

ALGEMENE GEGEVENS BETONTECHNOLOGIE

Betonlaborant bv
basiskennis betontechnologie [bbt] en
betontechnoloog [bte]

UITGAVE BETONVERENIGING
alleen voor gebruik bij cursussen en examens!

Inhoudsopgave

Aanvaardbaar aantal afwijkingen (AQL = 4 %)	16
Agressiviteit van waterige oplossingen	8
ASR: Eisen aan cement	12
Risico ASR aanwezig?	13
Betonsterkteklassen	5
Chloridegehalten – maxima	11
Conformiteitscriteria voor consistentie, overige eigenschappen voor zvb, lucht en homogene verdeling van vezels	15
Conformiteitscriteria druksterkte beton	15
Conformiteitscriteria voor wbf / wcf, min. cement-/ bindmiddelgehalte, vol. massa en gehalte aan vezels	16
Consistentieklassen	14
Criteria voor een familielid	17
Formules mengselberekening	9
Gewogen rijpheid na 1 uur voor T = 1 t.m. 95 °C	18+19
Grondslagen mengselberekening	5
k-factor poederkoolvliegias en silica fume	4
Indeling van lichtbeton volgens ovdroge volumieke massa	2
Keuring en controle	14
Milieuklassen overzicht	6
Eisen wcf / wbf en cement- / bindmiddelgehalte	7
Minimale hoeveelheid fijn (< 0,250 mm)	11
Normsterkten Nederlands cement (richtwaarden)	8
Omrekeningsfactor kubusdruksterkte naar riblengte	14
Onderscheiden korrelgroepen en eisen aan zeefdoorval	3
Ontwerpgebieden I en II	10
Standaardafwijking	15
Toeslagmaterialen	3
Volumieke massa's	2
Voorwaarden toepassen van beton- en menggranulaat	3
Vulstoffen	4
Waterbehoefte (richtwaarden)	9
Zelf verdichtend beton (formules)	11



Betonvereniging
Kennisspartner om op te bouwen



1. ALGEMENE INFORMATIE

- Uitkomsten worden naar boven afgerond.
- Alle vochtgehalten worden uitgedrukt in % (m/m) ten opzichte van droog (toeslag)materiaal.

Aan te houden rekenwaarden van diverse volumieke massa's (ρ_a of ρ_{rd})

Grondstof	Rekenwaarde [kg/m^3]
- portlandcement CEM I	3150
- portlandvliegascement CEM II	2900
- hoogovencement CEM III/A	3000
- hoogovencement CEM III/B	2950
- gemalen gegraneleerde hoogovenslak	2900
- kalksteenmeel	2700
- zand en grind	2650
- silicafume	2400
- betongranulaat	2350
- poederkoolvliegascement	2250

Indeling van lichtbeton volgens de oevdroge volumieke massa (NEN-EN 206)

Klasse	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
GRENSWAARDEN [kg/m^3]	≥ 800	> 1000	> 1200	> 1400	> 1600	> 1800
	en ≤ 1000	en ≤ 1200	en ≤ 1400	en ≤ 1600	en ≤ 1800	en ≤ 2000



2. TOESLAGMATERIALEN

Onderscheiden korrelgroepen en uitwerking van eisen aan de zeefdoorval (% V/V)

Toeslagmateriaal	grof					
korrelgroep	2/8	4/8	4/16	4/32	8/16	16/32
categorie	G _c 85/20	G _c 85/20	G _c 90/15	G _c 90/15	G _c 85/20	G _c 85/20
zeven basisset + set 1 [mm]						
63				100		100
45				98-100		98-100
31,5			100	90-99	100	85-99
22,4			98-100		98-100	25-70
16	100	100	90-99	25-70	85-99	0-20
11,2	98-100	98-100			25-70	
8	85-99	85-99	25-70		0-20	0-5
5,6		25-70				
4	25-70	0-20	0-15	0-15	0-5	
2	0-20	0-5	0-5	0-5		
1	0-5					

Voorwaarden voor het gedeeltelijk vervangen van grof toeslagmateriaal door beton- of menggranulaat (volgens NEN 8005)

Type gerecycled materiaal	Milieuklasse	
	XO	Overig
Betongranulaat type A1 met $\rho_{rd} \geq 2200 \text{ kg/m}^3$	50%	30%
Betongranulaat type A2 met $\rho_{rd} \geq 2000 \text{ kg/m}^3$		20%
Menggranulaat type B met $\rho_{rd} \geq 2000 \text{ kg/m}^3$		20%



3. VULSTOFFEN

$$B = C + k \times V$$

$$wbf = \frac{W}{C + k \times V}$$

Waarden van de k-factor voor poederkoolvliegias in beton

cementsoort	k-factor	poederkoolvliegias / cementverhouding	beschreven in de
CEM I	0,4	≤ 0,33	NEN-EN 206
CEM II/A	0,4	≤ 0,25	NEN-EN 206
CEM III/A	0,2	≤ 0,25	NEN 8005
CEM III/B	0,2	≤ 0,25	NEN 8005

Waarden van de k-factor voor silica fume in beton

cementsoort	wcf en milieuklasse	k-factor	silica fume / cementverhouding
CEM I of CEM II/A*	wcf ≤ 0,45	2,0	≤ 0,11
	wcf > 0,45	2,0	≤ 0,11
	behalve in milieuklasse XC of XF	1,0	≤ 0,11

* Behalve voor cement waaraan silica fume is toegevoegd

**GRONDSLAGEN MENGSELBEREKENING***Betonsterkteklassen voor normaal- en zwaarbeton volgens NEN-EN 206*

sterkteklasse	karacteristieke cilinderdruksterkte $f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	karacteristieke kubusdruksterkte $f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Betonsterkteklassen voor lichtbeton volgens NEN-EN 206

sterkteklasse	karacteristieke cilinderdruksterkte $f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	karacteristieke kubusdruksterkte $f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88



Overzicht van de milieuklassen volgens NEN-EN 206

1. Geen risico op corrosie of aantasting (X0)		
Aanduiding	Beschrijving van het milieu	Voorbeelden van betontoepassingen in de betreffende milieuklasse
X0	Beton zonder wapening of ingestorte metalen: alle milieus, behalve bij vorst/dooi, afslijting of chemische aantasting. Beton met wapening of ingestorte metalen: zeer droog.	Onderwaterbeton. Beton voor werkvloeren. Beton voor ongewapende funderingen. Beton binnen gebouwen met een zeer lage luchtvochtigheid.
2. Corrosie ingeleid door carbonatatie (XC)		
<i>Voor beton met wapening of andere ingestorte metalen en blootgesteld aan lucht en vocht:</i>		
XC1	Altijd droog of altijd nat	Beton binnen gebouwen met een lage luchtvochtigheid. Beton blijvend onder water.
XC2	Normaal nat en slechts af en toe droog	Beton langdurig in contact met water: funderingen
XC3	Matige of hoge luchtvochtigheid	Beton binnen gebouwen met een matige of hoge luchtvochtigheid. Beton buiten beschermt tegen regen.
XC4	Wisselend nat en droog	Betonoppervlakken blootgesteld aan contact met water, maar die niet vallen onder milieuklasse XC2. Beton buiten onbeschermt.
3. Corrosie ingeleid door chloriden, niet afkomstig uit zeewater (XD)		
<i>Voor beton, dat wapening of andere ingestorte metalen bevat, in contact met water dat chloriden bevat, inclusief dooizouten, maar niet afkomstig uit zeewater:</i>		
XD1	Matige (lucht)vochtigheid	Betonoppervlakken blootgesteld aan chloriden uit de lucht (geen zeewind)
XD2	Nat, zelden droog	Zwembaden. Beton blootgesteld aan chloridehoudend industriewater.
XD3	Wisselend nat en droog	Brugdelen blootgesteld aan chloridehoudend spatwater. Verhardingen. Vloeren van parkeerplaatsen voor voertuigen.
4. Corrosie ingeleid door chloriden, afkomstig uit zeewater (XS)		
<i>Voor beton, dat wapening of andere ingestorte metalen bevat, blootgesteld aan chloriden uit zeewater of aan lucht dat zout bevat, afkomstig uit de zee:</i>		
XS1	Blootgesteld aan zouten in de lucht, maar niet in direct contact met zeewater	Constructies bij of aan de kust.
XS2	Blijvend onder water	Delen van constructies in zee.
XS3	Getijde-, spat- en nevelzone	Delen van constructies in zee.
5. Vorst/dooi aantasting met of zonder dooizouten (XF)		
<i>Indien beton is blootgesteld aan flinke vorst/dooiwisselingen en nat is:</i>		
XF1	Beperkt verzadigd met water, zonder dooizouten	Verticale betonoppervlakken, blootgesteld aan regen en wind
XF2	Beperkt verzadigd met water, met dooizouten	Verticale betonoppervlakken van wegconstructies, blootgesteld aan vorst en met de lucht meegevoerde dooizouten
XF3	Verzadigd met water, zonder dooizouten	Horizontale betonoppervlakken blootgesteld aan regen en vorst
XF4	Verzadigd met water, met dooizouten of zeewater	Wegen en brugdekken blootgesteld aan dooizouten. Betonoppervlakken blootgesteld aan direct gespreide dooizouten en vorst. Spatzones van constructies in zee, blootgesteld aan vorst.
6. Chemische aantasting (XA)		
<i>Voor beton, blootgesteld aan chemische aantasting door natuurlijke grond en grondwater:</i>		
XA1	Zwak agressief chemisch milieu, volgens tabel	Funderingsbalken. Bedrijfsvloeren in de zuivelindustrie.
XA2	Matig agressief chemisch milieu, volgens tabel	Beton(elementen) in de glastuinbouw. Calamiteitenbakken in de chemische industrie. Vloeistofdicht beton. Funderingspalen.
XA3	Sterk agressief chemisch milieu, volgens tabel	Rioleringsystemen en rioolwaterzuiveringsinstallaties

Let op: voorbeelden zijn indicatief en niet normgevend!!



Eisen aan de betonsamenstelling, afhankelijk van de milieuklasse

Milieu-klasse	Maximaal toelaatbare wcf / wbf [-]	Minimaal vereiste cementgehalte / bindmiddelgehalte [kg] per m ³	Minimum luchtgehalte ^a	
			Grootste korrelafmeting D [mm]	Luchtgehalte % (V/V)
1 Geen risico op corrosie of aantasting				
X0	0,70 ^b	200	-	-
2 Corrosie ingeleid door carbonatatie				
XC1	0,65	260	-	-
XC2	0,60	280	-	-
XC3	0,55	280	-	-
XC4	0,50	300	-	-
3 Corrosie ingeleid door chloriden anders dan afkomstig uit zeewater				
XD1	0,55	300	-	-
XD2	0,50	300	-	-
XD3 ^c	0,45	300	-	-
4 Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater				
XS1	0,50	300	-	-
XS2 ^c	0,45	300	-	-
XS3 ^c	0,45	320	-	-
5 Aantasting door vorst/dooi-wisselingen met of zonder dooizouten				
XF1	0,55	300	-	-
XF2	0,55	300	63 31,5 16 8	3,0 3,5 4,0 5,0
XF2	0,45	300	-	-
XF3	0,50	300	-	-
XF4	0,50	300	63 31,5 16 8	3,0 3,5 4,0 5,0
XF4	0,45	320	-	-
6 Chemische aantasting				
XA1	0,55	300	-	-
XA2 ^d	0,50	320	-	-
XA3 ^d	0,45	340	-	-
<p>^a Het minimumluchtgehalte heeft betrekking op het gemeten luchtgehalte.</p> <p>^b De genoemde water-cementfactor/water-bindmiddelfactor en het genoemde cement-/bindmiddelgehalte zijn alleen van toepassing bij onderwaterbeton in niet-agressief water. Voor ongewapend beton gelden geen grenswaarden.</p> <p>^c Bij bouwdelen die voldoen aan de definitie massabeton, zie tabel 2.16</p> <p>^d Voor beton in deze milieuklassen dat aan oplossingen met meer dan 600 mg SO₄²⁻ / of aan grond met een gehalte aan sulfaten groter dan 3 000 mg/kg wordt blootgesteld, behoort cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten te worden gebruikt dat voldoet aan NEN-EN 197-1, met uitzondering van CEM I-SR 5, puzzolaancement CEM IV/A-SR en CEM IV/B-SR.</p>				



Agressiviteit van waterige oplossingen, als functie van de hoeveelheid in het water aanwezige stoffen, conform NEN-EN 206

Milieuklassen	XA1	XA2	XA3
agressiviteit	licht	matig	sterk
Grondwater			
sulfaat SO ₄ ²⁻ (mg/l)	200 – 600	600 – 3000	3000 – 6000
pH	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	4,5 – 4,0
kalkoplossend CO ₂ (mg/l)	15 – 40	40 – 100	> 100
ammonium NH ₄ ⁺ (mg/l)	15 – 30	30 – 60	60 – 100
magnesium Mg ²⁺ (mg/l)	300 – 1000	1000 – 3000	> 3000
Bodem			
sulfaat SO ₄ ²⁻ (mg/kg)	2000 – 3000	3000 – 12000	12000 – 24000
zuurgehalte (ml/kg)	> 200 Baumann Gully	in de praktijk niet waargenomen	

Richtwaarden voor de gemiddelde normsterkte N van in Nederland veel gebruikte cementen

cementsoort	codering	normsterkte N [N/mm ²]			
		1 dag	2 dagen	3 dagen	28 dagen
portlandcement	CEM I 32,5 R	10	17	25	48
	CEM I 42,5 R	19	30	35	58
	CEM I 52,5 R	29	39	44	63
portlandvliegascement	CEM II/B-V 32,5 R	13	22	25	49
hoogovencement	CEM III/A 32,5 N	7	14	19	46
	CEM III/A 42,5 N	8	17	22	59
	CEM III/A-52,5 N	18	28	35	74
	CEM III/B 32,5 N	5	10	14	48
	CEM III/B 42,5 N	8	17	25	58



Gemiddelde sterkte zonder extra lucht: $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$

Gemiddelde sterkte met extra lucht (met $L > 2\%$):

$$f_{cm} = \frac{f_{ck} + 8}{0,95^{(L-2)}} \text{ N/mm}^2$$

$f_{cm(j)} = 0,8N_j + \frac{25}{wcf} - 45 \text{ N/mm}^2$, waaruit kan worden afgeleid:

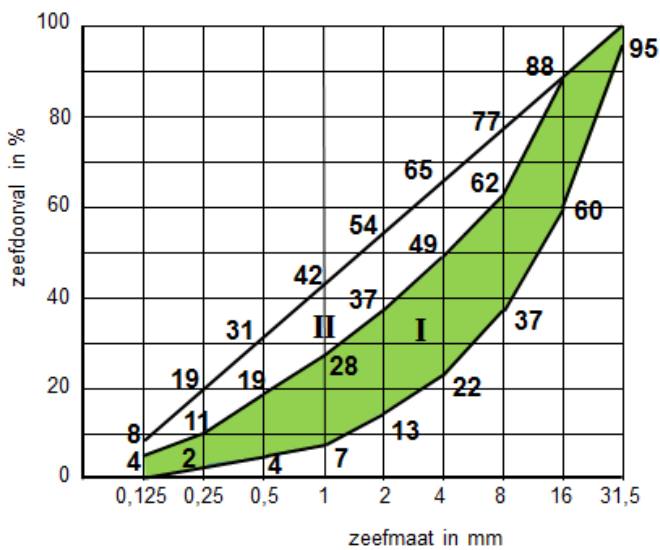
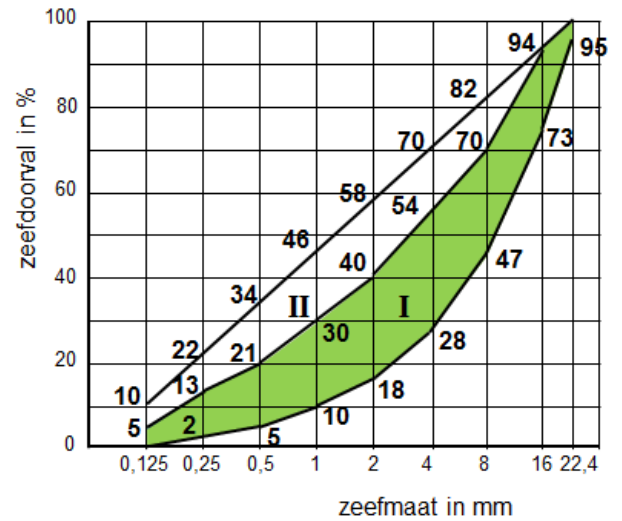
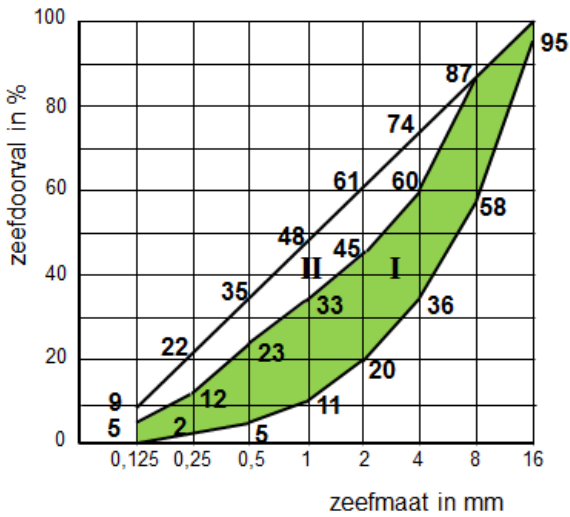
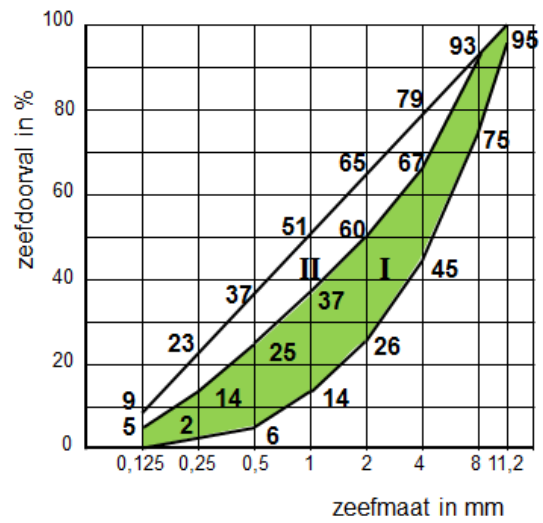
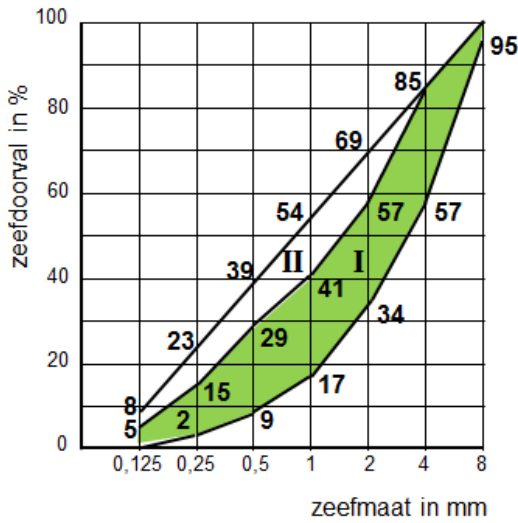
$$wcf = \frac{25}{(f_{cm(j)} - 0,8N_j + 45)}$$

Zandpercentage $P_z = \frac{M_x - G_x}{Z_x - G_x} \times 100 \%$

Fullerkromme: $p = 100 \cdot \sqrt{\frac{d}{D_{max}}} \%$

Richtwaarden voor de effectieve waterbehoefte van betonspecie in kg per m³ beton in ontwerpgebied I

Consistentieklasse	D _{max}				
	8	11	16	22	32
C0	155	150	145	140	135
C1, S1, F1	170	165	160	155	150
C2, S2, F2	185	180	175	170	165
C3, S3, F3	200	195	190	185	180
Voor hogere consistenties zijn geen richtwaarden gegeven. Een hogere consistentie mag alleen met behulp van een (super)plasticiserder worden verkregen, dus niet door meer water toe te voegen.					
Aanpassingen richtwaarden:					
Mengsel in ontwerpgebied I + II				+ 20 kg	
Grof toeslagmateriaal gebroken				+ 5 kg	
Fijn toeslagmateriaal gebroken				+ 20 kg	



Ontwerpgebieden voor
0/8, 0/11, 0/16, 0/22 en 0/32,



Minimum hoeveelheid fijn materiaal < 0,250 mm

grootste zeefmaat <i>D</i> [mm]	minimum hoeveelheid fijn materiaal (< 0,250 mm) per m³ beton [m³]
4 - 8	in onderling overleg
8	0,140
11,2	0,130
16	0,125
22,4	0,120
31,5	0,115*

*Voor verpompbare betonspecie bedraagt de minimale hoeveelheid fijn materiaal 0,135 m³ per m³ specie

Maximaal chloridegehalte ten opzichte van het bindmiddelgehalte in % (m/m)

aard van de constructie	chloride- klasse	maximaal chloridegehalte in % [m/m]
ongewapend beton	Cl 1,0	1,0
gewapend beton en voorgespannen beton met nagerekt voorspanstaal	Cl 0,40	0,40
voorgespannen beton met voorgerekt voorspanstaal	Cl 0,20	0,20

Formules zelfverdichtend beton

$$\frac{V_w}{V_p} = \kappa_p \times \beta_{p,combi} = \kappa_p \times (\%V_c \times \beta_{p,cement} + \%V_v \times \beta_{p,vulstof})$$

$$V_{poeder} = \frac{V_{pasta}}{1 + \frac{V_w}{V_p}} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\tau_p = \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 - 1$$

$$\%V_c = \frac{\kappa_p \times \beta_{p,vulstof}}{wcf \times \rho_{a,cement} + \kappa_p \times \beta_{p,vulstof} - \kappa_p \times \beta_{p,cement}}$$

$$V_g = \%V_{g,losgestort} \times \frac{\rho_b}{\rho_{rd}} \times V_b$$

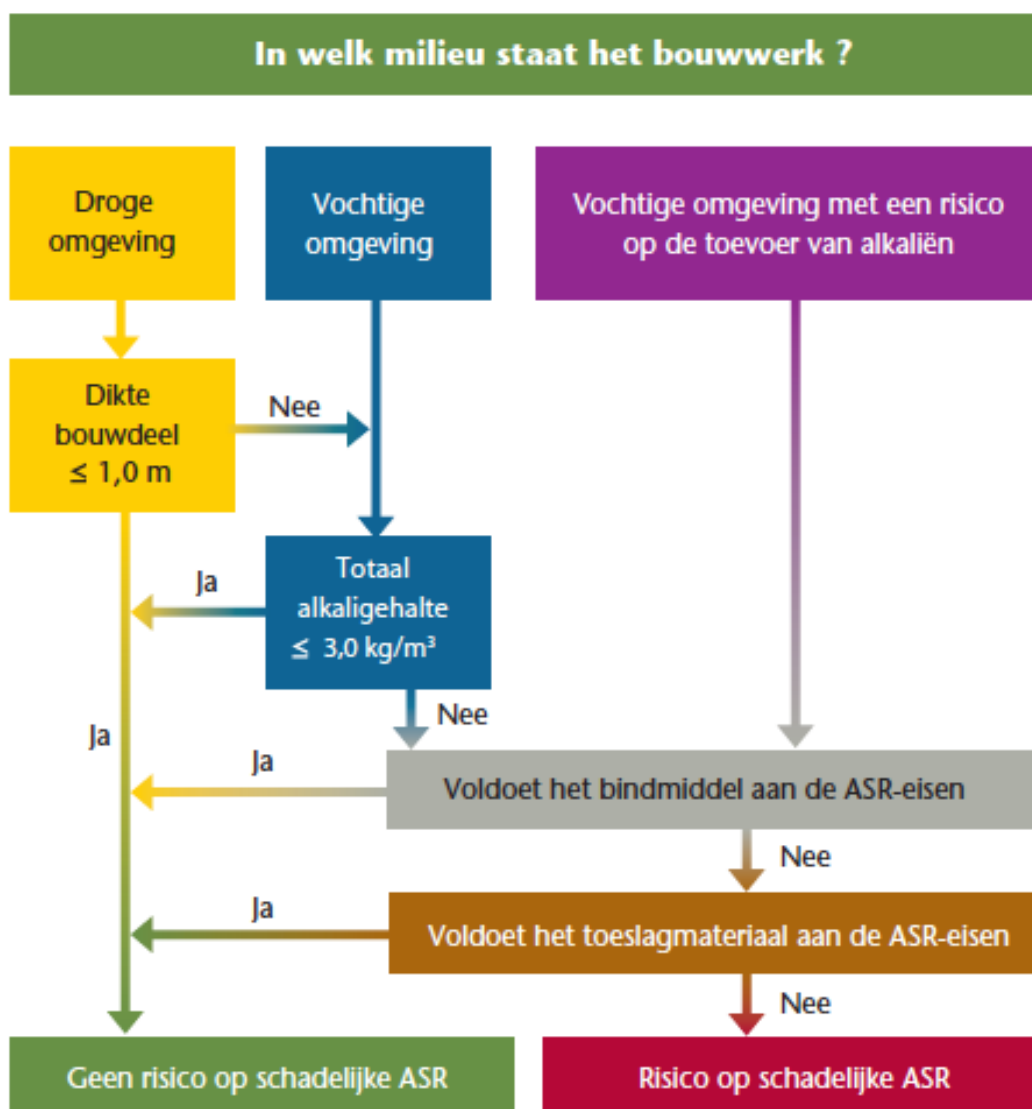


BETON

Eisen aan cementen en bindmiddelcombinaties met preventieve werking t.a.v. ASR (conform CUR-Aanbeveling 89 2e herziene uitgave en Betoniek 15/02)

Type bindmiddel	Cementen volgens NEN-EN 197-1					Mengsel CEM I en CEM III/B	Mengsel CEM I en poederkoolvliegias ⁴⁾		Mengsel CEM III/A of CEM III/B en poederkoolvliegias ⁴⁾	
Eigenschappen van het bindmiddel	Eigenschappen van het cement					Eigenschappen van het cementmengsel	Eigenschappen van de poederkoolvliegias		Eigenschappen van het CEM III cement	
	CEM II/B-V			CEM III/A	CEM III/B	CEM I + CEM III/B	poederkoolvliegias		CEM III/A	CEM III/B
hoogovenslakgehalte in %	n.v.t.	n.v.t.	≥ 50	≥ 66	≥ 50	n.v.t.	n.v.t.	≥ 50	≥ 66	
poederkoolvliegiasgehalte in %	≥ 25	≥ 30	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	≥ 25 ⁵⁾	≥ 30 ⁵⁾	n.v.t.	n.v.t.	
Na-eq (x) van de toegepaste poederkoolvliegias in %	x ≤ 2,0	2,0 ≤ x ≤ 3,0	3,0 ≤ x ≤ 4,5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	x ≤ 3,0	3,0 ≤ x ≤ 4,5	n.v.t.	n.v.t.
Maximaal toegestaan alkaligehalte	Maximaal toegestaan alkaligehalte van de cementen (%)					Max. alkaligehalte van het cementmengsel (%)	Max. alkaligehalte van CEM I (%)		Max. alkaligehalte van CEM III (%)	
Alkalibijdrage (y) overige bestanddelen ¹⁾	CEM II/B-V			CEN III/A	CEM III/B	CEM I + CEM III/B ⁶⁾	CEM I		CEM III/A	CEM III/B
y ≤ 0,6	1,1	1,3	1,6	1,1	1,5	1,1	0,9		1,1	1,5
0,6 < y ≤ 1,2 ²⁾	0,9	1,1	1,5	0,9	1,3	0,9	0,7		0,9	1,3
1,2 < y ≤ 1,6 ³⁾	0,8	1,0	1,4	0,8	1,2	0,8	0,6		0,8	1,2

Voor opmerkingen zie volgende blad



Invloedsfactoren op schadelijke ASR

Opmerkingen bij tabel van vorige blad

- 1) Onder "overige bestanddelen" wordt verstaan alle grondstoffen in het beton, behalve cement en poederkoolvliegias.
- 2) Als wordt aangetoond dat de alkalibijdrage van de hulp- en vulstoffen, anders dan vliegias, < 0,1 kg per m³ is, mag voor de alkalibijdrage van de overige bestanddelen worden uitgegaan van maximaal 1,2 kg per m³.
- 3) Indien niet wordt voldaan aan de eis "alkalibijdrage overige bestanddelen ≤ 1,6 kg per m³, dan moet het alkaligehalte worden berekend volgens bijlage G van CUR-Aanbeveling 89 (2e herziene uitgave).
- 4) Poederkoolvliegias moet voldoen aan CUR-Aanbeveling 94.
- 5) Poederkoolvliegiasgehalte t.o.v. de massa van CEM I + poederkoolvliegias.
- 6) Het alkaligehalte van het mengsel van cementen moet worden uitgerekend door de afzonderlijke Na-eq van de cementen rechtlijnig te interpoleren.

4. KEURING EN CONTROLE

Consistentieklassen volgens NEN-EN 206

klasse	Verdichtingsmaat
C0	$\geq 1,46$
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1,04
C4 *	$< 1,04$

*Klasse C4 is alleen bestemd voor lichtbeton

klasse	Zetmaat in mm
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5	≥ 220

klasse	Schudmaat in mm
F1	≤ 340
F2	350 – 410
F3	420 – 480
F4	490 – 550
F5	560 – 620
F6	≥ 630

klasse	Vloeimaat (Slump-flow) in mm (grenswaarden voor individuele charges)
SF 1	550 – 650
SF 2	660 – 750
SF 3	750 - 850

Omrekeningsfactoren van kubusdruksterkten op basis van riblengte 150 mm

riblengte [mm]	omrekeningsfactor [-]
100	0,91
200	1,05
300	1,10

Conformiteitscriteria voor druksterkte (NEN-EN 206)

productie	aantal "n" van testresultaten van de druksterkte in de groep	criterium 1	criterium 2
		gemiddelde van "n" resultaten (f_{cm}) [N/mm ²]	elk enkel testresultaat (f_{ci}) [N/mm ²]
aanvang	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
vervolg	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \times \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

Standaardafwijking
$$s = \sqrt{\left(\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right)}$$

Toetsing standaardafwijking: $0,63 \sigma \leq S_{15} \leq 1,37 \sigma$

Overzicht conformiteitscriteria voor consistentie, overige eigenschappen voor ZVB, luchtgehalte en homogene verdeling van vezels.

eigenschap	toegestane afwijking t.o.v.		opmerking
	ondergrens	bovengrens	
verdichtingsmaat	- 0,03	+ 0,03	algemeen
	- 0,04	+ 0,04	bij begin lossen van truckmixer
zetmaat	- 10 mm	+ 10 mm	algemeen
	- 20 mm	+ 20 mm	bij begin lossen van truckmixer
schudmaat	- 10 mm	+ 10 mm	algemeen
	- 20 mm	+ 20 mm	bij begin lossen van truckmixer
vloeimaat	geen afwijking toegestaan	geen afwijking toegestaan	bij zvb is geen correctie voor verdichting mogelijk
viscositeit			
blokkeringsmaat			
ontmenging			
luchtgehalte van beton met lbv	- 0,5 %	+ 5,0 %	t.o.v. specificatie
homogene verdeling van vezels	0,80	-	individuele meting
	0,85	-	gemiddelde van 3 metingen



Conformiteitscriteria voor wbf c.q. wcf, minimaal cement-/bindmiddelgehalte, volumieke massa en gehalte aan vezels.

eigenschap	toegestane afwijking t.o.v.	
	ondergrens	bovengrens
wbf c.q. wcf	-	+ 0,02
minimaal gehalte cement/bindmiddel	- 10 kg	-
gehalte aan staalvezels	- 5%	-
gehalte aan polymeervezels	- 10%	-
volumieke massa lichtbeton	- 30 kg/m ³	+ 30 kg/m ³
volumieke massa zwaar beton	- 30 kg/m ³	-

Aantal aanvaardbare afwijkingen (AQL = 4 %) voor wbf c.q. wcf, minimaal cement-/bindmiddelgehalte, volumieke massa en gehalte aan vezels

aantal beproevingsresultaten	aanvaardbaar aantal afwijkingen
1 - 12	0
13 - 19	1
20 - 31	2
32 - 39	3
40 - 49	4
50 - 64	5
65 - 79	6
80 - 94	7
95 - 100	8

*Criteria voor een familielid*

aantal resultaten "n" voor een familielid	gemiddelde f_{cm} van "n" resultaten voor een familielid
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$
7, 8, 9	$\geq f_{ck} + 3,5$
10, 11, 12	$\geq f_{ck} + 4,0$
13, 14	$\geq f_{ck} + 4,5$
≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,48 \times \sigma$



GEWOGEN RIJPHEID

*Gewogen rijpheid na 1 h verharden
bij x °C ↓,*

voor verschillende C-waarden. →

x	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95
1	10	9	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4
2	11	10	10	9	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4
3	12	11	10	10	9	9	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5
4	13	12	11	11	10	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	5	5
5	14	13	12	12	11	10	10	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6
6	15	14	13	12	12	11	11	10	10	9	9	8	8	8	7	7	7	7	6
7	16	15	14	13	13	12	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	7	7
8	17	16	15	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8
9	18	17	16	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9	9
10	19	18	17	16	15	15	14	13	13	12	12	12	11	11	11	10	10	10	9
11	20	19	18	17	16	16	15	14	14	13	13	13	12	12	11	11	11	11	10
12	21	20	19	18	17	17	16	15	15	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11
13	22	21	20	19	18	18	17	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13	13	12
14	23	22	21	20	19	19	18	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14	14	13
15	24	23	22	21	20	20	19	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14
16	25	24	23	22	21	21	20	20	19	19	18	18	17	17	17	16	16	16	16
17	26	25	24	23	22	22	21	21	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17
18	27	26	25	24	24	23	22	22	21	21	21	20	20	20	19	19	19	19	18
19	28	27	26	25	25	24	24	23	23	22	22	22	21	21	21	21	20	20	20
20	29	28	27	27	26	25	25	24	24	24	23	23	23	22	22	22	22	22	21
21	30	29	28	28	27	27	26	26	25	25	25	24	24	24	24	24	23	23	23
22	31	30	30	29	28	28	27	27	27	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25
23	32	31	31	30	30	29	29	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27
24	33	32	32	31	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29
25	34	34	33	33	32	32	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
26	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	34	34
27	36	36	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36
28	37	37	37	36	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37	38	38	38	39	39
29	39	38	38	38	38	38	38	38	38	38	39	39	39	40	40	41	41	41	42
30	40	39	39	39	39	39	39	40	40	40	41	41	42	42	43	43	44	44	45
31	41	41	40	41	41	41	41	42	42	42	43	44	44	45	45	46	47	48	48
32	42	42	42	42	42	43	43	43	44	45	45	46	47	48	48	49	50	51	52
33	43	43	43	43	44	44	45	45	46	47	48	49	49	50	51	52	54	55	56
34	44	44	44	45	45	46	47	47	48	49	50	51	52	53	55	56	57	58	60
35	45	45	46	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	60	61	63	64
36	46	47	47	48	49	50	51	52	53	54	56	57	59	60	62	63	65	67	69
37	47	48	49	49	50	51	53	54	55	57	58	60	62	64	66	68	70	72	74
38	49	49	50	51	52	53	55	56	58	60	61	63	65	67	70	72	74	77	79
39	50	50	51	53	54	55	57	59	61	62	65	67	69	71	74	77	79	82	85
40	51	52	53	54	56	57	59	61	63	65	68	70	73	76	78	81	84	88	91
41	52	53	54	56	58	60	62	64	66	69	71	74	77	80	83	87	90	94	97
42	53	54	56	58	60	62	64	66	69	72	75	78	81	85	88	92	96	100	104
43	54	56	57	59	62	64	66	69	72	75	79	82	86	90	94	98	102	107	112
44	55	57	59	61	64	66	69	72	75	79	82	86	91	95	99	104	109	114	120
45	57	58	61	63	66	68	72	75	79	82	87	91	95	100	105	111	116	122	128
46	58	60	62	65	68	71	74	78	82	86	91	96	101	106	112	118	124	131	137
47	59	61	64	67	70	73	77	81	86	90	95	101	106	112	119	125	132	139	147
48	60	63	65	68	72	76	80	84	89	94	100	106	112	119	126	133	141	149	158
49	61	64	67	70	74	78	83	88	93	99	105	111	118	125	133	141	150	159	169
50	63	65	69	72	76	81	86	91	97	103	110	117	124	133	141	150	160	170	181



Vervolg Gewogen rijpheid na 1 h verharden

bij x °C ↓,

voor verschillende C-waarden. →

x	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95
51	64	67	70	74	79	84	89	95	101	108	115	123	131	140	149	160	170	181	193
52	65	68	72	76	81	86	92	99	105	113	121	129	138	148	158	169	181	194	207
53	66	70	74	79	84	89	96	102	110	118	126	136	146	156	168	180	193	207	221
54	67	71	76	81	86	92	99	106	114	123	132	143	154	165	178	191	205	221	237
55	69	73	77	83	89	95	103	110	119	129	139	150	162	175	188	203	219	236	253
56	70	74	79	85	91	98	106	115	124	134	145	157	170	184	199	216	233	251	271
57	71	76	81	87	94	102	110	119	129	140	152	165	179	195	211	229	248	268	290
58	72	77	83	89	97	105	114	124	135	146	159	174	189	206	224	243	264	286	310
59	74	79	85	92	100	108	118	128	140	153	167	182	199	217	237	258	281	306	332
60	75	80	87	94	102	112	122	133	146	160	175	191	210	229	251	274	299	326	355
61	76	82	89	97	106	115	126	138	152	167	183	201	221	242	265	291	318	348	380
62	77	84	91	99	108	119	130	144	158	174	192	211	232	256	281	309	339	371	406
63	79	85	93	101	111	122	135	149	164	182	201	222	245	270	297	328	360	396	435
64	80	87	95	104	114	126	140	154	171	190	210	233	257	285	315	348	383	422	465
65	81	88	97	107	118	130	144	160	178	198	220	244	271	301	333	369	408	451	497
66	83	90	99	109	121	134	149	166	185	206	230	256	285	317	353	392	434	481	532
67	84	92	101	112	124	138	154	172	193	215	241	269	300	335	374	416	462	513	569
68	85	93	103	115	128	143	160	179	200	225	252	282	316	354	395	441	492	547	608
69	86	95	105	117	131	147	165	185	208	234	264	296	333	373	418	468	523	584	651
70	88	97	108	120	135	151	170	192	217	244	276	311	350	394	442	497	556	623	696
71	89	99	110	123	138	156	176	199	225	255	288	326	368	416	468	527	592	664	744
72	90	100	112	126	142	161	182	207	234	266	302	342	388	438	495	559	630	708	796
73	92	102	115	129	146	166	188	214	244	277	316	359	408	463	524	593	670	756	851
74	93	104	117	132	150	171	194	222	253	289	330	377	429	488	555	629	713	806	910
75	94	106	119	135	154	176	201	230	263	302	345	395	451	515	597	668	758	860	973
76	96	108	122	138	158	181	207	238	274	315	361	414	475	544	621	708	807	917	1040
77	97	109	124	142	162	186	214	246	285	328	378	435	500	573	657	752	858	978	1112
78	99	111	127	145	166	192	221	256	296	342	395	456	526	605	695	797	913	1043	1189
79	100	113	129	148	171	197	229	265	307	367	413	478	553	638	735	846	971	1112	1272
80	101	115	132	152	175	203	236	275	320	372	432	502	582	673	778	897	1033	1186	1360
81	103	117	134	155	180	209	244	284	332	387	452	526	612	710	823	952	1099	1265	1454
82	104	119	137	159	184	215	252	295	345	404	472	552	644	749	871	1010	1169	1349	1555
83	106	121	140	162	189	222	260	305	359	421	494	579	677	791	921	1071	1243	1439	1662
84	107	123	142	166	194	228	268	316	373	439	516	607	712	834	975	1136	1322	1535	1777
85	108	125	145	160	199	235	277	327	387	457	540	636	749	880	1031	1205	1406	1637	1900
86	110	127	148	173	204	241	286	339	402	477	565	667	788	928	1091	1279	1496	1745	2032
87	111	129	151	177	209	248	295	351	418	497	590	700	829	979	1154	1356	1591	1861	2172
88	113	131	153	181	215	256	305	364	434	518	617	734	871	1032	1220	1439	1692	1985	2322
89	114	133	156	185	220	263	315	377	451	540	645	770	917	1089	1291	1526	1800	2117	2483
90	116	135	159	189	226	270	325	390	459	562	674	807	964	1149	1365	1619	1914	2257	2655
91	117	137	162	193	232	278	335	404	487	596	705	846	1014	1212	1444	1717	2036	2407	2838
92	119	139	165	198	237	286	346	418	506	611	737	887	1066	1278	1528	1821	2165	2567	3035
93	120	141	168	202	243	294	357	433	525	636	770	930	1121	1348	1616	1932	2303	2737	3244
94	121	144	171	206	249	303	368	448	545	663	805	976	1179	1422	1709	2049	2449	2919	3469



Betonvereniging

Kennispartner om op te bouwen

BETONVERENIGING
POSTBUS 411
2800 AK GOUDA

IR. P. BLOKLANDHUIS
BÜCHNERWEG 3
2803 GR GOUDA

T: 0182 - 539 858
F: 0182 - 558 489

E : info@betonvereniging.nl
I : www.betonvereniging.nl

Betontechnologische opleidingen

