

Brædderne i det Baltiske Skjold

af Asger Berthelsen

Find et gammelt bræt med et søm i, studer det nøje, og du har grundfjeldsgeologiens vigtigste arbejdsprincipper og problemer i en nøddeskal.

Fordi sømmet gennemskærer strukturen, som årringene tegner i træet, er du ikke i tvivl om, at sømmet blev hamret i, EFTER at træet dannedes. Du kan også slutte, at det først blev slået i, EFTER at træet var blevet fældet og skåret ud i brædder - ellers ville sømmet have været savet over.

Hvis du kan aldersbestemme træet i brættet, kan du slutte, at sømmet blev slået i EFTER det tidspunkt, dateringen angiver. - Eller hvis du kan datere sømmet ja, så vil du måske tro, at brættet er ældre? Men det kan du ikke være sikker på. Nok tager det længere tid at vokse et træ end at lave et søm, men du kan ikke udelukke, at sømmet i sig selv kan være ældre end brættets træ. Sømmet kunne jo være blevet hamret i på et meget senere tidspunkt end det, hvor det blev fremstillet.

Denne problematik er hverdagskost for grundfjeldsgeologerne. For selv om mennesket har været længe om at opdage genbrugsprincippet, har naturen kendt og brugt det i årmilliarder. Bjergarter, som blev dannet ved en hændelse, er ofte blevet "genbrugt" og delvis omformet ved senere tildragelser. De dannelsesaldrer, som kan bestemmes ved hjælp af visse radiometriske dateringsmetoder, giver derfor ikke nødvendigvis nogen anvisning på, hvornår de senere tildragelser (f.eks. en bjergkædefoldning) indtraf. Vi ved blot, at foldningen må være indtruffet EFTER, at den yngste blandt de foldede (genbrugte) bjergarter blev dannet.

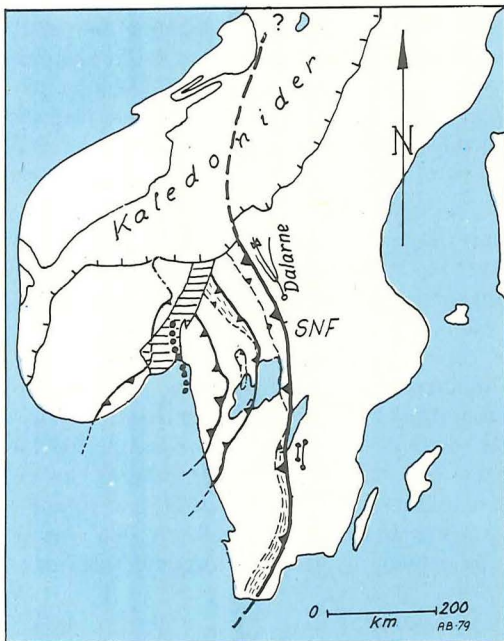
Dateringer af bjergarter, der ikke har været genbrugt og som afskærer foldestrukturene, giver på den anden side aldrer, som må være yngre end genbrugs-



tildragelserne. Ved ikke alene at bruge sine øjne, men også sin "næse", kan geologen udpege de yngste genbrugte og de ældste ikke-genbrugte bjergarter, og herved kan dateringsarbejdet gøres mere rationelt.

Efter disse principper er grundfjeldsgeologerne nået frem til, at den sidste store Prækambriske bjergkædefoldning, som påvirkede det Baltiske skjold, indtraf mellem ca. 1200 og 850 millioner år før nu. Denne bjergkædefoldning skabte det Svekonorvegiske (svensk-norske) foldestrøg, og den var en udpræget genbrugsfoldning. Den påvirkede ikke blot nydannede sedimenter og vulkanske bjergarter, men også disses underlag, en sokkel af ældre kontinent-bjergarter. Dette forhold blev allerede erkendt i slutningen af forrige århundrede af den svenske VARV-forsker Gerard De Geer (se VARVs blå bog, nr. 4, 1980). Når senere svenske geologer ikke umiddelbart godtog De Geers ideer, skyldtes det nok, at de foretrak at slå nye søm i, fremfor at bruge brugte.

Den Svekonorvegiske bjergkæde afviger tilsyneladende i sin opbygning fra de yngre bjergkæder, som er dannet ved pladetektoniske processer. Foldestrøget er, som vi ser det i dag, ca. 500 km bredt, og inden for hele denne bredde træffer vi rester af ældre sokkel-bjergarter, figur 1. Mod vest (i Syd-Norge) viser de ældre op til 1550 millioner år, og i strøgets østlige dele (SØ-Norge og SV-Sverige) er de op til 1700 millioner år gamle, lokalt måske endda lidt ældre (? 1800 millioner år).

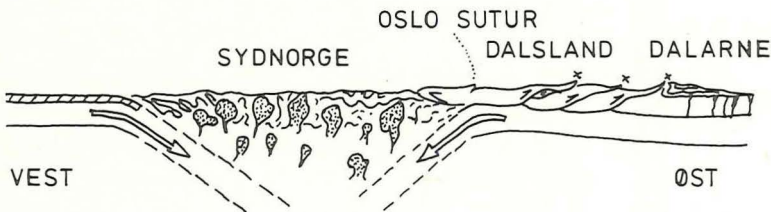


Figur 1. Skitse af Sydskan-dinavien visende de vigtigste forskydningszoner i det Svekonorvegiske foldestrøg. SNF står for den Svekonorvegiske front mod ældre grundfjeld i Syd- og Mellemsverige. Det Permiske Oslo-felt er vandret skraveret.

Denne aldersfordeling tyder på at jordskorpen, som blev inddraget i den Svekonorvegiske foldning, blev dannet, ikke under en men TO, forudgående bjergkædefoldninger, der kun i begrænset omfang var genbrugsfoldninger. For at rekonstruere disse ældre foldestrøg, er det nødvendigt at klarlægge, hvilke strukturer og omdannelser den Svekonorvegiske foldning var ansvarlig for - og hvilke, der skyldes ældre hændelser.

Gøres dette, når vi til det overraskende resultat, at den Svekonorvegiske foldning alligevel ikke afveg særlig meget fra de unge bjergkædefoldninger, der skyldes pladetektoniske processer, figur 2. En stor subduktionszone med neddykkende oceanbund må have ligget vest for Syd-Norge, og dybt under Oslo fjorden må skjule sig endnu en subduktionszone. Som følge af en afsluttende kontinent-til-kontinent kollision blev den sidste lukket og overdækket af en overskudt jordskorpeflage, så der dannedes en kryptisk sutur. Øst for denne medførte de fortsatte pladebevægelser efter kollisionen, at jordskorpen blev "skrællelet af" kappen og stablet sammen som kæmpeflager, adskilte af op til km-brede forskydningszoner. Sammenstablingen skyldtes antagelig, at kappe-delen af den østlige plade fortsat blev skudt eller trukket ned under den lukkede og tildækkende Oslo sutur.

I Dalsland er unge aflejringer fra den Svekonorvegiske foldezone endnu bevaret, og de er, ligesom noget ældre aflejringer foran foldestrøgets front i Dalarna og Småland blevet overfoldet og overredet af ældre sokkel-bjergarter, der blev fremskudt fra vest mod øst, figur 2. Det Svekonorvegiske foldestrøg har en nord-sydlig hovedretning, og dets østlige front buer mod øst - som Himalaya buer mod syd.



Figur 2. Skitse-profil gennem det Svekonorvegiske foldestrøg. Subduktion fra to sider under Syd-Norge medførte opstigning af granitiske smelter, der svejse- de ældre, genbrugt jordskorpe sammen.

Denne tilsyneladende dristige tolkning af den Svekonorvegiske udvikling bygger iøvrigt på sammenligninger med Himalaya, en bjergkæde som forfatteren kender fra flere ekspeditioner. Himalaya er det pladetektoniske type-eksempel på en kollisions-kæde, med næsten skjulte og sammenklemte subduktionszoner, jordskorpeskrælning og store overskydninger. Nogle svenske geologer holder dog fortsat på, at bevægelserne i de store sydvest-svenske forskydningszoner mere var i op-ned retning.



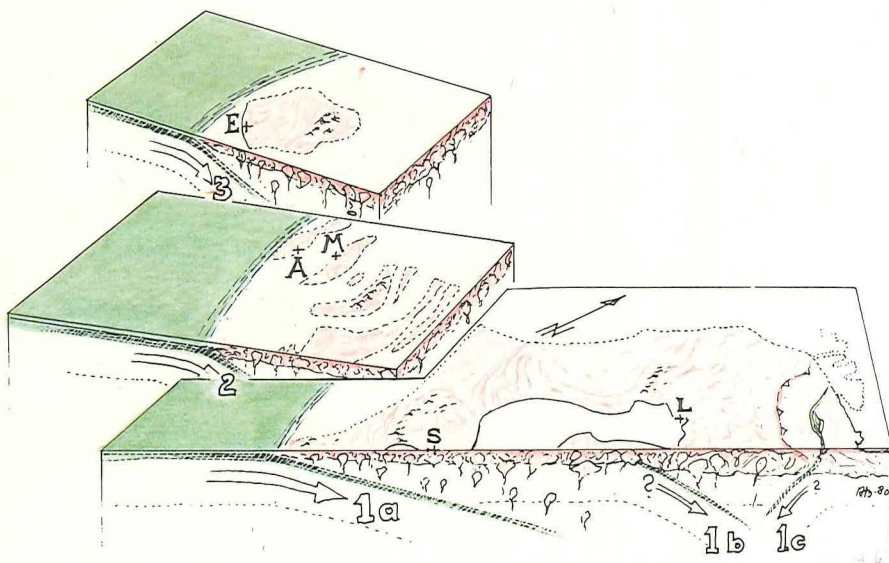
Himalaya kaldes i dag for VERDENS TAG, men for ca. 900 millioner år siden var det, det Svekonorvegiske foldestrøg der fortjente dette navn. Foldestrøget var da en ung himmelstræbende bjergkæde, der af og til rystedes af jordskælv. Hovedkæden må have strakt sig gennem SØ-Norge og SV-Sverige, og i en bue over Danmark, hvor den nu er skjult dybt i den danske undergrund. Syd-Norge nåede dengang sikkert lige så store højder som Karakorum og Tibet i dag.

Fortsætter vi med at trævle sømmene i det Baltiske skjold op, ved at fratrække den Svekonorvegiske foldnings indvirkning og tage højde for nogle forudgående hændelser, når vi tilbage til et tidspunkt, ca. 1550 millioner år før nu, hvor jordskorpen under Syd-Norge begyndte at dannes. Der lå da en subduktionszone "et sted" vest/sydvest for det nuværende Syd-Norge, og sure smeltmasser steg op og størknede som ny kontinentalskorpe. Herved blev der føjet et flere hundrede kilometer bredt bælte med ny skorpe til det da eksisterende Baltiske skjold (figur 3, blokdiagram 3). HVOR nøjagtig grænsen mellem den nye bræmme, og det ældre skjold gik, er vanskeligt at bestemme i detaljer nu. Den senere Svekonorvegiske foldning medførte, at betydelige dele af de ældre segmenter blev underskudt, så de ikke kan ses i dag. Men grænsen synes at skulle trækkes et sted i dybet under Oslo fjorden, og denne beliggenhed er måske forklaringen på, at det Baltiske skjold senere revnede her under dannelse af en Permisk "rift" og Oslofeltets magma-bjergarter for ca. 270 millioner år siden.

I den østlige del af det Svekonorvegiske foldestrøg begyndte dannelsen af den kontinentale jordskorpe tidligere, for ca. 1700 millioner år siden, i forbindelse med anlægget af en subduktionszone og tilhørende magma-opstigning (figur 3, blokdiagram 2). I dag finder vi de sedimenter, der aflejredes i havet ud mod denne subduktionszone i omvandlet form i Stora Le Marstrand gnejserne, og måske kan Åmål vulkanitterne og Åmål kvartsiten tolkes som tilhørende øbue-afsætninger.

De Prækambriske bjergarter vi træffer i SV-Sverige i dag er derfor af meget forskellig alder og oprindelse. De kan være udviklet i tilknytning til den ene eller anden af de to nævnte ældre skorpe-nydannende subduktionszoner, de kan være dannet ved andre processer i tidsrummet før, imellem og efter disse zoners funktion - eller i forbindelse med, og efter, den Svekonorvegiske bjergkædefoldning. Ikke så mærkeligt, at der skulle slås mange søm i, før det bræt sad fast i skjoldet !

Det Svekonorvegiske foldestrøgs østlige front afskærer tydeligt strukturerne i det ældre grundfjeld i det centrale og syd-østlige Sverige. Her blev den kontinentale jordskorpe udviklet i forbindelse med den Svekofenniske (svensk-finske) bjergkædefoldning for ca. 2050-1700 millioner år siden - ligesom i Nord-Sverige og Finland, hvor der dog længst mod nord og øst indgår genbrugte dele af det urgamle Laplandskontinent. Det Svekofenniske foldestrøg opnåede her ved en bredde på ca. 1500 km, og det fortsætter, dækket af Kambriske og yngre aflejringer, i soklen i den Russiske Platform.



Figur 3. Blokdiagram visende tre stadier i det Baltiske skjolds vækst. Den forreste blok viser situationen for ca. 1750 millioner år siden under den Svekofenniske foldning. 1 a, 1 b og 1 c er formodede subduktionszoner. Den mellemste blok viser udviklingen omkring 1650 millioner år før nu - efter anlægget af en ny subduktionszone, der medførte at endnu et bælte oceanisk skorpe blev omdannet til kontinent-skorpe. Det bagerste diagram viser situationen for ca. 1500 millioner år siden, hvor endnu en ny jordskorpe-bræmme på samme måde var blevet føjet til skjoldet. Det mellemste og bagerste diagram viser udviklingsstadier, der senere blev ændret under den Svekonorvegiske foldning, som medførte kraftig jordskorpe-forkortelse. E: Egersund, A: Arendal, M: Moss, S: Stockholm, L: Luleå. Oceanisk skorpe er grøn, kontinent-skorpe rød.

Den finsk-fødte geolog, Anna Hietanen fremsatte i 1975 den tanke, at den egentlige årsag til den Svekofenniske foldning var anlægget af en stor subduktionszone vest/sydvest for Småland-Blekinge (figur 3, 1 a). Fra subduktionszonen blev en oceanisk plade skubbet eller trukket fladt ind under den svenske,

oprindelig oceaniske plade syd for Laplandskontinentet. På Laplandskontinentets sydrand og i fladsøen og oceanet syd for, herskede livlig vulkansk virksomhed og udstrakte sedimentlag afsattes. Smeltmasser, især sure og halv-sure, steg op fra den neddykkede oceanplade og svejsede nydannet Svekofenniske jordskorpe sammen.

Anna Hietanens teori er blevet "genbrugt" i forskellige variationer. Nogle svenske og finske geologer anser det for sandsynligt, at der foruden den store subduktionszone ud for Blekinge har været endnu en subduktionszone, der måske var lidt ældre, nær Laplandskontinentets sydrand (figur 3, 1 b). I sidste VARV nummer (nr. 4, 1980) blev det endvidere foreslået, at der skjuler sig en (syddykkende) 2200-1900 millioner år gammel subduktionszone i Kola suturen, der nu adskiller det Svekofennisk-genbrugte Laplandskontinent fra det nordliggende intakte Murmansk kontinent (figur 3, 1 c).

Det er interessant at notere sig, at selv om Laplandskontinentet blev kraftigt omformet under den Svekofenniske foldning, så adskiller det sig stadig tydeligt fra de mere sydvestlige dele af det Svekofenniske foldestrøg, hvor den kontinentale jordskorpe nydannedes mellem ca. 2050 og 1700 millioner år siden. Både tyngdemålinger og seismiske undersøgelser viser, at Jordkappens overgrænse, Moho, skifter højde ved det genbrugte Laplandskontinentets sydvestlige rand. Jordskorpen er fortsat væsentligt tykkere, hvor dens alder er størst og dens historie er mest sammensat. Gamle rustne søm kan holde længe !



Figur 4. Kiruna-området lag-søjle. Nedre Hauki serie er gul ligesom Kirunaporfyrene. Øvre Hauki serie er blå.

Mange vigtige malmforekomster i Sverige og Finland knytter sig til den Svekofenniske udvikling. De kvartsbåndede jern- og manganmalme og skarn- og sulfidmalme i Bergslagen anses for at være dannet i havet i et primitivt vulkansk øbue-miljø. Skellefte-feltets og Vihanti-Pyhäsalmi forekomsternes sulfidmalme, der grupperer sig syd for Laplandskontinentets sydrand kunne tænkes dannet i tilknytning til en anden vulkansk øbue bag den formodede "ekstra subduktionszone" (1 b i figur 3).

Outokumpu og Vuonos kobberforekomsterne i det sydøstlige Finland fik også deres endelige udformning under den Svekofenniske foldning. Malmdannelsen indledtes tidligere i forbindelse med undersøisk vulkanisme og sedimentation, da jordskorpen i Laplandskontinentets passive sydrand blev strakt og gjort tyndere.

En vigtig malmforekomst volder imidlertid problemer. Det er Kiruna - eller rettere sagt Kiruna-området apatit-rige jernmalmsforekomster. Kiruna-området ligger inden for den del af det Svekofenniske foldestrøg, hvor der indgår rester fra Laplandskontinentet. Som vist i figur 4 omfatter lagfølgen en nedre sokkel af gnejsgranit. Den overlejres af et konglomerat og Kiruna grønstenene, der omfatter basisk pudelava og halvsure porfyre. Efter en tydelig afbrydelse markeret af Kurravaara konglomeratet, følger Kiruna porfyre og den Nedre Hauki serie. Derover optræder efter en ny afbrydelse den Øvre Hauki serie, der indledes med et konglomerat og i øvrigt omfatter sandsten, skifre og gråvækker.

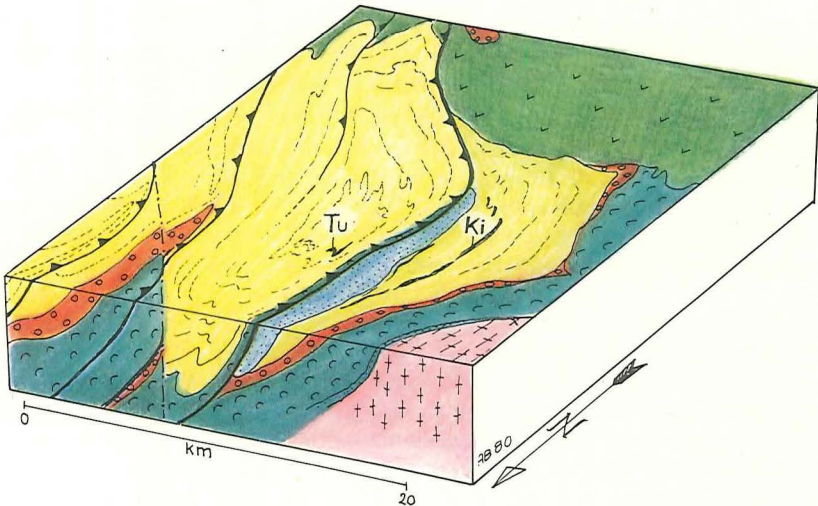
Det var længe god tro på Malmberget, at Kiruna porfyre var jævnaldrende med de mellemsvenske vulkanske bjergarter i det såkaldte Leptit formation, som anses for at være omkring 2000 millioner år gammel. Men i 1972 påviste den svenske mineralog og dateringsekspert Eric Welin, at Kiruna porfyre "kun" er ca. 1600-1570 millioner år gamle - at dømme efter rubidium-strontium isokron dateringer. Nu har det imidlertid vist sig, at dateringer efter denne metode ikke altid angiver tidspunktet for en vulkansk bjergartsfødsel, især hvis bjergarterne har været udsat for senere omdannelser. Og det har Kiruna porfyre været. De er sammen med den Nedre og Øvre Hauki serie foldede og omdannede. En gennemskærende "ung" Lina granit, som er trængt frem efter denne foldning, er af Welin dateret til 1505 millioner år.

Lagserien i Kiruna-området kan derfor sammenlignes med tre tykke brædder, som er tømret sammen med 1505 millioner år gamle søm. Det nederste bræt, gnejsgraniten, er sikkert mere end 2500 millioner år, det mellemste, Kiruna grønstenen, noget yngre. Det øverste yngste bræt er sammensat. Det består af tre lag: Kiruna porfyre, den Nedre Hauki serie og den Øvre Hauki serie. De to nederste lag er limet bedre sammen end de to øverste.

Da supplerende uran-bly dateringer af Kiruna porfyre er undervejs, er det nok bedst ikke at gisne om deres dannelses-alder. Men uanset, hvad udfaldet af de nye dateringer bliver, ved vi, at det øverste bræt udsattes for foldning og om-

dannelse mellem ca. 1570 til 1510 millioner år før nu. Foldningen af Kirunas porfyre og Hauki serierne må derfor tidsmæssigt jævnføres med den yngste af de foldninger, som for ca. 1550 millioner år siden forårsagede dannelsen af Syd-Norges første kontinentale jordskorpe.

Der tegner sig således følgende billede af det Baltiske skjolds udvikling fra 2000 til 850 millioner år: Ved hver bjergkædefoldning blev en ny bræmme kontinent-skorpe sømmet på den ældre kerne i skjoldet, og hver gang et nyt bredt bræt blev føjet til, ragede det ind over skjoldets ældre dele, som gav sig og slog nye forskydningsrevner.

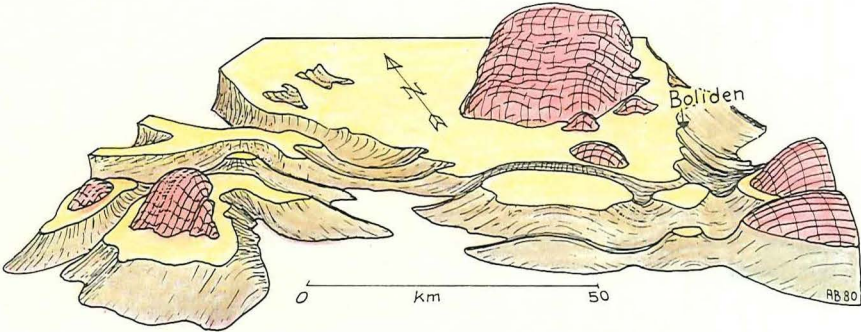


Figur 5. Blokdigram af Kiruna-feltets strukturer. Farverne er som i figur 4. Ki: Kiirunavaara, Tu: Tuolluvaara.

I blokdigrammet i figur 5 er Kiruna-feltets strukturelle opbygning skitseret, således som den kan aflæses af de geologiske kortblade og aero-magnetiske kort, som Sveriges geologiske Undersøgelse har publiceret i 1976. Kiruna-feltets bjergarter og malme ses at være påvirket af den unge, ca. 1550 millioner år gamle foldning. Først dannedes oprette folder, senere gennemsattes disse af overskydninger. Denne strukturelle opbygning tyder på, at den nutidige overflade ikke ligger særligt dybt under den 1550 millioner år gamle jordoverflade.

Det ældre Svekofenniske foldemønster er præget meget mere af granitmassiver. Dette ses bl.a. i Skellefte-feltet, hvis opbygning er skitseret i figur 6. Her (ligesom i figur 5) er de yngre, gennemsættende magmabjergarter udeladt - for at foldestrukturene kan ses tydeligere.

Skellefte-feltet præges af nordvest-sydøstgående folderygge, der buler op og ned. Foldeakserne hvælves op over Jörn granit-massiverne, som om det var graniternes opstigning, der havde løftet folderne. Tyngde-betinget opstigning af bjergarter, der er lettere end omgivelserne, kaldes diapirisme.



Figur 6. Blokdiagram af Skellefte-feltets strukturer (før Revsund granitens fremtrængning). Vulkanske bjergarter er gule, bunden af fyllitterne (som er tænkt fjernet) er brun, Jörn graniten rød.

Der er ingen tvivl om, at granit-diapirisme har påvirket og ændret foldestrukturene i store dele af det Svekofenniske foldestrøg. Allerede i 1930 påviste den svejtsiske geolog Eugene Wegmann, at grundfjeldet i Sydfinland præges af granit-diapirisme.

Det diskuteres imidlertid fortsat, om diapirisme var den egentlige årsag til foldningen, eller om foldningen og dispirismen skyldtes forskellige mekanismer.

I den Kaledoniske bjergkæde og andre endnu yngre bjergkæder, som skyldes pladetektoniske processer, dannedes de store overskydningsdækker og store folder, før lokal granit-diapirisme satte ind. Det er derfor fristende at tro, at lignende forhold også gjorde sig gældende under de Prækambriske foldninger. Men selv om det er meget sandsynligt, at pladetektoniske processer spillede en afgørende rolle i det Baltiske skjolds udvikling, kan det ikke udelukkes, at den døde, fysiske Jord har undergået en udvikling siden sit "baby-stadium", sådan at forstå, at processerne gradvist ændrede karakter igennem geologisk tid. At ville benægte det, er næsten som at benægte, at man selv kan blive klogere med tiden !