
Andesiet

door Prof. Dr. L.J.G. Schermerhorn

Wat is andesiet?

Wie de grote tentoonstellingen van Indonesische kunst, die niet lang geleden in Amsterdam en Leiden te zien waren, bezocht heeft en oog had voor de beeldhouwkunst, zal het opgevallen zijn dat de beelden meestal uit een grauw, soms ook gelig of rose, korrelig gesteente bestonden. Dat was andesiet, bouw materiaal voor tempels en paleizen, alsmede grondstof voor beeldhouwers, zoals marmer in de landen om de Middellandse Zee.

Afb. 1. Aan andesiet is in Indonesië geen gebrek, want de archipel bestaat uit eilandbogen en is hoofdzakelijk door aan elkaar gerijde andesietvulkanen gevormd.

De naam andesiet stamt van de vroeg-negentiende-eeuwse Duitse geoloog Leopold von Buch, die in 1835 gesteentemonsters uit de Andes onderzocht. Hij beschreef ze als een nieuwe, in Europa nog



Afb. 1. Beeld van Ganesha, de olifantsgod, uit Bali. Het is vervaardigd uit andesiet.

onbekende gesteentesoort die hij naar de Andes benoemde. Het is een geografische benaming, want nieuwe gesteenten worden naar hun vindplaats genoemd. Bij de gesteenten zijn bij wijze van uitzondering alleen dolomiet en charnockiet naar personen genoemd. Mineralen ontleen hun naam meestal aan personen (bv. sillimaniet en hauyn) of aan hun eigenschappen (bv. distheen en plagioklaas); ook kregen en krijgen veel mineralen geografische namen (bv. andesien en ilmeniet).

Von Buch werkte in het pre-microscopische tijdperk, toen men de mineralen die een gesteente opbouwen en dus voor de naamgeving beslissend zijn, met de loupe bepalen moest. Dat gaf moeilijkheden bij het onderscheiden van de veldspaatsoorten in fijnkorrelige gesteenten. Er zijn twee grote groepen van veldspaat, afhankelijk van het optreden van kalium dan wel natrium en calcium als hoofdelementen: kaliveldspaat (orthoklaas, mikroklien, sanidien) en plagioklaas (albiet, oligoklaas, andesien, labradoriet en anorthiet). De plagioklaas in andesiet was aanvankelijk voor kaliveldspaat aangezien. Dit was niet zo verwonderlijk, want andesiet komt in West-Europa nauwelijks voor en de meeste toen bekende vulkanische gesteenten waar andesiet op leek, bevatten kaliveldspaat.

De naam andesiet werd in 1861 nauwkeuriger gedefinieerd en in gebruik genomen voor vulkanische gesteenten die oligoklaas bevatten, samen met één of meer donkere mineralen uit de groep biotiet-amfibool-pyroxeen. Tegenwoordig sluit men ook andesien in, terwijl de calciumrijkere plagioklazen, vanaf labradoriet, voor bazalt karakteristiek zijn. De donkere mineralen van andesiet komen ook voor in bazalt, maar over het algemeen zijn andesieten meestal hoornblende-andesieten; biotiet en augiet zijn minder frequent en olivijn is al heel zeldzaam.

Bazalt is meestal een pyroxeen-gesteente, al dan niet in gezelschap met olivijn, maar er zijn ook bazalten met amfibool en biotiet. Bazalt bevat ook meer donkere mineralen: een andesiet is gewoonlijk een grauw gesteente, terwijl een bazalt meestal donkergrijs tot zwart is. De verschillen in de mineralogie van beide vulkanische gesteentegroepen worden veroorzaakt door hun verschillende chemische samenstelling: andesieten zijn rijker aan silicium, natrium en andere elementen dan bazalt. Er zijn natuurlijk ook overgangstypen, deze worden bazaltische andesiet genoemd.

Andesieten zijn *porfierische* gesteenten, d.w.z. ze bestaan uit een grondmassa waarin grotere kristallen liggen, namelijk rechthoekige witte veldspaten en donkere mineralen, zoals biotiet en/of hoornblende, augiet en soms ook olivijn. Ze komen als vulkanische gesteenten voor, aan de oppervlakte van de aarde uitgestroomd als *lava* of ten gevolge van uitbarstingen afgezet als *tuf*. Na bazalt is andesiet het meest voorkomende vulkanische gesteente.

Waar komt andesiet voor?

De Pacific wordt omringd door vulkanen, vanwege hun grote activiteit poëtisch de "Ring of Fire" genoemd. Die vulkanen liggen langs de randen van de aangrenzende continenten of ze vormen eilandbogen in de oceaan. Ze strekken zich uit van Vuurland tot Alaska langs de westkust van Zuid-, Midden- en Noord-Amerika en zetten zich voort over de Aleoeten, Kamsjatka, de Koerilen, Japan en de eilandbogen ten oosten van de Filippijnen, Australië en Nieuw-Zeeland. Het zijn andesietvulkanen, d.w.z. over het algemeen genomen is andesiet het belangrijkste gesteente dat hier door de vulkanische activiteit geproduceerd wordt, maar het wordt

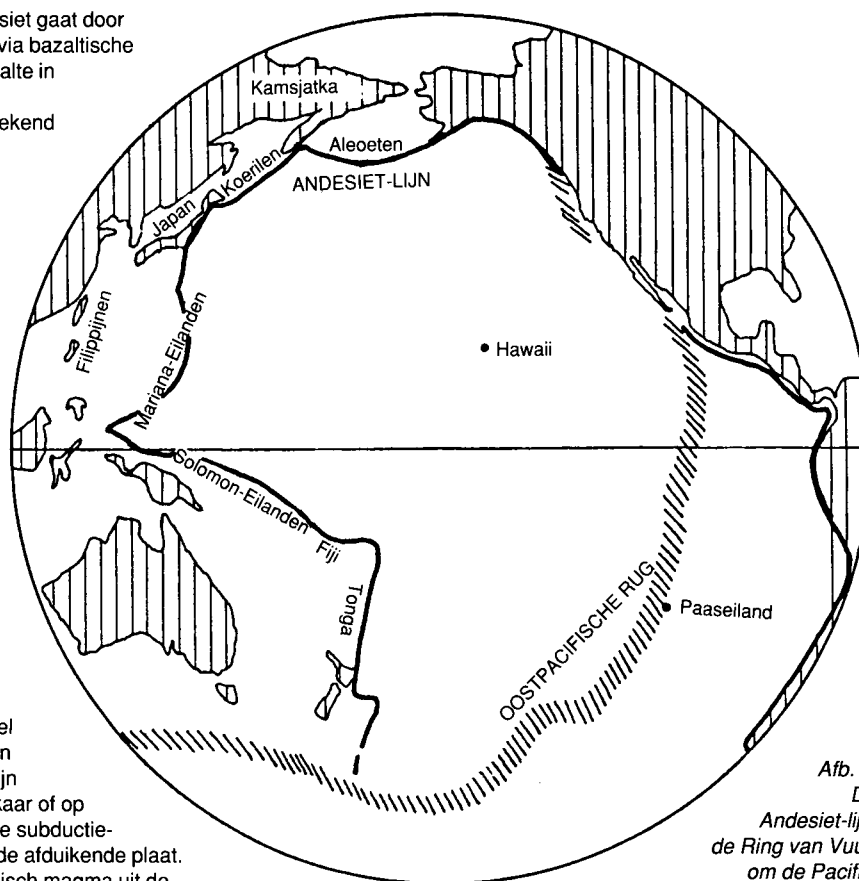
vergezeld door bazalt, daciet en rhyoliet. Andesiet gaat door afname van het siliciumgehalte over in bazalt, via bazaltische andesiet, en door toename van het siliciumgehalte in rhyoliet, via daciet. De grens van het andesiet-vulkanisme met het oceanische gebied staat bekend als de "andesiet-lijn". Afb. 2.

Naast de Ring van Vuur is er nog een tweede keten van andesietvulkanen, ten dele veel ouder en niet meer actief, die van Hongarije en het voormalige Joegoslavië over Griekenland, Turkije en Iran naar Indonesië en de Filippijnen loopt. Afb. 3.

Vulkanisme langs subductie-zones

Het voorkomen van deze vulkaanketens is gebonden aan de vorming van zogenaamde *subductie-zones*. In de moderne plaattektoniek zijn dat zones waarlangs een plaat onder een aangrenzende plaat wegduikt. De aarde bestaat uit drie concentrische delen: aardkern, aardmantel en aardkorst, die elk een eigen samenstelling hebben. De korst is hoogstens enige tientallen kilometers dik terwijl de mantel tot 2900 km diepte gaat. Korst en bovenste deel van de mantel zijn verdeeld in een mozaïek van starre platen, die zo'n 80-100 km dik zijn. Ze zijn beweeglijk en kunnen als ijschotsen langs elkaar of op elkaar schuiven. In dat laatste geval hebben we subductie-zones, die hellen in de bewegingsrichting van de afduikende plaat. Platen ontstaan en groeien aan doordat er basisch magma uit de aardmantel langs diepe spleten tot de oppervlakte opstijgt en aan weerszijden als bazalt afgezet wordt. De platen bewegen hier van elkaar af en op de bovenste mantel ontstaat nieuwe aardkorst van bazaltische samenstelling. Dit is de zg. *oceanische korst*, die 6-8 km dik is. De korst onder de continenten, de *continentale korst*, is veel dikker, zo'n 30-40 km, en heeft een geheel andere samenstelling.

De Pacific is zo gevormd en wordt omringd door subductie-zones, waarin de oceanische korst onder de aangrenzende continenten of onder andere oceanische korst geschoven wordt. Dit proces wordt subductie genoemd. Het veroorzaakt behalve aardbevingen langs de schuifvlakken (tot ongeveer 700 km diep) ook vulkanische uitbarstingen. Kenmerkend voor subductie is andesiet-vulkanisme. Wanneer twee oceanische platen over elkaar geschoven worden, vormen de andesietvulkanen eilandbogen op de oceanische korst,



Afb. 2.
De
Andesiet-lijn:
de Ring van Vuur,
om de Pacific.
(Naar H.H. Read en J. Watson:
Introduction to Geology, II)

zoals in Indonesië. Hier treedt andesiet samen met veel bazalt en weinig daciet en rhyoliet op. Langs continentranden staan de vulkanen op de continentale korst en andesiet gaat hier gepaard met minder bazalt en veel daciet en rhyoliet, zoals in de Andes.

Bij het op elkaar schuiven van twee platen tijdens subductie komt de afduikende plaat, waarvan de bovenkant uit korstgesteenten bedekt door van water verzadigde oceanische sedimenten bestaat, in contact met de hete mantelgesteenten in de andere plaat. Er treedt deelsmelting op en hierdoor wordt, simplistisch gesteld, magma van andesitische samenstelling gevormd. Dat is dus een met opgesmolten korstmateriaal vermengd mantelmagma. Dit magma kan tot het aardoppervlak opstijgen en vulkanen vormen, het kan ook in de korst blijven steken als zg. intrusieflichamen of plutonen.

Vulkaanuitbarstingen

Andesietvulkanen treden dus langs plaatranden op. Er komt ook vulkanisme in andere omgevingen voor, bv. het bazalt-vulkanisme van Hawaii midden op de plaat van de Pacific, maar dat vulkanisme heeft een heel ander karakter. Het andesiet-vulkanisme is voornamelijk explosief en heftig van aard, zoals talloze verwoestende uitbarstingen.

Afb. 3. Dorische zuilen van de tempel van Athene, op de Acropolis van Assos (NW-Turkije). Het bouwmaterial van de ± 530 v. Chr. gebouwde tempel is andesiet, het is aan de buitenkant nu tamelijk verweerd. Het antieke Assos ligt op de flank van een andesietvulkaan. Aan de overkant van de zeestraat, op de foto te zien, ligt het Griekse eiland Lesbos. Ook daar komen veel andesitische gesteenten voor.



gen langs de Ring van Vuur, in Indonesië en elders tonen. De belangrijkste reden hiervoor is de viscositeit van andesietmagma.

Bazaltmagma is dun vloeibaar en wanneer het uit een krater vloeit verspreidt het zich als een dunne laag, zelden meer dan 30 m dik, over het landschap of de zeebodem. Van Hawaii zijn lavafontein bekend, waarin bazaltlava hoog opsproeit. De in het magma opgeloste gassen kunnen zonder veel moeite ontwijken.

Daarentegen zijn andesietlava's dik vloeibaar en ze vormen massieve lagen die tot 500 m dik kunnen worden. Opgeloste gassen ontsnappen veel moeilijker uit het magma en vaak is het vrijkomen van de gassen explosief van aard.

Een explosie wordt veroorzaakt doordat samengeperst gas plotseling vrijkomt en in een fractie van een seconde enorm aan volume toeneemt. Als in een geweer het kruid in een patroon tot ontbranding komt, wordt de kogel voor de uitzettende gassen uit met hoge snelheid de loop uitgedreven. Bij een vulkanische uitbarsting overwinnen de in het magma opgeloste gassen, voornamelijk waterdamp en kooldioxyde, plotseling de weerstand van het omringende vaste gesteente en het magma ontploft. Men moet dit proces zo zien: er vormen zich plotseling ontelbaar veel miniem kleine gasbellen in het magma, die uiterst snel uitzetten zodat het magma uit elkaar gereten wordt.

Puimsteen is een rhyolitisch glas dat vol kleine gasballetjes zit en daarom zo licht is dat het op water drijft.

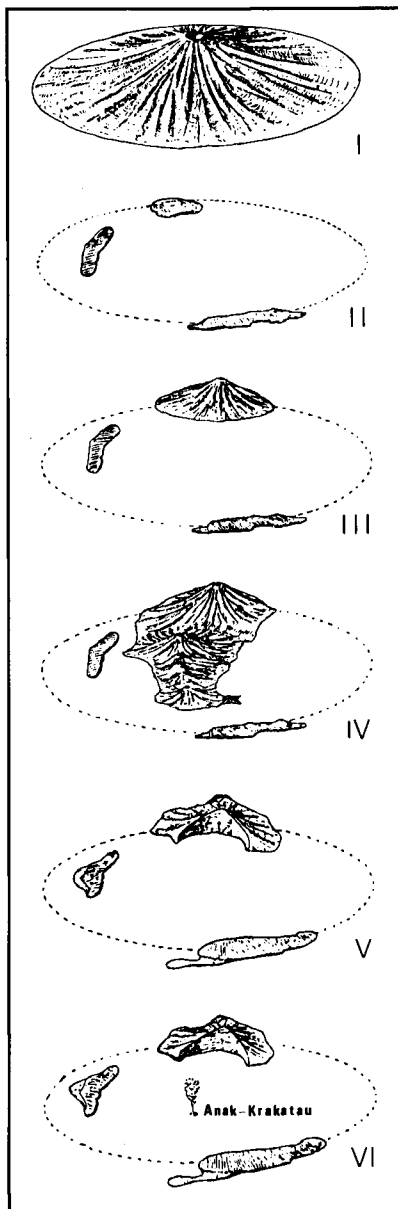
Zo worden kraters gevormd, waaruit het exploderende magma fijn verdeeld als losse kristallen en snel stollende lavafragmenten omhoog geslingerd wordt. Ze vallen als een steen- en asregen terug op de vulkaan en zijn omgeving, de grootste fragmenten (vulkanische bommen en blokken) het dichtst bij de krater. Zo ontstaat een tufflaag. Het verschil tussen tuf en lava is, dat een lava als een magmastroom, dus als gesmolten gesteente, uitvloeit en langzaam stolt, terwijl een tuf uit fragmenten bestaat en ver verwijderd van een krater afgezet kan worden.

Het meest voorkomende type vulkaan is de stratovulkaan, die kegelvormig is en uit lagen lava en tuf om een centrale krater opgebouwd wordt.

Wanneer de hoeveelheid uitgeworpen materiaal erg groot wordt, bij hevige erupties, kan de vulkaan zelf ten dele of zelfs grotendeels opgeblazen worden, zodat er een zeer grote krater of caldera ontstaat. De doorsneden van caldera's worden in kilometers gemeten, sommige bereiken enige tientallen kilometers in doorsnede. Later vormen zich vaak nieuwe vulkaankegels in een caldera, zoals de Bromo, Batok en Widodaren in de Tengger-caldera in Oost-Java. Met enige uitzonderingen, zoals de Vesuvius en de Etna, die voornamelijk bazalt produceert zodat de erupties vrij rustig zijn, behoren de vulkanen die catastrofale uitbarstingen veroorzaken en veroorzaakt hebben tot het andesiet-vulkanisme. Recente voorbeelden daarvan zijn de Mount St. Helens in de staat Washington in het noordwesten van de V.S. met een hevige eruptie in 1980 en de Pinatubo in de Filipijnen in 1991.

Ook veel oudere uitbarstingen zijn bekend, bv. de zeer hevige eruptie van de Griekse eilandengroep Santorini, een caldera, in 1390 v.Chr. Aan deze gebeurtenis wordt de ondergang van de Minoïsche beschaving uit de vroeg-Griekse Bronstijd op Kreta toegeschreven.

De hevigste uitbarsting in historische tijden is die van de Tomboka, een vulkaan op Soembawa (Kleine Soenda-Eilanden, Indonesië) in



Afb. 4. Zes episodes uit de geschiedenis van Krakatau. (Naar B.G. Escher).

I. Hypothetische grote centrale, kegelvormige andesietvulkaan.

II. Vulkaankegel door instorting verdwenen. Drie stukken van de rand zijn overgebleven.

III. Ontstaan van de Rakata: een kleine, bazaltische vulkaankegel.

IV. Vorming van het eiland Krakatau, bestaande uit Rakata en twee andesietvulkaantjes: Perboewatan en Danan.

V. Na de uitbarsting van 1883: Perboewatan, Danan en de helft van Rakata zijn verdwenen.

VI. Op de rand van de caldeira van 1883 ontstaat een nieuw vulkaaneiland: Anak-Krakatau ("Kind van Krakatau"). De afbeelding geeft de situatie in \pm 1920 weer.

1815. De explosies waarmee de Tomboka zijn activiteit hervatte hielden ruim een jaar aan, waarbij naar schatting zo'n 80 km³ materiaal uitgeworpen werd en zich een caldera met een doorsnede van 6 km vormde. De aanhoudende hete asregens veroorzaakten de dood van ongeveer 12 000 mensen en verwoestten grote oppervlakten landbouwgrond. Ten gevolge hiervan brak er een hongersnood op Soembawa en het naburige Lombok uit, die aan nog eens 54 000 mensen het leven kostte.

De uitbarsting van de Krakatau in 1883 is waarschijnlijk de meest bekende grote vulkaanramp na die van de Vesuvius in het jaar 79. Afb. 4. Krakatau ligt in de zeestraat tussen Java en Sumatra en begon als een andesietvulkaan, die door een geweldige uitbarsting in prehistorische tijden een caldera met een doorsnede van ongeveer 6 km gevormd had. Later ontstond er een aantal kleinere vulkanen in de caldera. Voor 1883 stak Krakatau als drie eilandjes boven zee uit. De laatst bekende eruptie had in 1680 plaatsgevonden, daarna bleef de vulkaan rustig tot er in 1883 een reeks explosies waargenomen werd, die met

tussenpozen van mei tot augustus aanhield. Op 26 augustus van dat jaar trad er een zeer hevige explosie op, die 150 km verder op West-Java gehoord werd. Een dichte asregen deed de dag in nacht verkeren. De explosies duurden voort en op 27 augustus werd de knal van een enorme eruptie tot in Midden-Australië en het westen van de Indische Oceaan gehoord. Daarna stierven de explosies langzaam weg. Een serie vloedgolven, die door de vulkanische uitbarstingen opgewekt waren, overspoelde de kustgebieden van Zuid-Sumatra en West-Java en bracht grote verwoestingen teweeg, waarbij ruim 36 000 mensen het leven lieten. Een kanonnerboot werd bijna 2 km landinwaarts gespoeld en het vloedwater bereikte een hoogte van 40 m boven zeepil. Krakatau was letterlijk in de lucht geblazen. Nog jaren later omcirkelde het fijnste stof uit de as van Krakatau de aarde in de stratosfeer en veroorzaakte prachtige kleurrijke zonsondergangen. In 1963 barstte de Goenoeng Agoeng op Noord-Bali weer uit na jaren rust. Het was een rampzalige eruptie, waarbij dorpen en vruchtbare grond onder de as verdwenen, één dorp door lava bedolven werd en ongeveer 1600 doden vielen. Vulkanische uitbarstingen en de rampen die ze veroorzaken zijn voorlopig nog onvoorspelbaar, maar de moderne vulkanologie houdt zich actief bezig met het zoeken naar criteria die het mogelijk moeten maken om dreigende erupties aan te kondigen. Dit klempt des te meer omdat de omgeving van vulkanen meestal dicht bevolkt is vanwege de vruchtbaarheid van de vulkanische grond.