



**Vlaanderen**  
is wetenschap



17\_102\_1  
WL rapporten

## **Geotextiel voor waterbouwkundige toepassingen**

Studie naar vereisten voor  
grond dichtheid en waterdoorlaatbaarheid

DEPARTEMENT  
MOBILITEIT &  
OPENBARE  
WERKEN

[waterbouwkundiglaboratorium.be](http://waterbouwkundiglaboratorium.be)

# Geotextiel voor waterbouwkundige toepassingen

Studie naar vereisten voor  
grond dichtheid en waterdoorlaatbaarheid

Vercruysse, J; De Backer, G.; Verelst, K.

#### Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

#### Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2022  
D/2022/3241/010

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

**Vercruysse, J.; De Backer, G.; Verelst, K.** (2022). Geotextiel voor waterbouwkundige toepassingen: Studie naar vereisten voor grondichtheid en waterdoorlaatbaarheid. Versie 3.0. WL Rapporten, 17\_102\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

#### Documentidentificatie

|                    |                                                                  |                                                        |                 |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------|
| Opdrachtgever:     | Waterbouwkundig Laboratorium                                     | Ref.:                                                  | WL2022R17_102_1 |
| Trefwoorden (3-5): | Geotextiel, erosiebescherming                                    |                                                        |                 |
| Kennisdomeinen:    | Erosiebescherming > Geotextiel > Literatuur en desktop-onderzoek |                                                        |                 |
| Tekst (p.):        | 23                                                               | Bijlagen (p.):                                         | 2               |
| Vertrouwelijk:     | <input checked="" type="checkbox"/> Nee                          | <input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar |                 |

|            |                               |
|------------|-------------------------------|
| Auteur(s): | Vercruysse, J.; De Backer, G. |
|------------|-------------------------------|

#### Controle

|                | Naam           | Handtekening                                                                                                                                           |
|----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Revisor(en):   | Verelst, K.    | Getekend door: Kristof Verelst (Signature)<br>Getekend op: 2022-02-21 09:15:43 +01:0<br>Reden: Ik keur dit document goed<br><br><i>Kristof Verelst</i> |
| Projectleider: | Vercruysse, J. | Getekend door: Jeroen Vercruysse (Signa)<br>Getekend op: 2022-02-21 09:07:56 +01:0<br>Reden: Ik keur dit document goed<br><br><i>Jeroen Vercruysse</i> |

#### Goedkeuring

|                 |               |                                                                                                                                                             |
|-----------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Afdelingshoofd: | Bellafkih, K. | Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sign)<br>Getekend op: 2022-02-21 09:07:20 +01:0<br>Reden: Ik keur dit document goed<br><br><i>Abdelkarim Bellafkih</i> |
|-----------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



## Abstract

Geotextielen worden in waterbouwkundige toepassingen als filterconstructie onder een erosiebescherming geplaatst om gronduitspoeling te voorkomen. Hierbij is het belangrijk dat het geotextiel voldoende grond dicht is om gronduitspoeling tegen te gaan alsook voldoende waterdoorlatend om drukopbouw onder de erosiebescherming te voorkomen.

Voor bestekbepalingen voor geotextiel onder een erosiebescherming bij waterwerken wordt door het beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken verwezen naar het standaardbestek 260 (SB260). Voor geotextielen wordt in het SB260, waar mogelijk, doorverwezen naar de door COPRO uitgegeven PTV829. Het type 6 geotextiel uit de PTV829 is hierbij van toepassing voor waterbouwkundige werken zoals oeverbeschermingen.

In de PTV829 wordt de grond dichtheid van een geotextiel gekarakteriseerd door middel van de karakteristieke openingsmaat en de waterdoorlaatbaarheid door middel van de velocity index. De PTV829 versie 4.0 stelt voor een type 6 geotextiel een vereiste karakteristieke openingsmaat voor in verhouding tot de D90 waarde van de ondergrond. Voor de waterdoorlatendheid werd een constante waarde opgegeven onafhankelijk van de ondergrond. De vraag stelt zich of voor de waterdoorlatendheid niet overgegaan diende te worden naar een vereiste in functie van de karakteristieken van de ondergrond.

Een literatuurstudie werd uitgevoerd naar de gangbare vereisten voor de grond dichtheid en de waterdoorlatendheid van een geotextiel. Hieruit volgt dat in de literatuur zowel voor de grond dichtheid als voor de waterdoorlatendheid steeds een criterium gehanteerd wordt in functie van de ondergrond. Hiervoor wordt ofwel een waarde opgegeven op basis van een beschrijving van de ondergrond (klei, zanderige klei, zand) of op basis van de korrelverdeling en de doorlatendheidscoëfficiënt van de ondergrond.

Vervolgens wordt nagegaan hoe de vereisten uit de literatuur en de vereisten uit de PTV829 zich verhouden tot de commercieel beschikbare geotextielen. Hiervoor werden zowel BENOR-gecertificeerde geotextielen als niet-BENOR-gecertificeerde geotextielen die voldoen aan de vereisten op vlak van rek, treksterkte en perforatieweerstand horende bij een type 6 geotextiel beschouwd. Uit deze analyse volgt dat slechts twee BENOR-gecertificeerde geotextielen en drie niet-BENOR-gecertificeerde geotextielen voldeden aan de vereiste constante waarde voor de waterdoorlatendheid uit de PTV829 v4.0. De karakteristieke openingsmaat van deze geotextielen hoort bij zanderige ondergronden. De constante waarde van de waterdoorlatendheid is eveneens van toepassing voor gronden met een hoge doorlaatbaarheid.

Op basis van deze vaststelling werd aan de sectorale commissie die de PTV829 uitgeeft, en waarin ook DMOW zetelt, een aanpassing voorgesteld aan de vereisten voor het type 6 geotextiel. Deze aanpassing betreft het opdelen van het type 6 geotextiel in een type 6a voor cohesieve gronden en een type 6b voor niet cohesieve gronden. Het type 6b komt hierbij overeen met het voorgaande type 6. Voor type 6a wordt een lagere, maar nog steeds relatief hoge, waterdoorlatendheid voorgesteld. Deze aanpassing werd goedgekeurd en opgenomen in de in januari 2021 uitgegeven PTV829 v5.0.



# Inhoudstafel

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abstract .....                                                                     | III |
| Inhoudstafel.....                                                                  | V   |
| Lijst van de tabellen.....                                                         | VI  |
| Lijst van de figuren .....                                                         | VII |
| 1 Inleiding .....                                                                  | 1   |
| 2 PTV829 type 6 – geotextiel voor waterwerken en kanalen .....                     | 2   |
| 2.1 COPRO VZW en PTV829.....                                                       | 2   |
| 2.2 Type 6 geotextiel volgens de PTV829.....                                       | 2   |
| 2.2.1 Tabel met vereisten horende bij een type 6 geotextiel uit PTV829.....        | 2   |
| 2.2.2 Vereisten voor treksterkte, rek bij breuk en weerstand tegen perforatie..... | 3   |
| 2.2.3 Vereisten voor de karakteristieke openingsmaat .....                         | 3   |
| 2.2.4 Vereiste voor de waterdoorlatendheid.....                                    | 4   |
| 2.2.5 Waterdoorlatendheid in het vlak .....                                        | 5   |
| 3 Grondkarakteristieken.....                                                       | 6   |
| 4 Literatuurstudie criteria grond dichtheid en waterdoorlaatbaarheid .....         | 8   |
| 4.1 Ontwerp van schutsluizen .....                                                 | 8   |
| 4.2 Ontwerprichtlijn geotextiel onder steenbekledingen .....                       | 9   |
| 4.2.1 Eenvoudige methode.....                                                      | 9   |
| 4.2.2 Gedetailleerde methode .....                                                 | 10  |
| 4.3 USACE .....                                                                    | 12  |
| 4.4 USBR .....                                                                     | 13  |
| 4.5 Bevraging waterwegbeheerders .....                                             | 15  |
| 5 Vergelijking criteria met commercieel beschikbare geotextielen.....              | 16  |
| 6 Conclusies .....                                                                 | 20  |
| 7 Referenties .....                                                                | 22  |
| Bijlage PTV 829 type 6.....                                                        | B1  |

## Lijst van de tabellen

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1 – PTV829 – vereisten geotextiel type 6 voor waterbouwkundige toepassingen .....        | 3  |
| Tabel 2 – Karakteristieke korrelgrootte en permeabiliteit ifv van grondtype.....               | 7  |
| Tabel 3 – Doorlaatbaarheidscoëfficiënt in functie van grondtype.....                           | 7  |
| Tabel 4 – Eenvoudige methode – vereiste minimale permeabiliteit geotextiel .....               | 7  |
| Tabel 5 – Eenvoudige methode – vereiste maximale karakteristieke openingsmaat O90 .....        | 9  |
| Tabel 6 – Eenvoudige methode – vereiste minimale doorlaatbaarheidscoëfficiënt geotextiel ..... | 10 |
| Tabel 7 – Gedetailleerde methode - grond dichtheid .....                                       | 11 |
| Tabel 8 – Criteria grond dichtheid .....                                                       | 13 |
| Tabel 9 – Typische waarden voor permitiviteit en permeabiliteit voor geotextielen.....         | 14 |

## Lijst van de figuren

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 1 – Opbouw van een natuurlijk filter .....                                                                                 | 4  |
| Figuur 2 – Karakteristieke openingsmaat in functie van waterdoorlatendheid (vh50) voor commercieel beschikbare geotextielen ..... | 17 |
| Figuur 3 – Karakteristieke openingsmaat in functie van permeabiliteit (kgtx) voor commercieel beschikbare geotextielen .....      | 18 |
| Figuur 4– Analyse bestaande geotextielen – karakteristieke openingsmaat vs. permitiviteit .....                                   | 19 |



# 1 Inleiding

Geotextielen worden in waterbouwkundige toepassingen als filterconstructie onder een erosiebescherming geplaatst om gronduitspoeling te voorkomen. Hierbij is het belangrijk dat het geotextiel voldoende grond dicht is om gronduitspoeling tegen te gaan alsook voldoende waterdoorlatend om drukopbouw onder de erosiebescherming te voorkomen. De benodigde vereisten voor de waterdoorlatendheid en grond dichtheid staan hierbij in relatie tot de ondergrond. Voor een kleiachtige ondergrond zullen hierdoor op vlak van grond dichtheid en waterdoorlatendheid andere eisen gesteld worden aan het geotextiel dan voor een zanderige ondergrond.

Voor de bestek bepalingen voor een geotextiel onder een erosiebescherming bij waterwerken wordt door het beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken standaard verwezen naar het standaardbestek 260 (SB260). Voor geotextielen wordt in het SB260, waar mogelijk, doorverwezen naar de door COPRO uitgegeven PTV829 (COPRO vzw, 2020). Het type 6 geotextiel uit deze PTV829 is van toepassing voor waterbouwkundige werken zoals oeverbeschermingen. Uit onderzoek van afdeling Waterbouwkundig Laboratorium (WL) en afdeling Geotechniek, beide zusterafdelingen binnen Xperta, werd besloten dat het toepassen van de vereisten uit versie 4.0 van de PTV829 (COPRO vzw, 2018) tot gevolg heeft dat voor kleiachtige ondergronden geen type 6 geotextiel beschikbaar is op de markt.

Xperta heeft dit aangekaart bij COPRO en is hierop toegetreden tot de sectorale commissie die de PTV829 beheert. In samenwerking met de sectorale commissie werd voor geotextielen in waterbouwkundige toepassingen een voorstel tot aanpassing van de vereisten opgesteld. Deze aanpassing heeft geresulteerd in PTV829 versie 5.0.

Onderhavig rapport vat de tijdens dit traject opgedane kennis samen. Bemerk hierbij dat de analyse beperkt is gebleven tot grond dichtheid en waterdoorlaatbaarheid. De vereisten voor treksterkte, rek en perforatie weerstand en duurzaamheid worden niet in detail behandeld.

De in de PTV829 versie 5.0 gegeven vereisten voor een type 6 geotextiel worden overgenomen en verduidelijkt in hoofdstuk 2. De gebruikte formuleringen voor grond dichtheid en waterdoorlatendheid worden samen met karakteristieke waarden in functie van de ondergrond gegeven in hoofdstuk 3. Het resultaat van een literatuurstudie naar gangbare criteria voor grond dichtheid en waterdoorlatendheid wordt gegeven in hoofdstuk 4. Voor bestaande geotextielen die voldoen aan de rek, treksterkte en perforatie vereisten voor een type 6 geotextiel wordt in hoofdstuk 5 de grond dichtheid en waterdoorlatendheid vergeleken met de vereisten uit de PTV829 en de criteria volgend uit de literatuurstudie. Conclusies worden geformuleerd in hoofdstuk 6.

## 2 PTV829 type 6 – geotextiel voor waterwerken en kanalen

### 2.1 COPRO VZW en PTV829

De PTV829 wordt uitgegeven door COPRO. COPRO is een onpartijdige instelling die werd opgericht door de Belgische overheid en de drie gewesten en het verbond van de aannemers en wegenbouwers. De missie van COPRO (CONtrole PROducten) betreft het organiseren, coördineren, harmoniseren en bevorderen van kwaliteit in de bouwsector. Dit gebeurt in het bijzonder door kwaliteitscontroles op bouwproducten en eventueel hun verwerking. In kader hiervan voert COPRO ook certificering uit van bouwproducten, waaronder geotextiel. Voor bepaalde producten worden door COPRO ook voorschriften uitgegeven, zogenaamde PTV's (Prescription Techniques / Technische Voorschriften). Het opstellen en up-to-date houden van deze PTV's gebeurt door middel van een sectorale commissie waaraan vertegenwoordigers van de overheid, aannemers, producenten en BENOR deelnemen. De technische voorschriften voor geotextiel zijn terug te vinden in de PTV829. In de PTV829 worden 5 toepassingsgebieden gedefinieerd. Voor elke toepassing worden vereisten opgegeven voor de treksterkte, rek, perforatieweerstand, grond dichtheid en waterdoorlaatbaarheid. Bij sommige toepassingen wordt nog een onderverdeling toegepast afhankelijk van de ondergrond of toepassing. Het geotextiel voor het toepassingsgebied waterlopen wordt aangeduid als een type 6 geotextiel.

### 2.2 Type 6 geotextiel volgens de PTV829

#### 2.2.1 Tabel met vereisten horende bij een type 6 geotextiel uit PTV829

De vereisten voor een type 6 geotextiel volgens de bijgewerkte PTV829 v5.0 worden overgenomen in Tabel 7. Ten opzichte van vorige versie van de PTV829 is het type 6 geotextiel opgesplitst in een type 6a voor cohesieve gronden en een type 6b voor niet-cohesieve gronden. Type 6b komt hierbij overeen met het type 6 geotextiel uit voorgaande versie van de PTV829. Bij het type 6a voor cohesieve gronden wordt een lagere vereiste opgelegd voor de waterdoorlaatbaarheid.

Wanneer een geotextiel voor waterbouwkundige werken voorgeschreven wordt volgens het SB260 zal in SB260 verwezen worden naar een type 6 geotextiel volgens de door COPRO uitgegeven PTV829. Indien een BENOR--gecertificeerd geotextiel gekozen wordt dient in de betreffende BENOR certificatiefiche bij gebruik type 6a / type 6b opgegeven te worden. Bij een niet-BENOR-gecertificeerd geotextiel dient aangetoond te worden dat het voorgestelde geotextiel voldoet aan de opgegeven vereisten, bijvoorbeeld door middel van een partijkuring.

Tabel 1 – PTV829 – vereisten geotextiel type 6 voor waterbouwkundige toepassingen

| Eigenschap                                     | Test-methode | Eenheden                       | <b>Toepassing</b><br>Waterwerken (reservoirs en stuwdammen) – EN 13254 en<br>kanalen – EN 13255                                                                                                                                                                                                                   |                                                                     |
|------------------------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                                |              |                                | Ondergrond met lage<br>doorlaatbaarheid –<br>cohesieve gronden                                                                                                                                                                                                                                                    | Ondergrond met hoge<br>doorlaatbaarheid –<br>niet-cohesieve gronden |
|                                                |              | Belangrijkste<br>functie(s) => | Versterking en filtratie                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                     |
|                                                |              |                                | <b>Type 6a</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Type 6b</b>                                                      |
| Treksterkte                                    | EN ISO 10319 | KN/m                           | ≥25                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ≥25                                                                 |
| Rek bij breuk                                  | EN ISO 10319 | %                              | ≥10                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ≥10                                                                 |
| Weerstand tegen<br>perforatie<br>(statisch)    | EN ISO 12236 | KN/m                           | ≥2.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ≥2.5                                                                |
| Weerstand tegen<br>perforatie<br>(dynamisch)   | EN ISO 13433 | mm                             | ≤13                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ≤13                                                                 |
| Karakteristieke<br>openingsmaat <sup>[1]</sup> | EN ISO 12956 | μm                             | O90/D90≤2                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | O90/D90≤2                                                           |
| Waterdoorlaat-<br>baarheid $v_{H50}$           | EN ISO 11058 | 10 <sup>-3</sup> m/s           | ≥25                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ≥85                                                                 |
| Waterdoorlaat-<br>baarheid in het<br>vlak      | EN ISO 12958 | m <sup>2</sup> /s              | Informatie enkel op te geven voor combinatie met<br>drainagetoepassingen. Zoals voorzien<br>in EN ISO 12958 worden de resultaten (herleid naar 20 °C)<br>opgegeven bij een<br>samendrukking van 20, 100 en 200 kPa en bij een<br>hydraulische gradiënt van 0,1 en 1,0.<br>Er worden geen minimumwaarden opgelegd. |                                                                     |

<sup>[1]</sup> Is de bekomen waarde voor O<sub>90</sub> kleiner dan 63 μm, dan worden geotextielen toegelaten met een O<sub>90</sub> kleiner of gelijk aan 63 μm.

Grondclassificatieregels (nominatief):

- Niet-cohesief: zand, grind en weinig kleihoudend/leemhoudend zand/grind;
- Cohesief: klei, leem en weinig zandhoudende klei/leem.

### 2.2.2 Vereisten voor treksterkte, rek bij breuk en weerstand tegen perforatie

De in het kader van deze studie uitgevoerde analyse is beperkt tot grond dichtheid en waterdoorlaatbaarheid. De vereisten voor treksterkte, rek en perforatieweerstand werden niet behandeld.

### 2.2.3 Vereisten voor de karakteristieke openingsmaat

De grond dichtheid wordt beoordeeld op basis van de karakteristieke openingsmaat. Hiervoor wordt volgende vereiste gegeven:

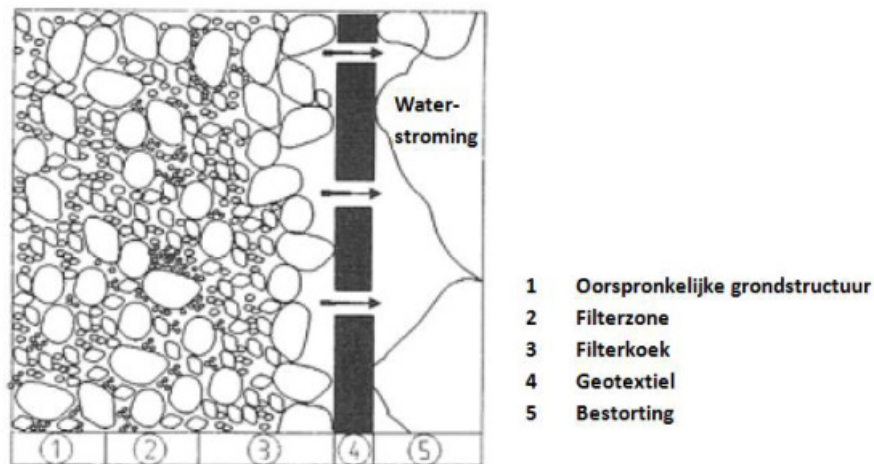
$$O90/D90 \leq 2 \quad (1)$$

Met

- O90 Karakteristieke openingsmaat die door 90% van de openingen onderschreden wordt [m]
- D90 Karakteristieke korrelgrootte die door 90% van de korrels onderschreden wordt. [m]

De karakteristieke openingsmaat die door 90 % van de openingen onderschreden wordt mag maximaal twee keer de karakteristieke korrelgrootte die door 90 % van de korrels onderschreden wordt bedragen. Bemerkt

dat de bovengrens van de openingsgrootte dus ca. 2x groter is dan de bovengrens van de korrelgrootte. Uitspoeling wordt hierbij voorkomen door brugwerking van de korrels, zie Figuur 1.



Overgenomen uit Bakker et al. (2012)

Figuur 1 – Opbouw van een natuurlijk filter

De testmethode voor de karakteristieke openingsmaat van een geotextiel wordt beschreven in ISO 12956:2019. De karakteristieke openingsmaat wordt bepaald door het zeven van grond met een gekende korrelverdeling doorheen een geotextiel. Voor het zeven wordt een zeeftoestel met frequentie 50 Hz tot 60 Hz gebruikt met een verticale beweging van 3 mm. Tijdens het zeven wordt het gezeefde materiaal natgemaakt. De test wordt initieel uitgevoerd op 3 teststukken. Wanneer de doorval tussen de teststukken meer dan 15 % van het gemiddelde afwijkt worden nog twee bijkomende teststukken gezeefd. Van het doorgevallen materiaal wordt, door middel van het zeefdiagram, de D90 waarde bepaald. Deze D90 waarde wordt gelijk gesteld aan de karakteristieke openingsmaat O90.

#### 2.2.4 Vereiste voor de waterdoorlatendheid

De testmethode voor de waterdoorlatendheid wordt beschreven in ISO 11058:2019. Het principe van de test is het opmeten van de snelheid doorheen een enkele laag geotextiel blootgesteld aan een rechtlijnige stroming loodrecht op het vlak. Deze proef wordt uitgevoerd in een cilinder met diameter 0.050 m en met aan beide zijden van het geotextiel water. Er is een variant waarbij 5 constante drukverschillen (0.070 m, 0.056 m, 0.042 m, 0.028 m en 0.014 m) opgelegd worden en een variant met variabel verval waarbij gestart wordt vanaf een verval 0.25 m waarna het water wegstroomt doorheen het geotextiel. De uitkomst van de proeven is een grafiek met de stroomsnelheid in functie van het drukverschil. Op basis van deze figuur wordt vervolgens de snelheid bij een verval 0.050 m afgelezen. De test wordt uitgevoerd op een zuiver geotextiel met zuiver water met een temperatuur tussen 18 °C en 22 °C (en gecorrigeerd naar een temperatuur 20 °C). Het resultaat van deze proef wordt de velocity index  $v_{h50}$  genoemd of de snelheid doorheen het geotextiel bij een verval 0.05 m over het geotextiel. Merk op dat de velocity index  $v_{h50}$  een vereenvoudigde maat is die geen rekening houdt met: een vermindering van de waterdoorlatendheid door een verstopping van de openingen, het samendrukken van het geotextiel door druk of een wijziging in de relatie snelheid drukval door een verschil in snelheid of temperatuur. Bemerkt ook dat de  $v_{h50}$  waarde niet rechtstreeks vergeleken kan worden met de doorlatendheid van de ondergrond. Ten gevolge van het samendrukken van het geotextiel zal de doorlaatbaarheid afnemen. Dit treedt zowel op bij geweven als bij niet-geweven geotextielen. Bemerkt dat voor het bepalen van de doorlatendheid van een geotextiel onder druk er, bij

schrijven van dit rapport, geen EN ISO proef bestaat maar wel een genormeerde ASTM en DIN proef (respectievelijk ASTM D5493-06.2 (ASTM, 1998) en DIN 60500-4 (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2007)). Vooral bij toepassen van niet-geweven geotextielen onder druk in een situatie waarbij doorlaatbaarheid cruciaal is verdient het aanbeveling om bijkomend de doorlaatbaarheid onder druk te bepalen volgens de ASTM of DIN proef.

Om de doorlatendheid van een geotextiel te beoordelen ten opzichte van de ondergrond wordt in sommige literatuurbronnen de permeabiliteit van een geotextiel vergeleken met de permeabiliteit van de ondergrond. Door middel van de Darcy Weisbach formule kan de velocity index voor een geotextiel als volgt omgerekend worden naar de doorlaatbaarheidscoëfficiënt:

$$k_{gtx} = v_{H50} \cdot \frac{t_{gtx}}{dh_{vH50}} \quad (2)$$

Met:

- $k_{gtx}$  Permeabiliteit geotextiel [m/s]
- $v_{H50}$  Velocity index volgens uit proef NBN-EN-ISO-11058 [m/s]
- $t_{gtx}$  Dikte geotextiel [m]
- $dh_{vH50}$  Verval horend bij velocity index = 0.05 m [m]

De op deze wijze bekomen permeabiliteit van geotextiel ( $k_{gtx}$ ) kan rechtstreeks vergeleken worden met de permeabiliteit van de ondergrond ( $k_b$ ).

Andere bronnen drukken de doorlatendheid van een geotextiel uit door middel van de permitiviteit  $\psi_{gtx}$ . De permitiviteit betreft de verhouding van de stroomsnelheid doorheen het geotextiel ten opzichte van het verval over het geotextiel. De velocity index kan als volgt omgerekend worden naar de permitiviteit:

$$\psi_{gtx} = \frac{v_{H50}}{dh_{vH50}} \quad (3)$$

Met:

- $\psi_{gtx}$  Permitiviteit geotextiel [1/s]
- $v_{H50}$  Velocity index volgens uit proef NBN-EN-ISO-11058 [m/s]
- $dh_{vH50}$  Verval horend bij velocity index  $v_{H50} = 0.05$  m [m]

Onderstaande vergelijking geeft de onderlinge verhouding voor de drie criteria voor het uitdrukken van de doorlatendheid van een geotextiel:

$$v_{H50} = k_{gtx} \cdot \frac{dh_{vH50}}{t_{gtx}} = \psi_{gtx} \cdot dh_{vH50} \quad (4)$$

## 2.2.5 Waterdoorlatendheid in het vlak

De waterdoorlatendheid in het vlak voor een PTV829 type 6 geotextiel, zie Tabel 1, dient enkel vermeld te worden indien deze relevant is, ook wordt geen minimum vereiste opgelegd. De eis voor waterdoorlatendheid in het vlak is relevant voor specifieke drainagetoepassingen waarbij het water gedraineerd wordt via het geotextiel zelf. Bij erosie- en bodembescherming is deze waarde niet relevant. De waterdoorlatendheid in het vlak wordt hierom niet verder behandeld.

### 3 Grondkarakteristieken

Voor grond wordt de waterdoorlatendheid gekarakteriseerd door de waterdoorlatendheidscoëfficiënt of permeabiliteit,  $k_b$ . Door middel van de Darcy Weisbach formule kan de snelheid doorheen de grond bepaald worden als de drukgradiënt vermenigvuldigd met de doorlatendheidscoëfficiënt:

$$v = k_b \cdot \frac{dh}{ds} \quad (5)$$

Met:

- |         |                              |       |
|---------|------------------------------|-------|
| • $v$   | Snelheid                     | [m/s] |
| • $k_b$ | Permeabiliteit               | [m/s] |
| • $dh$  | drukverschil in m waterkolom | [m]   |
| • $ds$  | laagdikte                    | [m]   |

De doorlatendheidscoëfficiënt van de grond kan zowel in labo als in situ bepaald worden. Daarbij zijn verschillende methodes gangbaar [Richtlijnen Bemalingen].

In situ kan de doorlatendheid bepaald worden uit: pompproeven, doorlatendheidsproeven in een boorgat en uit dissipatieproeven bij piëzoconesonderingen (CPTU's). In het labo kan de doorlatendheid rechtstreeks bepaald worden uit doorlatendheidsproeven met constant of veranderlijk verval voor niet-cohesieve, resp. cohesieve gronden, of onrechtstreeks uit de korrelverdeling (bv. formule van Hazen / formule van Seelheim) en uit samendrukkingsproeven (bv. methode van Taylor). Een score voor de betrouwbaarheid van elke methode is weergegeven in Tabel 1 van het document Richtlijnen Bemalingen v. 2009 (Werkgroep bemalingen, 2009). Er wordt opgemerkt dat bij de interpretatie van waarden uit laboproeven de nodige aandacht moet gevestigd worden op de anisotropie van de ondergrond en de representativiteit van het monster voor de betreffende laag. Dergelijke proefresultaten mogen niet als enige bron van informatie worden gehanteerd, omdat ze een potentiële onderschatting van de werkelijke doorlatendheid in situ zouden kunnen weergeven.

Algeheel dient gesteld te worden dat de doorlaatbaarheid zowel in labo als in situ omstandigheden gekenmerkt wordt door een zekere variatie.

Voor de bepaling van de korrelverdeling wordt verwezen naar het SB260 H22 §4.1 "Onderkenningsproeven" (Departement Mobiliteit & Openbare Werken, 2018).

Voor het bepalen van het grondtype bevat het standaardbestek SB260 onder hoofdstuk 22 "Grondonderzoek" een uitgebreid stappenplan op basis van de korrelverdeling, de plasticiteitsindex en gehalte aan organische en kalkhoudende stoffen.

Typische waarden voor korrelgroottes en doorlatendheid in functie van het type grond worden gegeven in Haegeman & Van Alboom (2016), zie Tabel 2.

Tabel 2 – Karakteristieke korrelgrootte en permeabiliteit ivv van grondtype

| grondtype                | korrelgrootte                          | karakteristieke doorlaatbaarheidscoëfficiënt      |
|--------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| granulometrische klei    | $d < 2 \mu\text{m}$                    | $k_b < 10^{-10} \text{ m/s}$                      |
| granulometrische leem    | $2 \mu\text{m} < d < 60 \mu\text{m}$   | $10^{-9} \text{ m/s} < k_b < 10^{-7} \text{ m/s}$ |
| granulometrisch fijnzand | $60 \mu\text{m} < d < 200 \mu\text{m}$ | $10^{-6} \text{ m/s} < k_b < 10^{-4} \text{ m/s}$ |
| granulometrisch zand     | $200 \mu\text{m} < d < 2 \text{ mm}$   | $10^{-4} \text{ m/s} < k_b < 10^{-2} \text{ m/s}$ |
| granulometrisch grind    | $2 \text{ mm} < d < 20 \text{ mm}$     | $10^{-2} \text{ m/s} < k_b$                       |

(Haegeman &amp; Van Alboom, 2016)

De door de Nederlandse overheid uitgegeven site [www.bodemrichtlijnen.nl](http://www.bodemrichtlijnen.nl) geeft de in Tabel 3 gegeven permeabiliteit in functie van het grondtype.

Tabel 3 – Doorlaatbaarheidscoëfficiënt in functie van grondtype

| log $k_b$<br>(m/s) | 0     | -1 | -2        | -3 | -4   | -5                      | -6                    | -7 | -8 | -9               | -10 | -11 | -12 |
|--------------------|-------|----|-----------|----|------|-------------------------|-----------------------|----|----|------------------|-----|-----|-----|
| Bodem-soort        | grind |    | grof zand |    |      | fijn zand, silt en leem |                       |    |    |                  | /   | /   |     |
| /                  | /     | /  | /         | /  | veen |                         | gestratificeerde klei |    |    | onverweerde klei |     |     |     |

Bron [www.bodemrichtlijn.nl](http://www.bodemrichtlijn.nl) dd 17/08/2018

De Nederlandse ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekleding (van den Thoorn & Jonker, 2017) geeft de in Tabel 4 vermelde gemiddelde korreldiameter en permeabiliteit in functie van het grond type.

Tabel 4 – Eenvoudige methode – vereiste minimale permeabiliteit geotextiel

| Grondsoort   | D50<br>[mm] | Range $k_b$<br>[m/s] |
|--------------|-------------|----------------------|
| Zware klei   | 0.01        | $10^{-10} - 10^{-8}$ |
| Zandige klei | 0.038       | $10^{-8} - 10^{-6}$  |
| Zand         | 0.17        | $10^{-6} - 10^{-3}$  |
| Zandig grind | 3           | /                    |
| Grind        | 9.3         | $10^{-3} - 10^{-1}$  |

<sup>[1]</sup> Veiligheidsfactor, afhankelijk van het basismateriaal  
Onderdeel van tabel 2.5 uit (van den Thoorn & Jonker, 2017)

Bemerk uit bovenstaande tabellen dat de drie gegeven referenties een andere naamgeving voor de grondsoorten hanteren. Voor de types waarbij de naamgeving soortgelijk is, valt op dat de permeabiliteit een grootteorde kan verschillen. Tussen de verschillende grondsoorten wijzigt de karakteristieke korreldiameter en de doorlatendheid met meer dan een factor 10, maar ook binnen een grondsoort is de variatie groot. Deze variatie is aanzienlijk groter dan de variatie in karakteristieke openingsmaat en waterdoorlatendheid van de op de markt beschikbare geotextielen zoals ook volgt uit de vergelijking uitgevoerd in hoofdstuk 5.

## 4 Literatuurstudie criteria grond dichtheid en waterdoorlaatbaarheid

Voor de criteria voor grond dichtheid en waterdoorlatendheid voor een geotextiel onder een erosiebescherming werd door WL in het verleden af en toe verwezen naar het handboek Ontwerp van Schutsluizen, zie paragraaf 4.1. Een recentere en specifiekere referentie betreft de 'Ontwerprichtlijn geotextiel onder steenbekledingen', zie paragraaf 4.2. Ook wordt vergeleken met literatuur uit de Verenigde Staten, zie paragraaf 4.3 voor USACE richtlijnen en paragraaf 4.4 voor USBR richtlijnen.

Bemerkt hierbij dat slechts een beperkte literatuurstudie werd uitgevoerd en dat deze dus niet als volledig beschouwd dient te worden.

Bijkomend werd ook een korte rondvraag uitgevoerd naar de ervaring van de waterwegbeheerders met betrekking tot geotextielen, zie paragraaf 4.5.

### 4.1 Ontwerp van schutsluizen

Voor het bepalen van de vereisten voor de grond dichtheid en waterdoorlatendheid van geotextiel onder een erosiebescherming werd door WL in het verleden af en toe verwezen naar het handboek 'Ontwerp van Schutsluizen' (Beem et al., 2000). Hierin wordt voor de karakteristieke openingsmaat volgende vereiste gegeven:

$$O_{90, \text{geotextiel}} / D_{90, \text{basismateriaal}} \leq 2 \quad (\text{voor een stationaire belasting})$$

$$O_{90, \text{geotextiel}} / D_{90, \text{basismateriaal}} \leq 1 \quad (\text{voor een dynamische belasting}) \quad (6)$$

Bemerkt dat voor dynamische belasting een kleinere openingsmaat toegelaten wordt dan voor dynamische belasting. De verklaring hiervoor is dat door dynamische belasting, druk fluctuaties of stroming in twee richtingen, de brugwerking van de korrels (zie 2.2.4) verstoord wordt.

Voor de waterdoorlatendheid loodrecht op het geotextiel wordt de permeabiliteit van het geotextiel vergeleken ten opzichte van de permeabiliteit van de ondergrond. Hierbij wordt gesteld dat het geotextiel 50 keer doorlatender dient te zijn dan de ondergrond:

$$k_{\text{gtx, geotextiel}} > 50 \times k_{\text{b, basismateriaal}} \quad (7)$$

Met de bemerking dat in Nederland ook wel een veiligheidsfactor 10 als absoluut minimum gehanteerd wordt. Bemerkt dat de gebruikte veiligheidsfactor onafhankelijk is van het type ondergrond, cohesief vs. niet-cohesief.

De eis voor de karakteristieke openingsmaat bij een stationaire belasting komt overeen met het in de PTV829 gehanteerde criterium (zie Tabel 1).

## 4.2 Ontwerprichtlijn geotextiel onder steenbekledingen

In de ontwerprichtlijn geotextiel onder steenbekledingen (van den Thoon & Jonker, 2017) worden drie ontwerpmethodieken voorgesteld:

- de eenvoudige methode (paragraaf 4.2.1),
- de gedetailleerde methode (paragraaf 4.2.2),
- en de geavanceerde methode.

Bij de geavanceerde methode worden specifieke testen uitgevoerd o.a. doorlatendheidstesten met grond en geotextiel. Dit valt buiten de scope van de PTV829.

### 4.2.1 Eenvoudige methode

Bij de eenvoudige methode uit de ontwerprichtlijn geotextiel onder steenbekledingen (van den Thoon & Jonker, 2017) wordt voor het geotextiel een karakteristieke openingsmaat en permeabiliteit voorgesteld per grondsoort. De grondsoorten betreffen hierbij zware klei, zandige klei, zand, zandig grind en grind volgens de Nederlandse standaard classificatie van grondsoorten (CUR 174, 2009). Het geotextiel wordt dus gekozen in functie van de grondsoort en niet in functie van de  $D_{90}$  of  $k_b$  waarde van de specifieke ondergrond.

De tabellen voor de karakteristieke openingsmaat en de doorlaatbaarheidscoëfficiënt zijn opgesteld voor standaard grondsoorten op basis van de uitgebreide analyse uit de gedetailleerde methode. De vereiste maximale karakteristieke openingsmaat in functie van de grondsoort wordt gegeven in Tabel 5. Bemerk dat de openingsmaat functie is van de belastingconditie en of het geotextiel aanliggend geplaatst is met de grond. Met een stationaire belasting wordt stroming in één richting doorheen het geotextiel bedoeld. Bij een dynamische belasting is er afwisselend stroming in twee richtingen (bijv. door golven of getij). Bij niet aanliggend kan het geotextiel los komen van de ondergrond waardoor de onderliggende grond in suspensie kan komen.

Tabel 5 – Eenvoudige methode – vereiste maximale karakteristieke openingsmaat  $O_{90}$

|              | Stationair | Dynamisch | Dynamisch, niet aanliggend |
|--------------|------------|-----------|----------------------------|
| Grondsoort   | /          | /         | /                          |
| Zware klei   | 0.100 mm   | 0.100 mm  | Nadere analyse nodig       |
| Zandige klei | 0.300 mm   | 0.140 mm  | 0.140 mm                   |
| Zand         | 0.340 mm   | 0.120 mm  | 0.120 mm                   |
| Zandig grind | 0.500 mm   | 0.500 mm  | 0.300 mm                   |
| Grind        | 0.500 mm   | 0.500 mm  | 0.300 mm                   |

tabel 2.4 uit van den Thoon & Jonker (2017)

Voor de doorlaatbaarheid wordt zowel een criterium gegeven voor de doorlaatbaarheidscoëfficiënt (in functie van dikte) als een criterium voor de permitiviteit (onafhankelijk van dikte). Het staat de gebruiker vrij om te kiezen welk criterium gehanteerd wordt.

De vereisten voor de permeabiliteit en permitiviteit worden gegeven in Tabel 6. Bemerk hierbij dat voor de grondsoorten zware klei en zandige klei uit de range met permeabiliteiten voor de ondergrond de grootste waarde van de opgegeven range gekozen wordt die vervolgens vermenigvuldigd wordt met een veiligheidsfactor 100 voor het bepalen van de vereiste permeabiliteit van het geotextiel. Voor zand en grind wordt een waarde toegepast die een grootteorde lager is dan de bovengrens van de opgegeven range waarna deze waarde vermenigvuldigd wordt met een factor 10.

Tabel 6 – Eenvoudige methode – vereiste minimale doorlaatbaarheidscoëfficiënt geotextiel

| Grondsoort   | D <sub>50</sub><br>[mm] | Range k <sub>b</sub><br>[m/s]        | Gekozen waarde k <sub>b</sub><br>[m/s] | c <sub>m</sub> <sup>[1]</sup><br>[-] | Vereiste k <sub>gtx</sub><br>[m/s] | Vereiste ψ<br>[1/s] |
|--------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Zware klei   | 0.01                    | 10 <sup>-10</sup> – 10 <sup>-8</sup> | 10 <sup>-8</sup>                       | 100                                  | 10 <sup>-6</sup>                   | 10 <sup>-5</sup>    |
| Zandige klei | 0.038                   | 10 <sup>-8</sup> – 10 <sup>-6</sup>  | 10 <sup>-6</sup>                       | 100                                  | 10 <sup>-4</sup>                   | 10 <sup>-3</sup>    |
| Zand         | 0.17                    | 10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-3</sup>  | 10 <sup>-4</sup>                       | 10                                   | 10 <sup>-3</sup>                   | 0.01                |
| Zandig grind | 3                       |                                      | 10 <sup>-3</sup>                       | 10                                   | 10 <sup>-2</sup>                   | 0.1                 |
| Grind        | 9.3                     | 10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-1</sup>  | 10 <sup>-2</sup>                       | 10                                   | 10 <sup>-1</sup>                   | 1                   |

<sup>[1]</sup> Veiligheidsfactor, afhankelijk van het basismateriaal

Tabel 3.8 uit van den Thoorn & Jonker (2017)

Voor de eenvoudige methode worden bijkomend ook criteria opgegeven voor treksterkte en rek bij breuk. De minimale treksterkte in 2 richtingen van een geweven geotextiel bedraagt  $\geq 35$  kN/m, de minimale treksterkte in 2 richtingen bij toepassing van een niet-geweven geotextiel bedraagt  $\geq 15$  kN/m. De treksterkte opgegeven in de PTV829 voor een type 6 geotextiel bedraagt  $\geq 25$  kN/m wat lager is dan de in de ontwerprichtlijn opgegeven waarde voor een geweven geotextiel maar hoger dan de opgegeven waarde voor een niet-geweven geotextiel. De minimale rek bij breuk bedraagt 60 %. Bij zinkstukken is dit gereduceerd tot 20 % in de hoofdtrekrichting. Bemerk dat dit respectievelijke 6 en 2 keer groter is dan de in de PTV829 opgegeven minimum rek bij breuk voor een type 6 geotextiel (10 %). Hierbij dient ook opgemerkt te worden dat in Nederland meer niet-geweven geotextielen toegepast worden dan in Vlaanderen dewelke een grotere rek bij breuk hebben dan geweven geotextielen.

#### 4.2.2 Gedetailleerde methode

Bij de gedetailleerde methode uit de ontwerprichtlijn geotextiel onder steenbekledingen (van den Thoorn & Jonker, 2017) wordt het geotextiel gekozen op basis van de korrelverdeling en de permeabiliteit van de ondergrond. De ontwerpcriteria voor de maximale openingsgrootte van geotextielen worden overgenomen in Tabel 7. Bemerk hier dat de keuze voor de karakteristieke openingsmaat ook afhankelijk is van het gewichtspercentage aan fijne korrels ( $\leq 60$  µm), de uniformiteitscoëfficiënt ( $C_u = D_{60}/D_{10}$ ; zie paragraaf 3.3 uit van den Thoorn & Jonker (2017)), stabiel of niet stabiele grond (dit heeft betrekking op de mogelijkheid van uitspoelen van fijne korrels uit de grond; zie paragraaf 3.2 uit van den Thoorn & Jonker (2017)) en de belasting (stationair, dynamisch al dan niet aanliggend) en afhankelijk van de situatie ook van de D<sub>10</sub>, D<sub>50</sub>, D<sub>85</sub> naast de D<sub>90</sub> waarde. Bijkomend wordt per situatie ook een maximale karakteristieke openingsmaat opgelegd. De toegepaste analyse betreft een bijgewerkte versie van de tabel gegeven in (CUR 174, 2009). Deze bijwerking is gebaseerd op een analyse van de tabel, een vergelijking met wat in praktijk uitvoerbaar is en de criteria toegepast in Duitsland (Federal Waterway and Engineering Research Institute (Bundesanstalt für Wasserbau -BAW, 1993; Heibaum, 2014).

Bij de tabel wordt nog opgemerkt dat een geotextiel met karakteristieke openingsmaat O<sub>90</sub> kleiner dan 0.075 mm niet realistisch is. Merk op dat deze waarde in lijn ligt met de ondergrens van 0.063 mm gehanteerd in de PTV829. Bemerk dat het criterium voor de karakteristieke openingsmaat uit de PTV829 overeenkomt met één van de criteria voor stabiele grond bij stationaire belasting. Voor instabiele grond, dynamische belasting en dynamische belasting met een niet aanliggend geotextiel worden merkelijk strengere criteria toegepast.

Tabel 7 – Gedetailleerde methode - grond dichtheid

|                                                         | Grondsoort                                                                          |                                                                             |                                                                                                       |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                         | D40 ≤ 60 µm                                                                         |                                                                             | D40 ≥ 60 µm                                                                                           |                                                                                             |
|                                                         | Stabiele grond                                                                      | Instabiele grond                                                            | Stabiele grond                                                                                        | Instabiele grond                                                                            |
| Stationaire belasting                                   | $090 < 10 \cdot D50$<br>en<br>$090 < 2 \cdot D90$<br>en<br>$090 < 0.300 \text{ mm}$ | $090 < 10 \cdot D50$<br>en<br>$090 < D90$<br>en<br>$090 < 0.300 \text{ mm}$ | $090 < 5 \cdot D10 \cdot \sqrt{C_u}$<br>en<br>$090 < 2 \cdot D90$<br>en<br>$090 < 0.500 \text{ mm}$   | $090 < 5 \cdot D10 \cdot \sqrt{C_u}$<br>en<br>$090 < D90$<br>en<br>$090 < 0.500 \text{ mm}$ |
| Dynamische belasting met een aanliggend geotextiel      | $090 < D90$<br>en<br>$090 < 0.300 \text{ mm}$                                       |                                                                             | $090 < 1.5 \cdot D10 \cdot \sqrt{C_u}$<br>en<br>$090 < 2 \cdot D50$<br>en<br>$090 < 0.500 \text{ mm}$ |                                                                                             |
| Dynamische belasting met een niet aanliggend geotextiel | $090 < 0.5 \cdot D85$<br>en<br>$090 < 0.300 \text{ mm}$                             |                                                                             | $090 < 0.5 \cdot D85$<br>en<br>$090 < 0.300 \text{ mm}$                                               |                                                                                             |

Cu=D60/D10

Tabel 3.6 uit van den Thoorn & Jonker (2017) Voor de waterdoorlatendheid van het geotextiel wordt in de gedetailleerde methode zowel de mogelijkheid gegeven om de permeabiliteit te gebruiken als de permitiviteit van het geotextiel.

Voor de permeabiliteit van het geotextiel wordt een veiligheidsfactor opgegeven voor stationaire en niet-stationaire stroming. Bij stationaire stroming met een gevaar voor verstopping wordt een veiligheidsfactor 10 aangehouden. Bij niet-stationaire stroming wordt een veiligheidsfactor 10 aangehouden voor een niet-cohesieve ondergrond en een veiligheidsfactor 100 bij een cohesieve ondergrond. Voor specifieke situaties met hoge gradiënt en niet-cohesief basismateriaal dient de veiligheidsfactor toe te nemen tot 16 à 20.

Voor de permitiviteit wordt gesteld dat niet meer dan 1 cm verval mag optreden over het geotextiel bij een extreem verhang van 10 [-] in de ondergrond bij een cohesieve ondergrond en een verhang van 1 [-] in de ondergrond bij niet-cohesieve ondergrond. Dit geeft met:

$$q = k_b \cdot i_b \text{ en } \psi_{gtx} = \frac{q}{\Delta H} \rightarrow \psi_{gtx} = k_b \cdot \frac{i_b}{\Delta H} \quad (8)$$

Met

|                |                                   |                                     |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| • $q$          | Debiet per oppervlak (= snelheid) | [m <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup> ] |
| • $k_b$        | Permeabiliteit bodem              | [m/s]                               |
| • $i_b$        | Drukgradiënt bodem                | [-]                                 |
| • $\psi_{gtx}$ | Permitiviteit                     | [1/s]                               |
| • $\Delta H$   | Verval overheen geotextiel        | [m]                                 |

Voor een cohesieve ondergrond ( $i_b=10$  en  $\Delta H=0.01$  m):

$$\psi_{gtx} = k_b \cdot 1000 \quad (9)$$

Voor een niet-cohesieve ondergrond ( $i_b=1$  en  $\Delta H=0.01$  m):

$$\psi_{gtx} = k_b \cdot 100 \quad (10)$$

Aan de hand van vergelijking 4 kan de permeabiliteit van een geotextiel bepaald worden op basis van de permitiviteit en de dikte. Na invoegen van bovenstaande relatie tussen permitiviteit geotextiel en permeabiliteit voor de ondergrond en de aanname van een dikte van 1 mm voor een geweven geotextiel kan de veiligheidsfactor op de permeabiliteit bepaald worden:

$$k_{gtx} = \psi_{gtx} \cdot t_{gtx} \quad (11)$$

$$\text{Cohesieve ondergrond } k_{gtx} = k_b \cdot 1000 \cdot t_{gtx} = k_b \cdot 1000 \cdot 0.001 \rightarrow c_m = 1$$

$$\text{Niet-cohesieve ondergrond } k_{gtx} = k_b \cdot 100 \cdot t_{gtx} = k_b \cdot 100 \cdot 0.001 \rightarrow c_m = 0.1$$

Bemerk dat bij toepassen van de richtlijnen voor permitiviteit de permeabiliteit van een geweven geotextiel met dikte 1 mm gelijk mag zijn aan tot tien keer lager dan de permeabiliteit van de ondergrond.

## 4.3 USACE

Het United States Army Corps of Engineers geeft een richtlijn uit voor het gebruik van geotextielen (Departments of the army and the air force, 1995). Deze bevat o.a. een beschrijving van de types geotextiel, voorschriften voor gebruik, plaatsing, vereisten voor grond dichtheid, waterdoorlatendheid en sterkte.

In deze richtlijn wordt de waterdoorlatendheid van geotextiel uitgedrukt door middel van de permitiviteit. Hiervoor wordt volgende formule gegeven:

$$\psi_{gtx} = \frac{k_{gtx}}{t_{gtx}} = \frac{Q}{\Delta H \cdot A} \quad (12)$$

Met:

|                |                           |                     |
|----------------|---------------------------|---------------------|
| • $\psi_{gtx}$ | Permitiviteit geotextiel  | [s-1]               |
| • $k_{gtx}$    | Permeabiliteit geotextiel | [m/s]               |
| • $t_{gtx}$    | Dikte geotextiel          | [m]                 |
| • $Q$          | Debiet                    | [m <sup>3</sup> /s] |
| • $\Delta H$   | Drukval                   | [m]                 |
| • $A$          | Sectie                    | [m <sup>2</sup> ]   |

Hierbij wordt opgemerkt dat de wet van Darcy enkel geldig is voor situaties met laminaire stroming maar dat het echter zeer moeilijk vast te stellen is of de stroming laminair is omwille van de zeer beperkte diktes. Hoewel voor de meeste metingen niet zal voldaan worden aan laminaire stroming doorheen het geotextiel wordt de waarde toch als nuttig beschouwd als een relatieve maat voor de doorlatendheid van geotextielen. Ook wordt opgemerkt dat waarden gegeven in de literatuur pas gebruikt mogen worden na analyse van de testcondities. Voor het bepalen van de permeabiliteit en permitiviteit van een geotextiel wordt verwezen naar ASTM Method D 4491 (ASTM, 2017). Voor geotextielen waarbij de permeabiliteit/permitiviteit wijzigt onder belasting dient de methode beschreven in ASTM D 5493 (ASTM, 1998) toegepast te worden. Voor niet-geweven geotextielen wordt opgegeven dat de permeabiliteit van het geotextiel minstens 5 keer groter dient te zijn dan de permeabiliteit van de omliggende grond.

Voor een geweven geotextiel wordt niet verwezen naar de permeabiliteit of permitiviteit maar wordt gekeken naar de POA (Percent Open Area) waarde voor de grond dichtheid en naar de AOS (Apparent Opening Size) waarde voor de waterdoorlaatbaarheid. Dit ligt niet in lijn met de huidige methodiek in Europa en wordt hierom niet verder behandeld.

Aangegeven wordt dat bij hoge druk of snel variërende drukken testen dienen te gebeuren om de vereisten voor het geotextiel te bepalen.

## 4.4 USBR

Het United States Bureau of Reclamation heeft een handleiding uitgegeven over geotextielen (U.S. Department of the interior Bureau of Reclamation, 2012). Voor de grond dichtheid van een geotextiel worden vereisten overgenomen uit Luettich *et al.* (1992). Deze zijn ook terug te vinden in het handboek Designing with Geosynthetics (Koerner, 2012). Deze richtlijnen worden vanuit handleiding U.S. Department of the interior Bureau of Reclamation (2012) overgenomen in Tabel 8. Voor ontwerp wordt aangeraden om de flowdiagrammen uit Luettich *et al.* (1992) en Koerner (2012) toe te passen.

Tabel 8 – Criteria grond dichtheid

| grondkarakteristiek                  | vereiste                            |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| $d_{20} < 0.002 \text{ mm}$          | $O_{95} < 0.21 \text{ mm}$          |
| $d_{20} > 0.002 \text{ mm}, C_u > 3$ | $O_{95} < 18 \cdot D_{50}/C_u$      |
| $d_{20} > 0.002 \text{ m} ; C_u < 3$ | $O_{95} < 2 \cdot C_u \cdot D_{50}$ |

De uniformiteitscoëfficiënt van de grond  $C_u$  wordt berekend als:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (13)$$

Met:

- $O_{95}$  Karakteristieke openingsmaat die door 90% van de openingen onderschreden wordt. [m]
- $D_{50}$  Karakteristieke korrelgrootte die door 50% van de korrels onderschreden wordt.
- $C_u$  Uniformiteitscoëfficiënt. [-]
- $D_{60}$  Karakteristieke korrelgrootte die door 60% van de korrels onderschreden wordt. [m]
- $D_{10}$  Karakteristieke korrelgrootte die door 10% van de korrels onderschreden wordt. [m]

Aanbevolen wordt om geen grote veiligheidsfactor toe te passen ten opzichte van de  $O_{95}$  waarde omdat het risico op verstopping dan vergroot.

In de USBR handleiding wordt aangegeven dat om drukopbouw te vermijden de doorlaatbaarheid van het geotextiel significant hoger dient te zijn dan de doorlaatbaarheid van de ondergrond. De doorlaatbaarheid van geotextiel dient minimum 2 x en bij voorkeur 4 x of meer de doorlaatbaarheidscoëfficiënt van de ondergrond te bedragen. Een factor 10 á 20 zou in de meeste gevallen niet onredelijk zijn. Uit Giroud(2010) volgt dat wanneer de doorlaatbaarheid van het geotextiel (na vormen van brugwerking) minstens 10 keer zo doorlatend is dan de ondergrond, het geotextiel geen significante belemmering vormt. De permeabiliteit van het geotextiel wordt bepaald door middel van:

$$k_{gtx} > c_m \cdot k_b \quad (14)$$

Met:

- $k_{gtx}$  Permeabiliteit geotextiel loodrecht op het vlak [m/s]
- $c_m$  Veiligheidsfactor [-]
- $k_b$  Permeabiliteit ondergrond [m/s]

Voor de doorlatendheid bevat de USBR richtlijn een uitgebreide literatuurstudie:

In het verleden werd veelal een veiligheidsfactor  $c_m$  tussen 10 en 100 aanbevolen (Loudiere *et al.*, 1983), (Christopher & Fischer., 1991). De vorige versie van de USBR handleiding raadde een waarde 10 aan voor niet-kritische structuren en een waarde veel hoger dan 10 voor kritische structuren. In Frankrijk wordt een minimum waarde 100 aanbevolen (Degoutte & Fry., 2002). Veel ontwerpboeken voor geotextielen raden nog steeds een minimum waarde van 10 aan, alhoewel deze eigenlijk te laag is, ook voor niet-kritische structuren. Door de formatie van filter cake (brugwerking) zal de permeabiliteit nog verlagen. Voor geweven geotextielen wordt weinig effect opgemerkt van samendrukken. Voor niet-geweven geotextielen kan de doorlaatbaarheid verminderen met een factor 2 tot 8 bij bedekking onder ca. 50 m dichtgepakte grond (Carroll, 1987). Op basis hiervan wordt een waarde 40 aanbevolen voor niet-kritische structuren en een minimum waarde van 100 voor kritische structuren. Voor studies zonder grondonderzoek of situaties waarbij dichtslibben verwacht wordt, wordt een factor boven 100 aanbevolen.

Bij niet-geweven geotextielen wordt opgemerkt dat de permeabiliteit varieert met de dikte (en dus belasting). In Tabel 9 worden typische waarden gegeven voor permitiviteit en permeabiliteit van geotextielen.

Tabel 9 – Typische waarden voor permitiviteit en permeabiliteit voor geotextielen

| Type geotextiel                   | Permitiviteit ( $s^{-1}$ ) | permeabiliteit $k_g$ [m/s]  |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Woven monofilament <sup>[1]</sup> | 1.5 – 0.05                 | $10^{-1} - 10^{-5}$         |
| Woven slit film <sup>[2]</sup>    | 1 – 0.01                   | $10^{-4} - 10^{-5}$         |
| Nonwoven needle-punched           | 5.5 – 0.7                  | $10^{-2} - 10^{-4}$         |
| Nonwoven heat-bonded              | 0.8 – 0.2                  | $10^{-3} - 5 \cdot 10^{-5}$ |

(U.S. Department of the interior Bureau of Reclamation, 2012).

<sup>[1]</sup> Een geweven monofilament geotextiel bestaat uit draden met ronde sectie.

<sup>[2]</sup> Een slit film betreft een geweven geotextiel met tapes/bandjes

## 4.5 Bevraging waterwegbeheerders

In kader van deze studie werd een bevraging uitgevoerd bij de Vlaamse Waterweg Regio West en Regio Oost, de Vlaamse Milieu Maatschappij en Service Public de Wallonie.

Uit deze bevraging volgde dat de PTV829 de standaard referentie is voor geotextiel doch dat deze niet bij alle projectingenieurs gekend is. Ook wordt opgemerkt dat op aangeven van de aannemer af en toe overgegaan wordt naar een niet type 6 geotextiel. Dit voornamelijk omdat de huidige type 6 geotextielen, door het ontbreken van ingeweven lussen, niet toegepast kunnen worden voor zinkstukken. Bij dijken wordt opgemerkt dat van de aangevoerde grond de korrelverdeling niet gekend is waardoor het niet mogelijk is om de karakteristieke openingsmaat op te leggen.

Met uitzondering van het niet beschikbaar zijn van een type 6 geotextiel voor zinkstukken werden geen problemen opgemerkt, zowel niet naar uitspoeling (dichtheid) als drukopbouw (waterdoorlaatbaarheid).

Uit de analyse van de commercieel beschikbare geotextielen uit hoofdstuk 5 volgt dat met voorgaande versie van de PTV829 (versie 4.0) er slechts twee type 6 geotextielen beschikbaar zijn, beide met een karakteristieke openingsmaat die van toepassing is voor een zanderige ondergrond. Het is niet duidelijk hoe hiermee omgegaan wordt bij cohesieve gronden.

Met betrekking tot zinkstukken wordt nog aangegeven dat er een onzekerheid is over de beste aanpak om twee naastliggende geotextielen te verbinden (boven of onder water, alsook wat betreft de methode van verbinden).

## 5 Vergelijking criteria met commercieel beschikbare geotextielen

In dit hoofdstuk worden de vereisten voor een type 6 geotextiel uit de PTV829 vergeleken met de karakteristieken van commercieel beschikbare geotextielen. Daarnaast worden deze ook vergeleken met de vereisten voor de eenvoudige methode uit de Nederlandse Ontwerprichtlijn voor Geotextiel onder steenbekledingen (zie paragraaf 4.2.1).

Voor deze analyse werd door COPRO een Excel ter beschikking gesteld van Xperta met hierin de testresultaten van de BENOR-gecertificeerde geotextielen. Deze Excel bevatte de info van alle BENOR-gecertificeerde geotextielen en dus niet enkel van de geotextielen die voldeden aan de criteria voor een type 6 geotextiel op basis van voorgaande versie van PTV829. Deze Excel werd geanonimiseerd en vervolgens werden de geotextielen die voldeden aan de vereisten voor sterkte, rek en perforatieweerstand voor een type 6 geotextiel (zie tabel 1) weerhouden. Uit deze weerhouden lijst was het niet mogelijk om af te leiden of een geotextiel geweven of niet-geweven was. Hierom wordt een onderscheid gemaakt tussen geotextielen met een nominale dikte kleiner dan 1.5 mm en geotextielen met een nominale dikte groter dan 1.5 mm.

Bijkomend werden ook de online beschikbare datasheets van twee niet BENOR-gecertificeerde geotextielproducenten meegenomen.

Op deze lijst geotextielen werd terug een filtering uitgevoerd zodat alleen de geotextielen die voldoen aan de sterkte, rek en perforatievereisten voor een type 6 geotextiel weerhouden werden. Bemerk dat bij de door COPRO aangeleverde resultaten zowel de nominale waarde als de onder- en bovengrens werd opgegeven. Analooq met de PTV829 werd voor de beoordeling van sterkte, rek, perforatieweerstand, doorlatendheid en karakteristieke openingsmaat de meest conservatieve waarde van de testresultaten gehanteerd. Bemerk dat het niet duidelijk is welke waarde (ondergrens, bovengrens of nominale waarde) in de technische datasheet opgegeven wordt. Om deze reden kan geen vergelijking gemaakt worden tussen de performantie van de BENOR-gecertificeerde geotextielen en de online beschikbare datasheets. Voor het doel van deze analyse een vergelijking op hoofdlijnen tussen de performantie van commercieel beschikbare geotextielen en de voorgeschreven criteria is de eventuele afwijking niet significant .

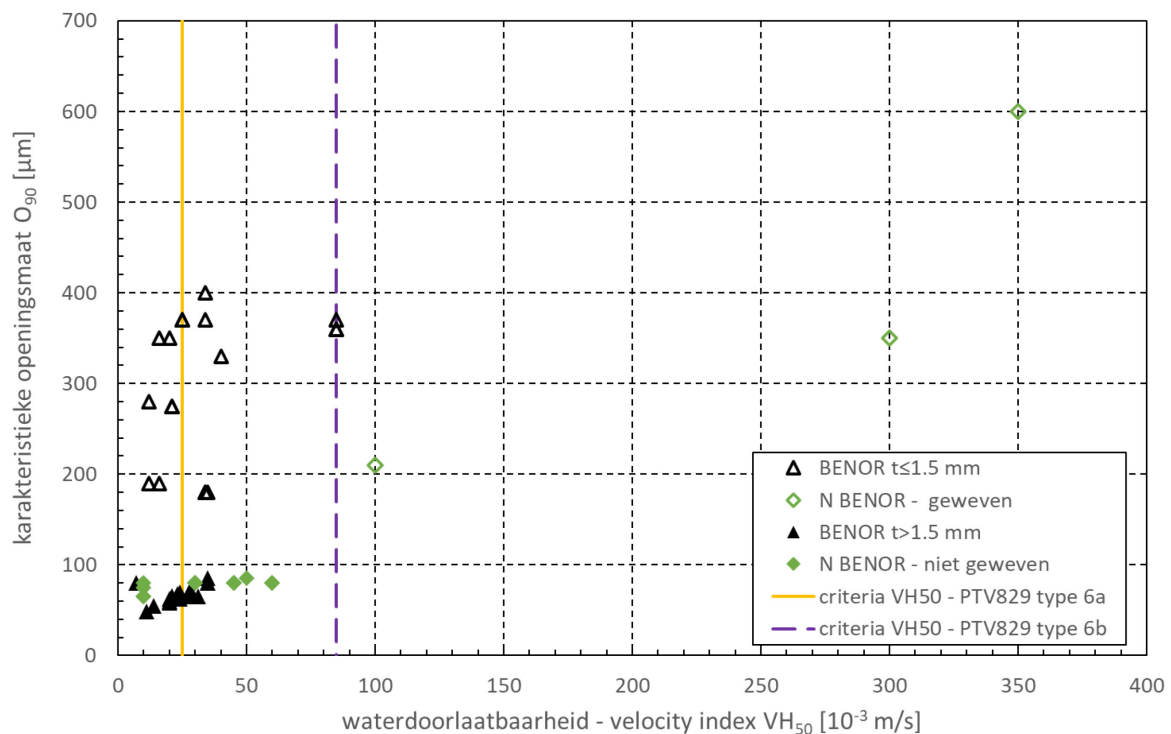
Voor de grond dichtheid van deze geotextielen wordt steeds de  $O_{90}$  waarde opgegeven. Voor de doorlatendheid wordt de velocity index opgegeven. Aangezien uit hoofdstuk 4 volgt dat voor het beoordelen van de doorlatendheid van een geotextiel de permeabiliteit en/of permitiviteit beter geschikt zijn wordt de analyse ook voor deze waarden uitgevoerd. Bemerk dat het opgeven van de dikte geen verplichting is voor de certificering en dus ook niet terug te vinden is in de productsheets. In de door COPRO doorgestuurde datasheet wordt de niet-gecertificeerde dikte weergegeven. Wanneer in de online beschikbare datasheets geen dikte opgegeven werd voor geweven geotextielen werd een dikte 1.0 mm aangenomen.

In Figuur 2 wordt voor de weerhouden geotextielen de karakteristieke openingsmaat uitgedrukt ten opzichte van de velocity index. Hierbij wordt ook de velocity index voor een type 6a (geotextiel voor cohesieve gronden) en de velocity index voor een type 6b (geotextiel voor niet-cohesieve gronden) gegeven. Bemerk dat er een duidelijk onderscheid waar te nemen is tussen geweven en niet-geweven geotextielen. De geweven geotextielen worden gekenmerkt door een merkelijk grotere karakteristieke openingsmaat (180  $\mu\text{m}$  tot 600  $\mu\text{m}$ ) ten opzichte van de niet-geweven geotextielen (50  $\mu\text{m}$  tot 85  $\mu\text{m}$ ). Hieruit volgt dat voor gronden met een  $D_{90}$  waarde kleiner dan 90  $\mu\text{m}$  ( $=O_{90}/2$ ) enkel niet-geweven geotextielen voldoen aan het criterium voor de karakteristieke openingsmaat. Indien uitgegaan wordt van het strengere criterium uit de Nederlandse literatuur voor dynamische belasting zijn voor gronden met een  $D_{90}$  waarde kleiner dan 180  $\mu\text{m}$  ( $=O_{90}$ ) enkel niet-geweven geotextielen toegelaten. Zowel voor de niet-geweven als voor de geweven geotextielen is er geen duidelijk waarneembare relatie tussen de karakteristieke openingsmaat en

de doorlatendheid van het geotextiel. Dit met uitzondering van de drie beschouwde geweven niet BENOR-gecertificeerde geotextielen. Bemerk dat deze drie geotextielen geweven zijn uit monofilamenten. Deze geotextielen hebben in verhouding tot de geweven geotextielen uit afgeplatte tapes een betere waterdoorlaatbaarheid.

Aan de vereisten voor de waterdoorlatendheid voor een type 6b geotextiel voldoen twee BENOR-gecertificeerde geotextielen en drie niet-BENOR-gecertificeerde geotextielen. Dit betreffen alle geweven geotextielen. De minimale karakteristieke openingsmaat bedraagt 360  $\mu\text{m}$  voor de BENOR-gecertificeerde geotextielen en 210  $\mu\text{m}$  voor de niet COPRO gecertificeerde geotextielen. Bij toepassen van het criterium voor de grond dichtheid uit de PTV829 komt dit overeen met een korrelgrootte D90 gelijk aan 180  $\mu\text{m}$  of groter voor de BENOR-gecertificeerde geotextielen en een korrelgrootte D90 gelijk aan 105  $\mu\text{m}$  of groter voor de niet-BENOR-gecertificeerde geotextielen. Uit Tabel 2 volgt dat dit overeenkomt met een (fijn)zand.

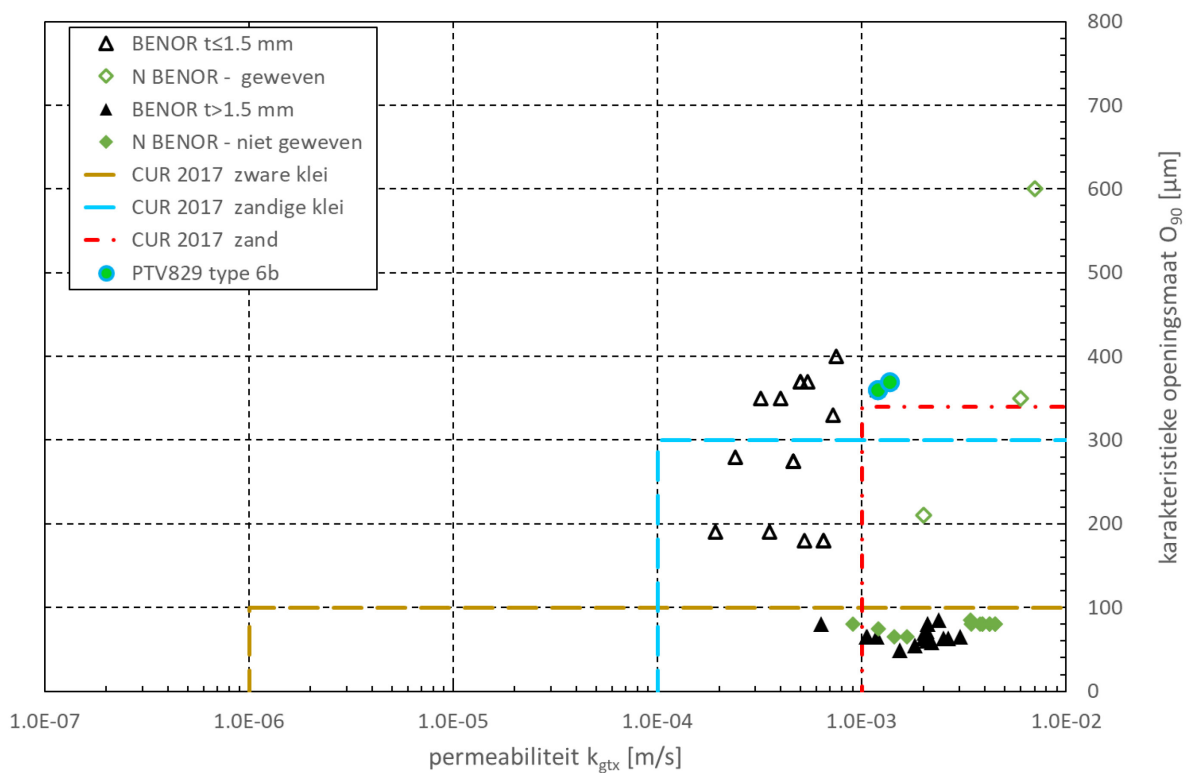
Voor cohesieve gronden wordt een geotextiel type 6a voorgesteld met een velocity index gelijk aan  $25 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  of hoger. Hierbij zijn geweven geotextielen met een karakteristieke openingsmaat tussen 180  $\mu\text{m}$  en 400  $\mu\text{m}$  beschikbaar. Bij toepassen van de vereiste karakteristieke openingsmaat voor een type 6a is er een geweven geotextiel beschikbaar voor een D90 tussen 90  $\mu\text{m}$  en 200  $\mu\text{m}$  en hoger. Voor fijnere materialen zal een niet-geweven geotextiel gekozen moeten worden.



Figuur 2 – Karakteristieke openingsmaat in functie van waterdoorlatendheid (vh50) voor commercieel beschikbare geotextielen

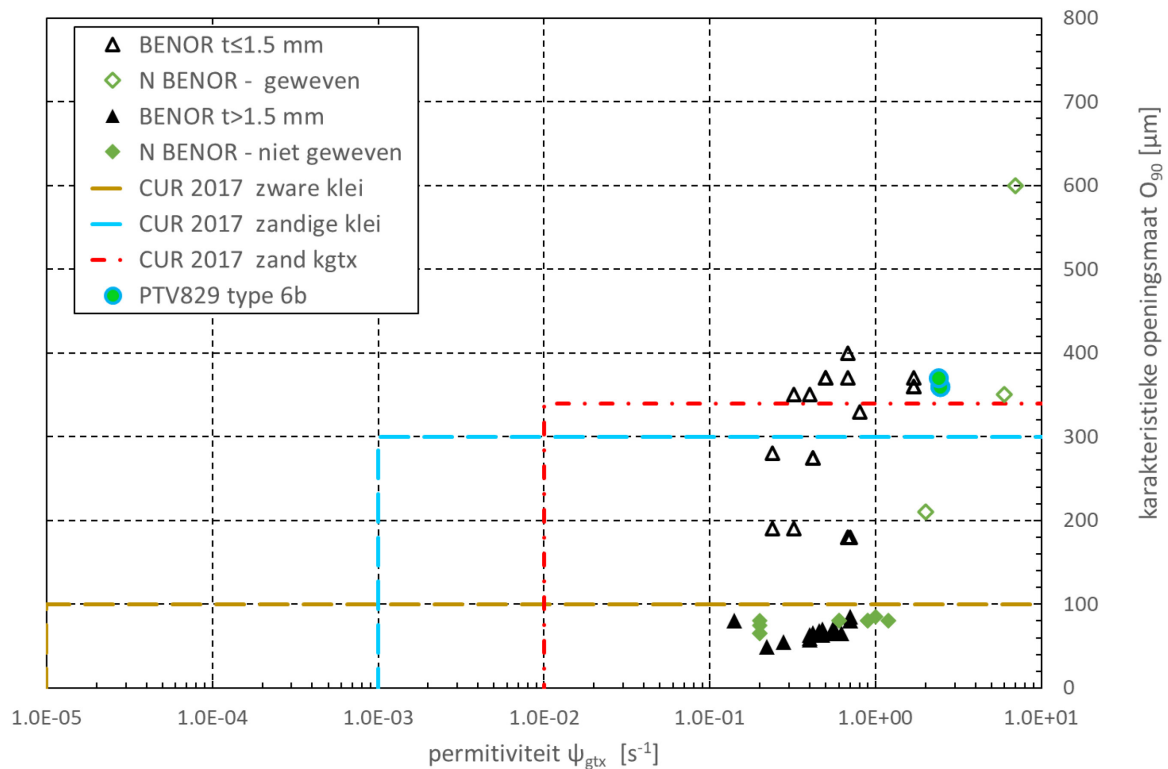
De karakteristieke openingsmaat in functie van de permeabiliteit wordt gegeven in Figuur 3. Bemerk uit hoofdstuk 3 dat de exponent bepalend is voor het karakteriseren van de permeabiliteit van de grond. Hierom wordt gekozen om voor de permeabiliteit een logaritmische schaalverdeling te gebruiken. In deze figuur wordt ook de uit 'ontwerp van geotextielen onder een steenbekleding' (van den Thoorn & Jonker, 2017) maximale karakteristieke openingsmaat en minimale permeabiliteit voor zware klei, zandige klei en zand bij stationaire belasting overgenomen. Deze vereisten worden aangeduid met CUR2017. Bemerk dat een geotextiel voldoet aan de vereisten indien de karakteristieke openingsmaat kleiner is dan de vereiste

karacteristieke openingsmaat en tegelijkertijd de permeabiliteit hoger is dan de vereist permeabiliteit. Dit komt in de figuur overeen met het gedeelte rechts onder de streeplijnen in de figuur. In de figuur valt op dat de permeabiliteit horende bij een type6b geotextiel overeenkomt met een zandgrond. De karakteristieke openingsmaat van de twee geotextielen ligt hierbij net iets hoger dan de in CUR opgegeven richtlijn voor zandgronden. Doordat de permeabiliteit een maat is voor het relatieve verval (ten opzichte van de dikte) scoren de, dikkere, niet-geweven geotextielen hier merkelijk beter dan bij de velocity index. Uit de vergelijking van de beschikbare geotextielen ten opzichte van de CUR2017 richtlijnen volgt dat voor geweven geotextielen slechts enkele voldoen aan de vereisten voor zandgronden, voor zandige klei gronden voldoet een groot aantal geweven geotextielen aan de vereisten. Voor zware klei is de permeabiliteit geen issue maar wel de karakteristieke openingsmaat. Hier voldoen enkel niet-geweven geotextielen. De niet-geweven geotextielen zijn zowel geschikt voor zware klei, zandige klei als voor zandgronden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze eenvoudige analyse geen rekening houdt met de afname van de doorlatendheid ten gevolge van samendrukking en verstopping, twee punten waarvoor veelal niet-geweven geotextielen gevoeliger zijn.



Figuur 3 – Karakteristieke openingsmaat in functie van permeabiliteit ( $k_{gtx}$ ) voor commercieel beschikbare geotextielen

In Figuur 4 wordt de karakteristieke openingsmaat vergeleken met de uit de velocity index berekende permitiviteit. In deze figuur wordt ook de uit 'ontwerp van geotextielen onder een steenbekleding' maximale openingsmaat en permitiviteit voor zware klei, zandige klei en zand bij stationaire belasting overgenomen. Deze vereisten worden aangeduid met CUR2017. Bemerk dat uit de analyse volgt dat alle geotextielen voldoen aan de opgelegde vereisten voor permitiviteit.



Figuur 4— Analyse bestaande geotextielen – karakteristieke openingsmaat vs. permitiviteit

## 6 Conclusies

Geotextielen worden bij waterwerken toegepast als filter om gronduitspoeling onder een erosiebescherming te voorkomen. Voor dergelijke geotextielen verwijst het Standaardbestek 260 naar een zogenaamd type 6 geotextiel uit de door COPRO uitgegeven PTV829. In kader hiervan nemen Xperta afdelingen Waterbouwkundige Laboratorium en Geotechniek deel aan de sectorale commissie met betrekking tot deze PTV.

In versie 4.0 van deze PTV829 werd door Xperta opgemerkt dat voor de grond dichtheid een vereiste opgegeven werd in functie van de ondergrond terwijl voor de waterdoorlatendheid een vereiste opgegeven werd die onafhankelijk was van de ondergrond. Bij de in de literatuur gegeven bepalingen voor een geotextiel wordt een geotextiel zowel ontworpen in relatie tot de korrelverdeling van de ondergrond als in relatie tot waterdoorlatendheid van de ondergrond. In kader hiervan heeft afdeling Waterbouwkundig Laboratorium samen met afdeling Geotechniek een studie opgestart.

Voor grond dichtheid wordt in de Nederlandse en Duitse literatuur een onderscheid gemaakt tussen het stromingstype: stationair, dynamisch met al dan niet een aanliggend geotextiel. Volgend op dit onderscheid wordt een criterium opgegeven dat rekening houdt met de korrelverdeling op basis van meerdere karakteristieke korrelgroottes. Ook de USBR richtlijn hanteert een criterium voor de karakteristieke openingsmaat in functie van meerdere karakteristieke korrelgroottes van de ondergrond. De in de PTV829 gehanteerde vereiste voor de karakteristieke openingsmaat betreft een eenvoudige vereiste op basis van één karakteristieke korrelgrootte (de D90 waarde) die van toepassing is voor stationaire stroming bij een stabiele grond.

Voor de doorlatendheid wordt in de literatuur steeds een vereiste opgelegd in functie van de ondergrond. Dit gebeurt aan de hand van de permeabiliteit of aan de hand van de permitiviteit. Doordat volgens de Europese EN richtlijn de waterdoorlatendheid van een geotextiel gekwantificeerd dient te worden door middel van de velocity index bij een verval 0.05 m dient steeds de omrekening gemaakt te worden. Algemeen wordt gesteld dat het geotextiel doorlatender dient te zijn dan de ondergrond. Omwille van het risico op verstopping wordt hierop een veiligheidsfactor toegepast. Deze bedraagt 5 tot 100. In de Nederlandse literatuur wordt aanbevolen om een veiligheidsfactor 100 toe te passen voor cohesieve gronden en een veiligheidsfactor 10 voor niet-cohesieve gronden. In de USBR richtlijn wordt een waarde 40 aanbevolen voor niet-kritische structuren en een waarde 100 voor kritische structuren. De recente Nederlandse richtlijn voor een geotextiel onder een steenbekleding geeft ook een criterium op basis van de permitiviteit. Uit een analyse volgt dat, voor een geweven geotextiel, de vereiste voor de doorlatendheid op basis van permeabiliteit aanzienlijk conservatiever is dan de vereiste voor de doorlatendheid op basis van permitiviteit. De nieuwe versie van de PTV829 maakt voor een type 6 geotextiel een onderscheid tussen cohesieve en niet-cohesieve gronden, dit betreft een vereenvoudiging van de in Nederland gehanteerde vereiste voor de doorlatendheid in functie van grondtype.

Voor geotextielen waarbij de doorlatendheid wijzigt onder belasting bestaat een ASTM proef waarbij de permitiviteit onder drie verschillende drukken opgemeten wordt. Bemerkt dat dit voornamelijk van toepassing is voor niet-geweven geotextielen. Een equivalente EN proef bestaat vooralsnog niet. Wel bestaat er een genormeerde ASTM en DIN proef. Voor niet-geweven geotextielen dient ook opgemerkt te worden dat deze gevoeliger kunnen zijn voor verstopping.

Uit de rondvraag bij de Vlaamse Waterweg wordt opgemerkt dat voor zinkstukken volgens PTV829 versie 4.0 geen type 6 geotextiel beschikbaar was. Met uitzondering van het niet beschikbaar zijn van een type 6 geotextiel voor zinkstukken werden geen problemen opgemerkt, zowel niet naar uitspoeling (grond dichtheid) als drukopbouw (waterdoorlaatbaarheid). Uit de analyse van de commercieel beschikbare geotextielen volgt dat met voorgaande versie van de PTV829 (versie 4.0) er slechts twee type 6 geotextielen

beschikbaar zijn, beide met een karakteristieke openingsmaat die van toepassing is voor een zanderige ondergrond. Het is niet duidelijk hoe hiermee omgegaan werd bij cohesieve gronden.

In een tweede fase van de studie werd onderzocht wat de relatie is tussen de karakteristieke openingsmaat en de waterdoorlatendheid van het geotextiel. Hiervoor werd door COPRO aan WL een lijst bezorgd met de testresultaten van alle BENOR-gecertificeerde geotextielen. Hiernaast werden nog de online beschikbare datasheets van twee niet-BENOR-gecertificeerde geotextielen verzameld. Van beide lijsten werden enkel de geotextielen die voldoen aan de vereisten voor een type 6 geotextiel, met uitzondering van de vereiste voor waterdoorlaatbaarheid, weerhouden. De lijst werd hierop nog eens onderverdeeld in geweven en niet-geweven geotextielen. Vervolgens werd hierop een analyse uitgevoerd. Uit deze analyse volgde dat slechts vijf van de beschouwde geotextielen voldeden aan het type 6 geotextiel op basis van voorgaande versie van de PTV829. De bijhorende karakteristieke openingsmaat hoort hierbij bij een zandgrond. Dit bevestigt de nood aan de doorgevoerde onderverdeling in een type 6a geotextiel voor cohesieve gronden en een type 6b geotextiel voor niet-cohesieve ondergronden. Type 6b, gekenmerkt door een minimum velocity index  $85 \cdot 10^{-3}$  m/s, stemt hierbij overeen met het vroegere type 6 geotextiel. Bijkomend werd een type 6a gedefinieerd voor cohesieve gronden. Het type 6a heeft een minimum waarde  $25 \cdot 10^{-3}$  m/s voor de velocity index wat ca. 3 lager is dan het type 6b.

De Nederlandse ontwerprichtlijn voor een geotextiel onder een steenbekleding beschrijft een eenvoudige ontwerpmethodologie op basis van het type ondergrond (zware klei, zandige klei, zand, grind). Hierbij worden typische waarden voor korrelgrootte en doorlatendheid aangenomen waarmee vervolgens de karakteristieke openingsmaat en permeabiliteit en permitiviteit bepaald wordt. Wanneer de waarden horende bij een stationaire belasting vergeleken worden met beschouwde geotextielen volgt dat het type 6b geotextiel van toepassing is voor een zandgrond. Voor een zand en een zandige klei komen zowel geweven als niet-geweven geotextielen in aanmerking op vlak van karakteristieke openingsmaat en permeabiliteit. Voor een zware klei komen op vlak van karakteristieke openingsmaat enkel niet-geweven geotextielen in aanmerking. Voor de opgegeven criteria voor de permitiviteit wordt opgemerkt dat alle beschouwde geotextielen hieraan voldoen.

Voor gronden met een D90 waarde kleiner dan  $90 \mu\text{m}$  wordt opgemerkt dat enkel niet-geweven geotextielen een voldoende kleine karakteristieke openingsmaat hebben. In Vlaanderen worden momenteel voornamelijk geweven geotextielen toegepast onder erosiebescherming. In het Verenigd Koninkrijk, Nederland en Duitsland worden ook niet-geweven geotextielen toegepast.

Met betrekking tot de karakteristieke openingsmaat wordt opgemerkt dat de PTV829 voor een type 6 geotextiel een vereenvoudigd criterium hanteert voor een stabiele belastingconditie. Bij toepassingen waar getijde, golven of schroefstraalwerking optreden dient de belasting echter als dynamisch beschouwd te worden. Ook werd opgemerkt dat niettegenstaande tot op heden slechts beperkte aandacht besteed werd aan de karakteristieke openingsmaat uit de beperkte rondvraag bij de waterwegbeheerders er geen problemen met ontgroning doorheen een geotextiel aan het licht zijn gekomen.

Bij hanteren van de PTV829 dient de gebruiker er zich van bewust te zijn dat dit algemene criteria betreffen. Voor specifieke situaties kan detail ontwerp nodig zijn. Bijvoorbeeld:

- bij optreden van dynamische stroming (golf, getijwerking, schroefstraalwerking) wordt aanbevolen om de strengere criteria uit de literatuur te gebruiken.
- wanneer de doorlatendheid belangrijk is, dient opgelegd te worden dat de permeabiliteit van het geotextiel een veiligheidsfactor keer hoger is dan de permeabiliteit van de ondergrond.
- Indien de aanleg speciale vereisten stelt aan treksterkte, rek en/of perforatieweerstand (bv. bij zinkstukken en bestorting).
- ....

Hiernaast wordt opgemerkt dat de uitgevoerde studie beperkt werd tot de vereisten voor de karakteristieke openingsmaat en waterdoorlaatbaarheid. Aanbevolen wordt om in een vervolgtraject ook de vereisten voor treksterkte, rek en perforatieweerstand en duurzaamheid te bekijken.

## 7 Referenties

- ASTM.** (1998). Standard Test Method for Permittivity of Geotextiles Under Load 1 D5493 – 06 93 (*Reapproved*): 1–5. doi:10.1520/D5493-06.2
- ASTM.** (2017). Standard Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity D4491/D4491M – 17. *ASTM Int. i*: 1–8. doi:10.1520/D4491
- Beem, R.C.A.; Boogaard, A.; Glerum, A.; de Graaf, M.A.; Henneberque, S.D.; Hiddinga, P.H.; Kranenburg, D.; van der Meer, M.T.J.; Nagtegaal, G.; Van der Paverd, M.; Smink, L.M.C.; Vrijburcht, A.; Weijers, J.** (2000). *Ontwerp van schutsluizen: deel 2*. Bouwdienst Rijkswaterstaat: Utrecht. ISBN 90-369-3306-4
- Carroll, R.G.** (1987). Hydraulic properties of geotextiles. *Pap. Fluet, J.E., Jr. (editor), Geotextile Test. Des. Eng. ASTM Spec. Tech. Publ. 952*: 7–20
- Christopher, B.R.; Fischer, G.R.** (1991). Geotextile filtration principles, practices, and problems, *in*: (1991). *Proceedings of the 5th GRI seminar on the topic of Geosynthetics in Filtration, Drainage, and Erosion Control*, 12–13: Philadelphia, Pennsylvania. pp.1–17
- COPRO vzw.** (2018). PTV 829 TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN VOOR GEOTEXTIEL: EISEN Versie 4.0 van 2018-05-04: Zellik. 61 pp.
- COPRO vzw.** (2020). PTV 829 TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN VOOR GEOTEXTIEL: EISEN Versie 5.0 NL van 2020-10-23 32(2): 1–8. Available at: <http://www.adverterenbijsbs.nl/wp-content/uploads/2007/10/Technische-Voorschriften-Televisiecommercials-1-1-2012.pdf>
- CUR 174.** (2009). *Geokunststoffen in de waterbouw*. tweede herziene uitgave. CUR: Gouda
- Degoutte, G.; Fry, J.J.** (2002). Geotextiles in Dams, feedback, *in*: (2002). *Technical Symposium on Geotextiles and Geomembranes in dams, held on behalf of CFG and FCOLD*. pp.29
- Departement Mobiliteit & Openbare Werken.** (2018). Standaardbestek 260 voor kunstwerken en Waterbouw versie 2.0. 1481 pp.
- Derpatments of the army and the air force.** (1995). Departments of the army and the air force. *Engineering*. ISBN UFC 3-220-08FA (*July*)
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.** (2007). DIN 60500-4 Geotextiles and geotextile related products – Part 4: Determination of permeability normal to the plane under load at constant hydraulic water head. pp.10
- Federal Waterway and Engineering Research Institute (Bundesanstalt für Wasserbau -BAW).** (1993). Code of Practice Use of Geotextile Filters on Waterways ( MAG ). 42 pp.
- Giroud, J.P.** (2010). Development of criteria for geotextile and granular filters. *9th Int. Conf. Geosynth.* ISBN 9788563456007: 23–27
- Haegeman, W.; Van Alboom, G.** (2016). Grondmechanica basisbegrippen Les4: 26 oktober 2016 basisbegrippen: korrelverdeling, consistentiegrenzen, volumemasse, doorlatendheid. 81 pp.

**Heibaum.** (2014). Rethinkin geotextile filter design Berlin: 10 IGC

**ISO 11058:2019.** (2019). Geotextiles and geotextile-related products - Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load

**ISO 12956:2019.** (2020). Geotextiles and geotextile-related products - Determination of the characteristic opening size

**Koerner, R.M.** (2012). Designing with Geosynthetics, Volumes 1 and 2, 6th edition (Xlibris Corporation, Ed.): U.S.A. ISBN No. 978-1-4628-8289-2

**Loudiere, D.; Fayoux, D.; Houis, J.; Perfetti, J.; Sotton., M.** (1983). The use of geotextiles in French earth dams. *Water Power Dam Constr.*

**Luetlich, S.M.; Giroud, J.P.; Bachus., R.C.** (1992). Geotextile filter design guide. *J. Geotext. Geomembranes*, 11(4–6): 355–370

**U.S. Department of the interior Bureau of Reclamation.** (2012). Embankment Dams. Chapter 19. Geotextiles. *Des. Stand. No. 13 Embankment Dams 4(13)*

**van den Thoorn, A.; Jonker, F.** (2017). Ontwerprichtlijn geotextielen onder steenbekleding. SBRCURnet: Delft. ISBN 978-90-5367-636-3

**Werkgroep bemalingen.** (2009). Richtlijnen bemalingen (*September*)

## Bijlage PTV 829 type 6

PTV829 Versie 4.0

**Tabel 6 : Vereisten**

| Eigenschap                             | Testmethode  | Eenheden                                              | Toepassing                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        |              | Belangrijkste functie(s) =>                           | Waterwerken (reservoirs en stuwdammen – EN 13254 en kanalen – EN 13255)                                                                                                                                                                                                                          |
|                                        |              |                                                       | Versterking en filtratie                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                        |              |                                                       | Type 6                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Treksterkte                            | EN ISO 10319 | kN/m                                                  | $\geq 25$                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Rek bij breuk                          | EN ISO 10319 | %                                                     | $\geq 10$                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Weerstand tegen perforatie (statisch)  | EN ISO 12236 | kN                                                    | $\geq 2,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Weerstand tegen perforatie (dynamisch) | EN ISO 13433 | mm                                                    | $\leq 13$                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Karakteristieke openingsmaat           | EN ISO 12956 | $\mu\text{m}$                                         | $O_{90}/d_{90} \leq 2$                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Waterdoorlaatbaarheid                  | EN ISO 11058 | $10^{-3} \text{ m/s}$<br>(= $\text{l/m}^2.\text{s}$ ) | $\geq 85$                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Waterdoorlaatbaarheid in het vlak      | EN ISO 12958 | $\text{m}^2/\text{s}$                                 | Informatie alleen op te geven voor combinatie met drainagetoepassingen. Zoals voorzien in EN ISO 12958 worden de resultaten (herleid naar 20 °C) opgegeven bij een samendrukking van 20, 100 en 200 kPa en bij een hydraulische gradiënt van 0,1 en 1,0. Er worden geen minimumwaarden opgelegd. |

Opmerking: Is de verkregen waarde voor  $O_{90}$  kleiner dan 63  $\mu\text{m}$ , dan worden geotextielen toegelaten met een  $O_{90}$  kleiner of gelijk aan 63  $\mu\text{m}$ .

PTV829 Versie 5.0

**Tabel 6 : Vereisten**

| Eigenschap                             | Testmethode  | Eenheden                                              | Toepassing                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                               |
|----------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                        |              |                                                       | Waterwerken (reservoirs en stuwdammen) – EN 13254 en Kanalen – EN 13255                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|                                        |              |                                                       | Ondergrond met lage doorlaatbaarheid – cohesieve gronden                                                                                                                                                                                                                                         | Ondergrond met hoge doorlaatbaarheid – niet-cohesieve gronden |
|                                        |              | Belangrijkste functie(s) =>                           | Versterking en filtratie                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                               |
|                                        |              |                                                       | Type 6a                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Type 6b                                                       |
| Treksterkte                            | EN ISO 10319 | kN/m                                                  | $\geq 25$                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\geq 25$                                                     |
| Rek bij breuk                          | EN ISO 10319 | %                                                     | $\geq 10$                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\geq 10$                                                     |
| Weerstand tegen perforatie (statisch)  | EN ISO 12236 | kN                                                    | $\geq 2,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\geq 2,5$                                                    |
| Weerstand tegen perforatie (dynamisch) | EN ISO 13433 | mm                                                    | $\leq 13$                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\leq 13$                                                     |
| Karakteristieke openingsmaat           | EN ISO 12956 | $\mu\text{m}$                                         | $O_{90}/d_{90} \leq 2$                                                                                                                                                                                                                                                                           | $O_{90}/d_{90} \leq 2$                                        |
| Waterdoorlaat-baarheid $V_{H50}$       | EN ISO 11058 | $10^{-3} \text{ m/s}$<br>(= $\text{l/m}^2.\text{s}$ ) | $\geq 25$                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\geq 85$                                                     |
| Waterdoorlaatbaar-heid in het vlak     | EN ISO 12958 | $\text{m}^2/\text{s}$                                 | Informatie alleen op te geven voor combinatie met drainagetoepassingen. Zoals voorzien in EN ISO 12958 worden de resultaten (herleid naar 20 °C) opgegeven bij een samendrukking van 20, 100 en 200 kPa en bij een hydraulische gradiënt van 0,1 en 1,0. Er worden geen minimumwaarden opgelegd. |                                                               |

Opmerking: Is de verkregen waarde voor  $O_{90}$  kleiner dan 63  $\mu\text{m}$ , dan worden geotextielen toegelaten met een  $O_{90}$  kleiner of gelijk aan 63  $\mu\text{m}$ .

Grondclassificatieregels (nominatief):

- Niet-cohesief: zand, grind en weinig kleihoudend/leemhoudend zand/grind;
- Cohesief: klei, leem en weinig zandhoudende klei/leem.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**  
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

**T** +32 (0)3 224 60 35

**F** +32 (0)3 224 60 36

[waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)