

Utrechts computeronderzoek: ijstijd stopt als grond zakt

Wijsheid ijstijd stijgt

Ijstijden blijven tot de verbeelding spreken - mede omdat er moeilijk beantwoorbare vragen mee verband houden. Waarom duren ze ongeveer 100.000 jaar? Waarom houden ze dan zo plotseling op? Een Nederlands geofysicus heeft de computer op een aantal theorieën rond ijstijden losgelaten en komt tot verrassend heldere denkbeelden. Cas de Stoppelaar licht ze toe en duikt het ijzige verleden in.

Door Cas de Stoppelaar
Illustraties: Edwin Kisman

Een Zwitserse gemzenjager uit Lourtier en een houthakker uit Meiringen deden aan het begin van de vorige eeuw de wetenschappelijke wereld het idee aan dat er wel eens zoiets als een "ijstijd" geweest kon zijn.

Jean-Pierre Perraudin was de gemzenjager. In 1815 schrijft hij: "Omdat ik al lang krassen had gezien in harde rotsen die normaal nauwelijks kunnen ververen, en omdat ik tot aan de voet van de gletscher was gegaan waar ik zag dat diezelfde krassen ook waren, kwam ik ten slotte tot de conclusie dat die krassen gevormd moesten zijn door enorme massa's ijs, die over de rotsen, hadden geschuurd. Ik vond ze tot beneden aan toe. Dat bracht me tot de overtuiging dat het hele dal ooit onder het ijs gelegen moet hebben."

Perraudin vertelde zijn ideeën bij gelegenheid eens aan Jean de Charpentier, directeur van een zoutmijn en met een grote belangstelling voor geologie. Deze had grote moeite om het rare verhaal te geloven en vergat het, totdat hij veertien jaar later het woord "gletscherkrassen" weer opving uit de mond van een ingenieur, die in hetzelfde dal aan het werk was geweest waar Perraudin zijn gemzenving. Nu sprong er wel een vonk bij de Charpentier over en hij toog aan het werk om de mogelijkheid van een ijstijd van een geologische basis te voorzien.

Hij zou zijn nieuwe theorie in 1835 gaan verdedigen in Luzern, op een jaarvergadering van het Zwitsers genootschap voor natuurwetenschappen. "Onderweg", schrijft hij, "reizend door het dal van Hasli en Lungern kwam ik een houthakker tegen. We wandelden een eindje op. Toen ik een groot blok graniet bekeek dat naast de weg op de grond lag zei de houthakker dat er veel van die blokken lagen: "Ze komen van ver weg, van de Grimsel, want hier is het gesteente van de bergen heel anders. De Grimselgletscher moet ze hier hebben neergelegd, heel lang geleden."

De Charpentier was opgetogen! Niet alleen gletscherkrassen, maar ook de zwerfstenen duiden op voorbije periodes met koudere ijs. Hij hield een gloedvol betoog in Luzern, maar niemand van de aanwezigen nam zijn denkbeelden serieus, integendeel. Onder de oppositoren was ook de jonge, briljante Louis Agassiz die later de grootste baanbreker voor de ijstijdtheorie zou worden.

Agassiz hoorde tot de groep geleerden die ervan overtuigd waren dat de grote blokken zwerfstenen, die hier en der in het landschap lagen, daar moesten zijn terechtgekomen tijdens de zondvloed uit Noach's tijd. In 1833 had George Cuvier, het bekende Engelse geoloog, het denkbeeld geopperd dat deze stenen ingevoren waren geweest in ijsbergen, die met de zondvloed meedreven en na afmeltten hun last hadden laten vallen.

Deze zienswijze was een variant op de heersende visie in de wetenschappelijke wereld dat de stenen door de kracht van de hoge vloedgolven van weleer waren meegesleurd en over de aarde waren verspreid. Een probleem bij deze theorieën was natuurlijk dat de zondvloed op sommige plaatsen veel hoger gegaan moest hebben om de aanwezigheid van werken in bergvalleien te verklaren. Maar dat was toch Gods werk geweest, dus waarom zouden geologen in de eerste helft van de negentiende eeuw daaraan wijfelen?

Twee jaar na de lezing in Luzern bracht Louis Agassiz een boek aan de Charpentier. Deze wist tijdens bergwandelingen zoveel stenen en krassen te laten zien dat Agassiz alsnog tot het denkbeeld van ijstijden werd overgehaald. Vlug van begrip als hij was verdiepte hij zich serieus in het probleem en begon "plus royalist que le roi" een theorie te ontwikkelen, waarin hij zijn fantasie soms de vrije loop liet. Hij zag grote delen van Europa verijsd voor zich liggen - dat bleek correct - maar later in zijn leven raakte hij zó op drift dat hij bepaalde geologische afzettingen in het Amazone-gebied ook trachtte te verklaren met behulp van ijskappen, die vanaf de noordpool over de hele aardbol opgerukt zouden zijn.

Zó ver ging hij op 26 juli 1837 nog niet, toen hij als voorzitter van het Zwitsers genootschap op een jaarcongres in Neuchâtel zijn visie onder de aandacht van de belangrijkste geleerden uit Europa bracht.

Desondanks veroorzaakte zijn lezing zo'n opwinding dat de rest van het dagprogramma in het water viel. Om emoties en denkbeelden een beetje te stroomlijnen werd een excursie belegd. Het moest een mooi gezicht zijn geweest, koppige en excentrieke geleerden als Leopold von Buch en Jean-Baptiste Elie de Beaumont nors bijeen in een koets op weg naar de Jura onder leiding van de jonge Agassiz, die verongelikt uit het raam keek en die zijn gezelschap tijdens de reis allerminst wist te overtuigen.

Een mede-excursionist: "Eigenlijk was ik er zeker van dat er onderling nogal wat jalouzie en egoïsme bestond. Von Buch liep met zijn ogen naar de grond heel druk te praten tegen een Engelsman en de Beaumont sprak luid over de Pyreneeën terwijl wij in de Jura waren."

Zo stond Agassiz "Verhandeling van Neuchâtel" aan het begin van een langdurige discussie, waarin pas rond 1865 een beetje overeenstemming in denkbeelden bereikt zou worden en die kopstukken als Alexander von Humboldt naar de pen zou doen grijpen.

In december 1837 raadde hij Agassiz vaderlijk aan om zijn vroegere zoekten naar fossiele vissen weer op te vatten. "Door dat te doen", schreef von Humboldt, "zult u een positievere bijdrage aan de geologie leveren dan door uw "ijselijke" beschouwingen over omwentelingen in de oertijd!"

Mammoeten

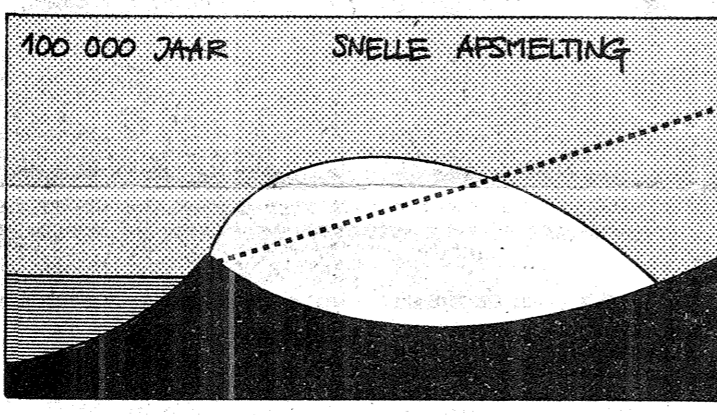
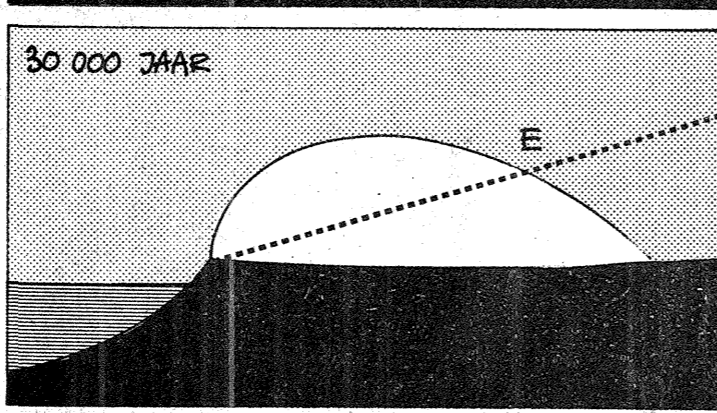
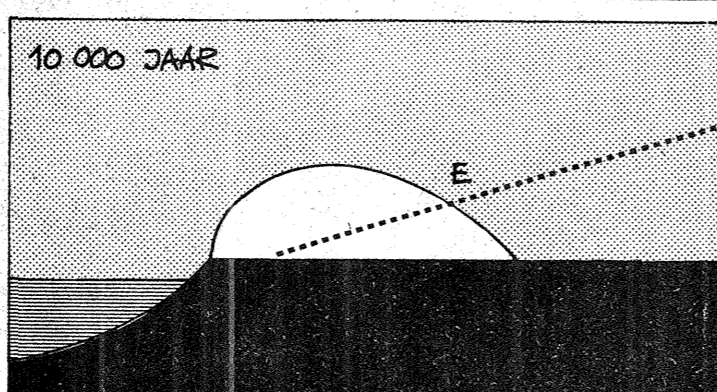
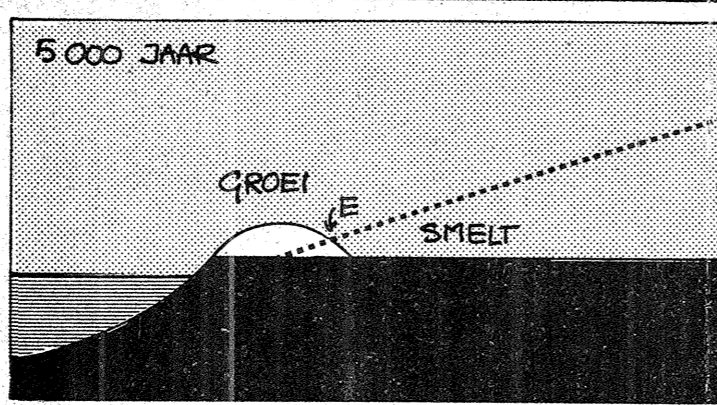
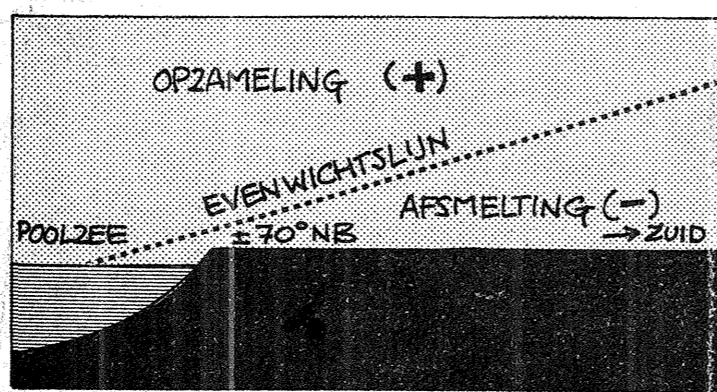
Ijstijden zijn nu ingeburgerd. Ze behoren tot het aardrijkskundepakket op de middelbare school en ingevoren mammoeten zijn beeldende onderwerpen voor diorama's en kinderverhalen.

Kort geleden verscheen het boek "Ijstijden", geschreven door John Imbrie, één van de onderzoekers van het Amerikaanse Climap-project dat in 1971 werd opgezet met het doel het klimaat over de laatste zeventienduizend jaar te bestuderen. Imbrie behandelt de hele onderzoekshistorie op het gebied van de ijstijden.

Het is een goed leesbaar en uitstekend gedocumenteerd verhaal geworden, waarbij hoogstens opgemerkt kan worden dat Imbrie naar het eind van zijn boek toe nogal detailistisch wordt en het Amerikaanse onderzoek wel erg uitgebreid behandelt - waar schijnlijk om de indruk te versterken dat zijn eigen werk en de vele subsidies goed besteed zijn geweest.

Er zijn meerdere ijstijden geweest, van verschillende duur en intensiteit. De bekendste namen in Europa zijn Günz-, Mindel-, Riss- en Würmijstijd, eind vorige eeuw bedacht door de Duitse geograaf Albrecht Penck. Het laatste ijstijdjaar was de Biberijstijd, een strenge winter van achthonderdveertigduizend jaar lang. De laatste was de Würmijstijd, die vijftienduizendduizend jaar duurde en die nog maar twintigduizend jaar geleden haar kille vingers van Europa aftrok.

Midden in deze laatste 'glacial' - zoals een ijstijd in wetenschappelijke kring wordt genoemd - waren grote delen van noord-Amerika, Europa en Rusland met ijs bedekt. Totaal was zeventig miljoen kubieke kilometer water in gletsjervorm opgeslagen, dat is



Om het ontstaan van ijskappen en ijstijden te begrijpen kan men in gedachten een evenwichtslijn trekken, waarboven ijskappen blijven liggen en waar beneden ze afsmelten. Als door de één of andere oorzaak (een verandering in de baan om de zon bijvoorbeeld) een ijskap ontstaat zal deze blijven groeien als eenmaal de evenwichtslijn is bereikt. De ijskap groeit dan maar door tot ongeveer na 100.000 jaar de bodem gaat inzakkken en de kap beneden de lijn zakt en gaat afsmelten.

driemaal zoveel als nu de noord- en de zuidpool tezamen. Hierdoor was het zeeniveau meer dan honderd meter lager dan nu en grote delen van de zeebodem lagen droog. In Nederland kwam het ijs tot de lijn Haarlem-Nijmegen. Ten zuiden daarvan lagen boomloze toendra's, begroeid met heide en andere taaie plantjes, waasop rendieren en mammoeten graasden als prooi voor jagers uit de Steentijd.

Deze romantische beelden spreken voor zich, maar laten de vraag buiten beschouwing: waarom waren er ijstijden? Wat was de reden dat de poolkappen begonnen te groeien en na verloop van tienduizenden jaren weer als sneeuw voor de zon verdwenen?

De eerste die een poging waagde om een verklaring aan te geven was Joseph Adhémar, een wiskundige uit Parijs, die in 1842 een "astronomische theorie" lanceerde: de baan van de aarde om de zon is nooit constant; bepaalde wijzigingen in die baan kunnen verantwoordelijk zijn voor minder in-stralend zonlicht op bepaalde plaatsen op aarde; dit kan dus periodes van koude teweeg brengen aan de polen, waardoor een ijstijd ontstaat.

omdat óók de ellips, waarin wij om de zon draaien, verandert. Soms is het meer een cirkel, dan weer een plattere baan.

Samen met de berekeningen van Adhémar kwam Croll tot een overzicht van de opwarming en de afkoeling van de aarde over de afgelopen drie miljoen jaar. Ook zijn theorie raakte onder het stof.

De derde en bekendste berekening van astronomische theorieën was Milutin Milankovitch. Hij becijferde aan het begin van deze eeuw de kracht, waarmee de zon op verschillende geografische breedtes tot het aardoppervlak straalt, rekening houdend met alle baanwijzigingen. Hij vond voor de afgelopen 650.000 jaar op 55, 60 en 65 graden noorderbreedte een aantal temperatuurminima, waarin de laatste vier ijstijden mooi zouden passen.

Zijn theorie trok - en trekt nog steeds - grote aandacht. Milankovitch was zo tevreden over zijn werk dat hij, toen hij later alles netjes had opgeschreven en vond dat hij klaar was, tegen zijn vrouw zei: "Ik heb nu niets meer te doen, ik ben te oud om een nieuw project te starten. Ik ga dus nu mijn biografie schrijven want dat moet toch gebeuren en als iemand anders dat probeert zal die het waarschijnlijk niet goed doen". Zijn boek verscheen in 1952 en zes jaar later stierf hij, 79 jaar oud.

Stopwatch

De geologen hadden intussen ook niet stilgezeten en waren op vele keileemlagen, lössafzettingen en veenbodems gestuit. De situatie aan het begin van de vijftiger jaren was: een grote hoeveelheid theorieën omtrent ijstijden, en onenigheid onder de opstellers daarvan. Er werd een sterke behoefte gevoeld aan een techniek, waarmee men in het verleden de tijd kon meten. Een soort geologische stopwatch om de winnende theorie aan te wijzen.

Die kwam; de "grootste doorbraak in het ijstijd-onderzoek sinds het ontdekken van de gletscherkrassen" wordt de methode genoemd die gebaseerd is op een idee van de Amerikaanse onderzoeker Harold Urey uit 1947. Er bleek namelijk een verband te bestaan tussen de samenstelling van kalk-skeletjes van fossiele planktondiertjes en de hoeveelheid ijs die tijdens het leven van dat plankton op aarde bevroren lag.

Door in de oceaانبodem te boren kreeg men - keurig continue - op volgorde, vanaf nu tot vele duizenden jaren geleden - gegevens omhoog waaruit men de hoeveelheid ijs kon aflezen. Deze elegante onderzoeksmethode, waaraan dertig jaar werd geschaafd, had vanaf het begin van de jaren zeventig een aantal overtuigende grafieken tot resultaat.

Ijstijden blijken langzaam te komen maar weer snel te gaan. Met moeite bouwen ze hun ijspakketten op, telkens weer wat terugvallend, maar langzaam en zeker komen ze over een periode van vijftig- tot honderdduizend jaar tot volle wasdom, waarna ze plotseling en onbegrijpelijk snel besluiten te verdwijnen.

Daarnaast bleek uit berekeningen dat relatief kleine oorzaken als het slingeren van de aard-baan om de zon, vulkaanis in de atmosfeer of dergelijke verkoelende verschijnselen nooit zulke enorme klimaatsveranderingen teweeg konden brengen. Het resultaat zou hebben als een laaiend strouwer.

Wat wél zou kunnen - en wat het "slaghoofd" wordt genoemd - is dat een lucifer gebruikt kan worden om een strouwer aan te steken. In termen van ijstijden: kleine afkoelingen op aarde zorgden ervoor dat een ijskap aan de pool een beetje kon groeien en werd opgestart. Vanuit die situatie kon hij het verder zelf; hij ging een eigen leven leiden, en trok zich niet veel meer aan van het klimaat. Het begin van een ijstijd is dus zeer temperatuurgevoelig, maar het verloop verder niet.

De redenen dat ijspakketten zichzelf opbouwen zijn twee schoolvoorbeeld van het verschijnsel "positieve terugkoppeling". Als een ijskap groter wordt kaatst hij meer zonlicht terug de ruimte in, waardoor het kouder

Linkshandigen horen meer ritme en toon

Door Robert Walgate

Het is tijd om violen opnieuw te bespinnen en pianoetsen te veranderen. Psychologen hebben namelijk aangetoond dat linkshandigen een aangeboren voordeel boven rechtshandigen hebben bij het beoordelen van zowel toonhoogte als ritme.

Tot voor kort hebben psychologen die zich met de hersens bezighielden linkshandigen verwaarloosd. Bij rechtshandigen is er een duidelijke taakverdeling tussen de twee hersenhelften. De linkerhelft domineert bij het spreken en bij het logisch denken terwijl rechts het associatieve en verbeeldende denken beheerst. Deze dominantie is evenwel niet zo duidelijk bij linkshandigen wat ze als proefproject voor psychologen minder interessant maakt.

Sommige dappere psychologen wagen zich de laatste tijd echter toch aan de linkshandigen. Een paar jaar geleden ontdekte ene Dr. Deutsch bijvoorbeeld dat linkshandigen veel beter dan rechtshandigen in staat zijn om te vertellen welke van twee opeenvolgende tonen de hoogste is. Nu heeft J. D. Craig van het US Army Human Engineering Laboratory aangetoond

dat linkshandigen overlappende ritmes beter kunnen onderscheiden.

Craig zette 36 proefpersonen - 25 rechtshandigen en 11 linkshandigen - op een rijtje op tegelijkertijd in elk op verschillende vierdelige ritmes horen. Een proefpersoon hoorde bijvoorbeeld in zijn ene oor 'da-da daa daa daa' en in zijn andere 'daa daa daa daa'. Door dan de favoriete hand te gebruiken moest de proefpersoon de verschillende ritmes nadrummen.

Een derde deel van de proefpersonen - zowel links- als rechtshandigen - konden deze opdracht helemaal niet vervullen omdat ze ergens midden in hun schedel een monotoon 'daa daa daa' hoorden. Van de overblijvende deden de linkshandigen het echter duidelijk beter. Van de zestien mogelijke geleidscombinaties hadden linkshandigen er gemiddeld twaalf goed en rechtshandigen maar negen. Volgens de onderzoekers is het verschil statistisch significant; de waarschijnlijkheid dat het door toeval is veroorzaakt is slechts één op de duizend.

Craig stelt dat dit aangeeft "dat linkshandigen wellicht beter in staat zijn om gelijktijdige stimuli te analyseren en verschillende informatie in één coherente respons onder te brengen". Ofwel: wellicht kunnen linkshandigen beter complexe taken uitvoeren dan rechtshandigen.

(Bron: Cortex, vol. 16, p. 613, 1980)

Samen zijn verbreedert intelligentie

Door Robert Walgate

Wordt intelligente van ouders naar kinderen biologisch overgedragen of gaat het via de omgeving die de ouders voor het kind scheppen? Is IQ een kwestie van 'nature' of van 'nurture'? Deze vraag is opnieuw gesteld - en gedeeltelijk beantwoord - door een uitbundig onderzoek van alle relevante experimenten. De conclusie van de psychologen Thomas J. Bouchard Jr., en Matthew McGue van de universiteit van Minnesota in het blad Science is, dat genen een belangrijke rol spelen bij de overdracht van intelligentie maar dat ze gezinszins alles overheersend zijn.

Bouchard en McGue hebben de resultaten van 11 afzonderlijke IQ-familie-onderzoeken bij elkaar genomen. De gegevens van de Britse psycholoog Cyril Burt, die cijfers bedacht om zijn theorieën te laten kloppen, hebben ze niet meegenomen overigens.

De onderzoekers variëren sterk in de verwantschap tussen de verschillende individuen; van eenenige tweelingen, die identieke genen hebben, tot ouders met geadopteerde kinderen, die naar alle waarschijnlijkheid geen genen gemeenschappelijk hebben.

Vooral de eenenige tweelingen die apart zijn opgevoerd spreken natuurlijk tot de verbeelding, omdat hier alleen sprake is van de invloed van 'nature'. Afgezien van de Burt-studie zijn er in drie studies in totaal 65 van deze tweelingparen onderzocht en de gemiddelde correlatie tussen de IQ's was 0,75 (een correlatie van 1 betekent gelijke intelligentiequotienten). Dit geeft dus een sterke maar onvolledige genetische relatie aan.

Zou het sociale milieu een belangrijke invloed hebben op de intelligentie dan zou er een aanzienlijk verschil moeten zijn tussen de tweelingparen die apart van elkaar zijn opgevoerd en die samen opgevoerd. En dat is zo, zeggen Bouchard en McGue, omdat de gemiddelde correlatie in 34 studies van 4672 paren samen opgevoerde tweelingen 0,85 is.

Aan de andere kant van de schaal is er een correlatie van 0,20 in de IQ's van ouders en hun geadopteerde kinderen. Ook dit geeft aan dat het milieu invloed heeft, omdat er geen genetische overeenkomst tussen ouders en kinderen is.

Het belangrijkste resultaat van de studie is evenwel dat hoe groter de genetische afstand is tussen individuen, hoe lager de correlatie in IQ is. Ofwel: als twee mensen geruime tijd bij elkaar doorbrengen groeien hun IQ's naar elkaar toe.

(Bron: Science, vol. 212, p. 1055, 29 mei 1981)

Radonstromen voorspellen aardbevingen

Het begint er steeds meer op te lijken dat aardbevingen op den duur voorspelbaar zullen worden. Op een recente bijeenkomst van het Amerikaans Geofysisch Genootschap bleek dat over de hele wereld onderzoekers hoge verwachtingen hebben van pogingen om aardbevingen te voorspellen door veranderingen te meten in de hoeveelheid radon gas die uit de aarde komt.

Radon komt vrij bij het verval van uranium, dat verspreid in de hele aardkorst aanwezig is. Omdat sommige gesteenten vrij porus zijn kan het radon zich verplaatsen; het wordt door grondwater of andere gassen meegevoerd.

Meestal is de stroomsnelheid van het radon niet meer dan 5 à 10 centimeter per uur. Vlak voor aardbevingen neemt de stroomsnelheid evenwel sterk toe. Waarschijnlijk houdt dit verband met het optreden van spanningen in de aardkorst.

De fysicus dr. Robert L. Fleischer van het General Electric researchcentrum in de VS presenteerde op de bijeenkomst van de Amerikaanse geofysici een theoretisch model als verklaring hiervoor en kon bijvoorbeeld berekenen dat een sterke aardbeving (bijvoorbeeld die in Alaska in 1979 met een kracht van 7,7 op de schaal van Richter) nog over een afstand van 4000 km tot snellere radonstromingen kan leiden.

De voor de hand liggende conclusie is dat een uitgebreid net van radonmeetstations kan helpen bij het waarschuwen tegen aardbevingen. Fleischer is dan ook betrokken bij dergelijke meetstations (in de Adirondacks in de staat New York en op drie plaatsen langs de seismische gordel in Alaska).

Met behulp van de gegevens van die meetstations hopen seismologen de epicentra van aardbevingen te bepalen en ook een voorspelling te kunnen doen over de kracht van de beving. Helemaal mooi wordt het natuurlijk als ook nog een voorspelling gedaan kan worden van het tijdstip. De komende tijd zal het radonmodel van Fleischer worden vergeleken met gegevens van seismologische stations over de hele wereld.

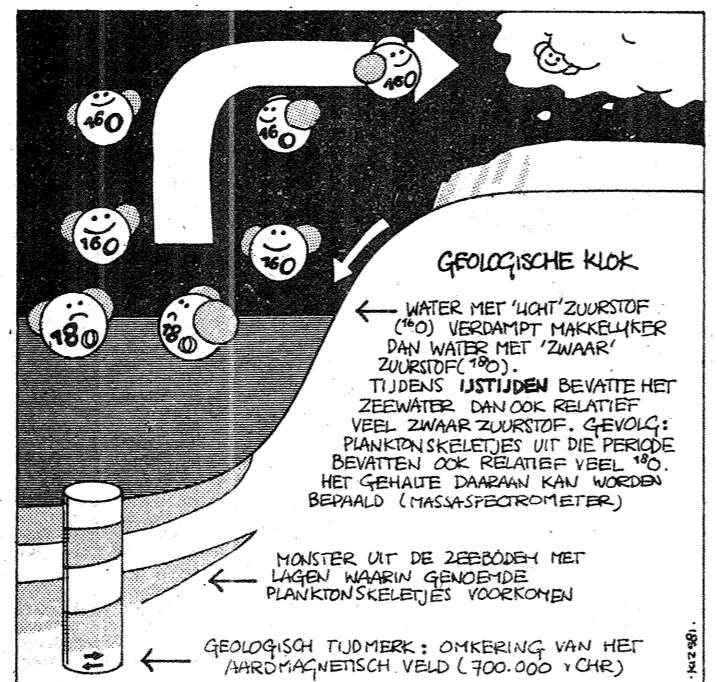


Een goed inzicht in de hoeveelheid ijs die op de aarde aanwezig was werd verkregen door fossiele kalkskeletjes van bepaalde planktonsoorten (Foraminiferen) te analyseren. Waar het om gaat is de verhouding tussen twee zuurstof-isotopen (O18 en O16), een zware uitvoering (atoomgewicht 18) en een lichte uitvoering (16) van een zuurstofatoom. Deze twee soorten zuurstofatomen komen van nature naast elkaar voor en hebben dezelfde chemische eigenschappen. Fysisch verschillen ze echter.

De verhouding waarin de twee isotopen O18 en O16 in het planktonskeletje voorkomen is dezelfde verhouding van O18 en O16 in het zeewater op het moment dat het plankton leeft en zijn skelet opbouwt. Als het plankton doodgaat wordt de O18/O16 verhouding van het zeewater mee het graf ingenomen en daar vastgelegd voor eeuwig.

Hoe kan de O18/O16 verhouding nu met de grootheden van ijskappen in verband worden gebracht? Al het ijs op aarde is afkomstig van regen of sneeuw, en dat is verdampend water uit de oceanen. Water (H2O) dat "licht" zuurstof (O16) bevat verdampt gemakkelijker dan water met "zwaar" zuurstof (O18). Dit betekent dat, wanneer er veel ijs is, er relatief ook veel licht zuurstof (O16) verdamp moet zijn, en dat er dus relatief veel zwaar zuurstof (O18) achter gebleven is in het water. Dat kan teruggevonden worden in de planktonresten uit die tijd. Met andere woorden: als er veel ijs was op aarde, is de verhouding O18/O16 in de fossiele planktonresten uit die periode groot. Dat kan gemeten worden in een laboratorium.

Door in de oceaانبodem te boren en lange "kernen" omhoog te halen vindt men fossiel plankton tot honderdduizenden jaren geleden. Het - door overal in



de boorkern de O18/O16 verhouding te onderzoeken - is mogelijk een continue grafiek te maken van de hoeveelheid ijs

op aarde over dezelfde periode als de boorkern lang is. Belangrijk is nu: waar ligt een geschikt startpunt in het verleden? Hoe oud is bijvoorbeeld een punt op 15 meter diepte in de boorkern? Duizend jaar, of honderdduizend jaar? Het bepalen hiervan gebeurt met 'geomagnetische datering'.

Het is namelijk gebleken dat de richting van het aardmagnetisch veld in het verleden wel eens omdraaide. Zo'n omdraaiing vond 700.000 jaar geleden voor het laatst plaats. Deze omkering van het magnetisch veld is "fossiel" in gesteentes vastgelegd en kan men meten. Het punt kan ook in sommige boorkernen teruggevonden worden en dat geeft dus een duidelijke tijdsmerking. Door nu vanaf dat punt langs de boorkern naar boven toe keurige streepjes te zetten verdeelt men het verleden in kleinere onderdelen en heeft men zijn geologische klok.