



AFBEELDING 1. | De voet van de vijf kilometer lange Hondsbossche Zeerwering is versterkt met basaltzuiltjes.

Vulkanische producten en hun toepassingen

CEES LABAN
CEES.LABAN@MARINE
GEOLOGICALADVICE.NL

Sinds de oudheid zijn tal van vulkanische gesteenten gebruikt voor de meest uiteenlopende toepassingen. Al in de Steentijd werden er gebruiksvoorwerpen voor onder meer de jacht van gemaakt. In de Romeinse Tijd en in de eeuwen daarna, zijn tal van gebouwen geheel of gedeeltelijk opgetrokken met vulkanische gesteenten en overal in ons land vinden we ze terug als dijk- en oeverversterkingen. Ook als bodemverbeteraar vinden vulkanische producten toepassing en iedereen kent puimsteen als schuurmiddel.



Basalt

De bekendste toepassing van een vulkanisch product is basalt dat is gebruikt voor de bekleding van dijken en de aanleg van golfbrekers en strandhoofden langs de kust en rivieren (Afb. 1 & 2). Het basalt werd vooral geïmporteerd uit Duitsland uit de Eifel en het ten oosten ervan gelegen Westerland. Al in de Romeinse Tijd is basalt naar ons land gebracht. In Leidsche Rijn bij Utrecht, is onlangs een beschoeiing uit ca. 100 na Chr. gevonden voor de bescherming van het talud in de bocht van de rivier langs een Romeinse weg. In de rivierbedding is vlakbij de vroegere kademuur het wrak van een Romeins schip, uit vermoedelijk de tweede eeuw, ontdekt. Mogelijk is dit schip gebruikt voor het transport van onder meer basalt uit Duitsland.

De mooie regelmatige vijf- en zeshoeken van basaltzuiltjes, die tijdens het krimpen van de uitgevloeiende lava zijn ontstaan, maken dit gesteente uitermate geschikt om een stevige, nauw sluitende, bedekking te maken. Door haar hardheid is het goed bestand tegen de inwerking van het zoute water. Brokken basalt worden ook op de onderwateroever gestort ter bescherming tegen erosie. Tegenwoordig is het gebruik van basalt, bij de verdediging tegen het water, afgenomen en heeft plaatsgemaakt voor het gebruik van betonnen elementen, die vaak dezelfde hoekige vorm hebben.



AFBEELDING 2. | Basaltzuiltjes passen netjes aan elkaar en maken zo een stevige verdediging tegen het water.

Een geheel andere toepassing van basalt is bij de fabricage van steenwol, die ondermeer wordt gebruikt bij isolatie van woningen met hard- en halfharde gebonden platen, matrassen en (steenwol)deksens. Het basalt wordt eerst sterk verhit tot wel 1.500°C en met behulp van een zogenoemde spinner worden draden gevormd. Met bindmiddelen wordt de steenwol verhard tot matten die onder andere tussen dakbedekkingen worden geplaatst. Onder meer bij de hoogovens in IJmuiden is steenwol geproduceerd van basalt en daarnaast van de slakken die, bij het smelten van ijzer, overbleven.

In de Steentijd is voor het maken van stenen gebruiksvoorwerpen gebruikgemaakt van zwerfstenen, waaronder basalt. In Zuid-Limburg, bij Koningsbosch, is een sterk verweerde bijl van basalt uit het Midden-Neolithicum, ca. 5000-4000 jaar oud, gevonden (Afb. 3).

Basaltlava

Nauw verwant aan basalt is basaltlava. Dit zeer poreuze gesteente is ontstaan door ontsnappend gas uit de lava tijdens het uitvloeien ervan. Het gesteente wordt onder meer geïmporteerd uit de Duitse deelstaat Hessen, de Eifel en uit de Franse Puy-de-Dôme. Het blijft, ook na bewerking, stroef en kon daardoor worden gebruikt voor onder meer het maken van maalstenen voor het malen van graan.

Tot de late IJzertijd zijn in ons land maalstenen gemaakt van zwerfstenen. Toen het transporteren van zware stenen mogelijk werd, is in de late IJzertijd, ongeveer 400 tot 200 jaar voor het begin van onze jaartelling, al gebruik gemaakt van basaltlava (Harrema, 1979). Sinds de Romeinse Tijd is dit gesteente gebruikt voor het maken van molenstenen. Pas in de twintigerjaren van de vorige eeuw is de basaltlava vervangen door kunstmatig vervaardigde molenstenen. In oude kerken is het gebruikt voor de bouw van delen van de muren en vensterdorpels. Toepassing bij het maken en restaureren van traptreden en vloeren vindt nog steeds plaats. De steen blijft ook onder natte omstandigheden stroef. Voorts wordt het gebruikt ter vervanging van zandsteen die sinds 1951 niet meer mag worden toegepast in gebouwen en bij restauraties wordt





AFBEELDING 3. | Een vier- tot vijfduizend jaar oude, sterk verweerde bijl, gemaakt van een basaltzwerfsteen. Gevonden op het Maas-Rijn hoogterras bij Koningsbosch (4.000-5.000 jaar oud). Foto Huub Schmitz.

vervangen door basaltlava. Dit heeft onder meer plaatsgevonden in de Sint-Janskerk in 's Hertogenbosch en de Onze Lieve Vrouwetoren in Amersfoort (Slinger et al., 1980).

Tufsteen

Een van de gesteenten, die in ons land sinds de Romeinse Tijd bij de bouw zijn gebruikt, is tufsteen. Dit gesteente bestaat uit vulkanische as die tijdens de eruptie van vulkanen de lucht in is geslingerd, samen met meegevoerde stukken uit het gesteente waardoorheen de lava haar weg naar het oppervlak vond. Dichtbij de krater kwamen de zwaarste deeltjes op de bodem terecht en verder van de krater de fijnere deeltjes. Hierdoor zijn er verschillen in korrelgrootte in de verschillende tufstenen ontstaan. Door inwerking van water op de aslagen is het gesteente verhard. Tufsteen neemt water goed op en staat het ook weer gemakkelijk af als de zon er op schijnt en is mede daardoor geschikt als bouwsteen.

Ook tufsteen is door de Romeinen per schip over de Rijn en Waal aangevoerd. In Nijmegen gebruikten zij onder andere tufsteen voor de bouw van hun legerplaats. Deze stenen zijn later onder meer hergebruikt bij de bouw van de St. Nicolaaskapel op het Valkhof. Naast gebruik voor bouwwerken zijn er ook beelden en versieringen van tufsteen gemaakt. Na de twaalfde eeuw nam de import van tufsteen uit Duitsland af doordat er onderweg veel tol moest worden betaald, en

werden andere steensoorten gebruikt, zoals de Benthheimer en Gildehauser Zandsteen, kalksteen en baksteen (Nijland & van Hees, 2009; Quist, 2011).

Er zijn vijf typen tufsteen uit Duitsland ingevoerd met alle vijf een naam van de vindplaats. De naam zegt echter niets over de eigenschappen van de verschillende tufstenen, die zelfs binnen het zelfde type veel variatie kunnen vertonen (Nijland en Van Hees, 2009).

Römer tufsteen is gewonnen bij Andernach in de Eifel. Een rosebruine steen met insluitsels zoals puimsteen, vulkanisch glas, basalt en splinters van de gesteenten waardoor de lava zich een weg omhoog zocht. Deze tufsteen is vooral gebruikt bij de bouw van kerken in ons land waaronder een kerk uit de 10^e eeuw in Alphen aan de Maas en het oudste kerkje in West-Nederland, in Velsen-Zuid, dat uit de 12^e tot het begin van de 13^e eeuw stamt (Afb. 4 & 5). Römer tufsteen is onder meer ook teruggevonden in de fundering van een 12^e eeuwse kerk in Vlaardingingen (Kars, 2007).

Ettringer tufsteen is eveneens afkomstig uit de Eifel, nabij het dorpje Ettringer en is bruingeel van kleur en bevat splinters van gesteenten die, net als bij de Römer tufsteen, onderweg door de lava zijn meegevoerd uit de gesteenten waar de lava zich een weg doorheen baande. Zo zijn stukjes basalt, leisteen en kwarts met het blote oog te zien. Deze tufsteen is onder meer gebruikt bij de bouw van de St. Stevenskerk in Nijmegen en in de mooie Eusebiustoren langs de Rijn bij Arnhem.

Enkele honderden meters van de groeven waar de Ettringer tufsteen is gewonnen, ligt de groeve waaruit de *Hasenstoppler tufsteen* vandaan komt. Deze tuf is fijnkorreliger en minder hard dan de nabijgelegen Ettringer tufsteen en is onder meer toegepast in de Grote Kerk van Dordrecht en de Bovenkerk in Kampen.

Ongeveer acht kilometer ten noordwesten van de groeve bij Ettringer ligt bij het dorpje Weibern de groeve waarin de *Weibener tufsteen* wordt gewonnen. Deze bruinbeige tufsteen is gelijkmatig van korrel en de ingesloten steensplinters zijn slechts enkele millimeters in doorsnede. Deze tufsteen wordt vooral gebruikt bij restauraties. Vooral in de jaren 1914 tot in de jaren '30 is tufsteen uit de Eifel opnieuw geïmporteerd (Tolboom, 2009).

Tenslotte de *Hohenleie tufsteen* die gewonnen wordt bij het dorpje Rieden dat tussen Ettringen en Weibern in de Eifel ligt. De tufsteen is evenals de Weibener tufsteen bruinbeige van kleur en bevat veel donkere steensplinters van enkele millimeters in doorsnede en is toegepast in kerken in onder meer in Naarden, Kockengen en Kampen. (Slinger A. et al, 1980; Nijland & Van Hees, 2005).

Tras

Tras is een product dat wordt verkregen door het vermalen van tufsteen. Het heeft een aantal goede eigenschappen, waardoor het wordt toegevoegd aan beton en cement om de verwerkbaarheid ervan te verbeteren. Het vult de poriën op en versterkt het bij de binding met kalk. Bij het verhardingsproces van beton wordt tras gebruikt om de snelheid hiervan te vertragen. Dit voorkomt het ontstaan van scheuren in het beton en draagt bij aan het waterdicht worden van beton. Al sinds de Romeinse Tijd is tras gebruikt in mortel die op muren werd aangebracht voor het waterdicht maken en in cement (Dobbelsteen & Alberts, 2011; Kars, 2007). In de baksteenindustrie wordt het gebruikt voor het sneller laten drogen en bakken van baksteen.

Vulkanisch glas

Vulkanisch glas (ook obsidiaan genoemd) ontstaat als lava snel afkoelt en een laag gehalte aan water heeft, maximaal 3-4%. Het bestaat uit kiezelzuur en is over het algemeen donkergroen tot diepzwart gekleurd door bijmenging van hematiet of magnetiet. Sinds de steentijd is obsidiaan gebruikt voor de vervaardiging van messen, krabbers en pijlpunten. In Midden- en Noord-Amerika is dit gebruik doorgeslagen tot rond 1600 (Afb. 6). Als sinds de oudheid worden er ook sieraden van obsidiaan gemaakt. Het oudste sieraad dat tot nu toe is gevonden



is een armband van obsidiaan 9.500 jaar geleden is gemaakt in het Turkse Aşıklı Höyük en daar in 1995 is ontdekt (Astruc et al., 2011).

Puimsteen

Een van de meest bekende vulkanische gesteenten is puimsteen. Puimsteen heeft een groot aantal kleine holten die zijn ontstaan doordat de lava snel afkoelde en het gas geen kans kreeg om te ontsnappen. De meeste puimsteen is poreus met een poriëngehalte van gemiddeld 90% en daardoor zo licht, dat het op het water blijft drijven. Op de stranden van Griekse eilanden rondom het vulkanische eiland Santorini is bij voorbeeld veel puimsteen te vinden dat is aangespoeld na de uitbarstingen van deze vulkaan in het recente verleden. Puimsteen wordt voor allerlei doeleinden gebruikt. De schrijver Marcus Valerius Martialis beschreef in de 1^e eeuw na Chr. in een van zijn epigrammen dat de arme Romeinen puimsteen gebruikten bij de persoonlijke verzorging van hun huid. Heden ten dage wordt het nog steeds gebruikt voor het wegvijlen van celt op de voeten.

Bij de bouw van het Pantheon in Rome, tussen 118 en 125 na Chr., is voor de bouw van de koepel in de basis basalt gebruikt en bovenin puimsteen rond de ronde opening, het oculus, omdat dit sterk en licht is (Ramage & Ramage, 1999). Nog steeds wordt puimsteen in de bouw toegepast om beton lichter en beter isolerend te maken. Om bouwsteen licht te maken wordt gemalen puimsteen gebruikt samen met cement. De steen wordt daardoor zo licht dat deze op het water drijft. Deze steen wordt dan ook “drijfsteen” genoemd met een gewicht van 700 tot 740 kg per m³



AFBEELDING 4. | De Engelmundus kerk in Velsen-Zuid. De toren en een deel van deze kerk zijn in de 12^e tot in het begin van de 13^e eeuw gebouwd met Römer tufsteen.



AFBEELDING 5. | Detail van de Römer tufsteen in de kerktoeren in Velsen-Zuid met de vele insluitsels, zoals stukjes basalt.

en de steen wordt gebruikt voor het bouwen van warmte- en geluidsisolerende muren. Voorts wordt puimsteen toegepast in gebieden met een slappe ondergrond zoals in de veengebieden van West-Nederland als ophoogmateriaal bij de aanleg van wegen en het aanvullen van sleuven voor onder meer het leggen van rioolbuizen. Schilders gebruiken puimsteen om oude verf-lagen weg te schuren. Een moderne toepassing is spijkerbroeken “Stone washed” te maken door puimsteen in de wasmachine te stoppen waardoor de broeken een versleten kleur krijgen (Naturalis, 2012).

Puimsteen wordt tegenwoordig in een aantal locaties gewonnen: in Italië op vulkanische eiland Lipari, op het Griekse eiland Yali en op IJsland nabij de Heklavulkaan.

Bentoniet

Een product dat de meest uiteenlopende toepassingen kent is bentoniet (genoemd naar vindplaats Benton in Wyoming, VS). Het is ontstaan door

verwerking van vulkanische as, die op de bodem van meren terecht is gekomen. Het hoofdbestanddeel van bentoniet is het kleimineraal montmorilloniet, ook wel zwelklei genoemd, dat uit uiterst kleine deeltjes van niet meer dan een nanometer (een miljardste meter) dikte bestaat. Het is een zogenoemde natriumklei die zwelt als ze in contact komt met water. Deze eigenschap maakt dat bentoniet zeer geschikt bij het afsluiten van bijvoorbeeld verontreinigde bodems en bij het boren als boorspoeling om de wand van het boorgat te verstevigen en daardoor open te houden. In de verfindustrie gebruikt men het als drager voor kleurstoffen in verf en lak en in de gietijzerindustrie als bindmiddel voor vormzand en bij het binden van ijzer in pellets. Voorts bij het afdichten van de bodem van vijvers en als versteviging van dijken. Tenslotte in de gezondheidszorg als ontgiftingsmiddel, bij schoonheidsbehandelingen als gezichtsmasker en bij het maken van diervoeders voor het binden van voedingsstoffen en als kattenbakvulling. Bij het maken van witte wijn wordt de klei ondermeer gebruikt voor het verwijderen van de eiwitten. Bentonietafzettingen komen op een groot aantal plaatsen voor. Dicht bij huis is dat Motmorillon, bij Vienne in Frankrijk; daar is ook de naam van de klei van afkomstig. (Van Hee & Dillen, 2005).

Zeoliet, een netwerk van kanaaltjes

Tenslotte zeoliet, een gesteente waarvan een aantal typen in de natuur voorkomt en dat, net als bentoniet, is ontstaan uit vulkanisch gesteente. Het heeft eveneens een lange lijst aan toepassingen. Daarnaast zijn er tientallen synthetisch vervaardigde zeolieten bekend. Zeoliet is een waterhoudend mineraal met een kristalrooster in een soort honingraatstructuur van silicium- en aluminiumatomen die verbonden zijn met zuurstofatomen. In deze structuur bevindt zich een complex netwerk van kanaaltjes. Zeolieten zijn ontstaan onder meer door omzetting van vulkanische gesteenten onder invloed van zogenoemde hydrothermale stromingen. Deze stromingen, die de vorming van zeolieten tot stand brengen,



ontstaan door alkalihoudend heet water onder hoge druk, onder meer in de nabijheid van vulkanische activiteit.

Het brede gebruik van zeoliet is een gevolg van de eigenschap om water op te nemen en weer af te staan. Aan deze eigenschap dankt zeoliet haar naam. De Zweedse onderzoeker Axel Fredrick Cronstedt (1722-1765), ontdekte in 1756 het mineraal stilbiet. Bij verhitting begon de steen te borrelen en hij gaf haar de naam zeoliet "kokende steen" naar het Griekse "zeins" en "lithos". Na afkoeling werd het water weer door het gesteente opgenomen. Dankzij het stelsel van uiterst dunne kanaaltjes in de zeolieten, kunnen bepaalde moleculen er wel in doordringen en andere niet. Zo vormt zeoliet een soort moleculaire zeef die wordt gebruikt voor het scheiden van allerlei chemische samenstellingen al naar gelang de afmetingen van de kanaaltjes in de verschillende typen zeoliet. Ze worden toegepast bij het kraken van aardolie, de productie van benzine, als wasverzachter in waspoeder, het ontharden van water, het verwijderen van ammoniak uit afvalwater en dampen van veestallen.

Kunstmatig verkregen zeolieten worden gebruikt om de geur in huiskamers, kattenbakken en dergelijke te reinigen. In de land- en tuinbouw om meststoffen langzamer aan planten af te geven.

Een recente toepassing van zeolieten vond plaats in de beschadigde kerncentrale van Fukushima 1. Als proef, om het radioactieve Cesium uit zee-water op te nemen, zijn drie zakken van 100 kg gevuld met zeoliet in het water neergelaten. Als de test slaagt wil de exploitant het op grote schaal toe gaan passen.

Kleine kristallen van zeoliet kunnen onder meer worden gevonden als chabasiet, phillipsiet en natoliet in basaltafzettingen in Duitsland in de Eifel en de Vogelsberg in Thüringen.

Veel voorkomende natuurlijke zeolieten zijn natoliet, heulandiet en stilbiet. (Weckhuysen & Schoonheydt, 1997)

Dankwoord

Graag dank ik de heren D. Wiltenburg, F. van Nieulande en H. Schmitz voor hun foto's en informatie.

LITERATUUR

Astruc L., Vargiolu, R., Ben Tkaya, M., Balkan-Atli, N., Özbaşaran, M. & Zahouani, H., 2011.

Multi-scale tribological analysis of the technique of manufacture of an obsidian bracelet from Aşıklı Höyük (Aceramic Neolithic, Central Anatolia). *Journal of Archaeological Science* 38 (2011): pp. 3415-3424.

Dobbelsteen, A. & Alberts, K. van der, 2001.

Milieu-effecten van bouwmaterialen. Duurzaam omgaan met grondstoffen. TUDelft - Faculteit Civiele Techniek Sectie Gebouwen & Bouwtechniek, Faculteit Bouwkunde Milieu Technisch Ontwerpen.

Harsema, O.H., 1979.

Maalstenen en Handmolens in Drenthe, van het Neolithicum tot ca. 1300 A.D. Museumfonds Publicatienr. 5.

Kars, H., 2007.

Gat in de Markt 01.101. Het Tufsteenonderzoek. VLAkverslag 15-7.

Meulen, M. J. van der, Lang, F.D. de Maljers, D., Dubelaar, W. & Westerhoff, W.E., 2002.

Grondsoorten en delfstoffen bij naam. Publicatiereeks grondstoffen 2002/21, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft & TNO-NITG, 96 pp.

Naturalis, 2012.

Puimsteen op het strand: www.naturalis.nl

Nijland, T.G. & Hees, R.P.J., 2009.

Tufsteen uit de Eifel. Toepassingen in Nederland. *Vitruvius* nummer 6, pp. 40-43.

Quist, W.J., 2011.

Vervanging van witte Belgische steen. Materiaalkeuze bij restauratie. Proefschrift TUDelft.

Ramage, N.H. & A. Ramage, 1999. Romeinse kunst, van Romulus tot Constantijn. Könemann, Köln, 320 pp.

Slinger A., Janse, H. & Berends, G., 1980.

Natuursteen in Monumenten. Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeist.

Tolboom, H.J., 2009.

Natuursteengebruik in de eerste helft van de 20^e eeuw. *Vitruvius* nummer 9, pp. 26-30.

Van Hee, P. & Dillen, R., 2005. Montmorilloniet, mineraal van de maand. *Geonieuws* 30 (1). Mineralogische Kring Antwerpen.

Weckhuysen, B. & Schoonheydt, R., 1997.

Zeolieten: Megapoeders. *Natuur & Techniek*, Jrg. 65. nr.1 p. 64-75.

AFBEELDING 6. | Een pijlpunt van obsidiaan (facsimile). In Midden- en Noord-Amerika zijn deze tot aan de 16^e eeuw door de oorspronkelijke bewoners gemaakt.

Foto: Freddy van Nieulande.

