



**Waterdoorlatende verhardingen met
betonstraatstenen**



Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen

► Voorwoord

Deze brochure is opgesteld in het kader van de Technologische Dienstverlening *Waterdoorlatende bestratingen: een ecologische en duurzame verharding binnen het integraal waterbeleid*, met steun van IWT-Vlaanderen en in nauwe samenwerking met FEBESTRAL (vereniging van fabrikanten van straatstenen, -tegels en toebehoren) en FEBELCEM.

Leden van de werkgroep:

Anne Beeldens (OCW)
Frank Gendera (Ebema nv)
Luc Rens (FEBELCEM)
Thomas Van den Berghe (Stradus Infra)
Geert Van den Heyning (Bleijko nv)
Lieve Vijverman (FEBESTRAL)



► Inleiding

De grote toename van verharde oppervlakken heeft tot gevolg dat het hemelwater niet meer op een natuurlijke wijze in de ondergrond kan dringen. Grote hoeveelheden hemelwater moeten bijgevolg via rioleringen en waterlopen worden afgevoerd. Bij overvloedige regenval kunnen deze afvoersystemen de toevloed niet meer aan. Riooloverstorten treden in werking en beken, rivieren en straten stromen over.

Hemelwater laten infiltreren via waterdoorlatende betonstraatstenen biedt een oplossing voor deze waterproblematiek.

Waterdoorlatende betonstraatstenen laten het hemelwater immers ter plaatse infiltreren. Via de fundering wordt het water gebufferd en naar de ondergrond afgevoerd. Hierdoor worden enerzijds rioleringen ontlast. Anderzijds wordt tegelijk de steeds verder dalende grondwaterstand op peil gehouden.

Zij vormen dus een efficiënte oplossing, die bovendien tegemoetkomt aan een toenemend milieubewustzijn!

► Wat zijn waterdoorlatende betonstraatstenen?

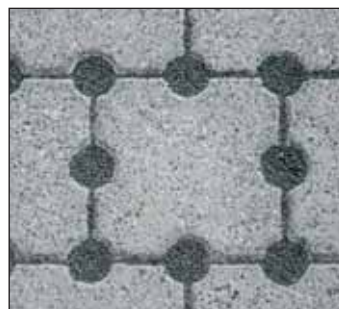
Algemeen kunnen waterdoorlatende betonstraatstenen in vier verschillende types worden ingedeeld.

1. Betonstraatstenen met verbrede voegen



Deze betonstraatstenen zijn aan de zij-kanten voorzien van brede nokken of afstandhouders, waardoor na het leggen brede voegen ontstaan. Langs deze voegen wordt het water naar de fundering en ondergrond afgevoerd. Voor dit type van steen volstaat het de nokken van een klassieke steen te verbreden totdat het vereiste voegen-aandeel bereikt wordt. Het **voegen-aandeel** dat met dit type van betonstraatsteen gecreëerd wordt, moet volgens de eis van de Technische Voorschriften PTV 122 **minimaal 10 %** bedragen. Om voldoende oppervlak-doorlatendheid te verkrijgen, dient de doorlatendheidscoëfficiënt van het voegvullingsmateriaal minimaal $5,4 \times 10^{-4}$ m/s te bedragen.

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen



2. Betonstraatstenen met drainageopeningen

Deze betonstraatstenen zijn door hun specifieke vormgeving ontworpen om water te laten infiltreren door de openingen die na het leggen ontstaan. Voor dit type van steen volstaat het aan één of meer zijden of centraal in de steen een opening in de klassieke rechthoekige of vierkante vorm uit te sparen. Het **drainageaandeel** dat met dit type van betonstraatsteen gecreëerd wordt, moet volgens de eis van de Technische Voorschriften PTV 122 **minimaal 10 %** bedragen. Ook hier dient de doorlatendheidscoëfficiënt van de voegvulling minimaal gelijk te zijn aan $5,4 \times 10^{-4}$ m/s.

Stenen met verbrede voegen en drainageopeningen beantwoorden voor de overige kenmerken zoals splijttreksterkte, maatafwijkingen, enz. aan dezelfde normen (NBN EN 1338 en NBN B21-311) als klassieke betonstraatstenen.

3. Poreuze betonstraatstenen

Deze betonstraatstenen zijn waterdoorlatend door een poreuze betonsamenstelling. Voor dit type van steen volstaat het de dichte betonsamenstelling van een klassieke steen te vervangen door een poreuze betonsamenstelling, zodat het vereiste infiltratievermogen bereikt wordt.

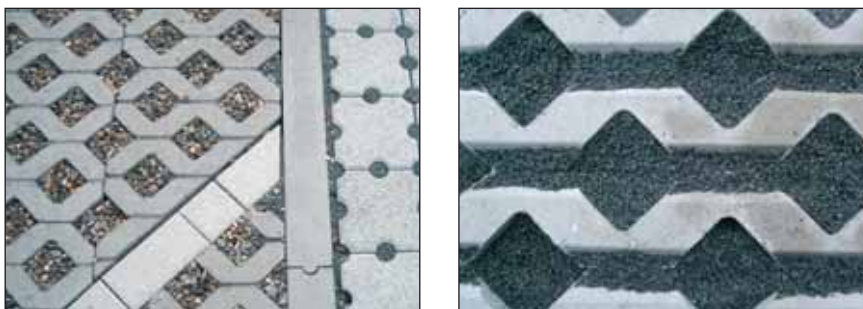


Het **infiltratievermogen** van dit type van betonstraatsteen dient volgens de eis van de Technische Voorschriften PTV 122 minimaal gemiddeld **5,4 x 10⁻⁵ m/s** te bedragen.

Poreuze betonstraatstenen bezitten door hun open structuur een lagere splijttreksterkte (> 2,5 MPa) dan klassieke betonstraatstenen (> 3,6 MPa), maar vormen wel een aaneensluitend oppervlak – wat de begaanbaarheid verbetert.

	Stenen met verbrede voegen / Stenen met drainageopeningen	Poreuze straatstenen
NORM	NBN EN1338 en NBN B21-311	PTV 122
SPLIJTTREKSTERKTE in N/mm ²	3,6	2,5
MAATAFWIJKINGEN in mm		
Lengte	± 2	± 2
Breedte	± 2	± 2
Hoogte	± 3 (bij hoogte < 10 cm) ± 4 (bij hoogte ≥ 10 cm)	± 3 (bij hoogte < 10 cm) ± 4 (bij hoogte ≥ 10 cm)
Max. WATEROPSLORPING in %	6,0	Niet van toepassing
Min. WATERDOORLATENDHEID in l/s/ha	Niet van toepassing	540 (5,4 x 10 ⁻⁵ m/s)
Oppervlakteopeningen of verbrede voegen in % (van de totale oppervlakte)	10 %	Niet van toepassing

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen



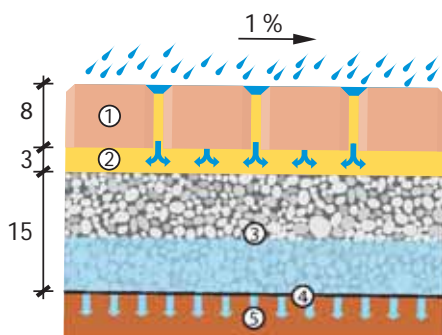
4. Grasbetontegels

Ook grasbetontegels kunnen als waterdoorlatende bestrating worden gebruikt, op voorwaarde dat ze op een doorlatende structuur worden aangebracht en dat de openingen met steenslag worden gevuld. Meer informatie over grasbetontegels is te vinden in de brochure "Grasbetontegels" van FEBESTRAL. De eisen voor grasbetontegels zijn weergegeven in PTV 121.

► Hoe werken waterdoorlatende bestratingen?

Het algemene werkingsprincipe van een waterdoorlatend verhardingssysteem met betonstraatstenen is als volgt.

1. Het hemelwater infiltreert via de waterdoorlatende betonstraatstenen, de voegvulling en de straatlaag naar de fundering. De straatstenen laten het water door en voorkomen zo afstroming aan het oppervlak.
2. Het hemelwater wordt bij voorkeur in de onderfundering gebufferd; de fundering dient als extra bufferreserve. De fundering moet de nodige draagkracht verschaffen voor het verkeer.
3. Het hemelwater infiltreert in de bodem, afhankelijk van hoe doorlatend deze is.
4. Het hemelwater dat niet in de bodem infiltreert, wordt via een knijpleiding vertraagd afgevoerd naar nabijgelegen sloten of infiltratiesystemen of naar het rioleringsstelsel.



1. Waterdoorlatende straatstenen
2. Straatlaag
3. Fundering
4. Niet-geweven geotextiel
5. Ondergrond

De minimale helling kan bij een waterdoorlatende bestrating worden beperkt tot 1 %, in tegenstelling tot een minimale helling van 2,5 % bij een klassieke bestrating. De maximale helling is bij voorkeur niet groter dan 5 %. Anders zou er te veel water van het oppervlak afstromen en zou er onvoldoende infiltratie zijn in de structuur. In dat geval is extra buffering (dikkere onderfundering) nodig ter hoogte van de laagste punten.

► Met welke regenbui wordt bij het ontwerp rekening gehouden?

Langdurige regenbuien met een geringe regenintensiteit van 80 l/s/ha (= 0,5 mm/min = 0,5 l/(m².min)) vertegenwoordigen in België ongeveer 93 % van de totale jaarlijkse neerslag. Niet deze minder hevige, langdurige buien leiden echter tot wateroverlast, maar wél de plotse, hevige regenbuien. De neerslaghoeveelheid en -intensiteit zijn dus in grote mate afhankelijk van de duur van de regenbui: een langdurige regenbui is meestal minder intens, terwijl kortere regenbuien een grotere intensiteit kunnen hebben.

Met deze grote neerslaghoeveelheid wordt rekening gehouden bij het ontwerp van waterdoorlatende bestratingen en de bepaling van het infiltratievermogen. Zo wordt gerekend met een regenbui van 10 min die eens in de dertig jaar voorkomt. Dit stemt volgens de neerslaggegevens van het KMI te Ukkel overeen met een neerslaghoogte van 16,3 mm¹. Het is duidelijk dat alle componenten van de totale structuur (ondergrond, onderfundering, fundering, straatlaag en betonstraatstenen) aan een bepaalde waterdoorlatendheidseis moeten voldoen.

Ervaring heeft echter aangetoond dat een goed ontwerp ook de mogelijkheid biedt om meerdere opeenvolgende regenbuien op te nemen, waardoor het risico op afstroming van oppervlaktewater zeer beperkt is.

Het infiltratievermogen van water wordt aangegeven met een **waterdoorlatendheidscoëfficiënt** of **doorlatendheidsfactor k**. De doorlatendheidsfactor k – uitgedrukt in m/s – is het watervolume dat per tijdseenheid door een eenheidsoppervlak stroomt.

Alle componenten van het totale waterdoorlatende bestratingssysteem bezitten een minimale doorlatendheidsfactor k gelijk aan $5,4 \times 10^{-5}$ m/s om een regenbui van 270 l/s/ha te laten infiltreren, rekening houdend met een veiligheidsfactor 2. Deze veiligheidsfactor ondervangt een afname van de doorlatendheid in de tijd en mogelijke luchtinluitsels.

¹ $16,3 \text{ mm}/10 \text{ min} = 0,00163 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2 = 1,63 \text{ l}/60 \text{ s}/\text{m}^2 = 0,02716 \text{ l}/\text{s}/\text{m}^2 = 270 \text{ l}/\text{s}/\text{ha} = 270 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{s}$.

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen

► Hoe wordt de doorlatendheid van de ondergrond bepaald?

De doorlatendheid van de ondergrond wordt bepaald aan de hand van de karakteristieken van de grond of door metingen in situ.

Naargelang van de *doorlatendheidsfactor* k onderscheidt men de volgende categorieën van grond:

zeer doorlatende grond	$k > 10^{-4}$ m/s
goed doorlatende grond	$10^{-4} > k > 10^{-6}$ m/s
matig tot slecht doorlatende grond	$10^{-6} > k > 10^{-8}$ m/s
nagenoeg ondoorlatende grond	$k < 10^{-8}$ m/s

Voor de verschillende grondsoorten kunnen de volgende doorlatendheidscoëfficiënten [m/s] worden aangenomen:

zand/grind	$10^{-3} - 10^{-5}$ m/s
lemig zand	$10^{-4} - 10^{-7}$ m/s
zandig leem	$10^{-5} - 10^{-8}$ m/s
leem	$10^{-6} - 10^{-9}$ m/s
klei	$10^{-9} - 10^{-11}$ m/s

Er bestaan verschillende methoden om de doorlatendheid in situ te bepalen, zoals de "open-end test". Bij deze methode wordt een waterkolom met een constante hoogte van 1 m op de grond aangebracht. Uit een continue meting van het aangevoerde water gedurende ten minste 20 minuten kan de doorlatendheid van de ondergrond worden bepaald.

Een eenvoudigere, maar minder nauwkeurige proef is de "putmethode". Hierbij wordt een put van 50 cm x 50 cm gegraven, ongeveer 50 cm diep. Op de bodem wordt een dunne laag steenslag aangebracht. Vervolgens wordt 5 l water opgegoten en de tijd gemeten waarin dit water in de bodem verdwijnt. De proef wordt minimaal drie keer herhaald. De doorlatendheid is dan gelijk aan:

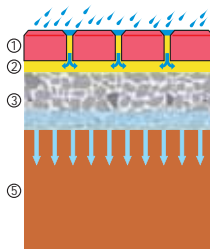
Waterdoorlatendheid [m/s] = Hoeveelheid water [l] / tijd [s] / oppervlakte van de put [m²] / 1000



► Hoe wordt het water ondergronds afgevoerd?

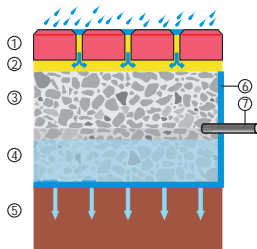
Bij voorkeur infiltreert het water in de bodem. Als de bodem onvoldoende doorlatend is, wordt in een bijkomend drainagesysteem voorzien. Dit moet voor een vertraagde afvoer zorgen, zodat de buffering steeds in de onderfundering plaatsvindt en dus stroomafwaarts geen overlast veroorzaakt wordt.

Men onderscheidt vier gevallen voor de doorlatendheid van de grond:



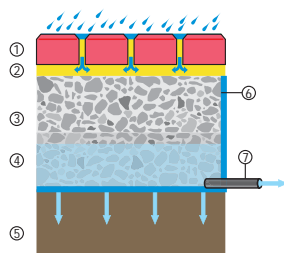
Geval 1: zeer doorlatende grond

Al het water infiltreert onmiddellijk in de grond. Een onderfundering is hierbij niet nodig, evenmin als extra drainage.



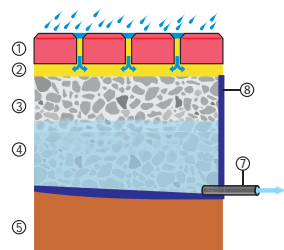
Geval 2: goed doorlatende grond

Het water infiltreert grotendeels na buffering in de onderfundering. Op de overgang tussen fundering en onderfundering wordt een afvoerinrichting aangebracht, zodat er geen water lang in de fundering blijft.



Geval 3: matig tot slecht doorlatende grond

Het water infiltreert slechts zeer beperkt in de grond. Het overige water wordt gebufferd in de onderfundering en afgevoerd via een drainage-inrichting. Deze leidt via een knijpleiding, die de afvoer vertraagt, naar nabijgelegen sloten, infiltratievoorzieningen of regenwaterriolen. De waterdoorlatende structuur zal hier voornamelijk als buffersysteem dienst doen.



Geval 4: geen infiltratie toegestaan

Op het baanbed en rondom de constructie wordt een ondoorlatend membraan aangebracht. De vertraagde afvoer gebeurt onder in de structuur. Daar wordt een helling van minimaal 2,5 % gerealiseerd, zodat al het water kan worden afgevoerd. De buffering vindt nog steeds in de onderfundering plaats.

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1. Waterdoorlatende straatstenen | 5. Ondergrond |
| 2. Straatlaag | 6. Niet-geweven geotextiel |
| 3. Fundering | 7. Afvoerbuis met knijpleiding |
| 4. Onderfundering | 8. Waterondoorlatend membraan |

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen

Waterdoorlatende bestratingen zorgen dus niet enkel voor infiltratie, maar ook voor buffering en vertraagde afvoer in geval van minder en slecht doorlatende grondsoorten.

Dankzij een vertraagde afvoer, gerealiseerd door bijvoorbeeld een knijpleiding, gebeurt de buffering in de structuur zelf en hoeft bijgevolg niet in extra buffercapaciteit voor de waterdoorlatende verharding te worden voorzien. De uitstroom van de knijpleiding wordt bij voorkeur naar een open infiltratiesloot, gracht, een infiltratiebekken, een wadi of een RWA (regenwaterafvoer) afgevoerd.

De grootte van de knijpleiding is afhankelijk van het debiet dat naar de stroomafwaartse voorzieningen wordt toegelaten. In Vlaanderen wordt dit voor privétoepassingen vastgelegd door de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening inzake hemelwaterputten, infiltratie- en buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afval- en hemelwater (2007). Hierin wordt een maximumwaarde van 1 500 l/uur/100 m² (40 l/s/ha) aangenomen.

► Hoe worden de fundering en onderfundering ontworpen?

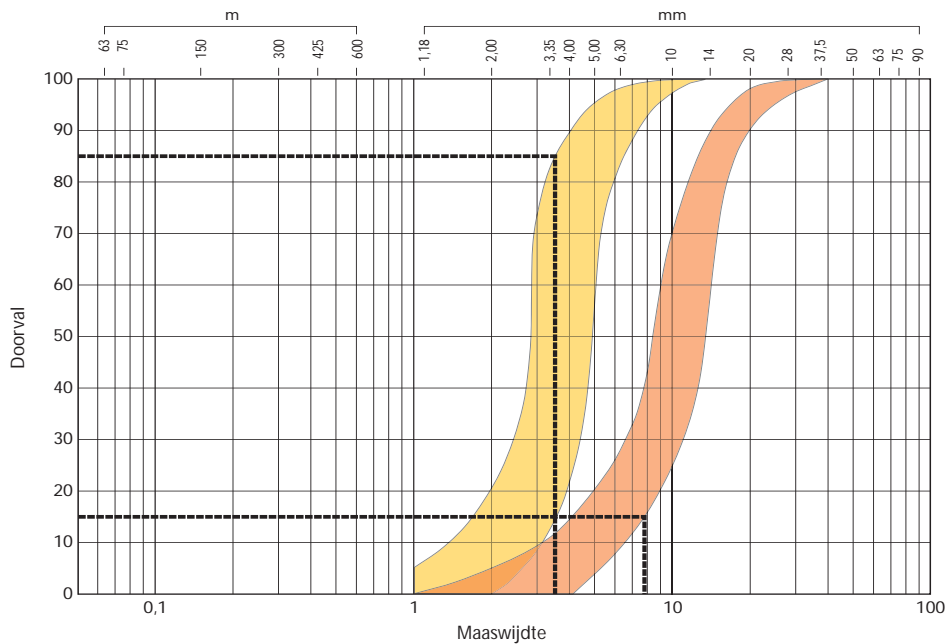
Voor de dimensionering van waterdoorlatende structuren dient rekening te worden gehouden met het verkeer en het type van ondergrond. De verkeersbelasting zal de dikte en het materiaal van de fundering bepalen, en het type van ondergrond de dikte van de onderfundering – rekening houdend met de nodige vorstbescherming van de grond en de nodige buffercapaciteit.

Categorie	Type van verkeer			Fundering	
	Voetgangers, fietsers, bromfietzers	Lichte voertuigen (< 3,5 t)	Zware voertuigen (> 3,5 t)	Drainerend schraal beton	Ongebonden steenslag
I	Onbeperkt	Beperkt tot 5 000 per dag	Beperkt tot 400 per dag	-	-
II	Onbeperkt	Beperkt tot 5 000 per dag	Beperkt tot 100 per dag	20 cm	35 cm
III	Onbeperkt	Beperkt tot 500 per dag	Beperkt tot 20 per dag	15 cm	25 cm
IV	Onbeperkt	Occasioneel	Geen	-	15 cm

Aan de materialen worden de volgende eisen gesteld:



- drainerend schraal beton (volgens de standaardbestekken SB 250, TB 2000, RW 99):
 - minimale gemiddelde druksterkte: 13 N/mm^2 ;
 - verzadigde doorlatendheidscoëfficiënt, in het laboratorium bepaald op kernen uit de fundering: $\text{min. } 4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$;
- ongebonden steenslagfundering met continue korrelverdeling, bijvoorbeeld 0/32:
 - fractie fijn materiaal ($< 63 \mu\text{m}$) beperkt tot 3 %;
 - de zandfractie dient steeds gewassen te zijn;
 - fractie 0/2 mm beperkt tot 25 %;
- een discontinue korrelverdeling wordt afgeraden. Mogelijk kan wel worden geopteerd voor een continue korrelverdeling 2/20 of 2/32. De kleinste diameter wordt bij voorkeur niet groter dan 2 mm genomen, om een goede verdichting te verkrijgen;
- filterstabiliteit: D_{15} onderliggende laag/ D_{85} bovenliggende laag ≤ 5 , waarbij D_{15} en D_{85} de maaswijdten zijn die overeenstemmen met respectievelijk 15 % en 85 % doorval. Voor het voorbeeld in onderstaande figuur geeft dit:
 - D_{15} fundering = 8,00 mm – D_{85} straatlaag = 3,7 mm;
 - $8,00/3,7 = 2,16 < 5$? Filterstabiliteit is ok.



Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen

De onderfundering heeft een dubbele functie. Enerzijds levert zij de bijkomende buffercapaciteit die de structuur, afhankelijk van de mogelijke infiltratiesnelheid, nodig heeft; anderzijds beschermt zij de grond tegen de inwerking van vorst. Beide functies gaan veelal samen: een weinig of niet doorlatende ondergrond, zoals een kleigrond, is tevens zeer gevoelig voor de inwerking van vorst.

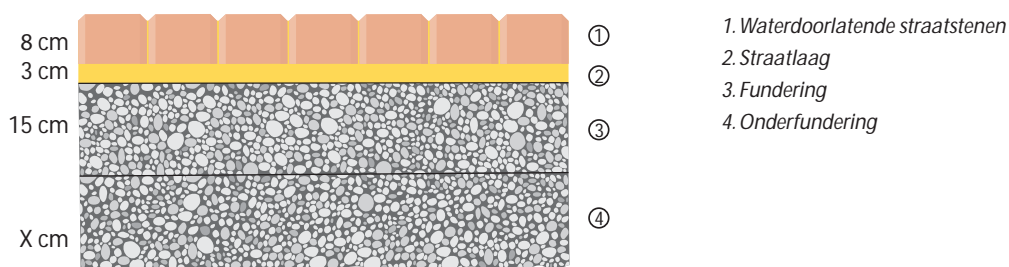
De buffercapaciteit wordt bepaald door de toegankelijke holle ruimte in het verdichte steenslag van de onderfundering. De nodige buffercapaciteit is afhankelijk van de verwachte regenval en in het optimale geval ook van de verwachte opeenvolgende regens, en van het doorvoerdebiet en de terugkeerperiode voor overloop.

De nodige buffercapaciteit kan worden bepaald door uit te gaan van de eisen van de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening inzake hemelwaterputten, infiltratie- en buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afval- en hemelwater, of aan de hand van KMI-gegevens over regenintensiteit. Afhankelijk van de kans dat de overloop in werking treedt en van de uitstroom onder in de structuur en de infiltratie in de ondergrond, zal een bepaald buffervolume nodig zijn om opeenvolgende regens op te vangen.

Eis buffercapaciteit volgens gewestelijke Stedenbouwkundige verordening:

bij afvoer die door een begrenzer vertraagd wordt, bedraagt de minimaal vereiste buffercapaciteit $400 \text{ l}/20 \text{ m}^2 = 20 \text{ l}/\text{m}^2$.

Opbouw:



De minimumdikte voor de onderfundering wordt bepaald uitgaande van de porositeit van de granulaten (23 % voor een korrelmaat 0/32 met beperkte hoeveelheid fijn materiaal) en een veiligheidsfactor 1,5 om rekening te houden met luchtinsluitels. De minimumdikte is dan gelijk aan:

$$\text{nodig buffervolume}/\text{porositeit} \times 1,5 = 20 \times 10^{-3} \text{ m}/0,23 \times 1,5 = 0,130 \text{ m}$$

Als rekening gehouden wordt met de opeenvolging van regens en de snelheid van uitstroming – hetzij door infiltratie in de ondergrond, hetzij door middel van een afvoerbegrenzer of door een combinatie van beide –, evenals de inwerkingtreding van de overloop (betekent hier: water in de fundering), zijn grotere buffervolumes noodzakelijk. Deze zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Ledigingsdebiet	Terugkeerperiode overloop			
	2 jaar	5 jaar	10 jaar	20 jaar
30 l/s/ha			180 m ³ /ha	240 m ³ /ha
25 l/s/ha		160 m ³ /ha	200 m ³ /ha	240 m ³ /ha
20 l/s/ha	120 m ³ /ha	170 m ³ /ha	210 m ³ /ha	260 m ³ /ha
15 l/s/ha	140 m ³ /ha	190 m ³ /ha	240 m ³ /ha	290 m ³ /ha
10 l/s/ha	160 m ³ /ha	220 m ³ /ha	270 m ³ /ha	330 m ³ /ha
5 l/s/ha	210 m ³ /ha	280 m ³ /ha	340 m ³ /ha	410 m ³ /ha

Als voorbeeld worden de structuren berekend als functie van de verschillende bodems:

- zeer doorlatende zandbodem: infiltratiedebiet (= ledigingsdebiet) 1 000 l/s/ha (= 10^{-4} m/s). Hierbij is geen buffering nodig – de structuur bestaat uit een fundering die rechtstreeks op een zandgrond is aangebracht;
- goed doorlatende bodem: infiltratiedebiet tussen 10^{-6} m/s en 10^{-4} m/s, neem het infiltratiedebiet gelijk aan 10 l/s/ha (10^{-6} m/s). Voor een terugkeerperiode van twintig jaar is dan een buffer-volume gelijk aan 330 m³/ha of 33 mm nodig. De minimumdikte van de onderfundering is bijgevolg gelijk aan: $33/23\% \times 1,5 = 0,215$ m. De totale dikte van de structuur wordt dan $(8 + 3 + 15 + 21,5 =)$ 47,5 cm, wat kleiner is dan de dikte die nodig is om de ondergrond vorstvrij te houden;
- matig tot slecht doorlatende bodem: infiltratiedebiet kleiner dan 10^{-6} m/s. Het totale ledigingsdebiet zal in dit geval gelijk zijn aan het infiltratiedebiet in de bodem plus het lozingsdebiet via de afvoerbegrenzer.

Bij voorkeur gebeurt de buffering onder in de structuur, aangezien de invloed op de draagkracht dan zeer beperkt blijft.

Het type van fundering en onderfundering wordt onafhankelijk van het type van waterdoorlatende bestrating gekozen.

► Waaraan dient de straatlaag te voldoen?



Bij de keuze van het type van straatlaag dient rekening te worden gehouden met de volgende eisen:

- waterdoorlatendheid: deze dient minimaal gelijk te zijn aan $5,4 \times 10^{-5}$ m/s;
- filterstabiliteit: de straatlaag mag niet in de onderliggende funderingslaag verdwijnen (zie vorige paragraaf);
- weerstand tegen vergruizing: vorming van fijn materiaal onder verkeersbelastingen dient vermeden te worden.

De dikte van de straatlaag bedraagt 3 cm na verdichting. Bij een goede filterstabiliteit tussen de straatlaag en de fundering zal fijn straatlaagmateriaal niet door de grovere fundering heen wegspoelen en dus geen verzakking veroorzaken.

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen

Net als bij de fundering zijn de waterdoorlatendheid en het draagvermogen van belang.

Voorbeelden:

- porfier 0/6,3 aandeel < 0,063 mm is max. 3 %;
- gebroken zand 0/4 of 0/6,3;
- gebroken steenslag 1/3 – 2/4 - 2/5,6 – 2/6,3.

De kwaliteit van de granulaten voor de straatlaag is eveneens belangrijk. De granulaten dienen minstens tot categorie Ab te behoren, of tot categorie 3 (voor Vlaanderen) volgens PTV 411 (2008). Dit houdt in dat de LA² (Los Angelescoëfficiënt) niet groter mag zijn dan 20 en de MDW³ (micro-Devalcoëfficiënt) niet groter dan 15. Granulaten 2/4 mm of 2/6,3 mm dienen te behoren tot categorie Ab II f4.

► Welk voegvullingsmateriaal moet worden gebruikt?

Na de keuze van het geschikte type van waterdoorlatende betonstraatsteen, de dimensionering, het type van fundering en het juiste straatlaagmateriaal is de keuze van het voegmateriaal een laatste bepalende factor in opbouw van een waterdoorlatende bestrating.

1. Poreuze betonstraatstenen



De voegvulling van poreuze betonstraatstenen vereist een specifieke aanpak: de voegen die met dit type van doorlatende betonstraatsteen ontstaan, zijn niet groter dan bij klassieke betonstraatstenen en over het algemeen 1 tot 2 mm breed.

Zij moeten worden gevuld met voegmateriaal 0,5/1 of 0,5/2 mm. Het ontbreken van de fractie 0/0,5 voorkomt dat het oppervlak van de poreuze betonstraatstenen reeds tijdens het invegen van het voegmateriaal verstopt raakt, zoals onvermijdelijk zou gebeuren met een klassieke voegvulling 0/2 mm (de fractie 0/0,5 mm zou het ruwe, doorlatende oppervlak van de poreuze steen verstoppen).

2. Waterdoorlatende stenen met verbrede voegen en drainageopeningen



Het voegenaandeel van deze twee types van waterdoorlatende stenen bedraagt volgens de eis van de Technische Voorschriften PTV 122 minimaal 10 % van de totale bestratingsoppervlakte.

Over het algemeen resulteert deze eis in voegbreedten van 10 mm. Deze worden gevuld met gebroken steenslag dat ook voor de straatlaag kan worden gebruikt, namelijk een korrelmaat 1/3 of 2/5 mm. Belangrijk hierbij is dat het voegmateriaal steeds filterstabiel is ten opzichte van de onderliggende straatlaag. Een fijnkorrelig voegmateriaal zoals 1/3 mm zou kunnen infiltreren in een grofkorreliger straatlaag van 2/5 mm. Dit zou gaandeweg resulteren in verdwijnen van voeg-

² LA – de Los Angelescoëfficiënt is een maat voor de weerstand tegen verbrijzeling van stenen. Voor zand wordt dit gemeten op het moedergesteente. De meting wordt uitgevoerd volgens NBN EN 1097-2.

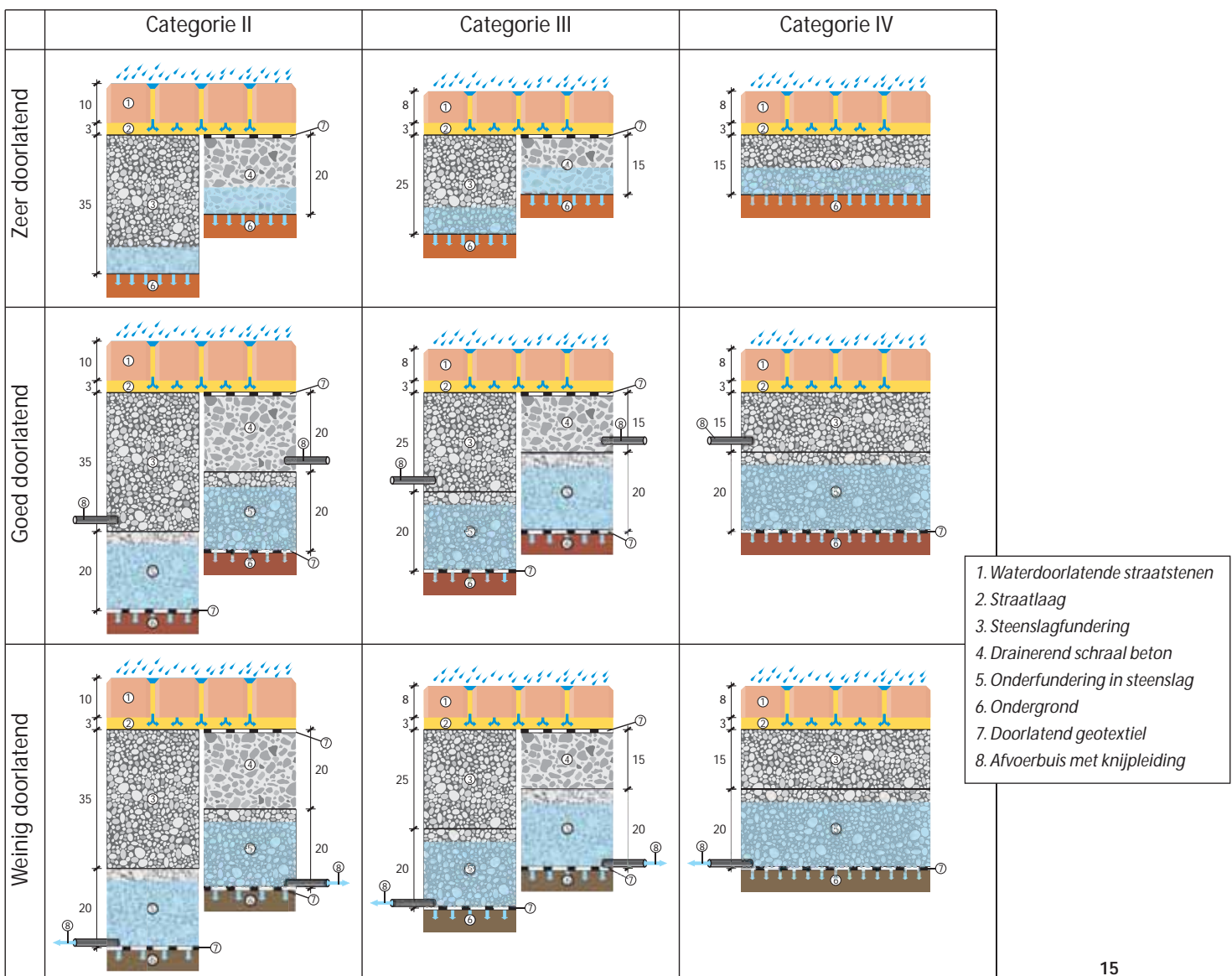
³ MDW – micro-Deval in aanwezigheid van water is een maat voor de weerstand tegen afslijting. De meting wordt uitgevoerd volgens NBN EN 1097-1.

materiaal en leiden tot destabilisatie van de bestrating. Als voor straatlaag en voeg eenzelfde korrelmaat wordt toegepast, is de filterstabiliteit steeds verzekerd.

Harde voegmaterialen zoals porfier, basalt en zandsteen verdienen de voorkeur boven zachte gesteenten zoals kalksteen, dolomiet en marmer. Te zachte materialen zullen immers na verloop van tijd ververen tot een fijnere korrelmaat met een groter stofaandeel, waardoor de waterdoorlatendheid en de filterstabiliteit zullen afnemen.

Het voegmateriaal voor toepassingen met straatstenen met verbrede voegen of drainage-openingen dient een minimale doorlatendheid van $5,4 \times 10^{-4}$ m/s te hebben, om een doorlatendheid van $5,4 \times 10^{-5}$ m/s voor het totale oppervlak te verkrijgen. Dit komt doordat het voegenaandeel slechts 10 % van de oppervlakte bedraagt. Een korrelmaat 1/3 of 2/5 mm voldoet hier ruimschoots aan.

► Praktische voorbeelden van opbouw



Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen

► Wat kan worden bespaard door gebruik te maken van waterdoorlatende structuren?

Bij de toepassing van waterdoorlatende structuren zijn in principe geen straatkolken meer nodig aan het oppervlak. Het water zal immers onmiddellijk door de stenen, voegen of openingen dringen en naar de onderliggende lagen worden afgevoerd. Extra veiligheid kan wel worden ingebouwd door iets lager gelegen groenzones in het ontwerp op te nemen. Bij grote hellingen (5 %) kan in de lager gelegen punten een extra voorziening worden toegepast om water af te voeren. Een meer gedetailleerde berekening van de buffering is hier noodzakelijk.

Als infiltratie in de grond mogelijk is, is geen extra drainage of buffervolume nodig. De waterdoorlatende structuur kan bijgevolg volledig autonoom op sterk doorlatende grond worden aangebracht, zonder verbinding naar andere buffer- of infiltratiesystemen.

Als de grond minder of niet doorlatend is, dient wel in drainage te worden voorzien. Deze dient echter geen rekening te houden met de buffering, waardoor alle buffervoorzieningen, die bij een klassieke ondoorlatende structuur nodig zouden zijn, weggelaten kunnen worden.

► Waar worden waterdoorlatende bestratingen toegepast?



- Op plaatsen waar het verkeer beperkt blijft, gezien het verminderde draagvermogen van de fundering (in waterverzadigde toestand). Dit zijn bijvoorbeeld (bedrijfs)parkings voor personenwagens, winkelcentra, woonstraten, parkeerplaatsen, pleinen en wandelstraten, fiets- en voetpaden, opritten en terrassen.
- Niet op winplaatsen voor grondwater, tenzij specifieke maatregelen ter bescherming van de ondergrond worden getroffen.
- Liefst niet in zones waar veelvuldig dooizouten worden gebruikt, om het grondwater niet te verontreinigen.

- Qua comfort zijn betonstraatstenen met verbrede voegen of met drainageopeningen minder geschikt voor voet- en fietspaden. Poreuze betonstraatstenen met kleine afschuining (of vlak) en met smalle voegen zijn hiervoor meer aangewezen.



► Waarop dient bij de uitvoering te worden gelet?

Alle aspecten die bij de klassieke verhardingen aan bod komen, zoals een goede verdichting van de materialen en een goede kwaliteit van de granulaten, dienen ook hier in acht te worden genomen. Aan het baanbed en de fundering worden dezelfde eisen gesteld.

Verdichting

De verdichting van materialen met een discontinue korrelopbouw vraagt meer aandacht dan bij continue materialen. Dit effect blijft echter beperkt als de minimale diameter gelijk is aan 2 mm of kleiner en de maximale diameter kleiner is dan 40 mm.

Verontreiniging

Er dient ervoor te worden gewaakt dat de funderingslaag en de straatlaag niet met fijn materiaal verontreinigd raken. Het is daarom af te raden dat de verschillende lagen bereiden worden door vervuilend bouwverkeer. Tevens moeten de geleverde materialen op een nette plaats worden opgeslagen, om vermenging met grond te vermijden.

► Hoe kan de uitvoering gecontroleerd worden?

Het is wenselijk dat in ieder stadium van de uitvoering een degelijke controle wordt uitgevoerd. Dit geldt zowel voor de kwaliteit van de geleverde materialen als voor het uitvoeringsproces. De doorlatendheid van de structuur is cruciaal. Draagkracht moet voor de verschillende lagen door een goede verdichting worden bereikt, en niet door fijn materiaal toe te voegen. Dit laatste brengt immers de waterdoorlatendheid in het gedrang.

De eisen aan de draagkracht, die bepaald wordt met een plaatbelastingsproef, zijn dezelfde als bij een klassieke wegoopbouw. De ondergrond, de onderfundering en de fundering moeten een samendrukbaarheidsmodulus van respectievelijk 17 MPa, 35 MPa en 110 MPa bezitten.

De doorlatendheid van ongebonden materialen kan op een benaderde manier worden beproefd. Hiertoe wordt een koker van 30 cm diameter met een geperforeerde bodem, 30 cm boven het oppervlak gehouden. In deze koker wordt in één keer 5 l water gegoten. Als de afdruk op het oppervlak veel groter is dan het oppervlak van de koker, voldoet het materiaal niet aan de gestelde eis.

Een nauwkeuriger controle is mogelijk met de dubbele-ringproef. Hierbij worden twee ringen op het oppervlak aangebracht. In beide ringen wordt water aangevoerd. Het water in de buitenste ring zorgt ervoor dat het water in de binnenste ring zo verticaal mogelijk uitloopt. De eigenlijke meting vindt in de binnenste ring plaats. Hier wordt een constant waterniveau aangehouden. Het debiet is dan een maat voor de doorlatendheid. Deze metingen worden minimaal gedurende 20 min uitgevoerd, zodat een idee van de verzadigde doorlatendheid wordt verkregen.

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen



De dubbele-ringproef wordt ook gebruikt om de doorlatendheid van het afgewerkte oppervlak na te gaan.

► Welk onderhoud dient te worden uitgevoerd?

In principe is het onderhoud bij waterdoorlatende bestratingen beperkt tot onkruidvrij-houden van het oppervlak. Onderzoek heeft aangetoond dat in de voegen van doorlatende bestratingen minder onkruid groeit dan bij klassieke bestratingen. Normaal gebruik van het oppervlak houdt dit onkruidvrij. Ook een goede vulling van de voegen en een goede verdichting kunnen leiden tot minder onkruidgroei. Het feit dat het water door de doorlatendheid niet in de voegen blijft staan, kan eveneens een gunstig effect hebben op het onkruidvrij-houden van het oppervlak.

Reiniging dient enkel te gebeuren wanneer zich een verstopping voordoet. Deze verstopping zal hoofdzakelijk in de bovenste centimeters aan het oppervlak optreden. Hierdoor is het mogelijk om met een veeginstallatie of onder hoge druk de bovenste centimeters van de voegen en poriën vrij te maken en zo opnieuw een goede doorlatendheid te verkrijgen. Bij stenen met verbrede voegen of drainageopeningen kan de voegvulling over de bovenste centimeters worden vervangen om de doorlatendheid te herstellen.

► Welke normen en technische voorschriften zijn van toepassing?

PTV 122 – Technische voorschriften voor waterdoorlatende betonstraatstenen en -tegels, uitgave 2, 2005

PTV 122 geeft een gedetailleerde beschrijving van het product en van de technische eisen zoals mechanische sterkte en waterdoorlatendheid, en beschrijft de meet- en beproevingsmethoden hiervoor. Waterdoorlatende betonstraatstenen kunnen worden gecertificeerd onder het BENOR-merk, het vrijwillige collectieve keurmerk van overeenkomstigheid met de PTV. De controle hiervan wordt beheerd door Probeton. De PTV blijven van kracht in afwachting van een Belgische norm (NBN) of een Europese norm (NBN EN).

Website: <http://qc.aoso.vlaanderen.be/nl/normes/index.html>

Algemene bestekken

SB 250 van de Vlaamse Overheid voor de wegenbouw – versie 2.1 vormt de basis voor de besteksteksten. Voor het Brusselse Gewest en Wallonië gelden respectievelijk TB 2000 en CCT RW99 (uitgave 2004). Momenteel komen waterdoorlatende bestratingen in deze bestekken weinig of niet aan bod. De nieuwe uitgaven van de drie standaardbestekken zullen afzonderlijke hoofdstukken bevatten voor de aanbrenging van waterdoorlatende straatstenen, met specifieke voorschriften voor voegvullingsmateriaal en straatlaag.

De volgende artikels kunnen voor waterdoorlatende bestratingen worden toegepast:

- waterdoorlatende betonstraatstenen als “materiaal”: SB 250 Hoofdstuk III-23.2.2 – TB 2000 Hoofdstuk C.21.2.4 – RW99 voorlopig geen verwijzing, maar in de nieuwe uitgave wordt dit C.29.8;
- fundering van drainerend schraal beton: SB 250 Hoofdstuk V-4.12 – TB 2000 Hoofdstuk E.4.5 – RW99 Hoofdstuk F.4.6;
- waterdoorlatende steenslagfunderingen: deze kunnen worden beschreven als “continue korrelverdelingen zonder toevoegsels” (SB 250 Hoofdstuk V-4.3 – TB 2000 Hoofdstuk E.4.2 – RW99 Hoofdstuk F.4.2.1.1), mits het aantal fijne bestanddelen beperkt wordt;
- onderfundering (buffering): SB 250 Hoofdstuk V.3.2 of 3.3 – TB 2000 Hoofdstuk E.3 – RW99 Hoofdstuk F.3. Er mag geen cement of kalk aan het materiaal voor de onderfundering worden toegevoegd.

Websites:

<http://wegen.vlaanderen.be/documenten/sb250/>

<http://routes.wallonie.be/entreprise/cctrw99/index.html>

Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen

Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening inzake hemelwaterputten, infiltratie- en buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afval- en hemelwater

Bestrijding van wateroverlast is niet enkel een opdracht voor de overheid, maar ook voor alle inwoners. Met zijn allen bouwen we immers steeds meer en blijven we verhardingen aanbrengen. Het nuttige gebruik van hemelwater op privaat domein is gereguleerd in de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater (d.d. 1/10/2004, gewijzigd op 23/6/2006 en aangevuld met de omzendbrief van minister Van Mechelen d.d.12/09/2007). Deze verordening is enkel van toepassing in Vlaanderen en legt wettelijke voorschriften vast met het oog op rationeel verbruik van hemelwater. Dit impliceert onder andere dat bij het verharderen van grondoppervlakken principieel moet worden voorzien in bijkomende infiltratie-, buffer- en afvoersystemen, zodat het hemelwater wordt hergebruikt, infiltreert of vertraagd wordt afgevoerd.

De verordening geldt echter niet voor verhardingen van waterdoorlatende betonstraatstenen (in combinatie met een waterdoorlatende opbouw). Voorwaarde is dat het water op het terrein blijft (dus geen straatkolken die het hemelwater eventueel via een rioleringsstelsel kunnen afvoeren).

Bij een verharding van klassieke betonstraatstenen wordt het aangelegde oppervlak in het kader van de verordening, en dus voor de berekening van infiltratiesystemen, slechts voor de helft in rekening gebracht.

Website: <http://www2.vlaanderen.be/ruimtelijk/Nwetgeving/uitvoeringsbesluiten/hemelwater.html>

Nuttige websites in België:
www.vlaamsbrabant.be
www.ruimtelijkeordering.be
www.febestral.be
www.ocw.be
www.innovatienetwerk.be/projects/1289

Nuttige websites internationaal:
www.paving.org.uk
www.sept.org
www.ICPI.org



A. Beeldens: a.beeldens@brrc.be; 02 766 03 46
 O. De Myttenaere: o.demyttenaere@brrc.be; 02 766 03 63
 S. Perez: s.perez@brrc.be; 02 766 03 90