

Afb. 1. *Perisphinctes polygyratus*, afkomstig uit Wielun in Polen. Dit fossiel dateert uit het Malm (Jura).  $\pm 2 \times$  verkleind. (No. 9818 collectie Museum Mijnbouwkunde Delft.) (Foto G. R. Voskuyl)



## FOSSIELEN EN HUN OUDERDOM

door

P. W. Willemse en Drs. A. van Dalen

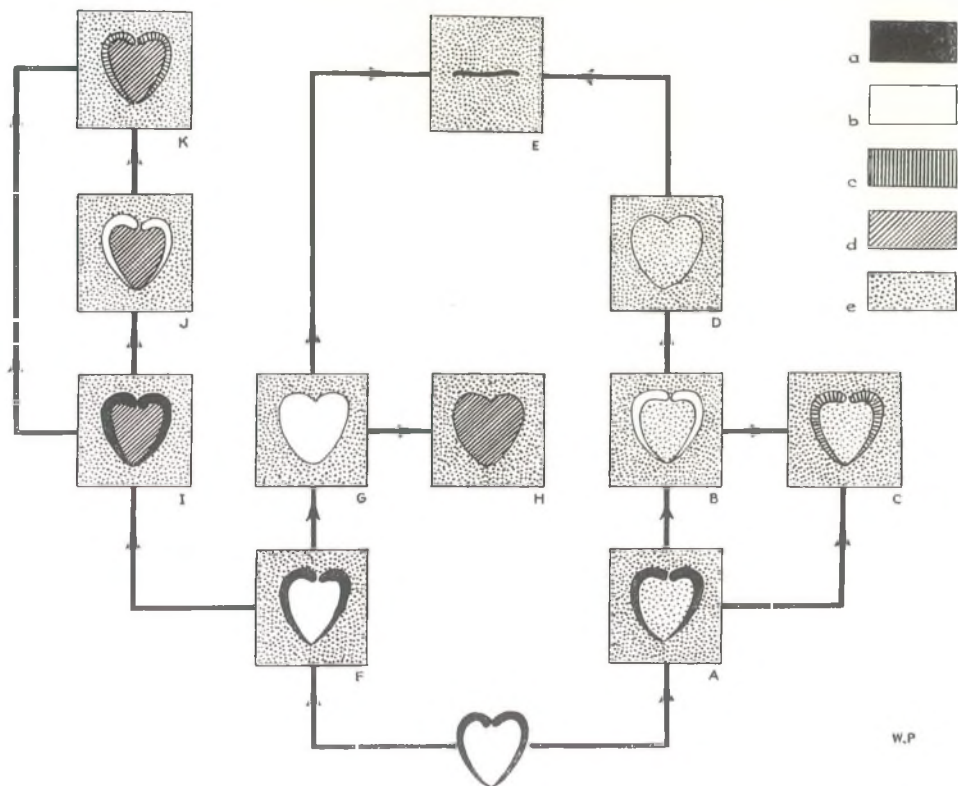
Wanneer we ergens fossiele schelpen of andere fossielen aantreffen, is meestal ons grootste probleem te weten te komen, met welke soort we te doen hebben. Dit is echter geenszins het enige vraagteken, dat we achter een fossiel moeten plaatsen. Stellig rijzen daarbij ook andere vragen, weliswaar van meer algemene aard, maar daarom niet minder interessant. Waarom vind ik dit fossiel hier en tref ik dergelijke fossielen nu ook niet ergens anders aan? Hoe is het mogelijk, dat er nu nog overblijfselen zijn van het leven van zo lang geleden? Hoe lang geleden eigenlijk en hoe kan men dat weten? Allemaal vragen, die natuurlijk niet zo maar even in hun volle omvang kunnen worden beantwoord, maar die toch wel een mogelijkheid bieden voor een antwoord, dat althans enig inzicht verschaft al was het maar door te wijzen op het bestaan van de vele omstandigheden en factoren, welke de wetenschap hierbij bezighouden.

### FOSSILISATIE.

Fossielen (Latijn fossa — kuil of groeve, fossilis — iets dat is opgegraven) zijn overblijfselen of sporen van planten en dieren die leefden in vroegere geologische tijdperken en bewaard zijn gebleven in de gesteenten van de aardkorst. Zij bestaan niet alleen uit harde delen zoals beenderen, tanden, schelpen, versteend hout e.a., maar ook uit afdrucken van planten en schelpen en zelfs voetsporen of kruip- en boorgangen in het gesteente waarbij van het dier zelf niets is overgebleven.

De aanleiding tot het fossilisatieproces kan op ontelbare wijzen hebben plaatsgevonden en . . . nog plaats vinden! Grote 'catastrofen', zoals uitbarstingen van vulkanen, instortingen van bergwanden, aardverschuivingen, overstromingen, alsmede perioden van grote droogte of koude, vernietigden veel van het toen levende en bedolven plant, dier en mens. Maar ook een zandverstuiving of rustig water, waarin het afgestorven leven naar de bodem zinkt kan door luchtafsluiting de overblijfselen voor fossilisatie bewaren. De belangrijkste factoren voor fossilisatie zijn: het organisme zelf en het

milieu waarin het organisme na de dood terecht komt. Immers veel van het organisme blijft er meestal niet over door verdamping van het vocht en omzetting van de eiwit-houdende delen door verrotting. Harde delen raken los en worden door vele oorzaken



Afb. 2. Schematische voorstelling van de verschillende mogelijkheden bij fossilisatie van een tweekleppige schelp. (Naar Brouwer en de Molijn.)

a. oorspronkelijk schelpmateriaal, b. lege ruimte, c. materiaal, dat oorspronkelijk schelpmateriaal heeft vervangen, d. opvulling van lege ruimten, e. sediment (afzettingsgesteente). De oorspronkelijke schelp blijft bewaard, wel (A) of niet (F) opgevuld met sediment. In beide omstandigheden kan de schelp oplossen, waardoor een holte ontstaat (B, G en J). Wordt die holte opgevuld met slik en verhardt dit later, dan ontstaan steenkernen (I en H). Wordt op deze wijze alleen de ruimte van de schelpdelen opgevuld (C en K), dan treft men schelpen aan van een geheel ander materiaal dan het oorspronkelijke (pseudomorfose), hetgeen ook mogelijk is doordat het schelpmateriaal rechtstreeks is omgezet (A  $\rightarrow$  C, I  $\rightarrow$  K). Tenslotte nog komt het voor, dat in het sediment niet meer dan een figuurkern (D) of slechts een afdruk (E) is overgebleven.

verspreid. Daarom is van groot belang de gronden waarmede het afgestorven wezen wordt overdekt. Het organisme, dat door grof zand, grind of puin overdekt wordt, maakt weinig kans op fossilisatie, daar insecten en lucht toegang hebben en de ontbinding bevorderen. Wat bedekt wordt met fijn zand of klei, zal beschermd worden voor verrotting. Zo ook wat door lava ingesloten wordt of met ijs bedekt.

De belangrijkste bouwstoffen voor het ontstaan van fossielen zijn kiezelzuur (chalcedoon en kwarts), calciumcarbonaat (hoofdzakelijk calciet) en calciumfosfaat. Naast deze stoffen die bijna 90% van alle fossielen vormen, moeten pyriet en koolstof genoemd worden, maar er zijn ook talrijke andere stoffen bekend die optreden als bouwstof. Hun voorkomen is afhankelijk van de fysisch-chemische omstandigheden in de dekkingslagen.

Verkiezeling zal ontstaan doordat kiezelzuur in de vorm van kwarsiet of chalcedoon het organische restant cel voor cel vervangt of vult en daarbij de vorm behoudt. Een goed voorbeeld hiervan is verkiezeld hout. De celopbouw is dan naar vorm wel echt, maar het oorspronkelijke materiaal is geheel verdwenen. Bij planten treedt dikwijls verkoling op, zodat men in steen alleen nog de afdruk van de plant ziet, bedekt door een dun laagje koolstof.

Schelpen laten dikwijls ook slechts een afdruk na omdat de oorspronkelijke kalkverbinding langzaam overgaat in calciet of dolomiet, maar dan toch vatbaar blijft voor oplossing zelfs al is het ingesloten in dikke zand- of zandsteenlagen. Is nu zo een tweekleppige schelp of een horentje opgelost, dan blijft in de ontstane holte de opvulling die ontstaan is door ingespoelde slikvulling na het afsterven en welke later verhardt, als steen- of schelpkern over. Zo ontstaat dus een combinatie van schelp en schelpkernen gevormd met een mooie afdruk aan één zijde en wel de onderzijde, die door het gewicht van de opvulling zich stevig in de bodem drukte, terwijl de bovenzijde langzamerhand werd opgelost of vernield door het zeewater.

Indirecte sporen van het vroegere leven zijn: fossiele voetsporen, kruipsporen en boorgaten.

Fossielen blijven echter altijd zeldzame voorwerpen, meestal maar brokstukjes van vroeger levende wezens die onder gunstige omstandigheden miljoenen jaren bewaard zijn gebleven en van groot belang zijn voor de wetenschap over het leven op aarde.

## OUDERDOM.

Wil de wetenschap echter uit de weliswaar omvangrijke, maar toch altijd incomplete gegevens een enigszins betrouwbaar beeld oproepen van het leven op aarde in de verschillende ververvlogen tijden, dan zal het vóór alles nodig zijn iets meer te weten over de ouderdom van gesteenten en fossielen. Niet alleen om een indruk te krijgen van de planten en dieren, die in de verschillende tijden tegelijkertijd de aarde bevolkten (relatieve ouderdom), maar ook om de absolute ouderdom van de gesteenten en de daarin voorkomende fossielen te leren kennen en langs die weg een beeld te krijgen van de opeenvolgende ontwikkelingen en de tijdsduur daarvan. Aan de hand van die gegevens heeft men de geologische tijdschaal opgesteld, welke in het overzicht op de volgende bladzijde is weergegeven. De daarbij vermelde aantallen miljoenen jaren, waarvan wij ons nauwelijks een voorstelling kunnen maken, zijn niet zomaar aan de fantasie ontsproten. De wetenschap is wel degelijk in staat over de ouderdom betrouwbare gegevens te verschaffen, mits we maar niet op een miljoentje kijken.

## Geologische tijdschaal

Hoofd-tijdvak	Periode	Tijdperk	Ouderdom in miljoenen jaren	Duur	Karakteristieke kenmerken
KENOZOÏCUM	NEOGEEN	Jong-Pleistoceen	25	25	ontwikkeling mens
		Oud-Pleistoceen			
		Pliocene Mioceen			
MESOZOÏCUM	PALEOGEEN	Oligoceen	70	45	ontwikkeling zoogdieren
		Eoceen			
		Paleoceen			
MESOZOÏCUM	KRIJGT	Boven-Krijt	135	65	uitsterven van ammonieten en grote reptielen ontwikkeling bloeddragende planten
		Onder-Krijt			
		Malm			
MESOZOÏCUM	JURA	Dogger	180	45	bloeitijd reptielen eerste vogel
		Lias			
		Keuper			
MESOZOÏCUM	TRIAS	Muschelkalk	230	50	eerste zoogdieren bloeitijd ammonieten
		Buntsandstein			
		Zechstein			
PALEOZOÏCUM	PERM	Rotliegendes	280	50	ontwikkeling reptielen uitsterven van trilobieten
		Westphalien			
		Namuriën			
PALEOZOÏCUM	CARBOON	Dinantien	350	70	reuzen-insecten ontstaan Europese en Amerikaanse steenkool
		Boven-Devoon			
		Midden-Devoon			
PALEOZOÏCUM	DEVOON	Onder-Devoon	400	50	eerste beenvissen eerste amfibieën
		SILUUR (GOTLANDICUM)			
		ORDOVICIUM			
PALEOZOÏCUM	CAMBRIUM	Boven-Cambrium	500	60	koppotigen, waaronder nautilussoorten
		Midden-Cambrium			
		Onder-Cambrium			
PROTEROZOÏCUM			600		
ARCHEOZOÏCUM			4500		



## Radio-actieve methode

Ieder chemisch element (zuurstof, waterstof, lood, zilver e.a.) bestaat uit atomen. Dit zijn de kleinst mogelijke deeltjes van een element. Zouden we ook de atomen nog verdelen (atoomsplitsing), dan is er van het betrokken element geen sprake meer. Van alle atoomsoorten die op aarde voorkomen zijn er slechts een aantal radioactief. Deze instabiele (radioactieve) atomen gaan door afstoting van een deeltje van hun kern over naar een atoom van een ander element. Soms is dit gevormde atoom stabiel, in andere gevallen niet en herhaalt het proces zich totdat uiteindelijk een stabiel atoom gevormd is. Van het instabiele element Uranium tot het stabiele element lood vindt dit radioactieve verval veertien maal plaats. De snelheid van het verval is karakteristiek voor één bepaalde atoomsoort en deze snelheid kan niet door uitwendige omstandigheden als hoge of lage temperatuur en druk worden beïnvloed. Aangenomen mag dus worden dat in de loop van de geschiedenis van de aarde geen veranderingen in die snelheid zijn opgetreden.

Van een zekere hoeveelheid atomen is door het verval na een bepaalde tijd de helft over, na tweemaal diezelfde tijd nog een kwart van het oorspronkelijk aantal, enzovoorts. Deze bepaalde tijd heeft de naam van halfwaarde tijd of halveringstijd gekregen. Is nu die halfwaarde tijd bekend en voldoende groot dan kan door bepaling van de hoeveelheid van ouder- en dochteratomen in een gesteente de ouderdom van dit gesteente berekend worden.

Het element kalium (Engels Potassium) heeft een isotoop, dat zeer bruikbaar is voor deze wijze van ouderdomsbepaling. Isotopen zijn vormen van een element, waarbij de atomen in scheikundig opzicht niet van elkaar verschillen, maar wel iets in gewicht en soms hebben ze de eigenschap radioactief te zijn. In het algemeen kent een element een aantal isotopen, die worden aangeduid met een getal bij de afkorting van het element. Het getal duidt het gewicht aan waarbij het gewicht van een atoom waterstof de eenheid is. Zo komen van kalium (afkorting K ook in het Engels) drie isotopen in de natuur voor:  $^{39}\text{K}$ ,  $^{40}\text{K}$  en  $^{41}\text{K}$ . Nu is  $^{40}\text{K}$  radioactief met de zeer lange halfwaarde tijd van 1200 miljoen jaar. De ouderdom van de aarde wordt geschat op 4500 miljoen jaar. Het  $^{40}\text{K}$  gaat voor een gedeelte over in de elementen calcium en Argon.

Kalium komt in bijna alle gesteenten voor en is dus een geschikte kandidaat voor ouderdomsbepalingen. Calcium komt eveneens zeer veel voor en het is niet mogelijk de hoeveelheid calcium afkomstig van kalium te onderscheiden van het andere natuurlijke calcium. Hiermee kan dus niet worden gewerkt. Met Argon is eigenlijk hetzelfde het geval. Gelukkig is dit een gas wat een mogelijkheid tot onderscheid geeft. Het Argon uit de lucht bevindt zich samen met zuurstof en stikstof als gas in de poriën van het gesteente en het kan daaruit verdreven worden door het gesteente in vacuüm te brengen en zacht te verwarmen. Het Argon afkomstig van kalium kan op deze manier niet worden verwijderd. Het zit nog op praktisch dezelfde plaats van het kalium vóór het radioactieve verval. De oorzaak daarvan is het volgende. Bij de vorming van het gesteente ontstaan kristallen. In die kristallen zijn de atomen van de verschillende elementen op een bepaalde wijze gerangschikt en star aan hun plaats gebonden. Dat geldt ook voor de Argon-atomen, die afkomstig zijn van het Kalium. Zij kunnen slechts ontwijken als het kristal wordt afgebroken. De daarvoor gebruikelijke methode is smelten. Op vernuftige wijze wordt dan het Argon opgevangen en kwantitatief gemeten. Uit de berekende hoeveelheden  $^{40}\text{K}$  en Argon laat zich het tijdstip berekenen, waarop het kristal van het gesteente is gevormd.