



Hoofdstuk 1

Uitbreiding en verdieping van betontechnologische informatie

Onderwerpen

- Taak van de betontechnoloog
- Inventarisatie van eisen
- Keuze van de grondstoffen
- Bindmiddelcombinaties
- Bindmiddelfunctie
- Gelijkwaardigheidsbeginsel
- Preventieve maatregel tegen schade door ASR
- Rekenen met sterk waterreducerende hulpstoffen

Taak van de betontechnoloog

- Ontwerpen van een betonsamenstelling die voldoet aan de gespecificeerde eisen en relevante aanvullende behoeften
- Systematische aanpak conform BBT
 - A. Inventarisatie van eisen uit projectspecificatie en uit uitvoering
 - B. Keuze van de materialen
 - C. Berekenen van de betonsamenstelling

Inventarisatie eisen

Constructief beton		
Constructieve eisen	Uitvoeringseisen	Aanvullende eisen
Eurocode 2 sterkteklasse milieuklassen wapening volumieke massa	open tijd verpompbaarheid grootste korrelafmeting consistentieklasse zelfverdichtbaarheid max. warmteontwikkeling sterkte na j dagen	verhoogde levensduur ASR-bestandheid schoon beton betongranulaat lage CO2-footprint kostprijs
Niet-constructief beton		
productnormen splettreksterkte	toleranties uiterlijk	vorst/dooi-bestandheid slijtweerstand

Keuze van de grondstoffen

- Gespecificeerde eisen zijn van invloed op keuze van grondstoffen, met name bindmiddel:
 - sulfaatbestandheid
 - max. warmteontwikkeling
 - vroege sterkte
 - verhoogde levensduur
 - ASR-bestandheid
 - lage CO₂-footprint
 - kostprijs

Tabel 1.1 Bestanddelen cement en bindmiddelen

hydraulisch

K: portlandcementklinker

latent hydraulisch

S: gegranuleerde hoogovenslak

puzzolaan

D: microsilica (silica fume)

P: natuurlijke puzzolanen

Q: gebrande natuurlijke puzzolanen

V: silicahoudende poederkoolvliegias

W: calciumhoudende poederkoolvliegias

T: gebrande leisteen

inert

L: kalksteenmeel (TOC < 0,50%)^{a)}

LL: kalksteenmeel (TOC < 0,20%)

Bindmiddelcombinaties

Conform NEN-EN 206 en NEN 8005 maken van bindmiddelcombinaties :

- bindmiddelfunctie via k-waarde methode
- gebruik van gelijkwaardigheidsbeginsel

Poederkoolvliegias

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

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

Voorbeeld met poederkoolvliegias

milieuklasse XC4 ® max. wbf = 0,50 en min. B = 300 kg

waterbehoefte 160 kg

gebruik van CEM I 42,5 R

ontwerp wbf = 0,50 - 0,02 = 0,48

$B = 160 / 0,48 = 333 \text{ kg}$

$k = 0,4$

max. vliegias $1/3 \times C \text{ kg}$

$333 = C + 0,4 \times 1/3 \times C \text{ ® } C = 294 \text{ kg}$

$V = 1/3 \times 294 = 98 \text{ kg}$

Silica fume

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

* Behalve voor cement waaraan silica fume is toegevoegd

Voorbeeld met silica fume

Beton in milieuklasse XD3 ® max. wbf = 0,45 en min. C = 300 kg

Waterbehoefte 172 kg

Ontwerp wbf = 0,43

Bindmiddelgehalte $C = 172 / 0,4 = 400$ kg

XD en $w_{cf} < 0,45$ ® $k = 2,0$ met max. 11 % van cement

$400 = C + 2,0 \times 0,11 \times C$ ® $C = 328$ kg

Silica fume $0,11 \times 328 = 36$ kg

$w_{cf} = 172 / 328 = 0,52$ maar voor XD blijft $k = 2,0$

min. cement = $300 - 30 = 270$ kg

Gelijkwaardigheidsbeginsel

Werkwijze conform CUR-Aanbeveling 48

Eisen aan beton met bindmiddelcombinaties:

- Materialen volgens tabel 1.1 van dictaat
- Van elk materiaal een regelgevend document nodig (Europese technische goedkeuring, CUR-Aanbeveling of beoordelingsrichtlijn)
- Ten minste 20% portlandklinker in combinatie van CEM I met hoogovenslak
- Ten minste 25% portlandklinker voor overige combinaties
- Ten hoogste 35% kalksteenmeel in bindmiddelcombinatie

Gelijkwaardigheidsbeginsel

Resultaat van onderzoek vastgelegd in Attest
Voor Nederland attest beschikbaar voor:

- poederkoolvliegias,
- gemalen hoogovenslak en
- kalksteenmeel

Geldigheid van **attestbeton** voor poederkoolvliegias bij:

- zelfde soort en herkomst van cement
- zelfde soort en herkomst van poederkoolvliegias

Gelijkwaardigheidsbeginsel

Eisen aan beton met bindmiddelcombinatie

- bindmiddelgehalte ten minste gelijk aan minimum bindmiddelgehalte voor milieuklasse conform NEN 8005
- water-bindmiddelfactor niet hoger dan maximum water-bindmiddelfactor voor milieuklasse conform NEN 8005
- toepassen in een andere milieuklasse is niet toegestaan

Voorbeeld samenstellingseisen in attestbeton

milieuklasse	slak- gehalte %	vlieg- gas- gehalte %	minimum cement- gehalte %	minimum lucht- gehalte %
X0, XC1, XC2, XC3, XC4	0 - 70	0 - 15	30	-
XF1, XF3	0 - 70	0 - 15	30	-
XA1, XA2, XA3	0 - 70	0 - 15	30	-
XA2(s), XA3(s)	50 - 70	0 - 15	30 - 50	-

XA2(s) en XA3(s) zijn van toepassing bij sulfaataantasting

Preventieve maatregelen tegen ASR

Reactie verloop als volgt:

- eerst reactie van alkaliën met water tot alkalihydroxide
- daarna reactie van reactief silica met alkalihydroxide tot alkalisilicaat hydraat
- alkalisilicaathydraat trekt water aan, waardoor het gaat zwellen
- door zwelling ontstaat scheurvorming

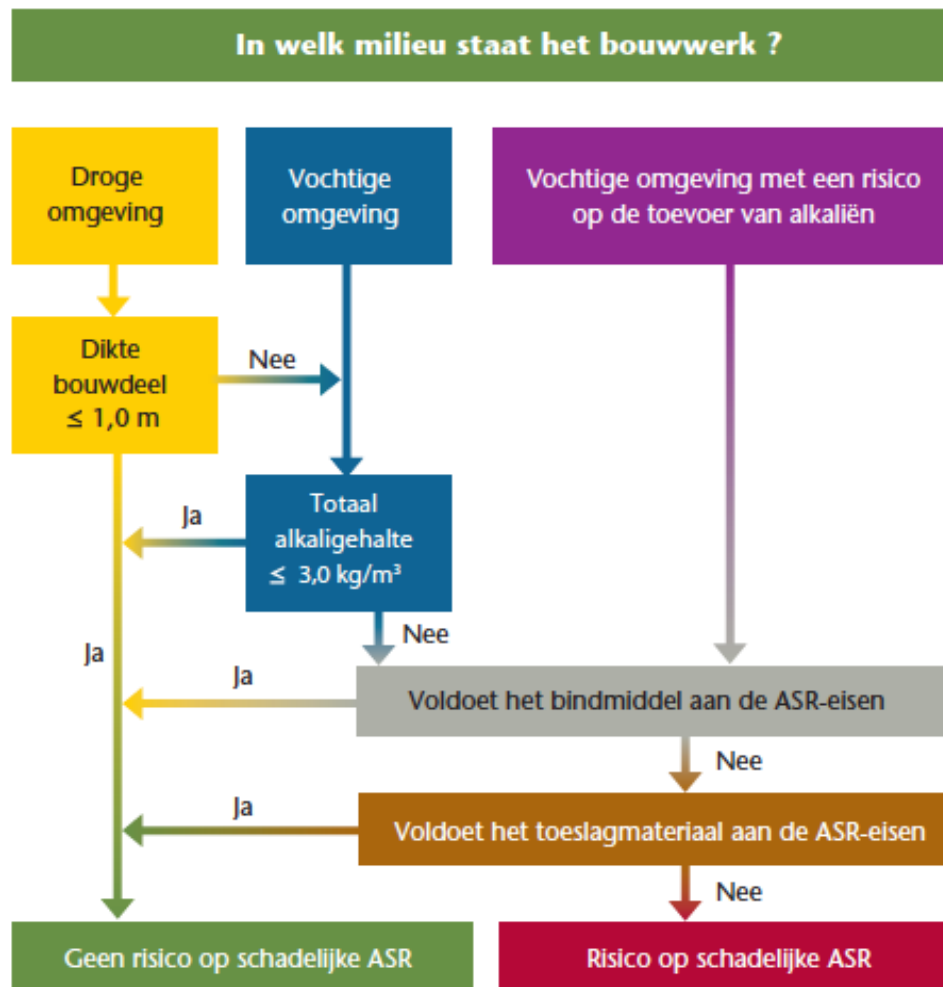
Preventieve maatregelen tegen ASR

Risico op schadelijke ASR is onder andere afhankelijk van:

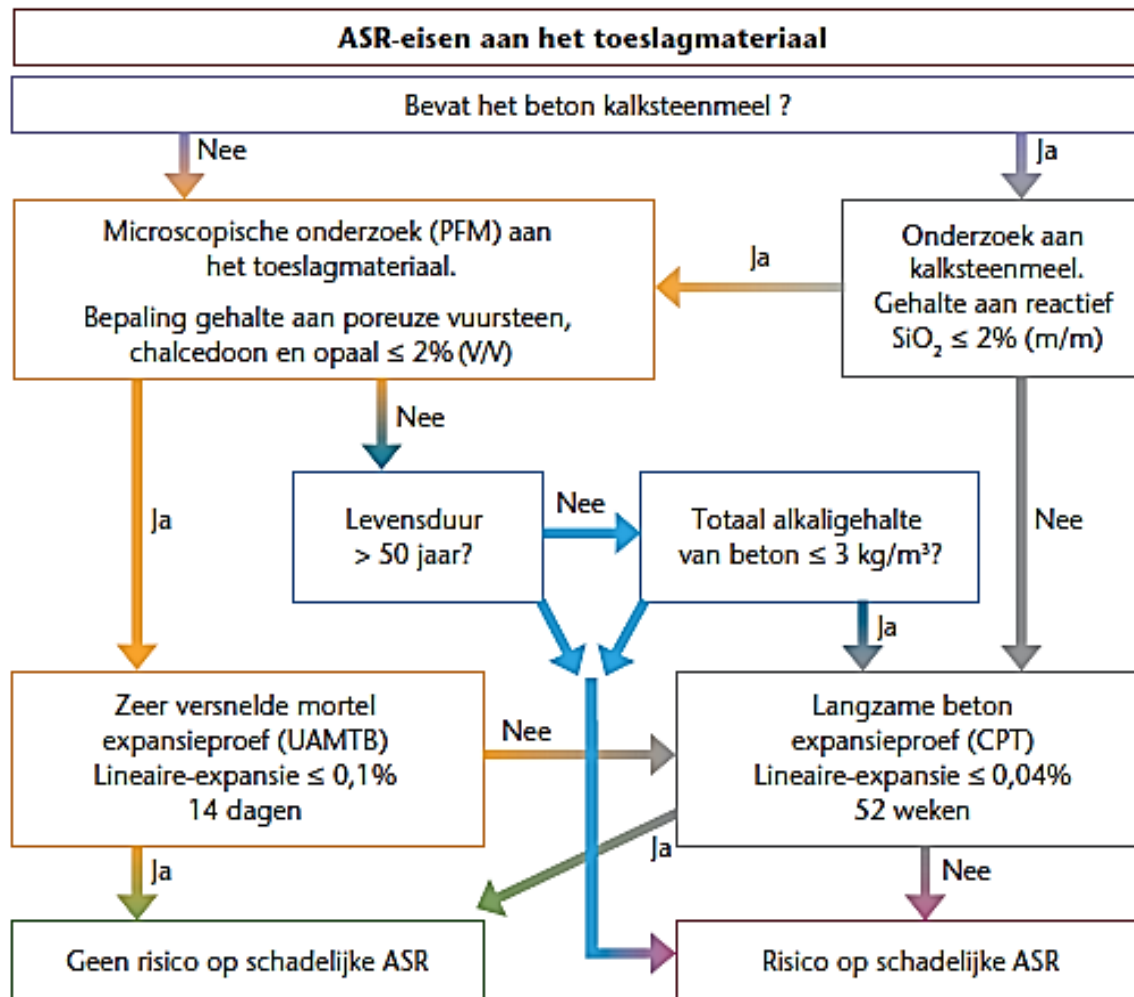
- milieuklasse
- alkaligehalte
- cementsoort

CUR-Aanbeveling 89 (2e herziene uitgave) met stroomschema
Betonek 15-02 met toelichting en voorbeelden

Invloedsfactoren schadelijke ASR



Beoordeling toeslagmateriaal



Keuze van het bindmiddel

In CUR-Aanbeveling de volgende mogelijkheden:

- een cement volgens NEN-EN 197-1
- mengsels van CEM I en CEM III/B
- mengsels van CEM I en poederkoolvliegias
- mengsels van CEM III en poederkoolvliegias
- mengsels van CEM I, CEM III en poederkoolvliegias

Eisen aan cementen

type cement	CEM II/B-V			CEM III/A	CEM III/B
cement met gehalte vliegas of slak [% (m/m)]	³ 25		³ 30	³ 50	³ 66
Na-eq van vliegas in cement [% (m/m)]	x £ 2,0	2,0 < x £ 3,0	3,0 < x £ 4,5	n.v.t.	n.v.t.
Alkalibijdrage overige bestanddelen (Y) ¹⁾	maximaal alkaligehalte cement [% (m/m)]:				
Y £ 0,6 kg	1,1	1,3	1,6	1,1	1,5
0,6 < Y £ 1,2 kg ²⁾	0,9	1,1	1,5	0,9	1,3
1,2 < Y £ 1,6 kg ³⁾	0,8	1,0	1,4	0,8	1,2

Eisen aan bindmiddelcombinaties

type cement	CEM I en CEM III/B	CEM I en vliegas ⁴⁾		CEM III/A of CEM III/B met vliegas ⁴⁾	
cement met gehalte vliegas of slak [% (m/m)]	≥ 50	≥ 25 ⁵⁾	≥ 30 ⁵⁾	≥ 50	≥ 66
Na-eq van vliegas in cement [% (m/m)]	n.v.t.	x ≤ 3,0	3,0 < x ≤ 4,5	n.v.t.	n.v.t.
Alkalibijdrage overige bestanddelen (Y) ¹⁾	maximaal alkaligehalte cement of cementmengsel ⁶⁾ [% (m/m)]:				
Y ≤ 0,6 kg	1,1	0,9		1,1	1,5
0,6 < Y ≤ 1,2 kg ²⁾	0,9	0,7		0,9	1,3
1,2 < Y ≤ 1,6 kg ³⁾	0,8	0,6		0,8	1,2

Voorbeeldberekening ASR-risico

Beton in vochtige omgeving met risico op alkaliën van buiten

Grondstof	kg	Na-eq in %	Alkaligehalte in kg
CEM III/B 32,5 N	356	0,53	
water	103	0,001	0,001
zand	707	0,011	0,078
grind	1106	0,010	0,111
hulpstof	5,3	1,8	0,095
totaal alkaligehalte overige bestanddelen			0,285

Alkaligehalte overige bestanddelen 0,285 kg, dit is $< 0,6$ kg
Cement 0,53% dit is $< 1,5\%$ alkaliën, dus geen ASR-risico

Rekenen met sterk waterreducerende hulpstoffen

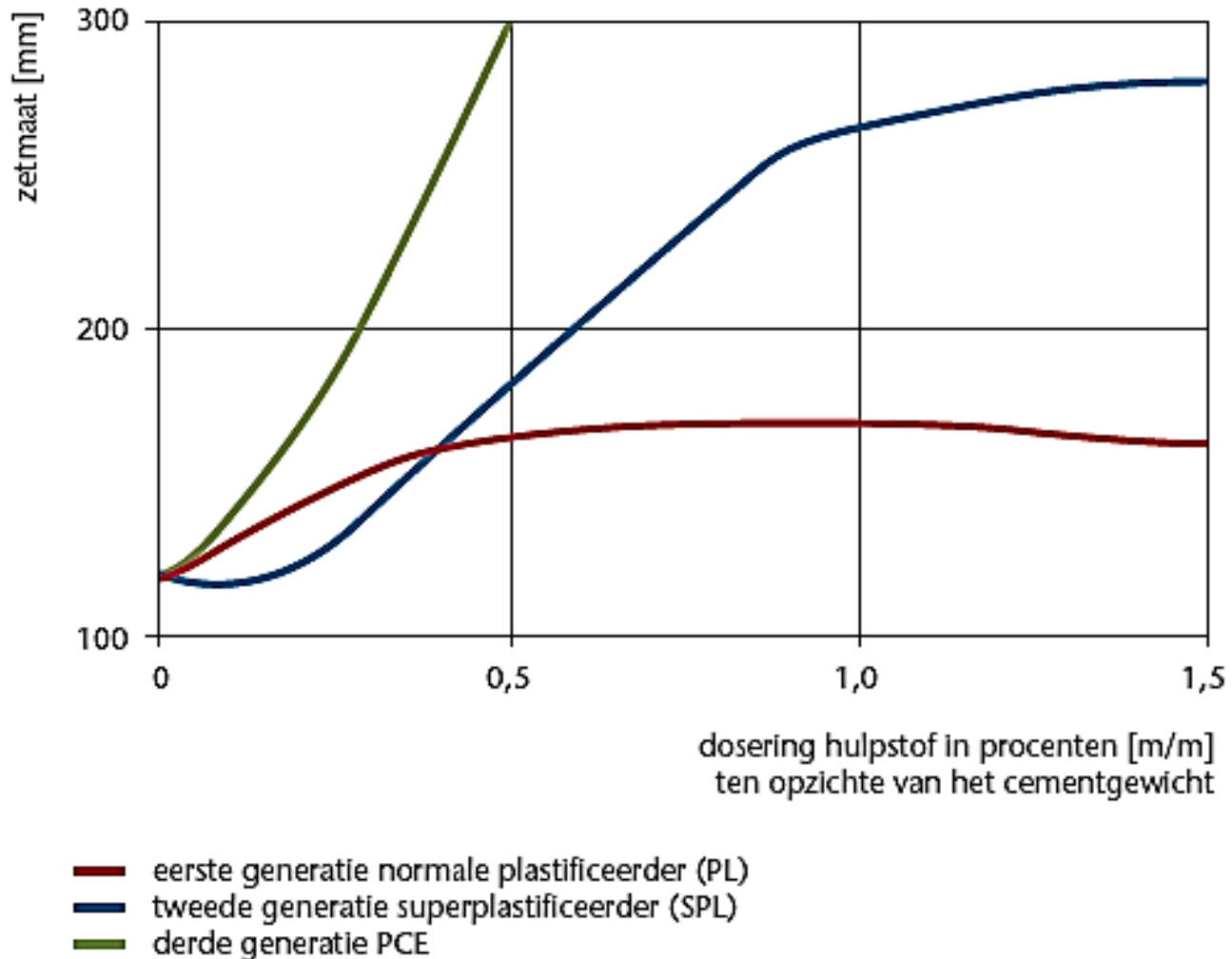
Toenemend gebruik van superplastificeerders om waterbehoefte te verlagen.

Daarmee beperking bindmiddelgehaltes.

Bij hogere dosering neemt terugloop van verwerkbaarheid toe. Tevens neemt effectiviteit af, behalve bij 'derde generatie' superplastificeerders.

Polycarboxylaatethers of PCE's.

Effectiviteit plastificeerders op consistentie



Effect van gebruik van PCE's

- Plasticiteit neemt toe
- Stabiliteit wordt negatief beïnvloed bij teveel PCE
- Viscositeit te sturen met juiste afstemming tussen water en PCE
- Terugloop van verwerkbaarheid te verminderen met meer water of met vertrager
- Waterreductie voor lagere wcf met PCE niet te sterk
- Sterkteontwikkeling neemt toe met PCE door lagere wcf
- Ontluchting van specie met PCE in ZVB heeft positief effect

Aanpassen van de specie

Handeling	Effect op
Aanpassen watergehalte	Consistentie en viscositeit
Aanpassen hoeveelheid hulpstof	Consistentie en verwerkingstijd
Aanpassen soort en hoeveelheid fijn	Stabiliteit van de specie
Aanpassen hulpstof	Consistentie en verwerkingstijd
Aanpassen cement	Sterkteontwikkeling, verwerkingstijd en stabiliteit