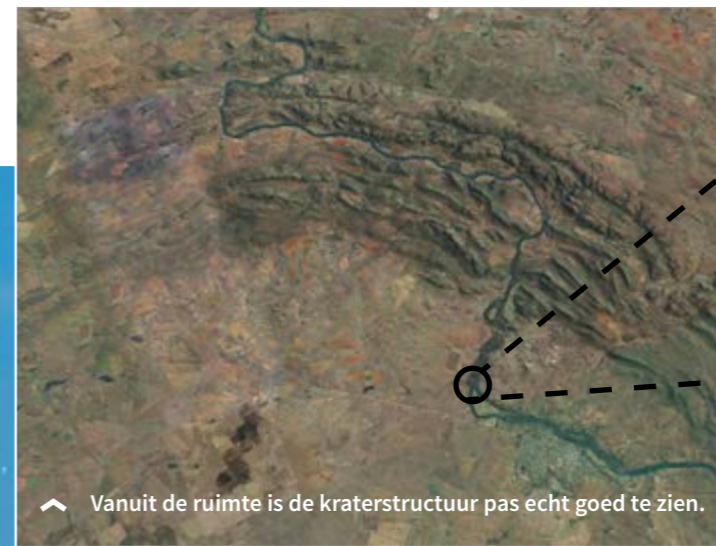


De grootste inslagkrater ter wereld vind je in Zuid-Afrika: de Vredefortkrater. Deze is zó omvangrijk dat je een satelliet nodig hebt om 'm goed te kunnen zien. Volgens de gangbare geologische interpretatie is de Vredefortkrater zo'n 2 miljard jaar geleden gevormd, maar de geologie van Zuid-Afrika schetst een ander beeld...



Vanuit de ruimte is de kraterstructuur pas echt goed te zien.



Vakantiehuizen in Parys.



DE GROOTSTE KRATER OP AARDE

ASTEROÏDE-INSLAG TIJDENS DE ZONDVLOED?

Het dorp Vredefort, ten zuidwesten van Johannesburg in Zuid-Afrika, ligt in het centrum van wat velen zien als de grootste inslagkrater op aarde. Het dorp wordt omringd door een prachtig landbouwgebied met zacht glooiende heuvels, berggruggen en valleien. De Vaal, de rivier die de grens vormt tussen de provincies Noordwest en Vrijstaat, kronkelt door het landschap en de omringende bergen.

VERANDERDE KIJK

Over het ontstaan van de structuur rondom Vredefort werd meer dan een eeuw gediscussieerd. In eerste instantie dacht men dat vulkanisch magma (gesmolten gesteente) dat uit diepte van de aarde omhoog was gekomen het cirkelvormige uiterlijk had veroorzaakt. Deze verklaring was vooral gestoeld op het principe dat geologische structuren verklaard moeten worden door de langzame processen die je nu kunt

op aarde, zoals de 'Vredefortring', eruit zagen alsof ze door een asteroïde-inslag waren ontstaan. Uiteindelijk werd deze gedachte breed geaccepteerd, hoewel de controverse erover in Zuid-Afrika voortduurde tot midden jaren negentig. Gedurende een groot aantal jaren zijn er verschillende methodieken toegepast om gegevens te vergaren die het inslagscenario voor Vredefort ondersteunen. Het in kaart brengen van de geologische structuur van het gebied, de verspreiding van metamorfe gesteenten (dat zijn gesteenten die bijvoorbeeld veranderd zijn onder invloed van hoge temperatuur) en computermodellen van de inslag hielpen daarbij. Uiteindelijk werd ook de Zuid-Afrikaanse bevolking overtuigd en in 2005 kwam de Vredefortkrater, ook wel *Vredefort Dome* (koepel) genoemd, op de Werelderfgoedlijst als de grootste inslagstructuur op aarde.

” ASTEROÏDE-INSLAGEN WERDEN GEZIEN ALS 'GEOLOGISCHE KETTERIJ'

waarnemen, maar dan gedurende een enorm lange tijdsperiode. Men beschouwde het als 'geologische ketterij' om te denken aan een proces dat niet op dit moment in de natuur zichtbaar is, of om een beroep te doen op een buitengewone gebeurtenis. Dit had tot gevolg dat tot in het midden van de twintigste eeuw inslagen vanuit de ruimte als verklaring taboe waren. Ondanks dat stelden al vanaf het begin van de twintigste eeuw wetenschappers voor dat verschillende cirkelvormige structuren

AANWIJZINGEN VOOR DE INSLAG

Door zijn enorme omvang en de erosie is de inslagstructuur van de Vredefortkrater niet direct herkenbaar bij een bezoek aan het gebied. Slechts op satellietfoto's en geologische kaarten kun je de gebergterring, met een doorsnede van 80 kilometer, als inslagstructuur herkennen (zie foto boven). Deze ring wordt echter beschouwd als slechts het middelste gedeelte van de krater. Daarbuiten is een 300 kilometer groot gebied dat zich uitstrekt tot voorbij Johannesburg, dat nog minder opvallend is. Een complicerende factor is dat veel van de structuur is weggeërodeerd. Volgens berekeningen zou de asteroïde die de Vredefortkrater vormde zo'n 10 kilometer in doorsnede moeten zijn geweest, waardoor het een van de grootste is geweest die ooit op aarde is neergekomen.

Op het moment dat hij de aarde raakte was het gebied zeven tot tien kilometer hoger. Binnen enkele seconden drong de meteoriet kilometers diep de aardkorst binnen, waardoor de aardkorst ver naar beneden werd gedrukt. De korst veerde daarna terug, waarbij diepliggend gesteente werd opgetild. Zo werd de ring van heuvels, als een kraag, rond het centrale deel van de krater gevormd. Deze ring van heuvels bestaat uit lagen metamorf gesteente die nu bijna verticaal staan. Daartussen zitten kilometers dikke goud bevattende kwartsconglomeratlagen, die behoren tot de Witwatersrand-supergroep. In deze heuvels zijn nog steeds verlaten mijnschachten van honderd jaar geleden te vinden. Het gebied binnen de ring bestaat uit graniet, dat het ondergrondgesteente vormt. Voordat het graniet opveerde, zat het meer dan twintig kilometer onder het oppervlak. De energie van de inslag brak het graniet en liet het gedeeltelijk smelten. Magma dat rijk was aan ijzer en magnesium vulde

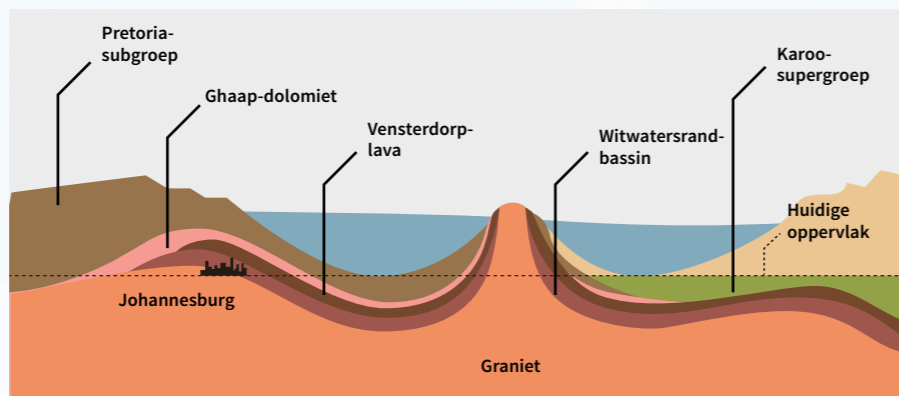
IN ENKELE SECONDEN IS DE KRATER ONTSTAAN

de barsten en omhulde de brokken graniet (klasten), waardoor het een harde massa werd van zwart, glasachtig gesteente, dat pseudotachyliet wordt genoemd. Omdat dit gesteente aanwezig is bij verschillende inslagplaatsen op aarde, wordt de aanwezigheid van pseudotachyliet bij Vredefort gezien als een aanwijzing voor een asteroïde-inslag. In de Leeuwkopgroeve nabij de Zuid-Afrikaanse plaats Parys is prachtig te



▲ Lange tijd werd gedebatteerd over het ontstaan van deze bergrug.

▼ Dwarsdoorsnede van de Vredefortkrater.



zien hoe pseudotachyliet grote afgeronde brokken graniet omhult. Een tweede soort magma, rijk aan silicium en aluminium, stroomde in andere scheuren en vormde daarin een lichtgekleurd gesteente dat granofier wordt genoemd, wat in een aantal lange richels ('dikes') in het gebied zichtbaar is. Deze richels en het patroon dat ze vormen zijn eveneens aanwijzingen voor de inslag. Een veelvoorkomend verschijnsel in de omhooggekomen gesteenten rond de koepel zijn zogenaamde 'shatter cones', breuklagen met barsten in de vorm van kerstbomen (zie foto rechts). Deze patronen zijn ook gevonden bij andere inslaggebieden en worden gezien als het gevolg van hoge drukgolven tijdens de inslag. Deze en andere aanwijzingen hebben mensen ervan overtuigd dat de structuur bij Vredefort door een asteroïde-inslag was gevormd.

GEOLOGISCHE RAMP

De asteroïde-inslag had gigantisch snelle geologische veranderingen tot gevolg. Je moet hierbij niet denken aan een miljoen

jaar, of aan één jaar, of zelfs maar aan slechts een dag. Nee, in enkele seconden zou een primaire krater van meer dan honderd kilometer doorsnede en twintig kilometer diep zijn ontstaan. En binnen enkele seconden daarna veerde de korst terug, kantelden kilometersdikke lagen verticaal in een ring rond de centrale omhooggeduwde koepel. Vervolgens begon de koepel ineen te storten en de hele driehonderd kilometer grote krater was in zo'n tien minuten een feit. Dit alles moet erg vroeg in de geologische geschiedenis van Zuid-Afrika hebben plaatsgevonden. De belangrijkste manier om dat moment te bepalen is het onderzoeken van de geologische relaties, waarvan er een aantal getoond worden in de dwarsdoorsnede. De basis van graniet was er al voordat er in een waterrijke omgeving dikke lagen sediment en vulkanisch materiaal op werden afgezet – daarvan liggen de oudste lagen onderop en de jongste bovenaan. De asteroïde sloeg in de bovenste laag in en vervormde alle lagen, inclusief de basis van graniet. Uit de ontstane krater werden brokstukken (ejecta) de lucht in gesmeten en werd de centrale koepel omhoog getild.

RADIOACTIEF VERHAALTJE

Op grond van metingen aan isotopen van uranium en lood in enkele zirkoonkristallen in het pseudotachyliet en de granofier-richels hebben geologen bepaald dat de inslag 2,023 miljard jaar geleden zou hebben plaatsgevonden. Hoewel de relatieve ouderdom van de gesteenten goed in veldonderzoek bepaald kan worden, is de beweerde 'absolute' ouderdom verkregen uit radiodateringsmethoden niet objectief. Deze is gebaseerd op diverse vooronder-

stellingen, waaronder de beginwaarden van de gemeten radioactieve isotopen en de invloed van de vele latere geologische veranderingen op de monsters. Het uiteenrafelen van de effecten van al deze verstoringen op de isotooverhoudingen binnen ieder zirkoonkristal is speculatief. De verschillende waarden die uit de monsters werden verkregen zijn zo geïnterpreteerd, dat er achteraf een verhaal ontstaat dat past bij de veldwaarnemingen én bij de veronderstelde hoge ouderdom van de aarde.

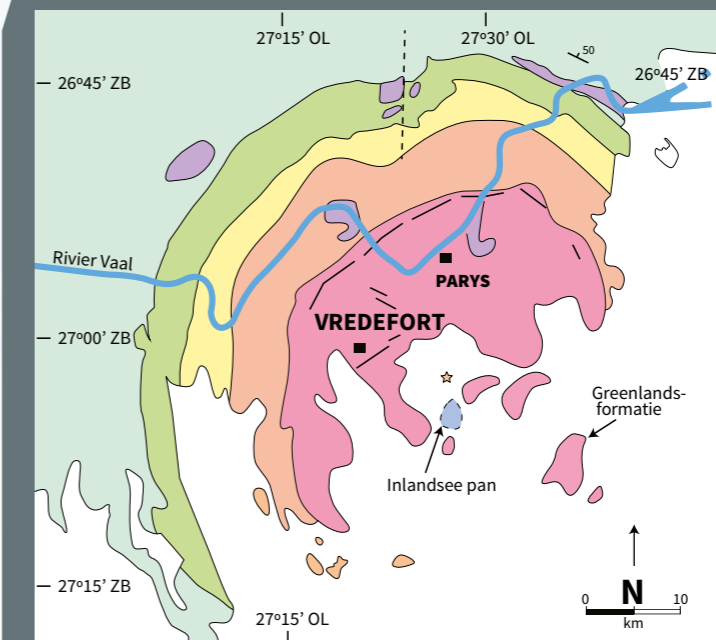
WANNEER GEBEURDE HET DAN?

Gezien de subjectiviteit van de dateringen is het ook mogelijk om een heel ander verhaal op te stellen; een dat past in een Bijbels scenario van de aardgeschiedenis. De asteroïde-inslag zou dan hebben plaatsgevonden aan het begin van de zondvloed. Het is onwaarschijnlijk dat de asteroïde tijdens de scheppingsweek insloeg, omdat alles in het begin 'zeer goed' was (Genesis 1:31). Een asteroïde-inslag zou de atmosfeer gevuld hebben met dodelijk as en stof, wat niet 'goed' te noemen valt. Echter, deze inslag heeft niet de zondvloed in gang gezet: de asteroïde boorde zich in sedimentlagen. Die waren

ALLEEN DE ZONDVLOED KAN DE GEOLOGISCHE PATRONEN VERKLAREN

ide-inslag zou de atmosfeer gevuld hebben met dodelijk as en stof, wat niet 'goed' te noemen valt. Echter, deze inslag heeft niet de zondvloed in gang gezet: de asteroïde boorde zich in sedimentlagen. Die waren

VAN BOVENAF BEKEKEN DE GEOLOGIE VAN DE VREDEFORTKRATER



- Karoo-supergroep
- Alkalisch graniet en basisch stollingsgesteente
- Transvaal-supergroep
- Ventersdorp-supergroep
- Bovenste Witwatersrand-supergroep
- Onderste Witwatersrand-supergroep en Dominiongroep
- Ondergrondgraniet
- Vredefort-granofierdijk
- - - Breuklijn
- ★ Midden van de Vredefortkrater

al tijdens het begin van de vloed afgezet. Daaronder vallen ook de kilometersdikke basaltlava-afzettingen van de zogenaamde Ventersdorp-supergroep (zie dwarsdoorsnede). Enorme uitbarstingen van vulkanische lava zouden de atmosfeer met giftige gassen vervuild hebben, wat ook niet echt 'zeer goed' te noemen is. Deze erupties waren ook te omvangrijk (zowel wat dikte als wat oppervlak betreft) om tussen zondeval en zondvloed te kunnen worden geplaatst. Geen enkel menselijk leven zou zo'n gigantische vulkanische vervuiling hebben overleefd zonder de relatieve bescherming van de vloedwateren om die erupties af te dekken.



▲ Shatter cones wijzen op een inslag.

ZONDVLOEDKRATER

Na de inslag gingen de geologische processen door en vormden, tijdens het stijgen van het vloedwater, gebieden als het Bushveld-complex, de Cape-supergroep en de Karoo-supergroep. Tijdens deze periode plooiden gesteentelagen zich, om vervolgens weer weg te eroderen. Nadat uiteindelijk de vloedwateren het hele continent hadden bedekt, erodeerden tijdens het wegstromen daarvan kilometers dikke gesteentelagen weg, waardoor de grote Afrikaanse hoogvlakte ontstond

en ook de koepel van Vredefort zichtbaar werd. Met het verder dalen van de waterstand sneed het toen al veel langzamer stromende water het karakteristieke ontwateringspatroon rond de koepel uit, waaronder de diverse watergaten dwars door de gekantelde gebergtering, waar heden ten dage de Vaal doorheen stroomt. Langzame erosie gedurende miljoenen jaren kan deze patronen niet verklaren, maar het zich terugtrekkende water van de zondvloed kan dat wel. De Vredefort-inslagkrater is ontstaan tijdens de eerste fase van de zondvloed. De omvang van de inslag laat iets zien van de gigantische catastrofale krachten die de aarde toen lieten schudden. Het plooiën en omhoogkomen van de sedimenten die daarbij ontstonden gebeurde in een korte tijdspanne – minder dan een dag. Tijdens het vervolg van de zondvloedramp werden niet alleen dikke sedimentlagen en vulkanische lava bovenop de inslagkrater afgezet, maar erodeerden die vervolgens ook weer weg, waardoor de diepe inslagstructuren aan de oppervlakte kwamen te liggen, samen met de beroemde, omhooggeduwde sedimenten van de Witwatersrand-supergroep.

Dit artikel is een vertaling van The Vredefort Dome, South Africa, Creation 40 (1) 2018, pagina 44-47.