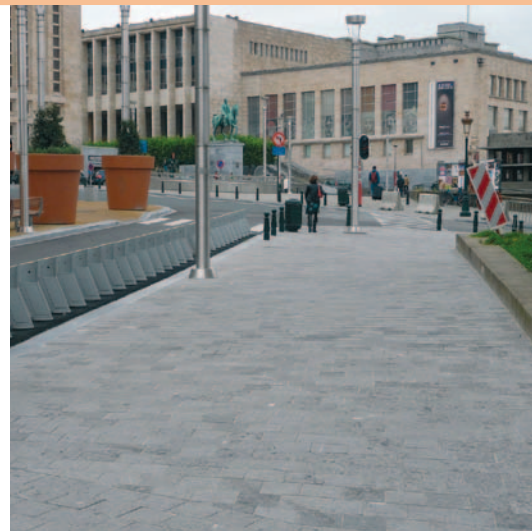


Verhardingen voor voetgangersvoorzieningen



Aanbevelingen voor het ontwerp,
de aanbrenging en het onderhoud



Het voetgangersvademecum van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest biedt technische ondersteuning voor de verbetering van voetgangersvoorzieningen. Het is bestemd voor alle actoren die verplaatsingen te voet in Brussel promoten.

De veiligheid, het comfort, de aantrekkelijkheid en de toegankelijkheid van voetgangersvoorzieningen worden in hoge mate bepaald door de kwaliteit van de verharding en de verlichting.

Die behoeften vormen dan ook het uitgangspunt voor de aanbevelingen in deze aflevering voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van verhardingen voor kwalitatieve voetgangersvoorzieningen.

Bij de keuze van de verharding verdienen de behoeften van de weggebruikers steeds voorrang.

De aanbevelingen voor verlichting worden door dezelfde auteur vanuit dezelfde benadering in een afzonderlijke aflevering van het voetgangersvademecum behandeld.

Tekst, vertaling en tekeningen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW)

Met medewerking van

Adriana Arias, Pierre-Jean Bertrand, Frédéric Chevalier, Eric Falier, Françoise Godart en Eric Monami van Mobiel Brussel, Francisco Guillan van het Bestuur Ruimtelijke Ordening en Huisvesting (BROH), Pierre Molter van Leefmilieu Brussel – BIM, Maud Sternotte van de MIVB, Jacques Evenepoel van het Kabinet van Minister Brigitte Grouwels en Arnaud Verstraete van het Kabinet van Staatssecretaris Bruno De Lille

Foto's

Mobiel Brussel, Leefmilieu Brussel (BIM), MIVB, EBEMA, asbl Gamah, ANLH-Cooparch en OCW

Grafische vormgeving

Dominique Boon

Deze brochure kan worden gedownload van www.ocw.be en www.mobielbrussel.irisnet.be

Disponibile en français
Verantwoordelijke uitgever: Jean-Claude Moureau (Mobiel Brussel)

Januari 2012

1- Inleiding	5
2- Gangbare verhardingsmaterialen voor voetgangersvoorzieningen – Beschrijving en algemene aanbevelingen	10
2.1 Elementenverhardingen	10
2.1.1 Betonstraatstenen en -tegels	11
2.1.1.1 Soorten van betonstraatstenen en -tegels	11
2.1.1.2 Opbouw van de constructie	11
2.1.1.3 Soorten van legverbanden	12
2.1.2 Straatkeien en natuursteentegels	13
2.1.2.1 Soorten van straatkeien en natuursteentegels	13
2.1.2.2 Soorten van natuursteen	15
2.1.2.3 Opbouw van de constructie	15
2.1.3 Waterdoorlatende betonstraatstenen	16
2.1.3.1 Grondbeginselen van een waterdoorlatend verhardingssysteem	16
2.1.3.2 Soorten van waterdoorlatende betonstraatstenen	16
2.1.3.3 Opbouw van de constructie	17
2.1.4 Kleiklinkers	18
2.1.4.1 Soorten van kleiklinkers	19
2.1.4.2 Opbouw van de constructie	19
2.2 Betonverhardingen	19
2.2.1 Betonsamenstelling	19
2.2.2 Opbouw van de constructie	20
2.2.3 Oppervlakafwerking	21
2.3 Bitumineuze verhardingen	21
2.3.1 Warm bereid asfalt	23
2.3.1.1 Soorten van warm bereid asfalt	23
2.3.1.2 Opbouw van de constructie	24
2.3.2 Gietasfalt	26
2.3.3 Oppervlakbehandelingen	27
2.3.3.1 Bestrijkingen	27
2.3.3.2 Slemlagen	28
2.4 Verhardingen voor groengebieden	28
2.4.1 Uitgewassen beton	29
2.4.2 Ecologisch asfalt	30
2.4.3 Ongebonden materialen	30
2.4.4 Hydraulisch gebonden materialen	30

2.5 Podotactiele elementen	31
2.5.1 Algemeen	31
2.5.2 Soorten van podotactiele elementen	32
2.5.2.1 Podotactiele betontegels	32
2.5.2.2 Soepele tegels	33
2.5.2.3 Podotactiele natuursteentegels	34
2.5.2.4 Koud opgelijmde podotactiele tegels	35
2.5.2.5 Warm opgekleefde podotactiele tegels	35
2.5.2.6 "Klinknagel"-markeringen	36
2.5.2.7 "Epoxy"-geleidelijn	37
2.5.3 Conclusie	38
3- Gebruikerseisen – Beschrijving, toetsing van de materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	39
3.1 Vlakheid	39
3.1.1 Gebruikerseisen	40
3.1.2 Voornaamste oorzaken van onvlakheid	40
3.1.3 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	41
3.1.3.1 Elementenverhardingen	41
3.1.3.2 Betonverhardingen	42
3.1.3.3 Bitumineuze verhardingen	42
3.1.3.4 Verhardingen voor groengebieden	44
3.2 Stabiliteit	44
3.2.1 Gebruikerseisen	44
3.2.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	45
3.2.2.1 Elementenverhardingen	45
3.2.2.2 Betonverhardingen	45
3.2.2.3 Bitumineuze verhardingen	46
3.2.2.4 Verhardingen voor groengebieden	47
3.3 Stroefheid	47
3.3.1 Gebruikerseisen	47
3.3.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	49
3.3.2.1 Elementenverhardingen	49
3.3.2.2 Betonverhardingen	49
3.3.2.3 Bitumineuze verhardingen	50
3.3.2.4 Verhardingen voor groengebieden	51
3.4 Obstakelvrij parcours	51
3.4.1 Gebruikerseisen	51
3.4.2 Algemene aanbevelingen volgens soort van obstakel	51
3.4.2.1 Overgangen tussen een looproute en de rijbaan aan een voetgangersoversteekplaats	51
3.4.2.2 Overgangen in het verhardingsoppervlak	55
3.4.2.3 Goten in of langs voetgangersvoorzieningen	56
3.4.2.4 Metalen roosters en deksels	56
3.4.2.5 Beschermzones aan bomen	57
3.4.2.6 Boomwortelgroei	58

3.4.3	<i>Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen</i>	59
3.4.3.1	<i>Elementenverhardingen</i>	59
3.4.3.2	<i>Betonverhardingen</i>	59
3.4.3.3	<i>Bitumineuze verhardingen</i>	59
3.4.3.4	<i>Verhardingen voor groengebieden</i>	61
3.5	Waterafvoer	61
3.5.1	<i>Gebruikerseisen</i>	61
3.5.2	<i>Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen</i>	62
3.5.2.1	<i>Elementenverhardingen</i>	62
3.5.2.2	<i>Betonverhardingen</i>	62
3.5.2.3	<i>Bitumineuze verhardingen</i>	62
3.5.2.4	<i>Verhardingen voor groengebieden</i>	63
3.6	Leesbaarheid en zichtbaarheid	64
3.6.1	<i>Gebruikerseisen</i>	64
3.6.2	<i>Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen</i>	65
3.6.2.1	<i>Elementenverhardingen</i>	65
3.6.2.2	<i>Betonverhardingen</i>	65
3.6.2.3	<i>Bitumineuze verhardingen</i>	65
3.6.2.4	<i>Verhardingen voor groengebieden</i>	66
3.7	Netheid	67
3.7.1	<i>Gebruikerseisen</i>	67
3.7.2	<i>Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen</i>	67
3.7.2.1	<i>Elementenverhardingen</i>	67
3.7.2.2	<i>Betonverhardingen</i>	68
3.7.2.3	<i>Bitumineuze verhardingen</i>	68
3.7.2.4	<i>Verhardingen voor groengebieden</i>	68
4	Criteria van de wegbeheerder – Beschrijving, toetsing van de materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	69
4.1	Duurzaamheid	69
4.1.1	<i>Eisen van de wegbeheerder</i>	69
4.1.2	<i>Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen</i>	70
4.1.2.1	<i>Elementenverhardingen</i>	70
4.1.2.2	<i>Betonverhardingen</i>	71
4.1.2.3	<i>Bitumineuze verhardingen</i>	71
4.1.2.4	<i>Verhardingen voor groengebieden</i>	72
4.2	Gezondheid van mens en milieu	72
4.2.1	<i>Eisen van de wegbeheerder</i>	72
4.2.2	<i>Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen</i>	73
4.2.2.1	<i>Elementenverhardingen</i>	73
4.2.2.2	<i>Betonverhardingen</i>	73
4.2.2.3	<i>Bitumineuze verhardingen</i>	74
4.2.2.4	<i>Verhardingen voor groengebieden</i>	75

4.3 Uitvoering	75
4.3.1 Eisen van de wegbeheerder	75
4.3.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	76
4.3.2.1 Elementenverhardingen	76
4.3.2.2 Betonverhardingen	77
4.3.2.3 Bitumineuze verhardingen	78
4.3.2.4 Verhardingen voor groengebieden	81
4.4 Onderhoud	82
4.4.1 Eisen van de wegbeheerder	82
4.4.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	83
4.4.2.1 Elementenverhardingen	83
4.4.2.2 Betonverhardingen	84
4.4.2.3 Bitumineuze verhardingen	84
4.4.2.4 Verhardingen voor groengebieden	85
4.5 Kostprijs	85
4.5.1 Eisen van de wegbeheerder	85
4.5.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	85
4.5.2.1 Elementenverhardingen	85
4.5.2.2 Betonverhardingen	86
4.5.2.3 Bitumineuze verhardingen	86
4.5.2.4 Verhardingen voor groengebieden	86
4.6 Ruimtelijke kwaliteit en regelgeving	87
4.6.1 Eisen van de wegbeheerder	87
4.6.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen	87
4.6.2.1 Elementenverhardingen	87
4.6.2.2 Betonverhardingen	87
4.6.2.3 Bitumineuze verhardingen	87
4.6.2.4 Verhardingen voor groengebieden	87
5- Terminologie	89
6- Overzichtstabel	94
7- Literatuur	100

1 - Inleiding

Voetgangspotentieel in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest

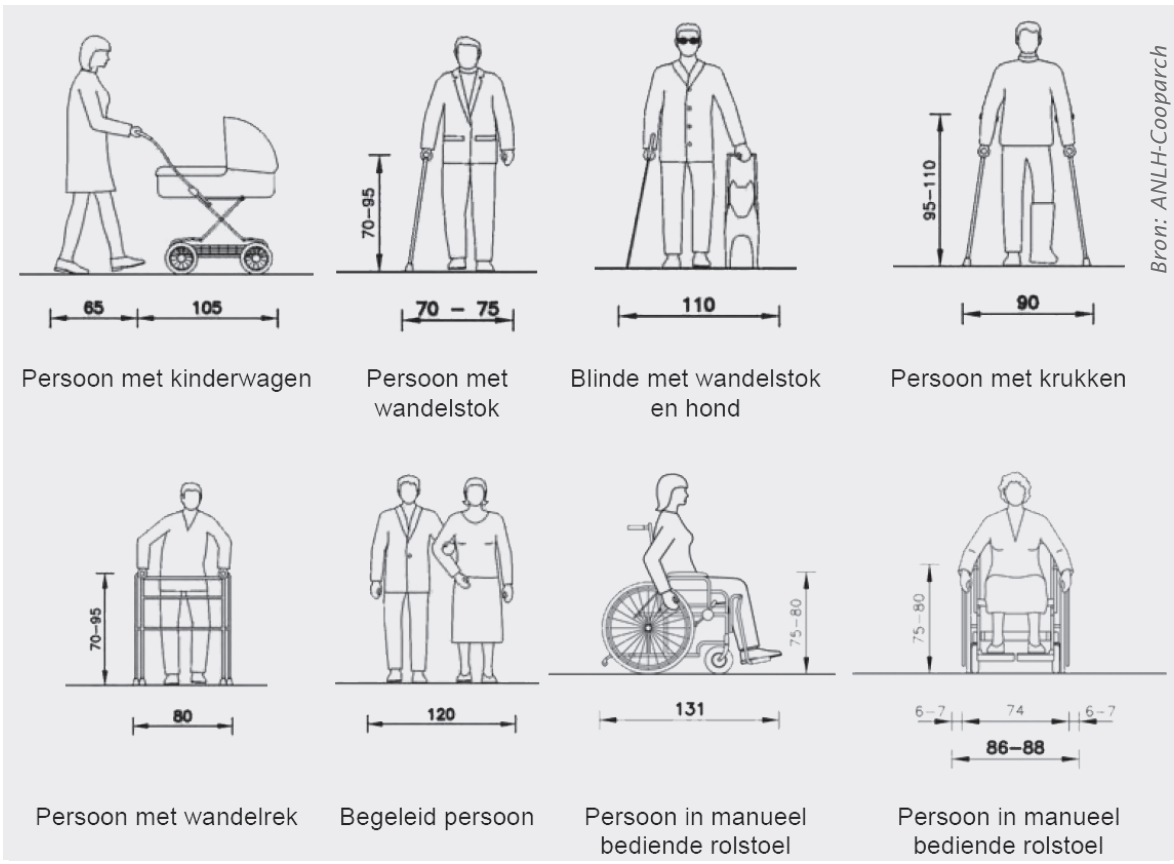
Het is zaak om het voetgangspotentieel in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest aan te boren en verplaatsingen te voet aan te moedigen. Tijdens de ochtendspits gebeurt ongeveer 20% van de verplaatsingen overwegend te voet. Er is echter nog heel wat groeipotentieel voor de actieve vervoerwijzen (lopen en fietsen). Voor ruim 25% van de verplaatsingen van minder dan 1 km wordt nog steeds de wagen gebruikt. Bovendien is iedereen van tijd tot tijd voetganger, al is het maar vóór of na het gebruik van (een) andere vervoerwijze(n). Uiteindelijk heeft iedereen baat bij een voetgangersvriendelijke openbare ruimte.

Gebruikers van voetgangsvoorzieningen

In deze publicatie wordt onder *voetgangers* verstaan alle personen die zich te voet verplaatsen, inclusief personen met beperkte mobiliteit. *Personen met beperkte mobiliteit (PBM)* zijn mensen met een motorische of visuele handicap, kinderen, ouderen, zwangere vrouwen, ouders met een kinderwagen, personen die een zware last dragen, personen met een been in het gips, personen met een auditieve of geestelijke handicap, enz. Gemiddeld behoort ongeveer een derde van de bevolking tot deze groep. De aanbevelingen voor verhardingen in deze aflevering houden rekening met de behoeften van alle gebruikers van voetgangsvoorzieningen, dus ook met de bijzondere noden van PBM.



Iedere weggebruiker is van tijd tot tijd voetganger



Bron: ANLH-Cooparch

Benodigde afmetingen voor personen die zich met mobiliteitsondersteunende hulpmiddelen verplaatsen



Tot de groep van de voetgangers behoren ook personen met beperkte mobiliteit (PBM)

Naslagwerken en hulpmiddelen voor de planning van voetgangersvoorzieningen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest

Het **gewestelijke mobiliteitsplan IRIS II**, dat in 2010 door de Brusselse Hoofdstedelijke Regering is goedgekeurd, legt de doelstellingen voor de mobiliteit in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest voor 2018 vast. Om actieve verkeerwijzen zoals lopen aan te moedigen, wil het Gewest werk maken van aangepaste, veilige en comfortabele voorzieningen. Een voetgangersvriendelijke infrastructuur van goede kwaliteit is inderdaad onmisbaar om mensen te overtuigen zich te voet te verplaatsen. Lopen is niet alleen goed voor de gezondheid, het bevordert ook ontmoetingen tussen mensen en gemeenschappen en versterkt zo het sociale weefsel in het Gewest. Ten slotte, bepaalt *IRIS II* dat bij de gewestplanning terdege rekening moet worden gehouden met de behoeften van voetgangers en in het bijzonder met de noden van PBM. Een openbare ruimte op hun maat, is een openbare ruimte op ieders maat!

Voor de concrete invulling van de doelstellingen en acties in het *IRIS II-plan* is eerst een **voetgangersrichtplan 2010-2011** en later ook een **voetgangersplan 2010-2014** uitgewerkt. Een concrete maatregel is bijvoorbeeld het opstellen van een voetgangersvadecum met onder meer een aflevering over verhardingen voor voetgangersvoorzieningen. Die laatste opdracht heeft het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest aan het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) toevertrouwd.

Voor een optimale uitvoering van de geplande projecten op het terrein legt het **Beleidsplan Openbare werken en Vervoer 2010-2014** de krachtlijnen van het voetgangersbeleid in het beleidsdomein openbare werken vast. Die houden onder meer in:

- toepassing van het **STOP-principe***;
- inrichting van comfortabele trottoirs;

- verkeersveiligheid als een belangrijk aandachtspunt in elk ontwerp;
- opstellen van een voetgangersvadecum en naleving van de aanbevelingen in elk ontwerp. Voor voetgangersvoorzieningen wordt aanbevolen bij voorkeur *gebruiksvriendelijke, betaalbare en duurzame verhardingsmaterialen toe te passen*.

Naast concrete bepalingen voor de inrichting van voetgangerswegen (titel VII, afdeling 2) legt de **Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening (GSV)** van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest ook op dat *de veiligheid, het comfort, het gemak en de doorlopende begaanbaarheid van voetgangerswegen* steeds moeten worden gewaarborgd (titel VII, afdeling 1).

In het **Vadecum Personen met beperkte mobiliteit in de openbare ruimte**⁽¹⁾ worden de regels voor de toegankelijkheid van voetgangersvoorzieningen in de openbare ruimte van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest beschreven. Deze publicatie is al in 2006 verschenen en vormt een volwaardig deel van het voetgangersvadecum. Ze houdt onder meer rekening met de bepalingen in de bovenvermelde GSV en besteedt ruime aandacht aan de verharding. Zo wordt erop geattendeerd dat onafhankelijkheden, goten, gleuven, openingen, grote voegen en straatmeubilair PBM ernstig kunnen hinderen. Als aanvulling op het vadecum PBM worden in deze aflevering de verhardingsaspecten verder uitgediept.

Hoofdbeginselen voor verhardingen van voetgangersvoorzieningen

Samenhang

Voetgangers moeten voor hun verplaatsingen, bijvoorbeeld van thuis naar het werk en omgekeerd, een samenhangende route kunnen volgen. De aanbevelingen in deze aflevering moeten ertoe bijdragen dat doorlopende gedeelten (trottoirs) en voetgangersoversteekplaatsen als een samenhangend geheel worden ontworpen en gerealiseerd.

* Van de blauwgedrukte termen is in de terminologielijst (blz. 89) een definitie opgenomen.

(1) Het vadecum PBM kan van het volgende webadres worden gedownload:
<http://www.mobi Brussel.irisnet.be/articles/pbm/voorzieningen-voor-pbm>

Geen zwakke schakels

Het beginsel *Een ketting is zo sterk als de zwakste schakel* is ook van toepassing op voetgangersvoorzieningen. Als een deel van de verharding niet geschikt is voor voetgangersverkeer of zelfs helemaal ontbreekt, lijdt de kwaliteit van het geheel eronder.

Wat goed is voor de zwakkeren, is goed voor iedereen

Een verharding die geschikt is voor zwakkere voetgangers (PBM), voldoet zeker voor sterkere, valide voetgangers. Voor de gebruikers-eisen is in deze aflevering dan ook uitgegaan van de noden van PBM, opdat het uiteindelijke resultaat aan de behoeften van alle gebruikers zou tegemoetkomen.

Van in de ontwerpfase regels en voorschriften naleven

Het loont de moeite om investeringen, bijvoorbeeld in podotactiele elementen, al in de ontwerpfase zorgvuldig af te wegen tegen de kosten van latere ingrepen in een bestaande verharding.

Toegankelijke verhardingen voor voetgangersvoorzieningen

Voetgangers hebben recht op veilige, comfortabele, aantrekkelijke en aangepaste infrastructuur.

Om aan deze specifieke criteria te kunnen voldoen, moet de openbare ruimte in de eerste plaats toegankelijk zijn voor alle gebruikers. Met de ondertekening van de conventies van de Verenigde Naties ter zake heeft het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest zich ertoe verbonden het **toegankelijkheidsbeginsel** te verdedigen en toe te passen.

De verharding is een belangrijk instrument om de toegankelijkheid van looproutes voor alle gebruikers te waarborgen en aan de vier bovenvermelde gebruikerseisen te voldoen. Het comfort en de veiligheid hangen in hoge mate af van de soort en de kwaliteit van de verharding. De staat van de verharding is mee bepalend voor de aantrekkelijkheid. Een aangepaste verharding zal ervoor zorgen dat de voorziening door alle beoogde gebruikers werkelijk kan worden gebruikt.

Objectieve criteria voor verhardingen van voetgangersvoorzieningen

De aanbevelingen voor verhardingsmaterialen in deze aflevering steunen uitsluitend op objectieve criteria, die rekening houden met de specifieke eisen van gebruikers en wegbeheerders.

Als deze eisen naar de verharding worden vertaald, gaat het in het bijzonder om:

- vlakheid;
- stabiliteit;
- stroefheid;
- obstakelvrij parcours;
- waterafvoer;
- leesbaarheid en zichtbaarheid;
- netheid.

Andere parameters die de keuze van de wegbeheerder beïnvloeden zijn:

- **duurzaamheid**;
- gezondheid van mens en milieu;
- uitvoeringseisen en -beperkingen;
- onderhoudseisen en -beperkingen;
- kosten;
- ruimtelijke kwaliteit en regelgeving.

Bij de keuze van het verhardingsmateriaal moeten de gebruikerseisen en de criteria van de wegbeheerder steeds zorgvuldig tegen elkaar worden afgewogen.

Voorts zijn een vakkundige uitvoering en een geregeld onderhoud onmisbaar om duurzame voetgangersvoorzieningen te realiseren die voor iedereen toegankelijk zijn en effectief worden gebruikt.

Doelpubliek

Deze publicatie wil een bron van informatie en een hulpmiddel zijn voor vakmensen die op gewestelijk of plaatselijk niveau van ver of dichtbij betrokken zijn bij het ontwerp, de uitvoering en het onderhoud van voetgangersinfrastructuur:

- Mobiel Brussel;
- de negentien Brusselse gemeenten;
- het Brusselse openbaarvervoerbedrijf MIVB;
- de Belgische spoorwegen (NMBS);
- Leefmilieu Brussel – BIM;

- Beliris;
- adviesbureaus;
- wegenbouwers.

Inhoud

Deze aflevering bestaat uit twee delen.

In het eerste deel (hoofdstuk 2) kan de lezer kennismaken met het aanbod van verhardingsmaterialen, inclusief podotactiele toepassingen. Deze bijzondere materialen worden steeds vaker bij de (her)aanleg van voetgangersvoorzieningen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest toegepast. Er wordt een overzicht van de gangbare verhardingsmaterialen voor voetgangersvoorzieningen in België en in het buitenland gegeven, met telkens enkele algemene aanbevelingen.

Het tweede deel wil vakmensen helpen de juiste keuze uit het aanbod te maken. Daarom worden de prestaties van de gangbare verhardingsmaterialen aan de gebruikerseisen en de criteria van de wegbeheerder getoetst. Bovendien worden specifieke aanbevelingen voor de verschillende verhardingssoorten gedaan.

Concreet worden in hoofdstuk 3 de materialen uit oogpunt van de gebruikerseisen behandeld. In hoofdstuk 4 worden dezelfde materialen uit oogpunt van de criteria van de wegbeheerder onderzocht. In beide gevallen worden specifieke aanbevelingen voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van de beschouwde materialen gedaan.

Aan het einde van deze publicatie is een beslissingshulp opgenomen. In de vorm van een vergelijkingstabel wordt een handig overzicht geboden van de materiaalprestaties voor de bijzondere eisen van gebruikers en wegbeheerders.



2- Gangbare verhardingsmaterialen voor voetgangersvoorzieningen – Beschrijving en algemene aanbevelingen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van het aanbod van verhardingsmaterialen in België en/of in het buitenland, die (uitsluitend) voor voetgangersvoorzieningen kunnen worden toegepast.

Van elke materiaalsoort wordt een beschrijving gegeven. Uit oogpunt van de toepassing in voetgangersvoorzieningen en van de algemene aandachtspunten waarmee rekening moet worden gehouden, worden enkele algemene aanbevelingen gedaan.

Bij toepassing van deze materialen moeten in het bijzonder bestek uiteraard ook de bepalingen uit het standaardbestek voor wegenbouw van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest (TB 2011) worden opgenomen.

Aan het einde van dit hoofdstuk worden ook de podotactiele toepassingen beschreven. Deze bijzondere materialen worden steeds vaker bij de (her)aanleg van voetgangersvoorzieningen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest toegepast.

2.1 Elementenverhardingen

In het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest worden voor de verharding van voetgangersvoorzieningen overwegend modulaire elementen toegepast. We onderscheiden de volgende soorten van elementenverhardingen: betonstraatstenen, betontegels, straatkeien, natuursteentegels en kleiklinkers. Elke soort heeft voor- en nadelen en stelt bijzondere eisen aan het ontwerp, de opbouw en de uitvoering van de constructie.

Hoewel ze nog niet zo vaak in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest worden toegepast, behoren ook waterdoorlatende betonstraat-

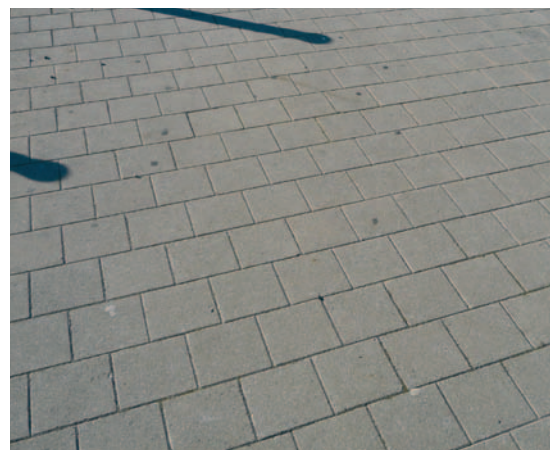
stenen tot deze groep en worden de voor- en nadelen van dit innovatieve verhardingsmateriaal hier eveneens belicht.

De verschillende soorten van elementenverhardingen worden hierna afzonderlijk beschreven.

Door het ruime aanbod van afmetingen, kleuren en **texturen** zijn elementenverhardingen bijzonder geschikt om de leesbaarheid en de zichtbaarheid van de verkeersruimte te verhogen.

Kabels en leidingen onder elementenverhardingen zijn snel en gemakkelijk toegankelijk, want de elementen kunnen in kleine hoeveelheden verwijderd en opnieuw aangebracht worden.

Zoals voor de andere verhardingssoorten hangt de opbouw van elementenverhardingen af van de soort van toepassing. Zo moeten verhoogde oversteekplaatsen dezelfde opbouw als de rijbaan hebben, om tegen de hogere optredende **verkeersbelastingen** bestand te zijn. Bij elementenverhardingen is een degelijke **kantopsluiting** onmisbaar.



Elementenverharding van betontegels
20 cm x 20 cm

2.1.1 Betonstraatstenen en -tegels

2.1.1.1 Soorten van betonstraatstenen en -tegels

Voor de verharding van voetgangersvoorzieningen zijn betonstraatstenen en -tegels in een ruim aanbod van kleuren, texturen en afmetingen beschikbaar. Door de vele combinatiemogelijkheden van dat ruime aanbod kunnen voetgangersvoorzieningen duidelijk van naastgelegen verkeerszones voor andere weggebruikers (fietsers, auto's, enz.) worden onderscheiden. Met een verschillend kleurgebruik (eventueel aangevuld met wegmarkeringen van bijvoorbeeld witte stenen) kunnen de verschillende groepen van weggebruikers veilig door het verkeer worden geloodst, terwijl de verharding toch met hetzelfde materiaal is aangelegd.

2.1.1.2 Opbouw van de constructie

De constructie is opgebouwd uit een fundering, een straatlaag waarin de betonstraatstenen of -tegels worden gelegd, voegmateriaal en een kantopsluiting. Een goede kantopsluiting is onmisbaar om zijdelings bewegen van de elementen uit te sluiten.

Voor de opbouw dient rekening te worden gehouden met de verwachte verkeersbelasting.

Betonstraatstenen

Voor betonstraatstenen onderscheiden we vier verkeersklassen, naargelang van het optredende verkeer (zie tabel 1). Trottoirs vallen onder klasse IV. Bij wijze van informatie worden ook de andere klassen vermeld. Deze informatie kan nuttig zijn voor constructies met zowel voetgangers- als autoverkeer zoals verhoogde oversteekplaatsen, openbare parkeerterreinen, enz.

Tabel 1 – Klassenindeling volgens het verkeerstype

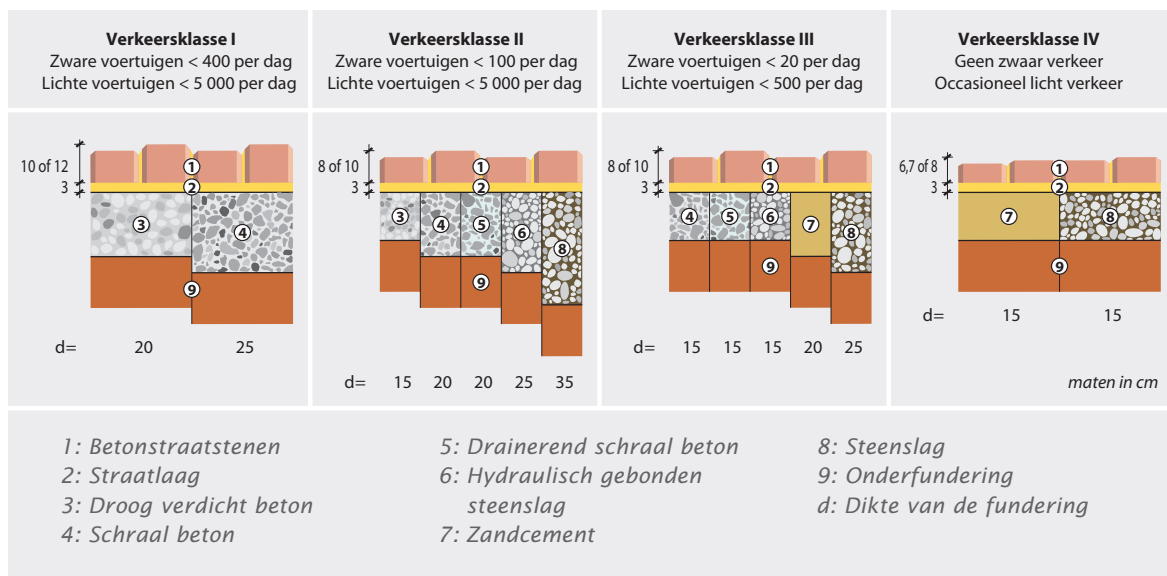
Verkeers-klasse	Verkeerstype			Bouwklasse (volgens het Vlaamse standaardbestek SB 250)
	Voetgangers, fietsers en bromfietzers	Lichte voertuigen (LV) (< 3,5 t)	Zware voertuigen (ZV) (> 3,5 t)	
I	Onbeperkt	Max. 5 000/dag	Max. 400/dag	B6-B7
II	Onbeperkt	Max. 5 000/dag	Max. 100/dag	B8-B9
III	Onbeperkt	Max. 500/dag	Max. 20/dag	B10
IV	Onbeperkt	Occasioneel	Geen	BF

Elke verkeersklasse stemt overeen met een aanbevolen standaardopbouw. De ontwerp-

levensduur van de voorgestelde standaardopbouw bedraagt twintig jaar.

Tabel 2 – Aanbevolen standaardopbouw volgens de verkeersklasse

Verkeersklasse		I	II	III	IV
Steendikte		10 cm of 12 cm	8 cm of 10 cm	8 cm of 10 cm	7 cm of 8 cm
Dikte van de straatlaag		3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Soort en dikte van de fundering	Droog verdicht beton	20 cm	15 cm	–	–
	Schraal beton	25 cm	20 cm	15 cm	–
	Drainerend schraal beton	–	20 cm	15 cm	–
	Hydraulisch gebonden steenslag	–	25 cm	15 cm	–
	Zandcement	–	–	20 cm	15 cm
	Steenslag	–	35 cm	25 cm	15 cm

Figuur 1 – Standaardopbouw naargelang van de verkeersbelasting


Betontegels

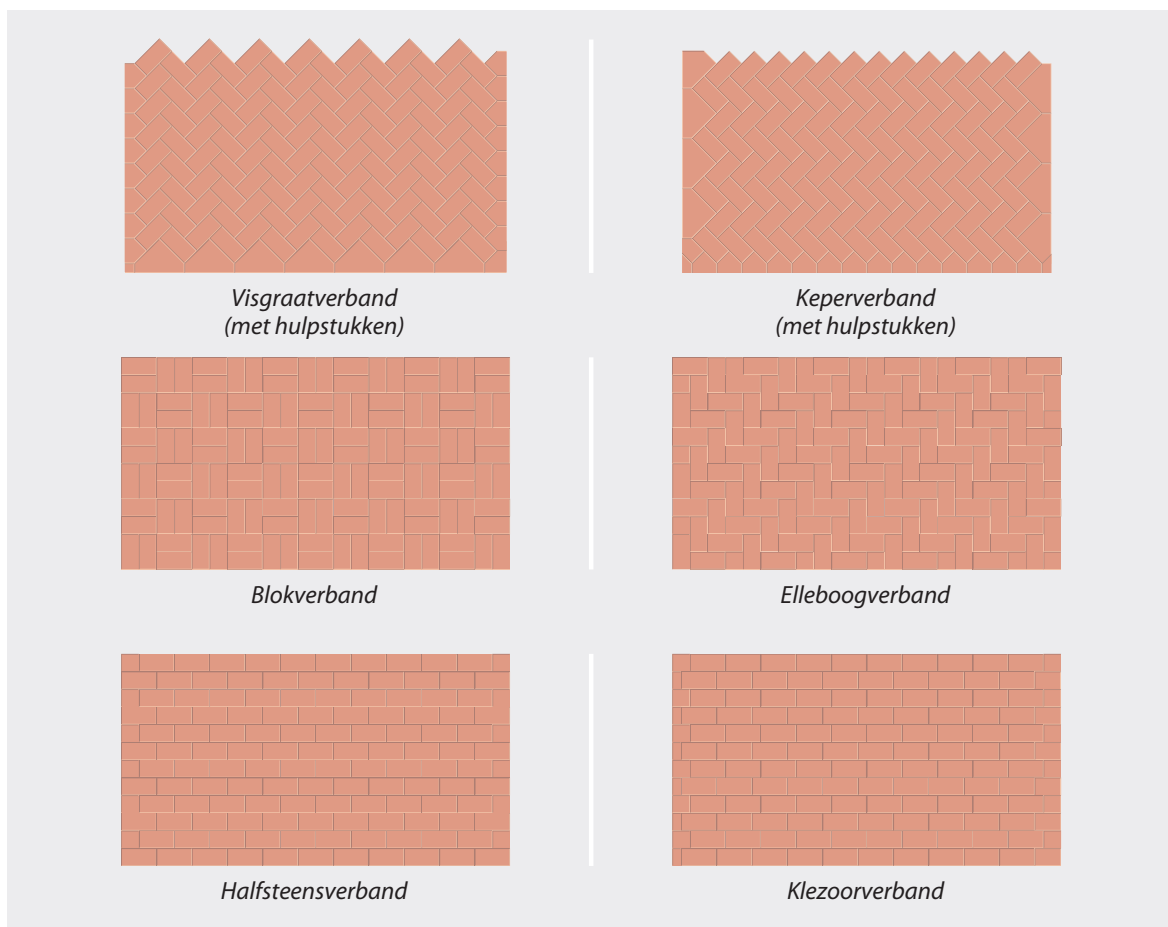
Betontegels zijn beschikbaar in dikten van 3 tot 8 cm. Door de grote oppervlakte-dikte-verhouding zijn zij niet geschikt voor gedeelten onder verkeer (bijvoorbeeld private inritten). Zij worden dan ook alleen voor voetgangers- en/of fietsvoorzieningen toegepast.

Betontegels worden op een 3 cm dikke straatlaag van zand, zandcement of mortel gelegd.

2.1.1.3 Soorten van legverbanden

Betonstraatstenen kunnen in verschillende **legverbanden** worden aangebracht. Hoewel alle verbanden geschikt zijn, worden trottoirs (**verkeersklasse IV**) overwegend in halfsteensverband gelegd. Voor bestratingen in de **verkeersklassen I tot III** is een keper-, visgraat- of elleboogverband aanbevolen.

Figuur 2 – Soorten van legverbanden



Betontegels worden haast uitsluitend in halfsteensverband gelegd. De maximale voegbreedte voor verhardingen van betonstraatstenen of -tegels bedraagt 2 mm.

2.1.2 Straatkeien en natuursteentegels

2.1.2.1 Soorten van straatkeien en natuursteentegels

Straatkeien

Straatkeien zijn nieuwe of oude keien van natuursteen voor bestratingen. Zowel nieuwe als hergebruikte keien moeten aan de eisen voor de vorm en de afmetingen voldoen.

Voor voetgangersvoorzieningen worden traditioneel twee formaten toegepast: *platine-* en *mozaïekkeien*.

Platinekeien

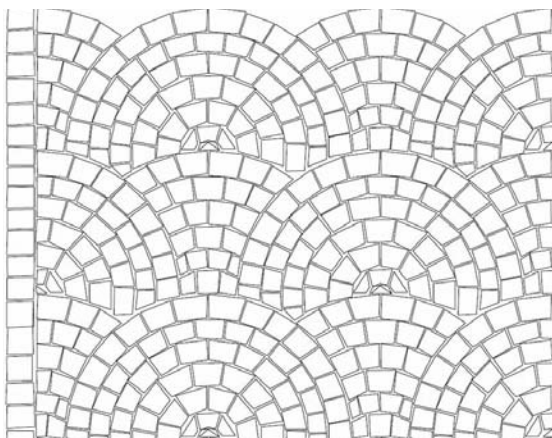
Zogenaemde platinekeien meten ongeveer 14 cm x 14 cm x 7 cm. Ze worden in rechte lijnen en in halfsteensverband aangebracht.



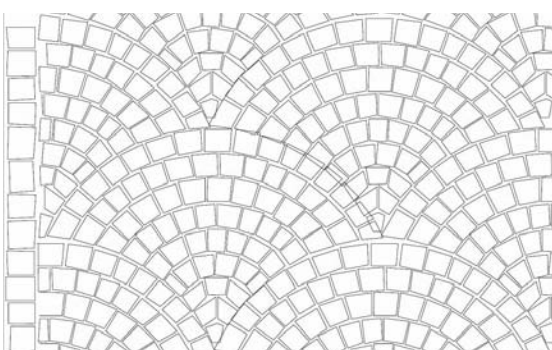
Trottoirverharding van platinekeien

Mozaïekkeien

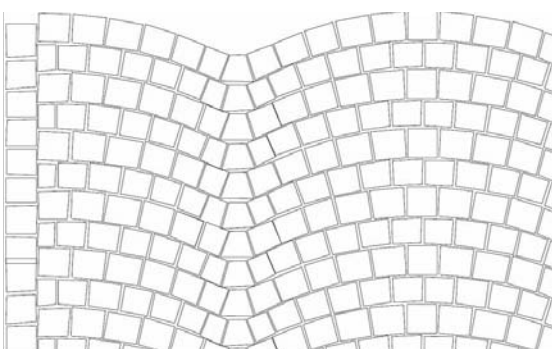
Mozaïekkeien zijn kubusvormig met een zijvlak van 7 tot 13 cm. Ze worden in waaierverband, schelp- of pauwstaartverband, schubbenverband, cirkelboog- of segmentverband gelegd.



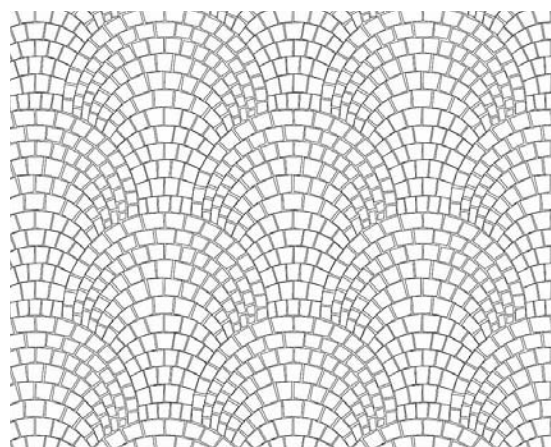
Waaierverband



Schubbenverband



Cirkelboog- of segmentverband



Schelp- of pauwstaartverband

Andere soorten van straatkeien

Er bestaan ook langwerpige keien in de vorm van een parallellepipedum waarvan de kop is afgezaagd. Zij moeten voetgangers een beter comfort bieden dan de traditionele ronde keien. Door de grote maatafwijkingen zijn ze echter minder comfortabel dan de twee voorvermelde soorten.

Creatieve producenten en ontwerpers bedenken voortdurend nieuwe soorten, vormen en legwijzen zoals keien van kalksteen met het aanzien van klinkers en eventueel een bewerkt oppervlak, en langwerpige keien in de vorm van een parallellepipedum die op hun smalle zijde worden gelegd.



Langwerpige keien met ronde kop



Langwerpige keien van blauwe steen op de smalle zijde gelegd

Natuursteentegels

Natuursteentegels onderscheiden zich van straatkeien door de lengte-dikteverhouding. Met name:

- natuursteentegels: $L/d > 4$;
- straatkeien: $L/d \leq 4$.

Natuursteentegels hebben de vorm van een vierkant of een rechthoek. Zij kunnen tot 1 m lang zijn.

2.1.2.2 Soorten van natuursteen

Straatkeien en natuursteentegels voor wegverhardingen zijn doorgaans van porfier,

zandsteen, graniet of blauwe steen. Voor voetgangersvoorzieningen mag ook kalksteen worden toegepast. Ten slotte worden ook composietkeien en -stenen van gebroken natuursteen geproduceerd.

De steensoort heeft geen invloed op de aanbrengingswijze.

De keuze voor een bepaalde soort steentegels steunt voornamelijk op esthetische (kleur)overwegingen of heeft tot doel de zichtbaarheid van een voetgangersvoorziening te verbeteren.

2.1.2.3 Opbouw van de constructie

De constructie is opgebouwd uit een (onder-)fundering, een straatlaag waarin de elementen worden vastgezet en voegmateriaal. Een **kantopsluiting** is onmisbaar, om zijdelings bewegen van de elementen tegen te gaan.

Door de lengte-dikteverhouding > 4 worden natuursteentegels doorgaans niet voor wegen onder autoverkeer toegepast.

Voor de opbouw dient steeds een coherent concept te worden gevolgd. Daarvoor zijn twee mogelijkheden:

- flexibel en doorlatend concept;
- stijf en ondoorlatend concept.

Die logica geldt ook voor de straatlaag en het voegmateriaal.

Bij stijve voegen (met hydraulisch gebonden en dus in principe ondoorlatend voegmate-

Tabel 3 – Afstemming van het voegmateriaal op het materiaal van de straatlaag

Straatlaag	Voegmateriaal
Zand	Zand Bitumineuze mortel
Zandcement	Zandcement Cementmortel Bitumineuze mortel
Mortel	Cementmortel

riaal) moet ook de straatlaag van stijf materiaal (zandcement of mortel) zijn, om te voorkomen dat de voegen als gevolg van lichte zettingen in de ongebonden onderliggende lagen gaan scheuren.

Bij doorlatende voegen (bijvoorbeeld met zand gevuld) moeten ook de onderliggende lagen doorlatend zijn, zodat indringend water wordt afgevoerd en zich niet in de constructie ophoopt.

De straatlaag is niet te dik en zo gelijkmatig mogelijk.

De voegbreedte is afhankelijk van het gekozen voegmateriaal:

- maximum 10 mm voor straatkeien die in een rechte lijn worden gelegd;
- 5 tot 15 mm voor mozaïekkeien;
- maximum 9 mm voor natuursteentegels.

Ten slotte is er nog een nieuwe techniek, waarbij straatkeien op recycleerbare oplegblokjes van kunststof worden aangebracht. De blokjes, die op een vaste afstand van elkaar op een zeer fijne straatlaag worden geplaatst, ondersteunen en blokkeren de straatkeien. De straatkeien zijn zo gegraadend en gezaagd dat zij volledig de vorm van de oplegblokjes volgen. Omdat deze techniek zich nog in een experimentele fase bevindt, is de deugdelijkheid ervan voor toepassingen op grote schaal of verhardingen onder verkeer nog niet bewezen.

2.1.3 Waterdoorlatende betonstraatstenen

2.1.3.1 Grondbeginselen van een waterdoorlatend verhardingssysteem

Een waterdoorlatende verharding heeft als doel hemelwater tijdelijk op te slaan (bufferen) en af te voeren. Het oppervlaktewater wordt in de constructie opgevangen, waar het in de aanwezige grond infiltreert of vertraagd wordt afgevoerd. Op die manier wordt overlast van het rioolstelsel vermeden, hoeven overlaten niet in werking te treden en neemt het gevaar voor overstroming af.

Een waterdoorlatende verharding biedt niet alleen het voordeel dat oppervlaktewater niet onmiddellijk in riolen of waterlopen terecht komt, het houdt ook het grondwater op peil. Als het water niet in de grond kan infiltreren, wordt het vertraagd naar een nabijgelegen infiltratiebekken of sloot afgevoerd.

De algemene werking van een waterdoorlatend verhardingssysteem steunt op de volgende grondbeginselen:

- **opvang van hemelwater in de constructie:** naargelang van de soort van betonstraatsteen dringt het hemelwater via de verbrede voegen, de drainageopeningen of de poreuze samenstelling in de constructie en wordt het zo vlug mogelijk naar de onderliggende lagen afgevoerd;
- **draagvermogen:** de fundering verschaft de constructie het nodige draagvermogen voor het optredende verkeer. Bij tijdelijke opslag van water in de constructie mag de fundering dus niet te nat worden, om een verlies aan draagvermogen te vermijden;
- **tijdelijke opslag van hemelwater:** de tijdelijke opslag van hemelwater vindt bij voorkeur in de onderste lagen van de constructie plaats. Bij weinig doorlatende grond dient de onderfundering als extra veiligheid;
- **afvoer van hemelwater:** hemelwater wordt bij voorkeur afgevoerd door infiltratie in de aanwezige grond. Als dat niet mogelijk is, wordt het vertraagd naar een nabijgelegen infiltratiebekken of sloot afgevoerd. De afvoer gebeurt via een knijpleiding om overlast te vermijden en tijdelijke opslag in de constructie mogelijk te maken.

2.1.3.2 Soorten van waterdoorlatende betonstraatstenen

Over het algemeen onderscheiden we vier soorten van waterdoorlatende betonstraatstenen:

- betonstraatstenen met verbrede voegen;
- betonstraatstenen met drainageopeningen;
- poreuze betonstraatstenen;
- grasbetontegels.

Voor voetgangersvoorzieningen is alleen de poreuze variant geschikt.



Waterdoorlatende verharding van poreuze betonstraatstenen

De stenen zijn waterdoorlatend door de poreuze betonsamenstelling. Het volstaat de dichte betonsamenstelling van een klassieke steen te vervangen door een poreuze betonsamenstelling, zodat het vereiste infiltratievermogen bereikt wordt. Het infiltratievermogen dient volgens de eis van de Technische Voorschriften PTV 122 minimaal gemiddeld $5,4 \times 10^{-5}$ m/s te bedragen.

Poreuze betonstraatstenen bezitten door hun open structuur een lagere slijttreksterkte dan klassieke betonstraatstenen, maar vormen wel een aaneensluitend oppervlak – wat de begaanbaarheid verbetert.

2.1.3.3 Opbouw van de constructie

De constructie is opgebouwd uit een (onder-) fundering, een straatlaag waarin de elementen worden vastgezet en voegmateriaal. Een **kantopsluiting** is onmisbaar, om zijdelings bewegen van de elementen tegen te gaan.

Voor de dimensionering van de onderbouw (fundering en onderfundering) dient rekening te worden gehouden met het verkeer en de aanwezige grond. De **verkeersbelasting** zal de dikte en het materiaal van de fundering bepalen (tabel 1, blz. 11), en de aanwezige grond de dikte van de onderfundering – rekening houdend met de nodige vorstbescherming en buffercapaciteit.

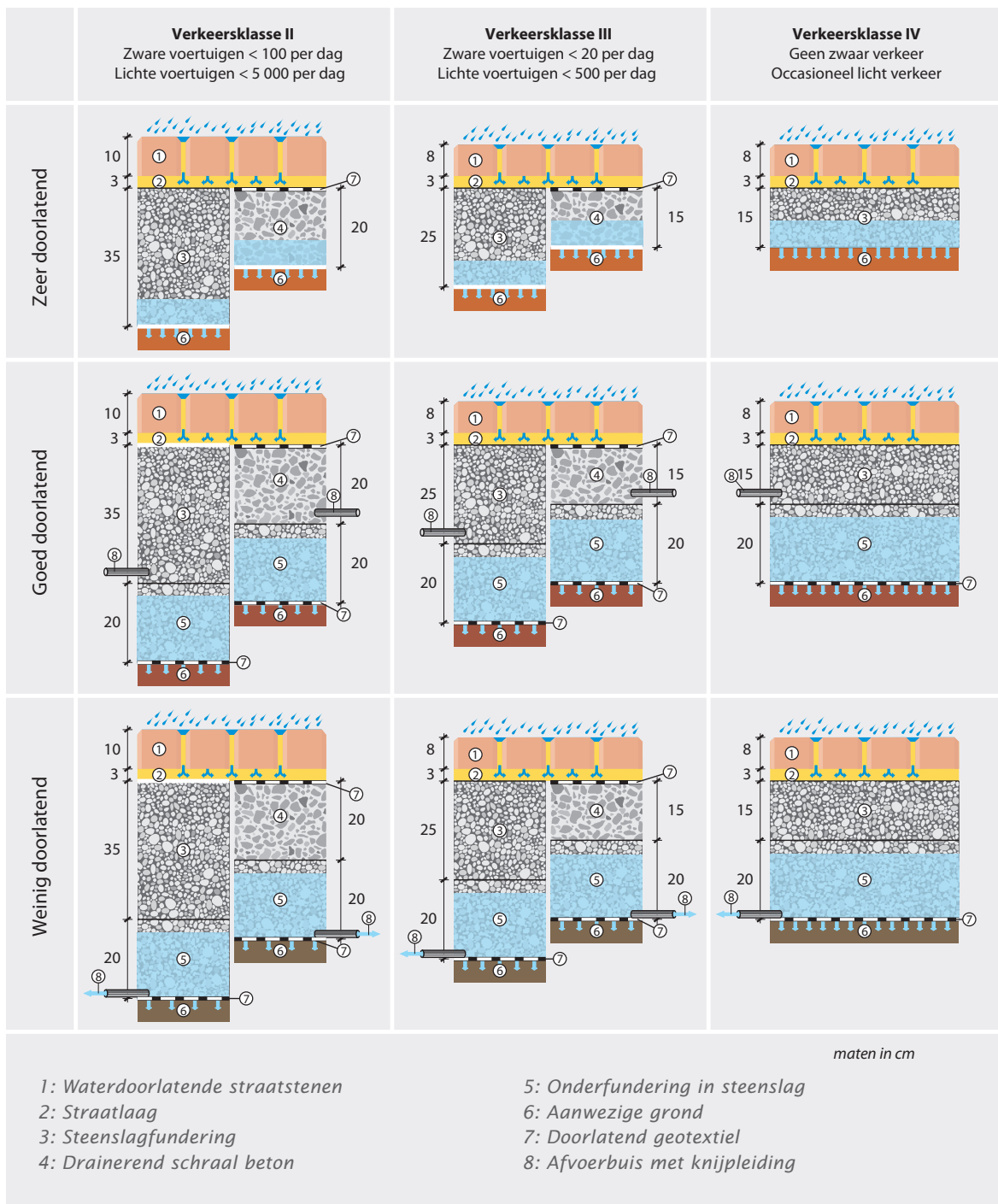
We onderscheiden drie soorten van grond:

- zeer doorlatend;
- goed doorlatend;
- weinig doorlatend.

Figuur 3 (blz. 18) toont enkele voorbeelden van de opbouw volgens de **verkeersbelasting** en de aanwezige grond. Trottoirs vallen onder klasse IV. Bij wijze van informatie worden ook de andere klassen vermeld. Deze informatie kan nuttig zijn voor constructies met zowel voetgangers- als autoverkeer zoals verhoogde oversteekplaatsen, openbare parkeerterreinen, enz.

Na de keuze van de geschikte soort van steen, fundering en straatmateriaal, en de dimensionering is de keuze van het voegmateriaal een laatste bepalende factor in de opbouw van een waterdoorlatende verharding. De voegvulling van poreuze betonstraatstenen voor trottoirs vereist een specifieke aanpak: de voegen die met deze soort 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 mm of 0,5/2 mm. Het ontbreken van de fractie 0/0,5 voorkomt dat het oppervlak van de poreuze stenen door bezemen dichtslibt en ondoorlatend wordt.

Figuur 3 – Voorbeelden van de opbouw van waterdoorlatende constructies



2.1.4 Kleiklinkers

Klinkers zijn uit hoogwaardige kleisoorten bij zeer hoge temperatuur hardgebakken stenen voor bestrating. De vorm en de afmetingen van klinkers en betonstraatstenen stemmen groten-

deels overeen. Ze worden dan ook op een gelijksoortige manier gelegd. Omdat de Europese norm NBN EN 1344 voor kleiklinkers in vergelijking met betonstraatstenen grotere maximale maatafwijkingen toelaat, vertonen klinkerverhardingen bredere en variabelere voegen.



Foto: Leefmilieu Brussel – BIM

Verharding van kleiklinkers
(Wetstraat, Brussel)

2.1.4.1 Soorten van kleiklinkers

Kleiklinkers zijn beschikbaar in een ruime waaier van kleuren. Met het standaardformaat (220 x 110 mm) kunnen ze in alle klassieke **legverbanden** (halfsteensverband, keperverband, visgraatverband, enz.) worden aangebracht.

2.1.4.2 Opbouw van de constructie

Ook de opbouw en het toepassingsgebied van klinkerverhardingen zijn vergelijkbaar met die van betonsteenverhardingen. De constructie is opgebouwd uit een (onder)fundering, een straatlaag waarin de klinkers worden gelegd en voegmateriaal (zand, zandcement of mortel). Een **kantopsluiting** is noodzakelijk om zijdelings bewegen van de klinkers tegen te gaan.

De **verkeersklassen** en aanbevolen standaardopbouw voor betonstraatstenen zijn ook voor kleiklinkers van toepassing.

2.2 Betonverhardingen

Betonverhardingen zijn stijve constructies. Ze bezitten een goede weerstand tegen occasioneel zwaar verkeer (onderhoudsdiensten, overrijdbare gedeelten, enz.), opstuwende boomwortels en extreme omgevingsvoorwaarden. Ze vragen weinig onderhoud en hebben een lange levensduur. Ze zijn dan ook uitstekend geschikt voor toepassing in groengebieden zoals parken en bossen. In een stedelijke omgeving bemoeilijken ze het beheer van ondergrondse kabels en leidingen. Dit verklaart wellicht waarom in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest weinig in het werk gestorte betonverhardingen worden toegepast.

Zoals voor de andere verhardingssoorten is ook voor betonverhardingen de opbouw van de constructie afhankelijk van de toestand op het terrein. Aan overrijdbare gedeelten zoals verhoogde oversteekplaatsen, inritten van openbare parkeerterreinen, bedrijfsinritten, enz. hebben voetgangersvoorzieningen doorgaans dezelfde opbouw als de rijbaan.

Wat volgt, geldt voor voetgangersvoorzieningen waar slechts occasioneel zwaar verkeer (onderhouds- en hulpdiensten) optreedt en dus minder strenge eisen aan het beton en de onderbouw worden gesteld. Een betonverharding met een dikte van **ten minste 16 cm** zal immers goed bestand zijn tegen occasioneel zwaar verkeer.

2.2.1 Betonsamenstelling

Een betonmengsel voor een voetgangersvoorziening verschilt in wezen niet van een mengsel dat voor een klassieke wegverharding wordt toegepast. Het kan met een **glijbekistingsmachine** of handmatig tussen vaste **bekistingen** worden aangebracht. Afhankelijk van de gekozen wijze van aanbrenging worden andere eisen aan de **verwerkbaarheid** van de betonspecie gesteld.

Beton is een mengsel van steenslag, cement, zand, water en eventueel ook hulpstoffen.

Voor de betonsamenstelling dient aan de bepalingen in het standaardbestek TB 2011 te worden voldaan.

Naast de gekozen oppervlakafwerking kan beton ook worden gekleurd. Om de gewenste kleur te bereiken, is het raadzaam vooraf een proefvakje aan te leggen om de juiste samenstelling te bepalen. Het pigmentgehalte bedraagt 3 tot 5% van de cementmassa.

In aanbestedingsdocumenten zijn de minimale prestatie-eisen voor de kenmerken **druksterkte**, waterabsorptie door onderdompeling en bestandheid tegen wegeenzout vastgelegd.

2.2.2 Opbouw van de constructie

Als de **ondergrond** voldoende draagkrachtig is (CBR-waarde van 6 tot 10 of **samendrukingsmodulus** van 17 MPa, gemeten met de **plaatbelastingsproef**), mag de betonverharding er rechtstreeks op worden aangebracht. Bij een onvoldoende draagkrachtige **ondergrond** wordt eerst een steenslaglaag van ten minste 20 cm aangebracht of wordt het draagvermogen door middel van een voorafgaande behandeling verbeterd.

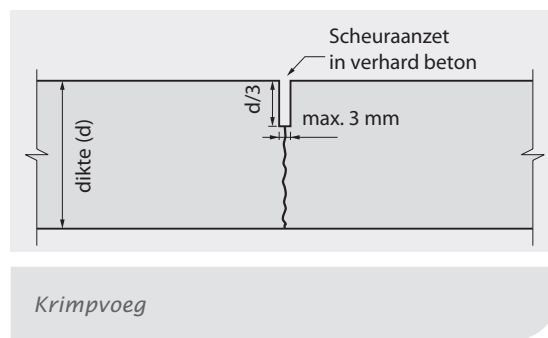
De betonlaag is ten minste 16 cm dik. Om willekeurige scheurvorming door krimp tegen te gaan, worden op een vaste afstand van elkaar krimpvoegen gezaagd. De afstand tussen krimpvoegen hangt af van de dikte van de verharding en de afmetingen van de betonplaten.

We onderscheiden drie soorten van voegen: *krimpvoegen*, *uitzetvoegen* en *constructievoegen*.

Krimpvoegen

Krimpvoegen worden binnen 5 tot 24 h na het betonstorten loodrecht op de as van het trottoir over een diepte van ten minste $1/3$ van de betonplaat gezaagd. Ze zijn maximaal 3 mm breed. Om het voetgangerscomfort te waarborgen, worden ze doorgaans niet met voegmateriaal gevuld.

Het voegenpatroon bepaalt in grote mate de **duurzaamheid** van een betonverharding. Bijzondere punten, bochten, aansluitingen, enz.



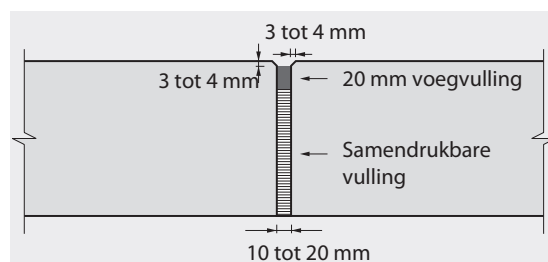
Krimpvoeg

moeten zorgvuldig worden uitgevoerd. De aanbrenging van voegen onder scherpe hoeken moet worden vermeden. Als dat niet mogelijk is, wordt in de bovenste helft van de betonlaag een netwapening aangebracht, om het risico op scheurvorming te beperken.

Uitzetvoegen

Onder invloed van temperatuurstijgingen kan beton uitzetten. Om de gevolgen van uitzetting te ondervangen, worden uitzetvoegen aangebracht. Ter hoogte van een krimpvoeg wordt met een dubbel zaagblad over de volledige dikte en breedte van de betonplaat een 10 tot 20 mm brede verticale zaagsnede aangebracht. De voeg wordt met samendrukbaar materiaal gevuld, afgeschuind en afgedicht. Voor voetgangersvoorzieningen zijn geen **deuvels** nodig. Als de voegen met ander materiaal worden gevuld, kunnen obstakels voor voetgangers ontstaan – met gevaar voor valpartijen als gevolg. Het harde contact tussen betonplaten zal onvermijdelijk aanleiding geven tot scheurvorming in het beton.

In smalle bochten of aan vaste obstakels (kunstwerken, gebouwen, enz.) kan het nodig zijn uitzetvoegen (steeds loodrecht op de as van de verharding) aan te brengen.



Uitzetvoeg

Constructievoegen

Bij werkonderbrekingen van meer dan 120 min worden ter hoogte van een krimpvoeg in de dwarsrichting constructievoegen aangebracht. Constructievoegen worden behandeld als uitzetvoegen. Om een verticale en vlakke doorsnede te verkrijgen, wordt het plaaiteinde eerst recht afgezaagd. Dan wordt een 10 tot 20 mm dikke laag van samendrukbaar materiaal tegen de verticale plaatszijde aangebracht, waarna het betonstorten kan worden voortgezet. De voegen worden afgewerkt en met kleefmortel afgedicht.

2.2.3 Oppervlakafwerking

Bezemen

Bezemen is een eenvoudige, efficiënte, duurzame en goedkope stroefmakende oppervlakbehandeling. Met behulp van een bezem wordt een longitudinale of dwarse **microtextuur** in een nog onverhard betonoppervlak aangebracht. Een dwars gebezemd oppervlak bevordert de afvoer van oppervlaktewater.

Uitwassen

Uitwassen is een stroefmakende oppervlakbehandeling waarbij het pas gestorte betonoppervlak met een bindingsvertrager (zie 2.4.1) besproeid en met polytheefolie afgedekt wordt, om hydratatie van het cement aan het oppervlak en binding van het mortellaagje te voorkomen. Na ongeveer 12 tot 24 h (afhankelijk van de weersomstandigheden) wordt het niet-verharde mortellaagje droog of onder toevoer van water gebezemd om het **aggre-gaat** bloot te leggen. Bij *fijn uitwassen* (tot maximum 1 mm) wordt een fraai esthetisch aanzien verkregen, dat eventueel door kleuren van de cementpasta kan worden versterkt. Zo wordt tegelijk een comfortabel en aantrekkelijk oppervlak gerealiseerd.

Figureren

Gefigureerd beton is een oppervlakbehandeling waarbij op het pas gestorte betonoppervlak in poedervorm een kleurslijtlaag wordt gestrooid en met speciaal ontwikkelde mallen

de figuratie in het oppervlak wordt gedrukt. Op deze manier ontstaat een harde, kleurvaste **toplaag** met het aanzien van een bestrating.



Figureren van beton

2.3 Bitumineuze verhardingen

Voor voetgangersvoorzieningen kunnen verschillende soorten van bitumineuze verhardingen worden toegepast. Naargelang van de dikte van de **toplaag** onderscheidt men warm bereid asfalt, gietasfalt (≥ 15 mm) en oppervlakbehandelingen (< 15 mm). Elke soort heeft voor- en nadelen en stelt bijzondere eisen aan het ontwerp, de opbouw en de uitvoering van de constructie. De verschillende soorten worden hierna afzonderlijk beschreven.

Gezien de omvang van **asfalspreidmachines**, de moeilijkere toegankelijkheid van ondergrondse kabels en leidingen (de asfaltlagen moeten worden verwijderd en vervangen) en de vele obstakels (deurdrempels, roosters, putdeksels, enz.) is toepassing van warm bereid asfalt in stadskernen niet evident. Dit verklaart wellicht waarom voor voetgangersvoorzieningen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest weinig warm bereid asfalt wordt toegepast.

Dergelijke bitumineuze verhardingen worden wel vaker toegepast voor doorlopende gedeelten in voetgangerszones of groengebieden buiten de bebouwde kom.

Ten slotte zijn ook gemengde toepassingen mogelijk, waarbij bijvoorbeeld de goot of de aansluiting met de rooilijn in modulaire elementen is uitgevoerd.



*Verharding van warm bereid asfalt
in de Brusselse stadskern*



*Verharding van gietasfalt voor
een trottoir in Parijs*

In tegenstelling met Frankrijk, en in het bijzonder de hoofdstad Parijs, wordt in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest weinig gietasfalt toegepast. De minder goede toegankelijkheid van ondergrondse kabels en leidingen buiten beschouwing gelaten, is dit bitumineuze materiaal nochtans goed geschikt voor toepassing in een stedelijke omgeving. Het kan met kleiner en lichter materieel worden verwerkt en hoeft niet te worden verdicht. Daarom worden de voor- en nadelen in deze aflevering uitvoerig beschreven.

Net zoals elementenverhardingen kunnen bitumineuze verhardingen in tal van kleuren en **texturen** worden toegepast om de leesbaarheid en zichtbaarheid te verbeteren.

Met uitzondering van bestrijkingen (zie 2.3.3.1) bieden zij zowel voor gewone voetgangers als voor PBM een comfortabel loopoppervlak.

Net zoals de andere verhardingsmaterialen hangt de keuze van de bitumineuze toepassing af van het beoogde gebruik.

Met uitzondering van oppervlakbehandelingen (zie 2.3.3) kan aan overrijdbare voetgangersvoorzieningen zoals verhoogde oversteekplaatsen, laad- en loszones in voetgangersgebieden, inritten van openbare parkeerterreinen, bedrijfsinritten, enz. dezelfde verharding en opbouw als voor de rijbaan worden toegepast. Deze constructies moeten uiteraard volgens de gangbare regels worden ontworpen.

Bij voetgangersvoorzieningen die door een fysieke scheiding of een wettelijk verbod niet kunnen of mogen worden bereden, worden de voorgestelde bitumineuze materialen voor een optimaal gebruikscomfort met een grotere stroefheid en een fijnere **macrotexuur** uitgevoerd. Een stroever oppervlak zorgt voor een goede grip op het wegdek en een fijnere **macrotexuur** verhoogt de vlakheid van de verhardingen. Er dient steeds rekening te worden gehouden met uitvoeringseisen en -beperkingen voor de (meestal smalle) verharding.

2.3.1 Warm bereid asfalt

Warm bereid asfalt is een mengsel van steenslag, zand, **vulstof**, een bindmiddel (al of niet gemodificeerd bitumen) en eventueel additieven (vezels, pigmenten, enz.). Het wordt warm (bij een temperatuur tussen 150 en 180°C) geproduceerd in een klassieke asfaltmenginstallatie en aangebracht met een **asfalspreidmachine**. Daarna wordt het verdicht terwijl het nog warm is (> 90°C). Met warm bereid asfalt kunnen, afhankelijk van de mengselsoort en de maximale korrelmaat van het **aggregaat**, **toplagen** van 15 tot 80 mm dikte worden gerealiseerd.



Verharding van gekleurd warm bereid asfalt voor een voetgangerszone in Brussel

2.3.1.1 Soorten van warm bereid asfalt

- **Asfalmengsels met een zandskelet en een continue korrelgrootteverdeling (asfaltbeton – AB).** Asfaltbeton voor **toplagen** zoals AB-1, AB-4 en AB-5 is uit oogpunt van comfort en gemakkelijke aanbrenging bijzonder geschikt voor voetgangersvoorzieningen.
- **Asfalmengsels met een steenskelet en een discontinue korrelgrootteverdeling (ZOA en SMA).** Door hun steenskelet zullen deze



Asfaltbeton AB-1B



Asfaltbeton AB-4



Asfaltbeton AB-5

mengsels een betere weerstand bezitten tegen vervormingen; ze zijn dan ook geschikt voor wegen met hoge **verkeersbelastingen**. De voordelen van deze mengselsoort op het gebied van stabiliteit, geluiddemping (ZOA) of zelfreinigend effect (ZOA) zullen bij trottoirs echter weinig kunnen worden benut. Voor een duurzaam effect moeten steenskeletmengsels machinaal worden aangebracht. Ze zijn dan ook minder geschikt voor voetgangersvoorzieningen.

Voor vrijliggende trottoirs valt de keuze a priori op **asfaltbeton (AB)**, omdat deze soort zowel een goede stroefheid (veiligheid) als een goede vlakheid (gebruikscomfort) biedt. Voor de samenstelling kan van het gebruikelijke mengselontwerp voor **toplagen** van rijwegen worden uitgegaan, met de volgende aanpassingen:

- een kleinere maximale korrelmaat, om handmatige verwerking te vergemakkelijken en de stroefheid en het comfort te waarborgen;
- zachtere bitumina (**verwerkbaarheid**);
- beoogde mengselkenmerken:
 - een grotere **pakkingsdichtheid**,
 - een uitstekende **verwerkbaarheid**.

2.3.1.2 Opbouw van de constructie

Algemeen bestaat een asfaltverharding uit (van boven naar beneden):

- een **toplaag**;
- één of meer **onderlagen**;
- (eventueel) één of meer **profileerlagen**;
- een fundering en eventueel een onderfundering.

Elk deel vervult een eigen rol, die hierna beschreven wordt. Soms kan een deel ontbreken, omdat het niet nodig is of omdat de rol ervan door de andere delen van de verharding wordt overgenomen.

Voor een goede werking moeten alle lagen van een asfaltverharding volkomen aan elkaar hechten. Als dat niet het geval is, zal het verkeer aanzienlijk grotere buigspanningen veroorzaken in de losliggende laag, waardoor de verharding vroegtijdig zal bezwijken. De hechting tussen de lagen zal de verharding overigens in haar geheel minder doorlatend maken, wat onmisbaar is voor de **duurzaam-**

heid van de constructie. Over het algemeen wordt deze hechting verkregen door op elke asfaltlaag een **kleeflaag** (van bitumenemulsie) aan te brengen.

Normaal is er geen hechting tussen de asfaltverharding en de funderingslaag. Als de **ondergrond** van de nieuwe bitumineuze verharding echter zelf een verharding is, of een deel ervan – bijvoorbeeld bij het aanbrengen van een nieuwe (meestal dunne) verharding op een oude asfalt- of betonverharding – wordt er wel naar hechting gestreefd.

De **toplaag** (ook *deklaag* of *slijtlaag* genoemd) is de bovenste laag van de verharding. Zij wordt doorgaans het zwaarst belast, omdat zij direct blootstaat aan belastingen en weersinvloeden. Zij moet bijgevolg de nodige kenmerken bezitten om de belasting waaraan zij onderworpen is, duurzaam te weerstaan. Een lijst van de belangrijkste kenmerken die de prestaties van een **toplaag** algemeen kunnen beïnvloeden, is opgenomen in OCW-handleiding A78/06 *Keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies* (hoofdstuk 2 [2.2.1.1] en hoofdstuk 7).

Een **toplaag** moet met een gelijkblijvende dikte worden aangebracht, om de **duurzaamheid** en de gelijkblijvende prestaties ervan te waarborgen. Profileren vindt bij voorkeur in de **onderlagen** plaats, met een zogenaemde **profileerlaag**.

In een asfaltverharding worden de asfaltlagen onder de **toplaag** “**onderlagen**” genoemd. Als deze lagen een wisselende dikte hebben om een profilering uit te voeren, worden ze “**profileerlagen**” genoemd.

De belangrijkste functies van de **onderlaag** zijn:

- opnemen en spreiden van de **verkeersbelasting**. Het aantal en de dikte van de lagen hangt af de optredende belastingen;
- een gave en vlakke **ondergrond** creëren, zodat de **toplaag** gelijkmatig kan worden gespreid.

Bij de dimensionering moet rekening worden gehouden met het **vermoeiingsgedrag** van het materiaal, de **verkeersbelasting** en de aanwezige grond:

- het **vermoeiings**gedrag is afhankelijk van de materiaalsoort. Dit gedrag is omgezet in **vermoeiings**wetten;
- de verkeersintensiteit (het aantal equivalente assen van 100 kN) zal de dikte van de verschillende opbouwlagen bepalen, alsook de soort van materiaal voor de fundering (zie tabel 4);
- de aanwezige grond bepaalt de dikte van de onderfundering, rekening houdend met de benodigde vorstbeschermingsdikte en de doorlatendheid van de grond.

Tabel 4 – Aanbevolen opbouw van een asfaltverharding naargelang van de bouwklasse

		Aanbevolen opbouw (volgens de zogenoemde standaardstructuren van het Vlaams Gewest)				
		Verharding	Fundering			
Bouwklasse	Aantal standaardassen van 100 kN	Asfaltbeton (cm)	Steenslag (cm) (1)	Steenslag met additief (cm) (2)	Hydraulisch gebonden (cm) (3)	Schraal beton (cm)
	[$\times 10^6$]					
B1	64 tot 128	30	29	25	25	20
B2	32 tot 64	28	28	24	25	20
B3	16 tot 32	26	27	23	25	20
B4	8 tot 16	23	26	22	25	20
B5	4 tot 8	21	25	21	25	20
B6	2 tot 4	19	23	20	25	20
B7	1 tot 2	16	22	19	25	20
B8	0,5 tot 1	14	21	19	25	20
B9	0,25 tot 0,5	12	19	18	25	20
B10	< 0,25	10	20	18	18	18
BF	<i>Fietspaden of trottoirs die niet of weinig belast worden door wegverkeer</i>	9	20	18	15	12

(1) Steenslag met discontinue korrelgrootteverdeling of met continue korrelgrootteverdeling zonder additieven.

(2) Steenslag met continue korrelgrootteverdeling en additief (geen cement).

(3) Cementgebonden steenslag met continue korrelgrootteverdeling, fundering door stabiliseren van de bestaande verharding met cement, zandcementfundering.

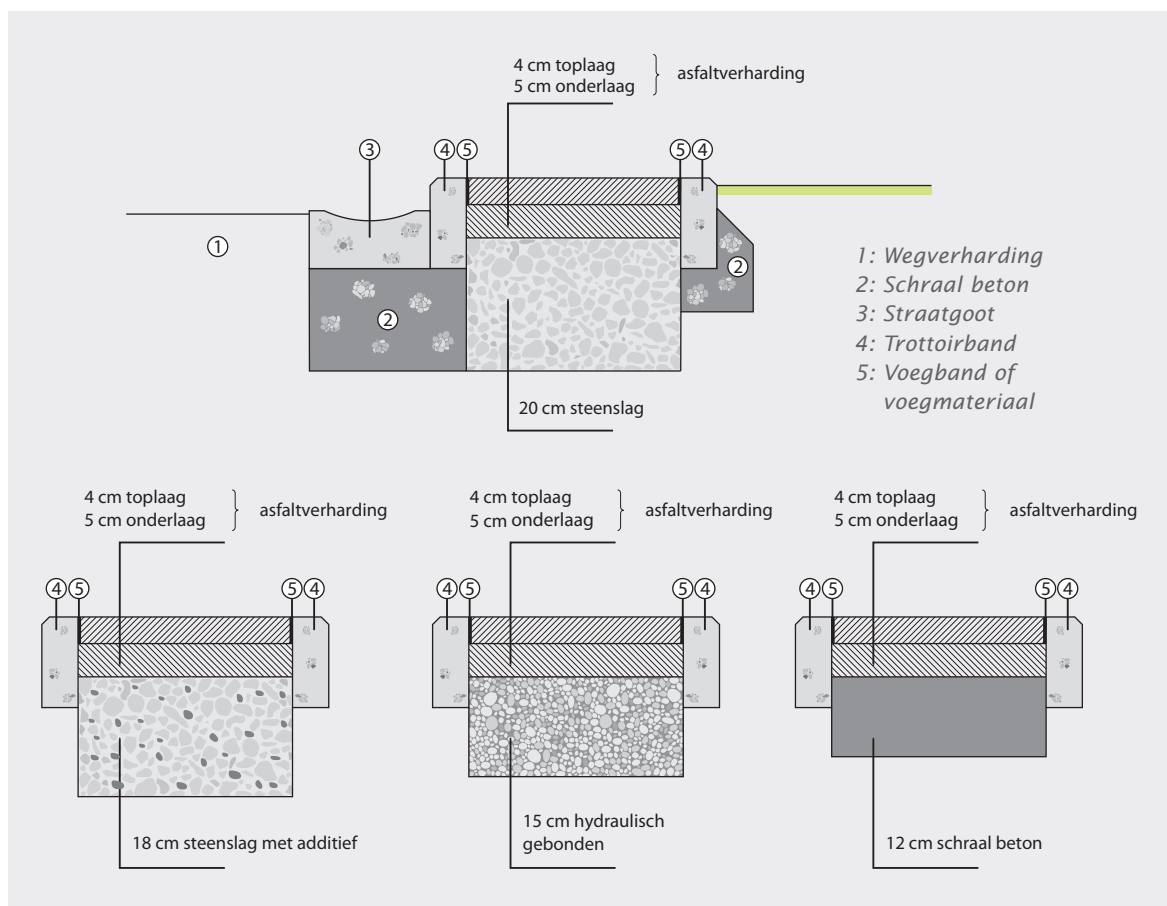
Voor meer details wordt verwezen naar OCW-publicatie A49/83 *Handleiding voor het dimensioneren van wegen met een bitumineuze verharding*.

Voor de dimensionering kan worden uitgegaan van de aanbevolen standaardopbouw naargelang van de fundering, de verkeersintensiteit of de bouwklasse (zie tabel 4 op blz. 25).

Trottoirs behoren normaal gezien tot de bouwklasse BF. Figuur 4 geeft de standaardopbouw

als functie van de fundering weer. Bij wijze van informatie worden ook de andere klassen vermeld. Deze informatie kan nuttig zijn voor constructies met zowel voetgangers- als autoverkeer zoals verhoogde oversteekplaatzen, inritten van openbare parkeerterreinen, bedrijfsinritten, enz. De opbouw van deze constructies moet worden berekend volgens de toepasselijke bouwklasse en het verwachte verkeer om schade aan de verharding en comfortverlies voor voetgangers tegen te gaan.

Figuur 4 – Standaardopbouw van een trottoir volgens bouwklasse BF



2.3.2 Gietasfalt

Gietasfalt is warm bereid asfalt met een **vulstofskelet**. Het mengsel met wisselende zanden steenslagfracties en hoge gehalten aan **vulstof** en bitumen (al of niet gemodificeerd) wordt bij hoge temperatuur (tot 250 °C) bereid en verwerkt, en behoeft geen verdichting. Giet-

asfalt wordt meestal handmatig in laagdikten van 25 tot 30 mm aangebracht en afgestrooid met zand of steenslag, om de stroefheid te verbeteren. Na het afstrooien dient het soms licht te worden gewalst. Na afkoeling is de laag ondoorlatend. Ze hoeft niet te worden geprofileerd.



Gietasfalt

Gietasfalt biedt een interessante oplossing voor plaatsen waar het niet mogelijk is om asfaltbeton met de klassieke zware machines aan te brengen zoals smalle of onderbroken trottoirs (bijvoorbeeld aan private inritten).

Anders dan in België worden in Franse steden zoals Parijs en Toulouse, trottoirs en openbare pleinen vaak met gietasfalt uitgevoerd. Bepalend hierbij zijn de volgende voordelen van gietasfalt: het is zelfnivellerend, het heeft geen verdichting (dus geen zware machines), het is gemakkelijk aan te brengen aan obstakels, of in verschillende vormen en kleuren. Wel dient rekening te worden gehouden met een geringere aanvangsstroefheid (instrooien).

Ingrepen aan ondergrondse kabels en leidingen zijn gemakkelijk en met beperkte kosten te realiseren.

2.3.3 Oppervlakbehandelingen

Oppervlakbehandelingen worden vooral toegepast als onderhoudsmaatregel op bestaande verhardingen of om ze te kleuren. We onderscheiden *bestrijkingen* en *slemlagen*.

2.3.3.1 Bestrijkingen

Bestrijkingen worden verkregen door met specifiek materieel ten minste één laag **bindmiddel** (een bitumenemulsie of een vloeibitumen, beide al dan niet gemodificeerd) te sproeien,



Eenlaagse bestrijking



Tweelaagse bestrijking

ze vervolgens met ten minste één laag steenslag (2/4, 4/6,3 of 6,3/10) af te strooien en ten slotte af te walsen ter vorming van een goede mozaïek. We onderscheiden *eenlaagse* en *tweelaagse bestrijkingen*.

Bestrijkingen zijn goedkoop en kunnen in dunne lagen worden aangebracht. Ze zijn echter gevoelig voor **rafeling** (er kunnen steentjes loskomen, waardoor de grip op het oppervlak afneemt) en bezitten een sterke **macrottextuur** (gevaar voor kwetsuren bij valpartijen). Uit oogpunt van de veiligheid en het comfort voor voetgangers voldoen ze dus minder goed. Als toch voor een bestrijking wordt gekozen, wordt voor de bovenlaag bij voorkeur een fijnere gradering (2/4 of 4/6,3) toegepast.

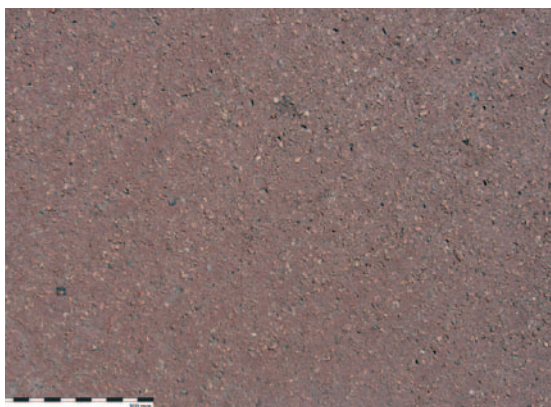
De **macrottextuur** (en dus de verhoogde stroefheid) zal aanleiding geven tot een verhoogde rolweerstand voor rolstoelgebruikers. Deze oppervlakbehandeling is dan ook niet geschikt voor trottoirs die vaak door rolstoelgebruikers worden gebruikt.

2.3.3.2 Slemlagen

Slemlagen worden verkregen door in één werkgang een mengsel van minerale **aggregaten**, **vulstof**, bitumenemulsie (al of niet gemodificeerd) en eventueel diverse additieven aan te brengen met behulp van een specifieke machine (mobiele installatie voor koud mengen).

Slemlagen worden vooral toegepast om de stroefheid en de ondoorlatendheid van een bestaande verharding te herstellen of om ze te kleuren.

Ook na de aanbrenging van een nieuwe verharding, bijvoorbeeld van asfaltbeton, die wegens omstandigheden (bijvoorbeeld handmatige verwerking aan obstakels) toch te open zou zijn, kan een slemlaag worden aangebracht om de **duurzaamheid** van het oppervlak te verhogen.



Tweelaagse slem

Door de samenstelling kunnen slemlagen worden gegoten. Bij verhardingen onder verkeer behoeven zij doorgaans geen verdichting (het autoverkeer zorgt daarvoor). Als er echter geen autoverkeer optreedt (zoals meestal bij al of niet vrijliggende trottoirs), dienen ze wel te worden verdicht.

Voor de veiligheid en het comfort van voetgangers wordt aanbevolen voor voetgangersvoorzieningen een slemlaag met een fijne **gradering** (0/2 of 0/4) toe te passen. Op plaatsen waar voetgangersvoorzieningen over de rijbaan lopen, verdient een **gradering** 0/4 of 0/6,3 de voorkeur om een goede slijtvastheid te waarborgen.



Eenlaagse slem

2.4 Verhardingen voor groengebieden

Over het algemeen wordt het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest als een dichtbevolkt, stedelijk gebied beschouwd. Toch telt het heel wat parken, bossen en andere groengebieden. Die zijn vaak met elkaar verbonden om een groene wandelroute voor niet-gemotoriseerde weggebruikers te vormen, zoals de zogenoemde *Groene wandeling* van ongeveer 63 km die Brussel als een ring omsluit. Al deze groene ruimten samen beslaan een totale oppervlakte van 8 000 ha, wat overeenstemt met de helft van het grondgebied. Dat maakt Brussel tot één van de groenste hoofdsteden in Europa.

In tegenstelling met trottoirs in de bebouwde kom zijn verhardingen in groengebieden voornamelijk voor recreatief gebruik door voetgangers, PBM, fietsers en zelfs ruiters bedoeld. In sommige gevallen bieden zij ook een interessante en veilige alternatieve route voor zogenoemde utilitaire verplaatsingen (bijvoorbeeld woon-werkverkeer).

De verschillende gebruikersgroepen hebben vaak andere noden en behoeften en stellen daarom ook eigen eisen aan de verharding. Ouders met een kinderwagen, ouderen, rollerskaters, fietsers die alleen of met het gezin rijden, enz. verkiezen een verharding met een vlak oppervlak. Terreinfietsers, stappers en joggers geven de voorkeur aan grondwegen of paden met een natuurlijk aanzien. Bij de keuze van het verhardingsmateriaal in groengebieden moet dus rekening worden gehouden met de beoogde doelgroep(en).

De inpassing in de natuurlijke omgeving en de belangen van natuurbehoud zijn andere factoren waarmee rekening moet worden gehouden.

De gebruikers- en milieueisen moeten dus worden afgewogen, om een zo goed mogelijk evenwicht tussen beide te bereiken.

We onderscheiden twee groepen van materialen:

- verharde materialen (beton en asfalt);
- ongebonden en hydraulisch gebonden materialen.



Foto: Leefmilieu Brussel – BIM

Het randstedelijk natuurgebied Zavelenberg in Sint-Agatha-Berchem

De specifieke eisen en aanbevelingen voor de eerste groep zijn eerder (zie 2.2 *Betonverhardingen* en 2.3 *Bitumineuze verhardingen*) al beschreven. Wij behandelen hierna nog twee voor groengebieden bijzonder geschikte varianten: *uitgewassen beton* en *ecologisch asfalt*.

De tweede groep omvat materialen die goedkoop en eenvoudig aan te brengen zijn. Zij zijn echter minder duurzaam dan verharde materialen. Zij roepen veeleer een landelijke sfeer op en gaan uitstekend in het omringende landschap op.

2.4.1 Uitgewassen beton

Door het ruime aanbod van aggregaten (kleur, korrelmaat en samenstelling) kan uitgewassen beton harmonieus in om het even welke groene omgeving worden ingepast. Ook pigmenten kunnen worden toegevoegd, wat de waaier aan kleurvarianten nog vergroot.

Deze bijzondere oppervlakbehandeling is uitvoerig beschreven in 2.2.3.



Toerit van uitgewassen beton naar de spoorwegwandering in Woluwe

2.4.2 Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt kan zeer goed in een natuurlijke omgeving worden ingepast. In tegenstelling met klassiek asfalt – dat met bitumen afkomstig van petroleumraffinage is gebonden – bevat ecologisch asfalt een bindmiddel op basis van uitsluitend plantaardige oliën en harsen. Het bindmiddel is dus milieuvriendelijk door zijn samenstelling en maakt het bovendien mogelijk het asfalt bij een aanzienlijk lagere temperatuur (120°C) dan klassiek asfalt (160°C) te bereiden. Ecologisch asfalt wordt in een klassieke menginstallatie bereid en met klassiek materieel aangebracht. Het kan ook worden gekleurd.



Oppervlakttextuur van ecologisch asfalt

2.4.3 Ongebonden materialen

Door het ruime aanbod van gekleurde **aggregaten** kunnen ongebonden materialen harmonieus in tal van natuurlijke omgevingen worden ingepast.

Ongebonden materialen zijn mengsels van zand of **grindzand** met water. De keuze van de bestanddelen hangt onder meer af van de gewenste kleur.

De verwerkingsdikte wordt bepaald door de kwaliteit van de **ondergrond**. Voor **grindzand** is een verwerkingsdikte van ten minste 10 cm aangewezen, om de aanbrenging te vergemakkelijken. Voor zand is een verwerkingsdikte van ten minste 4 cm aanbevolen.



Foto: Leefmilieu Brussel – BIM

Verharding van ongebonden porfiersteenslag

Het natmaken van de materialen vindt in situ of in een menginstallatie plaats. Ze worden meestal machinaal verwerkt en met een lichte gladde trilwals en/of bandenwals verdicht. Voor een goede vlakheid wordt het oppervlak met een gladde wals afgewerkt. Omdat ze gevoelig zijn voor schommelingen in de waterdosering mogen ze niet bij slecht weer worden verwerkt.

2.4.4 Hydraulisch gebonden materialen

Hydraulisch gebonden materialen bieden een tussenoplossing tussen ongebonden en verharde materialen.

Net zoals ongebonden materialen kunnen zij door het ruime aanbod van gekleurde **aggregaten** in om het even welke natuurlijke omgeving worden ingepast.

Een hydraulisch gebonden materiaal is een mengsel van zand of **grindzand** met een smalle **gradering**, water, een hydraulisch bindmiddel en eventueel een bindingsvertrager. De hydraulische binding zorgt op middellange termijn voor de cohesie in het materiaal. De verwerking dient zorgvuldig te gebeuren, zodat egaliseren met aanvullend materiaal overbodig is en delaminatie (dat wil zeggen verbreking van de hechting tussen twee lagen) wordt voor-

komen. Onmiddellijk na de verdichting wordt een gelijksoortig **nabehandelmiddel** als bij beton aangebracht, om uitdroging van het oppervlak en cohesieverlies in het materiaal tegen te gaan. Naast de geëiste mechanische kenmerken wordt de keuze van de **aggregaten** door de gewenste kleur beïnvloedt. De mengverhouding van het bindmiddel bedraagt 3,5 tot 8%. Het bindmiddel is meestal cement, maar kan ook hoogovenslak, kiezelhoudend as, luchtkalk of andere puzzolanen bevatten.

Afhankelijk van het beoogde gebruik wordt hydraulisch gebonden materiaal in lagen van 6 tot 15 cm dik verwerkt. De **duurzaamheid** hangt af van de mengverhouding van het bindmiddel. Afhankelijk van die dosering is het materiaal meer of minder gevoelig voor uitspoeling.

De menging vindt doorgaans in een menginstallatie plaats, maar kan voor kleine hoeveelheden ook op de bouwplaats gebeuren. Het mengsel wordt handmatig verwerkt, met een trilwals verdicht en besproeid om de binding te bevorderen. Om oppervlakschade te voorkomen, mag de weg pas na een wachttijd voor het verkeer worden opengesteld. Omdat het materiaal gevoelig voor schommelingen in de waterdosering is, mag het niet bij slecht weer worden verwerkt.

2.5 Podotactiele elementen

2.5.1 Algemeen

Personen met beperkte mobiliteit en in het bijzonder personen met een visuele handicap moeten zich zelfstandig en veilig kunnen verplaatsen. Daarom moeten oversteekplaatsen, openbaarvervoerhalten, trappen en andere gevaarlijke plekken in de openbare ruimte voelbaar worden aangeduid. Dit kan met *podotactiele elementen*.

Omdat podotactiele betontegels een tiental jaar geleden als eerste op de Belgische markt verschenen en hoewel sindsdien nieuwe concepten hun intrede hebben gedaan (zie verder), worden al deze elementen gewoonlijk

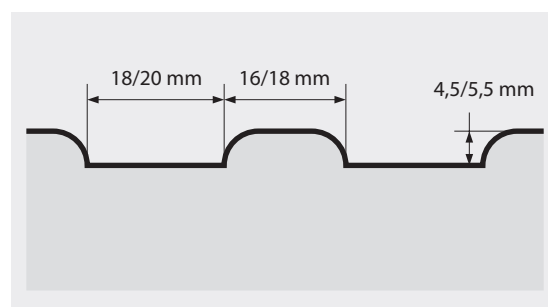
(en overigens ook in de GSV) “podotactiele tegels” genoemd. Om verwarring te vermijden, wordt er in deze aflevering naar verwezen als *podotactiele elementen* of *podotactiele toepassingen*.

We onderscheiden drie soorten van podotactiele toepassingen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest.

1. Geleidelijn

Geleidelijnen moeten personen met een visuele handicap helpen bij het zich-oriënteren en een veilig traject aanduiden. Ze bestaan uit *ribbeltegels* die zijn georiënteerd om de looprichting aan te wijzen. Ze moeten stroef zijn (dat wil zeggen een goede grip op het oppervlak bieden, ook bij regenweer). Ze moeten zowel met de voet en de blindenstok duidelijk voelbaar als met het oog waarneembaar zijn. Ze worden toegepast om:

- de looprichting van een voetgangersoversteekplaats aan te wijzen;
- naar openbaarvervoerhalten te geleiden;
- te helpen bij het zich-oriënteren op plaatsen die tot verwarring kunnen leiden (bijvoorbeeld pleinen).

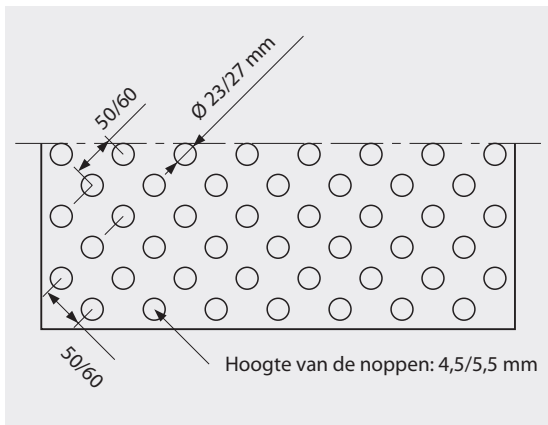


Profiel van een geleideteegel

2. Waarschuwingsmarkering

Waarschuwingsmarkeringen zijn eigenlijk *noppentegels* om personen met een visuele handicap voor gevaar te waarschuwen. Ze moeten stroef zijn (dat wil zeggen een goede grip op het oppervlak bieden, ook bij regenweer). Ze moeten zowel met de voet en de blindenstok duidelijk voelbaar als met het oog waarneembaar zijn. Ze worden toegepast:

- aan weerszijden van een voetgangersoversteekplaats;
- aan de opstap van een trap of een roltrap;
- aan de rand van een perron.

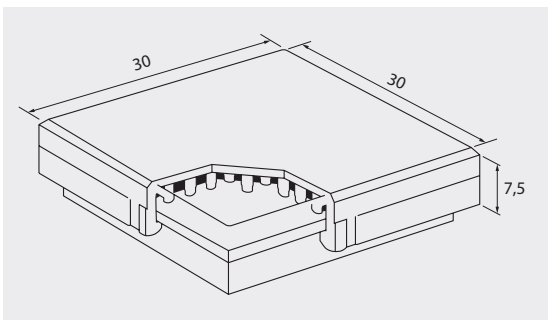


Noppenpatroon

3. Informatiemarkeringen

Informatiemarkeringen zijn *soepele tegels* om personen met een visuele handicap erop te wijzen dat zich op die plaats informatie bevindt of dat de geleidelijn van richting verandert. Ze moeten stroef zijn (dat wil zeggen een goede grip op het oppervlak bieden, ook bij regenweer). Ze moeten zowel met de voet en de blindenstok duidelijk voelbaar als met het oog waarneembaar zijn. Ze worden toegepast om:

- openbaarvervoerhalten aan te duiden;
- een richtingverandering van een geleidelijn aan te duiden;
- de aanwezigheid van een loket of een lift aan te duiden.



Profiel van een soepele tegel voor informatiemarkeringen

De kleur van de podotactiele elementen moet voldoende contrasteren met die van de verharding ernaast.

Om het beoogde effect te hebben, moeten voor de inplanting welbepaalde regels worden gevolgd. De regels in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest zijn uitvoerig beschreven in het *Vademecum Personen met beperkte mobiliteit in de openbare ruimte* (punt 6).

2.5.2 Soorten van podotactiele elementen

2.5.2.1 Podotactiele betontegels

Podotactiele betontegels worden al vele jaren in twee varianten (ribbels en noppen) op de Belgische markt aangeboden. Ze komen dan ook vaak voor in voetgangersvoorzieningen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest.

Voor een vlotte en duurzame uitvoering verloopt de aanbrenging als volgt:

1. de verharding wordt over de hele zone aangebracht;



Geleidetegels (ribbels) en waarschuwingtegels (noppen) van beton aan een oversteekplaats



Foto: Gamah asbl

Aanbrenging van podotactiele betontegels

2. het tracé van de podotactiele elementen wordt volgens de regels voor de inplanting op de grond zorgvuldig aangeduid;
3. er wordt een opening in de bestaande verharding gemaakt;
4. straatlaag:
 - bij een **elementenverharding** moet de straatlaag gaaf en overal even dik zijn (30 mm met een toegestane afwijking van 5 mm). Omdat een verschil in dikte van de straatlaag onder de podotactiele tegels de **duurzaamheid** van de constructie zou aantasten, moeten **elementen met dezelfde dikte als de aangrenzende klassieke tegels** worden gekozen. Podotactiele betontegels zijn dan ook beschikbaar in verschillende dikten;
 - bij een **asfaltverharding** worden de **toplaag** (de bovenste asfaltlaag) en de onderliggende laag verwijderd, zodat de funderingslaag komt bloot te liggen. Daarop wordt een straatlaag met een aanbevolen

dikte van ten minste 30 mm aangebracht. De aan te brengen dikte verschilt naar gelang van de dikte van de verwijderde asfaltlagen;

5. de podotactiele elementen worden in de uitgezaagde opening op hetzelfde niveau als de bestaande verharding gelegd. Het laagste punt van de ribbels of noppen bevindt zich dus op dezelfde hoogte als het bovenvlak van de bestaande verharding, zodat zich geen water of vuil kan ophopen en de podotactiele elementen goed tegen de klassieke verharding afsteken;
6. voegvulling:
 - bij een **elementenverharding** worden de voegen gevuld met natuurlijk of kunstmatig zand volgens het standaardbestek TB 2011;
 - bij een **asfaltverharding (van het type AB)** worden zowel de voegen tussen de asfaltverharding en de betontegels als de voegen tussen de tegels gevuld met voegmateriaal volgens de bepalingen in F.2.2.8.9.2 van het standaardbestek TB 2011, zodat geen water in de constructie dringt en schade aan de asfaltverharding wordt vermeden.

Voordelen

- Goede **duurzaamheid**.
- Verenigbaar met de gangbare verhardingen voor voetgangersvoorzieningen (met uitzondering van bepaalde verhardingsmaterialen voor groengebieden).

Nadelen

- Niet gemakkelijk aan te brengen (uitzagen en verwijderen van de bestaande verharding).
- Kunnen niet aan putdeksels, enz. worden aangebracht.

2.5.2.2 Soepele tegels

Net zoals de vorige soort zijn ook de zogenoemde soepele tegels al vele jaren beschikbaar op de Belgische markt. Zij lenen zich uitstekend voor informatiemarkeringen, waarbij enige soepelheid van het materiaal is vereist. Er zijn twee varianten: betontegels met een bovenlaag van soepel materiaal zoals rubber of gerecyclede stoffen (bijvoorbeeld voor

speelpleinen) en elementen die volledig uit soepel materiaal bestaan.

In het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest moet een podotactiele zone van soepel materiaal ten minste 90 cm x 90 cm groot zijn.

De wijze van aanbrenging verschilt slechts op de volgende punten van die van podotactiele betontegels (zie 2.5.2.1):

- ze worden uitsluitend op een straatlaag van zand aangebracht;
- het oppervlak van een podotactiele zone van soepel materiaal (90 cm x 90 cm) mag geen voegen vertonen. Daarom moeten elementen goed aansluitend worden gelegd. Sommige fabrikanten vervaardigen ook elementen van 90 cm x 90 cm groot.



Soepele tegels aan een bushalte

Voordelen

- Verenigbaar met de gangbare verhardingen voor voetgangersvoorzieningen (met uitzondering van bepaalde verhardingsmaterialen voor groengebieden).

Nadelen

- Niet gemakkelijk aan te brengen (uitzagen en verwijderen van de bestaande verharding).
- Weinig duurzaam (indringend water, loskomen en breken van het materiaal, enz.).
- Kunnen niet aan putdeksels, enz. worden aangebracht.

2.5.2.3 Podotactiele natuursteentegels

Podotactiele tegels van natuursteen worden voornamelijk om esthetische en architecturale redenen toegepast. Zo kunnen in voetgangersvoorzieningen met een natuursteenverharding tegels van blauwe steen met uitgehouwen ribbels en noppen worden verwerkt. Andere podotactiele toepassingen zijn echter niet mogelijk. Bij de uitvoering moet nauwlettend op de naleving van de voorgeschreven hoogte, breedte en afstand voor ribbels of noppen in het Vademecum *Personen met beperkte mobiliteit in de openbare ruimte* worden toegezien.

De wijze van aanbrenging is dezelfde als voor podotactiele betontegels.

Voordelen

- Goede [duurzaamheid](#).
- Goed verenigbaar met elementenverhardingen.
- Fraai esthetisch aanzien, harmonieuze inpassing in de omgeving.

Nadelen

- Niet gemakkelijk aan te brengen (uitzagen en verwijderen van de bestaande verharding).
- Kunnen niet aan putdeksels, enz. worden aangebracht.
- Kostprijs (meestal op maat uitgehouwen).
- Contrasteren soms onvoldoende met de aangrenzende verharding (zie foto hieronder).



Podotactiele tegels van blauwe steen

2.5.2.4 Koud opgelijmde podotactiele tegels

Een recente techniek bestaat erin, podotactiele tegels direct op de bestaande verharding te kleven. De geprefabriceerde elementen van hars of glasvezel zijn beschikbaar als ribbel- en noppentegels in verschillende afmetingen. Ze zijn enkele mm dik. Sommige producten worden met een stroever, slipvrij oppervlak (dat wil zeggen met een sterkere **macrotex-tuur**) vervaardigd, om een goede grip op het oppervlak te bieden.

De aanbrenging van koud opgelijmde podotactiele tegels verloopt in fasen volgens de instructies van de fabrikant:

1. de verharding wordt schoongeveegd, zodat geen stof en vuil achterblijft en een gaaf oppervlak wordt verkregen;
2. de podotactiele zone wordt met kleefband afgebakend;
3. op het oppervlak wordt een tweecomponentenlijm aangebracht;
4. de tegels worden op het oppervlak gekleefd;
5. de voegen worden met droog zand afgestrooid;
6. de kleefband wordt verwijderd. Het zand wordt aan de randen licht aangedrukt, om een afgeschuinde voegrand te verkrijgen.



Foto: asbl Cammah

Koud opgelijmde podotactiele tegels

Voordelen

- Gemakkelijk en snel aan te brengen.
- Kunnen aan putdeksels, enz. worden aangebracht mits de deksels en andere toebehoren na het openen goed worden teruggeplaatst.
- Beschikbaar in diverse kleuren, zodat een goed contrast met de bestaande verharding kan worden gerealiseerd.

Nadelen

- Hoewel de prestaties op langere termijn nog niet konden worden onderzocht, ziet het ernaar uit dat deze podotactiele toepassing een goede **duurzaamheid** en sterkte bezit. Die hangen echter in hoge mate af van de wijze van aanbrenging en de keuze van een geschikte lijm. De podotactiele tegels moeten goed aan de bestaande verharding hechten, zodat er geen water kan indringen.

2.5.2.5 Warm opgekleefde podotactiele tegels

Warm opgekleefde podotactiele elementen zijn beschikbaar als ribbel- en noppentegels in diverse afmetingen. Ze zijn enkele mm dik en slipvrij door de stroefmakende **aggregaten** in het oppervlak.

De aanbrenging van warm opgekleefde podotactiele elementen verloopt in fasen volgens de instructies van de fabrikant:



Warm opgekleefde podotactiele tegels

1. de podotactiele zone wordt afgebakend;
2. de verharding wordt schoongeveegd en met een gasbrander verwarmd;
3. op de verharding wordt een kleefmat aangebracht;
4. de kleefmat wordt tot het smeltpunt verwarmd;
5. op deze smeltende kleefmat wordt het geprefabriceerde thermoplastische product gelegd;
6. de twee lagen worden met een rol aangedrukt om ze op elkaar te doen kleven en de randen af te schuinen.

Voordelen

- Gemakkelijk en snel aan te brengen.
- Kunnen aan putdeksels, enz. worden aangebracht mits de deksels en andere toebehoren na het openen goed worden teruggeplaatst.

Nadelen

- Worden redelijk snel vuil.
- Hoewel de prestaties op langere termijn nog niet konden worden onderzocht, ziet het er naar uit dat deze podotactiele toepassing een goede **duurzaamheid** en sterkte bezit. Die hangen echter in hoge mate af van de wijze van aanbrenging en de keuze van een geschikte lijm. De podotactiele tegels moeten goed aan de bestaande verharding hechten, zodat er geen water kan indringen.

2.5.2.6 “Klinknagel”-markering

“Klinknagel”-markering is een nieuwe techniek die recentelijk uit het buitenland naar België is overgewaaid. Bij wijze van waarschuwingsmarkering worden punaises van roestvrij staal, die even groot zijn als de noppen van podotactiele tegels, direct in de bestaande verharding vastgezet. Zo wordt een oneffen oppervlak verkregen dat toch voldoende stroef (en dus slipvrij) is en vaak harmonieuzer in de omgeving past.

De aanbrenging van “klinknagel”-markeringen verloopt als volgt:

1. de podotactiele zone wordt afgebakend;
2. op de **ondergrond** wordt een mal gelegd, met openingen volgens het genormaliseerde patroon;
3. via deze openingen worden gaten in de verharding geboord;



“Klinknagel”-markering en “epoxy”-geleidelijn

4. in deze gaten worden punaises vastgezet, met een tweecomponentenlijm als de **ondergrond** een asfaltverharding is en met pluggen als de **ondergrond** een elementenverharding is;
5. de pluggen worden met een hamer ingeslagen.

Er bestaan ook geprefabriceerde “klinknagel”-tegels, die gemakkelijker aan te brengen zijn.

Voordelen

- Fraai esthetisch aanzien, goede inpassing in de omgeving.
- Goede **duurzaamheid**.

Nadelen

- Niet gemakkelijk aan te brengen (met uitzondering van geprefabriceerde “klinknagel”-tegels).
- Weinig verenigbaar met sommige elementenverhardingen (pluggen vastgezet in voegen) en verhardingsmaterialen voor groengebieden (met uitzondering van geprefabriceerde “klinknagel”-tegels).
- Kunnen niet aan putdeksels, enz. worden aangebracht.

2.5.2.7 “Epoxy”-geleidelijn

Een nieuwe techniek die steeds vaker in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest en in het bijzonder op het openbaarvervoernet van de MIVB wordt toegepast, bestaat erin een epoxyhars (hars + verharder) direct op de verharding te spreiden voor markeringen in de vorm van geleidetegels. “Epoxy”-geleidelijnen bieden een stroef oppervlak en een bijzonder esthetisch aanzien dat vaak harmonieuzer in de omgeving past.

De aanbrenging van “epoxy”-geleidelijnen verloopt als volgt:

1. de podotactiele zone wordt afgebakend;
2. op de **ondergrond** wordt met behulp van een laserpointer in een rechte lijn een mal met gleuven gelegd;
3. via de gleuven worden groeven in de bestaande verharding gekerfd;
4. in de groeven wordt epoxyhars verwerkt;

5. het hars laten drogen. De droogtijd hangt af van het toegepaste epoxy materiaal en de weersomstandigheden;
6. de mal wegnemen.

Voordelen

- Gemakkelijk en snel aan te brengen.
- Fraai esthetisch aanzien, goede inpassing in de omgeving.



“Epoxy”-geleidelijn

Nadelen

- Niet verenigbaar met betonstraatsteenverhardingen. Moet op een stabiele, vlakke en homogene **ondergrond** van beton of tegels worden aangebracht.
- Kan niet aan putdeksels, enz. worden aangebracht.
- Hoewel de prestaties op langere termijn nog niet konden worden onderzocht, ziet het ernaar uit dat deze podotactiele toepassing minder duurzaam en sterk is dan podotactiele tegels van beton of natuursteen.

2.5.3 Conclusie

Op de Belgische markt zijn steeds meer soorten van podotactiele elementen beschikbaar. De keuze van het materiaal hangt onder meer af van de gewenste podotactiele markering (geleidelijn, waarschuwingmarkering of informatiemarkering), de soort en de dikte van de bestaande verharding (voor podotactiele betontegels), het esthetische aanzien en de harmonieuze inpassing in de omgeving, de aanwezigheid van putdeksels en andere toebehoren, en de beschikbare financiële middelen.

Ten slotte is ook de **duurzaamheid** een belangrijke invloedsfactor bij de keuze. Omdat het vaak om recente technieken gaat, bestaan hierover echter weinig of geen wetenschappelijke onderzoeksgegevens die als objectieve criteria bij de keuze kunnen worden gebruikt.



3- Gebruikerseisen – Beschrijving, toetsing van de materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

Voetgangers hebben recht op veilige, comfortabele, aantrekkelijke en aangepaste infrastructuur. Als deze eisen naar de verharding wordt vertaald, gaat het in het bijzonder om vlakheid, stabiliteit, stroefheid (voor een goede grip op het oppervlak), een obstakelvrij parcours, waterafvoer, leesbaarheid en zichtbaarheid, en netheid.

In dit hoofdstuk worden de bovenvermelde gebruikerseisen volgens een gelijksoortig stramen behandeld. Eerst worden de criteria uit oogpunt van de gebruiker beschreven. Vervolgens worden de prestaties van de beschouwde verhardingsmaterialen aan deze criteria afgetoetst. Ten slotte worden specifieke aanbevelingen gedaan om de materialen zo goed mogelijk aan de criteria te doen beantwoorden.

Met deze analyse kan de lezer nagaan of een bepaald verhardingsmateriaal al of niet aan de gebruikerseisen voldoet.

Deze eisen zijn van toepassing op zowel doorlopende gedeelten (trottoirs) als voetgangersoversteekplaatsen. Looproutes moeten immers als een samenhangend geheel worden ontworpen en gerealiseerd.

3.1 Vlakheid

Onvlakheid ontstaat door oneffenheden in het wegdek. **Onvlakheid** wordt doorgaans in twee vormen onderkend: langsonvlakheid en dwarsonvlakheid. De eerste houdt verband met voetgangerscomfort, de tweede met **spoorvorming**.



Een vlak en comfortabel loopoppervlak is onmisbaar voor alle gebruikers

Een comfortabele voetgangersinfrastructuur is dus vlak, zonder oneffenheden in het verhardingsoppervlak.

3.1.1 Gebruikerseisen

Oneffenheden in het oppervlak veroorzaken nekpijn of andere hinder bij rolstoelgebruikers, kinderen in een kinderwagen worden dooreen geschud en ouderen hebben het nog moeilijker om hun evenwicht te bewaren. Ook gewone, alerte voetgangers kunnen over een oneffenheid struikelen of zelfs ten val komen en zich blesseren (bijvoorbeeld enkelverzwikting). Een goede vlakheid is dus onmisbaar voor het comfort én de veiligheid van de gebruikers.

Onvlakheid geeft vaak aanleiding tot stilstaand water op het oppervlak met comfortverlies voor de gebruikers (natte voeten door opspattend water) als gevolg. Stilstaand water kan in de constructie dringen en op termijn de **duurzaamheid** (lees: stabiliteit) van de verharding aantasten.

3.1.2 Voornaamste oorzaken van onvlakheid

Onvlakheid kan worden veroorzaakt door:

- een ongeschikte, want ronde of oneffen verharding (zie 3.1.3);
- niveauverschillen in de verharding, in het bijzonder tussen elementen van een modulaire verharding;
- overgangen in het verhardingsoppervlak (plaatselijke reparaties, ingrepen aan ondergrondse kabels en leidingen, aansluitingen tussen verschillende aangrenzende materialen, enz.);
- een beschadigde verharding. Schade kan vooral ontstaan aan delen onder verkeer zoals inritten of plaatsen waar vaak fout wordt geparkeerd. Ze kan ook het gevolg zijn van materiaalonthoofden, een onzorgvuldig ontwerp of een gebrekkige uitvoering. De voornaamste schadegroepen zijn:
 - scheurvorming (langs-, dwars- of **netscheuren**);
 - vervorming (golven, verzakkingen als gevolg van een gebrekkige waterafvoer);
 - gaten door elementenverlies;



Vlakke bestrating van blauwe steen



Oneffen loopoppervlak als gevolg van materiaalverlies



Bestrating met ronde straatkeien en te brede voegen

- aansluitingen tussen de verharding en boomroosters, putdeksels, enz.;
- langs- en dwarsvoegen, in het bijzonder als ze onzorgvuldig ontworpen, gebrekkig uitgevoerd of slecht onderhouden zijn (lege, te smalle of te brede voegen, een ongeschikt **legverband**, enz.). Een verharding met lege of te brede voegen of een ongeschikt **legverband** is bijvoorbeeld moeilijk begaanbaar voor personen op hoge hakken (hun steunvlak is beperkt);
- de (on)vlakheid en voorbereiding van funderingslagen, straatlaag (voor elementenverhardingen) of bitumineuze **onderlagen** (voor asfaltverhardingen);
- ongelijkmatige dikte van de samenstellende lagen van de constructie;
- een ongelijkmatige **macrottextuur**.

Een optimale vlakheid hangt dus voornamelijk af van de keuze van het juiste materiaal, een vakkundige uitvoering en een efficiënt onderhoud. Hier zij opgemerkt dat **onvlakheid** soms aanleiding kan geven tot het ontstaan van fysieke obstakels zoals opstuwende boomwortels (zie 3.4).

3.1.3 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

3.1.3.1 Elementenverhardingen

Bij elementenverhardingen hangt de vlakheid af van een aantal parameters zoals de soort en de afmetingen van de elementen, het **legverband**, de voegbreedte, enz. In tegenstelling met andere verhardingen (bijvoorbeeld betonverhardingen) zijn elementenverhardingen weinig bestand tegen opstuwende boomwortels, wat aanleiding kan geven tot **onvlakheid**.

Betonstraatstenen en -tegels

De vlakheid van verhardingen met betonstraatstenen en -tegels wordt gemeten met een rei van 3 m. Oneffenheden mogen niet groter zijn dan 5 mm. Het niveauverschil tussen nevenliggende elementen mag niet meer dan 2 mm bedragen.

De vlakheid van verhardingen met betonstraatstenen en -tegels hangt af van een aantal parameters zoals de afmetingen van de elementen,

het **legverband**, de velling en de voegbreedte. Hoewel dit aspect niet nader is onderzocht, worden deze verhardingen omwille van de talrijke voegen, die vooral voor rolstoelgebruikers hinderlijk zijn, als **redelijk vlak** beschouwd.

Aanbeveling

Het is raadzaam trottoirs onder (occasioneel) verkeer niet met betontegels 30 cm x 30 cm uit te voeren.

Bij de heraanleg van bestaande trottoirs worden deze tegels overigens steeds vaker (en voor gewestwegen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest zelfs systematisch) door betonstraatstenen 20 cm x 20 cm of 22 cm x 22 cm vervangen.

Straatkeien en natuursteentegels

De vlakheid van verhardingen met straatkeien of natuursteentegels wordt gemeten met een rei van 3 m. Oneffenheden mogen niet groter zijn dan 5 mm voor natuursteentegels, of 10 mm voor straatkeien.

Net zoals bij betonstraatstenen en -tegels hangt de vlakheid van verhardingen met straatkeien of natuursteentegels af van de afmetingen van de elementen, het **legverband** en de voegbreedte. Verhardingen met gezaagde keien worden als **redelijk vlak** beschouwd, verhardingen met niet-gezaagde keien als **weinig vlak**.

Aanbeveling

Voor een betere vlakheid is het raadzaam gezaagde straatkeien toe te passen.

Kleiklinkers

De vlakheid van verhardingen met kleiklinkers wordt met een rei van 3 m gemeten. Oneffenheden mogen niet groter zijn dan 5 mm.

Omdat de Europese norm NBN EN 1344 voor kleiklinkers in vergelijking met betonstraatstenen en -tegels grotere maximale maatafwijkingen toelaat, vertonen klinkerverhardingen bredere en variabelere voegen. Het bovenvlak van kleiklinkers is vlakker dan dat van niet-gezaagde straatkeien. Daarom worden verhardingen met kleiklinkers als **redelijk vlak** beschouwd.

3.1.3.2 Betonverhardingen

Betonverhardingen worden doorgaand gestort en vertonen slechts enkele voegen op een regelmatige afstand van elkaar (zie 2.2.2).

Als de glij**bekisting**smachine goed is ingesteld, de betonsamenstelling constant is en de betonaanvoer niet wordt onderbroken, kan een **zeer vlak** betonoppervlak worden gerealiseerd.

Als met vaste **bekistingen** moet worden gewerkt, wordt de betonspecie met een handbediende **trilbalk** en **trilnaalden** verdicht.

Aanbevelingen

Voor een goede vlakheid is het van essentieel belang dat:

- de stroken voor de rupsbanden van de glij**bekisting**smachine goed vlak, voldoende draagkrachtig en obstakelvrij zijn;
- de betonaanvoer niet wordt onderbroken;
- de betonspecie een aangepaste en constante samenstelling heeft;
- de krimpvoegen tijdig op de juiste diepte en afstand van elkaar worden ingezaagd, om wilde scheurvorming te voorkomen;
- niet meer uitzetvoegen dan nodig worden aangebracht, om trapjesvorming tegen te gaan;
- bij de ontwerpdikteberekening de verwachte **verkeersbelasting** wordt ingeschat en het draagvermogen van de aanwezige grond en eventuele fundering worden geverifieerd, om indien nodig een extra fundering of een grotere dikte van de betonverharding te voorzien.

3.1.3.3 Bitumineuze verhardingen

Bitumineuze verhardingen en in het bijzonder (machinaal verwerkt) asfaltbeton of gietasfalt kunnen doorgaand worden aangebracht. Zij vertonen dan ook geen naden of oneffenheden en bieden een **optimale vlakheid** en een zeer comfortabel loopoppervlak.

Voor een goede vlakheid van de **toplaag** zijn ook de vlakheid en het draagvermogen van de **ondergrond** van belang. De **ondergrond** is de laag waarop de nieuwe verharding(slaag) wordt aangebracht. Elke laag dient als **ondergrond** voor de volgende. Naargelang van de toepassing kan het dus om de fundering, een

gefreesd oppervlak (bij een **inlay**) of het oppervlak van de bestaande verharding (bij een **overlaging**) gaan.

Warm bereid asfalt

Standaardbestek TB 2011 stelt geen specifieke eisen aan de vlakheid van asfaltverhardingen voor voetgangersvoorzieningen. Wel kan worden uitgegaan van de eisen voor de vlakheid van verhardingen voor fietsvoorzieningen.

De vlakheid van een asfaltverharding wordt gemeten met een rei van 3 m. Volgens de bepalingen in het standaardbestek TB 2011 (F.2.3.2.1 en E.4.2.2.3) mogen oneffenheden niet groter zijn dan:

- 7 mm voor de eerste asfalt**onderlaag** (aangebracht op de funderingslaag);
- 5 mm voor de andere asfalt**onderlagen** en de **toplaag**.

Voor funderingslagen gelden de volgende eisen:

- 15 mm voor funderingen van steenslag of zandcement;
- 10 mm voor funderingen van **schraal beton**.

De vlakheid van een asfaltverharding hangt in grote mate af van de voorbereiding van de **ondergrond** en de wijze van aanbrenging (machinaal of handmatig). Een machinale verwerking biedt de beste garantie op een goede vlakheid.

Voorts dient met de volgende aspecten rekening te worden gehouden:

- als flexibel materiaal past asfaltbeton zich redelijk goed aan differentiële zettingen in de **ondergrond** aan en helpt zo kleinere variaties in de vlakheid te ondervangen. Bij te grote vervormingen is dat echter niet mogelijk en ontstaan hinder (comfortverlies, stilstaand water) en scheurvorming;
- asfaltbeton is gevoelig voor blijvende vervorming (**spoorvorming** en ribbelforming). In overrijdbare gedeelten zoals verhoogde voetgangersoversteekplaatsen en inritten voor zwaar verkeer waarvan de opbouw niet op de optredende **verkeersbelastingen** is berekend, kan dit aanleiding geven tot **onvlakheid** en comfortverlies. Om dit tegen te gaan, moet

bij de ontwerpdikteberekening en het mengselontwerp rekening worden gehouden met het verwachte verkeer (zie TB 2011, F.2.2.5). Stijvere mengsels zijn minder gevoelig voor **spoorvorming** maar moeilijker te verwerken. Voor een goede **duurzaamheid** is dan ook een machinale verwerking aanbevolen. Op het te verhardende oppervlak mogen zich echter geen obstakels bevinden.

Aanbevelingen

Voor een goede vlakheid gelden de volgende vuistregels:

- de **ondergrond** is vlak en bezit een goed draagvermogen;
- de hoogteregeling voor de aan te brengen laag wordt zorgvuldig ingesteld;
- lagen worden in een zo gelijkmatig mogelijke dikte gestort;
- de vrachtwagens die de **asfaltspreidmachine** bevoorraden, worden voorzichtig bestuurd. Ze mogen niet te bruusk tegen de machine aanrijden en storten gelijkmatig aan;
- de **asfaltspreidmachine** houdt een constante voortgangssnelheid aan;
- het peil van het asfalt in de storttrechter is zo constant mogelijk;
- het pas gestorte asfalt wordt degelijk en gelijkmatig voorverdicht;
- op de banden of de rollen van de walsen mag geen asfalt blijven kleven;
- **rijsporen** die tijdens het walsen ontstaan, worden goed weggewerkt;
- de aandrijfrol van de wals wordt ten opzichte van de werkrichting ingesteld;
- bij het verdichten wordt van walsstrook veranderd op asfalt dat voldoende is afgekoeld;
- bij het gebruik van trilwalsen wordt het trilmechanisme bij de laatste overgangen afgezet;
- geen machines laten stilstaan op pas aangebracht asfalt;
- langse en dwarse stortnaden worden verzorgd uitgevoerd.

Gietasfalt

De vlakheid hangt in grote mate af van de vlakheid en de voorbereiding van de **ondergrond**. Volgens standaardbestek TB 2011 mogen oneffenheden van de **ondergrond** niet groter zijn dan:

- 6 mm onder de rei van 3 m;
- 3 mm onder de rei van 20 cm.

Gietasfalt wordt doorgaans handmatig verwerkt en niet verdicht. Het (mastiëkrijke) mengsel wordt door de zwaartekracht en met behulp van een hark of schep gespreid.

Aanbevelingen

- Bij wijze van bekisting aan weerszijden van het te behandelen oppervlak latten met de gewenste dikte aanbrengen.
- Als het te behandelen oppervlak voldoende lang en breed is, kan het gietasfalt machinaal worden aangebracht om een betere vlakheid te verkrijgen. Bij korte en/of smalle gedeelten of oppervlakken met een ingewikkelde geometrie is een machinale verwerking echter moeilijk of zelfs onmogelijk.
- In voorkomend geval kan het pas gestorte asfaltoppervlak afgestreeken, geëgaliseerd en met zand afgestrooid worden.



Egaliseren van gietasfalt



Afstrijken van gietasfalt

Bestrijkingen

Met een bestrijking kunnen oneffenheden in een bestaande verharding niet worden weg-gewerkt. Deze oppervlakbehandeling is wel geschikt om de stroefheid en de ondoorlatendheid te herstellen.

Aanbevelingen

Als ook de vlakheid van de bestaande **ondergrond** moet worden hersteld, dient eerst een **profileerlaag** en pas dan de bestrijking te worden aangebracht. Dit verhoogt echter het wegniveau. Er moet dus worden nagegaan of dit geen probleem vormt voor de bestaande aansluitingen, kolken, goten en inritten.

Slemlagen

Lichte **onvlakheid** (bijvoorbeeld spoordiepten of oneffenheden van ten hoogste 2 cm) kan met een eerste uitvulslemlaag worden weg-gewerkt. De tweede slemlaag bezorgt het oppervlak de gewenste stroefheid en een egaal esthetisch aanzien.

Aan uitstekende obstakels kunnen slemlagen gemakkelijk handmatig worden verwerkt.

Aanbevelingen

Een bestaande elementenverharding kan met een tweelaagse slem worden overlaagd. Een eerste slemlaag (**gradering** 0/2) vult de voegen tussen de modulaire elementen. De tweede slemlaag (bijvoorbeeld **gradering** 0/4 met een bepaalde kleur) bezorgt het oppervlak de gewenste stroefheid en een fraai esthetisch aanzien. Het patroon van de elementenverharding blijft echter zichtbaar.

3.1.3.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Uitgewassen beton is eigenlijk klassiek beton met een specifieke oppervlakbehandeling. Naargelang van de toegepaste behandeling biedt het een **goede tot zeer goede vlakheid**.

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaar-

dige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Als de aanbevelingen voor klassieke asfaltmengsels worden gevolgd, kan ook met ecologisch asfalt een oppervlak met een **optimale vlakheid** worden gerealiseerd.

Ongebonden en hydraulisch gebonden materialen

Verhardingen van ongebonden en hydraulisch gebonden materialen zijn **weinig vlak**. Uit oogpunt van comfort zijn ze niet geschikt voor rollerskaters en PBM.

3.2 Stabiliteit

Een stabiele verharding is steeds goed in evenwicht en bezwijkt niet. Ze is bestand tegen zettingen en gewone spanningen.

3.2.1 Gebruikerseisen

Net zoals een oneffen oppervlak kan een onstabiele verharding de gebruiker zijn evenwicht doen verliezen en zelfs ten val brengen. Bij nat weer kan zich water in de fundering onder het verhardingsmateriaal ophopen. Onder druk van voetstappen wordt water



Losliggende tegels tasten de stabiliteit van de verharding aan

uitgedreven dat voorbijgangers kan onder-spatten. Op termijn wordt de stabiliteit van de constructie aangetast.

Verhardingen voor voetgangersinfrastructuur moeten dus stabiel zijn.

Sommige materialen (bijvoorbeeld elementenverhardingen) verliezen gemakkelijker hun stabiliteit. Om dit tegen te gaan, moeten zij zeer zorgvuldig aangebracht en geregeld onderhouden worden – in het bijzonder aan overrijdbare gedeelten van voetgangersvoorzieningen waar hogere belastingen de stabiliteit van de verharding kunnen aantasten.

Volgens het verkeersreglement is een trottoir het gedeelte van de openbare weg dat in het bijzonder voor het verkeer van voetgangers ingericht en verhard is. Losse materialen zijn niet stabiel en bieden onvoldoende comfort en veiligheid. Rolstoelgebruikers, ouders met een kinderwagen, bezorgers, enz. zakken er gemakkelijk in weg en geraken slechts moeizaam vooruit. Materialen zoals grind en ongebonden dolomiet zijn dan ook niet geschikt voor trottoirs.



Ongeschikt materiaal voor een trottoir

3.2.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

3.2.2.1 Elementenverhardingen

Correct ontworpen en uitgevoerde elementenverhardingen voor voetgangersvoorzieningen bieden een **goede stabiliteit** voor het beoogde gebruik. Omdat ze uitsluitend op voetgangersverkeer zijn berekend, zullen ze onder autoverkeer wellicht wel vervormen.

Bij de dimensionering moet dus steeds rekening worden gehouden met de verwachte **verkeersbelastingen**. Concreet betekent dit meestal:

- de materiaalsoort kiezen;
- de dikte van de samenstellende lagen (fundering, straatlaag, stenen of tegels) bepalen;
- het **legverband** kiezen.

De bepalingen voor de verschillende soorten van modulaire elementen zijn uitvoerig beschreven onder 2.1 van deze aflevering.

Aanbeveling

Door de grotere horizontale afmetingen zullen tegels onder autoverkeer gemakkelijker kantelen. Het is dan ook raadzaam geen tegels toe te passen voor voetgangersvoorzieningen waar (occasioneel) autoverkeer kan optreden (bijvoorbeeld private inritten).

3.2.2.2 Betonverhardingen

Betonverhardingen zijn stijve constructies. Als bovendien bij de ontwerpdikteberekening met de verwachte **verkeersbelastingen** rekening is gehouden, bieden zij een **zeer goede stabiliteit**.

De volgende maatregelen (in de ontwerp- en uitvoeringsfase) kunnen de levensduur nog verlengen:

- de betonspecie op een voldoende draagkrachtige en duurzame **ondergrond** en/of fundering storten, om verzakkingen van betonplaten tegen te gaan;
- de nodige zorg en aandacht aan het voegenpatroon besteden, vooral aan bijzondere punten, om wilde scheurvorming te voorkomen;

- de nodige uitzetvoegen aanbrengen volgens de geldende regels, en vooral aan bijzondere punten, voor en na bochten (met kleine bochtstralen), aan kruispunten en als bij een temperatuur lager dan 15°C wordt gestort, om opstuwen van betonplaten bij warm weer tegen te gaan;
- de betonspecie vakkundig verwerken. Er moet worden toegezien op een constante betonsamenstelling en een goede verdichting (ook aan de randen), het pas gestorte beton moet de eerste drie dagen tegen uitdroging worden beschermd, krimpvoegen moeten tijdig worden ingezaagd, enz.

Aanbeveling

De betonlaag is ten minste 16 cm dik. Afhankelijk van de aanwezige grondsoort en de verwachte [verkeersbelastingen](#) kan het nodig zijn een fundering en/of een dikkere betonlaag aan te brengen.

3.2.2.3 Bitumineuze verhardingen

Warm bereid asfalt

Correct ontworpen en uitgevoerde asfaltverhardingen voor voetgangersvoorzieningen bieden een **goede tot zeer goede stabiliteit** voor het beoogde gebruik.

Bij de dimensionering moet dus rekening worden gehouden met de verwachte [verkeersbelastingen](#). Concreet betekent dit meestal:

- de mengselsoort kiezen en het mengsel ontwerpen volgens de verwachte [verkeersbelasting](#);
- de dikte van de samenstellende lagen (fundering, [onderlaag](#) en [toplaag](#) van asfalt) bepalen, als functie van het verwachte verkeer.

Voor een uitvoerige beschrijving wordt naar 2.3.1.2 verwezen.

Aanbeveling

In een cementgebonden fundering kunnen krimp scheuren optreden, die naar het asfaltoppervlak kunnen doorgroeien. Om dergelijke reflectiescheurvorming tegen te gaan, is het raadzaam om vooral bij trottoirs met weinig of geen autoverkeer het minimale cementgehalte volgens standaardbestek TB 2011 toe te passen.

Gietasfalt

Gietasfalt heeft een hoger mastiekgehalte dan warm bereid asfalt en zal **door weersinvloeden** (hoge temperatuur, veel zon) **gemakkelijker vervormen**. Bij voetgangersvoorzieningen met weinig of geen autoverkeer treden weinig spanningen op. Het risico op vervorming is dan ook beperkt.

Aanbeveling

Voor gedeelten van voetgangersvoorzieningen waar poten van gestalde fietsen, terrasstoelen, enz. indrukking kunnen veroorzaken, wordt aanbevolen een aangepaste mengsamenstelling of een ander verhardingsmateriaal toe te passen. Voor trottoirs onder zwaar verkeer (bijvoorbeeld bedrijfsinritten) is het eveneens raadzaam het mengselontwerp en de onderbouw aan de bouwklasse aan te passen.



Fietsenstalling met een verharding van beton, gietasfalt voor de looproute (Centraal Station, Antwerpen)

Bestrijkingen en slemlagen

Bestrijkingen en slemlagen dragen niet bij aan de stabiliteit van de bitumineuze verharding. De **aanwezige ondergrond** moet voor de nodige stabiliteit zorgen.

3.2.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Uitgewassen beton is eigenlijk klassiek beton met een specifieke oppervlakbehandeling. Net zoals klassiek beton biedt het dus een **zeer goede stabiliteit**.

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaardige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Als de aanbevelingen voor klassieke asfaltmengsels worden gevolgd, kan ook ecologisch asfalt een **goede tot zeer goede stabiliteit** bieden.

Het pas gestorte asfalt mag pas na enkele dagen, als het voldoende is afgekoeld en het bindmiddel hard is geworden, voor het verkeer worden opengesteld.

Ongebonden materialen

Verhardingen van ongebonden materialen zijn **weinig stabiel**. Zij moeten geregeld (en vooral na perioden van vorst en dooi) met zand afgestrooid en opnieuw verdicht worden. **Spoorvorming** en groeven kunnen gemakkelijk worden weggewerkt door nieuw materiaal aan te brengen en opnieuw te verdichten.

Hydraulisch gebonden materialen

De stabiliteit van verhardingen met hydraulisch gebonden materialen hangt af van de mengverhouding van het bindmiddel. **Afhankelijk van het bindmiddelgehalte** is het materiaal meer of minder gevoelig voor schade onder verkeer (onderhoudsvoertuigen) en uitspoeling.

Er zijn nieuwe materialen beschikbaar waarmee stabielere mengsels kunnen worden bereikt die minder gevoelig zijn voor weersinvloeden.

Door hun landelijk aanzien zijn zij een goed alternatief in een omgeving waar asfalt en beton om redenen van ruimtelijke kwaliteit uitgesloten zijn. Zij kunnen ook een oplossing bieden voor schaduwrijke paden waar asfalt door een gebrek aan zonlicht te snel verouderd (bijvoorbeeld in bossen).

3.3 Stroefheid

Stroefheid is een eigenschap die voortvloeit uit de **textuur** (micro- en macrottextuur). De **wrijvingscoëfficiënt** is een maat voor de stroefheid van een oppervlak. De stroefheid draagt bij aan de grip van schoenzolen, rolstoelbanden of de punt van een wandelstok op (of de glijweerstand van) dat oppervlak.

3.3.1 Gebruikerseisen

De stroefheid van een verharding is bepalend voor de wijze waarop gebruikers zich verplaatsen. Op een glad oppervlak voelen ze zich onzeker en zullen ze behoedzamer voortbewegen. Een stroef oppervlak zorgt voor een goede grip en verhoogt de veiligheid en het comfort van gebruikers. Die eigenschap is ook van belang voor het oppervlak van bijvoorbeeld traptreden.



De stroken van gehamerde straatkeien zorgen voor een betere stroefheid van deze natuursteenbestrating

De ontwerper dient dus een verharding te kiezen die voetgangers steeds, maar vooral bij nat weer of ijzelvorming (en dus bij een glad oppervlak) een optimale stroefheid biedt (zie toetsing van de materiaalprestaties onder 3.3.2).

Bijzondere aandacht is vereist voor de afslijting van materialen die voor trottoirs of trappen worden toegepast. Door intensief gebruik kunnen materialen afslijten en glad worden, waardoor ze gevaarlijk worden voor de voetgangers. Het is dus aanbevolen een slijtvast materiaal te kiezen, dat tijdens de volledige levensduur van de constructie een goede stroefheid behoudt.

De slijtvastheid is een maat voor de afslijting van stenen, bijvoorbeeld onder voetgangersverkeer. Omdat de gangbare beproevingsmethoden in de Europese landen sterk verschillen, is een omzetting van de resultaten meestal niet eenvoudig.

In België wordt de slijtvastheid bepaald door middel van de Amslermethode volgens de norm NBN B 15-223. De Amslerproef bestaat erin de afslijting van een proefstuk te meten door wrijving van een metalen slijtsteen die met slijtzand is bestrooid en die een bepaald traject (doorgaans 1 000 m) aflegt. De resultaten worden uitgedrukt in aantal mm dikteverlies per afgelegd traject (mm/1 000 m).

Verhardingen voor intensief collectief gebruik (bijvoorbeeld openbare ruimten in openlucht) hebben idealiter een slijtvastheid kleiner dan of gelijk aan 4 mm/1 000 m.

De slijtvastheid kan ook worden bepaald met de Caponmethode volgens de norm NBN EN 1341. Met deze proef wordt de lengte (uitgedrukt in mm) van de indruk gemeten. De grenswaarden zijn afhankelijk van de verwachte gebruikintensiteit:

- intensief collectief gebruik: ≤ 26 mm;
- normaal collectief gebruik: ≤ 32 mm.

De gangbare waarden voor de slijtvastheid van natuursteen voor voetgangersvoorzieningen zijn als volgt:

- *petit granit*: 3,16 mm/1 000 m;
- Doornikse steen: 3,32 mm/1 000 m;
- *Rouge Belge* (Belgisch rood marmer): 3,2 mm/1 000 m.

Een mogelijke oplossing bestaat erin bij de dimensionering van voetgangersvoorzieningen rekening te houden met de bestaande of verwachte voetgangersstromen. Door de voetgangersstroom over een grotere oppervlakte te leiden, worden de optredende belastingen beter gespreid en zal het oppervlak minder snel afslijten. Het Franse onderzoekscentrum CERTU stelt waarden voorop voor het voetgangersvolume naargelang van de breedte van de looproute. Zo worden bij een obstakelvrije breedte van 2 m de volgende waarden aangenomen:

- langs handelszaken (verplaatsingsmotief: inkopen doen, wandelen, etalages kijken, enz.): 2 000 voetgangers per uur;
- elders (verplaatsingsmotief: woon-werkverkeer, enz.): 3 000 voetgangers per uur.

Bij grotere voetgangersstromen moet een grotere breedte van de looproute worden voorzien. In de *Highway Capacity Manual* stelt het Amerikaanse onderzoekscentrum TRB een vergelijking voor de berekening van de benodigde breedte als functie van de voetgangersstroom voor:

$$B = V/d \times s$$

- B: breedte van de looproute (m);
- V: voetgangersvolume (voetgangers/seconde);
- d: voetgangersdichtheid (voetgangers/m²). Deze waarde bepaalt de gewenste kwaliteit van de dienstverlening;
- s: gemiddelde voortgangssnelheid van de voetgangers (m/s). Als gemiddelde waarde wordt met 1 m/s gerekend.

Tabel 5 – Kwaliteit van de dienstverlening naargelang van de voetgangersdichtheid

Voetgangersdichtheid (voetgangers/m²)	Kwaliteit van de dienstverlening
< 0,3	<i>Vlotte doorstroming</i>
0,3 tot 0,4	<i>Matige doorstroming: inhalen kan zich voordoen</i>
0,4 tot 0,7	<i>Matige doorstroming: er doen zich conflicten met weggebruikers uit de tegengestelde richting voor</i>
0,7 tot 1	<i>Slechte doorstroming: gestremde verkeersafwikkeling</i>
1 tot 2	<i>Zeer slechte doorstroming: er doen zich talrijke conflicten voor</i>

Voor een comfortabele verplaatsing wordt als vuistregel $d = 0,3$ voetganger/m² genomen.

3.3.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

3.3.2.1 Elementenverhardingen

Betonstraatstenen en -tegels

De stroefheid van een verhardingsoppervlak met (klassieke en waterdoorlatende) betonstraatstenen of -tegels hangt af van de gekozen oppervlakbehandeling. Dergelijke elementenverhardingen vertonen doorgaans een **goede stroefheid**.

Straatkeien en natuursteentegels

In vergelijking met andere verhardingsmaterialen worden straatkeien en natuursteentegels als **glad** beschouwd.

De stroefheid van het verhardingsoppervlak hangt af van het **bovenvlak** van de elementen (behakt of gezaagd voor straatkeien, glad,

gehamerd, gegroefd, enz. voor natuursteentegels), van de **steensoort** (porfier, zandsteen, graniet, enz.), evenals van **het aantal en de breedte van de voegen**. Natuursteentegels of gezaagde straatkeien en smalle voegen zorgen voor een beter voetgangerscomfort, maar maken het loopoppervlak gladder.

Kleiklinkers

Kleiklinkers vertonen over het algemeen een **goede stroefheid**.

3.3.2.2 Betonverhardingen

De stroefheid van een betonverharding **hangt af van de gekozen oppervlakbehandeling**. De aanbevolen oppervlakbehandelingen (bezemen, uitwassen of figureren) zijn beschreven onder 2.2.3.

Op voetgangersvoorzieningen treedt meestal slechts occasioneel autoverkeer op, zodat de stroefheid weinig of niet afneemt. Bijzondere eisen voor het **polijstgetal** van de **aggregaten** zijn dan ook niet nodig.

3.3.2.3 Bitumineuze verhardingen

Voor de stroefheid van bitumineuze verhardingen gelden als vuistregel (zie standaardbestek TB 2011):

- **dwarse wrijvingscoëfficiënt** (DWC): $\geq 0,48$;
- **longitudinale wrijvingscoëfficiënt** (LWC): $> 0,55$.

Voor een optimale stroefheid in alle weersomstandigheden en in het bijzonder bij een helling $\geq 5\%$ is een oppervlakbehandeling (afstrooien van warm bereid of gietasfalt met **aggregaten**) aanbevolen.

Warm bereid asfalt

Warm bereid asfalt voldoet in principe aan de geëiste waarden voor de stroefheid. Voor voetgangersvoorzieningen biedt asfaltbeton een **redelijke tot goede stroefheid**.

Het hoofdcriterium voor de keuze van de **toplaag** is het voetgangerscomfort. Daarnaast speelt ook het esthetische aanzien een rol. Onder de bitumineuze materialen gaat de voorkeur naar verhardingen met een fijne **macrottextuur** (bijvoorbeeld mengsels met een zandskelet en een kleine korrelmaat zoals AB-4D of AB-5D) als zij machinaal kunnen worden aangebracht.

Gietasfalt

Gietasfalt biedt een **redelijke stroefheid** voor voetgangersvoorzieningen. Pas gestort gietasfalt kan echter lagere stroefheidswaarden vertonen.

Voor een betere stroefheid vlak na de aanbrenning of bij nat weer:

- kan met een aangepast mengselontwerp (bijvoorbeeld een grotere korrelmaat van de **aggregaten**) de natuurlijke stroefheid worden verhoogd;
- kan het pas gestorte gietasfalt met **aggregaten** worden afgestrooid, die vervolgens in het nog warme materiaal worden vastgezet. Als het gietasfalt is afgekoeld, worden de overtollige **aggregaten** weggeveegd en opgezogen. Bij gekleurd gietasfalt wordt het **aggregaat** gekozen als functie van de gewenste kleur.

Bestrijkingen

Door de sterke **macrottextuur** van het steenslagmozaïek is het oppervlak van bestrijkingen **zeer stroef**. Uit oogpunt van de veiligheid en het comfort voor voetgangers voldoen ze dus minder goed (gevaar voor blessures bij valpartijen). Als toch voor een bestrijking wordt gekozen, wordt voor de bovenlaag bij voorkeur een fijnere **gradering** (2/4 of 4/6,3) toegepast.

Bestrijkingen kunnen worden toegepast om de stroefheid van bestaande voetgangersvoorzieningen te herstellen. De stroefheid neemt toe met de korrelmaat van de gekozen **aggregaten**.

Een sterkere **macrottextuur** (en dus een verhoogde stroefheid) verhoogt de rolweerstand voor rolstoelgebruikers. Bestrijkingen zijn dan ook niet geschikt voor voetgangersvoorzieningen die frequent door rolstoelgebruikers worden gebruikt.

Slemlagen

Slemlagen zijn **redelijk tot zeer stroef**. De stroefheid neemt toe met de korrelmaat van de gekozen **aggregaten**. Ze worden vooral toegepast om de stroefheid van bestaande voetgangersvoorzieningen te herstellen. In vergelijking met bestrijkingen hebben ze een fijnere **macrottextuur**, en zijn dan ook geschikter uit oogpunt van de veiligheid en het comfort voor voetgangers. Doorgaans wordt een slemlaag met **gradering** 0/2 of 0/4 toegepast. Waar de looproute over de rijbaan loopt (bijvoorbeeld aan voetgangersoversteekplaatsen), moet een aangepaste **gradering** worden gekozen om de stroefheid en **duurzaamheid** van de verharding te waarborgen.

Aan inritten van parkeerterreinen en bedrijventerreinen met druk en/of zwaar verkeer treden grote wringende krachten op, die de stroefheid en **duurzaamheid** van de verharding kunnen aantasten. Slemlagen zijn dan af te raden, asfaltbeton of afgestrooid gietasfalt verdienen de voorkeur.

3.3.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Bij uitgewassen beton zijn de **aggregaten** blootgelegd. Dit materiaal is dan ook **zeer stroef**.

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaardige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Als de aanbevelingen voor klassieke asfaltmengsels worden gevolgd, kan ook ecologisch asfalt een **goede stroefheid** bieden.

Ongebonden materialen

Verhardingen van ongebonden materialen die goed worden onderhouden (geregeld met zand afstrooien en opnieuw verdichten) bieden een **goede stroefheid**. Geregeld onderhoud is vooral belangrijk om de gevolgen van de inwerking van vorst-dooicyclusen te ondervangen. Bij een gebrekkig onderhoud zal de stroefheid afnemen, wat vooral bij steile hellingen gevaarlijk is voor gebruikers.

Hydraulisch gebonden materialen

Lichte oppervlakschade kan tot **slipgevaar** leiden.

3.4 Obstakelvrij parcours

In deze aflevering wordt onder *obstakel* verstaan elk fysiek element dat direct verband houdt met de verharding en de doorgang van voetgangers kan hinderen. Kraampjes, terrassen, verkeersbordpalen en andere potentiële obstakels worden hier niet in beschouwing genomen. Dit neemt niet weg dat er bij het ontwerp rekening mee moet worden gehouden.

3.4.1 Gebruikerseisen

Alle inspanningen om voetgangersvoorzieningen correct te ontwerpen en uit te voeren, en voetgangers een optimale veiligheid en een goed comfort te bieden, kunnen door de vele kleine of grote obstakels teniet worden gedaan. Ze zijn hinderlijk en zelfs gevaarlijk.

De meest voorkomende obstakels die direct verband houden met de verharding zijn:

- overgangen tussen een looproute en de rijbaan aan een voetgangersoversteekplaats;
- overgangen in het verhardingsoppervlak;
- goten in of naast de looproute;
- metalen roosters en deksels;
- beschermzones aan bomen;
- boomwortelgroei.

Een totaalvisie bij het ontwerp is dus van essentieel belang, om met deze obstakels rekening te houden of om ze te voorkomen.

3.4.2 Algemene aanbevelingen volgens soort van obstakel

3.4.2.1 Overgangen tussen een looproute en de rijbaan aan een voetgangersoversteekplaats

Een toegankelijke openbare ruimte begint bij een optimale toegankelijkheid van voetgangersoversteekplaatsen voor alle gebruikers. Als dat naar de verharding wordt vertaald, dient met drie belangrijke elementen rekening te worden gehouden.

- **Overgang tussen een looproute en een goot.** De overgang tussen een voetgangersvoorziening en een goot bestaat meestal uit een onder 45° afgeschuinde kantstrook. Volgens de GSV mag de opstand van een afgeschuinde of afgeronde kantstrook niet groter dan 2 cm zijn. Het is echter raadzaam een zo klein mogelijke opstand of idealiter een verzonken kantstrook toe te passen. Hoe vlakker de overgang, des te toegankelijker de voorziening.



Foto: Mobiel Brussel

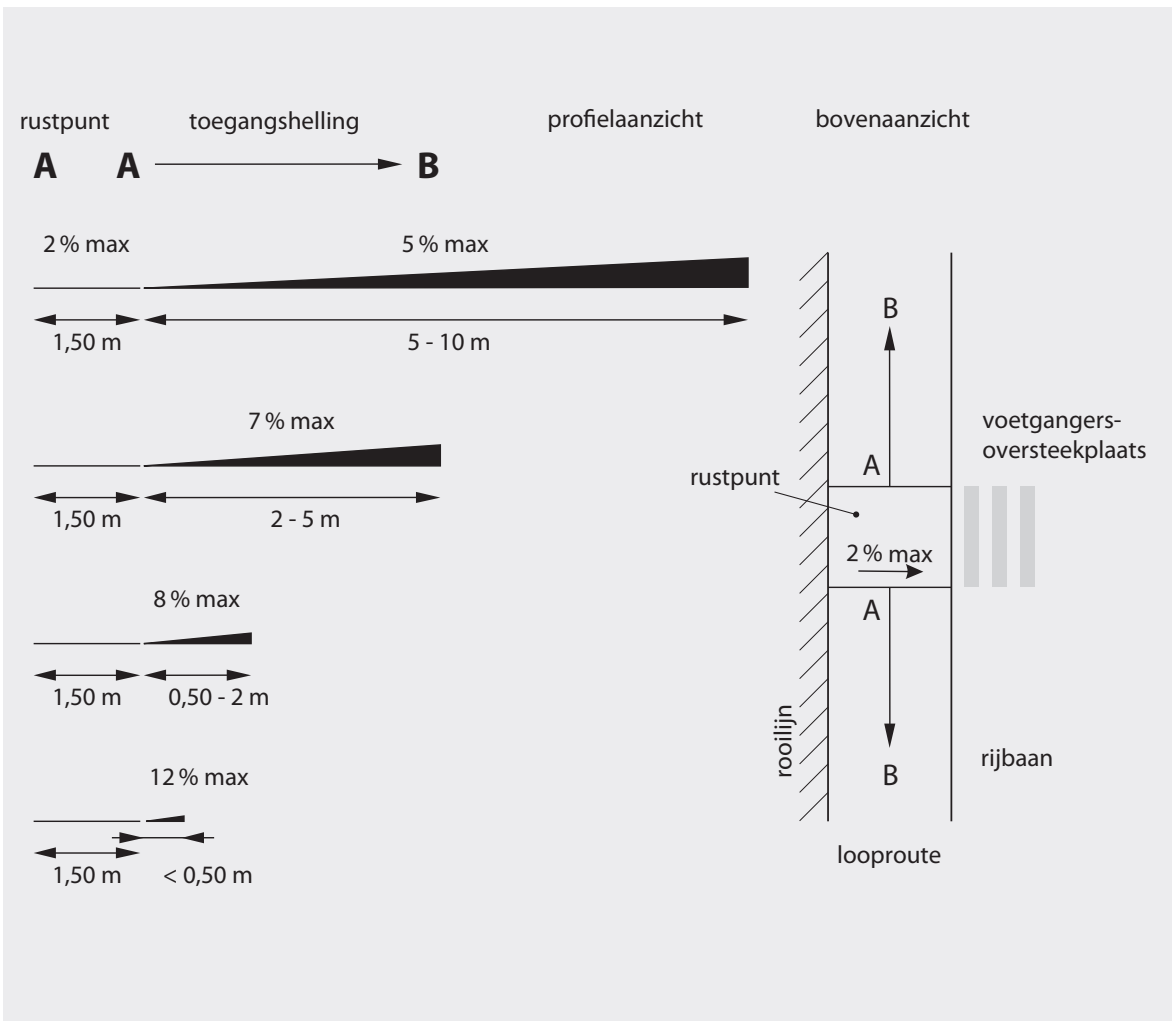


De kleine diameter van de voorste wielen maakt het onmogelijk voor een rolstoelgebruiker om voorwaarts over een opstand van meer dan 2 cm te rijden – zelfs niet als het om een afgeschuinde kantstrook gaat

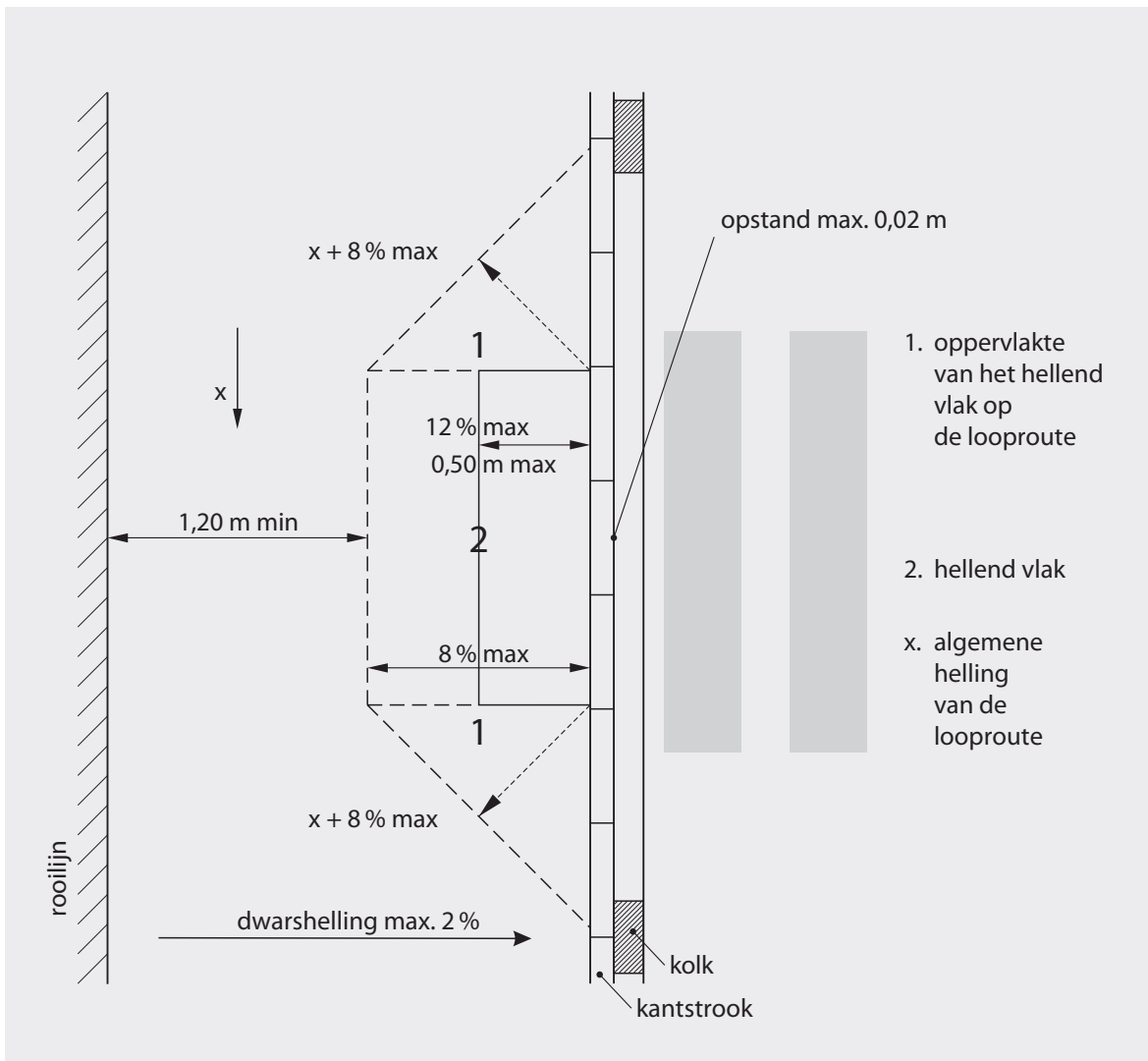
Volgens de GSV moet het trottoir geleidelijk worden verlaagd door middel van een toe-

gangshelling of een hellend vlak die voor PBM toegankelijk is (zie figuren 5 en 6).

Figuur 5 – Voor PBM toegankelijke toegangshellingen volgens de bepalingen in de GSV



Figuur 6 – Voor PBM toegankelijk hellend vlak volgens de bepalingen in de GSV



▪ Goot

Aan voetgangersoversteekplaatsen moeten goten zo vlak mogelijk zijn, opdat rolstoelgebruikers niet vastrijden. Hoe sterker bijvoorbeeld de holte van holronde geprefabriceerde betonnen goten, des te groter het risico op vastrijden (voetsteunen op de weg, voorste kleinere wielen vast in de holte van de goot).

Daarom mogen aan voetgangersoversteekplaatsen alleen zogenoemde vlakke goten van rijen betonstraatstenen, in het werk gestort of geprefabriceerd beton (vlakke gootband) worden toegepast. Volgens de GSV moeten ter hoogte van voetgangersoversteekplaatsen kolken worden vermeden.

Idealiter worden ze zo geschikt dat aan de op- en afrit van voetgangersoversteekplaatsen geen inzinking (voor de wateropvang) nodig is. Concreet betekent dit dat deze elementen stroomopwaarts van de afvoer (in een hoger punt) en, indien nodig, in een groter aantal moeten worden aangebracht.

▪ Overgang tussen een goot en de rijbaan

Net zoals voor de overgang tussen een looproute en een goot mag volgens de GSV het hoogteverschil tussen de bodem van de goot en de rijbaan ten hoogste 2 cm bedragen. Voor een goede toegankelijkheid is het raadzaam dit hoogteverschil zo klein mogelijk te houden.



Toegankelijke overgang rijbaan-looproute

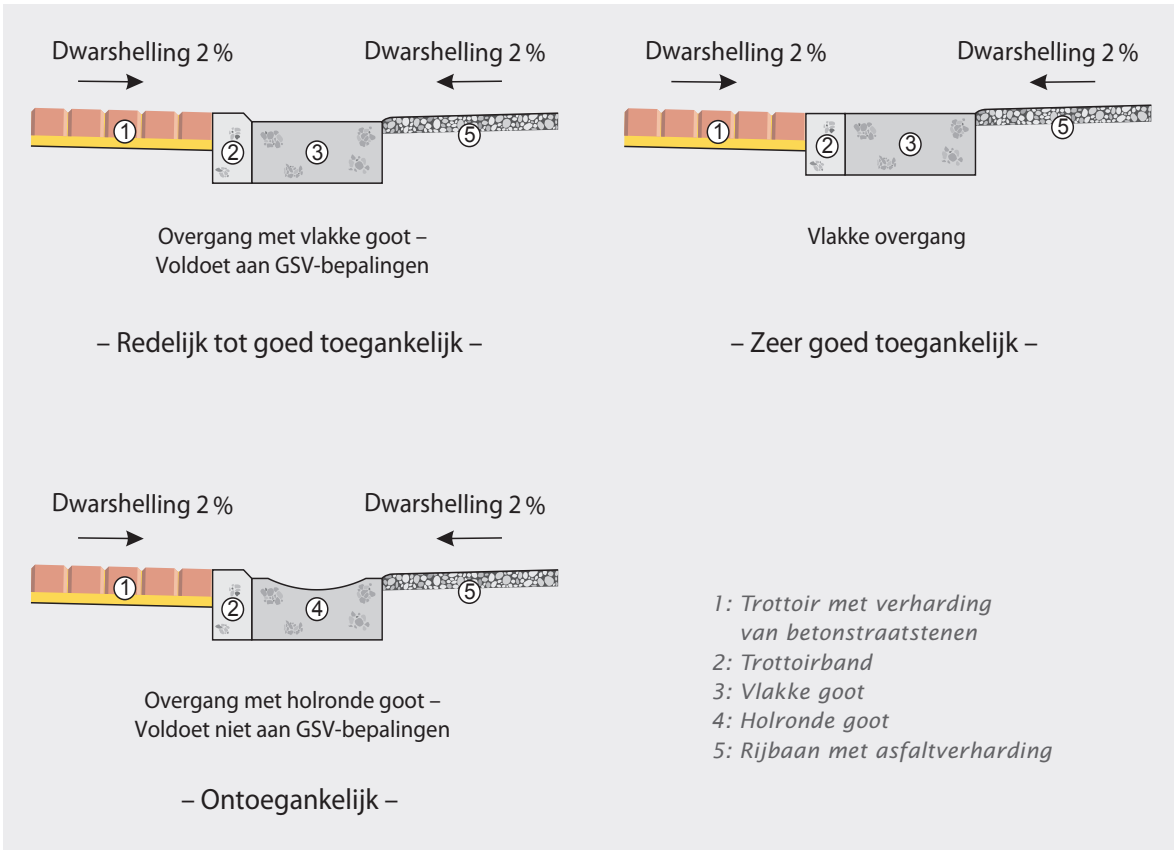


Ontoegankelijke overgang rijbaan-looproute (niet-conforme hellingen en kolk in de oversteekplaats)

De toegankelijkheid van voetgangersoversteekplaatsen die de drie bovenvermelde delen (looproute, goot en rijbaan) omvatten hangt in

hoge mate af van de wijze waarop de overgangen zijn uitgevoerd (zie figuur 7).

Figuur 7 – Dwarsdoorsneden van overgangen met een verschillende graad van toegankelijkheid



3.4.2.2 Overgangen in het verhardingsoppervlak

In verhardingsoppervlakken die met verschillende materialen zijn uitgevoerd, moeten overgangen tussen aangrenzende materialen zo vlak mogelijk en bij wijze van spreken onmerkbaar zijn (≤ 5 mm). Dergelijke overgangen kunnen zich voordoen:

- **in diverse voetgangersvoorzieningen** (dorpsplein, voetgangerszone, trottoir, enz.) die bijvoorbeeld om esthetische redenen met verschillende verhardingsmaterialen zijn ingericht;
- **in trottoirs, bijvoorbeeld aan overrijdbare inritten.** Volgens de GSV moet de verharding van het trottoir aan overrijdbare inritten doorlopen. Als er druk en/of zwaar verkeer kan optreden, mag een andere verharding die beter bestand is tegen de verwachte hogere [verkeersbelastingen](#), worden aangebracht. Ze moet wel in dezelfde kleur als het trottoir worden uitgevoerd;

Voor het comfort van voetgangers wordt aanbevolen aan overrijdbare inritten hetzelfde niveau als het trottoir te behouden. Om de inritten toegankelijk voor autoverkeer te maken, mag een zogenoemde inritboordsteen worden aangebracht. Het trottoir mag ook over 50 cm (te rekenen vanaf het zijvlak van de kantstrook) geleidelijk worden verlaagd. De breedte van de looproute tussen de rooilijn en het begin van de verlaging moet ten minste 1,2 m bedragen;



Vlakte overgangen tussen aangrenzende elementen- en asfaltverhardingen in de Brusselse Nieuwstraat

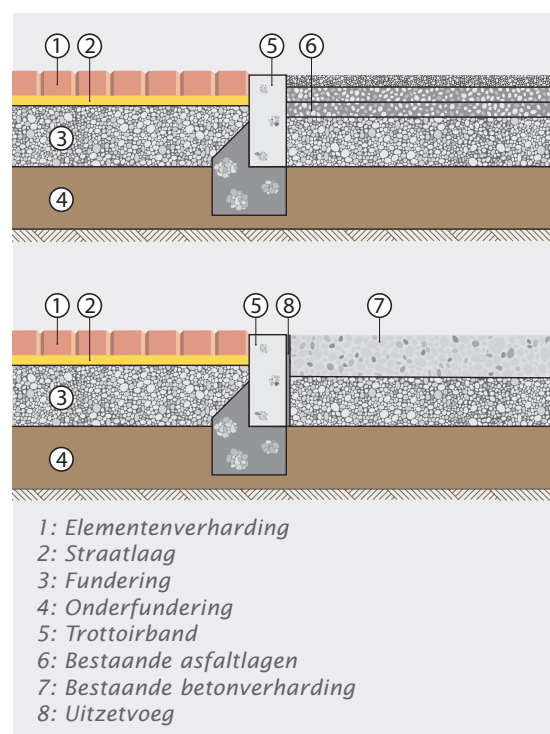


Verhoogde oversteekplaats op hetzelfde niveau en in dezelfde kleur als het trottoir

- **aan verhoogde oversteekplaatsen.** Aan verhoogde oversteekplaatsen moet het niveau van het trottoir worden behouden. Net zoals voor overrijdbare inritten wordt aanbevolen de verharding in dezelfde kleur als het trottoir uit te voeren.

Als een elementenverharding aan een ander verhardingsmateriaal (asfalt, beton, enz.) grenst, moeten de aansluitingen steeds met een [kantopsluiting](#) worden uitgevoerd, om bewegen van de elementen als gevolg van vervormingen van het aangrenzende materiaal tegen te gaan (zie figuur 8).

Figuur 8 – Langsdoorsneden van de overgang tussen aangrenzende materialen



3.4.2.3 Goten in of langs voetgangervoorzieningen

Goten in voetgangervoorzieningen kunnen een obstakel voor voetgangers vormen.

Als goten in de **lengterichting** moeten worden aangebracht (bijvoorbeeld in voetgangervoorzieningen), vertonen ze een zo licht mogelijke kromming of zijn ze zelfs volledig vlak. V-vormige goten of licht geholde geprefabriceerde betonnen goten zijn dan het meest geschikt. Goten vormen echter niet steeds een obstakel. Ze kunnen ook als een natuurlijke gidslijn voor slechtzienden dienst doen.

In een stedelijke omgeving monden afvoerbuizen van dakgoten vaak uit in een goot die **dwars** over de looproute loopt. Open of diepe goten kunnen (vooral bij nat weer) erg hinderlijk zijn. Gesloten goten zijn dan ook verkieslijk: zij zorgen voor een vlak en doorgaand oppervlak en voorkomen afstromend water op het oppervlak.



Vlakke goot aan weerszijden van de voetgangervoorziening in de Brusselse Nieuwstraat



Slechte waterafvoer



Geschikte goot

3.4.2.4 Metalen roosters en deksels

Roosters van kolken of ventilatieopeningen, boomroosters, deksels van inspectieputten en keldergaten, enz. zijn potentiële obstakels voor voetgangers. Bij de aanleg van nieuwe of de renovatie van bestaande inrichtingen moet dan ook waar mogelijk worden vermeden ze in de looproute te leggen.

Als dat niet mogelijk is, gelden de volgende vuistregels:

- roosters met smalle openingen en vlakke putdeksels kiezen;

- in het ontwerp voorzien dat deze elementen op hetzelfde niveau als de **toplaag** en roosters met de openingen loodrecht op de wegas moeten worden aangebracht, zodat rolstoelgebruikers, personen met kinderwagens, rollerskaters, enz. niet vastrijden;



Roosters en deksels horen niet thuis in de looproute



Een beschadigd deksel van ventilatieopeningen vormt een obstakel voor voetgangers

- op een zorgvuldige afwerking toezien, in het bijzonder van de voeg tussen het element en de aangrenzende verharding, om verzakkingen als gevolg van waterinfiltratie te voorkomen;
- geregeld nagaan of deze elementen nog in goede staat zijn.

3.4.2.5 Beschermzones aan bomen

Een boom wordt geplant in een waterdoorlatende zone met een oppervlakte van ten minste 2,25 m². Deze zone wordt beschermd tegen betreding door een inrichting die op dezelfde hoogte wordt geplaatst als de voetgangersweg, wanneer intens verkeer (zie 3.3.1) dat nodig maakt (uittreksel uit de GSV, titel VII, artikel 18) of als de voetgangersweg minder dan 1,5 m breed is⁽²⁾.

Begaanbare waterdoorlatende systemen voor beschermzones aan bomen zijn onder meer:

- metalen boomroosters (zie 3.4.2.4);
- harsen;
- waterdichte netten.

Om te voorkomen dat deze systemen hinderlijke obstakels vormen, worden ze op hetzelfde niveau als de bestaande verharding van de voetgangersvoorzieningen aangebracht.



Opstaande kantstenen rond bomen vormen een obstakel voor voetgangers

⁽²⁾ De GSV legt een vrije breedte van ten minste 1,5 m op. In het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest geldt echter als vuistregel voor voetgangersvoorzieningen een vrije doorgang van ten minste 2 m breed.

3.4.2.6 Boomwortelgroei

Verhardingen van voetgangersvoorzieningen zijn meestal redelijk dun. Ze zijn dan ook zeer gevoelig voor schade door opstuwende boomwortels. Gecondenseerd vocht aan de onderzijde van de verharding bevordert de wortelgroei. Opstuwende boomwortels geven aanleiding tot vervormingen en scheuren, met nadelige gevolgen voor de vlakheid en dus ook de veiligheid en het comfort van voetgangers. Om schade op middellange termijn te vermijden, dient dan ook de nodige aandacht aan bestaande of aan te brengen aanplantingen nabij voetgangersvoorzieningen te worden besteed.

De boomsoorten die in de praktijk de meeste wortelschade aanrichten zijn onder meer populier, wilg, berk, acacia, robinia en Japanse ker-



Beschadigde trottoirverharding door opstuwende boomwortels

selaar. Diepwortelende soorten zoals linde, es, notelaar en esdoorn zijn minder ondermijnend.

De hiernavolgende maatregelen kunnen dit schaderisico beperken.

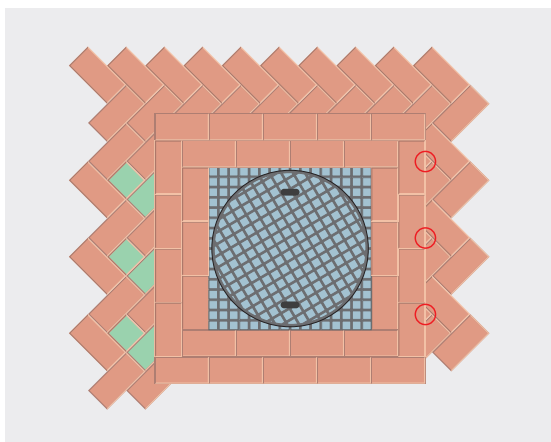
- Voor de keuze van nieuwe aanplantingen is het raadzaam in naslagwerken na te gaan welke soorten geschikt zijn voor voetgangersvoorzieningen. In *Van den Berk et les Arbres*⁽³⁾ wordt bijvoorbeeld voor elke soort aangegeven of ze verenigbaar is met een verharding of bestrating. Op die manier kan snel worden nagegaan of de gekozen soort al of niet nabij voetgangersvoorzieningen mag worden aangeplant.
- Als er bomen staan, dienen een aangepaste verharding en onderbouw te worden gekozen. Concreet betekent dit:
 - geen verhardingsmateriaal kiezen dat onderaan condensatie geeft (bijvoorbeeld dicht asfalt of klassieke bestratingen). Betonverhardingen zijn minder gevoelig voor worteldruk;
 - als voor een gesloten verharding wordt gekozen, is het raadzaam een grofkorrelige en waterafvoerende steenslagfundering van ongeveer 25 cm dik aan te brengen. De luchtigheid en waterafvoerende werking van de fundering gaan wortelgroei onder het asfalt tegen;
 - bij de verticale dimensionering een grotere dikte voorzien om het draagvermogen te verbeteren, zodat de verharding beter bestand is tegen verkeer voor groenonderhoud of gladheidsbestrijding;
 - onder de fundering een geogrid of een **geotextiel** aanbrengen, om de drukspanningen beter te verdelen;
 - onder de fundering zogenoemd bomenzand aanbrengen dat tot 5% organische stoffen bevat, om daar de wortelgroei te bevorderen;
 - geen zand tussen de fundering en het asfalt aanbrengen.

(3) Zie <http://www.vdberk.fr>

3.4.3 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

3.4.3.1 Elementenverhardingen

Elementenverhardingen zijn **weinig bestand** tegen opstuwende boomwortels. Dit probleem kan worden ondervangen door een aangepaste fundering aan te brengen, het niveau van het trottoir te verhogen of diepwortelende boomsoorten aan te planten.



Afwerking aan bijzondere punten

In een stedelijke omgeving is het oppervlak van voetgangersvoorzieningen haast onvermijdelijk bezaaid met putdeksels, roosters, enz. Aan deze obstakels is het van essentieel belang dat:

- het materiaal van de fundering en de straatlaag zeer zorgvuldig aangebracht en goed verdicht wordt;
- stenen of tegels zorgvuldig worden gezaagd. Stukken kleiner dan de helft van een element mogen niet worden verwerkt;
- voegen goed worden gevuld;
- de verharding goed wordt getrild.

3.4.3.2 Betonverhardingen

Betonverhardingen zijn **zeer goed bestand** tegen opstuwende boomwortels.

Bij de verwerking van bijzondere punten zoals putdeksels, roosters, enz. in de verharding dienen maatregelen te worden genomen om scheurvorming tegen te gaan. Krimpvoegen moeten volgens een aangepast patroon worden aangebracht, om scheuren door verhinderde krimp te vermijden. Aan bijzondere punten zoals vaste obstakels, platen met een speciale vorm of scherpe hoeken dient een wapening te worden aangebracht, om wilde scheurvorming tegen te gaan.

3.4.3.3 Bitumineuze verhardingen

Warm bereid asfalt

Warm bereid asfalt is **gevoeliger** voor vervormingen door opstuwende boomwortels. Dat probleem kan echter worden ondervangen door een aangepaste fundering aan te brengen, het niveau te verhogen of diepwortelende boomsoorten aan te planten.

In een stedelijke omgeving komen vaak putdeksels, roosters, enz. voor. Dergelijke obstakels worden bij voorkeur buiten de looproute aangebracht. Als dat niet mogelijk is, wordt eerst de volledige asfaltverharding aangebracht en machinaal verdicht. Daarna worden gaten gezaagd, waarin de putdeksels worden aangebracht. Een machinale verdichting zorgt voor een betere verdichting en een lager percentage aan holle ruimte, wat de **duurzaamheid**

en dus de kwaliteit van de verharding bevordert. Bij de keuze van de verharding is het dan ook belangrijk een overzicht te hebben van het aantal putdeksels en obstakels die in de looproute zullen voorkomen. Voor gedeelten waar zich veel putdeksels op relatief korte afstand van elkaar (0,5 m tot 2 of 3 m) bevinden, is gietasfalt of een elementenverharding verkieslijk boven warm bereid asfalt. Bij handmatige verwerking over te grote oppervlakken zou een **toplaag** van warm bereid asfalt wellicht onvoldoende verdicht en dus te open en doorlatend zijn.



Looproute van warm bereid asfalt met aangrenzende begroeiing

Gietasfalt

Omdat gietasfalt niet hoeft te worden verdicht, kan het zoals al gezegd een alternatief zijn voor plaatsen waar machinale verwerking niet mogelijk is. Gietasfalt is dan ook **bijzonder geschikt** voor de aanbrenging van verhardingen met een ingewikkelde geometrie. Net zoals warm bereid is gietasfalt echter **gevoelig** voor vervormingen door opstuwende boomwortels.

Bestrijkingen en slemlagen

Bestrijkingen of slemlagen kunnen gemakkelijk worden aangebracht op gedeelten met bestaande putdeksels of andere obstakels. Als de putdeksels mee worden overlaagd, worden de rand met kraftpapier of zand bedekt, zodat het bitumen van de bestrijking of de **kleeflaag** van de slem er niet aan hecht en na de werkzaamheden kan worden verwijderd. Zo wordt een egaal aanzien van het oppervlak verkregen. Als de putdeksels zichtbaar moeten blijven, worden ze vóór de oppervlakbehandeling volledig met kraftpapier afgedekt.



Afdekken van een putdeksel vóór de oppervlakbehandeling

3.4.3.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Uitgewassen beton is eigenlijk klassiek beton met een oppervlakbehandeling. Het is dan ook **zeer goed bestand** tegen opstuwende boomwortels. Voor uitgewassen beton gelden dezelfde aanbevelingen als voor klassiek beton (zie 3.4.3.2).

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaardige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Dezelfde aanbevelingen als voor klassieke asfaltmengsels zijn dus van toepassing.

Ongebonden materialen

Ongebonden materialen zijn niet stijf genoeg om opstuwende boomwortels tegen te houden. Dergelijke verhardingen zijn dan ook **zeer gevoelig** voor worteldruk.

Hydraulisch gebonden materialen

De stijfheid van hydraulisch gebonden materialen hangt af van de **mengverhouding van het bindmiddel**. Naargelang van het **bindmiddelgehalte** zijn ze dus meer of minder gevoelig voor opstuwende boomwortels. Hoe stijver het materiaal, des groter de weerstand tegen worteldruk.

3.5 Waterafvoer

3.5.1 Gebruikerseisen

Om aantrekkelijke, comfortabele, veilige en duurzame voetgangersvoorzieningen te realiseren, zijn een goede drainage, opvang en afvoer van water van essentieel belang (zie 4.1). Op het verhardingsoppervlak mag geen stilstaand water voorkomen. Het maakt niet alleen schoenen, kousen en/of broeken van voetgangers nat en vuil, maar heeft ook andere ongunstige effecten:



Stilstaand water als gevolg van slechte waterafvoer

- afstromend of stilstaand water maakt elk oppervlak **glad**, omdat de waterfilm tussen schoenzool en verharding de grip op het oppervlak vermindert. Op vochtige plaatsen zoals groengebieden, langs lanen met bomenrijen en nabij parken kan mosvorming de glijweerstand verminderen. Stilstaand water kan bevriezen, met gladde plekken op het oppervlak als gevolg;
- een slechte waterafvoer beïnvloedt het gedrag van de constructie en kan **scha-de** (scheuren, kippennesten, verzakkingen, enz.) veroorzaken of versnellen;
- wegmarkeringen, in het bijzonder aan voetgangersoversteekplaatsen, zijn **minder goed zichtbaar** en kunnen glad worden. Toepassing van retroreflecterende glaspapels en/of thermoplastische wegmarkeringen in plaats van gewone wegverf kan dit probleem helpen te ondervangen.

Volgens de GSV moeten voetgangersvoorzieningen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest met een **dwarshelling van 2%** worden aangebracht. Bij een kleinere helling is geen efficiënte afvoer mogelijk, bij een grotere helling kunnen gebruikers zich door de zwaartekracht moeilijker verplaatsen en komen vooral rolstoelgebruikers in moeilijkheden. Goten en kolken op

het juiste niveau, in voldoende aantal en op de juiste afstand van elkaar aanbrengen, is eveneens een belangrijk aandachtspunt. Als er geen goot is, moet in een zijdelingse afvoer (bijvoorbeeld een draineerbuis) worden voorzien.

3.5.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

Over het algemeen mag worden gesteld dat hoe sterker de **macrotextuur**, des te beter de waterafvoer. Een sterkere **macrotextuur** vermindert echter het comfort en verhoogt de kans op blessures bij valpartijen.

3.5.2.1 Elementenverhardingen

Door de vele voegen in elementenverhardingen bestaat **een groter risico op waterinfiltratie in de constructie** dan bij doorgaande verhardingen. Dit probleem kan worden tegengegaan door:

- waterinfiltratie via voegen in de verharding zoveel mogelijk te beperken;
- geïnfilterd water zo snel mogelijk af te voeren, om ophoping in de straatlaag te vermijden.

Betonstraatstenen en -tegels

Voegen tussen betonstraatstenen en -tegels worden doorgaans met korrelig materiaal gevuld. Waterinfiltratie in de constructie kan worden tegengegaan door:

- voegen goed te vullen en de korrelmaat van het voegmateriaal op de voegbreedte af te stemmen;
- in een efficiënte waterafvoer te voorzien. Dit betekent: een aangepaste dwarshelling (2%) voorzien en voldoende kolken en/of goten op de juiste hoogte en afstand aanbrengen.

Bij waterdoorlatende verhardingen voeren verbrede voegen, drainageopeningen of de poreuze samenstelling het oppervlaktewater via de onderliggende lagen in de aanwezige grond of drainagevoorzieningen af.

In oude stadskernen zijn kelders van aangrenzende gebouwen vaak niet bestand tegen waterinfiltratie. Om overstroming in deze kelders te vermijden, zijn waterdoorlatende verhardingen af te raden.

Straatkeien en natuursteentegels

Voegen tussen straatkeien en natuursteentegels worden met korrelig of gebonden materiaal gevuld. Voor een goede samenhang tussen straatlaag en voegmateriaal zijn er twee mogelijkheden:

- een stijf en ondoorlatend concept;
- een flexibel en doorlatend concept.

Als de voegen met hydraulisch gebonden materiaal worden gevuld (en dus stijf en in principe ondoorlatend zijn), moet ook de straatlaag stijf en ondoorlatend zijn (dus van zandcement of mortel) om te voorkomen dat de stijve voegen door lichte zettingen in onderliggende ongebonden lagen gaan scheuren. In dit concept wordt het oppervlaktewater via goten afgevoerd.

Als het voegmateriaal doorlatend (bijvoorbeeld zand) is, moeten ook de onderliggende lagen doorlatend zijn zodat het water via de constructie kan worden afgevoerd.

Kleiklinkers

Voor kleiklinkers gelden dezelfde aanbevelingen als voor betonstraatstenen.

3.5.2.2 Betonverhardingen

Bij betonverhardingen wordt het oppervlaktewater door middel van een aangepaste dwarshelling (2%) **zijdelings** naar goten of kolken afgevoerd.

3.5.2.3 Bitumineuze verhardingen

Warm bereid asfalt

Voor een goede waterafvoer wordt een asfaltverharding met een **dwarshelling** in de orde van grootte **van 2%** (en ten minste 1,5%) aangebracht.

Ze moet steeds (en zeker waar zwaar verkeer optreedt) goed gedimensioneerd en gefundeerd zijn als functie van het verwachte verkeer, om het ontstaan van gaten, **spoorvorming** en verzakkingen tegen te gaan (zie 2.3.1.2).

Gietasfalt

Gietasfalt is ondoorlatend en oneffenheden kunnen er niet mee worden weggewerkt. Om een goede waterafvoer te waarborgen, moet het gietasfalt op een **ondergrond** met de vereiste dwarshelling (2%) worden aangebracht. Bij hellingen groter dan 6% is een aangepaste mengselsamenstelling nodig, om de stabiliteit te verbeteren.

Gietasfalt kan ook met steenslag worden afgestrooid of in het oppervlak kan bijvoorbeeld een wafelpatroon worden gedrukt, om de waterafvoer te bevorderen. De laatste techniek wordt echter nog maar zelden toegepast.

Bestrijkingen

De sterke **macrotextuur** van een bestrijking zorgt voor een goede berging en afvoer van het oppervlaktewater.

Met bestrijkingen kunnen geen profileringen of niveauaanpassingen worden uitgevoerd. Om de waterafvoer te bevorderen, moeten ze dan ook op een **ondergrond** met een aangepaste dwarshelling (2%) worden aangebracht.

Slemlagen

In vergelijking met bestrijkingen hebben slemlagen een fijnere **macrotextuur**, met een minder goede opvang van oppervlaktewater als gevolg. Om de waterafvoer te bevorderen, moeten ze dan ook op een **ondergrond** met een aangepaste dwarshelling (2%) worden aangebracht.

3.5.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Net zoals bij klassiek beton wordt het oppervlaktewater door middel van een aangepaste dwarshelling (2%) **zijdelings** afgevoerd.

In groengebieden is vaak geen goot aanwezig. Dat vormt geen probleem, op voorwaarde dat het oppervlaktewater via afvoervoorzieningen of de constructie kan worden afgevoerd.

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaardige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Als de aanbevelingen voor klassieke asfaltmengsels worden gevolgd, zorgt ecologisch asfalt voor een **goede waterafvoer**.



Uitspoeling van ongebonden materiaal

Ongebonden materialen

Ongebonden materialen zijn niet geschikt voor toepassing in een vochtige of moeilijk te draineren omgeving. Ze worden gemakkelijk door stromend water meegevoerd (uitspoeling).

Hydraulisch gebonden materialen

Hydraulisch gebonden materialen zijn waterafvoerend op voorwaarde dat het gehalte aan **fijne bestanddelen** beperkt is. Een overmaat aan **fijne bestanddelen** maakt het materiaal haast volledig ondoorlatend. Om het water via de constructie af te voeren, moeten ook de fundering en de aanwezige grond doorlatend zijn.

3.6 Leesbaarheid en zichtbaarheid

Leesbare infrastructuur creëert met visuele middelen (bijvoorbeeld materialen in verschillende kleuren) een begrijpelijk wegbeeld, zodat voetgangers snel de hen toegeëigende plaats in de openbare ruimte herkennen.

3.6.1 Gebruikerseisen

Een comfortabele looproute van goede kwaliteit die niet meteen als dusdanig herkenbaar is, kan toch een verwarrend wegbeeld scheppen. Een goede leesbaarheid en zichtbaarheid zijn dan ook zeer belangrijk – vooral voor slechtzienden die zich in de openbare ruimte vaak moeilijk kunnen oriënteren.

De rijbaan en een trottoir zijn meestal goed van elkaar te onderscheiden: er is immers een niveauverschil. Moeilijker wordt het als een voetgangers- en fietsvoorziening naast elkaar liggen. Voor een goede herkenbaarheid mogen deze verkeerszones volgens het reglement van de wegbeheerder met verschillende materialen en/of kleuren worden uitgevoerd. Omdat kleuren kunnen vervagen, moeten goed contrasterende kleuren worden gekozen.

Zowel bij elementen- als doorgaande verhardingen kan toepassing van een andere kleur of materiaal de leesbaarheid en zichtbaarheid van voetgangersvoorzieningen versterken. Kleuren kunnen bovendien de samenhang van een route of een netwerk ondersteunen.



Met verschillende kleuren en soorten van betonstraatstenen wordt een begrijpelijk wegbeeld voor voetgangers en fietsers gecreëerd

3.6.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

3.6.2.1 Elementenverhardingen

Elementenverhardingen zijn beschikbaar in tal van vormen en kleuren en kunnen in verschillende verbanden worden gelegd. Zij zijn dan ook **bijzonder geschikt om de leesbaarheid van de openbare ruimte te verbeteren**. Door elementen met een andere kleur en/of **textuur** te combineren, worden verkeerszones afgebakend en duidelijk herkenbaar.

3.6.2.2 Betonverhardingen

Gekleurde betonverhardingen kunnen de **leesbaarheid en zichtbaarheid** van voetgangersvoorzieningen **aanzienlijk verbeteren**. Door toevoeging van pigmenten (en gekleurde **aggregaten** in het geval van uitgewassen beton) kan beton duurzaam worden gekleurd.

3.6.2.3 Bitumineuze verhardingen

Omdat asfaltverhardingen eerder met autoverkeer dan met voetgangers worden geassocieerd, kunnen gekleurde asfaltverhardingen worden toegepast om voetgangers naar hun voorbehouden verkeerszone te geleiden. Ze kunnen ook worden toegepast om bepaalde weggedeelten visueel af te bakenen en zo de zichtbaarheid en de leesbaarheid van de wegingdeling te vergroten.

Wat volgt, geldt alleen voor bitumineuze producten die “in de massa” (door en door) worden gekleurd.

Gekleurd warm bereid asfalt

Gekleurd warm bereid asfalt is op verschillende manieren te verkrijgen. Elk bestanddeel van het mengsel kan daartoe worden aangepast:

- een deel van of al het gewone steenslag vervangen door steenslag met een kleur die dicht bij de voorgeschreven verhardingskleur ligt;
- een deel van het zand vervangen door brekerzand van gekleurd steenslag;
- een deel van de **vulstof** vervangen door een geschikt pigment;

- het gewone bitumen vervangen door (kleurloos) pigmenteerbaar bitumen of een (kleurloos) pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel (eventueel polymeergemodificeerd).

De verschillende bovengenoemde manieren kunnen worden gecombineerd om de gewenste kleur zo dicht mogelijk te benaderen.

Voor een optimale en duurzame kleuring worden het best gekleurde **aggregaten** gekozen die de gewenste kleur zo dicht mogelijk benaderen, of **aggregaten** met een neutrale of weinig contrasterende kleur. Na verloop van tijd overheerst immers de kleur van het steenslag in de gekleurde verharding omdat het steenslag door afslijting van de bovenste bindmiddellaag bloot komt te liggen.

Om de gewenste kleur te verkrijgen, kunnen de volgende pigmenten worden toegevoegd:

Kleur	Pigment
<i>rood</i>	<i>ijzeroxide</i>
<i>bruin</i>	<i>ijzeroxide</i>
<i>geel, oranje</i>	<i>ijzeroxide</i>
<i>wit</i>	<i>titaanoxide</i>
<i>groen</i>	<i>chromoxide</i>
<i>blauw</i>	<i>kobaltoxide</i>

Gekleurde mengsels moeten zorgvuldig worden bereid en verwerkt. Passende maatregelen zijn nodig om vermenging of kleurverschillen tegen te gaan. Om vuile strepen op gekleurde stroken te vermijden, is het raadzaam eerst het klassieke (zwarte) asfalt en daarna het gekleurde asfalt te storten.

Er moet steeds worden nagegaan:

- of het gekozen pigment de stabiliteit van het mengsel niet aantast als het een deel van de **vulstof** moet vervangen;
- of het gekozen steenslag en zand wel degelijk voor de beoogde toepassing geschikt zijn. Het steenslag moet bovendien voldoende hechting tussen mastiek en **aggregaat** mogelijk maken;

- of de bereidingstemperatuur de kleur niet zal beïnvloeden. Bijvoorbeeld voor een gele kleur moet de bereidingstemperatuur in de asfaltmenginstallatie goed worden beheerst, zodat die niet te hoog oploopt. Vanaf 175 °C zal het ijzeroxide voor geel, oranje en bruin (mengeling van geel, rood en zwart) worden omgezet en een rode kleur geven.



Looproute van gekleurd asfalt

Gekleurd gietasfalt

Gekleurd gietasfalt wordt volgens dezelfde procedés bereid als gekleurd asfaltbeton. Alleen:

- is het bindmiddel vaak een pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel dat tegen hoge temperaturen (tot 250 °C) bestand is;
- hebben het steenslag en het zand een lichte kleur;
- wordt een gedeelte van de **vulstof** vervangen door pigmenten (1 tot 5% van de totale massa van de **aggregaten**, naargelang van de gewenste kleur). Bijvoorbeeld voor een gele kleur zal zinkferriet in plaats van ijzeroxide worden toegevoegd omdat ijzeroxide door de hoge verwerkingstemperatuur een andere kleur zal geven.

Verhardingen van gekleurd gietasfalt zijn duurzaam.

Gezien de prijs (ongeveer dubbel zo duur als zwart gietasfalt) wordt gekleurd gietasfalt echter weinig toegepast.

Door het hoge **bindmiddelgehalte** is het prijsverschil tussen zwart en gekleurd gietasfalt nog groter dan bij zwart en gekleurd warm bereid asfalt.

Gekleurde bestrijkingen

Door een oordeelkundig gekozen gekleurd steenslag toe te voegen, wordt een natuurlijk en duurzaam gekleurde bestrijking verkregen.

Omdat het niet om gewoon steenslag gaat, moet steeds de verenigbaarheid (in het bijzonder de hechting) met het toegepaste bitumen worden nagegaan (zie NBN EN 12272 *Bestrijkingen* en in het bijzonder de Vialitproef).

De stenen mogen niet met bitumen worden vooromhuld.

Gekleurde slemlagen

In combinatie met van nature gekleurde **aggregaten** geeft een emulsie van pigmenteerbaar (eventueel polymeergemodificeerd) bindmiddel en pigmenten een “door en door” gekleurde slemlaag (zie gekleurd warm bereid asfalt).

3.6.2.4. Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Gekleurd uitgewassen beton kan **de leesbaarheid en zichtbaarheid van voetgangersvoorzieningen aanzienlijk verbeteren**. Uitgewassen beton kan duurzaam worden gekleurd door toevoeging van pigmenten en eventueel gekleurde **aggregaten**.

Ecologisch asfalt

Het bindmiddel is vrijwel kleurloos en dus pigmenteerbaar, zodat het asfalt de kleur van het steenslag aanneemt en zo de verharding een **fraai esthetisch aanzien** geeft.

Voor ecologisch asfalt gelden dezelfde aanbevelingen als voor klassieke asfaltmengsels.

Ongebonden materialen

Door het ruime aanbod van gekleurde **aggregaten** kunnen ongebonden materialen **in tal van omgevingen harmonieus worden ingepast**.

Hydraulisch gebonden materialen

Door het ruime aanbod van gekleurde **aggregaten** kunnen ook hydraulisch gebonden materialen **in tal van omgevingen harmonieus worden ingepast**.

3.7. Netheid

3.7.1. Gebruikerseisen

Netheid is een belangrijk aspect voor voetgangersvoorzieningen. Goed onderhouden verhardingen maken de infrastructuur niet alleen aantrekkelijker, ze dragen ook bij aan de veiligheid en het comfort van gebruikers. Slecht onderhouden of vuile voorzieningen kunnen



Vuile, gevaarlijke en weinig aantrekkelijke verharding

een subjectief onveiligheidsgevoel creëren. Trottoirs en andere voetgangersvoorzieningen moeten dan ook geregeld worden schoongeveegd en onderhouden, om te vermijden dat ze glad of moeilijk begaanbaar worden.

Ook het probleem van hondendrollen, kauwgom, enz. die het oppervlak ontsieren, mag niet uit het oog worden verloren. Dergelijke onaangename toestanden houden weliswaar geen direct verband met het verhardingsmateriaal, maar doen wel afbreuk aan de inspanningen om een nette en aantrekkelijke voetgangersinfrastructuur te realiseren.

In de herfst en de winter moeten vallende bladeren en sneeuw tijdig geruimd worden. Als ze zich op trottoirs ophopen, kunnen ze het oppervlak glad maken of oneffenheden verbergen en een gevaar voor voetgangers vormen.

Sommige gemeenten houden zelf het hele jaar door de voetgangersvoorzieningen op hun grondgebied schoon. Dat neemt niet weg dat aanwonenden geregeld voor de eigen deur moeten schoonvegen.

Bij de keuze van de verhardingskleur dient er rekening mee te worden gehouden dat bevuilende stoffen meestal donker zijn en dus vlugger opvallen op materialen met een lichte kleur. Zo worden voetgangersvoorzieningen onder verkeer sneller vuil. Als dan in een lichtgekleurd verhardingsmateriaal wordt geïnvesteerd, moet uiteraard in een efficiënt onderhoud worden voorzien. Hoe sterker de oppervlaktextuur, des te poreuzer en sneller vuil de verharding wordt.

3.7.2. Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

3.7.2.1 Elementenverhardingen

Elementenverhardingen worden **niet snel vuil**. Ongewenste vegetatie zoals onkruid zal zich sneller in de voegen nestelen dan bij doorgaande verhardingen. Om dit probleem tegen te gaan, kan soms klein onderhoud worden uitgevoerd. Op frequent gebruikte infrastructuur komt doorgaans weinig onkruidgroei voor.

3.7.2.2 Betonverhardingen

Betonverhardingen worden **niet snel vuil**. Om onkruidgroei tegen te gaan, kan soms klein onderhoud worden uitgevoerd. Op frequent gebruikte infrastructuur zal echter niet snel onkruid groeien.

3.7.2.3 Bitumineuze verhardingen

Vuil, mos of andere vegetatie nestelen zich sneller in bitumineuze verhardingen met een sterke en/of open **textuur**. Het is dan ook raadzaam voetgangersvoorzieningen in asfaltbeton (met gesloten **textuur**) of gietasfalt uit te voeren.

Het onderhoudsgemak van bitumineuze toepassingen wordt uitvoerig beschreven onder 4.4.2.3.

3.7.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Uitgewassen beton is eigenlijk klassiek beton met een specifieke oppervlakbehandeling. Voor uitgewassen beton gelden dus dezelfde overwegingen als voor klassiek beton (zie 3.7.2.2).

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaardige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Voor ecologisch asfalt zijn dan ook dezelfde aanbevelingen als voor klassieke asfaltmengsels van toepassing.

Ongebonden materialen

Verhardingen van ongebonden materiaal wordt stoffig bij droog weer en modderig bij regenweer. Vuil hecht zich doorgaans niet aan ongebonden materialen, zodat licht bezemen meestal volstaat om het oppervlak schoon te houden. In grind (vooral van kalksteen) kan bij vochtig weer zaad van onkruid ontkiemen.

Hydraulisch gebonden materialen

Vuil hecht zich doorgaans niet aan hydraulisch gebonden materialen, zodat licht bezemen meestal volstaat om het oppervlak schoon te houden. Om ongewenste plantengroei tegen te gaan, kan een **geotextiel** worden aangebracht.



4- Criteria van de wegbeheerder – Beschrijving, toetsing van de materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

De criteria die de keuze van de ontwerper en de wegbeheerder bepalen, hebben betrekking op de **duurzaamheid**, de gezondheid van mens en milieu, de uitvoerings- en onderhoudseisen en -beperkingen, de kostprijs en de ruimtelijke kwaliteit.

Dit hoofdstuk is volgens een gelijksoortig stramien als het voorgaande opgebouwd. Eerst worden de criteria van de wegbeheerder beschreven. Vervolgens worden de prestaties van de beschouwde verhardingsmaterialen aan deze criteria afgetoetst en ten slotte worden specifieke aanbevelingen gedaan.

4.1 Duurzaamheid

Duurzaamheid is het vermogen van een materiaal om zijn prestaties zo lang mogelijk te behouden.

4.1.1 Eisen van de wegbeheerder

Voor de wegbeheerder is het belangrijk een weg zo lang mogelijk met minimale onderhoudskosten in stand te houden.

Daarom moet de verhardingsconstructie voldoende duurzaam zijn. Dit betekent dat het draagvermogen, de oppervlakkenmerken en de waterafvoer van de constructie tijdens de volledige ontwerplevensduur aan minimeisen moeten voldoen. Bovendien heeft de toepassing van duurzame materialen indirect een gunstig effect op de gezondheid van mens en milieu (zie 4.2).

Hierna worden de voornaamste parameters die de **duurzaamheid** van verhardingen voor voetgangersvoorzieningen beïnvloeden, beschreven.

Draagvermogen

Een verhardingsconstructie moet de nodige sterkte en stijfheid bezitten. Als ze niet sterk genoeg is, kan schade optreden. Als ze niet stijf genoeg is, kan blijvende vervorming ontstaan, met **onvlakheid** als gevolg. Op termijn worden over het algemeen de stabiliteit en de vlakheid aangetast.

Het draagvermogen van een constructie wordt voornamelijk bepaald door de opbouw. Een goede horizontale en verticale dimensionering⁽⁴⁾ (bepaling van respectievelijk breedten en laagdikten) is dan ook van groot belang. Bij de verticale ontwerpdikteberekening moet rekening worden gehouden met:

- de omgevingsfactoren (kenmerken van de aanwezige grond, het klimaat, enz.);
- de materialen en de kenmerken ervan;
- de optredende belastingen (aantal, grootte en duur).

Bij de verticale dimensionering van verhardingen voor voetgangersvoorzieningen moeten ook spanningen die onder autoverkeer in de constructie kunnen optreden in rekening worden gebracht. Dat kan voornamelijk het geval zijn aan:

- verhoogde oversteekplaatsen;
- inritten van openbare parkeerterreinen of bedrijfsinritten waar veel voertuigen op- en afrijden;
- private inritten;
- voetgangerszones waar (eventueel binnen bepaalde tijdsvensters) voertuigen voor de levering van goederen mogen rijden en/of laden en lossen;
- overdekte openbaarvervoerhalten (voertuigen van onderhoudsdiensten).

(4) De horizontale dimensionering valt buiten het bestek van deze publicatie.

In hoofdstuk 2 van deze aflevering is voor de beschouwde materialen een aanbevolen opbouw naargelang van de [verkeersbelastingen](#) voorgesteld.



Overrijdbaar gedeelte van een voetgangersvoorziening met een aangepaste verharding

Volgens de bepalingen in de GSV mag bij voetgangersvoorzieningen onder verkeer de fundering worden versterkt, een dikkere verharding worden aangebracht of een ander materiaal van dezelfde kleur worden toegepast⁽⁵⁾.

Gezien het bijzondere karakter moeten verhardingen voor woonerven en erven worden ontworpen als klassieke verhardingen onder verkeer met een draagvermogen dat is aangepast aan het verwachte verkeer.

Oppervlakkenmerken

Voor een duurzame stroefheid, vlakheid en stabiliteit van het verhardingsoppervlak moeten de materialen bestand zijn tegen:

- mechanische invloeden (occasioneel of geregeld zwaar verkeer en fout geparkeerde voertuigen);
- weersinvloeden (vorst, uitzetting, UV-stralen, enz.);
- chemische invloeden (wegenzout, reinigingsmiddelen, benzine, olie, enz.).

Waterafvoer

Een slechte waterafvoer beïnvloedt het gedrag en bijgevolg de [duurzaamheid](#) van de verharding. Hemelwater dat op het verhardingsoppervlak blijft staan (plassen) of in voegen of scheuren dringt, kan de constructie immers helemaal destabiliseren. Verhardingen die niet waterafvoerend en doorlatend zijn, houden water vast en zijn doorgaans minder duurzaam dan ondoorlatende verhardingen.

Een voldoende dwarshelling en adequate drainagevoorzieningen in, onder en naast de verhardingsconstructie kunnen de gevolgen van indringend water en bijbehorende schade aanzienlijk beperken. Ten slotte moeten ook de bepalingen onder 3.5 worden nageleefd.

4.1.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

4.1.2.1 Elementenverhardingen

Elementenverhardingen zijn **duurzaam** als:

- *in de ontwerpfase* de juiste materialen en elementen (stenen of tegels) worden gekozen, de laagdikten correct worden bepaald, het geschikte [legverband](#) wordt gekozen en een goede [kantopsluiting](#) en waterafvoer worden voorzien;
- *bij de uitvoering* de voorgeschreven materialen en laagdikten worden toegepast, de elementen zorgvuldig worden gezaagd, enz.;
- voor een *degelijk onderhoud* wordt gezorgd. Dit houdt onder meer in dat voegen geregeld worden bijgevuld, ongewenste vegeta-

(5) GSV – Titel VII De wegen, de toegangen ertoe en de naaste omgeving ervan (afdeling 2, artikel 6).

tie (bijvoorbeeld onkruid) wordt verwijderd en plaatselijke reparaties worden uitgevoerd.

Afhankelijk van de gebruikintensiteit, de optredende **verkeersbelastingen**, de slijtweerstand van het gesteente en het onderhoud zal een verhardingsoppervlak van natuursteen meer of minder snel afslijten en minder stroef worden. Door de fijnere **textuur** vermindert de grip van voetgangers op het loopoppervlak. Om de veiligheid en het comfort van voetgangers niet in gevaar te brengen, moet de **textuur** in situ door middel van hamerslagen worden hersteld. Boucharderen, zoals deze stroefmakende techniek ook wordt genoemd, is een relatief dure behandeling.

4.1.2.2 Betonverhardingen

Door hun intrinsieke eigenschappen kunnen correct ontworpen en uitgevoerde betonverhardingen met een minimum aan onderhoud **dertig tot veertig jaar of langer** meegaan.

Een *correct ontwerp* veronderstelt dat bij de ontwerpdikteberekening van het beton en de fundering met de verwachte **verkeersbelastingen** rekening is gehouden, dat het beton is samengesteld volgens de bepalingen in het standaardbestek TB 2011, enz.

Een *correcte uitvoering* veronderstelt onder meer dat het beton in de voorgeschreven dikte en samenstelling volgens de geldende regels is aangebracht. Het pas gestorte beton moet worden beschermd tegen uitdroging en krimpvoegen moeten tijdig op de juiste diepte en afstand van elkaar worden ingezaagd.

4.1.2.3 Bitumineuze verhardingen

Warm bereid asfalt en gietasfalt

Om de ontwerplevensduur (**standaard 20 jaar**) te bereiken:

- moet de constructie correct zijn gedimensioneerd (zie 2.3.1.2);
- moet de verharding de voorgeschreven kenmerken vertonen (weerstand tegen mechanische, chemische en weersinvloeden);

- moet in een goede waterafvoer worden voorzien;
- moet voor kleinere oppervlakken (ook aan aansluitingen) de onderbouw, en in het bijzonder de fundering, doorlopen.

De **duurzaamheid** van een asfaltverharding hangt ook af van de uitvoering en het gebruikte materieel. Een goede verdichting is onmisbaar om aantasting van de **toplaag** door de inwerking van water en weersomstandigheden tegen te gaan.

Het is aanbevolen aan voegen en naden steeds een bitumineuze voegband te gebruiken of de naad nadien af te sluiten met een bitumineuze vullingsmassa, om te voorkomen dat water in de constructie dringt.

Het is ook raadzaam de randen van de asfaltverharding goed op te sluiten met kantstroken. Op die manier kan het asfalt aan de randen beter worden verdicht en vermindert het risico op uitbrokkelen.

Aanbeveling

De **toplaag** van de asfaltverharding dient in een gelijkblijvende dikte (de nominale dikte van de asfaltsoort) te worden aangebracht. Als dat niet het geval is, kan het asfalt niet gelijkmatig worden verdicht, met een ongelijke **duurzaamheid** van de **toplaag** als gevolg. Voor een betere **duurzaamheid** van de **toplaag** worden profileringen in de **onderlaag** (of onderlagen) uitgevoerd.

Bestrijkingen en slemlagen

Bestrijkingen en slemlagen hebben intrinsiek een beperktere levensduur. Onder verkeer is dit meestal in de orde van grootte van **5 tot 10 jaar**. Dat geldt ook voor overrijdbare gedeelten waar veel voertuigen af- en aanrijden (inritten van bedrijven, parkeerterreinen van supermarkten, enz.).

Als er geen verkeer optreedt (zoals bij voetgangersvoorzieningen meestal het geval is) hebben bestrijkingen en slemlagen een langere levensduur.

4.1.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Door hun intrinsieke kenmerken zijn correct ontworpen en uitgevoerde verhardingen van uitgewassen beton met een minimum aan onderhoud **zeer duurzaam**.

Een *correct ontwerp* veronderstelt dat bij de ontwerpdikteberekening van het beton en de fundering met de verwachte **verkeersbelastingen** rekening is gehouden en dat het beton is samengesteld volgens de bepalingen in het standaardbestek TB 2011, enz.

Een *correcte uitvoering* veronderstelt onder meer dat het beton in de voorgeschreven dikte en samenstelling volgens de geldende regels is aangebracht. Het pas gestorte beton moet worden beschermd tegen uitdroging en krimpvoegen moeten tijdig op de juiste diepte en afstand van elkaar op het juiste moment worden ingezaagd.

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaardige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Voor ecologisch asfalt zijn dan ook dezelfde ontwerp- en uitvoeringsaanbevelingen van toepassing. Omdat het een recente techniek betreft, konden de **duurzaamheid** van het asfalt en de prestaties van de toegepaste bindmiddelen nog niet voldoende worden onderzocht om hierover gefundeerde uitspraken te doen. Deze kenmerken hangen ook in grote mate af van de veroudering van het bindmiddel.

Ongebonden materialen

Ongebonden materialen met een goede weerstand tegen afbrokkeling zijn **redelijk duurzaam**. Om de mechanische kenmerken van de korrelige materialen te waarborgen, mogen ze niet tot **fijne bestanddelen** verbrossen of verkrumelen. De kwaliteit van de materialen (hard gesteente) is dus belangrijk. In zacht gesteente nestelt zich gemakkelijker vegetatie, omdat het poreuzer is. De aanbrenging van

een **geotextiel** kan dat probleem ondervangen. In grind (vooral van kalksteen) kan bij vochtig weer zaad van onkruid ontkiemen.

Ongebonden materialen worden gemakkelijk door stromend water meegevoerd (uitspoeling) en zijn zeer gevoelig voor (oppervlak)schade door vorst- en dooicyclusen. Een maximale helling van 2% en geregeld onderhoud kunnen dit tegengaan. Ongebonden materialen zijn niet geschikt voor toepassing in een vochtige of moeilijk te draineren omgeving.

Hydraulisch gebonden materialen

De **duurzaamheid** van hydraulisch gebonden materialen hangt af van de toegevoegde hoeveelheid bindmiddel. In een mengverhouding van 3,5% tot 8% bieden zij een **goede duurzaamheid**. Afhankelijk van de mengverhouding zijn deze materialen meer of minder bestand tegen verkeer en uitspoeling. In vergelijking met ongebonden materialen worden ze minder gemakkelijk door stromend water meegevoerd en zijn ze minder gevoelig voor schade door vorst-dooicyclusen. Geregeld onderhoud kan deze schaden wegwerken. Er zijn nieuwe bindmiddelen beschikbaar die hydraulisch gebonden materialen beter tegen weersinvloeden bestand maken. Over het algemeen zijn hydraulisch gebonden materialen kleurvast.

4.2 Gezondheid van mens en milieu

4.2.1 Eisen van de wegbeheerder

Net zoals voor andere wegverhardingen moet bij de keuze van materialen en technieken voor voetgangersvoorzieningen rekening worden gehouden met eisen die in verband met de gezondheid van mens en milieu worden gesteld. Die eisen hebben betrekking op:

- de verwerking en de emissie van stoffen die de kwaliteit van de lucht, de grond en/of het water kunnen aantasten;
- de gezondheid en de veiligheid van asfaltverwerkers, wegmarkeerders, enz.;
- de afvalberg (verpakkingsafval, grondverzet, bouwpuin);

- het verbruik van water en van nieuwe, niet-hernieuwbare energie en grondstoffen;
- recycling en toepassing van gerecyclede materialen.

Voor heel wat bouwproducten en dus ook voor bepaalde verhardingsmaterialen voor voetgangersvoorzieningen zijn de Europese *Bouwproductenrichtlijn (BPR) 89/106/EEG* en de opvolger, *de Bouwproductenverordening (BPV) 305/2011/CE*, van toepassing. Dit betekent dat de producten moeten worden beoordeeld op hun bijdrage aan de fundamentele prestaties van de constructies waarin ze worden verwerkt. Deze fundamentele prestaties hebben betrekking op energiebesparing, gebruiksvriendelijkheid, milieu, gezondheid, brandweerstand, stabiliteit en rationeel gebruik van natuurbronnen. Het aspect gezondheid van mens en milieu is er dus ook in vervat.

Een product mag maar op de markt komen en er vrij circuleren als het voldoet aan de toepasselijke geharmoniseerde Europese technische specificaties (zogenoemde geharmoniseerde EN-normen). Dergelijke producten zijn herkenbaar aan de CE-markering.

Een ander belangrijk aspect is het vermogen van verhardingsmaterialen om lichtstralen te weerkaatsen en warmte te absorberen.

Het vermogen om lichtstralen (en dus ook energie) terug te kaatsen, hangt af van de **albedo** van het oppervlak. De albedo of diffuse reflectiefactor is de verhouding tussen de hoeveelheid door een lichaam diffuus teruggekaatst en de hoeveelheid opgevangen licht. Hoe groter deze factor, des te meer energie in de atmosfeer wordt teruggestuurd. Door toepassing van verhardingen met een lage albedo, neemt de gemiddelde albedo van de aarde af (35%). De temperatuur van de aarde neemt evenredig toe en het opwarmingseffect wordt versneld. Om die reden kan het nuttig zijn verhardingen met een hoge diffuse reflectiefactor toe te passen.

Omdat oppervlakken met een lichte kleur minder warmte absorberen, remmen zij de opwarming, en in het bijzonder het “warme eiland”-effect in steden, af.

4.2.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

4.2.2.1 Elementenverhardingen

Betonstraatstenen en -tegels zijn **in wezen milieuvriendelijk**. Ze hebben een lange levensduur en kunnen na het opbreken worden **hergebruikt** of tot betonpuingranulaten worden gerecycled.

Straatkeien en natuursteentegels hebben een **lange levensduur**, wat het veelvuldige gebruik van oude keien in de wegenbouw verklaart.

Klinkers bevatten geen schadelijke elementen voor het milieu: ze worden gebakken uit een natuurlijke grondstof, zonder toevoeging van kleurstoffen. De productie vindt in tunnelovens plaats, wat op energie helpt te besparen. Het gebruik van aardgas beperkt de emissies. Klinkers kunnen na het opbreken worden **hergebruikt**.

4.2.2.2 Betonverhardingen

Lange levensduur

Betonverhardingen hebben een levensduur van **dertig tot veertig jaar of meer**. Bovendien zijn ze onderhoudsvriendelijk en vergen weinig reparaties. Op lange termijn worden minder grondstoffen en energie verbruikt en is ook minder vervoer nodig. Om die redenen mag worden gesteld dat betonverhardingen een gunstig effect op de gezondheid van mens en milieu hebben.

Energiezuinige cementproductie

Boudweg zeggen dat bij de productie van 1 t cement 1 t CO₂ wordt uitgestoten, is te simplistisch én onjuist.

Naast de basisgrondstof (klinker) worden bij de cementproductie in de Europese Unie voornamelijk secundaire grondstoffen zoals vliegask, hoogovenslak en kalksteen**vulstof** toegepast. Zo blijft de gemiddelde CO₂-uitstoot voor 1 t cement tot 750 kg beperkt.

In België, en vooral in de wegenbranche, is de situatie zelfs nog gunstiger. In de wegenbouw wordt hoofdzakelijk hoogovencement CEM III/A 42,5 N LA gebruikt. Voor deze cementsoort wordt ongeveer de helft van het klinkergehalte door hoogovenslak vervangen. Het is net bij de productie van deze basisgrondstof dat de meeste energie wordt verbruikt en de CO₂-uitstoot het hoogst is.

Hergebruik van industrieafval: minder totale CO₂-uitstoot

In cementovens wordt industrieafval zoals autobanden, solvents, oliën, waterzuiverings-slib, verf, enz. als alternatieve brandstof gebruikt. Dit afval hoeft dus niet meer langs de klassieke weg te worden verbrand, waardoor de totale CO₂-uitstoot afneemt.

Beton houdt CO₂ vast

Door decarbonatie wordt bij de productie van cement CO₂ uitgestoten. Tijdens zijn levensduur kan beton door het omgekeerde proces (carbonatie) CO₂ absorberen. Als de wapeningen in een betonverharding onvoldoende omhuld zijn, kan schade optreden. Bij ongewapende betonplatenverhardingen voor voetgangersvoorzieningen is er dus weinig gevaar voor schade door dit proces.

Geen schadelijke uitloging

Omdat bij de productie van cement industriële bijproducten zoals vliegias, hoogovenslak, enz. worden gebruikt, wordt wel eens beweerd dat beton door uitloging van zware metalen grondverontreiniging kan veroorzaken.

Uitloging betekent chemische stoffen die in een substantie aanwezig zijn door contact met drink-, hemel- of zeewater afscheiden. Het Nationale Centrum van Wetenschappelijk en Technisch Onderzoek voor de cementnijverheid (OCCN) heeft onderzoek verricht naar de uitloging bij beton dat met Belgisch cement voor toepassing in klassieke betonwegen wordt vervaardigd. Volgens dit onderzoek is deze uitloging niet schadelijk voor het milieu. Zowel bij cementrijk als **schraal beton** is de hoeveelheid uitgelogde zware metalen zelfs

lager dan de hoeveelheden die in het dagelijkse drinkwater (leidingwater en mineraal water voor consumptie) worden aangetroffen.

Recycling

Beton is een inert materiaal dat volledig kan worden gerecycled. Puin van opgebroken betonwegen kan in brekerinstallaties worden gerecycled en als secundair materiaal voor ongebonden en gebonden (onder)funderingen of voor de aanmaak van **schraal beton** of gewalst beton worden gebruikt.

Betere lichtweerkaatsing: minder opwarming in stedelijke gebieden

Oppervlakken met een lichte kleur weerkaatsen het licht beter. Bij betonverhardingen kunnen verlichtingssystemen met een minder grote lichtsterkte en een lager energieverbruik worden geïnstalleerd.

Oppervlakken met een lichte kleur absorberen minder warmte en remmen zo de opwarming, en in het bijzonder het “warme eiland”-effect in steden, af.

4.2.2.3 Bitumineuze verhardingen

Via zijn keuze van de bitumineuze verharding kan de ontwerper bijdragen aan de gezondheid van mens en milieu. Zo kan hij:

- materialen kiezen die veilig zijn voor mens en milieu;
- de afvalberg verminderen;
- innoverende producten en technieken toepassen.

Veilige materialen voor mens en milieu

De gekozen asfaltmengsels mogen geen teerhoudende materialen (bindmiddel of asfaltgranulaat) bevatten.

Toepassing van asfaltgranulaat (ag): vermindering van de afvalberg

Recycling biedt een drievoudig voordeel voor het milieu:

- het vermindert de hoeveelheid afvalstoffen die finaal moeten worden verwijderd (afvoer

naar een stortplaats of een centrum voor technische ingraving);

- het voorkomt dat nieuwe, niet-hernieuwbare grondstoffen (zoals zand en steenslag) moeten worden gedolven;
- er moeten minder grondstoffen worden vervoerd.

Toepassing van ag kan zowel bij onderhoudswerkzaamheden als bij de bereiding van nieuwe asfaltverhardingen plaatsvinden.

Toepassing van innoverende producten en technieken

Er bestaan verschillende innoverende technieken om asfalt bij lagere temperatuur te bereiden en/of te verwerken, en zo het energie- en/of aardolieverbruik en de CO₂-uitstoot te verminderen:

- *koud asfalt* lijkt op warm bereid asfalt, maar wordt koud (of met lichte verwarming) geproduceerd door bitumenemulsies en/of vloeibitumen te gebruiken;
- *halfwarm (giet)asfalt* kan bij een lagere temperatuur worden verwerkt.

4.2.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Uitgewassen beton is **milieuvriendelijk**. Het heeft een lange levensduur en kan daarna worden gerecycled en als funderingsmateriaal of secundair **aggregaat** voor nieuw beton worden toegepast.

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt bevat een bindmiddel op basis van uitsluitend plantaardige oliën en harsen. Het kan bij een lagere temperatuur worden bereid (zie 2.4.2), waardoor het energie- en/of aardolieverbruik en de CO₂-uitstoot verminderen.

Ongebonden materialen

Ongebonden materialen zijn mengsels van natuurlijke stoffen. Door hun samenstelling en bereidingstemperatuur zijn zij **minder schadelijk voor het milieu** dan beton en asfalt.

Ongebonden materialen hebben een waterafvoerend vermogen, op voorwaarde dat het gehalte aan **fijne bestanddelen** beperkt is (een overmaat aan **fijne bestanddelen** maakt het materiaal haast volledig ondoorlatend). Om waterafvoerend te zijn, moeten ook de fundering en de **ondergrond** doorlatend zijn. Waterdoorlatende verhardingen dragen aan een duurzaam waterbeheer bij.

Hydraulisch gebonden materialen

Er zijn nieuwe materialen beschikbaar waarmee stabielere mengsels kunnen worden bereikt die minder gevoelig zijn voor de weersomstandigheden. Door hun landelijk aanzien zijn zij een goed alternatief in een omgeving waar asfalt en beton om redenen van ruimtelijke kwaliteit uitgesloten zijn. Door de ruime keuze aan gekleurde **aggregaten** kunnen zij net zoals ongebonden materialen in tal van omgevingen harmonieus worden ingepast. Ten slotte kunnen zij een oplossing bieden voor schaduwrijke paden waar asfalt door gebrek aan zonlicht te snel verouderd (bijvoorbeeld in bossen).

4.3 Uitvoering

4.3.1 Eisen van de wegbeheerder

Bij werkzaamheden aan de rijbaan moet een weg vaak gedeeltelijk of volledig worden afgesloten. Voetgangervoorzieningen zijn doorgaans lange, smalle stroken langs gebouwen, zodat bij de (her)aanleg weinig of niet aan de rijbaan moet worden geraakt. Afhankelijk van het verhardingsmateriaal en de aanbrengingstechniek blijven de gevolgen voor de aangrenzende rijbaan en de bijbehorende verkeershinder min of meer beperkt. Er mag echter niet worden vergeten dat dergelijke werkzaamheden wel hinder voor de aanwonenden veroorzaken.

Specifieke eisen of beperkingen voor de verwerking van materialen kunnen in de bovenvermelde omstandigheden de keuze van een verhardingsmateriaal beïnvloeden. Met name kunnen dat zijn:



Specifieke eisen of beperkingen voor de verwerking kunnen de keuze van een verhardingsmateriaal beïnvloeden, bijvoorbeeld het gemak om podotactiele elementen te verwerken

- omgevingstemperatuur;
- maximale verwerkingsduur;
- minimale wachttijd voor de openstelling voor verkeer;
- onmisbare **kantopsluiting**, dwars- en/of langsvoegen;
- al of niet gemakkelijke aanbrenging van podotactiele elementen op of in de verharding;
- soort en kwaliteit van de **ondergrond**;
- beschikbaarheid van aangepast materieel;
- mogelijkheid om het materiaal handmatig te verwerken.

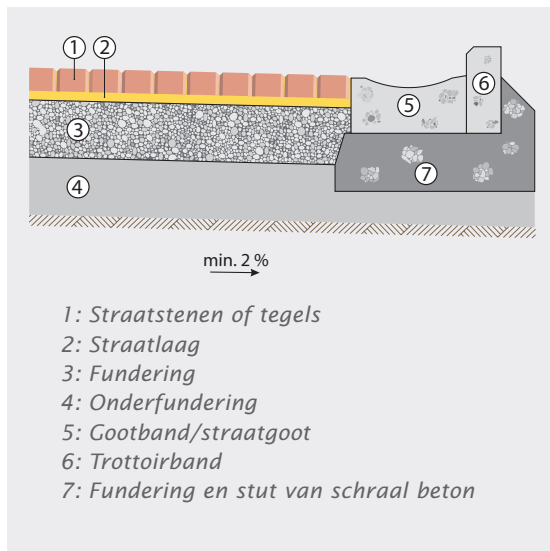
4.3.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

4.3.2.1 Elementenverhardingen

Een correcte uitvoering vormt de basis voor een lange levensduur. Dit vereist voor alle soorten van elementenverhardingen:

- een zorgvuldige uitvoering van de constructie volgens het ontwerp en de geldende regels;
- om bewegen van de elementen tegen te gaan, worden ze goed aangesloten met behulp van een trottoirband (en eventueel een gootband of een straatgoot), die in een fundering met stut van **schraal beton** zijn vastgezet (zie 5 en 6 in figuur 9 op blz.77);
- goed afrillen van de elementen, samen met de straatlaag en het voegmateriaal;
- steeds goed gevulde voegen, zodat de verharding als een geheel werkt.

Figuur 9 – Voorbeeld van een goed opgesloten verharding van betonstraatstenen of -tegels



4.3.2.2 Betonverhardingen

Een correcte uitvoering vormt de basis voor de lange levensduur van betonverhardingen. Met een glijbekistingsmachine met een aangepaste werkbreedte kunnen voetgangersvoorzieningen snel en met een goede kwaliteit worden uitgevoerd.

Vorbereiding en aanbrenging van het baanbed

Het baanbed wordt zorgvuldig voorbereid. Dat wil zeggen:

- modder en organisch materiaal worden verwijderd;
- oppervlaktewater wordt verwijderd. Er mag geen stilstaand water op het oppervlak voorkomen;
- de grond wordt goed verdicht. Dat gebeurt met een trilwals met aangepaste afmetingen over een grotere breedte dan de eigenlijke voetgangersvoorziening. De extra te verdichten breedte hangt af van de wijze van aanbrenging. Als een glijbekistingsmachine wordt gebruikt, moet aan weerszijden een strook van ten minste 60 cm mee worden verdicht, zodat een vlakke strook voor de glijbekistingsmachine wordt gevormd. Als de glijbekistingsmachine naast het baanbed wordt opgesteld, volstaat een extra breedte van 20 cm aan elke kant van de voetgangersvoorziening;

- met een rei van 3 m verifiëren of het profiel van het baanbed voldoet aan de eisen in standaardbestek TB 2011 (oneffenheden mogen niet groter zijn 25 mm);
- de rijsporen van het bouwverkeer in het baanbed wegwerken, bij voorkeur door ze met korrelig materiaal te vullen en dat materiaal te verdichten;
- het baanbed bevochtigen vooraleer het betonstorten aan te vangen (als het gevaar bestaat dat de grond een deel van het aanmaakwater van het beton opzuigt).

Aanbrenging van de betonspecie

Een betonverharding is geen ononderbroken oppervlak, maar wordt wel doorgaand gestort. De betonplaten zijn in principe niet verbonden door deuvels. De betonspecie wordt rechtstreeks op het baanbed of op de fundering gestort.

Betonplaten vertonen de volgende geometrische kenmerken:

- een nominale dikte van ten minste 16 cm;
- een dwarshelling naar een kant van 2%;
- een dwarsvoeg om de 4 m. De afstand tussen dwarsvoegen hangt af van de dikte en de breedte van de platen. Voor een klassieke verharding mag de plaatlengte niet meer dan anderhalve maal groter zijn dan de plaatbreedte. Voor verhardingen waar geen zwaar verkeer optreedt, mag deze regel flexibeler worden toegepast;
- voor verhardingen met een breedte van minder dan 4,5 m is geen langsvog nodig.

Ook voor kleine werkbreedten (bijvoorbeeld 1,75 m) wordt doorgaans een glijbekistingsmachine gebruikt. In een stedelijke omgeving kunnen zich situaties voordoen die toepassing van deze techniek onmogelijk maken, bijvoorbeeld bij een trottoir in direct contact met gebouwen of andere constructies. Deze techniek waarborgt een uitstekend lengteprofiel, maakt het mogelijk een bochtig tracé uit te voeren en haalt een hoog rendement, wat kostenbesparend is.

Als de trilnaalden van de glijbekistingsmachine onvoldoende naar buiten kunnen worden gericht, wordt de betonspecie aan dagvoegen (dit zijn constructievoegen bij het begin en het einde van een dagproductie) en aan de zijkanalen met handbediende trilnaalden verdicht.

In omstandigheden waar niet met een glijbekistingmachine kan worden gewerkt, kan het beton tussen vaste bekistingen worden gestort. De betonspecie wordt dan met een trilbalk verdicht. Voor de verdichting aan de randen kunnen ook trilnaalden worden gebruikt.

Voor het comfort van de voetganger legt het standaardbestek TB 2011 grenswaarden op voor oneffenheden, gemeten met de rei van 3 m.

De pas gestorte betonspecie wordt tegen uitdroging beschermd. Daartoe wordt een dampdicht membraan aangebracht of wordt een nabehandelmiddel over het betonoppervlak verstoven.

Krimpvoegen worden zo snel mogelijk gezaagd, dat wil zeggen zodra het beton voldoende is uitgehard (om beschadiging van de randen door de zaagmachine te vermijden) en vóór wilde scheurvorming ontstaat. Vooral bij warm weer of wind dient dit vrij snel te gebeuren.

Zoals al onder 2.2.3 gezegd, kan ook een oppervlakbehandeling worden toegepast.

4.3.2.3 Bitumineuze verhardingen

Warm bereid asfalt

Asfaltmengsels worden meestal met een asfaltspreidmachine aangebracht en met zware banden- of gladde walsen verdicht. Zij zijn minder geschikt voor verwerking in kleine hoeveelheden. Handwerk is steeds af te raden en kan alleen op plaatsen waar weinig of geen autoverkeer optreedt. De uitvoeringsperiode is zeer ruim: asfaltmengsels mogen tijdens het grootste deel van het jaar worden aangebracht. Zodra de asfaltlaag voldoende is afgekoeld, mag zij voor verkeer worden opengesteld. De wachttijd is afhankelijk van de bezonning, de windsnelheid, de laagdikte en het tijdstip van aanbrenging. In OCW-researchverslag RV42/06 *Temperatuurverloop in een pas aangebrachte asfaltlaag* wordt een berekeningswijze voor de wachttijden volgens de voormelde parameters beschreven.

Voor gekleurd asfalt gelden dezelfde uitvoeringseisen en -beperkingen als voor klassiek

zwart asfalt. Wel dienen de nodige voorzorgen te worden genomen, om vermenging met zwart asfalt te vermijden (volledig propere asfaltmenginstallatie, asfaltspreid- en verdichtingsmachines, enz.).

Bij de verwerking moeten steeds (dus ook in het geval van voetgangersvoorzieningen) de volgende aspecten in acht worden genomen:

- bij aansluitingen tussen aangrenzende verhardingssoorten verschillen in hoogten (en dus hinderlijke overgangen) vermijden;
- aanbrenging op puntstukken vermijden;
- vooraf een verzorgde kleeflaag aanbrengen;
- de toepassingsvoorwaarden (temperatuur, weersomstandigheden, enz.) naleven;
- bij een gemengde aanbrenging (klassieke en gekleurde verharding) eerst de bitumineuze en pas daarna de gekleurde verharding aanbrengen, om vermenging of bevuiling te vermijden;
- stornaden boven andere voegen en op plaatsen onder zwaar verkeer vermijden;
- maximaal tot 4 cm boven een scheurremmende tussenlaag affrezen;
- de nodige wachttijd voor de afkoeling van de pas aangebrachte asfaltlaag in acht nemen alvorens de verharding voor verkeer open te stellen.

Bij voetgangersvoorzieningen gelden bovendien enkele bijzondere aandachtspunten.



Aanbrenging over een kleine werkbreedte

Vlakheid

Een vlak loopoppervlak is van essentieel belang voor voetgangers en mag dan ook op geen enkel ogenblik worden verwaarloosd. Naast de bovenvermelde elementen dient al vóór de verdichting nauwlettend op de uitvoeringsaspecten te worden toegezien (zie 3.1.3.3).

Aanbrenging over kleine werkbreedten

Een beperking van de breedte kan de keuze van de asfaltsoort beïnvloeden. Als de asfalt-aanvoer en het lossen in de [asfaltspreidmachine](#) ernstig bemoeilijkt worden door een beperking van de breedte, zal de bevoorrading van de machine moeizaam verlopen. Het is dan aangewezen een asfaltsoort te kiezen waarbij de kwaliteit van de aangebrachte verharding minder van de te verwachte geregelde stilstanden te lijden heeft.

Beperkte toegankelijkheid kan machinale verwerking zelfs helemaal onmogelijk maken (de kleinste werkbreedte van een [asfaltspreidmachine](#) is van de orde van grootte van 0,9 m). Als dan toch asfalt moet worden aangebracht, gaat de voorkeur naar een asfaltmengsel dat gemakkelijker handmatig te verwerken is, bijvoorbeeld AB-4, AB-5 of AB-8. De [verwerkbaarheid](#) kan ook worden verbeterd door zachter bitumen (bijvoorbeeld B 70/100) te gebruiken, voor zover de verwachte [verkeersbelasting](#) het toelaat.

Als de asfaltlagen tussen twee opstaande randen moeten worden aangebracht, dient bij de



Asfaltspreidmachine met kleine werkbreedte

keuze van het materieel voor de aanvoer, de spreading en de verdichting rekening te worden gehouden met de beschikbare breedte. Er zijn verschillende mogelijkheden:

- aanbrenging met een [asfaltspreidmachine](#) waarvan de trilplaat zijwaarts is gesteld. De machine wordt vooraan uit vrachtwagens bevoorraad;
- aanbrenging met een [asfaltspreidmachine](#) met kleine werkbreedte. Het asfaltmengsel kan rechtstreeks uit de vrachtwagens worden gestort of de machine kan met een grijperkraan worden bevoorraad. Het gebruik van kleine laadwerktuigen is niet aan te raden, omdat het asfaltmengsel dan eerst op de grond moet worden gestort, wat de afkoeling versnelt;
- aanbrenging met een [asfaltspreidmachine](#) die op het naastgelegen wegdek rijdt en uitgerust is met een zijwaarts gesteld egalisatieblad met verstelbare hoogte. Met een grijperkraan wordt het asfaltmengsel vrij gelijkmatig in het rijwegdek gestort. Bij de aanbrenging van een [toplaag](#) kan het soms moeilijk zijn om een gelijkblijvende werkbreedte aan te houden. Ook bestaat het gevaar dat asfalt op het naastgelegen bestaande wegdek (bijvoorbeeld een betonweg) terecht komt en het bevuilt;
- als het trottoir zich op hetzelfde niveau bevindt als de rijbaan, kan de [toplaag](#) ook met een [asfaltspreidmachine](#) met klassieke werkbreedte worden aangebracht. Het asfaltmengsel wordt dan echter bijna niet voorverdicht uit vrees het naastgelegen wegdek mee te trillen en de trilplaat te beschadigen.

Handmatige aanbrenging

Als het asfaltmengsel handmatig moet worden verwerkt (zeer kleine oppervlakten, complexe vormen, veel putdeksels in het trottoir, enz.), wordt het in kleine hopen uitgestort. Er wordt over kleine breedten (maximum 3 m) gewerkt, om het materiaal te kunnen verdichten voor het afkoelt.

Wegens de minder goede verdichting zal deze werkwijze echter steeds de [duurzaamheid](#) van de bitumineuze [toplaag](#) en de vlakheid van het oppervlak beïnvloeden. In dit geval zou ook gietasfalt kunnen worden toegepast.

Bomen en voetgangersvoorzieningen

In een boomrijke omgeving zoals wandelparken moeten bijzondere aandachtspunten in acht worden genomen.

Het spreekt vanzelf dat de hoogte en de breedte van de takken de toegankelijkheid voor bouwmachines beïnvloeden. Voorafgaand snoeiwerk kan vaak veel oplossen.

Voorts kunnen bomen een invloed op het te behandelen oppervlak hebben.

Het oppervlak van een oude verharding raakt onder bomen moeilijk droog, vooral buiten de zomer. Dit bemoeilijkt in grote mate de aanbrenging en de goede werking van een [kleeflaag](#). Het kan mee het tijdstip van de werkzaamheden (tussenseizoenen vermijden) en de keuze van de verharding bepalen. Afhankelijk van het verwachte verkeer is het vooral voor voetgangersvoorzieningen in zulke omstandigheden verkieslijk gemakkelijk verwerkbaar mengsel (zoals AB-4 of -5) met een (eventueel) iets hoger [bindmiddelgehalte](#) toe te passen. Dan kan een dichtere asfaltlaag worden gerealiseerd, die onder bomen een langere levensduur zal hebben.

Gietasfalt

Omdat gietasfalt bitumenrijker is dan asfaltbeton kan het handmatig worden verwerkt en is geen verdichting nodig. Voor brede, lange en rechte stroken zonder complexe geometrie kan machinale verwerking worden overwogen voor een beter rendement.

Gietasfalt wordt in een speciale asfaltmenginstallatie bereid. Het vereist echter een langere mengtijd, zodat het mengsel nadien nog gedurende ten minste 2 h moet worden gemengd (vervoertijd inbegrepen).

Het mengsel wordt in een verwarmde zelfrijdende of voortgetrokken menger vervoerd. Het automatische warmteregelingssysteem is met de stuurcabine van de vrachtwagen verbonden. Als op een moeilijk bereikbare plaats moet worden gestort, kan het mengsel in kleine mobiele mixers worden overgeheveld.

Het mengsel wordt doorgaans handmatig (of met een [asfaltspreidmachine](#)) op een gave en droge [ondergrond](#) aangebracht. De [ondergrond](#) vertoont geen blijvende vervormingen die groter zijn dan de toegelaten grenswaarden in het standaardbestek TB 2011. Gietasfalt mag niet worden aangebracht bij regenweer en een omgevingstemperatuur lager dan +2°C.

Gietasfalt is gemakkelijk handmatig en in kleine hoeveelheden op kleine en met vrachtwagens moeilijk bereikbare oppervlakken aan te brengen. Gietasfalt leent zich dus uitermate voor voetgangersvoorzieningen waar warm bereid asfalt moeilijk is aan te brengen omwille van bijvoorbeeld de complexe geometrie of de vele putdeksels.

De wachttijd voor de openstelling voor verkeer hangt af van de temperatuur, de windsnelheid en de bezonning tijdens de verwerking. Voor asfalt dat bij een temperatuur van 250°C wordt verwerkt en tot 30°C moet afkoelen, wordt geraamd dat de wachttijd 30 min ('s winters) tot 90 min ('s zomers) langer is dan voor asfalt dat bij 170°C wordt verwerkt.

Een volgende asfaltlaag mag pas worden aangebracht als de vorige voldoende is afgekoeld, om onthulling van de [aggregaten](#) en onvoldoende stabiliteit door een overmaat aan mastiek in de bovenlaag tegen te gaan.

Bestrijkingen

De soort en de staat van de [ondergrond](#) bepalen in grote mate de kwaliteit van de aangebrachte bestrijking. De [ondergrond](#) moet vlak zijn, want in tegenstelling met asfaltbeton werkt dit materiaal geen oneffenheden weg. Het te behandelen oppervlak moet homogeen zijn en mag geen [spoorvorming](#) vertonen. Eventueel zijn voorbereidende werkzaamheden nodig of moet een [profileerlaag](#) worden aangebracht.

Nadat de [ondergrond](#) is schoongemaakt, wordt de emulsie aangebracht en met steenslag afgestrooid. Ten slotte wordt de bestrijking met een zware verdichtingsmachine (doorgaans een bandenwals) verdicht.



Afstrooien van steenslag op een emulsielaag

Randen (trottoirbanden, goten), inritten, putdeksels, enz. moeten worden beschermd, om bevuilding tijdens de aanbrenging te vermijden.

Het is aangewezen bestrijkingen niet in het najaar aan te brengen. Als bestrijkingen in slechte weersomstandigheden (bij koud en/of regenweer) worden verwerkt, kan dit de temperatuur voor de breking van de emulsie op willekeurige wijze verhogen en de afvoer van het breekwater van de emulsie belemmeren.

Bestrijkingen mogen al snel voor het verkeer worden opengesteld, maar zijn tijdens een korte periode vlak na de aanbrenging zeer gevoelig voor sterke tangentiële krachten.

De aanbrenging van bestrijkingen dient zeer zorgvuldig te gebeuren en vereist (in tegenstelling met de gangbare opvattingen) bijzondere vaardigheden. Ze mogen niet handmatig worden verwerkt.

Bestrijkingen kunnen “vetslaan” en zijn gevoelig voor **rafeling**. Het vetslaan komt bij bestrijkingen op voetgangersvoorzieningen hoofdzakelijk voor op warme dagen, waardoor het bindmiddel aan de schoenen van de voetgangers kan kleven. Om dit te vermijden, moet de hoeveelheid emulsie worden aangepast aan

de omstandigheden op de bouwplaats (al of geen schaduw, al of niet poreuze **ondergrond**, enz.).

Voor meer informatie wordt verwezen naar OCW-publicatie A71/01 *Handleiding voor bestrijkingen* (3.6).

De waarborgen voor openbare werken mogen pas na een volledig jaar (winter en zomer) onder verkeer worden opgeheven. Aan een bestrijking die niet correct is uitgevoerd, zal al snel of in het eerste voorjaar na de aanleg schade optreden.

Slemlagen

Randen (trottoirbanden, goten), inritten, putdeksels, enz. moeten worden beschermd, om bevuilding tijdens de aanbrenging te vermijden.

Voor slemlagen gelden dezelfde beperkingen voor de verwerking en de openstelling voor verkeer als voor bestrijkingen.

4.3.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Uitgewassen beton wordt verkregen door op het pas gestorte betonoppervlak een bindingsvertrager te verstuiven. Nadien worden de gekleurde **aggregaten** met water onder hoge druk bloot gelegd.

Ecologisch asfalt

In tegenstelling met klassiek asfalt – dat met bitumen afkomstig van petroleumraffinage is gebonden – bevat ecologisch asfalt een bindmiddel op basis van uitsluitend oliën en harsen. Het bindmiddel is dus milieuvriendelijk door zijn samenstelling en maakt het bovendien mogelijk het asfalt bij een aanzienlijk lagere temperatuur (120°C) dan klassiek asfalt (160°C) te bereiden. Ecologisch asfalt wordt in een klassieke menginstallatie bereid en met klassiek materieel aangebracht. Omdat het bindmiddel moet uitharden, is verkeer pas enkele dagen na de afkoeling van het asfalt toegelaten.

Ongebonden materialen

Ongebonden materialen zijn mengsels van zand of **grindzand** met water. De keuze van de bestanddelen hangt onder meer af van de gewenste kleur.

De verwerkingsdikte wordt bepaald door de kwaliteit van de **ondergrond** en de verwachte **verkeersbelastingen**. Voor **grindzand** is een verwerkingsdikte van ten minste 10 cm aangewezen, om de aanbrenging te vergemakkelijken. Voor zand is een verwerkingsdikte van ten minste 4 cm aanbevolen.

Om de mechanische kenmerken van de korrelige materialen te waarborgen, is de kwaliteit van de materialen (hard rotsgesteente) dus belangrijk.

Het natmaken van de materialen vindt in situ of in een menginstallatie plaats. Ze worden meestal machinaal verwerkt en met een lichte gladde trilwals en/of bandenwals verdicht. Voor een goede vlakheid wordt het oppervlak met een gladde wals afgewerkt. Omdat het materiaal gevoelig is voor schommelingen in de waterdosering mag het niet bij slecht weer worden verwerkt.

Hydraulisch gebonden materialen

Hydraulisch gebonden materialen bieden een tussenoplossing tussen ongebonden en verharde materialen.

Een hydraulisch gebonden materiaal is een mengsel van zand of **grindzand** met een **smalle gradering**, water, een hydraulisch bindmiddel en eventueel een bindingsvertrager. De hydraulische binding zorgt op middellange termijn voor de cohesie in het materiaal. De verwerking dient zorgvuldig te gebeuren, zodat egaliseren met aanvullend materiaal overbodig is en delaminatie (dat wil zeggen verbreking van de hechting tussen twee lagen) wordt voorkomen. Onmiddellijk na de verdichting wordt een gelijksoortig **nabehandelmiddel** als bij beton aangebracht, om uitdroging van het oppervlak en cohesieverlies in het materiaal tegen te gaan. Naast de geëiste mechanische kenmerken

wordt de keuze van de **aggregaten** door de gewenste kleur beïnvloedt. De mengverhouding van het bindmiddel bedraagt 3,5 tot 8%. Het bindmiddel is meestal cement, maar kan ook hoogovenslak, kiezelhoudend as, luchtkalk of andere puzzolanen bevatten.

Als hydraulisch gebonden materiaal in dikke lagen (tot 40 cm) wordt aangebracht, doet het tegelijk dienst als funderings- en **toplaag**. In andere gevallen is een fundering van **grindzand** nodig. Afhankelijk van het beoogde gebruik wordt hydraulisch gebonden materiaal in lagen van 6 tot 15 cm dik verwerkt.

De menging vindt doorgaans in een menginstallatie plaats, maar kan voor kleine hoeveelheden ook op de bouwplaats gebeuren. Het mengsel wordt handmatig verwerkt, met een trilwals verdicht en besproeid om de binding te bevorderen. Om oppervlakschade te voorkomen, mag de weg pas na een wachttijd voor het verkeer worden opengesteld. Omdat het materiaal gevoelig voor schommelingen in de waterdosering is, mag het niet bij slecht weer worden verwerkt.

4.4 Onderhoud

4.4.1 Eisen van de wegbeheerder

Onderhoud is een belangrijke invloedsfactor bij de keuze van de verharding voor een voetgangersvoorziening. Een verharding die niet geregeld wordt onderhouden, gerepareerd of schoongemaakt, raakt beschadigd en ligt er vuil bij. Een beschadigde en vuile verharding heeft nadelige gevolgen voor de veiligheid en het comfort van voetgangers en PBM. Om een duurzame kwaliteit te waarborgen, is een efficiënt onderhoudsbeheer van het voetgangersnetwerk onmisbaar. De hieruit voortvloeiende eisen kunnen een rol spelen bij de keuze van het verhardingsmateriaal.

De volgende factoren bepalen de technische keuzen voor de opbouw en de materialen van een verhardingsconstructie en voor de eventuele oppervlakbehandeling:

- **onderhoudsgemak:** de toegepaste verhardingsmaterialen moeten gemakkelijk en zonder al te hoge kosten kunnen worden onderhouden (verwijderen van vuil, sneeuw, enz.). Te duur onderhoud wordt vaak (te lang) uitgesteld of gebeurt helemaal niet, waardoor de aantrekkelijkheid van de voetgangersvoorziening afneemt. Door hun intrinsieke kenmerken zijn sommige materialen onderhoudsvriendelijk, bijzonder geschikt om de stroefheid te herstellen of is bij reparatie geen verhoging van het bestaande wegniveau nodig;



Na ingrepen aan kabels en leidingen moet de verharding in de oorspronkelijke staat worden hersteld

- **toegankelijkheid van kabels en leidingen en reparatiegemak:** kabels en leidingen moeten snel en gemakkelijk toegankelijk zijn. Net zoals bij andere kleine ingrepen (bv. de aanbrenging van straatmeubilair of reparaties) moet het oppervlak gemakkelijk in zijn oorspronkelijke staat kunnen worden hersteld, zonder comfortverlies voor de voetganger. Sommige materialen zijn hiervoor beter geschikt, terwijl andere moeilijker in kleinere hoeveelheden kunnen worden vervaardigd of aangebracht. Soms kan moeilijk dezelfde kleur, sterkte, vlakheid of een ander kenmerk worden bereikt.

De geëiste **duurzaamheid** bepaalt mee de frequentie en de omvang van het onderhoud (en de onderhoudskosten). Efficiënt en geregeld onderhoud verhoogt de levensduur van de constructie en het comfort voor voetgangers.

4.4.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

4.4.2.1 Elementenverhardingen

Voor een goede **duurzaamheid** moeten de voegen steeds goed gevuld zijn. Ze moeten dan ook geregeld (tweemaal per jaar) worden geverifieerd en zo vaak als nodig met geschikt voegmateriaal worden bijgevuld. Stilstaand water kan door lege of beschadigde voegen in de constructie dringen en de stabiliteit ervan in gevaar brengen.

Goed gevulde voegen en een intensief gebruik van de voorzieningen helpen ook onkruidgroei tegen te gaan. Ten slotte kunnen onderhoudstechnieken zoals bezemen, branden, reinigen met stoom, enz. worden toegepast om verhardingen onkruidvrij te houden. Reiniging met water onder hoge druk wordt afgeraden. De waterstralen zouden het voegmateriaal wegspoelen en opzuigen, de stenen worden poreuzer en gevoeliger voor mosvorming.

Betonstraatstenen en -tegels zijn goed bestand tegen chemische agentia (zoals koolwaterstof). Afhankelijk van de porositeit en de oppervlak**textuur** zijn de elementen meer of minder gevoelig voor mos- of algenvorming en zal vuil zich gemakkelijker in het oppervlak nestelen. Eventueel kan een preventieve behandeling worden toegepast om innesteling van vuil tegen te gaan en het onderhoud te vergemakkelijken.

Bij elementenverhardingen van natuursteen kan voegmateriaal worden gekozen dat tegen de zuigkracht van borstelmachines bestand is.

Verhardingen van kleiklinkers zijn onderhoudsvriendelijk. Als de voegen met zand zijn gevuld, volstaat het ze geregeld bij te vullen en het oppervlak te bezemen. Als voegen met mortel zijn gevuld, moeten ze om de drie jaar onder hoge druk met water en potassium worden behandeld.

4.4.2.2 Betonverhardingen

Het onderhoud van betonverhardingen is beperkt tot het geregeld vullen van uitzet- en constructievoegen met een (koud of warm) elastisch voegmateriaal, om te vermijden dat bij horizontale verschuivingen vuil in de voegen dringt (wat de goede werking van voegen verhindert).

Krimpvoegen worden in principe niet gevuld. Het aantal te onderhouden voegen is dus beperkt.

4.4.2.3 Bitumineuze verhardingen

Warm bereid asfalt

Warm bereid asfalt vergt **weinig onderhoud**. Belastingen op voetgangersvoorzieningen zijn doorgaans niet van aard om het asfalt snel af te slijten. Onder invloed van indringend water kan minder goed verdicht asfalt echter sneller verweren (scheurvorming, [rafeling](#)). Voetgangers kunnen op losliggend steenslag uitglijden en de verharding zal sneller beschadigd raken. Als dergelijke schade wordt geconstateerd, is het raadzaam het asfaltoppervlak zo snel mogelijk ondoorlatend te maken. Dit kan door een bestrijking of slemlaag op het vooraf grondig schoongeveegde oppervlak aan te brengen. Deze oppervlakbehandeling verhoogt het bestaande verhardingsniveau niet (wat belangrijk is voor aanwonenden), maar zet de losse steenslag vast en verlengt de levensduur van de verharding.

Hetzelfde geldt ook voor naden en voegen aan de randen en aansluitingen van de asfaltverharding. Ze moeten geregeld worden geïnspecteerd en indien nodig met vullingsmassa worden dichtgemaakt, om indringing van water in de constructie tegen te gaan.

Ingrepen aan bijvoorbeeld kabels en leidingen onder asfaltbeton kunnen technisch perfect worden uitgevoerd. Hiervoor wordt verwezen naar de bepalingen onder L.4.4 in het standaardbestek TB 2011. Voor reparatie van kleine oppervlakten is gietasfalt te verkiezen boven handmatige aanbrenging van een AB-4-mengsel.

Met gietasfalt is in dergelijke omstandigheden een betere verdichting mogelijk. Een nadeel is echter dat het oppervlak het aanzien van een uit verschillende lappen samengesteld deken krijgt.

Er mag niet worden vergeten dat de aldus gecreëerde nieuwe naden bijvoorbeeld met vullingsmassa zorgvuldig ondoorlatend moeten worden gemaakt.

Naast het gebruikelijke onderhoud kan gekleurd warm bereid asfalt bijzondere onderhoudseisen stellen. Op een asfaltverharding met een lichte kleur onder verkeer zijn bandensporen sneller zichtbaar dan op zwart asfalt. Ze kunnen doorgaans met water onder hoge druk worden verwijderd, zonder de [duurzaamheid](#) negatief te beïnvloeden. Plaatselijke reparaties zijn zelden geslaagd, omdat dezelfde tinten moeilijk reproduceerbaar zijn.

Gietasfalt

Gietasfalt vergt **weinig onderhoud**. Gietasfalt heeft een lange levensduur, omdat het ondoorlatend is en langzaam verouderd. Behalve in geval van hoge stroefheid, is het oppervlak gemakkelijk schoon te maken. De stroefheid en de voegvulling dienen geregeld te worden nagekeken. Reparaties met hetzelfde product zijn gemakkelijk uit te voeren. Gietasfalt kan in kleine hoeveelheden op de bouwplaats in een mobiele menger worden bereid.

Het zwakke punt is de nieuwe voeg die bij reparaties in het oppervlak ontstaat. Reparaties mogen dan ook uitsluitend in gunstige weersomstandigheden worden uitgevoerd.

De voorvermelde overwegingen voor gekleurd warm bereid asfalt gelden eveneens voor gekleurd gietasfalt.

Bestrijkingen

Bestrijkingen hebben een beperktere levensduur dan warm bereid asfalt of gietasfalt. Reparaties met hetzelfde product vormen geen probleem, maar na reiniging met water onder hoge druk kan [rafeling](#) optreden.

Slemlagen

Voor slemlagen is vooral het behoud van de stroefheid van het oppervlak een belangrijk aandachtspunt. De stroefheid kan eenvoudig worden hersteld door een nieuwe slemlaag aan te brengen. Het gevaar voor **rafeling** na reiniging met water onder hoge druk hangt af van de **textuur** en is kleiner dan bij bestrijkingen.

4.4.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Uitgewassen beton is eigenlijk een variant van klassiek beton. De aanbevelingen voor het onderhoud zijn dus ook dezelfde. Om te voorkomen dat uitgewassen beton met een lichte kleur snel vuil wordt, kan een waterafstotende behandeling worden toegepast.

Ecologisch asfalt

Ecologisch asfalt verschilt slechts van klassiek asfalt in het gebruik van natuurlijke plantaardige in plaats van bitumineuze bindmiddelen. Voor het onderhoud van ecologisch asfalt zijn dan ook dezelfde aanbevelingen als voor klassieke asfaltmengsels van toepassing.

Ongebonden materialen

Ongebonden materialen moeten geregeld (en vooral na perioden van vorst en dooi) met zand afgestrooid en opnieuw verdicht worden. Afhankelijk van de verkeersintensiteit is om de drie of vijf jaar een overgang met een egalisatieblad nodig. **Spoorvorming** en groeven kunnen worden weggewerkt door nieuw materiaal aan te brengen en te verdichten.

Vuil hecht zich doorgaans niet aan ongebonden materialen, zodat licht bezemen meestal volstaat om het oppervlak schoon te houden. De kleur is duurzaam.

Hydraulisch gebonden materialen

Hydraulisch gebonden materialen vergen een jaarlijks onderhoud. **Spoorvorming** en groeven kunnen worden gerepareerd door de beschadigde delen te verwijderen en te vervangen. Als

dezelfde materialen beschikbaar zijn, kan het aanzien van het oppervlak behouden blijven.

Vuil hecht zich doorgaans niet aan hydraulisch gebonden materialen, zodat licht bezemen meestal volstaat om het oppervlak schoon te houden. De kleur is duurzaam. De aanbrenging van een **geotextiel** helpt de innesteling van vegetatie tegen te gaan.

4.5 Kostprijs

4.5.1 Eisen van de wegbeheerder

Bij de berekening van de totale kostprijs dient rekening te worden gehouden met de integrale levenscycluskosten. Dat zijn:

- investeringskosten voor de aanleg: opbreken van de bestaande voetgangersvoorziening en aanbrenging van de nieuwe constructie (onderbouw, verharding en drainage);
- functionele en structurele onderhoudskosten;
- milieu- en recyclingkosten;
- maatschappelijke kosten door de hinder voor weggebruikers en aanwonenden.

Wegbeheerders mogen niet vergeten dat de aanleg van voetgangersvoorzieningen niet alleen kosten maar ook baten meebrengt – in het bijzonder op sociaal vlak. Lopen heeft een gunstig effect op de gezondheid van de mens. Hoewel de sociale baten ervan moeilijk in cijfers uit te drukken zijn, moet dit argument zeker worden meegenomen in de afweging en beslissing om voetgangersvoorzieningen aan te leggen.

4.5.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

4.5.2.1 Elementenverhardingen

Kantopsluitingen zijn onmisbaar voor duurzame betonsteen- en tegelverhardingen. Zij leiden wel tot een hogere kostprijs. Bovendien is het leggen van betonstraatstenen en -tegels redelijk arbeidsintensief.

Natuursteen van goede kwaliteit is duur. De aanbrenging van straatkeien, natuursteentegels en kleiklinkers vereist bijzonder vakmanschap

en is arbeidsintensief. **Kantopsluitingen** zijn onmisbaar en bepalen mee de hogere kostprijs.

4.5.2.2 Betonverhardingen

Investeringskosten

De initiële hogere investeringskosten voor betonverhardingen kunnen worden beperkt:

- als rechtstreeks op een voldoende draagkrachtige **ondergrond** kan worden gestort;
- als de verhardingsdikte tot 16 cm kan worden beperkt. Dat is het geval voor voetgangersvoorzieningen waar weinig of geen autoverkeer optreedt;
- omdat beton niet aan de randen afbrokkelt, zodat de kosten van de **kantopsluiting** kunnen worden uitgespaard.

Onderhoudskosten

Alleen uitzet- en constructievoegen vergen onderhoud, zodat de onderhoudskosten voor betonverhardingen beperkt blijven. Vooral bij voetgangersvoorzieningen zonder autoverkeer zal de oppervlak**textuur** tijdens de volledige levensduur behouden blijven.

4.5.2.3 Bitumineuze verhardingen

Investeringskosten

Richtprijzen voor de aanbrenging van de verschillende soorten van bitumineuze verhardingen staan vermeld op de productbladen in OCW-publicatie A78/06 *Handleiding voor de keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies*.

De kleur wordt meestal verkregen door een pigment toe te passen. Ter ondersteuning kan het soms nuttig of nodig zijn de **aggregaten** (zoals bij bestrijkingen) of het bindmiddel (pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel) aan te passen. Deze aanpassingen en de kleurkeuze hebben een niet te onderschatten invloed op de kostprijs van de verharding.

Onderhoudskosten

Bitumineuze verhardingen hebben doorgaans een beperktere levensduur dan betonverhardingen, maar hebben dan weer relatief lage onderhoudskosten.

Zij kunnen worden bepaald met behulp van de richtprijzen op de productbladen in de voormelde OCW-handleiding (A 78/06). De productbladen geven ook richtwaarden voor de **duurzaamheid** van de verschillende bitumineuze toepassingen.

Over het algemeen bieden asfaltverhardingen een goede verhouding prijs-**duurzaamheid**. De kostprijs is laag in vergelijking met verhardingen van beton of gekleurd asfalt. Gekleurd asfalt is dubbel zo duur als zwart asfalt.

4.5.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Deze techniek vereist bijzonder vakmanschap en extra mankracht. Een verharding van uitgewassen beton is dan ook **duurder dan een klassieke betonverharding**.

Ecologisch asfalt

Het bindmiddel van ecologisch beton is ongeveer zeven tot acht maal zo duur als klassiek bitumen. Bij een gelijke laagdikte is ecologisch asfalt **tweeënhalve maal tot vijf maal zo duur als klassiek asfalt**.

Ongebonden materialen

Ongebonden materialen hebben een lage kostprijs.

Hydraulisch gebonden materialen

Hydraulisch gebonden materialen hebben een lage kostprijs.

4.6 Ruimtelijke kwaliteit en regelgeving

4.6.1 Eisen van de wegbeheerder

Bij de keuze van de verharding voor een voetgangersvoorziening dient vanzelfsprekend rekening te worden gehouden met de harmonieuze inpassing in de omgeving en de regelgeving op het gebied van milieu, stedenbouw en bescherming van het erfgoed. Dit kan ertoe leiden dat voor een verharding, of althans het oppervlak ervan, bepaalde materialen en/of kleuren voorgeschreven dan wel verboden worden. Om die redenen zou dan soms voor een verhardingsmateriaal moeten worden gekozen dat uit oogpunt van veiligheid en comfort van voetgangers of onderhoud niet optimaal is. In samenspraak met de betrokken actoren en diensten moet dan een compromis worden gezocht. Daarbij dienen aspecten zoals de aard en de intensiteit van het gebruik, soort van onveiligheid, enz. in rekening te worden gebracht en verdient de veiligheid van voetgangers steeds voorrang – zelfs op het esthetische aanzien.

4.6.2 Materiaalprestaties en specifieke aanbevelingen

4.6.2.1 Elementenverhardingen

Door het ruime aanbod van kleuren en afmetingen kunnen betonstraatsteen- en tegelverharding in tal van omgevingen harmonieus worden ingepast.

Voor bijzondere historische of erfgoedsites wordt in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest vaak de voorkeur aan elementenverhardingen van natuursteen gegeven.

In dergelijke omgevingen kan uit esthetische overwegingen soms ook voor kleiklinkers, eventueel op de smalle zijde gelegd, worden gekozen.

4.6.2.2 Betonverhardingen

Beton kan met verschillende oppervlakbehandelingen (bezemen, uitwassen, figureren, enz.) worden afgewerkt en/of “door en door” worden gekleurd. Betonverhardingen kunnen dan ook

in zowel stedelijke als groengebieden harmonieus worden ingepast. Gefigureerd beton combineert bovendien het esthetische aanzien van elementenverhardingen met een goede sterkte en [duurzaamheid](#).

4.6.2.3 Bitumineuze verhardingen

Gekleurde asfaltsoorten worden meestal uit esthetische overwegingen toegepast. De wens om de verharding esthetisch beter in de omgeving in te passen, kan immers een reden zijn om bij het ontwerp te kiezen voor een verharding met een speciale kleur (zie 3.6.2.3).

Als volgens het stedenbouwkundige reglement (bijvoorbeeld voor historische sites) alleen straatkeien zijn toegestaan, kan voor de voetgangers een comfortstrook van asfaltbeton worden aangelegd. Bij overrijdbare comfortstroken moeten het asfaltmengsel en de onderbouw tegen de verwachte [verkeersbelastingen](#) bestand zijn (zie 2.3.1.2).

4.6.2.4 Verhardingen voor groengebieden

Uitgewassen beton

Door het ruime aanbod van aggregaten (kleur, korrelmaat, enz.) en de mogelijkheid om het materiaal “door en door” te kleuren, kan uitgewassen beton in om het even welke omgeving harmonieus worden ingepast.

Ecologisch asfalt

Voor ecologisch asfalt gelden dezelfde overwegingen als voor klassieke asfaltmengsels.

Ongebonden materialen

Door het ruime aanbod van gekleurde [aggregaten](#) kunnen ongebonden materialen in tal van natuurlijke omgevingen harmonieus worden ingepast.

Hydraulisch gebonden materialen

Door het ruime aanbod van gekleurde [aggregaten](#) kunnen hydraulisch gebonden materialen in tal van natuurlijke omgevingen harmonieus worden ingepast.

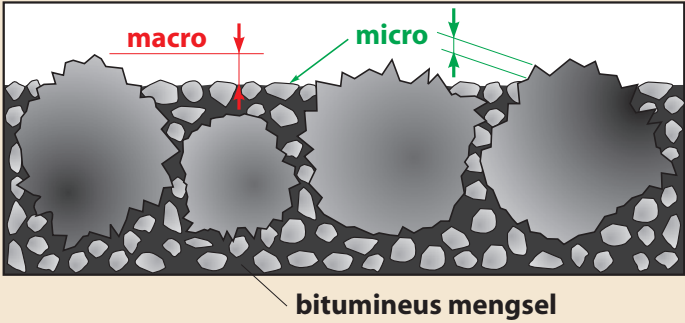


5- Terminologie

Aggregaat	Korrelvormig materiaal dat in constructies wordt gebruikt.
Asfaltspreidmachine	Machine voor het spreiden en voorverdichten van een asfaltlaag.
Bekisting	Mal waarbinnen betonspecie wordt aangebracht. We onderscheiden vaste bekisting (manuele of handmatige verwerking) en glijdende bekisting (machinale verwerking).
Bindmiddelgehalte	<p>Massa van het bindmiddel ten opzichte van 100% van de massa van de droge aggregaten (resp. van de massa van het mengsel). Men onderscheidt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ laag bindmiddelgehalte als het kleiner is dan 5,5% (5,2%); ▪ middelhoog bindmiddelgehalte als het tussen 5,5 en 6,5% (5,2 en 6,1%) ligt; ▪ hoog bindmiddelgehalte als het groter is dan 6,5% (6,1%).
CBR-waarde	CBR staat voor California Bearing Ratio. Met de CBR-proef kan de sterkte van de aanwezige grond of van de verharding van een weg worden bepaald. Deze sterkte wordt uitgedrukt in een getal, de zogenoemde CBR-waarde.
Deuvel	Stalen staaf die ter plaatse van voegen wordt aangebracht in beton, met als primair doel verticale dwarskrachten over te brengen ter beperking van onderlinge verschuiving van elementen.
Druksterkte	Maximale spanning in een element dat op druk wordt belast tot bezwijken.
Duurzaamheid	<p>De constructieve duurzaamheid van een correct gedimensioneerde en onderhouden constructie (of een laag ervan) is het aantal jaren tussen het aanbrengen van de constructie (of de laag) en de vervanging ervan wegens schade. Men onderscheidt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ weinig duurzaam: minder dan 10 jaar; ▪ redelijk duurzaam: tussen 10 en 20 jaar; ▪ zeer duurzaam: meer dan 20 jaar.
Dwarse wrijvingscoëfficiënt (DWC)	Waarde voor de stroefheid van een verhardingsoppervlak in de dwarsrichting van een weg, uitgedrukt als de verhouding tussen kracht (N) loodrecht op het draaiingsvlak van een wiel en de normale reactiekracht (R) van het wegoppervlak onder de last van dat wiel. Voor de meting van die reactiekracht wordt het wiel schuin (onder een "drifhoek") op de rijrichting gesteld.
Fijne bestanddelen	Korrelgroep die een normzeef met een maaswijdte tussen 0,06 en 0,08 mm passeert (bv. 0,063 mm in Europese normen).

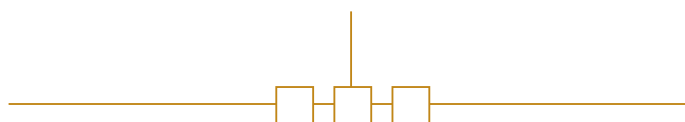
Geotextiel	Vlies of weefsel van kunststof of natuurlijke vezels, dat wordt toegepast in constructies in de grond- en wegebouw.
Gradering	Zie korrelgrootteverdeling.
Grindzand	Natuurlijk of kunstmatig mengsel van aggregaten van verschillende korrelgroepen.
Inlay	Een of meer verhardingslagen die, meestal per rijstrook, ter vervanging van een of meer bestaande lagen worden aangebracht, waarbij de bestaande niveaus behouden blijven.
Kantopsluiting	Langs de rand van een verharding gelegen constructie in het wegooppervlak, om de verharding steun te geven (kantstrook), om de rand van de verharding te beschermen en te versterken (trottoirband) of om water van de verharding op te vangen en af te voeren (straatgoot).
Kleeflaag	Dunne laag kleefmiddel voor het verkleven van een laag asfalt aan een al aanwezige verhardingslaag (ook: hechtlaag).
Korrelgrootteverdeling of gradering	Verdeling naar grootte van de korrels in een korrelvormig materiaal.
Legverband	Verband waarin stenen of tegels van een bestrating worden gelegd (ook: straatverband of legpatroon).
Longitudinale wrijvingscoëfficiënt (LWC)	Afname van de prestaties van een materiaal als gevolg van herhaalde belastingen.
Macrotextuur	<p>Textuur gevormd door de stenen die boven de verharding uitsteken (positieve textuur) of door de holten tussen de stenen onder het oppervlak (negatieve textuur). Oneffenheden (uitsteeksels en de holten daartussen) ten opzichte van het vlak van het oppervlak van de laag, met horizontale afmetingen tussen 0,5 en 50 mm. Men onderscheidt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ sterke macrotextuur: als Mean Texture Depth (MTD) $\geq 0,5$ mm, wat overeenstemt met een maximale korrelmaat ≥ 10 mm; ▪ fijne macrotextuur: als MTD $< 0,5$ mm, wat overeenstemt met een maximale korrelmaat < 10 mm. <p>(Zie ook textuur.)</p>
Megatextuur	Oneffenheden (uitsteeksels en holten) ten opzichte van het vlak van het oppervlak van de laag, met horizontale afmetingen tussen 50 en 500 mm. Deze oneffenheden zijn toe te schrijven aan ongelijkmatige macrotextuur, aan schade (kippennesten) of aan gebrekkige uitvoering (golven, enz.).
Microtextuur	Oneffenheden (uitsteeksels en holten) ten opzichte van het oppervlak van het aggregaat, met afmetingen van minder dan 0,5 mm. Deze oneffenheden zijn meestal kenmerkend voor de aggregaten zelf en worden bepaald door de herkomst en het productieproces ervan. (Zie ook textuur.)

Nabehandelmiddel (curing compound)	Product (met doorgaans witte of metaalkleurige pigmentatie) dat voor nabehandeling op een vers beton- of zandcementoppervlak wordt aangebracht om vochtverlies door verdamping te beperken.
Netscheurvorming	Scheurenpatroon in de vorm van een onregelmatig netwerk in een verhardingsoppervlak, op een bezweken plek in de verharding.
Ondergrond	Om het even welk materiaal waarop de nieuwe verharding rust. Het kan om een fundering of een oude verharding gaan.
Onderlaag	Asfaltlaag tussen de fundering en de toplaag. Een wegconstructie bevat een of meer onderlagen.
Onvlakheid	Oneffenheden in een wegdek, met horizontale afmetingen van meer dan 500 mm en verticale afmetingen groter dan de in het ontwerp toegestane afwijkingen. Onvlakheid wordt doorgaans in twee vormen onderkend: langsonvlakheid en dwarsonvlakheid. De eerste houdt verband met rijcomfort, de tweede met spoorvorming.
Overlaging	Een of meer verhardingslagen die boven op de bestaande verharding worden aangebracht.
Pakkingsdichtheid	Dichtheid is de massa per eenheid van volume (ook: volumieke massa).
Plaatbelastingsproef	Terreinproef waarbij het draagvermogen van de ondergrond, het grondoppervlak of de verharding van een weg bepaald wordt uit de neerwaartse verplaatsing van een ronde plaat waarop een drukkracht wordt uitgeoefend.
Polijstgetal of versnelde-polijstingscoëfficiënt (VPC)	Waarde voor de weerstand van grof aggregaat voor toplagen tegen polijsting door het verkeer.
Profileerlaag	Laag met een wisselende dikte, die op een bestaande laag of dito oppervlak wordt aangebracht om het vereiste profiel te verkrijgen voor de aanbrenging van een volgende laag van gelijkblijvende dikte.
Rafeling	Schadebeeld na het verdwijnen van steenslag uit een verhardingsoppervlak.
Rijspoor	Spoor van de wielovergangen in het wegdek waar de verharding niet hard genoeg is.
Samendrukkingsmodulus	De samendrukkingsmodulus geeft de samendrukbaarheid of het draagvermogen van de ondergrond, het grondoppervlak of de verharding weer en kan met de plaatbelastingsproef worden gemeten.
Schraal beton	Beton met een laag cementgehalte en bijgevolg een geringe mechanische sterkte.

Spoorvorming	Ontstaan van blijvende vervorming van het dwarsprofiel van een wegdek ter plaatse van de rijsporen.
STOP-principe	Het STOP-principe is een nieuwe manier om met mobiliteit om te gaan. Eerst dient de aandacht uit te gaan naar de Stappers (S), dan naar de Trappers (T), dan naar het Openbaar vervoer (O) en pas in laatste instantie naar de Personenwagen (P). Het idee is dat aandacht voor de auto pas te verantwoorden is nadat de eerste drie alternatieven aan bod zijn gekomen.
Textuur	<p>Oneffenheden in het oppervlak van een wegverharding, met horizontale afmetingen (golflengten) tussen 0 en 500 mm. Textuur wordt verdeeld in microtextuur, macrottextuur en megatextuur.</p> 
Toplaag	Bovenste laag (dikte ≥ 15 mm) van een asfaltverharding, die direct met het verkeer in contact komt.
Trilbalk	Balk die op het pas gestorte betonoppervlak wordt aangebracht om de betonspecie door trillen te verdichten en te effenen.
Trilnaald	Naald die in het pas gestorte beton wordt ingebracht om de betonspecie door trillen te verdichten.
Verkeersbelasting	Aantal standaardaslasten per rijstrook per tijdseenheid.
Verkeersklasse	Klasse die wordt bepaald door de categorie van een weg en de daarop te verwachten verkeersintensiteiten van (zwaar) verkeer, en die dient als basis voor de dimensionering van de verharding.
Vermoeiing	Verslechtering van eigenschappen van een materiaal ten gevolge van veelvuldig herhaalde belastingen.
Verwerkbaarheid	Geschiktheid van betonspecie of asfaltmengsel om (door middel van storten of verdichten) in het werk te worden gebracht.
Vulstof	Fijn aggregaat in een gebonden mengsel, voornamelijk bestaand uit deeltjes kleiner dan $63 \mu\text{m}$, dat wordt toegevoegd om aan een product zekere eigenschappen te geven.

Afkortingen

AB	Asfaltbeton
ag	Asfaltgranulaat
ANLH	<i>Association Nationale pour le logement des Personnes Handicapées</i>
BPV	Bouwproductenverordening (opvolger van de Bouwproductenrichtlijn – BPR)
CE	<i>Conformité européenne</i> (Europese overeenkomstigheid)
CERTU	<i>Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques</i>
EN	<i>European Norm</i> (Europese norm)
Gamah	<i>Groupe d'action pour une meilleure accessibilité aux personnes handicapées</i>
NBN	Bureau voor Normalisatie
OCCN	Nationaal Centrum van Wetenschappelijk en Technisch Onderzoek voor de cementnijverheid
OCW	Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
PBM	Personen met beperkte mobiliteit
PTV	Technische voorschriften
SMA	<i>Splittmastixasphalt</i> (steenmastiakasfalt)
TRB	<i>Transportation Research Board</i>
UV	Ultraviolet
ZOA	Zeer open asfalt



6- Overzichtstabel van de materiaalprestaties voor de gebruikerseisen en de criteria van de wegbeheerder

	Gebruikerseisen						
	Vlakheid	Stabiliteit	Stroefheid (grip op het oppervlak of glijweerstand)	Obstakelvrij parcours	Waterafvoer	Leesbaarheid en zichtbaar	Netheid
Elementenverhardingen							
Beton-straatstenen en tegels	Redelijk. De vlakheid hangt af van de afmetingen van de elementen, het legverband, de eventuele velling en de voegbreedte.	Goed, als bij de ontwerpdikte-berekening rekening is gehouden met de verwachte verkeersbelastingen.	Goed. De stroefheid hangt af van de gekozen oppervlak-behandeling.	Gevoelig voor worteldruk.	Goed. Gevaar voor waterinfiltratie in de constructie.	Goed. Ruim aanbod van texturen en kleuren. Diverse legverbanden.	Enkel elementen met een lichte kleur worden snel vuil.
Straatkeien en natuursteen-tegels	Redelijk voor gezaagde keien, weinig voor niet-gezaagde keien. De vlakheid hangt af van de afmetingen van de elementen, het legverband en de voegbreedte.	Goed, als bij de ontwerpdikte-berekening rekening is gehouden met de verwachte verkeersbelastingen.	Variabel. De stroefheid hangt af van het bovenvlak van de elementen, de soort van natuursteen, het aantal en de breedte van de voegen.	Gevoelig voor worteldruk.	Goed. Gevaar voor waterinfiltratie in de constructie bij ongebonden voegmateriaal.	Goed. Kleur van het gesteente, diverse legverbanden.	Worden niet snel vuil.
Klei-klinkers	Redelijk.	Goed, als bij de ontwerpdikte-berekening rekening is gehouden met de verwachte verkeersbelastingen.	Goed.	Gevoelig voor worteldruk.	Goed. Gevaar voor waterinfiltratie in de constructie.	Goed. Kleur van het gesteente, diverse legverbanden.	Worden niet snel vuil.
Betonverhardingen							
Beton	Zeer goed. De vlakheid hangt af van het aantal voegen en het voegenpatroon, de samenstelling en de aanvoer van beton, enz.	Zeer goed, als bij de ontwerpdikte-berekening rekening is gehouden met de verwachte verkeersbelastingen.	Goed. De stroefheid hangt af van de gekozen oppervlak-behandeling.	Bestand tegen worteldruk.	Goed, als de dwarshelling groot genoeg is voor zijdelingse afvoer van oppervlakte-water.	Goed. Ruim aanbod van texturen.	Wordt niet snel vuil (behalve wit beton – wordt zelden toegepast).

Criteria van de wegbeheerder

Duurzaamheid	Gezondheid van mens en milieu	Uitvoering	Onderhoud	Kostprijs	Ruimtelijke kwaliteit
<i>Goed, als de constructie correct ontworpen, uitgevoerd en onderhouden wordt.</i>	<i>Duurzaam. Elementen kunnen worden hergebruikt of gerecycled tot secundaire aggregaten.</i>	<i>Kantopsluiting is onmisbaar. Redelijk arbeidsintensief. Elementen kunnen gemakkelijk verwijderd en teruggeplaatst worden. Omwille van de vele voegen zijn wegmarkeringen moeilijk aan te brengen. Wegmarkeringen kunnen met witte stenen worden ingestraat.</i>	<i>Meer of minder onderhoud naargelang van de gekozen kleur en de omgeving. Voegen moeten geregeld worden bijgevoerd.</i>	<i>Hoge kostprijs. Onmisbare kantopsluiting is duur. Relatief arbeidsintensieve wijze van aanbrenging.</i>	<i>Geschikt voor tal van omgevingen. Ruim aanbod van texturen, kleuren, afmetingen en diverse legverbanden.</i>
<i>Goed, als de constructie correct ontworpen, uitgevoerd en onderhouden wordt.</i>	<i>Duurzaam. Elementen kunnen worden hergebruikt of gerecycled tot secundaire aggregaten.</i>	<i>Kantopsluiting is onmisbaar. Bijzonder vakmanschap is vereist. Redelijk arbeidsintensief. Elementen kunnen gemakkelijk verwijderd en teruggeplaatst worden. Omwille van de vele voegen en slechte hechting niet geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Voegen moeten geregeld worden bijgevoerd.</i>	<i>Hoge kostprijs. Natuursteen en onmisbare kantopsluiting zijn duur. Aanbrenging vereist bijzonder vakmanschap en is relatief arbeidsintensief.</i>	<i>Zeer geschikt voor tal van omgevingen. Ruim aanbod van texturen, kleuren, afmetingen en diverse legverbanden.</i>
<i>Goed, als de constructie correct ontworpen, uitgevoerd en onderhouden wordt.</i>	<i>Duurzaam. Elementen kunnen worden hergebruikt.</i>	<i>Kantopsluiting is onmisbaar. Bijzonder vakmanschap is vereist. Redelijk arbeidsintensief. Elementen kunnen gemakkelijk verwijderd en teruggeplaatst worden. Omwille van de vele voegen niet geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Voegen moeten geregeld worden bijgevoerd.</i>	<i>Hoge kostprijs. Onmisbare kantopsluiting is duur. Aanbrenging vereist bijzonder vakmanschap en is relatief arbeidsintensief.</i>	<i>Geschikt voor tal van omgevingen. Ruim aanbod van kleuren, afmetingen, diverse legverbanden, aanbrenging op de smalle zijde.</i>
<i>Zeer goed (30 tot 40 jaar of meer) als de constructie correct ontworpen en uitgevoerd wordt.</i>	<i>Recycling van betonpuin tot secundaire materialen voor fundering of betonproductie. Besparing op verlichtingskosten want door lichtere kleur is beton 's nachts beter zichtbaar.</i>	<i>Kan in kleine hoeveelheden worden verwerkt. Geen kantopsluiting nodig. Geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Weinig onderhoud.</i>	<i>Hogere investeringskosten worden gecompenseerd door een langere levensduur en beperkte onderhoudskosten.</i>	<i>Geschikt voor stedelijke en groengebieden. Ruim aanbod van texturen en kleuren.</i>

	Gebruikerseisen						
	Vlakheid	Stabiliteit	Stroefheid (grip op het oppervlak of glijweerstand)	Obstakelvrij parcours	Waterafvoer	Leesbaarheid en zichtbaard	Netheid
Bitumineuze verhardingen							
Warm bereid asfalt	<i>Zeer goed. Bij machinale verwerking wordt de verharding doorgaand aangebracht.</i>	<i>Goed tot zeer goed, als bij de ontwerpdikte-berekening rekening is gehouden met de verwachte verkeersbelastingen.</i>	<i>Goed. De vlakheid hangt af van de mengsel-samenstelling.</i>	<i>Redelijk gevoelig voor worteldruk. Gevoeligheid hangt af van de dikte van fundering en verharding.</i>	<i>Goed, als de dwarshelling groot genoeg is voor zijdelingse afvoer van oppervlakte-water.</i>	<i>Goed. Asfalt-mengsel kan worden gekleurd.</i>	<i>Wordt snel vuil.</i>
Gietasfalt	<i>Zeer goed. De vlakheid van een gietasfaltverharding hangt af van de vlakheid van de ondergrond.</i>	<i>Redelijk tot goed. Wegens hoge temperatuur gevaar voor vervorming. Risico dat de verharding door overmatige belasting plaatselijk wordt ingedrukt en bezwijkt.</i>	<i>Redelijk. Om de stroefheid te verbeteren, kan het oppervlak met steenslag worden afgestrooid.</i>	<i>Redelijk gevoelig voor worteldruk. Gevoeligheid hangt af van de dikte van fundering en verharding.</i>	<i>Goed, als de dwarshelling groot genoeg is voor zijdelingse afvoer van oppervlakte-water.</i>	<i>Goed. Gietasfalt kan gemakkelijk worden gekleurd.</i>	<i>Wordt niet snel vuil.</i>
Bestrijkingen	<i>De vlakheid van een bestrijking hangt af van de vlakheid van de ondergrond.</i>	<i>De stabiliteit van een bestrijking hangt af van de stabiliteit van de ondergrond.</i>	<i>Zeer goed.</i>	<i>Gevoeligheid hangt af van de ondergrond.</i>	<i>Zeer goed. De zijdelingse afvoer van oppervlakte-water hangt af van de macro-textuur van de bestrijking en de dwarshelling van de ondergrond.</i>	<i>Weinig (beperkt aanbod van gekleurde aggregaten).</i>	<i>Worden sneller vuil (sterke macro-textuur).</i>
Slemlagen	<i>De vlakheid van slemlagen hangt af van de vlakheid van de ondergrond.</i>	<i>De stabiliteit van slemlagen hangt af van de stabiliteit van de ondergrond.</i>	<i>Redelijk tot zeer goed.</i>	<i>Gevoeligheid hangt af van de ondergrond.</i>	<i>Goed, als de dwarshelling van de ondergrond groot genoeg is voor zijdelingse afvoer van oppervlakte-water.</i>	<i>Zeer goed.</i>	<i>Worden snel vuil.</i>

Criteria van de wegbeheerder					
Duurzaamheid	Gezondheid van mens en milieu	Uitvoering	Onderhoud	Kostprijs	Ruimtelijke kwaliteit
<i>Goed (ongeveer 20 jaar) als de constructie correct is ontworpen en uitgevoerd, en een goede waterafvoer is voorzien.</i>	<i>Recycling van asfaltpuin tot secundaire materialen voor fundering of asfaltproductie. Productie bij lagere temperatuur is mogelijk.</i>	<i>Geschikt voor doorlopende gedeelten. Niet geschikt voor verwerking in kleine hoeveelheden. Handmatige verwerking is mogelijk, maar niet aanbevolen. Geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Weinig en goedkoop onderhoud.</i>	<i>Goede verhouding prijs-duurzaamheid. Gekleurd asfalt is aanzienlijk duurder.</i>	<i>Esthetisch aanzien kan nog worden verbeterd door kleuring.</i>
<i>Goed (ongeveer 20 jaar) als de constructie goed is ontworpen en uitgevoerd, en een goede waterafvoer is voorzien.</i>	<i>Recycling van asfaltpuin tot secundaire materialen voor fundering of asfaltproductie.</i>	<i>Kan in kleine hoeveelheden worden verwerkt. Kantopsluiting is nuttig en zelfs noodzakelijk. Bijzonder geschikt om smalle of grillige stroken te realiseren. Geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Weinig en goedkoop onderhoud.</i>	<i>Hoge kostprijs, zeker voor gekleurd gietasfalt.</i>	<i>Esthetisch aanzien kan nog worden verbeterd door kleuring.</i>
<i>Minder duurzaam dan warm bereid asfalt en gietasfalt (5 tot 10 jaar). Onderhoudstechniek.</i>	<i>Kunnen niet worden gerecycled.</i>	<i>Bijzonder vakmanschap is vereist. Mag niet handmatig of bij slecht weer worden verwerkt. Geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Weinig en goedkoop onderhoud.</i>	<i>Lage kostprijs.</i>	<i>Weinig geschikt.</i>
<i>Minder duurzaam dan warm bereid asfalt en gietasfalt (5 tot 10 jaar). Onderhoudstechniek.</i>	<i>Kunnen niet worden gerecycled.</i>	<i>Bijzonder vakmanschap is vereist. Mag niet bij slecht weer worden verwerkt. Geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Weinig en goedkoop onderhoud.</i>	<i>Lage kostprijs.</i>	<i>Geschikt om verkeerszones (voetgangersvoorzieningen en pleinen) in te delen (toepassing van verschillende kleuren).</i>

	Gebruikerseisen						
	Vlakheid	Stabiliteit	Stroefheid (grip op het oppervlak of glijweerstand)	Obstakelvrij parcours	Waterafvoer	Leesbaarheid en zichtbaard	Netheid
Verhardingen voor groengebieden							
Uitgewassen beton	<i>Goed tot zeer goed. De vlakheid van uitgewassen beton is vergelijkbaar met de vlakheid van klassiek beton. Ze hangt af van de ingezette uitvoeringsmiddelen.</i>	<i>Zeer goed. De stabiliteit van uitgewassen beton is dezelfde als voor klassiek beton.</i>	<i>Zeer goed.</i>	<i>Bestand tegen worteldruk.</i>	<i>Goed (zijdellingse afvoer van oppervlakte-water).</i>	<i>Goed. Hangt af van de kleur en de grootte van aggregaten, en van de betonsamenstelling.</i>	<i>Wordt niet snel vuil.</i>
Ecologisch asfalt	<i>Zeer goed. Bij machinale verwerking wordt ecologisch asfalt doorgaand aangebracht.</i>	<i>Goed tot zeer goed, als bij de ontwerpdikte-berekening rekening is gehouden met de verwachte verkeersbelastingen.</i>	<i>Goed. De stroefheid hangt af van de mengsamenstelling.</i>	<i>Redelijk gevoelig voor worteldruk. Gevoeligheid hangt af van de dikte van fundering en verharding.</i>	<i>Goed, als de dwarshelling groot genoeg is voor zijdelingse afvoer van oppervlakte-water.</i>	<i>Goed. Kleurloos pigmenteerbaar bindmiddel.</i>	<i>Wordt snel vuil.</i>
Ongebonden materialen	<i>Weinig. Niet geschikt voor rollerskaters en PBM.</i>	<i>Weinig. Niet geschikt voor rollerskaters en PBM.</i>	<i>Goed.</i>	<i>Zeer gevoelig voor worteldruk.</i>	<i>Slecht. Hoog risico dat ongebonden materialen door oppervlakte-water worden weggespoeld (erosie) (tenzij de onderbouw waterafvoerend is).</i>	<i>Goed. Ruim aanbod van gekleurde aggregaten.</i>	<i>Worden niet vuil. Vormen hinderlijk stof bij droog weer en modder bij regenweer.</i>
Hydraulisch gebonden materialen	<i>Weinig. Niet geschikt voor rollerskaters en PBM.</i>	<i>Redelijk. Stabiliteit hangt af van de bindmiddeldosering.</i>	<i>Redelijk. Gevaar voor uitglijden bij lichte oppervlakschade.</i>	<i>Gevoeligheid hangt af van de bindmiddeldosering.</i>	<i>Redelijk. Hydraulisch gebonden materialen hebben geen waterafvoerend vermogen. Zijdellingse waterafvoer is nodig.</i>	<i>Goed. Ruim aanbod van gekleurde aggregaten.</i>	<i>Worden niet vuil. Vormen hinderlijk stof bij droog weer en modder bij regenweer.</i>

Criteria van de wegbeheerder					
Duurzaamheid	Gezondheid van mens en milieu	Uitvoering	Onderhoud	Kostprijs	Ruimtelijke kwaliteit
<i>Zeer goed.</i>	<i>Recycling van betonpuin tot secundaire materialen voor fundering of betonproductie. Besparing op verlichtingskosten want door lichtere kleur is beton 's nachts beter zichtbaar.</i>	<i>Kan in kleine hoeveelheden worden verwerkt. Kantopsluiting is niet nodig. Het pas gestorte oppervlak moet met een bindingsvertrager besproeid en nadien met water onder hoge druk uitgewassen worden.</i>	<i>Weinig onderhoud.</i>	<i>Hogere investeringskosten worden gecompenseerd door een langere levensduur en beperkte onderhoudskosten.</i>	<i>Zeer goed.</i>
<i>Nog geen informatie beschikbaar over de duurzaamheid op middellange en lange termijn.</i>	<i>Plantaardig bindmiddel, lagere bereidingstemperatuur dan klassiek asfalt, kan worden gerecycled.</i>	<i>Niet geschikt om in kleine hoeveelheden te verwerken. Handmatige verwerking is af te raden. Geschikt voor wegmarkeringen.</i>	<i>Weinig en goedkoop onderhoud.</i>	<i>Bindmiddel is achtmaal zo duur als klassiek bitumen. Een afgewerkte laag is tweeënhalftot vijfmaal zo duur als klassiek asfalt.</i>	<i>Esthetisch aanzien kan nog worden verbeterd door kleuring.</i>
<i>Weinig tot redelijk.</i>	<i>Minder schadelijk voor milieu dan beton en asfalt.</i>	<i>Mogen niet bij slecht weer worden verwerkt. Geschikt voor kronkelwegen.</i>	<i>Moeten geregeld worden onderhouden. Gevoelig voor uitspoeling en vorst-dooicyclusen.</i>	<i>Lage kostprijs voor de aanleg.</i>	<i>Geschikt voor tal van omgevingen. Ruim aanbod van gekleurde aggregaten.</i>
<i>Redelijk, maar duurzamer dan ongebonden materialen.</i>	<i>Minder schadelijk voor milieu dan beton en asfalt.</i>	<i>Mogen niet bij slecht weer worden verwerkt.</i>	<i>Moeten geregeld worden onderhouden. Minder gevoelig dan ongebonden materialen.</i>	<i>Lage kostprijs, maar duurder dan ongebonden materialen.</i>	<i>Geschikt voor tal van omgevingen. Ruim aanbod van gekleurde aggregaten.</i>



1. *Standaardbestekken voor wegenbouw TB 2011* (Brussels Hoofdstedelijk Gewest) en *SB 250* (Vlaams Gewest)
2. *Handleiding voor het dimensioneren van wegen met een bitumineuze verharding*, A49/83, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 1983
3. *Handleiding voor de uitvoering van betonverhardingen*, A75/05, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2005
4. *Handleiding voor de keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies*, A78/06, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2006
5. *Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen*, A80/09, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2009
6. *Voetgangersrichtplan 2010-2014*, Mobiel Brussel – Bestuur Uitrusting en Vervoer, februari 2010
7. *Temperatuurverloop in een pas aangebrachte asfaltlaag*, OCW-researchverslag RV42/06, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2006
8. *Guide de bonnes pratiques pour l'aménagement de cheminements piétons accessibles à tous*, Références légales RW99 (version 2004), Les manuels du MET, nr. 10, oktober 2006
9. *IRIS II*, Mobiliteitsplan, Brussels Hoofdstedelijk Gewest, september 2010
10. *Fietspaden in beton*, Bulletin I1, Federatie van de Belgische Cementnijverheid (Febelcem), 2009
11. *Scheurvorming beperken: noodzakelijke voorwaarde voor duurzaam beton*, Bulletin T3, Federatie van de Belgische Cementnijverheid (Febelcem), november 2010
12. *Pierres naturelles – Conception et réalisation de voiries et d'espaces publics*, AITF (Association des ingénieurs territoriaux de France) en CTMNC (Centre technique de matériaux naturels de construction), Frankrijk, oktober 2010
13. *Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening*, Besluit van de Regering van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest van 21 november 2006
14. *Revêtements pour circulation de piétons*, fascicule V édition 2005, Office des asphaltes, Frankrijk, 2005
15. *Structures et revêtements des espaces publics*, CERTU, Frankrijk, 2001
16. *Vademecum Personen met beperkte mobiliteit in de openbare ruimte*, Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, januari 2006
17. *Fietsvademecum Brussels Hoofdstedelijk Gewest – Verhardingen voor fietsvoorzieningen*, Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, mei 2009
18. *Vademecum Voetgangersvoorzieningen*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2003

Gerealiseerd door:



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Woluwedal 42 – B-1200 Brussel
Tel.: 02 775 82 20 – E-mail: brrc@brrc.be
www.ocw.be

Op initiatief van:

bruxellesmobilité
mobilierbrussel 

Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
Bestuur Uitrusting en Vervoer – Directie Beleid
CCN – Vooruitgangstraat 80 bus 1 – B-1035 Brussel
Tel.: 02/204.20.07 – Fax: 02/204.15.10
mobilierbrussel@mbhg.irisnet.be
www.mobilierbrussel.irisnet.be



Het gebruik van voetgangersvoorzieningen staat of valt met de kwaliteit ervan.

Veiligheid, comfort, aantrekkelijkheid en toegankelijkheid zijn de vier kernwoorden die de kwaliteitseisen van voetgangers uitdrukken.

Deze kenmerken worden in hoge mate bepaald door de kwaliteit van de verharding en de verlichting.



Die behoeften vormen dan ook het uitgangspunt voor de aanbevelingen in deze aflevering voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van verhardingen voor kwalitatieve voetgangersvoorzieningen.

De aanbevelingen voor verlichting worden door dezelfde auteur in een afzonderlijke aflevering behandeld.



MINISTÈRE DE LA RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE
MINISTERIE VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

