



Zelfverdichtend beton (ZVB), een betonsoort die aan het eind van de jaren 80 het licht zag in Japan, begint nu ook langzaam maar zeker de Belgische markt te veroveren. Het veralgemeende gebruik van dit materiaal werd in het verleden echter sterk afgeremd door het gebrek aan specificatieregels en genormaliseerde proeven. Door het verschijnen van een aantal nieuwe normen, werd deze lacune inmiddels opgevuld. Het doel van dit artikel is om het voorschrijven van ZVB in kaart te brengen en te vergemakkelijken en dit in functie van de beoogde toepassing.

# Zelfverdichtend beton voorschrijven

↳ V. Dieryck, ir., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium Betontechnologie, WTCB  
P. Van Itterbeeck, dr. ir.-arch., projectleider, laboratorium Structures, WTCB

## 1 NIEUWE AANGEPASTE NORMEN

ZVB <sup>(1)</sup> is zodanig vloeibaar dat het louter en alleen onder invloed van zijn eigengewicht, d.w.z. zonder toevoeging van een bijkomende compacteringsenergie, de bekisting kan vullen en verdichten. Hierdoor is het mogelijk om bekistingen met de meest complexe vormen en/of met een grote wapeningsdensiteit te vullen zonder risico op ontmenging. De eigenschappen van een ZVB in verse toestand wijken bijgevolg af van deze van een traditioneel beton en kunnen niet bepaald worden aan de hand van de klassieke methoden (bv. opmeten van de zetmaat (*slump*)). In de in 2010 verschenen normenreeks NBN EN 12350-8 tot -12 werden er een aantal aangepaste proefmethoden opgenomen.

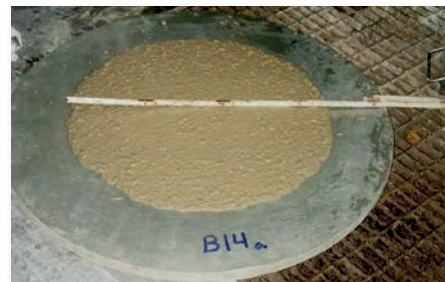
Het voorschrijven (de specificatie), de prestaties en de conformiteit van traditionele betonsoorten maken het onderwerp uit van de norm NBN EN 206-1 [2] en zijn Belgische bijlage, NBN B 15-001 [1]. Vermits de NBN EN 206-9 [3], die specifiek toegespitst is op ZVB, de NBN EN 206-1 vervolledigt, moeten beide documenten steeds samen geconsulteerd worden. Hoewel er nog geen verband is tussen de NBN EN 206-9 en de NBN B 15-001, moeten ook deze samen gebruikt worden.

## 2 KARAKTERISERING VAN EEN ZVB

De eigenschappen van een ZVB in verse toe-



Afb. 1 Meting van de vloeimaat met de Abramskegel (*slump-flow*).



stand kunnen door vier karakteristieken gedefinieerd worden:

- **de beweeglijkheid in een niet-ingesloten omgeving en het vulvermogen**, dit is de capaciteit van een ZVB om vrij de bekisting te vullen enkel door zijn eigengewicht zonder compacteringsenergie en bij het vloeien niet belemmert te worden door de bekisting en/of wapening
- **de schijnbare viscositeit** is de weerstand tegen vloeien eens het vloeien gestart is. Een ZVB met een hoge viscositeit is 'kleveriger', wat een positief effect kan hebben op de ontmengingsweerstand, maar een negatieve invloed kan hebben op de oppervlakte-eigenschappen (vorming van luchtbellen), doordat de aanwezige lucht moeilijk af te voeren is
- **de blokkeringsmaat** (d.i. de beweeglijkheid in een ingesloten milieu). Het gaat hier om het vermogen om zijn plaats in te nemen in enge (bv. sterk gewapende) ruimten, zonder

dat er ontmenging of blokkering optreedt

- **de statische-ontmengingsweerstand** is de stabiliteit ten opzichte van de ontmenging van de granulaten. Deze weerstand wordt een belangrijke parameter bij een ZVB met een hoge beweeglijkheid en/of een lage viscositeit of als de insluitingseigenschappen kunnen leiden tot ontmenging.

Deze karakteristieken kunnen bepaald worden aan de hand van de proeven uit tabel 1. Op basis van deze proefresultaten kunnen er aan de karakteristieken vervolgens consistentieklassen toegekend worden.

## 3 BESCHRIJVING VAN DE PROEFMETHODEN

### 3.1 ABRAMSKEGEL

De norm NBN EN 12350-8 'Vloeimaat' [4] beschrijft de methode om voor een ZVB de blokkering te bepalen aan de hand van de Abramskegel en de tijd  $t_{500}$  (zie afbeelding 1). Het verse beton wordt in een mal gegoten die de vorm heeft van een afgeknotte kegel zonder verdichting. De consistentie van het beton kan geëvalueerd worden aan de hand van de finale vloeimaat in mm (*slump-flow*) en de vloeisnelheid ( $t_{500}$ ) in seconden. De vloeisnelheid komt overeen met de tijd die nodig is voor het beton om een uitspreiding van 500 mm te bereiken. Ze geeft ook een indicatie voor de schijnbare viscositeit van het ZVB. Bij een hoge  $t_{500}$ -waarde

Tabel 1 Proeven voor ZVB en consistentieklassen gekoppeld aan de norm NBN EN 206-9 [3].

Karakteristieken	Proeven	Consistentieklassen
Beweeglijkheid en vloeimaat	Vloeimaat, gemeten met de Abramskegel ( <i>slump-flow</i> ) [4]	SF1, SF2 en SF3
Schijnbare viscositeit	$t_{500}$ -tijd met de Abramskegel [4]	VS1 en VS2
	Trechtertijd ( <i>V-funnel</i> ) [5]	VF1 en VF2
Blokkeringsmaat	L-box [6]	PL1 en PL2
	J-ring [7]	PJ1 en PJ2
Ontmenging	Zeefstabiliteitsproef [8]	SR1 en SR2

<sup>(1)</sup> Franse terminologie: *béton autoplaçant* (BAP) of *béton autocompactant* (BAC); Engelse terminologie *self-compacting concrete* (SCC).



Afb. 2 Vloeibaarheidstest met de V-vormige trechter.

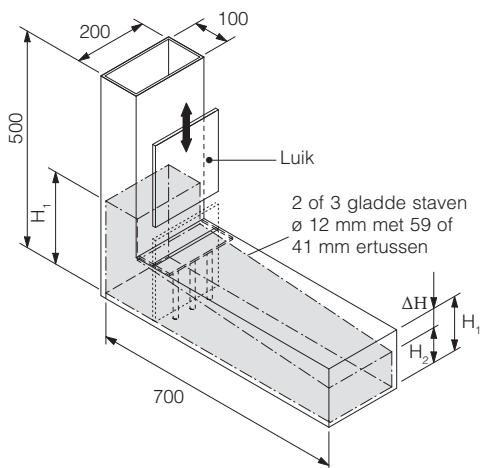
heeft men immers een kleverige massa. Met de vloeimaat (*slump-flow*) kan men ook het vulvermogen van het ZVB evalueren.

### 3.2 TRECHTERTIJD (V-FUNNEL)

De norm NBN EN 12350-9 'Trechtertijd' (*V-funnel*) [5] beschrijft de methode om de doorlooptijd van een ZVB te bepalen langs de opening van een trechter in V-vorm (zie afbeelding 2). Bij deze proef wordt een V-vormige trechter, uitgerust met een luik, gevuld met vers beton. Het luik wordt 10 seconden na het opvullen geopend en de tijd die nodig is om het beton te laten weglopen uit de trechter wordt gemeten en aangeduid als de trechtertijd voor de V-vormige trechter. Deze tijd laat toe om de viscositeit van een ZVB te evalueren. Als de statische-ontmeningsweerstand van het beton zwak is, kan er zich een gedeeltelijke blokkering van granulaten voordoen. Een dergelijke blokkering komt niet voor bij de Abramskegelproef met meting van  $t_{500}$ .

### 3.3 L-BOX

De norm NBN EN 12350-10 'L-box' [6] beschrijft de methode om het vulgehalte van



Afb. 3 Proef met de L-box [mm].

een ZVB te bepalen met behulp van de L-box (zie afbeelding 3). De L-box laat toe om de blokkeringsmaat van een ZVB doorheen ingesloten zones en tussen wapeningsstaven en andere obstakels te evalueren, zonder dat er ontmenging of enige blokkering optreedt. Nadat het verticale deel van de L-vormige doos gevuld is, wordt het luik opengezet en moet het beton langs verschillende verticale wapeningen vloeien voor het kan doorstromen naar het horizontale gedeelte. De hoogten van het betonniveau in het verticale deel en op het einde van het horizontale deel worden gemeten en de verhouding (ratio) van beide vormt de basis voor de classificatie. Deze proef heeft twee varianten ofwel met twee of met drie staven. De blokkeringsmaatklassen PL1 en PL2 komen overeen met deze twee varianten. Het vulgehalte van een ZVB bij een groot aantal armaturen wordt geïllustreerd aan de hand van de proef met drie staven.

### 3.4 ZEEFSTABILITEITSPROEF

De norm NBN EN 12350-11 'Beproeving op ontmenging' [7] beschrijft de methode om de ontmengingsweerstand van een ZVB te bepalen door middel van de zeefstabiliteitsproef. De zeefstabiliteitsproef laat toe om de statische-ontmeningsweerstand (de sedimentering van granulaten wanneer het beton in rust is) van een ZVB te evalueren. Na een rustperiode van 15 minuten wordt het beton in een zeef gestort. De betonhoeveelheid die doorheen de zeef loopt, wordt gemeten en vergeleken met de hoeveelheid die achtergebleven is op de zeef (zie afbeelding 4).

### 3.5 RING

De norm NBN EN 12350-12 'J-ring' [8] beschrijft de methode om de blokkeringsmaat in een ingesloten omgeving te bepalen, wanneer het beton doorheen een ring loopt die onder-



Afb. 4 Zeefstabiliteitsproef.

steund wordt door een rooster van wapeningen (zie afbeelding 5, p. 3). Deze proef kan op twee manieren uitgevoerd worden: met een smal of breed rooster. Zo kunnen er verschillende bewapeningsdichtheiden gesimuleerd worden. Het beton wordt gestort in de Abramskegel die opgenomen is in de norm NBN EN 12350-8 en de ring wordt rond de kegel geplaatst. Vervolgens wordt het hoogteverschil tussen het betonniveau buiten en binnen de ring opgemeten.

## 4 SPECIFICATIE

De norm NBN EN 206-9 [3] vult de NBN EN 206-1 [2] aan en deze moeten dan ook samen gebruikt worden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze twee normen uiteindelijk samengebracht zullen worden in één norm. De norm NBN EN 206-1 beschikt over een Belgische bijlage (de norm NBN B 15-001 [1]) die eveneens geraadpleegd moet worden.

Zoals voor een traditioneel beton, moet het voorschrijven van een ZVB gebeuren aan de hand van enkele **basiseisen** <sup>(2)</sup>:

- de overeenstemming met de normen NBN EN 206-1, NBN B 15-001 en NBN EN 206-9
- de druksterkteklasse
- het gebruiksdomein en de omgevingsklasse
- de vloeimaatklasse SF (zie de norm NBN EN 206-9 voor ZVB)
- de nominale maximale korrelgrootte  $D_{max}$ .

We merken hierbij op dat buiten de vloeimaatklasse (die de consistentieklasse vervangt bij traditioneel beton volgens de norm NBN EN 206-1), de bovenstaande basiseisen volledig dezelfde zijn als deze voor traditioneel beton.

Ze kunnen bovendien aangevuld worden met bepaalde **bijkomende eisen**. Naast de punten die opgenomen zijn in de norm NBN EN 206-1 kunnen (afhankelijk van de toepassing) één of meerdere van de volgende eisen die specifiek zijn voor een ZVB, vermeld worden :

- de schijnbare-viscositeitsklasse VS of VF
- de blokkeringsmaatklasse PL of PJ
- de ontmengingsweerstandsklasse SR

<sup>(2)</sup> Voor het voorschrijven van een traditioneel beton, zie het artikel 'Beton voorschrijven volgens NBN B 15-001 en NBN EN 206-1', WTCB-Dossiers 2006/2.10.





Afb. 5 Test met de ring (J-ring).

- andere eisen zoals de termijn van behoud van consistentie.

Tabel 4 (p. 5) geeft de stappen weer voor de specificatie van een ZVB volgens de normen NBN EN 206-1, NBN B 15-001 en NBN EN 206-9.

## 5 SPECIFIEKE EISEN VOOR EEN ZVB IN VERSE TOESTAND

De specifiek gestelde eisen aan een ZVB in verse toestand zijn sterk afhankelijk van de te beogen toepassing, maar ook van:

- de bekistingsvoorwaarden die verbonden zijn met de afmetingen van het betonelement alsook met het type, de plaatsing en het aantal obstakels (dichtheid, ruimte en insluiting van wapening, eventuele hoeken, ...)
- het uitvoeringsmateriaal (pomp of niet)
- de uitvoeringsmethode (aantal vulplaatsen)
- de afwerkingsmethode.

Zoals reeds hierboven vermeld, is de vloeimaatklasse de enige eis op basis van dewelke een ZVB gespecificeerd dient te worden. Deze eis is echter vaak niet voldoende om een ZVB voor te schrijven in functie van de beoogde toepassing. Zo is de schijnbare viscositeitsklasse ook een bepalende parameter. Een beton kan immers een zeer grote vloeibaarheid vertonen en ver vloeien (*slump flow* klasse SF3); en toch gekenmerkt worden door een lage viscositeit (viscositeitsklasse VF1) ofwel een hoge viscositeit (viscositeitsklasse VF2). In dit laatste geval, zal het beton desondanks het een hoge viscositeit vertoont en dus zeer langzaam vloeit, toch ver vloeien. Tabel 2 illustreert de klassen SF, VS en VF die voor verschillende toepassingen gebruikt kunnen worden bij het voorschrijven van een ZVB. Het is logisch dat er andere klassen (blokkeringsmaat in een ingesloten omgeving en ontmengingsweerstand) gedefinieerd kunnen worden afhankelijk van de specifieke bekistingen, de afmetingen van het element, de uitvoeringsmethode of de eigenschappen van de gebruikte materialen in het beton.

Het is belangrijk dat de betonvoorschrijver en de betonproducent overleg plegen om de parameters van het ZVB te kiezen in functie

van de te beogen toepassing. De verschillende eigenschappen van de verse toestand van een ZVB zijn immers met elkaar verbonden (zie tabel 2). De L-box meet bijvoorbeeld de blokkeringsmaat van het ZVB, hoewel deze afhankelijk is van het vulvermogen. Bij mengsels met een zwakke vulcapaciteit is het risico op een blokkering immers groter.

De vereiste termijn van behoud van consistentie hangt af van de transporttijd en de duur van de uitvoering, alsook van de temperatuur van het beton. Volgens de Belgische Nationale Bijlage van de norm prNBN B15-400 [10] moet de consistentieklasse gedurende minstens 30 minuten behouden blijven na aankomst op de werf of na het mengen in de mixer in het geval er op de werf superplastificeerders toegevoegd worden. In afwachting van de fusie van de normen NBN EN 206-9 en NBN 206-1, alsook van de evolutie van de certificering voor zelfverdichtend beton (zie § 7, p. 4), wordt de beschouwde consistentieklasse in dit geval nog bepaald volgens de norm NBN EN 206-1 (en zijn bijlage NBN B 15-001) en is deze dus gelijk aan de zetmaatklasse S5. Het respecteren van deze termijn is dus geen garantie dat het beton zelfverdichtend blijft gedurende 30 minuten.

## 6 KEUZE VAN KLASSEN AFHANKELIJK VAN DE TOEPASSING

De ZVB-classificatie afhankelijk van de hieronder opgesomde toepassingen, is gebaseerd op het document 'European Guidelines for Self-Compacting Concrete – Specification, Production and Use' [13].

### 6.1 BEWEEGLIJKHEID EN VLOEIMAAT

De vloeimaatklasse is gekoppeld aan **de beweeglijkheid en de vulcapaciteit** van een ZVB in een niet-ingesloten omgeving. De vloeimaatklasse is een basiseis en moet in alle omstandigheden opgegeven worden.

Hieronder volgt een overzicht van vaak voorkomende klassen in bepaalde toepassingen:

- klasse SF1 (lage vulcapaciteit) wordt vaak toegekend:
  - aan betonstructuren die niet of slechts

beperkt gewapend zijn en van bovenaf gebetonneerd worden met een vrije verplaatsing van het vulpunt (vloerplaten in huis)

- aan betonningen met een pomp via injectie (bekleding van tunnels)
- aan ruimten die klein genoeg zijn om een lange horizontale afgelegde weg te vermijden (palen en bepaalde verdiepte funderingen)
- klasse SF2 (gemiddelde vulcapaciteit) wordt toegekend aan meerdere courante toepassingen (betonwanden, palen, ...)
- klasse SF3 (hoge vulcapaciteit) wordt toegekend aan verticale toepassingen in structuren met complexe vormen of met een hoge wapeningsdichtheid. Ze wordt gewoonlijk geproduceerd met granulaten met een kleine maximale diameter (kleiner dan 16 mm) en geeft vaak een betere oppervlaktekwaliteit dan de klasse SF2 voor verticale oppervlakken. Voor deze klasse is de ontmengingsweerstand echter moeilijker te controleren.

### 6.2 VISCOSITEIT

Een ZVB met een hoge **viscositeit** gaat traag vooruit gedurende een lange periode. Een hoge viscositeitsklasse kan handig zijn om de druk op de bekisting te verminderen of om de segregatieweerstand te verbeteren. Een lage viscositeitsklasse kan interessant zijn wanneer een betere staat van het oppervlak gewenst is of wanneer de dichtheid van de armaturen een rol speelt. De viscositeitsklasse kan in de volgende gevallen gespecificeerd worden:

- de klasse VS1/VF1 (lage viscositeit) heeft een goede vulcapaciteit en dit zelfs bij sterk gewapende ruimten. Het ZVB heeft dan meestal een betere oppervlakteafwerking, maar is wel vatbaarder voor bleeding en ontmenging
- de klasse VS2/VF2 (gemiddelde tot hoge viscositeit) kan thixotropisch gedrag vertonen met langere vloeitijden, wat interessant kan zijn om de druk op de bekisting te verminderen of de ontmengingsweerstand te verbeteren. Een nadeel binnen deze klasse kan een oppervlakteafwerking van mindere kwaliteit (luchtbellen) zijn.

Tabel 2 Voorbeeld van het voorschrijven van een ZVB voor verschillende toepassingen (bron: The European Guidelines for Self-Compacting Concrete – Specification, Production and Use [13]).

Schijnbare-viscositeits-klasse	Vloeimaatklasse		
	SF1	SF2	SF3
VS2 VF2	HELLINGEN		
VS1 of VS2 VF1 of VF2	MUREN EN PIJLERS		HOGE EN SLANKE ELEMENTEN
VS1 VF1	VLOEREN EN VLOERPLATEN		

Tabel 3 Specificatievoorbeelden.

1 Een binnenwand uit ZVB met een dikte van 20 cm en een lage wapeningsdichtheid	
Sterkteklasse	C25/30
Toepassingsdomein	gewapend beton
Omgevingsklasse	EI
Consistentieklasse	SF2
D <sub>max</sub>	14
Aanvullende eis	verpompbaar ZVB, viscositeitsklasse VS2
2 Een vloerplaat binnen uit ZVB met een dikte van 15 cm	
Sterkteklasse	C30/37
Toepassingsdomein	gewapend beton
Omgevingsklasse	EE2
Consistentieklasse	SF2
D <sub>max</sub>	20
Aanvullende eis	verpompbaar ZVB, viscositeitsklasse VS1
3 Een balk uit ZVB met een hoge wapeningsdichtheid	
Sterkteklasse	C30/37
Toepassingsdomein	gewapend beton
Omgevingsklasse	EI
Consistentieklasse	SF2
D <sub>max</sub>	afhankelijk van de kleinste ruimte tussen de armaturen volgens de bijlage P van de norm NBN B15-001
Aanvullende eis	verpompbaar ZVB, viscositeitsklasse VS1, blokkeringsmaatklasse PL2

### 6.3 BLOKKERINGSMAAT

De **blokkeringsmaat** is gekoppeld aan de capaciteit van het mengsel om zich in verse toestand voort te bewegen zonder verlies aan homogeniteit of zonder een blokkering te veroorzaken in ingesloten zones en smalle openingen (bv. sterk gewapende ruimten). Bij het definiëren van de blokkeringsmaat moet er rekening gehouden worden met de wapeningsdichtheid.

De bepalende afmeting (blokkeringsinterval) is de kleinste afstand tussen de wapeningen, waar het ZVB zich op een continue manier doorheen moet bewegen om de bekisting gevuld te krijgen.

Voorbeelden van specificaties van de blokkeringsmaat zijn de volgende:

- de klasse PL1/PJ1 voor structuren met een blokkeringsinterval van 80 tot 100 mm

- de klasse PL2/PJ2 voor structuren met een blokkeringsinterval van 60 tot 80 mm.

Wanneer de wapeningsdichtheid zwak is (ruimte tussen de wapeningen is groter dan 100 mm of, in het geval van dunne vloerplaten, groter dan 80 mm), is het niet noodzakelijk om de blokkeringsmaat te specificeren als een aanvullende eis. Voor complexe structuren met een blokkeringsinterval kleiner dan 60 mm, kunnen specifieke testen op ware grootte noodzakelijk blijken.

### 6.4 ONTMENGINGSWEERSTAND

De stabiliteitswaarde op de zeef (zie § 3.4, p. 2), die de statische **ontmengingsweerstand** beschrijft, is fundamenteel om de homogeniteit en kwaliteit van het ZVB ter plaatse te bepalen. De stabiliteit wordt belangrijker naarmate de beweeglijkheid van het ZVB stijgt en

de viscositeit vermindert. ZVB kan een dynamische ontmenging ondergaan bij de uitvoering of een statische ontmenging na de voornoemde uitvoering, maar vóór de verharding. Aangezien er geen genormaliseerde proef bestaat voor de bepaling van de weerstand tegen dynamische ontmenging, bestaat er ook geen klasse die deze weerstand kan bepalen. De statische ontmenging zal negatieve gevolgen hebben op grote elementen, maar ook op dunne vloerplaten en kan oppervlaktegebreken veroorzaken zoals broosheid of scheuren. Stabiliteit wordt een belangrijkere parameter wanneer de vloeimaatklassen hoog zijn en/of de viscositeitsklassen laag. Bovendien zijn er ook omstandigheden tijdens de uitvoering die ontmenging in de hand werken waarmee rekening gehouden moet worden.

Klasse SR1 (aangepaste weerstand tegen statische ontmenging) wordt meestal toegepast op dunne vloerplaten en kan ook gebruikt worden in verticale toepassingen met een maximale afgelegde afstand van 5 m en een blokkeringsinterval groter dan 80 mm.

Klasse SR2 (goede weerstand tegen statische ontmenging) is beter aangepast aan verticale toepassingen als de maximale afgelegde afstand groter is dan 5 m met een blokkeringsinterval groter dan 80 mm of als de afgelegde afstand kleiner is dan 5 m met een blokkeringsinterval kleiner dan 80 mm.

## 7 CERTIFICERING

Het toepassingsreglement TRA 550 'Beton', dat de toepassing van de BENOR-certificatie beschrijft, heeft betrekking op de normen NBN EN 206-1 en NBN B 15-001. De certificatie van BENOR-betonsoorten bevat dus nog niet de zelfverdichtende eigenschappen van het beton. Een volgende stap in het proces is de uitbereiding hiervan. In afwachting hiervan en om zelfverdichtend beton toch te kunnen laten leveren onder het BENOR-merk (zoals traditioneel beton), dient de consistentieklasse S5 gespecificeerd te worden (afzakkingsklasse volgens de normen NBN EN 206-1 en NBN B 15-001). Het is eveneens aanbevolen in de bijkomende eisen te vermelden dat het beton zelfverdichtend moet zijn (ZVB), alsook de eventuele eisen voor andere consistentieklassen (viscositeit, ontmengingsweerstand, ...). ■

Tabel 4 Algemene voorschriften voor de specificatie van ZVB.

Basisgegevens A: keuze van de sterkteklasse C $f_{ck,cyl}/f_{ck,cub}$ (1) (2)									
Klasse	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105	C100/115	/	/
Basisgegevens B1: keuze van het gebruiksdomein									
OB	Ongewapend beton (toegelaten chloridegehalte ten opzichte van de cementmassa $\leq 1,0$ % Cl)								
GB	Gewapend beton (toegelaten chloridegehalte ten opzichte van de cementmassa $\leq 0,4$ % Cl)								
VB	Voorgespannen beton (toegelaten chloridegehalte ten opzichte van de cementmassa $\leq 0,2$ % Cl)								
Basisgegevens B2: keuze van de omgevingsklasse									
Klasse	Beschrijving					OB Minimale sterkte- klasse	GB/VB Minimale sterkte- klasse		
E0	Niet schadelijk (enkel van toepassing op ongewapend beton)					C12/15	Niet van toepassing		
E1	Binnenomgeving (binnenwanden van woningen of kantoorgebouwen)					C12/15	C16/20		
EE	<i>Buitenomgeving</i>								
EE1	Geen vorst (fundering onder de vorstgrens, ...)					C12/15	C20/25		
EE2	Vorst, maar geen contact met regen (overdekte open garage, kruipruimte, open doorgang in een gebouw, ...)					C25/30	C25/30		
EE3	Vorst en contact met regen (aan regen blootgestelde buitenmuren, ...)					C25/30	C30/37		
EE4	Vorst en dooizouten (delen van verkeersinfrastructuur, ...)					C35/45 C25/30 – A (3)	C35/45 C30/37 – A (3)		
ES	<i>Zeeomgeving</i>								
	Geen contact met zeewater, wel contact met zeelucht (tot 3 km van de kust) en/of met brak water								
ES1	Geen vorst (fundering onder de vorstgrens, blootgesteld aan brak water, ...)					C20/25	C30/37		
ES2	Vorst (buitenmuren van gebouwen in de kuststreek, ...)					C25/30	C30/37		
	Contact met zeewater								
ES3	Ondergedompeld					C25/30	C35/45		
ES4	Getijden- en spatzone (kaaimuren)					C35/45 C25/30 – A (3)	C35/45 C30/37 – A (3)		
EA	<i>Agressieve omgeving (altijd in combinatie met een van de voornoemde omgevingsklassen)</i>								
EA1	Zwak agressieve chemische omgeving					C25/30	C25/30		
EA2	Middelmatig agressieve omgeving					C30/37	C30/37		
EA3	Sterk agressieve chemische omgeving					C35/45	C35/45		
Basisgegevens C: keuze van de vloeimaatklasse									
Klasse	Blokking in mm <sup>a, b</sup>								
SF1	550 tot 650								
SF2	660 tot 750								
SF3	760 tot 850								
Basisgegevens D: keuze van de nominale grootste korrelafmeting D <sub>max</sub>									
D <sub>max</sub> moet gekozen worden uit de volgende reeks: 6 8 10 11 12 14 16 20 22 32 40 45 63									
Aanvullende eisen E									
Eisen met betrekking tot het cementtype, de samenstelling, het verse beton, de uitvoering, het verharde beton. Voorbeelden: HSR-cement, verpompaar beton, LA-cement, bestandheid tegen wateropslorping WAI(0,50), ...									
Klasse van de schijnbare viscositeit									
Klasse	t <sub>500</sub> (s) <sup>a, b</sup>								
VS1	< 2,0								
VS2	≥ 2,0								
Klasse	Relatieve tijd (s) voor de trechtertijdproef <sup>a, b</sup> (V-funnel)								
VF1	< 9,0								
VF2	9,0 tot 25,0								

Klasse van de blokkeringsmaat	
Klasse	Vulgehalte (-) <sup>a</sup>
PL1	≥ 0,80 met 2 wapeningen
PL2	≥ 0,80 met 3 wapeningen
Klasse	Hoogteverschil in J-ringtest (mm) <sup>a, b</sup>
PJ1	≤ 10 met 12 wapeningen
PJ2	≤ 10 met 16 wapeningen
Klasse van de ontmeningsweerstand	
Klasse	Segregatiepercentage (%) <sup>a, b</sup>
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

(<sup>1</sup>)  $f_{ck,cyl}$  = cilinderdruksterkte (N/mm<sup>2</sup>; cilinder met een hoogte van 300 mm en een diameter van 150 mm).  
 $f_{ck,cub}$  = kubusdruksterkte (N/mm<sup>2</sup>; kubus met een zijde van 150 mm).  
(<sup>2</sup>) Bij de keuze van de sterkteklasse dient men rekening te houden met de omgevingsklasse.  
(<sup>3</sup>) – A: beton met toevoeging van luchtbelvormers.

## LITERATUURLIJST

- Bureau voor Normalisatie  
NBN B 15-001 Beton. Eisen, specificaties, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. Nationale aanvulling bij NBN EN 206-1. Brussel, NBN, 2012.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 206-1 Beton. Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. Brussel, NBN, 2001.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 206-9 Beton. Deel 9: Aanvullende regels voor zelfverdichtend beton. Brussel, NBN, 2010.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 12350-8 Beproeving van betonspecie. Deel 8: Zelfverdichtend beton. Vloeimaat. Brussel, NBN, 2010.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 12350-9 Beproeving van betonspecie. Deel 9: Zelfverdichtend beton. Trechtertijd. Brussel, NBN, 2010.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 12350-10 Beproeving van betonspecie. Deel 10: Zelfverdichtend beton. Blokkeringsmaat. L-box. Brussel, NBN, 2010.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 12350-11 Beproeving van betonspecie. Deel 11: Zelfverdichtend beton. Beproeving op ontmenging. Brussel, NBN, 2010.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 12350-12 Beproeving van betonspecie. Deel 12: Zelfverdichtend beton. J-ring. Brussel, NBN, 2010.
- Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 13670 Uitvoering van betonconstructies. Brussel, NBN, 2010.
- Bureau voor Normalisatie  
prNBN B15-400 Uitvoering betonconstructies. Nationale aanvulling bij NBN EN 13670. Brussel, NBN, 2011.
- Cauberg N. en Dieryck V.  
Zelfverdichtend beton: karakterisering en controle op de bouwplaats (wat leren ons de praktische proefmethoden voor vers beton?). Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf. WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 4, 2005.
- De Schutter G., Bartos P.J.M., Domone P. en Gibbs J.  
Self-Compacting Concrete. Caithness (GB), Whittles Publishing, 2008.
- European Project Group  
The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. Specification, Production and Use. Knowle (GB), EPG (BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA, EFNARC), mei 2005.

