

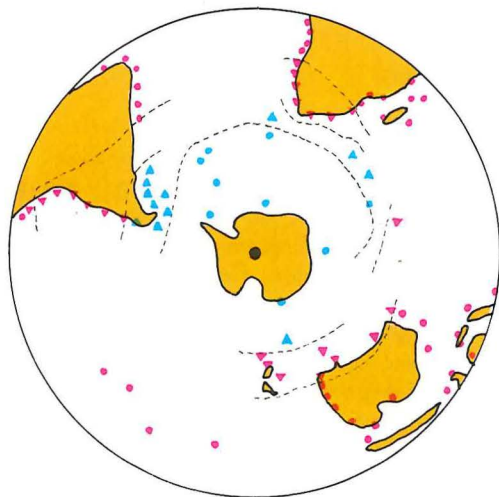
SAHARA

en kold omgang

af Nils Spjeldnæs

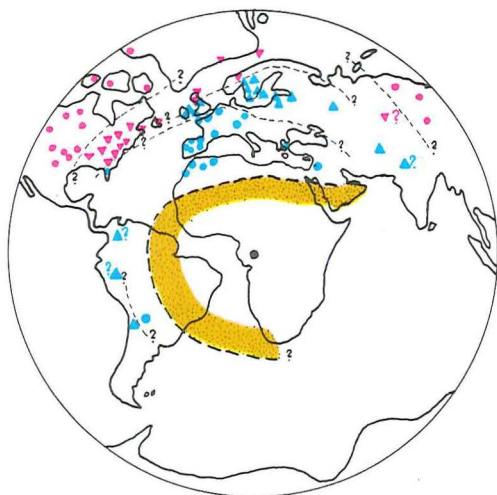
For de fleste står Sahara som eksemplet på et sted, hvor der er varmt og tørt. Tanken om, at der har været en istid på dette sted, synes umiddelbart så fantastisk, at man vil forlange mindst tredobbelte beviser for at tro det, men det kan nu skaffes.

Hvis man ser på nutidens dyreliv i Jordens forskellige klimazoner, finder man en umiddelbar forskel mellem de former, der findes i koldt vand nær polerne, og de, som findes i de tropiske områder og i de mellemliggende tempererede zoner. Dels vil man se, at snegle og muslinger med



Figur 1. Diagram der viser klimafordelingen på den sydlige halvkugle i dag, med anvendelse af de samme kriterier og betegnelser som figur 2. Bemærk at klimazonerne afviger mere fra breddegraderne i nutiden end på rekonstruktionen af forholdene i Ordovicium. Desuden er udbredelsen af de kolde zoner større i Ordovicium, og den tropiske/tempererede tilsvarende mindre, og formodentlig varmere.

groft ribbede og pigbesatte skaller er mest almindelige i varmt vand, mens de, der lever i koldt vand for det meste har glatte skaller, ofte beskyttet af en organisk hinde mod havvandets opløsende evne ved de lave temperaturer. Vi ved også, at visse dyregrupper, som for eksempel de revdannende koraller, kun findes i tropiske farvande ved forholdsvis høje temperaturer. Statistisk viser det sig også, at der er færre arter (men ikke nødvendigvis færre eksemplarer) i koldt vand end i varmt vand. Forholdet mellem antal arter og antal eksemplarer kan derfor også sige os noget om temperaturerne. Nøjagtig kan en sådan metode naturligvis ikke blive, blandt andet fordi de miljøforhold, man finder i koldt vand, også kan forekomme i områder, hvor der er andre faktorer end kulde, som gør livet svært (nedsat saltholdighed, nedsat iltindhold og så videre). Hvis vi kombinerer metoden med et studium af selve aflejringerne, får man mere sikre oplysninger. Således er finkornede kalksedimenter næsten udelukkende afsat i varmt vand, mens de - i den udstrækning de forekommer i kolde områder - findes som forholdsvis grovkornede aflejringer. Sedimenter, der er afsat i koldt vand har desuden ofte en høj indblanding af lermateriale.



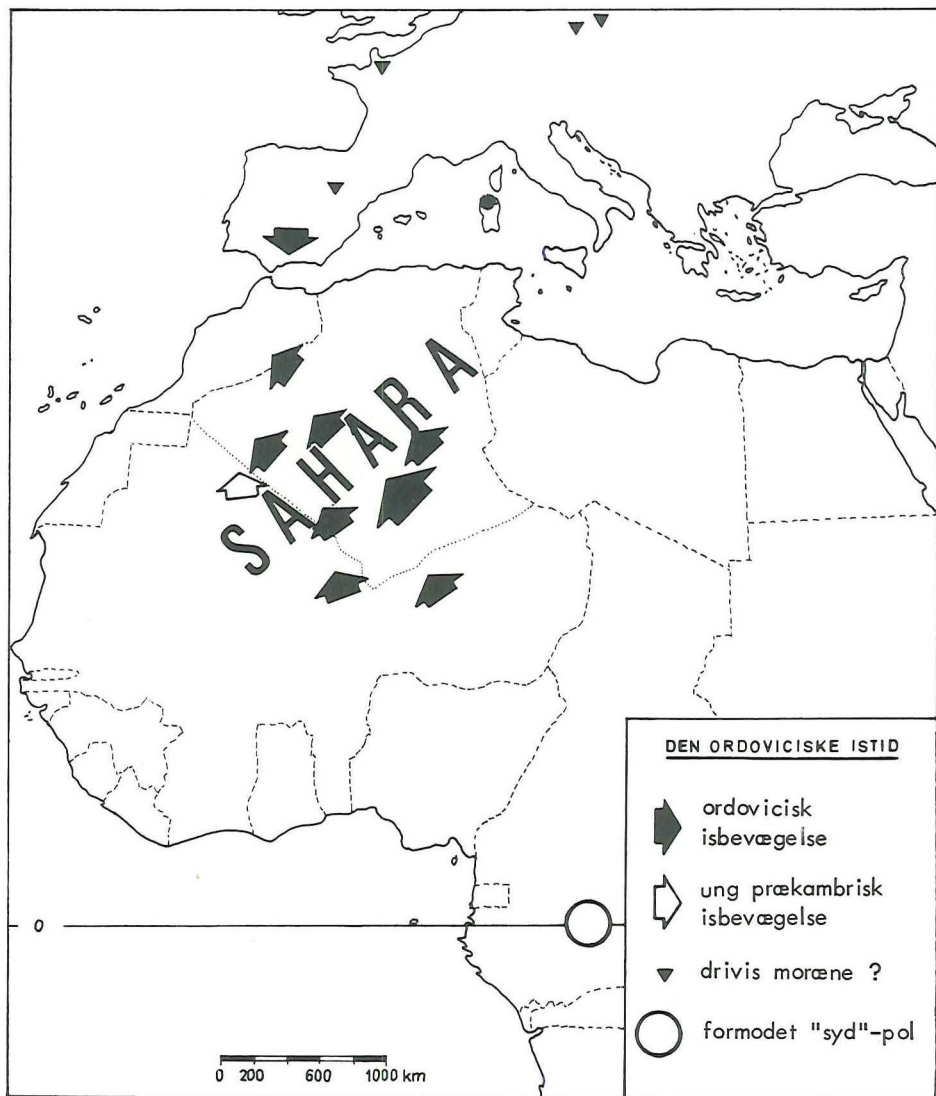
Figur 2. Diagram der viser fordelingen af klimazoner i det marine lavvandmiljø i Ordovicium. Fyldte ringe viser områder med tropiske forhold, fyldte trekantede varmt tempereret klima, åbne trekantede noget køligere, tempereret klima, og åbne ringe arktisk/antarktiske forhold. Brun farve viser den formodede udbredelse af polkontinentet (må ikke forveksles med det nuværende Antarktis).

Hvis man på den måde forsøger at rekonstruere Jordens klimazoner i tidligere jordperioder, kan man få ret ejendommelige resultater. Hvis man for eksempel ser på den ordoviciske periode, optræder fossiler og sedimenter, der tyder på tropiske forhold, i det centrale U.S.A., over Grønland og Spitsbergen, mens tempererede forhold synes at have hersket i det østlige U.S.A., det nordlige Europa (Storbritanien og Skandinavien) og dele af Rusland. Går man til Middelhavslandene, ser det ud som om klimaet var meget koldt. Tegner man denne klimafordeling ind på et kort (figur 2), får man det indtryk at Jorden i ordovicium var kippet 90° rundt, idet sydpolen synes at have ligget i Afrika omtrent ved ækvator. Under sådanne forhold vil man naturligvis udmærket kunne forestille sig, at der var istid i Sahara.

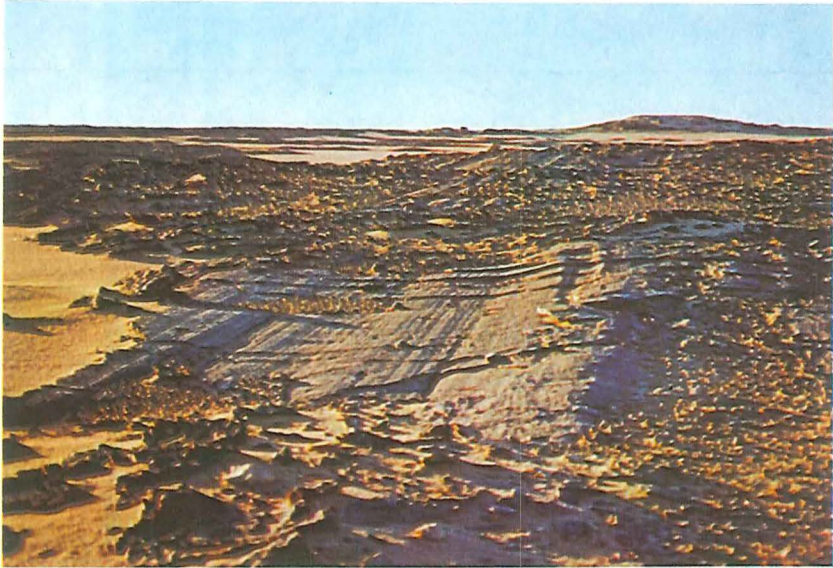
Ved at måle den magnetiske orientering af jernholdige mineraler i bjergarter fra forskellige geologiske perioder har geofysikerne kunnet påvise en "vandring" af de magnetiske poler gennem tiderne. For ordoviciums vedkommende har man beregnet, at den ene pol har måttet ligge ude i Stillehavet nær ved ækvator, og diametralt modsat må så den anden pol have ligget - inde i Afrika, hvor man også ville placere en pol på grundlag af de palæoklimatologiske vidnesbyrd (se iøvrigt artikler i Varv 1965,2 1968,3 - 1968,4).

Nogle vil måske ikke føle sig overbevist, selvom det utvivlsomt må siges at styrke en hypotese, når observationsmaterialet fra to helt uafhængige områder, i det ene tilfælde den marine biologi og palæoklimatologien og det andet fra geofysikken, helt synes at stemme overens. Nu har man imidlertid direkte spor af et isdække ved den ordoviciske pol i Afrika. Kort efter, at de biologiske og palæomagnetiske teorier var fremsat (i sidhalvdel af 1950'erne) fandt franske geologer flere steder i Sahara tegn på istider. I nogle tilfælde havde disse været kendt i lang tid, men man mente, at de alene kunne henføres til en meget ældre, "eokambrisk" istid. Den ordoviciske istid er nu kendt fra Mauritanien i vest til Tibesti i øst og fra sydsiden af Atlasbjergene i nord til Niger i syd.

De spor af istider, man finder, er isskurede flader (ofte fantastisk store og veludviklede, se figur 4). Man finder også andre spor af iserosion samt en række andre glaciære fænomener, som vi udmærket kender fra kvartærtiden herhjemme. Imidlertid mangler en række af de træk, vi forbinder med en istid - således moræner med deres karakteristiske kornstørrelsesfordeling og en række af de landskabsmæssige træk, der er knyttet til en glaciation (nedisning). Her har der gjort sig en betydelig forskel gældende mellem vor kvartære istid og den ordoviciske i Sahara. Vor is trængte frem over et stærkt kuperet og geologisk set meget varieret område med mange forskellige bjergarter (og bjergarter af yderst forskellige modstandsevne). Derved fik man meget variable og tildels vanskeligt tolkbare strukturer. I Sahara har isen skudt frem over et af de gamle granitiskjolde, som var



Figur 3. Diagram, der viser isbevægelsens retning (sorte pile) og den formodede polposition (cirkel) i Ordovicium.

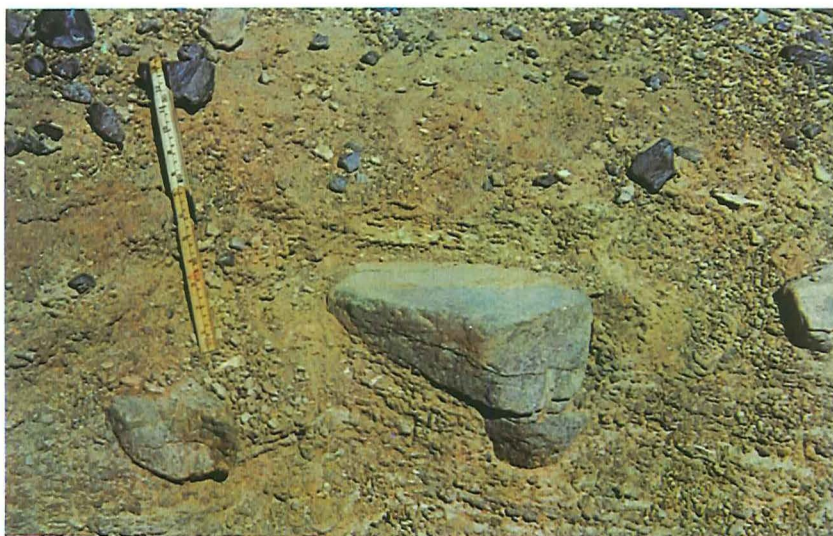


Figur 4. En af de store isskurede flader øst for Hoggar. De største er mere end 2,5 km i isbevægelsens retning og mere end 1 km på tværs.

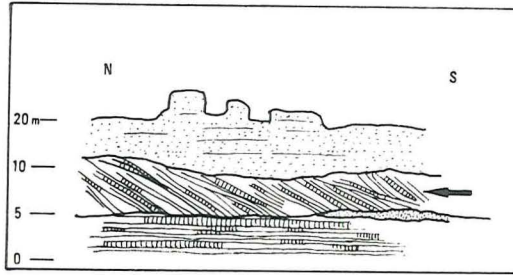
dækket af relativt tynde, ensartede sandstensbjergarter af kambrisk og ældre ordovicisk alder. Disse sandsten har været afsat på en flade, der må have haft et usædvanlig lavt relief - et peneplan. Isen har på grund af dette, og på grund af den ensformige karakter af sedimenterne (kun sandsten) bevirket en usædvanlig sammensætning af de glaciale sedimenter. Det siger sig selv, at når en is arbejder i ren sandsten, så vil såvel bundmoræner, endemoræner som smeltevandsaflejringer komme til at bestå af den samme slags sand. Det finder man da også i Sahara - kun sand, sand og atter sand, uafhængig af, om de transporterende kræfter har været is, vand eller vind. Den vigtigste glaciale struktur, man finder, er isskuringerne, og ser man på deres retning (figur 3), får man et meget ejendommeligt billede. Man ser, at skuringsstriberne stråler ud fra et punkt, som ligger forholdsvis nær den pol, som blev antydnet ved de palæoklimatiske og også de palæomagnetiske undersøgelser. Det er også den almindelige transportretning, som vi finder i de underliggende ordoviciske sandsten og også i de overliggende devontids sandsten. Dette er således områdets normale transportretning, radierende ud fra centrum mod randen af et gammelt stabilt skjold.



Figur 5. Isskuring på toppen af en stor erratisk blok, fra glacimarine afsætninger i tunneldalen ved Irlhîr. Det er ikke klart, om blokken var isskuret, før den blev transporteret til stedet, eller om den blev skuret af et senere isfremstød.



Figur 6. Erratiske blokke i glacimarine afsætninger (syd for Irlhîr, Tassili N'Ajjer). Den grågrønne siltbjergart er varvig, og blokken slår tydelig igennem lagdelingen, og er derfor faldet ned fra flydende is.

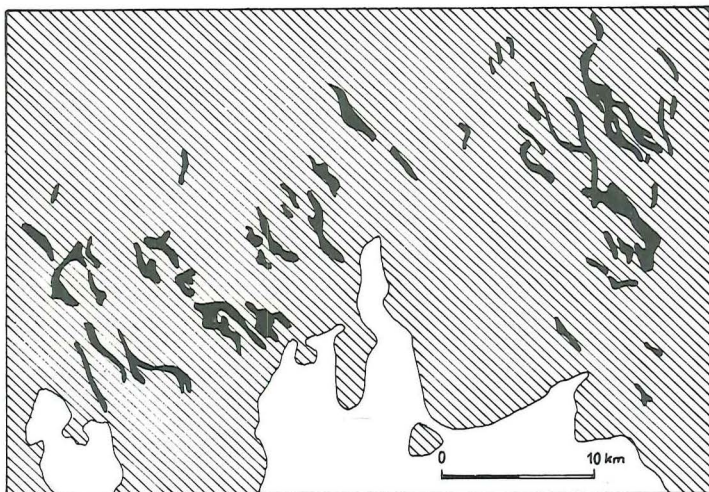


Figur 7. Tagstensagtigt fremskubbete flager af sandsten, Tassili N'Ajjer. Nøjagtig den samme glaciale tektonik, som man kender fra Danmark, blandt andet fra Lønstrup Klint. Pilen viser isbevægelsens retning.

De strukturer, man finder, er tildels meget svære at tolke. Således havde de franske geologer store vanskeligheder med en meget ejendommelig type af istektonik, hvor sandstensflager tydeligvis i frosset tilstand var blevet skubbet tagstensagtigt over hinanden i isens bevægelsesretning. For en geolog, der har set Lønstrup klint, Møns klint og en række andre kystklinter, var det jo ikke noget nyt, og jeg kunne øjeblikkelig forklare, hvad det drejede sig om. Forskellen er den, at man i Sahara kun har sandsten og ikke en vekslen mellem sand, ler og andre bjergarter, noget, som jo gør det lettere at observere og tolke fænomenerne hos os. Det andet fænomen, man træffer på, er de glaciale dale. Disse havde deres længdeakse i isens bevægelsesretning og var cirka $3/4 - 1\frac{1}{2}$ km brede og 2-300 meter dybe. Såvel i deres retning som i deres størrelse og profiler minder de overmåde meget om "tunneldalene" i Danmark, og der kan næppe være tvivl om, at de er dannet på samme måde. I Sahara ser man tydeligt, hvordan disse dale er gravet ud af isen i hårde eller løse bjergarter og senere fyldt med glaciale (formodentlig også subglaciale) og glacialmarine (ishavs-) afsætninger, nøjagtig på samme måde som de danske tunneldale. Det andet interessante træk er, at det eneste sted, hvor man finder fremmede blokke ("ledeblokke"), er i de glacialmarine afsætninger i forbindelse med disse glaciale dale. De bjergarter, man finder, er dels kvartsiter og sandsten, nogle af dem med ordoviciske fossiler, men de fleste og mest karakteristiske er nøjagtig som hos os porfyriske lavbjergarter.

Det område, hvor man lettest kan studere den ordoviciske istid, er nord og øst for Hoggar-massivet i det centrale Sahara. Her hælder de uforstyrrede sedimentære lag svagt ud fra den centrale kerne af prækambriske bjergarter, og derved får man store, næsten horisontale lagflader, samtidig med at pluvialtidernes (regntidernes) erosion har dannet dybe cañons, med smukt blottede profiler.

De glaciale lag overlejres af bløde silure skifre, og overfladen af de ordoviciske lag er derfor blottet - uden vegetation eller sand - over hundreder af kvadratkilometer. Her kan man fra fly se store "hedesletter" med gamle flodlejer efter smeltevandsfloder. Nogle steder ser man også frostbetingede strukturer i den ordoviciske jordoverflade, af samme type som dem, man kender fra de nordiske lande, og studerer man profilerne, vil man foruden tunneldalene finde subglaciale cañons med en speciel vandløbserosion og smeltevandssandsten, som ved deres storstillede skrålejrning og mangel på tydelig lagdeling skiller sig skarpt fra de almindelige, marine sandsten.



Figur 8. Diagram, der viser dræningsmønstret i "hedesletterne" i Tassili N'Ajjer.

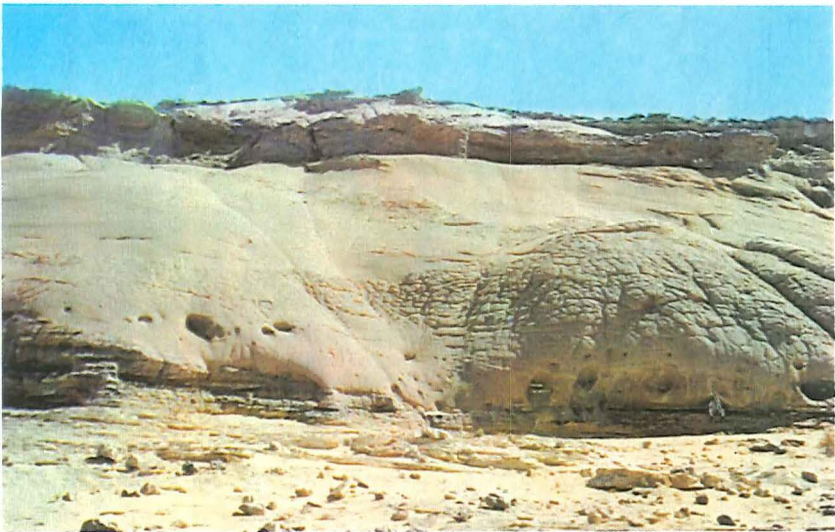
Opdagelsen af den ordoviciske istid i Sahara har derfor ikke bare en vis sensationel nyhedsværdi, men de fænomener, man finder der, kan benyttes til at tolke de tilsvarende fænomener under den sidste istid, blandt andet fordi forholdene var enklere i Sahara, og det derfor er lettere at finde nøglen til problemerne der, selvom istiden er cirka 450 millioner år gammel.

Denne istid giver også grund til at overveje den forskel, man har mellem "aktualistiske" og "ikke-aktualistiske" perioder i Jordens historie. Hvis man ser på den historiske geologi, vil man se, at der er nogle perioder, hvor forholdene i det store hele synes at stemme overens med nu-

tidens. Det gælder ordovicium, perm og kvartær (med det yngste tertiær). Her har man istider, store havstigninger og -sænkninger, betydelige bjergkædebevægelser og stor vulkansk aktivitet, og forholdene blandt andet ved klimazonering, meteorologiske og oceanografiske forhold synes at stemme meget godt overens med det, vi har i dag.

Den anden type af perioder repræsenteres bedst af silur og jura. Her finder man en meget svagere markeret klimazonering. Klimaet synes at have været forholdsvis jævnt varmt over hele Jorden, selvom man nok kan spore en vis forskel mellem troperne og de polare områder. Hele den geologiske udvikling synes at være roligere, store dele af kontinenterne er dækket af forholdsvis stabile have med lav vandstand, og det lader til, at store dele af oceanerne har været stagnerende, det vil sige har haft begrænset ventilation resulterende i et lavt iltindhold. Det fremgår af den udbredte forekomst af sorte skifre.

Forskellen mellem de to grupper af perioder kan netop være, at der i den første (aktualistiske) har været polare iskalotter. De polare iskalotter vil frembringe en kraftig cirkulation, såvel i atmosfæren som i oceanerne, og det vil blandt andet medføre, at der vil være en ventilation af oceanerne, således at man ikke normalt vil få stagnerende vand i bunden. Hvis derimod de polare iskalotter smelter, må man forvente, at cirkulationen i havet bliver meget svagere, og man vil derfor kunne forvente at få stagnerende forhold i store dele af oceanerne.



Figur 9. Smeltevandssand fra Ordovicium, øst for Hoggarmassivet. Man ser tydelig den massive lagdeling, og gentagen erosion og opfyldning i "Kanaler". Markeret kontrast mod den underliggende, tyndbænkede sandsten.



Figur 10-11. Luftbilleder af den blottede overflade af de ordoviciske glaciale lag. Tassili N'Ajjer. Man ser smeltvandssand med smeltvandsflodlejer, der forvitrer mørkere end de øvrige bjergarter. Bemærk at nutidens floddale har en helt anden retning.