

Het door microben gevormde gesteente is vergelijkbaar met natuurlijk zandsteen, zoals hier op de foto.

TEKST ING. SANDER TERBRUGGEN  
FOTO VICTORIA WHIFFIN



# Bacteriën

GEODELFT HOOPT EEN GEOTECHNISCHE REVOLUTIE TE ONTKETENEN MET EEN NIEUWE TECHNIEK. DOOR NATUURLIJKE BODEMPROCESSEN TE STIMULEREN PASSEN ZIJ DE FYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND AAN. BACTERIËN DIE ZAND KUNNEN OMZETTEN IN ZANDSTEEN SPELEN HIERBIJ DE HOOFDROL. VOORNAAMSTE TOEPASSING: DIJKVERSTERKING. HET PROCES IS VOOR VEENDIJKEN (NOG) NIET TOEPASBAAR, MAAR VOOR ONZE DUINEN IS STABILISATIE MET ZOGENAAMD BIOCEMENT WAARSCHIJNLIJK WEL MOGELIJK.

## REVOLUTIE IN DE GEOTECHNIEK

# bouwen biodijken

HET LIJKT TE MOOI VOOR WOORDEN: grondbacteriën in een duin of een dijk die in-situ zandkorrels aan elkaar metselen tot zandsteen. Volgens ir. Waldo Molendijk, sectordirecteur Business Development bij onderzoeksinstituut GeoDelft, is dit de dijkversterkingsmethode van de toekomst. 'Het begon een aantal jaren geleden toen ik van een collega hoorde dat iemand in Australië zich bezighield met het restaureren van zandstenen monumenten met behulp van bacteriën. Pas later realiseerden we ons in Delft welke toepassingsmogelijkheden dit voor de geotechniek zou kunnen hebben', zegt Molendijk. Inmiddels is de Australische onderzoekster in kwestie, Vicky Whiffin, in Australië gepromoveerd op de ontwikkeling van een in-situ biocementatieproces en heeft GeoDelft een aantal succesvolle laboratoriumproeven uitgevoerd met 'overgevoegen' bacteriën.

Molendijk: 'Eigenlijk zet GeoDelft in op twee toepassingen met grondbacteriën,

namelijk versteviging en verstopping van grond.' Met verstopping van grond doelt Molendijk op *biosealing*: door 'grondeigen' bacteriën op het juiste dieet te zetten produceren ze een slijmerig product. Dit maakt de grond minder doorlatend voor onder andere vocht. 'Op deze manier is het bijvoorbeeld mogelijk om een lekke bouwput te dichten.' Het dieet van de bacteriën bestaat in dit geval voornamelijk uit suikers en zetmeel. Het voeren van de microben gebeurt door de voedingsstoffen op de juiste plaats in de grond te injecteren. 'Na een aantal succesvolle laboratoriumproeven beginnen we binnenkort op een geheime locatie met een proefproject. Na ongeveer een maand weten we dan of deze test ook een succes is.'

### KALK

De andere toepassing waar GeoDelft zich op richt, is versteviging van de grond met het oog op dijkversterking. 'Hiermee zijn we wat

minder ver gevorderd, maar de laboratoriumproeven zijn succesvol', zegt Molendijk, terwijl hij een cilindervormig stukje zandsteen laat zien. 'In tegenstelling tot de werkmethode die we hanteren bij verstopping, brengen we bij versterking wel bacteriën in de bodem. De reden hiervoor is het feit dat de cementproducerende microben zich normaal gesproken alleen aan de oppervlakte van de grond ophouden. Ze kunnen niet lang op grotere diepte overleven, omdat ze zuurstof nodig hebben.'

Voor de laboratoriumproeven maakte GeoDelft gebruik van bacteriën die de Australische onderzoekster opstuurde. Whiffin: 'Onder de juiste omstandigheden produceren de microben een soort kalk, ook wel calciumcarbonaat (CaCO<sub>3</sub>), krijt of calciet genoemd. Dit is een kristallijn materiaal dat verantwoordelijk is voor de binding van natuurlijk kalksteen. Wanneer de bacteriën calciet produceren in zand, plakt deze kalk de zandkor-

rels aan elkaar als een soort cement. Op deze manier vormt zich een zandsteen die vergelijkbaar is met natuurlijk zandsteen.'

De uiteindelijke sterkte van het zandlichaam is afhankelijk van het aantal spoelingen met bacteriën en voedingsstoffen (in dit geval voornamelijk zouten). 'De kalkvorming zal de korrels bij de eerste spoeling alleen op de raakvlakken verbinden. Het zand is dan een beetje brokkelig', zegt Molendijk. 'De tweede spoeling laat een dikkere laag calciet om de korrels achter, waardoor de binding toeneemt. Bij de derde spoeling ontstaat een sterkte die lijkt op die van natuurlijk zandsteen. Het materiaal is dan wel minder, maar nog steeds goed doorlatend.'

De mogelijkheid om de mate van binding te doseren is een groot voordeel. 'Er kan zich geen waterdruk opbouwen als het materiaal doorlatend is. Een grondkering die niks doorlaat, loopt het risico omgeduwd te worden. Dit is ook de reden waarom het geen optie is om in plaats van het injecteren van nieuwe bacteriën bij iedere spoeling, de microben van de eerste spoeling in leven te houden door zuurstof

te injecteren. De zuurstof zorgt er namelijk voor dat ijzer in het grondwater neerslaat, met als gevolg een niet-doorlatende structuur.'

### WERKPAARD

In gecontroleerde laboratoriumomstandigheden is de cementatie dus mogelijk. Er zijn echter nog wel enkele obstakels voordat de techniek in-situ toepasbaar is. Zo wil GeoDelft graag gebruik maken van een bacterie uit Nederland en niet uit Australië. 'Hoewel dit wettelijk niet is vastgelegd, vindt GeoDelft het toch een prettiger idee wanneer er geen 'vreemde' bacteriën in de Nederlandse bodem worden gebracht', zegt Molendijk. 'Vervolgens moeten we uitzoeken welke bacterie het grootste werkpaard is. Er is namelijk geen sprake van één unieke bacterie die dit kan. We moeten dus de beste selecteren en die proberen te kweken.'

De volgende stap is uitzoeken hoe groot het effect is van het temperatuurverschil tussen het laboratorium en de grond buiten. 'Algemeen gesteld neemt bacterieactiviteit met een factor twee af per temperatuurdaling

van 10 °C. Of dit ook voor dit proces geldt, is nog onduidelijk.' De ontwikkeling van een aantal rekenmodellen is volgens Molendijk tevens noodzaak. 'Denk aan computerprogramma's waarmee je kunt bepalen welke handelingen nodig zijn om een bepaalde ondergrondse vorm te realiseren of hoeveel spoelingen er nodig zijn om een bepaalde sterkte te bereiken.'

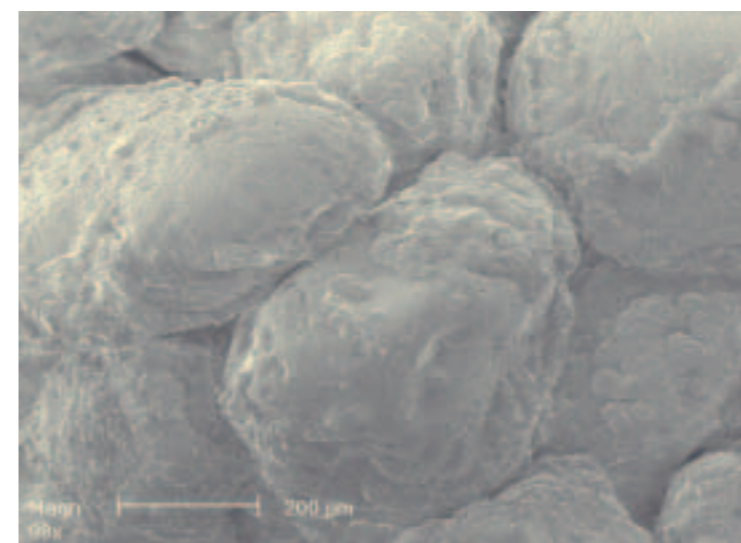
Molendijk meent dat deze techniek de basis gaat vormen van een nieuwe manier om geotechnische problemen te benaderen. 'Biologische processen spelen altijd een belangrijke rol bij het ontstaan van nieuwe grondeigenschappen. Door de juiste natuurlijke processen te stimuleren kunnen we deze eigenschappen naar onze hand zetten.'

Het economisch succes van het project met biodijken hangt echter ook nog van andere factoren af. Molendijk: 'Wat dit betreft is het een groot voordeel dat er voor het injecteren waarschijnlijk bestaand gereedschap te gebruiken is. De bacteriën worden waarschijnlijk pas goedkoop bij kweek op grote schaal. De eerste testbacteriën waren relatief duur vanwege hun vliegticket vanuit Australië.'

### BAGGERSLIB

GeoDelft probeerde het biologische proces tot nu toe alleen uit op zand. Een eerste toepassing ziet Molendijk dan ook in het versterken van de duinen aan de kust. 'Voor bijvoorbeeld klei voorzie ik grotere problemen. Doordat het veel dichter is dan zand, laat het zich moeilijker infiltreren met een bacteriehoudende oplossing. Veen is nog een stapje moeilijker. Niet alleen het injecteren zal hierbij lastiger zijn, ook de binding van de organische vezels kan een probleem vormen. Voorlopig richten we ons dus alleen op zand. Behalve aan onze duinen kun je dan denken aan tijdelijke grondkeringen, herstel van funderingen en het versterken van baggerslib tot bouw materiaal.'

• <http://www.geodelft.nl>  
<http://www.staff.murdoch.edu.au/~vwhiffin/biocement.html>



Microscopopname van zandkorrels die op sommige plaatsen verbonden zijn door calcietkristallen.