

Speculaties en theorieën over het ontstaan van het reliëf (1).

J. Mooij *

Met de term reliëf worden topografische vormen en hoogteverschillen bedoeld. De elementen die verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van het reliëf zijn de gesteenten, water, lucht en de gebergtevormende processen (ZONNEVELD, 8,10). Water en lucht zorgen voor de afbraak van de gesteenten en de gebergtevormende processen voor het ontstaan van hoogteverschillen. In het onderzoek en denken over het ontstaan van het reliëf kunnen vijf perioden worden onderscheiden, waarvan de eerste omstreeks 600 voor het begin van de jaartelling begint en de laatste in 1830 wordt afgesloten met Charles Lyell (1797-1875), de grondlegger van de moderne geologie.

In dit eerste artikel worden vijf perioden onderscheiden die vrijwel samenvallen met de Oudheid, Middeleeuwen, Renaissance en Humanisme, de Nieuwe en een deel van de Nieuwste Geschiedenis. In elk van deze perioden komen geestelijk klimaat en sociaal-economische omstandigheden ter sprake voor zover deze de geologische beschouwing beïnvloeden. In de beide laatste perioden wordt ook ingegaan op de ontwikkeling van de geologie. In het tweede artikel zal het werk van enkele geologen worden behandeld in volgorde van het verschijningsjaar van hun besproken werken.

EERSTE PERIODE (CA. 600 V.CHR. TOT CA. 500 N.CHR.)

Met de Grieken begint de eigenlijke wetenschap die zonder praktisch doel werd beoefend. De Griekse wetenschap kon zich geheel vrij ontwikkelen doordat er een scheiding bestond tussen wetenschap en godsdienst. Een kerk was er niet en dogma's evenmin. Empirisch onderzoek werd niet gedaan, hun wetenschap had een theoretisch, abstract karakter. Het biologisch onderzoek van Aristoteles vormde daar een uitzondering op.

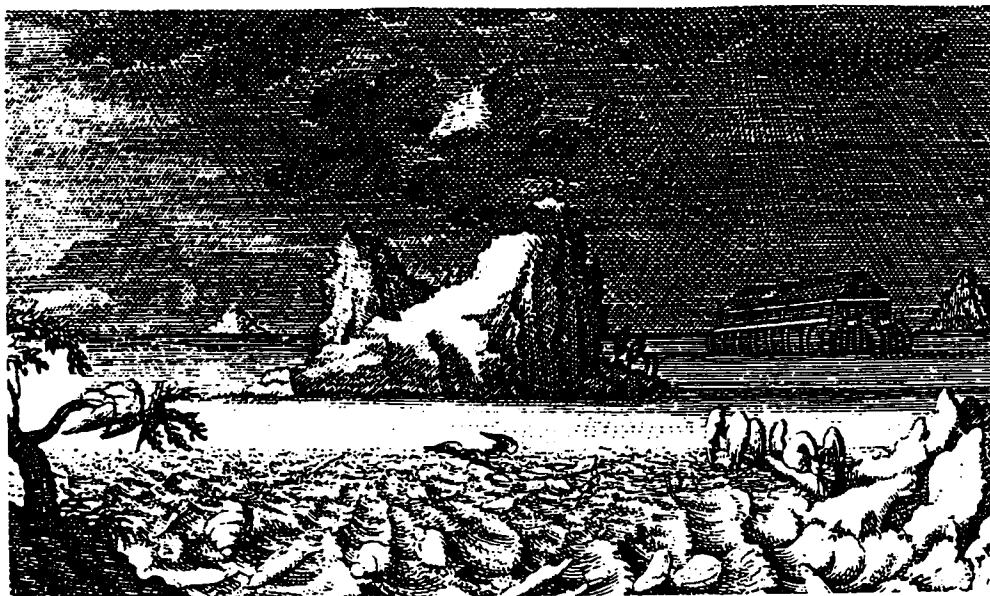
Zowel de Grieken als de Romeinen schenen het aantrekkelijke van een landschap uitsluitend te zoeken in het rustieke bewonen ervan. De Romeinen hielden vooral van een gecultiveerd landschap (HUMBOLDT 1913,105). Zij maakten geen gewag van de grootsheid van de Alpennatuur. Uit de tijd van keizer Trajanus (ca.100 na Chr.)

dateert een opmerking over de Alpen als een schrikbaar, vegetatieloze, woestijn. Gebergten werden als gevaarlijk, desolaat en vijandig beschouwd. De basaltzuilen van Auvergne en de Duitse Rijnstreken worden nergens genoemd (HUMBOLDT 1913,64). Het schatten van hoogte bleek moeilijk in die tijd. Volgens Aristoteles werden de toppen van de Kaukasus vier uur na zonsondergang nog door het zonlicht beschenen, terwijl Plinius de Jongere de gemiddelde hoogte van de Alpen op 50.000 schreden stelt (LAMPE 1915,15,16). De antieke wereld ging in grote verwarring ten onder, de laatste eeuwen ervan leveren voor ons onderwerp niets op.

TWEEDE PERIODE (CA. 500 TOT CA.1350)

Het Christendom werd in de eerste eeuwen na 500 beheerst door de gedachte aan de ondergang van de wereld. Waarom dan de natuur te bestuderen? HUMBOLDT (1913,68,69) merkt op dat de beoefening van de natuurwetenschap zoals de geologie, omgang met de natuur inhoudt. Die gold als verdacht. Heidense volken zoals de Kelten en de Germanen hingen immers voor hun bekeerling tot het Christendom een natuurgodsdienst aan! Met het optreden van de Arabieren op het wereldtoneel kwam er in de 8e eeuw een opleving in de natuurwetenschap. Aanvankelijk stond de Islam vijandig tegenover de wetenschap, maar door contact met hoger ontwikkelde volken: Perzen en Indiërs en ook met de Griekse beschaving uit de Oudheid, veranderde dat (STÖRIG 1961, 159). Aristoteles en andere Griekse schrijvers werden in het Arabisch vertaald. Joodse geleerden brachten deze vertalingen over in het Hebreeuws. Vanuit het Hebreeuws werden ze door Christenen in het Latijn, de geleerdentaal van het westen, vertaald. Zo werd Aristoteles via het

* J. Mooij
Sytsingawiersterlaene 4
8605 CC Sneek



Spanje van de Moren in de 12e eeuw in Frankrijk bekend. Tot ca. 1200 was er van wetenschap geen sprake. De rede was onderworpen aan de geopenbaarde waarheid: "Ik geloof om te begrijpen". Paus Alexander III verbood in 1163 de studie van de natuur op straffe van excommunicatie. De legaat (afgezant van de paus) in Frankrijk verbood in 1215 het onderricht in de natuurwetenschappen van Aristoteles. Albertus Magnus hield er zich ca. 1250 toch mee bezig. In die tijd verzoende de Kerk zich met de denkbeelden van Aristoteles onder invloed van Thomas van Aquino. Dit streven naar eenheid tussen geloof en wetenschap werd in de eerste helft van de 14e eeuw door Willem van Occam doorbroken. Hij maakte de wetenschap los van het godsdienstig geloof. De kerkvader Augustinus meende dat gebergten op de derde scheppingsdag waren geschapen. Die mening was wijdverbreid in de Middeleeuwen (WHITE 1960 I, 350-325). De berg Ararat was een duidelijk bewijs dat bergen er al voor de zondvloed waren. De zondvloed werd ook wel aangezien als de oorzaak van gebergtevorming. Bergen werden zodoende voor getuigenissen van zonde gehouden. In de 17e eeuw zou dit idee een grote rol spelen bij Engelse geologen. Tot na 1800 blijft de zondvloed rondspoken in de geologie. De Franse geoloog Cuvier (1769-1832) bouwde er zijn catastrofentheorie op. Lyell noemde de zondvloed de nachtmerrie voor de geologie.

DERDE PERIODE (CA.1350 TOT CA.1550)

Deze periode wordt in de geschiedenis aangeduid als Renaissance en Humanisme, de wedergeboorte van kunsten en wetenschappen. Het

Fig.1. Een tekening van Scheuchzer uit zijn Herbarium Diluvianum (1709). De ark van Noach met het rijzende "zondvloedwater". Het landschap laat al sporen zien van de hevige regenval en de schelpen op de voorgrond zullen fossiliseren. Tot in het begin van de vorige eeuw heeft de zondvloed een belangrijke rol gespeeld in het denken over het ontstaan van het landschap.

is de tweede hoofdperiode in de ontwikkeling van de wetenschap. De eerste was die van de Grieken, het Hellenisme en de Islam (STÖRIG 1961,180). Het eerst kwam deze wedergeboorte in Italië. In dat land bestond nog een antieke traditie die een gunstige voedingsbodem bood. Tegelijk met een economische opleving werkte ook de emancipatie van de burgerij in de steden mee tot de opbloei van een nieuwe cultuur. Later verbreidde deze zich ook ten noorden van de Alpen.

Het zich afspiegelen aan de beschaving van de Oudheid bracht verruiming van de geest mee. Dit achterom zien betekende vooruitgang. De om zich heen grijpende verwereldlijking deed de onderzoekers vertrouwen op eigen kracht. Men ging uit van controleerbare gegevens, verkregen door ervaring. Het wereldbeeld werd van zijn irrationele elementen ontdaan. De Italiaanse onderzoekers hielden in hun geologisch werk geen rekening met de zondvloed (BERINGER 1954,20; CAILLEUX 1961,15); CHORLEY e.a.1964, I,6-8; GEIKIE 1897,51; LYELL I, 31). Falloppio (1523-1562) en anderen dachten al aan een lang geologisch verleden. Hij ontkende de zondvloed als oorzaak van gebergtevorming (ADAMS 1954, 343,344). Het zoeken naar edele metalen, gestimuleerd door de overgang van de "Naturwirt-

schafft" naar de "Geldwirtschaft" bevorderde de mijnbouw en daarmee de geologie (Agricola). De esthetische natuurbeleving ging een rol spelen: de dichter Petrarca overwon de bange afzijdigheid van gebergten. In 1533 beklom hij de 1219 m hoge Ventoux in de Franse Alpen. Hij zou echter voorlopig een eenling blijven in de bergsport.

VIERDE PERIODE (CA.1550 TOT CA.1780

Het onbevooroordeelde, vrije, onderzoek was van voorbijgaande aard. Reformatie en contra-reformatie zouden de geologie gaan belemmeren. Luther kante zich tegen de wetenschap. Op het geloof komt het aan, niet op de wetenschap (STÖRIG 1965,12). De geologen in deze tijd waren vaak van huis uit theologen die de "natuurlijke historie" van de aarde beoefenden. Vooral in Engeland rond 1700. Daar traden toen de fysio-theologen of diluvialisten (zondvloed-aanhangers) op. Catastrofisten *avant la lettre*. Onder fysico-theologie wordt de poging verstaan om uit de bedoelingen van de natuur de werking en de eigenschappen ervan af te leiden. Vanuit teleologisch (doelmatigheids-) standpunt wordt de vraag gesteld: Waartoe dient het? Deze vraag past niet in het nieuwe, mechanistische wereldbeeld sinds Descartes en Newton. Daar gaat het om de vraag: Waaruit bestaat het? De zondvloed van 18 november 2349 voor Chr. werd algemeen als oorzaak van gebergten aangewezen. Deze werden door een geoloog de "ruins of a broken world" genoemd. Tot in de 19e eeuw drukten de theologen hun stempel op de geologie. De eerste hoogleraar in de geologie te Oxford was een theoloog (CAILLEUX 1961,65,66.; CHORLEY e.a. 1964 I,50,65; WHITE 1960 I,232,233). Sommige onderzoekers kwamen in gewetensnood. De Italiaan Steno (1638-1688) gaf zijn geologisch werk op toen hij met de kerkleer in botsing kwam.

Hooke en Burnet (1635-1715) probeerden hun geologische resultaten in overeenstemming te brengen met de bijbelse verhalen. Buffon (1707-1788) kwam in aanvaring met de kerkelijke autoriteiten. De theologische faculteit dwong hem tot herroeping in het openbaar van een passage ("Ik neem terug alles in mijn boek betreffende de vorming van de aarde en in het algemeen alles wat strijdig zou zijn met het verhaal van Mozes"). Waar het hier op aankwam was dat hij het ontstaan van gebergten aan secundaire oorzaken had toegeschreven. Overigens kon de geologie zich in Frankrijk tamelijk vrij ontwikkelen. In Italië liet de Kerk na de veroordeling van Galilei in 1633 het werk van geologen oogluikend toe. WHITE (1960 I,217) meent dat de Pyrrhusoverwinning die de Kerk op Galilei behaald had, hiertoe bijdroeg. Diens optreden in het openbaar (de valproeven van de scheve toren van Pisa) zou misschien meer tot het publiek gesproken hebben dan het werk van geologen. Nu waren experimenten niet onbijbels, maar zijn heliocentrische theorie was dat des te meer. Deze botste met Jozua 10:11. Bovendien kon iedereen aan de dagelijkse gang van de zon zien, dat deze bewoog! Reden te meer om Galilei te veroordelen. De geologen wilden dan in hun werk wel niet weten van de zondvloed, maar daarmee ontkenen ze de zondvloed niet. Ze huldigden de "dubbele waarheid": De waarheid van het geloof is een heel andere dan die van de wetenschap. Ze dreven de spot met de fysico-theologen. Vallisneri (1671-1730) bepleitte scheiding tussen godsdienst en wetenschap en Generelli zegt bij zijn wetenschap niet van wonderen uit te gaan (LYELL I, 49,54). In het in meer dan 300 staten en staatjes verdeelde Duitsland kwam de geologie vooral na het midden van de 18e eeuw op. Onder de verlichte regering van Frederik II van Pruisen en ook in het groothertogdom Weimar kreeg de theologie als domper op de geologie geen kans.

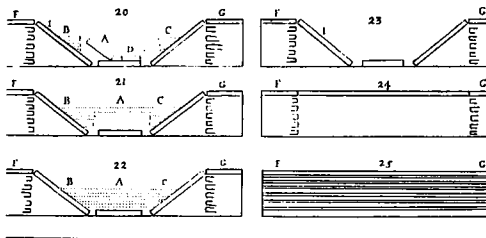


Fig.2. Steno (1638-1686) gaf deze schematische geologische doorsneden door Toscana (1669): (25) de afzetting van "primaire" lagen (Steno onderkende al dat de onderste lagen ouder moesten zijn dan die erboven). (23) deze lagen zakten in en het gebied werd (22) opgevuld met fossilhoudende afzettingen, gevolgd door een hernieuwd inzakken (20) (gestippeld).

Hoe komt het dat het kerkelijk verzet in Engeland veel langer duurde dan in Frankrijk? In 1605 voorspelde Francis Bacon al dat de voortgang van de wetenschap op de tegenstand van de "divines" zou stuiten. Hoewel de Verlichting in Engeland is ontstaan, heeft deze stroming in Frankrijk meer maatschappelijke betekenis gekregen door zijn kritiek op Kerk en Staat. De Parijse salons waren doortrokken met vrijzinnige denkbeelden. De "Encyclopédie", "de spiegel van de nieuwe tijdgeest", zorgde voor verspreiding daarvan, naast veelgelezen schrijvers als Voltaire. Engeland had zijn "Glorious Revolution" al in 1688 gehad. Het parlement nam sindsdien in betekenis toe. Frankrijk, waar het absolutisme heerste, stond een eeuw later aan de vooravond van zijn grote revolutie. De kritiek,

gevoed door sepsis op Kerk en Staat roerde zich daar steeds luider.

Avicenna ging als mohammedaan niet gebukt onder Mozaïsche chronologie en dacht al aan een eeuwenlang geologisch verleden. Ook tijdens de Renaissance in Italië ontmoeten we daar al gedachten over, terwijl Hooke (1688) de gebergten binnen enkele maanden liet oprijzen. In 1715 veronderstelde De Maillet dat met de bijbelse schepingsdagen perioden waren bedoeld. In de 18e eeuw werd men zich bewust van de oertijd, zowel voor de natuur als voor de mensenwereld (BERINGER 1954,57; CAILLEUX 1961,74; CHORLEY e.a. 1964 I,15). Kant ging voor zijn neveltheorie (1755) uit van een ver verleden. Naar verhouding paste Voltaire dat toe op zijn geschiedschrijving. Generelli dacht aan lange tijdperken (LYELL I,54). Ook De Luc en Buffon (1778) dachten in die richting (CHORLEY e.a. 1964 I,48; ZITTEL 1899,69,70). De laatste stelde de ouderdom van de aarde op 75000 jaar (MATHER & MASON 1939,66,67). Zijn tijdgenoot, de Rus Lomonosow (1711-1765), rekende met enkele honderduizenden jaren (SMITH z.j.,19). Lehmann, Arduino en Pallas zijn ervan overtuigd dat gebergten over lange perioden ontstaan zijn. Gesner (1707-1790) noemde voor het ontstaan van de Appenijnen 80.000 jaar. Hij leidde dat af uit de snelheid waarmee Scandinavië oprijst (CAILLEUX 1961,74). Giraud Soulavie (1752-1813) bepaalde in 1772 de erosiesnelheid van de dalen van de Vivarais ten zuiden van Lyon op 100.000.000 jaar. Als geestelijke durfde hij dat niet te publiceren. Erasmus Darwin, de grootvader van Charles, overwoog in 1794 een duur van miljoenen jaren voor het geologisch verleden (CAILLEUX 1961,74). Chorley maakt de opmerking dat het besef van een langdurig geologisch verleden de opvatting naar voren bracht dat kleine oorzaken die heel lang werken, grote veranderingen van het aardoppervlak kunnen veroorzaken. Dat denkbeeld deed de aandacht voor de rivieren gletsjererosie toenemen.

Inzicht in de relatieve ouderdom gebaseerd op de stratigrafische positie treffen we aan bij de onderzoekers Steno (1669) en Fuchel (1762) (ADAMS 1938, fig.6 I ; BERINGER 1954,40). Lister (1678) en Hooke (1688) hadden een vermoeden van die ouderdom op grond van fossielen (LYELL I,40); ZITTEL 1899,157,231). Ze waren overtuigd van de zonebestendigheid van bepaalde fossielen. Buffon en Giraud Soulavie gaven blijk besef te hebben van de ontwikkeling van het leven in de loop der tijden (MATHER & MASON 1939,155; ZITTEL 1899,157).

VON HUMBOLDT (1913,317) en LYELL (I,39) merken op dat Lister al in 1678 het nut van geo-



Fig.3. De onderzoeker Comte de Buffon (1707-1788)

logische kaarten inzag. In de 18e eeuw verschenen de eerste kaarten.

VIJFDE PERIODE (CA.1780 TOT CA.1830)

Deze periode is door Chorley en Kober de "Gouden eeuw" van de geologie genoemd. Aan het begin ervan verschijnt van Buffon de laatste grote speculatie over de geologie.

Werner (1750-1817) begon in 1780 met zijn voordrachten over "Gebirgskunde". In zijn "Kritik der reinen Vernunft" kwam Kant op voor redelijk en empirisch denken, wat vooral voor de natuurwetenschap van belang was. De snelle ontwikkeling van de geologie in deze periode hield ongetwijfeld verband met de eerste Industriële Revolutie die in Engeland ongeveer in 1770 begon en later ook op het continent De mijnbouw, gestimuleerd door de toenemende vraag van de industrie naar ertsen en kolen, bevorderde de geologie. De belangstelling voor de natuur werd groter. De economische school der fysiocraten zag de landbouw als bron van de welvaart met nadruk op de productiefactor natuur. Rousseau legde in theorie en praktijk grote nadruk op de omgang met de natuur. Von Humboldt's "Ansichten der Natur" getuigt van een wetenschappelijk gefundeerde, esthetische beleving van de natuur. Aan de expeditie naar Egypte nam Napoleon ook geleerden mee.

Werner was de grondlegger van het neptunisme: alle gesteenten zijn door mechanische of

chemische neerslag uit een waterige oplossing ontstaan. Ook bijvoorbeeld basalt. Door BERINGER (1954,44,45), CAILLEUX (1961,65) en LYELL (I, 70,71) wordt een hele rij ontdekkingen gegeven waaruit blijkt dat tijdgenoten van Werner in de tweede helft van de 18e eeuw het vulkanisch karakter van basalt uit Auvergne al hadden beschreven. Hutton (1726-1797) was van mening dat de oorspronkelijke gesteenten uit smelt waren ontstaan. Zijn plutonisme (Pluto, de Romeinse god van de onderwereld) trok weinig aandacht. Dat kwam door de grote reputatie die Werner genoot. Bovendien was Hutton's boek slecht geschreven. Lyell erkende de helft ervan gelezen en de rest doorgebladerd te hebben.

Tussen de neptunisten en plutonisten brak een soms onverkwikkelijke strijd uit die tot na Werner's dood in 1817 voortduurde. ADAMS (1938,226) vestigt de aandacht op een brief van Darwin uit de tijd dat hij in Edinburgh studeerde en daar ook een college "natural history" bij Jameson (1774-1854) volgde. Op een excursie in een vulkanische streek demonstreerde de professor een spleetvulling die hij toeschreef aan een vulling van bovenaf uit een waterige oplossing. Schamper merkte hij op dat sommigen hier denken aan vulling van onder af. Darwin liet in die brief weten dat de lust in de geologie toen bij hem bekoeld was. Een standpunt waaraan hij gelukkig niet vast heeft gehouden.

De grondleggers van het actualisme zijn Hutton en Playfair. Actualisme hield in dat alle veranderingen van het aardoppervlak veroorzaakt zijn door endo- en exogene processen die nu nog werken. LYELL (I,76) merkt op dat Hutton meende dat opheffing tot gebergten met grote beroering gepaard gaat. Het actualisme kon zich ontwikkelen toen men zich bewust werd van voortdurende veranderingen van de aardkorst. In de Angelsaksische landen spreekt men van uniformitarianisme, een term die kort na 1830 voor het eerst in Engeland werd gebruikt. Lyell zou er de grote woordvoerder van worden. In Engeland sloeg het actualisme evenmin aan als in het begin op het continent. De Engelse geologen-diluvialisten wisten uit vondsten van mariene fossielen op het vaste land, dat er veranderingen in de verdeling van land en zee hadden plaatsgevonden. In verband met de prille ouderdom van de aarde (zo'n 6000 jaar), verklaarden ze die door catastrofes. De zondvloed was er daar één van. Toen na de Napoleontische oorlogen de contacten met het vaste land hersteld werden, beheerste Cuvier (1769-1832) in Frankrijk met zijn catastrofentheorie het geologisch denken. Zijn leer gaf een zekere wetenschappelijke rechtvaardiging aan de zondvloed. Dit was koren op de molen



Fig. 4. De vulkaan Puy de Pariou, een van de vulkanen in Auvergne zoals deze in 1832 werd getekend (Uit "Die Basalt-Gebilde, K.C. von Leonhard, 1832). De luchtfoto laat de situatie van nu zien.

van de Engelse diluvialisten (ZITTEL 1899,200). Na de dood van Cuvier verloor het catastrofisme terrein. Met het uiteindelijk verdwijnen ervan ging ook de zondvloed als geologisch verschijnsel ten onder. In Duitsland belemmerde de autoriteit van Von Humboldt en van Von Buch het doordringen van het actualisme (ZITTEL 1899,297). De hele geschiedenis door waren er al sporen van het actualisme aan te wijzen. De Duitsers hielden (houden) Von Hoff (1771-1837) voor degene door vòòr Lyell het actualisme naar voren gebracht zou hebben. Von Hoff baseerde zich op historische bronnen over veranderingen van het aardoppervlak door grote overstromingen onder andere. Lyell noemde hem een paar maal in zijn "Principles", maar niet in verband met het actualisme.

Verticale naar boven gerichte krachten opgewekt door aardbevingen en vulkanisme speelden tot nu toe de grote rol bij het ontstaan van gebergten (met uitzondering van de zondvloed). In 1825 wees de Noordamerikaan Steele op horizontale druk bij het ontstaan van de Appalachen (BERINGER 1954,94; CAILLEUX 1961,107). Steele gebruikte het beeld van opgestapelde ijsschotsen door kruënd ijs. Thurman (1804-1855) sprak

ook over horizontale krachten als oorzaak van het ontstaan van de Jura (BERINGER 1954,94; CAILLEUX 1961,107; ZITTEL 1899,278). Zij waren nog jong en nog niet bekend: hun ideeën drongen niet door, zegt Beringer. De Beaumont zou later in zijn contractietheorie tegengestelde, horizontale krachten laten optreden, te vergelijken met de elkaar naderende bladen van een bankschroef (CAILLEUX 1961,107). Horizontale processen gaan later een grote rol spelen wanneer begrippen als geosynclinale, isostasie, drijvende continenten en de plaattektoniek ontwikkeld worden.

De betekenis van stromend zoet water voor de reliëfvorming is de gehele geschiedenis door van verschillende zijden naar voren gebracht. Sinds 1780 vooral door Guettard, Hutton en Playfair. In de jaren twintig van de 19e eeuw raakte de aandacht daarvoor op de achtergrond toen de geologie zich vooral in stratigrafische en paleontologische richting bewoog. Conybeare (1787-1857), een diluvialist, duidde de aanhangers van riviererosie als vormgever van het reliëf aan als "fluvialisten". Hij kon zich de langzame werking van die erosie niet voorstellen (CHORLEY e.a. 1964 I,52). Glaciale erosie is pas laat ontdekt. Geen wonder: het landijs (IJsland, Spitsbergen en Groenland) werd nog niet wetenschappelijk verkend. Het hooggebergte met zijn dalgletsjers werd gemeden, het werd eind 18e eeuw ontsloten. Playfair schreef aan gletsjers grote eroderende kracht toe (THORNBURY 1969,7). Over de mate van de glaciale erosie bleven de meningen sterk verdeeld. Om die werking uit te oefenen, moeten gletsjers bewegen. Hun beweging was in het begin van de 18e eeuw de Zwitserse arts Scheucher (1672-1733) opgevallen. Hij verklaarde hun beweging door in gletsjerspleten binnengedrongen smeltwater. Dit water bevriest en het uitzetten ervan doet de gletsjer dalwaarts bewegen (CHORLEY e.a. 1964 I,192; LYELL I, 365; ZITTEL 1899,330). Deze dilatatiethorie raakte later in het vergeetboek. De Charpentier (1786-1855) bracht hem opnieuw naar voren (LYELL I,365). De Saussure zocht de oorzaak van de gletsjerbeweging in de hellende ondergrond (ZITTEL 1899,331). De Luc dacht dat morenen, na losgescheurd te zijn van de rotsen, door het wegslingeren tengevolge van een explosie in het binnenste der aarde, verspreid waren (CHORLEY e.a. 1964 I,198; ZITTEL 1899,109). Ook Von Buch nam aan dat de morenen in het Alpengebied weggeslingerd waren. Voor de morenen van de Noordduitse Laagvlakte ging hij uit van een "Schlammfluth" uit Scandinavië (ZITTEL 1899,341,342). Lyell, geïnspireerd als hij werd door verslagen van poolreizigers, lanceerde de drifttheorie. Met drijvend ijs zouden puinblok-



Fig. 5. Abraham Gottlob Werner (1750-1817) .

ken aangevoerd worden. (De landijstheorie werd in het jaar van zijn dood, 1817, bekend). Inmiddels was al de aandacht gevestigd op het verband tussen de verspreiding van morenen en de beweging van gletsjers. Hutton had er al een vermoeden van. Playfair, die in de Jura grote steenblokken zag, die kennelijk uit de Alpen afkomstig waren, erkende de mogelijkheid van gletsjertransport (CHORLEY e.a. 1964 I,192,193; THORNBURY 1969,8). De Duitser Bernhardi sprak zich in 1832 uit voor een bedekking van Noord-Duitsland met poolijs. Daar werd geen aandacht aan geschonken. Pas in 1875 werd zijn opvatting bekend (MATHER & MASON 1939,327,328; ZITTEL 1899,341).

HET HOOGGEBERGTE IN

Reizen voor geologisch onderzoek kwam in het laatst van de 18e eeuw naar voren. Pallas was een van de eersten die voor dat doel erop uit trok. De Saussure doorkruiste 14 maal de West-Alpen (ADAMS 1954,387,388). Hij beklom in 1787 de Mont Blanc. De vrees voor de "montagnes maudites", "das grausige Hochgebirge" raakte overwonnen. Te beginnen met het jaar 1800 waren het vooral Von Humboldt en Von Buch die er op uit trokken. Smith (1769-1839) legde bij zijn kartering van Engeland en Wales in één jaar van zijn onderzoek 16000 kilometer af!

Tot in de 19e eeuw hield men graniet voor het oudste gesteente. Desmarest en ook De Saussure (MATHER & MASON 1939,114,115), namen proeven met het smelten van graniet om zo het ontstaan van basalt te verklaren. De grootste experimentator uit die tijd was Hall (1761-1831). In 1826 toonde hij aan hoe het verhitten van met pekelwater doortrokken zand tot de vorming van zandsteen leidt (MATHER & MASON 1939,165, 166). Hieruit bleek hoe uit door onderaards vuur verhitte losse sedimenten, de vorming van een compact gesteente op de oceaانبodem mogelijk is. Dat betekende steun aan de gedachtegang van Hutton. Eerder had Hall aangetoond dat plooiing ontstaat wanneer materialen aan grote druk worden blootgesteld (CAILLEUX 1961,99). Onder Werner's invloed is de mening verbreid dat be-

paalde gesteenten in hun ontstaan aan een bepaald tijdvak gebonden zijn (ADAMS 1954,218). (Petrografische ouderdomsbepaling). Reeds in de vorige periode had men al notie van de betekenis van fossielen voor de ouderdomsbepaling. Eerst met Cuvier, de grondlegger van de paleontologie, en Smith, die als eerste fossielen als ouderdomscriterium hanteerde (BERINGER 1954,58, 59; LYELL I,81,82), kwam het in de eerste helft van de 19e eeuw tot ouderdomsbepaling op paleontologische grondslag (BERINGER 1954,94).

DANKWOORD

Graag zeg ik drs.S.Boonstra dank voor zijn Engelse correcties.

SUMMARY

This paper and a second one deal with the theories and speculations from Greek Antiquity till about 1830, the beginning of modern scientific geology, concerning the origin of the earth's relief. Relief is understood here in the meaning of differences in height.

In the first paper five periods are distinguished in which the cultural climate and the social-economic circumstances are treated as far as they affect geology. Moreover, in the discussion of the last two periods, the development of geology is mentioned as well.

LITERATUUR

- ADAMS, F.D., 1954: The birth and development of the geological sciences. Baltimore.
- BAKKER, J.P., 1947: Naar nieuwe wegen in de analyse van reliëfvormen van het aardoppervlak. Inaugurale rede. Groningen, Batavia.
- BAREN, J. VAN, 1920: De bodem van Nederland I, pp.1-48. Amsterdam.
- BERINGER, C.C., 1954: Geschichte der Geologie und des geologischen Weltbildes, Stuttgart.
- CAILLEUX, A., 1961: Histoire de la géologie. Presses Univ.de France. Collection Que sais-je. Paris.
- CHORLEY, R.J., DUNN, A.J., BECHINSALES, R.P., 1964: The history of the study of landforms or the development of geomorphology, I Geomorphology before Davis. London.
- DRAPER, J.W., 1864: History of the intellectual development of Europe I. London.
- FABER, F.J., 1967: Geologie. De bekoring van het zoeken. Amsterdam, Brussel.
- GEIKIE, A., 1897: The founders of geology. London.
- HOL, J.B.L., 1932: Oudere en nieuwere theorieën over gebergtevorming. Tijdschr.Kon.Ned.Aaodr.Gen., pp.370-394. Leiden.
- HUMBOLDT, A. VON, z.j.: (1808) Ansichten der Natur. Leipzig.
- HUMBOLDT, A. VON, 1913: (1845,1847) Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Auswahl, ed.W.Bölsche. Kosmos. Berlin.
- KOBER, L., 1925: Gestaltungsgeschichte der Erde. Berlin.
- LAMPE, F., 1915: Grosze Geographen. Bilder aus der Geschichte der Erdkunde. Leipzig.
- LYELL, CH., 1875: (1830-1833) Principles of geology or modern changes of the earth and its inhabitants considered as illustrative of geology I,II.London.
- MATHER, K.F., MASON, S.L., 1939: A sourcebook in geology. New York.
- NICOLSON, M.H., 1973-'74: Geology, (in Weener, PH.P., ed.in chief): Dictionary of the history of ideas. III pp 253-260. New York.
- OESTREICH, K., 1947: Grepen uit de geschiedenis der physische aardrijkskunde. Servire's encyclopaedie. Den Haag.
- SMITH, D.G. (ed.), 1983: Cambridge encyclopedie van de aardwetenschappen. Maastricht, Brussel, Bussum.
- STÖRIG, H.J. 1961: Geschiedenis van de wetenschap in Oudheid en Middeleeuwen. (Prisma).Utrecht, Antwerpen.
- STÖRIG, H.J., 1965: Geschiedenis van de wetenschap van Middeleeuwen tot negentiende eeuw. (Prisma) Utrecht, Antwerpen.
- THORNBURY, W.D., 1969: Principles of geomorphology. New York, London, Sydney, Toronto, Tokyo.
- WHITE, A.D., 1960: (1896) A history of the warfare of science with theology in christendom I,II.New York.
- ZITTEL, K.A. VON, 1899: Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts. Munchen und Leipzig.
- ZONNEVELD, J.I.S., 1981: Vormen in het landschap. Hoofdlijnen van de geomorfologie. Utrecht, Antwerpen.