



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Stufib ledenvergadering

Verhardingsbeheersing en
voorkomen van scheurvorming
in de optiek van Rijkswaterstaat

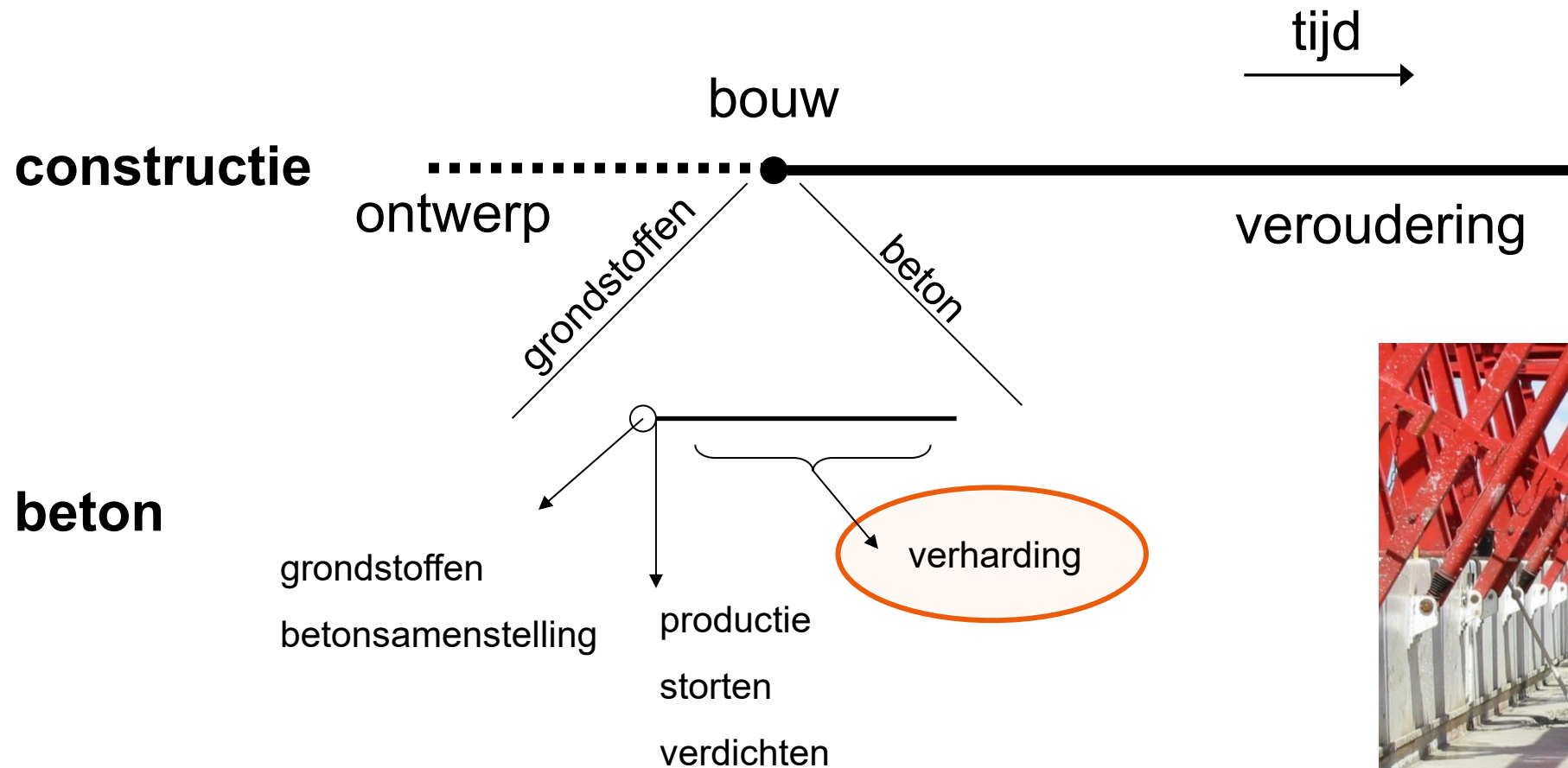
Jeannette van den Bos

12 maart 2025

Pas zelf het vertrouwelijkheidsniveau aan.
Zie voor uitleg de pagina [Toepassen van vertrouwelijkheidsniveaus](#).

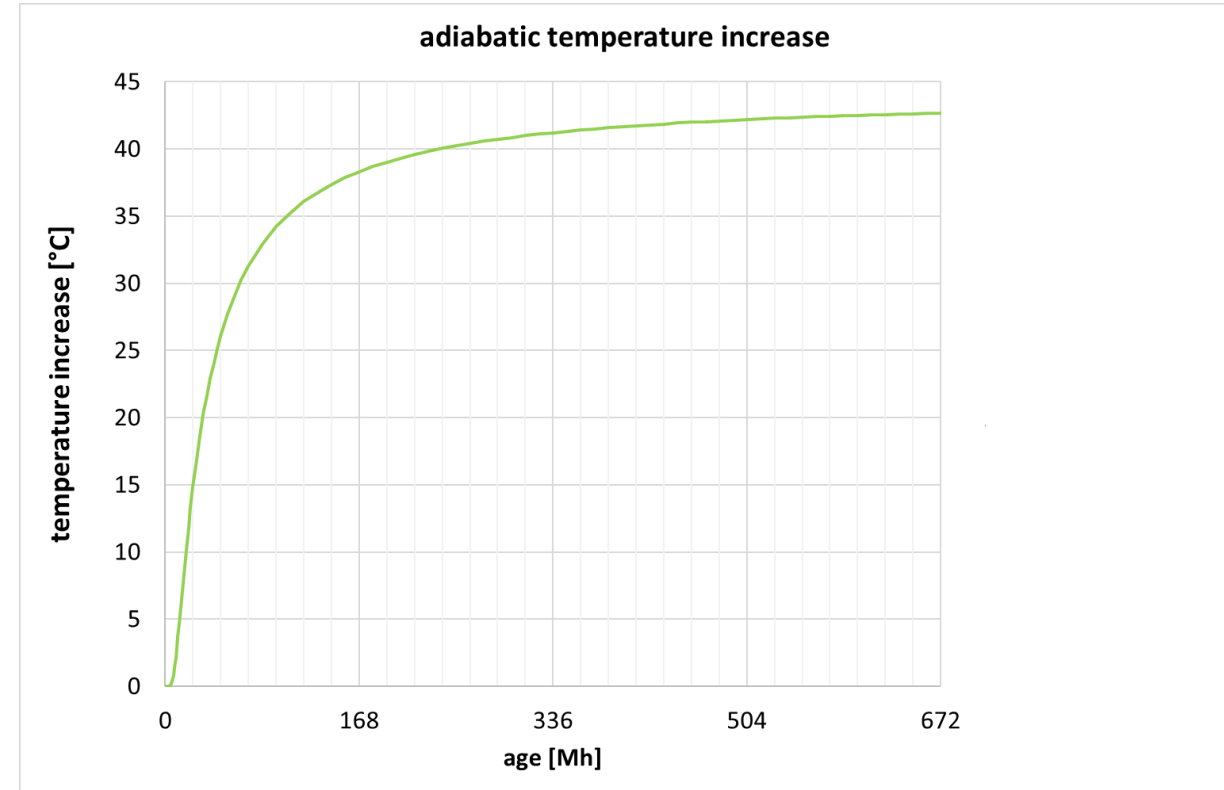
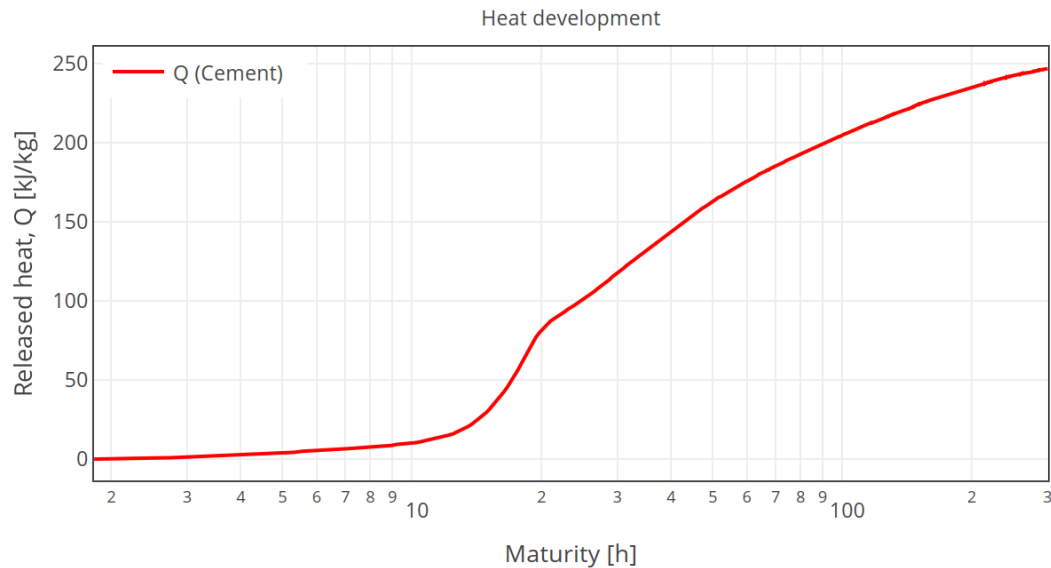


Betonconstructies





Temperatuur



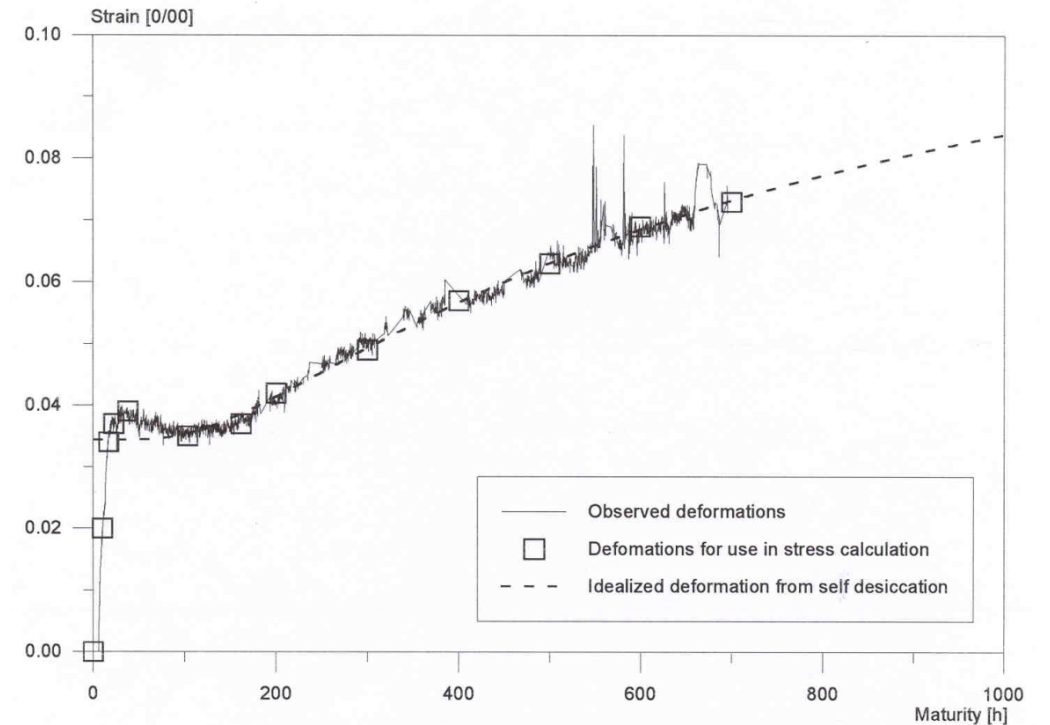
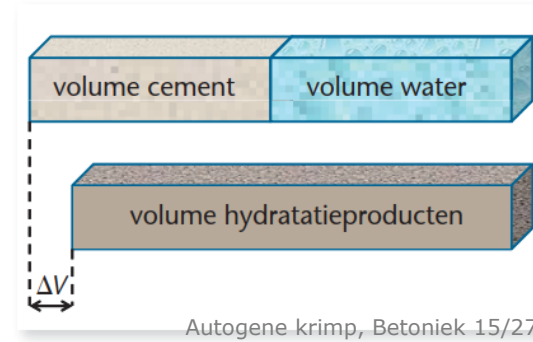
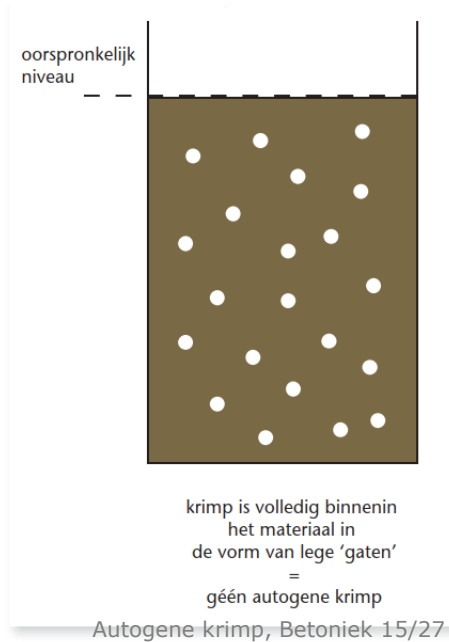
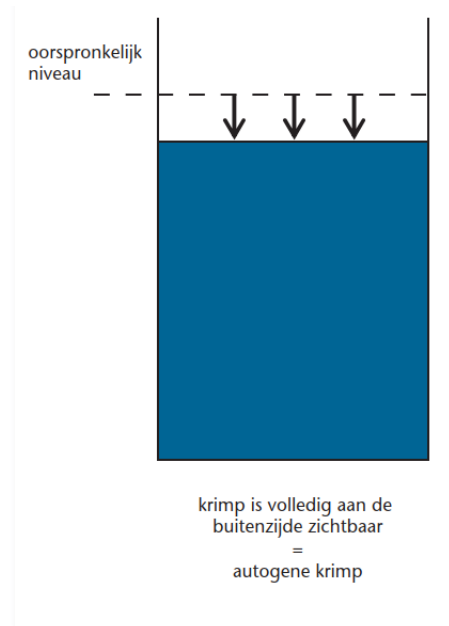
- Warmte ontwikkeling → temperatuur stijging
- Temperatuur stijging → vervorming:

$$T_{increase} = \frac{\text{heat } Q(t) * \text{cement amount } C}{\text{density } \rho * \text{specific heat capacity } c}$$

$$\varepsilon = \text{thermal expansion coefficient } \alpha * T_{increase}$$



Autogene krimp



autogene krimp



Spanningen verhinderde vervorming

Verlenging (bv. temperatuur stijging)



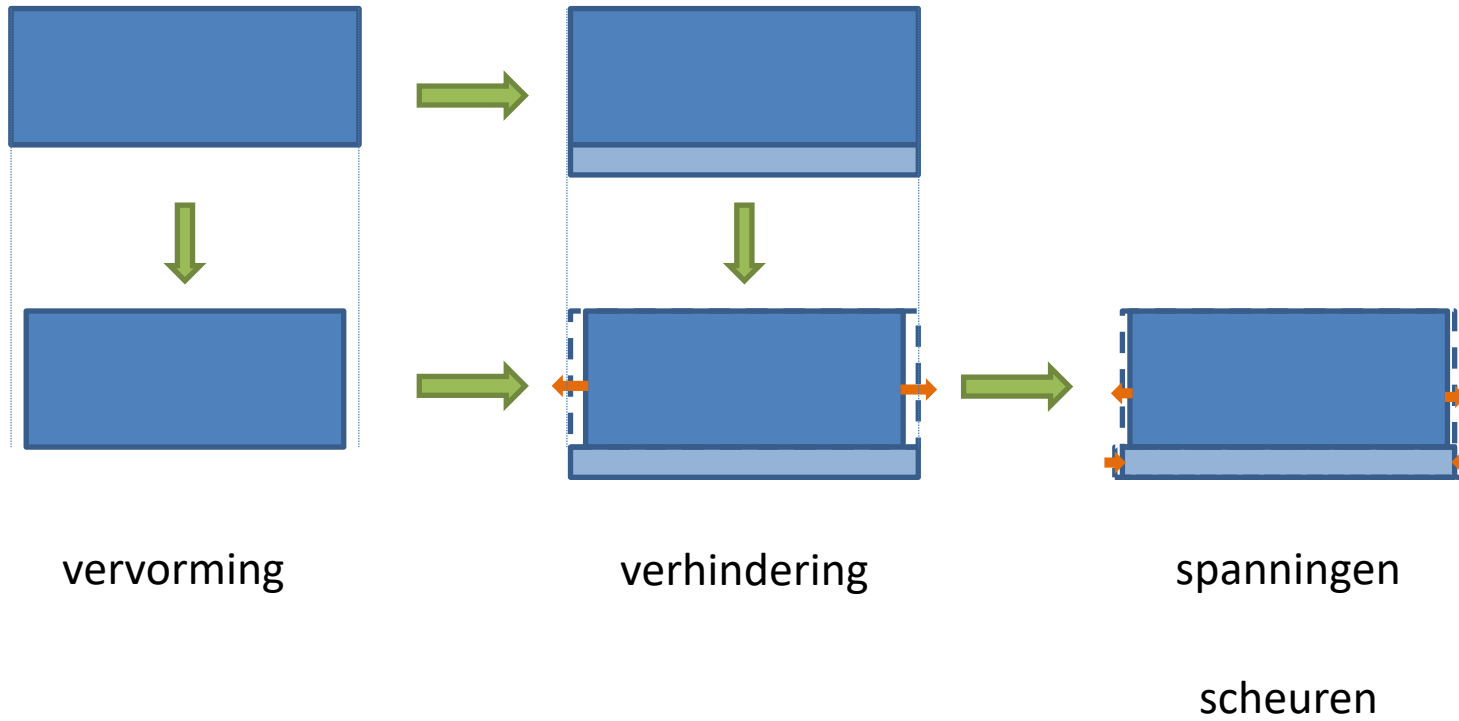
Verkorting (bv. temperatuur daling)



$$\sigma_t > f_{t,ax} \rightarrow \text{scheuren}$$



Verhinderde vervorming





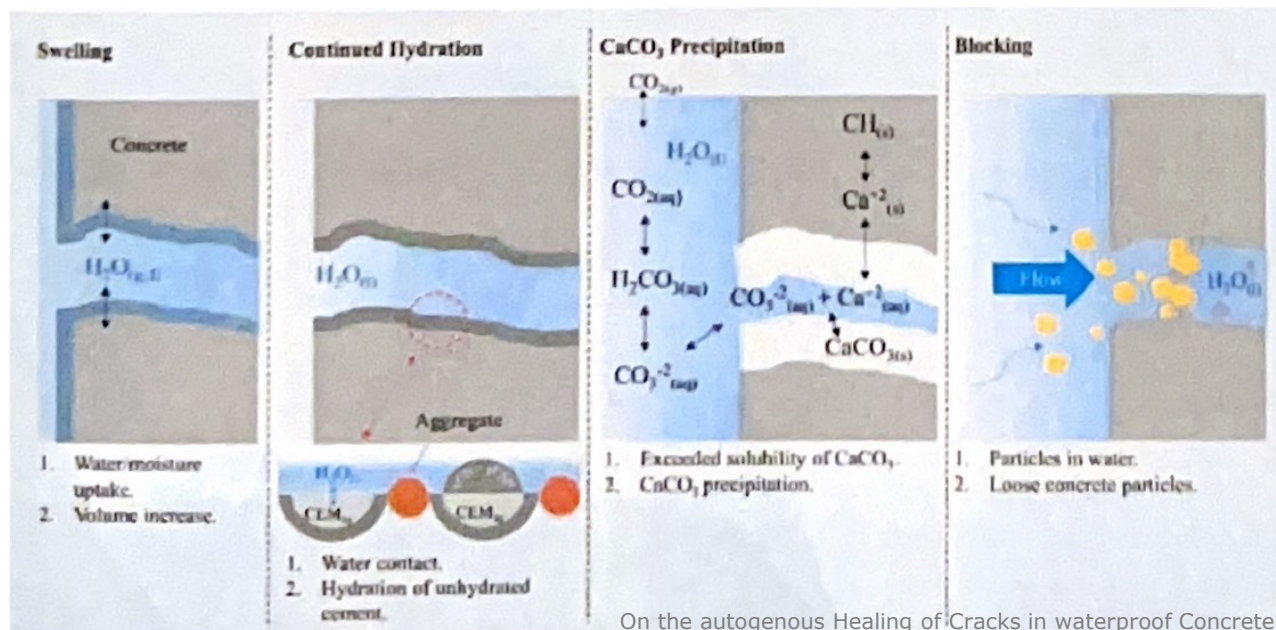
Kenmerken scheurvorming

- Trek in gehele doorsnede (zuivere trek) → doorgaande scheuren
- Meer wapening nodig voor scheurwijdtebeheersing
- In geval grond en/of waterkerende constructies:
 - Lekkage door scheur → vochttaftekening
 - Stromend water → (versnelde) corrosie wapening
 - Impact op levensduur





Self healing beton (1/2)



On the autogenous Healing of Cracks in waterproof Concrete Structures – Experiences in the Field and Conclusions drawn, GeoResources Journal 4 – 2022

Afhankelijk van:

- stroomsnelheid water
- pH water
- temperatuur
- aanwezigheid Ca



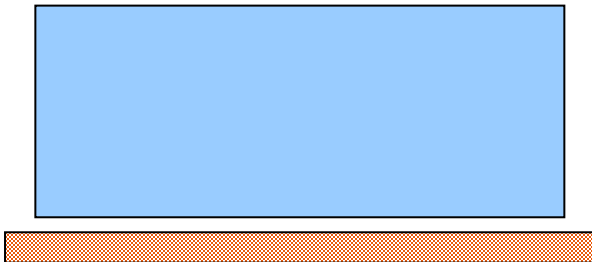
Self healing beton (2/2)

- Voorwaarde: beperkte scheurwijdte
- Lekken van scheuren
- Binnen afzienbare tijd self healing, geen zekerheid

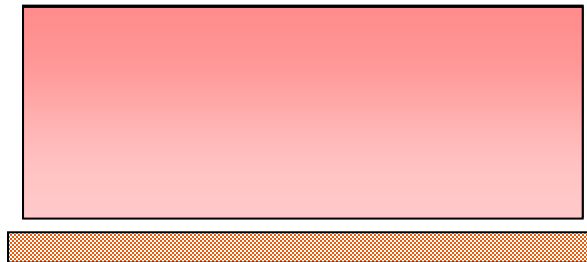
Beheersen van scheurvorming



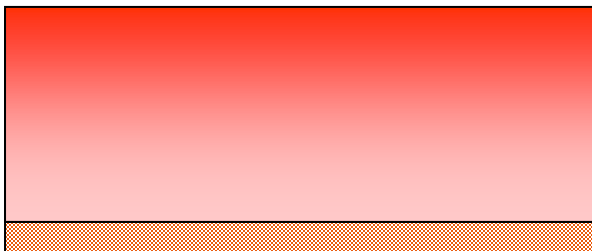
Verhardingsbeheersing



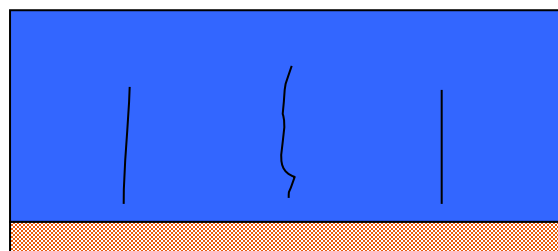
A



B



C



D

Maatregelen

- Koelen
- Verwarmen
- Isoleren

Voorkomen van scheurvorming



Omgaan met risico op scheurvorming

Voorkomen

Verhardingsbeheersing waarbij door het reguleren van de temperaturen in de constructie de trekspanningen voldoende laag blijven om scheurvorming te voorkomen

Beheersen

Het opnemen van voldoende wapening om de scheurwijdte van doorgaande scheuren te beperken, waarmee self healing zou kunnen optreden bij lekkage



NEN-EN 1992-3 – waterkerende constructies

Table 7.105 — Classification of tightness

Tightness Class	Requirements for leakage
0	Some degree of leakage acceptable, or leakage of liquids irrelevant.
1	Leakage to be limited to a small amount. Some surface staining or damp patches acceptable.
2	Leakage to be minimal. Appearance not to be impaired by staining.
3	No leakage permitted

(111) Appropriate limits to cracking depending on the classification of the element considered should be selected, paying due regard to the required function of the structure. In the absence of more specific requirements, the following may be adopted.

Tightness Class 0. — the provisions in 7.3.1 of EN 1992-1-1 may be adopted.

beheersen



Tightness Class 1. — any cracks which can be expected to pass through the full thickness of the section should be limited to w_{k1} . The provisions in 7.3.1 of EN 1992-1-1 apply where the full thickness of the section is not cracked and where the conditions in (112) and (113) below are fulfilled.

voorkomen



Tightness Class 2. — cracks which may be expected to pass through the full thickness of the section should generally be avoided unless appropriate measures (e.g. liners or water bars) have been incorporated.

Tightness Class 3. — generally, special measures (e.g. liners or prestress) will be required to ensure watertightness.



Nederlandse praktijk

- Veelal toepassing van Tightness Class 1
- Als self healing niet werkt → injecteren
- Gezien hoeveelheid injecteren → twijfels over zekerheid self healing
- Vraagteken in literatuur over zekerheid werking self healing
- Norm geeft waarschuwing
If self-healing is unlikely to occur, any crack which passes through the full thickness of the section may lead to leakage, regardless of the crack width.



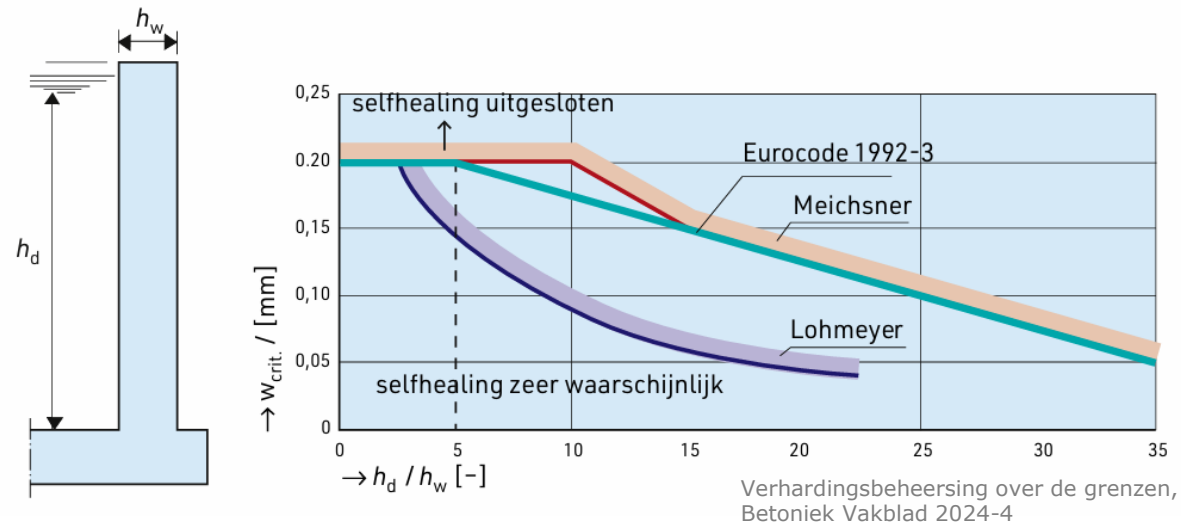
Kanttekening injecteren

- Is de scheurwijdte voldoende om te kunnen injecteren?
 - Scheuren kleiner dan 0,15mm zijn moeilijk te injecteren
- Hoe lang blijft de injectie in stand?
 - Gebruikelijk is een garantie van 10 jaar, maar hoe verhoudt zich dat tot 100 jaar levensduur
- Is extra inspectie op waterdichtheid gewenst?
 - Bij lekkage is er kans op (versnelde) corrosie van de wapening → degradatie



Kanttekeningen benadering TC1

- Verschillende relaties kritische scheurwijdte verhouding drukhoogte en dikte constructie
- Dikwandige constructies gewapend in randzones → wat is h_w ?
- Geen significante belastings- of temperatuurwisselingen → wat betekent dit in praktijk?
- Berekenen scheurwijdte in geval van verhinderde vervorming niet eenduidig → CROW CUR rapport 1





Risico's beheersen scheurvorming

- Beheersen scheurvorming kan, maar self healing is niet zeker
- Risico's in geval van niet optreden self healing voor beheerder groot
 - Gerepareerde constructie
 - Levensduur reparatie
 - Noodzaak inspectie



Verduurzamen – levensduur

- Verduurzamen beton vraagt om lange levensduur betonconstructies
- Risico's eventuele verkorting levensduur verminderen
- Voorkomen van doorgaande scheuren heeft hierin een bijdrage



Optiek Rijkswaterstaat

- Grond en/of waterkerende constructies: **Tightness Class 2**

ROK-0445	Lekkage - Waterdichtheidsklasse (grond)waterkerende constructies	Tunnel
Eistekst	Voor (grond)waterkerende constructies geldt dat de waterdichtheid ten minste moet voldoen aan Tightness Class 2, conform NEN-EN 1992-3 (incl. NAD) art 7.3.1 tabel 7.105 met als aanvullende onderliggende eisen:	
Onderl. eis	ROK-0785, ROK-0786, ROK-0787, ROK-0788	

- Uitgangspunt: voorkomen van doorgaande scheuren in de verhardingsfase door middel van verhardingsbeheersing



Vragen?



Interessante informatie

- On the autogenous Healing of Cracks in waterproof Concrete Structures – Experiences in the Field and Conclusions drawn GeoResources Journal 4 – 2022
- Verhardingsbeheersing over de grenzen Betoniek Vakblad 2024-4
- Autogene krimp Betoniek 15/27

