

# Moddery





Moddervulkanen zijn bronnen van methaan, maar ook van informatie

# vulkanen bronnen van broeikasgas

Moddervulkanen spuiten sedimenten van tientallen miljoenen jaren oud naar het aardoppervlak. Een schat van informatie voor sedimentologen, maar ook een bron van het ongewenste broeikasgas methaan.



**M**oddervulkanen vinden we, net als de ons beter bekende 'magmatische' vulkanen, op het land en op de zeebodem. Een belangrijk verschil met magmatische vulkanen, die tijdens erupties grote hoeveelheden gesmolten magma (lava) uitspuwen, is dat moddervulkanen, de naam zegt het al, modder spuiten. Maar ook stenen en methaangas komen met de modderstroom uit de diepte naar boven. Het methaan is de stuwende kracht achter een eruptie van een moddervulkaan. Net als een magmatische vulkaan wisselt een moddervulkaan actieve periodes met erupties af met periodes waarin sprake is van een 'slapende' toestand. Ze kunnen een caldeira van grote afmetingen vormen en indrukwekkende vormen aannemen, ook al eroderen moddervulkanen sneller.

### CULTUS VAN HET VUUR

Er zijn zelfs eilanden die geheel door moddervulkanen zijn gevormd, zoals de Baku-archipel in de Kaspische Zee. Moddervulkanen zijn voor geologen een unieke bron van kennis van wat zich diep in de aarde afspeelt, op diepten die met boringen niet kunnen worden bereikt. 'De modder is afkomstig van sedimenten op grote diepte, soms zelfs vijfduizend meter diep,' zegt John Woodside, universitair hoofddocent van de afdeling Sedimentologie van de Faculteit Aard- en Levenswetenschappen van de Vrije Universiteit in Amsterdam en al sinds 1991 bezig met onderzoek naar moddervulkanen.

'In de Zwarte Zee komen sedimenten van een nóg grotere diepte naar boven. Als we uitgaan van een aangroei van sedimenten van tien centimeter per duizend jaar, dan kunnen we berekenen dat de leeftijd van het sedimentaire gesteente dat een moddervulkaan uitbraakt op kan lopen tot tientallen miljoenen jaren. Maar de aangroei van sedi-

menten varieert sterk per lokatie en de sedimenten kunnen zeer gemengd zijn. De vloeistof komt in het algemeen van nog diepere lagen dan de modder.'

Moddervulkanen komen overal ter wereld voor op plaatsen waar de aardkorst sterk in beweging is. Het methaangas dat tijdens de eruptie van een moddervulkaan vrijkomt, is afkomstig van de afbraak van organisch materiaal in de diepe sedimentlagen en vindt een ontspanningsroute via breuken in de aardkorst. Dit 'biogene' gas heeft een andere oorsprong dan het gas waar de gas- en olie-maatschappijen het op gemunt hebben. Maar niet alleen moet er in gebieden waar moddervulkanen ontstaan sprake zijn van intensieve tektonische krachten en intense plooiingen, andere kenmerken zijn diepe breuken en dikke sedimentlagen die in een relatief korte tijd zijn opgebouwd, aldus wetenschappers van het Geologisch Instituut in Azerbeidzjan, het land in de Kaukasus met de meeste moddervulkanen ter wereld.

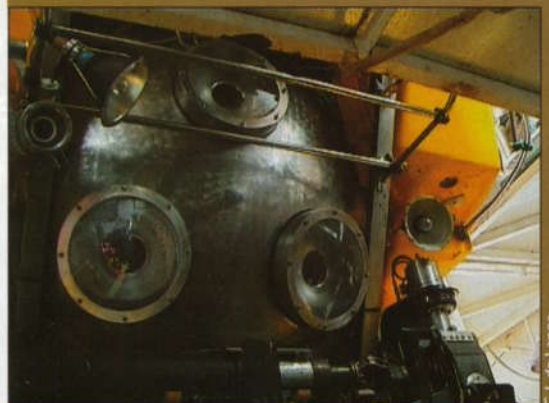
In preïslamitische tijden kende de regio zelfs een ware cultus van het vuur. Dat is niet zo gek, als we bedenken dat er op veel plaatsen in het land permanente, natuurlijke haarden van brandend methaangas zijn en het landschap op veel plaatsen wordt bepaald door grote of kleine (conisch gevormde) toppen en moddervelden. Azerbeidzjan grenst bovendien aan de Kaspische Zee, op de bodem daarvan liggen veel moddervulkanen. De Kaspische Zee wordt gekenmerkt door een snelle sedimentatie, veel meer dan de gemiddeld honderd tot tweehonderd meter per miljoen jaar. Behalve in Azerbeidzjan komen moddervulkanen onder meer voor in Turkmenistan, Georgië, Italië, Roemenië, de Middellandse Zee, de Zwarte Zee, Iran, Pakistan, India, Birma, China, Japan, Indonesië, Maleisië, Nieuw-Zeeland, het Caribisch gebied (Trinidad en



De groep deelnemers van de Nautilie-expeditie poseren voor de Nautilie, aan dek van het 'moederschip' R.V. Nadir (geheel rechts: staand J. Woodside, zittend G.J. de Lange).



Het weer aan boord hijsen, gezien vanuit de Nautilie, na 3-4 uur op de twee kilometer diepe bodem te hebben doorgebracht.



De drie raampjes aan de voorzijde van de Nautilie, van buiten gefotografeerd.



Door de copiloot in de Nautilie gemaakte foto van de drie raampjes met linksonder de piloot en rechtsonder liggend de wetenschapper (G.J. de Lange).

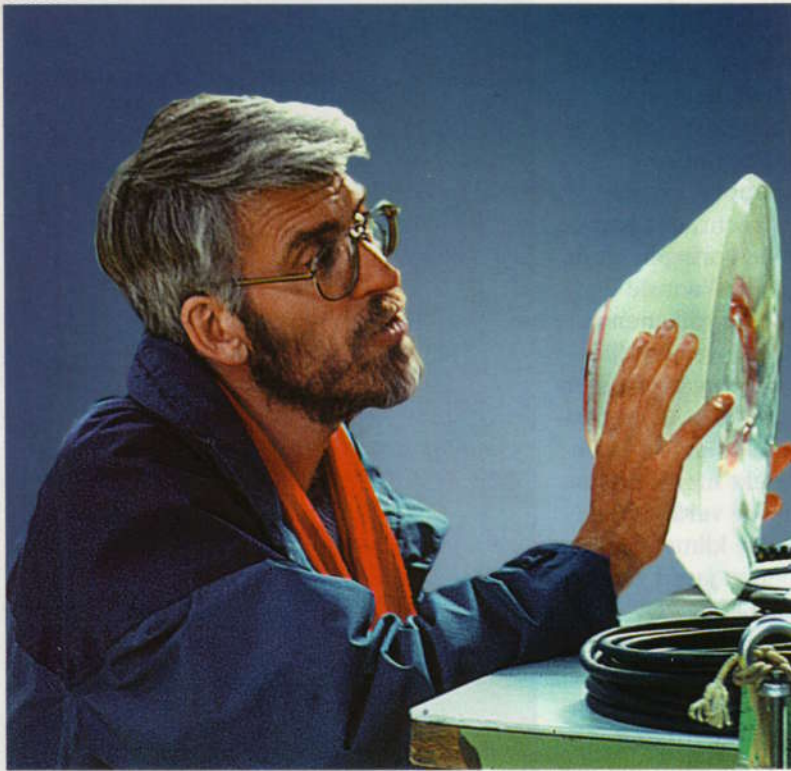
G.J. de Lange

G.J. de Lange

G.J. de Lange

Irene/NWO





Net voor de MEDINAUT expeditie werden de perspex raampjes van de Nautilus getest tot een druk vergelijkbaar met tien kilometer waterdiepte. G.J. de Lange bekijkt zo'n raampje kritisch. Door dit raampje heen werden een maand later enkele van de bijgaande foto's op twee kilometer diepte gemaakt.

Tobago), Mexico, Colombia, Venezuela en Ecuador.

### DIEPER BOREN

Nederlandse, Italiaanse, Franse en Russische geologen hebben zich het voorbije decennium vooral beziggehouden met de moddervulkanen in de Middellandse Zee. Daar zijn twee omvangrijke gebieden met moddervulkanen gelokaliseerd: het moddervulkanenveld Olympi, honderd vijftig kilometer ten zuiden van Kreta, met tientallen moddervulkanen en de Anaximander Mountains, ten zuiden van Zuidwest-Turkije.

Het Olympi-veld ligt op de Middellandse-Zeerug. De Afrikaanse plaat schuift hier onder de Euraziatische plaat (subductie). De sedimenten worden door de Euraziatische plaat als het ware van de Afrikaanse plaat 'afgeschraapt'. De plooiingen en misvormde lagen sedimenten die hierdoor ontstaan creëren een soort zwelling van de zeebodem, ook wel een 'rug' genoemd. De Middellandse-Zeerug, waar volgens schattingen van geologen in totaal enkele honderden

moddervulkanen voorkomen, strekt zich met een grote boog uit van de Adriatische Zee, onder Kreta langs en dan noordoostwaarts richting Cyprus. De Anaximander Mountains maakten in het geologisch verleden deel uit van het Turkse vasteland.

Met het Ocean Drilling Project (ODP) zijn sinds 1995 beide moddervulkanenvelden gedetailleerd in kaart gebracht. Woodside: 'Roken op het schip was streng verboden vanwege de grote hoeveelheden methaan die met het boormateriaal naar boven werden gehaald. Erg diep kon voor dezelfde reden niet worden geboord.' De mariene geofysicus verwacht meer van de booractiviteiten die in het kader van het International Ocean Drilling Project (IODP) uitgevoerd gaan worden, omdat hierin gebruik wordt gemaakt van de Riser-technologie.

*Door het raampje: links: monstername; midden: wit wolkje net boven de bodem met filamenteuze sulfideoxiderende bacteriën; op de bodem een dun wit laagje, vermoedelijk gespecialiseerde methaan- of sulfideoxiderende bacteriën, een krab sjokt hier doorheen.*



Detailopname van een kokerworm.



Het nemen van een bodemonmonster. De fel-witte vlekken zijn bacteriekolonies gespecialiseerd in sulfide en/of methaan-oxidatie, bij een cold seep of breuk in de aardkorst.



Een vis bij een cold seep of breuk in de aardkorst op de bodem van de Middellandse Zee, hier twee kilometer diep. Langs deze breuken sijpelen vloeistoffen en methaan uit diep gelegen sedimenten naar het aardoppervlak.





'Met de Riser-technologie neemt het risico op calamiteiten met methaan aanzienlijk af, zodat dieper kan worden geboord. Want hoe dieper de boringen, des te groter het risico dat methaanrijke sedimenten worden aangeboord.' De wetenschappelijke uitdaging van moddervulkanen is voor Woodside de kennis die het fenomeen oplevert over de opbouw van sedimentlagen (stratigrafie). Bij het dateren van de Anaximander Mountains maakte hij gebruik van de kennis die moddervulkanen hebben opgeleverd. In de Middellandse Zee zijn de oudst bekende moddervulkanen anderhalf miljoen jaar geleden ontstaan.

### EXPEDITIE

In 1998 werden de moddervulkanen in de Middellandse Zee voor het eerst per duikboot bezocht. Het betrof een Nederlands-Franse expeditie (MEDINAUT) met een multidisciplinair onderzoeksteam aan boord. Het team bestond uit sedimentologen, geofysici, microbiel ecologen en geotechnici. Met de Nautilie, een mini-onderzeeër waarmee eerder dat jaar de Titanic nog was gefilmd, kon vanwege de beperkte ruimte behalve de piloot en een technicus, maximaal één wetenschapper per keer (per dag) naar de zeebodem afdalen.

De Nautilie, een titanium bol met een diameter van twee meter, heeft een geavanceerde technische uitrusting voor diepzeeonderzoek aan boord. Met grote schijnwerpers werd de bodem, waar geen zonlicht doordringt, bekeken en werden foto- en video-opnames gemaakt. Met de hydraulische grijparmen van de onderzeeër werden monsters genomen. Dit alles speelde zich af op een diepte van ongeveer tweeduizend meter. Na de MEDINAUT-expeditie in 1998 volgde in 1999 een tweede expeditie (MEDINETH).

'Deels lijken de moddervulkanen in Olympi ongeordend

gerangschikt, deels liggen ze in een rechte lijn op een breukvlak,' zegt geochemicus Gert de Lange van de Faculteit Aardwetenschappen van de Universiteit Utrecht, ook aanwezig tijdens de boringen en de expeditie in 1998. Voor de Lange zijn moddervulkanen in de Middellandse Zee een rijke bron van kennis voor zijn onderzoek naar het klimaat in de oudheid (paleoklimatologie). In de sedimenten zoekt hij naar aanwijzingen voor de veranderingen in het aardse klimaat zoals die zich miljoenen jaren geleden voordeden. De Lange: 'De Middellandse Zee is tussen de vijf en zes miljoen jaar geleden opgedroogd. Er heeft zich toen een dik pakket zoutkorsten afgezet. Hieronder heeft het gas zich goed kunnen ophopen. Dat maakt de moddervulkanen in dit gebied zo bijzonder.'

Het methaan vindt ook een weg naar boven langs de cold seeps. Langs breuken in de aardkorst sijpelen hier vloeistoffen en methaan afkomstig uit diep gelegen sedimenten naar het aardoppervlak. Een ander aan moddervulkanen gerelateerd fenomeen zijn de onderzeese pekellemeertjes, die waarschijnlijk ontstaan doordat zout, afkomstig van de enkele honderden meters diep gelegen zoutlagen, langs de breukvlakken naar boven wordt getransporteerd. Door het hoge soortelijk gewicht van dit pekelwater, dat rijk is aan methaan, mengt het zich niet met het veel lichtere zeewater en zoekt het lage delen op de zeebodem (depressies) op. Woodside zag zelf hoe vissen voorzichtig om de pekellemeertjes heen zwommen.

### BODEMBACTERIËN ETEN METHAAN

Methaan is een lastig broeikasgas. Het heeft een broeikaswer-

*Microben op een moddervulkaan. Doordat zonlicht ontbreekt, halen bacteriën op de zeebodem de nodige energie uit chemische stoffen, zoals zwavelverbindingen en methaan.*



*Kokerwormen bij carbonaatkorsten op de moddervulkaan Amsterdam. De moddervulkanen zijn genoemd naar de geboorteplaats van hun ontdekkers.*



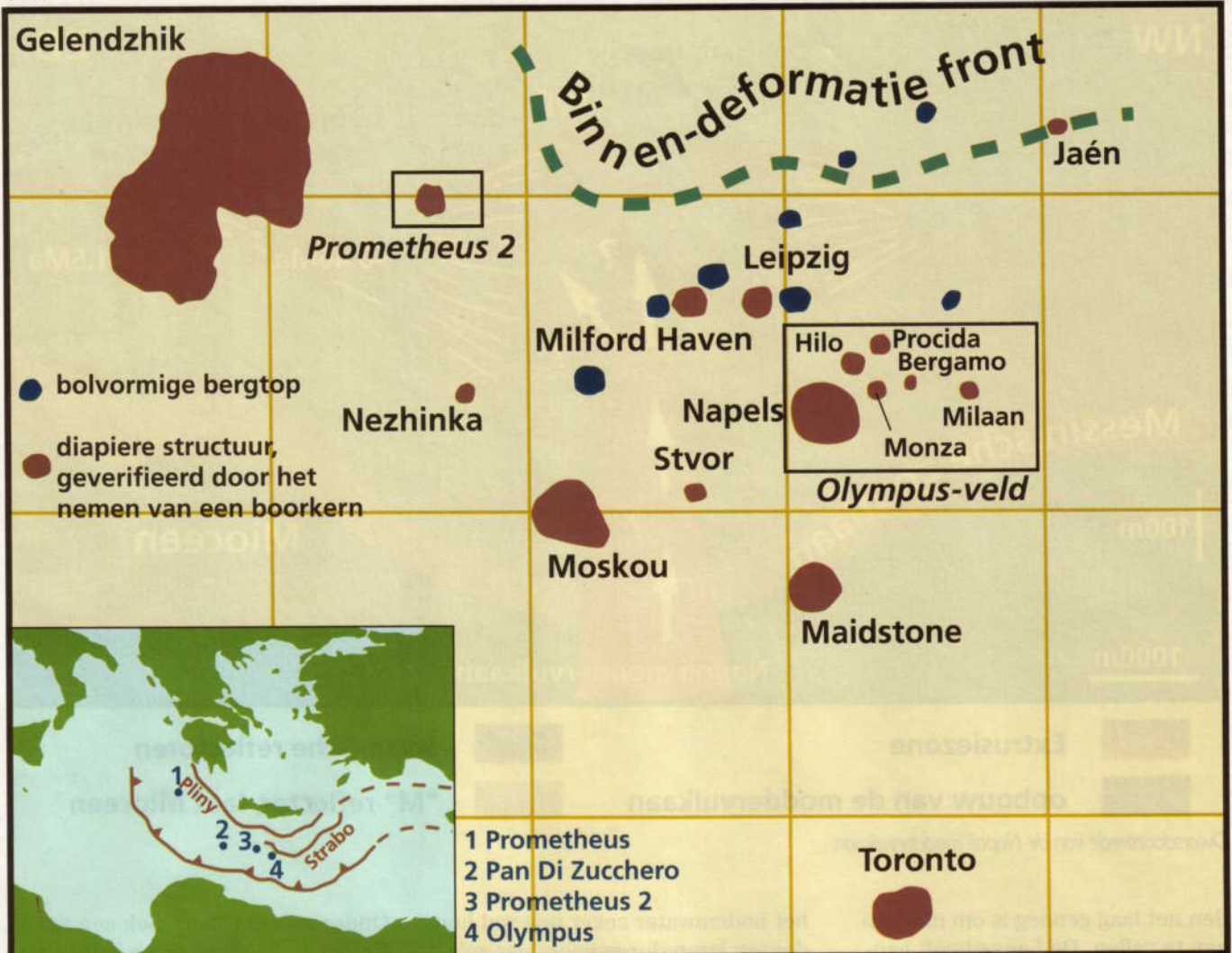
*Een onderzees pekellemeertje op de moddervulkaan Napoli. De diameter is ongeveer twee en een halve meter.*



*De afbraak van methaan door bodembacteriën is volgens microbiel ecologen een belangrijke factor voor de uiteindelijke mondiale uitstoot van het broeikasgas methaan. Hier zien we microbiële massa's rondom kleine openingen in de zeebodem op de moddervulkaan Napoli.*







Kaart van het Olympi-gebied.

king die ruim twintig keer zo sterk is als die van kooldioxide. 'Over de mondiale uitstoot van methaan vanuit zeeën en oceanen weten we nog maar bitter weinig,' zegt Woodside. Van op land gelegen methaanbronnen, zoals de toendra's in Rusland, de rijstvelden in Azië en veeteelt (methaan uit feces) weten we meer. 'Geologen zijn niet overdeeld in hun mening over de mate waarin de oceanen bijdragen tot de totale mondiale methaanemissie.' Hoeveel methaan er in de aarde aanwezig is, hoeveel er via lekkages bij olie- en gasvelden kan ontsnappen, hoe frequent moddervulkanen uitbarsten, hoeveel methaan via cold seeps ontsnapt en hoeveel methaan ligt opgeslagen in de vorm van gashydraten en door gewijzigde klimaatomstandigheden in de atmosfeer terecht kan komen, het zijn allemaal factoren die in de berekeningen meespelen.

Volgens microbiële ecoloog Sander Heijs van de Rijksuniversiteit

Groningen is ook de afbraak van methaan door micro-organismen een belangrijke factor. 'De mondiale uitstoot van methaan uit zeeën, oceanen en land, gemeten door de toename van methaan in de atmosfeer, blijkt minder groot te zijn dan de theoretische berekeningen suggereren,' zegt Heijs. Hij verklaart dit door consumptie door bacteriën die methaan als voedselbron gebruiken. 'Deze bacteriën komen door de afbraak van methaan door middel van zuurstof aan hun energie (chemosynthese).'

Recent onderzoek toonde overigens aan dat methaan ook zonder zuurstof (anaëroob) kan worden opgenomen door een groep micro-organismen, Archaea genaamd. Volgens Heijs kan deze anaërobe methaanconsumptie een belangrijke rol spelen voor de toename van methaan in de atmosfeer. Hij onderzoekt op dit moment met behulp van DNA-methoden de micro-organismen in bodemmon-

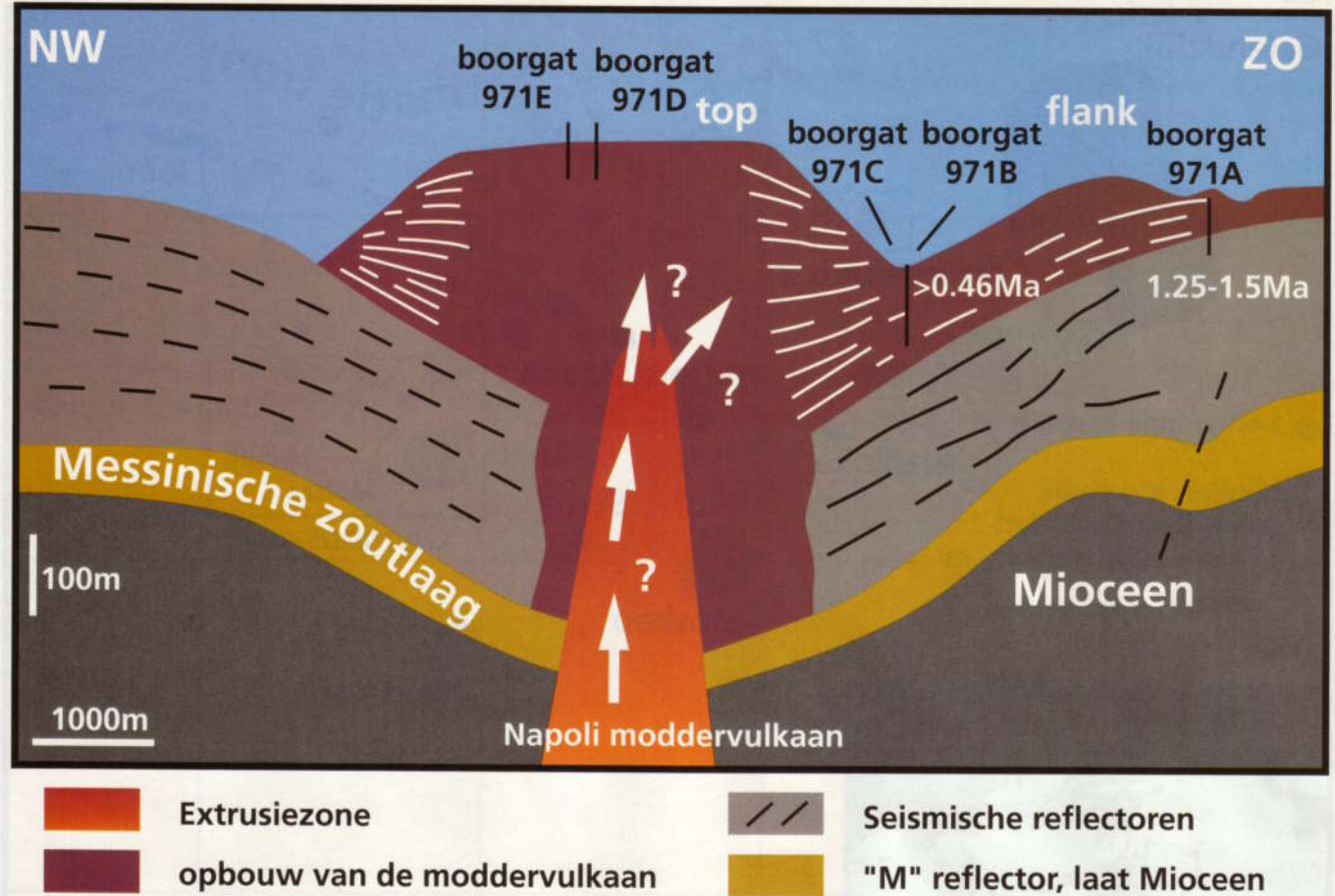
sters uit de Middellandse Zee. Zo is hij onder meer op zoek naar nieuwe – nog levende of inmiddels uitgestorven – soorten Archaea.

### GASHYDRATEN

Ofschoon ze er niet indrukwekkend veel vonden, ontdekte het MEDINAUT-team ook gashydraten, een sneeuwachtige substantie van in waterkristallen 'gevangen' methaan-gas. De meeste gashydraten in de Middellandse Zee liggen dicht onder de bodem, bij een temperatuur van circa veertien graden Celsius. Gashydraten zijn stabiel onder hoge druk en lage temperatuur, maar vallen bij transport naar het wateroppervlak uiteen door afnemende druk en stijgende temperatuur. Monsters kunnen worden genomen als de gashydraten op min tachtig graden Celsius worden gehouden.

Voor de gashydraten op de bodem van de Middellandse Zee geldt dat een temperatuur van veertien gra-





Dwarsdoorsnede van de Napoli moddervulkaan.

den net laag genoeg is om niet uit-een te vallen. De Lange heeft aanwijzingen dat de gashydraten in het Olympi-veld mogelijk beginnen te smelten door de langzaam oplopende temperatuur van het bodemwater. Als de gashydraten in de Middellandse Zee uiteenvallen, dan heeft dat op mondiale schaal maar weinig effect, aldus de Lange. Hij berekende dat de moddervulkanen in de Middellandse Zee zo'n 1.014 kubieke meter methaangas bevatten, een hoeveelheid die vergelijkbaar is met tweeduizendmaal het jaarlijkse aardgasverbruik in Nederland. De Lange: 'In een relatief kleine zee als de Middellandse Zee verwacht ik veeleer belangrijke lokale milieu-effecten, want de oxidatie van methaan zou hier kunnen leiden tot zuurstofloze condities in het diepe water.'

Over de rol van gashydraten in de oceanen bij een mondiale klimaatverandering heeft de Lange geruststellende vooruitzichten: 'Doordat de meeste oceanische gashydraten honderden meters diep in de sedimenten liggen, kan het bij een mogelijke temperatuurstijging van

het bodemwater zeker nog wel honderden jaren duren vooraleer zo'n 'temperatuursfront' bij de gashydraten aankomt. Ik verwacht daarom dat een mondiale temperatuurstijging op de oceanische gashydraten voorlopig weinig effect zal hebben. In het verre verleden hebben gashydraten bij klimaatverandering wél een rol gespeeld. Woodside: 'Paleoklimatologen hebben aan de hand van isotopenonderzoek het bewijs geleverd dat vijftien miljoen jaar geleden, toen het klimaat sterk is veranderd, gashydraten een rol hebben gespeeld.'

Het onderzoek naar de moddervulkanen op de bodem van de Middellandse Zee wordt gefinancierd door de Franse organisatie Ifremer (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Er werken ook heel wat universiteiten aan mee. Behalve drie Nederlandse (Vrije Universiteit Amsterdam, Universiteit Utrecht en Rijksuniversiteit Groningen) en het NIOZ (Nederlands Instituut voor

Onderzoek der Zee), ook een aantal Franse universiteiten en instituten (waaronder Ifremer-Brest, Ifremer-Paris, Ifremer-Banjul en Ifremer-Villefranche/Nice).

Inmiddels investeerden ook Duitsland, Japan en de Verenigde Staten al veel geld om de eventuele winning van gashydraten op commerciële basis te onderzoeken. Interessante gebieden voor de commerciële exploitatie van gashydraten liggen aan de oosten en westkust van Noord-Amerika en ten noorden van Canada. In de Middellandse Zee gaat het om voor commerciële exploitatie te geringe hoeveelheden.

Annemieke van Roekel

## NOG MEER WETEN?

Op onze site vindt u extra links naar meer informatie over dit onderwerp.

[www.eosweb.com](http://www.eosweb.com)