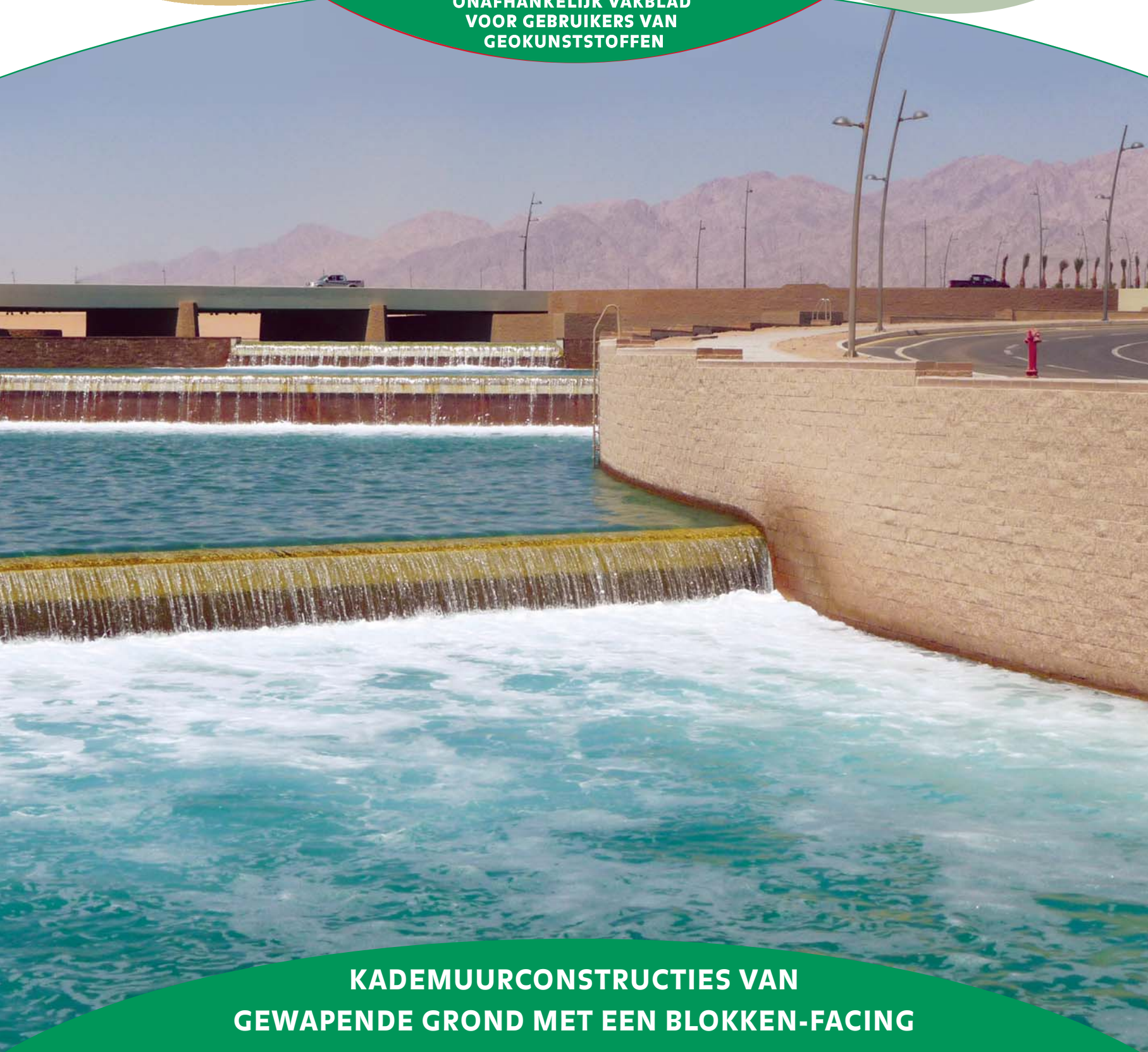


JAARGANG 26 NUMMER 3 SEPTEMBER 2022

Geotechniek

ONAFHANKELIJK VAKBLAD
VOOR GEBRUIKERS VAN
GEOKUNSTSTOFFEN



**KADEMUURCONSTRUCTIES VAN
GEWAPENDE GROND MET EEN BLOKKEN-FACING**

GEOKUNST WORDT MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR:

HOOFD-SPONSORS



Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem
Tel. +31 (0) 85 744 1300
www.enkasolutions.com



TenCate Geosynthetics Netherlands BV
Europalaan 206
7559 SC Hengelo
www.tencategeo.eu



Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp – Germany
Tel. +49 5743 410 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



Computerweg 11, 3542 DP Utrecht
Tel. 0031 (0)346 76 90 46
www.geo2.nl



Veilingweg 24, 6681 LA Bommel
Tel. 0031(0) 481-42 47 21
www.joostenkunststoffen.nl

Quality Services BV, Bennekom
Robusta BV, Genemuiden
Rijkswaterstaat, Utrecht
Strukton Civiel, Scharwoude
Stybenex, Geldermalsen



TenCate Geosynthetics Netherlands B.V.
Europalaan 206, 7559 SC Hengelo
Tel. 0031(0) 546 544811 www.tencategeo.eu

Geonius, Geleen



Middelblok 154, 2831 BR Gouderak
Tel. 0031(0)182 37 73 27
www.geopex.com

Juta Holland BV, Oldemarkt
Kiwa NV, Rijswijk
Kwast Consult, Houten



Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem
Tel. 0031(0) 85 744 13 00
www.enkasolutions.com



Tensor International B.V.
Helftheuvelweg 11
5222 AV 's-Hertogenbosch
Tel. 0031(0) 73 624 1916 www.tensor.nl

GeoTec Solutions BV, Culemborg



Goorsestraat 1, 7041 GA 's-Heerenberg
Tel. 0031 (0)466 16 44
www.genap.nl

Movares Nederland BV, Utrecht



Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2 32339 Espelkamp – Germany
Tel. +49 5743 410 www.naue.com
netherlands@naue.com



Trisoplast Mineral Liners
Oude Weistraat 17, 5334 LK Velddriel
Tel. 0031(0) 418 63 6030 www.trisoplast.com

T&F Handelsonderneming BV, Gilze
Witteveen + Bos, Deventer

BESTE GEOKUNST LEZERS,

Voor jullie ligt de September-editie van Geokunst. Vanuit de NGO-IGS Netherlands vinden we duurzaamheid heel belangrijk. Met geokunststoffen lopen we voorop om de grond-, weg- en waterbouw- sector te ondersteunen in de grote verduurzamingsopgave die de komende jaren voor ons ligt.

In lijn met de Europese 'Green-deal' heeft Rijkswaterstaat een ambitieuze strategie over klimaat neutrale en circulaire infrastructurele overheidsprojecten¹. Om de uitstoot van CO₂ te verminderen, heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu de ambitie gesteld om in 2030 volledig klimaatneutraal te zijn en circulair te werken.

Deze overheidsstrategie wordt vertaald naar aanbestedingscontracten, waarbij aannemers worden beloond voor het ontwerpen

en uitvoeren van circulaire constructies met een minimale CO₂-uitstoot. Onderdeel van de strategie is enerzijds de doelstelling voor vermindering van het gebruik van primaire grondstoffen aan infrastructuurprojecten met 50% (!). Anderzijds realisatie van volledig circulaire constructies met hergebruik van alle materialen én volledig klimaatneutraal.

Het jaar 2030 komt met rappe

schreden dichterbij. We hebben nog 8 jaar om hier met elkaar grote stappen in te maken. Wie pakt de handschoen op?

Op 27 September organiseren we als NGO-IGS Netherlands een creatieve sessie op het zeer actuele onderwerp van circulariteit. De titel van deze studiedag is 'Circulariteit geokunststoffen – einde levensduur: wat heb je dan?'. Bij circulariteit wordt de cirkel

van materiaalgebruik gesloten. Bouwmaterialen eindigen dan niet meer als afval, maar als nieuw bouw materiaal. Hoe krijgen we dat bij geokunststoffen voor elkaar? Hoe moeten we een bouwwerk ontwerpen en bouwen om het later volledig te kunnen ontmantelen? Kan het geokunststof opnieuw worden gebruikt, of is het een grondstof voor een nieuw product? Op de website www.ngo.nl en onze LinkedIn pagina is meer informatie te vinden over deze studiedag met boeiende presentaties, een proefopstelling, uitwerking van cases in groepjes en uitgebreide mogelijkheden om op een leuke manier van elkaar te leren. Heb je interesse om mee te doen aan deze inspirerende creatieve sessie, stuur dan een mail aan het secretariaat op joop.groenveld@ngo.nl of ga naar www.ngo.nl.

In deze editie van Geokunst vinden jullie een interessant artikel geschreven door Oliver Detert en Joris van den Berg over kademuurconstructies van gewapende grond met een blokkenfacing. Teruggrijpend op het hierboven beschreven onderwerp: blokkenwanden met geogrids of gewapende grondconstructies in het algemeen kunnen worden gezien als een circulaire oplossing welke reeds toekomstbestendig is. Aan het eind van de levensduur kan een gewapende grondconstructie relatief eenvoudig ontmanteld worden, door het wegnemen en scheiden van het facing-systeem, grond en geogrids. Alle primaire materialen kunnen hierna worden hergebruikt of gerecycled. Het gebruik van hoogwaardige geokunststoffen kan in de grote verduurzamingsopgave die voor ons ligt dan ook een belangrijke rol spelen. Samen werken aan een duurzame toekomst doen we met elkaar.

Ik wens jullie veel leesplezier. *Be smart. Be circular.*

Rijk Gerritsen
Eindredacteur GeoKunst

1) Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, naar klimaatneutrale en circulaire rijksinfrastructuurprojecten, <https://tinyurl.com/3ua7c35n>, januari 2020.

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*

Productie

**Rijk Gerritsen
Jurjen van Deen
Adam Bezuijen
Piet van Duijnen
Suzanne van Eekelen
Paul ter Horst
Tara van der Peet
Uitgeverij Educom**

Een abonnement kan worden aangevraagd bij:
Nederlandse Geotextielorganisatie (NGO)

info@ngo.nl
www.ngo.nl





Dr. O. Detert
Huesker Synthetic GmbH
Gescher, Duitsland



Ir. J.H. van den Berg
Huesker Synthetic B.V.
Rosmalen, Nederland

KADEMUURCONSTRUCTIES VAN GEWAPENDE GROND MET EEN BLOKKEN-FACING

1 INLEIDING

1.1 OEVERCONSTRUCTIES

Het is niet ongebruikelijk dat oude open mijngroeven of braakliggende terreinen worden omgevormd tot aantrekkelijke recreatie- en toeristengebieden door de aanleg van kunstmatige lagunes met promenades en stranden. Vaak worden keerwanden gebruikt om hoogteverschillen op te vangen. Conventionele betonnen keerwanden worden steeds vaker vervangen door keerwanden van gewapende grond met een blokkenwand-facing (figuur 1). Naast lagere bouwkosten bieden deze blokkenwanden in veel gevallen voordelen op het gebied van bouwtijd, flexibiliteit met betrekking tot de geometrie en de hellingshoek van de wand. Dit artikel geeft een overzicht van de kenmerken van kademuurconstructies en beschrijft twee opmerkelijke projecten met innovatieve oplossingen.

1.2 KENMERKEN VAN KADEMUURCONSTRUCTIES

Keerwanden als oeverconstructies worden specifiek belast en moeten aan hogere eisen voldoen dan keerwanden 'op land'.

In de eerste plaats is bescherming nodig tegen erosie vóór de wand om de stabiliteit op lange termijn te waarborgen. Dit wordt nog kritischer als er sprake is van golfbelasting of van hydraulische belastingen door motorboten of -jachten. Bovendien kunnen onderhoudswerkzaamheden aan de waterbodem, bijvoorbeeld baggerwerkzaam-

heden om sediment te verwijderen, schade toebrengen aan de wanden.

Ten tweede dient rekening gehouden te worden met instantaan vallend water. In het ontwerp moet worden uitgegaan van een grondwaterpeil aan landzijde dat gelijk is aan hoogwater en een water-niveau dat gelijk is aan laagwater. Dit verschil in waterpeil leidt tot een waterdruk aan de binnenzijde van een dichte kademuur.

In het algemeen zijn blokkenwanden van beton vrij drainerende constructies, doordat water door de voegen tussen de blokken kan stromen. Grof materiaal, bijvoorbeeld grind, dient te worden gebruikt als drainagelaag direct achter de blokken om de drainagecapaciteit van de constructie te vergroten. Tussen het drainage- en het aanvulmateriaal moet een scheidings- en filtervlies worden aangebracht om uitspoeling van het aanvulmateriaal te voorkomen. Indien er sprake is van snel ('instantaan') vallend water als gevolg van golven, getijden of aardbevingen, moeten extra drainagevoorzieningen worden overwogen om een snellere aanpassing van het grondwaterpeil mogelijk te maken.

Bovendien hebben aanmerende schepen invloed op de kademuur. De blokkenwanden moeten ofwel tegen deze invloeden worden beschermd, ofwel zodanig zijn ontworpen dat ze ertegen bestand zijn. Daarbij is het van belang dat herstelwerk aan de wand tijdens de gebruiksfase praktisch mogelijk blijft.

2 OPWAARDERING VAN EEN VERLATEN BOVENGRONDSE MIJN

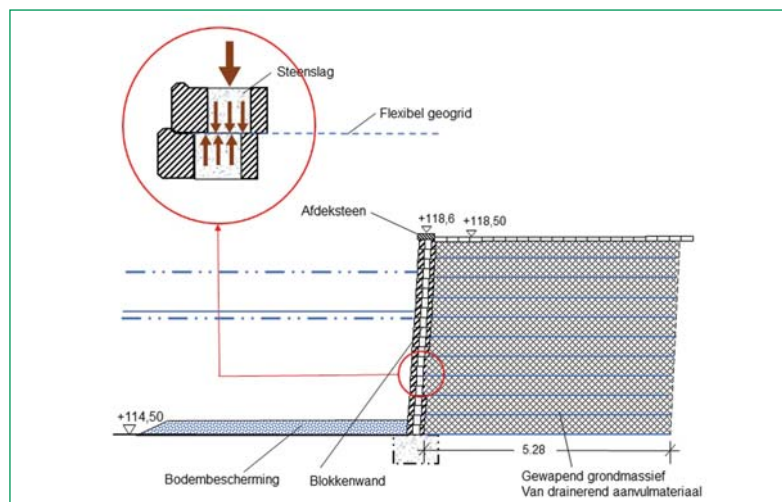
2.1 INLEIDING

In de gemeente Großpösna aan het Störthalmeer ten zuiden van de stad Leipzig, Duitsland, wilde men een verlaten dagbouwmijn omvormen tot een recreatie-gebied van 12,6 hectare, inclusief watersportcentrum met havenfaciliteiten, een surfstrand en pieren voor boten.

Dit project, 'Gruna Bay Marina' genaamd, vormt een hoogtepunt in de opwaardering van de voormalige mijn en de integratie ervan in het merengebied van Leipzig. De projectontwikkelaar en eigenaar is LMBV (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau Verwaltungsgesellschaft mbH). De havenmuren en de uitkijktoren aan het noordoostelijke uiteinde zijn ontworpen en uitgevoerd in een gewapende-grondconstructie met blokkenwand-facing. Doorslaggevend bij de keuze van dit ontwerp waren onder meer de te verwachten bouwkosten, die in totaal circa 25% lager zijn dan bij conventionele keerwanden, zoals van gewapend beton of staal. Een ander voordeel is de hoge tolerantie van het systeem voor zettingsverschillen.

2.2 ONTWERPCONCEPT VOOR HET HAVENGEBIED

Volgens het ontwerpconcept van de architect (DENK Architectural Engineers, Leipzig) moest de havenmuur aan de Gruna-baai aan twee belangrijke eisen voldoen. Enerzijds moest de muur zo harmo-



Figuur 1 – Doorsnede van een gewapende blokkenwand als kademuurconstructie.



Figuur 2 – Gruna Bay Landschappelijk Ontwerp.

SAMENVATTING

Dit artikel behandelt twee projecten van kademuurconstructies, waarbij het gebruik van een met geogrid gewapende grondconstructie met een blokkenwand-facing de beste oplossing is gebleken. Het artikel belicht relevante ontwerpaspecten van kademuurconstructies van blokkenwanden, met aandacht voor specifieke eisen in termen van esthetische kwaliteit, omgevingscondities

zoals dynamische belastingen door aardbevingen, aanvaarbelasting en aantasting in een agressief milieu. Het gebruik van gewapende-grondconstructies met blokken-facing is in beide projecten zeer succesvol gebleken. Dit artikel is gebaseerd op de bijdrage van Detert en Schmidt (2012) aan EUROGEO 2012.



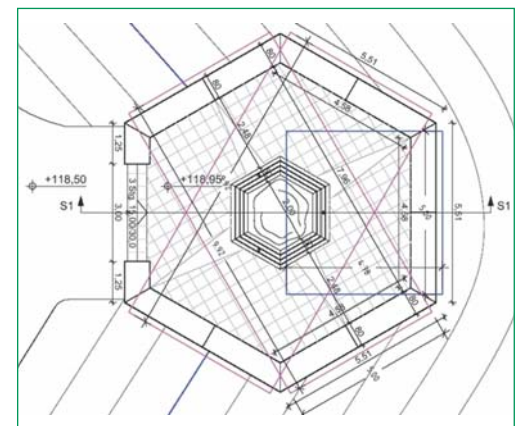
Figuur 3 – Blokkenwand Kademuurconstructie bij oplevering.



Figuur 4 – Drie maanden na oplevering was het waterniveau gestegen tot ca. 115,0 m boven zeeniveau.



Figuur 5 –
Zeshoekig gevormde
uitkijktoren.



Figuur 6 –
Legplan zesantige
blokkenwand
uitkijktoren.

nieuw mogelijk in het landschap worden ingepast. Anderzijds moest een bouwmethodiek worden gevonden die, ondanks een uitdagend vormenspel van de havenmuur en het uiterst krappe bouw-schema, een snelle en effectieve uitvoering mogelijk maakte. Er werd gekozen voor een keerwand van gewapende grond. In dit specifieke geval werd een 4 m hoge blokkenwand gebouwd en verankerd met geogrids. Het modulaire systeem biedt relatief veel flexibiliteit bij de vormgeving van de muur, met verschillend gevormde stenen in diverse kleuren en oppervlaktestructuren, waardoor volledig aan de esthetische wensen van de architect kon worden voldaan.

De ontmantelingswerkzaamheden en het daaropvolgende vollopen van de bruinkoolmijn leidde tot een hoog sulfaatgehalte in het water. Daardoor verzuurde het water sterk met pH-waarden variërend tussen 2,5 en 3,5. De kerende constructie diende hier dus bestand tegen te zijn. Anderzijds is sprake van een alkalisch milieu (hoge pH-waarde)

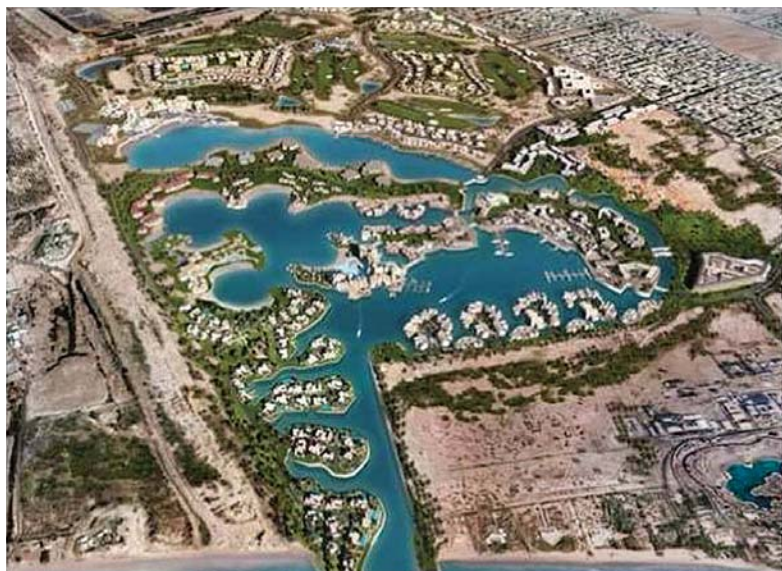
in de stenen. Deze begincondities stellen hoge eisen aan de bestendigheid van de toegepaste verankerings-elementen. Geogrids van polyvinyl-alcohol (PVA) die mogen worden toegepast in zowel een zeer zuur als een alkalisch milieu waren hiervoor de oplossing. Met de tijd zal een neutrale pH-waarde worden bereikt. In 2012 bedroeg de pH-waarde van het water 5,9.

2.4 CONSTRUCTIEF ONTWERP

De fundering van de blokkenwand ligt op 114,5 m boven zeeniveau. De blokkenwand heeft een kerende hoogte van 4,0 m en zal in de eindfase 1,5 m boven het waterniveau uitsteken. De eerste laag van de hollewandblokken werd gefundeerd op grofkorrelig materiaal. De hollewandblokken zelf zijn opgevuld met steenslag met een korrelgrootte van 5/32 mm (figuur 1). Dezelfde steenslag werd ook gebruikt als drainerend aanvulmateriaal achter de keerwand. De Fortrac® MDT geogrids werden tussen de blokken gelegd op elke tweede rij. De connectie tussen het geogrid en de blokken

ontstaat door wrijving en interlock tussen het aangevulde steenslag in de holle ruimte in het blok en het geogrid. De Allan Block® hollewandsteen heeft het niet nodig verbindings-elementen toe te passen om de geogridlagen vast te zetten. De wand kan hierdoor gesteld worden op een hoek van in dit geval 87°. De lengte en treksterkte van de geogrid wapening en de afstand tussen de lagen zijn bepaald door een geotechnische stabiliteitsbeschouwing conform DIN 4084:2009 en de Duitse richtlijn voor ontwerp van gewapende-grondconstructies (EBGEO 2010). Dit type blokkenwand heeft zich in talrijke projecten wereldwijd bewezen en wordt gebruikt als gewapende-grondconstructie in grootschalige infrastructuurprojecten (Hangen et al., 2009)

Lokaal gewonnen zand werd achter de gewapende-grondconstructie aangebracht en door middel van een nonwoven van het opvulmateriaal gescheiden. De bovenzijde van de blokkenwand werd bedekt met stenen, die door middel van



Figuur 8 – Gerealiseerde lagune.

Figuur 7 – Overzicht van het strandmeer met lagunes.

een duurzame, waterbestendige steenlijm zijn verbonden met de steen eronder. Ten slotte werd bij de teen van de kademuurconstructie een stortsteenbekleding aangebracht tot 50 cm hoog.

Door de korte bouwtijd kon de profilering van de bodem in droge omstandigheden worden voltooid. Het definitieve waterpeil van 117,0 m boven zee-niveau, dus een waterdiepte van 2,5 m, werd eind 2011 bereikt.

2.5 ARCHITECTONISCHE KENMERKEN

Naast de gebogen kademuur met schelpkalkstenen afwerking, vormt de uitkijktoren een bijzondere toeristische attractie. De zeshoekige vorm is geïnspireerd op een oud vestingwerk.

Bij de bouw van de uitkijktoren vroeg het ontwerp van de hoekzones extra aandacht, de blokken werden hiervoor nauwkeurig gesneden. De geogrid verankering werd van wand tot wand, over het volledige oppervlak van de uitkijktoren, doorgelegd. De geogrids werden in twee banen over elkaar heen doorgelegd. Een derde geogrid, zie het blauwe vlak in figuur 6, werd 20 cm hoger gelegd om de wrijving tussen het aanvulmateriaal en geogrid te waarborgen.

3 LANDSCHAPPELIJK INPASSING MET GEOGRID VERSTERKTE BLOKKENWANDEN - AYLA OASE, JORDANIË

3.1 INLEIDING

In het zuiden van Jordanië, direct aan de Rode Zee, ligt de stad Aqaba, de enige havenstad van Jordanië. Het aangename klimaat het hele jaar door maakt Aqaba een populair recreatie- en vakantieoord. Direct voor de kust ligt een populair duikgebied met koraalriffen. Dit was een belangrijke reden voor de investeringsmaatschappij Ayla Oasis Development Company om hier te investeren

in de ontwikkeling van ca. 430 ha woestijngedebied tot een groen landschap. Centraal tussen de recreatievoorzieningen en woningbouw is een strandmeer aangebracht bestaande uit 3 lagunes op verschillende niveaus, welke verbonden zijn door middel van watervallen (figuur 7).

De lagune met het laagste bodemniveau is bevaarbaar en heeft een directe toegang tot de Rode Zee. De bovenste en middelste lagune zijn volledig waterdicht, om overmatig waterverlies en verzilting van de bodem te voorkomen. Het water van de bovenste en middelste lagune wordt continu opgepompt vanuit de Rode Zee. De laagste lagune is onderhevig aan de schommelingen van het waterpeil van de Rode Zee. In totaal is 17 km strand en een promenade aangelegd, waarvan ongeveer 15 km van de kademuurconstructie bestaat uit blokkenwanden.

3.2 CONSTRUCTIEF ONTWERP

De grenzen van de lagunes en eilanden hebben een zeer onregelmatig vormgeving. Deze vormgeving is eenvoudig te construeren met blokkenwanden (figuur 8).

Om esthetische redenen hebben de blokkenwanden verschillend gekleurde blokken, waardoor ze goed in de omgeving passen. Dit wordt bereikt door lokaal gewonnen grond toe te passen in het betonmengsel van de blokken.

Een ander voordeel van met geogrid verankerde blokkenwanden is hun bestendigheid tegen aardbevingen. Onder andere Kano et al. (2018) en Bezuijn et al. (2018) rapporteerden over het uitstekende gedrag van met geokunststof gewapende grondconstructies bij aardbevingen in Japan. Ling et al. (2003) onderzochten in het laboratorium het gedrag van met geogrid verankerde blokkenwanden onder seismische belastingen en stelden vast dat de structuur zich opvallend goed gedroeg.

3.3 BASIS VOOR HET ONTWERP

VAN DE BLOKKENWANDEN IN JORDANIË

Het ontwerp van de keerwanden is uitgevoerd conform Eurocode 7 en 8, inclusief de nationale (Duitse) bijlagen.

De wanden varieerden in hoogte van 2 tot 6 m. Aan de actieve zijde liggen wegen en staan op staal gefundeerde gebouwen.

Aqaba ligt in een tektonisch actief gebied (zie figuur 9). De Afrikaanse plaat verwijderd zich met ongeveer 1 cm per jaar van de Aziatische plaat. Aardbevingen met een moment magnitude van 7 Mw komen voor (UNDP/ASEZA, 2011). In dit gebied wordt een grondversnelling van 0.2g verwacht met een kans van 10% dat deze waarde binnen 50 jaar wordt overschreden.

De berekeningen worden uitgevoerd met horizontale en verticale seismische coëfficiënten met een pseudo-statische benadering.

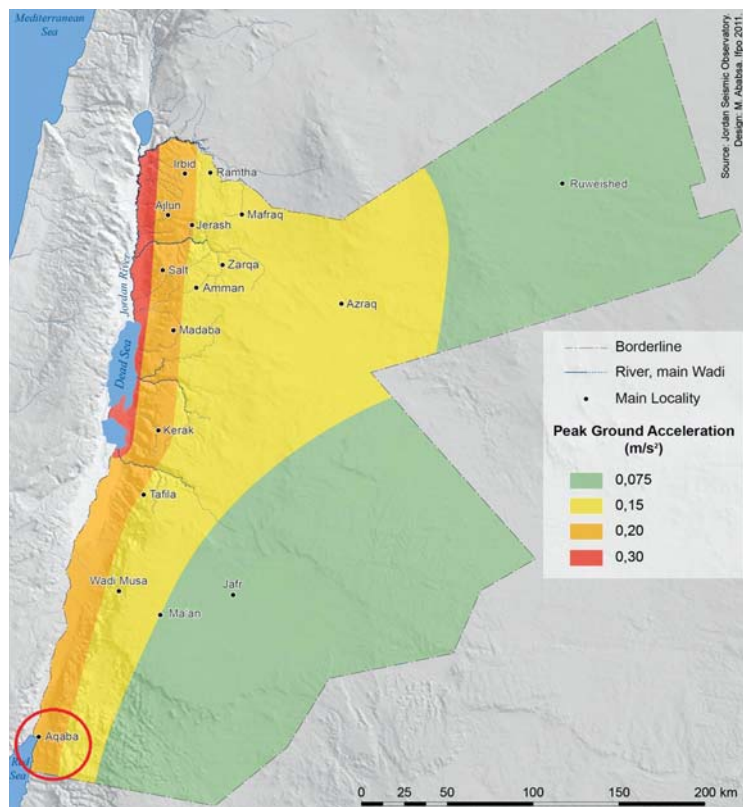
De seismische coëfficiënten kunnen als volgt worden berekend. De lokale bodemgesteldheid kan, volgens Eurocode (EC) 8 - Deel 1 (Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies), worden omschreven als 'Grond type C; Diepe afzettingen van verdicht tot zeer verdicht zand, grind of stijve klei met een dikte van enkele tientallen tot enkele honderden meters'.

In de berekening wordt het (elastische) responspectrum Type 2 gebruikt. Dit geeft voor de grondparameter 'S' een waarde van 1.5. De factor r voor de berekening van de horizontale seismische coëfficiënt is afhankelijk van het type keerwand. De keerwandconstructie is ingedeeld in de categorie 'Free gravity walls with a displacement capacity of up to $d_r = 300 \cdot \alpha \cdot S$ (mm)'. Dit levert volgens EC 8 - deel 5 voor de factor r de waarde 2 op.

De horizontale seismische coëfficiënt wordt dan voor quasi-statische berekeningen:

$$k_h = \alpha \cdot S / r = 0.2 \cdot 1.5 / 2 = 0.15$$

Volgens EC 8 - Deel 5 kunnen de effecten van ver-



Figuur 9 – Seismische overzichtskaart van Jordanië.

tical versnellingen worden verwaarloosd als de constructie geen gewichtsmuur-constructie is. Dit geldt ook voor keerwanden van gewapende-grondconstructies. Niettemin is in dit project besloten om toch rekening te houden met de verticale seismische coëfficiënt. De verticale seismische coëfficiënt bedraagt in dit geval:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.075$$

Bij een aardbeving kan een plotselinge daling van het waterniveau voor de muur optreden. Hiermee werd rekening gehouden door het waterpeil vóór de wand 60 cm lager te schatten dan achter de wand. Tevens zijn drainagebuizen in de voorkant van de blokkenwanden geïntegreerd om een snelle afname van waterpeilverschillen mogelijk te maken.

Bovendien is er rekening gehouden met 50 cm 'ongecontroleerde extra erosie' voor de wand als gevolg van baggerwerkzaamheden, die regelmatig worden uitgevoerd om het dichtslibben van de lagunes tegen te gaan.

Deze strenge doch realistische uitgangspunten leiden tot een verhouding van verankeringslengte en kerende hoogte van maximaal 2; dat is ruim boven de typische vuistregel van '0,7* wand-hoogte'. Deze vuistregel is dan ook van toepassing voor een eerste beoordeling van wanden, die zich niet in aardbevingsgebieden bevinden.

3.4 AFDICHTING VAN DE KEERWAND

Keerwanden van blokkenwanden en gewapende grond zijn gewoonlijk waterdoorlatende, vrij afwaterende constructies. Het water in de middelste en

bovenste lagune ligt echter boven zeeniveau en wordt permanent door pompen op peil gehouden. Om te voorkomen dat er water verloren gaat door de grondconstructies naar de achterliggende grond zijn maatregelen nodig. Om dit te bereiken is een geomembraan rond de gewapende grond gewikkeld (zie figuur 10 en 11).

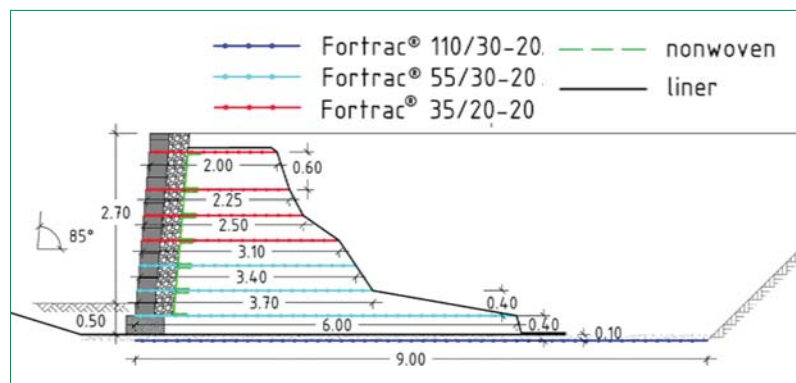
Aangezien wegen en gebouwen enkele meters achter de blokkenwand worden gebouwd, is het geomembraan direct achter het gewapend grondmassief aangebracht. De gebouwfunderingen kunnen zodoende in den droge worden gerealiseerd. Aangezien de onderste verankeringslaag relatief lang is in vergelijking met de rest, is de afdichtende geomembraan boven deze laag geplaatst en vervolgens teruggevouwen om de benodigde hoeveelheid geomembraan te beperken.

Om onbedoelde beschadiging van de geomembranen door latere graafwerkzaamheden te voorkomen, zijn bovenop de geomembranen ter bescherming een nonwoven vlies en betonnen bakstenen gelegd (figuur 11).

Door toevoeging van de geomembranen ontstaat onder de blokkenwand een potentieel glijvlak door de verminderde schuifweerstand. In de berekeningen is hiermee rekening gehouden.

3.5 IMPACT VAN SCHEPEN TEGEN DE BLOKKENWANDEN

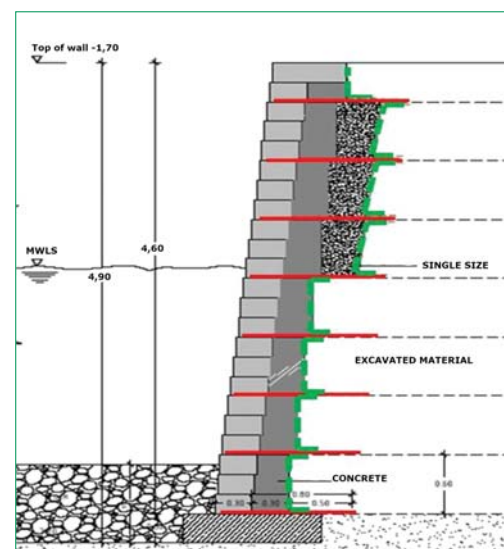
De jachthaven bevindt zich in de laagstgelegen lagune. Vanwege de aanwezigheid van scheepsverkeer moest rekening worden gehouden met eventuele aanvaarbelaasting op de blokkenwanden.



Figuur 10 – Voorbeeld doorsnede van een blokkenwand met een afdichtend geomembraan.



Figuur 11 – Afdichting en afdekking van het geomembraan achter het gewapend grondmassief.



Figuur 12 – Doorsnede van de blokkenwand met een betonnen schil van 30 cm als aanvulling.

Er waren zorgen over de robuustheid van de blokkenwanden vanwege het relatief lage gewicht van de blokken. Daarom is besloten om direct achter de blokken een laag van 30 cm beton aan te brengen (figuur 12).

Aanvulmateriaal met hoge pH-waarden, zoals bijvoorbeeld betonmortel, kan schadelijk zijn voor polyester. Dit is nog onderwerp van onderzoek. Om deze reden is de opbouw en verankering van deze blokkenwanden enigszins afwijkend. De wandafwerking bestaat uit een blokkenwand en een schil van beton, daarachter is een gewapende-grondconstructie aangelegd volgens een

techniek die bekend staat als de omslagmethode. De wand wordt verbonden aan het gewapende-grond-massief door middel van korte stroken van geogrids gemaakt van polyvinylalcohol (PVA). Dit type geogrid heeft een hoge pH-bestendigheid.

De wand wordt in lagen opgebouwd, waardoor de omgeslagen geogrids tijdens de aanleg kunnen steunen op de blokkenwand. De PVA-geogrids (in rood weergegeven in afbeelding 13) zijn aan de ene kant in beton gestort en aan de andere kant tussen de omgeslagen geogrids gelegd, waardoor een duurzame verbinding tussen blokkenwand en gewapende grond tot stand komt.

Deze opbouw zorgt er voor dat, in geval van schade aan de blokkenwand, de stabiliteit van de totale constructie gewaarborgd blijft. De afzonderlijke beschadigde stenen kunnen naderhand zonder problemen worden vervangen.

Wel moet er rekening mee worden gehouden dat de opname van thermische vervormingen minder is dan die van een traditionele blokkenwand. De relatief hoge temperaturen in Aqaba en de grote afmetingen maakten het toepassen van dilatatievoegen in de wand noodzakelijk.

4. CONCLUSIE

Het artikel beschrijft niet alledaagse ontwerp-oplossingen die zijn toegepast in kademuurconstructies. Er worden twee projecten beschreven waarbij met succes met geogrid gewapende grond-

constructies en een blokkenwand-facing als kademuurconstructie zijn toegepast. Concluderend:

- Kademuurconstructies met blokkenwanden zijn door hun aanpasbaarheid in vorm, alignement en uiterlijk breed inzetbaar.
- De duurzaamheid van de blokken en de geogrid verankering is hoog, ook in een agressief milieu.
- Deze constructie vereist een uitvoering in den droge.
- De wanden kunnen zowel waterkerend als waterdoorlatend worden ontworpen.
- De opnamecapaciteit van dynamische belastingen door seismische effecten is relatief hoog.

Beide gepresenteerde projecten zijn mooie voorbeelden van de voordelen van met geogrid gewapende grondconstructies met een blokken-facing.

5. REFERENTIES

- Bezuijen, A., van Eekelen, S.J.M., Nods, M., (2018). 11th ICG conferentie Geokunststoffen in Seoul, Zuid-Korea. In: Geokunst december 2018, pp 64-67.
- Detert, O., Schmidt S. (2012), Case studies: Geogrid reinforced block walls in waterfront projects under special boundary conditions, EuroGeo5, Valencia 2012.
- DIN 1054:2005: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Beuth Verlag.
- DIN 4084:2009: Baugrund – Geländebruch-

berechnungen, Beuth Verlag.

- EBGEO (2010): Empfehlungen für den Entwurf und Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen, DGGT, Essen, 2. Auflage, Ernst & Sohn Verlag GmbH.
- Hangen, H., Herold, A. (2009): Kunststoffbewehrte Erde (KBE) an der Südbrücke in Riga, Lettland; Geotechnik 3/2009.
- Ling, H., Leshchinsky, D., Burke, C., Matsushima, K., Liu, H.: Behavior of a large-scale modular-block reinforced soil retaining wall subject to earthquake shaking, 16th ASCE Engineering Mechanics Conference, Seattle, 2003.
- LMBV (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH): www.lmbv.de.
- NEN-EN 1998: Eurocode 8, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies.
- Tatsuoka, F., Koseki, J., Tateyama, M., Munaf, Y. and Horii, N.: Seismic stability against high seismic loads of geosynthetic-reinforced soil retaining structures' Keynote Lecture, Proc. 6th Int. Conf. on Geosynthetics, Atlanta, Vo.1, pp. 103-142, 1998.
- UNDP / ASEZA, Disaster Risk Assessment for Aqaba, 2011.
- Wittekoek, B., Van Eekelen, S.J.M., Terwindt, J., Korff, M., Van Duijnen, P.G., Detert, O., Bezuijen, A., 2022. Geogrid-anchored sheet pile walls; a small-scale experimental and numerical study. Geosynthetics International. Geaccepteerd voor publicatie. ●



You want to reach the Dutch and Belgian ground-, road- and hydraulic engineering market?

Choose for GEOTECHNIEK: independent and indispensable.

Ask for more information about advertisements and memberships (including interesting publicity packages): info@uitgeverijeducum.nl.
 EDUCOM Publishers, P.O. Box 25296, 3001 HG Rotterdam, The Netherlands.
www.uitgeverijeducum.nl www.vakbladgeotechniek.nl

 **Uitgeverij Educom**
 SINCE 1987

EnkaGrid®

Voor een stabiele fundering van wegen en kraanopstelplaatsen bij windmolens



EnkaGrid MAX funderingswapening bij Windpark WP Energiek, Waardpolder



www.enkasolutions.com

Freudenberg Performance Materials

Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem

T +31 85 744 1300 | info@enkasolutions.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

Duurzame en innovatieve totaal oplossingen voor de GWW met geo-materialen van Naue

In Naue Prosé Geotechniek BV zijn sinds April 2021 de krachten gebundeld in een nieuw samenwerkingsverband tussen Naue GmbH uit Duitsland en Prosé Geotechniek. Voor de grond-, weg- en waterbouw (GWW) betekent dit toegevoegde waarde op de voorbereiding en uitvoering van projecten. Deze waarde bestaat uit uitgebreide technische kennis en ondersteuning op toepassingen met hoogwaardige geo-materialen. Focus is het verkrijgen van duurzame en innovatieve totaal oplossingen, waarbij ook de gehele installatie kan worden uitgevoerd door gekwalificeerde vakmensen.

Totaal oplossingen met toegevoegde waarde

Technische kennis wordt per project omgezet in maatwerk oplossingen, welke voor de klant de meest toegevoegde waarde hebben. Dit klantgericht denken gaat aanzienlijk verder dan het leveren van materiaal. Ondersteuning wordt gegeven vanaf onderzoek naar de eerste haalbaarheid tot en met de uiteindelijke uitvoering.

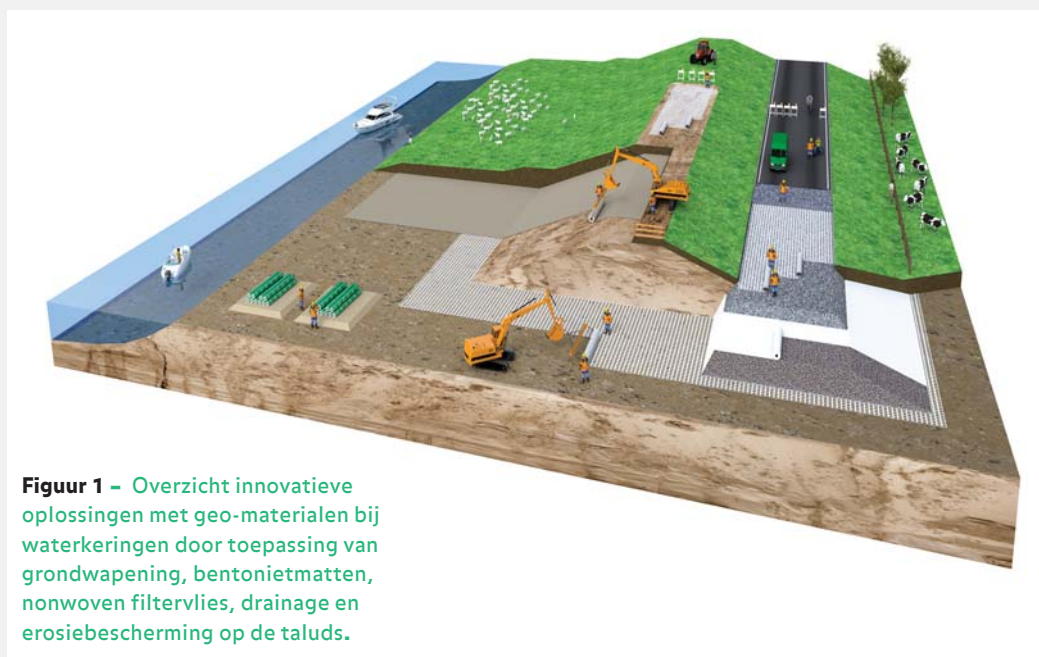
Service is een belangrijke pijler in de gehele dienstverlening. Door onze eigen ontwerpafdeling kunnen uitgebreide en geavanceerde berekeningen worden gedaan. Het ontwerp wordt omgezet naar technische tekeningen op VO, DO en UO-niveau, afhankelijk van de projectfase. Productie van hoogwaardige geo-materialen vindt plaats op korte afstand in de eigen productiefaciliteiten van Naue. Voor de aannemer wordt ondersteuning geboden met werkinstructies voor de installatie. Ook bestaat de mogelijkheid de gehele installatie door Naue Prosé te laten uitvoeren. Voor de GWW-markt zijn we hiermee een serieuze en betrouwbare partner. Als belangrijke aspecten zien wij een goede en constructieve dialoog (korte communicatielijnen, wat is de beste oplossing in gegeven omstandigheden op het project), partnerschap (vertrouwen, samenwerking) gecombineerd met technische know-how (advies en kennisoverdracht naar betrokken partijen). Voor toepassingen is het daarbij belangrijk dat materiaalkennis gecombineerd wordt met

kennis vanuit de vakdisciplines van bijvoorbeeld geotechniek, waterbouw en constructies.

Bouwen op duurzame basis

Toepassing van geo-materialen is bij uitstek geschikt voor slimmer bouwen bij GWW-projecten door lagere bouwkosten, beperking risico's, verduurzaming van de constructie en/of mogelijkheden voor snellere uitvoering. Duurzaamheid staat bij ons bovenaan. Dit komt goed naar voren vanuit de missieverklaring 'Building on sustainable ground'. Enerzijds willen we hierbij voor de GWW-markt een betrouwbare en deskundige partner zijn waarop spreekwoordelijk gebouwd kan worden. Anderzijds zien wij een groene en duurzame toekomst door het gebruik van geo-materialen. De komende jaren c.q. decennia zullen enorme uitdagingen geven ten aanzien van het reduceren van CO₂-emissies naar bouwprojecten. De toepassing van hoogwaardige geo-materialen kan hierin sterk bijdragen. Met geogrids kan bijvoorbeeld de dikte van funderingslagen worden gereduceerd, waardoor er minder granulaire materiaal aangevoerd hoeft te worden. Naast minder overlast voor de omgeving beperkt dit substantieel het aantal transportbewegingen met vrachtwagens en hiermee uitstoot van CO₂ en stikstof.

Een ander voorbeeld is de uitvoering van gewapende grondconstructies. Deze zijn als grondkering vaak een goed alternatief ten opzichte van betonnen L-wanden of stalen damwanden. Analyse toont aan dat de milieu-impact van een gewapende grondconstructie een factor 5 (!) minder CO₂ emissie kan geven ten opzichte van een conventioneel ontwerp. Hierin zit voor GWW-projecten dus een enorme potentie om de milieu-impact te verlagen. Een bijkomend voordeel is dat met geo-materialen het gebruik van primaire granulaire bouwstoffen (zand, granulaat) aanzienlijk kan worden verlaagd. Met inpassing kan geo-materialen kan vaak gewerkt worden met gebiedseigen grond. Voor projecten betekent dit optimalisatie van



Figuur 1 – Overzicht innovatieve oplossingen met geo-materialen bij waterkeringen door toepassing van grondwapening, bentonietmatten, nonwoven filtervlies, drainage en erosiebescherming op de taluds.

grondstromen en logistiek. Dit levert voordelen op in kosten, maar ook beperking van de overlast voor de omgeving.

Oplossingen bij waterkeringen

Bij waterkeringen zijn er talrijke mogelijke oplossingen met geo-materialen. In het geval van beperkte ruimte kan het talud steil worden opgezet door gebruik te maken van gewapende grondconstructies. Dit kan bijvoorbeeld een goede oplossing zijn aan het binnentalud wanneer hier bebouwing aanwezig is. Met behulp van hoge sterkte wapening bij een slappe ondergrond kan de algemene stabiliteit van een waterkering worden verhoogd, zodat afschuiving voorkomen wordt.

Dijken worden normaliter voorzien van een 1 meter dikke kleilaag als waterdichting. Met een hoogwaardige bentonietmat kan een natuurlijke kleilaag volledig vervangen worden. Dit geeft voordelen in het grondtransport bij waterkeringen waar geen goede kwaliteit klei aanwezig is. Naast de snelheid van uitvoering geeft dit het voordeel om zoveel mogelijk gebiedseigen grond te hergebruiken in een project. Door waterschap Limburg is bij de dijkversterking in Neer een voorlandverbetering uitgevoerd met behulp van bentonietmatten als maatregel tegen piping (zie figuur 2). De matten zijn gelegd in aansluiting op



Figuur 2 - Dijkversterking Neer voorland-versterking met aanleg Bentofix bentonietmat als maatregel voor piping (Waterschap Limburg).

een natuurlijke klei deklaag voor verlenging van de benodigde kwelweg.

Oplossingen met biodegradeerbare materialen

Een grote stap voorwaarts in duurzame oplossingen is een 100% biologisch afbreekbaar non-woven vlies. Dit unieke vlies is speciaal ontwikkeld voor civiele toepassingen en kan geleverd worden in verschillende robuustheidsklassen (GRK). In de loop der tijd breekt het vlies biologisch af, zonder dat hierbij vervuiling ontstaat naar het milieu, organismen of het ecosysteem. Dit afbreekbare vlies biedt goede kansen in toepassingen met een tijdelijke functie voor laagscheiding van



Figuur 3 - Aanleg tijdelijke toegangsweg met Secutex Green, een 100% biodegradeerbaar non-woven vlies, als scheidingsdoek voor verhardingsmateriaal en ondergrond.

grondlagen, bescherming of filtering. Dit kan worden toegepast in verschillende toepassing, als bijvoorbeeld onder verhardingen, filtervlies onder stortsteen, inbouw bij duinen, oeverbescherming, tuinbouw toepassingen, groendaken of als oeverbescherming met zandzakken, etc. In figuur 3 is een voorbeeld gegeven van een toegangsweg, waarbij het scheidingsvlies is toegepast onder de tijdelijke wegverharding ten behoeve van bouwwerkzaamheden. Na gebruik kan het vlies gecomposteerd worden, waarmee er geen afval overblijft maar juist voedingsstoffen. Hiermee vormt dit een ultieme duurzame oplossing. ■



Duurzame waterkeringen en kustverdediging

Innovatie oplossingen met hoogwaardige geomaterialen

- Talrijke toepassingen en voordelen van geomaterialen in waterbouwkundige toepassingen, als waterkeringen, kust- en oeververdediging.
- Innovatieve en duurzame oplossingen met bentonietmatten, geogrids, erosiematten, nonwovens en drainagematten.
- Beproefde oplossingen die aangepast kunnen worden naar uitdagende omstandigheden ter plaatse.
- Ondersteuning vanaf de eerste haalbaarheid, het ontwerp met berekeningen en tekeningen, levering materialen én installatie.

**Naue Prosé
Geotechniek B.V.**
Postbus 564
8901 BJ Leeuwarden
netherlands@naue.com

Building on sustainable ground

naue.com    