



Slapend monster

Yellowstone is de laatste twee miljoen jaar het toneel geweest van drie buitengewoon verwoestende vulkaanuitbarstingen. De vulkaan zelf is ingestort en vormt nu een caldera van tachtig kilometer diameter. Diep onder de oppervlakte sluimert nog altijd een enorm reservoir gloeiend heet, gesmolten gesteente. Dit is nu de motor achter alle geisers en heetwaterbronnen, maar het zal op een kwade dag weer uitbarsten, met wereldwijde gevolgen.

■ Supervulkaan Yellowstone begon zijn bestaan als een onbetekenend vlekje op het supercontinent Pangea. Zo'n driehonderd miljoen jaar geleden scheurde Pangea uiteen in een aantal brokstukken, tektonische platen. Deze continentale platen dreven, samen met de oceanische platen waarop ze liggen, als ijsschotsen over de vloeibare aardmantel. De losgescheurde Noord-Amerikaanse plaat begon aan een lange reis, met slechts centimeters per jaar, naar het noordwesten. Toen de Noord-Amerikaanse plaat met de plaat van de Stille Oceaan botste, drukte de enorme kracht van de botsing delen van de Noord-Amerikaanse plaat langzaam omhoog. De ►

- De spectaculaire natuurverschijnselen in Yellowstone hebben allemaal dezelfde randvoorwaarden nodig: voldoende aanvoer van water, een ondergronds netwerk van met elkaar in verbinding staande waterreservoirs en natuurlijk een hittebron.

Noord-Amerika,
600.000 jaar
geleden

Kleinschalig vulkanisme

De grote klap zal waarschijnlijk nog duizenden jaren uitblijven, maar kleinschaliger vulkanisme zoals hydrothermale explosies, aardbevingen en lavastromen komen met enige regelmaat voor. De hydrothermale explosie – in feite een uit de hand gelopen geiseruitbarsting – is de meest onschuldige. De meest recente was in 2003, vlakbij Norris Geyser Basin, één van de meest actieve geisergebieden

Modderpoelen en terrassen

Chemicaliën in de bodem bepalen het uiterlijk van een geiser of heetwaterbron. Als oververhit water door een ondergrond met veel silicium stroomt, lost dit silicium in het water op en kristalliseert aan het oppervlak tot sinter of geiseriet, een lichtgrijs gesteente. Bij sommige geisers, zoals Lone Star Geyser, zijn grote bouwwerken van geiseriet rond de spuitopeningen ontstaan. Zwavelzuur kan omringend gesteente juist afbreken, waardoor rond een heetwaterbron een modderpoel ontstaat. Afhankelijk van de opgeloste mineralen neemt zo'n modderpoel de meest fraaie kleuren aan. Een zeer bijzondere heetwaterbron vinden we Mammoth Hotsprings, waar kalksteen in de bodem zit. Het hete water neemt CO₂ op, waardoor het licht zuur wordt. Op zijn weg naar boven lost het water het omringende kalksteen op en brengt dit naar de oppervlakte. Hier ontsnapt het CO₂, en kalksteen slaat neer uit het nu minder zure water. Zo zijn in de loop van millennia schitterende kalksteenterrassen ontstaan.

In het hart van het continent, waar zich nu Yellowstone National Park bevindt, staat een ecologische ramp op het punt zich te voltrekken. Onder het aardoppervlak heeft zich een enorme hoeveelheid magma verzameld. Gedurende duizenden jaren heeft de magmakamer zoveel druk opgebouwd dat het bovenliggende landschap bol staat. Op veel plaatsen zijn ringvormige barsten in de aardkost ontstaan. Als de diepste barsten het ondergrondse magma meer bereiken, is er geen houden meer aan. In een apocalyptische reeks explosies komt meer dan duizend kubieke kilometer gas, as en gesmolten gesteente vrij. Deze dodelijke mix vormt een pyroclastische stroom, een lawine van gloeiend heet gas en gruis die door het gebied raast en alle leven in zijn pad vernietigt. Na enkele dagen bedekt een dikke aslaag het gebied, tot aan de Golf van Mexico. De aswolk, die kilometers hoog opstijgt in de atmosfeer, verduistert grote delen van Noord-Amerika en zal nog jaren het klimaat op de hele wereld beïnvloeden.

De explosie was ruim duizendmaal zo groot als die van Mount St. Helens in 1980, qua energie gelijk aan een half miljoen Hiroshima-bommen. Als na enkele dagen het ondergrondse magma meer grotendeels leeg is, ontstaat een caldera, een kolossale depressie in het landschap. De caldera van Yellowstone is honderden meters diep en zo'n tachtig bij veertig



• Yellowstone's beroemdste geiser, *Old Faithful* dankt zijn faam aan de frequente uitbarstingen: ongeveer elk uur trakteert hij de toeschouwers op een soms wel zestig meter hoge kolom van kokend water en stoom die minutenlang kan aanhouden. Bij zo'n eruptie komt tot dertigduizend liter water naar buiten. Dit water begon zijn lange reis als regen- of smeltwater door de aarde zo'n vijfhonderd jaar geleden.

▶ geboorte van de Rocky Mountains, met het Yellowstone-gebied halverwege de bergketen, was een feit. De komende miljoenen jaren zouden vulkanische activiteiten en gletsjers het landschap steeds weer veranderen en polijsten. In het Yellowstonegebied zijn drie grote caldera's ontdekt. De oudste en grootste is ruim twee miljoen jaar geleden gevormd. Zeshonderdduizend jaar later volgde een kleinere explosie. De laatste uitbarsting, die de basis heeft gelegd voor wat wij nu kennen als Yellowstone, was nauwelijks kleiner dan de eerste en vond zeshonderdduizend jaar geleden plaats.

Supervulkaan Yellowstone vliegt zo ongeveer elke zeshonderdduizend jaar de lucht in, wat betekent dat we nu dicht bij een vierde explosie zijn. Althans in geologische termen: het kan morgen gebeuren, maar ook pas over duizenden jaren.

De oorzaak van de bijna letterlijk wereldschokkende uitbarstingen is namelijk nog niet uitgeblust. Onder Yellowstone ligt een *hot spot*, een plaats waar de gloeiendhete, vloeibare magma van de aardmantel via een smal kanaal naar het oppervlak lekt, waar het zich verzamelt in een magmakamer. Meestal zit zo'n hotspot onder de relatief dunne oceaanplaten. Omdat de tektonische platen langzaam over de stationaire hotspot drijven, schuift de plaats van het vulkanisme steeds een beetje op en kunnen hele ketens van vulkanen ontstaan. Zo is de eilandengroep van Hawaii ontstaan; elk eiland is een onderzeese vulkaan en markeert een uitbarsting die is terug te voeren op de activiteit van één enkele hotspot. De Yellowstone hotspot is uitzonderlijk, omdat die onder een continentale plaat zit. Dit soort hotspots zijn veel destructiever omdat het hele omringende landschap, en niet slechts de open zee, aan hun grillen is overgeleverd. De hotspot onder Yellowstone ligt griezelig dicht aan de oppervlakte, slechts enkele kilometers. Metingen door het Yellowstone Vulkaan Observatorium laten zien ▶



► dat het landschap weer begint op te bouwen door de toenemende druk in de magma-kamer. Op sommige plaatsen is de bodem in de 20e eeuw meer dan zeventig centimeter gestegen.

Ondanks de onheilspellende voortekenen is de kans op een mega-uitbarsting van Yellowstone binnen afzienbare tijd toch erg klein. Behalve de aanwezigheid van een actieve hotspot is er nog een belangrijke risicofactor: de magma in het ondergrondse reservoir moet naast gas en gekristalliseerd gesteente minimaal voor de helft uit gesmolten gesteente, *melt*, bestaan. Metingen laten zien dat het percentage *melt* in de Yellowstone hotspot slechts tien procent bedraagt, te weinig dus voor een mega-uitbarsting. ●

Nationaal Park

Nog steeds spuiten ruim tweehonderd geisers er hun hete lading tientallen meters de lucht in en dampend hete modderpoelen kleuren het landschap. Behalve door vulkanisme, is het landschap ook door ijs en water ingrijpend verbouwd. Nog geen vijftigduizend jaar geleden bedekte een enorme gletsjer het hele gebied en ontstonden U-vormige gletsjerdalen en door schuivend ijs afgeschraapte bergen. De Yellowstone-rivier, met haar ruim duizend kilometer de langste onaangetaste rivier van de continentale VS, sleet de beroemde Yellowstone Canyon uit. Er komen twee watervallen met een hoogte van honderd meter op uit. De eerste mensen die ongeveer tienduizend jaar geleden Yellowstone doorkruisten, ontdekten een bijna onaards landschap, maar wel met enorme kuddes grazers en roofdieren. Om al die redenen werd Yellowstone het eerste volledig beschermde nationale park ter wereld.

- De hotspot onder Yellowstone zorgt voor de hitte om het water tot ruim boven het kookpunt te brengen, op sommige plekken tot boven de tweehonderd graden, maar het blijft vloeibaar doordat bovenliggend water en rotsen het onder hoge druk houden.

Randvoorwaarden

De spectaculaire natuurverschijnselen in Yellowstone hebben allemaal dezelfde randvoorwaarden nodig: voldoende aanvoer van water, een ondergronds netwerk van met elkaar in verbinding staande waterreservoirs en natuurlijk een hittebron. Op veel plaatsen in Yellowstone is aan deze voorwaarden voldaan, maar de verhouding waarin ze voorkomen verschilt en hierdoor ook het optredende vulkanisme.

Er is een ruime aanvoer van regen- en smeltwater van omringende bergen, terwijl de ruime sneeuwval in het gebied voor extra water zorgt in het voorjaar. De ringvormige breuken die ontstonden toen de uitdijende magmakamer het landschap opbolde, heeft een netwerk van ondergrondse holten en kanalen geschapen. Regen- en smeltwater kunnen nu door het poreuze gesteente naar beneden sijpelen, waar het zich in ondergrondse bassins verzamelt.

De hotspot onder Yellowstone zorgt voor de hitte om het water tot ruim boven het kookpunt te brengen, op sommige plekken tot boven de tweehonderd graden, maar het blijft vloeibaar doordat bovenliggend water en rotsen het onder hoge druk houden. Dit oververhitte water sijpelt door zijn geringere dichtheid langzaam weer terug naar de oppervlakte. Zodra de druk wegvalt komt de thermische energie vrij als, afhankelijk van de lokale omstandigheden, een geiser-uitbarsting van heet water of stoom of als een borrelende modderbron.