

De geschiedenis van de geologie I,

van het spel der goden tot dat van de continenten

door drs. W.C.P. de Vries

De geologie is een vrij jonge wetenschap. De objectieve bestudering van aardse fenomenen is pas in het midden van de afgelopen eeuw tot ontwikkeling gekomen. Voordien werden veel geologische verschijnselen verklaard door buitenaardse of bovenmenselijke invloeden en aan de hand van de Bijbel-verhalen.

De huidige kennis over de bouw en de structuren van de Aarde dateert uit een zeer recent verleden: in de loop van de jaren '50 van de 20ste eeuw werden de resultaten van een hele reeks van nieuwe onderzoeken bekend die geleid hebben tot het tegenwoordig algemeen geaccepteerde, alomvattende beeld van de structuur van de Aarde.

De voornaamste onderzoeksgebieden in de vorige eeuw waren die naar de structuur van de oceaanbodem en naar het aardse magnetisch veld. Ontdekt werd dat er grote bergruggen op de bodem van de oceanen bestaan, echter niet bestaande uit geplooid gesteenteseries, zoals in de gebergten op het continent, maar uitsluitend opgebouwd uit bazaltische lava. Een andere ontdekking was die van de verrassend jonge ouderdom van de bodem van de oceanen, wat eens en vooral een einde maakte aan de overtuiging dat de oceaanbodem permanent zou zijn en alleen de continenten veranderlijk. Dit laatste idee was gebaseerd op de waarneming dat de gesteenten van de continenten onderworpen zijn aan afbraak door ververing en erosie, processen die op de oceaanbodem niet voorkomen.

Ontdekt werd ook dat de oriëntatie van het magneetveld van de Aarde niet permanent is, maar zich in de geologische geschiedenis zeer vele malen heeft omgekeerd (de zogeheten ompoling). Door deze verrassende ontdekking kreeg de geologie een nauwkeurige dateringsmogelijkheid van gesteenteformaties, zij het met de beperking dat ouderdommen tot rond de 200 miljoen jaar nauwkeurig kunnen worden bepaald, maar dat voor oudere perioden slechts weinig verspreide data beschikbaar zijn. Omdat in gesteenten die magnetische mineralen bevatten op ver uiteen liggende plaatsen een magneetveldverandering op precies hetzelfde moment is vastgelegd, is de methode die van deze paleomagnetische signalen gebruik maakt een ideaal hulpmiddel voor de zogenoemde correlatie van geologische gebeurtenissen over de gehele Aarde.

De uitkomst van de verschillende onderzoeken, te weten: het algemeen optreden van enorm grote horizontale snelheden van de aardkorst, heeft de geologie op haar grondvesten doen schudden en heeft, om Hallam te citeren, een werkelijke 'revolutie in de geologie' ontketend. Door plaattektonische bewegingen kunnen alle grote structuren van de aardkorst worden verklaard: de plaats en de vorm van de continenten en van de gebergtegordels, met daarbij de plaats van het merendeel van de vulkanen en hun type eruptie, en van diepte en sterkte van aardbevingen. De bewegingen hebben ook

een grote invloed op het klimaat en de ontwikkeling van het leven op Aarde.

De ontdekking van deze inmiddels algemeen aanvaarde theorie van de plaattektoniek is het resultaat van een eeuwenlange ontwikkeling in het denken over de Aarde en het vinden van verklaringen van aardse gebeurtenissen. De geologie heeft daarbij vaak en langdurig een grote handicap ontmoet door de relatie die zo vaak wordt gelegd met fundamentele geloofszaken. De Aarde speelt een grote rol in de vragen over het begin en einde, over schepping en vernietiging, over paradijs, hemel en hel.

A. Het ontstaan van de geologie als wetenschap

De Oudheid

Nieuwsgierigheid is de basis van de wetenschap, de drijfveer achter het zoeken naar de verklaring van alles wat er om ons



Afb. 1. Oude Hindoe-opvatting over de Aarde.

heen te zien is en gebeurt. Veel natuurwetenschappen hebben lange tijd een wetenschappelijke verklaring moeten ontberen. Hoewel in de oude tijden van de menselijke beschaving wetenschappen als de wiskunde en de sterrenkunde tot bloei kwamen, onder meer bij de Sumeriërs, Hindoes, Babyloniërs en Grieken, beschouwden deze volken veel natuurlijke fenomenen echter als het werk van mythische goden. De Hindoes meenden dat de aardbol werd gedragen door een olifant die stond op een grote schildpad; door de bewegingen van beide dieren schudde de Aarde, dat waren de aardbevingen. Afb. 1.



Afb. 2. De baron von Münchhausen wordt door Vulcanus in zijn smidse onder Vulcano voorgesteld aan Venus.

Vele van de goden van de Griekse Olympus en van de Romeinen waren personificaties van natuurlijke verschijnselen, waarvan de geologische processen een grote plaats innamen. Natuurverschijnselen waren onderworpen aan de luimen van de goden. Poseidon, die door de Romeinen Neptunus werd genoemd, was de god van de zeeën en de ondergrondse wateren. Poseidon liet het ondergrondse water aan het aardoppervlak komen door de Aarde te schudden. Daardoor ontstonden er scheuren waardoor het water kon ontsnappen. Zo werd Poseidon ook de god van de aardbevingen. Hephaestus was de god van het onderaardse vuur en de Grieken ontdekten bij hun kolonisatie van Sicilië dat hun vuurgod daar Vulcanus heette en zijn woning had onder het gelijknamige vulkaaneiland. Vulcanus werd gevreesd door zijn woede-uitbarstingen; dan spuwden niet alleen Vulcano, maar ook Stromboli en Etna dood en verderf. Afb. 2. Hoewel de verzen van Homerus voor de Grieken een Bijbelse autoriteit hadden, stelde Thales van Milete rond 600 v.Chr.

dat ook de natuurlijke fenomenen processen waren die door waarneming en beredenering konden worden verklaard. Hij zag dat de Nijl slib aanvoerde dat de delta liet uitgroeien en zo werd voor hem het water de bron van Aarde en alle andere materialen. Rond een eeuw later verkondigde Heraclitus verrassend moderne ideeën over de geologie: de Aarde was onderworpen aan een doorlopende verandering die werd veroorzaakt door natuurkrachten. Dit idee werd ook door enkele Romeinse denkers aangehangen, wat blijkt uit de geschriften van Lucretius (98-55 v.Chr.). Plinius de Oudere, die omkwam bij de eruptie van de Vesuvius in het jaar 79, daarentegen, was van mening dat aardbevingen en vulkanische uitbarstingen uitdrukkingen waren van de gramschap van de Aarde tegen diegenen die haar huid beschadigden om haar schatten aan goud, zilver en ijzer te plunderen. Plinius de Jongere, die de uitbarsting van de Vesuvius ook meemaakte, gaf een goede beschrijving van de eruptie en kan worden beschouwd als de eerste vulkanoloog.

De Middeleeuwen

Na de val van het Romeinse Rijk werd het denken in de westerse wereld beheerst door de Bijbelse geschriften, waarin kan worden gelezen dat de Aarde niet meer dan enkele duizenden jaren oud zou zijn en de mensheid van het eerste begin deel uitmaakte van de aardse geschiedenis. Men meende dat landschapsvormen en de losse sedimenten van keien, zand en klei aan het aardoppervlak waren gevormd door de zondvloed. De mensheid beschikte in deze tijd over een complete verklaring over alle verschijnselen in zijn omgeving en was verder niet geïnteresseerd in het hoe en waarom. Tot in de 18de eeuw werden processen als verwerping en erosie gezien als een achteruitgang van de Aarde als gevolg van de 'val' van de mensheid.

De Moderne Tijd

De geologie heeft, evenals veel andere natuurwetenschappen, in de afgelopen twee eeuwen een geleidelijk versnelde ontwikkeling doorgemaakt. Vóór het begin van de 18de eeuw was er af en toe een enkeling die zich wel eens met geologische vraagstukken bezighield. De belangrijkste geschriften zijn die van Leonardo da Vinci (1452-1519), Georgius Agricola (1494-1555) en Nicolaus Steno (1638-1686).

Da Vinci was ingenieur bij de aanleg van kanalen in Noord-Italië; hij beschreef de eroderende en aanslibbende werking van rivieren. Afb. 3. Daarnaast gaf hij een goede verklaring

van het ontstaan van fossielen. Dit waren zeeschelpen die bedekt waren door modder die was meegevoerd door rivieren die van de Alpen afstroomden naar zee. De zeebodem werd dan door een opheffende beweging van de aardkorst tot land getransformeerd. Da Vinci beschreef hiermee schelpen die van geologisch zeer jonge ouderdom



Afb. 3. Leonardo da Vinci.

waren en die vergelijkbaar zijn met de nu levende soorten. Met oudere fossielen, die niet leken op nu levende dieren, wist hij zich echter geen raad.

Da Vinci is de eerste geweest die op een wetenschappelijke wijze de natuurlijke, geologische processen heeft beschreven en heeft gepoogd verklaringen te vinden. Aan Da Vinci kan dan ook met recht de titel van 'eerste geoloog' worden toegekend. Da Vinci was zijn tijd ver vooruit; nog meer dan drie eeuwen zou de letterlijke interpretatie van het verhaal over de zondvloed de verdere ontwikkeling van de geologie tegenhouden.

Agricola (zijn oorspronkelijke naam was Georg Bauer) was arts en onder meer werkzaam in de mijnstad Joachimstal in Bohemen, waar hij belangstelling voor de mineralogie kreeg. Hij schreef zeven boeken, vooral over ertsen en andere mineralen, over mijnbouwmethoden en verwerkingswijzen van de ertsen. Zijn belangrijkste publicaties zijn *De Re Metallica* en *De Natura Fossilium*. Hij verklaarde de vorming van ertsen door neerslag uit oplossing. De term fossiel (van het Latijnse 'fossilis': het (op)gegraven) is voor het eerst door Agricola gebruikt. Hij rekende daar echter in eerste instantie niet alleen fossielen onder, maar vooral ook kristallen en kristalaggregaten van niet-organische oorsprong. Afb. 4.



Drei faigere Schächte. Der erste Schacht, der noch nicht bis zum Stollen geteuft ist A.
Der zweite Schacht, der den Stollen erreicht hat B.
Der dritte Schacht, bis zu dem der Stollen noch nicht vorgetrieben ist C. Der Stollen D.

Afb. 4. Mijnbouw in de Harz. Uit: *De Re Metallica* van Agricola (1546).

De Deen Nicolaus Steno, wiens gewone naam Stensen was, was geneesheer, theoloog en natuurfilosoof. Steno was een aantal jaren hofarts bij de groothertog van Toscane. Hier kreeg

hij interesse in het landschap en de gesteenten en mineralen die er voorkwamen. Hij bestudeerde de sedimenten en ontdekte de betekenis van afzettingsgesteenten voor de vaststelling van de relatieve ouderdom. Steno ontdekte dat de 'tongstenen' (de versteende tongen van draken die in Toscaanse sedimenten werden gevonden) overeenkwamen met de tanden van de levende haai. Afb. 5. Hij concludeerde ook dat hard, fossilhoudend gesteente ooit als zachte modder op de



Afb. 5. Tekening van Steno van de kop van een haai, waarmee hij laat zien dat de tanden overeenkomen met de zogenoemde 'tongstenen'.

zeebodem moest hebben gelegen. Steno beschreef in zijn '*De Solido intra Solidum Naturaliter Contento*' een aantal principes die tot de hoofdwetten van de geologie zijn gaan behoren. De bekendste zijn die van de horizontale afzetting van een sedimentgesteente en de Wet van de Superpositie, die zegt: 'een laag die afgezet is op een andere laag is dus jonger dan die onderliggende laag'. In een ongestoorde opeenvolging van lagen zijn de onderste lagen de oudste en naar boven toe gaande komen we in steeds jongere lagen.

Steno wordt de 'vader van de stratigrafie' genoemd, maar tenminste net zo belangrijk is zijn

onderzoek aan kristallen geweest, waarbij hij de onveranderlijkheid van de hoeken tussen de vlakken van een kristal opmerkte. Hiermede leverde Steno de basis voor het werk van de Franse kristallograaf René Just Haüy. Steno keerde zich na enige jaren van de wereld af en zijn ideeën raakten voor meer dan een eeuw in de vergetelheid.

B. Het begin van de geologische wetenschap

De primaire rol van de geoloog is om het bestaan van de verschijnselen te herkennen alvorens te pogen ze te verklaren.

Keilhau, 1828

In de loop van de 18de eeuw nam het aantal onderzoekers van de Aarde toe en kregen zij steeds meer contact met elkaar. Zo ontstond het eerste begin van een geologische wetenschap. Men kende inmiddels een groot aantal mineralen, gesteenten, fossielen en ook formaties van meerdere gesteentelagen. In 1743 verscheen de eerste geologische kaart, een kaart van een gebied in Zuidoost-Engeland van de hand van Christopher Packe. In 1746 publiceerde Jean-Étienne Guettard de '*Carte Minéralogique*', een aardkundige kaart van een groot deel van Frankrijk.

De ouderdom van de aarde

Een beroemde geoloog was Johann Gottlob Lehmann (1700-1767), hoogleraar aan de mijnbouwacademie in Berlijn. Veel