

# Water op Mars

## De Perseverance Rover

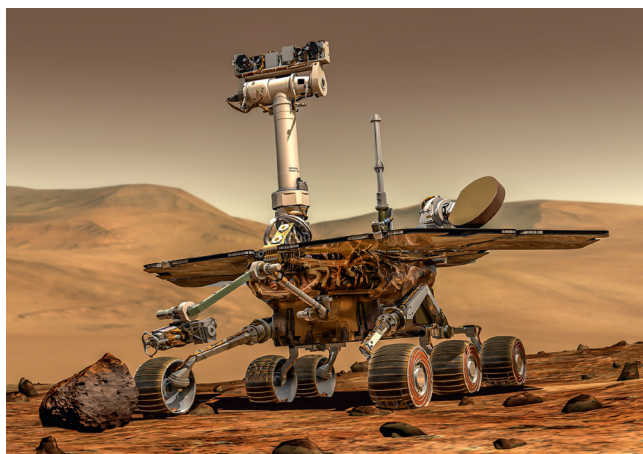
door Josje Kriest

redactie.kriest@gea-geologie.nl

In februari 2021 landde de Perseverance Rover bij de Jezero Krater op Mars. De Rover heeft beelden van sedimentpakketten gestuurd naar de Aarde, die vervolgens zijn geanalyseerd door een internationaal team van (geo)wetenschappers. De beelden bewijzen dat er ooit water was op Mars.

Mars is tegenwoordig een droge planeet met een zeer ijle atmosfeer. Die atmosfeer bestaat voor meer dan 95% uit kooldioxide (CO<sub>2</sub>), en daarnaast uit een paar procent stikstof en argon. Ongeveer zoals de atmosfeer van de Aarde 4 miljard jaar geleden, in het Precambrium. Waterdamp vormt 0,03%. De temperatuur op Mars wisselt sterk met de seizoenen: van min 140 graden tot plus 20 graden. In de poolwinters worden er op de polen dikke lagen 'droogijs' gevormd van koolstofdioxide. Enig waterijs is ook aanwezig. In de lente, bij zo'n 60 graden onder nul, smelt het droogijs weer voor een groot deel. Vloeibaar water is niet mogelijk, omdat water in de ijle atmosfeer onmiddellijk verdampt. Overigens is er wel water in de ondergrond aanwezig, in de vorm van permafrost. Het is afgedekt door een meters dikke laag bodemmateriaal, wat verdamping voorkomt. Bij vulkanische activiteit kan dit soort grondwater smelten en aan het oppervlak komen en dan kortstondig aanwezig zijn. Beelden van structuren in het sediment aan het Marsoppervlak tonen aan dat het klimaat ooit natter en waarschijnlijk warmer is geweest. Nat genoeg om vrij langdurig oppervlaktewater mogelijk te maken. En misschien heeft het zelfs leven ondersteund. Zo'n 3,5 miljard jaar geleden zou, anders dan op Aarde, het opdrogen zijn begonnen. Het artikel van Annemieke van Roekel, uit 2009, gaat in op dat verschil in ontwikkeling van Aarde en Mars.

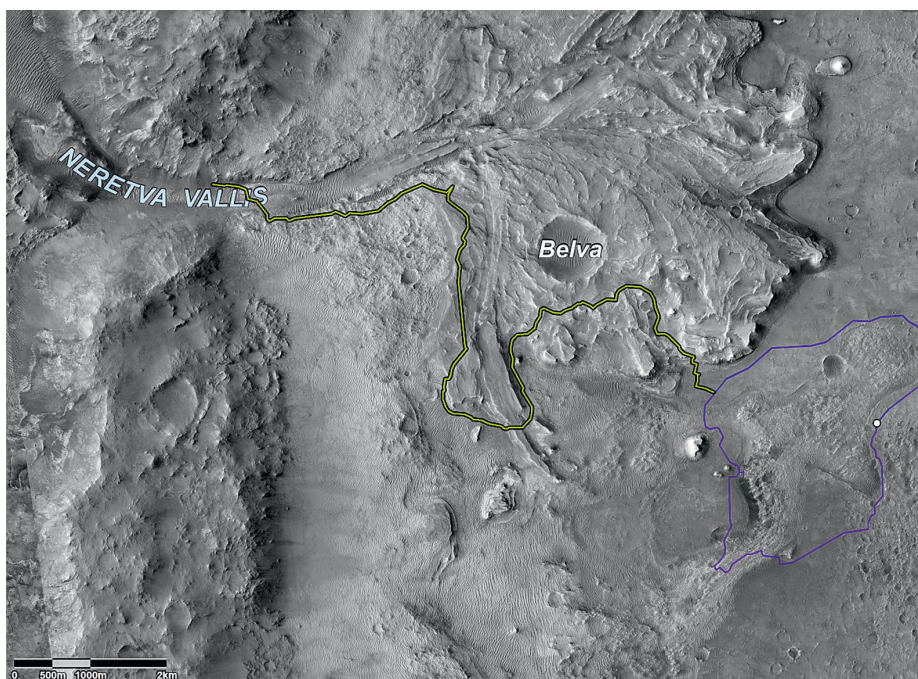
Om onderzoek te doen naar die vochtige, warme tijd is in 2020 een Marsmissie gestart, met als voornaamste onderdeel de 'Rover' (afb. 1). De Marsmissie wordt voor NASA's Science Mission Directorate geleid door NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL), een onderdeel van Caltech in Pasadena, Californië. JPL zorgt ook voor de operaties met de Rover. Lockheed Martin Space in Denver heeft de raket gebouwd en de Universiteit van Arizona in Tucson ontwikkelde de hoge-resolutie camera's (HiRISE).



▲ Afb. 1. Perseverance Rover, de Marslander. Artist's impression. Nasa. Publiek domein.

### De opdracht van Rover

Het doel van de missie van de Perseverance naar Mars is astrobiologisch onderzoek, inclusief het zoeken naar tekenen van vroeger leven op de planeet. De Rover zal data verzamelen over de geologie en het paleoklimaat van de planeet en gesteente- en sedimentmonsters op Mars verzamelen. Een volgende missie, in samenwerking met ESA (European Space Agency), zal die monsters op gaan halen en naar de Aarde terugbrengen voor analyse. Op basis van ruimtefoto's is de Jezero Krater gekozen voor de landing (afb. 2). Die krater heeft een diameter van 45 kilometer; aan de kraterrand liggen pakketten sediment die doen denken aan alluvial fans (spoeelzandvlaktes). Tevens duiden spectroscopische metingen (zie verderop) vanuit de ruimte op de aanwezigheid van phyllosilicaten en carbonaten, wat lijkt te wijzen op afzettingen in een aquatisch milieu. Alle redenen dus om aan het Marsoppervlak sporen van - vroeger - water te gaan zoeken.



▲ Afb. 2. De alluvial fan, waar de Rover in de buurt zal komen te landen, met eventuele rijroutes vanaf de landingsplaats: de witte stip op de blauwe lijn. Genomen vanuit NASA's Mars Reconnaissance Orbitor (MRO) met een High Resolution Imaging Experiment (HiRISE)-camera. Bron: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona.



▲ Afb. 3. Kodiak, de vlakke heuvel en het hoofdgebied voor het onderzoek. Foto: NASA/JPL.

## Eerst foto's maken

De Rover landde op 18 februari 2021. Gedurende de eerste drie maanden maakte de Rover foto's van de westelijk gelegen fan. Een kilometer verwijderd van die spoelzandvlakte ligt een heuvel met een vlakke top, die Kodiak is genoemd (afb. 3). Ook daarvan heeft de Rover foto's gemaakt. Op grond van die foto's (genomen op grote afstand) is de geologie geïnterpreteerd, zoals hieronder beschreven wordt.

## Kodiak en de delta

Kodiak vertoont in twee goede ontsluitingen, op locaties waar de kale rots zichtbaar is, duidelijk te onderscheiden soorten sediment (afb. 4): een scheefgelaagd deel dat ligt tussen twee min of meer horizontaal liggende lagen. De onderzoekers hebben er vijf verschillende stratigrafische onderdelen in kunnen onderscheiden: K1 t/m K5 (zie tabel). De dikte van het hele pakket is zo'n 50 à 60 meter, en het is minstens 70 m lang.

De onderste formatie (K1) bestaat uit dunne min of meer vlak liggende lagen, die vrij verweerd ogen en waarschijnlijk bestaan uit fijnkorrelig gesteente, zoals schalie of fijne zandsteen. Daaroverheen liggen dikker gebankte, tot 35 graden hellende lagen met variabele verwerking, die waarschijnlijk bestaan uit zandsteen met hier en daar

grind. Deze hellende lagen vlakken naar beneden toe af, en gaan dan over in de vlakke lagen.

K2 ligt hier onmiddellijk bovenop. Ook die vertoont hellende lagen.

K3 lijkt meer op K1, met dungebankte, licht hellende tot horizontale lagen, weer behoorlijk verweerd, wat wijst op fijnkorreligheid (schalie of fijne zandsteen). Daar bovenop liggen scheefstaande lagen met hier en daar grove stenen (tot zo'n 40 cm in diameter). Deze scheve lagen vlakken naar onderen af, zodat ze geleidelijk overgaan in de onderliggende vlakke lagen, net als bij K1.

K4 ligt met een scherpe scheiding op K3. De vrijwel vlakke lagen vertonen enige interne scheve gelaagdheid ('cross stratification').

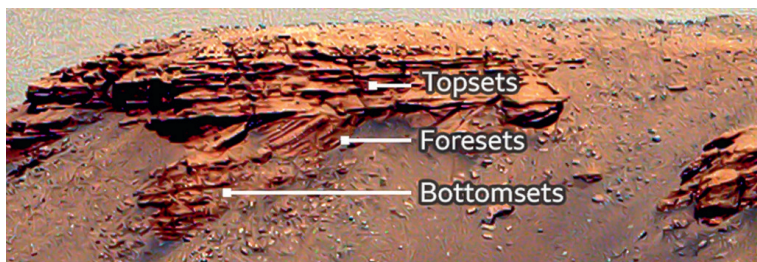
Een erosievlak scheidt K4 van K5: K5 heeft K4 ingesneden. Het bestaat uit ongesorteerd conglomeraat met rolstenen tot zo'n 1,5 meter lang. Er heeft hier tijdens deze sedimentatie duidelijk een ander afzettingsmilieu geheerst.

K1 tot en met K4 worden geïnterpreteerd als afzettingen op de delta (afb. 5) in een kratermeer, waarbij de scheve lagen van K1 en K3 de 'foresets' vormen (afzetting van sediment op de steile voorkant van de delta), en de vlakkere lagen van die pakketten de bottomsets (afgezet net vóór de delta op de bodem van het meer). K4 vormt de topset (afzettingen door de rivier boven op de delta). Waarschijnlijk was het waterniveau in het meer niet constant, waardoor bijv. de topset behorend bij K3 na een daling van het water is weggeërodeerd door de rivier. Vandaar die scherpe scheiding met K4. De hellingshoek van de foresets is zuidelijk gericht, dus blijktbaar groeide de delta naar het zuiden toe uit.

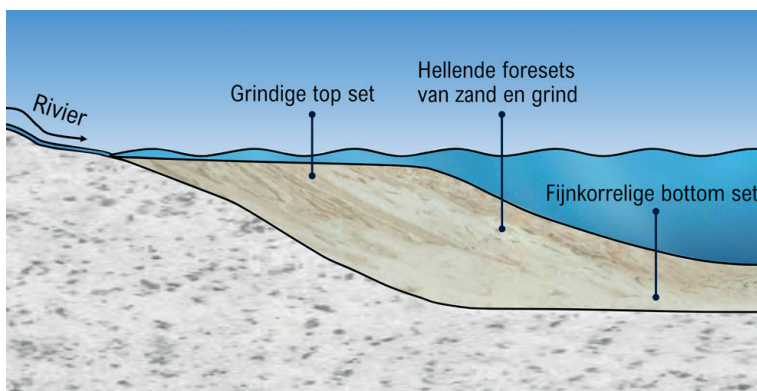
K5 is waarschijnlijk een rivierafzetting toen het niveau van het kratermeer erg sterk gedaald was en de rivier over de oude delta heen stroomde en deze erodeerde: een opvulling van een geul door een krachtige, snelstromende rivier.

		Type gesteente	Helling	Overgang naar onderliggende formatie	Interpretatie
Kodiak	K5	conglomeraat met grote rolstenen		scherpe contact: erosief	rivierafzetting
	K4		vrij vlak, enige scheve gelaagdheid	scherp contact	top set (na verlaging van het waterniveau)
	K3	grof materiaal (zandsteen?) met keien	hellend, naar beneden vrij vlak liggend	?	fore set
		schalie, fijne zandsteen	vlak liggend		bottom set
	K2	zandsteen, wat keien	hellend	?	fore set
	K1	zandsteen?	vlak liggend		top set
		zandsteen, wat keien	hellend tot 35 graden, naar beneden en boven vlakker		fore set
		schalie, fijne zandsteen	vlak liggend		bottom set
W fan	A3	zandsteen, wat keien	vrij vlak, enige scheve gelaagdheid	?	flood flow (laatste stadium)
	A2	conglomeraat, slecht gesorteerd met grote rolstenen	lensvormig	scherp contact	flood flow
	A1	zandsteen?	hellend tot 30 graden		rivierafzetting of delta foreset

Tabel: De verschillende stratigrafische eenheden die onderzoekers hebben onderscheiden. Het 'Type gesteente' is in feite een interpretatie, gebaseerd op aanzicht en verwerking. 'Helling' geeft de waargenomen hellingshoek van de verschillende lagen aan. 'Overgang naar onderliggende formatie' geeft het contact aan met andere lagen. Vaak is dat onduidelijk, vandaar het vraagteken. 'Interpretatie' geeft het veronderstelde afzettingsmilieu aan.



▲ Afb. 4. Kodiak, naar de genomen foto van NASA. Het toont de bottomsets, foresets en topset van de delta met het overliggende (erosieve) conglomeraat. Bron: NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS/J. Bell.



▲ Afb. 5. Een schematisch overzicht van een delta op Aarde, met vlakke bottomset, hellende foresets en vlak liggende topset. Met dank aan J. Heutink, die de tekening maakte naar een figuur door de US National Park Service.

## De westelijke spoelzandvlakte

De ontsluiting van de westelijke fan bestaat uit drie onderdelen: A1 t/m A3 (zie tabel).

A1, de onderste, bestaat uit lagen met een (30 graden) hellingshoek richting zuidwest. De steile hellingshoek wijst in de richting van afzetting op een delta óf opvulling van een geul in een rivier.

A2 bestaat uit een lensvormig lichaam van grof conglomeraat. De grootste keien zijn 1,5 meter lang. Sommige keien zijn afgerond, andere juist hoekig en er is binnen het pakket geen duidelijke structuur te onderscheiden. Het is waarschijnlijk afgezet vanuit een snelstromend water dat genoeg kracht had om de grote blokken te transporteren. De lensvorm duidt op opvulling van een geul.

A3 is fijnkorreliger. De lagen liggen vrijwel vlak, met intern enige scheve gelaagdheid. Waarschijnlijk gaat het om een zandsteen. Er zijn wat geïsoleerde keien te zien, met een maximale grootte van 50 cm.

Er zijn nog wat andere ontsluitingen van de westelijke fan. Ze vertonen onderin nagenoeg vlak liggende lagen van relatief fijnkorrelig materiaal. De top wordt erosief ingesneden door een conglomeraat dat weinig structuur vertoont, hoewel er een vage hellende gelaagdheid zichtbaar is. Het heeft afgeronde en hoekige keien. Deze opeenvolging van vlakliggende fijnkorrelige sedimenten, erosief afgesneden door een grof conglomeraat, lijkt op K4 en K5 van Kodiak: delta-topsets met erbovenop een invulling van een riviergeul.

## Mineralen

Met behulp van spectroscopische metingen heeft men de mineralogie van de keien van het conglomeraat proberen te bepalen. [Spectroscopie onderzoekt de interactie

van materie met straling van verschillende energie: straling van wisselende energie wordt uitgezonden naar het materiaal, waarna het spectrum dat terugkaatst iets zegt over aard en fysische eigenschappen van het materiaal; je kunt er dus op afstand bepaalde eigenschappen mee bepalen. Handig voor astronomen!] Het lijkt te gaan om calciumpyroxeen, die waarschijnlijk afkomstig is van de kraterrand óf van de originele Marskorst, op grote afstand van de krater. Een forse transportafstand lijkt heel waarschijnlijk gezien de afronding van een deel van de keien. Andere delen van de fan bestaan uit phyllosilicaten en olivijn. Het wachten is natuurlijk op de monsters voor nadere analyse.

## Klimaat

Zowel Kodiak als de westelijke spoelzandvlakte vertonen dus afzettingen die in water zijn ontstaan, op een delta of in een rivier. De delta van Kodiak lijkt te zijn gevormd in een diep kratermeer met een fluctuerend waterniveau. Het klimaat op Mars zal in die tijd, miljarden jaren geleden, warm en vochtig genoeg zijn geweest om dit mogelijk te maken. De waterafvoer zal ook variabel zijn geweest, gezien de hoog-energetische afzettingen van K5 en A2. Dit soort bijna catastrofale gebeurtenissen kan het gevolg

zijn geweest van hevige regenval, het heel snel afsmelten van gletsjers (bijv. bij verhitting door vulkanisme) of door overstromingen van bijv. gletsjermereen. Of het kratermeer – met de delta – nog steeds actief was toen die grove conglomeraten werden afgezet, of dat er miljoenen jaren zitten tussen vorming van de delta en de conglomeraten, is nu niet met zekerheid te zeggen.

## Vervolgonderzoek

Het bemonsteren van door het water vervoerde keien maakt het mogelijk om de Marskorst van een gebied verderop (buiten de Jezero Krater, en dus ouder) te onderzoeken. Daarnaast bieden de fijnkorrelige sedimenten – met hun ijzer/magnesium smectiet (een kleimineraal) – van met name de bottomsets van de delta, de kans om organisch materiaal te bevatten. En we weten nu zeker, dat er op Mars water is geweest.

Het wachten is op het terugbrengen van de monsters naar Aarde. Spannend! Dat zal overigens nog wel even duren; naar men denkt tot 2031.

## Referenties

- Mangold, N. et al., Perseverance rover reveals an ancient delta-lake system and flood deposits at Jezero Crater, Mars. *Science* 374, p. 711–717 (5 nov. 2021)
- Annemieke van Roekel. Ons verleden ligt op Mars. *Eos*, feb. 2009, p. 94–97. [avroekel.home.xs4all.nl/pdf/mars\\_en\\_aarde.pdf](http://avroekel.home.xs4all.nl/pdf/mars_en_aarde.pdf)
- Nasa Science Mars Exploration Program [mars.nasa.gov/resources/25700/the-road-ahead-for-perseverance/](https://mars.nasa.gov/resources/25700/the-road-ahead-for-perseverance/)