



Handleiding

*voor verhardingen met tegels,
grootformaattegels en
geprefabriceerde betonplaten*



Aanbevelingen

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be.

Aanbevelingen A 97

Handleiding voor verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Brussel

2019

Deze handleiding is opgesteld door de werkgroep “Verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten”

Samenstelling van deze werkgroep

Voorzitter

Lieve Vijverman (FEBE - gedeeltelijk)/Frank Gendera (Ebema)

Secretaris

Elia Boonen (OCW)

Leden

Anne Beeldens (AB-Roads), Patrick Bijmens (Eurodal bvba), Anne Cleiren (FEBE - gedeeltelijk), Stef Maas (FEBE), Raf Pillaert (FEBE - gedeeltelijk), Luc Rens (FEBELCEM), Sylvie Smets (OCW), Dirk Stove (Storiocon), Sven Tilkin (CRH: Stradus en Zoontjens), Jef Martens (CRH: Stradus - gedeeltelijk)

Bericht aan de lezer

Hoewel deze handleiding met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld.

Handleiding voor verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. – Brussel : OCW, 2019. 96 blz. – (Aanbevelingen, 1376-9332 ; A 97)

Wettelijk depot: D/2019/0690/2

Verantwoordelijke uitgever: A. De Swaef, Woluwedal 42 - 1200 Brussel

Inhoud

1	Woord vooraf	1
2	Toepassingsgebied en terminologie	3
2.1	Toepassingsgebied	3
2.2	Indeling producten	6
2.2.1	Klassieke betonstraatstenen	6
2.2.2	Grote betonstraatstenen	6
2.2.3	Klassieke tegels	6
2.2.4	Grootformaattegels	7
2.2.5	Geprefabriceerde betonplaten	7
3	Structuuropbouw	9
3.1	Dimensionering	9
3.2	Opbouw	12
3.2.1	Baanbed	12
3.2.1.1	Draagvermogen	12
3.2.1.2	Waterafvoer	13
3.2.2	Onderfundering	13
3.2.2.1	Onderfundering van zand	14
3.2.2.2	Onderfundering van steenslag	14
3.2.2.3	Onderfundering van gestabiliseerde bodem of gelijkwaardige materialen	15
3.2.3	Fundering	15
3.2.4	Straatlaag	16
3.2.4.1	Eisen	16
3.2.4.2	Materialen	17
3.2.5	Voegvulling	19
4	Plaatsing	21
4.1	Levering en controle van de materialen	21
4.2	Opbouw en plaatsing	22
4.2.1	Plaatsing op fundering	22
4.2.2	Plaatsing op tegel dragers	27
5	Productie en oppervlakafwerking	35
5.1	Productie	35
5.1.1	Productie door persen	35
5.1.2	Productie door storten en verdichten van beton	36
5.2	Oppervlakafwerking	37
5.2.1	Onbehandelde afwerking	37
5.2.2	Uitwassen	38
5.2.3	Kogelstralen	38
5.2.4	Boucharderen	39
5.2.5	Slijpen of polijsten	39
5.2.6	In-line verouderen	40
5.2.7	Open structuur	40
5.2.8	Figureren	41
5.2.9	Roterend borstelen of <i>curlen</i>	41
5.2.10	Beschermen van het oppervlak	42
5.2.11	Combinatie met andere materialen	42
5.2.12	Symboltegels	42

6	Productvereisten en controle	45
6.1	Productnormen	45
6.2	Productlabel	46
6.3	Productvereisten	46
6.3.1	Vormkenmerken - Toelaatbare afwijkingen	46
6.3.2	Fysische en mechanische kenmerken	48
6.3.2.1	Weerbestandheid	49
6.3.3	Buigtreksterkte en breuklast	50
6.3.4	Slijtbestandheid	51
6.3.5	Glij- of slipweerstand	52
6.3.6	Visuele aspecten	54
6.3.7	Duurzaamheid	55
7	Speciale toepassingen	57
7.1	Waterdoorlatende toepassingen	57
7.2	Verhardingen op dakconstructies	60
7.2.1	Algemeen	60
7.2.2	Plaatsing op tegel dragers	60
7.2.3	Plaatsing op straatlaag	62
7.3	Speciale vormen	63
7.4	Niet-horizontale toepassingen	65
8	Onderhoud	67
8.1	Algemeen	67
8.2	Onkruidbeheer	67
8.2.1	Invloed van het formaat op de onkruidgroei	67
8.2.2	Aandachtspunten bij ontwerp	68
8.2.3	Keuze voegvulling en straatlaag	69
9	Schadegevallen en praktijkvoorbeelden	73
9.1	Kantopsluiting en thermische uitzetting	73
9.2	Formaat, dikte en verkeersbelasting	76
	Literatuur	83
	Andere bronnen	86
	Bronnen Foto's/Figuren	88

Lijst van de figuren

Figuur 2.1	Illustratie van verschillende mogelijke toepassingsgebieden van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten	5
Figuur 2.2	Indeling in producttypes: klassieke en grote betonstraatstenen (linksboven) – klassieke tegel (rechtsboven) – grootformaattegel (linksonder) – geprefabriceerde betonplaat (rechtsonder)	7
Figuur 3.1	Voorbeeld van opbouw van een verharding in tegels, grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten	9
Figuur 3.2	Eerste model ter bepaling van de spanning die zal optreden aan de randen van de plaat bij volledige ondersteuning door een verende bedding	9
Figuur 3.3	Proef ter bepaling van de buigtreksterkte van tegels, als tweede model voor de bepaling van de spanning in het midden van een plaat, opgelegd aan de twee uiterste zijden	10
Figuur 3.4	Minimale aanbevolen diktes van bestratingselementen op basis van verkeersbelasting volgens tabel 2.1, en van de lengte-breedteverhouding van het element. Deze dienen ook aan de minimale dikte uit productietechnisch oogpunt te worden getoetst	11
Figuur 3.5	Aanbevelingen voor de opbouw van verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten als functie van de verkeerscategorie	12
Figuur 3.6	Plaatbelastingsproef	13
Figuur 3.7	Pompeffecten ten gevolge van stagnerend water en bijbehorende schade	17
Figuur 3.8	Voorbeeld van controle op filterstabiliteit tussen straatlaag (BL) en fundering (OL)	20
Figuur 4.1	Aandacht voor lossen en stapelen van geprefabriceerde platen en grootformaattegels in beton	21
Figuur 4.2	Voorbeeld van uitspoeling van de straatlaag bij gebrek aan kantopsluiting	22
Figuur 4.3	Goede kantopsluiting en/of stut in schraal beton	22
Figuur 4.4	Ultrasoon toestel met rolletjes voor verdichting van de straatlaag bij klassieke (kleinere) tegels	23
Figuur 4.5	Plaatsing en verwerking van een straatlaag (nivelleren met een rei) in geval van grootformaattegels	23
Figuur 4.6	Voorverdichting in geval van geprefabriceerde betonplaten door gelijkmatig overrijden bij verspreiden (voorwaarts) en profileren (achterwaarts) van de straatlaag	24
Figuur 4.7	Wegwerken van oneffenheden met kunststofhamer en houten plank	24
Figuur 4.8	Verschiedende manieren voor het plaatsen van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten: mechanische klem, vacuümtoestel of hijsleutels	25
Figuur 4.9	Risico op verschuiven van de straatlaag en kantelen van tegels bij plaatsing met behulp van mechanische klemmen	26
Figuur 4.10	Bescherming van grootformaattegels met geotextiel om vervuiling tijdens de plaatsing te vermijden	26
Figuur 4.11	Plaatsing met minimale voeg door gebruik van geïntegreerde afstandhouders (boven), of toepassing van platen met conische zijkant (onder) zodat bovenaan automatisch een voeg ontstaat	27
Figuur 4.12	Invoegen met gepast materiaal zodanig dat een volledige vulling van de voegen wordt verkregen	27
Figuur 4.13	Plaatsing op tegeldragers als flexibel en modulair systeem	28
Figuur 4.14	Verschiedende types kunststof tegeldragers voor plaatsing van grootformaattegels	28
Figuur 4.15	Plaatsing op tegeldragers en mogelijk gebruik van extra hulpstukken	28
Figuur 4.16	Voldoende ondersteuning van de tegel door de dragers, eventueel gebruik makend van een extra tegeldrager als veiligheidsmaatregel	29
Figuur 4.17	Hoogteregeling van de tegeldragers door schroeven en gebruik van vulstukjes	29
Figuur 4.18	Systemen voor aanpassing van de hellingsgraad	30

Figuur 4.19	Randzonesystemen voor aansluitingen aan muren of ander opgaand werk	30
Figuur 4.20	Voorbeelden van plaatsing van grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten op tegel dragers	30
Figuur 4.21	Voorbeelden van onzorgvuldige uitvoering	31
Figuur 4.22	Voorbeeld van isolatievoeg en mogelijke schade indien ze niet rond singuliere punten wordt toegepast	32
Figuur 4.23	Voorbeeld van uitzetvoeg in verharding met grootformaattegels	32
Figuur 4.24	Aandacht voor afwerking aan de randen en rond singuliere punten, voor verzagen op kruispunten en in bochten met aanbrengen van velling, en voor detailafwerking, eventueel gebruik makend van speciale vormen	33-34
Figuur 5.1	Productie van geperste grootformaattegels	35
Figuur 5.2	Eenlaags gegoten platen	36
Figuur 5.3	Verschillende mogelijke oppervlakprofielen met gegoten platen	36
Figuur 5.4	Kleuren met nuanceringsprocedé	37
Figuur 5.5	Uitgewassen betonoppervlak	38
Figuur 5.6	Voorbeeld van grof (op basis van kwarts 2-4 mm) en fijn (op basis van graniet 1-2 mm) uitgewassen betonoppervlak	38
Figuur 5.7	Vergelijking tussen onbehandeld (onder) en uitgewassen (boven) betonoppervlak	38
Figuur 5.8	Gekogelstraald betonoppervlak	38
Figuur 5.9	Verschillen tussen gekogelstraald (boven) en uitgewassen (onder) betonoppervlak	38
Figuur 5.10	Boucharderen van het oppervlak	39
Figuur 5.11	Gepolijst of geslepen betonoppervlak	39
Figuur 5.12	Voorbeeld van geslepen en gekogelstraalde afwerking: donkere = geslepen, lichtere = geslepen en nadien gekogelstraald (zelfde beton!)	40
Figuur 5.13	Verouderde afwerking	40
Figuur 5.14	Vergelijking tussen onbehandeld (onder) en verouderd (boven) betonoppervlak	40
Figuur 5.15	Deklaag met open structuur	40
Figuur 5.16	Voorbeeld van tegels met gefigureerd motief aangebracht in de mal	41
Figuur 5.17	Figureren door uitwassen rond motief	41
Figuur 5.18	<i>Curlen</i> van het betonoppervlak	41
Figuur 5.19	Podotactiele tegels met rubberprofiel	42
Figuur 5.20	Symbooltegels	43-44
Figuur 6.1	Voorbeeld van productlabel op verpakking met combinatie van CE-markering en BENOR-identificatie [14]	46
Figuur 6.2	Opmeting van de vlakheid van de boven- en zijvlakken van een grootformaattegel	48
Figuur 6.3	Proefstukken ter bepaling van de vorst-dooizoutbestandheid volgens Bijlage D van NBN EN 1339	49
Figuur 6.4	Proef ter bepaling van de buigtreksterkte van grootformaattegels	50
Figuur 6.5	Caponproef ter bepaling van de slijtbestandheid van betontegels volgens NBN EN 1339	52
Figuur 6.6	Meting van de glij- of slipweerstand met een SRT-apparaat	53
Figuur 7.1	Aan te houden voegbreedtes voor een voegpercentage $\geq 10\%$ bij grootformaattegels en voorbeelden van toepassingen	57-58
Figuur 7.2	Nieuwe ontwerpen met grootformaten en speciale betonproducten voor waterdoorlatende toepassingen	58
Figuur 7.3	Voorbeeld van toepassing van waterdoorlatende verharding met geprefabriceerde betonplaten via oppervlakafvoer naar en buffering in onderfundering	59
Figuur 7.4	Voorbeeld van geïntegreerd afvoersysteem bij geprefabriceerde betonplaten met slib- en koolwaterstofafscheiders en mogelijkheid tot hergebruik van regenwater en/of vertraagde afvoer naar de openbare riolering	59

Figuur 7.5	Dakconstructie met plaatsing op tegel dragers	60
Figuur 7.6	Voorbeeld van opspansysteem voor grootformaattegels op parkeerdaken	61
Figuur 7.7	Dakconstructie met plaatsing op straatlaag van steenslag 2/6,3	62
Figuur 7.8	Voorbeelden van toepassing van een beschermingslaag bestaande uit een combinatie van drainerende noppenfolie en filterdoek	62
Figuur 7.9	Aansluiting tussen grootformaattegels geplaatst op tegel dragers en op straatlaag met behulp van een geperforeerd stalen L-profiel	63
Figuur 7.10	Enkele voorbeelden van speciale vormen en/of toepassingen van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten	63
Figuur 7.11	Voorbeelden van "boomplaten"	64
Figuur 7.12	Voorbeelden van "gootplaten"	64
Figuur 7.13	Voorbeeld van "knikplaat"	65
Figuur 7.14	Niet-horizontale toepassingen	65-66
Figuur 8.1	Regelmatige inspectie van de toestand van de voegen	67
Figuur 8.2	Goede afscheiding tussen groenzone en verharding aanbrengen	68
Figuur 8.3	Ontwerp afstemmen op toekomstig beheer door demonteerbare obstakels en/of voldoende afstand ertussen aan te houden	68
Figuur 8.4	Bewust kiezen voor een "groener" uitzicht van de verharding	69
Figuur 8.5	Effect van straatlaagmateriaal op onkruidgroei	69
Figuur 8.6	Toepassing van innovatieve materialen in bredere openingen rond obstakels	70
Figuur 8.7	Opbouw voor grasgroei	71
Figuur 9.1	Correcte kantopsluiting	73
Figuur 9.2	Horizontale belasting van betonelementen onder invloed van verkeer	73
Figuur 9.3	Voorbeeld van voegverschuiving door thermische uitzetting in combinatie met gebrek aan degelijke kantopsluiting	74
Figuur 9.4	Voorbeeld van "esthetische schade" (voegverschuiving) door thermische uitzetting in combinatie met gebrek aan degelijke kantopsluiting	75
Figuur 9.5	Thermische uitzetting van betonplaten of grootformaattegels [25]	75
Figuur 9.6	Correcte toepassing van grootformaattegels 1 000 x 1 000 x 200 mm voor verkeerscategorie 1	76
Figuur 9.7	Rekenvoorbeeld van betonfabrikant voor breuklast	77
Figuur 9.8	Voorbeeld van toepassing van tegels 600 x 400 x 80 mm voor verkeerscategorie 4	77
Figuur 9.9	Breuk vastgesteld in de tegels uit figuur 9.8	78
Figuur 9.10	Occasioneel zwaar verkeer vastgesteld op tegels uit figuur 9.8	78
Figuur 9.11	Minimale dikte voor categorie 3 "occasioneel zwaar verkeer" en $L/B < 2$	79
Figuur 9.12	Schade door onzorgvuldige afwerking aan de randen van de verharding	80
Figuur 9.13	Afweging tussen formaat, dikte, verkeersbelasting en breuklast van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten voor elk project	81

Lijst van de tabellen

Tabel 2.1	Categorieën van verkeersbelasting en indicatieve toepassingsgebieden	4
Tabel 3.1	Eisen voor het draagvermogen van de fundering op basis van verkeerscategorie, indien wordt afgeweken van standaardbestekken en voor niet-klassieke toepassingen van wegenbouw	16
Tabel 3.2	Aanbevolen materialen voor de straatlaag en bijbehorende eigenschappen	18
Tabel 6.1	Klassen voor toegelaten maatafwijkingen van tegels volgens NBN EN 1339 (lengte \leq 1 000 mm)	47
Tabel 6.2	Klassen voor aanbevolen maatafwijkingen van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten met lengte $>$ 1 000 mm	47
Tabel 6.3	Grootste toegelaten verschil van de diagonalen (haaksheid) volgens NBN EN 1339	47
Tabel 6.4	Toegelaten maatafwijkingen voor vlakheid en kromming volgens NBN EN 1339	48
Tabel 6.5	Aanbevolen maatafwijkingen voor de vlakheid van de zijvlakken	48
Tabel 6.6	Klassen voor wateropsloping volgens NBN EN 1339	49
Tabel 6.7	Vorst-dooiweerstand met dooizouten volgens NBN EN 1339	50
Tabel 6.8	Buigtreksterkteklassen volgens NBN EN 1339	51
Tabel 6.9	Breuklastklassen volgens NBN EN 1339	51
Tabel 6.11	Slijtbestandheidsklassen volgens NBN EN 1339	52
Tabel 6.12	Limietwaarden voor valgevaar van voetgangers volgens UKSRG (gemeten met slider 96)	53

Hoofdstuk 1

Woord vooraf

De voorbije tien jaar nam de toepassing van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten in de openbare ruimte in België enorm toe, ook op plaatsen met autoverkeer. Dat is een gevolg van nieuwe vereisten op het vlak van hedendaags stedelijk ontwerp en landschapsarchitectuur, waarbij creatieve oplossingen en architecturale effecten worden nagestreefd. Hierbij dient niet alleen met functionele eisen rekening te worden gehouden, maar ook met esthetische of milieutechnische overwegingen. Deze toepassingen vergen echter speciale, aangepaste ontwerp- en uitvoeringsmethoden, die sterk verschillen van de methoden voor “traditionele” betonstraatsteenverhardingen. Bovendien zijn er in België momenteel geen technische richtlijnen die expliciet handelen over deze grote formaten van geprefabriceerde betonelementen. Toch worden deze elementen vaak gebruikt in zones met aanzienlijke verkeersbelasting zoals industriële verhardingen, marktplaatsen, parkeergarages, enz.



In deze context besloot het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw een werkgroep op te starten met als doel een reeks aanbevelingen voor zulke toepassingen op te stellen – samen met alle belangrijke spelers in het veld, zoals fabrikanten, aannemers, architecten en adviesbureaus, openbare overheden enz. Het resultaat van deze inspanning, een nieuwe OCW-handleiding voor “verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten” hebt u nu in handen. Deze handleiding is gebaseerd op een kritische analyse van de bestaande literatuur, modelberekeningen en empirische methoden, in combinatie met de Belgische praktijk en ervaring en constructieve discussies binnen de werkgroep.

Een eerste deel van de handleiding (hoofdstuk 2) stelt de verschillende toepassingsgebieden en de indeling in verschillende producttypes voor. De toepassingsgebieden zijn doorgaans gelimiteerd tot zones met geen of beperkt zwaar verkeer.

De daaropvolgende hoofdstukken bespreken dan de structuuropbouw (hoofdstuk 3) en de aspecten die verband houden met de plaatsing (hoofdstuk 4), alvorens in te zoomen op de producteigenschappen (hoofdstuk 5) en de technische vereisten (hoofdstuk 6), inclusief de esthetische overwegingen voor deze verhardingselementen.

Ten slotte komen een aantal speciale toepassingen, zoals waterdoorlatende verhardingen en verhardingen op dakconstructies, aan bod (hoofdstuk 7) en worden het onderhoud (hoofdstuk 8) en een aantal schadegevallen en praktijkvoorbeelden (hoofdstuk 9) van dit soort wegverharding beschreven.

Met deze nieuwe handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten, hopen we nieuwe, kwalitatieve toepassingen van dit soort betonverharding in België te stimuleren.



Hoofdstuk 2

Toepassingsgebied en terminologie

2.1 Toepassingsgebied

Deze handleiding spitst zich toe op verhardingen met grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten, die omwille van hun afmetingen afwijken van de klassieke betonstraatstenen (publicatie A 80 "Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen" [1]). Voor ter plaatse gestorte betonverhardingen verwijzen we naar de publicaties A 82 "Handleiding voor industriële buitenverhardingen in beton" [2] en A 75 "Handleiding voor de uitvoering van betonverhardingen" [3].






Een verharding met grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten is geschikt voor toepassing op plaatsen met een snelheidsbeperking tot 30 km/uur. Voorbeelden hiervan zijn marktplaatsen, woonwijken, industriële verhardingen, parkeerterreinen, voetgangerszones, enz.

Een duurzame verharding met dergelijke geprefabriceerde betonelementen wordt slechts verkregen als alle regels van de kunst worden gevolgd. Het is met andere woorden niet voldoende dat de plaat weerstand biedt aan het verkeer, de volledige structuuropbouw dient correct te worden ontworpen en uitgevoerd. Bovendien moeten de juiste materialen worden gebruikt.

Er worden vijf categorieën van verkeersbelasting gedefinieerd, zoals opgegeven in tabel 2.1, waarbij 1 de zwaarst belaste categorie is en 5 de minst belaste categorie. Ter indicatie zijn de te verwachten belastingen toegevoegd. Er wordt uitgegaan van een levensduur van minimaal 20 jaar. Afhankelijk van de beoogde categorie zullen beperkingen op de afmetingen van de geprefabriceerde elementen worden opgelegd en zal een specifieke keuze van opbouw moeten worden gemaakt. Dat wordt verder toegelicht in het hoofdstuk dimensionering, waarbij de minimaal te respecteren diktes op basis van de verkeersbelasting en het formaat van de platen worden opgegeven (§ 3.1).

Extra maatregelen zijn nodig indien wringing, sporend verkeer, remmend verkeer, grotere helling en hoge statische puntbelastingen optreden.

Hoge puntbelastingen mogen enkel worden toegelaten mits aanbrenging van een verdeelplaat, die bij voorkeur over meerdere elementen wordt geplaatst, tenzij de afmetingen van de elementen voldoende groot zijn.

Categorie	Toepassing	Tegels	Grootformaattegels, inclusief grote betonstraatstenen	Geprefabriceerde betonplaten	Belastingen (max. wiellast)**
1 – Zwaar verkeer, tot 100 zware voertuigen* per dag 	Industriële verhardingen		✓	✓	65 kN
2 – Beperkt zwaar verkeer 	Winkelstraten en pleinen toegankelijk voor commercieel zwaar verkeer (leveringen), bushaltes		✓	✓	40 kN – occasioneel 65 kN
3 – Licht verkeer, occasioneel zwaar verkeer 	Winkelstraten, pleinen, woonerven, parkeerterreinen, opritten voor lichte voertuigen en occasioneel zwaar verkeer	✓	✓	✓	20 kN
4 – Licht verkeer 	Fietspaden, voetgangerszones, niet voor zwaar verkeer toegankelijke zones op pleinen, privéopritten	✓	✓	✓	10 kN
5 – Geen voertuigverkeer 	Terrassen	✓	✓	✓	

* = voertuig > 3,5 t

** 10 kN = lichte vrachtwagens

20 kN = vrachtwagens – heftrucks

40 kN = zware vrachtwagens, deels geladen – bussen – brandweerwagens

65 kN = zware vrachtwagens, maximaal geladen

Tabel 2.1 – Categorieën van verkeersbelasting en indicatieve toepassingsgebieden

Frequente verkeersbelasting in doorlopende straat



Bedrijfsterreinen



Openbare ruimte



Residentieel



Figuur 2.1 – Illustratie van verschillende mogelijke toepassingsgebieden van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten

2.2 Indeling producten

De geprefabriceerde betonproducten worden op basis van hun afmetingen in verschillende types ingedeeld. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen straatstenen met een lengte-dikteverhouding kleiner of gelijk aan 4 en tegels met een lengte-dikteverhouding groter dan 4. Een bijkomende indeling wordt gemaakt op basis van de lengte.

2.2.1 Klassieke betonstraatstenen

Het ontwerp en de uitvoering van een verharding met klassieke betonstraatstenen komen reeds uitvoerig aan bod in publicatie A 80 [1]. Deze worden hier dan ook niet verder besproken.

Betonstraatstenen voldoen aan de Europese norm NBN EN 1338 [4] en aan de Belgische norm NBN B 21-311 [5].

De geometrische afmetingen voldoen aan volgende regels:

- lengte/dikte ≤ 4 ;
- lengte ≤ 320 mm.

2.2.2 Grote betonstraatstenen

De grote betonstraatstenen voldoen ook aan de Europese norm NBN EN 1338 en aan de Belgische norm NBN B 21-311, maar wijken af van de klassieke betonstraatstenen omwille van hun grotere lengte. Tot deze categorie behoren de stenen die voldoen aan de volgende regels:

- lengte/dikte ≤ 4 ;
- breedte/lengte $\geq 0,5$;
- lengte tussen 320 mm en 800 mm.

Hoewel het volgens de norm betonstraatstenen betreft, zal dit type steen verder als grootformaattegel worden behandeld (op het vlak van toepassingsgebied, dimensionering, plaatsing, enz.). Zo zal bijvoorbeeld het afrillen van de stenen niet meer kunnen gebeuren door middel van een trilplaat zoals bij de klassieke betonstraatstenen.

2.2.3 Klassieke tegels

De klassieke tegels voldoen aan de Europese norm NBN EN 1339 [6] en de Belgische norm NBN B 21-211 [7]. Zij worden doorgaans enkel toegepast bij occasioneel licht verkeer zoals opritten, fietspaden, voetgangerszones, enz.

De geometrische afmetingen voldoen aan:

- lengte/dikte > 4 ;
- lengte ≤ 600 mm.

2.2.4 Grootformaattegels

De grootformaattegels wijken omwille van hun grotere lengte af van de klassieke tegels. Deels vallen ze nog onder de norm NBN EN 1339 (tot 1 000 mm lengte). Deze norm zal in de toekomst mogelijk worden uitgebreid voor tegels met een lengte tot 1 500 mm, waardoor dit type dan volledig onder de norm zou vallen.

De geometrische afmetingen voldoen aan:

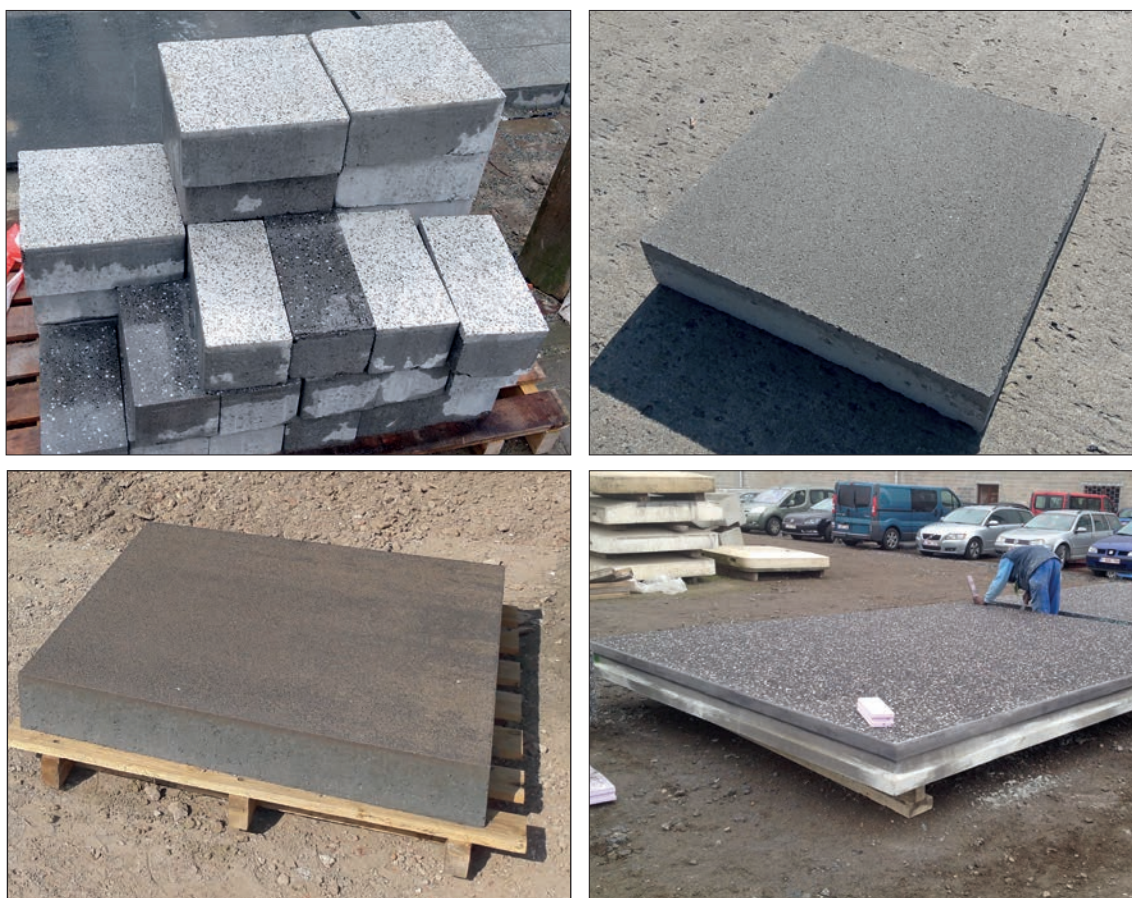
- lengte/dikte > 4;
- lengte tussen 600 mm en 1 500 mm.

2.2.5 Geprefabriceerde betonplaten

Deze categorie omvat alle geprefabriceerde betonplaten die een lengte hebben groter dan 1 500 mm.

De geometrische afmetingen voldoen aan:

- lengte/dikte > 4;
- lengte > 1 500 mm.



Figuur 2.2 – Indeling in producttypes: klassieke en grote betonstraatstenen (linksboven) – klassieke tegel (rechtsboven) – grootformaattegel (linksonder) – geprefabriceerde betonplaat (rechtsonder)



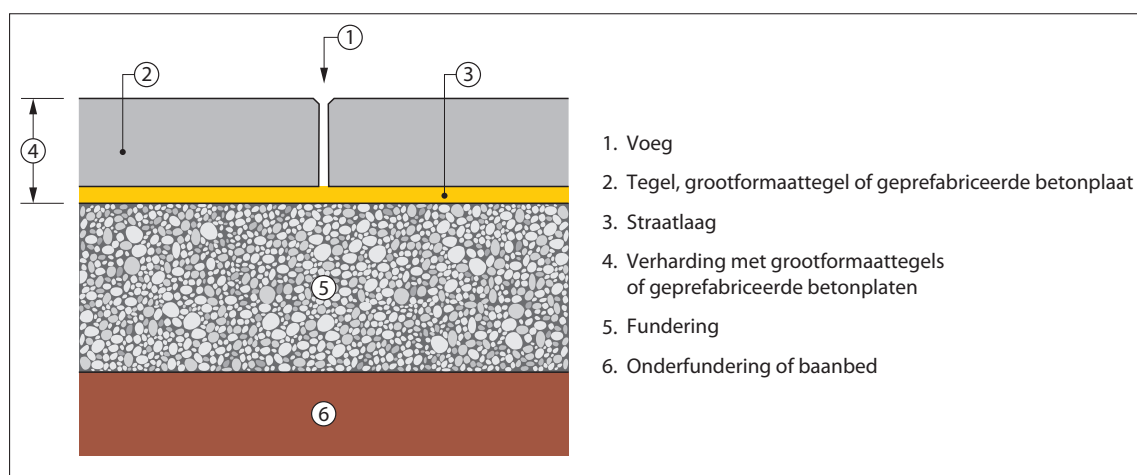
Hoofdstuk 3

Structuuropbouw

Bij de keuze van een verharding in tegels, grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten, is het belangrijk dat het formaat en de dikte van de bestratingselementen op de te verwachten verkeersbelasting worden afgestemd (tabel 2.1, blz. 4).

Uiteraard worden deze afmetingen ook mee bepaald door de volledige structuuropbouw, inclusief straatlaag, fundering en eventuele onderfundering, om weerstand te bieden aan occasioneel of frequent verkeer.

Hieronder bespreken we eerst de dimensionering van de platen en de belangrijkste parameters die hierbij een rol spelen (§ 3.1). Vervolgens bespreken we de opbouw van de verharding (§ 3.2).



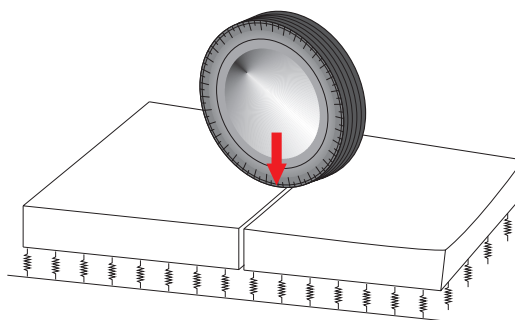
Figuur 3.1 – Voorbeeld van opbouw van een verharding in tegels, grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten

3.1 Dimensionering

Dimensionering van de verharding bestaat erin op basis van de verkeersbelasting de dikte van de platen, in combinatie met de dikte en aard van de fundering en onderliggende lagen, te bepalen.

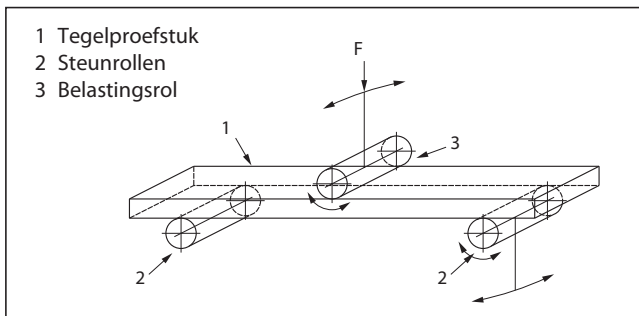
Voor de dimensionering of diktebepaling van de tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten wordt gebruikgemaakt van twee theoretische modellen om de buigspanningen te berekenen. Deze buigspanningen worden dan vergeleken met de buigtreksterkte van het beton.

In een eerste model rust de plaat op een verende bedding (ondergrond en fundering) en wordt de maximale spanning berekend aan de rand, aan de overgang tussen twee platen. In dit model wordt onder andere verondersteld dat de plaat over de volledige oppervlakte in contact blijft met de onderliggende laag en dat de zetting onder de plaat uniform gebeurt.



Figuur 3.2 – Eerste model ter bepaling van de spanning die zal optreden aan de randen van de plaat bij volledige ondersteuning door een verende bedding

In werkelijkheid kan het echter gebeuren dat de plaat niet meer ondersteund is of dat ze zich onregelmatig zet, bijvoorbeeld omwille van een holte in de draagstructuur. Daarom wordt volgens een tweede model de spanning berekend in het midden van een plaat, opgelegd aan de twee uiterste zijden en volgens de langste overspanning. Dit is vergelijkbaar met de proefopstelling voor de bepaling van de buigtreksterkte en breuklast volgens NBN EN 1339 [6] (§ 6.3.3).



Figuur 3.3 – Proef ter bepaling van de buigtreksterkte van tegels, als tweede model voor de bepaling van de spanning in het midden van een plaat, opgelegd aan de twee uiterste zijden

Op basis van de resultaten volgens beide theoretische benaderingen werden de aanbevolen minimale diktes bepaald voor de verschillende belastingsgevallen.

De breuklast van de individuele plaat hangt af van de dikte van het bestratingselement, maar ook van de lengte-breedteverhouding (L/B) en de karakteristieke buigtreksterkte van het gebruikte beton (§ 6.3.3) welke volgens NBN B 21-211 [7] 5 MPa bedraagt.

Een vierkante plaat heeft bij een L/B-verhouding gelijk aan 1 de hoogst mogelijke breuklast. Hoe slanker het formaat (i.e. hoe groter L/B), hoe lager de breuklast zal zijn. Indien de platen lang en smal worden, zijn dus een extra dikte of een wapening nodig om dit effect tegen te gaan. Wanneer met verschillende formaten wordt gewerkt (bijvoorbeeld om bepaalde esthetische effecten of verbanden te creëren), dient dan ook het formaat met de meest ongunstige L/B-verhouding voor de dimensionering te worden beschouwd.

Uiteraard zal het bestratingselement op zich niet weerstaan aan alle krachten (statisch en/of dynamisch) die door het verkeer ontstaan, maar is het de gehele wegstructuur die aan de draagkracht van de verharding zal bijdragen.

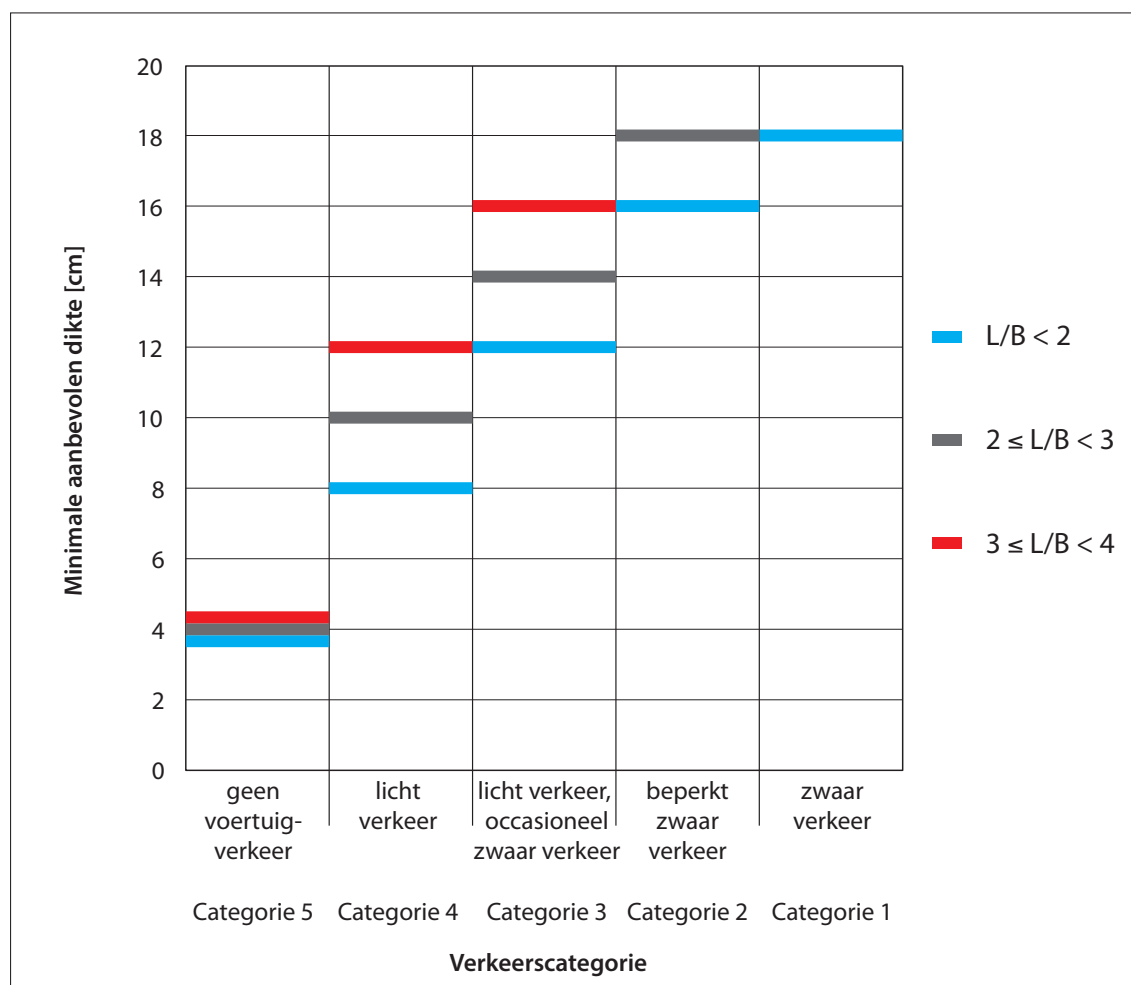
Voor de dimensionering van verhardingen aangelegd met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten worden in deze handleiding **minimale aanbevolen diktes opgegeven op basis van de verkeersbelasting en de maximale lengte-breedteverhouding** van de bestratingselementen, zoals geïllustreerd in figuur 3.4. (blz. 11)

Deze waarden zijn dus enerzijds gebaseerd op berekeningen voor vierkante formaten, waarbij de volledige structuur (verharding + onderbouw) in rekening is genomen, zodanig dat de maximaal toelaatbare buigspanning in het beton niet wordt overschreden. Anderzijds is via de invloed van de lengte-breedteverhouding op de breuklast nagegaan vanaf welke L/B-verhouding een verhoging van de minimale dikte nodig is, en zijn de aldus bekomen diktes ook getoetst aan praktijkervaringen in binnen- en buitenland. Afhankelijk van de verkeerscategorie dient overeenstemmend ook de aard en/of de dikte van de fundering te worden aangepast (figuur 3.5, blz. 12).

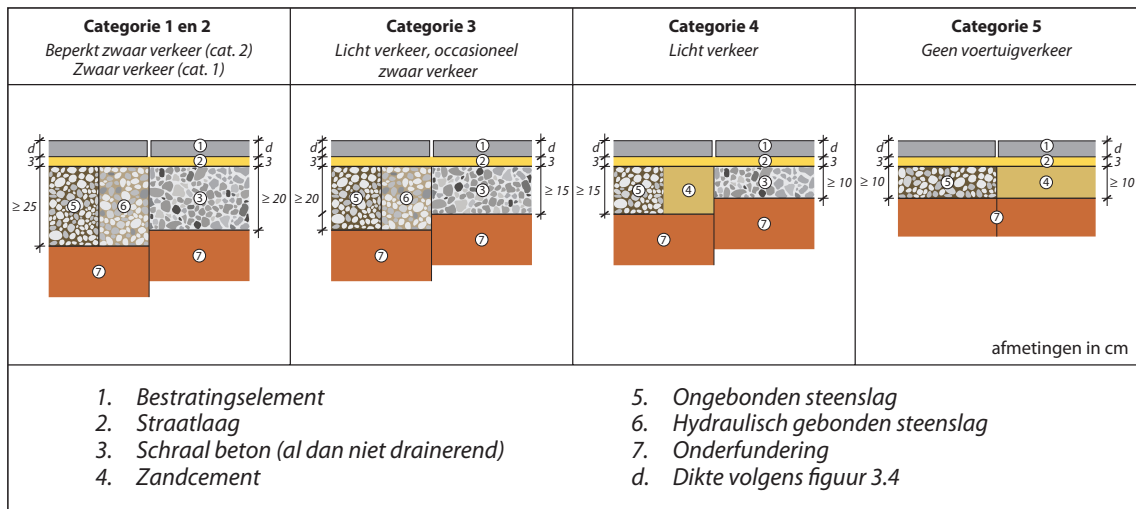
Belangrijk hierbij te vermelden is dat het om aanbevolen diktes gaat voor de vermelde L/B-verhoudingen en dat deze diktes afhankelijk zijn van de verkeersbelasting. **Bij grotere L/B-verhoudingen dan deze opgenomen in figuur 3.4 voor de verschillende verkeerscategorieën, dient een specifieke berekening voor de beschouwde situatie te worden uitgevoerd (hiervoor is dan geen waarde opgegeven in figuur 3.4).** De grafieken zijn enkel richtinggevend, contacteer steeds de producent voor een dimensionering op basis van het gevraagde formaat, de te verwachten verkeersbelasting en de gebruikte betonkwaliteit.

Voor specifieke gevallen (slechte ondergrond, zwaardere belastingen, overspanningen, enz.) kunnen platen met een constructieve boven- en/of onderwapening worden gebruikt. Daarnaast kunnen de platen ook met een wapening voor manipulatie- en transportdoeleinden zijn uitgerust.

Bij geprefabriceerde betonplaten ($L > 1\ 500$ mm) dient te worden opgemerkt dat deze minimale ontwerpdikte ten aanzien van de beschouwde verkeersbelasting ook aan de **minimaal benodigde dikte uit productietechnisch oogpunt** dient te worden getoetst. Bijvoorbeeld om het opkrullen van de plaatranden (schoteffect of *curling*) tegen te gaan, het inbouwen van eventuele hijsankers mogelijk te maken, de minimale betondekking van eventuele wapening te garanderen en/of scheuren en vervormingen tijdens de fabricatie te voorkomen.



Figuur 3.4 – Minimale aanbevolen diktes van bestratingselementen op basis van verkeersbelasting volgens tabel 2.1, en van de lengte-breedteverhouding van het element. Deze dienen ook aan de minimale dikte uit productietechnisch oogpunt te worden getoetst



Figuur 3.5 – Aanbevelingen voor de opbouw van verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten als functie van de verkeerscategorie

3.2 Opbouw

3.2.1 Baanbed

Het baanbed is het ter plaatse aanwezige (of bij een ophoging: het aangevoerde) materiaal dat de wegstructuur en de verkeersbelasting in alle klimatologische omstandigheden moet kunnen dragen.

De draagkracht van de grond beïnvloedt rechtstreeks de onder een bepaalde verkeersbelasting benodigde dikte van de wegstructuur.

De draagkracht van de grond is sterk afhankelijk van het watergehalte van de materialen waaruit hij is samengesteld. Bij verzadigde materialen kan de draagkracht zelfs helemaal wegvallen. Het is dan ook stellig aan te raden het baanbed onderin van drainage te voorzien als de bodem ondoorlatend is.

Als de grond uit vorstgevoelige materialen bestaat, dient te allen tijde te worden vermeden dat het vorstfront deze diepte bereikt. Dat kan door een onderfundering te voorzien en eventueel de dikte van de structuur te verhogen. Als vorstgevoelige materialen bevroren, zal dat immers leiden tot uitzettingen en tot opduwen van de wegconstructie. Daarom is het van groot belang enerzijds de vorstgevoeligheid van de grond na te gaan en anderzijds de diepte van het vorstfront te bepalen.

Voor meer details betreffende de dimensionering van de wegstructuur tegen vorst-dooicycli en voor het vrijwaren van een vorstvrije ondergrond verwijzen we naar publicatie A 80 [1].

3.2.1.1 Draagvermogen

Voor toepassingen met zwaar en/of intens verkeer (categorieën 1-3) is het belangrijk dat het draagvermogen van het baanbed voldoende is. Dat kan eventueel worden getest met de plaatbelastingsproef (figuur 3.6). De samendrukbaarheidscoëfficiënt M1 (bij de eerste cyclus) dient groter dan of gelijk aan 17 MPa te zijn.

Plaatbelastingsproef



De plaatbelastingsproef bestaat erin een cirkelvormige stijve stalen plaat met diameter 15,96 cm of 30,90 cm (oppervlak 200 cm² of 750 cm²), te kiezen afhankelijk van de korrelverdeling van de beproefde grond (steenslag of grond), in contact te brengen met het te testen oppervlak. Een welbepaalde belasting wordt op de plaat aangebracht, waarbij het tegengewicht verzorgd wordt door een vrachtwagen, kraan, bulldozer, enz. en vervolgens wordt de zetting opgemeten, zodra deze gestabiliseerd is.

De zetting wordt geregistreerd in verhouding tot de opgelegde belasting. De helling van de bekomen curve is een maat voor het draagvermogen van de beproefde grond.

$$M_E = \frac{D \Delta p}{\Delta s}$$

Δp : verschil in belasting tussen 2 trappen (MN/m²)
 Δs : zettingsverschil in cm
 D : diameter van de plaat in cm

Deze proef is ook terug te vinden in de proefmethode 50.01, MN 40/78 (OCW-publicatie)

Figuur 3.6 – Plaatbelastingsproef

Als het baanbed tijdens de uitvoering van de werkzaamheden onvoldoende draagvermogen blijkt te bezitten, kan de grond worden verbeterd (zie praktijkgids nr. 3 van publicatie A 81 “Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of hydraulische bindmiddelen” van het OCW [8]) door een gepast bindmiddel toe te voegen of een geogrid toe te passen.

Geogrids zijn monolithische grids van kunststof met grote mazen en hebben een hoge elasticiteitsmodulus en een kleine kruip. De geogrids worden gebruikt om het materiaal op het baanbed als één geheel te doen werken en de spanningen optimaal op de grond over te brengen. Deze geogrids worden steeds in een laag steenslag geplaatst.

3.2.1.2 Waterafvoer

Zoals al aangehaald, bepaalt het watergehalte heel sterk de draagkracht van de grond of de fundering. Een goede waterafvoer (oppervlaktewater, geïnfiltreerd water en opstijgend water) draagt bij tot een groter draagvermogen van de grond.

Voor meer informatie omtrent drainage en waterafvoer verwijzen we naar publicatie A 88 “Handleiding voor de bescherming van wegconstructies tegen de inwerking van water” [9] en § 1.2.4 in publicatie A 80 [1].

De opbouw moet alleszins zo worden uitgevoerd dat er geen plasvorming kan ontstaan en dat er afdoende afwatering wordt gegarandeerd door toepassing van een dwarshelling van minimaal 1 % en bij voorkeur 2 % indien de omstandigheden het toelaten.

3.2.2 Onderfundering

Indien nodig kan een onderfundering worden voorzien afhankelijk van de noodzaak om de grond vorstvrij te houden en/of de noodzaak om de wegconstructie te draineren. De dikte van de onderfundering wordt door de ontwerper bepaald en houdt rekening met de kwaliteit van het baanbed.

Afhankelijk van de ondergrond dient een niet-geweven geotextiel te worden aangebracht tussen het baanbed en de onderfundering om verontreiniging van de onderfundering met (fijn) materiaal uit het baanbed te voorkomen.

De eventuele onderfundering dient de volgende functies te vervullen:

- als constructief element de bovenliggende belastingen voldoende over de grond verdelen;
- door zijn dikte de ondergrond vorstvrij houden;
- als scheidingslaag de fundering beschermen tegen opstijgend vocht en tegen de indringing van fijne gronddeeltjes;
- de wegconstructie ontwateren;
- tijdens de aanleg buitensporige vervorming van het baanbed onder het bouwverkeer voorkomen en het transport, het spreiden en het verdichten van het funderingsmateriaal mogelijk maken;
- in de meeste gevallen als stabiele ondergrond dienen voor de aan te brengen trottoirbanden, straatgoten en andere lijnvormige elementen.

Om deze functies te vervullen, moeten de materialen van de onderfundering vorstbestendig en voldoende waterdoorlatend zijn. Bovendien moeten ze gemakkelijk verdichtbaar zijn en na verdichting voldoende draagkracht bezitten (samendrukbaarheidscoëfficiënt M1 gelijk aan of groter dan 35 MPa volgens de standaardbestekken).

Het draagvermogen moet behouden blijven, zelfs wanneer de onderfundering maandenlang aan regen en vorst wordt blootgesteld.

De gebruikte materialen kunnen van natuurlijke of kunstmatige oorsprong zijn. De standaardbestekken (SB 250, TB 2015 en CCT *Qualiroutes*) laten materialen van verschillende oorsprong toe. Zo zijn er natuurlijke granulaten, gerecyclede granulaten (zoals bouw- en slooppuin) en kunstmatige granulaten (zoals slakken). Belangrijk is hier te vermelden dat de toegelaten materialen van gewest tot gewest kunnen verschillen. Het is dus aangewezen het standaardbestek van het betrokken gewest te raadplegen.

Algemeen onderscheidt men onderfunderingen van verschillende types:

- zand;
- mengsel van zand en steenslag;
- gestabiliseerde bodem.

3.2.2.1 Onderfundering van zand

Deze onderfundering bestaat:

- ofwel helemaal uit draineerzand of zand voor onderfunderingen beschreven in de standaardbestekken, als de laag dun genoeg is om in één werkgang te worden aangebracht;
- ofwel uit één laag zand met daarboven een laag (ongeveer 10 cm dik) van hetzelfde zand versterkt met grof steenslag, als de laag in meer dan één werkgang wordt aangebracht.

3.2.2.2 Onderfundering van steenslag

Deze onderfundering bestaat uit een homogeen mengsel van zand voor onderfunderingen en steenslag met een grove korrelmaat.

3.2.2.3 *Onderfundering van gestabiliseerde bodem of gelijkwaardige materialen*

Behandeling van grond en andere materialen in situ of in een menginstallatie heeft tot doel de fysische en mechanische eigenschappen te veranderen door een geschikt bindmiddel (kalk, cement, hydraulisch bindmiddel voor de wegenbouw, enz.) toe te voegen. Het bindmiddel moet worden afgestemd op de grond of het te behandelen materiaal en een onderzoek in het laboratorium is noodzakelijk om de verbeteringen te begroten en de dosering vast te leggen.

Voor meer informatie verwijzen we naar publicatie A 81 [8] en de bijbehorende praktijkgids nr. 2 (stabilisatie van grond voor onderfunderingslagen).

3.2.3 Fundering

De fundering wordt aangebracht op de onderfundering, of rechtstreeks op het baanbed als er geen onderfundering wordt toegepast. Zij heeft een dubbele rol:

- een onvervormbare ondergrond vormen voor de eigenlijke verharding;
- de krachten die het verkeer uitoefent, verdelen tot een niveau dat door de onderfundering en/of het baanbed kan worden opgenomen.

Men onderscheidt niet-gebonden funderingen (steenslag en grind) en gebonden funderingen (zandcement, gestabiliseerd steenslag, schraal beton, drainerend schraal beton en walsbeton).

Een zandcementfundering is enkel voor licht verkeer (categorie 4-5) geschikt.

Het voordeel van een cementgebonden fundering is een hogere stijfheid, stabiliteit en duurzaamheid, wat leidt tot een betere weerstand van de constructie tegen de invloed van verkeer en vorst.

Het voordeel van een niet-gebonden fundering is dat zelfs bij een beperkte waterdoorlatendheid de mogelijkheid bestaat om stagnerend water naar de onderfundering of de ondergrond af te voeren.

In de fundering kunnen natuurlijke of secundaire materialen worden toegepast: natuursteenslag, zand, gebroken slak, betongranulaat en in enkele regio's ook niet-teerhoudend asfaltgranulaat, menggranulaat (van beton en metselwerk) in gebonden toestand en staalslak in gebonden toestand. Voor verdere specificaties wordt verwezen naar de verschillende standaardbestekken.

Het oppervlak van de fundering dient volkomen evenwijdig te lopen met het oppervlak van de uiteindelijke verharding, zodat een constante dikte aan de straatlaag kan worden gegeven. De fundering dient bijgevolg de veranderingen in lengte- en dwarsprofiel te volgen. Afwijkingen van het niveau of het profiel van de fundering mogen in geen geval worden opgevangen door variaties in de dikte van de straatlaag.

Volgens de standaardbestekken voor de wegenbouw dient voor ongebonden en gebonden steenslag de samendrukbaarheidscoëfficiënt M1, bepaald tijdens de eerste cyclus van de plaatbelastingsproef (figuur 3.6, blz. 13), ten minste gelijk te zijn aan 110 MPa voor rijbanen.

In sommige gevallen kan echter worden afgeweken van deze eisen. Voor lichter verkeer (categorie 2-4) bijvoorbeeld is een waarde van 80 MPa ook al voldoende.

In geval van geprefabriceerde betonplaten kan het verdichte baanbed bovendien zelf als fundering dienstdoen in geval van licht of geen verkeer, waarbij lagere eisen voor de coëfficiënt M1 gelden, (tabel 3.1, blz. 16).

Categorie	Eis op fundering in ongebonden of gebonden steenslag		
	Tegels	Grootformaattegels en grote betonstraatstenen	Geprefabriceerde betonplaten
1 – Zwaar verkeer, tot 100 zware voertuigen per dag		Fundering: 110 MPa	Fundering: 110 MPa
2 – Beperkt zwaar verkeer		Fundering: 80 MPa	Fundering: 80 MPa
3 – Licht verkeer, occasioneel zwaar verkeer	Fundering: 80 MPa	Fundering: 80 MPa	Fundering: 80 MPa
4 – Licht verkeer	Fundering: 80 MPa	Fundering: 80 MPa	Verdichte ondergrond: 35 MPa
5 – Geen voertuigverkeer	Plaatproef NIET VAN TOEPASSING, stabiele ondergrond vereist		

Tabel 3.1 – Eisen voor het draagvermogen van de fundering op basis van verkeerscategorie, indien wordt afgeweken van standaardbestekken en voor niet-klassieke toepassingen van wegenbouw

3.2.4 Straatlaag

3.2.4.1 Eisen

De straatlaag is één van de belangrijkste onderdelen van de wegconstructie, niet in het minst omdat zij meestal ook de plaats is waar de eerste schade optreedt. Het is van uiterst belang dat veel aandacht wordt besteed aan de keuze van het materiaal en aan de uitvoering van de straatlaag.

De straatlaag dient enerzijds om eventuele lichte maatafwijkingen in de dikte van de tegels en kleine oneffenheden in de fundering op te vangen, en anderzijds om de betonplaten goed vast te kunnen zetten en ze op hun plaats te houden.

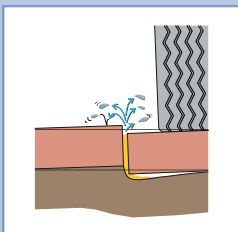
In eerste instantie moet de nodige aandacht aan de structuur onder de straatlaag worden besteed. Zo moet op een vlakke fundering worden gewerkt. Ook mag de dikte van de straatlaag volgens de standaardbestekken niet meer dan 10 mm variëren. Het is echter aan te bevelen naar een kleinere variatie te streven, zowel voor de vlakheid van de fundering als voor de dikte van de straatlaag.

Belangrijke aandachtspunten zijn:

- de dikte van de straatlaag: deze bedraagt nominaal 30 mm (na het eventuele verdichten, § 4.2), met een tolerantie van 5 mm. Een te dikke straatlaag kan aanleiding geven tot spoorvorming en verzakkingen. Ongelijke diktes veroorzaken vervormingen. In geval van klassieke tegels en grootformaattegels dient de straatlaag ook om eventuele dikteverschillen tussen de tegels op te vangen. In geval van geprefabriceerde platen kan de dikte van de straatlaag groter zijn (40-60 mm);
- de straatlaag dient steeds voldoende waterdoorlatend te zijn;
- de geslotenheid van de fundering: als de straatlaag op een fundering van steenslag wordt aange-

- bracht, moet de bovenzijde van deze fundering goed gesloten zijn (dat is eventueel te bereiken door er fijn materiaal in te trillen en/of in te wassen). Zo niet kunnen achteraf oneffenheden in de verharding ontstaan doordat fijne deeltjes uit de straatlaag in de fundering indringen;
- bij een waterdichte fundering van schraal beton bestaat het gevaar dat het water zich in de straatlaag verzamelt. Dat kan worden voorkomen door een geschikte drainage te voorzien (§ 3.2.1.2) of te kiezen voor een fundering in drainerend schraal beton. In dit laatste geval dient dan wel een geotextiel tussen het drainerend schraal beton en de straatlaag te worden aangebracht.

Negatieve effecten van stagnerend water



Infiltratie van water via de voegen in de straatlaag en fundering is onvermijdelijk. Om de stabiliteit van de structuur te waarborgen, is het van groot belang dat het geïnfiltreerde water zo snel mogelijk wordt afgevoerd via bv. een doorlatende fundering. Water in de fundering zorgt voor een afname van de stabiliteit en draagkracht en moet dus worden vermeden.

De grootste problemen treden echter op ten gevolge van stagnerend water in de straatlaag, dus eigenlijk in de zone tussen de wegverharding en de fundering.



Schade ten gevolge van pompeffect

Indien het water niet weg kan via de onderliggende fundering, zal de straatlaag geleidelijk aan met water verzadigd raken. Bij continue verkeersbelasting ontstaat dan het zogenaamde "pompeffect": fijn straatlaagmateriaal zal samen met het water via de voegen naar boven worden gepompt. Hierdoor verdwijnt tegelijk ook het fijn voegmateriaal uit de voegen.

Figuur 3.7 – Pompeffecten ten gevolge van stagnerend water en bijbehorende schade

3.2.4.2 Materialen

Het materiaal voor de straatlaag dient te worden gekozen op basis van de categorie van verkeersbelasting (tabel 2.1, blz. 4). Bij het bepalen van de juiste soorten van granulaten moet rekening worden gehouden met de weerstand tegen beschadiging, bij twijfel zijn voorafgaande beschadigingsproeven gewenst. Voor zwaardere verkeersbelasting (categorieën 1-2) moet een granulaat worden gebruikt dat weinig of niet onderhevig is aan beschadiging. Het materiaal dient stofvrij te zijn. Dat betekent dat het gehalte aan bestanddelen fijner dan 63 µm streng moet worden beperkt (tabel 3.2, blz. 18).

Categorie	Straatlaagmateriaal ^{1,2}			Gehalte fijne deeltjes (< 63 µm)	Eigenschappen granulaat volgens PTV 411
	Tegels	Grootformaat-tegels en grote betonstraatstenen	Geprefabriceerde betonplaten ³		
1 – Zwaar verkeer, tot 100 zware voertuigen per dag		Grof zand 0/4-0/6,3 of gebroken steenslag 2/6,3-2/8	Grof zand 0/4-0/6,3 of gebroken steenslag 2/6,3-2/8	≤ 3 %	Categorie Bc of 4 (LA ₂₅ en M _{DE} 20)
2 – Beperkt zwaar verkeer		Grof zand 0/4-0/6,3 of gebroken steenslag 2/6,3-2/8	Grof zand 0/4-0/6,3 of gebroken steenslag 2/6,3-2/8	≤ 5 %	Categorie Bc of 4 (LA ₂₅ en M _{DE} 20)
3 – Licht verkeer, occasioneel zwaar verkeer	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4)	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4)	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4), zeezand	≤ 5 %	Categorie D of 5 (LA ₃₅)
4 – Licht verkeer	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4)	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4),	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4), zeezand	≤ 5 %	Categorie D of 5 (LA ₃₅)
5 – Geen voertuigverkeer	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4)	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4)	Grof zand, gebroken steenslag, rivierzand (bv. 0/4), zeezand	≤ 7 %	-

¹ In de huidige geldende versie van NBN EN 13242+A1:2008 'Granulaten voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor civieltechnische werken en wegenbouw' [10] wordt "zand" gedefinieerd als fijn granulaat met een diameter $D_{max} \leq 6,3$ mm.

² Grof zand 0/4 of 0/6,3 bestaat doorgaans uit een homogeen mengsel van 40 % natuurlijk rond zand of natuurlijk breeksand met een diameter $D \leq 2$ mm, en 60 % gebroken steenslag 2/4 of 2/6,3.

³ In geval van geprefabriceerde betonplaten is ook het gebruik van een mengsel van brekerzand van betongranulaten met natuurlijk zand toegelaten mits aan de eisen van tabel 3.2 wordt voldaan.

Tabel 3.2 – Aanbevolen materialen voor de straatlaag en bijbehorende eigenschappen

Hoewel in de praktijk nog vaak mortel of zandcement wordt gebruikt als straatlaagmateriaal voor de klassieke tegels, bevelen we aan de materialen in bovenstaande tabel te gebruiken.

De kenmerken van de granulaten dienen zeker te worden gecontroleerd, omdat zij bepalend zijn voor de weerstand van het straatlaagmateriaal tegen verbrijzeling. In België gaat het vooral om harde materialen zoals porfier, zandsteen en kwarts. Gezien de grotere spreiding van de lasten bij grotere formaten, kan hier ook een kwalitatieve kalksteen worden gebruikt. Om ervoor te zorgen dat de straatlaag gemakkelijk kan worden aangebracht (nivelleren en plaatsen), moet hier bij de materiaalkeuze ook rekening mee worden gehouden. Dat kan door een gepast mengsel van ronde en gebroken materialen toe te passen.

Voor een straatlaag in een toepassing met zwaar verkeer (categorie 1 en 2) worden materialen aanbevolen die voldoen aan de eisen voor categorie Bc of 4 volgens PTV 411 [11] – zoals porfier, zandsteen, bepaalde soorten kalksteen en gebroken grind.

3.2.5 Voegvulling

Het materiaal dient te voldoen aan de eisen in het geldende standaardbestek. De maximale korrelafmeting is 1 mm bij smalle voegen of 0,8 keer de voegbreedte, met een maximum van 8 mm.

In niet-gebonden voegvullingsmaterialen worden bij voorkeur hoekige bestanddelen toegepast, om een betere samenhang te verkrijgen.

Goede voegvullingsmaterialen zijn onder meer:

- natuurlijk of kunstmatig zand (kwartszand, zeezand, gebroken kalksteen of zandsteen 0/1 tot 0/2, droog en niet plakkend, met minder dan 10 % fijne bestanddelen < 0,063 mm);
- grof zand 0/4-0/6,3 of fijne steenslag 2/4 (bij bredere voegen).

Omdat grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten op een flexibele straatlaag worden geplaatst, wordt het gebruik van cementgebonden voegmortels (al dan niet gemodificeerd met toegevoegde polymeren) afgeraden, zeker in geval van verkeersbelasting.

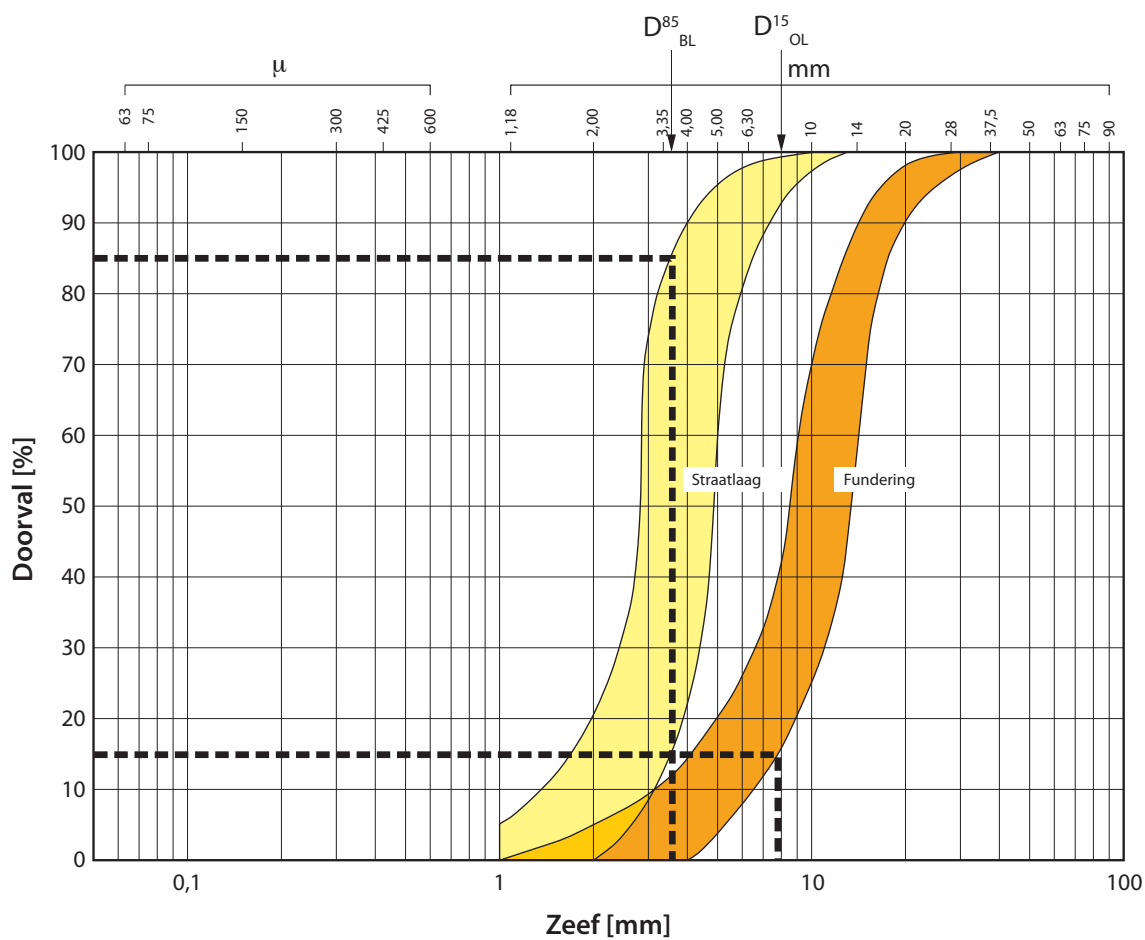
Tegenwoordig zijn er ook een aantal innovatievere materialen op de markt zoals polymeerzanden en voegafdichters (zogenoemde *joint sealers*)¹, die vaak specifiek werden ontwikkeld om onkruidgroei en erosie tegen te gaan. Hiermee is in de praktijk tot dusver weinig of geen ervaring opgedaan met betrekking tot de duurzaamheid bij verkeersbelasting. Onder voorbehoud van verder onderzoek is gebruik van deze materialen voorlopig dan ook enkel aangewezen voor weinig belaste toepassingen (categorieën 4-5).

De filterstabiliteit met de straatlaag dient te worden gegarandeerd, om te verhinderen dat de voegvulling in de straatlaag verdwijnt. Onderzoek heeft aangetoond dat deze gegarandeerd is als aan volgende regel voldaan wordt (figuur 3.8, blz. 20):

$$D_{15} \text{ onderliggende laag} / D_{85} \text{ bovenliggende laag} \leq 5$$

waarbij D_{15} en D_{85} de maaswijdten zijn die overeenstemmen met respectievelijk 15 % en 85 % doorval.

¹ Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar publicatie RV 45 "Prestatie-eisen voor voegvullingsmaterialen in bestratingen met kleinschalige elementen" [12].



Figuur 3.8 – Voorbeeld van controle op filterstabiliteit tussen straatlaag (BL) en fundering (OL)

Hoofdstuk 4 Plaatsing

4.1 Levering en controle van de materialen

Alvorens de uitvoering van de verharding in tegels, grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten aan te vatten, is het van belang te controleren dat de geleverde materialen overeenstemmen met hetgeen besteld is. Controleer de producten ook op beschadigingen en houd rekening met mogelijke kleurverschillen. Lichte afwijkingen zijn altijd mogelijk aangezien natuurlijke grondstoffen worden gebruikt. Voor een mooie nuanciering en het vermijden van kleurverschillen is het raadzaam bij het plaatsen verschillende pakken te mengen. Als er tijdens de verwerking gebreken optreden, dient men onmiddellijk de fabrikant op de hoogte te brengen zodat tijdig en gepast kan worden ingegrepen.

Bij geprefabriceerde betonplaten dient ook de nodige aandacht aan het lossen en stapelen te worden besteed. Alle platen, ook de onderste, worden op drie steunpunten (bv. betonstraatstenen) gestapeld, die steeds loodrecht boven elkaar geplaatst zijn, en niet op de hoekranden mogen dragen. Aangeraden wordt niet hoger dan 5 platen te stapelen, zodat de stapels niet scheef kunnen zakken. Op een stabiele en vlakke verharding kan eventueel tot 8 platen hoog worden gestapeld. Grootformaattegels worden klassiek op pallets geleverd, met een folie tussen elke laag en eventueel met extra bescherming door middel van een plastic hoes.



Figuur 4.1 – Aandacht voor lossen en stapelen van geprefabriceerde platen en grootformaattegels in beton

4.2 Opbouw en plaatsing

4.2.1 Plaatsing op fundering

Om een stevig en stabiel platform te verkrijgen, dient de ondergrond in eerste instantie vlak en gebruiksklaar te worden gemaakt, en met gepast materieel te worden verdicht. Voor toepassingen met zwaar en/of intens verkeer is het belangrijk dat het draagvermogen van het baanbed voldoende is. Dat kan worden getest met de plaatbelastingsproef, waarbij de samendrukbaarheidsmodulus ten minste gelijk moet zijn aan 17 MPa.



Figuur 4.2 – Voorbeeld van uitspoeling van de straatlaag bij gebrek aan kantopsluiting

In geval van tegels en grootformaattegels onderhevig aan verkeersbelasting dient een goede kantopsluiting te worden voorzien (via kantstroken of straatgoten bijvoorbeeld) om het legverband goed vast te houden en uitspoeling van de straatlaag tegen te gaan. De kantopsluitingen worden dan ook vóór de fundering en de straatlaag aangebracht. Ze dienen niet alleen voldoende te worden gefundeerd, maar moeten ook achteraan voorzien worden van een goed verdichte stut in schraal beton.

In geval van geprefabriceerde betonplaten is een kantopsluiting meestal niet noodzakelijk. Eventueel kan een stut in schraal beton tegen de zijkanten van de buitenste platen worden aangebracht.



Figuur 4.3 – Goede kantopsluiting en/of stut in schraal beton

Na het plaatsen van een eventuele onderfundering wordt vervolgens de fundering aangebracht, waarbij de dikte en aard van het materiaal op basis van de toepassing en de belasting worden gekozen (figuur 3.5, blz. 12). Hierbij is het aangewezen het funderingsmateriaal (ongebonden steenslag of cementgebonden materiaal) met circa 10-15 % overdikte uit te voeren, waarna door gepaste verdichting en eindnivellering een egaal oppervlak wordt bekomen. Let wel, cementgebonden materialen dienen zo snel mogelijk te worden verwerkt en alle handelingen moeten binnen de 2 à 4 uur na aanmaak van het mengsel plaatsvinden, alvorens dat onverwerkbaar begint te worden.

Het is van belang dat het profiel van de fundering volkomen evenwijdig loopt met het profiel van de toekomstige verharding zodat een constante dikte van de straatlaag nadien kan worden verzekerd. Oneffenheden in de fundering, gemeten met een rei van 3 m, mogen nergens groter zijn dan 10 mm. De vlakheid, het niveau, de dikte en ook de draagkracht (tabel 3.1, blz. 16) van de fundering dienen te worden gecontroleerd.



Figuur 4.4 – Ultrasoon toestel met rolletjes voor verdichting van de straatlaag bij klassieke (kleinere) tegels

Op de afgewerkte fundering wordt dan het straatlaagmateriaal, met een geschikte korrelopbouw en een beperkt aandeel fijne deeltjes, aangebracht. De keuze van het materiaal gebeurt op basis van de toepassing (tegels, grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten) en de verwachte belasting (tabel 3.2, blz. 18). De dikte van de straatlaag bedraagt ca. 3 cm voor tegels en grootformaattegels. In geval van geprefabriceerde platen kan een dikkere bedding worden voorzien (4-6 cm).

Bij kleinere tegels (lengte ≤ 400 mm) wordt de straatlaag, zoals bij betonstraatstenen, geplaatst, genivelleerd met een rei en verdicht door trillen van de verharding na het plaatsen van de elementen. Dat gebeurt weliswaar met aangepaste, lichtere trilplaten of met hoogfrequente trilapparatuur (bv. ultrasoon toestel met rolletjes), om het oppervlak niet te beschadigen.

In geval van grotere tegels ($400 < \text{lengte} \leq 600$ mm) en grootformaattegels wordt de straatlaag enkel genivelleerd met een rei. Kleine oneffenheden en dikteverschillen worden dan achteraf weggewerkt door met een kunststofhamer, via een houten plank, op de tegel te kloppen en/of door de dikte van de straatlaag plaatselijk aan te passen.



Figuur 4.5 – Plaatsing en verwerking van een straatlaag (nivelleren met een rei) in geval van grootformaattegels

Voor geprefabriceerde betonplaten wordt de straatlaag echter rechtstreeks “voorverdicht” door deze gelijkmatig te overrijden met de *grader* of wiellader bij het verspreiden en profileren. Tijdens het progressief plaatsen van de platen zelf wordt dan nog een bijkomende zetting verkregen door overrijden, bijvoorbeeld wanneer men over de reeds gelegde plaat/platen rijdt om de volgende te leggen. Beide handelingen beperken in sterke mate de ongelijkmatige zetting van de platen tijdens het gebruik.



Figuur 4.6 – Voorverdichting in geval van geprefabriceerde betonplaten door gelijkmatig overrijden bij verspreiden (voorwaarts) en profileren (achterwaarts) van de straatlaag

De elementen dienen over het volledige oppervlak te worden ondersteund, zo niet kunnen de aanwezige holtes leiden tot scheuren of breken van de tegels of platen. Zettingen van meer dan 5 mm dienen alleszins te worden gecorrigeerd om schade te voorkomen. Kleine oneffenheden kunnen in geval van grootformaattegels eventueel met een kunststofhamer en een houten beschermplaat op de tegel worden weggewerkt. Indien de oneffenheden te groot blijken te zijn en/of in geval van geprefabriceerde betonplaten, dient de tegel/plaat verwijderd te worden om de dikte van de straatlaag aan te passen en vervolgens het element opnieuw te plaatsen.

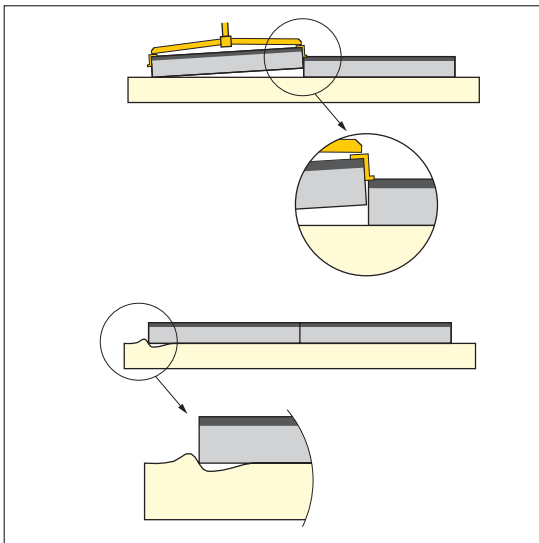


Figuur 4.7 – Wegwerken van oneffenheden met kunststofhamer en houten plank

Plaatsing van de grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten op de straatlaag gebeurt vanwege het grotere gewicht machinaal met gekeurde klemmen (bekleed met rubber – “grijpertechniek”) of met vacuümtoestellen (“zuigtechniek”). In geval van vloerplaten kunnen eventueel ook hijschaken of T-sleutels worden gebruikt, waarbij in sommige gevallen de hijsgaten wel nog moeten worden doorgeslagen. De voorkeur gaat echter naar het gebruik van vacuümapparatuur, omdat het klemmen meer kans geeft op beschadiging. Bovendien is er dan ook minder risico op verschuiving van de straatlaag bij het plaatsen en op het niet perfect vlak liggen van de tegels (“kanteffect”, figuur 4.9, blz. 26).



Figuur 4.8 – Verschillende manieren voor het plaatsen van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten: mechanische klem, vacuümtoestel of hijsseutels



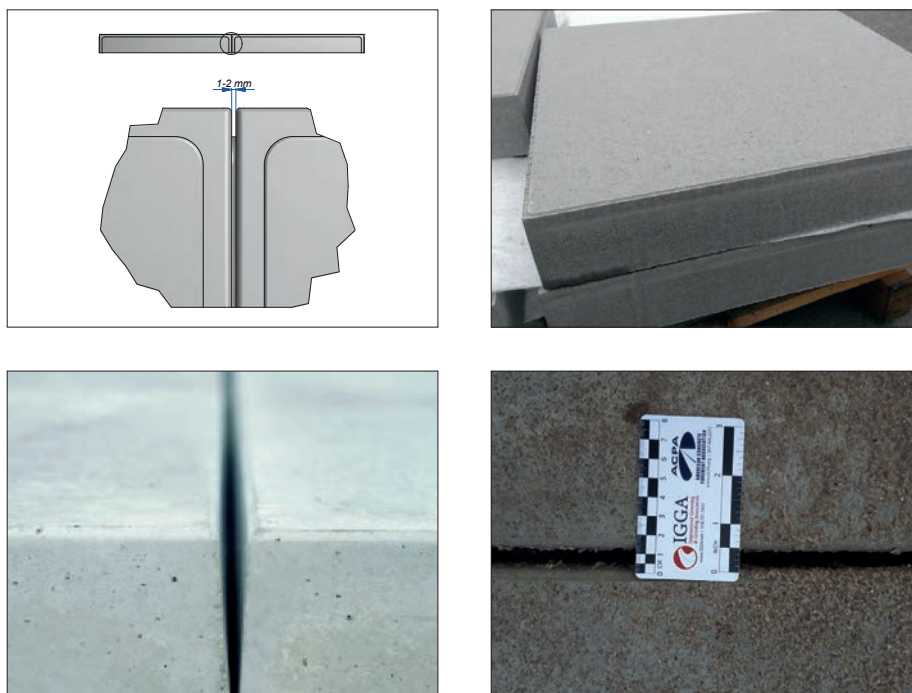
Figuur 4.9 – *Risico op verschuiven van de straatlaag en kantelen van tegels bij plaatsing met behulp van mechanische klemmen*

Vooraf in geval van esthetische toepassingen is het aan te raden de pas geplaatste tegels of platen tot aan het einde van de werken af te dekken met een plasticfolie of doek zodat ze door de werkzaamheden niet vervuild kunnen worden. Om kalkuitbloeiingen te vermijden dient deze bescherming zo snel mogelijk na de werkzaamheden te worden verwijderd.



Figuur 4.10 – *Bescherming van grootformaattegels met geotextiel om vervuiling tijdens de plaatsing te vermijden*

In principe worden de tegels of platen koud tegen elkaar geplaatst en ontstaat automatisch een voeg bovenaan door de aanwezigheid van geïntegreerde afstandhouders (voeg = 1-2 mm) of door de conische vorm van de plaat (wigvormige voeg, ca. 10 mm bovenaan). In uitzonderlijke gevallen kan gebruik worden gemaakt van voegkruisjes of afstandhouders die nadien worden verwijderd.



Figuur 4.11 – Plaatsing met minimale voeg door gebruik van geïntegreerde afstandhouders (boven), of toepassing van platen met conische zijkant (onder) zodat bovenaan automatisch een voeg ontstaat

De voegen worden door inborstelen of invegen volledig gevuld met geschikt en droog materiaal (gewassen zand of zuivere, gebroken split in geval van bredere voegen). Indien nodig dient deze behandeling te worden herhaald om een volledige vulling te krijgen. Ook het inwateren van de voegen kan eventueel helpen om de voegvulling te verdichten.



Figuur 4.12 – Invoegen met gepast materiaal zodanig dat een volledige vulling van de voegen wordt verkregen

4.2.2 Plaatsing op tegeldragers

Voor speciale toepassingen op een betonnen ondergrond, dakterras, enz. kunnen grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten op kunststof tegeldragers in plaats van op een klassieke fundering met straatlaag worden geplaatst.

Door het gebruik van tegeldragers ontstaat onder de tegels een vrije, open ruimte. Naast een aanzienlijke gewichtsbesparing voor de dragende ondergrond, heeft deze manier van plaatsing nog enkele andere voordelen. Regenwater wordt snel via de open voeg tussen de tegels afgevoerd en lucht kan vrij onder de tegels circuleren, waardoor de tegels sneller opdrogen. De open ruimte onder de tegels is

gemakkelijk toegankelijk en kan dienen voor leidingen, afvoergoten, waterbuffering², enz. De plaatsing op tegeldragers zorgt voor een modulair systeem dat nadien gemakkelijk kan worden aangepast of hergebruikt.



Figuur 4.13 – Plaatsing op tegeldragers als flexibel en modulair systeem

Er dient een vlakke ondergrond te worden voorzien zodat de tegeldragers stabiel staan. De tegeldragers worden op de ondergrond aangebracht zonder verlijming. Men zet de tegeldragers uit volgens de afmetingen van het betonelement en stelt de gewenste hoogte in. Kunststof tegeldragers bestaan in verschillende hoogtes tussen 2 en 100 cm. De hoogte dient te worden bepaald afhankelijk van de verwachte belasting. Eventueel kan gebruik gemaakt worden van extra hulpstukken (bv. betonblokken, figuur 4.15) om de stabiliteit te verhogen.



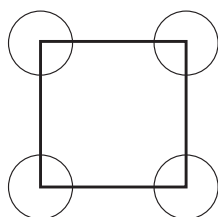
Figuur 4.14 – Verschillende types kunststof tegeldragers voor plaatsing van grootformaattegels



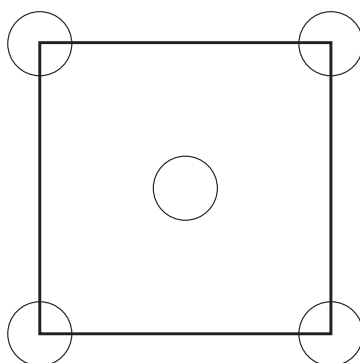
Figuur 4.15 – Plaatsing op tegeldragers en mogelijk gebruik van extra hulpstukken

² Indien de structuur dit toelaat.

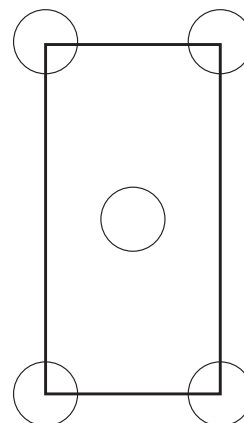
De vier hoekpunten van de tegel worden steeds ondersteund door een tegeldrager. Bij grootformaat-tegels kan/kunnen als extra veiligheidsmaatregel ook het midden van de tegel en/of de zijkant door een vijfde tegeldrager worden ondersteund. De hoogte van de tegel dragers wordt geregeld door ze hoger of lager te schroeven. Dikteverschillen in de tegels kunnen worden opgevangen door middel van rubberen vulstukjes (figuur 4.17).



500 mm x 500 mm



1 000 mm x 1 000 mm



600 mm x 1 200 mm

Figuur 4.16 – Voldoende ondersteuning van de tegel door de dragers, eventueel gebruik makend van een extra tegeldrager als veiligheidsmaatregel



Figuur 4.17 – Hoogteregeling van de tegel dragers door schroeven en gebruik van vulstukjes

De hellingsgraad kan via een speciaal schuin hulpstuk op de tegeldrager of een gelijkwaardig systeem voor hellingcorrectie worden aangepast (figuur 4.18, blz. 30). De voegbreedte tussen de tegels wordt bepaald door de dikte van de afstandhouders op de tegel dragers. Via deze open voeg kan het regenwater gemakkelijk worden afgevoerd. De instructies van de fabrikant van de tegel dragers dienen steeds in acht te worden genomen.

In sommige gevallen is een opspansysteem voorzien tussen de tegels. Dat wordt hoofdzakelijk toegepast voor parkeerdaken (§ 7.2).



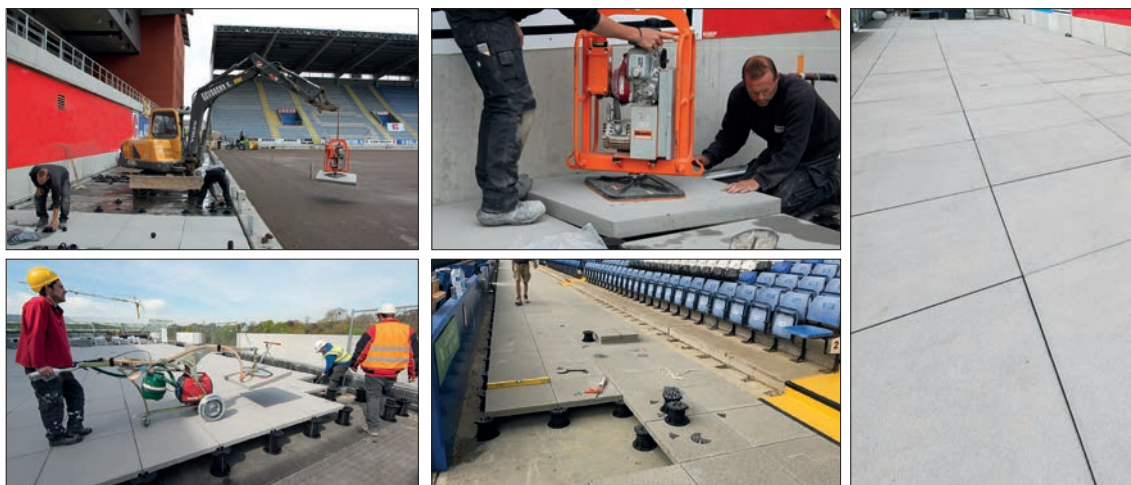
Figuur 4.18 – Systemen voor aanpassing van de hellingsgraad

Voor de randen en muuraansluitingen kunnen speciale hulpstukken met een smallere voet of vlakke tegeldragers, waarbij de lippen van de afstandhouders gedeeltelijk zijn verwijderd, worden gebruikt.



Figuur 4.19 – Randzonesystemen voor aansluitingen aan muren of ander opgaand werk

Net als bij de klassieke uitvoering op fundering en straatlaag worden de tegels steeds geplaatst met een mechanische klem of bij voorkeur met een vacuümtoestel. De helling van de geplaatste tegels dient te worden gecontroleerd en, indien nodig, gecorrigeerd door de tegeldragers bij te regelen.



Figuur 4.20 – Voorbeelden van plaatsing van grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten op tegeldragers

4.3 Afwerking rond singuliere punten en aan de rand van de verharding

Om problemen achteraf te vermijden, dient bijzondere aandacht te worden besteed aan de afwerking rond singuliere punten (bv. ingebouwde palen, inspectieputten, enz.), aan de randen van de verharding (tegen de kantopsluiting), en in bochten en op kruispunten. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van op maat gemaakte passtukken of kunnen uit standaardplaten pasplaten worden verzaagd. Belangrijk daarbij is dat geen al te kleine passtukken, scherpe hoeken of lange smalle elementen worden aangewend, om de stabiliteit van de verharding niet in het gedrang te brengen. Vooral in geval van geprefabriceerde platen is het belangrijk om rechte zaagsnedes te verkrijgen. Er wordt aanbevolen een beroep te doen op gespecialiseerde firma's voor het uitvoeren van lange en diepe zaagsneden of het in verstek zagen, waarbij ook een vellingkant moet worden voorzien.

SLECHTE VOORBEELDEN



Figuur 4.21 – Voorbeelden van onzorgvuldige uitvoering

Met isolatievoegen kan de verharding worden gescheiden van andere constructies of constructiedelen zoals muren van gebouwen, kunstwerken en singuliere punten. Dat gebeurt door het plaatsen van een kunststof schuimband tussen de verharding en de aanliggende constructie. Het doel is om de betonelementen tegen de eventuele contactdrukkrachten en spanningsconcentraties te beschermen.



Figuur 4.22 – Voorbeeld van isolatievoeg en mogelijke schade indien ze niet rond singuliere punten wordt toegepast

In bepaalde gevallen kan het wenselijk zijn uitzetvoegen aan te brengen om de thermische uitzetting van de tegels of platen tijdens warme periodes op te vangen en/of schade te vermijden (§ 9.1):

- wanneer de temperatuur bij plaatsing laag is ($< 10\text{ °C}$);
- voor en na bochten.

Dat kan door op bepaalde afstanden de normale plaatsingsvoeg tussen de aanliggende platen door een uitzetvoeg met samendrukbare voegplaat of -profiel³ te vervangen (bijvoorbeeld polyethyleenschuim met een minimale dichtheid van 55 kg/m^3).



Figuur 4.23 – Voorbeeld van uitzetvoeg in verharding met grootformaattegels

³ Zie hoofdstuk 3 - § 17.1 "VOEGPLATEN VOOR UITZETTINGSVOEGEN" in SB 250 versie 4.1 [13]

Tot slot kunnen voor de afwerking rond singuliere punten eventueel ook speciale vormen worden gebruikt (boomplaten, ingewerkte goten, putdeksels, enz.). Hiervoor verwijzen we naar § 7.3.

GOEDE VOORBEELDEN



Figuur 4.24 – Aandacht voor afwerking aan de randen en rond singuliere punten, voor verzagen op kruispunten en in bochten met aanbrengen van velling, en voor detailafwerking, eventueel gebruik makend van speciale vormen



Figuur 4.24 (vervolg) – Aandacht voor afwerking aan de randen en rond singuliere punten, voor verzagen op kruispunten en in bochten met aanbrengen van velling, en voor detailafwerking, eventueel gebruik makend van speciale vormen

Hoofdstuk 5

Productie en oppervlakafwerking

De keuze van het type en de afwerking van een betontegel of -plaat wordt zowel door esthetische als door functionele eisen bepaald. Er bestaan verschillende productieprocessen en oppervlakafwerkingen die toelaten om te voldoen aan die gestelde eisen.

5.1 Productie

Tegels en platen worden volgens twee productieprocessen gemaakt: door persen van aardvochtig beton of door het storten en verdichten van beton. In beide gevallen kan de productie in een of twee lagen worden uitgevoerd. Een tweelaagse structuur is gerechtvaardigd indien men edele granulaten en kleurstoffen in de betonsamenstelling gebruikt. Die duurder materialen zijn dan immers alleen noodzakelijk in de dunnere toplaag terwijl de dikkere onderlaag met een klassieke en minder dure samenstelling kan worden gerealiseerd.

5.1.1 Productie door persen

Tegels en grootformaattegels worden bijna steeds door persen vervaardigd, met de machines die ook voor betonstraatstenen worden gebruikt. Over het algemeen worden ze tweelaags geproduceerd, met een grovere onderlaag en een fijnere toplaag. Deze twee lagen worden in verse toestand samengeperst tot één compacte tegel.

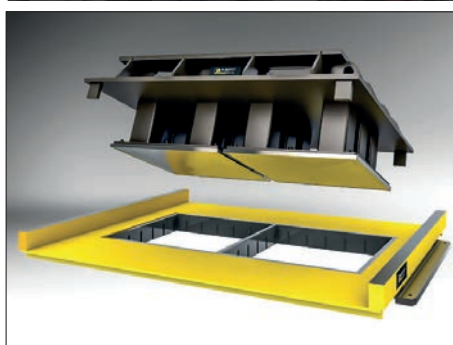
De onderlaag:

- heeft een grovere betonsamenstelling;
- heeft een lager cementgehalte;
- is niet in de massa gekleurd;
- zorgt voor voldoende sterkte en vormvastheid.

De toplaag:

- heeft een fijnere betonsamenstelling;
- heeft een hoger cementgehalte;
- is met anorganische pigmenten in de massa gekleurd (indien anders dan grijs);
- zorgt voor kleurvastheid, slijtbestandheid en vorst- en doozoutbestandheid.

Uitzonderlijk worden tegels nog eenlaags geperst, zonder extra toplaag. Indien een gekleurd product gewenst is, wordt de betonspecie dan in de massa gekleurd. Over het algemeen is deze productiewijze minder gunstig voor de kleur- en slijtvastheid en de duurzaamheid.



Figuur 5.1 – Productie van geperste grootformaattegels

5.1.2 Productie door storten en verdichten van beton

Geprefabriceerde betonplaten en een deel van de grootformaattegels worden vervaardigd door het storten en verdichten van beton in een mal. Het gieten van beton "in negatief" houdt in dat de bovenzijde van het betonelement zich op de bodem van de bekisting bevindt. Deze manier van werken laat een betere controle van de afwerking toe. De granulaten kunnen bijvoorbeeld naar wens op het bekistingsoppervlak worden verdeeld. Het visueel aspect dat via deze techniek wordt verkregen, kan erg verschillen van dat van traditioneel "in positief" gegoten beton.

In sommige gevallen kan de productie tweelaags gebeuren. De keuze wordt onder andere op basis van de esthetische vereisten van het oppervlak gemaakt.

Eventueel kan voor de eenlaagse uitvoering of voor de onderlaag van een tweelaagse uitvoering zelfverdichtend beton worden gebruikt. In combinatie met een stalen, kunststof of houten mal ontstaan mooi afgelijnde, strakke en gladde betonoppervlakken. Meestal wordt het oppervlak van deze producten niet meer behandeld. Indien de mal voorzien is van een reliëf, lijnenpatroon, leisteenmotief, logo, figuur, enz. ontstaan aan het betonoppervlak decoratieve structuren.



Figuur 5.2 – Eenlaags gegoten platen



Figuur 5.3 – Verschillende mogelijke oppervlakprofielen met gegoten platen

5.2 Oppervlakafwerking

Betontegels en -platen kunnen worden veredeld door een oppervlakafwerking toe te passen. Hierbij wordt het uiterlijk of de textuur van de toplaag gewijzigd door middel van uitwassen, kogelstralen, boucharderen, slijpen, afzuren, enz.

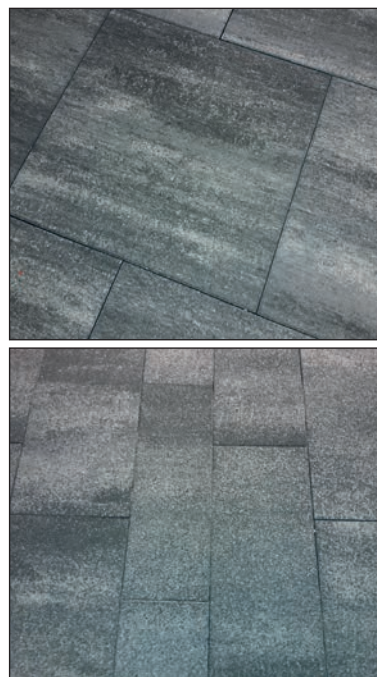
Het uiterlijk zal verschillen naargelang van de soort afwerking en de samenstelling van het beton aan het oppervlak. Door de afwerking worden de toegepaste granulaten en hun specifieke kleur zichtbaar aan het oppervlak van de toplaag.

Al deze bewerkingen, behalve uitwassen, vereisen eerst voldoende uitharding van het oppervlak en vinden meestal in een tweede productiefase plaats. Uitwassen gebeurt tijdens de productie, op het verse betonoppervlak.

Door middel van boucharderen of kogelstralen kan een verouderingseffect worden bereikt.

Toepassing van natuurlijke granulaten bepaalt in grote mate het uiterlijk van een toplaag na de nabehandeling. Natuurlijke granulaten zijn onder andere zwart basalt, grijs porfier, rood of geel graniet, bruin marmer, wit kwarts. Behalve natuurlijke granulaten kunnen ook andere, kunstmatige granulaten worden gebruikt voor speciale kleuren of glanseffecten, zoals koperslak, zwarte aluminiumslak, glas, fluorescerende materialen, enz.

Een speciale vorm van kleuren is nuanceren. Hierbij wordt gewerkt met meerdere gekleurde betonsamenstellingen tegelijk. Hierdoor wordt geen uniforme kleur aan het oppervlak verkregen, maar ontstaan mooie geïnuanceerde kleuroppervlakken met een bijna perfecte natuursteenlook. Dit nuanceringsprocedé kan worden toegepast in combinatie met andere nabehandelingen zoals uitwassen, staalstralen, verouderen, enz.



Figuur 5.4 – Kleuren met nuanceringsprocedé

5.2.1 Onbehandelde afwerking

Standaard wordt het bovenzvlak niet behandeld. Dat geeft een homogeen, gesloten uiterlijk.

De oppervlakttextuur wordt bepaald door de manier van afwerking, de samenstelling van het betongemengsel en de keuze van de granulaten. De korrelgrootte en het toevoegen of weglaten van fijnere zandfracties zijn bepalend voor een dichte of net een open structuur.

Bij onbehandelde producten wordt de kleur vooral bepaald door de kleur van het cement (wit of grijs cement), de kleur van de zandfractie en de toegevoegde anorganische pigmenten. Stabiele, anorganische kleurstoffen (meestal ijzeroxiden) garanderen een stabiele, langdurige kleuring.

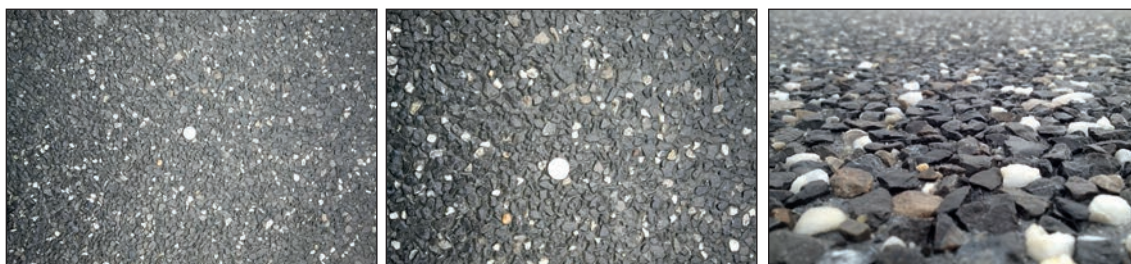
De kleur en textuur van de toplaag kunnen gedurende het gebruik enigszins veranderen onder invloed van mechanische afslijting en weersinvloeden zoals vorst, zure regen, dooizouten, enz. De cementshuid aan het oppervlak zal hierdoor lichtjes afslijten, waardoor de kleur van het gebruikte zand en het steenslag aan het oppervlak zichtbaar worden.

Op lange termijn is de invloed van de grovere granulaten in de toplaag doorslaggevend. Bij een onbehandeld oppervlak worden deze pas na de eerste afslijting zichtbaar. Het is daarom belangrijk om ook

in een onbehandeld element de kleur van het grovere granulaat aan de kleur van de toplaag aan te passen. Hierdoor behoudt deze laag ook na langdurig gebruik haar originele kleur.

5.2.2 Uitwassen

Uitwassen van de toplaag heeft tot doel de grovere granulaten aan het oppervlak bloot te leggen. Dat levert een oppervlak op met een hoge dichtheid aan steentjes met dezelfde afmetingen, voor zover de korrelverdelingskromme vanuit die optiek is bedacht.



Figuur 5.5 – *Uitgewassen betonoppervlak*

Hiertoe worden de oppervlakkige cementhuid en de fijnste zandfractie van de toplaag weggespoeld, zodat de kleurvaste granulaten zichtbaar worden. Het is mogelijk om diep of minder diep uit te wassen, om het oppervlak een grovere of fijnere structuur mee te geven.



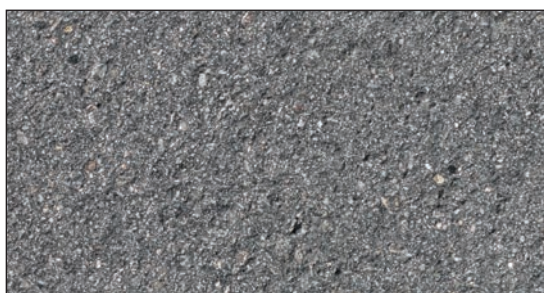
Figuur 5.6 – *Voorbeeld van grof (onder, op basis van kwarts 2-4 mm) en fijn (boven, op basis van graniet, 2-4 mm) uitgewassen betonoppervlak*



Figuur 5.7 – *Vergelijking tussen onbehandeld (onder) en uitgewassen (boven) betonoppervlak*

5.2.3 Kogelstralen

Hierbij wordt de toplaag “opgeruwd” door ze onder druk te stralen met grit of roestvaststalen korrels. Het toegepaste granulaat wordt als het ware opgebroken en de cementhuid verwijderd. Er ontstaat een enigszins matter oppervlak in vergelijking met een onbehandeld oppervlak.



Figuur 5.8 – *Gekogelstraald betonoppervlak*

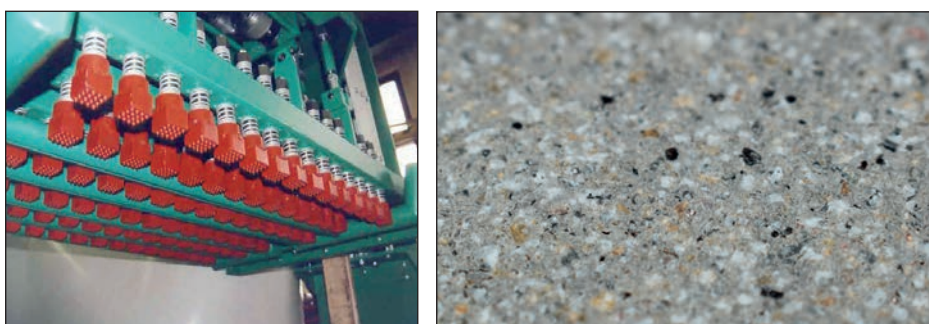


Figuur 5.9 – *Verschillen tussen gekogelstraald (boven) en uitgewassen (onder) betonoppervlak*

Ook hier bestaat de mogelijkheid tot het aanbrengen van verschillende textuurdieptes door dieper of minder diep te stralen. Zelfs een lijnen- of blokkenpatroon is mogelijk, door het oppervlak slechts gedeeltelijk te stralen.

5.2.4 Boucharderen

Bij boucharderen wordt het uiterlijk van het oppervlak bepaald door het te bewerken met hamertjes met stalen punten. Boucharderen zorgt voor een oneffen textuur en is in feite een grovere bewerking dan kogelstralen om het oppervlak op te ruwen. Het oppervlak wordt nog wat matter in vergelijking met een gekogelstraald oppervlak. De randen zijn na boucharderen ook meer beschadigd dan na kogelstralen, waardoor tegelijk een verouderingseffect ontstaat.



Figuur 5.10 – Boucharderen van het oppervlak

5.2.5 Slijpen of polijsten

Bij slijpen of polijsten wordt de toplaag van het verharde beton met diamant of korund onder toevoer van water geslepen tot een effen, glad oppervlak waarin de toegepaste natuursteengranulaten volledig tot hun recht komen. In de praktijk worden hiervoor ook zachtere granulaten zoals kalksteen en marmer gebruikt, omdat zij gemakkelijker polijstbaar zijn.

Hoe fijner het oppervlak wordt geslepen, hoe briljanter en gladder het resultaat. Men kan hoogglans, gezoet of mat slijpen. Hoogglans polijsten kan leiden tot zeer gladde oppervlakken. Bij geslepen oppervlakken is het belangrijk dat de porositeit van het oppervlak uitermate klein is. Dat vraagt een aangepaste betonsamenstelling.



Figuur 5.11 – Gepolijst of geslepen betonoppervlak

Slijpen kan ook worden gecombineerd met andere nabewerkingen zoals kogelstralen of boucharderen, waardoor extra speciale effecten worden verkregen of een hogere stroefheid wordt bekomen.



Figuur 5.12 – Voorbeeld van geslepen en gekogelstraalde afwerking: donkere = geslepen, lichtere = geslepen en nadien gekogelstraald (zelfde beton!)

5.2.6 In-line verouderen

Als alternatief voor trommelen worden tegenwoordig oplossingen aangeboden waarbij het verouderen in-line gebeurt. Door middel van klepels, kettingen, stalen bollen, ronde hamers, enz. wordt het bovenvlak (inclusief de randen) beschadigd om zo een verouderd beeld te krijgen.



Figuur 5.13 – Verouderde afwerking



Figuur 5.14 – Vergelijking tussen onbehandeld (onder) en verouderd (boven) betonoppervlak

5.2.7 Open structuur



Figuur 5.15 – Deklaag met open structuur

Door een aangepaste betonsamenstelling met enkel granulaat 1/3 mm of 2/5 mm wordt een oppervlak met een open structuur gecreëerd. Deze oppervlaktestructuur heeft goede geluid-dempende eigenschappen.

In combinatie met een onderlaag met een open structuur kunnen deze producten ook dienen als waterdoorlatende bestrating (§ 7.1). In dit laatste geval dient wel rekening te worden gehouden met een lagere mechanische sterkte en een lagere weerstand tegen afschilfering ten gevolge van vorst-dooicycli in aanwezigheid van dooizouten.

5.2.8 Figureren

Figureren kan door het aanbrengen van een motief in het verse beton of door een nabehandeling van het verharde beton. In het verse beton gebeurt dat door in de mal of op de stempel een patroon te plaatsen.



Figuur 5.16 – Voorbeeld van tegels met gefigureerd motief aangebracht in de mal

In het verharde beton gebeurt dat door middel van een nabehandeling. Door in de deklaag bijvoorbeeld figuraties te frezen kunnen gecompliceerde motieven worden aangebracht. Ook door te kogelstralen of uit te wassen rond een motief kan een gefigureerd product worden bekomen.



Figuur 5.17 – Figureren door uitwassen rond motief

5.2.9 Roterend borstelen of curlen

Na het uitharden wordt het tegeloppervlak bewerkt met roterende kunststofborstels. De uiteinden van deze borstels zijn voorzien van een harde korundlaag en het oppervlak wordt lichtjes gepolijst, waardoor ruwere zones worden verwijderd. Dit borstelprocedé wordt toegepast op standaard onbehandelde oppervlakken, als ook als extra nabehandeling na het uitwassen, kogelstralen, verouderen, enz.



Figuur 5.18 – Curlen van het betonoppervlak

5.2.10 Beschermen van het oppervlak

Het oppervlak kan extra worden beschermd tegen wateropname en externe vervuiling. Dat kan door toevoeging van een hydrofobeermiddel in de massa van het verse beton of door het aanbrengen van een hydrofoberende of filmvormende impregnatie. Dit impregneren vindt na de aanbrenging van de afwerking plaats, door het oppervlak te besproeien met een watergebonden product op basis van silaan of siloxanen (hydrofobe impregnatie) of acrylaten (filmvormend).

Deze behandelingen hebben een water-, vuil- en/of olieafstotend effect, waardoor de bijzondere karakteristieken van het oppervlak langer gewaarborgd blijven. Een bijkomend voordeel is dat de tegels na opvoegen gemakkelijker te reinigen zijn.

5.2.11 Combinatie met andere materialen

Ook zonder nabehandeling kan een tegeloppervlak een specifiek uitzicht hebben door de combinatie van beton met andere materialen zoals traanplaat, natuursteen of rubber (gekleefd op beton of verankerd in beton). Hierbij wordt bijvoorbeeld gedacht aan het aanbrengen van een rubberprofiel voor de podotactiele tegels, of het aanbrengen van staalplaten op het oppervlak.



Figuur 5.19 – Podotactiele tegels met rubberprofiel

5.2.12 Symbooltegels

Letter- of symbooltegels zijn ook een bijzondere vorm van elementen waarin twee materialen worden toegepast. Ze worden aangemaakt door een kunststofsymbool (vaak wit pvc) in het beton te plaatsen. De bekende P-tegel en het symbool voor rolstoelgebruikers zijn daar sprekende voorbeelden van. Een andere manier is het symbool in een andere kleur beton aan te maken en vervolgens het omringende beton aan te brengen.



Figuur 5.20 – *Symboltegels*



Figuur 5.20 (vervolg) – *Symboltegels*

Hoofdstuk 6

Productvereisten en controle

6.1 Productnormen

Betontegels, waarvan de totale lengte niet groter is dan 1 m en lengte/dikte > 4 , vallen binnen de scope van de Europese norm NBN EN 1339 [6]. Deze producten moeten CE worden gemarkeerd om binnen de Europese Unie te mogen worden verhandeld. In het kader van de herziening van deze Europese norm worden de afmetingen mogelijk uitgebreid tot een lengte van 1,50 m, waardoor ook deze producten in de toekomst een CE-markering dienen te hebben. Voor de grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten met grotere afmetingen zijn momenteel nog geen normen voorhanden. In onderhavig hoofdstuk worden dan ook aanbevelingen voor productvereisten voor deze laatste twee categorieën gegeven.

De CE-markering voor tegels valt volledig onder de bevoegdheid van de fabrikant. Er is geen enkele tussenkomst van een externe instelling vereist.

In het geval van CE-gemarkeerde producten moet de fabrikant een zogenaamde prestatieverklaring (*Declaration of Performance, DoP*) opstellen. Voor minstens één van de essentiële kenmerken die in Bijlage ZA van de betreffende Europese Norm (EN) gedefinieerd zijn, moet in de *DoP* een prestatie worden verklaard. Voor tegels voor verhardingen volgens NBN EN 1339 zijn er 3 essentiële kenmerken: de buigtreksterkte, de glij- of slipweerstand en de duurzaamheid.

Met de CE-markering kan een product vrij in de Europese Unie worden verhandeld, maar de CE-markering is geen keurmerk. Het Belgische BENOR-keurmerk, beheerd door een onafhankelijke certificatie-instelling, certificeert de overeenkomstigheid van een product met een referentiespecificatie zoals een norm of een PTV en beantwoordt daarom beter aan de kwaliteitsverwachtingen van de Belgische bouwheren.

In België is een BENOR-keurmerk mogelijk voor betontegels (met lengte ≤ 1 m) conform de Belgische norm NBN B 21-211 [7] die een nationale aanvulling is op de Europese norm voor betontegels, de NBN EN 1339. De NBN B 21-211 past de NBN EN 1339 toe voor de Belgische context, deelt de tegels in types in, definieert standaardmaten, legt minimumklassen op voor de kenmerken en voert toepassingscategorieën in. Het BENOR-merk voor betontegels wordt beheerd door PROBETON (www.probeton.be).

Voor de BENOR-certificatie dient de fabrikant een industriële zelfcontrole (IZC) toe te passen op zijn productie in overeenstemming met het geldende toepassingsreglement. Hierop wordt toegezien aan de hand van een externe controle. Als de fabrikant hiermee aantoont dat hij de overeenkomstigheid van zijn product doorlopend waarborgt, dan wordt een vergunning toegekend en kan de fabrikant het BENOR-merk op zijn product aanbrengen. Met de BENOR-certificatie neemt het vertrouwen in de kwaliteit van het product sterk toe.

6.2 Productlabel

Op elke afzonderlijke leveringseenheid dient een label te worden aangebracht, met een duidelijke productidentificatie zoals op het onderstaande voorbeeld:

 05 ²	
NV Betonfabriek ³ Klinkerstraat 4 - 9876 Straatdam ⁴	
Producttype: tegelexu ⁵ DoP: BF987654 ⁶	
EN 1339 ⁷ Betontegels ⁷	
Beoogd gebruik ⁸ Sterkte ⁹ Glij/slipweerstand ⁹ Duurzaamheid ⁹	Buitengrondbekleding U voldoet voldoet
 211/YYY ^a	
III b : R - L - B - H - U - 4 ^b 05/01/2020 ^c + 7 ^d	

VOETNOTEN BIJ HET VOORBEELD

- (1) – CE-symbool
- (2) – twee laatste cijfers van het jaar waarin de CE-markering werd aangebracht
- (3) – identificatie van de fabrikant of de productiezetel (naam of identificatiemerk)
- (4) – geregistreerde adres van de fabrikant
- (5) – unieke identificatiecode van het producttype
- (6) – referentienummer van de prestatieverklaring
- (7) – verwijzing naar de geharmoniseerde norm (identificatienummer van de norm volstaat)
- (8) – aanduiding van het beoogd gebruik (voorbeeld)
- (9) – prestaties van de essentiële kenmerken (voorbeelden – desgevallend via aanduiding van klassen) afhankelijk van het beoogd gebruik
- (a) – BENOR-logo vervolledigd met het product- en identificatienummer van de productiezetel (= vergunningsnummer BENOR)
- (b) – identificatie van de toepassingscategorie en de vastgelegde klassen (voorbeeld)
- (c) – productiedatum (voorbeeld)
- (d) – aangevuld met de ouderdom in dagen waarop de fabrikant het product overeenkomstig en geschikt voor het beoogd gebruik verklaart (voorbeeld)

Figuur 6.1 – Voorbeeld van productlabel op verpakking met combinatie van CE-markering en BENOR-identificatie [14]

6.3 Productvereisten

6.3.1 Vormkenmerken – Toelaatbare maatafwijkingen

De prestatie-eisen voor betontegels worden bepaald door klassen waarbij een bepaalde markering hoort. De hiernavolgende tabellen en bijbehorende vereisten zijn voor tegels tot en met 1 000 mm, zoals in de huidige versie van de norm NBN EN 1339 wordt voorzien. De Europese Norm NBN EN 1339 voert drie klassen in voor de toegelaten maatafwijkingen. De Belgische norm NBN B 21-211 laat enkel klassen 2 en 3 toe.

Voor de grotere tegels en geprefabriceerde platen (met een maximale afmeting groter dan 1 000 mm) gaat het gezien ontstentenis van geldende normen om aanbevelingen. De toelaatbare of aanbevolen afwijkingen van de door de fabrikant verklaarde fabricagematen worden aangegeven in tabel 6.1 en 6.2.

Maatafwijkingen in mm	Tegels (lengte ≤ 600 mm)			Grootformaattegels (600 mm < lengte ≤ 1 000 mm)		
	1	2	3	1	2	3
Klasse	1	2	3	1	2	3
Markering	N	P	R	N	P	R
Lengte	+/-5	+/-2	+/-2	+/-5	+/-3	+/-2
Breedte	+/-5	+/-2	+/-2	+/-5	+/-3	+/-2
Dikte	+/-3	+/-3	+/-2	+/-3	+/-3	+/-2
Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	neen	neen	neen	neen	neen	neen
Valt onder BENOR- certificatie (NBN B 21-211)?	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR	ja <input type="checkbox"/> BENOR	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR	ja <input type="checkbox"/> BENOR

Tabel 6.1 – Klassen voor toegelaten maatafwijkingen van tegels volgens NBN EN 1339 (lengte ≤ 1 000 mm)

Maatafwijkingen in mm	Grootformaattegels (1 000 mm < lengte ≤ 1 500 mm)			Geprefabriceerde betonplaten (lengte > 1 500 mm)		
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Lengte	+/-5	+/-3	+/-2	+/-3	+/-2	+/-1
Breedte	+/-5	+/-3	+/-2	+/-3	+/-2	+/-1
Dikte	+/-3	+/-3	+/-2	-1/+4	-1/+3	-1/+2

Tabel 6.2 – Klassen voor aanbevolen maatafwijkingen van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten met lengte > 1 000 mm


Indien de lengte van de diagonalen groter is dan 300 mm, is het grootste toegelaten verschil tussen de gemeten lengte van beide diagonalen van een rechthoekige tegel overeenkomstig tabel 6.3.

Klasse	Markering	Diagonaal (mm)	Grootste toegelaten verschil (mm)	Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	Valt onder BENOR- certificatie (NBN B 21- 211)?
1	J	≤ 850	5	neen	neen
		> 850	8		
2	K	≤ 850	3	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR
		> 850	6		
3	L	≤ 850	2	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR
		> 850	4		

Tabel 6.3 – Grootste toegelaten verschil van de diagonalen (haaksheid) volgens NBN EN 1339

Indien de grootste afmeting van een tegel groter is dan 300 mm zijn de toleranties voor vlakheid en kromming van een bovenzvlak dat bedoeld is vlak te zijn in overeenstemming met tabel 6.4. De metingen van de maximale holheid en bolheid worden uitgevoerd volgens de twee diagonalen.

Indien de holheid van de tegels of platen groter is dan 1 mm, dient voldoende afschot voorzien te worden om waterstagnatie op de plaat te vermijden.

Lengte van de meetlat (mm)	Grootste bolheid bovenzvlak (mm)	Grootste holheid bovenzvlak (mm)	Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	Valt onder BENOR-certificatie (NBN B 21-211)?
300	1,5	1,0	neen	ja** 
400	2,0	1,5		
500	2,5	1,5		
800	4,0	2,5		
> 800*	4,0*	2,5*		

* = aanbevolen waarden voor grootformaattegels of geprefabriceerde platen met lengte > 1 000 mm

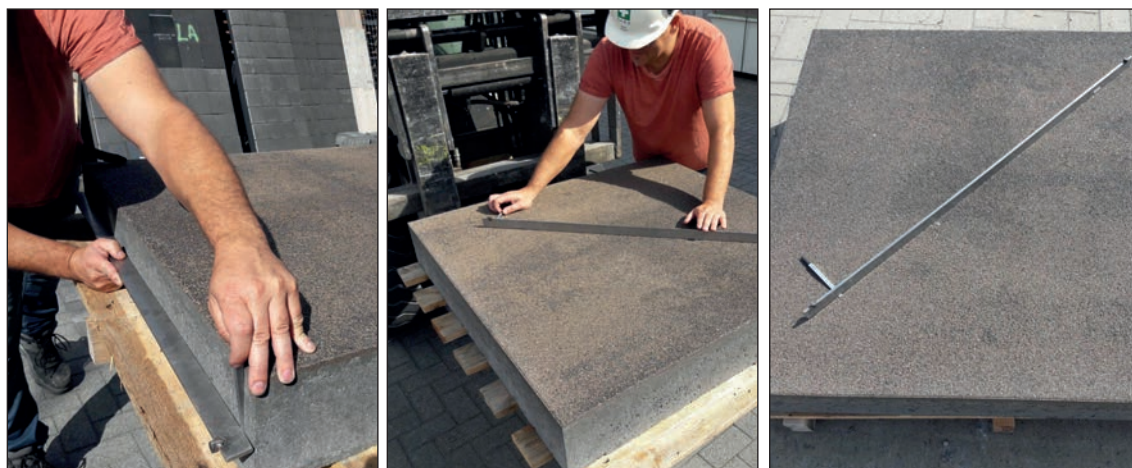
** = voor tegels met lengte ≤ 1 000 mm

Tabel 6.4 – Toegelaten maatafwijkingen voor vlakheid en kromming volgens NBN EN 1339

De afwijkingen van de vlakheid van de zijvlakken ter hoogte van de randen met het horizontale loopvlak voldoen bij voorkeur aan tabel 6.5.

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Vlakheid zijvlakken	± 4 mm	± 3 mm	± 2 mm

Tabel 6.5 – Aanbevolen maatafwijkingen voor de vlakheid van de zijvlakken



Figuur 6.2 – Opmeting van de vlakheid van de boven- en zijvlakken van een grootformaattegel

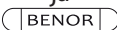
6.3.2 Fysische en mechanische kenmerken

Op het tijdstip waarop de tegels door de fabrikant geschikt voor gebruik worden verklaard, voldoen de tegels aan de hiernavolgende eisen. De aanbevolen leveringsouderdom bedraagt minimaal 7 dagen.

6.3.2.1 Weerbestandheid

De wateropsorping en de vorst-dooibestandheid zijn een maat voor de duurzaamheid van de weerbestandheid. Beide kenmerken houden verband met de verdichting en de porositeit van de betontegels of -platen.

De wateropsorping wordt bepaald op een proefstuk dat op (20 ± 5) °C is gebracht. Het wordt ondergedompeld tot het constante massa bereikt en vervolgens in een (op 105 °C afgestelde) droogstoof tot constante massa gedroogd. Het massaverlies wordt uitgedrukt als een percentage van de massa van het droge proefstuk. Hoe groter de wateropsorping, hoe poreuzer de tegel.

Klasse weerbestandheid	Markering	Wateropsorping (% in massa)	Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	Valt onder BENOR-certificatie (NBN B 21-211)?
1	A	Geen prestatie-meting	neen	neen
2	B	$\leq 6,0$	neen	ja 


Tabel 6.6 – Klassen voor wateropsorping volgens NBN EN 1339

Onder bijzondere omstandigheden, zoals regelmatig contact van de oppervlakken met dooizouten in combinatie met vorst-dooicycli, kunnen bijkomende eisen worden opgelegd. Men gaat dan de vorst-dooibestandheid in aanwezigheid van dooizouten bepalen volgens Bijlage D van NBN EN 1339 op een gezaagd of geboord proefstuk.



Figuur 6.3 – Proefstukken ter bepaling van de vorst-dooibestandheid in aanwezigheid van dooizouten volgens Bijlage D van NBN EN 1339

Principe: het proefstuk wordt voorbereid en vervolgens onderworpen aan achtentwintig vorst-dooicycli, waarbij het oppervlak van het proefstuk met een oplossing van 3 % NaCl wordt bedekt. Het materiaal dat aan het contactoppervlak afschilfert, wordt verzameld en gewogen, en het resultaat wordt uitgedrukt in kilogram per vierkante meter (= massaverlies).

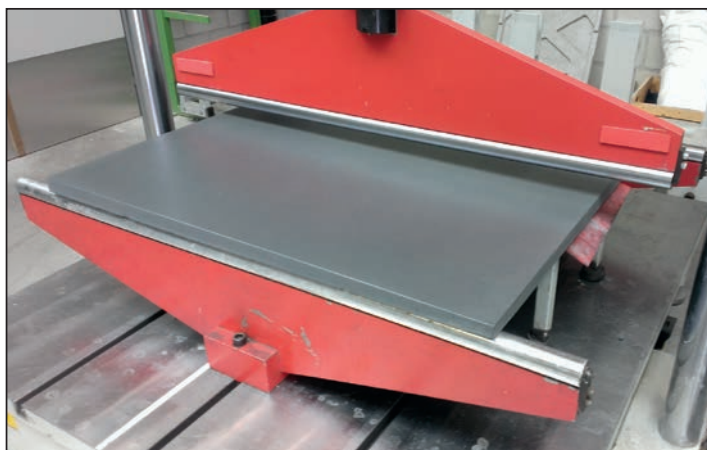
Klasse weerbestandheid	Markering	Massaverlies na de vorst/dooiproef (kg/m ²)	Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	Valt onder BENOR-certificatie (NBN B 21-211)?
3	D	≤ 1,0 voor het gemiddelde met geen enkele individuele waarde > 1,5	neen	ja 

Tabel 6.7 – Vorst-dooibestandheid in aanwezigheid van dooizouten volgens NBN EN 1339

De Belgische norm NBN B 21-211 laat enkel klassen 2 en 3 toe voor de weerbestandheid.

6.3.3 Buigtreksterkte en breuklast

De buigtreksterkte T wordt bepaald door beproeving volgens de methode beschreven in Bijlage F van NBN EN 1339.



Figuur 6.4 – Proef ter bepaling van de buigtreksterkte van grootformaattegels

Principe

De buigtreksterkte T van de beproefde tegel in megapascal (MPa) wordt berekend volgens de volgende vergelijking:

$$T = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times t^2}$$

met

T: sterkte, in megapascal;

P: breuklast, in Newton;

L: afstand tussen de steunrollen, in millimeter;

b: breedte van de tegel ter hoogte van het breukvlak, in millimeter;

t: hoogte van de tegel ter hoogte van het breukvlak, in millimeter.

Geen enkel individueel resultaat is kleiner dan de overeenstemmende minimale buigtreksterkte in tabel 6.8.

Klasse	Markering	Karakteristieke ⁴ buigtreksterkte (MPa)	Minimale buigtrek- sterkte (MPa)	Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	Valt onder BENOR- certificatie (NBN B 21- 211)?
1	S	3,5	2,8	ja	neen
2	T	4,0	3,2	CE	neen
3	U	5,0	4,0		ja <input type="checkbox"/> BENOR

Tabel 6.8 – Buigtreksterkteklassen volgens NBN EN 1339

Volgens NBN B 21-211 is enkel klasse 3 van toepassing. **In het kader van deze handleiding wordt aanbevolen enkel sterkteklasse 3 toe te passen.**

Bijkomend dient de minimale breuklast van de producten aan de waarden vermeld in tabel 6.9 te voldoen.

Nummer van de klasse	Markering	Karakteristieke ⁴ breuklast (kN)	Minimale breuklast (kN)	Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	Valt onder BENOR- certificatie (NBN B 21- 211)?
30	3	3,0	2,4	neen	neen
45	4	4,5	3,6	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR (dikte ≤ 60 mm)
70	7	7,0	5,6	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR (dikte ≤ 60 mm)
110	11	11,0	8,8	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR
140	14	14,0	11,2	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR
250	25	25,0	20,0	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR
300	30	30,0	24,0	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR

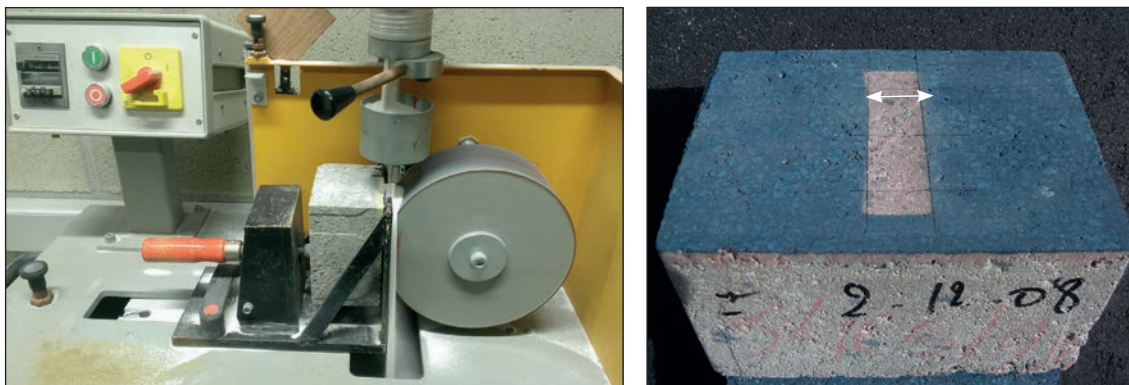
Tabel 6.9 – Breuklastklassen volgens NBN EN 1339

6.3.4 Slijtbestandheid

De bestandheid tegen afslijting wordt bepaald met de Caponproef (breedwielslijtproef) of, als alternatief, met de Böhmeproef, respectievelijk beschreven in Bijlagen G en H van NBN EN 1339. De Caponproef geldt als referentieproef.

⁴ De berekening van de karakteristieke waarde voor de buigtreksterkte en de breuklast wordt beschreven in Bijlage K van NBN EN 1339 op basis van het aantal geteste proefstukken (n) en de standaardafwijking op de metingen (s).

Principe: de proef bestaat erin het zichtvlak van een tegel in standaardomstandigheden gedurende 60 s af te slijten met een wiel en een slijtmiddel (gesmolten aluminaat = korund). Na de proef wordt de breedte van de inslijting gemeten. Hoe breder de slijtgroef, hoe groter de afslijting.



Figuur 6.5 – Caponproef ter bepaling van de slijtbestandheid van betontegels volgens NBN EN 1339

Geen enkel individueel resultaat is groter dan de geëiste waarde volgens de klassen vermeld in tabel 6.11.

Klasse	Markering	Eis		Essentieel kenmerk voor CE (Bijlage ZA van NBN EN 1339)?	Valt onder BENOR-certificatie (NBN B 21-211)?
		Caponproef	Böhmeproef		
1	F	Geen prestatie bepaald	Geen prestatie bepaald	neen	neen
2	G	≤ 26 mm	$\leq 26\ 000$ mm ³ / 5 000 mm ²		
3	H	≤ 23 mm	$\leq 20\ 000$ mm ³ / 5 000 mm ²	neen	ja <input type="checkbox"/> BENOR (enkel Caponproef)
4	I	≤ 20 mm	$\leq 18\ 000$ mm ³ / 5 000 mm ²		

Tabel 6.11 – Slijtbestandheidsklassen volgens NBN EN 1339

Volgens de Belgische norm NBN B 21-211 zijn op basis van de Caponproef enkel klasse 3 en 4 toegelaten.

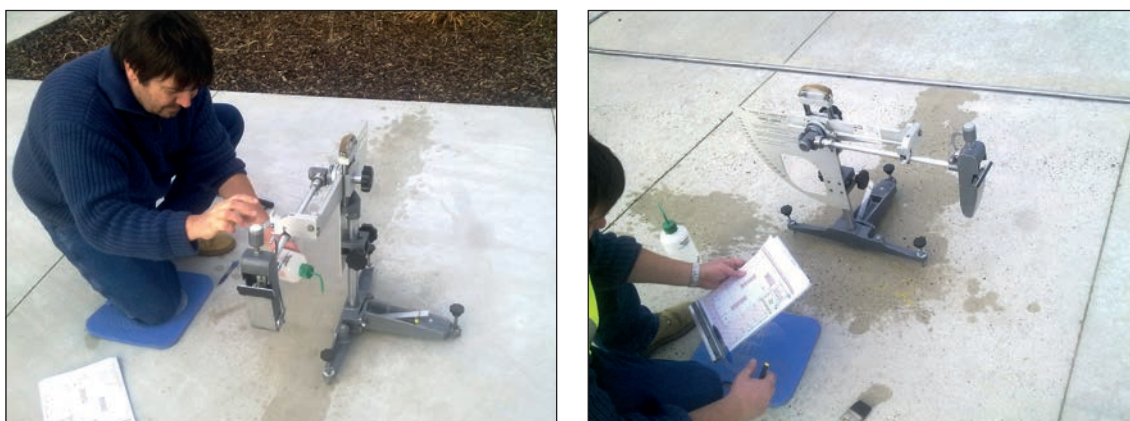
6.3.5 Glij- of slipweerstand

Voor betontegels en voor grootformaattegels met een lengte kleiner dan of gelijk aan 1 000 mm, is de glij- of slipweerstand een essentieel kenmerk volgens bijlage ZA van NBN EN 1339 (CE), die tevens onder de BENOR-certificatie op basis van de NBN B 21-211 valt (BENOR).

Betontegels en -platen hebben een voldoende glij- of slipweerstand op voorwaarde dat hun volledige bovenzijde niet werd geslepen en/of gepolijst om een zéér effen oppervlak te verkrijgen. Hiervoor is geen extra beproeving noodzakelijk.

Uitzonderlijk kan een waarde voor de glij- of slipweerstand worden geëist. In dit geval wordt de ongepolijste slipweerstand (*USRV*) bepaald volgens Bijlage I van NBN EN 1339 en/of Bijlage C van CEN/TS 16165:2016 “Bepaling van de slipweerstand voor voetgangersgebieden – Evaluatiemethoden” [15]. Voor tegels waarvoor de CE-markering van toepassing is, moet de methode van Bijlage I van NBN EN 1339 worden toegepast.

Principe van de proef: met de wrijvings-slinger (SRT-apparaat) wordt de *USRV* op een proefstuk gemeten. De beproevingsuitrusting bestaat uit een verend sleepschoentje van standaardrubber dat aan het uiteinde van de slinger is opgehangen. De wrijvingskracht tussen het sleepschoentje en het proefoppervlak wordt gemeten door de slinger te laten zwaaien over het natgemaakte oppervlak en de afname van de uitwijking van de slinger op een gekalibreerde schaal af te lezen.



Figuur 6.6 – Meting van de glij- of slipweerstand met een SRT-apparaat

De minimale waarde voor de glij- of slipweerstand wordt door de fabrikant verklaard.

Hierbij dient een onderscheid te worden gemaakt tussen het valgevaar voor voetgangers enerzijds (*slip resistance*) en het slijpgevaar voor voertuigen anderzijds (*skid resistance*), want met uitzondering van sportschoenen is het materiaal van schoenzolen harder dan het rubber van fiets- of autobanden. Daarom wordt in de norm NBN EN 13036-4:2011 [16] ook de mogelijkheid voorzien om te meten met twee verschillende rubberplaatjes: het zachtere “CEN”-rubberplaatje (type 57 met een IRHD hardheid tussen 53 en 65 bij 20 °C) is representatief voor de interactie van het oppervlak met banden en het hardere “4S”-plaatje (*Standard Simulated Shoe Sole*, type 96, met een hardheid tussen 94 en 98) is representatief voor de schoenzolen.

In de norm NBN EN 1339 is enkel de meting met het zachtere rubber voorzien. Voor voetgangerszones kan het aangewezen zijn een bijkomende meting uit te voeren met het hardere rubber.

Om het valgevaar voor voetgangers te beperken, wordt een minimum SRT-waarde van 35 aangeraden, gebaseerd op de richtlijnen opgesteld door de *UK Slip Resistance Group* (UKSRG) [17]:

SRT-waarde	Beoordeling
≥ 36	Laag valgevaar
25-35	Matig valgevaar
< 25	Hoog valgevaar

Tabel 6.12 – Limietwaarden voor valgevaar van voetgangers volgens UKSRG (gemeten met slider 96)

Betreffende het slijpgevaar voor fietsers/motorfietsen/auto's wordt doorgaans een minimum SRT-waarde van 45 gehanteerd als grenswaarde tussen een aanvaardbare en een te lage slipweerstand [18].

Deze waarde wordt ook gehanteerd voor de minimale stroefheid van wegmarkeringen in de Belgische standaardbestekken (zie bijvoorbeeld het Vlaamse standaardbestek SB 250 in hoofdstuk 10 § 2.3.4.5, tabellen 10.2.9 en 10.2.10 [13]).

6.3.6 Visuele aspecten

De visuele aspecten zijn geen essentiële kenmerken volgens bijlage ZA van NBN EN 1339, maar vallen wel onder BENOR-certificatie op basis van NBN B 21-211.

Om de visuele aspecten te controleren, worden in overeenstemming met de norm NBN EN 1339 de monsters in de vorm van een vierkant op de grond gelegd. Dat gebeurt nadat elke tegel op eventuele hechtingsgebreken werd onderzocht.

Een waarnemer plaatst zich bij natuurlijk daglicht achtereenvolgens op 2 m afstand van elke rand van het vierkant en registreert elke tegel die scheuren of afschilferingen vertoont. Voor grootformaattegels en geprefabriceerde platen die buiten de norm vallen, kan dezelfde methode worden gehanteerd, maar per afzonderlijk element.

Uitzicht: het bovenzvlak van de betontegels vertoont geen zichtbare gebreken zoals scheuren, grindnesten, randafbrokkelingen, afschilferingen of roestvlekken. Roestvlekken ten gevolge van de aanwezigheid van pyriet in de grondstoffen mogen kwalitatief worden bijgewerkt volgens de richtlijnen van de fabrikant, zodanig dat ze niet meer zichtbaar zijn voor een waarnemer op 2 m afstand.

Uitbloeiingen zijn niet schadelijk voor de gebruiksprestaties van de tegels. Kalkuitbloei is een natuurlijk fenomeen dat zich kan voordoen bij alle betonproducten en cementgebonden materialen (zie ook § 5.4 in publicatie A 80 [1]). Het is vergelijkbaar met de kalkuitslag op metselwerk. Deze witte kalkuitslag heeft geen invloed op de kwaliteit van het product en verdwijnt geleidelijk aan met de tijd (van zes maanden tot één jaar). Veelvuldige neerslag en ingebruikname van de verharding doen dit verschijnsel sneller verdwijnen. De kalkuitbloei kan eventueel versneld worden verwijderd door bepaalde zuuroplossingen aan te wenden volgens de richtlijnen van de fabrikant.

Textuur: de textuur van betontegels en geprefabriceerde betonplaten wordt door de fabrikant beschreven. Onvermijdelijke schommelingen in de eigenschappen van de grondstoffen en variaties tijdens de verharding kunnen textuurverschillen veroorzaken. De overeenkomstigheid is aangetoond indien er geen belangrijke textuurverschillen zijn met de monsters die de fabrikant heeft bezorgd en de koper heeft goedgekeurd. De textuur wordt daarbij beschreven volgens de terminologie gehanteerd in § 5.2 van deze handleiding en bijlage A van PTV 21-601 "Geprefabriceerde elementen van architectonisch beton" [20].

Kleur: kleurstoffen mogen, naar keuze van de fabrikant, in de deklaag of in het gehele betonelement worden toegepast. Onvermijdelijke schommelingen in de tint en de eigenschappen van de grondstoffen alsook variaties tijdens de verharding, kunnen kleurverschillen veroorzaken. De overeenkomstigheid is aangetoond indien er geen belangrijke kleurverschillen zijn met de monsters die de fabrikant heeft bezorgd en de koper heeft goedgekeurd.

Voor de beoordeling van grijze kleurschakeringen kan in het bestek eventueel verwezen worden naar de PTV 21-601 (bijvoorbeeld naar § 4.3.2.3 en 5.3.3 [20]).

Betonrand: een betonrand die wordt beschreven als zijnde recht mag afgeschuind of afgerond zijn. De horizontale en verticale afmetingen van deze afschuiningen of afrondingen zijn niet groter dan 2 mm.

Een afgeschuinde rand groter dan 2 mm is een velling. Haar afmetingen worden door de fabrikant verklaard.

Randafwerking: grote geprefabriceerde platen kunnen voorzien zijn van een stalen omranding met een hoeklijn waarvan beide benen langs de plaatranden lopen. De stalen omranding dient te bestaan uit een hoeklijn van minimaal 35 x 35 mm. De bovenzijde van de stalen omranding mag zich niet meer dan 1 mm boven of 3 mm onder het betonoppervlak bevinden. Dat geldt voor ieder punt van het betonoppervlak dat op minder dan 75 mm afstand van elk van de randen van de plaat is gelegen.

6.3.7 Duurzaamheid

De duurzaamheid betreft de duurzaamheid van de sterkte en de duurzaamheid van de glij- of slijpweerstand en is een essentieel kenmerk volgens bijlage ZA van NBN EN 1339 (CE). De duurzaamheid valt tevens onder de BENOR-certificatie volgens NBN B 21-211 (BENOR).

Betontegels behouden bij gebruik onder normale blootstellingsomstandigheden voldoende sterkte mits de tegels normaal worden onderhouden.

Bij een normaal onderhoud en tenzij een groot deel van de granulaten die overmatig afslijten zich in het bovenzvlak bevinden, vertonen betontegels onder normale omstandigheden een voldoende glij- of slijpweerstand tijdens hun levensduur.

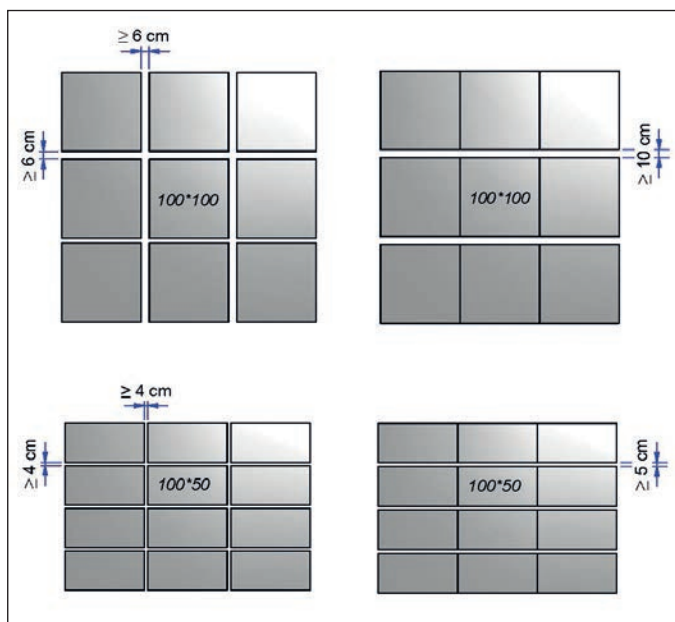


Hoofdstuk 7

Speciale toepassingen

7.1 Waterdoorlatende toepassingen

Voor de toepassing van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten als waterdoorlatende verharding gelden eigenlijk dezelfde regels voor ontwerp en uitvoering als voor klassieke waterdoorlatende bestratingen met betonstraatstenen (met drainageopeningen of verbrede voegen, of in poreus beton) en grasbetontegels, waarbij voor de keuze van de materialen in de structuuropbouw steeds een compromis tussen het draagvermogen en de waterdoorlatendheid dient te worden overwogen. Voor meer details verwijzen we dan ook naar hoofdstuk 2 in publicatie A 80 [1].

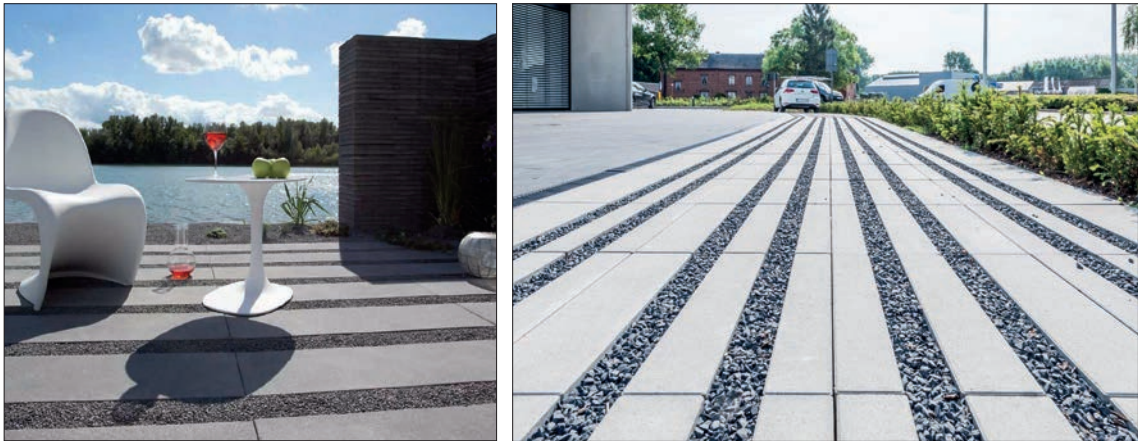


Om als waterdoorlatend betonproduct te worden beschouwd, dienen de elementen te voldoen aan de PTV 126 “Betonproducten voor waterdoorlatende bestratingen” [21], waarbij een minimaal percentage openingen (verbrede voegen en/of drainageopeningen) van 10 % bij het beoogd legpatroon wordt opgelegd of, in het geval van poreuze betonelementen, een minimale waterdoorlatendheid.

Voor grotere elementen die niet onder de PTV 126 vallen (lengte > 1 m) en/of platen zonder afstandhouders kunnen dezelfde ontwerpregels worden gehanteerd. Het totale verhardingsoppervlak dient daarbij ook minimaal 10 % openingen te bevatten (figuur 7.1).

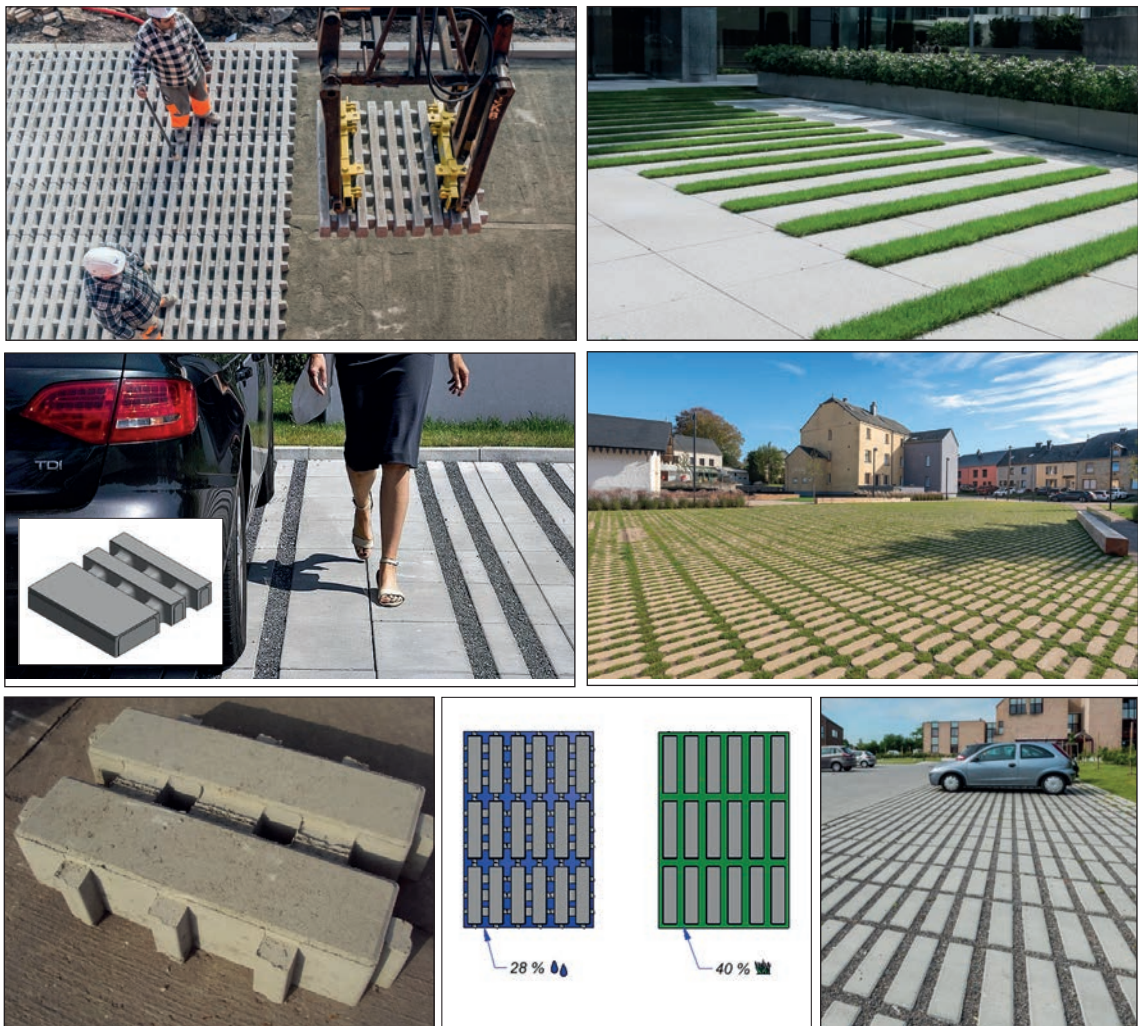


Figuur 7.1 – Aan te houden voegbreedtes voor een voegpercentage $\geq 10\%$ bij grootformaattegels en voorbeelden van toepassingen



Figuur 7.1 (vervolg) – Aan te houden voegbreedtes voor een voegpercentage $\geq 10\%$ bij grootformaattegels en voorbeelden van toepassingen

Nieuwe ontwerpen met grotere formaten en speciale vormen van betonproducten voor waterdoorlatende bestratingen leiden ertoe dat speciale accenten inzake vorm, kleur, functionaliteit, enz. kunnen worden gelegd.

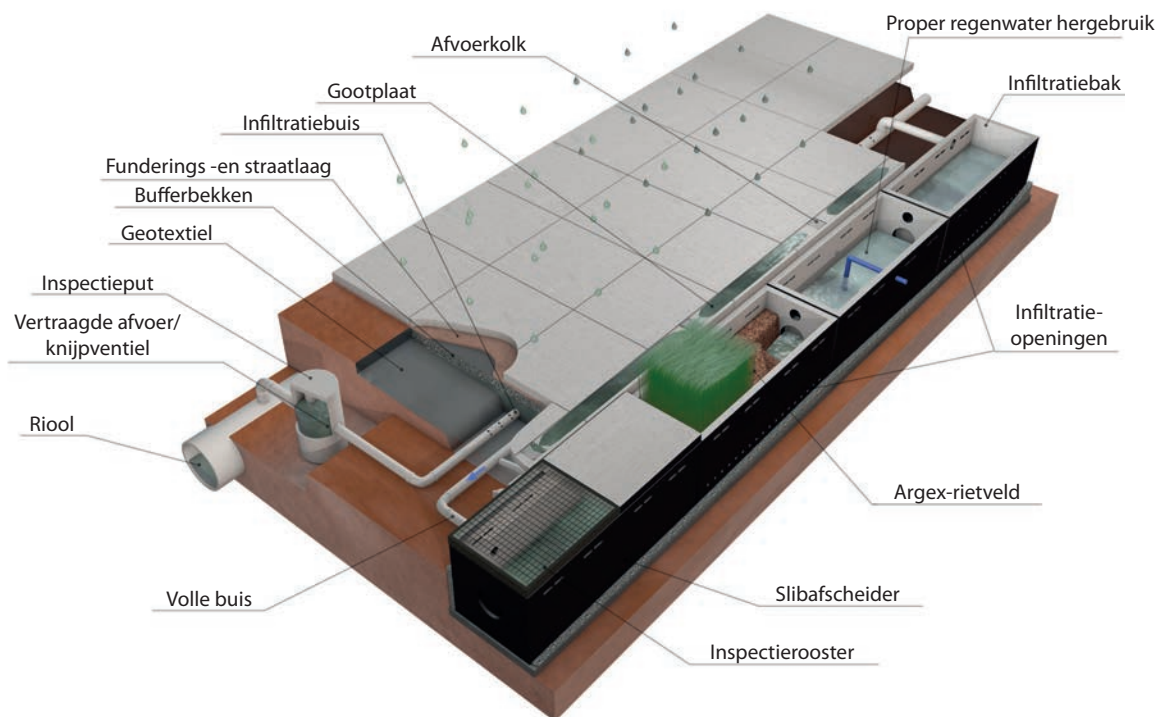


Figuur 7.2 – Nieuwe ontwerpen met grootformaten en speciale betonproducten voor waterdoorlatende toepassingen

Om het risico in geval van zwaar verkeer (categorie 1 en 2) te beperken, kunnen ook waterbufferende bestratingen met grootformaten worden uitgevoerd, waarbij het water aan het oppervlak wordt afgevoerd (dus niet meer doorheen de verharding) en de afvoergoot rechtstreeks wordt aangesloten op de onderfundering (via een drainagesysteem) voor de buffering van het regenwater. De fundering dient dan niet noodzakelijk doorlatend te zijn, maar de onderfundering moet wel voldoende buffervolume (steenslag met voldoende porositeit en verdichtbaarheid) voorzien in dit geval. Tevens is het aangewezen een doorlatend geotextiel aan te brengen om verontreiniging van deze buffer tegen te gaan. Het gehele systeem kan zelfs aangesloten zijn op een slib- en koolwaterstofafscheider om het afgevoerde hemelwater te zuiveren en eventueel ter plaatse opnieuw te gebruiken.



Figuur 7.3 – Voorbeeld van toepassing van waterbufferende verharding met geprefabriceerde betonplaten via oppervlakafvoer naar en buffering in onderfundering



Figuur 7.4 – Voorbeeld van geïntegreerd afvoersysteem bij geprefabriceerde betonplaten met slib- en koolwaterstofafscheimers en mogelijkheid tot hergebruik van regenwater en/of vertraagde afvoer naar de openbare riolering

7.2 Verhardingen op dakconstructies

7.2.1 Algemeen

Geprefabriceerde betonelementen, in dit geval grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten, worden meer en meer toegepast op dakconstructies voor voetgangerszones of parkeerdaken. Naast het benutten van het dakoppervlak als leef- en verkeersruimte bieden ze nog enkele interessante voordelen in vergelijking met klassieke dakconstructies:

- de geprefabriceerde elementen zorgen voor ballast van de dakbekleding. In vergelijking met grindballast bieden ze een betere verdeling van het gewicht en blijven ze stabiel ter plaatse, zelfs ingeval van sterke windbelasting;
- ze kunnen het dak een lichte kleur geven waardoor het invallend zonlicht weerkaatst wordt in plaats van geabsorbeerd. Dat vermindert onder andere de stedelijke opwarming (*Urban Heat Island Effect*) en zorgt ook voor minder opwarming van de onderliggende dakbekledingsmaterialen, wat de duurzaamheid en levensduur van deze laatste ten goede komt;
- ze vormen een slipvrij en esthetisch oppervlak.

Voor de algemene principes van de dakopbouw wordt verwezen naar Technische Voorlichting nr. 253 van het WTCB "Parkeerdaken Deel 1: belastingen, ontwerpprincipes en samenstelling" [22]. De plaatsing van grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten kan gebeuren hetzij op tegeldraggers, hetzij op een klassieke straatlaag. Tegeldraggers zijn enkel geschikt bij beperkte verkeersbelasting.

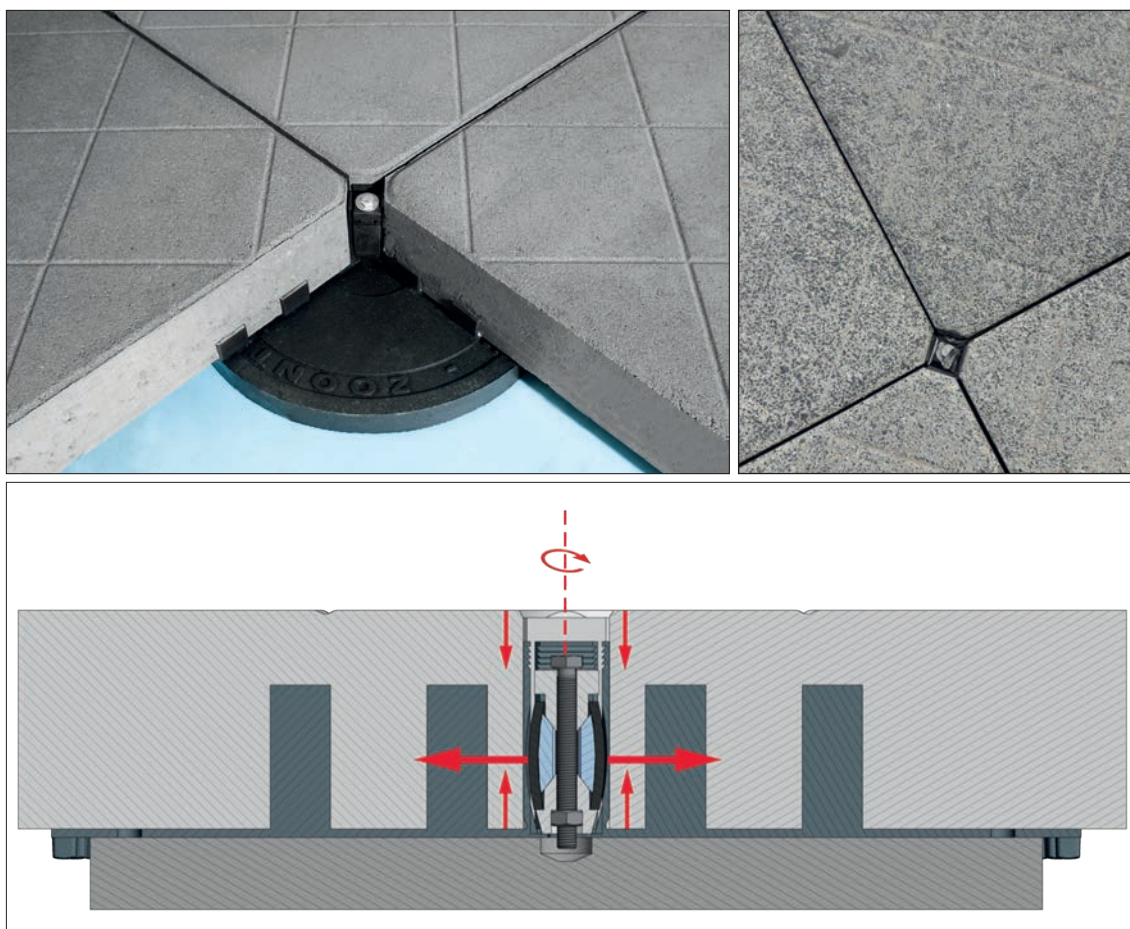
7.2.2 Plaatsing op tegeldraggers

Dit systeem wordt vooral gebruikt voor grootformaattegels en kan worden toegepast op zowel omkeerdaken als op warme daken. In het eerste geval gebeurt de plaatsing rechtstreeks op de isolatie. In het tweede geval kan de plaatsing rechtstreeks op de afdichting gebeuren (eventueel met een tussenlaag) of op een beschermingslaag (doorgaans uit gietasfalt). Gezien de open voegen tussen de tegels en de ruimte die de tegeldraggers creëren, wordt het hemelwater via het dakoppervlak afgevoerd, waardoor het verhardingsoppervlak niet onder helling dient te worden gelegd.



Figuur 7.5 – Dakconstructie met plaatsing op tegeldraggers

Om de horizontale belastingen beter te verdelen zijn sommige parkeerdaksystemen voorzien van een opspansysteem, dat de tegels na plaatsing onderling verbindt en opspant door aanschroeven.



Figuur 7.6 – Voorbeeld van opspansysteem voor grootformaattegels op parkeerdaken

De verticale gebruiksbelastingen worden via de grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten overgedragen naar de tegeldragers en zo geconcentreerd naar de onderliggende lagen overgebracht. Om deze reden is het aantal isolatiematerialen dat gebruikt kan worden met dit systeem eerder beperkt: geëxtrudeerd polystyreen (XPS), cellenglas of eventueel isolerende mortel op warme daken. Er dient steeds vooraf te worden gecontroleerd of de druksterkte van het isolatiemateriaal toereikend is voor de verwachte belasting.

Voor de aspecten van plaatsing wordt verwezen naar § 4.2.2. De verschillende componenten van het systeem (tegels, tegeldragers, afstandhouders, enz.) dienen op elkaar afgestemd te zijn.

Voordelen van het systeem met tegeldragers zijn:

- ze kunnen snel gemonteerd en direct in gebruik genomen worden;
- de uitvoering ervan kan gebeuren zonder zware machines;
- ze zijn gemakkelijk te vervangen of herstellen;
- de dakafdichting blijft redelijk gemakkelijk bereikbaar voor eventuele herstellingswerken;
- ze laten een zekere horizontale lastenverdeling toe;
- er is geen plasvorming op de rijlaag, het water wordt afgevoerd ter hoogte van de dakafdichting.

Nadelen en aandachtspunten:

- ze vereisen een grote vrije hoogte;
- ze laten slechts een beperkte lastenverdeling toe omwille van de concentratie via de tegeldragers;
- ze zijn gevoelig voor vlakheidsafwijkingen van de ondergrond (risico op klapperen);
- de ruimte onder de tegels kan soms onderhoud vergen.

7.2.3 Plaatsing op straatlaag

De plaatsing op straatlaag op een dakconstructie gebeurt in grote lijnen op dezelfde wijze als bij een klassieke wegoopbouw. Ook hier is het van belang dat de straatlaag een uniforme dikte heeft. Het juiste profiel van het dakoppervlak (vlakheid, afwateringshelling) dient daarom in de dakstructuur zelf te worden gerealiseerd (dakvloer, afschotlaag, thermische isolatie of beschermingslaag).

Het tegeloppervlak dient hier ook onder helling te worden geplaatst aangezien het hemelwater vooral aan het verhardingsoppervlak wordt afgevoerd. Om bijkomend het geïnfiltreerde water af te voeren is een open straatlaagmateriaal (bv. fijne steenslag 2/6,3) aangewezen.

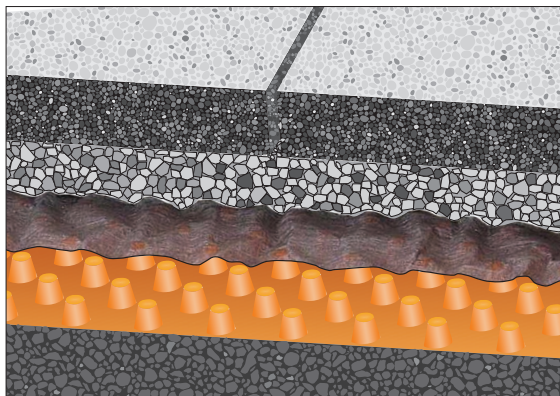


Figuur 7.7 – Dakconstructie met plaatsing op straatlaag van steenslag 2/6,3

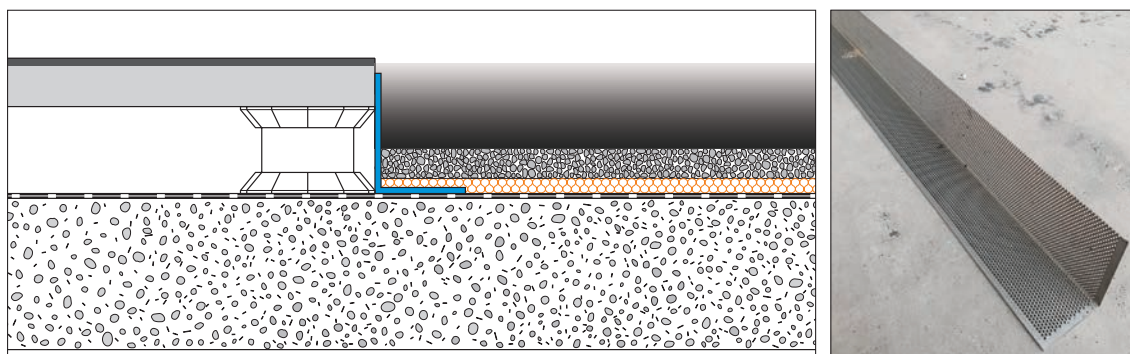
De straatlaag wordt nooit rechtstreeks op de dakafdichting geplaatst, maar steeds op een beschermings- en eventueel een filterlaag. Een goede oplossing vormt een geocomposiet bestaande uit een combinatie van een drainerende noppenfolie met een filterdoek (niet-geweven geotextiel).



Figuur 7.8 – Voorbeelden van toepassing van een beschermingslaag bestaande uit een combinatie van drainerende noppenfolie en filterdoek



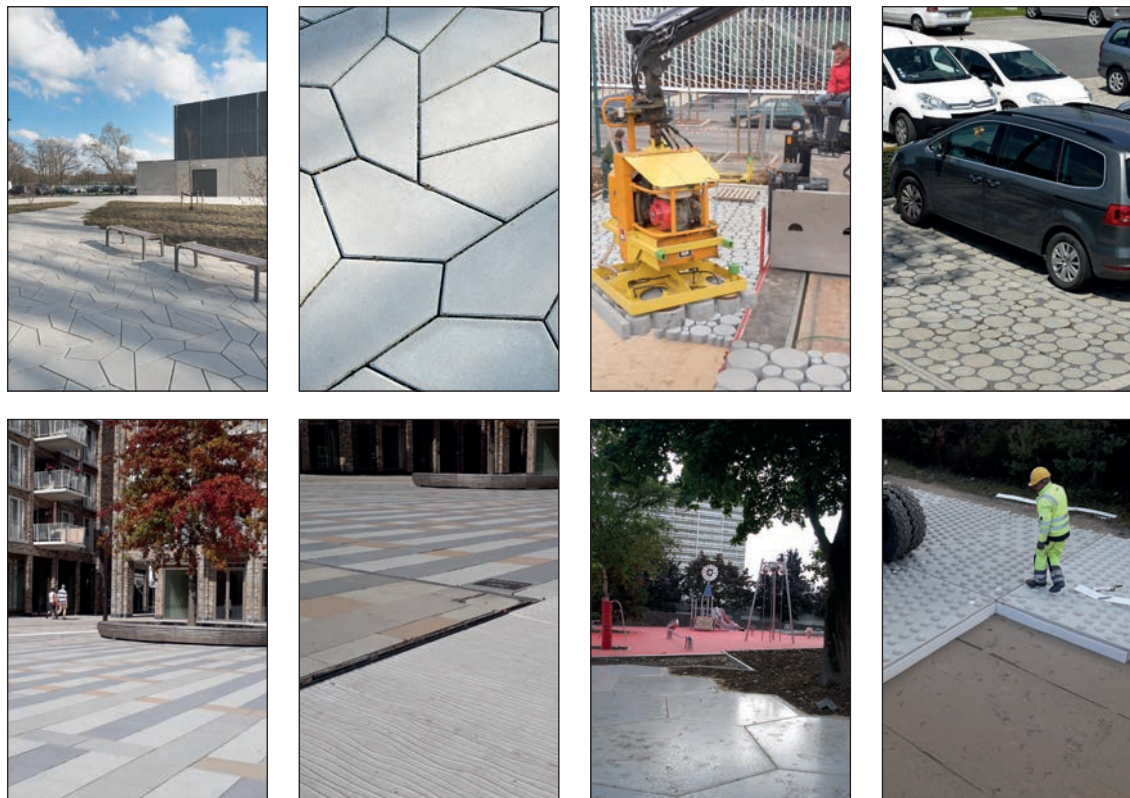
De overgang tussen zones met plaatsing op tegeldraggers enerzijds en plaatsing op een straatlaag anderzijds, dient zorgvuldig te gebeuren, bijvoorbeeld door toepassing van een geperforeerd L-profiel.



Figuur 7.9 – Aansluiting tussen grootformaattegels geplaatst op tegeldraggers en op straatlaag met behulp van een geperforeerd stalen L-profiel

7.3 Speciale vormen

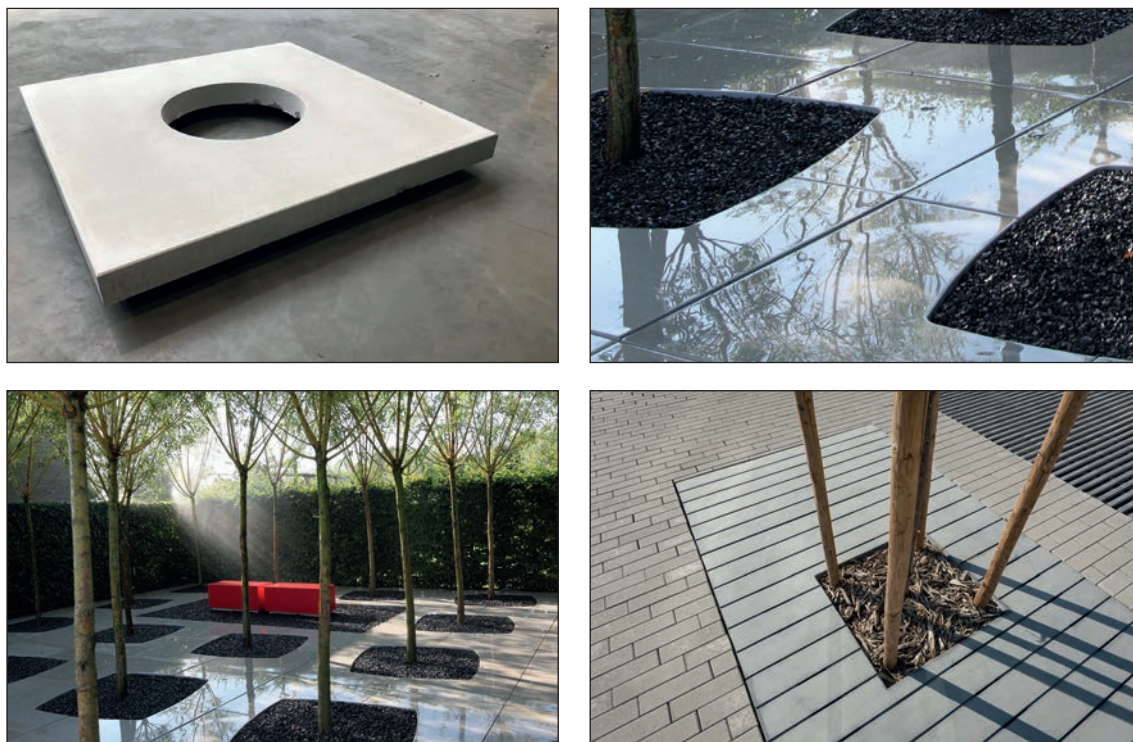
Via maatwerk en creativiteit in de productie van geprefabriceerde betonproducten zijn tegenwoordig heel wat variaties in vormen en speciale toepassingen mogelijk zonder in te boeten aan stabiliteit. Hieronder worden een aantal voorbeelden gegeven ter illustratie en geven we een opsomming van courant gebruikte speciale vormen.



Figuur 7.10 – Enkele voorbeelden van speciale vormen en/of toepassingen van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten

Boomplaten

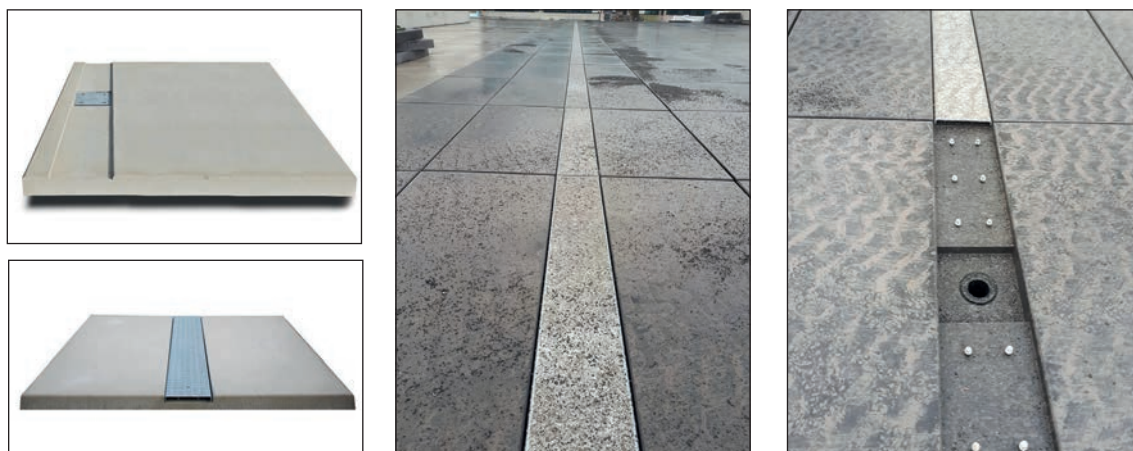
Rechte of ronde openingen voor bomen of struiken kunnen voorzien worden door uitsparingen of speciale legvormen.



Figuur 7.11 – Voorbeelden van “boomplaten”

Gootplaten

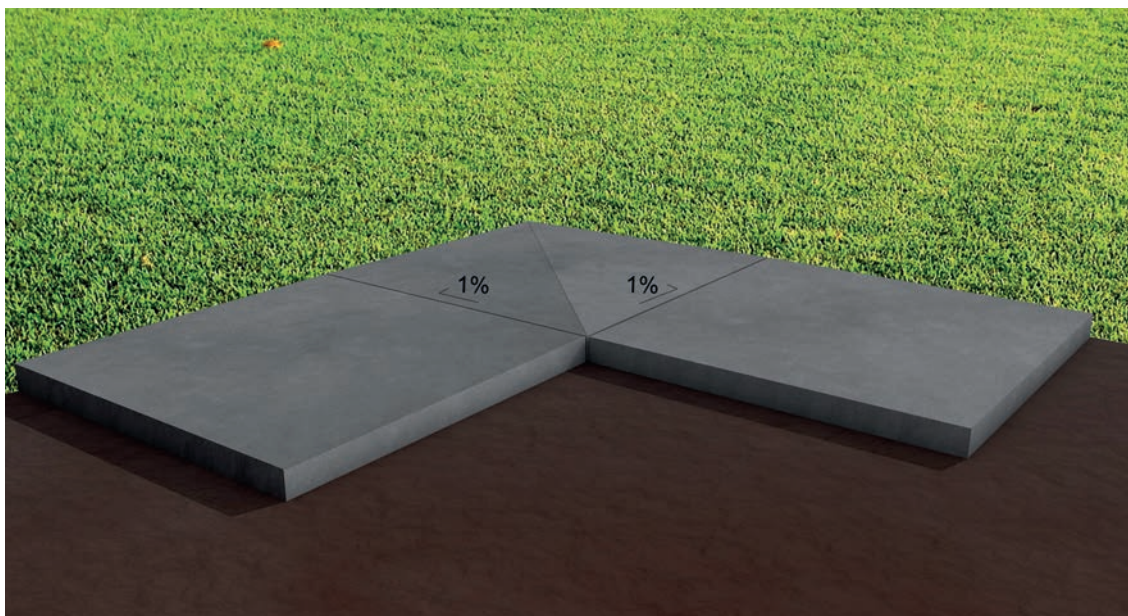
Voor de waterafvoer kan een ingewerkte lijngoot in de vloerplaat worden voorzien. Deze kan aan de zijkant van de betonplaat of in het midden van de plaat worden geplaatst en al dan niet worden voorzien van een afdekplaat om zwaar verkeer toe te laten. In beide gevallen rusten deze “gootplaten” op dezelfde fundering en straatlaag als de rest van de platen, waardoor differentiële zettingen worden uitgesloten dan wel geminimaliseerd.



Figuur 7.12 – Voorbeelden van “gootplaten”

Knikplaten

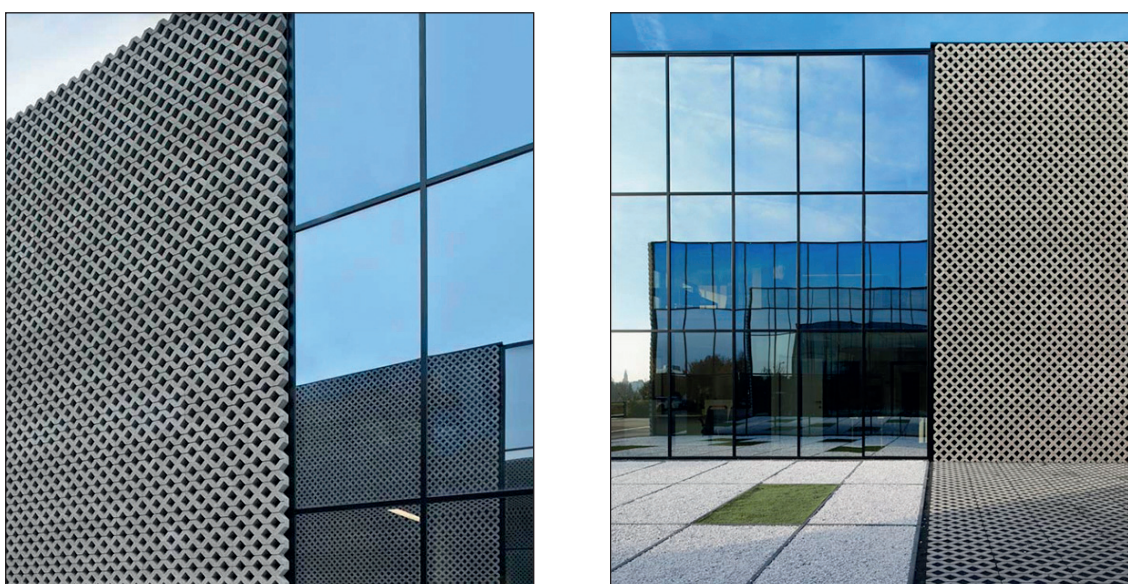
Daarnaast bestaan er ook geprefabriceerde platen met dubbel afschot, oftewel “knikplaten”. Deze bieden een oplossing om, in voorkomend geval, een dubbele helling op te vangen zonder dat er gezaagd dient te worden om hoogteverschillen tussen de platen onderling op te vangen. Het voordeel is dat de platen onderaan vlak zijn en gemakkelijk kunnen worden geplaatst.



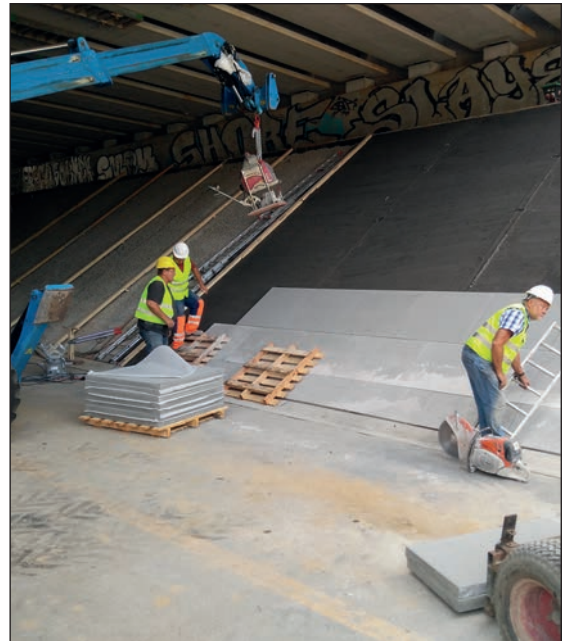
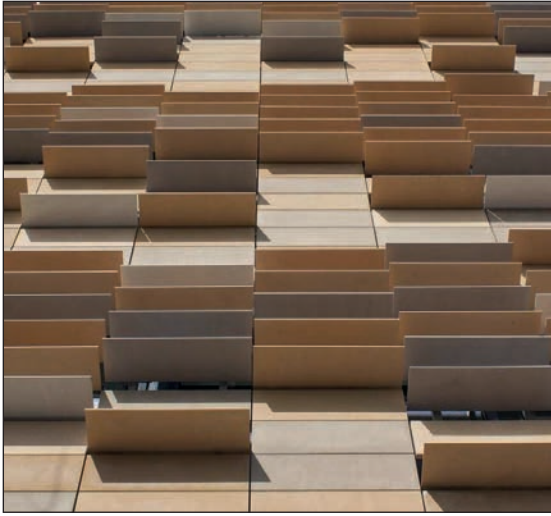
Figuur 7.13 – Voorbeeld van “knikplaat”

7.4 Niet-horizontale toepassingen

Andere speciale toepassingen die reeds zijn uitgevoerd met grootformaattegels betreffen bijvoorbeeld grondkeringen, brugtaluds, gevels, enz.



Figuur 7.14 – Niet-horizontale toepassingen



Figuur 7.14 (vervolg) – Niet-horizontale toepassingen

Hoofdstuk 8

Onderhoud

8.1 Algemeen

Verhardingen met grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten hebben een lange levensduur wanneer ze, zoals hierboven beschreven, worden ontworpen en uitgevoerd volgens de regels van de kunst, en wanneer kwaliteitsvolle materialen in de opbouw worden aangewend. De duurzaamheid wordt in het bijzonder bepaald door de stabiliteit van de verschillende lagen in de structuuropbouw, voldoende waterdoorlatendheid en de kwaliteit van het straatlaagmateriaal en de voegvulling. Net zoals voor andere wegverhardingen, dient het verhardingsoppervlak regelmatig te worden geïnspecteerd om het nodige onderhoud in te plannen en vroegtijdige schade te voorkomen. Speciale aandacht dient daarbij te worden geschonken aan de toestand van de voegen en hun vulling. Indien de voegen niet voldoende gevuld zijn, dienen deze zo snel mogelijk te worden bijgevuld met gepast materiaal.



Figuur 8.1 – *Regelmatige inspectie van de toestand van de voegen*

8.2 Onkruidbeheer

8.2.1 Invloed van het formaat op de onkruidgroei

De keuze voor grotere formaten heeft in principe een positieve invloed op de onkruidgroei: per m² zullen minder voegen aanwezig zijn. In de weinige voegen zal het onkruid evenwel nog steeds kunnen groeien. Een goed ontwerp en een juiste materiaalkeuze kunnen er echter voor zorgen dat er minder onkruid aanwezig zal zijn. Een volledig waterdoorlatende structuur (inclusief voegvulling en straatlaag) biedt duidelijke voordelen met betrekking tot onkruidgroei in vergelijking met een klassieke gesloten structuur. Het water blijft immers niet in de voeg staan, waardoor het onkruid minder snel zal groeien. Ook naar onkruidbeheer toe is het dus zeer belangrijk de volledige structuur voldoende doorlatend te maken.

Voor meer details wordt verwezen naar publicatie A 84 "Handleiding voor niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op bestratingen met kleinschalige elementen" [23].

8.2.2 Aandachtspunten bij ontwerp

In de eerste plaats komt het erop aan het risico of de kans op onkruidgroei sterk te beperken om zo problemen achteraf te vermijden. Intensief gebruik van de verharding door voetgangers en/of verkeer is de eerste en misschien wel beste manier van onkruidbestrijding. De verharding dient dus goed op het verwachte gebruik te worden afgestemd, daar de gebruikintensiteit ook bepalend zal zijn voor de onkruidgroei die men kan verwachten op een bepaalde plaats. Daarbij zijn het dus vooral de verhardingen van verkeerscategorie 4 en 5 (tabel 2.1, blz. 4) waar onkruidbeheer van belang zal zijn.

Voorts moet vervuiling van de voegen met organisch materiaal (grond, afgevallen bladeren, enz.) zoveel als mogelijk worden vermeden, omdat dit een ideale voedingsbodem voor onkruidgroei op de verharding vormt. In dit opzicht brengen aanliggende groenzones of een bosrijke omgeving ook een sterk verhoogd risico op onkruidgroei met zich mee, waarop men kan inspelen door een aangepaste voegvulling te voorzien, een stevige scheiding aan te brengen tussen de groenzone en de verharding, geregeld inborstelen en bijvullen van voegvulling, enz.



Figuur 8.2 – Goede afscheiding tussen groenzone en verharding aanbrengen

Tot slot dient ook het ontwerp van de verharding te worden afgestemd op het toekomstig beheer dat men voor ogen houdt voor de vlotte passage van machines voor niet-chemische onkruidbestrijding. Houd bijvoorbeeld rekening met de werkbreedte van de machines (typisch 1,2-1,6 m), de minimale afstand tussen obstakels, met zo weinig mogelijk of demonteerbare obstakels, enz.



Figuur 8.3 – Ontwerp afstemmen op toekomstig beheer door demonteerbare obstakels en/of voldoende afstand ertussen aan te houden

Als alternatief kan uiteraard ook bewust voor een iets groener aanzien worden gekozen met toepassing van zogenaamde “groene” met gras gevulde voegen, of integratie van groenstroken in de verharding, waarbij enige onkruidgroei dan ook meer wordt getolereerd.



Figuur 8.4 – Bewust kiezen voor een “groener” uitzicht van de verharding

8.2.3 Keuze voegvulling en straatlaag

Bij toepassing op locaties met hoog risico op onkruidgroei (bosrijke omgeving, weinig intensief gebruik en brede voegen) kan dat bij de keuze van het type voegvulling en/of straatlaag in rekening worden gebracht.

Indien de regels voor de straatlaag worden gevolgd en er voor een open straatlaag wordt gekozen (grof granulaat d/D met $d > 0$, bv. steenslag 1/3, 2/4 of 2/6,3) of voor een straatlaag met een beperkte hoeveelheid fijn materiaal, dan zal het onkruid minder snel groeien dan bij een meer gesloten straatlaag.



Gesloten straatlaag (kalksteen 0/6,3)

Open straatlaag (porfier 2/6,3)

Figuur 8.5 – Effect van straatlaagmateriaal op onkruidgroei

Voor de keuze van de voegvulling dient met de breedte van de voegen rekening te worden gehouden. Smalle voegen (voegbreedte ≤ 5 mm) dienen met zand 0/1 of 0/2 te worden gevuld, waarbij de fijne fractie beperkt is. De beperking van het gehalte aan fijne bestanddelen tot hoogstens 4 of zelfs 3 % heeft ook een remmend effect op de onkruidgroei.

In geval van bredere voegen (≥ 5 mm) en openingen op plaatsen met een verhoogd risico op veronkruiding, kan toepassing van meer innovatieve voegvullingen zoals grof, met zout verrijkt zand 0/4, of met polymeer of epoxyhars gebonden zand een mogelijkheid zijn om onkruidgroei in de brede voegen tegen te gaan. De kennis over de toepasbaarheid en duurzaamheid van deze innovatievere materialen in met verkeer belaste zones is echter nog beperkt (§ 3.2.5) en het voegmateriaal dient op de verwachte verkeersbelasting afgestemd te zijn.

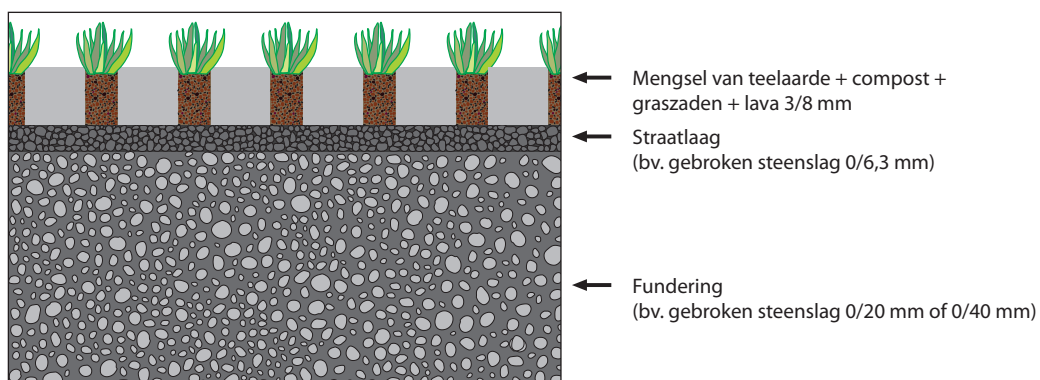


Figuur 8.6 – Toepassing van innovatieve materialen in bredere openingen rond obstakels

Voor 'groene' toepassingen zijn speciale voegmaterialen (vaak inclusief zaden, voedingsstoffen en/of lavagranulaten) ontwikkeld die de grasgroei bevorderen⁵. Na het plaatsen van de betonelementen worden de openingen in één eenvoudige bewerking met deze uitgebalanceerde mengsels gevuld, en nadien met gepaste graszaadmengsels ingezaaid, ofwel meteen opgevuld met kant-en-klare mengsels inclusief graszaden.

Het substraat wordt alleszins op de bovenzijde van de tegel verspreid en niet aangedrukt noch geplaatst met een overdikte. Dankzij het groot inklinkend vermogen zal het bodemsubstraat na 5 dagen ongeveer 20 % in volume verminderd zijn, waardoor het groeipunt van de grasplant beschermd wordt tegen beschadiging door verkeer.

⁵ Zie bijvoorbeeld hoofdstuk 6 - § 3.9 "Bestrating van grasbetontegels" in SB 250 [13] of deel 7 in PTV 828 "TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN VOOR GRAS-/GRINDKUNSTSTOFPLATEN" [24]



Figuur 8.7 – *Opbouw voor grasgroei*

Indien het toch noodzakelijk zou blijken, kan de onkruidgroei na aanleg ook curatief worden bestreden. De gangbaarste alternatieve, niet-chemische onkruidbestrijdingstechnieken (borstelen, branden, hete lucht, stomen, enz.), evenals de toepasbaarheid, effectiviteit en geïntegreerde toepassing ervan, staan gedetailleerd beschreven in publicatie A 84 [23].



Hoofdstuk 9

Schadegevallen en praktijkvoorbeelden

In de vorige hoofdstukken werd uitvoerig beschreven met welke randvoorwaarden voor het correcte ontwerp en de zorgvuldige uitvoering van verhardingen met grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten rekening moet worden gehouden. In de praktijk zien we dat er af en toe toch nog schade kan optreden omdat aan een of meerdere basisregels niet wordt voldaan. Bijvoorbeeld een ontbrekende geschikte kantopsluiting bij (grootformaat)tegels of een niet-aangepaste dikte afhankelijk van het formaat en de verkeersbelasting.

9.1 Kantopsluiting en thermische uitzetting

Een correct uitgevoerd tegeloppervlak vereist een geschikte kantopsluiting door boordstenen, kantstroken, trappen, zitelementen, enz.



Figuur 9.1 – Correcte kantopsluiting door:

Foto links: boordsteen 100 x 30 x 20 velling 2/2 cm (type IB)

Foto midden: betonnen zitelement

Foto rechts: boordsteen 100 x 30 x 10 cm en mortelstut

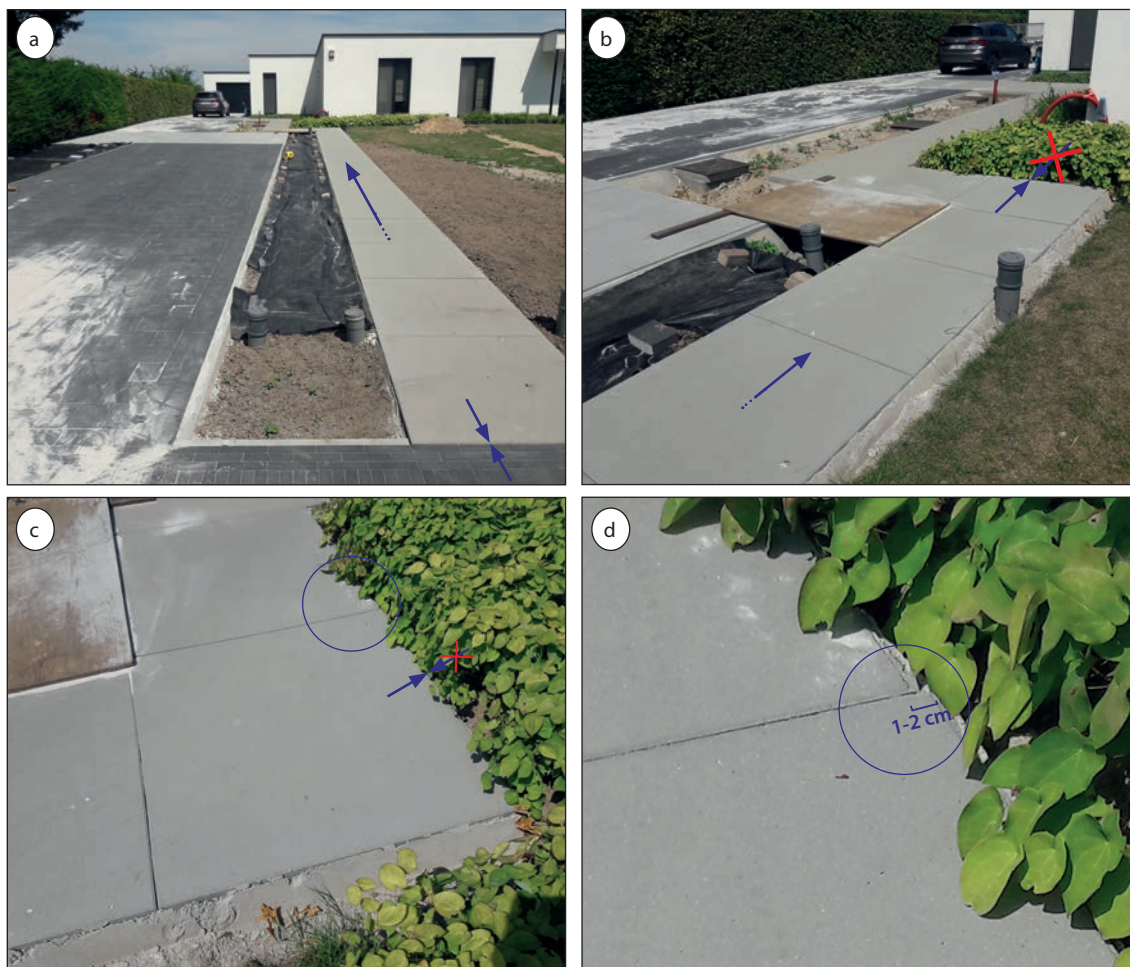
Deze kantopsluiting moet verhinderen dat de betonelementen onder invloed van verkeerslasten of door thermische uitzetting horizontaal kunnen verschuiven.



Figuur 9.2 – Horizontale belasting van betonelementen onder invloed van verkeer

Temperatuurstijgingen veroorzaken een verlenging (0,01 mm/m. °C) van betonnen producten, die wordt tegengewerkt door de wrijving met de straatlaag ten gevolge van het gewicht van het betonelement. Door de uitzetting worden de voegen samengedrukt, waardoor in het beton drukspanningen ontstaan. Dat vormt geen probleem aangezien beton zeer goed aan druk weerstaat. Voor de meeste toepassingen volstaat de kantopsluiting om de horizontale verplaatsing van de verharding aan de uiteinden tegen te gaan.

Onderstaand voorbeeld geeft aan hoe de uitzettingen ten gevolge van de temperatuur tot een verschuiving van de betontegels kunnen leiden indien dit oppervlak niet correct is opgesloten.

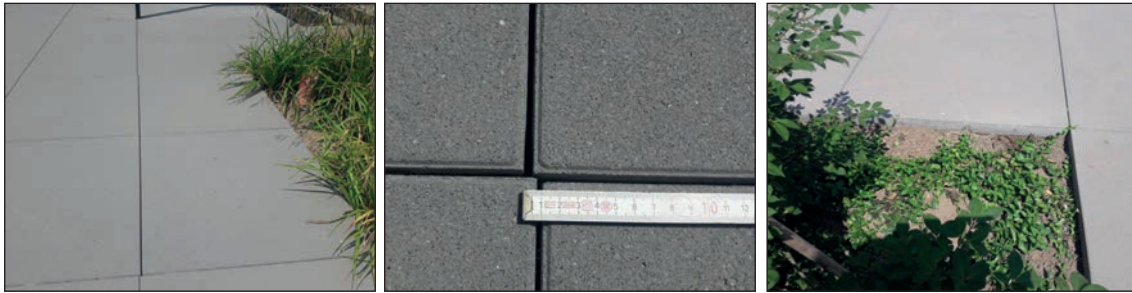


Figuur 9.3 – Voorbeeld van voegverschuiving door thermische uitzetting in combinatie met gebrek aan degelijke kantopsluiting

De tegels van 100 x 100 x 6 cm liggen in een lange rij van 15 m en zijn aan 1 zijde ingeklemd door de aanliggende bestrating: hierdoor kunnen ze niet in deze richting bewegen (figuur 9.3a).

Aan de andere zijde zijn de tegels niet opgesloten: hierdoor bewegen ze ca. 1 cm in de richting van de ontbrekende kantopsluiting (figuur 9.3b-d).

De aanliggende tegel, die niet verschoven is, geeft de uitgangstoestand weer die als oorspronkelijke referentie dient: hierdoor is de verschuiving duidelijk zichtbaar (figuur 9.3c-d).



Figuur 9.4 – Voorbeeld van “esthetische schade” (voegverschuiving) door thermische uitzetting in combinatie met gebrek aan degelijke kantopsluiting

Indien er geen kantopsluiting is voorzien, is het voor grotere oppervlakken of een lange rij aaneengesloten tegels aan te bevelen om een uitzettingsvoeg tussen de tegels te voorzien om deze hinderlijke voegverschuivingen op te vangen (§ 4.3).

Rekenvoorbeeld thermische uitzetting

Wat betekent nu concreet een **thermische uitzetting α van 0,01 mm/m. °C**? Nemen we een grootformaattegel met lengte van 1 m, die wordt geplaatst bij een temperatuur van 5 °C. Tijdens een hete zomerdag kan de temperatuur in de plaat gemakkelijk oplopen tot 35 °C. Met een temperatuurverschil $\Delta T=30$ °C bedraagt de thermische uitzetting 30 °C \times 1 m \times $10^{-5}/^{\circ}\text{C} = 0,3$ mm. Een rij van 10 grootformaattegels kan in dat geval $10 \times 0,3 = 3$ mm uitzetten. In geval van uitzetting werken aaneenliggende platen ‘in blok’ en worden de uitzettingen dus gecumuleerd. In geval van krimp werken de platen afzonderlijk en zodoende keert de verharding niet terug in haar oorspronkelijke positie. De totale uitzetting kan nog toenemen in de tijd door opstapeling van vervuiling in de bij krimp ontstane voegen. Deze berekening geldt weliswaar in wrijvingsloze toestand. In de praktijk is er wel wrijving tussen de betonplaat en de fundering waardoor de uitzettingen iets minder groot zijn.



Schematische voorstelling van een reeks betonplaten /grootformaattegels, geplaatst bij lage temperatuur, die eerst uitzetten bij opwarming (“in blok”) en nadien weer krimpen bij afkoeling (afzonderlijk)

Figuur 9.5 – Thermische uitzetting van betonplaten of grootformaattegels [25]

9.2 Formaat, dikte en verkeersbelasting

Een correct uitgevoerde verharding met grootformaattegels of geprefabriceerde betonplaten vereist ook een aangepast formaat en dikte op basis van de te verwachten verkeersbelasting. Dat wordt in § 3.1 uitvoerig beschreven. Niettemin zien we in de praktijk dat ook tegen deze aanbevelingen regelmatig wordt gezondigd door onaangepaste tegeldiktes of te slanke formaten voor te zware verkeersbelasting te gebruiken.

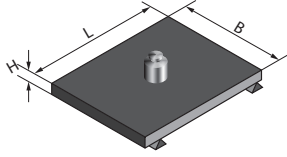
Voor onderstaand project is gekozen voor grootformaattegels 1 000 mm x 1 000 mm (L x B). De zone voor het schoolgebouw is een doorgaande weg die toegankelijk is voor alle verkeer, dus ook voor zwaar verkeer. In dit geval is correct gekozen voor een tegeldikte van 200 mm met een breuklast van minimaal 14 ton volgens het rekenmodel van de betontegelproducent. Voor categorie 1, zwaar verkeer, is een maximale wiellast van 65 kN of 6,5 ton vooropgesteld (tabel 2.1, blz. 4). Dus een grootformaattegel 1 000 x 1 000 x 200 mm is uitermate geschikt voor dit project.



Categorie	Toepassing	Tegels	Grootformaattegels	Geprefabriceerde betonplaten	Belastingen (max. wiellast)
1 – Zwaar verkeer, tot 100 zware voertuigen (> 3,5 t) per dag 	Industriële verhardingen		✓	✓	65 kN

Figuur 9.6 – Correcte toepassing van grootformaattegels 1 000 x 1 000 x 200 mm voor verkeerscategorie 1

Voor een ander project is gekozen voor tegels 600 x 400 x 80 mm (L x B x H) rond een wooncomplex met parkeerzones. Deze zone is bedoeld voor beperkt licht, lokaal verkeer. De tegels hebben volgens de fabrikant een breuklast van circa 1,5 ton en zijn geschikt voor verkeerscategorie 4 (tabel 2.1, blz. 4).

REKENMODEL BREUKLAST TEGELS																	
HOOGTE	80	mm															
LENGTE	600	mm															
BREEDTE	400	mm															
BUIGTREKSTERKTE	5,0	N/mm ²															
GEWICHT	44,2	kg															
BREUKLAST	15 515	N															
	1 582	kg															
																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>GEBRUIKER</th> <th>TOEPASSING</th> <th>BREUKLAST</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VOETGANGERS – FIETSERS</td> <td>TERRAS, VOETPAD, ENZ.</td> <td>< 1 000 kg</td> </tr> <tr> <td>BEPERKT LICHT VERKEER</td> <td>OPRIT, ENZ.</td> <td>≥ 1 000 kg < 2 000 kg</td> </tr> <tr> <td>LICHT VERKEER – OCCASIONEEL ZWAAR VERKEER</td> <td>PARKING, SCHOOLPLEIN, ENZ.</td> <td>≥ 2 000 kg < 4 000 kg</td> </tr> <tr> <td>ZWAAR VERKEER</td> <td>WEG, MARKTPLEIN, ENZ.</td> <td>> 4 000 kg</td> </tr> </tbody> </table>			GEBRUIKER	TOEPASSING	BREUKLAST	VOETGANGERS – FIETSERS	TERRAS, VOETPAD, ENZ.	< 1 000 kg	BEPERKT LICHT VERKEER	OPRIT, ENZ.	≥ 1 000 kg < 2 000 kg	LICHT VERKEER – OCCASIONEEL ZWAAR VERKEER	PARKING, SCHOOLPLEIN, ENZ.	≥ 2 000 kg < 4 000 kg	ZWAAR VERKEER	WEG, MARKTPLEIN, ENZ.	> 4 000 kg
GEBRUIKER	TOEPASSING	BREUKLAST															
VOETGANGERS – FIETSERS	TERRAS, VOETPAD, ENZ.	< 1 000 kg															
BEPERKT LICHT VERKEER	OPRIT, ENZ.	≥ 1 000 kg < 2 000 kg															
LICHT VERKEER – OCCASIONEEL ZWAAR VERKEER	PARKING, SCHOOLPLEIN, ENZ.	≥ 2 000 kg < 4 000 kg															
ZWAAR VERKEER	WEG, MARKTPLEIN, ENZ.	> 4 000 kg															

Figuur 9.7 – Rekenvoorbeeld van betonfabrikant voor breuklast



Categorie	Toepassing	Tegels	Grootformaat-tegels	Geprefabriceerde betonplaten	Belastingen (max. wiel-last)
4 – Licht verkeer 	Fietspaden, voetgangerszones, niet voor zwaar verkeer toegankelijke zones op pleinen, privéopritten	✓	✓	✓	10 kN

Figuur 9.8 – Voorbeeld van toepassing van tegels 600 x 400 x 80 mm voor verkeerscategorie 4

Reeds enige dagen na de openstelling voor het bedoelde licht verkeer werden echter de eerste breuken in de tegels vastgesteld. Nochtans voldeden deze BENOR-gecertificeerde tegels aan de volgens de geldende normen gestelde kwaliteitseisen. Bijgevolg diende de oorzaak ergens anders te worden gezocht.



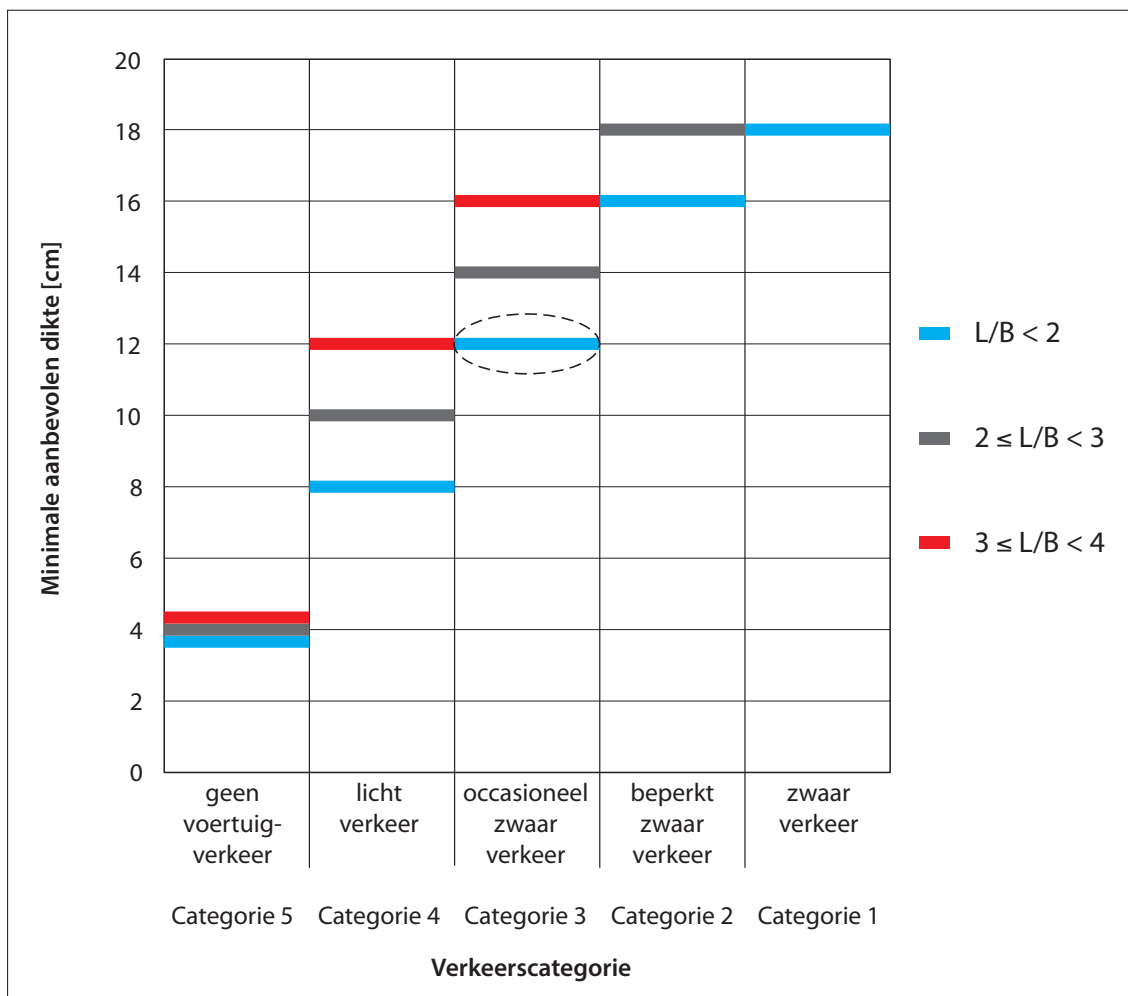
Figuur 9.9 – Breuk vastgesteld in de tegels uit figuur 9.8

Deze zone werd in de praktijk inderdaad niet enkel door lokaal licht verkeer gebruikt, maar ook door occasioneel zwaar verkeer zoals volgeladen vrachtwagens of tractoren (figuur 9.10).



Figuur 9.10 – Occasioneel zwaar verkeer vastgesteld op tegels uit figuur 9.8

Voor dit occasioneel zwaar verkeer (categorie 3) en een L/B-verhouding < 2 (600 mm/400 mm), werd hier beter gekozen voor tegels met minimale dikte van 120 mm (figuur 3.4 (blz. 11) en figuur 9.11). Deze voldoen aan de eis voor verkeerscategorie 3 "licht en occasioneel zwaar verkeer" met een maximale wiellast van 2 ton (tabel 2.1, blz. 4).



Categorie	Toepassing	Tegels	Grootformaat-tegels	Geprefabriceerde beton-platen	Belastingen (max. wiellast)
3 – Licht verkeer, occasioneel zwaar verkeer 	Winkelstraten, pleinen, woonerven, parkeerterreinen, opritten voor lichte voertuigen en occasioneel zwaar verkeer	✓	✓	✓	20 kN

Figuur 9.11 – Minimale dikte voor categorie 3 "occasioneel zwaar verkeer" en $L/B < 2$

Een soortgelijk verhaal doet zich voor bij het zagen van grootformaattegels voor de aansluiting aan aanpalende wegen en verhardingen. De twee voorbeelden hieronder (figuur 9.12) tonen een grootformaattegel 1 000 x 1 000 x 80 mm geschikt voor opritten (categorie 4).

De laatst geplaatste tegels aan de straatzijde zijn echter verzaagd tot lange, smalle stroken van 1 000 x 100 x 80 mm of 1 000 x 200 x 80 mm met L/B-verhouding > 4 waardoor ze niet geschikt zijn voor toepassingen in categorie 4.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat deze smalle stroken breken bij regelmatige belasting door licht verkeer. De aansluiting aan de straatzijde had beter in een kleinschaliger formaat met dezelfde dikte en kleur uitgevoerd kunnen worden, zoals bv. een betonstraatsteen 20 x 20 x 8 cm of 22 x 11 x 8 cm.



Figuur 9.12 – Schade door onzorgvuldige afwerking aan de randen van de verharding

Dimensionering grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten

Een vierkant formaat heeft steeds een hogere belastingsweerstand dan een langwerpig formaat in dezelfde dikte. Indien voor een langwerpig of rechthoekig formaat wordt gekozen dan zal de dikte steeds moeten worden aangepast om te weerstaan aan dezelfde verkeersbelasting.

Indien voor een project met een mix van verschillende formaten wordt gewerkt, dient de dikte door het formaat met de grootste lengte/breedte-verhouding te worden bepaald.

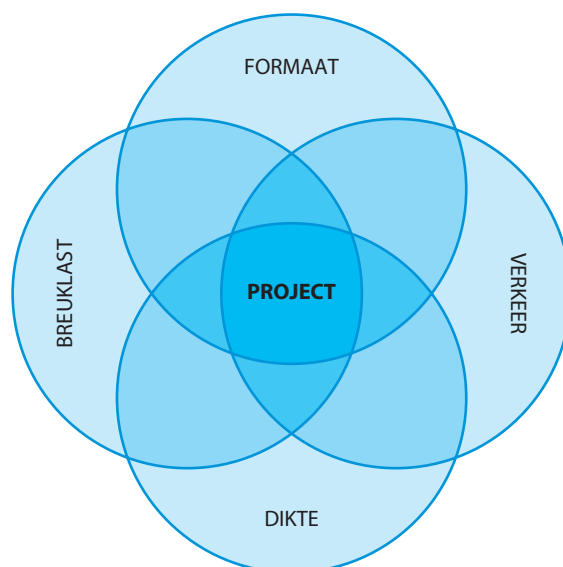
Voor elk project moet steeds een goede afweging worden gemaakt tussen:

formaat (verhouding lengte/breedte);

dikte;

verkeerscategorie (te verwachten verkeersbelasting);

breuklast (maximale belasting tot breuk afhankelijk van de buigtreksterkte/betonkwaliteit).



Figuur 9.13 – Afweging tussen formaat, dikte, verkeersbelasting en breuklast van grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten voor elk project



Literatuur

[1] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) (2009)

Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen.
Brussel : OCW. (Aanbevelingen, A 80).

[2] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) (2011)

Handleiding voor industriële buitenverhardingen in beton.
Brussel : OCW. (Aanbevelingen, A 82).

[3] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) (2005)

Handleiding voor de uitvoering van betonverhardingen.
Brussel : OCW. (Aanbevelingen, A 75).

[4] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2003)

NBN EN 1338 : Betonstraatstenen : eisen en beproevingsmethoden (+ AC : 2006).
Brussel : NBN.

[5] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2006)

NBN B 21-311 : Betonstraatstenen : toepassingsvoorschriften.
Brussel : NBN.

[6] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2003)

NBN EN 1339 : Betontegels : eisen en beproevingsmethoden (+ AC : 2006).
Brussel : NBN.

[7] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2006)

NBN B 21-211 : Betontegels : toepassingsvoorschriften.
Brussel : NBN.

[8] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) (2010)

Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of hydraulische bindmiddelen (+ 4 praktijkguides).
Brussel : OCW. (Aanbevelingen, A 81).

[9] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) (2014)

Handleiding voor de bescherming van wegconstructies tegen de inwerking van water.
Brussel : OCW. (Aanbevelingen, A 88).

[10] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2008)

NBN EN 13242 : Granulaten voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor civieltechnische werken en wegenbouw (+A1).
Brussel : NBN.

[11] BE-CERT (2019)

Codificatie van de granulaten overeenkomstig de normen NBN EN 12620, NBN EN 13043, NBN EN 13139 en NBN EN 13242.
Brussel : BE-CERT. (Technische Voorschriften, PTV 411). Uitgave 2.5, Online raadpleegbaar www.be-cert.be/nl/documents/reglement-benor.html (laatst geraadpleegd op 8 augustus 2019)

[12] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) (2019)

Prestatie-eisen voor voegvullingsmaterialen in bestratingen met kleinschalige elementen.
Brussel : OCW. (Researchverslag, RV 45).

[13] Vlaamse Overheid - Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) (2019)

Standaardbestek 250 voor de wegenbouw [versie 4.1].
Brussel : Vlaamse Overheid - AWV. Online raadpleegbaar <http://wegenenverkeer.be/documenten> (laatst geraadpleegd op 8 augustus 2019)

[14] Aangepast voorbeeld van identificatie CE+BENOR voor betontegels, in overeenstemming met de bouwproductenverordening (CPR) en aangeleverd door P. Bauweraerts op basis van voorbeelden uit Bijlage E van : Probeton (2018)

Betonproducten voor verhardingen.
Brussel : Probeton. (Toepassingsreglement BENOR, TR 11 A). Uitgave 2. Online raadpleegbaar http://www.probeton.be/uploads/docs/DOC_NL/TR/TR11A.pdf (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

[15] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2016)

CEN/TS 16165 : Determination of slip resistance of pedestrian surfaces : methods of evaluation.
Brussel : NBN.

[16] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2011)

NBN EN 13036-4 : Oppervlakeigenschappen voor weg- en vliegveldverhardingen : beproevingsmethoden. Deel 4, methode voor de meting van de stroefheid van een oppervlak : de slingerproef.
Brussel : NBN.

[17] Health and Safety Executive (HSE) (2012)

Assessing the slip resistance of flooring : a technical information sheet.
London, e.a. : HSE. Online raadpleegbaar www.hse.gov.uk/pubns/geis2.pdf (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

[18] Transportation Research Laboratory (TRL) (1969)

Instructions for using the portable skid-resistance tester.
Crowthorne (UK) : TRL. (Road Note, 27). Second edition.

[19] Bureau voor Normalisatie (NBN) (2010)

NBN EN 13501-1 : Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen. Deel 1, classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag (+A1).
Brussel : NBN.

[20] Probeton (2016)

Geprefabriceerde elementen van architectonisch beton.
Brussel : Probeton. (Technische Voorschriften, PTV 21-601). Uitgave 3. Online raadpleegbaar http://www.probeton.be/uploads/docs/DOC_NL/PTV/TV%2021-601.pdf (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

[21] Probeton (2017)

Betonproducten voor waterdoorlatende bestratingen.

Brussel : Probeton. (Technische Voorschriften, PTV 126). Uitgave 1. Online raadpleegbaar http://www.probeton.be/uploads/docs/DOC_NL/PTV/TV%2021-601.pdf (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

[22] Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB) (2014)

Parkeerdaken. Deel 1, belastingen, ontwerpprincipes en samenstelling.

Brussel : WTCB (Technisch Voorlichtingen, TV 253).

[23] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (2012)

Handleiding voor niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen.

Brussel : OCW. (Aanbevelingen, A 84).

[24] Onpartijdige Instelling voor de Controle van Bouwproducten (COPRO) (2018)

Technische voorschriften voor gras-/grindkunstofplaten.

Zellik : COPRO. (Technische Voorschriften, PTV 828). Versie 5.0. Online raadpleegbaar <https://www.copro.eu/nl/document/ptv-828-50-technische-voorschriften-voor-gras-grindkunstofplaten> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

[25] Rens, L. (2018)

Opstuiking van betonwegen.

Brussel : FEBELCEM. (Publicatie I11 - Dossier Cement en Beton). Online raadpleegbaar https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-2008/nl/I11_NL_Opstuiking.pdf (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

Andere bronnen

Brussels Hoofdstedelijk Gewest (2015)

TB 2015 : typebestek betreffende wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Brussel : Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Online raadpleegbaar <https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/tb2015.pdf> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

Service Public de Wallonie (SPW) - Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (DGO1) (2012 [Version 2016 consolidée])

CCT Qualiroutes : cahier des charges-type.

Namur : SPW - DGO1. Online raadpleegbaar <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG) (2009)

Merkblatt für die Planung und Ausführung von Verkehrsflächen mit großformatigen Pflastersteinen und Platten aus Beton.

Bonn : SLG.

Dietmar Ulonska & Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG) (2015)

Circulation areas with large format paving elements from concrete.

Cologne : ad-media. In : Concrete Plant International (CPI), (2015)2, special print, p. 1-5.

Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI) (2016)

Segmental concrete paving units for roof decks.

Chantilly (USA) : ICPI. (ICPI Tech Spec, 14). Online raadpleegbaar www.icpi.org/sites/default/files/Tech%20Spec%2014%20Roof%20Decks%20Gov.pdf (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

KIWA (2008)

Bedrijfsvloerplaten van constructief beton (inclusief wijzigingsblad BRL 1104 d.d. 9 maart 2016).

Rijswijk (Nederland) : KIWA. (Nationale Beoordelingsrichtlijn, BRL 1104). Online raadpleegbaar <https://www.kiwa.com/nl/nl/service/komo-attest-met-productcertificaat-bedrijfsvloerplaten-van-constructief-beton-brl-1104/11042.pdf> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

Godelmann (2016)

GroßformatPlattenTechnik : Großformatige Pflastersteine & Platten aus Beton unter Verkehrsbelastung.

Coesfeld (Deutschland) : Klostermann ; Fensterbach (Deutschland) : Godelmann. 4. Aktualisierte Auflage. Online raadpleegbaar <https://www.godelmann.de/sites/default/files/XXL-Technik.pdf> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) (2013)

Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Grossformaten : M FG.

Köln : FGSV. (FGSV-R2, 619).

Shackel, B. & Pearson, A. (2003)

Concrete flag paving in municipal engineering.

In : National conference of the Institute of Public Works Engineering Australia, Hobart, Tasmania, Australia, s.d., 2003. Sydney : Institute of Public Works Engineering Australia (IPWEA).

Online raadpleegbaar <https://cmaa.blob.core.windows.net/media/1055/tp3-concrete-flag-paving-in-municipal-engineering.pdf> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

Cement Concrete & Aggregates Australia (CCAA) (2006)

Slip resistance of polished concrete surfaces.

St Leonards (Australia) : CCAA. (CCAA Datasheet). Online raadpleegbaar <https://cdn2.hubspot.net/hub/94143/file-17569159-pdf/docs/slipresistanceofpolishedconcretesurfaces.pdf> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

Hein, D.K. (2016)

Pavement design for large element paving slabs.

In : Proceedings of the 2016 conference of the Transportation Association of Canada : innovations in pavement management, engineering and technologies : design applications session, Toronto, September 25-28 2016.

Ottawa : Transportation Association of Canada (TAC). Online raadpleegbaar https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf_papers/hein.pdf (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)

FEBELARCH (2012)

Architectonisch Beton : mogelijkheden en toepassingen van architectonisch beton.

Brussel : Febelarch. Online raadpleegbaar <http://www.febelarch.be/application/public/upload/0/default/222.pdf> (laatst geraadpleegd op 25 maart 2019)



Bronnen Foto's/Figuren

AB-Roads bvba

Buzon Pedestal International nv

Ebema nv

Eurodal nv

FEBE vzw

FEBELCEM vzw

Lithobeton nv

PROBETON vzw

Solidor bvba

Stradus nv

Zoontjens België nv

Ressorterende en steunende leden krijgen de nieuwe OCW-publicaties kosteloos toegestuurd.

Niet-leden kunnen tegen kostprijs een papieren versie bij het OCW bestellen.

Deze publicatie bestellen:

publication@brrc.be – Tel.: +32 (0)2 766 03 26




Kenmerk: A 97 – Prijs: 16,00 €.

Andere publicaties in de reeks “Aanbevelingen”

De handleidingen (kenmerk A) zijn gericht op de praktijk van het ontwerpen, uitvoeren en onderhouden van wegen. Zij bundelen de bevindingen van werkgroepen die het OCW met betrekking tot welbepaalde onderwerpen heeft opgericht.

Kenmerk	Titel	Prijs
A 96	Handleiding voor de verwerking van bitumineuze mengsels	20,00 €
A 95	Natuursteenverhardingen	18,00 €
A 88	Handleiding voor de bescherming van wegconstructies tegen de inwerking van water	18,00 €
A 84	Handleiding voor niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen	20,00 €
A 83	Handleiding voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van bedekkingen op betonnen brugdekken	32,00 €
A 82	Handleiding voor industriële buitenverhardingen in beton	17,00 €
A 81	Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of hydraulische bindmiddelen (+ 4 Praktijkgidsen)	26,50 €

Andere OCW-reeksen

-  Researchverslag
-  Meetmethode
-  Synthese



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Uw partner voor duurzame wegen

Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Woluwedal 42
1200 Brussel
Tel.: 02 775 82 20
www.ocw.be

Deze handleiding voor verhardingen met tegels, grootformaattegels en geprefabriceerde betonplaten is een leidraad voor de keuze van het toepassingsgebied, de dimensionering van de structuuropbouw, de plaatsing en het onderhoud van dergelijke wegverhardingen.

De verschillende producten en bijbehorende oppervlakafwerkingen komen aan bod, samen met de kwaliteitscertificatie en de controle van de bestratingselementen. Een aantal bijzondere toepassingen, onder meer waterdoorlatende verhardingen en verhardingen op dakconstructies, worden eveneens besproken.

Ten slotte worden nog een aantal praktijkvoorbeelden aangereikt, die aantonen hoe de theorie kan worden toegepast en hoe schade door oneigenlijk gebruik van deze betonelementen kan worden voorkomen.

De handleiding is gebaseerd op een kritische analyse van de bestaande literatuur, modelberekeningen, empirische methodes en de Belgische praktijk en ervaring. Ze is bedoeld voor ontwerpers, architecten, aannemers, fabrikanten en private of publieke wegbeheerders. Ze wil een technisch basisdocument vormen om nieuwe, kwalitatieve toepassingen van dit soort betonverharding in de toekomst te stimuleren.

ITRD-trefwoorden

0177 - RICHTLIJN ; 2885 - INRICHTING ; 2963 - BESTRATING ; 3623 - VERWERKING ; 3847 - ONDERHOUD ;
4509 - BETONSTRAATSTEEN ; 4792 - GEPREFABRICEERD BETON ; 5255 - VERANDERING ;
9011 - DIMENSIONERING ; 9063 - KWALITEIT

Extra term

TEGEL