

# Vulkanen schrijven geschiedenis

## Historische effecten van grote vulkaanuitbarstingen

door Frank Beunk

Aardwetenschappen, Vrije Universiteit  
frank.beunk@vu.nl



Het Imperium Romanum, het Romeins Keizerrijk, ontstond in het jaar 27 v. Chr. met Augustus als eerste keizer. Augustus was de geadopteerde zoon van Julius Caesar, die in 44 v. Chr. werd vermoord. De daaropvolgende onrust in Rome, voorafgaand aan het verval van de republiek en de overgang naar het keizerrijk, werd aangewakkerd door jaren van misoogsten en hongersnood. In Egypte heerste tezelfdertijd, sinds 332 v. Chr., het koningshuis der Ptolemaeërs, met Cleopatra VII als laatste koningin. De dynastie ging in 30 v. Chr. na jaren van misoogsten ten onder.

Niet voor het laatst bij hongersnood en maatschappelijke omwenteling blijkt de oorzaak een vulkaanuitbarsting te zijn geweest. Deze relatie is in juli 2020 tot in detail ontrafeld door een internationale groep van twintig klimaatonderzoekers, historici, archeologen en classici (McConnell e.a., en Oppenheimer, 2020). Bijna veertig jaar geleden veronder-

stelden Stothers en Rampino (1983) al dat er rond tweeduizend jaar geleden ongewone vulkanische activiteit in het Middellandse Zeegebied heerste.

Vergilius schreef in zijn leerdicht over de landbouw 'Georgica' dat de zon verduisterde na de moord op Caesar. Andere tijdgenoten beschreven spectaculaire halo's om de zon, en bijzonnen, veroorzaakt door lichtbreking aan stratosferische ijskristallen.

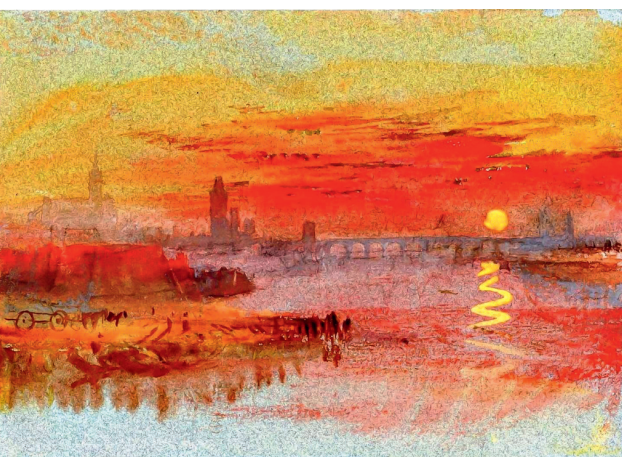
Je kunt de schilderijen van de vroeg-negentiende-eeuwse schilders Caspar David Friedrich en William Turner (afb. 1) er op nakijken, om te zien tot welke kleurige luchten de stofsluier van de uitbarsting van de vulkaan Tambora in 1815 op het Indonesische eiland Soembawa in Europa leidde.

### Afkoeling door vulkaanuitbarsting

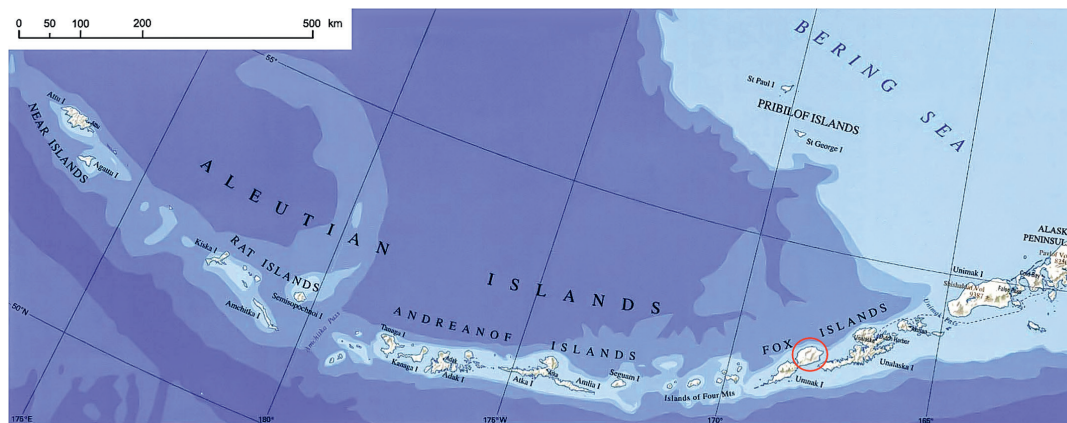
In de twee jaren na Caesars dood was het in het Middellandse Zeegebied ongewoon koud en heerste er, dientengevolge, wijdverbreide hongersnood. De afkoeling was een van de zwaarste uit de laatste 2500 jaar en is ook bekend van boomringonderzoek in Scandinavië en de Alpen, waar het in de zomers van 43 en 42 v. Chr. 3, resp. 2,5 graden kouder was dan normaal. Noordoost-China was gedurende drie jaren, vanaf 45 v. Chr., meer dan twee graden kouder dan normaal, zoals gereconstrueerd uit groeirandjes van druipsteen, terwijl naaldbomen in Californië vorstschade hebben bewaard uit begin september van 43 v. Chr. De Griekse historicus Plutarchus beschreef rond 100 n. Chr. de effecten van een stratosferische stofsluier in 43 v. Chr. als volgt, in vertaling door B.H. Steringa Kuyper (1898, p. 134):

▲ De Okmok-vulkaan op het eiland Umnak (Aleoeten). Foto: Janet Schaefer, Alaska Volcano Observatory/ Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys.

◀ Afb. 1. J.M. William Turner: The Scarlet sunset, 1830-1840. Turner schilderde zulke kleurige luchten tot in de jaren '40 van de 19e eeuw, meer dan 25 jaar na de Tambora-uitbarsting. Dergelijke langdurige atmosferische effecten van explosieve vulkaanuitbarstingen zijn niet verwonderlijk, gegeven het 1000-jarige effect van de Toba-eruptie, 74.000 jaar geleden. Publiek domein; foto: ©Tate CC-BY-NC-ND 3.0 [www.tate.org.uk/art/artworks/turner-the-scarlet-sunset-d24666](http://www.tate.org.uk/art/artworks/turner-the-scarlet-sunset-d24666)



► Afb. 2. De vulkanische Aleoeten-eilandboog, met het eiland Umnak midden-rechts (rood omcirkeld). De Okmok-caldera (afb. 3) vormt de noordoostelijke helft van het eiland, in de rode cirkel. Onder de eilandboog subduceert de Noord-Pacifische oceaانبodem onder de Beringzee. Bij Umnak is de diepzeetrog bijna 7 km diep. Afb.: national-atlas.gov/ U.S. Geological Survey via Wikimedia Commons/ publiek domein.



*‘Want gedurende dat geheele jaar ging de zon bleek en glansloos op en straalde zij zulk eene zwakke en haast onmerkbaar warmte uit, dat eensdeels ten gevolge van het geringe uitzettingsvermogen der zonnwarmte de lucht donker en zwaar op alles neerhing, anderdeels de vruchten, nauwelijks half rijp en nog tot geene merkbare ontwikkeling gekomen, door de koude der atmosfeer verwelkten en verdorden.’*

### Reconstructie door ijskernen

De boosdoener bleek een vulkaan aan de andere kant van de wereld te zijn geweest, de Okmok, op het eiland Umnak, in de Aleoeten-eilandboog van Alaska (afb. 2 en 3). Okmok barstte de laatste eeuw ongeveer eens per tien jaar uit, voor het laatst in 2008. Veel langer geleden, in het begin van het jaar 43 v.Chr. veroorzaakte hij één van de grootste erupties van de laatste 2500 jaar. Op het eiland zelf is de vulkanische aslaag 50 tot 100 m dik. Tot op enkele maanden nauwkeurig hebben de onderzoekers die geschiedenis ontrafeld aan zes ijskernen uit het noordpoolgebied, waarvan vijf uit Groenland. Ijskernen laten deze gedetailleerde informatie zien, omdat de wintersneeuw op de ijskappen zich jaar na jaar tot dunne ijslaagjes verdicht. Deze laagjes laten zich lezen als bladzijden uit een geschiedenisboek.

In de ijskernen vond men de fall-out van vulkanische as van twee opeenvolgende uitbarstingen. De

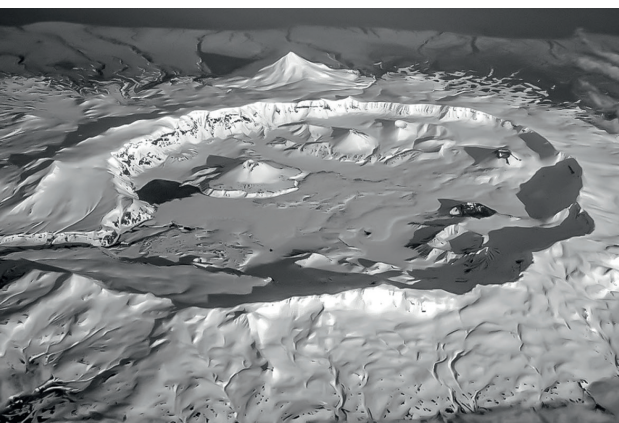
eerste neerslagen, in januari-februari van het jaar 45 v.Chr., waren van korte duur en beperkt tot het noorden van Groenland. Ze waren daarom van nabije herkomst, waarschijnlijk afkomstig van IJsland. De asregens van de tweede uitbarsting, vroeg in 43 v.Chr.,

hielden twee jaar aan. Klimaatmodellen wijzen er op dat het afkoelend effect tot in de jaren 30 v.Chr. aanhield. Chemische analyse van (35) asdeeltjes uit de ijskernen wijzen met grote waarschijnlijkheid naar de caldera van de Okmok.

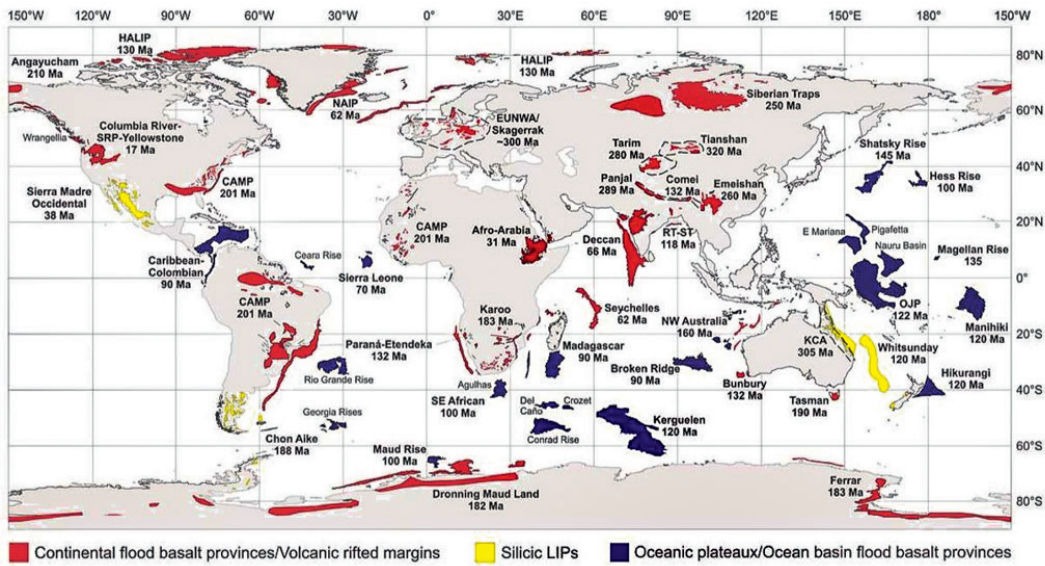
Behalve vulkanische as bevatten de ijslaagjes van die jaren ook ongewoon veel sulfaat. Dit sulfaat kan uit twee bronnen afkomstig zijn: zeewater en vulkanische zwaveldioxide. De twee bronnen zijn te onderscheiden op grond van de verhoudingen van de drie zwavelisotopen (met massagetalen 32, 33 en 34). De isotopenverhoudingen in het ijs laten zien dat vulkanisch zwaveldioxide uit de stratosfeer (boven de ozonlaag) afkomstig was, waar uv-straling van de zon een karakteristieke verschuiving van de isotopenverhouding veroorzaakt als het zwaveldioxidegas kristalliseert tot vaste sulfaatdeeltjes. De stratosferische herkomst wijst op een heftige uitbarsting. Stratosferische stofsluiers van vulkanische as en sulfaat verspreiden zich wereldwijd en doen er op die hoogte jaren over om volledig uit te regenen. Een animatie van de tijdlijn rondom de eruptie van de Okmok is hier te vinden: [www.newscientist.nl/nieuws/gigantische-vulkaanuitbarsting-in-alaska-droeg-bij-aan-ongang-romeinse-republiek/](http://www.newscientist.nl/nieuws/gigantische-vulkaanuitbarsting-in-alaska-droeg-bij-aan-ongang-romeinse-republiek/)

Klimaatshokken door abrupte gebeurtenissen, zoals vulkaanuitbarstingen, veroorzaakten in de maatschappijen van de klassieke oudheid al gauw hongersnoden. Verbanden tussen politieke instabiliteit en verstoringen van de jaarlijkse overstromingen van de beneden-Nijl in Egypte, essentieel voor de landbouw, zijn goed bekend. Egypte gold in die tijd als de graanschuur van het Middellandse Zeegebied. Er zijn twee hongersnoden bekend in Egypte uit de tijd van Cleopatra: in 43 en 42 v.Chr. In die jaren overstromde de Nijl niet, weten we van Seneca, en konden de Romeinse legers geen graan uit Egypte krijgen, omdat het land door hongersnoden

▼ Afb. 3. De Okmok-caldera, op het eiland Umnak. ~10 km breed, ontstaan bij de uitbarsting van 43 v.Chr. De kraterranden zijn bijna 1000 m hoog en liggen 650 m boven de caldera-vloer. Foto: Cyrus Read, Alaska Volcano Observatory / U.S. Geological Survey.







◀ Afb. 4. Post-Carbonische plateau-erupties wereldwijd, met hun ouderdommen. De meeste zijn basaltisch van samenstelling en komen zowel op de continenten (rood) als in de oceanen (blauw) voor. De Siberische plateau-basalten ('traps'), grens Perm-Trias, 250 miljoen jaar oud, bedekten een gebied van 2 miljoen km<sup>2</sup> en hadden een geschat volume van ruim 4 miljoen km<sup>3</sup>. Bron: Bryan & Ferrari, 2013.

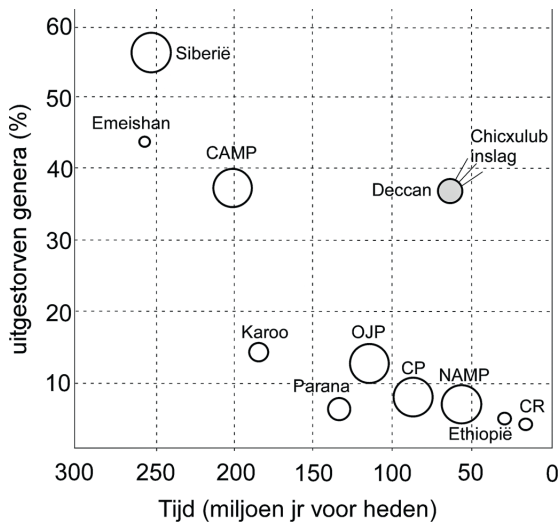
uitgeput. De klimaatreconstructies van het onderzoek laten zien dat de bovenloop van de Nijl het grootste deel van het jaar veel droger dan normaal is geweest.

een volume kleiner dan 10.000 m<sup>3</sup> (10<sup>-5</sup> km<sup>3</sup>). Schaal 8 is 'megakolossaal'.

In Europa gold 1816 als "het jaar zonder zomer", veroorzaakt door de Tambora-explosie. Het lijstje hierboven illustreert dat het nog vele graden erger kan dan wat Okmok of Tambora leverden. De Toba-eruptie (Sumatra) van 74.000 jaar geleden erupteerde 3000 km<sup>3</sup> magma en veroorzaakte een wereldwijde afkoeling ('vulkanische winter') die duizend jaar aanhield. Hij liet een krater achter van 30 bij 90 km. Zulke uitbarstingen treden maar eens per 100.000 jaar op. De uitbarsting van de Yellowstone supervulkaan van 2,1 miljoen jaar bedekte heel Noord-Amerika met vulkanische as.

Tot de 9-plus-categorie horen de grote basaltplateaus van afb. 4 en 6. Door de Siberische plateau-basalten, 250 miljoen jaar geleden uitgevloeid (grens Paleozoïcum-Mesozoïcum: grens Perm-Trias; afb. 4), stierf meer dan 55% van de Paleozoïsche genera uit en 90% van de soorten, het grootste uitsterven ooit (afb. 5). Dat deze 9-plus-uitbarsting zo'n ingrijpend effect had op de biosfeer, en bijv. die van de vergelijkbare plateau-basalten in de oceanen niet (bijv. CP, OJP, afb. 5), komt doordat de Siberische magmabron onder dikke koolafzettingen uit de voorafgaande Carbonperiode lag. Het magma verbrandde massa's kool en veroorzaakte daarmee een geweldig broeikas-effect - het natuurlijk equivalent van het opstoken van fossiele

◀ Afb. 5. Uitsterven van genera (in %) in de geologische geschiedenis (in miljoenen jaren), als gevolg van de eruptie van plateau-basalten. De Siberische, op de Perm/Triasgrens, was de meest catastrofale van alle. CAMP=Centraal-Atlantische magmatische provincie, NAMP = Noord-Atlantische magmatische provincie, OJP=Ontong-Java plateau, CP=Caraïbisch plateau, CR=Columbia River plateau. De ligging van de verschillende plateaus is te zien in afb. 4. Tijdens uitvloeiing van het Indiase Deccan-plateau sloeg de eind-Krijt-meteoriet in Mexico in. De schaal van de cirkels is in miljoenen kubieke kilometers, van <2 tot >4 miljoen km<sup>3</sup>. Naar Sobolev et al., 2011.



### Grote erupties

Okmok stootte bij de calderavormende eruptie van 43 v.Chr. ongeveer 30 km<sup>3</sup> aan magma uit. Het classificeert de uitbarsting als één met een vulkanische explosiviteitsindex (VEI) van 6. De VEI-schaal is logaritmisch, met nul als laagste waarde. Elk punt hoger op de schaal betekent een vertienvoudiging van het geërupteerde magmavolume. Schaalwaarde nul betekent 'niet explosief' en met

### Voorbeelden van grote uitbarstingen

- VEI 5** Mt. St. Helens (Washington, VS), 1980.
- VEI 6** Pinatubo, Filippijnen, 1991; Vesuvius 79 n. Chr. en Laacher See (Eifel), 12.900 jaar geleden.
- VEI 7** Samalas (Lombok, Indonesië), 1257; Tambora (Soembawa, Indonesië), 1815.
- VEI 8** Taupo, Noordereiland van Nieuw-Zeeland, 26.500 jaar geleden; Yellowstone (Wyoming, VS), 640.000 en 2,1 miljoen jaar geleden; Toba (Noord-Sumatra, Indonesië), 74.000 jaar geleden.
- VEI 9+** Kerguelen vulkanisch plateau in de Indische oceaan, 112 miljoen jaar geleden; Ontong-Java plateau en Manihiki-, Hess Rise- en Hikurangi oceanische plateaus in de Pacifische Oceaan, 121 miljoen jaar geleden.



▲ Afb 6. Voorbeeld van plateaubasalten: de Columbia River basalten, Washington, NW-VS. Talloze horizontale lavastromen vormen er een 17 miljoen jaar oud plateau. Foto: Publiek domein.

brandstoffen door de moderne mens. De broeikas veroorzaakte een domino-effect van instortende mariene en terrestrische ecosystemen.

### Tot slot

Causale verbanden tussen meer alledaagse uitbarstingen, vergelijkbaar met de Okmok-eruptie, en historische omwentelingen zijn niet altijd makkelijk te vinden. Waarschijnlijk liggen er nog verschillende verborgen onder het stof van de geschiedenis. Welbekend is de ondergang van het Minoïsche rijk op Kreta door een tsunami, die volgde op de eruptie van de nabije Santorini-vulkaan in de Egeïsche Zee, in 1628 v.Chr. Een eruptie van de vulkaan Samalas (VEI $\geq$ 7) op het Indonesische eiland Lombok in 1257 n. Chr. is teruggevonden in de sterkste van de nu bekende zwavelpieken in poolijs op Groenland en Antarctica. Het was de grootste injectie van vulkanisch gas in de laatste tweeduizend jaar. Zijn sulfaatwolk leidde tot een catastrofale koudegolf in de jaren erna en tot verergering van hongersnoden en politieke beroering in Japan en Europa, het meest nog in Engeland (Lavigne et al., 2013; ter Voorde, 2013; Wade et al., 2020): “*To blame was a run of bad weather and failed harvests. Thousands of famished famine refugees flocked to London in quest of food and charity, where many of them perished and were buried in mass graves*” (Campbell, 2017). Men schrijft het laat-middeleeuwse begin van de ‘Kleine IJstijd’ aan deze uitbarsting toe. In september 2020 kwamen Chinese onderzoekers tot de conclusie dat een jarenlange periode van ‘megadroogte’, die in 1644 een eind maakte aan de Ming-dynastie, mogelijk te herleiden is tot een uitbarsting van de vulkaan Mount Parker op het Zuid-Filippijnse eiland Mindanao in 1641 (Chen et

al., 2020). Bij de eruptie van de Laki-spleet op IJsland in 1783 kwam zoveel zwavel vrij (vergelijkbaar met de Okmok en de Samalas), dat slecht weer in de daaropvolgende jaren in Europa misoogsten, honger en maatschappelijke onrust veroorzaakte. In 1789 volgde de Franse Revolutie. Vulkanen schrijven geschiedenis!

### Literatuur

- Bryan, S.E., Ferrari, L., 2013. Large igneous provinces and silicic large igneous provinces: Progress in our understanding over the past 25 years: Geological Society of America Bulletin, 125, 1053–1078; <https://doi.org/10.1130/B30820.1>
- Campbell, B.M.S., 2017. Global climates, the 1257 mega-eruption of Samalas volcano, Indonesia, and the english food crisis of 1258. Transactions Royal Historical Society 27, 87–121; <https://doi.org/10.1017/S0080440117000056>
- Chen, K., et al., 2020. One drought and one volcanic eruption influenced the history of China: The late Ming Dynasty mega-drought. Geophysical Research Letters, 47; <https://doi.org/10.1029/2020GL088124>
- Lavigne, F., et al., 2013. Source of the great A.D. 1257 mystery eruption unveiled, Samalas volcano, Rinjani volcanic complex, Indonesia. Proceedings National Acad. Sciences (PNAS), USA, 110 (42), 16742–16747; <https://doi.org/10.1073/pnas.1307520110>
- McConnell, J.R., et al., 2020. Extreme climate after massive eruption of Alaska’s Okmok volcano in 43 BCE and effects on the late Roman Republic and Ptolemaic Kingdom. Proceedings National Acad. Sciences (PNAS) USA, 117 (27), 15443–15449; <https://doi.org/10.1073/pnas.2002722117>
- Oppenheimer, C., 2020. The sun of Rome is set! Volcanic dust veils and their political fallout. Commentary. PNAS 117, 3pp; <https://doi.org/10.1073/pnas.2011054117>
- Sobolev, S.V., A.V. Sobolev, D.V. Kuzmin, N.A. Krivolutskaya, A.G. Petrunin, N.T. Arndt, V.A. Radko, Y.R. Vasiliev, 2011. Linking mantle plumes, large igneous provinces and environmental catastrophes. Nature 477, 312–316; <https://doi.org/10.1038/nature10385>
- Steringa Kuyper, B.H., 1898. Plutarchus, Levens. Alexander en Caesar, deel 2. Vertaling uit het Grieks, 148 pp, S.L. van Looy (uitg.).
- Stothers, R.B., Rampino, M.R., 1983. Volcanic eruptions in the Mediterranean before AD 630 from written and archeological sources. J. Geophys. Res., Solid Earth, 88, 6357–6371.
- ter Voorde, M., 2013. Indonesische vulkaan schuldig aan koudegolf van 1258. NEMO Kennislink, 2 oktober 2013.
- Wade D.C., et al., 2020. Reconciling the climate and ozone response to the 1257 CE Mount Samalas eruption. PNAS <https://doi.org/10.1073/pnas.1919807117>