

# Kawah Ijen (Java): een vulkaan in blauw en geel

door Josje Kriest  
redactie.kriest@gea-geologie.nl



Afb. 1. Een zwavelmijnwerker draagt twee manden vol zwavel. Ervaren mijnwerkers kunnen een vracht dragen zwaarder dan hun eigen lichaamsgewicht. Foto: Wikimedia Commons, Jean-Marie Hullot via CC BY-SA 2.0.

In het oostelijk deel van Java ligt de vulkaan Kawah Ijen. De vulkaan produceert veel zwavel en dat levert naast heel fraaie plaatjes ook werk op voor mijnwerkers (afb. 1 en achterplaat). Daarnaast veroorzaakt de Kawah Ijen veel natuurlijke watervervuiling.

## Geologie

Java ligt op de rand van de Soenda continentale plaat, die over de Australisch-Indische oceanische plaat heen schuift, dus bovenop een subductiezone die al sinds het Tertiair actief is (afb. 2). Die subductie verklaart het vulkanisme en de aardbevingen in dit gebied.

Zo'n 300.000 jaar geleden werd er op Java een grote stratovulkaan gevormd, de Ijen (of Old Ijen). Gestolde lava en pyroklastische

afzettingen (tijdens vulkaanuitbarstingen uitgeblazen materiaal) vormden een vulkaankegel van meer dan drie kilometer hoogte, afgezet bovenop de Mioceen kalksteen. 50.000 jaar geleden vond er een groot aantal explosieve erupties plaats die een grote caldera (krater) vormden en dikke lagen vulkanische as produceerden. Sindsdien zijn er binnen de caldera vele kleinere stratovulkanen gevormd, waaronder Kawah Ijen in het oosten (afb. 3).

De vulkaan is nog steeds actief. De laatste grote eruptie vond plaats in 1817. Het magma ligt dicht aan het oppervlak, zodat het in de aardkorst aanwezige water wordt verhit. Dit leidt tot hydrothermale activiteit (stoom en heet water ontsnapt door spleten in de bodem) en freatische erupties (de explosieve ontsnapping van stoom en vulkanisch materiaal) met daaraan gerelateerde seismiek. De vulkaan wordt daarom voortdurend gemonitord.

## Blauw en geel

De stoom uit de bodem van de Kawah Ijen bevat veel zwavel. Een opening in de aardkorst waaruit hete gassen ontsnappen, noemt men een fumarole; een sterk zwavelhoudende fumarole wordt een solfatara genoemd. Het zijn deze solfatara's die het uiterlijk én de economische activiteiten van de omgeving van Kawah Ijen bepalen.

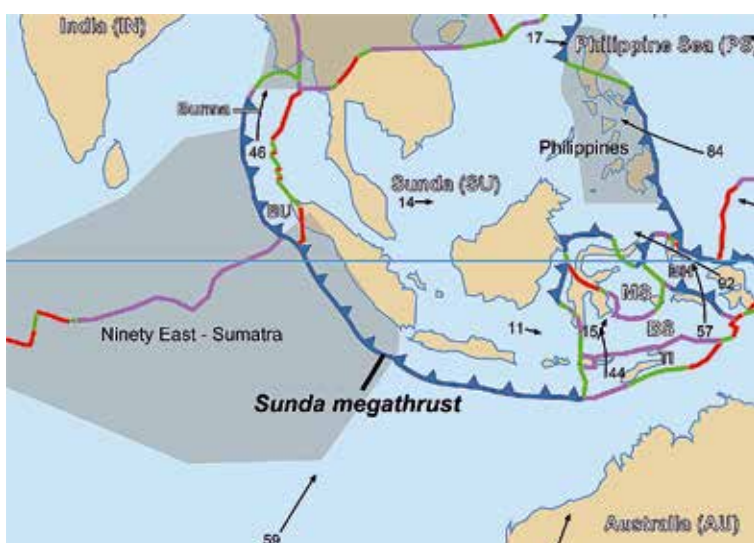
De krater van Kawah Ijen bevat een 180 meter diep meer van 700 bij 800 meter in diameter, met een uitzonderlijke turquoiseblauwe kleur. De kleur komt van de uiterst hoge zuurgraad van het water en de - daardoor ontstane - hoge concentratie van opgeloste metalen. Het meer van Kawah Ijen is het grootste 'zuurmeer' ter wereld. Het zuur komt van zowel chloor- als zwavelzuur. Het water heeft een pH van 0,5. Ter vergelijking: citroensap heeft een pH van 2!

Vooraf aan de rand van het meer, in de kraterwand, zijn de solfatara's te vinden (afb. 4). De hete gassen zijn - in de ondergrond - arm aan zuurstof, maar bij het uittreden mengen ze zich met zuurstof uit de lucht. Als de gassen heet genoeg zijn (tot 600 graden), vliegt de zwavel daardoor spontaan in brand. Dit levert 's nachts prachtige blauwe vlammen op (afb. 5), die wel vijf meter hoog kunnen worden. In de oudheid zijn dit soort blauwe vlammen ook gemeld van de zuidflank van de Vesuvius in Italië. Is de temperatuur niet zo hoog, dan condenseert de zwavel tot een rode vloeistof die over enige afstand wegvloeit alsof het lava is en vervolgens stolt tot een heldergeel mineraal. Dat levert een continue aanvoer van mijnbare zwavel op.

## Zwavelmijn

Bij de actieve solfatara's wordt de zwavel gemijnd. De mijnwerkers dalen 300 meter af langs de steile vulkaanwanden, breken beneden stukken gestolde zwavel af en dragen die in manden weer naar boven (afb. 1 en achterplaat). De drie kilometer verderop gelegen suikerraffinaderij levert de zwavel aan cosmetische bedrijven. De raffinaderij betaalt de mijnwerkers naar gewicht zwavel. Men kan tot 90 kg dragen en verdient per trip ongeveer zes dollar. Sommige mijnwerkers maken de tocht twee keer per dag, waarvan soms één keer 's nachts, wanneer het minder warm is en de blauwe vlammen voor licht zorgen. Er zijn zo'n tweehonderd mijnwerkers, die samen 20% van de dagelijkse productie van de vulkaan mijnen. Het mijnen is ongeveer veertig jaar geleden begonnen.

Om het werken te 'vergemakkelijken' en risico's te ver-



Afb. 2. Plaattektonische situatie van Java en Sumatra: de oceanische plaat met Australië schuift onder de plaat van Soenda. De getande blauwe lijn geeft de subductiezone aan. De getallen geven de snelheid van de verschillende platen aan t.o.v. Afrika (in mm/jr). De Australische plaat beweegt met hoge snelheid (59 mm/jr) richting Soenda-plaat met o.a. Sumatra, Java en Borneo. Afb.: Wikimedia Commons, Eric Gaba/Mikenorton via CC BY 2.5.



Afb. 3. Satellietfoto van de Ijen met rechts het turquoise kratermeer van de Kawah Ijen. Foto: Wikimedia Commons, NASA via CCO via CCO (publiek domein).

minderen, hebben de werkers keramische buizen aangelegd die de zwavel vanaf actieve solfatara's direct leiden naar een verzamelplek verderop. In de buizen condenseren de hete gasen, waarna de zwavel verderop stolt. De gestolde zwavel vormt een soort matten die in stukken gebroken kunnen worden. Soms vormt de uit de buizen druipende zwavel stalactieten, die aan toeristen worden verkocht. Door het gebruik van de buizen is het verzamelen van zwavel efficiënter en veiliger geworden. Desalniettemin blijft het mijnen en transporteren van zwavel gevaarlijk werk. Men ademt giftige dampen in, de rotspaden langs de steile wanden van de vulkaan zijn riskant en soms zijn er onverwachte freatische erupties, die menig mijnwerker het leven hebben gekost.

### Natuurlijke vervuiling

De prachtige natuurlijke kleuren staan in groot contrast met de natuurlijke watervervuiling. Het water van het turquoise meer stroomt soms over in een rivier aan de westkant van de vulkaan. Ook komt er kwelwater vanuit het meer in de rivier terecht. Deze Banyu Pahit Rivier bevat daardoor veel metalen, zoals ijzer en aluminium, maar ook het giftige cadmium. Banyu Pahit betekent 'bitter water'. Het rivierwater wordt stroomafwaarts gaandeweg vermengd met regenwater en met water van bronnen die al dan niet beïnvloed zijn door de vulkaan.



Afb. 4. Het turquoise gekleurde kratermeer in de caldera van de Kawah Ijen. De witte pluim markeert de plek waar een solfatara zwavelhoudende gassen uitstoot. Foto: Wikimedia Commons, Okkisafire via CC BY-SA 3.0.

Het zure rivierwater (met een pH van ca. 3) is voor drinkwater ongeschikt. De normen voor drinkwater schrijven een pH van 6,5 tot 8,5 voor. De lokale bevolking drinkt het water echter wel; men weet van de vervuiling, maar neemt die niet serieus omdat het van natuurlijke origine is. Daarnaast wordt het water

gebruikt voor het irrigeren van rijstvelden, zoals in de Asambagus Vlakte. De productie van de landbouwgebieden is lager dan normaal, waarschijnlijk ten gevolge van de zuurgraad en de concentratie aluminium in het water. De metalen worden teruggevonden in lokale voedingsmiddelen, maar naar men zegt liggen de waarden nog binnen de gewenste grenzen. De concentratie van fluoride is wel zorgwekkend. Een teveel aan fluor kan tandproblemen geven. Veel mensen in het stroomgebied van de Banyu Pahit lijden aan deze 'fluorosis'.

### Toerisme

Behalve inkomsten uit zwavelmijnen levert de vulkaan ook geld op door toerisme. Toeristen uit met name Europa en Azië bezoeken de vulkaan om te genieten van een blik op het fraaie turquoise kratermeer. En het werk van de mijnwerkers met hun



Afb. 5. Nacht over de solfatara in de caldera van de Kawah Ijen. De blauwe vlammen ontstaan uit brandende vulkanische gassen en gesmolten zwavel. Foto: Wikimedia Commons, Seshadri.K.S via CC BY-SA 4.0.

zwavelmanden is fascinerend. Daarnaast kan men een cruise maken over een zijrivier van de Banyu Pahit, waar vijftien watervallen te bewonderen zijn. Een val in het water van de rivier is niet best voor de huid, maar volgens lokale bestuurders houdt een bad in zwavelhoudend water van bronnen in de buurt de mens jong!

### Referenties

- J. Allen et al. Acid Lake in Java. Earthobservatory, Nasa sept 2014.
- Welcome to the largest, most highly acidic crater lake in the world. Sciencealert staff, aug. 2014.
- A.J. Lohr et al. Natural Pollution Caused by the Extremely Acidic Crater Lake Kawah Ijen, East Java, Indonesia. Review Article, Environmental Science and Pollution Research, volume 12, 2005, nr. 2, p. 89-95.
- Ijen. An article on the Global Volcanism. Website of Smithsonian Institution, sept. 2015.
- Kawah Ijen Volcano; Blue flames and the largest highly acidic lake in the world. Geology.com 2015.
- B. Clark Howard, Stunning Electric-Blue Flames Erupt From Volcanoes; Indonesia's Kawah Ijen and other craters emit rivers of light from burning sulfur. National Geographic, jan. 2014.
- S.C.J. Palmer e.a. Characterization of acid river dilution and associated trace element behavior through hydrogeochemical modeling: A case study of the Banyu Pahit River in East Java, Indonesia. Applied Geochemistry, vol. 26, nov. 2011, p.1802-1810.
- I. Harsaputra. Kawah Ijen: between potential & threat. The Jakarta Post, dec. 2011.