

JAARGANG 23 NUMMER 3 SEPTEMBER 2019

ge^o kunst

ONAFHANKELIJK VAKBLAD
VOOR GEBRUIKERS VAN
GEOKUNSTSTOFFEN



EROSIEBESCHERMING MET GEOKUNSTSTOFFEN
GEOKUNSTSTOFFEN EN HET MILIEU

GEOKUNST WORDT MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR:

Sub-Sponsors



Low & Bonar
Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem
Tel. +31 (0) 85 744 1300
Fax +31 (0) 85 744 1310
info@lowandbonar.com
www.lowandbonar.com



TenCate Geosynthetics
Netherlands BV
Europalaan 206
7559 SC HENGELO
service.nl@tencategeo.com
www.tencategeo.eu



NAUE GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp – Germany
Tel. +49 5743 41-0
Tel. +49 5743 41-240
info@naue.com
www.naue.com

De collectieve leden van de NGO zijn:

CDR International BV, Rijssen
Cofra B.V., Amsterdam
Deltares, Delft
Enviro Quality Control BV, Maarssen
Fugro NL Land B.V., Leidschendam
Genap BV, 's Heerenberg
Geopex Products (Europe) BV,
Gouderak
GeoTec Solutions BV, Den Dungen.
GID Milieutechniek, Velddriel
Huesker Synthetic BV, Den Dungen
InfraDelft BV, Delft

Intercodam Infra BV, Zaandam
Juta Holland BV, Oldenmarkt
Kiwa NV, Rijswijk
Kwast Consult, Houten
Low & Bonar, Arnhem
Movares Nederland BV, Utrecht
Naue GmbH & Co. KG,
Espelkamp-Fiestel
Ooms Civiel BV, Avenhorn
Prosé Geotechniek BV,
Leeuwarden
Quality Services BV, Bennekom
Robusta BV, Genemuiden
S&P Clever Reinforcement
Company Benelux, Aalsmeer
T&F Handelsonderneming BV,
Oosteind
Ten Cate Geosynthetics
Netherlands BV, Nijverdal
Tensor International,
's-Hertogenbosch
Terre Armee BV, Waddinxveen
Vulkan-Europe BV, Gouda
Witteveen + Bos, Deventer

Mede-ondersteuners



Enviro Quality Control B.V.
Daalseweg 1-B
3611 AA Oud-Zuilen
Tel. +31 (0)30 244 1404
mail@enviro-quality-control.nl
www.eqc.nu



Ooms Construction / Strukton Civiel
Scharwoude 9
1634 EA Scharwoude
Tel. +31 (0)229 54 77 00
info@ooms.nl
www.ooms.nl

Enka® Solutions

EnkaGrid® & EnkaMat®

Grondwapening en erosiebescherming
bij waterkeringen en dijkversterkingen



Low & Bonar

Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem | T +31 85 744 1300
lowandbonar.com/civilengineering | civilengineering@lowandbonar.com

BESTE GEOKUNST LEZERS,

Op 6 juni organiseerde de NGO alweer de 8^e creatieve sessie met het thema 'Erosiebescherming met geokunststoffen'. Dit maal op een bijzondere locatie: op het strand van Kijkduin. De deelnemers van opdrachtgevers, aannemers, ingenieursbureaus, leveranciers en kennisinstituten werden 's ochtends bijgepraat door diverse sprekers over de theoretische kennis van erosiebescherming. Vervolgens mochten ze zelf in teamverband aan de slag met de uitvoering van praktijkproeven op het strand en het bedenken van vernieuwende erosiebeschermingsconstructies, die natuurlijk beproefd gingen worden. Na deze levendige praktijktests konden de teams de opgedane theoretische en praktische kennis toepassen

bij de uitwerking van twee projectcases.

De uitkomst van de projectcases werd door de teamcaptains gepresenteerd, gevolgd door een plenaire discussie over de creatieve uitwerkingen.

De middag werd traditioneel afgesloten met een leuke netwerkborrel.

In het levendige artikel van Suzanne, Adam, Rijk, Wim, Piet, Paul en Edwin is het verloop van de workshop met achtergronden toegelicht. De leden van de commissie Innovatie en Kennisoverdracht van NGO hebben wederom een voortreffelijk dag georganiseerd en we kijken nu al uit naar de editie van volgend jaar!



In een artikel van Jurjen van Deen, Wim Voskamp en Adam Bezuijen wordt ingegaan op de actualiteit van geokunststoffen en het milieu. In deze tijd wordt u als toepasser van geokunststoffen geconfronteerd met de vraag: al dat plastic dat jullie in de grond stoppen, kan dat zomaar? Dit artikel is bedoeld om de voors en tegens van geokunststoffen in de grond op een rijtje te zetten en randvoorwaarden aan te geven voor een verantwoord gebruik. We willen natuurlijk met z'n allen een verantwoorde toepassing van geokunststoffen nastreven voor de komende 50 tot 100 jaar.

Veel leesplezier met deze GeoKunst,

Erik Kwast

Eindredacteur GeoKunst

COLOFON

GeoKunst wordt uitgegeven door de Nederlandse Geotextielorganisatie. Het is bedoeld voor beleidsmakers, opdrachtgevers, ontwerpers, aannemers en uitvoerders van werken in de grond-, weg- en waterbouw en de milieutechniek. GeoKunst verschijnt vier maal per jaar en wordt op aanvraag toegezonden.

*Eindredactie
Tekstredactie
Redactieraad*

**E. Kwast
J. van Deen
A. Bezuijen
P. van Duijnen
M. Duškov
S. van Eekelen
P. ter Horst
Uitgeverij Educom**

Productie

Een abonnement kan worden aangevraagd bij:
Nederlandse Geotextielorganisatie (NGO)
info@ngo.nl
www.ngo.nl



dr. ir. Suzanne van Eekelen
Voorzitter NGO Commissie:
Innovatie en
Kennisoverdracht
(I&K), Deltares



prof. dr. ir. Adam Bezuijen
Gent universiteit, Deltares



ing. Rijk Gerritsen
Lid NGO Commissie I&K,
Low & Bonar /
Enka Solutions



ir. Wim Voskamp
Voskamp Business
Consultancy



ing. Piet van Duijnen
Lid NGO Commissie I&K,
Geotec Solutions



ing. Paul ter Horst
Lid NGO Commissie I&K,
Tensar



ing. Edwin Zengerink
Lid NGO Commissie I&K,
TenCate

EROSIEBESCHERMING MET GEOKUNSTSTOFFEN

Inleiding

Waterstroming, wind en regen nemen grond mee (erosie) en laten het elders weer los (sedimentatie). Een natuurlijk proces dat ons land heeft gevormd en nog steeds doet veranderen. Soms kunnen we dit proces niet zijn gang laten gaan en moeten we ons land beschermen tegen de erosie. De klimaatverandering maakt de problemen langs oevers, kust en door regen bovendien steeds groter. Doordat de zeespiegel de komende decennia fors zal stijgen is een enorme versterkingsoperatie nodig voor de kustverdediging. Door (extreme) regenval en stromend water kan ook in het binnenland erosie optreden.

Constructies met geokunststoffen spelen een belangrijke rol bij bescherming tegen erosie: als filter bij steenzettingen die dijken beschermen tegen erosie, of rechtstreeks als bescherming tegen erosie door waterstroming of regenval. Om de kennis over erosiebescherming met geokunststoffen te delen organiseerde de NGO hierover een studiedag, de achtste alweer, op een onstuimige maar zonoevergoten dag op het strand bij Kijkduin.

Filters met geokunststoffen

In een eerste presentatie vertelde Adam Bezuijen over filters, een belangrijk onderwerp in de waterbouw. Geokunststoffen spelen daarin een grote rol, zo belangrijk zelfs dat men geotextiel vroeger 'filterdoek' noemde. Adam schetste de ontwikkeling van geokunststof-filtertoepassingen in de waterbouw aan de hand van drie voorbeelden: de Haringvlietsluizen, gebouwd in de jaren '60, de Oosterschelde Stormvloedkering uit de jaren '70 en de Mose-kering bij Venetië, waaraan nog wordt gebouwd. Bij de Haringvlietsluizen werd alleen nog een dikke laag granulaire filters gebruikt, geokunststoffen waren nog niet aan de orde. De filters werden laag voor laag opgebouwd in een tijdelijke polder waarin de sluisen in den droge zijn gebouwd. Voor de Oosterscheldekering was het niet mogelijk zo'n polder te maken en werden matten met granulaire materiaal en geokunststoffen afgezonken in de Oosterschelde. Er was echter nog onvoldoende bekend over de levensduur van geokunststoffen om deze al echt toe te kunnen passen als filter. Daarom bestond de mat uit een granulaire filter dat was 'ingepakt' in geokunststof. Pas bij de Mose-kering was er voldoende kennis

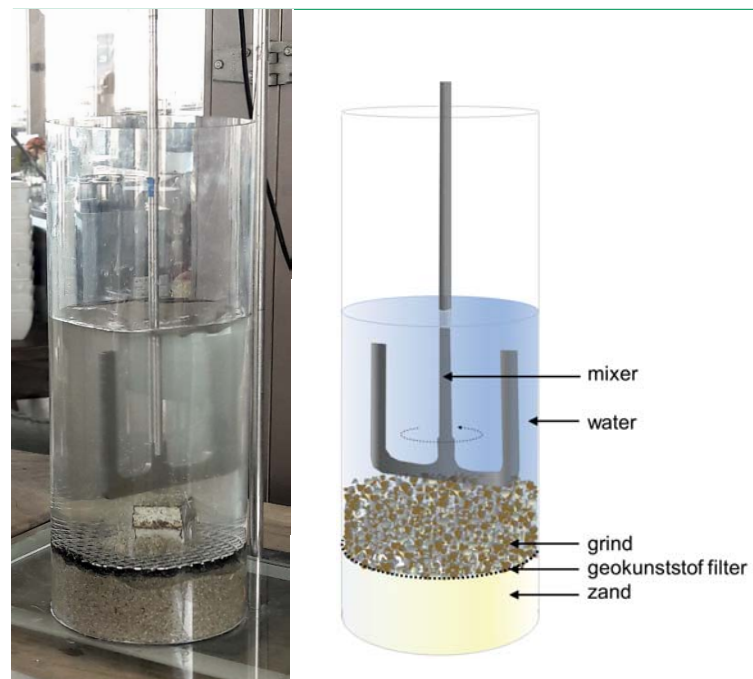
ontwikkeld over de levensduur van geokunststoffen en konden ze echt als filter in de constructie worden opgenomen. Dit maakte een veel dunner en goedkopere filtermat mogelijk.

Bij het ontwerp van een filter zijn de doorlatendheid en de openingsgrootte van belang, in verhouding tot de korrelgrootte van het granulaire materiaal dat moet worden vastgelegd. De doorlatendheid van een geokunststof constructie wordt sterk beïnvloed door het granulaire materiaal dat boven en onder het geokunststof wordt toegepast; in veel gevallen wordt de doorlatendheid van geokunststof hierdoor veel kleiner dan de gemeten doorlatendheid van alleen het geokunststof. Voor stabiliteit is ook het gewicht van een oeverbekleding belangrijk. Niet altijd kan een granulaire laag 'straffeloos' worden vervangen door een veel lichtere geokunststof constructie.

Adam liet met een aantal proeven zien hoe zandkorrels gaan bewegen als niet aan de regels voor de filter-functie wordt voldaan (figuur 2). Als extreem voorbeeld gebruikte hij een open 3D structuurmat op schoon grofkorrelig zand. Het



Figuur 1 – Erosie met geulvorming [Provincie Limburg, België].



Figuur 2 – Erosie-proeven. Links: foto van 3D erosiemat op schoon zand. Rechts: grind op geokunststof filter op zand.

SAMENVATTING

Op een onstuimige maar zonovergoten dag op het strand organiseerde de NGO haar achtste studiedag/creatieve sessie. De focus lag dit keer op geokunststoffen als middel voor erosiebescherming. Drie sprekers legden een theoretische en praktische ondergrond als basis voor de studiedag.

Ruim dertig deelnemers van opdrachtgevers, aannemers, ingenieursbureaus, leveranciers en kennisinstututen voerden proeven uit en bedachten vernieuwende constructies met geokunststoffen als bescherming tegen erosie door regen, golven en waterstroming.



Figuur 3a – De Nederlandse kust: dynamisch kustbeheer [Technisch Rapport Duinafslag TRDA, 2006].



Figuur 3b – Zeewering met filterconstructie, Midden-Oosten [Low & Bonar].



Figuur 3c – Duinvoetbescherming met geokunststof zakken, North Carolina USA [PIANC 2011].

Figuur 3d – Krib, kern gemaakt van geokunststof zakken. Maroochy, Queensland, Australia [Restall et al., 2002].



Foto 3e – Geotextiele tubes als talusbekleding [PIANC 2011].

Foto 3f – Afdekking van een Geotube TenCate USA.



bleek dat deze mat nauwelijks hielp om het zand tegen erosie te beschermen. Normaal worden deze structuurmatten gevuld met grond, steentjes en/of bitumen en toen later op de dag bij de proefjes buiten dezelfde structuurmat werd gevuld met teelaarde, bleek dat wel een zeer erosiebestendige combinatie te zijn.

Geokunststoffen in de kustwaterbouw

Wim Voskamp startte met enkele vormen van kusterosie en zeeweringen en schetste de ontwikkelingen in Nederland in de afgelopen decennia. De Nederlandse zandkust kent een evenwicht tussen duinafslag tijdens hoog water en storm-

vloeden en het afzetten van het afgeslagen zand op het strand en de vooroever bij rustig weer. Op het strand zal het zand opdrogen en weggeblazen worden door de wind tegen de duinen. Het duin herstelt zich en nieuwe duinen zullen zich vormen: dynamisch kustbeheer. Als ergens langs de kust zandtekorten ontstaan, kunnen deze worden

aangevuld met kunstmatige zandsuppleties. De huidige zandzuigers hebben een voldoende grote capaciteit om zo de kust regelmatig op een economisch verantwoorde wijze op te kunnen hogen. Dit is de huidige strategie om de zeespiegelstijging bij te houden. Of we zo een meter zeespiegelstijging kunnen opvangen zal de tijd leren.

Geokunststoffen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de kustbescherming. Sinds de eerste toepassingen bij de Deltawerken worden geokunststoffen in steeds meer vormen toegepast in de kustwaterbouw en offshore, in de vorm van matten, zakken, buisvormige elementen en geocontainers (figuur 3). Ze worden toegepast in filterconstructies op taluds bij zeedijken, of om ontgrondingen tegen te gaan en zijn vaak een

onderdeel van een zink- of kraagstuk. Ook zijn er toepassingen van (grote) zandzakken, bijvoorbeeld bij het maken van kribben, golfbrekers, kustbeschermingen en bescherming tegen ontgrondingen naast vaste constructies. Ook kunnen pijpleidingen op de zeebodem met blokkenmatten of betonmatrassen afgedekt worden. Tegenwoordig worden ook vaak geocontainers gebruikt om onderwater golfbrekers te maken. Deze golfbrekers dempen de golfhoogte en zorgen voor vermindering van kustafslag.

Binnenlandse erosiebescherming bij waterkeringen en taluds

Ook binnen Nederland kennen we erosieuitdagingen door extreme regenval en hoge rivierwaterstanden. Rijk Gerritsen vertelde hoe de grond het water bij extreme regenval niet zo snel kan

opnemen, waardoor dit afstroomt over waterkeringen en grondtaluds. Bij een lage erosiebestendigheid kan dit geulerosie veroorzaken (figuur 1). Dit kan zeer bedreigend zijn voor de taluds (progressieve erosie/afschuiven) en/of aangrenzende constructies.

De erosie-condities zijn maatgevend om te bepalen welke typen 3D-erosiematten of geocellen toegepast zijn. Erosiematten inzaaien geeft een groen talud en een grote erosiebestendigheid. 'Hydromulching' kan de graszode vorming versnellen. Hierbij worden erosiematten gevuld met een mengsel van zaden, gronddeeltjes en voedingsstoffen (figuur 4a). Voor zwaardere condities bestaan erosiematten gevuld met steenslag, gebonden met bitumen (figuur 4b). Rijk benadrukte het belang van een juiste samenstelling

Foto 4a – 3D-erosiemat (Enkamat) met hydromulching; verankering met het wortelstelsel [Profile].



Foto 4b – Zware 3D erosiemat (Enkamat A20) gevuld met steenslag/bitumen en begroeiing door de mat (Low & Bonar).



Foto 4c – Gewapende 3D-erosiemat (Enkamat R45) op een steil talud met verankering (Low & Bonar).



Foto 4d – Betonblokkenmatten op een geotextiel 3D-lussendoek EnkaLoopPile (Low & Bonar).

van zadenmengsels, en de correcte toepassing en installatiewijze van de erosiemat. Op zeer steile hellingen kunnen erosiematten worden verankerd met pennen of speciale ankersystemen, indien nodig tot in een stevige grondlaag (figuur 4c). In nog zwaardere erosie-condities, zoals bij rivieren, kanalen of meren, zijn zwaardere maatregelen nodig, zoals bijvoorbeeld geotextielmatrassen gevuld met zand of beton. Deze systemen worden toegepast op locaties waar ontwikkeling van vegetatie moeilijk is, zoals warme, droge gebieden met weinig vruchtbare grond. Een andere mogelijkheid is de toepassing van betonblokkenmatten (figuur 4d).

Proeven

Het ontwerpen van afdichtingen is één, de praktische toepassing is twee. Zes teams van deelnemers

werden uitgedaagd om zelf een dijkbekleding te bouwen (figuur 5 t/m 8). Hiervoor had Piet van Duijnen van tevoren zes proefbakken en een golfgoot in elkaar geklust. Opdracht was om een erosie-bestendige en golf-oploop-remmende dijk te maken. Om het uitdagend te maken waren de beschikbare stukken geokunststof klein (30 cm x 30 cm), zodat er nagedacht moest worden over de overlappen. Vervolgens werden met een golfgoot en tien emmers water drie grote golven geproduceerd. Een spectaculair gezicht. Hoe minder water er over de dijk sloeg, en hoe beter de dijk zich hield onder de drie heftige golven, hoe beter. Opvallend was dat de zes heel verschillende dijken heel illustratief waren in het bevestigen van verschillende theorieën.

Zo vermindert een ruw talud met grind, de golf-oploop echt significant. Dat was goed te zien:

de modellen met een grindbekleding (figuur 8b en d) hadden aanzienlijk minder golfoverslag dan de modellen met een glad talud (figuur 8a en c). Schoon strandzand erodeerde heel sterk. In de erosieproeven van Adam (2) zagen we al dat los zand door een open structuurmat heen erodeert. De golfproeven lieten zien dat de structuurmat echt gaat werken als er teelaarde doorheen werd gewerkt. Terwijl de losse zandkorrels door de stroming in beweging werden gezet, was de cohesie in de teelaarde voldoende om deze niet uit de structuurmat te laten spoelen en zo erosie te voorkomen. Het model in figuur 8a liet dat goed zien: het gladde talud dat bestond uit een structuurmat met teelaarde bleef perfect heel, maar de golven spoelden enthousiast over de gladde dijk heen.

Verschillende groepen gebruikten een glad geo-



Figuur 5 – De proefopstelling met golfgoot en proefbak met een van de proefmodellen.



Figuur 6a-b – Links: de proefbakken, rechts: het winnende team: André van Hoven (Deltares), Perry Groenewegen (RHDHV) en Folkert Reitsma (Provincie Fryslân).

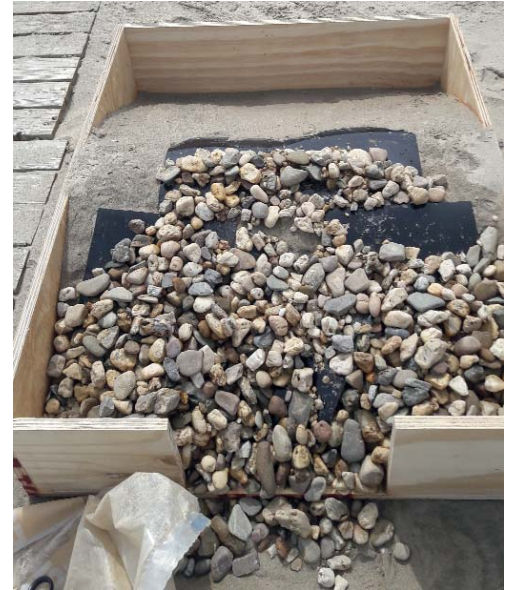


Figuur 7 – Golfbelasting.





Figuur 8a –
Teelaarde in 3D
mat: talud
bleef heel, wel
veel overslag.



Figuur 8b –
Grind op folie.



Figuur 8c –
Effect combinatie
geotextiel en
3D mat zonder
goede verankering
van de kleine
proefstukken
van 30 x 30 cm
onderling.



Figuur 8d –
Zandzakken
en grind

membraan (folie). Dit schuift van het talud af onder golfbelasting. De taludbekleding van het winnende team (8b) bestond uit een glad folie en daarboven een laag grind. Ook bij hen gleden het grind en het folie van het talud, maar het talud bleef met drie golfbelastingen wel staan. Dit folie passen we in de praktijk niet toe, maar wel een glad geotextiel. Dit wordt meestal aan de bovenzijde en onderzijde verankerd door een sleuf te graven, het geotextiel erin te leggen en de sleuf weer te vullen. Een alternatieve verankering is een teenconstructie aan de onderzijde van het talud, met daarboven stenen op het geotextiel. De stenen steunen dan af op de teenconstructie. Een teenconstructie kan bestaan uit een met palen gefixeerde betonnen balk.

Het verstevigen van het talud met geotextiel zandgevulde elementen was in de proeven weinig succesvol. Twee dijken waren met zandzakken beschermd; boterhamzakjes gevuld met zand. Als folie onder de zakken was toegepast, schoven de zakken over het talud naar beneden (figuur 8d).

In de situatie met alleen zandzakken, grind en grond, spoelde het zand onder de zakken weg (figuur 7, links).

Uitwerken cases

Na het uitvoeren van de proeven gingen de zes teams intensief aan de slag met twee cases die Rijk Gerritsen en Edwin Zengerink aan hen voorlegden. Onder leiding van dagvoorzitter Wim Voskamp zijn de cases tenslotte met de hele groep bediscussieerd.

Case 1

De eerste case betrof een erosieprobleem in Limburg. Er is sprake van een steil talud, extreme regenval, wisselende waterstanden, een sterke stroming in de Maas en een historische woning bovenaan het talud die wordt bedreigd door erosie van het talud en van de rivieroever. De teams moesten geokunststof oplossingen bedenken, letten op natuurlijke inpassing, raakvlakken beheersen, en de communicatie van de oplossing tijdens een bewonersavond verzorgen.

Team 1 beoordeelde het talud als stabiel, tenslotte groeiden er oude bomen op. De erosie gingen ze te lijf met een geokunststof composiet bestaande uit een gewapende 3D structuurmat. Deze werd bovenaan het talud verankerd en met lokale vegetatie ingezaaid, zodat het goed in de omgeving paste. Team 2 ving aanvullend ook nog het regenwater bovenaan de helling op, wat de oorzaak van taluderosie deels wegneemt.

Team 3 en 4 maakten er een steile-wand-constructie van met gewapende grond. Team 3 creëerde hierdoor iets meer ruimte voor de bewoners. Team 4 koos voor een aanpak met terrassen en aanplant met wijnranken. Team 3 plaatste onder aan het talud in de rivier een betonmatras onder water. Team 4 koos daar voor een ondoorlatende mat met een polymeer gel.

Team 5 koos voor een goedkope steile oplossing: een antiworteldoek met veel ankers en daaroverheen een hедера (klimop). Onderaan het talud legden ze een drainagebuis met een steenbestor-



Figuur 9 – Case 1. Erosieprobleem in Limburg.

ting erop. Team 6 verhuisde het historische pand 50 tot 100 meter om ruimte te creëren voor een flauwe helling en beschermde de Maasoever met een blokkenmat met geokunststof onderlaag.

Wim Voskamp merkte op dat de 3D structuurmatten op dit steile talud alleen werken als ze 100% op de ondergrond aansluiten. Lucht tussen mat en grond maakt het de vegetatie onmogelijk goed te wortelen. Gewapende grond vraagt veel afgraving en voor het laten begroeien van een wand kan de helling niet steiler worden dan ongeveer 70 graden. Een trapsgewijze aanleg kan dan helpen.

Case 2

De tweede case betrof een erosieprobleem in een kustgebied. De duinen worden bedreigd door het water en dreigen te verdwijnen (figuur 10). De erosie van de kust is groot door de dynamische belasting van golven en stroming en de zeespiegelstijging. Zandsuppleties zijn noodzakelijk, maar zand wordt schaars in deze regio. Omdat het een strandgebied is mogen er geen stenen worden gebruikt. De teams moesten beheersbare innovatieve geokunststof oplossingen bedenken, zand besparen en communiceren met de stakeholders.

Alle teams braken de golven door een geotextiele tube of container in zee aan te leggen. De tube breekt de golven en zo raken we veel energie kwijt. De zandafslag zal verminderen en bovendien zal zich tussen tube en kust meer zand afzetten, mogelijk ook slib in plaats van zand. Enige afstemming met stakeholders zoals vissers, beroepsvaart en recreatievaart is daarom geboden. Sommige teams brachten een klein laagje stortsteen aan over de tubes. Deze oplossingen met elementen in zee wordt in de praktijk regelmatig toegepast, maar vooral in gebieden waar nauwelijks getij is, zoals bij Cannes in Frankrijk. Daar liggen tubes op 80 cm onder de waterlijn. Er zijn ook onderwater golf-brekers toegepast bij de 2e Maasvlakte, in Israël, Australië en de US. De invloed van het getij



Figuur 10 – Case 2. Erosie kustgebied.



op de werking van tubes of containers is goed te onderzoeken in een golfgoot.

Enkele teams legden ook geotextiele tubes aan in de duinen. Deze worden bedekt met zand en helmgras, zodat de bescherming tegen erosie optimaal is. Andere teams gaven de voorkeur aan 'building with nature', en gingen voor dynamisch kustbeheer. Enkele teams plaatsten een onderwater berm. Team 6 plaatste aanvullend een damwand, zodat er aan de voorkant minder ontgroning zal plaats vinden. Team 6 verwachtte dat hier wel onderhoud nodig zal zijn, maar de hoeveelheid zand die nodig is zal afnemen. Dit damwand-idee genereerde een levendige discussie over de voor- en nadelen van een damwand op een dergelijke locatie.

De winnaars

Na rijp beraad besloot de jury om team 1 te huldigen als de winnaar van de dag. Hun model toonde weinig golfploop door de toepassing van een grindbekleding en hun dijk bleef behoorlijk heel. Bovendien losten ze de cases goed op! Opvallend was dat één van de teamleden vorig jaar ook al bij de winnaars hoorde. Wij willen team 1 hierbij nogmaals feliciteren!

Disclaimer

Dit artikel doet verslag van een creatieve sessie waarbij is gebrainstormd over toepassingen van geokunststoffen. De oplossingen die worden genoemd zijn niet allemaal haalbaar of praktisch. De cases zijn opgesteld met een knipoog naar werkelijke situaties, maar zijn geenszins bedoeld als weerspiegeling van de praktijk of oplossingen daartoe.

Dankwoord

Piet van Duijnen en Paul ter Horst bedachten de golfgoot-proeven, maakten de houten kisten en stelden deze beschikbaar. Low&Bonar, Huesker en Tensar leverden geokunststoffen en andere materialen voor de taludbekledingen en proefkisten. Deltares en de Universiteit van Gent leverden de cilinders en de opstelling voor de erosieproeven. Rijk Gerritsen, Adam Bezuijen en dagvoorzitter Wim Voskamp waren de stuwende krachten achter de organisatie van de inhoudelijke kant van deze leerzame dag. De bestuursleden van het NGO willen hen allen bedanken! ●



dr. J.K. van Deen
Deltares



ir. Wim Voskamp
Voskamp Business
Consultancy



prof. dr. ir. Adam Bezuijen
Universiteit Gent en Deltares

GEOKUNSTSTOFFEN EN HET MILIEU

Inleiding

Waarom gebruiken we kunststoffen in de grond? Kunststoffen hebben een aantal plezierige eigenschappen waarbij de lange levensduur, het inerte gedrag en het geringe gewicht het meest in het oog lopen. Het materiaal heeft legio toepassingen. In het huis-, tuin- en keukengebruik de scheiding van tuingrond en straatzand, antiworteldoek of vijverfolie. In de milieutechniek het afschermen van grondwaterstroming met een onderafdichting van een vuilstort en het voorkomen van indringen van regenwater met een bovenafdichting. In de dijk- en wegebouw als constructief hulpelement om de grond te versterken in de vorm van gewapende grond, funderingswapening of paalmatrasen, en voor het zettingsvrij ophogen van wegen op slappe grond en toeritten van viaducten. Constructieve elementen voor beschoeiingen en aanlegsteigers, die van gerecycled kunststof kunnen worden gemaakt – zo snijdt het mes aan twee kanten. En natuurlijk liggen er honderduizenden kilometers aan kunststof kabels en leidingen in de ondergrond. Zoals alle constructiematerialen zullen geokunststoffen in de nabije toekomst moeten voldoen aan Europese regelgeving en beschikken over een Environmental Product Declaration (EPD) volgens ISO 14425. EPD's zijn opgesteld voor een brede range aan constructie-

materialen en bieden een standaard protocol voor het maken van een Life Cycle Analysis.

Eén kwaliteit die kunststoffen zo populair maakt – de lange levensduur – kan ook in zijn tegendeel verkeren. Verspreiding van afvalplastic in het milieu staat steeds hoger op de agenda. Zo is in november 2018 het Besluit Bodemkwaliteit aangescherpt: in hergebruikte grond en baggerspecie mag geen plastic zitten. Dit gaat vooral over de aanwezigheid van eenmalig verpakkingsmateriaal, dat niet in de afvalbak is beland maar is weggegooid op straat, in groengebieden of in het water. Het gaat dan om PET-flessen, plastic boodschappentasjes en boterhamzakjes, maar ook nylon trossen die overboord gaan, visnetten die blijven hangen aan obstakels onder water en wegwaaiend landbouwplastic leiden tot langlevend zwerfafval op de grond, in het oppervlaktewater en in de zee. Onder invloed van water, zuurstof en UV-licht wordt dit plastic aangetast. Doordat toeslagstoffen uitlogen worden de mechanische eigenschappen van de kunststof slechter: het verbreekt in grote en kleine stukken. De kleinste brokken zijn de microdeeltjes en nog kleinere nanodeeltjes die in de voedselketen terecht kunnen komen. Ook het uitloogpercolaat kan schadelijke stoffen bevatten.

Er is een groot verschil tussen zwerfafval en het gebruik van hoogwaardige constructieve geokunststoffen. Daar is toepassing voorzien over een zo lang mogelijke levensduur en functionaliteit door in het materiaal toeslagstoffen te gebruiken die vrijwel niet uitlogen. Het geokunststof verbetert hierbij bepaalde eigenschappen van de grond, zodat een efficiënt en weinig milieubelastend ontwerp kan worden verkregen. Desalniettemin zal er oog moeten zijn voor de mogelijkheden van verwijdering en hergebruik na het einde van de functionele levensduur van een constructie. Dit betekent het verzamelen en afvoeren van het niet meer functionele geokunststof bij ontmanteling van een constructie. Het kan dan verwerkt worden of gerecycled tot kunststofgranulaat als bron voor nieuwe geokunststof producten.

Wat zijn geokunststoffen?

Er zijn een aantal verschillende geokunststoffen die – eventueel in combinatie – in folies of weefsels of elementen worden toegepast. CUR 243 (2014) geeft daarvan een uitgebreid overzicht. Folies en weefsels kunnen zelfstandig worden toegepast, maar ook in combinatie met andere constructieve elementen als een betonwand of palen van een paalmatrasconstructie. Daarnaast zijn er samengestelde materialen (geocomposieten) als drainage-



Figuur 1 – Zorgvuldige uitvoering bij het aanbrengen van EPS (let op de draglineschotten tegen het wegwaaien) (bron Kwast e.a., GeoKunst, december 2018).

SAMENVATTING

Vroeg of laat worden wij – wordt u – als leverancier of als toepasser van geokunststoffen geconfronteerd met de vraag: al dat plastic dat jullie in de grond stoppen, kan dat zomaar? Wat gebeurt daarmee? Is dat wel veilig? Dit artikel is bedoeld om de voors en tegens van geokunststoffen in de grond

op een rijtje te zetten en randvoorwaarden aan te geven voor een verantwoord gebruik. We willen natuurlijk voorkomen dat onze kleinkinderen over 50 jaar zeggen: "Oma, wat heb je nou gedaan?"

matten, bentonietmatten en verticale drains. En voor lichtgewicht ophogingen om (rest)zettingen van wegen en aansluitingen bij viaducten te voorkomen zijn er EPS ("piepschuim") blokken in soorten en maten.

De levensduur van deze constructies wordt mede bepaald door het toegepaste polymere basismateriaal: polyester (PET), polypropyleen (PP), polyethyleen (PE), polyamide (PA), polyvinylalcohol (PVA), polystyreen (EPS) (piepschuim) en nog een paar. De polymeren hebben verschillende chemische samenstellingen en reageren daarom verschillend op omgevingsfactoren. Om de eigenschappen van het polymeer te verbeteren worden additieven aan het polymeer toegevoegd zoals anti-oxidanten, carbon black, thermische stabilisatoren en andere. Het toevoegen van slechts enkele % van een additief kan grote invloed hebben op de levensduur van een geokunststof. Het belangrijkste mechanisme voor het verouderen van kunststof is het afbreken of uitlogen van de additieven en daarna chemische afbraak door reacties van het polymeer met zuurstof, water of in het grondwater opgeloste stoffen (oxidatie, hydrolyse). Die processen zijn afhankelijk van de omgevingsfactoren: zit het materiaal onder (grond)water, boven water of op de waterlijn, in welke grondsoort, wel of niet aan de lucht (zuurstof) blootgesteld en op welke temperatuur. Soms zit het materiaal niet onder de grond en is het blootgesteld aan (zon)licht (UV straling). Tenslotte speelt ook de belasting een rol. Enerzijds kortetermijnbelastingen met name tijdens inbouw/installatie (en bij verwijderen!), anderzijds langetermijneffecten als kruip onder invloed van trekkrachten, kruip door samendrukking van drainagematten, en biologische en chemische aantasting.

Chemische afbraak betekent ook dat stoffen uit de geokunststof uitlogen en dat er dus vreemde stoffen in het milieu terechtkomen. Een recente literatuurstudie van het IVM-VU gaat daar uitgebreid op in (Wiewel en Lamoree, 2016). Zij concluderen dat meer onderzoek naar de potentiële gevaren gedaan zou moeten worden en suggereren meer gebruik te maken van (natuurlijk afbreekbare) biopolymeren. Voor veel civieltechnische toepassingen waar een langdurige functionaliteit is vereist is dat niet zo praktisch, maar voor verticale drains die slecht verwijderbaar zijn en maar een beperkte tijd hoeven te functioneren zou dat te overwegen zijn.



Figuur 2 – Grondrukcontlasting met geotextiel leidt tot een veel lichtere betonconstructie en navenant geringere CO₂ footprint (foto: Huesker Geosynthetic)

Op macro-schaal doen leveranciers van geokunststoffen uitgebreid onderzoek naar de levensduur van geokunststoffen. Voskamp (2015) beschrijft een aantal testmethoden. De levensduren van geokunststoffen zijn zodanig lang dat real time testen niet erg praktisch is, hoewel er langeduurtesten (jaren) met geotextiel onder trekspanning gedaan worden. Ook is er het nodige bekend over de effecten van (herhaalde) dynamische belastingen op geotextielen, zij het door aardbevingen of onder (spoor)wegen en machinefundaties (EBGEO (2011), sectie 12). Om experimenteel de aantastingssnelheid door chemische processen te kunnen bepalen zijn kunstgrepen mogelijk. De temperatuur verhogen is een belangrijke methode. Uitgaande van bekende chemische verbanden van reactiesnelheid met temperatuur wordt een oven een soort van tijdmachine. Veroudering over een ontwerplevensduur van 50 of 100 jaar bij 10°C is daarmee terug te brengen tot een testperiode in de orde van weken of van maanden bij 90°C. Afhankelijk van welke reactie bepalend is voor de veroudering is een andere optie om de zuurstofdruk te verhogen of in een wateromgeving agressieve stoffen toe te voegen. Door metingen te doen bij verschillende temperaturen, zuurstofdrukken en concentraties wordt het verband tussen de factoren duidelijk en kun je extrapoleren naar normale omstandigheden.

Al dit onderzoek is primair gericht op het behoud van de functionaliteit van het geokunststof. Als het gaat om de milieubelasting van het uitlogpercolaat, gaat het er met name om of er zich toxische of andere schadelijke elementen uit het anti-oxidant of uit de polymeercompound kunnen afscheiden. Normen daarvoor zijn beschreven in het Duitse Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Strassenwesens (M Geok E, 2016, secties 6.29 en 7.7). Hierin worden de maximale waarden aangegeven die in het percolaat mogen worden gevonden bij testen volgens de Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung voor 17 anorganische stoffen en 10 organische stoffen (BBodSchV, 1999). De producten die in Duitsland gebruikt worden moeten voldoen aan deze eis en dezelfde producten worden ook in Nederland geleverd. We mogen dus wel aannemen dat de meeste producten voldoen aan deze eis.

Tijdens de levensduur van de constructie kan de kwaliteit periodiek gecontroleerd worden. Proefstroken die mee in de grond gebracht worden zijn onderhevig aan vergelijkbare omstandigheden als de eigenlijke constructie en na 5 of 10 of meer jaren kunnen de actuele mechanische eigenschappen in het laboratorium beproefd worden. Wanneer blijkt dat de eigenschappen sneller



Figuur 3 –
Autoclaaftest
voor langeduur-
gedrag
(bron: Dr M.
Boehning BAM
6.6).

achteruitgegaan zijn dan volgens het levensduur-model was aangenomen, kan tijdig worden ingegrepen. Ook wanneer eisen veranderen, bij voorbeeld meer of zwaarder verkeer, kan op basis van actuele gegevens een herontwerp gemaakt worden.

Beheersbaarheid van de materiaalstroom

Oprachtgevers en leveranciers streven naar een lange levensduur van de geokunststof. Dat is een gemeenschappelijk belang met het milieu waarin je zo weinig mogelijk milieuvreemde stoffen wilt verspreiden: hoe inerte het bouw materiaal hoe beter. Een constructie wordt voor lange tijd – 50 of 100 jaar – ontworpen en in die tussentijd moet de kunststof de noodzakelijke sterkte behouden. Of verdere verlenging van de levensduur van het materiaal zinvol is, staat te bezien. In veel gevallen zal eerder vervanging nodig zijn door wijziging van de functionele (of esthetische) eisen dan doordat het materiaal ‘af’ is.

Bij renovatie is het van belang dat er geen restanten oud materiaal achterblijven. Bij het verwijderen van de oude constructie treden andere, extra belastingen op. Om te voorkomen dat het materiaal daarbij scheurt of verbrekt en alsnog deels in de grond achterblijft moet al bij het ontwerp rekening gehouden worden met de extra belasting die bij het verwijderen (uittrekken of anderszins) op de geokunststof wordt uitgeoefend. Bij het ontwerp zal het ingenieursbureau moeten nadenken over de mogelijkheden voor het ontmantelen van constructies en het scheiden van grondstoffen (circulair bouwen). In de uitvoering van grondwerk moet de aannemer de werkmethode zodanig kiezen dat hiermee het scheiden en verwijderen van bodemvreemde materialen als bijvoorbeeld oude geokunststoffen mogelijk is. Ook zal het geokunststof materiaal zodanig moeten worden ontworpen dat verwijdering

mogelijk is. Dit betekent bijvoorbeeld dat aan het einde van de economische levensduur nog voldoende reststerkte aanwezig is. Met een dergelijke aandacht in het ontwerp- en uitvoeringsproces kan voor geokunststoffen voldaan worden aan het duurzaamheidsprincipe met kringloop van materialen.

Ook tijdens het normaal functioneren van de constructie kunnen werkzaamheden de integriteit aantasten. Wanneer onder of in een lichtgewicht ophoging van EPS blokken een riolering vervangen moet worden of een glasvezelnetwerk aangelegd, dan treedt onontkoombaar schade op aan het EPS waarbij losse delen zwerfafval dreigen te worden. Ook hier geldt dat voorkomen beter is dan genezen. Een robuust ontwerp houdt rekening met –voorzienbare– aanpassingen tijdens de levensduur van de constructie. Dat neemt niet weg dat onvoorziene aanpassingen zullen optreden en bij werkzaamheden naderhand die op zich niets met geokunststoffen te maken hebben moet er rekening mee gehouden worden en deskundigheid aanwezig zijn.

Daarnaast kan graafschade optreden (bij leidingen een overheersend risico) als bij aanpalende werkzaamheden door onbekendheid geen rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van geokunststoffen in de grond. In de “sloop” fase bij renovatie treden soortgelijke risico’s op maar daar is het proces in principe beheerst. Resten geotextiel kunnen ten gevolge van andere werkzaamheden in de afgraafstroom terecht komen. Bijvoorbeeld, een weglidder wordt gereconstrueerd en er zit een oud geotextiel in de weg. Of erger nog: pas tijdens de werkzaamheden komt men erachter dat er in het verleden een geotextiel is gebruikt. Bij het hergebruik van grond- en baggerspecie, voor bijvoorbeeld wegen- en dijkenbouw, ophogen van bedrijventerreinen en verondiepen van recreatieplassen, mag vanaf november 2018 nog

maar ‘sporadisch’ plastic in de grondstroom zitten en dat betekent dat het verwijderen op een beheerste manier moet gebeuren.

Beheerst verwijderen

Bij renovatie of gericht verwijderen is documentatie cruciaal. Het gaat om de beheersbaarheid van de stofstroom en dus om de boekhouding van het materiaal. Bij civieltechnische constructies, of ze nu van beton, staal of kunststof zijn, is er ooit een ontwerp gemaakt waarin omschreven is wat voor materiaal in welke hoeveelheid op welke plaats moest worden toegepast. In principe is met die informatie na afloop van de technische levensduur het materiaal min of meer volledig terug te winnen. In principe, want het veronderstelt wel een paar zaken. In de eerste plaats dat er revisietekeningen zijn van de as built situatie die kan afwijken van het ontwerp, verder dat die informatie na 50 of 100 jaar nog voorhanden is, dat die informatie ook geraadpleegd wordt, en last but not least de bereidheid – en dus een budget – om het materiaal op een adequate wijze terug te halen. Dat is minder vanzelfsprekend dan het zou moeten zijn gezien de tienduizenden kilometers buiten gebruik gestelde maar niet-verwijderde leidingen in Nederland.

Een gunstige voorwaarde voor het terughalen van materiaal is de mogelijkheid van hergebruik, zodat het materiaal nog een restwaarde heeft. Puin kun je gebruiken als wegfundering maar ook niet onbeperkt, hout gaat de brandstapel op. Metalen als staal en aluminium zijn om te smelten en opnieuw te gebruiken. Kunststof leidingen worden ingezameld en hergebruikt (BIS, 2019). Gerecycled (omgesmolten) plastic wordt gebruikt voor beschoeiingen en aanlegsteigers. Het mooiste zou zijn als je ook geokunststoffen zou kunnen hergebruiken, maar dat heeft nogal wat voeten in aarde. De onontkoombare verontreiniging met zand en klei is een bottleneck voor hergebruik, en ook de veroudering van het materiaal zelf. De polymeren worden bijvoorbeeld aangetast (korter) door UV licht. Het maakt dus uit hoe lang het te hergebruiken materiaal aan de zon is blootgesteld.

Positieve milieueffecten

Bij het beoordelen van het effect van geokunststoffen op het milieu zijn er twee kanten aan de medaille. Er treedt enige uitloging van additieven op, en bij onvoldoende beheersing van de stofstroom kan materiaal in de grond achterblijven na de functionele levensduur. Zoals opgemerkt is de uitloging bij de toegepaste, goed gestabiliseerde kunststoffen verwaarloosbaar en is het tweede een zaak van goed management. Daarnaast hebben geokunststoffen grote milieuvordelen boven het gebruik van de traditionele bouwmaterialen zand, beton en staal als we het alternatief “niks doen” (je kunt ook geen viaduct bouwen) buiten beschouwing laten. Het alter-

natief is dan een ander ontwerp: ophogen met zand in plaats van EPS, een betonnen plaat in plaats van een paalmatras, een stalen damwand of betonnen keerwand in plaats van een talud van gewapende grond. Al die alternatieven hebben hun eigen consequenties in termen van ecologische footprint (de productie van cement is een notoir grote bron van CO₂, staalproductie evenzeer), van overlast (elke 10 jaar opnieuw ophogen) en van kosten (construeren in staal en beton is (veel) duurder dan in grond).

Het Duitse kenniscentrum voor Geokunststoffen (IVG) publiceerde in 2015 een analyse waarin het energieverbruik en de CO₂ emissie bij verschillende bouwmethoden wordt vergeleken (Frischknecht 2012, IVG 2015). Hierbij zijn berekeningen uitgevoerd voor de milieubelasting van vier verschillende traditionele ontwerpen en ontwerpen met gebruik van geokunststoffen: een filterconstructie (stortsteen), een wegconstructie (fundering), een drainagelaag op een stortplaats, en een grondkerende constructie. Omdat civieltechnische constructies vaak eenmalig van karakter zijn, zijn het noodzakelijkerwijs vergelijkingen op casus-niveau. In alle gevallen was er sprake van (substantiële) winst, het meest bij keerwanden: 75% minder energie, 85% minder CO₂ uitstoot. Bij wegfunderingen is de winst minder maar nog

steeds orde 30% CO₂. De andere cases zitten er tussen in. In dit verband is het ook belangrijk te constateren dat het gebruik van geokunststoffen een substantiële bijdrage kan leveren aan de Nederlandse-overheidsdoelstelling om in 2030 50% minder primaire bouwstoffen te gebruiken.

Conclusie

Al met al is de conclusie dat het gebruik van geokunststoffen natuurlijk invloed heeft op het milieu. Plastic is een stof die, misschien een beetje maar toch enigszins, schadelijk zal zijn. Nu geldt ook voor het milieu dat de keuze eenvoudig zou zijn als er een goede en een slechte oplossing is, maar zo eenvoudig zit de wereld niet in elkaar. De voordelen van geokunststoffen (minder grondstoffen- en energiegebruik, goedkopere constructies) moeten afgewogen worden tegen de nadelen (plastic in de bodem, uitloging van additieven). Met elkaar werken aan de beheersbaarheid van de stofstroom kan de nadelen verder verkleinen. Een protocol voor de verwerking van geokunststoffen, van installatie tot verwijdering, kan in hoge mate voorkomen dat het materiaal ongecontroleerd in het milieu terechtkomt. Documentatie, kwaliteitsbewaking bij de verwijdering en het expliciet meenemen van verwijderingskosten bij nieuwbouw/renovatie kunnen daarbij goede elementen zijn.

Referenties

- BIS, <https://www.bureauleiding.nl/bis-buizen-inzamelsysteem>, geraadpleegd 20-05-2019.
- CUR 243: Greenwood, J.H., Schroeder, H.F., Voskamp, W., Durability of Geosynthetics, second edition, SBRCUR net, CRC Press, February 2016.
- EBGEO (2011), Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements, German Geotechnical Society, Ernst&Sohn GmbH & Co. KG, <https://www.scribd.com/document/263370144/EBGEO>.
- Frischknecht, Rolf, Matthias Stucki, Sybille Büsser, René Itten and Holger Wallbaum, Comparative life cycle assessment of geosynthetics versus conventional construction materials, Ground Engineering, October 2012, p 24 - 28.
- IVG, 2015, <http://www.ivgeokunststoffe.com/fachinformationen/eagm-studie.pdf>
- M Geok E (2016): Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Merkblatt Über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, Ausgabe 2016.
- Voskamp, W., Levensduur van geokunststoffen, GeoKunst, januari 2015, p 50-55.
- Wiewel, B.V., Lamoree, M., Geotextile composition, application and ecotoxicology - A review, Journal of Hazardous Materials 317 (2016) 640-655. ●



STERK, ROBUUST EN KOSTENEFFICIËNT

Secugrid® HS
Geogrid met hoge treksterkte

Toepassingen:

- Ophogingen op slappe ondergrond
- Gewapende matras voor o.a. paalmatrasystemen
- Voorkomen van ongelijkmatige zettingen door aardverschuivingen en ondergrond instabiliteit

Voordelen:

- Kortere bouwtijd door snellere consolidatie
- Kostenbesparend door optimalisering van het paalstramien
- Vergroting van de verkeersveiligheid

 **NAUE GmbH & Co. KG**
Duitsland
Tel.: +49 5743 41-0
info@naue.com - www.naue.com

YOUR KNOWLEDGE PARTNER IN GEOSYNTHETICS



Europalaan 206
7559 SC Hengelo
Nederland

+31 (0)546 544 811
geonederland@tencategeo.com
www.tencategeo.nl

twitter: @tencate_geo_nl

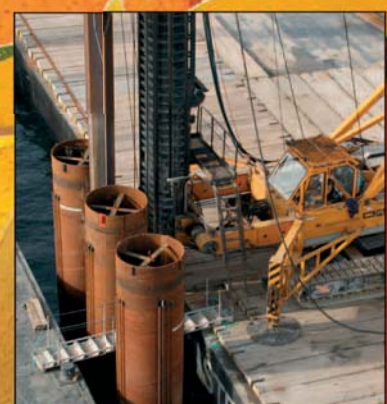
 **TENCATE**
GEOSYNTHETICS

FUNDEX

Informatie op aanvraag

- **FUNDEX ® palen**
- **FUNDEX ® palen met groutinjectie**
- **FUNDEXCOMBI palen**
- **TUBEX ® palen met groutinjectie**
- **VIBREX ® palen**
- **SUPERVIBREX ® palen**
- **FUNDEX ® trekankers**
- **MV palen**
- **TWIN – buispalenwand**
- **Stalen Buispalen**
- **Grindkernen**

Funderingstechnieken Verstraeten BV
Brugsevaart 6
Postbus 55
4500 AB OOSTBURG
Nederland
tel: (+31) (0)117 45 75 75
fax: (+31) (0)117 45 75 50
e-mail: fundex.nl@fundexgroup.com
URL: www.fundexgroup.com



THE ART OF PILING TECHNOLOGIES



Bij het uitbrengen van geotechnisch advies kijken wij altijd naar de opgave van onze opdrachtgever.

RPS is thuis in:
stabiliteitsberekeningen,
grondverbeteringen,
zettingsprognoses,
plaxisberekeningen,
haalbaarheidsstudies
en meer.

**Benieuwd naar ons volledige aanbod?
rps.nl**



www.hoeheetdatbedrijftoch.nl



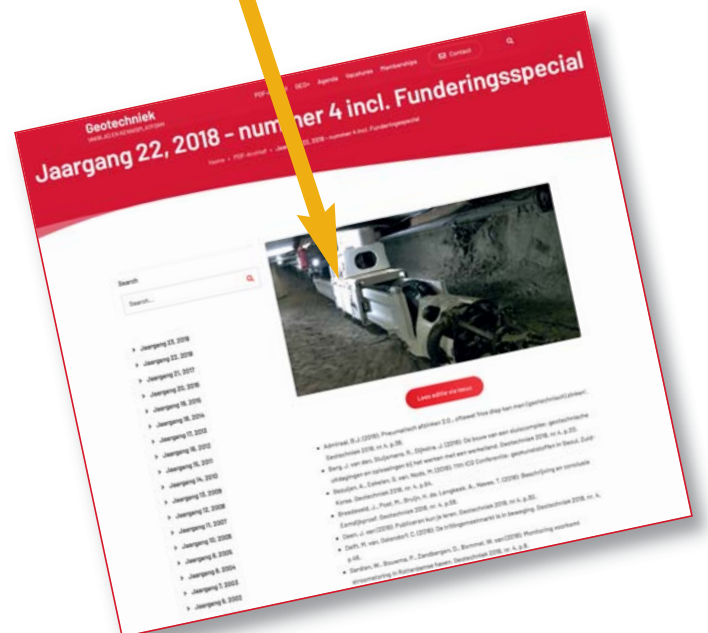
Een website is een *must*. Maar een *must* creëert geen **goodwill**. Onderzoek toont aan dat *bedrijfstijdschriften* dit wel voor elkaar krijgen. *Mits in handen van een ervaren partij*. Dan hebben we het over **Educom**.
Met een track-record in redactie, vormgeving en marketing. Educom produceert al 25 jaar *communicatie voor verkoop*. Neem contact op als u goodwill kunt gebruiken.



Tel. +31 (0)10-425 6544
www.uitgeverijeducom.nl

Website Vakblad Geotechniek

Nu alle edities online te lezen!
Gemakkelijk artikelen terugvinden met de zoekmachine!
Plaats in GEO+ pdf-publicaties in hoge resolutie, inclusief uw logo.
Wilt u uw doelgroep direct en beter bereiken? Vacatures plaatsen? Wordt Member!
Vraag naar de mogelijkheden via info@uitgeverijeducom.nl



Geotechniek vernieuwd!

www.vakbladgeotechniek.nl

