

# Praktische gids voor de specificatie van beton

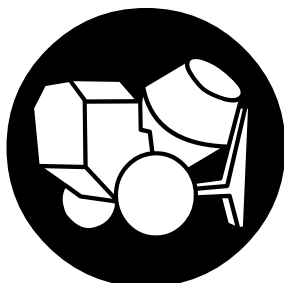


nr. 42

2023

Innovation  
Paper

Dit document werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne 'Beton-mortel-granulaten', gesubsidieerd door de FOD Economie.



**Auteurs:** V. Dieryck en V. Pollet (Buildwise)

**Hebben eveneens hun medewerking verleend aan de opstelling van dit document:** B. de Schrijver (FEDBETON), C. Ployaert (FEDBETON) en O. Rens (ABEF).



# Inhoud

1. BETONSPECIFICATIE IN HET KORT	4
2. DRUKSTERKTEKLASSE VAN BETON	6
3. TOEPASSINGSGEBIED VAN HET BETON	7
4. OMGEVINGSKLASSE VAN HET BETON	8
5. VOORKEURRICTWAARDE VOOR DE ZETMAAT OF CONSISTENTIEKLASSE VAN HET BETON	11
6. NOMINALE GROOTSTE KORRELAFMETING	13
7. AANVULLENDE EISEN	15
7.1 Preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie	15
7.2 Cementtype	16
7.3 Betontype met ingebrachte lucht voor de omgevingsklassen EE3, EE4, ES2 en ES4	18
7.4 Wateropsloppingsklasse	18
7.5 Zichtbeton	19
7.6 Gebruik van gerecycleerde granulaten	19
7.7 Uitvoeringsomstandigheden	20
8. SPECIFICATIE VAN SPECIALE BETONSOORTEN	22
8.1 Zelfverdichtend beton	22
8.2 Vezelbeton	23
9. SPECIFICATIE VAN BETON VOOR BIJZONDERE ELEMENTEN	25
9.1 Beton voor funderingen op geringe diepte	25
9.2 Beton voor speciale geotechnische werken	27
9.3 Betonvloeren voor binnentoepassingen	31
9.4 Beton met een verminderde koolstofvoetafdruk	36
10. VOORBEELDEN VAN GANGBARE BETONSPECIFICATIES	37
LITERATUURLIJST	39



# 1. Betonspecificatie in het kort

Het is zeer belangrijk om de juiste betonspecificaties te vermelden in de lastenboeken en bij de bestelling van het beton om discussies tijdens en na de uitvoering te vermijden. De specificatie van beton moet gebeuren op basis van de Europese norm NBN EN 206 [B11] en zijn Belgische aanvulling, de norm NBN B 15-001 [B5], maar het is niet altijd eenvoudig om hier wijs uit te worden. Dit document wil een leidraad zijn om de specificatie van beton te vergemakkelijken.

Buildwise heeft hiervoor ook een '['BETON'-app](#)' ontwikkeld. Deze app biedt een makkelijke en praktische oplossing om de betonspecificaties correct te bepalen, simpelweg door een aantal vragen te beantwoorden (bv. type element, soort omgeving, manier waarop het beton gestort wordt ...). De app lijst vervolgens alle gegevens op die gespecificeerd moeten worden in het lastenboek en bij de bestelling: omgevingsklasse(n), consistentieklasse, nominale korrelafmeting ... De app is gratis toegankelijk via [betonapp.buildwise.be](#). Deze gids vormt een aanvulling op deze app en bevat meer gedetailleerde informatie over de specificatie van beton.

Er zijn twee manieren om beton te specificeren:

- volgens een welbepaalde samenstelling: de voorschrijver moet zich ervan verzekeren dat de samenstelling in staat is om de verwachte of gevraagde prestaties te bereiken (zowel in verse als verharde toestand) en dat het beton voldoet aan de bovengenoemde normen. Deze methode vereist een grondige kennis van de betontechnologie en van de eigenschappen van de beschikbare materialen. Vandaar dat deze methode afgeraden wordt
- aan de hand van gespecificeerde eigenschappen, in de vorm van gewenste prestatie-eisen. De specificatie van beton aan de hand van gespecificeerde eigenschappen is de enige manier om een beton met het BENOR-keurmerk voor te schrijven<sup>(1)</sup>.

De specificatie van **beton met gespecificeerde eigenschappen** moet de volgende elementen omvatten (te vermelden op de bestelbon):

- een algemene basiseis: 'beton conform de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5]'
- andere basiseisen:
  - de druksterkteklasse (A),
  - het toepassingsgebied (B1)
  - de omgevingsklasse(n) (B2). Het is ook mogelijk is om de relevante milieuklassen te specificeren (maar de voorkeur gaat uit naar de specificatie van de omgevingsklassen)
  - de voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat of de consistentieklasse (C)
  - de nominale grootste korrelafmeting (D)
- eventuele aanvullende eisen (E):
  - het preventieniveau voor de alkali-silicareactie
  - het cementtype (cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten volgens de norm NBN B 12-108 [B3] ...)
  - het gebruik van een luchtbelvormer
  - de wateropslorping door onderdompeling (WAI)
  - het gebruik van gerecycleerde granulaten
  - het behoud van consistentie (TCz, waarbij z de duur is van het behoud van consistentie, uitgedrukt in minuten)
  - de verpompbaarheid van het beton en, indien nodig, de lengte van de giek en van de toegevoegde buizen ...
  - de overeenstemming met bijlage D van de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001 in het geval van beton voor speciale geotechnische werken.

Tabel 1 (p. 5) geeft een overzicht van de te volgen stappen bij de specificatie van beton. Deze worden in de volgende hoofdstukken verder toegelicht.

<sup>(1)</sup> Het BENOR-keurmerk is een vrijwillig kwaliteitsmerk. Betonsoorten waarvan de prestaties gespecificeerd zijn volgens de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B15-001 [B5], kunnen een BENOR-certificatie van de derde partij, BE-CERT, krijgen op basis van het toepassingsreglement TRA 550 [B1]. Het BENOR-merk heeft betrekking op de opgegeven eigenschappen tot op het moment van het storten op de werf.

Tabel 1 Algemene voorschriften voor de specificatie van beton.

Beton conform de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5]								
Basiseisen A: keuze van de sterkteklasse $C_{f_{ck,cyl}}/f_{ck,cube}$ <sup>(1) (2)</sup>								
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
Basiseis B1: keuze van het toepassingsgebied								
OB	Ongewapend beton (toegelaten chloridegehalte ten opzichte van de cementmassa $\leq 1,00$ %)							
GB	Gewapend beton (toegelaten chloridegehalte ten opzichte van de cementmassa $\leq 0,40$ %)							
VB	Voorgespannen beton (toegelaten chloridegehalte ten opzichte van de cementmassa $\leq 0,20$ %)							
Basiseis B2: keuze van de omgevingsklasse								
Klasse	Beschrijving						OB Minimale sterkteklasse	GB/VB Minimale sterkteklasse
Niet-agressieve omgeving								
E0	(afwerkbeton)						C12/15	Niet van toepassing
Droge binnenomgeving								
EI	(binnenwanden van woningen en kantoorgebouwen)						C12/15	C16/20
Vochtige binnen- of buitenomgeving								
EE1	Geen vorst (fundering onder vorstgrens, permanent ondergedompeld beton ...)						C12/15	C20/25
EE2	Vorst, maar geen contact met regen (kruipruimte, overdekte doorgang in het gebouw ...)						C25/30	C25/30
EE3	Vorst en contact met regen (buitenmuren of horizontale buitenoppervlakken die in contact komen met regen en/of opspattend water ...)						C30/37 C20/25 <sup>(3)</sup>	C30/37 C25/30 <sup>(3)</sup>
EE4	Vorst en doozouten (delen van de weginfrastructuur, parkings die blootgesteld zijn aan vorst of buitenoppervlakken die in contact komen met doozouten ...)						C35/45 C25/30 <sup>(3)</sup>	C35/45 C30/37 <sup>(3)</sup>
Zeeomgeving								
ES1	Contact met zeelucht (tot 3 km van de kust) of brak water – zonder vorst (funderingen onder de vorstgrens die blootgesteld zijn aan brak water ...)						C20/25	C30/37
ES2	Contact met zeelucht (tot 3 km van de kust) of brak water – met vorst (buitenmuren of horizontale buitenoppervlakken die in contact komen met regen in kustgebieden ...)						C30/37 C20/25 <sup>(3)</sup>	C30/37 C25/30 <sup>(3)</sup>
ES3	Contact met zeewater – ondergedompelde elementen						C25/30	C35/45
ES4	Contact met zeewater – elementen in de getijden- of spatzone (kaaimuren ...)						C35/45 C25/30 <sup>(3)</sup>	C35/45 C30/37 <sup>(3)</sup>
Chemisch agressieve omgeving (altijd in combinatie met één van de bovengenoemde omgevingsklassen)								
EA1	Zwakke chemische agressiviteit						C25/30	C25/30
EA2	Middelmatige chemische agressiviteit						C30/37	C30/37
EA3	Sterke chemische agressiviteit						C35/45	C35/45
Basiseis C: keuze van de voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat								
					Toepassingsvoorbeelden			
S20					beton uitgevoerd met een glijbekistingsmachine			
S70					betonverharding uitgevoerd met een trilbalk			
S120					beton voor trappen, hellende uitvoering van beton ...			
S150					(getrilde) balken			
S180					vloeren ( <i>laser screed</i> ), muren, kolommen, (licht getrilde) balken			
S210					beton voor vloeren, druklagen, funderingszolen			
Basiseis D: keuze van de nominale grootste korrelafmeting [mm]								
6	8	10	11	12	14	20	22	32
Aanvullende eisen E								
Maatregelen ter preventie van de alkali-silicareactie (ASR): preventieniveau (PREV)								
PREV1	Bouwelementen waarbij de gevolgen van de ASR zeer beperkt zijn (ongewapend beton, met een coating bekleed beton)							
PREV2 (bij ontstentenis)	Bouwelementen waarbij de gevolgen van de ASR weinig aanvaardbaar zijn (bv. constructief beton)							
PREV3	Bouwelementen waarbij de gevolgen van de ASR niet aanvaardbaar zijn (bv. infrastructuurwerken)							
Al dan niet verpompt beton (lengte van de giek en van de toegevoegde buizen)								
Luchtgehalte in betonspecie van maximaal 3,0 % voor voorgedraaide of gepolierde vloeren								
TCz waarbij z staat voor de duur van het behoud van consistentie in minuten – TZ30 (bij ontstentenis)								
Gecertificeerd duurzaam beton – CO <sub>2</sub> -reductie: niveau 1, 2, 3 of 4 (CSC-certificering) <sup>(4)</sup>								
Andere voorbeelden: wateropsloping door onderdompeling WAI, cementtype (bv. cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten volgens de norm NBN B 12-108 [B3]), een groter cementgehalte dan voorzien voor de omgevingsklassen, beton met ingebrachte lucht, een lagere chloridegehalteklasse dan degene die van toepassing is, gerecycleerde granulaten, beton voor paalfunderingen/diepwanden conform bijlage D van de norm NBN EN 206 [B11] ...								
<sup>(1)</sup> $f_{ck,cyl}$ = cilinderdruksterkte [N/mm <sup>2</sup> ] (bekomen op een cilinder met een hoogte van 300 mm en een diameter van 150 mm).								
<sup>(2)</sup> $f_{ck,cube}$ = kubusdruksterkte [N/mm <sup>2</sup> ] (bekomen op een kubus met een zijde van 150 mm).								
<sup>(3)</sup> Bij de keuze van de sterkteklasse moet men rekening houden met de omgevingsklasse.								
<sup>(4)</sup> Beton met ingebrachte lucht.								
<sup>(4)</sup> Certificering die niet gedekt wordt door het BENOR-merk.								

## 2. Druksterkteklasse van beton

De sterkteklasse van beton wordt gekozen uit de 16 klassen die opgenomen zijn in tabel 1 (p. 5).

Elke klasse wordt aangeduid met de letter C, gevolgd door de karakteristieke druksterkte op een cilinder en op een kubus:

$$Cf_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$$

(C25/30, C30/37 ...).

Beide getallen zijn belangrijk:  $f_{ck,cyl}$  wordt gebruikt om de betonconstructie te berekenen (op cilinders met een diameter van 150 mm en een hoogte van 300 mm); terwijl  $f_{ck,cube}$  dient om de kwaliteit te controleren (de kubussen met een ribbe van 150 mm zijn couranter in gebruik). De karakteristieke druksterkte, uitgedrukt in MPa of N/mm<sup>2</sup>, is het resultaat van de statistische analyse van een reeks drukproefresultaten. Voor een bepaald beton wordt deze gedefinieerd als de minimale sterkte waarde die na 28 dagen door 95 % van alle mogelijke sterktemetingen voor het beton in kwestie behaald wordt (95 % fractiel). In specifieke gevallen (bv. bij massieve constructies) kan de karakteristieke druksterkte voor een andere leeftijd dan 28 dagen gespecificeerd worden. De druksterkteklasse wordt dan aangevuld met de overeenkomstige leeftijd, uitgedrukt in dagen (bv. C30/37 (56 d)).

Deze sterkteklassen zijn van toepassing op normaal en zwaar beton. Voor licht beton worden andere druksterkteklassen gebruikt, aangeduid met de letters LC in plaats van C.

De sterkteklasse wordt bepaald door de ontwerper op basis van de toegelaten hypothesen van het project. We merken op dat de rekenregels van Eurocode 2 [B6] van toepassing zijn op beton met een sterkteklasse gaande tot C90/105. Gezien het feit dat de hoogste druksterkteklasse C100/115 is, hebben de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B15-001 [B5] geen betrekking op ultrahogesterktebeton (UHSB), dat gekenmerkt wordt door een gemiddelde druksterkte van meer dan 120 MPa na 28 dagen.

In de norm NBN B 15-001 [B5], bestaat er een verband tussen de omgevingsklasse (zie hoofdstuk 4, p. 8) en de minimale sterkteklasse. Om de duurzaamheid (chemische weerstand, vorstweerstand, weerstand tegen wapeningscorrosie) te waarborgen, kunnen er omgevingsklassen opgelegd worden die leiden tot betontypes met hogere sterkteklassen. Als er een beton gebruikt wordt met een hogere sterkteklasse dan deze voorzien bij de dimensionering, dient deze aangepast te worden (berekening van de minimale wapening en scheuropeningen).

# 3. Toepassingsgebied van het beton

Het toepassingsgebied bepaalt of het beton ongewapend, gewapend of voorgespannen is. Dit onderscheid is essentieel aangezien ongewapend beton aan minder aantastingsmechanismen onderworpen is dan gewapend of voorgespannen beton. De minimale eisen voor ongewapende betonconstructies hebben enkel betrekking op constructies die geen staal bevatten dat onderhevig is aan corrosie (wapeningen, staalvezels, verankeringen ...).

Bij de bepaling van het toepassingsgebied wordt impliciet het maximaal toegestane chloridegehalte gedefinieerd. De norm NBN B 15-001 [B5] legt de toegestane maximumgrens in België vast op 1,00 % Cl<sup>-</sup> in ongewapend beton, 0,40 % Cl<sup>-</sup> in gewapend beton en 0,20 % Cl<sup>-</sup> in voorgespannen beton en dit telkens in verhouding tot de cementmassa in het beton (rekening houdend met eventuele toevoegsels).

Een lagere chloridegehalteklasse (klasse Cl 0,20 voor gewapend beton) is aanbevolen in chloriderijke omgevingen.

Chloriden zijn voornamelijk aanwezig in cement, hulpstoffen of granulaten. In gewapend of voorgespannen beton kunnen ze aanleiding geven tot 'wapeningscorrosie geïnitieerd door chloriden'.

Het beperken van het totale chloridegehalte is dus van cruciaal belang. Het is bijgevolg verboden om calciumchloride of op chloriden gebaseerde hulpstoffen toe te voegen aan gewapend of voorgespannen beton.

# 4. Omgevingsklasse van het beton

De omgevingsklasse verwijst naar de omgeving waaraan het beton blootgesteld zal worden. Een betonelement in een binnenomgeving moet aan minder strenge duurzaamheidseisen beantwoorden dan wanneer het zich in een buitenomgeving bevindt.

De norm NBN B 15-001 [B5] definieert verschillende omgevingen die vaak voorkomen in België. Deze worden 'omgevingsklassen' genoemd en aangeduid met de letter E (afgeleid van het Engelse *environment*) gevolgd door een I, E, S of A (*interior, exterior, sea of aggressive*) en eventueel een getal dat de omgeving nauwkeuriger beschrijft. De norm voorziet 13 omgevingsklassen (zie tabel 1, p. 5). Meestal volstaat de specificatie van één enkele omgevingsklasse, behalve in chemisch agressieve omgevingen (EA). In dat geval moet er een tweede omgevingsklasse opgegeven worden. Zo moet men voor een zwak agressieve buitenomgeving met risico op vorst zonder contact met regen, bv. de omgevingsklassen EA1 en EE2 opgeven. In dit geval gelden de strengste eisen van beide omgevingsklassen (minimaal cementgehalte en maximale water-/cementverhouding).

Per omgevingsklasse worden er **duurzaamheidseisen** geformuleerd voor de drie toepassingsgebieden. Deze duurzaamheidseisen vertalen zich in een betontype, eventueel aangevuld met andere eisen.

Een betontype is een specifieke combinatie van de volgende duurzaamheidseisen:

- maximale water-cementfactor. Dit geeft de verhouding weer tussen het effectieve watergehalte in de betonspecie en het cementgehalte. Het effectieve watergehalte is gelijk aan het totale watergehalte, verminderd met het gehalte dat geabsorbeerd wordt door de granulaten
- minimaal cementgehalte. Dit gehalte houdt rekening met de eventuele aanwezigheid van toevoegsels van het type II (vliegassen, hoogovenslakken ...) onder bepaalde voorwaarden volgens de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5]
- minimale druksterkteklasse. Een hogere klasse dan deze vereist voor de stabiliteit van het bouwwerk kan hier dus noodzakelijk zijn. Voor een industriële buitenvloer of een brugstoep, is bijvoorbeeld een minimale druksterkteklasse C30/37 (in het geval van beton met ingebrachte lucht) of C35/45 vereist voor een omgevingsklasse EE4 (zie tabel 1, p. 5)
- minimaal/maximaal luchtgehalte (indien van toepassing).

Het betontype wordt aangeduid met het symbool T, gevolgd door een getal dat verwijst naar de maximaal toegelaten water-cementfactor en eventueel door de letter A (van het Engelse *air*) in het geval van een opgelegd minimaal/maximaal luchtgehalte. De norm voorziet tien betontypes (zie tabel 2, p. 9).

Voor de klassen EE3, EE4, ES2 en ES4 zijn er twee betontypes mogelijk, namelijk één met en één zonder ingebrachte lucht. In de aanvullende eisen moet vermeld worden of een beton van het type A (met ingebrachte lucht) gewenst is.



**Tabel 2** Duurzaamheidseisen voor ongewapend beton (OB), gewapend beton (GB) en voorgespannen beton (VB) volgens de geldende normen.

Klasse	Beschrijving	Ingebrachte lucht	OB = ongewapend beton			GB = gewapend beton of VB = voorgespannen beton				
			Beton-type	Minimale druksterkte-klasse	Minimaal cement-gehalte [kg/m <sup>3</sup> ]	Max. water-/cement-verhouding	Beton-type	Minimale druksterkte-klasse	Minimaal cement-gehalte [kg/m <sup>3</sup> ]	Max. water-/cement-verhouding
<b>Niet-agressieve omgeving</b>										
E0	Niet-agressieve omgeving	–	T(1,00)	C12/15	–	1,00	–	–	–	–
<b>Droge binnenomgeving</b>										
EI	Droge binnenomgeving	–	T(1,00)	C12/15	–	1,00	T(0,65)	C16/20	260	0,65
<b>Vochtige binnen- of buitenomgeving</b>										
EE1	Geen vorst	–	T(1,00)	C12/15	–	1,00	T(0,60)	C20/25	280	0,60
EE2	Vorst, geen contact met regen of opspattend water	–	T(0,55)	C25/30	300	0,55	T(0,55)	C25/30	300	0,55
EE3	Vorst, contact met regen of opspattend water	zonder ingebrachte lucht met ingebrachte lucht	T(0,50) T(0,55)A	C30/37 C20/25 <sup>(1)</sup>	320 300	0,50 0,55	T(0,50) T(0,50)A	C30/37 C25/30 <sup>(2)</sup>	320 320	0,50 0,50
EE4	Vorst en dooizouten	zonder ingebrachte lucht met ingebrachte lucht	T(0,45) T(0,50)A	C35/45 C25/30 <sup>(2)</sup>	340 320	0,45 0,50	T(0,45) T(0,45)A	C35/45 C30/37	340 340	0,45 0,45
<b>Zeeomgeving</b>										
ES1	Contact met zeelucht (tot 3 km van de kust of brak water) – geen vorst	–	T(0,60)	C20/25	280	0,60	T(0,50)	C30/37	320	0,50
ES2	Contact met zeelucht (tot 3 km van de kust of brak water) – vorst	zonder ingebrachte lucht met ingebrachte lucht	T(0,50) T(0,55)A	C30/37 C20/25 <sup>(1)</sup>	300 300	0,55 0,55	T(0,50) T(0,50)A	C30/37 C25/30 <sup>(2)</sup>	320 320	0,50 0,50
ES3	Contact met zeewater – ondergedompelde elementen	–	T(0,55)	C25/30	300	0,55	T(0,45)	C35/45	340	0,45
ES4	Contact met zeewater – getijden- en spatzone	zonder ingebrachte lucht met ingebrachte lucht	T(0,45) T(0,50)A	C35/45 C25/30 <sup>(2)</sup>	340 320	0,45 0,50	T(0,45) T(0,45)A	C35/45 C30/37	340 340	0,45 0,45
<b>Chemische agressiviteit (te combineren met een andere omgevingsklasse)</b>										
EA1	Zwak chemisch agressieve omgeving		T(0,55)	C25/30	300	0,55	T(0,55)	C25/30	300	0,55
EA2	Middelmatig chemisch agressieve omgeving		T(0,50)	C30/37	320	0,50	T(0,50)	C30/37	320	0,50
EA3	Sterk chemisch agressieve omgeving		T(0,45)	C35/45	340	0,45	T(0,45)	C35/45	340	0,45
<sup>(1)</sup> Max. sterkteklasse C25/30. <sup>(2)</sup> Max. sterkteklasse C30/37.										

In het geval van een chemisch agressieve omgeving zal men een bijkomende omgevingsklasse EA1, EA2 of EA3 moeten specificeren in functie van de aard van de chemische agressiviteit (zie tabel 3). Deze tabel vermeldt voor elke klasse de grenswaarden in functie van de zuurtegraad en van het ionengehalte van de agressieve stoffen die kunnen inwerken op het beton.

**Tabel 3** Grenswaarden voor de omgevingsklassen met chemische aantasting door natuurlijke grond en grondwater (zie tabel 2 uit de norm NBN EN 206 [B11]).

Chemische eigenschap	Referentie-proefmethode	EA1	EA2	EA3
<b>Grondwater</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	EN 196-2 [B10]	≥ 200 en ≤ 600	> 600 en ≤ 3.000	> 3.000 en ≤ 6.000
pH	ISO 4316 [O1]	≤ 6,5 en ≥ 5,5	≤ 5,5 en ≥ 4,5	< 4,5 en ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> -agressief [mg/l]	EN 13577 [B19]	≥ 15 en ≤ 40	> 40 en ≤ 100	> 100 tot verzadiging
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	ISO 7150-2 [O2]	≥ 15 en ≤ 30	> 30 en ≤ 60	> 60 en ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> [mg/l]	EN ISO 7980 [B22]	≥ 300 en ≤ 1.000	> 1.000 en ≤ 3.000	> 3.000 tot verzadiging
<b>Ondergronden</b>				
Totaal SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/kg] <sup>(1)</sup>	EN 196-2 <sup>(2)</sup> [B10]	≥ 2.000 en ≤ 3.000 <sup>(3)</sup>	> 3.000 <sup>(3)</sup> en ≤ 12.000	> 12.000 en ≤ 24.000
Zuurtegraad volgens Baumann-Gully [ml/kg]	EN 16502 [B21]	> 200	Niet aangetroffen in de praktijk	
<sup>(1)</sup> Kleigrond met een doorlaatbaarheid kleiner dan 10 <sup>-5</sup> m/s mag in een lagere klasse geplaatst worden. <sup>(2)</sup> De proefmethode schrijft de extractie voor van SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> door middel van zoutzuur. Als alternatief mag de extractie met behulp van water toegepast worden, indien daar ervaring mee is op de plaats waar het beton gebruikt wordt. <sup>(3)</sup> Indien er gevaar bestaat voor de opeenhoping van sulfaationen in het beton ten gevolge van nat-/droogwisselingen of capillaire opzuiging, moet de grenswaarde verlaagd worden van 3.000 mg/kg tot 2.000 mg/kg.				

Vanaf een sulfaationenconcentratie van meer dan 600 mg/l in water of 3.000 mg/kg in de bodem (of 2.000 mg/kg bij ophopingsgevaar), is het van essentieel belang om een cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten overeenkomstig de norm NBN B 12-108 [B3] te gebruiken, of een combinatie van cement en gemalen gegraneerde hoogovenslakken overeenkomstig de ATG 'gemalen gegraneerde hoogovenslakken – LMA' (dat minimaal 66 % slakken bevat) of een cement met een bewezen hoge sulfaatbestandheid. Dit moet gepreciseerd worden bij de aanvullende eisen (E).

Vanaf een bepaalde graad van agressiviteit en in het geval van herhaalde aantastingen (stromend water), kunnen er beschermingsmaatregelen voor het beton nodig blijken: het aanbrengen van een beschermingsbekleding, een grotere betondekking ...

De normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5] laten ook toe om een beton voor te schrijven aan de hand van de milieuklassen. In de norm NBN EN 206 worden ze gedefinieerd op basis van het aantastingsmechanisme waaraan het beton blootgesteld kan worden (vorst-/dooicycli met of zonder dooizouten, chemische aantasting en, indien er een wapening aanwezig is, corrosie geïnitieerd door carbonatatie of chloriden). De norm voorziet 18 milieuklassen, aangeduid met de letter X en aangevuld met een letter die verwijst naar het type aantasting.

Het oordeelkundig voorschrijven van milieuklassen vereist een grotere kennis van betontechnologie dan het voorschrijven van omgevingsklassen. Het is praktischer en sneller om omgevingsklassen te bepalen dan milieuklassen. Daarom beveelt de norm NBN B 15-001 [B5] aan om de duurzaamheidseisen te definiëren in functie van de omgevingsklassen. Tabel 1 (p. 5) geeft voorbeelden van de typische toepassingen per omgevingsklasse.

Beide classificaties zijn nauw met elkaar verbonden, aangezien de duurzaamheidseisen van de omgevingsklassen afgeleid worden van die van de milieuklassen.

# 5. Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat of consistentieklasse van het beton

Om een correcte uitvoering van het verse beton te kunnen garanderen, is het belangrijk om te kiezen voor een betonspecie die over een consistentie (verwerkbaarheid) beschikt die combineerbaar is met de complexiteit en de afmetingen van het te storten element, alsook met de wapeningsdichtheid, de plaatsingswijze en de verdichtingsmethode.

De norm NBN EN 206 [B11] beschrijft drie methoden waarmee men de consistentie van een beton kan bepalen, waarvan de meting met de zetmaat (*slump*) het meest gebruikt wordt (zie afbeelding 1).

De norm vermeldt verschillende consistentieklassen in functie van de gebruikte meetmethode. Vijf zetmaatklassen beschrijven de zetmaat van de betonspecie (S1 tot S5); deze worden weergegeven in tabel 4.



Afb. 1 Meting met de zetmaat (*slump*).

Tabel 4 Zetmaatklassen.

Klasse	Zetmaat volgens de norm NBN EN 12350-2 [B15]
S1	10 tot 40
S2	50 tot 90
S3	100 tot 150
S4	160 tot 210
S5	≥ 220

Meestal worden de klassen S4 of S5 gebruikt, aangezien ze beide een makkelijke plaatsing en een goede verdichting mogelijk maken. Andere klassen kunnen meer aangewezen zijn naargelang van de toepassing, de wapeningsdichtheid, de plaatsingswijze en de verdichtingsmethode. Het risico op ontmenging<sup>(2)</sup> wordt wel groter naarmate de verwerkbaarheid van het beton hoger is. Indien er een zeer hoge verwerkbaarheid vereist is, opteert men best voor een zelfverdichtend beton.

De nieuwe versie van de NBN B 15-001 [B5] voorziet een andere mogelijkheid waarbij de consistentie voorgeschreven wordt met een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat volgens de toepassing (balk, beton voor vloeren ...). De voorkeurrichtwaarde wordt aangeduid met de letter S, gevolgd door een getal dat overeenkomt met de zetmaat, uitgedrukt in mm (zie tabel 5).

Het is aan te raden om op de werf regelmatig de consistentie te beproeven. De controlemethode is immers vrij eenvoudig. Wanneer op het moment van de levering blijkt dat de betonconsistentie niet aan de bestelde klasse beantwoordt en niet gewijzigd kan worden door de toevoeging van water of hulpstoffen onder de verantwoordelijkheid van de betoncentrale, dient het beton geweigerd te worden. Iedere toevoeging van water of hulpstoffen door de aannemer op de werf impliceert namelijk het verlies van het BENOR-merk. De betoncentrale moet er in ieder geval voor zorgen dat de bestelde consistentie gedurende 30 minuten behouden blijft na aankomst op de werf, na de eventuele toevoeging van water en/of hulpstoffen en na hermenging.

**Tabel 5** Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat in functie van de toepassing.

	Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat [mm]	Toepassingsvoorbeelden
S20	20 ± 10	Beton uitgevoerd met een glijbekistingsmachine
S70	70 ± 20	Betonverharding uitgevoerd met een trilbalk
S120	120 ± 30	Beton voor trappen, hellende uitvoering van beton ...
S150	150 ± 30	(Getrilde) balken
S180	180 ± 30	Beton voor vloeren ( <i>laser screed</i> ), muren, kolommen, (licht getrilde) balken
S210	210 ± 30	Beton voor vloeren, druklagen, funderingszolen ...

<sup>(2)</sup> De ontmenging van beton is een verschijnsel waarbij de verschillende componenten gescheiden worden op basis van hun grootte of dichtheid tijdens het verwerken (in de bekisting gieten, blootstelling aan trillingen ...).

# 6. Nominale grootste korrelafmeting

Duurzaam gewapend beton vereist onder meer een wapening die volledig met beton omhuld is en voorzien is van een voldoende dikke betondekking. Deze laag beschermt de wapening tegen corrosie en zorgt voor een goede hechting tussen de wapening en het beton. De granulaten mogen niet te groot zijn zodat de volledige omhulling van de wapening niet in het gedrang komt.

De informatieve bijlage P van de norm NBN B 15-001 [B5] bevat aanbevelingen voor de keuze van de nominale grootste korrelafmeting  $D$  (zie hieronder). De mogelijke korrelafmetingen worden gedefinieerd in de Europese norm NBN EN 12620 [B17] (zie basiseis  $D$  in tabel 1 (p. 5) voor de waarden die beschikbaar zijn op de Belgische markt).

Volgens de nieuwe norm NBN EN 206 [B11] moeten bij de betonspecificatie twee waarden opgegeven worden, zijnde de kleinste toegestane waarde voor  $D$  ( $D_{\text{lower}}$ ) en de grootste toegestane waarde voor  $D$  ( $D_{\text{upper}}$ ). De grootste korrelafmeting van het granulaat dat door de betonproducent gekozen wordt en daadwerkelijk in het beton gebruikt wordt ( $D_{\text{max}}$ ), moet binnen dit interval liggen.

Indien slechts één waarde opgegeven wordt bij de betonspecificatie, laat de norm toe dat de  $D_{\text{max}}$  van het geleverde beton hiervan licht afwijkt. In dat geval komen  $D_{\text{lower}}$  en  $D_{\text{upper}}$  overeen met de volgende equivalente korrelafmetingen, waarbinnen de opgegeven waarde zich moet bevinden:

- 6 en 8
- 10 en 12
- 14 en 16
- 20 en 22.

Als de grootste korrelafmeting buiten deze intervallen valt, moet  $D_{\text{max}}$  gelijk zijn aan de opgegeven waarde.

Wanneer het lastenboek bijvoorbeeld een beton specificeert met  $D = 20$  mm, kan het geleverde beton een  $D_{\text{max}}$  van 20 of 22 mm hebben.

Volgens de norm NBN B 15-001 [B5] (informatieve bijlage P) moeten de grootste korrelafmeting evenals de wapening op een zodanige manier gekozen worden dat:

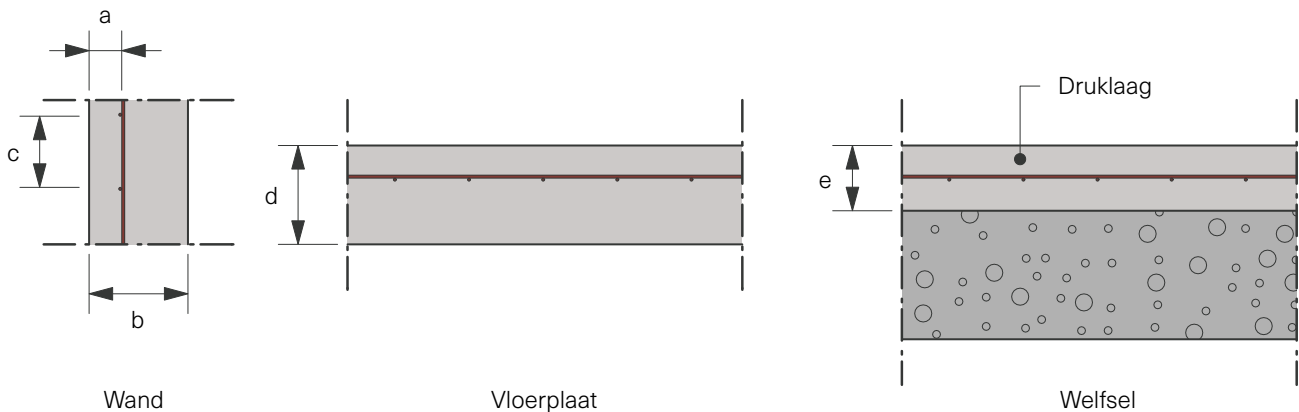
- het beton bij het storten de wapening volledig kan omsluiten
- het beton op een correcte manier verdicht kan worden zonder ontmenging te veroorzaken.

Het is gebruikelijk om te kiezen voor een  $D$  die kleiner is dan:

- $\frac{1}{5}$  van de kleinste afstand tussen de bekistingswanden ( $b$ )
- $\frac{1}{5}$  van de vloerdikte ( $d$ )
- $\frac{3}{4}$  van de kleinste tussenruimte tussen de wapeningsstaven (bij overlapping,  $\frac{3}{2}$  van de kleinste tussenruimte) ( $c$ )
- $\frac{1}{4}$  van de vrije ruimte tussen de langsstaven die gebruikt worden bij in de grond gevormde palen
- $\frac{2}{5}$  van de opstortlaag van een samengestelde vloer ( $e$ )
- de betondekking ( $a$ ).



Afbeelding 2 is een schematische weergave van de informatie uit de norm NBN B 15-001 [B5].



**Afb. 2** Aanbevelingen met betrekking tot de keuze van *D*.

De meest gangbare diameters op de Belgische markt zijn 8, 16, 20 of 32 mm. Voor courante toepassingen is *D* gewoonlijk gelijk aan 20 mm voor gebroken grind en 32 mm voor rolgrind. In het geval van zelfverdichtend beton en hogesterktebeton is *D* beperkt tot 16 mm.

Bij verpompt beton moet men ervoor zorgen dat de voorgestelde grootste korrelafmeting compatibel is met de diameter van de betonpompslang en dat de korrelafmeting indien nodig aangepast wordt.

Indien men een beroep doet op een compacte pomp (citypomp), zal de grootste korrelafmeting 16 mm bedragen. Dit soort pomp wordt vooral gebruikt in stedelijke omgevingen ter vervanging van een standaardpomp in geval van plaatsgebrek (om de benodigde ruimte in te schatten, dient men rekening te houden met de oppervlakte van de vrachtwagen en met zijn wielbasis).

Als er vezels toegevoegd worden, wordt de  $D_{\max}$  van de granulaten beperkt tot 22 mm of 16 mm en dit afhankelijk van het vezeltype en de vezeldosering (zie tabel 6).

Met de hulp van de 'BETON'-app ([betonapp.buildwise.be](https://betonapp.buildwise.be)), kan men makkelijk de nominale grootste korrelafmeting bepalen op basis van het soort element, de afmetingen van het element ... (door onder andere de betondekking van het element te berekenen).

**Tabel 6**  $D_{\max}$  in functie van het vezeltype en de vezeldosering.

Vezeltype	$D_{\max}$ beperkt tot 22 mm	$D_{\max}$ beperkt tot 16 mm
Staalvezels met een $l/d^* \geq 80$	Elke dosering $\leq 20 \text{ kg/m}^3$	Elke dosering $> 20 \text{ kg/m}^3$
Staalvezels met een $l/d < 80$ en $\geq 65$	Elke dosering $\leq 27,5 \text{ kg/m}^3$	Elke dosering $> 27,5 \text{ kg/m}^3$
Staalvezels met een $l/d < 65$	Elke dosering $\leq 35 \text{ kg/m}^3$	Elke dosering $> 35 \text{ kg/m}^3$
Macropolymeervezels	Elke dosering $\leq 5 \text{ kg/m}^3$	Elke dosering $> 5 \text{ kg/m}^3$

\* De  $l/d$ -waarde is de nominale vezellengte gedeeld door de nominale vezeldiameter.

# 7. Aanvullende eisen

Voor bepaalde bijzondere toepassingen kan het nuttig zijn om aanvullende eisen vast te leggen. Deze kunnen betrekking hebben op:

- de keuze van het preventieniveau (PREV), de blootstellingscategorieën (AR) en de preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie
- de samenstelling:
  - het cementtype (bv. cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten conform de norm NBN B 12-108 [B3] in een omgeving met een hoog sulfaatgehalte)
  - het minimale cementgehalte (indien strenger dan hiervoor vermeld)
  - eventueel 'met ingebrachte lucht' voor de omgevingsklassen EE3, EE4, ES2 en ES4
  - het type granulaten
- vers beton: eis dat de gegarandeerde verwerkingstijd groter is dan de standaardwaarde en/of een langere duur van het behoud van consistentie in vergelijking met de standaardtermijn
- de uitvoering: verpompen (het specificeren van de lengte van de giek en van de toegevoegde buizen), levertempo ...
- verhard beton (bv. wateropsloppingsklasse door onderdompeling WAI)
- het esthetische aspect van het beton (zichtbeton volgens de norm NBN B 15-007 [B7], gekleurd beton ...).

## 7.1 Preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie

De term 'alkali-silicareactie' (ASR) omvat een reeks expansieve reacties die kunnen optreden in beton tussen bepaalde granulaatcomponenten (reactieve silicaten) en alkaliën die in het beton aanwezig zijn, afkomstig van de betoncomponenten zelf of die van buitenaf in het beton terechtkomen. De reacties geven aanleiding tot de vorming van expansieve producten, in het bijzonder een alkali-silicagel die water kan absorberen en dus kan opzwellen. Dit veroorzaakt interne trekspanningen in het beton, die leiden tot scheurvorming (zie afbeelding 3). Het risico op het optreden van een alkali-silicareactie en de schadelijke gevolgen ervan worden bepaald door meerdere factoren.



**Afb. 3** Betonconstructie die aangetast is door een alkali-silicareactie.

Eenzijds is de uiteindelijke toepassing van het bouwelement bepalend voor de economische en maatschappelijke impact die de beschadigingen kunnen veroorzaken. Deze factor moet door de voorschrijver vastgesteld worden in de vorm van een **ASR-preventieniveau (PREV)**. Indien de voorschrijver deze informatie niet verstrekt, moet de betonproducent bij ontstentenis uitgaan van het ASR-preventieniveau PREV2. De verschillende niveaus worden gedefinieerd in tabel 7 (p. 17).

Anderzijds is de blootstelling van het bouwelement bepalend voor het verloop en de evolutiesnelheid van de alkali-silicareactie. Deze factor houdt verband met de **ASR-blootstellingscategorie (AR)**. Als deze categorie niet expliciet voorgeschreven is, kan ze afgeleid worden op basis van de milieu- en omgevingsklassen van het beton (zie tabel 7, p. 17). De ASR-blootstellingscategorieën worden eveneens beschreven in tabel 7 en zijn nauw verbonden met de milieu- en omgevingsklassen.

Er moeten geschikte preventiemaatregelen genomen worden in functie van het ASR-preventieniveau (PREV) en van de ASR-blootstellingscategorie (AR) (zie tabel 7, p. 17). Hoe strenger beide parameters zijn, hoe verregaander de maatregelen worden. Voor bepaalde combinaties van het ASR-preventieniveau en de ASR-blootstellingscategorie zijn er evenwel geen preventiemaatregelen nodig.

Bij de betonspecificatie moeten het ASR-preventieniveau (PREV) en de ASR-blootstellingscategorie (AR) vermeld worden in de aanvullende eisen (bv. voor grote gebouwen: PREV3/AR2).

## 7.2 Cementtype

De keuze van het cement (type en sterkteklasse) wordt niet alleen bepaald door de gewenste uiteindelijke sterkte van het beton, maar ook door de klimatologische omstandigheden bij de uitvoering, de blootstelling tijdens het gebruik, de omvang van het element ...

Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden kan een snel of minder snel cementtype vereist zijn. In geval van lage omgevingstemperaturen tijdens de uitvoering (0 tot 5 °C) is het aangewezen om een cementklasse 42,5 R of 52,5 N of R te gebruiken. Bij gemiddelde temperaturen tijdens de uitvoering (5 tot 25 °C) dient men, voor het bekomen van een beton van sterkteklasse C25/30 of hoger, bij voorkeur gebruik te maken van een cement van klasse 42,5. Dergelijke cementsoorten vertonen een redelijk snelle binding en verharding en laten een afwerking binnen een aanvaardbare termijn toe. In geval van hogere temperaturen tijdens de uitvoering (> 25 °C) geeft men de voorkeur aan cementtypes die minder Portlandklinker bevatten om een te snelle binding te vermijden. Indien de gevraagde sterkteklasse van het beton het toelaat, kan men ook gebruikmaken van een cement van klasse 32,5. Verder moet er in deze omstandigheden extra aandacht besteed worden aan de bescherming van het beton tegen uitdroging.

Wanneer de sulfaationenconcentratie hoger is dan 600 mg/l in water of 3.000 mg/kg in de bodem (of 2.000 mg/kg bij ophopingsgevaar), is het van essentieel belang om een cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten volgens de norm NBN B 12-108 [B3] te gebruiken, of een combinatie van cement en gemalen gegraneerde hoogovenslakken overeenkomstig de ATG 'gemalen gegraneerde hoogovenslakken – LMA' (dat minimaal 66 % slakken bevat) of een cement met een bewezen hoge sulfaatbestandheid.

Cementtypes met een hoge bestandheid tegen sulfaten volgens de norm NBN B 12-108 [B3] zijn:

- Portlandcement CEM I-SR 0 en CEM I-SR 3
- hoogovencement CEM III/B-SR en CEM III/C-SR
- composietcement CEM V/A (S-V) HSR
- supersulfaatcement SSC HSR (NBN EN 15743 [B20]).

Als het element regelmatig of permanent bevochtigd wordt, moeten de nodige maatregelen genomen worden om het risico op een alkali-silicareactie te verminderen (zie § 7.1, p. 15).

Bij de uitvoering van massieve betonelementen (dikker dan 50 cm) is het aan te raden om cement met lage hydratatiewarmte (LH – *Low Heat*) te gebruiken om thermische scheurvorming te vermijden.

**Tabel 7** ASR-preventiemaatregelen in functie van de preventieniveaus (PREV) en de ASR-blootstellingscategorïën (AR).

		Blootstellingscategorie AR				
		AR1	AR2	AR3		
		Binnenomgeving, zonder blootstelling aan externe vochtbronnen	Vochtige binnenomgeving en buitenomgeving, ondergedompeld of in contact met niet-agressieve bodem	Vochtige omgeving, blootgesteld aan alkaliën (bv. dooizouten) of aan vochtchommelingen ten gevolge van bevochtigings- en drogingscycli		
		Omgevingsklasse				
		E0, EI	EE1, EE2, EE3, ES1, ES2, ES3, EA1, EA2, EA3	EE4, ES4		
Preventieniveau PREV	PREV1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bouwelementen waarbij <b>de gevolgen van de ASR zeer beperkt en aanvaardbaar zijn</b>. In principe beperkt dit niveau zich tot:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ongewapend beton of gewapend beton met een lage druksterkteklasse en lage duurzaamheidseisen</li> <li>elementen die eenvoudig en met beperkte kost vervangbaar zijn</li> <li>tijdelijke constructies.</li> </ul> </li> <li>Bouwelementen waarbij de voorschrijver andere maatregelen neemt ter preventie van de alkali-silicareactie (bv. het waterdicht maken van het beton). Hij is zich ervan bewust dat het bouwelement een intrinsiek risico inhoudt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ongewapende elementen</li> <li>Vervangbare elementen:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>kleinschalige geprefabriceerde elementen voor weginfrastructuur en -verharding</li> <li>stalroosters</li> <li>geprefabriceerde lineaire elementen (bv. trottoirbanden, watergreppels)</li> <li>...</li> </ul> </li> <li>Beton met beschermende coating</li> <li>Tijdelijke constructies</li> </ul>	Geen	Geen	Geen
	PREV2 (bij ontstentenis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bouwelementen waarbij <b>de gevolgen van de ASR weinig aanvaardbaar zijn</b>.</li> <li>De herstelling of vervanging van aangetaste elementen heeft een niet-verwaarloosbare economische en/of maatschappelijke impact.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Constructief beton</li> <li>Geleideconstructies</li> <li>Ter plaatse gestorte weginfrastructuur</li> <li>Ter plaatse gestorte lineaire elementen (bv. trottoirbanden, watergreppels)</li> <li>Verhardingen uit ter plaatse gestort beton voor wegen met weinig of middelmatig verkeer</li> <li>Grootschalige geprefabriceerde elementen voor verhardingen van wegen met weinig of middelmatig verkeer</li> </ul>	Geen	Maatregel 1, 2, 3 of 4	Maatregel 1, 2, 3 of 4
	PREV3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bouwelementen waarbij <b>de gevolgen van de ASR niet aanvaardbaar zijn</b>.</li> <li>De herstelling of vervanging van aangetaste elementen heeft een belangrijke economische en/of maatschappelijke impact.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Constructief beton voor grote en/of belangrijke bouwwerken (bv. hoogbouw en voetbalstadia)</li> <li>Constructief beton voor infrastructuurwerken (bruggen, tunnels, kaaimuren ...)</li> <li>Verhardingen uit ter plaatse gestort beton voor wegen met intensief verkeer</li> <li>Grootschalige geprefabriceerde elementen voor verhardingen van wegen met intensief verkeer</li> </ul>	Geen	Maatregel 1, 3 of 4	Maatregel 1, 3+ of 4+
<p><b>Mogelijke maatregelen</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Gebruik van granulaten waarvan de niet-reactiviteit geattesteerd is.</li> <li>Gebruik van een LA-cement volgens de norm NBN B 12-109 [B4] zonder berekening van een alkalibalans.</li> <li>Beperking van het alkaligehalte van het beton tot een vastgelegde waarde (alkalibalans).</li> <li>Maatregel 3 met strengere eisen.</li> <li>Uitvoering van een zwelproef om de bestandheid van de betonsamenstelling tegen de alkali-silicareactie te bevestigen.</li> <li>Maatregel 4 met strengere eisen.</li> </ol>						

## 7.3 Betontype met ingebrachte lucht voor de omgevingsklassen EE3, EE4, ES2 en ES4

Voor de omgevingsklassen EE3, EE4, ES2 en ES4 zijn telkens twee betontypes mogelijk, namelijk met of zonder ingebrachte lucht. Indien de voorschrijver een beton met ingebrachte lucht wenst, moet hij dit vermelden in de aanvullende eisen. We willen erop wijzen dat beton met ingebrachte lucht niet gebruikt mag worden voor voorgedraaide of gepolierde binnenvloeren (zie § 9.3, p. 31). Bovendien is het luchtgehalte bij vloeibaar beton moeilijk te beheersen. Het gebruik van luchtbelvormers is bijgevolg meer geschikt in betontypes met een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat van 20 of 70 mm.

## 7.4 Wateropslorplingsklasse

Om de duurzaamheid te verbeteren, is het mogelijk om beton met een lage wateropslorping aan te vragen (bepaald volgens de norm NBN B 15-215 [B8]). Bijlage O van de norm NBN B 15-001 [B5] definieert hiervoor vijf klassen van wateropslorping door onderdompeling, met aanvullende eisen. Deze worden aangeduid door de letters WAI (*Water Absorption by Immersion*), gevolgd door een cijfer dat overeenkomt met de water-cementfactor en eventueel ook de letter A (met ingebrachte lucht). Deze klassen worden steeds geassocieerd met een bepaald betontype waarvoor ze geldig zijn. Zo is bijvoorbeeld de klasse WAI(0,50) van toepassing op een betontype T(0,50), zijnde een beton met een minimale druksterkteklasse C30/37 en een omgevingsklasse EE3 (zie tabel 8).

De aandacht dient echter gevestigd te worden op het feit dat er geen rechtstreeks verband bestaat tussen de wateropslorping en de vloeistofdichtheid van het beton of de weerstand tegen waterindringing. Wel laat ze toe om de betonsamenstelling indirect te controleren (korrelverdeling, cementgehalte, water-cementfactor ...), dewelke een essentiële factor is voor de duurzaamheid van het beton.

Betonsoorten met een beperkte wateropslorping zijn niet verenigbaar met de eisen die opgelegd worden voor de realisatie van zichtbeton of beton voor voorgedraaide of gepolierde vloeren. Ze kunnen bijgevolg niet voor deze toepassingen gespecificeerd worden.

**Tabel 8** Minimale sterkteklassen en omgevingsklassen geassocieerd met het betontype dat van toepassing is op elke WAI-klasse.

	WAI(0,50)	WAI(0,50)A	WAI(0,45)	WAI(0,45)A	WAI(0,40)
Van toepassing zijnde betontype	T(0,50)	T(0,50)A	T(0,45)	T(0,45)A	T(0,45)
Minimale sterkteklasse die gebruikelijk is voor dit betontype	C30/37	C25/30	C35/45	C30/37	C35/45
Minimale omgevingsklasse die gebruikelijk is voor dit betontype	EE3 en/of EA2	EE3	EE4 en/of EA3	EE4	EE4 en/of EA3



## 7.5 Zichtbeton

'Zichtbeton' is ter plaatse gestort beton waarvan het oppervlak zichtbaar blijft. Dit betontype moet voldoen aan specifieke esthetische eisen, zoals gedefinieerd in de norm NBN B 15-007 [B7]. Deze norm is niet van toepassing op geprefabriceerd beton noch op het niet-bekiste, bovenste gedeelte van ter plaatse gestorte betonvloeren, waarvan het oppervlak eventueel afgewerkt werd.

Als het beton bestemd is om gebruikt te worden als zichtbeton volgen de definitie uit de norm NBN B 15-007 [B7], is het noodzakelijk om dit te specificeren zodat de betoncentrale de samenstelling kan aanpassen (hoeveelheid fijn materiaal, cementtype ...). Dit dient vermeld te worden in de aanvullende eis 'zichtbeton volgens de norm NBN B 15-007'. De voorkeurrichtwaarden voor de zetmaat die geschikt zijn voor deze betonsoorten zijn S180 of S210.

## 7.6 Gebruik van gerecycleerde granulaten

Gerecycleerde granulaten ontstaan door het breken van puin dat afkomstig is van de sloop van kunstwerken, gebouwen, wegen ... Men kan onder meer de gerecycleerde betongranulaten (gebroken granulaten afkomstig uit betonpuin) en de gerecycleerde menggranulaten (mengeling van gerecycleerde beton- en metselwerkgranulaten) onderscheiden.

Het gebruik van gerecycleerde granulaten in beton is in België toegestaan voor bepaalde milieu- en omgevingsklassen, op voorwaarde dat de maximale vervangingspercentages van de grove fractie granulaten niet overschreden worden en dat er bepaalde eisen nageleefd worden. In functie van deze eisen worden er verschillende granulaatklassen gedefinieerd: de gerecycleerde betongranulaten A+ en de menggranulaten B+. Voor wat betreft het volume vlottend materiaal dienen ze te voldoen aan klasse FL<sub>2</sub> (≤ 2 cm<sup>3</sup>/kg), volgens de norm NBN EN 12620 [B17].

Voor bepaalde toepassingen (oppervlakteafwerking van zeer hoge kwaliteit, betonvloeren voor binnentoepassingen ...), is deze eis evenwel niet streng genoeg: de vlottende deeltjes komen bovendrijven na het storten en kunnen plaatselijk problemen veroorzaken (kratertjes, onthechting). Bijgevolg is het gebruik van gerecycleerde betongranulaten van het type A+ behorend tot de klasse FL<sub>0,2</sub> aan te raden voor deze specifieke toepassingen. We willen evenwel benadrukken dat het, zelfs in dit geval, nog steeds mogelijk is dat er vlottende deeltjes aan het oppervlak komen te liggen.

Voor de specificatie van beton dat gerecycleerde granulaten bevat, dient men de volgende aanvullende eis toe te voegen: 'gerecycleerde granulaten conform de norm NBN B 15-001'.

**Tabel 9** Maximaal vervangingspercentage van grind (% volume) in functie van de omgevingsklasse voor ongewapend en gewapend beton\*.

Ongewapend beton				
	Omgevingsklassen			
	E0, EI, EE1	EE2, EE3, ES1, ES2, ES3, EA1	EE4, ES4, EA2, EA3	
Betonggranulaten van het type A+	50 %	20 %	0 %	
Menggranulaten van het type B+	20 %	0 %	0 %	
Gewapend beton				
	Omgevingsklassen			
	EI	EE1	EE2, EE3, EA1	EE4, ES1, ES2, ES3, ES4, EA2, EA3
Betonggranulaten van het type A+	30 %	30 %	20 %	0 %
Menggranulaten van het type B+	20 %	0 %	0 %	0 %

\* Opmerkingen:  
 • betongranulaten van het type A+ kunnen gebruikt worden voor druksterkteklassen ≤ C30/37.  
 • menggranulaten van het type B+ kunnen gebruikt worden voor druksterkteklassen ≤ C20/25.

## 7.7 Uitvoeringsomstandigheden

Het is eveneens noodzakelijk om de uitvoeringsomstandigheden te preciseren, aangezien deze een invloed hebben op de betonsamenstelling die aangemaakt wordt door de betoncentrale.

### 7.7.1 Methode voor het storten van het beton

De manier waarop het beton gestort wordt, moet gepreciseerd worden: kubel, rechtstreeks storten, kruiwagen, verpomping ...

Indien het beton verpompbaar moet zijn, dient dit vermeld te worden en moet de pomplengte aangegeven worden (bv. lengte van de giek en van de buizen van minder of meer dan 50 m). Het beton moet immers aan bepaalde eisen voldoen op het vlak van de betonsamenstelling om verpompt te kunnen worden, namelijk:

- een continue korrelverdeling
- een goede samenhang en geringe waterafscheiding (*bleeding*)
- idealiter een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat S180 of S210. Het is evenwel mogelijk om beton met een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat S70 en S120 te verpompen, op voorwaarde dat de betonsamenstelling aangepast wordt
- een minimale hoeveelheid fijne deeltjes (fractie van 0 tot 0,250 mm, inclusief het cement), afhankelijk van de nominale grootste korrelafmeting D.

Indien er een compacte pomp (citypomp) gebruikt wordt, moet de nominale grootste korrelafmeting aangepast worden (zie hoofdstuk 6, p. 13). Deze pompen worden vooral gebruikt in stedelijke omgevingen ter vervanging van een standaardpomp in geval van plaatsgebrek (om de benodigde ruimte in te schatten, dient men rekening te houden met de oppervlakte van de vrachtwagen en zijn wielbasis). Bij de bestelling van het beton is het dan ook belangrijk om het gebruik van dit type pomp te vermelden.

Er dient opgemerkt te worden dat de gespecificeerde consistentie deze is aan het uiteinde van de pomp wanneer de pomp door de betoncentrale geleverd wordt. Als de pomp niet door de betoncentrale voorzien wordt, is het de consistentie vóór het verpompen, bij het verlaten van de truckmixer.

### 7.7.2 Duurtijd van het betonstorten: verwerkingstijd en behoud van consistentie

Om de eigenschappen van het beton te behouden en het betonstorten en de verdichting te vergemakkelijken, moet het beton zo snel mogelijk na het mengen gestort worden.

In de praktijk wordt er op de leveringsbon een **gegarandeerde verwerkingstijd** opgegeven. In de norm NBN B 15-400 [B9] wordt deze als volgt gedefinieerd: 'Tijdspanne na het eerste contact tussen het cement en het water gedurende welke de betonspecie in geen geval in binding gaat. Gedurende deze tijdspanne kan het beton verwerkt worden (gestort, verdicht en nabehandeld) zonder nadelige gevolgen voor de druksterkte en de duurzaamheid van het beton. De gegarandeerde verwerkingstijd die vermeld wordt op de leveringsbon omvat dus, naast de plaatsingstijd, ook de tijd die nodig is voor de productie, het transport naar en op de werf (kubel, pomp ...) en de wachttijden in de centrale en op de werf. Standaard gaat het om 100 of 120 minuten, afhankelijk van het cementtype.'

De gegarandeerde verwerkingstijd doet geen uitspraak over het **verloop van de consistentie** van het beton in de tijd. De consistentieklasse vermeld op de leveringsbon moet in ieder geval gedurende minstens 30 minuten na aankomst op de werf vanaf het begin van het lossen (of desgevallend na toevoeging en hermenging van een superplastificeerder in de truckmixer) behouden blijven, rekening houdend met de samenstelling en de temperatuur van het beton. De 'termijn van behoud van consistentie' TC is de tijdspanne waarin de gespecificeerde consistentiewaarde gewaarborgd wordt vanaf het begin van het lossen. Normaliter bedraagt deze 30 minuten (TC30).

De uitvoering van complexe elementen kan een lange betonreperiode vereisen. In dat geval is het aan te raden om het beton in beperkte hoeveelheden te laten leveren, zodat het gebruikt kan worden binnen een tijdspanne waarin de consistentie behouden blijft, d.w.z. gedurende 30 minuten. Indien er een 'termijn van behoud van consistentie' van meer dan 30 minuten vereist is, wordt deze gespecificeerd bij de bestelling en aangegeven op de leveringsbon met 'TCz', waarbij z het aantal minuten aangeeft waarin de consistentie gewaarborgd wordt vanaf het begin van het lossen.

In geval van langdurig lossen kunnen er bindingsvertragende hulpstoffen gebruikt worden, die de gegarandeerde verwerkingstermijn verlengen. Deze producten moeten in het beton ingewerkt worden binnen de 60 minuten na het eerste contact tussen het cement en het water. Indien men het gebruik van een bindingsvertrager voorziet in de betonsamenstelling, moet de totale gegarandeerde verwerkingstermijn op de bestelbon vermeld worden.

### 7.7.3 Toegankelijkheid van de werf voor de truckmixer

De betoncentrales gebruiken voor de levering van het beton vaak vrachtwagens met opleggers met een capaciteit van ongeveer 11 m<sup>3</sup>. Als de toegankelijkheid van de werf beperkt is, dient men kleinere betonmixers te voorzien, wat kan resulteren in bijkomende kosten. Deze informatie moet bij de bestelling vermeld worden.

# 8. Specificatie van speciale betonsoorten

## 8.1 Zelfverdichtend beton

De specificatie van zelfverdichtend beton (ZVB) gebeurt op dezelfde manier als voor traditioneel beton, met uitzondering van de voorkeurrichtwaarden voor de zetmaat en andere aanvullende eisen.

In het geval van ZVB moet de voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat (zie tabel 1, p. 5 en tabel 5, p. 12) vervangen worden door een vloeimaatklasse (*slump flow*, SF) (zie tabel 10 en afbeelding 4).

Wat betreft de aanvullende eisen (aanvullende eisen E in tabel 1, p. 5), is het aan te raden om de volgende zaken te specificeren in functie van de toepassing:

- de klasse voor viscositeit (VS of VF)
- de klasse voor de blokkeringsmaat (PL of PJ)
- de klasse voor stabiliteit (SR)
- andere eisen, zoals de termijn van behoud van consistentie.

De **vloeimaatklasse** is de enige basiseis die opgelegd wordt om een ZVB in verse toestand te specificeren. Toch is deze eis vaak niet voldoende om een ZVB voor te schrijven in functie van een bepaalde beoogde toepassing. Zo is de klasse voor viscositeit ook een bepalende parameter. Een beton kan immers een zeer grote vloeibaarheid vertonen en ver vloeien (vloeimaatklasse SF3) en toch gekenmerkt worden door een lage of een hoge viscositeit (respectievelijk viscositeitsklasse VF1 en VF2). In het laatste geval zal het beton traag, maar wel ver vloeien.

Een hoge **klasse voor viscositeit** kan nuttig zijn om de druk op de bekisting te beperken of de stabiliteit te verbeteren. Een lage klasse voor viscositeit kan mogelijk interessant zijn wanneer een hoge oppervlaktekwaliteit vereist is of bij een hoge wapeningsdichtheid.

De **blokkeringsmaat** houdt verband met het vermogen van de betonspecie om doorheen ingesloten ruimten en smalle openingen (bv. dichtbewapende zones) te vloeien zonder verlies van homogeniteit of zonder blokkeringen te veroorzaken.

De **stabiliteit** is fundamenteel om de homogeniteit en de kwaliteit van het ZVB te beoordelen.



Afb. 4 Meting van de vloeimaat (*slump flow*).

Tabel 10 Vloeimaatklasse op basis van metingen uitgevoerd volgens de norm NBN EN 12350-8 [B16].

Vloeimaatklassen	Vloeimaat [mm]
SF1	550 tot 650
SF2	660 tot 750
SF3	760 tot 850

Tabel 11 geeft een overzicht van de te overwegen klassen SF, VS en VF bij de specificatie van ZVB in functie van verschillende toepassingen. Het spreekt voor zich dat andere klassen (de blokkeringsmaat in een ingesloten ruimte en de stabiliteit) gespecificeerd kunnen worden in functie van specifieke randvoorwaarden, de geometrie van het element, de uitvoeringsmethode van beton of de eigenschappen van de gebruikte materialen in het beton. Een zelfverdichtend beton kan bijvoorbeeld als volgt gespecificeerd worden: beton conform de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5], C30/37, GB, EE3, SF2, D = 16 mm.

Het is aan te raden om bij de levering een meting van de vloeimaat uit te voeren alsook van de viscositeit indien deze gespecificeerd werd.

**Tabel 11** Voorbeelden van de specificatie van ZVB voor verschillende toepassingen.

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		

## 8.2 Vezelbeton

Vezelbeton is beton waaraan staal- of kunststofvezels – ook wel polymeervezels genaamd – toegevoegd worden bij de aanmaak van het beton, en dit om het gedrag ervan te verbeteren. De staal- of kunststofvezels worden niet voor dezelfde toepassingen gebruikt. Voor bepaalde toepassingen (betonvloeren voor binnen-toepassingen, druklagen, funderingen zoals funderingszolen of funderingsplaten) kan de wapening gedeeltelijk of volledig worden vervangen door staalvezels.

De eigenschappen van vezelbeton zijn onder andere afhankelijk van het bekomen van een uniforme en homogene vezelverdeling. Daarom zal de betoncentrale de betonsamenstelling moeten aanpassen (beperking van de nominale grootste korrelafmeting (zie hoofdstuk 6, p. 13), korrelverdeling, gehalte aan fijn materiaal en bindmiddelen ...) en moeten opteren voor geschikte methoden voor het toevoegen en het mengen van de vezels.

Bij vezelbeton moeten de volgende eisen gespecificeerd worden.

### 8.2.1 Druksterkteklasse van het beton

De specificatie van de druksterkteklasse moet gebeuren zoals beschreven in hoofdstuk 2 (p. 6).

### 8.2.2 Toepassingsgebied van het beton

Indien er staalvezels toegevoegd worden, beschouwt men het beton als een gewapend beton.

Wanneer het beton een ander type vezels bevat (polymeervezels ...) of als er geen wapening aanwezig is, wordt het beschouwd als ongewapend.



## 8.2.3 Omgevingsklasse van het beton

De specificatie van de omgevingsklasse moet gebeuren zoals beschreven in hoofdstuk 4 (p. 8).

## 8.2.4 Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat van het beton

De specificatie van de voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat moet gebeuren zoals beschreven in hoofdstuk 5 (p. 11).

## 8.2.5 Nominale grootste korrelafmeting

De nominale grootste korrelafmeting wordt beperkt tot 22 mm of tot 16 mm, afhankelijk van het vezeltype en de vezeldosering volgens tabel 6 (zie hoofdstuk 6, p. 14).

## 8.2.6 Aanvullende eisen: type, dosering en functie van de vezels of prestaties

Er bestaan twee methoden om vezelbeton voor te schrijven conform de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5]. In de aanvullende eisen dienen de volgende zaken vermeld te worden:

- ofwel het type (staal, kunststof ...), de dosering en de functie van de vezels (structurele of niet-structurele toepassing),
- ofwel de vereiste prestatie, uitgedrukt in de vorm van een buigtaaiheidsklasse.

De tweede methode is alleen geldig voor structurele toepassingen.

# 9 Specificatie van beton voor bijzondere elementen

Voor de uitvoering van bepaalde bijzondere elementen moet het gebruikte beton beschikken over specifieke eigenschappen. In dit hoofdstuk worden de te specificeren eisen die verband houden met de bijzondere kenmerken van deze elementen verder toegelicht. De aanvullende eisen zoals deze die vermeld werden in hoofdstuk 7 (p. 15), worden niet herhaald. Het is evenwel nodig om deze te preciseren indien dit noodzakelijk is, zoals de preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie, sulfaatbestendige cementsoorten ...

## 9.1 Beton voor funderingen op geringe diepte

Verschillende soorten funderingen op geringe diepte worden in beschouwing genomen:

- funderingen voor lichte constructies: terras, tuinhuisje ... Carports en garageboxen worden in deze context niet gelijkgesteld met lichte constructies
- funderingen op alleenstaande blokken of zolen, funderingsstroken
- funderingsplaten.



Afb. 5 Funderingsblokken (caissons).

## 9.1.1 Druksterkteklasse

Gelet op de aanbevolen omgevingsklassen (zie § 9.1.3), moeten de minimale sterkteklassen overeenkomen met deze die vermeld worden in tabel 12.

**Tabel 12** Minimale druksterkteklasse in functie van het type fundering op geringe diepte.

Type fundering op geringe diepte		Minimale druksterkteklasse
Fundering voor lichte constructies		C 25/30
Fundering op alleenstaande blokken of zolen, funderingsstroken en funderingsplaten:	niet blootgesteld aan vorst	C 20/25
	blootgesteld aan vorst	C 25/30

## 9.1.2 Toepassingsgebied

Beton dat gebruikt wordt voor funderingen op geringe diepte is zeer vaak gewapend, ofwel met wapeningen, ofwel met staalvezels (zie § 8.2, p. 23).

## 9.1.3 Omgevingsklasse

De te specificeren omgevingsklasse wordt weergegeven in tabel 13.

Men dient eventueel ook een chemisch agressieve omgevingsklasse te specificeren (zie hoofdstuk 4, p. 8).

**Tabel 13** Omgevingsklasse in functie van het type fundering op geringe diepte.

Type fundering op geringe diepte		Omgevingsklasse
Fundering voor lichte constructies		EE2
Fundering op alleenstaande blokken of zolen, funderingsstroken en funderingsplaten:	niet blootgesteld aan vorst	EE1
	blootgesteld aan vorst	EE2

## 9.1.4 Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat

Voor de hier beschouwde funderingen op geringe diepte is de voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat gewoonlijk S220. Men kan ook de consistentieklasse S5 specificeren in plaats van de voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat.

## 9.1.5 Nominale grootste korrelafmeting

De nominale grootste korrelafmeting moet gespecificeerd worden zoals beschreven in hoofdstuk 6 (p. 13).

## 9.1.6. Aanvullende eisen

We verwijzen naar hoofdstuk 7 (p. 15) voor de te specificeren aanvullende eisen. De aanvullende eisen die nodig kunnen zijn voor funderingen op geringe diepte zijn onder andere:

- de preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie: PREV2/AR2 (zie § 7.1, p. 15)
- een sulfaatbestendig cementtype, afhankelijk van het sulfaatgehalte in de bodem (zie § 7.2, p. 16)
- een cementtype met lage hydratatiewarmte (LH – *Low Heat*) om thermische scheurvorming te vermijden in het geval van massieve funderingsplaten (dikker dan 50 cm)
- het type, de dosering en de functie van de vezels of de prestaties (zie § 8.2.6, p. 24) als het om vezelbeton gaat. In dat geval wordt de nominale grootste korrelafmeting beperkt tot 22 mm of 16 mm, en dit in functie van het vezeltype en de vezeldosering volgens tabel 6 (zie hoofdstuk 6, p. 14).

## 9.2 Beton voor speciale geotechnische werken

Het storten van beton voor speciale geotechnische werken zoals paalfunderingen of diepwanden vereist een aangepaste betonsamenstelling. Het beton moet immers:

- een grote ontmengingsweerstand vertonen
- beschikken over voldoende plasticiteit en verwerkbaarheid: het moet gemakkelijk vloeien
- in staat zijn om op doeltreffende wijze onder invloed van de zwaartekracht verdicht te worden
- gedurende het volledige betonneerproces verwerkbaar blijven.

Zo kunnen de bepalingen in verband met het cementgehalte, de minimale hoeveelheid fijn materiaal, de maximale water-cementverhouding, de consistentie en het behoud van consistentie in de tijd afwijken van de standaardbepalingen die op andere bouwwerken van toepassing zijn. Het is dus van cruciaal belang om vast te leggen dat het beton moet beantwoorden aan de specifieke bepalingen van bijlage D van de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5].

Micropalen en stijve insluitsels (voor paalmatrassystemen) worden niet in aanmerking genomen in dit document.

### 9.2.1 Beton voor diepwanden

De volgende eisen moeten gespecificeerd worden voor het betonneren van diepwanden uitgevoerd conform de norm NBN EN 1538 [B14].



Afb. 6 Diepwand.

### 9.2.1.1 Druksterkteklasse

Gelet op de aanbevolen omgevingsklasse voor diepwanden (zie § 9.2.1.3), moet de sterkteklasse minimaal C25/30 bedragen.

### 9.2.1.2 Toepassingsgebied

Diepwanden worden steeds uitgevoerd in gewapend beton.

### 9.2.1.3 Omgevingsklasse

Diepwanden moeten minimaal bestand zijn tegen omgevingsklasse EE1 (buitenomgeving zonder vorst). Er kan eventueel ook een chemisch agressieve omgevingsklasse gespecificeerd worden (zie hoofdstuk 4, p. 8).

### 9.2.1.4 Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat

Voor diepwanden wordt er doorgaans een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat S220 mm gespecificeerd. In plaats van deze waarde kan ook een consistentieklasse S5 gespecificeerd worden.

### 9.2.1.5 Nominale grootste korrelafmeting

De nominale grootste korrelafmeting mag niet groter zijn dan:

- $\frac{1}{4}$  van de vrije ruimte tussen de langsstaven. In het geval van diepwanden moet de horizontale afstand tussen de langsstaven minimaal 100 mm bedragen (80 mm als de nominale grootste korrelafmeting niet groter is dan 20 mm)
- $\frac{1}{6}$  van de binnendiameter van de stortbuis of van de toevoerbuis voor het beton (de stortbuis moet een minimale binnendiameter hebben van 150 mm).

### 9.2.1.6. Aanvullende eisen

#### 9.2.1.6.1 Beton voor diepwanden conform bijlage D van de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001

In de specificaties van een beton dat bestemd is voor de uitvoering van diepwanden, is het in de eerste plaats belangrijk om de toepassing als diepwand en de overeenstemming met bijlage D van de normen NBN EN 206 [B11] en NBN B 15-001 [B5] aan te geven.

#### 9.2.1.6.2 Behoud van consistentie

Voor de uitvoering van diepwanden is gewoonlijk een lange betonreepperiode vereist. Indien er voor een correcte uitvoering een langere duur van behoud van consistentie nodig is dan de standaardtermijn van 30 minuten (zie § 7.7.2, p. 20), moet dit in de aanvullende eisen gespecificeerd worden. Doorgaans is er voor diepwanden een behoud van de verwerkbaarheid TC180 min of TC240 min vereist.



### 9.2.1.6.3 Levertempo

Het storten van het beton moet op een gelijkmatige manier gebeuren, zodat de steunvloeistof op een correcte manier verdrongen wordt door het beton. Voor diepwanden is doorgaans een levertempo van 50 m<sup>3</sup>/u vereist.

### 9.2.1.6.4 Waterafscheiding (*bleeding*)

Aangezien beton voor diepwanden van op grote hoogten gestort wordt, moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de stabiliteit van het beton en aan het vermijden van waterafscheiding. Aanvullende eisen met het oog op het beperken van waterafscheiding kunnen op voorhand overeengekomen worden tussen de verschillende partijen. Hiervoor kan er verwezen worden naar:

- de norm NBN EN 480-4 [B12] (bepaling van de hoeveelheid waterafscheiding van het beton). Als criterium hanteert men vaak een grenswaarde van 1 %
- de Bauer-test (drukfiltratieproef) volgens de CIA-gids Z17-2012 [C1], met de uitrusting die beschreven wordt in de norm NBN EN ISO 10414-1 [B23]. Als criterium wordt er vaak een grenswaarde van 22 ml (of 15 l/m<sup>3</sup>) vastgelegd.

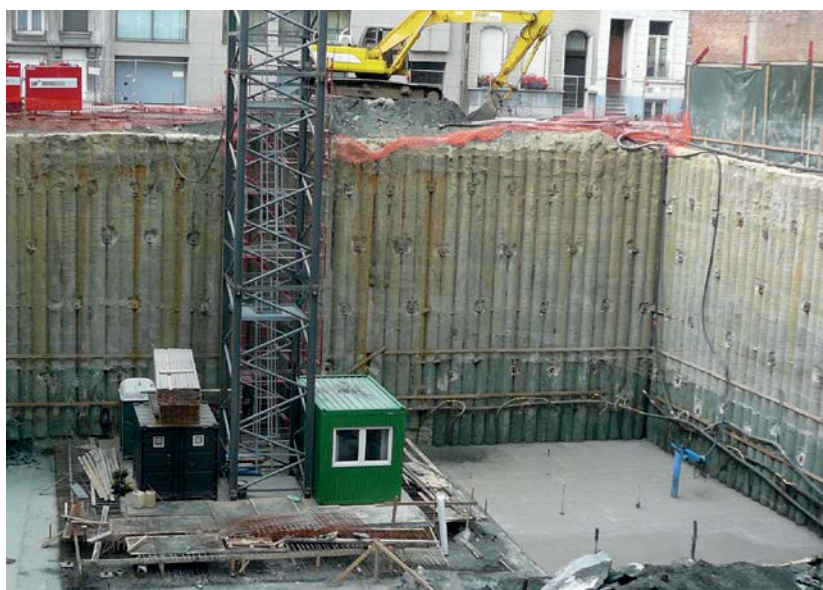
### 9.2.1.6.5 Andere aanvullende eisen

We verwijzen naar hoofdstuk 7 (p. 15) voor de andere aanvullende eisen die gespecificeerd moeten worden. De aanvullende eisen die noodzakelijk kunnen zijn voor de betonspecificatie voor diepwanden zijn onder meer:

- de preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie: PREV2/AR2 of PREV3/AR3 volgens de uiteindelijke toepassing van het bouwelement (indien er een aanzienlijk economische en/of maatschappelijke impact die te wijten is aan de aantasting van de structuur ten gevolge van een alkali-silica-reactie) (zie § 7.1, p. 15)
- een sulfaatbestendig cementtype, afhankelijk van het sulfaatgehalte in de bodem (zie § 7.2, p. 16).

## 9.2.2 Beton voor paalfunderingen

De volgende eisen dienen gespecificeerd te worden voor het storten van beton voor boorpalen uitgevoerd conform de norm NBN EN 1536 [B13] en voor verdringingspalen uitgevoerd volgens de norm NBN EN 12699 [B18].



Afb. 7 Uitgegraven secanspalen.



### 9.2.2.1 Druksterkteklasse

Gelet op de aanbevolen omgevingsklasse voor paalfunderingen (zie § 9.2.2.3), moet de sterkteklasse minimaal C25/30 bedragen.

### 9.2.2.2 Toepassingsgebied

Paalfunderingen worden steeds uitgevoerd in gewapend beton.

### 9.2.2.3 Omgevingsklasse

Paalfunderingen moeten minimaal bestand zijn tegen omgevingsklasse EE1 (buitenomgeving zonder vorst). Er kan eventueel ook een chemisch agressieve omgevingsklasse gespecificeerd worden (zie hoofdstuk 4, p. 8).

### 9.2.2.4 Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat

Voor palen wordt er doorgaans een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat van S180 mm of S210 mm gespecificeerd. In plaats van deze waarde kan ook een consistentieklasse S4 gespecificeerd worden.

### 9.2.2.5 Nominale grootste korrelafmeting

#### 9.2.2.5.1 Boorpalen

Voor boorpalen mag de nominale grootste korrelafmeting niet groter zijn dan:

- $\frac{1}{4}$  van de vrije ruimte tussen de langsstaven. In dit geval moet de horizontale afstand tussen de langsstaven minimaal 100 mm (80 mm als de nominale grootste korrelafmeting niet groter is dan 20 mm) en maximaal 400 mm bedragen.
- $\frac{1}{6}$  van de binnendiameter van de stortbuis of van de toevoerbuis voor het beton (de stortbuis moet een minimale binnendiameter van 150 mm hebben) bij het storten van beton in ondergedompelde omstandigheden (zie § 9.2.2.6.2, p. 31).

#### 9.2.2.5.2 Verdringingspalen

Bij verdringingspalen mag de nominale grootste korrelafmeting niet groter zijn dan  $\frac{1}{3}$  van de vrije ruimte tussen de langsstaven. De horizontale afstand tussen de langsstaven moet minstens 50 mm bedragen.

### 9.2.2.6. Aanvullende eisen

#### 9.2.2.6.1 Beton voor paalfunderingen conform bijlage D van de normen NBN EN 206 en NBN B15-001

Bij de specificatie van een beton dat bestemd is voor de uitvoering van paalfunderingen, moet men eerst en vooral aangeven wat de toepassing is (palen), over welk type palen het gaat en of ze conform zijn met bijlage D van de normen NBN EN 206 [B1 1] en NBN EN B15-001 [B5].

### 9.2.2.6.2 Omstandigheden tijdens het betonstorten

De omstandigheden tijdens het betonstorten hebben een invloed op bepaalde parameters van de betonsamenstelling, zoals het cementgehalte of de nominale grootste korrelafmeting (zie § 9.2.2.5, p. 30). Vandaar dat het nodig is om te specificeren of het betonstorten gebeurt in ondergedompelde of in droge omstandigheden in het geval van boorpalen. Bij verdringingspalen wordt er verondersteld dat het betonstorten gebeurt in droge omstandigheden.

Bij het 'betonstorten in ondergedompelde omstandigheden' gaat het over betonstorten met een stortbuis onder water of met ondersteuningsvloeistoffen. Betonstorten in droge omstandigheden betekent dat het beton gestort wordt in een tijdelijk element dat vervolgens weer verwijderd zal worden (voerbuis, holle avegaar ...) of in een permanente voerbuis. Deze definitie is dus niet gebaseerd op de bodemeigenschappen noch op het feit dat het stortpeil onder de grondwaterspiegel ligt.

### 9.2.2.6.3 Behoud van consistentie

Voor de uitvoering van palen is vaak een lange betonreperperiode vereist. Indien er voor een correcte uitvoering een langere duur van behoud van consistentie nodig is dan de standaardtermijn van 30 minuten (zie § 7.7.2, p. 20) – wat vaak het geval is voor dit soort toepassingen – moet dit in de aanvullende eisen gespecificeerd worden door middel van een TCz-eis, waarbij het aantal minuten aangeeft waarin het behoud van consistentie gewaarborgd wordt vanaf het begin van het lossen.

### 9.2.2.6.4 Aanbrengen van de wapening na het betonneren

De betonsamenstelling dient aangepast te worden naargelang van het feit of er wapening aangebracht wordt vóór of na betonneren van de paal. Vandaar dat dit gespecificeerd moet worden bij de bestelling van het beton.

### 9.2.2.6.5 Andere aanvullende eisen

We verwijzen naar hoofdstuk 7 (p. 15) voor de andere aanvullende eisen die gespecificeerd moeten worden. De aanvullende eisen die nodig kunnen zijn voor de betonspecificatie van paalfunderingen zijn onder andere:

- de preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie: PREV2/AR2 of PREV3/AR3 in functie van de uiteindelijke toepassing van het bouwelement (indien er een aanzienlijke economische of maatschappelijke impact die te wijten is aan de aantasting van de structuur ten gevolge van een alkali-silicareactie (zie § 7.1, p. 15)
- een sulfaatbestendig cementtype, afhankelijk van het sulfaatgehalte in de bodem (zie § 7.2, p. 16).

## 9.3 Betonvloeren voor binnentoepassingen

In het geval van betonvloeren voor binnentoepassingen is het absoluut noodzakelijk om een aantal eisen te stellen aan het beton, die essentieel zijn voor de goede uitvoering en de duurzaamheid van de betonvloer. Voor meer informatie over dit onderwerp, kan men de [TV 267 'Betonvloeren voor binnentoepassingen'](#) [B2] raadplegen.

## 9.3.1 Druksterkteklasse

De druksterkteklasse van het beton moet gespecificeerd worden aan de hand van de ontwerphypothesen. In het geval van betonvloeren voor binnentoepassingen leidt de belastingsgraad doorgaans tot één van de volgende drie druksterkteklassen:

- C25/30: voor woon-, bijeenkomst-, handels- en kantoorruimten, en licht tot matig belaste vloeren in ruimten voor opslag en industrieel gebruik (zie tabel 14)
- C30/37: voor zwaar belaste vloeren in ruimten voor opslag en industrieel gebruik (zie tabel 14)
- C35/45: voor bijzondere situaties die hogere prestaties vereisen omwille van specifieke, hoge belastingen.

**Tabel 14** Indicatieve voorbeelden van ruimten voor opslag en industrieel gebruik en de bijbehorende belastingen.

Klasse	Toepassingsvoorbeelden	Belasting
Licht	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stapelrekken met een maximale hoogte van 5 m</li><li>• Heftrucks met hijslast <math>\leq 15</math> kN</li></ul> Bv. werkplaatsen voor lichte industrie, vriescellen	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>q_k \leq 15</math> kN/m<sup>2</sup></li><li>• <math>Q_k \leq 20</math> kN</li></ul>
Matig	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stapelrekken tussen 5 en 10 m hoog</li><li>• Heftrucks met hijslast: 15-80 kN</li></ul> Bv. magazijnen voor stukgoederen, papierindustrie, reparatiewerkplaatsen	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>15</math> kN/m<sup>2</sup> &lt; <math>q_k</math> &lt; <math>50</math> kN/m<sup>2</sup></li><li>• <math>20</math> kN &lt; <math>Q_k</math> &lt; <math>85</math> kN</li></ul>
Zwaar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stapelrekken hoger dan 10 m</li><li>• Heftrucks met hijslast <math>\geq 80</math> kN</li><li>• Bijzondere voertuigen (bv. vliegtuigen)</li></ul> Bv. ruimten voor de opslag van stortgoederen magazijnen met hoge stapelrekken en werkplaatsen voor zware industrie, metaalbewerking	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>q_k \geq 50</math> kN/m<sup>2</sup></li><li>• <math>Q_k \geq 85</math> kN</li></ul>

Bij het ontwerp moet nagegaan worden of de omgevingsklasse een hogere minimale druksterkteklasse voor het beton vereist dan deze die voorzien werd bij de dimensionering. In voorkomend geval moet de minimale druksterkteklasse aangepast worden, alsook een aantal andere aspecten van het ontwerp (bv. dimensionering).

## 9.3.2 Toepassingsgebied

Betonvloeren voor binnentoepassingen worden steeds uitgevoerd in gewapend beton.

## 9.3.3 Omgevingsklasse

Betonvloeren voor binnentoepassingen vallen, omwille van de specifieke belastingen waaraan ze tijdens hun gebruik blootgesteld worden (bv. slijtage, geregelde bevochtigingen, vorst), onder omgevingsklasse EE. De omschrijvingen van de verschillende omgevingsklassen in de NBN B 15-001 [B5] moeten op een specifieke manier geïnterpreteerd worden in het geval van betonvloeren voor binnentoepassingen. Daarom wijken de voorbeelden in tabel 15 (p. 33) licht af van deze uit de norm. Deze tabel bevat enkele voorbeelden van toepassingen van betonvloeren en de bijhorende aanbevolen omgevingsklasse.

Bij contact met een chemisch agressieve omgeving dient men een bijkomende omgevingsklasse EA aan te geven, naargelang van de agressiviteit (zie tabel 3, hoofdstuk 4, p. 10). Bovendien bevat de [TV 267](#) [B2] een indicatieve lijst van zuren die beton bij rechtstreeks contact kunnen aantasten (zie tabel 16, p. 33). Er wordt telkens een aanwijzing gegeven van hun graad van agressiviteit ten opzichte van beton, door te verwijzen naar de omgevingsklasse (agressieve omgeving) die hiermee het best overeenstemt. De agressiviteit in werkelijke omstandigheden wordt bepaald door de aard en de concentratie van de zuren, de temperatuur en het debiet of de verversingsgraad.

**Tabel 15** Voorbeelden van toepassingen van betonvloeren met de overeenkomstige te specificeren omgevingsklasse.

Voorbeelden	Aanbevolen te specificeren omgevingsklasse
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vloeren in woon-, bijeenkomst-, handels- en kantoorruimten</li> <li>Vloeren in ruimten voor opslag en industrieel gebruik met lage luchtvochtigheid</li> </ul>	EE1
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vloeren in ruimten voor opslag en industrieel gebruik met gemiddelde tot hoge luchtvochtigheid of die frequent rechtstreeks in contact komen met water</li> </ul>	EE2
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vloeren in ruimten voor opslag en industrieel gebruik, blootgesteld aan vorst en water</li> </ul>	EE3
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vloeren in ruimten voor opslag en industrieel gebruik, blootgesteld aan doozouten</li> <li>Vloeren in garages en voertuigverkeersruimten (zowel onder- als bovengronds en zowel open als gesloten gebouwen)</li> </ul>	EE4

**Tabel 16** Aanbevolen omgevingsklassen in functie van het type zuur.

Product	Voorbeelden	Graad van agressiviteit (overeenstemmende omgevingsklasse)
Zwavelzuur	Autobatterijen, ontstopper, riolen	EA3*
Salpeterzuur	Etsmiddel	EA3*
Zoutzuur (= chloorwaterstofzuur)	Looierijen, industriële reiniging	EA3*
Fosforzuur	Kunstmest	EA2
Waterstoffluoride	Etsmiddel, industriële reiniging	EA3*
Koolzuur	Frisdrank, spuitwater	EA1
Melkzuur	Kuilvoer, melkerijen, looierijen, ververijen	EA3
Azijnzuur	Polymeerchemie (lijmen, plastics), azijn, mosterd	EA3
Citroen- en appelzuur	Wijn, reinigingsmiddel, citrusvruchten, fotografie, cosmetica	EA3
Mierenzuur	Looierijen, reinigingsmiddel, conserveermiddel	EA2
Looizuur	Looierijen, ververijen, fotografie, farmacie	EA2
Boterzuur	Kuilvoer, boter, looierijen, ververijen	EA2
Humuszuur	Meststoffen, venen	EA2
Fenol (= carbonzuur)	Geneesmiddelen	EA2 – EA3
Urinezuur	Ontlasting vogels, stallen, urinoirs	EA2 – EA3

\* Een bijkomende bescherming is onontbeerlijk.

## 9.3.4 Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat

Voor betonvloeren voor binnentoepassingen wordt er doorgaans een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat S210 gespecificeerd, afhankelijk van de toepassing. In plaats van deze waarde kan er ook een consistentieklasse S5 gespecificeerd worden.

Indien het beton uitgevoerd wordt met een trillbalk (*laser screed*), moet er een voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat S180 of een consistentieklasse S4 opgegeven worden.

## 9.3.5 Nominale grootste korrelafmeting

Het is gebruikelijk om te kiezen voor een nominale grootste korrelafmeting D die kleiner is dan:

- $\frac{1}{5}$  van de vloerdikte
- $\frac{3}{4}$  van de kleinste tussenruimte tussen de wapeningsstaven (in geval van gelaste wapeningen: 1,5 maal de kleinste afstand)
- de betondekking
- 16 mm als er vezels toegevoegd worden waarvan het vezelgehalte groter is dan  $35 \text{ kg/m}^3$
- 16 mm bij het gebruik van een compacte pomp (citypomp) (zie hoofdstuk 6, p. 13).

## 9.3.6. Aanvullende eisen

### 9.3.6.1 Betonvloeren voor binnentoepassingen volgens de TV 267

Bij de specificatie van beton bestemd voor betonvloeren voor binnentoepassingen, moet men eerst en vooral de toepassing aangeven (betonvloer) alsook de voorziene oppervlakteafwerking.

### 9.3.6.2 Water- en cementgehalte

Beton voor binnenvloeren moet beschikken over een toereikend water- en cementgehalte. De mortelfractie (cement + toevoegsels + water + zand) van het mengsel moet namelijk groot genoeg zijn om de vereiste hoge verwerkbaarheid te bekomen en tevens om een correcte oppervlakteafwerking van de betonvloer toe te laten. Het is dus noodzakelijk om, behalve de grenswaarden met betrekking tot de duurzaamheid, een minimaal effectief watergehalte van  $180 \text{ l/m}^3$  en een minimaal effectief cementgehalte van  $320 \text{ kg/m}^3$  te voorzien.

In het geval van een beton voor omgevingsklasse EE4 leiden de maximale water-cementverhouding van 0,45 en het minimale effectieve watergehalte van  $180 \text{ l/m}^3$  tot een minimaal cementgehalte van  $400 \text{ kg/m}^3$ . Dit gaat gepaard met een zeer hoog gehalte aan fijn materiaal, waardoor men een cohesief en viskeus betonmengsel kan bekomen dat moeilijk te plaatsen en af te werken is, en ook gevoelig is voor uitdroging van het oppervlak en scheurvorming door krimp. Er dienen dan ook grote hoeveelheden hulpstoffen toegevoegd te worden om de gewenste voorkeurrechtwaarde voor de zetmaat te bereiken, waardoor het risico op een verhoogd luchtgehalte door ongewenste luchtinbreng toeneemt. Het is bijgevolg ten stelligste afgeraden om dergelijke mengsels af te werken met een droog slijtlaagmengsel.

### 9.3.6.3 Luchtgehalte

Zelfs als er geen luchtbelvormers toegevoegd worden, kunnen er in het beton evenwel kleine luchtbelletjes (diameter  $< 0,5 \text{ mm}$ ) aanwezig zijn, die zelfs door verdichting niet of slechts gedeeltelijk verwijderd worden. Deze kleine luchtbelletjes kunnen zich tijdens het verdichten en tijdens de oppervlakteafwerking (voorgedraaid of gepolierd) onder een compacte oppervlaktelaag opstapelen, waardoor er zwakke zones gevormd worden die, omwille van de krimp van het beton en het gebruik van de vloer, uiteindelijk kunnen leiden tot delaminatie van de oppervlaktelaag. Bijgevolg dient er een maximaal luchtgehalte van 3,0 % opgelegd te worden voor betonvloeren met een mechanische oppervlakteafwerking (voorgedraaid of gepolierd). Het gebruik van luchtbelvormers is in dat geval niet toegelaten.

### 9.3.6.4 Korrelverdeling

Om problemen van ontmenging en waterafscheiding van het beton te vermijden en de krimp van het beton te beperken, dient men een stabiel betonmengsel te gebruiken waarbij het inerte skelet (zand en grove granulaaten) een continue korrelverdeling vertoont. In Bijlage A van de [TV 267](#) [B2] worden de grenswaarden voor de grootte van inerte granulaaten ( $\geq 63 \mu\text{m}$ ) opgegeven, in functie van het granulaatype en van de nominale grootste korrelafmeting D. Er moet rekening gehouden worden met een eventuele versterking door middel

van vezels (zie § 9.3.6.5). Dit gebeurt doorgaans door de hoeveelheid grove granulaten te verminderen. Men dient dus een 'inert skelet overeenkomstig Bijlage A van de TV 267' als aanvullende eis te specificeren.

## 9.3.6.5 Andere aanvullende eisen

We verwijzen naar hoofdstuk 7 (p. 15) voor de aanvullende eisen die gespecificeerd dienen te worden. De aanvullende eisen die nodig kunnen zijn voor de betonspecificatie voor betonvloeren voor binnentoepassingen zijn onder andere:

- de preventiemaatregelen met betrekking tot de alkali-silicareactie (zie § 7.1, p. 15)
- het type, de dosering en de functie van de vezels of de prestaties (zie § 8.2.6, p. 24) als het om vezelbeton gaat. In dat geval wordt de nominale grootste korrelafmeting beperkt tot 22 mm of 16 mm, en dit in functie van het vezeltype en de vezeldosering volgens tabel 6 (zie hoofdstuk 6, p. 13).

## 9.3.7 Voorbeelden

In tabel 17 worden enkele voorbeelden gegeven van gangbare betonspecificaties van betonvloeren voor binnentoepassingen die niet blootgesteld worden aan een chemische aantasting.

**Tabel 17** Voorbeelden van courante betonspecificaties voor betonvloeren voor binnentoepassingen.

Vermelding 'Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001'					
Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassings- gebied	Eis B2 Omgevings- klasse	Eis C Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrel- afmeting (D)	Aanvullende eisen E
<b>Voorbeeld 1: betonvloer in een woning, niet onderworpen aan uitzonderlijke belastingen</b>					
C25/30	GB	EE1	S210 (of consistentie- klasse S5)	20/22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton voor betonvloeren voor binnentoepassingen volgens de TV 267:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– watergehalte &gt; 180 l/m<sup>3</sup></li> <li>– cementdosering &gt; 320 kg/m<sup>3</sup></li> <li>– luchtgehalte &lt; 3,0 %</li> <li>– korrelverdeling: volgens Bijlage A van de TV 267</li> </ul> </li> <li>• Pomp 42 m</li> <li>• PREV2/AR1</li> </ul>
<b>Voorbeeld 2: zwaar belaste betonvloer in een opslagruimte die regelmatig in contact komt met water</b>					
C30/37	GB	EE2	S210 (of consistentie- klasse S5)	14/16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton voor betonvloeren voor binnentoepassingen volgens de TV 267:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– watergehalte &gt; 180 l/m<sup>3</sup></li> <li>– cementgehalte &gt; 320 kg/m<sup>3</sup></li> <li>– luchtgehalte &lt; 3,0 %</li> <li>– korrelverdeling: volgens Bijlage A van de TV 267</li> </ul> </li> <li>• Pomp 50 m</li> <li>• 40 kg/m<sup>3</sup> staalvezels van het type [...], toegevoegd op de betoncentrale</li> <li>• PREV2/AR2</li> </ul>
<b>Voorbeeld 3: Betonvloer in een garage</b>					
C35/45*	GB	EE4	S210 (of consistentie- klasse S4)	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton voor betonvloeren voor binnentoepassingen volgens de TV 267:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– watergehalte &gt; 180 l/m<sup>3</sup></li> <li>– cementgehalte &gt; 320 kg/m<sup>3</sup></li> <li>– luchtgehalte &lt; 3,0 %</li> <li>– korrelverdeling: volgens Bijlage A van de TV 267</li> </ul> </li> <li>• PREV2/AR3</li> <li>• Pomp 30 m</li> </ul>

\* Ook al volstaat sterkteklasse C25/30 voor de stabiliteit.



## 9.4 Beton met een verminderde koolstofvoetafdruk

Betoncentrales kunnen gecertificeerd worden door de CSC (*Concrete Sustainability Council*). Deze certificering valt niet onder het BENOR-merk. Het richt zich voornamelijk op duurzame bedrijfsvoering en de verantwoorde aanvoer van grondstoffen. Ze omvat vier categorieën:

- milieuaspecten
- sociale aspecten van duurzaamheid
- economische aspecten
- aspecten in verband met beheer.

Er bestaat eveneens een CO<sub>2</sub>-module met betrekking tot de verminderde uitstoot van CO<sub>2</sub>. Er worden meerdere niveaus vastgelegd voor de verschillende reductieklassen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in verhouding tot de referentiewaarden.

De reductieklasse van de CO<sub>2</sub>-uitstoot moet gespecificeerd worden bij de bestelling.

**Tabel 18** Maximale CO<sub>2</sub>-uitstoot per reductieniveau.

CO <sub>2</sub> -reductieklasse	C12/15 E0	C16/20 EI	C20/25 EI	C25/30 EE2	C30/37 EE3	C35/45 EE4	C40/50 EE4
<b>Maximale CO<sub>2</sub>-uitstoot per reductieniveau [net kg CO<sub>2</sub>eq./m<sup>3</sup>]</b>							
<b>Referentiewaarden</b>	228	244	269	294	319	344	361
<b>Niveau 1 (↓ ≥ 30%)</b>	160	171	188	206	226	241	253
<b>Niveau 2 (↓ ≥ 40%)</b>	137	146	161	176	194	206	217
<b>Niveau 3 (↓ ≥ 50%)</b>	114	122	135	147	162	172	181
<b>Niveau 4 (↓ ≥ 60%)</b>	91	98	108	118	129	138	144

# 10. Voorbeelden van gangbare betonspecificaties

In tabel 19 worden enkele voorbeelden gegeven van betonspecificaties voor gangbare toepassingen. De specificatie van een beton moet in de praktijk aangepast worden aan elke specifieke situatie (exacte toepassing, eventuele specifieke eisen).

Tabel 19 Voorbeelden van betonspecificaties.

Funderingszool, gewapend met staalvezels van het type AA. Het beton komt niet in contact met agressieve stoffen. Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001					
Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassings- gebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurricht- waarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrel- afmeting (D)	Aanvullende eisen E
C25/30	GB	EE1	S210 (of consistentie- klasse S5)	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 kg/m<sup>3</sup> staalvezels van het type [...]</li> <li>• Pomp 42 m</li> <li>• PREV2/AR2</li> </ul>
Paalfunderingen, geen contact met agressieve stoffen Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001					
Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassings- gebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurricht- waarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrel- afmeting (D)	Aanvullende eisen E
C25/30	GB	EE1	S180 (of consistentie- klasse S4)	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton voor paalfunderingen conform bijlage D van de norm NBN EN 206</li> <li>• Droge omstandigheden voor het betonstorten</li> <li>• TC150</li> <li>• Pomp 42 m</li> <li>• PREV2/AR2</li> </ul>
Mechanisch afgewerkte binnenvloer met een ingewerkte slijtlaag Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001					
Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassings- gebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurricht- waarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrel- afmeting (D)	Aanvullende eisen E
C25/30	GB	EE1	S210 (of consistentie- klasse S5)	20 mm (eventueel 16 mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton voor betonvloeren voor binnen- toepassingen volgens de TV 267: <ul style="list-style-type: none"> <li>– E<sub>min</sub> 180 liter/m<sup>3</sup></li> <li>– C<sub>min</sub> 320 kg/m<sup>3</sup></li> <li>– A<sub>max</sub> 3 %</li> <li>– inert skelet overeenkomstig Bijla- ge A van de TV 267</li> </ul> </li> <li>• Pomp 42 m</li> <li>• PREV2/AR1</li> </ul>
Buitenwand waarvoor een lichte tint gewenst is. De wand komt niet in contact met agressieve stoffen, maar een beperkte wateropslorping door onderdompeling is noodzakelijk Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001					
Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassings- gebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurricht- waarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrel- afmeting (D)	Aanvullende eisen E
C30/37	GB	EE3	S180 (of consistentie- klasse S4)	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtkleurig cement van het type CEM III/B 42,5 N LA</li> <li>• WAI(0,50)</li> <li>• PREV2/AR2</li> </ul>

Bouwwerk dat agressieve stoffen bevat (een sulfaatgehalte van ongeveer 2.000 mg/l in de vloeistof die in aanraking komt met het beton). Een beperkte wateropslorping door onderdompeling is noodzakelijk. Bovendien gaat het om bouwelementen waarvoor de gevolgen van ASR niet aanvaardbaar zijn. Beschadigde elementen herstellen of vervangen heeft immers aanzienlijke economische gevolgen.  
Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001

Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassingsgebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrelafmeting (D)	Aanvullende eisen E
C30/37	GB	EE3 + EA2	S180 (of consistentieklasse S4)	20 mm kalksteen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cement CEM III/B 42,5 N-LH/SR LA</li> <li>WAI(0,50)</li> <li>PREV3/AR2</li> <li>Pomp 32 m</li> </ul>

Pijler van een wegstructuur. Geen contact met agressieve stoffen, wel met dooizouten. Een beperkte wateropslorping door onderdompeling is noodzakelijk. Het gaat om bouwelementen waarvoor de gevolgen van ASR niet aanvaardbaar zijn. Beschadigde elementen herstellen of vervangen heeft immers aanzienlijke economische gevolgen.  
Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001

Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassingsgebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrelafmeting (D)	Aanvullende eisen E
C35/45	GB	EE4	S180 (of consistentieklasse S4)	20 mm kalksteen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cement CEM III/A 42,5 N LA</li> <li>WAI(0,45)</li> <li>PREV3/AR3</li> <li>Pomp 42 m</li> </ul>

Druklaag gewapend met een mengsel van staalvezels (10 kg) en polypropyleenvezels (600 g)  
Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001

Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassingsgebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrelafmeting (D)	Aanvullende eisen E
C25/30	GB	EI	S210 (of consistentieklasse S5)	8 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>10,6 kg staalvezels en polypropyleenvezels van het type [...]</li> <li>Pomp 24 m</li> </ul>

Funderingszool gewapend met staalvezels met een verminderde koolstofvoetafdruk. Het beton komt niet in contact met agressieve stoffen.  
Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001

Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassingsgebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrelafmeting (D)	Aanvullende eisen E
C25/30	GB	EE1	S210 (of consistentieklasse S5)	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>25 kg/m<sup>3</sup> staalvezels van het type [...]</li> <li>Pomp 42 m</li> <li>PREV2/AR2</li> <li>CO<sub>2</sub>-reductieklasse = niveau 4</li> </ul>

Buitenwand met een verminderde koolstofvoetafdruk  
Beton conform de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001

Eis A Sterkteklasse	Eis B1 Toepassingsgebied	Eis B2 Omgevingsklasse	Eis C Voorkeurrichtwaarde voor de zetmaat	Eis D Grootste korrelafmeting (D)	Aanvullende eisen E
C30/37	GB	EE3	S180 (of consistentieklasse S4)	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>-reductieklasse = niveau 3</li> <li>PREV2/AR2</li> </ul>

# Literatuurlijst

## B

### BE-CERT ([www.be-cert.be](http://www.be-cert.be))

- B1** TRA 550 BENOR-certificatie van stortklaar beton. Brussel, BE-CERT, Toepassingsreglement nr. 550, 2018.

### Buildwise ([www.buildwise.be](http://www.buildwise.be))

- B2** Betonvloeren voor binnentoepassingen. Brussel, Buildwise, Technische Voorlichting, nr. 267, 2019.

### Bureau voor normalisatie (Brussel, NBN, [www.nbn.be](http://www.nbn.be))

- B3** NBN B 12-108:2015 Cement. Cement met hoge bestandheid tegen sulfaten.
- B4** NBN B 12-109:2020 Cement. Cementen met begrensd alkali-gehalte.
- B5** NBN B 15-001:2022 Beton. Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. Nationale aanvulling bij de norm NBN EN 206:2013+A2:2021.
- B6** NBN EN 1992-1-1:2005 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies. Deel 1-1: algemene regels en regels voor gebouwen (+AC:2010).  
NBN EN 1992-1-1 ANB:2010 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies. Deel 1-1: algemene regels en regels voor gebouwen. Nationale bijlage.  
NBN EN 1992-1-1/A1:2015 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies. Deel 1-1: algemene regels voor gebouwen.
- B7** NBN B 15-007:2018 Zichtbeton. Classificaties en specificaties.
- B8** NBN B 15-215:2018 Beproeving van verhard beton. Wateropslorping door onderdompeling.
- B9** NBN B 15-400:2015 Uitvoering van betonconstructies. Nationale aanvulling op de norm NBN EN 13670:2010+AC:2016.
- B10** NBN EN 196-2:2013 Beproevingmethoden voor cement. Deel 2: chemische analyse van cement.
- B11** NBN EN 206:2013 Beton. Specificatie, prestaties, productie en conformiteit (A2:2021).
- B12** NBN EN 480-4:2005 Hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel. Beproevingmethoden. Deel 4: bepaling van de waterafscheiding van beton.
- B13** NBN EN 1536+A1:2015 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk. Boorpalen.
- B14** NBN EN 1538+A1:2015 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk. Diepwanden.
- B15** NBN EN 12350-2:2019 Beproeving van betonspecie. Deel 2: zetmaat.
- B16** NBN EN 12350-8:2019: Testen van vers beton. Deel 8: zelfverdichtend beton. Slump-flow test.
- B17** NBN EN 12620+A1:2008 Granulaten voor beton.
- B18** NBN EN 12699:2015 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk. Verdringingspalen.
- B19** NBN EN 13577:2007 Chemische aantasting van beton. Bepaling van het gehalte aan agressief kooldioxide in water.
- B20** NBN EN 15743+A1:2015 Supersulfaatcement. Samenstelling, specificaties en overeenkomstigheidscriteria.
- B21** NBN EN 16502:2014 Beproevingmethode voor de bepaling van de bodemzuurgraad volgens Baumann-Gully.

- B22** NBN EN ISO 7980:2000 Water. Bepaling van calcium en magnesium. Atomaire absorptie spectrometrische methode (ISO 7890:1986).
- B23** NBN EN ISO 10414-1:2009 Aardolie- en aardgasindustrie. Veldbeproeving van boorvloeistoffen. Deel 1: op water gebaseerde vloeistoffen (ISO 10414-1:2008).

## C

### Concrete Institute of Australia ([concreteinstitute.com.au](http://concreteinstitute.com.au))

- C1** CIA Z17-2012 Recommended Practice. Tremie Concrete for Deep Foundations. North Sydney, CIA, 2012.

## I

### International Organization for Standardization (Genève, ISO, [www.iso.org](http://www.iso.org))

- O1** ISO 4316: 1977. Surface active gents. Determination of pH of aqueous solutions. Potentiometric method.
- O2** ISO 7150-2:1986 Water quality. Determination of ammonium. Part 2: automated spectrometric method.

Dit is een uitgave van Buildwise (voordien het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf) een inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947.

Verantwoordelijke uitgever: Olivier Vandooren

Buildwise, Kleine Kloosterstraat 23

B-1932 Zaventem

D/2023/0611/10

Dit is een publicatie van wetenschappelijke aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de teksten van deze publicatie is slechts toegelaten mits schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

Vertaling en lay-out: K. De Meirichy

Tekeningen: Q. van Grieken

Foto's Buildwise: M. Sohie et al.



### **Buildwise Zaventem Maatschappelijke zetel en kantoren**

Kleine Kloosterstraat 23  
B-1932 Zaventem  
Tel. 02 716 42 11  
E-mail : [info@buildwise.be](mailto:info@buildwise.be)  
Website: [buildwise.be](http://buildwise.be)

- Technisch advies – Publicaties
- Beheer – Kwaliteit – Informatietechnieken
- Ontwikkeling – Valorisatie
- Technische goedkeuringen – Normalisatie

### **Buildwise Limelette**

Avenue Pierre Holoffe 21  
B-1342 Limelette  
Tel. 02 655 77 11

- Onderzoek en innovatie
- Vorming
- Bibliotheek

### **Buildwise Brussels**

Dieudonné Lefèvrestraat 17  
B-1020 Brussel  
Tel. 02 233 81 00

Na meer dan een halve eeuw spreken we niet langer over het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), maar over Buildwise. Die nieuwe naam brengt ook een nieuwe richting met zich mee, met extra aandacht voor innovatie, samenwerking en een meer geïntegreerde aanpak met verschillende disciplines. Omdat Buildwise hoofdzakelijk gefinancierd wordt met de bijdragen van meer dan 100.000 Belgische bouwbedrijven, bepalen deze ook mee de werking, onder andere door hun betrokkenheid bij het vaststellen van de prioriteiten en het sturen van de acties via de Technische Comités.

### **Van onderzoekscentrum naar innovatiecentrum**

Dankzij de kennis die het in de loop van de jaren verworven heeft, is Buildwise uitgegroeid tot hét referentie- en expertisecentrum in de bouwsector. Buildwise is er om alle actoren in de waardeketen te ondersteunen. Ons doel? Kennis doorgeven die de kwaliteit, productiviteit en duurzaamheid daadwerkelijk verbetert en de weg vrijmaken voor innovatie op werven en in bouwbedrijven.

### **Een katalysator voor kennisdeling en verbinding**

Het bouwproces is erg complex en gefragmenteerd. Daarom wil Buildwise zijn verbindende rol versterken. We kunnen de sectorale en maatschappelijke uitdagingen alleen het hoofd bieden door de hele sector in beweging te zetten en door onze bedrijfsmodellen en manier van samenwerken te herbekijken.

### **Van multidisciplinaire naar transdisciplinaire expertise**

Buildwise onderscheidt zich door zijn pragmatische en multidisciplinaire aanpak. Om solide oplossingen te vinden, is een alomvattende, geïntegreerde aanpak nodig. Daarom zijn onze ambities opgebouwd rond drie pijlers: digitale technologie, duurzaamheid en vakmanschap (vertegenwoordigd door de aannemers binnen de Technische Comités).