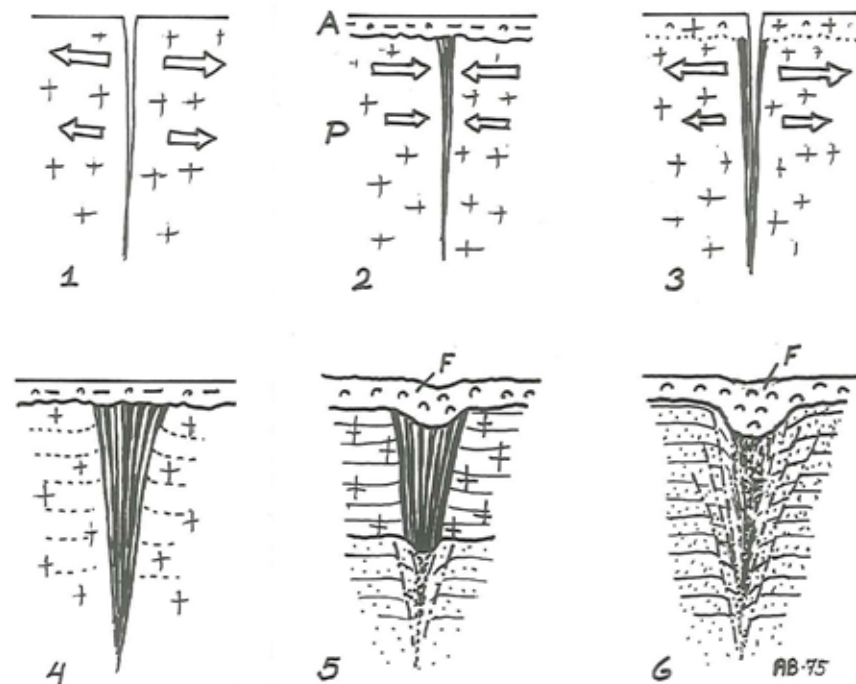
Den dislocerede "grå moræne" i klinten ved Charlesvej korreleres som vist i figuren side 34 med litologisk lignende moræner i 1) Slettenhage lergrav, 2) profilet ved Ulstrup kommunale losseplads, 3) Helles klint, 4) samt med den nedre moræne i Mogenshøj og 5) klinten ved Græsmarken på Asnæs. Der er næppe tvivl om, at det er denne "grå moræne", der indeholder de norske og svenske ledeblokke, som nu præger stranden flere steder på Sydrøsnæs.

I klinten ved Græsmarken indeholder den "grå moræne" i sin nedre del også partier af blåligt moræneler, og her optræder partierne tydeligt som opblandede flager. Desuden findes der - ligesom i klinten ved Charlesvej - spredte "sandklodser" i den grå moræne. De glaciodynamiske strukturer i klinten ved Græsmarken viser, at den "grå moræne" er aflejret af en is kommende fra ØNØ. Berthelsen (1971 og 1973) korrelerer denne is med "NØ-isen"s fremstød til Hovedopholdslinien i Midtjylland i Weichseltid. I den stratigrafiske oversigt i tabellen side 67 er dette nedisningsstadium (stadial) betegnet Hovednedisningen.

I profilet ved Græsmarken overlejres den nedre "grå moræne" af smeltevandsgrus, -sand og -silt, der udfylder meterstore halvkugleformede trug i morænen overflade (se figuren side 36). Diskordant herpå hviler en yngre sand- og grusserie, der overlejres af en øvre moræne, der når op i dyrkningslaget. I klinten forekommer også en stor iskilestruktur, som gennem sætter den "grå moræne", men som ikke påvirker de diskordante sandlag eller den øvre moræne.



Da iskiler kun kan dannes i isfrie landskaber, hvor jorden er permafrossen, kan vi udlede, at den isstrøm, der aflejrede den "grå moræne", og som nåede frem til Hovedopholdslinien, smeltede tilbage, så Asnæs blev isfrit, inden en ny kuldebølge satte ind (med permafrost og iskiledannelse). Da de diskordante sandlag og den øvre moræne ikke er påvirkede af iskilestrukturer kan vi også slutte, at kuldeperioden blev afløst af en varmetid, hvorunder permafrosten og iskilen tøede op, inden smelte vandet aflejrede de diskordante sandlag og den øvre moræne blev afsat her ovenpå. Berthelsen (1973) korrelerer iskileniveauet ved Græsmarken med de iskiler, der i Jylland forekommer vest for den Østjyske israndslinie (Nørvang, 1942), og han anser i overensstemmelse hermed den øvre moræne for at være blevet aflejret under den Ungbaltiske isstrøms fremrykning mod den Østjyske israndslinie.



Dannelsen af en iskile og en iskilestruktur.

Korssignatur angiver frossen jordbund. A er det aktive lag, der tør op om sommeren. P er permafrostlaget (undergrænse ikke angivet). Pilene angiver sammentrækning eller udvidelse af permafrostlaget som følge af henholdsvis nedkøling eller relativ opvarmning. F står for flydejord.

1. En kuldesvindrevne dannes og fyldes med is.
2. Næste sommer tør det aktive lag op, men i permafrostlaget herunder overlever isen i svindrevnen.
3. Næste vinter slås en ny kuldesvindrevne op i den gamle isfyldte revne, og den nye revne fyldes med is.
4. Efter mange vintre er dannet en bred, sammensat iskile i permafrostlaget.
5. Ved optøning af permafrostlaget fra oven og i højere grad fra neden begynder dannelsen af indsynkningsstrukturen.
6. Permafrosten er helt forsvundet og en iskilestruktur er udviklet. Bemærk at toppen af strukturen er en indflydningsstruktur, men dens nedre del er en indstyrtningsstruktur. (jævnfør figuren side 22).

b) De stærkt forstyrrede smeltevandsaflejringer i den hatformede bakke, Store Ulvebjerg, på NØ-Røsnæs er kraftigt forvitrede og afkalkede - og det uanset, at moræneleret, der dækker bakken, er yderst kalkholdigt. Da afkalkningen af gruset når dybt ned, til under gravens bund, kan den ikke være indtruffet, mens lagene var permafrosne.

DEN UNGBALTISKE KULDEBØLGE

Den kuldebølge, som satte ind ved Asnæs varmetiuens afslutning var så streng og langvarig, at vandet i jordlagene frøs, og der udvikledes et permafrostlag, hvis undergrænse flere steder nåede ned i de præ-Kvartære formationer.

Under de strengeste vintre blev de permafrosne jordlag kølet så stærkt ned, at grundisen trak sig sammen, og dybtgående skrumpningsrevner opstod. Revnerne fyldtes med is, blandt andet fordi iskrystaller sublimeredes på væggene. Om sommeren tøede det aktive lag op igen, men isen som fyldte revnen nede i permafrostlaget påvirkedes ikke heraf. Under efterfølgende strenge vintre blev de samme revner oftest revet op igen, og der dannedes derved år for år tykkere og tykkere iskiler i permafrostlaget under det aktive lag, figuren side 41. I de egne på jorden, hvor klimaet endnu er så koldt, at istidens iskiler ikke er tøet op, men "lever videre", kan "tilvækstlagene" i iskilerne endnu tælles og måles. Resultaterne fra sådanne undersøgelser tyder på, at dannelsen af de tykkeste iskilestrukturer på Røsnæs må have strakt sig over et tidsrum mellem 50 og 250 år.

Da iskilerne sammen med de omgivende jordlag endelig tøede op, skred jordlagene sammen og fyldte de kileformede revner op - ofte under ledsagende dannelse af normalforkastninger i de tilgrænsende lag, figuren side 22.

ASNÆS VARMETIDEN

Det har tidligere været antaget, at isen efter fremstødet til Hovedopholdslinien ikke smeltede særlig langt tilbage, før den igen under et fornyet fremstød nåede den Østjyske israndslinie. Denne opfattelse blev dog ikke delt af S.A.Andersen, og observationerne i klinten ved Græsmarken angiver også, at en periode med et mildere klima må indskydes mellem de to fremstød. Konklusionen understøttes af andre observationer - fra Røsnæs, Hornsherred, NØ- og S-Sjælland samt Ristinge klint og Ærø. Men da forståelsen af disse forhold først blev opnået i forbindelse med studiet af klinten ved Græsmarken på Asnæs foreslås det, at denne periode med mildere klima kaldes Asnæs varmetiden. Benævnelsen "varmetid" vælges, fordi det ikke er skik og brug blandt danske Kvartærgeologer at tale om interstadialer, så længe der ikke er gjort fund af fossilførende marine eller limniske aflejringer fra et sådant tidsafsnit. Asnæs varmetiden svarer sandsynligvis til det i Østtyskland påviste Blankenberg interstadial, hvorfra søaflejringer med et sparsomt indhold af muslingekrebs (ostracoder) kendes. Blankenberg interstadialet falder tidsmæssigt mellem Brandenburg-fremstødet og Pommern-fremstødet i Nordtyskland.

Når først eksistensen af Asnæs varmetiden er erkendt ud fra den generelle afsmeltning efter Hovednedisningen og inden den kolde Ungbaltiske is' fremrykning, melder spørgsmålet sig, om der ikke også kan findes spor efter denne "varmetid" i de øvrige aflejringer i NV-Sjælland - selv om "varmetiden" var et så relativt fænomen, at den ikke førte til dannelsen af fossilførende eller organogene aflejringer, sådan som de "rigtige" interstadialer har gjort det?

Asnæs varmetiden er ikke direkte repræsenteret af bestemte aflejringer, men kan alligevel spores, fordi den resulterede i, at jordlagene tøede op, så det nedsivende vand og grundvandet kunne cirkulere frit. På lokaliteten ved Græsmarken smeltede endnu bevarede grundislinser og ny-

dannede iskiler i den "grå moræne", og ovenliggende smeltevandsaflejringer sank gradvist ned i de hulheder, der derved fremkom i moræneoverfladen. Hvor indsynkning skete over et klumpformet islegeme, opstod vasestrukturer. Se side 36 øverst til højre.

I klinten på Asnæs blev toppen af vasestrukturerne fjernet af erosionen, inden de yngre, diskordante smeltevandssedimenter aflejredes, og vi ser i dag kun vasernes "afsavede" bunde – der nemt kan forveksles med sandfyldte gryder dannet i det aktive lag, der tør op om sommeren og fryser om vinteren. "Grydernes" bredde og dybde er dog meget større end de tilsvarende mål for ægte grydestrukturer fra det aktive lag.

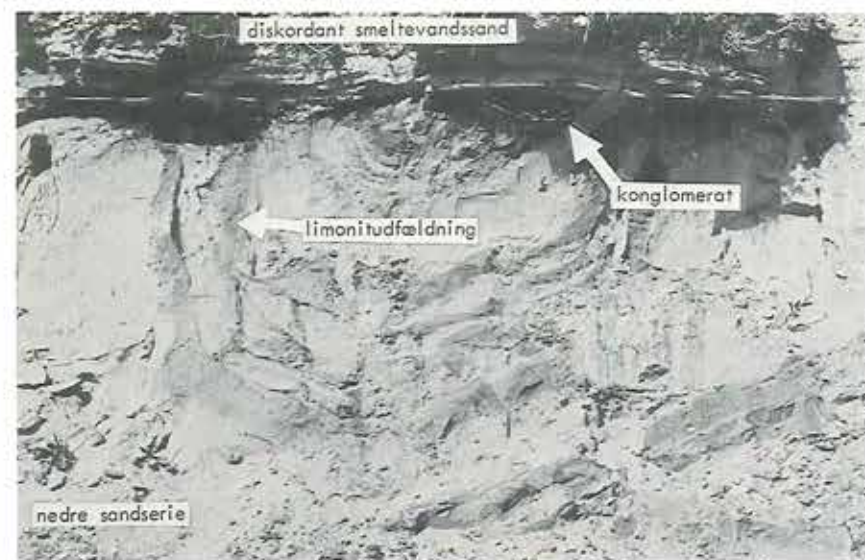
Asnæs varmetidens fri vandcirkulation i jordlagene medførte, at kalkopløsningen satte ind og at jern- og manganforbindelser opløstes og genudfældedes. Under periglaciale betingelser med permafrost er disse processer normalt begrænsede til det øverste cirka 1 m tykke, såkaldte aktive lag, der tør op om sommeren. Ved overgangen fra en "varmetid" til periglaciale betingelser, vil der dog også kunne ske udfældning af jern- og manganforbindelser, fordi den begyndende frysning af grundvandet fører til, at koncentrationen af de opløste forbindelser øges i det resterende, ufrosne porevand.

Jern- og manganudfældninger, dannet i en interstadial tid eller i en "varmetid", ligner ganske de yngre udfældninger, som den postglaciale forvitring har resulteret i. En udfældningshorisonts ældre alder kan derfor kun fastslås, hvis det kan eftervises, at lagvist eller zone-agtigt anordnede udfældninger er blevet disloceret sammen med de aflejringer, hvori de findes, som følge af et senere isfremstød. Da postglaciale udfældningsniveauer imidlertid også kan følge og "afstøbe" allerede eksisterende deformationsstrukturer, kan det være vanskeligt entydigt at afgøre, om en bestemt udfældning er sket før eller efter deformationen af lagene.

Det er dog lykkedes at finde i hvert fald to tilfælde (a og b), hvor der ikke kan herske tvivl om, at udfældningerne er sket under en

glacial "varmetid", og disse to tilfælde gør det ligesom lidt mere berettiget at give samme forklaring på andre forekomster af mere tvivlsom alder.

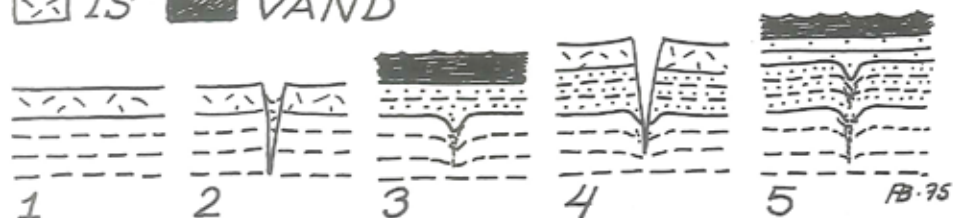
a) I lossepladsprofilen ved Ulstrup forekommer i smeltevandssandet (over den "grå moræne") en nedre zone, hvor sandet er spættet af mangan-oxid-udfældninger, og derover findes et niveau med isolerede kugleformede, undertiden flerskallede legemer, hvor sandet er kittet sammen af limonit. Disse sandlag er disloceret sammen med den underliggende "grå moræne" og det derunder-liggende plastiske ler. De dislocerede lag overlejres diskordant af en yngre serie smeltevandssand med et relativt stort indhold af bryozofragmenter, og ved basis af det diskordante sand er fundet et konglomerat med brudstykker fra de limonit-hærdnede konkretioner tilhørende den dislocerede sandserie (se foto nedenfor). I flere tilfælde kunne den øverste halvdel af en konkretion også ses at være blevet eroderet bort, inden aflejringen af det diskordante sand indledtes.



SKALFORMET LIMONITKONKRETION FRA ASNÆS VARMETIDEN,
LOSSEPLADSEN VED ULSTRUP.

Lagdelingen bøjer ind mod og ned i hver enkelt lille kilestruktur. Denne kile-i-kile struktur må være dannet ved at kuldesvindrevner - ligesom ved de flerårige iskilers dannelse - vinter efter vinter har udviklet sig på samme sted, men i fladbakken er der hver sommer blevet aflejret et nyt lag sediment, således at den nederste del af den efterfølgende vinters svindrevne kommer til at sidde i toppen af den foregående vinters revne. Der er derfor tale om en synsedimentær foreteelse, og netop fordi sedimentationen hvert år "løfter" revnedannelsen op, bliver selve strukturen ikke særlig bred (mindre end 10 cm), og den kan kun på sin specielle struktur og ikke ud fra bredden adskilles fra en dyb engangsfrostspalte.

IS VAND

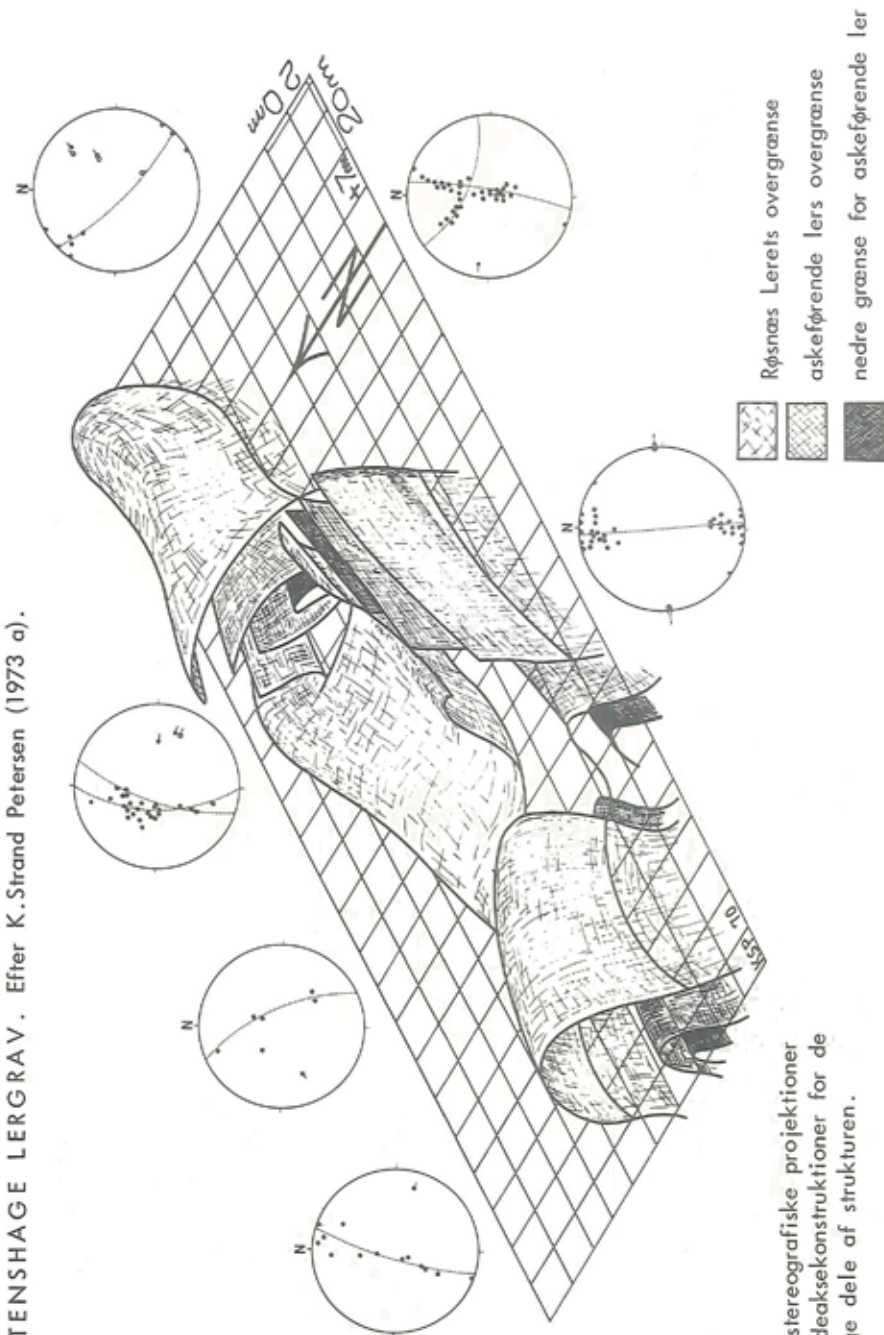


Skema for dannelsen af en kile-i-kile struktur.

1. I vinterhalvåret bundfryser søens vand og øvre sedimentlag.
2. Ekstra stærk kulde fremkalder svindrevner, som når ned i sandlagene. Svindrevnerne isfyldes.
3. Næste forår tør isen og søbunden op, og nye sandlag lægges oven over kilestrukturen opstået ved optøning af forrige vinters isfyldte frostspalte.
4. Efterfølgende vinter bundfryser søen igen og en ny kuldesvindrevne rives op oven over den allerede dannede kileformede indsynkningsstruktur.
5. Næste sommer er nye sedimentlag aflejret oven på forrige og for-forrige sommers lag, hvori en kile-i-kile struktur ses udviklet.

Forekomsten af kile-i-kile strukturerne viser, at sand- og gruslagene, hvori de forekommer, må være blevet aflejret på meget ringe vanddybde - ikke meget mere end 0 meter - for hvis søen bare var over 1 meter dyb, ville det være tvivlsomt, om de kuldesvindrevner, der dannedes i den bundfrosne sø under vinterens koldeste dage, ville kunne dannes nøj-

"UDSKÅRET BLOKDIAGRAM" AF ISTRYKSTRUKTURER
I SLETTENSHAGE LERGRAV. Efter K.Strand Petersen (1973 a).



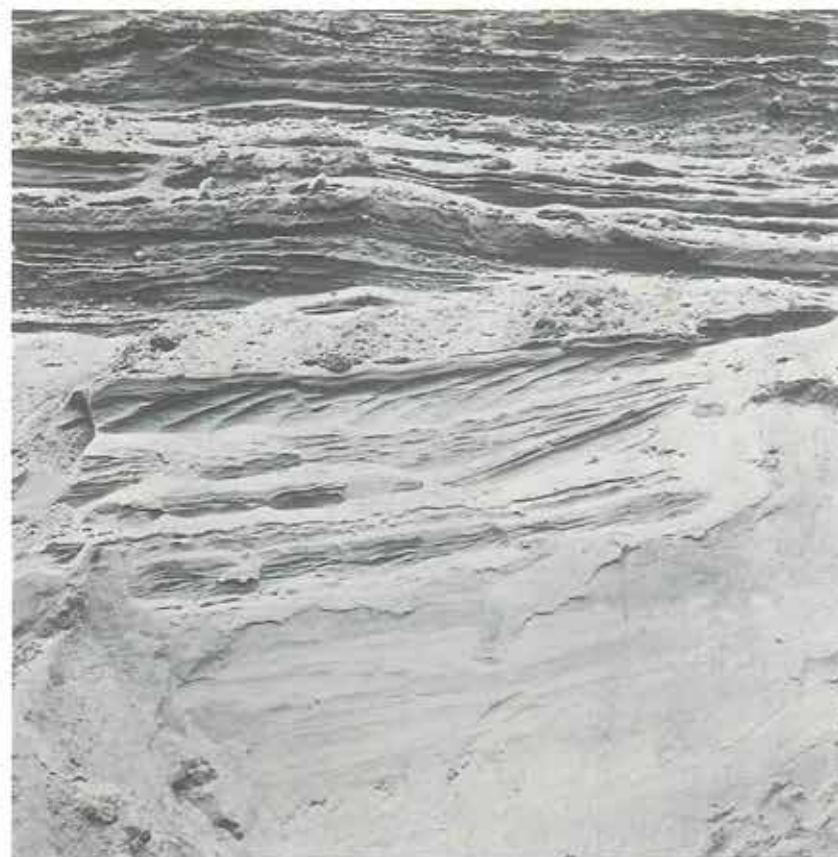
De seks stereografiske projektioner viser foldsekskonstruktioner for de forskellige dele af strukturen.

Folde- og overskydningsstrukturerne i Helles klint viser mange lignelser med de strukturer, som K.Strand Petersen (1973 a) har opmålt i den nu nedlagte lergrav ved Slettenshage, hvor det askeførende ler, Røsnæs Leret og flere Kvartære lagenheder sås blottet. Ved Slettenshage gennem sættes foldestrukturerne også af stejle tværgående forkastninger. Tilsvarende forkastninger ses på luftbilledudtegningen side 17.

De geologer, der i tidens løb har været tilhængere af teorien om, at Røsnæs blev dannet foran en sydfra-kommende gletscher, har alle opfattet denne isstrøm som et fremstød, der først satte ind, da den generelle afsmeltning af den Ungbaltiske is havde gjort Røsnæs isfrit. Dette sene fremstød kaldes Storebælts gletscheren. Denne opfattelse repræsenterer en enkel og letfattelig løsning, men der er flere forhold, der tyder på, at udviklingen har været mere kompliceret. Der er indicier for, at den første Ungbaltiske is, der nåede frem til Røsnæs, var i stand til at bane sig vej frem over sine egne oppresningsstrukturer og rykke videre nordpå - som omtalt ovenfor. En vigtig lokalitet i forbindelse med udredningen af disse forhold, er en hatformet bakke på NØ-Røsnæs - Store Ulvebjerg.

STORE ULVEBJERG'S VIDNEDBYRD

De afkalkede grus- og sandlag i Store Ulvebjerg's indre er foldet op og overskudt fra en SV-lig retning. De detaljerede strukturundersøgelser viser imidlertid også, at de først foldede og overskudte lag har været udsat for en senere isoverskridning fra ØSØ, hvorved opskydningsforkastninger dannedes i bakkens stødside, og lagene i toppen af bakken blev trukket ud som et slæb mod VNV. Dette senere fremstød fra ØSØ var det sidste isdække på NØ-Røsnæs, og det må derfor svare til isloben fra øst, omtalt af V.Milthers. Det var også i issøer i denne lobes "hensygnende" ismasser, at smelte vandet fra det noget yngre fremstød af Storebælts gletscheren aflejrede de grus-, sand- og lerlag, som i dag findes i fladbakkerne på NØ-Røsnæs (se Gry, 1952).



DELTAFRONTSKRÅLAG MED KLATRENDE SMÅRIBBER. STENSBJÆRG.

Disse forskellige strukturer tyder på, at den nedre del af bakkens lagserie er blevet aflejret ved en hurtig sedimentation i en eksisterende issø, hvortil et sedimentladet flodløb har skaffet sig udløb.

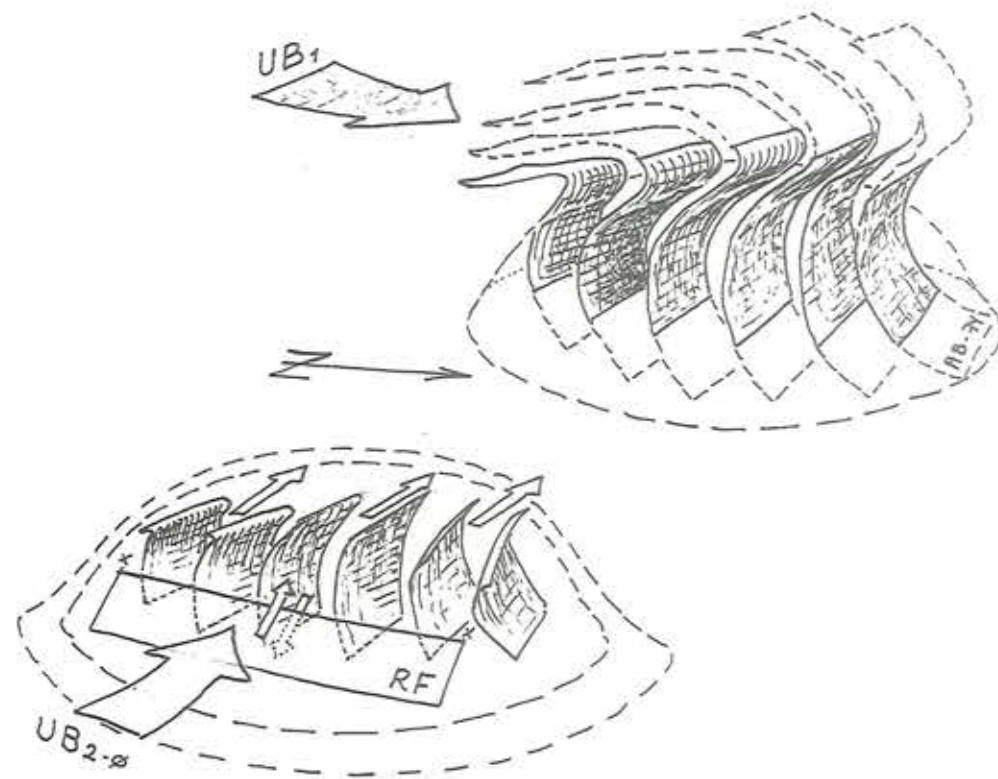
Den øvre del af lagserien i Stensbjerg opbygges af mindre, trugkrydslejlrede sand- og gruslag og enkelte siltbetonede smålag. Øverst i denne lagserie forekommer op til 3,5 m dybe kile-i-kile strukturer, der i flere henseender adskiller sig fra de tidligere omtalte iskilestrukturer. Der er ikke tale om en enkelt større kilestruktur, der bliver smalere nedefter, men om en serie af små kiler, der er anbragt oven i hinanden.



GRUSGRAV I FLADBAKKEN STENSBJÆRG, NØ-RØSNÆS. Foto S. Sjørring.

De nyere undersøgelser af fladbakken Stensbjerg har vist, at den nedre del af bakkens lagserie, som kan studeres i den nordlige grusgrav, opbygges af deltalejrede sand- og gruslag med flere meter høje hældende deltafrontlag og ofte velbevarede deltatoplag. De hældende deltafrontlag indgår i én stor bueformet struktur, der er konveks mod NNV - i den retning, hvori vandstrømmen løb. Se foto ovenfor.

Ved den øvre del af deltaskrålagene er set mindre ribbestrukturer dannet fordi modgående strømhvirvler udvikledes, når det sedimentladede vand havde aflastet sig for sin fragt på vej ned ad deltafronten. Det er også tydeligt, at deltafronten har været så stejl, at der af og til er indtruffet mindre udskridninger i de skråtstillede lag med dannelse af såkaldte synsedimentære (aflejringssamtidige) forkastninger til følge. At disse små forkastninger virkelig er synsedimentære ses af, at de holder op, hvor yngre deltafrontlag overlejrer de udskredne.



Principskitse af Store Ulvebjerg. Øverst ses sand- og gruslagene opskudt af istryk fra SV (første Ungbaltiske fremstød). Nederst ses de foldede lag at blive ombøjet i bakkens top som følge af medslæb ved isoverskridelse fra ØSØ-lig retning. RF angiver orienteringen af opskydningsforkastninger.

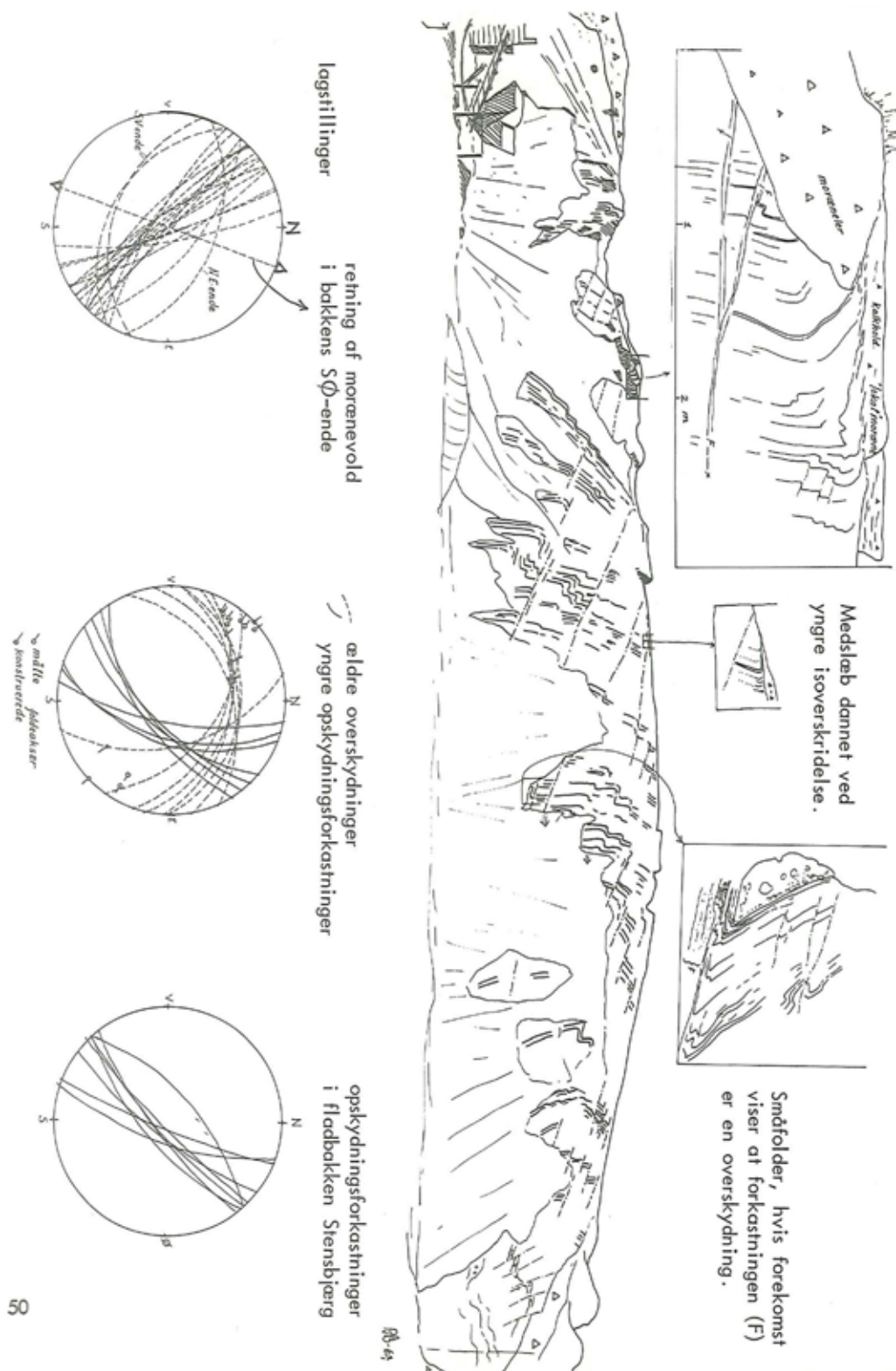
Forholdene i Store Ulvebjerg viser således, at Røsnæshalvøen blev overskredet af en baltisk isstrøm, og at denne smeltede tilbage, før isloben fra øst nåede til NØ-Røsnæs, og inden Storebælts gletscheren noget senere nåede til Sydrøsnæs. Nærværende forfatter finder det derfor rimeligt at antage, at de store og dybtgående dislokationer i Sydrøsnæs' lagserie skyldes det første og overskridende fremstød fra sydlig retning, det vil sige det første fremstød af den Ungbaltiske is, i hælene på den Ungbaltiske kuldebølge. Da Storebælts gletscherens fremstød langt senere blev opbremset på Sydrøsnæs, opstod her nye dislokationer. Hertil må det være

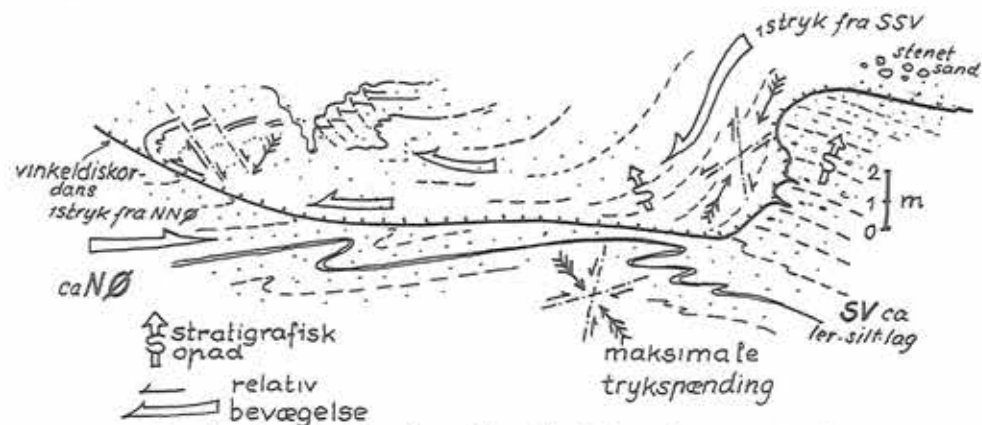
Under vinkeldiskordansen ses nogle mindre strukturer, der må tolkes som deformerede iskilestrukturer. Da iskilerne blev dannede må vinkeldiskordans-fladen tænkes at have ligget meget nær vandret. Disse iskiler ved Raklev må være dannet næsten samtidigt med den iskile, der gennemsatte vasestrukturen i grusgraven ved Næbbedynd.

Istrykket fra NNØ må være fremkaldt af sydflanken på den isstrøm fra øst, som dækkede NØ-Røsnæs. Istrykket fra syd må hidrøre fra Storebælts gletscheren. De to serier af smeltevandsaflejringer kan betragtes som ekstramarginale dannelser knyttet til de respektive islober. Aflejringsstrukturene i den øverste del af den øvre serie angiver et meget aktivt sedimentationsmiljø svarende til, at Storebælts gletscheren nærmede sig lokaliteten.

FLADBAKKERNE PÅ NØ-RØSNÆS

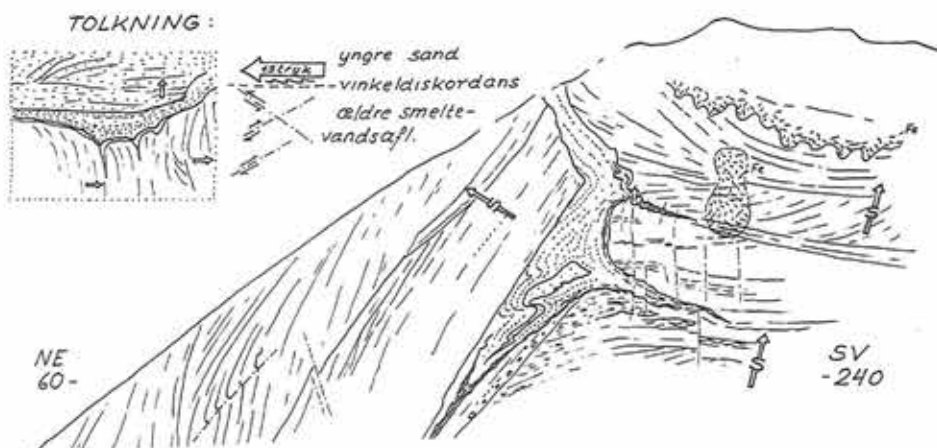
Den første indgående beskrivelse af fladbakkerne på NØ-Røsnæs er givet af S.A.Andersen (1964). Bakkernes topflader flugter i et fælles topplan, der hælder bort fra "sammenstødslinien" mellem "isloben fra øst" og Storebælts gletscheren. I fladbakkerne, der ligger nær denne linie, findes groft grus med sten, og i bakkerne længere borte fra linien, forekommer smeltevandsaflejringer med mindre kornstørrelser. Sorteringen efter afstanden fra linien er dog ikke nær så regelmæssig, som den ville have været, hvis grus-, sand-, silt- og lerlagene oprindelig var blevet aflejret i et stort fladt delta. Smeltevandsstrømmene, der udgik fra Storebælts-gletscheren, må have dannet uregelmæssige flodsystemer i dødisen på NØ-Røsnæs, og ét bestemt flodløb må have passeret igennem bestemte issøer. At bakkernes topflader flugter kan alligevel let forklares, da deres fælles topplan ganske enkelt svarer til grundvandsspejlet i dødisen.





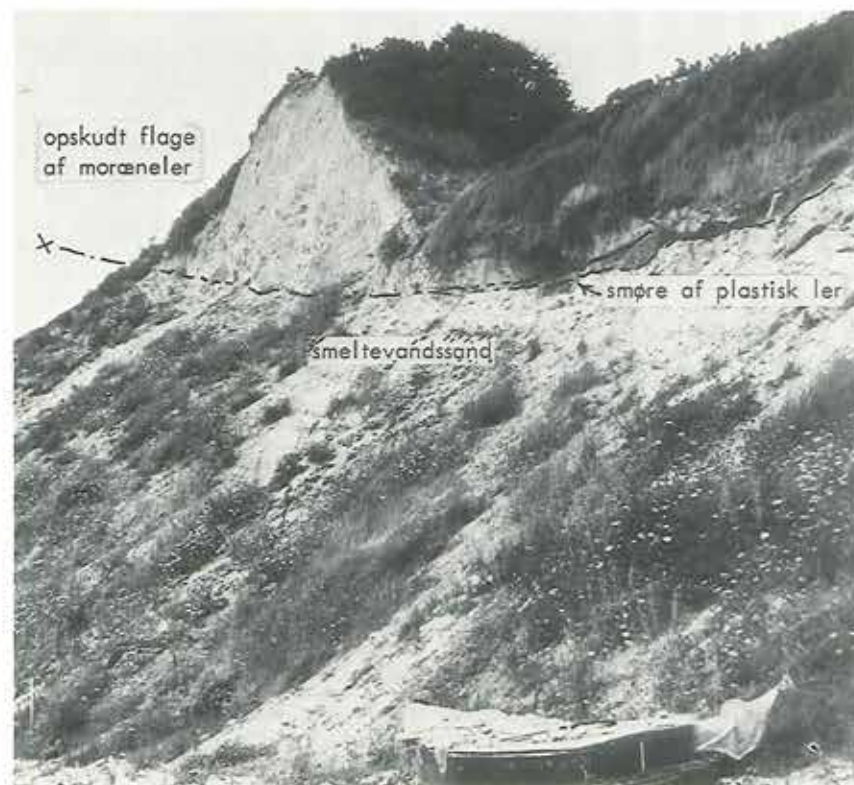
Som det fremgår af søjleprofilen side 57 og den ovenstående, sammenstykkede principskitse, kan der i denne grusgrav skelnes mellem:

1) en nedre serie, der overvejende består af smeltevandssand og som har været udsat for istryk fra en NNØ-lig retning, og 2) en øvre serie af smeltevandssaflejringer, der er påvirket af et sydligt istryk. En udpræget vinkeldiskordans ses mellem de to sandserier. Detaljerne omkring denne diskordans ses afbildet nedenfor.



Detaljeskitse af vinkeldiskordansen mellem den ældre (til højre i figuren) og den yngre (til venstre) sandserie i grusgraven ved Raklev kirke. Pilene med S viser "op og ned" på lagene. Under diskordansfladen ses iskilestrukturer gående ned i det ældre sand. Foroven i profilet ses ung (postglacial) udfældning af jernforbindelser (Fe). I skitsen foroven til venstre er de yngre sandlag kippet tilbage til vandret lagstilling, og det istryk, som kan udledes ud fra forkastningerne, er angivet.

rimeligt at henføre dannelsen af flere mindre opfoldninger og overskydninger, blandt andet de skælagtige overskydninger, langs hvilke der forekommer smører af plastisk ler ved sålen af den overskudte enhed.



TIMEGLASKLINTEN, SYDKYSTEN RØSNÆS

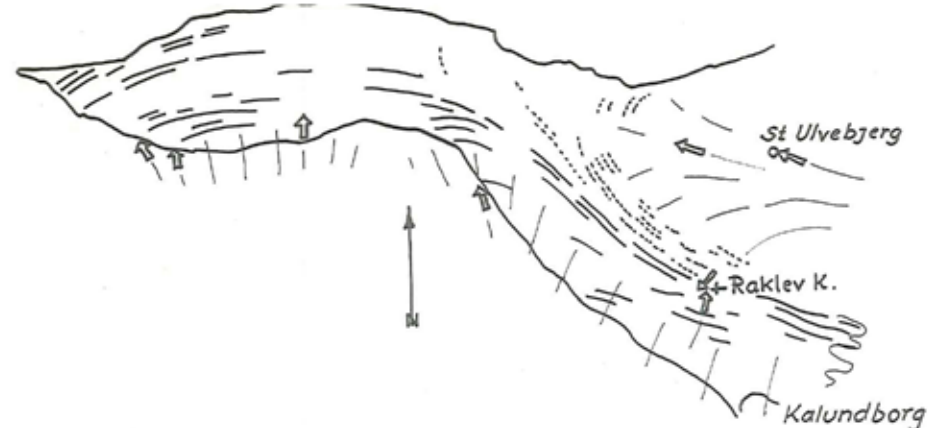
Panoramaskitse af grusgraven i Store Ulvebjerg (1969). Foroven ses forstørrede udsnit, der viser slæbet under den diskordante moræne, og (til højre) de småfolder, der optræder knyttet til forkastningerne (F), der er udviklet som overskydninger. Foroven to stereografiske projektioner, hvor lagstillinger, overskydninger og opskydningsforkastninger er indtegnet. Diagrammet til højre viser orienteringen af opskydningsforkastninger i den nærliggende fladbakke Stensbjerg.

RØSNÆS-PROBLEMERNE SET I STØRRE SAMMENHÆNG

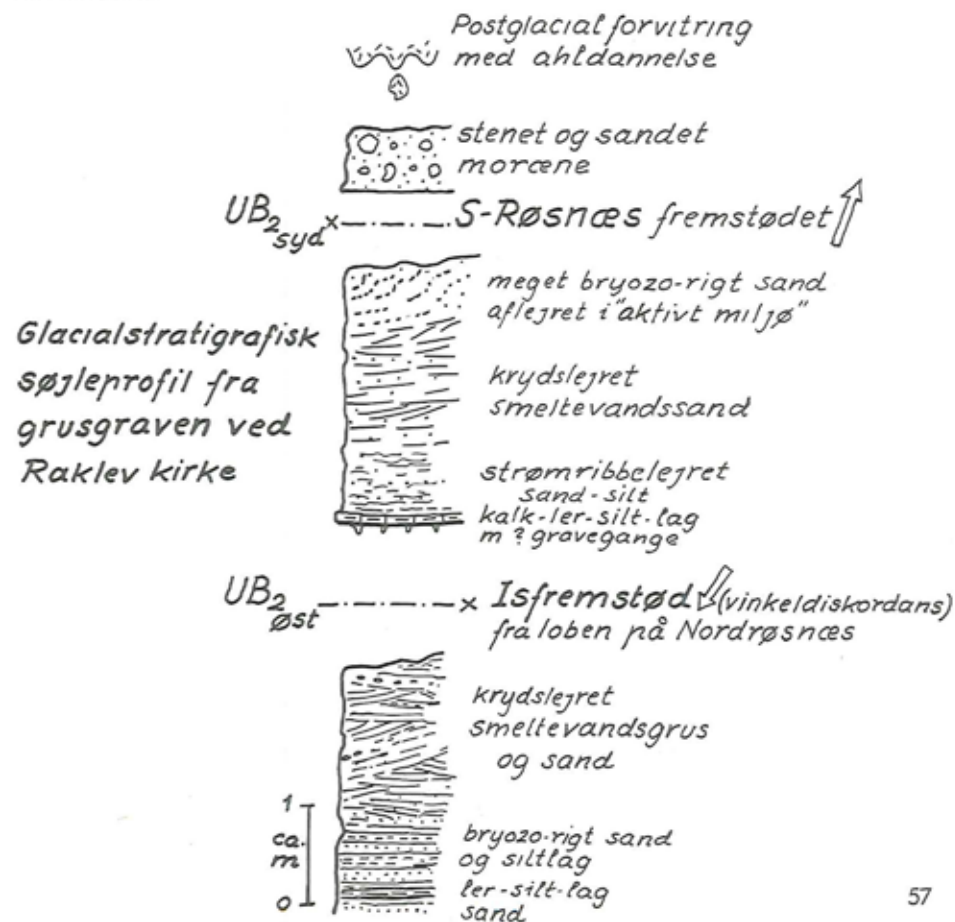
Er det ovenfor beskrevne hændelsesforløb korrekt, bør vi i profiler på Sydrøsnæs kunne finde to (eller flere) baltiske moræner overlejrende hinanden. Da bevægelsesretningen for den første "overskridende is" og det senere "opbremsede fremstød" stort set har været de samme, og da de har varieret lokalt at dømmes efter isfronternes let buede forløb, er det vanskeligt for ikke at sige umuligt at adskille de to fremstød ved hjælp af is-tryksbestemmelser. Eftersom aflejringerne fra begge fremstød tilhører den samme, større kinetostratigrafiske enhed, nemlig den Ungbaltiske is' aflejringer, må de forskellige ungbaltiske morænebænke i et profil på Sydrøsnæs også forventes at være meget nær identiske, hvad angår deres sammensætning og blokindhold. Selv hvor det er en "nedre ungbaltisk" moræne, der er dislocerende, og en "øvre ungbaltisk" moræne, som er diskordant (for eksempel klinten ved Charlesvej), kunne skeptikere med god ret påstå, at begge disse moræner var dannet ved to tidsmæssigt set ret tætliggende fremstød af Storebælts gletscheren. Og hvor en disloceret baltisk moræne forekommer under en diskordant baltisk moræne, som i lergraven ved Slettenshage, kan det modsat heller ikke udelukkes, at begge moræner blev aflejret i forbindelse med oscillationer under den første overskriden af den Ungbaltiske is. Anskuet under en regional synsvinkel forekommer det dog indlysende, at den første Ungbaltiske is må have passeret hen over Røsnæs på sin vej frem mod den Østjyske israndslinie.

Der forekommer på mange forskellige lokaliteter (Ærø, Langeland, NV-, NØ- og S-Sjælland smeltevandsaflejringer imellem Hovednedisningens moræneformation og den Ungbaltiske moræneformation. Disse forhold tyder som tidligere nævnt på, at Østjylland og Øerne i løbet af Asnæs varmetiden blev så at sige isfrit land.

Der findes dog kvartærgeologer (se for eksempel Mørner, 1973, side 205), der hylder den opfattelse, at NØ-isen og den Ungbaltiske is har



Denne påvisning bygger især på glacialmorfologiske iagttagelser. I en nu nedlagt grusgrav nær Raklev kirke kunne aldersforholdet mellem de to nævnte isstrømme imidlertid også studeres ved hjælp af glacialtektoniske metoder.



Vasestrukturens dybde viser, at optøningen må have været helårig, da den langt overstiger den tykkelse, det aktive lag opnår under periglaciale betingelser.

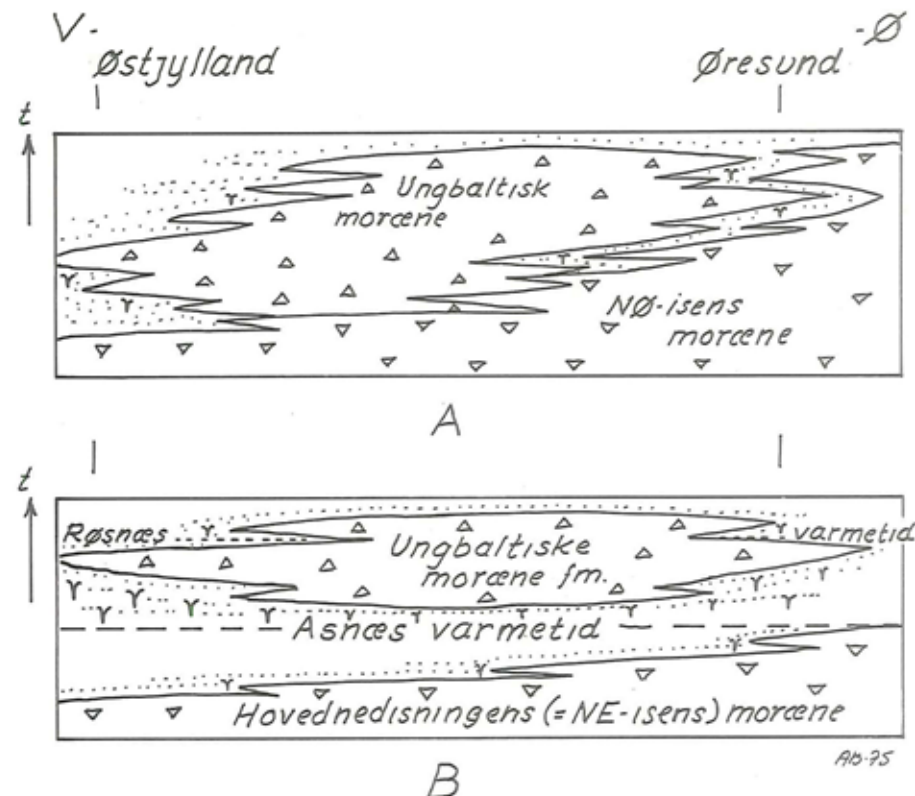
Som det fremgår af figuren side 55 gennemsættes flanken af vasestrukturen imidlertid af en yngre iskilestruktur, der diskordant afskærer de ombøjede og forkastede sandlag. Forekomsten af denne iskilestruktur viser, at jordlagene på denne lokalitet må have været udsat for fornyet afkøling og permafrysning.

Da vasestrukturen påvirker den baltiske moræne, må udsmeltingen være sket efter, at den overskridende Ungbaltiske is (UB_1) var smeltet tilbage og havde efterladt morænedækket. Da udsmeltingen fandt sted mindst 4 meter under jordoverfladen, må der have været tale om en generel optøning af jordlagene under en relativ varmetid (Røsnæs varmetiden), der formodentlig også har sat sig spor i aflejringerne andre steder i Østdanmark. Iskilen, som skærer vasestrukturen, må være dannet under en efterfølgende kuldeperiode, der forvarslede det senere opbremsede Ungbaltiske fremstød (UB_2).

ISLOBEN FRA ØST OG STOREBÆLT'S GLETSCHEREN

Da den Ungbaltiske is efter Røsnæs varmetiden igen bredte sig ind over NV-Sjælland var den delt op i to større isstrømme, én, der rykkede frem over Odsherred fra øst, og én, der udbredte sig sydfra med sin hovedstrøm i Storebælt. Disse to strømme kaldes på Røsnæs henholdsvis "isloben fra øst" og Storebælt's gletscheren.

På kortet side 57 er vist, hvilke landskabsområder på Røsnæs, der præges af isloben fra øst, og hvilke der fik den endelige udformning på grund af Storebælt's gletscherens fremstød. Grænsen mellem disse to områder går langs højdedraget ved Raklev. Som påvist af Gry (1952) nåede isloben fra øst til NØ-Røsnæs, før Storebælt's gletscheren nåede Sydrøsnæs.



Stratigrafiske modeller for Weichsel istidens afsmeltningstadiet. I model A er der interferens mellem NØ-isen og den Ungbaltiske is. B er en model med klart tidsadskilte fremstød.

haft en delvis samtidig udbredelse, idet Ungbalten gradvist "indtog" de områder, der blev "frigivet" af NØ-isen. Se model A ovenfor.

Denne opfattelse bygger på antagelsen, at forandringerne i de to isstrømmes udbredelse skyldtes ændringer i det Skandinaviske isdækkes materialhusholdning og indre dynamik. NØ-isens tilbagerykning antages således at have været betinget af en aftagen i istilførslen fra NØ-lige retninger, og der bliver efter denne forklaring ikke plads til en afsmeltning på grund af en klimaforbedring, for den Ungbaltiske is forudsættes at rykke frem i takt med NØ-isens tilbagerykning. "Ingenmandslandet" mellem de to isstrømme anses for at have flyttet sig fra SV mod NØ hen over Øerne.

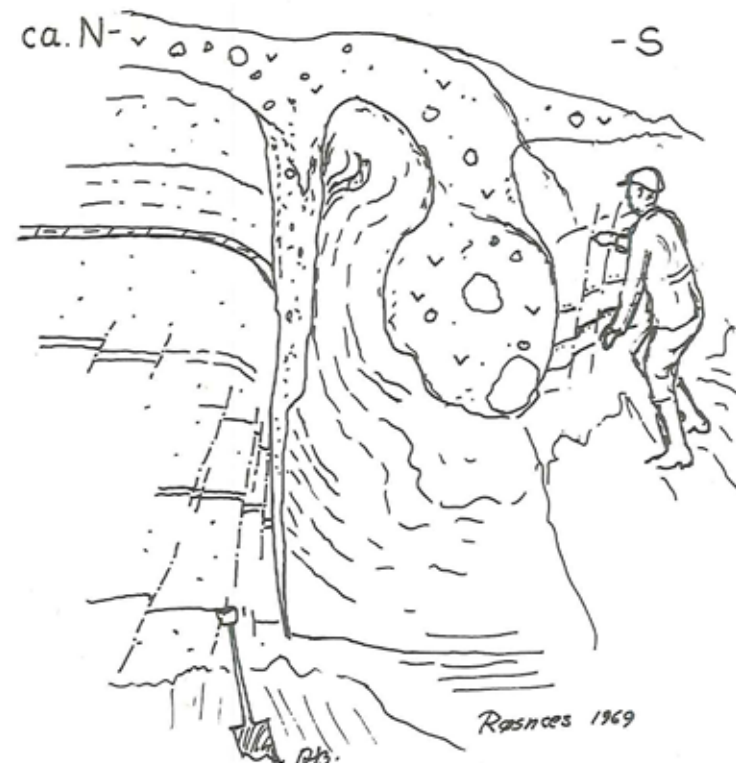
Det dynamiske billede, der knytter sig til denne nedisningsmodel, ser klart og tilforladeligt ud i et profil som A i figuren side 53, men prøver man at forestille sig modellens tredimensionale stratigrafiske konsekvenser, opnås ingen tilfredsstillende overensstemmelse med de pågældende aflejrings rumlige udbredelse. Den i B, side 53, viste nedisningsmodel, hvor de to fremstød opfattes som tidsmæssigt selvstændige fremstød med et adskillende mildere tidsafsnit, Asnæs varmetiden, viser derimod en bedre overensstemmelse med aflejringerne rumlige udbredelse og stemmer i øvrigt overens med de fundne klimaendikationer.

RØSNÆS VARMETIDEN

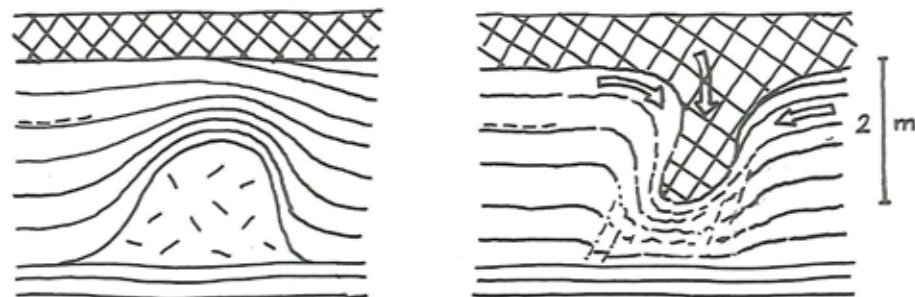
Efter den Ungbaltiske is' fremrykning og ophold ved den Østjyske israndslinie indtraf en afsmeltningssperiode, der førte til, at Røsnæs atter blev isfrit land. Dette mildere tidsafsnit kalder vi Røsnæs varmetiden. Det afsluttedes, da den Ungbaltiske is (UB_2) igen rykkede frem, først som loben fra øst ($UB_{2-\phi}$) og kort derefter som Storebælts gletscheren fra syd (UB_{2-s}).

Røsnæs varmetiden er registreret gennem forekomsten af indsynkningsstrukturer, der opstod, fordi legemer af massiv grundis smeltede bort, samtidig med at permafrostlaget tødte op. I grusgraven ved Næbbedynd, syd for Nostrup Huse, har flere typiske indsynkningsstrukturer kunnet studeres.

Overfor er afbildet en stor vase-struktur fra denne lokalitet. Her ses morænen, som overlejrer gravens grus- og sandlag, at være sunket ned i en flere meter dyb "vase". De omgivende sandlag bøjer ned om vasens hals og smyger sig rundt om dens bund, mens de underliggende lag ikke er påvirkede af strukturen. I sandet langs vasens sider ses småforkastninger med forskellig forsætning. Som det fremgår af rekonstruktionen side 55, må vasestrukturen være opstået ved udsmelting af et mindre legeme af massiv grundis og med samtidig indsynkning og nedflydning af sand- og morænelag.



Iskilestruktur gennemgående en vasestruktur i grusgraven ved Næbbedynd. Bemærk at iskilestrukturen skærer vasestrukturens deformerede sandlag i den nordlige del af profilet.



Rekonstruktion visende, hvorledes en vasestruktur kan dannes ved udsmelting af et klokkeformet islegeme. Det skraverede lag er moræneler. Sammenlign med figuren side 22. Pilene angiver indflydningsbevægelsen under udsmeltingen.

sublimere: virkningen af processen sublimation, hvorved damp fortættes direkte til fast stof, for eksempel vanddamp til iskrystaller.

synsedimentær: dannet samtidig med aflejringen.

tektonik: læren om de store træk i undergrunden og jordlagenes strukturer.

tension: strækning - udvidelse i én retning.

tungminerale: de mineralkorn (i et sediment) hvis vægtfylde er over $2,85 \text{ g/cm}^3$. Mineralerne zircon, granat og magnetit er almindelige tungminerale, men i de Kvartære aflejringer forekommer også mere let forgængelige mineraler som epidot, hornblende og kyanit.

Ungbalten: et "hverdagsudtryk" for den Ungbaltiske is - den sidste isstrøm som nåede Danmark i sidste istid, og som kom fra det baltiske område.

varmetid: et tidsafsnit under en istid, hvor det var relativt varmt, og landet blev isfrit, uden af dyre- og plantelivet dog nåede at erobre det isfrie land.

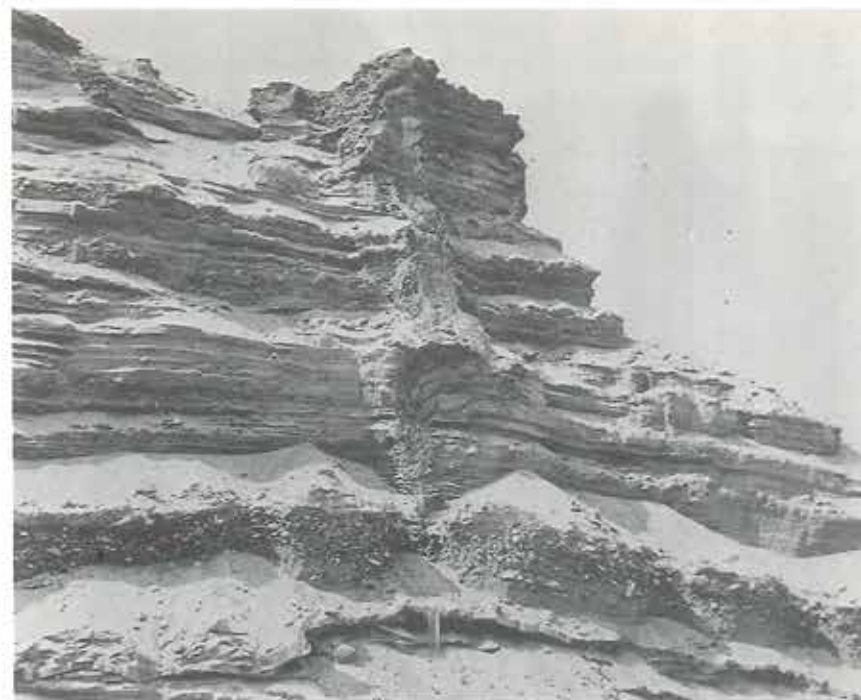
varvigt ler: issøaflejring, hvori en årsbetinget lagdeling kan ses.

vinkeldiskordans: en erosionsdiskordans, hvor de ældre lag under erosionsdiskordansen har fået lagstillingen ændret som følge af foldning eller forkastningsbevægelser, inden erosionen indtraf.

vinterler: det fineste silt- og lerholdige materiale, som aflejres i en vandgennemstrømmet issø, når vandet om vinteren var i ro, så det opslemmede materiale fik tid til at synke til bunds. Om sommeren aflejres des grovere sedimenter. Vinterler kendes også fra ås-aflejringer.



Bagsidebilledet viser stejlt stillede sand- og gruslag med små folder og flekurer dannet i forbindelse med overskydninger, dengang den Ungbaltiske is rejste lagene på højkant for cirka 14.000 år siden. Billedet er taget i en grusgrav i den hatformede bakke Store Ulvejerg på NØ-Røsnæs.



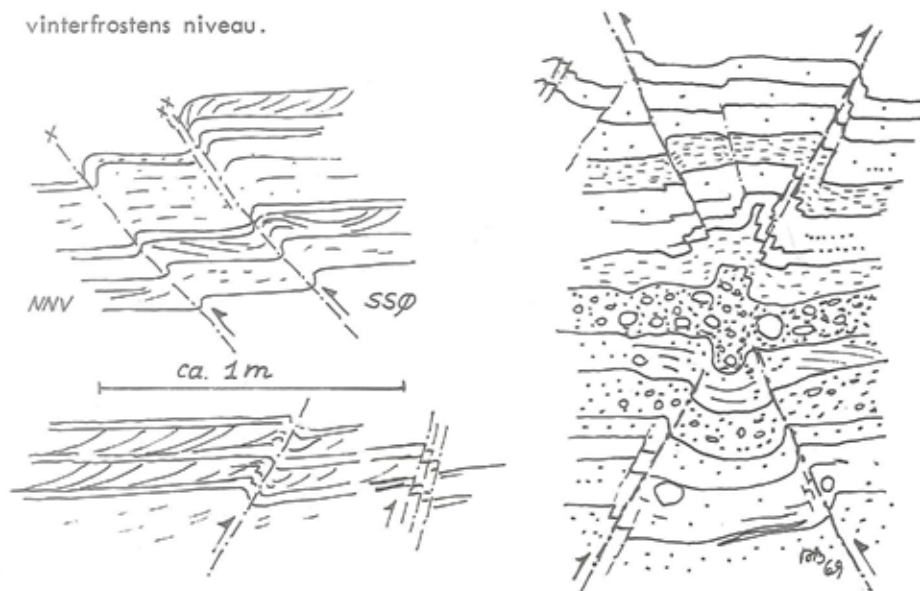
KILE-I-KILE STRUKTUR I ØVRE LAGSERIE. STENSBJÆRG.

agtig oven i den foregående vinters svindrevner. Hvor en kile-i-kile struktur kan følges en tre-fire meter op gennem lagserien, må man derfor regne med, at sedimentationen effektivt har været i stand til at løfte grundvandsspejlet i dødmasserne.

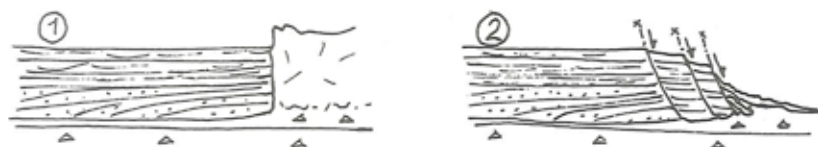
Kile-i-kile strukturerne i Stensbjerg fortæller, at klimaet på den tid, da fladbakkens øverste lag blev aflejrede, nok har været præget af strenge vintre, men alligevel har udvist en årgennemsnitstemperatur, der har ligget tæt op mod - eller noget over - 0°C .

Denne tolkning er i god overensstemmelse med, at synsedimentære udskridningsfænomener er iagttaget i flere af fladbakkerne på NØ-Røsnæs, og den forklarer også, at egentlige lerrige vinterlag oftest mangler. Sedimentation af vinterleret blev forhindret, fordi de fleste issøer var fladbundede og bundfrosne hver vinter. I fladbakkerne ved Istebjerg og Ubberup

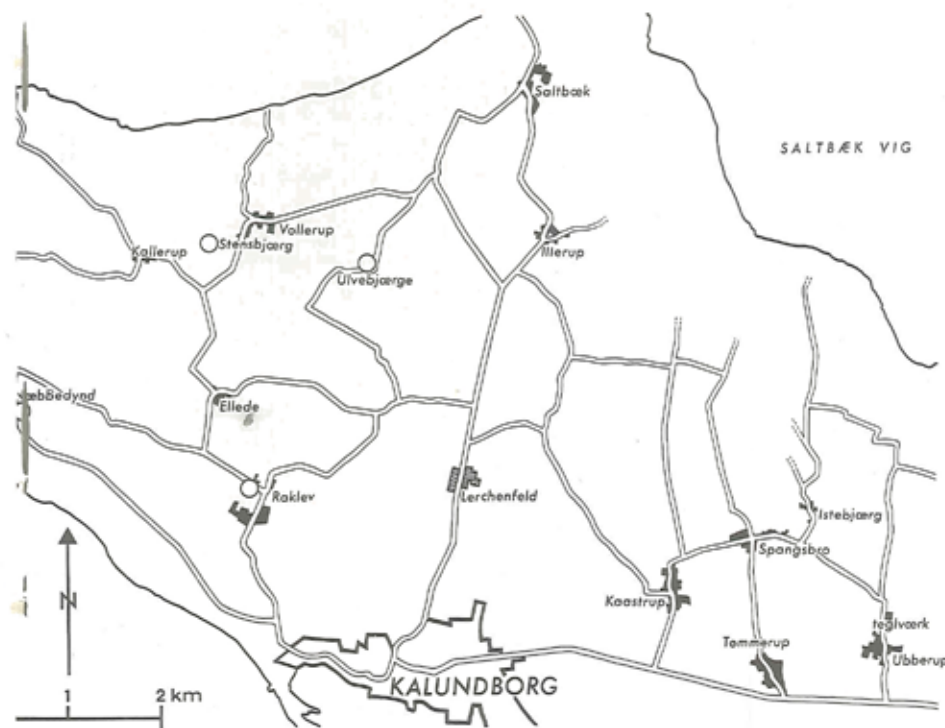
forekommer dog varvige ler-silt serier. Disse er sandsynligvis aflejret på så dybt vand, at bundfrysning ikke indtraf her. Med andre ord, sediment-tilvæksten var her så ringe, at den ikke magtede at løfte søbunden op i vinterfrostens niveau.

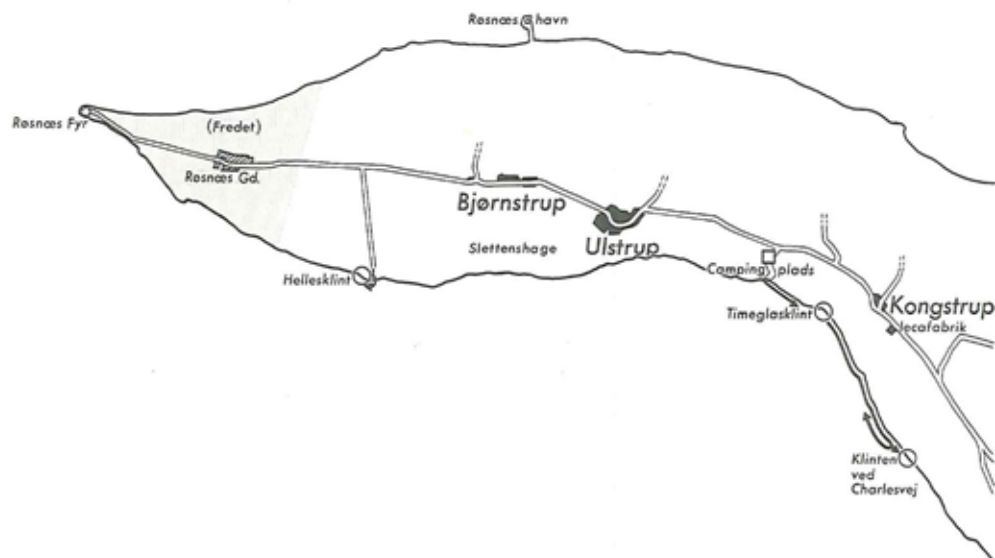


I grusgraven i Stensbjergs nordlige del er endvidere iagttaget opskydningsforkastninger (figurerne ovenfor), som angiver et svagt istryk fra en ØSØ-lig retning, hvilket er nøjagtig samme retning, som den, der er bestemt for det sidste istryk i den nærliggende hatformede bakke Store Ulvejbjerg. Forkastningerne viser, at "isloben fra øst" endnu ikke var helt død, men kun skindød, da fladbakkens sedimenter blev aflejret.



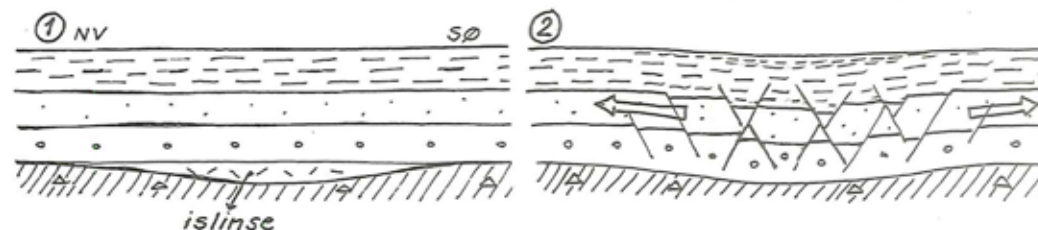
I de to grusgrave i Stensbjerg ses også flere normalforkastninger, der optræder nær bakkens rand og som stort set stryger parallelt med bakkens begrænsning. De blev dannet, da de omgivende ismasser smeltede





bort og ikke længere kunne yde en støttende, "kold skulder" langs bakkens flanker, hvorfor bakkens perifere dele sank ned.

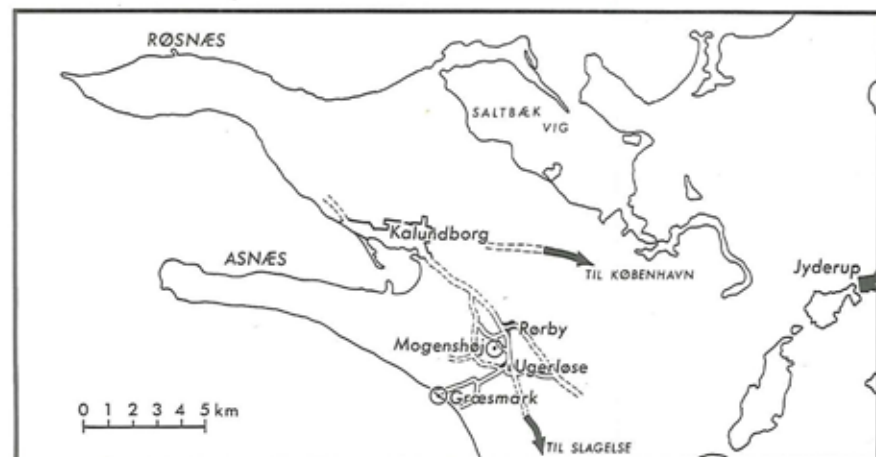
I en nu nedlagt grusgrav syd for Spangsbo i den nordlige del af fladbakken Eskildbjærg er iagttaget flere sæt krydsende normalforkastninger. Forsætningerne tydeliggøres af siltbetonede lag, der muligvis kan tolkes som en slags vinterlag. De krydsende normalforkastninger angiver, at lagserien har været udsat for en tension, er blevet strakt, i NV-SØ-lig ret-

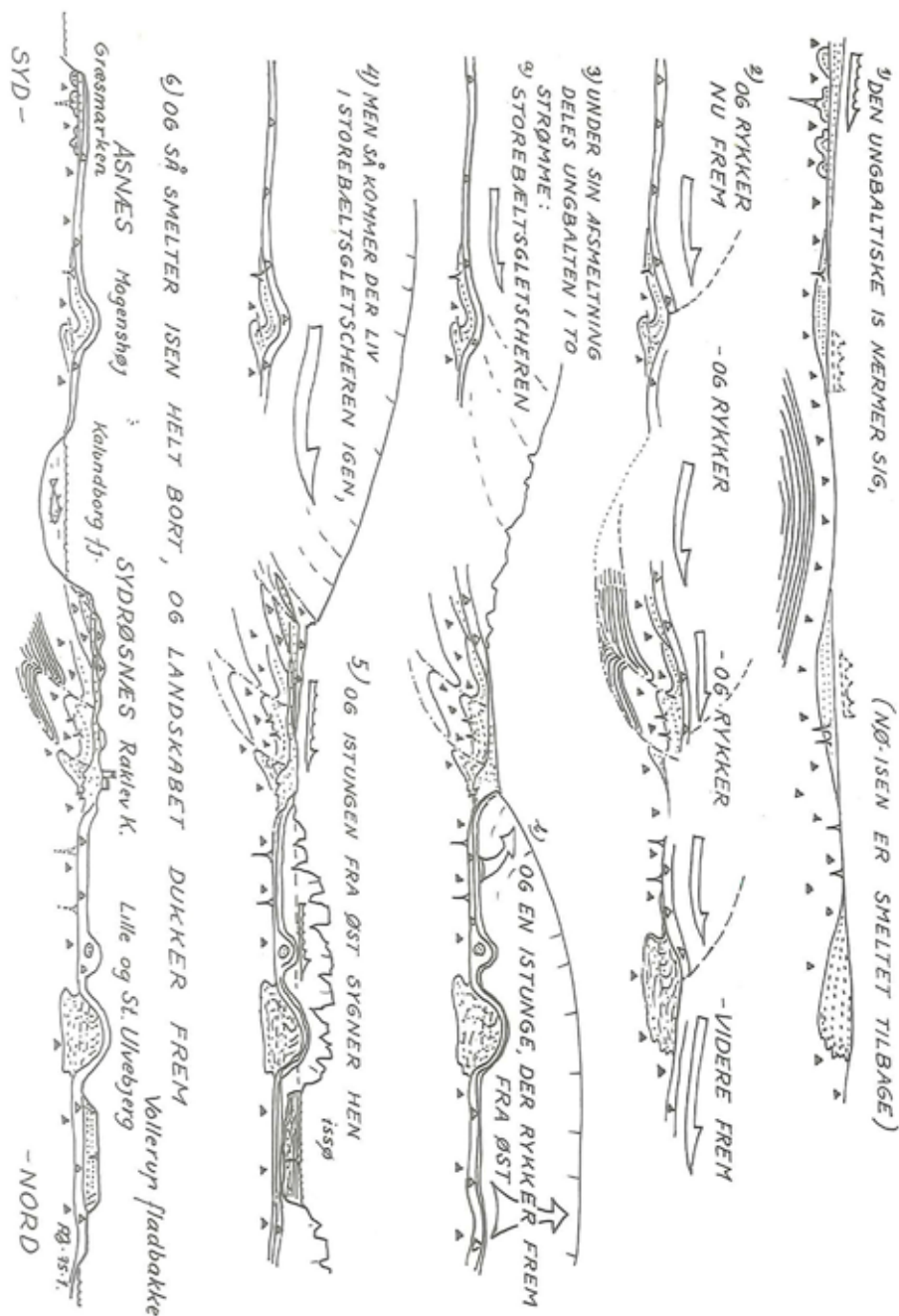


ning. Den mest sandsynlige forklaring på dette fænomen er, at de oprindeligt plane lag er sunket ind som følge af udmeltning af en flad grundislinse i bakkens underlag (for eksempel lokal dødisbund i issøen).

V AFSLUTTENDE BETRAGTNINGER

På de foregående sider er søgt givet en fremstilling af Røsnæs' geologiske udvikling fra Tertiærtiden og indtil det tidspunkt, da Røsnæs blev endelig isfrit. De seneste års undersøgelser på Røsnæs har bragt flere nye fænomener og betragtningmåder ind i dansk glacialgeologi, og har lært os, at naturen ikke altid er så enkel og usammensat, som vi ynder at forestille os den, ud fra et ønske om at få vore observationer indpasset i et logisk og helst ikke for kompliceret system. Den datamængde, der foreligger, er nu så stor og af en så kompleks natur, at korrelationsmulighederne og tolkningsmulighederne nærmest bliver "mangfoldige". En fremstilling, hvor der tages hensyn til både de små detaljer og de store træk, vil derfor let få karakteren af at være et opdigtet "eventyr" - som i tegneserien på side 66 og i den glacialstratigrafiske oversigt side 67.





petrografisk: (petrografi) bjergartsbeskrivende.

Postglacialtid: tiden siden sidste istid og indtil i dag. Hvis vi får en ny istid, bliver postglacialtiden til en interglacialtid. Grænsen mellem sidste istid, Weichsel tiden, og Postglacialtiden sættes, da isen var smeltet tilbage til Mellem Sverige, og da skoven havde erobret Danmark.

recession: betyder vigen tilbage. En levende isstrøm vil vise recession, når der smelter og fordamper mere is, end der tilføres gennem nedbøren i tilvækstområdet.

relikt: rest af noget oprindeligt mere udbredt eller veludviklet.

sediment: aflejret materiale transporteret til aflejringsstedet af vand, vind eller is. Sedimenteret materiale inddeles efter kornstørrelse. En kornstørrelsesfraktion er den del af sedimentet, der falder igennem en sigte med en bestemt maskevidde, og som tilbageholdes af en anden sigte med en mindre maskevidde. De allerfineste kornstørrelser adskilles dog ikke ved sigtning, men ved såkaldt slæmning, hvor opslæmmet materiale bringes til bundfældning. Den almindeligt anvendte kornstørrelsesinddeling er: ler (under 0,002 mm), silt (mellem 0,002 og 0,06 mm), sand (mellem 0,06 og 2 mm), grus (mellem 2 og 20 mm), sten (mellem 20 og 200 mm) og blokke (over 200 mm). I velsorterede sedimenter udgør en enkelt kornstørrelsesfraktion en stor andel af sedimentet, mens flere eller alle kornstørrelsesfraktioner indgår i dårligt sorterede sedimenter. Smeltevandaflejringer er normalt relativt godt sorterede. Moræner er et eksempel på et dårligt sorteret sediment, hvor lerfraktionen kun udgør mellem 15 og 35 %. Når moræner alligevel kaldes moræner, skyldes det, at det i jordfugtig tilstand kan æltes og formes som ler.

Senglacialtid: er for et bestemt område tiden efter, at isen var smeltet bort, og indtil, skoven vandt indpas.

silt: se sediment.

smeltevandssand: sand aflejret af smeltevand fra en isstrøm, se også sediment.

sortering: se sediment.

sporelementindhold: indhold af grundstoffer, der findes i små mængder.

stentællings-metoden: omfatter en undersøgelse af stenindholdet (ofte fraktionen mellem 6 mm og 6 cm) i en moræne. Stenene fra en prøve på cirka 10 kg deles op i forskellige bjergartstyper (delvis efter alder) og antallet af de forskellige typer tælles op, og deres andel (i %) beregnes. Forholdet mellem udvalgte typers %-andele kan også beregnes, for eksempel flint %

krystallinske bjergarter %

stratigrafi: lagfølgebeskrivelse og aldersinddeling af de geologiske dannelser. strømbetingede strukturer i smeltevandaflejringer omfatter flere typer af strømriller og skrællejring. Se Varvs grundbog nr. 1.

limonit: rustbrune udfældninger af vandholdige jernforbindelser, som overvejende består af mineralet goethit. Rustfarvet okker er pulveragtig limonit.

lobe: tungeformet dannelse.

lokal moræne: moræne med kraftig indblanding af én bestemt slags materiale af lokal oprindelse (lokal: af dansk oprindelse).

makroskopisk: synlig uden brug af lup eller mikroskop.

marine aflejringer: aflejret i havet.

moræne: anvendes på dansk i flere betydninger og sammenhænge. Ordet kan bruges som en jordartsbetegnelse for en dårlig sorteret aflejring afsat direkte af is. Der tales om moræneler, morænesand eller morænegrus alt efter, om det er ler-, sand- eller grusfraktionen, der forlener jordarten med dens fremherskende fysiske egenskaber. Ordet moræne anvendes også i forbindelse med landskabsformer opbygget af jordarten moræne. Endemoræne og sidemoræne beskriver former set i relation til en gletscher, mens morænebakkeland og moræneflade beskriver landskabsformer, der ses efter isens afsmeltning. På dansk bruges ordet moræne også om en lagenhed, der opbygges af morænebjergarter, og i denne forbindelse står moræne tit, når andet ikke er angivet, for et lag eller en bæk af moræneler. En morænelersbæk omfatter ofte en tyk nedre del (bundmoræne) og en øvre del (ablationsmoræne). Bundmorænen består af materiale, som isen har opblandet og medslæbt langs sin "sål". Opefter i isen aftager indholdet af opblandet materiale, men dog ikke mere end at ablationsmorænen kan dannes ved smeltning fra oven. Vandmættet ablationsmoræne kan, hvor isoverfladen hælder, flyde nedad og aflejres som flydemoræne. I naturen findes alle overgange mellem flydemoræne og smeltevandsaflejringer med god sortering.

nunatak: isfrit højtliggende område omgivet af is.

organogene aflejringer: aflejringer, der overvejende opbygges af dyre- eller planterester. For eksempel gytje og tørv.

oscillationer: svingninger, her om skiftende fremstød og recession af isfronten.

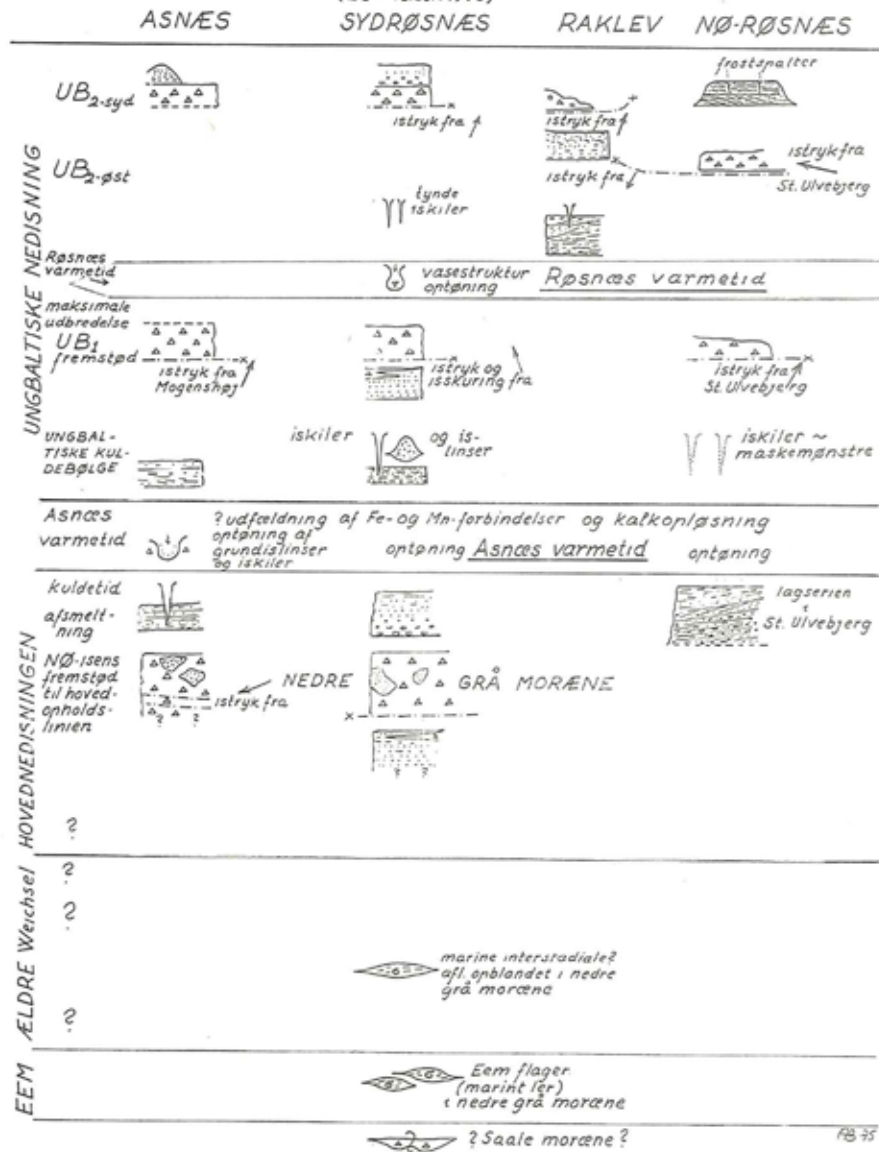
ostracoder: toskallede krebsdyr (muslingekrebs), der lever både i fersk og salt vand.

palæozoisk: fra Jordens oldtid (Palæozoikum), der omfatter tidsrummet fra cirka 600 til 225 millioner år (se Varvs spiral).

periglacial: beskriver det kolde miljø, der hersker i landet foran en gletscher eller indlandsis.

permafrost: udvikles i jordlagene, når årsgennemsnitstemperaturen falder under (oftest en del under) 0°, og vandet i jorden fryser. Permafrostlaget kunne i Danmark blive over 100 m tykt. I Sibirien er fundet et permafrostlag, som endnu er over 600 m mægtigt.

GLACIALSTRATIGRAFISK OVERSIGT (Berthelsen 1975)



Forfatteren vil dog vove at hævde, at en eventyr-lignende fremstilling med en lang og indviklet handling, sikkert kommer den virkelige "sandhed" ikke så lidt nærmere, end den klassiske, forenkede fremstilling. I denne sidste var "foruroligende" og "mystiske" detaljer ofte undertrykt - eller har slet ikke været observeret. Ved at overforenkles og kun at ville se det, andre allerede har set, kan videnskabsmænd selv - helt uden assistance fra fredningsmyndighedernes side - frede og bevare hævdevundne (i praksis = trykte) teorier og fejltagelser.

Hvor lidt vil der så ikke kunne komme ud af det, hvis fredningsmyndighederne hjælper aktivt til ved at sørge for, at nye profiler kun graves, hvor de er geologisk mindst interessante?

Den gyldne middelvej kan være svær at finde. Men måske ville det være en god ide, hvis tilladelse til grusgravning kun bliver givet mod, at den pågældende grundejer eller det pågældende firma forpligter sig til at lade udarbejde og indsende en geologisk rapport hvert år, og fortsat grusudvinding bør eventuelt gøres betinget af godkendelse af den sidst indsendte rapport. Godkendelse må foretages af en kompetent statslig instans, mens rapporterne bør udarbejdes af geologer, der ikke er ansat ved den kontrollerende institution.

Indføres denne regel, sikres det, at både sandet og gruset og de oplysninger, disse jordlag indeholder, bliver udnyttede. Den ny viden, der indsamles på denne måde, vil bidrage til at udvide og ajourføre den videnskabelige erkendelse, således at der etableres et forsvarligt grundlag for en rationel ressourceplanlægning.

De forskellige nye arbejdsmetoder, der de seneste år er udviklet inden for istidsgeologien, gør det muligt at spore de tidsforskellige isstrømmes aflejrings rumlige udbredelse under jordoverfladen, og således også at afgrænse større områder med potentielle råstofressourcer.

Istidsgeologien kan derfor i fremtiden ikke undgå at komme til at danne "grundlag" for en forhåbentlig koordineret ressource-, miljø-, og fredningsplanlægning.

Peter Berthelsen

grundis: frossent vand i jordlagene inden for permafrostlaget. Grundis kan optræde både som frossent porevand i jordlagene, som rene islinser imellem lagene og som massive islegemer.

grundvandsspejlet: det niveau, hvorunder alle porerum (små hulheder) i jordlagene er vandfyldte. Grundvandsspejlet følger i udglattet form overfladens skiftende former, og det træder frem i overfladen, hvor der er varige søer og vandløb.

horst: struktur, hvor en blok er presset op (eller dens omgivelser sunket ned) langs parallelle (bort fra horsten hældende) forkastninger.

Hovednedisningen: den nedisning, hvorunder isen stod ved Hovedopholds-linien i Midtjylland under sidste istid.

interglacial tid: mellemistid, tid mellem to istider, hvor klimaet var så varmt, at dyre- og planteliv indvandrede og skove udvikledes.

interstadial: et varmt tidsafsnit under en istid, hvor dyre- og planteliv erobrede det isfrie land, men som ikke var langvarigt nok til, at egentlig skov udvikledes.

intrusiv: bragt på plads under jordoverfladen ved fremtrængning i flydende fase med efterfølgende størkning på stedet.

karteringsbor: er et jernspyd forsynet med håndgreb, så det kan presses ned i jorden. Lige over spidsen findes en udhulet rende - og drejes boret rundt efter nedpresningen, kan en prøve fra cirka 1 meters dybde optages. Ved DGU's kartering er oftest "boret" med 100-250 meters mellemrum.

konkretion: mere eller mindre knoldformet, undertiden skalformet, mineral-afsætning i en aflejrings.

kornstørrelse og kornstørrelsesfraktioner: se sediment.

korrelere: at jævnføre. Stratigrafisk korrelation omfatter jævnførelse af lag, der oprindeligt var sammenhængende eller samtidigt dannede.

Kvartærtiden: er den yngste geologiske periode, der omfatter de sidste cirka 3 millioner år af Jordens geologiske udvikling. Kvartærperioden omfatter adskillige istider og mellemliggende mellemistider (interglacial-tider). I Danmark kendes aflejringer fra de sidste 4 istider og 3 mellemistider. Under hver istid har der været flere nedisninger - under sidste istid, Weichsel istiden, nåede således mindst tre aldersforskellige isstrømme ind over Danmark.

lakune: et "hul" i lagserien, fordi der i et bestemt tidsrum ikke er sket aflejrings, eller fordi allerede afsatte lag er blevet fjernet, før fornyet aflejrings indtraf.

ledeblok: bjergart med et karakteristisk ydre og så begrænset forekomst i faststående blotninger, at den som istransporteret blok kan genkendes sikkert og dens oprindelsessted kan fastslås uden tvivl. Karakterblokke er letgenkendelige istransporterede blokke, med større udbredelse i faststående blotninger end ledeblokke. Når karakterblokke optræder i bestemte kombinationer, blokselskaber, peger de alligevel tilbage mod bestemte bjergartsprovinser.

foldekerne: de inderste synlige lag i en fold.

foraminiferer: encellede smådyr, der udskiller kalkskaller eller opbygger skaller af sedimentmateriale. De fleste foraminiferer lever i havet, og da de er stærkt afhængige af temperaturen og andre fysiske forhold, giver de værdifulde oplysninger om aflejningsmiljøet. I marine interglaciale og interstadiale aflejringer findes foraminiferer i mængder af flere tusinder per 100 g prøve. I moræner, hvori sådanne aflejringer kan være opblandet, er de blevet "fortyndet" ned til 1-500 stk. per 100 g prøve. Foraminiferundersøgelser af moræner har de seneste år ydet værdifulde glacialstratigrafiske bidrag.

forkastning: plan langs hvilket jordlagene er blevet indbyrdes forskudt. Efter planets orientering og bevægelsens retning deles forkastninger i:



fossil: forstening.

geoelektriske målinger foretages med et specielt udstyr, der omfatter en strømkilde og to sæt elektroder (jernspyd) med tilhørende ampere-meter og voltmeter. Jordlagenes elektriske modstand afhænger først og fremmest af deres vandindhold og de i vandet opløste salte. Havaflejret ler vil have mindre modstand end ler aflejret i fersk vand, og én og samme jordart vil have mindre modstand hvis dens porer er vandfyldte, end hvis de ikke er det. Lerholdige jordarter, for eksempel moræner, vil have mindre modstand end groft grus, fordi de har et større vandindhold (uanset de ikke virker så vandførende som gruset, ved grundvandsindvinding). Elektroderne opstilles på linie med ens afstand og der etableres et strømkredsløb gennem jordlagene mellem de to yderste elektroder. Spændingsforskellen mellem de to inderste måles (i millivolt), og modstanden i de jordlag, som var inddraget i kredsløbet kan nu beregnes. Ved at øge afstanden mellem elektroderne kan dybereliggende jordlag inddrages i målingerne.

geokemi: læren om de kemiske processer, der foregår på Jorden. Forvitring, opløsning og genudfældning er for eksempel geokemiske processer.

glacial: med tilknytning (både geografisk og tidsmæssig) til en nedisning.

glacialmorfologi: omfatter beskrivelse og tolkning af istidslandskaber med særlig henblik på landoverfladens højdeforhold.

glacialstratigrafi: omfatter studiet af istidsaflejringerne lagfølge og aldersforhold.

glacialtektonik: omfatter de lagforstyrrelser, der skyldes det tryk en fremrykkende eller overskridende isstrøm udøver på sine omgivelser (forland og underlag).

glacigen: dannet i direkte tilknytning til en gletscher eller indlandsis.

gravitativt: betinget af tyngdekraften.

LITTERATUR:

- Andersen, S.A. (1927): Storebælt i Nutid og Fortid. Geol.För.Stockh.Förh. 49, s.427-437.
- Andersen, S.A. (1929): Nyere lagttagelser over Afsmeltningsens Forløb over Sjælland. Meddr.dansk geol.Foren. 7, s.353-356.
- Andersen, S.A. (1937): De vulkanske Askelag i Veigennemskæringen ved Ølst og deres Udbredelse i Danmark. Danm.geol.Unders.II,nr.59.
- Andersen, S.A. (1964): Grusgravene i bakkerne ved Kalundborg. Meddr. dansk geol.Foren. 15 (3), s.359-367.
- Berthelsen, Asger (1971): Fotogeologiske og feltgeologiske undersøgelser i NV-Sjælland. Dansk geol.Foren., Årsskrift for 1970, s.64-69.
- Berthelsen, Asger (1973): Weichselian Ice Advances and Drift Successions in Denmark. Bull.Geol.Instn.Univ.Uppsala, 5, s.21-29.
- Berthelsen, Asger (1974): Nogle forekomster af intrusivt moræner i NØ-Sjælland. Dansk geol.Foren., Årsskrift for 1973, s.118-131.
- Binzer, Knud (1974): Sedimentological and geochemical features of Weichselian tills and pre-Quaternary sediments in Denmark. DGU Årbog 1973, s.111-131.
- Dinesen, Arne (1972): Foraminiferselskaber fra de jyske eocæne formationer. Dansk geol.Foren., Årsskrift for 1971, s.70-78.
- Gripp, Karl (1973): Grundmoræne und Geschiebepflaster. Meyniana 23, s.49-52. (Kiel).
- Gry, Helge (1940): De istektoniske forhold i Møler-området. Meddr.dansk geol.Foren., Bd.9, Hft.5, s.586-627.
- Gry, Helge (1952): Ekskursion til Kalundborg-egnen (ekskursionsreferat). Meddr.dansk geol.Foren. 12, s.322-323.
- Gry, Helge (1974): Ledeblokkes kornstørrelsesforhold og transportmåde. Dansk geol.Foren., Årsskrift for 1973, s.140-151.
- Johansen, A.C. (1904): Om den fossile Molluskfauna i Danmark og dens Relationer til Forandringer i Klimaet. (lok. ved Bjørnstrup omtales side 106-107).
- Krüger, Johannes (1970): Till fabric in relation to direction of ice movement. Geogr.Tidsskr. 69, s.133-169.
- Krüger, Johannes (1974): Traditionelle ledeblokkes velegnethed til brug i kvantitative analyser. Dansk geol.Foren., Årsskrift for 1973, s.152-161.
- Lavrushin, Yu.A. (1970): Recognition of facies and subfacies in Ground Moraine of Continental Glaciation. Litol.Polezn.Iskop., No.1. (på russisk).

Marcussen, Ib (1974): Stentællingsmetoden, ledeblokanalysen og glacialstratigrafi - en kritisk vurdering. Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1973, s. 20-42.

Milthers, V. (1909): Scandinavian Indicator-Boulders in the Quaternary Deposits. Danm. geol. Unders. II, 23, 159 s.

Milthers, V. (1918): Grundlinier i Isens Bortsmeltning fra Sjælland. Forh. ved 16. skand. Naturforskersmøde 1916, Kristiania.

Milthers, V. (1932): Israndens Tilbagerykning fra Østjylland til Sjælland - Fyn belyst ved Ledeblokke. Danm. geol. Unders. 4, 2 (9), 70 s.

Milthers, V. (1943): Nordvestsjællands Geologi. Danm. geol. Unders. række 5, 6, 165 s.

Milthers, V. (1948): Det danske Istidslands kabs Terrænformer og deres Opståen. Danm. geol. Unders. III, nr. 28, 234 s.

Mörner, N.-A. (1973): Till stratigraphy in North America and Northern Europe. Bull. geol. Instn. Univ. Uppsala, 5, s. 199-207.

Nørvang, Aksel (1942): Frostspalter i Jylland. Meddr. dansk geol. Foren. Bd. 10, Hft. 2, s. 178-205.

Petersen, Kaj Strand (1970): Ekskursionen til Nordvestsjælland og Røsnæs (ekskursionsreferat). Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1969, s. 71-75.

Petersen, Kaj Strand, Hoch, Ella og Bonde, Niels (1972): A new species of mytilid bivalve, and vertebrate remains from Lower Eocene marine deposits on Røsnæs, Danmark. Danm. geol. Unders., Årbog 1972, s. 79-86.

Petersen, Kaj Strand (1973 a): Tills in dislocated drift deposits on the Røsnæs peninsula, northwestern Sjælland, Denmark. Bull. geol. Instn. Univ. Uppsala, 5, s. 41-49.

Petersen, Kaj Strand (1973 b): Some features in clay with Tuff beds from Lower Eocene on Røsnæs, Danmark. Danm. geol. Unders., Årbog 1972, s. 69-78.

Rasmussen, Leif Aabo (1974): Om morænestratigrafi i det nordlige Øresunds-område. Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1973, s. 132-139.

Reineck, H. E. og Singh, I. B. (1973): Depositional sedimentary environments with reference to terrigenous clastics. 439 s. Berlin. Springer-Verlag.

Rørørdam, K og Milthers, V. (1900): Beskrivelse til Geologisk Kort over Danmark. Kortbladene Sejro, Nykøbing, Kalundborg og Holbæk. Danm. geol. Unders. I, nr. 8.

Rørørdam, K (1909): Geologi og Jordbunds-lære. København.

Sjørring, Steen (1973): Some problems in the till stratigraphy of the North-eastern part of Sjælland. Bull. geol. Instn. Univ. Uppsala, 5, s. 31-35.



aktive lag: det øverste, 1-2 m tykke lag, der tør op sommeren i et permafrostområde.

arktisk-boreoarktisk fauna: et fossilindhold, der svarer til det nutidige dyreliv i havområdet mellem Island og det nordlige Norge.

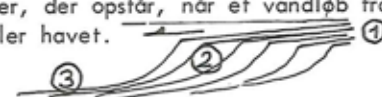
baltisk: fra det baltiske område, det vil sige området omkring Østersøen (jævnfør de baltiske randstater).

bryozoa: kolonidannende "mosdyr" (Polyzoa), som udskiller kalkdannelser. Bryozoaer findes ofte i form af små hvide "kalkstilkke" i smeltevandssand. "Kalkstilkene" stammer fra skrivekridtet og bryozokalken i undergrunden.

cementsten: ler med udskilt kalk.

cirkeldiagram-metoden: en speciel afbildningsform for oplysninger indhentet fra borer, specielt vandboringer. De gennemborede lag af-sættes i et system af cirkler, de dybeste lag i de yderste cirkler. Metoden gør det muligt at afbilde oplysninger fra tætliggende borer og gør det lettere at korrelere fra boring til boring.

delta-aflejring med delta-toplag (1), delta-frontlag (2), og delta-bundlag (3) er lejringsstyper, der opstår, når et vandløb transporterer materiale ud i en sø eller havet.



DGU: forkortelse for Danmarks geologiske Undersøgelse (København).

diskordant: yngre lag hviler diskordant oven på ældre lag, når de yngre lags undergrænse skærer lagdelingen i de ældre lag. Se også erosionsdiskordans og vinkeldiskordans.

dislokation: ordet anvendes inden for glacialtektoniken om forstyrrelser af oprindelige lagstillinger. Dislocerede lag viser sådanne forstyrrelser.

dynamik: bevægelser og de kræfter, der fremkalder dem.

Eem-ler: ler aflejret i Eem tiden, sidste mellemistid (cirka. 100-70.000 år før nu).

ekstramarginal: foran isfronten, i isens forland.

Eocæn: tidsafsnit inden for Tertiær-perioden.

erosion: nedbrydning, hvorved jordlag fjernes.

erosionsdiskordans: en grænseflade, der adskiller underliggende ældre lag, der har været udsat for erosion, fra en overlejrende yngre lagserie. Erosionen kan være sket enten ved vindens, vandets eller isens indvirkning.

facies: en sedimentær aflejnings samlede "karaktertræk". Faciesændringer inden for et lag kan skyldes, at aflejningsbetingelserne har varieret fra sted til sted, da laget blev aflejret. Samtidige, men ikke oprindeligt sammenhængende, lag vil vise forskellig facies, hvis de ikke blev afsat under ens aflejningsbetingelser.

fauna: her om fossil fauna, det vil sige det fortidige dyreselskab, som man kan slutte sig til levede, da en bestemt aflejring blev til, ud fra studiet af de i aflejringen bevarede fossiler.

foldeakse: "ryglinien" i en fold.

