

JAARGANG 26 NUMMER 1 MAART 2022

geotek kunst

ONAFHANKELIJK VAKBLAD
VOOR GEBRUIKERS VAN
GEOKUNSTSTOFFEN



**EFFICIËNT ONTWERPEN EN CONSTRUEREN MET
HOOG-MODULUS GEWEVEN GEOTEXTIEL**

GEOKUNST WORDT MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR:

HOOFD-SPONSORS



Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem
Tel. +31 (0) 85 744 1300
www.lowandbonar.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 41-0 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
Geo2 Engineering BV, Utrecht
Geonius, Geleen
Geopex Products (Europe) BV, Gouderak
GeoTec Solutions BV, Culemborg
GID Milieutechniek, Velddriel
Havenbedrijf Rotterdam
Huesker Synthetic BV, Rosmalen
InfraDelft BV, Delft



Veilingweg 24, 6681 LA Bemmel
Tel. 0481-42 47 21
www.joostenkunststoffen.nl

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



Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem
Tel. 085-744 13 00
www.lowandbonar.com

Movares Nederland BV, Utrecht



Naue Prosé Geotechniek BV
Postbus 564, 8901 BJ Leeuwarden
Tel. 058-257 29 54 www.naue-prose.com

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



TenCate Geosynthetics Netherlands B.V.
Europalaan 206, 7559 SC Hengelo
Tel. 0546-54 48 11 www.tencategeo.eu



Tensar International B.V.
Helftheuvelweg 11
5222 AV 's-Hertogenbosch
Tel. 073-624 19 16 www.tensar.nl



Trisoplast Mineral Liners
Oude Weistraat 17, 5334 LK Velddriel
Tel. 0418-63 60 30 www.trisoplast.com

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

BESTE GEOKUNST LEZERS,

Bij het verschijnen van deze editie is het begin maart 2022. Het voorjaar breekt aan, de eerste krokussen komen tot bloei. De natuur om ons heen komt weer tot leven! Hopelijk kunnen we dit jaar de gevolgen van Corona zo veel als mogelijk achter ons laten. We hopen met z'n allen op een situatie waarin ook onze wereld weer opengaat, en we elkaar weer normaal kunnen zien en samenkomen. In de afgelopen 2 jaar hebben we gezien dat veel op afstand kan. Echter door afstand kunnen ook kloven ontstaan.



NGO
IGS Netherlands

We communiceren nog wel, maar luisteren we ook echt naar elkaar? Verbinding is belangrijk. De Nederlandse Geotextiel Organisatie wil in het vakgebied de verbindende factor zijn tussen kennisinstellingen, onderwijs, inspectie instellingen, ingenieursbureaus, aannemers, overheden (gemeentelijk, provinciaal, rijksoverheid, waterschappen), producenten en leveranciers in Nederland.

We luiden het nieuwe jaar in met een nieuw logo in verfrissende stijl. Het nieuwe logo staat voor verbondenheid, duurzaamheid en internationale samenwerking. Voor de internationale verbondenheid is de NGO de

Nederlandse afdeling van het wereldwijde 'International Geosynthetic Society' (zie geosyntheticssociety.org). In het nieuwe logo zijn op een creatieve manier de NGO-letters verwerkt. Dit staat voor de creatieve oplossingen bij het gebruik van geomaterialen ten opzichte van standaard oplossingen met staal, beton of granulaat. Met slimme geomaterialen kan in grote mate worden bijgedragen aan doelen voor duurzaamheid, bijvoorbeeld door het verminderen van het gebruik van primaire granulaire bouwstoffen. Tevens kan parallel de CO₂-uitstoot ten opzichte van conventionele ontwerpen substantieel worden verlaagd. Hoogwaardige geomaterialen worden over de hele wereld toegepast in vele bouwprojecten in de civiele techniek, waterbouw, milieu-toepassingen en gebouwen. Als organisatie streven we naar het bevorderen van kennis ten aanzien van het ontwerp en de uitvoering. De juiste wijze van installatie en gebruik bepalen het uiteindelijke functioneren van de constructie. Voorlichting en educatie is daarbij zeer belangrijk.

In deze editie vinden jullie een in memoriam van Hans van Marle. Hij was jarenlang actief lid van de NGO en het bestuur. Hij heeft vanaf 1981 bijgedragen aan ontwikkelingen en oplossingen met geotextielen voor de civiele markt. Het grootschalige internationale geokunststoffencongres in 1990 is hierbij een hoogtepunt geweest voor Hans. In deze editie vinden jullie ook een artikel van Alain Nancey en Marco Hazenkamp over het ontwerpen en construeren met hoog-modulus gewezen geotextiel in vergelijking met standaard PP-weefsels.

Ik wens jullie veel leesplezier en hopelijk tot snel bij een fysiek evenement. Stay safe.

Rijk Gerritsen
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

Productie

R. Gerritsen
J. van Deen
A. Bezuijen
P. van Duijnen
S. van Eekelen
P. ter Horst
Uitgeverij Educom

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

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.

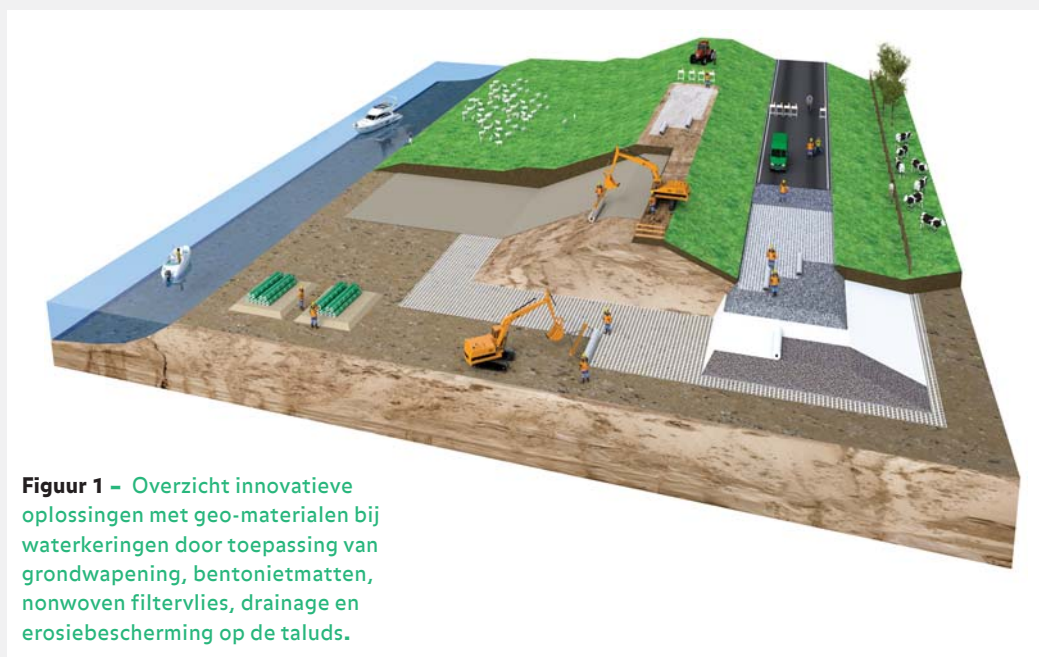
Service is een belangrijke pijler in de gehele dienstverlening. Door onze eigen ontwerpafdeling kunnen uitgebreide en geavanceerde berekeningen worden gedaan. Het ontwerp wordt omgezet naar technische tekeningen op VO, DO en UO-niveau, afhankelijk van de projectfase. Productie van hoogwaardige geo-materialen 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 voorlandversterking 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 scheidings-doek 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

Innovatie oplossingen in dijkversterkingen met hoogwaardige geomaterialen

- Talrijke toepassingen en voordelen van geomaterialen bij waterkeringen.
- 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.

Aldlânsdyk 3
9056 LK Koarnjum
Tel. +31 58 257 2954
netherlands@naue.com

Building on sustainable ground.

naue.com    



Prof. Alain Nancey
TenCate Geosynthetics



Ing. Marco Hazenkamp
TenCate Geosynthetics

EFFICIËNT ONTWERPEN EN CONSTRUEREN MET HOOG-MODULUS GEWEVEN GEOTEXTIEL

Inleiding

Sinds 1974 wordt hoge-sterkte polypropyleen (PP) weefsel geproduceerd en toegepast in civiel-technische constructies en in geotechnische oplossingen. Daarmee is ons land de grondlegger als het gaat om het gebruik van geokunststoffen. Producenten, ingenieursbureaus en (inter)nationale universiteiten onderzochten sindsdien samen of deze PP-weefsels een goede oplossing konden zijn in gebieden met een slecht draagkrachtige ondergrond, waar wel een constructie moet worden gebouwd.

Vijfenveertig jaar later is PP-weefsel nog steeds het meest gebruikte geotextiel voor het bouwen op slecht draagkrachtige ondergronden in Nederland. In de loop van de decennia zijn de weefsels wel steeds verder doorontwikkeld - bijvoorbeeld op het gebied van waterdoorlaatbaarheid (filtratie-functie) en het verhogen van niet alleen de sterkte, maar vooral ook de stijfheid - om zo de meest optimale wapenende eigenschappen te krijgen.

Categorieën en kwaliteiten

Geweven geotextielen van polypropyleen zijn in twee categorieën in te delen. In de eerste gaat het

om bandjesweefsel met een lage sterkte van circa 10 kN/m tot maximaal 40 kN/m. Zij worden vooral toegepast voor de scheiding van verschillende lagen ophoogmateriaal, zoals zand en puin. De lichtste variant is bij de bouwmarkt te koop en wordt meestal aangeduid als anti-worteldoek. Nederland is één van de weinige landen die lichte weefsels toepassen voor scheiding. In het buitenland gebruiken ze daarvoor voornamelijk niet-geweven materialen (nonwovens of ook wel vliezen genoemd). Daar worden traditioneel vliezen ingezet vanuit de overtuiging dat de filtratie-eigenschappen van een vlies vaak beter zijn dan die van een lage-sterkte PP-weefsel (vaak bandjes/tape). Daarnaast is een vlies veel flexibeler, met een hoog rekpercentage tot wel 90%, waardoor het zich veel makkelijker aanpast aan een ruwe omgeving.

De tweede categorie PP-weefsel (sterkte van 60 tot 200 kN/m) vindt zijn toepassing als een hoge treksterkte (wapening) gewenst is. Dit geldt bijvoorbeeld bij de aanleg van zwaarbelaste (bouw)wegen of werkplatforms op een slecht draagkrachtige ondergrond. Door de combinatie van de drie verschillende functies: scheiding, filtratie en wapening is hoge-sterkte PP-weefsel hier

uitermate geschikt voor. Deze weefsels zijn niet specifiek ontworpen op maximale treksterkte in kN/m, maar op een hoge stijfheid, en daarmee een hoge weerstand tegen vervorming.

Hoe minder een (funderings)wapening vervormt, hoe minder spoorvorming er op zal treden. En des te beter de lasten zullen worden gespreid, met als gevolg een meer geleidelijke afdracht naar de slecht draagkrachtige ondergrond. Volgens de verschillende rekenmethodes en ontwerprichtlijnen is meestal een stijfheidsmodulus tussen 2% en 5% gewenst. PP-weefsel is chemisch inert (RFch), heeft een erg lage inbouwbeschadigingsfactor (RFid) en is UV-bestendig (RFw). Daarnaast is een PP-weefsel erg goed in het verwerken van tijdelijke spanningen. Kortom, indien de juiste kwaliteit wordt toegepast, een echt 'manusje-van-alles'.

Waarom is de modulus belangrijk

Voor het optimale ontwerp met geokunststoffen zoals geogrids en geotextielen zijn de trek-/rekeigenschappen van het materiaal als totaalproduct van essentieel belang. Die zorgen namelijk voor het minimaliseren van spoorvorming, deformatie. De weerstand tegen vervorming is, samen met de eis van vormvastheid, de belangrijkste eis waaraan een wegfundering of bijvoorbeeld een kraanopstelplaats moet voldoen. Als weerstand tegen mechanische belasting gebruiken we vaak de stijfheidsmodulus van de onderbouw en/of de fundering als indicator. Samen met deze stijfheid bepaalt de laagdikte de mate van lastspreiding. Voor de funderingswapening zijn de treksterkte en stijfheidsmodulus samen met de interactie/wrijving met het fundatiemateriaal de belangrijkste ontwerpparameters, die terug moeten komen in de technische eigenschappen van de te gebruiken geokunststof. Dit zal hieronder in een ontwerpvoorbeeld worden toegelicht.

Er zijn meerdere rekenmethodes om gewapende funderingen te ontwerpen. Zo zijn de Giroud-Noiray-methode, het Giroud-Han-model en alle daarvan afgeleide en/of gecombineerde modellen geschikt. Dit zijn modellen die stuk voor stuk, met de karakteristieke stijfheden van de ondergrond als basis, onder invloed van optredende belastingen (aantal aslasten, asbelasting), de benodigde laagdikte van de fundering berekenen.



Figuur 1 – Aanleg van autoweg A15 bij Parijs, sectieweg St. Gratien 95100 Argenteuil (1974). Materiaal Nicolon Geolon 200.

SAMENVATTING

Hoge-sterkte polypropyleenweefsels worden al decennia toegepast bij de aanleg van bijvoorbeeld (bouw)wegen, opstelplaatsen voor mobiele kranen voor bijvoorbeeld de aanleg van windparken of hoogspanningsmastparken en als versterkende scheidende laag voor waterbouwkundige taludconstructies. Ook vervullen ze hun stabiliserende werking bij de aanleg van containerterminals of andere zwaar belaste civieltechnische constructies.

Een nieuwe generatie PP-weefsels heeft een hoge elasticiteitsmodulus, zoals de HMI-productserie van TenCate Geosynthetics, geïntroduceerd in 2021. Deze PP-weefsels kennen dezelfde toepassing als de eerste generatie, maar de hoog-modulus-eigenschappen genereren een groot aantal constructieve voordelen. Daardoor is optimalisatie en in veel gevallen een duurzamere constructiewijze mogelijk.

In geen enkel geval is een enkele sterkte- of stijfheidseigenschap van de geokunststof de maatgevende ontwerpparameter. Dit is vooral afhankelijk van de combinatie van de toegepaste rekenmodellen voor een ontwerp dat rekening houdt met de relatie tussen sterkte- en stijfheidseigenschappen.

Hoog (E-)modulus PP-weefsels combineren twee essentiële eigenschappen die nodig zijn voor het efficiënt wapenen van een fundering. Ze genereren een bovengemiddelde trek bij een lage rek. Daarnaast een weefsel vergeleken met een open geogrid twee extra functies, namelijk scheiding en filtratie – voor een funderingswapening ook twee onontbeerlijke eigenschappen.

De elasticiteitsmodulus (of kort: E-modulus) van een materiaal is het getal dat de verhouding weergeeft tussen de grootte van de spanning (veroorzaakt door de externe belasting die op het materiaal werkt) en de door deze spanning veroorzaakte elastische vervorming. De elasticiteitsmodulus is een maat voor de stijfheid van een materiaal. Deze relatie tussen belasting (spanning, als gevolg van trek- en drukkrachten) en elastische vervorming staat bekend als de Wet van Hooke:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

waarbij:

E = Elasticiteitsmodulus [N/mm²]

σ = Spanning [N/mm²]

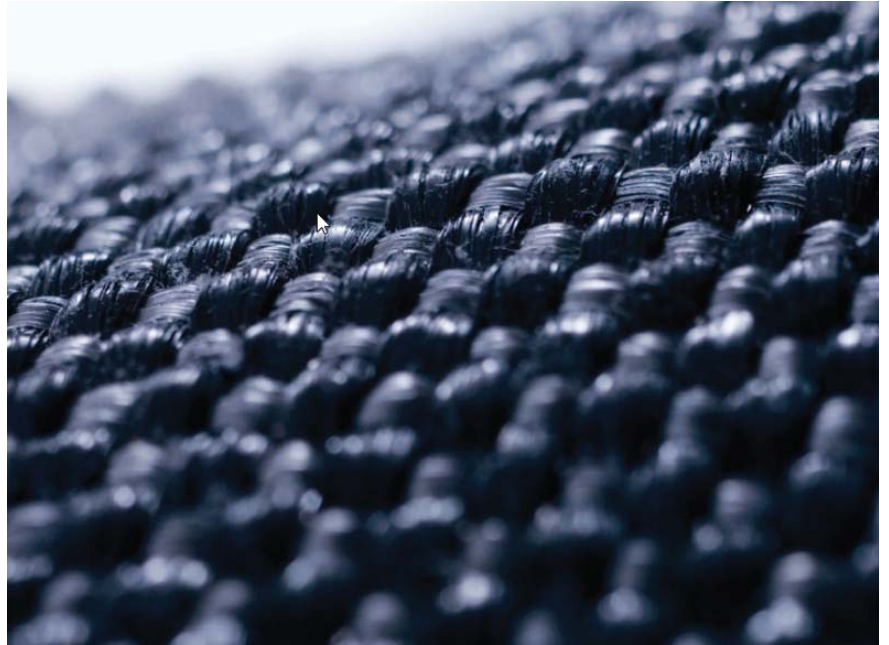
ε = Rekspecifieke vervorming [dimensieloos], de verhouding tussen de vervorming en de oorspronkelijke lengte

Hoog-modulus PP-weefsels en toepassing ervan

De E-modulus van een PP-weefsel is afhankelijk van de karakteristieke chemische en fysieke eigenschappen van het gebruikte garen en de wijze waarop het product geweven wordt. Er zijn twee verschillende PP-weefsels op de markt: ST-weefsel (Slit Tape-weefsel, ook wel bandjesweefsel), en HM-weefsel (High Modulus-weefsel).

ST-weefsel is gemaakt van platte PP-garens die als het ware als dakpannen over elkaar heen zijn geweven. Het al eerder genoemde antiworteldoek bij de bouwmarkt is vaak zo'n weefsel. Door de overlappende weeftechniek van de platte tape-

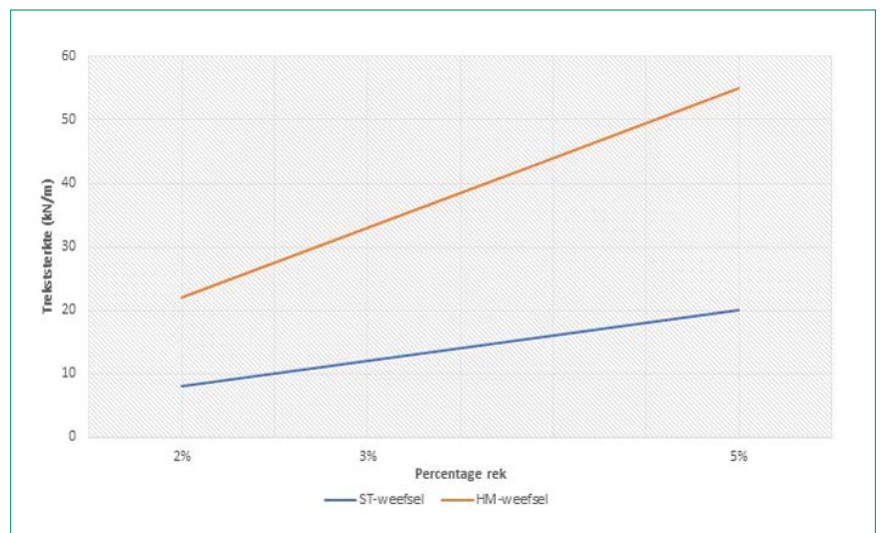
Figuur 2 –
Close up van
een PP weefsel.



Eigenschappen (Norm)	Generieke Slit Tape (ST) PP-weefsel	High Modulus (HM) PP-weefsel
Minimale treksterkte bij 2% (EN ISO 101319)	8 kN/m	22 kN/m
bij 3% (EN ISO 101319)	12 kN/m	33 kN/m
bij 5% (EN ISO 101319)	20 kN/m	55 kN/m
Stijfheidsmodulus* (EN ISO 101319)	400 kN/ m	1.100 kN/m
Waterdoorlaatbaarheid (EN ISO 11058 - $\Delta h = 50$ mm)	6 mm/s	20 mm/s

*Bij korte duur belasting

Figuur 3 –
Treksterkte -
Percentage rek
vergelijking voor
ST-weefsel en
HM-weefsel.



garens genereren ze een soort foliewerking. Daardoor is de waterdoorlatendheid - en daarmee de voor een funderingswapening essentiële filtercapaciteit - laag. Het maakt ST-weefsel bruikbaar als antiworteldoek, omdat er nauwelijks water doorheen gaat en er ook geen onkruid doorheen kan groeien.

Zowel de sterkte als de stijfheid van een generiek ST-weefsel zijn lager dan die van een HM-weefsel. De platte garens genereren vaak wel de in een bestek of tender gevraagde treksterkte, maar dan wel bij een rekpercentage van 15-20%. Dat maakt het constructief en dus ontwerptechnisch minder interessant wanneer een geringe vervorming wordt geëist. Voor het behalen van de ontwerp-stijfheid moet dan een zwaarder en dus duurder product aangeboden worden.

Er zijn ook weefsels die met speciale HM-garens worden geproduceerd. Het gebruik van hoge kwaliteit zuivere PP, verwerkt tot een gefibrilleerd en getwijnd HM-garen, zorgt ervoor dat er een twee tot drie keer zo hoge treksterkte wordt behaald bij lage rek (2% - 5%), vergeleken met ST-weefsels van laag-modulus garens.

Deze HM-garens zijn dan ook de basis voor de echte wapeningsweefsels, waarvan de goede karakteristieke eigenschappen gebruikt kunnen worden voor het ontwerpen van bijvoorbeeld een bouwweg, werkplatform of andere middel- tot zwaarbelaste civieltechnische constructie.

Hoog-modulus-weefsels zorgen dat er minimale vervorming optreedt. Daarvoor moet het weefsel

bij lage rek veel kracht op kunnen nemen, om ervoor te zorgen dat de constructievervorming binnen de gestelde eisen blijft. Vaak is dit minder dan 50 mm.

Voor vergelijking generiek Slit Tape PP 80 weefsel versus hoog-modulus PP-weefsels in wegverharding, zie figuur 3.

Voorbeeldberekening wegverharding ongewapend, met een ST-weefsel en HM-weefsel

Voor het ontwerp van onverharde wegen en weg-fundaties is met behulp van de Giroud-Han (G-H) ontwerpmethod een formule ontwikkeld om de vereiste dikte van het menggranulaat of het fundatiemateriaal te berekenen. De publicatie van de ontwerpmethod (Giroud and Han, 2004) is tot stand gekomen op basis van meerdere jaren onderzoek dat een uitbreiding was op het eerdere onderzoek van Giroud en Noiray uit 1981. De G-H ontwerpmethod wordt onder andere gehanteerd in de "Geosynthetic Design and Construction Guidelines" van de Amerikaanse Federal Highway Administration. Het is een van de meest geaccepteerde methodes voor de bepaling van de constructieve bijdrage van zowel geotextiel als geogrids in wegen geconstrueerd op granulaat. De G-H ontwerpmethod gebruikt een generieke iteratieve vergelijking die gehanteerd kan worden voor zowel ongewapende als gewapende granulaire wegconstructies. Hierbij wordt de dikte van het granulaat berekend (zie formule 1).

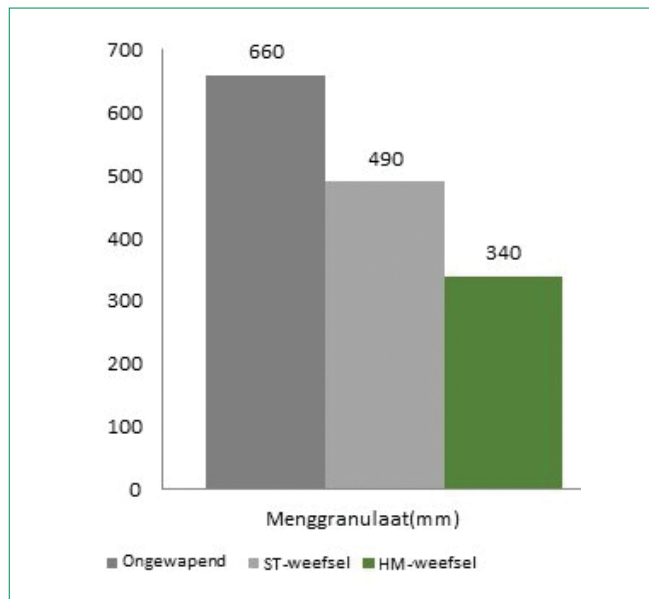
Formule 1 waarin:

- h Vereiste dikte van het verdichte granulaat in m;
- CF Calibratiefactor voor het gebruikte geokunststof (0,661 – 1,006J2) voor biaxiale geogrids. Voor ongewapende grond en niet geteste geokunststoffen is de waarde 0,661. Bij de HM-weefsel is de waarde bepaald aan de hand van verschillende testen;
- N Aantal voertuigpassages;
- RE Verhouding in stijfheid tussen het verdichte aggregaat en de natuurlijke grond (met een maximale waarde van 5,0);
- P Wielbelasting in kN;
- r Straal van het equivalente bandoppervlak;
- s Toelaatbare spoordiepte (voor spoordieptes tussen 50 en 100 mm) in mm;
- f_s Referentie spoordiepte (75 mm) in mm
- N_c Coëfficiënt voor het draagvermogen (3,14 voor ongewapende constructies, 5,14 voor geotextiel gewapende constructies en 5,71 voor geogrid gewapende constructies);
- C_u Ongedraineerde schuifsterkte van de ondergrond in kN/m² (berekend uit de CBR-waarde van de ondergrond door de relatie $C_u = 30 \times \text{CBR}$ voor).

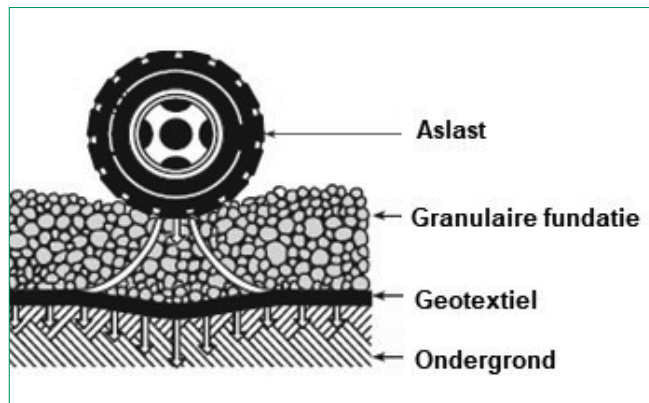
$$h = \frac{\left\{ 0.868 + CF \left(\frac{r}{h} \right)^{1.5} \right\} \log_{10} N}{\left\{ 1 + 0.204 [R_E - 1] \right\}} \times \left[\sqrt{\frac{\frac{P}{\pi r^2}}{\left(\frac{s}{f_s} \right) \left\{ 1 - 0.9 \exp \left[- \left(\frac{r}{h} \right)^2 \right] \right\} N_c C_u}} - 1 \right] r$$

Formule 1

Figuur 4 – Vergelijking vereiste laagdikte menggranulaatdikte voor ongewapend, ST-weefsel en HM-weefsel.



Figuur 5 – Opbouw wegconstructie.



De CF-waarden worden afgeleid op basis van uitgebreide kalibraties met de G-H (Giroud-Han) ontwerpmethode conform AASHTO en FHWA richtlijnen door middel van grootschalige cyclische plaatproeven. De kalibratie wordt uitgevoerd voor een verscheidenheid aan ondergronden en fundatielagen met verschillende diktes en sterktes. De toegepaste belastingen, belastingfrequenties, rekvolumes van de geokunststoffen en de water-spanning in de bodem- en fundatielagen worden hierbij gemonitord. De CF-waarden uit deze test-methodiek worden afgeleid op basis van de G-H ontwerpmethode zoals gepubliceerd door Pokharel, University of Kansas.

TRANSPORT GEGEVENS

Aslast	P	80	kN
Aantal voertuigpassages	N	10 000	Herhalingen
Wieldruk	p	550	kPa
Spoordiepte	s	75	mm

Eigenschappen ondergrond

CBR_{SG} (%) 1,0

Eigenschappen menggranulaat

CBR_{BC} (%)* 20,0

Veiligheidsfactor op

berekende dikte FS 1,00

Wegverharding dikte analyse resultaten

	Ongewapend	ST-weefsel	HM-weefsel
CF	0,661	0,661	<0,661
N _c	3,14	5,14	5,14
h ₀ [mm]	660	490	340
Percentage besparing dikte menggranulaat	-	26%	48%

*De auteurs bevelen een maximale verhouding CBR_{BC}/CBR_{SG} van 5 aan zonder de toepassing van een geokunststof.

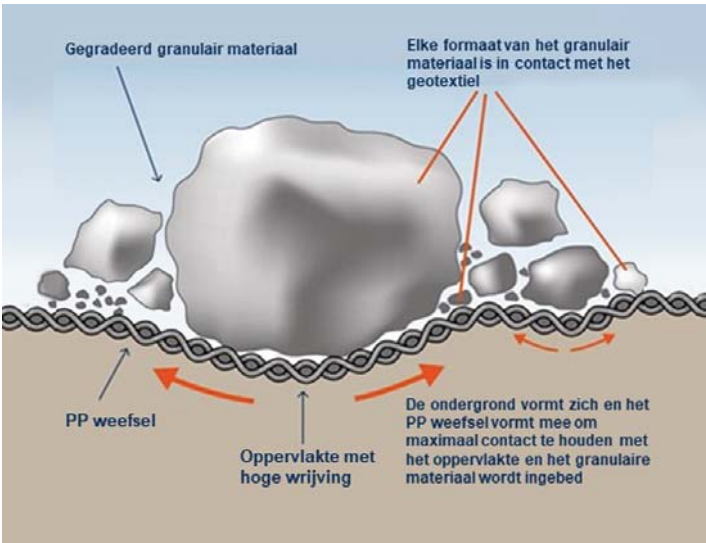
Voor de besparing van de dikte van het menggranulaat in vergelijking tussen ST-geweven en HM-gegeven geotextiel, zie figuur 4 en 5.

Mobilisatie mechanische eigenschappen

Het mechanisme waarvan een geweven geotextiel gebruik maakt voor de mobilisatie van zijn mechanische eigenschappen is wrijving (zie kader hier-naast). De te mobiliseren wrijvingsoverdracht is afhankelijk van de ruwheid van het oppervlak van het geotextiel en het oppervlakte contact met granulaat en zand. De mobilisatie mechanische eigenschappen, haakweerstand, is een factor dat invloed heeft op de waarde bepaling van de calibratiefactor (CF) en de coëfficiënt voor het draagvermogen (Nc).



Figuur 6– Granulair materiaal aangebracht op een weefsel.



Figuur 7 – Elk formaat van het granulair materiaal op het weefsel is in contact met het geotextiel waardoor een steenprofiel laag zal ontstaan.

‘De haakweerstand is de weerstand tegen afschuiving. Deze weerstand is bij een funderingsmateriaal afhankelijk van de kracht waarmee de korrels tegen elkaar worden gedrukt. De haakweerstand wordt bepaald als functie van de maximaal toelaatbare combinatie van spanningen in een ongebonden en zelfbindend funderingsmateriaal. Als in een bepaalde situatie de opgewekte schuifspanning groter is dan de kritieke waarde, dan kan bezwijken optreden in de vorm van versnelde permanente vervorming of afschuiving. De toelaatbare

combinatie van spanningen kan worden opgevoerd door funderingswapening toe te passen. In dit geval moeten de funderingswapening en het aangrenzend mineraal aggregaat zo min mogelijk ten opzichte van elkaar bewegen. Bij een ruime bewegingsvrijheid, dus weinig haakweerstand, komt bij wegen op een ophoging de stabiliteit van het weglichaam in gevaar.’

Citaat uit SBRCURnet Ontwerprichtlijn Funderingswapening 2017, CUR 175

Met bijvoorbeeld een granulair materiaal van 0/31,5mm zullen de grotere stenen ervoor zorgen dat een flexibel weefsel, binnen de specifieke rek-grens, plaatselijk zonder schade vervormt. Daarna wordt het geotextiel in de veelal slecht draagkrachtige (en dus goed vervormbare) ondergrond gedrukt, waarna het zich gedeeltelijk naar het steenprofiel laag zal vormen. Dit vergroot het contactoppervlak en dus de wrijving, en zorgt voor inbedding in de ondergrond, die op zijn beurt de verplaatsing van het granaat tegengaat.

Niet bij alle projecten wordt het in het bestek omschreven granulair materiaal met een gradatie van 0/31,5mm aangebracht. De RAW-gradatienormen voor dit typische granaat hebben een erg grote bandbreedte, waardoor er vaak meer zandfractie dan steenfractie aanwezig is. De scheidende factor van een weefsel zorgt ervoor dat de zandfractie niet kan migreren naar de ondergrond. Zo zorgt het weefsel voor versterking van de gehele funderingsconstructie.

Filtratie eigenschappen

Voor een funderingswapening is het van belang dat het geotextiel over een goede permeabiliteit beschikt. Water moet dus vrij spel hebben tussen fundering en ondergrond. Daarbij komt dat het fundatiemateriaal over de gehele fractiebreedte geconcentreerd moet blijven. Dit voorkomt dat het fundatiemateriaal verzadigd raakt met water. Verzadiging zorgt voor instabiliteit, zodat de fundering niet de gewenste draagkracht en stabiliteit genereert. Bovendien is een met water verzadigde fundering gevoeliger voor vorst. De ijslenzen die ontstaan bij vorst zorgen er tijdens de dooiperiode voor dat de fundering haar stabiliteit en draagkracht verliest vanwege de ondoorlatendheid van de onderliggende, niet ontdooide, ijslaag.

Ook tijdens het verdichten van de fundering, waarbij het poriënvolume wordt verkleind, is het van belang dat het in de fundering aanwezige water gemakkelijk af kan vloeien naar onderliggende bodemlagen. Het is onmogelijk om fundatiemateriaal met een te hoog vochtpercentage conform de gestelde (RAW-)eisen te verdichten.

Toegevoegde waarde hoog-modulus-weefsels

In Nederland en daarbuiten worden projecten meer en meer gegund op basis van LCA-, MKI- en EPD-scores, dus op de impact die het totale project heeft op zijn omgeving. Die impactscores tellen procentueel steeds meer mee als fictieve korting op het inschrijfbetrag. Zodoende kan een aannemer ondanks een hogere inschrijfsom dan zijn collega-aannemers een project toch verwerven. Dit regime is bedoeld om aannemers te stimuleren vooraf na te denken over een zo laag mogelijke omgevings- en/of milieu-impact van het project.



Figuur 8 – Het gecontroleerd verwijderen van een HM PP-weefsel, toegepast in een zwaarbelaste bouwweg.

Een hoog-modulus-weefsel als funderingswapening kan hier in hoge mate aan bijdragen. Een veelal enkellaags weefsel (voor scheiding, filtratie én wapening) dat veel constructieve waarde toevoegt aan een dunnere constructie is qua installatie en materiaal immers kostentechnisch interessanter dan de regelmatig geadviseerde meerlaagse systemen op basis van geogrids met een conventionele funderingsdikte. Door in het ontwerp voor een hoog-modulus-weefsel als funderingswapening te kiezen, kan de funderingsdikte geoptimaliseerd en dus minder dik uitgevoerd worden. Ook is het mogelijk om het funderingsmateriaal te wijzigen in een ander (goedkoper of reeds op het project aanwezig) materiaal.

Installatie

Voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer is het belangrijk om de juiste producten te gebruiken, volgens het afgesproken ontwerp. In het verleden waren alle PP-weefsels zwart. Er werd ook wel gesproken over het ‘zwarte doekje’. Gevolg was dat niemand gemakkelijk kon zien of het juiste PP-weefsel werd geïnstalleerd. Afwijkende kleurstrepen en ingeweven typenaam maken de volgende generatie hoog-modulus-PP-weefsel op afstand herkenbaar. Zo zorgen ze ervoor dat de zorgvuldig ontworpen wapening ook daadwerkelijk wordt geïnstalleerd. De hoog-modulus-PP-weefsels, zoals de TenCate Geolon® HMi-5, hebben een groot voordeel ten opzichte van andere geokunststoffen: scheiding, filtratie en wapening kan met één product gebeuren. Zodoende hoeft de aannemer slechts één type rol te installeren. En doordat het weefsel flexibel is, is het makkelijk uit te rollen en af te korten. Daarnaast zijn maatwerk rollengtes mogelijk en

is er geen risico dat de rol weer oprolt tijdens het installeren.

Steeds vaker zijn er projecten waarbij een grote hoeveelheid tijdelijke bouwwegen wordt aangelegd, zoals bij nieuwe windparken en hoogspanningsmastprojecten. Die tijdelijke bouwwegen worden vaak direct op de leeflaag van agrarische land aangelegd, waarbij de aannemer verplicht wordt het agrarisch land na afloop weer in de originele staat op te leveren aan de boer. Door de robuustheid en de erg goede breukrek-eigenschappen van het weefsel en het enkellaags-systeem kan de aannemer een PP-weefsel met een hoog-modulus-garen vrij eenvoudig en op een gecontroleerde manier verwijderen. Dit maakt het mogelijk om het product na zijn gebruiksperiode op een zo duurzame manier te verwerken, waarbij zelfs recycleren tot de mogelijkheden behoort.

Referentie en bronvermelding

1. CUR 175, 2017. Geokunststoffen als funderingswapening in ongebonden funderingslagen.
2. CUR 206, 2001. Geokunststoffen op de bouwplaats.
3. Giroud, J.P. and Noiray, L. (1981), “Geotextile-reinforced unpaved road design,” ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 107(9), pp 1233-1253.
4. Giroud, J.P. and Han, J. (2004). “Design method for geogrid-reinforced unpaved roads–Part II: calibration and verification”, ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 130(8), 787-797.
5. Application of the Giroud – Han Design Method for Geosynthetic Reinforced Unpaved Roads with TenCate Mirafi® Geosynthetics, Technical Note Ten Cate Geosynthetics Americas, August 2019. ●

TENCATE

Geolon® HMi

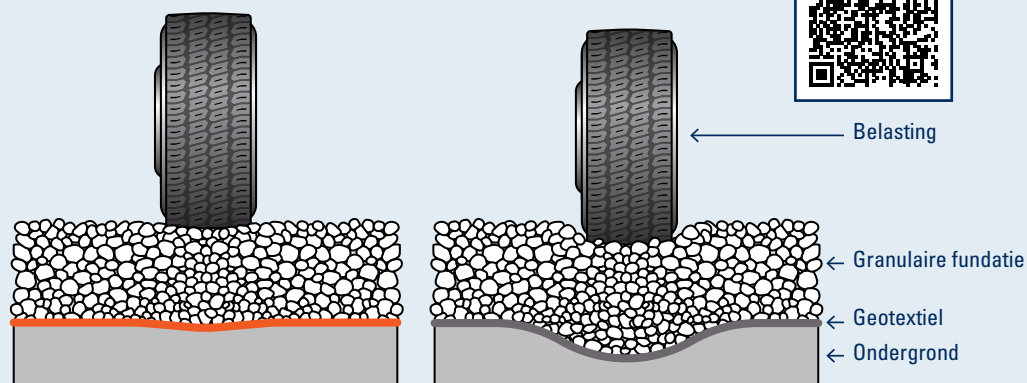
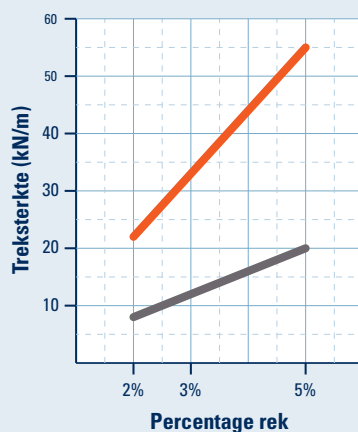
ALLES-IN-ÉÉN OPLOSSING:
STERKE KWALITEIT DIE JE ZIET!

Een onmiskenbaar design gecombineerd
met de hoogste technische prestaties



De effectieve werking van TenCate Geolon® HMi

- TenCate Geolon® HMi-5
- Generiek 80 kN/m weefsel



Meer informatie



Tel: + 31 (0)546 544 811
nederland@tencategeo.com
www.tencategeo.eu

TENCATE
GEOSYNTHETICS

IN MEMORIAM

HANS VAN MARLE

Op 25 mei 2021 overleed ing. Hans van Marle op 84-jarige leeftijd.

Hans is jarenlang gedreven NGO-lid, bestuurslid en actieve initiator van geokunststof oplossingen geweest.

In zijn loopbaan als ingenieur heeft Hans vele jaren in Suriname gewoond en gewerkt. Hij werkte in de jaren '60 bij het gouvernement, waar hij namens de opdrachtgever betrokken was bij de aanleg van de haven in Nickerie, en ook werkte aan de kades in Paramaribo. Na zijn terugkomst in Nederland rond 1970 werkte hij eerst bij de wegenbouwer WMN (Wegenbouw Maatschappij Nederhorst in Papendrecht), waarvoor hij onder meer ingezet werd bij de aanleg van de Rijksweg Antwerpen-Brussel.

Vanaf 1981 startte Hans als zelfstandige het Handelsbureau Van Marle en kwam hij in contact met geotextielen. Dat resulteerde uiteindelijk ook in een bestuursfunctie in de NGO onder voorzitter Koos Mouw. Van Koos hebben we eerder in het jaar 2021 afscheid moeten nemen. Binnen het bestuur heeft Hans de portefeuille Bijeenkomsten geleid, die de organisatie van voordrachten, lezingen en excursies op zich nam. Daarnaast werd Hans gewaardeerd om zijn vermogen om de rust te bewaren en te herstellen bij intensieve discussies binnen het bestuur. Zijn bescheiden instelling hielp daarbij.

Een hoogtepunt voor Hans was 1990. Het IGS internationale geokunststoffen congres in Den Haag (mede) georganiseerd door het NGO was een bevestiging van het belang van de toepassing van geokunststoffen, niet alleen in Nederland.

En dat gaf het werk van Hans en vele anderen meer aanzien en acceptatie in de markt. Een periode van sterke groei van geokunststoffen was aangebroken. Zelf heb ik ruim 10 jaar intensief met Hans samen gewerkt tussen 1990 en 2001, toen hij met pensioen ging. Voor Huesker heeft Hans veel energie gestopt in verantwoorde toepassingen van met name asfaltwapening, en daarnaast geotextielen in de weg- en waterbouw. Zijn bedrijf is na zijn pensionering overgenomen door CeCo BV, dat ook vele jaren lid van het NGO is geweest. Ook na zijn pensionering is Hans nog enkele jaren actief gebleven voor het NGO in de commissie Bijeenkomsten.

Hans was trots op de ontwikkelingen van geotextiel. Tijdens een familie-uitje met kleinkinderen aan een dierentuin wees Hans enthousiast naar een verticale grondkering waar een zware olifant bovenop stond. Hij wist te vertellen dat die grondkering gewapend was met geotextiel en geogrids, en daardoor zelfs het gewicht van olifanten al jaren kon dragen, die tot de rand van de kering stonden. Hans wist ook klanten enthousiast te maken om mee te denken over vragen waarmee hij bezig was. Door ze deelgenoot van de vraagstelling te maken, werden ze begeleid naar het juiste antwoord: geotextielen!

Hans was een zeer aimabel persoon, en er zullen veel (oud) leden van zijn generatie zijn die dat kunnen beamen. We verliezen in hem een enthousiast oud bestuurslid en een initiator van geotextielen van het eerste uur.

We hebben op 30 mei 2021 met veel respect afscheid van hem genomen in Den Haag.

Max Nods



Van experimenteel onderzoek naar toepassing in de praktijk

Deltares is een onafhankelijk toegepast kennisinstituut op het gebied van water, bodem en infrastructuur. Wereldwijd werken we aan slimme technologische innovaties en duurzame oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen.

Wij werken aan geotechniek in

- Waterkeringen
- (Spoor)weg- en leiding infrastructuur
- Funderingen en ondergrondse constructies
- Klimaatbestendige netwerken

www.deltares.nl

Enka® Solutions

EnkaGrid®

Voor een stabiele fundering van wegen en kraanopstelplaatsen bij windmolens



EnkaGrid MAX funderingswapening bij Windpark WP Energiek, Waardpolder



Low & Bonar

Low & Bonar

Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem | T +31 85 744 1300
www.enkasolutions.com | info@enkasolutions.com