

# Aspecten en bevindingen der palaeoklimatologie

J. J. Nossin en Th. F. Rijnberg

## SUMMARY

Paleoclimatology studies world climates of the geological past.

Climatic changes are manifest from geological, biological and historical evidence, e.g. from slowly deposited deep-sea sediments or from vegetation remnants.

Long-periodical climatic changes are of global magnitude, and show generally the same circulation characteristics. The extremes are fully de-glaciated conditions with almost ice-free poles on the one hand, and full glacial conditions on the other, with 25 - 30% of the earth's surface ice-covered.

Theories on the causes of climatic change are brought under two headings: those that assume extra-terrestrial causes and those that assume terrestrial causes. The former include changes in earth orbit and changes of solar radiation either emitted or received by the earth. The latter comprise explanations such as continental drifting, polar migration, thermal isolation, blocking of the jet stream, and variations in the CO<sub>2</sub> content of the atmosphere.

## INLEIDING

Vrijwel elke wetenschap heeft één of meerdere aanverwante disciplines welke wij kortweg met randwetenschappen aanduiden. Ook de geologie is omgeven door een krans van randwetenschappen waarbij de één nader tot de moederwetenschap kan staan dan de andere. De uitdrukking 'moederwetenschap' is in dit verband van zelf sprekend een relatief begrip.

In dit artikel willen wij een wat ruimere aandacht besteden aan de paleoklimatologie, een discipline welke over het algemeen een (te) bescheiden plaats inneemt doch welke verschijnselen bestudeert die principieel van uitermate belangwekkende aard zijn. Alle leven, immers, is direct afhankelijk van en wordt sterk beïnvloedt door de heersende atmosferische gesteldheden. Zo was dat ook in lang vervlogen tijden. In de eerste plaats was er zuurstof nodig om leven mogelijk te maken. Dit gebeurde omstreeks 600-miljoen jaren geleden toen er een einde kwam aan het anoxygene tijdperk waarin een sterke fotochemische activiteit heerste aangezien er ook geen beschermende ozonmantel rond de aardbol aanwezig was. Men neemt daarbij aan dat het allereerste leven in ondiepe plassen is ontstaan en niet in de oceanen. Leven op land was volstrekt onmogelijk vanwege de dodelijke werking van de ultraviolette straling die geheel vrij spel had daar de ozonmantel ontbrak. Ook in de oceanen was leven niet mogelijk, wel echter in plassen waar een voldoende dikke beschermende water laag aanwezig was welke ook weer niet te dik was omdat anders turbulente stromingen konden ontstaan welke voor menging konden zorgen waardoor het dodelijke UV-licht toch toe had kunnen slaan. Deze gedachtengang wordt aangeduid met de term 'primeval broth'. Goed, zuurstof werd nu een bestanddeel van de atmosfeer doch een beschermend plantenkleed kwam eerst gedurende het Devoon. Daarvoor was het land een biologische woestijn. Verder uitweiden over de zich

voortzettende ontwikkeling van de ons bekende levensvormen ligt buiten het bestek van dit opstel. Deze ontwikkeling werd echter wel bepaald door de factor klimaat en dat is het centrale concept waarvan wij thans wat meer willen weten.

Paleoklimatologie houdt zich bezig met de wereldklimaten welke bestonden gedurende het geologisch verleden. Haar gegevens zijn de verspreiding van glaciale afzettingen, de aard van plantaardige- en dierlijke fossielen, de topografie tijdens vervlogen periodes en het karakter van afzettingsgesteenten.

Uit het vorige blijkt dat er voldoende redenen aanwezig zijn welke het rechtvaardigen om U wat uitvoeriger kennis te laten maken met deze tak van wetenschap welke zeker een nauwe band met de geologie toegedacht mag worden.

Dit artikel tracht een overzicht te geven van de uitgangspunten, opvattingen en resultaten van verschillende onderzoekers. Vele paleoklimatologen besteden al hun aandacht aan het Pleistoceen; andere aan de oorzaken van de klimaatswijzigingen en het klimaat zelf, al of niet het Pleistoceen daarin betreffend.

Wij behandelen eerst de diverse oorzaken van klimaatswijzigingen, van warm naar koud en vice versa. Aandacht wordt besteed aan extra terrestrische oorzaken, gevolgd door terrestrische, waarbij dieper ingegaan zal worden op aerologische en atmosferische verschijnselen. Bij klimaatbeschrijvingen gaat men in het algemeen uit van het actualistische principe. Men neemt daarbij aan dat feiten die thans worden waargenomen ook in oudere tijden golden, onder overigen gelijke omstandigheden.

#### A. KLIMAATSWIJZIGINGEN

Onder klimaatswijzigingen dient verstaan te worden: Onregelmatige wisseling van het klimaat onder invloed van factoren zonder welke het weer per seizoen steeds op dezelfde manier zou veranderen. Deze factoren zijn op zeer verschillende tijdschalen werkzaam. Enkele waarnemingsfeiten m.b.t. klimaatswijzigingen:

##### *a. Amplitude van klimaats variaties in verhouding tot de lengte van hun periode.*

Geologische, biologische, en historische feiten wijzen erop, dat de amplitude van klimaatsfluctuaties de neiging heeft, toe te nemen met de lengte van de variatieperiode.

Voorgaande ijstijden (tenminste de drie laatsten daarvan, waarover zekere gegevens bekend zijn) duurden alle drie ca. 50 miljoen jaar. Het waren de Boven-Praecambrische (750.10<sup>6</sup> B.P.), de Oud-Cambrische (500.10<sup>6</sup> B.P.), en de Permo-Carbonische IJstijden, (250.10<sup>6</sup> B.P.). Alle drie bestonden zij uit terugkerende ijsuitbreidingen en terugtrekkingen, dus uit schommelingen tussen een glaciaal en een interglaciaal klimaat. Deze schommelingen vertonen ook de Pleistocene ijstijden.

Belangrijke nieuwe gezichtspunten met betrekking tot de ouderdom van de Pleistocene verijzingen vormen de resultaten van het diepzee-onderzoek van PETERSON en later die van EMILIANE.

##### PETERSON:

In verband met de trage sedimentatie van de diepzeefzettingen kunnen we een afspiegeling van een betrekkelijk lang tijdsverloop verwachten. Glaciale perioden worden weerspiegeld door lagen met veel erratisch puin, die aangeven, dat ijsbergen tot minstens 30 gr. NB naar het Zuiden kwamen afzakken. Interglacialen bestaan uit dunnere sliklagen tussen het puin. Waar geen puinvoerende lagen aanwezig zijn (dus op lage breedten), worden de glaciale en interglaciale tijden weerspiegeld door hun verschillende foraminiferen-inhoud.

Een monster uit de Caribische Zee toonde de opvolging van 4 glaciale tijden, ieder met een aantal stadia:

Nebraskan (3), Kansan (2), Illinoian (2), Wisconsin (4 of 5); het tweede interglaciaal (Yarmouth) was ca. twee keer zo lang als het eerste (Aftonian) en 3 maal zo lang als het derde (Sangamon).

#### EMILIANIE:

Betrok zijn kernen uit de 'Globerina Oozes': diepzee afzettingen welke bestaan uit slijk met een relatief hoog gehalte aan resten van Globerinen foraminiferen. De kracht van deze methode ligt in het feit dat de kernen een ononderbroken weergave van de gehele sedimentatiecyclus tijdens het Kwartair presenteren. Hoe langer een bepaalde sedimentatieperiode duurde, hoe dikker de afgezette laag slijk, met Globerinen, werd. Elke laag heeft daarbij eigenschappen welke verschillen van andere lagen. EMILIANIE was geïnteresseerd in temperatuursveranderingen. Zijn analyses omvatten:

1. Het meten van de verhouding  $O_{16}/O_{18}$  in kalkskeletten van geselecteerde foraminiferen.
2. Het meten van veranderingen in  $CaCO_3$ -gehaltes van foraminiferen en andere slijkbestanddelen en hun onderlinge verhoudingen.
3. Het nagaan van fluctuaties in foraminiferen populaties welke gevoelig zijn voor zekere temperaturen.

Vooraf met behulp van het  $O_{16}/O_{18}$ -onderzoek vond EMILIANIE een serie oscillaties welke door de tijd een zekere herhaling vormen. In een complete cyclus ziet hij een interglaciaal met het daarop volgende glaciaal. Zijn de statische aspecten van zijn-temperatuurverloop aantrekkelijk, de dateringen blijven een probleem dat niet eenvoudig opgelost zal kunnen worden.

Op het land werden onderzoeken uitgevoerd door KUKLA en FINK. Zij onderzochten in Centraal Europa dikke lössafzettingen waarin regelmatig humusrijke laagjes voorkwamen. Deze humuslaagjes werden geacht 'resten' te zijn van oude begroeiingsoppervlakken. Het type vegetatie dat aan deze laagjes verbonden kon worden was enerzijds bos, anderzijds toendra vegetatie. Gedurende de tijd dat deze löss-oppervlakken begroeid waren heeft in verschillende mate bodenvorming plaats gevonden. Uit de karakteristieken hiervan heeft men gevolgtrekkingen met betrekking tot het toen heersende klimaat kunnen maken. Door een zeer groot aantal waarnemingen in dergelijke lössgebieden te vergelijken hebben beiden een bepaalde ritmiek in de bodenvorming kunnen bepalen. Indien men nu de curve van EMILIANIE met die van KUKLA en FLINK vergelijkt dan vertonen beide een aantrekkelijke overeenkomst.

*b. Universeel (wereldomvattend) karakter van alle langperiodische klimaatsfluctuaties.* Waarschijnlijk zijn alle grotere klimaatsfluctuaties op het NH en het ZH, en op de verschillende continenten, *in fase* verlopen. Dit geldt ook voor de postglaciale fluctuaties, gletscheroscillaties, etc. De waarschijnlijkheid van het bovenstaande wordt door WILLETT voldoende groot geacht, om dit als zekerheid aan te nemen bij het opzetten van verdere gevolgtrekkingen:

- 1e. Het sluit dus als primaire klimaatsbepalende factor uit: ALLE processen die op beide halfronden in tegengestelde fase werken, o.a. dus volgens hem de wisselingen in instraling door verandering van de ligging van de aardbaan.
- 2e. Het geeft steun aan de opvatting dat *dezelfde* (eerder dan verschillende) factoren

aansprakelijk zijn voor de klimaatsveranderingen zowel op geologische, biologische, en postglaciale tijdsschalen, dus dat de ene oorzaak a.h.w. een vergrote uitgave is van dezelfde oorzaak bij een kleinere fluctuatie. Voor dit laatste is ook een belangrijke ondersteuning:

*c. In grote lijnen zijn de circulatiepatronen van alle langperiodische klimaatsveranderingen gelijk.*

In de ligging van de Pleistocene ijskappen meent FLOHN een afspiegeling te zien van de ligging van de 'Höhentrog', dus de hoogteminima, in het Pleistoceen. Hoogteminima noemt hij dan de troggen in het 500 mb-vlak.

Zo herkent hij in het verloop van de sneeuwgrens in het Würm, over Europa, met grote uitbuigingen naar het z. over Italië en de Balkan, de toenmalige ligging van de Europese 'Höhentrog'.

Vroeger werd dikwijls aangenomen, dat bv. de koudeluchtreservoirs over Canada en Groenland het gevolg waren van de aanwezigheid van een ijskap. Nee, zegt Flohn, ze zijn er de oorzaak van. We vinden thans over Noord Canada een hoogteminimum. In de Pleistocene ijstijden heeft dit verder naar het z. gelegen.

De algemene circulatie was overwegend *meridionaal*, en door het aanwezig zijn van dit hoogteminimum werden de neerslagbrengende depressies in een Noordwestelijke baan getrokken over Labrador en het Keewatin-gebied, en brachten daar aldus de gunstige voorwaarden voor de groei van de Keewatin- en Labrador ijskappen.

Wat dit betreft, sluit FLOHN uitstekend aan bij VIETE, die de zaak aldus stelt:

De Noordamerikaanse verijzingscentra zijn in volgorde nà elkaar ontstaan (resp.: Rocky Mts, Keewatin, en Labrador ijs). Het eerste is te verklaren op dezelfde manier als men het ontstaan van de Scandinavische ijskap kan verklaren. (Vochtig, koud). Evenwel is het probleem waar men dan mee komt te zitten, dat het gebied van het Keewatin-schild, veruit het grootste van de 3 Noordamerikaanse verijzingsgebieden, geheel in de regenschaduw van de Rocky Mts. komt te liggen, en het daar dus zeker te droog geweest zou zijn voor de groei van dergelijke kolossale ijsmassas. Datzelfde geldt in sterkere mate nog voor Labrador. FLOHN's opvatting vult hier dus min of meer de ontbrekende schakel aan.

Wat betreft de *circulatie* zijn beide auteurs het ook in grote lijnen wel met elkaar eens.

VIETE volgt daarbij een ietwat merkwaardige redenering. Hij schetst eerst het circulatiepatroon, hier zeer beknopt te resumeren:

a. Het IJslandminimum was in glaciële tijden Zuidwaarts verlegd naar gem. ca. 50 graden NB, met seizoensopshuivingen van 10 à 15 graden. De intensiteit van dit actiecentrum was groter door de verscherpte tegenstellingen tussen Atlantische en Polaire luchtsoorten.

b. Het Azorenmaximum was iets Zuidwaarts verplaatst.

c. Temperatuur tegenstellingen subtropen-Polaire streken was groter dan nu, bij een temperatuur die geheel en gemiddeld lager was. De gradient in meridionale richting was sterker, door de geringere afstand tussen IJslandminimum en Subtropische maximum.

*De circulatie buiten de tropen moet dus TIJDENS de glaciële tijden versterkt zijn geweest t.o.v. die van nu.*

Een beschouwing van de circulatie in de tropen voert tot de conclusie, dat ook de *circulatie in de tropen* versterkt is geweest tijdens de glaciële perioden, o.a. op grond van:

— dalingen van de firngrens in Brits-Oost Afrika, ijstijden (4) in Kashmir, met corresponderende pluviale tijden in centraal India,

— pluviale tijden in Oost Afrika (aangetoond na het onderzoek van terrassen en kustlijnverleggingen van de meren in dit gebied), etc. Aldus concludeert hij dat tijdens de ijsbedekking de circulatie over de gehele aarde verstrekt was, en dat de elementen van het systeem van het Noordelijk Halfrond nog even over de aequator heen grepen op het Zuidelijk Halfrond, juist tegengesteld aan de huidige situatie.

Sinds 1850 is een algemene circulatie-versterking over de hele aarde vastgesteld, en deze gaat gepaard met een snelle terugtrekking van de gletschers over de hele wereld, verlegging van het Azorenhooft naar het N, daling van de zomer- en verhoging van de wintertemperaturen, en nog enige andere verschijnselen, die eveneens alle lijnrecht in tegenspraak zijn met de uitspraak dat ijsuitbreiding gebonden zou zijn aan versterkte circulatie. (Dat beweert Viète overigens ook niet). Maar wel is dit voor hem voldoende om aan te nemen, dat *dus het beginstadium van een glaciële periode het gevolg is van een verzwakte circulatie!*

Bij het verder uitbreiden van de ijsskaps vindt dan geleidelijk een *versterking* van de algemene circulatie plaats, die zich echter niet zozeer uit in een verhoogde *vochttoevoer*. Het effect van warmtetoevoer wordt z.i. grotendeels teniet gedaan door de temperatuurdaling die over de gehele aarde is ingetreden. Het ZELFVERSTERKEND EFFECT van de ijsskap (BROOKS) speelt hierbij ook een rol van betekenis.

Ook FLOHN houdt zich met de circulatie in het Pleistoceen bezig, en hij stelt dat een glaciële tijd in het algemeen samengaat met een *overwegend meridionale circulatie*.

Hiermee verklaart hij o.m. ook het opmerkelijke feit, dat de Noordcanadese archipel en het uiterste Noorden van Groenland in het Pleistoceen *ijsvrij* zijn gebleven; waarom de hooggebergten van Alaska en Noorwegen niet centraal, maar perifeer t.o.v. de grote ijsmassas liggen, en ook waarom het Groenlandijs niet veel dikker is geweest, dan op 't ogenblik. Namelijk: EEN MERIDIONALE CIRCULATIE gaat dikwijls gepaard met een hoogreikend polair maximum, waardoor de neerslagbrengende storingen daar niet door kunnen dringen.

BEHRMANN's stelling, dat in het Pleistoceen de Golfstroom ook aanwezig was, zij het minder groots dan nu, wordt door de opvattingen van meridionale circulatie ondersteund. Er schijnen tal van onderzoekers geweest te zijn, die meenden dat de Golfstroom in het Pleistoceen überhaupt niet bestond, o.a. door de lagere zeespiegelstand en het veel grotere landareaal (een groot deel van de shelfgebieden moet immers land geweest zijn).

Een probleem apart, waarvan nog bijzonder weinig is opgelost, vormen de *Pluviale tijden*.

BROOKS stelt de oorzaak hiervan zeer simpel:

Doordat de ijsvelden de depressiebanen naar het S. drukten, hadden bv. de Mediterrane gebieden een neerslag die 2 à 3 maal zo groot was als die van tegenwoordig, Zuidwest Azië zelfs een vijfmaal zo grote neerslag. De Sahara was een dicht bevolkt gebied. Analoge verschijnselen werden in Amerika waargenomen.

In Oost Afrika hebben de pluviale tijden duidelijk hun sporen achter gelaten bij de Afrikaanse meren, die 'overliepen' en zich tot grotere meren verenigden, en in drogere tijden weer uiteen vielen in aparte meren, met een dikwijls tientallen meters lagere waterstand. Deze pluviale tijden vielen samen met lokale gletscheruitbreidingen in de Afrikaanse bergen, zodat een correlatie met de IJstijden van hogere breedten gerechtvaardigd lijkt, hoewel men hiermee voorzichtig dient te zijn.

WILLETT spreekt ook van een Zuidwaartse verlegging van de Westenwindgordel, gepaard gaande dus met grote neerslag in de huidige droogtezones. Hij stelt zich een eenvoudig heen en weer schuiven van de planetaire klimaatsgordels voor.

FLOHN voert ook de pluviale tijden terug op de door hem gepropageerde algemeen heersende meridionale circulatie tijdens een verijzing. Een 'low-index pattern' zal tot gevolg hebben gehad (en dat is geheel opgehangen aan actualistische waarnemingen), dat de planetaire frontzone, en daarmee dus ook de neerslagzone der gematigde breedten, aequatorwaarts werd verplaatst; de subtropische hogedruk gordel viel uiteen tot een aantal zwakke cellen, waardoor, dank zij de meridionale circulatie, koude polaire luchtmassa's vooral in de bovenlucht tot in de tropen konden doordringen, waardoor de tropische cyclogenese sterk toenam, gepaard gaande met sterke regenval in de droogtegebieden. Ook werd hierdoor de loop van de passaten sterk gestoord.

De *temperatuur* in de niet verijsde gematigde breedten was ongeveer 8-12 graden C. gemiddeld per jaar lager dan thans (FLOHN). In de tropen komt FLOHN op een daling van 4 graden C., die nauwkeuriger bekend is, dan die der gematigde breedten, nl. berekend uit de huidige ligging van de 0-graden isotherm in de bergen, en de sneeuwgrensdalingen van 600-800 m, die in het Pleistoceen in de tropen optraden. De gemiddelde temperatuur zou toen in de tropen dus 24 gr. C bedragen hebben (thans 27 gr.).

WILLETT meent, dat het klimaat op het ogenblik ca. 2/3 van de weg van volledige glaciële, naar volledig interglaciële condities heeft afgelegd. Het gemiddelde temperatuurverschil tussen de beide uitersten is ca. 11 gr. C, nl. 7-8 gr. naar beneden (glac), en 3-4 gr. naar boven (interglac), gerekend vanaf de huidige condities.

In de Post-Würm tijd hebben de temperatuurverschillen ca. de helft van dit bedrag (5-6 gr. C) bedragen.

Voor INTERGLACIALE TIJDEN geeft FLOHN: Geologisch gezien zijn er voor de Arctische wateren slechts twee stabiele toestanden: Volledige ijsbedekking, of volledige ijsvrijheid. In het laatste geval (Interglacialen) hebben dus alle maritiem-arctische luchtsoorten op zeeniveau een uitgangstemperatuur van ca. 0 gr. C in de winter en van 5 à 7 gr. C. in de zomer. Dit heeft grote gevolgen voor het klimaat en de algemene circulatie:

Heel W- en midden-Europa, Centraal China, en het grootste deel van de USA komen dan in de invloedssfeer van het Noordwaarts verplaatste Subtropenmaximum, wat zachte, relatief droge winters oplevert, en hete, droge zomers.

In interglaciële tijden was nagenoeg geen ijs op de aardoppervlakte aanwezig, in tijden van glaciële maxima was wel 25 - 30 % van de aardoppervlakte bedekt onder ijs (WILLETT). In Noord Amerika reikten de ijskappen ver Zuidelijk, tot op 37 gr. NB tijdens de grootste uitbreiding; in Europa maximaal tot op 50 gr. NB. Naar schatting waren maximaal 13 miljoen vierkante mijlen met ijs bedekt, thans nog ca. 6 miljoen, voornamelijk in Antarctica en Groenland (BROOKS).

FLINT meent, dat de maximale ijsuitbreidingen *niet* gelijktijdig plaatsvonden, anders had de zeespiegeldaling sterker moeten zijn. Ook VIETE en FLOHN komen, op andere gronden, tot een niet-gelijktijdige maximale uitbreiding van de ijskappen.

## B. THEORIEËN OVER EXTRATERRESTRISCHE OORZAKEN

### *a. Veranderingen in de elementen van de aardbaan.*

Dit is de 'klassieke' theorie van Köppen en Wegener, waaruit MILANKOVITCH zijn klimaatscurven voor het Pleistoceen berekende. In het kort komt de theorie hierop

neer, dat het samenspel van 3 factoren bepalend is voor het optreden van ijstijden:

- 1e. *Maximale helling van de aardbaan.* Hierdoor zijn de winterdagen nog korter, en de zomerdagen nog langer dan bij mindere aardbaanhelling. De invloed hiervan op het klimaat wordt door sommigen erkend, door anderen bestreden.
- 2e. *Samenvallen van aphelium en wintertijd.* Hierdoor worden de winters langer. De periodiciteit van dit verschijnsel is 20.700 jaar, dus voor elk halfmond 10.350 jaar.
- 3e. *Maximale excentriciteit van de aardbaan,* waardoor de onder 2) genoemde verschijnselen worden geaccentueerd.

Hoewel deze theorie op zichzelf juist kan zijn, zijn de verschijnselen, volgens ZEUNER, quantitatief niet in staat, de ijstijden te verklaren. Ze moeten gedurende de gehele geologische geschiedenis werkzaam zijn geweest, maar aanwijzingen ervan zijn zeldzaam. Het Eoceen in Colorado, Utah, en Wyoming, schijnt een periodiciteit in sedimentatie van ongeveer 21.000 jaar te vertonen gedurende een tijdperk van enige miljoenen jaren (BRADLEY). Ook het Krijt in sommige delen van de USA vertoont een dergelijke periodiciteit. Ook is mogelijk, dat de steenkoolafzettingen van het Bovencarboon een toestand weerspiegelen van grote excentriciteit van de aardbaan, Noordelijke winter in perihelium, en geringe helling van de aardbaan t.o.v. de ecliptica. (dus: factoren 2 en 3, maar 1 niet). De tussenliggende zandsteenafzettingen zouden dat een tijd met zomer in perihelium weerspiegelen.

In het algemeen word door de modernere onderzoekers aan deze theorie niet veel belang meer gehecht.

Eén van de bezwaren van WILLETT ertegen is, dat de aldus ontstane temperatuurdaling niet toereikend is om een ijstijd te veroorzaken.

#### *b. Variaties van de zonneconstante.*

De meeste theorieën op dit punt veronderstellen een *afname* van de door de zon uitgezonden hoeveelheid energie, dus ook een afname van de zonneconstante (de per oppervlakte eenheid opgevangen hoeveelheid straling op de aarde, indien geen atmosfeer aanwezig zou zijn). Als secundaire factor wordt dan nog wel een gunstige topografie aangenomen.

Andere opvattingen zoeken de oorzaak niet op de zon zelf, maar in het passeren van donkere cosmische wolken tussen de zon en de aarde, die een deel van de naar de aarde reizende straling onderscheppen.

Op deze manier, zo zegt WILLETT, kan men wel de 11 gr. C. temperatuurverschil tussen glaciaal en interglaciaal verklaren, maar de moeilijkheid is dan, een voldoende neerslaghoeveelheid op hogere breedten aanvaardbaar te maken. En daardoor heeft men dan toch weer terrestrische factoren nodig, zodat men er hiermee alleen als oorzaak in geen geval uitkomt.

SIMPSON is de opsteller van een theorie, die nogal wat stof heeft doen opwaaien; hij neemt nl. niet een verkleining, maar een *vergroting van de zonneconstante aan*, als oorzaak van glaciaties. Hij stelt zich de gang van zaken ongeveer als volgt voor: aanvankelijk neemt bij verhoogde instraling de totale hoeveelheid neerslag toe; de totale hoeveelheid *sneeuw* daarvan neemt t.o.v. de totale neerslag af, maar in absolute zin toe. Dit geeft het ontstaan van een ijstijd. Naarmate de instraling toeneemt, neemt echter ook de ablatie in de zomer toe, op een bepaald moment wint die het van de accumulatie, met als resultaat dat de sneeuw in snel tempo verdwijnt en het ijs vanzelfsprekend ook. Aldus is een eerste interglaciaal ontstaan, dat dus samenvalt met een stralingsmaximum en dat warm, vochtig en kort is. Nadat de

straling over zijn maximum heen is herhaalt zich dat spelletje in spiegelbeeld met als resultaat een volgende ijstijd.

Het minimum in de zonnestraling, dat daarop bereikt wordt, valt dan samen met het tweede interglaciaal, dat lang, droog en koud is. De zon gaat vervolgens naar een stralingsmaximum toe, met dezelfde resultaten als in het eerste deel van de ontwikkeling. Op lage breedten is elke zon-cyclus dan weergegeven door één pluviale cyclus die dan dus twee ijstijden vertegenwoordigt.

Aan critiek op SIMPSON's theorie heeft het niet ontbroken, o.a. op grond van het feit dat men in Oost Afrika de pluviale tijden die met Riss en Würm corresponderen, als twee pluvialen heeft kunnen onderscheiden. Ook elders werden 3 of 4 pluvialen waargenomen.

WILLETT wees er verder nog op, dat een boel bezwaren tegen de theorie van SIMPSON verdwijnen, als men in plaats van twee, vier stralingscycli aanneemt.

HUNTINGTON en VISHER zoeken een verklaring in de periodiciteit van *zonnevlekken*. Er zijn aanwijzingen, dat wanneer er veel en sterke zonnenvlekken optreden, de depressiebanen Zuidwaarts worden verlegd, en het klimaat van de hele aarde stormachtiger, regenrijker, en kouder is dan tegenwoordig en dan tijdens een zonnenvlekken-minimum. In deze zonnenvlekken-activiteit zijn verschillende periodes geconstateerd, 11-jarige, maar ook in de orde van grootte van enige honderden jaren. Huntington en Visser suggereren nu ook een periodiciteit op geologische tijd-schaal. Evenwel stuit ook hun theorie op veel bezwaren; de hierna te bespreken theorie neemt een samenhang met zonnenvlekken-activiteit aan, maar berust op een geheel ander principe.

### *c. Variaties in het Ultraviolette deel van het zonnenspectrum.*

Deze theorie is door WILLETT ontwikkeld, en gaat uit van het feit, dat veranderingen in de zonneconstante voornamelijk in de UV-delen van het spectrum plaatsvinden. Een nauwe samenhang met de zonnenvlekken-cyclus wordt hierbij aanwezig geacht. In de laatste jaren (WILLETT's publicatie, waar het hier om gaat is van 1949) is er een belangrijke steun voor deze theorie ontstaan, naarmate men meer waarnemingen kon doen over de erupties in de chromosfeer, die de veranderingen in UV straling veroorzaken.

Er zijn geen waarnemingen, die door directe meting een verandering van enige betekenis in de voornaamste golflengten van het zonnenspectrum hebben aangetoond. Maar er zijn sterke aanwijzingen, dat wel veranderingen optreden in het (niet direct meetbare) UV-deel van het spectrum. Deze veranderingen zouden dus indirect waarneembaar zijn in cosmische en terrestrische gebeurtenissen. Verder zijn er aanwijzingen dat er een beslist verband bestaat tussen de huidige wereld-weerpatronen en de zonne-activiteit, zij het ook in een gecompliceerd verband.

Grote veranderingen in het UV deel van het spectrum hoeven geen temperatuurdaling over de hele aarde teweeg te brengen, maar kunnen zich manifesteren in een activeren of afzwakken van de koude- en warmtepolen, die de algemene circulatie beheersen, en daardoor de circulatie beïnvloeden. (BROOKS denkt ook in deze richting, met dat verschil, dat hij de oorzaak liever geheel terrestrisch ziet).

Waar vooral in de kortere cycli de activiteit slechts in de bovenste atmosfeer meetbaar zou zijn, zoekt Willett naar statistische aanwijzingen voor de invloed van de zonne-activiteiten. Deze vindt hij in een onderzoek van HANZLIK, wiens methode hij heeft overgenomen en uitgewerkt. Hanzlik vond, dat eerder de *dubbele*, dan de enkelvoudige zonnenvlekken-cyclus van invloed is.



Voor een groot aantal stations en jaren berekende hij de verschillen tussen een zonnevlekken-minimum, en het daarop volgende 'kleine' of 'grote' (dus 1 fase verder) maximum, voor temperatuur, luchtdruk, en neerslag, als afwijkingen van een gemiddelde, berekend over een groot aantal jaren van minimum-, en van maximum-activiteit.

*De gemiddelde druk blijkt nu in de winter op het NH. juist in tegengestelde zin te veranderen in Noord Amerika en Eurazië, in die zin, dat de drukverandering tegengesteld is tussen een zonnevlekkenminimum en het daarop volgende 'minor', resp. 'major' maximum.*

Bovendien geeft het verloop van de verandering *minimum-majormaximum* een verandering van de circulatie naar een low-index patroon, dus deze verandering is *gunstig voor de groei van gletschers*; het verloop van de verandering *minimum-minormaximum* geeft een overgang naar een high-indexpatroon, dus *ongunstig voor de uitbreiding van gletschers*.

Het temperatuurverloop geeft een dergelijk beeld, terwijl de veranderingen van het winter-neerslagverloop, hoewel minder uitgesproken, toch ook een Zuidwaartse verschuiving geven van de neerslagzone, bij glaciële condities (Pluviale tijden op lagere breedten).

Een verklaring voor het verschil in de beide genoemde veranderingen van minimum naar klein resp. groot maximum van zonnevlekken-activiteit geeft mogelijk een onderzoek van DUELL & DUELL, die onderscheid maken tussen 'deeltjes-invasies (gevolg van erupties in het M-gebied van de zon), en UV-invasies, gevolg van chromosferische uitbarstingen.

Een volgende keer zullen theorieën over terrestrische oorzaken behandeld worden, terwijl dan tevens het literatuur overzicht zal worden gegeven.

## Rectificatie

Dr. C. O. van Regteren Altena maakte mij er terecht op attent dat het niet Cuvier is geweest die de naam *Andrias scheuchzeri* heeft gegeven aan het roemruchte fossiel dat sedert Scheuchzer als *Homo diluvii testis* bekend staat en dat in mijn bijdrage in *Grondboor en Hamer* 1972 no. 6 (eerder ook reeds in no. 1 van 1971 van dit tijdschrift) aan de orde kwam.

Het geven van een binaire latijnse naam was in Cuviers tijd in de zoologie c.q. paleozoologie nog lang niet algemeen gebruikelijk. Cuvier, welke als eerste - althans als één der eersten - een amfibie in het fossiel herkende, benoemde hem slechts vaag en met een triviale naam: *salamandre aquatique*, watersalamander. Het was Holl, die in 1831 onze soort de naam *Salamandra scheuchzeri* gaf. De genusnaam *Andrias* werd in 1837 voor Scheuchzers salamander gecreëerd door Tschudi; deze nam het epitheton van Holl over, zodat de naam volgens de regels van de kunst behoort te luiden: *Andrias scheuchzeri* (Holl).

Zowel vóór 1831 als na 1837 zijn er overigens nog verschillende andere namen voor het dier in omloop gebracht. Wie zich daarvoor interesseert moge worden verwezen naar het proefschrift van F. Westphal, *Die tertiären und rezenten eurasiatischen Riesensalamander (Genus Andrias, Urodela, Amphibia)*. In: *Palaeontographica* A 110 (1958) 20-92.

J. G. de Bruijn