wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

# Betonschade door wapeningscorrosie Oorzaken – diagnose - herstel en beschermmethoden

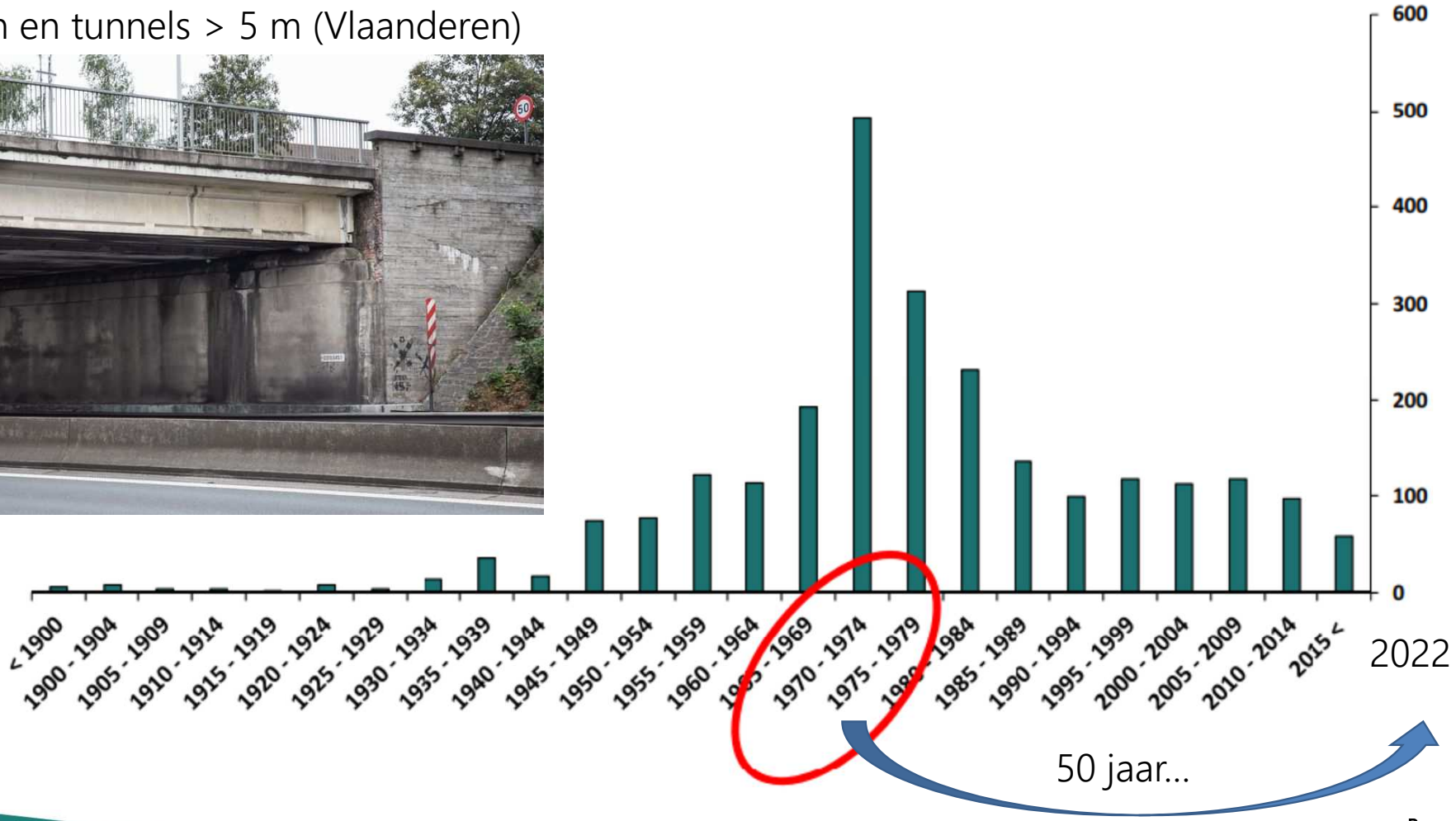
21/10/2022

...

ir. Bram Dooms
Labo Isolatie, Dichting en Daken

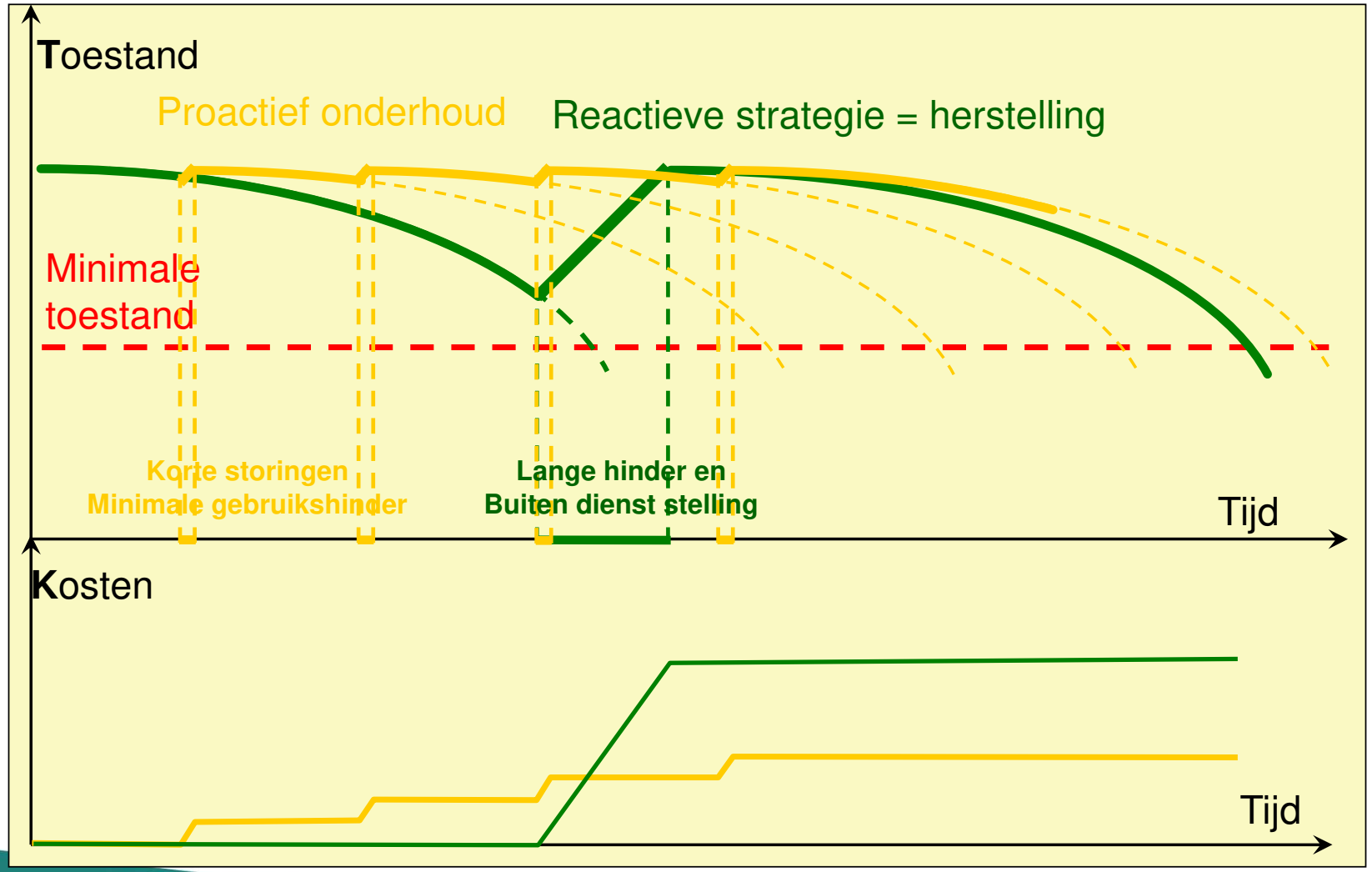
# Context

Bruggen en tunnels > 5 m (Vlaanderen)




Bron: MOW

# Context


Toestand
Proactief onderhoud
Reactieve strategie = herstelling
Minimale toestand
Korte storingen
Minimale gebruikshinder
Lange hinder en
Buiten dienst stelling
Tijd
Kosten
Tijd

# Betonschade

## Oorzaken

→ Betonspecie (uitvoering, nabehandeling, bekistingsproblemen, …)

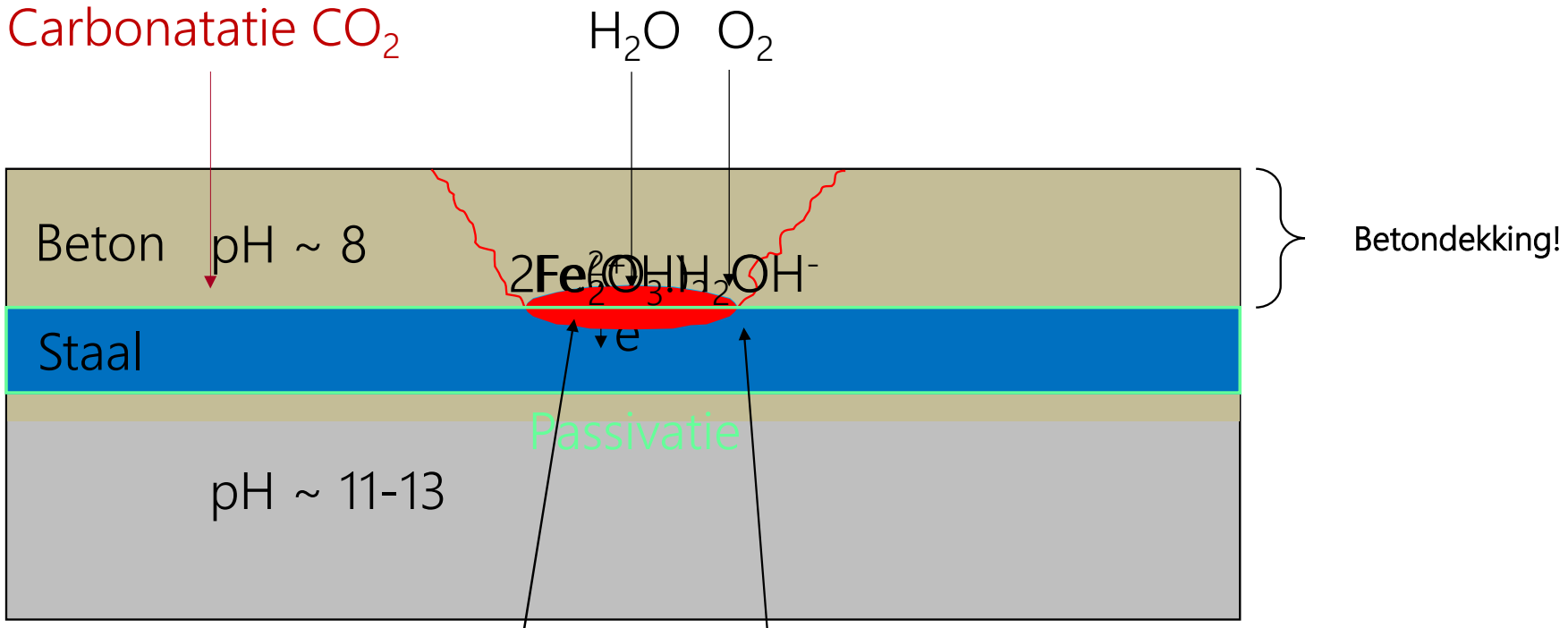
→ Jong beton (te snelle belasting/blootstelling, krimp, …)

→ Verhard beton

- Mechanische oorsprong (impact, trillingen, …
- Chemische oorsprong (zuren, sulfaten, …)
- Fysische oorsprong (vorst, erosie, …)

# Betonschade

## Wapeningscorrosie t.g.v. carbonatatie




⇒ Elektrochemische cel: 'anode' en 'kathode'

# Betonschade

## Wapeningscorrosie t.g.v. carbonatatie

- Betondekking
  → Dikte
  → Kwaliteit (W/C-factor, verdichting)
  → Cementtype
- Blootstelling aan $CO_2$
- Aanwezigheid van lucht en water

⇒ Eisen i.f.v. milieu-/omgevingsklasse

*Tabel 1* ***Milieuklassen, geassocieerd met corrosie, ingeleid door carbonatatie [4].***

| Klasse | Beschrijving | Informatieve voorbeelden |
|---|---|---|
| XC1 | Droog of blijvend vochtig | Beton binnenin gebouwen waar de vochtigheid van de omgevingslucht laag is.<br>Beton dat blijvend ondergedompeld is in water. |
| XC2 | Vochtig, zelden droog | Betonoppervlakken die langdurig in contact staan met water.<br>Een groot aantal funderingen. |
| XC3 | Matige vochtigheid | Beton binnenin gebouwen waar de vochtigheid van de omgevingslucht matig of hoog is.<br>Beton buiten, dat beschut is tegen regen. |
| XC4 | Wisselend vochtig en droog | Oppervlakken die in contact staan met water, maar niet tot de milieuklasse XC2 behoren. |

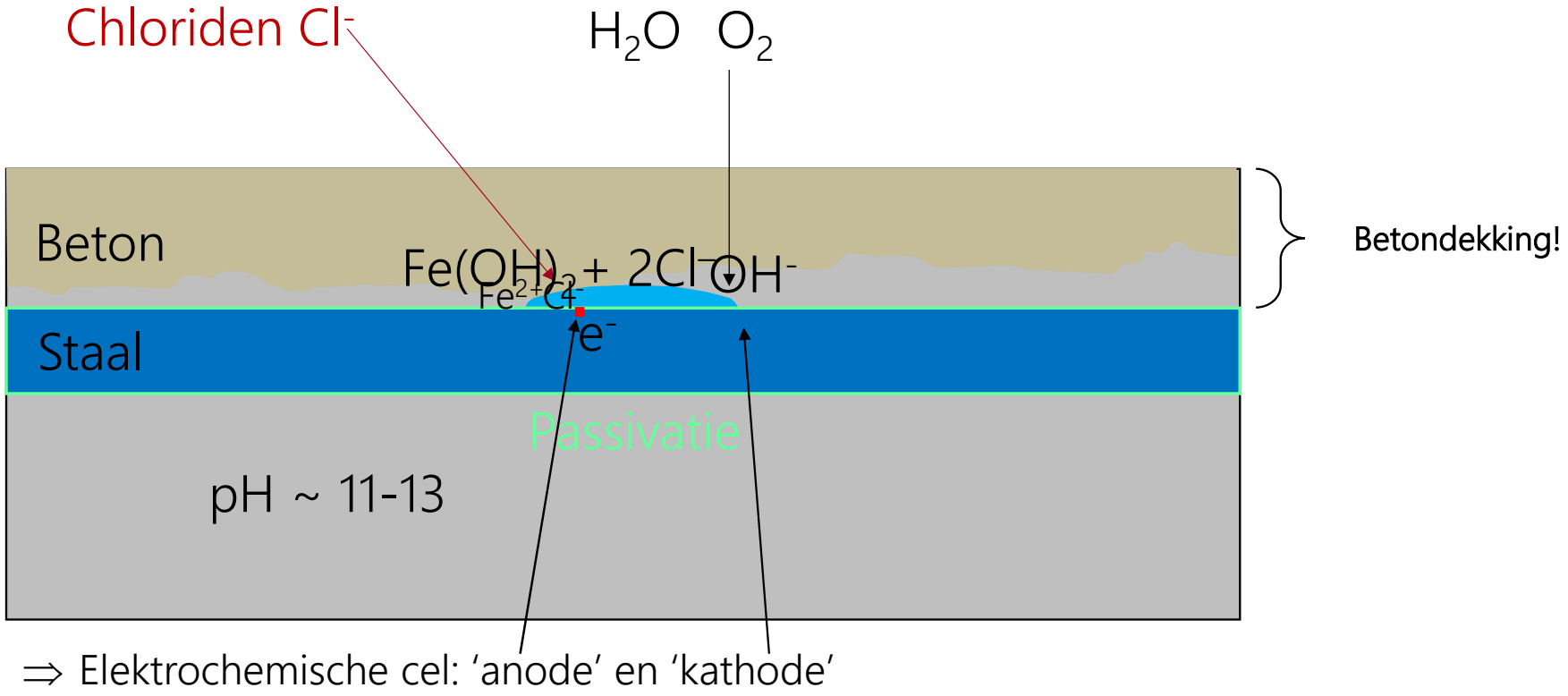
# Betonschade

## Wapeningscorrosie t.g.v. carbonatatie

- Kenmerkend:
  → Gegeneraliseerde corrosie
  → Afdrukken van beton
  → Geen grote verliezen in wapeningsdiameter
  → Waarschuwend effect

# Betonschade

## Wapeningscorrosie t.g.v. chloriden




⇒ Elektrochemische cel: 'anode' en 'kathode'

# Betonschade

## Wapeningscorrosie t.g.v. chloriden

- Betondekking
  → Dikte
  → Kwaliteit (W/C-factor, verdichting)
  → Cementtype
- Blootstelling aan chloriden
  → Granulaten
  → Bindingsversneller
  → Maritieme omgeving
  → Dooizouten
- Aanwezigheid van lucht en water

⇒ Eisen i.f.v. milieu-/omgevingsklasse

*Tabel 3* ***Milieuklassen, geassocieerd met een door chloriden (niet afkomstig van zeewater) ingeleide corrosie [8].***

| Milieuklasse | Beschrijving | Voorbeelden |
|---|---|---|
| XD1 | Matige vochtigheid | Betonoppervlakken, blootgesteld aan de chloriden uit de lucht |
| XD2 | Nat, zelden droog | - Zwembaden<br>- Beton, blootgesteld aan chloridenhoudend industrieel water |
| XD3 | Wisselend nat en droog | - Brugdelen, blootgesteld aan chloridenhoudend spatwater<br>- Verharde wegen<br>- Vloeren van parkeerplaatsen |

*Tabel 4* ***Milieuklassen, geassocieerd met een door chloriden (afkomstig van zeewater) ingeleide corrosie [8].***

| Milieuklasse | Beschrijving | Voorbeelden |
|---|---|---|
| XS1 | Blootgesteld aan lucht die zeezout bevat, maar niet rechtstreeks in contact met zeewater | Constructies aan of in de buurt van de kust |
| XS2 | Blijvend ondergedompeld in zeewater of brak water | Delen van constructies in de zee |
| XS3 | Getijde-, spat- en nevelzones | Delen van constructies in de zee |

# Betonschade

## Wapeningscorrosie t.g.v. chloriden

- Kenmerkend:
  → Oplosbaar
  → Roestsporen
  → Putcorrosie
  → Waarschuwend effect veel minder groot
  → Gevaar voor stabiliteit!

# Diagnose

## Waarom en wanneer?

1. Evaluatie van de toestand van het beton
2. Evaluatie van het risico op betonschade
3. Identificatie van de schadeoorza(a)k(en)
4. Werkelijke omvang van de schade

→ Selectie geschikte bescherm-/herstelmethode (cfr. NBN EN 1504-9)

→ Inschatting vermoedelijke hoeveelheden

→Vóór opmaak bestek herstellingswerken!!

# Diagnose

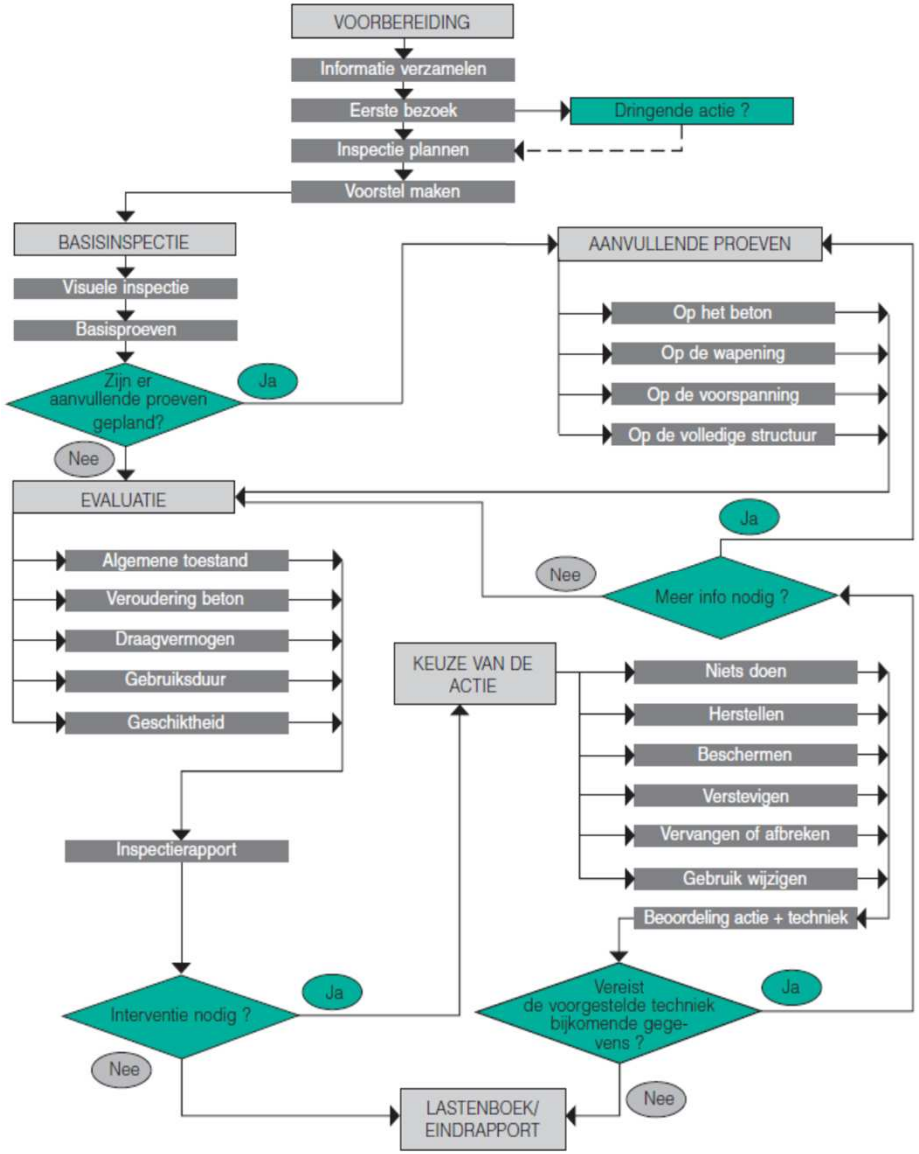
## Hoe?

1. Vooronderzoek
   → Informatie (plannen, bouwjaar, architect, aannemer, omgeving, geschiedenis, gebruik, …)
   → Een eerste bezoek (dringendheid, omstandigheden voor de diagnose)

2. Basisproeven

3. Aanvullende proeven

→ Stroomschema (TV 231)



# Diagnose

## Hoe?

2. Basisproeven

- Visuele inspectie

→ In kaart brengen van schade

- Uitzicht oppervlak
- Verkleuringen
- Scheuren
- Afschilfering
- Afbrokkeling
- Blootliggende wapening

→ Mate van detail i.f.v. toepassing

# Diagnose

## Hoe?

2. Basisproeven

- Opzoeken holle zones / onthechtingen

- Oppervlaktehardheid: **sclerometer**

# Diagnose

## Hoe?

2. Basisproeven

- Wapeningsdetectie: **Pachometer**
- *Bovenste* wapening:
  - Positie

    → Uitvoering boringen/doorvoeren
  - Diameter (benadering)

    → Hulp bij berekeningen stabiliteit
  - **Wapeningsdekking**

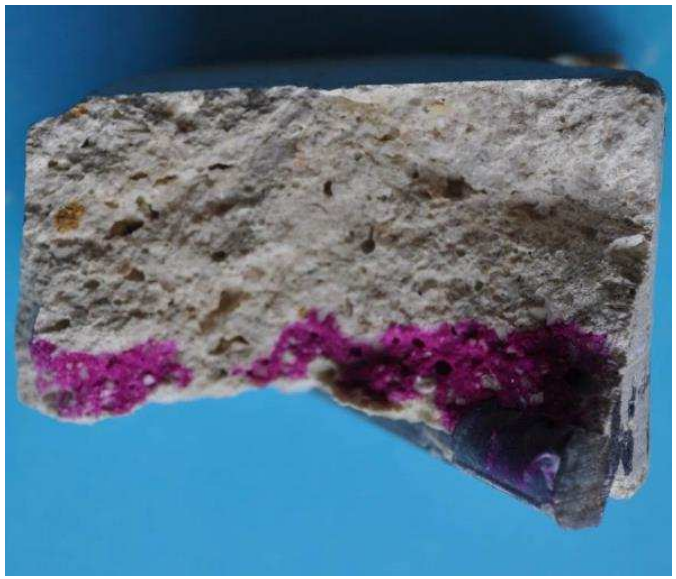
    → Risico op wapeningscorrosie

# Diagnose

## Hoe?

2. Basisproeven

- Carbonatatiediepte
- Proef op kern of boorstof (fenolftaleïne)



→ Risico op wapeningscorrosie

# Diagnose

## Hoe?

2. Basisproeven
- Chloridegehalte
- Proef op kern of boorstof
  - Chemische analyse
  - Werfkit

# Diagnose

## Hoe?

2. Basisproeven

- Chloridegehalte

→ Gehalte ter hoogte van de wapening

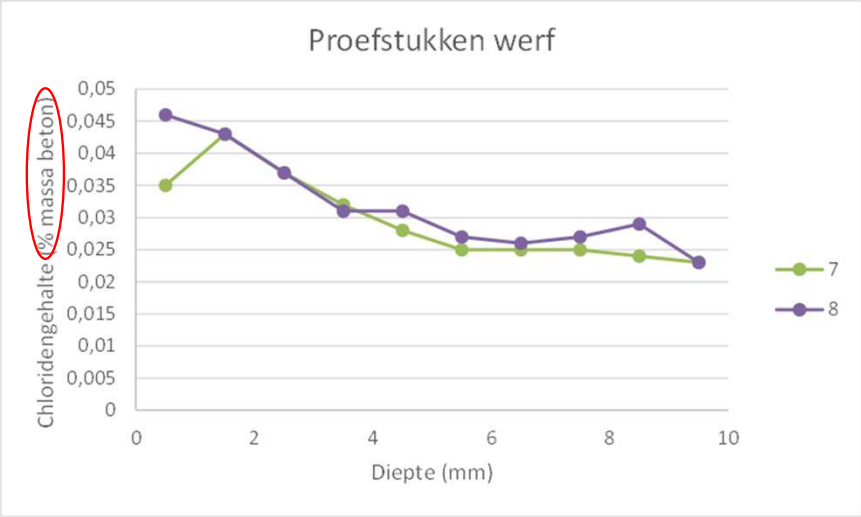
→ Risico op wapeningscorrosie

→ Chloridegradiënt:

→ Ingemengde/ingedrongen chloride

- Opgepast:
  - Resultaat: % $Cl^-$ t.o.v. betonmassa
  - Criteria: % $Cl^-$ t.o.v. cementmassa (≈ maal 8)!!

| | |
|---|---|
| < 0,4 m%/cement | beperkt corrosierisico |
| 0,4 tot 1 m% | matig corrosierisico |
| > 1 m% | hoog corrosierisico |
| | in niet gecarbonateerd beton ! |



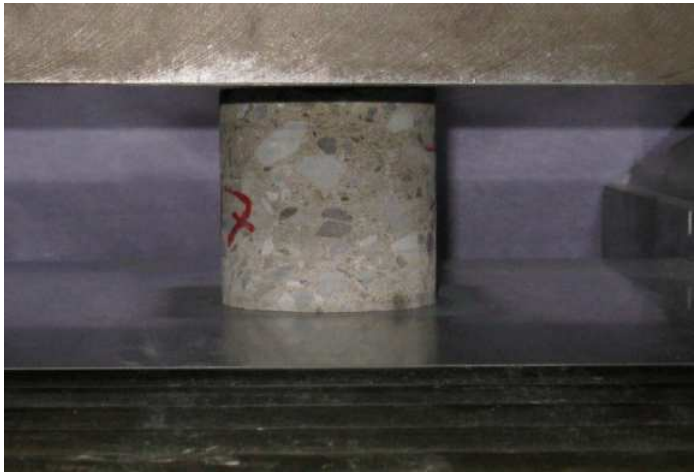
# Diagnose

## Hoe?

3. Aanvullende proeven

- Potentiaalmetingen
- Microscopie
- Proeven op kernen
- Ultrasone metingen
- …

⇒ Relevant?

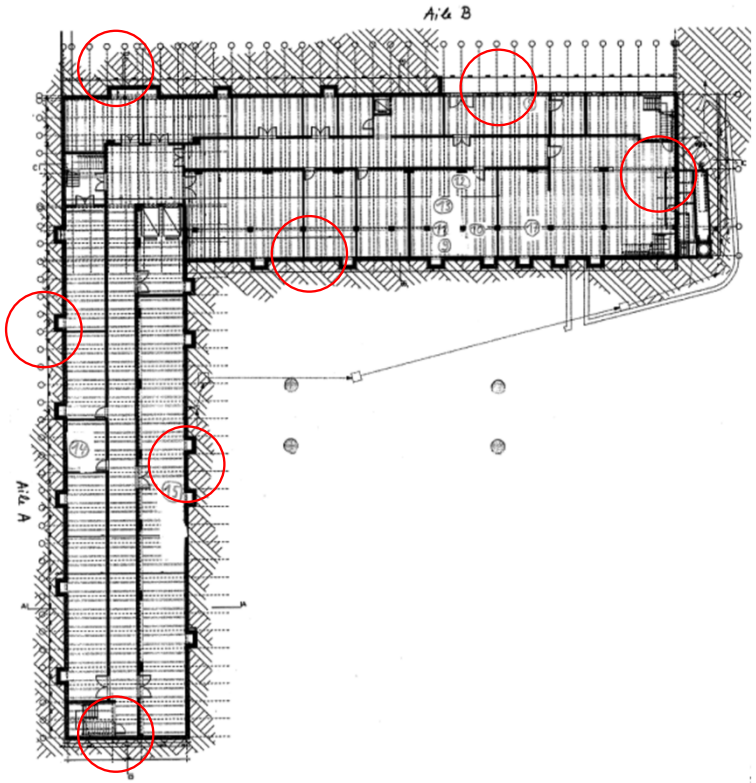


# Diagnose

## Waar?

→ Meestal niet op volledig betonoppervlak
→ Op doordacht gekozen proeflocaties
→ Een voldoende nauwkeurig globaal schadebeeld verkrijgen
→ Beslissingsparameters

- Visuele inspectie: veel/weinig schade
- Omvang constructie: hoe groter, hoe meer locaties
- Blootstelling en ontwerp: bv. chloriden, voegen
- Gevolgen van schade: hoe kritischer, hoe meer locaties
- Het budget



# Diagnose

## Wie?

1. Ontwerp (locaties, keuze proeven)
2. Uitvoering proeven
3. Interpretatie proefresultaten

## → Deskundige partijen!

- Certificatie van bedrijven (PTV-BPC-560):
  - → Niveau A: Uitvoerder
  - → Niveau B (in comb. met A of C): voorstel herstelmethode
  - → Niveau C: Diagnose en ontwerp
- FEREB
- Universiteiten
- …

# Herstel- en beschermmethoden

## Principes volgens NBN EN 1504-9 (2008)

1. Bescherming tegen indringing
2. Vochtbeheersing
3. Restauratie van beton
4. Structurele versterking
5. Verhoging fysische weerstand
6. Verhoging chemische weerstand
7. Behouden of herstellen van de passiviteit
8. Verhogen resistiviteit
9. Controle kathodische zones
10. **Kathodische bescherming**
11. Controle anodische zones

→ Beton

→ Wapeningscorrosie

ICS: 01.040.91 ; 91.080.40

*Geregistreerde Belgische norm*

**NBN EN 1504-9**

2e uitg., november 2008

**Normklasse: B 15**

**Producten en systemen voor het beschermen en herstellen van betonconstructies - Definities, eisen, kwaliteitsborging en conformiteitsbeoordeling - Deel 9: Algemene principes voor het gebruik van de producten en systemen**

Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton - Définitions, exigences et maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité - Partie 9: Principes généraux d'utilisation des produits et systèmes

Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 9: General principles for the use of products and systems

Toelating tot publicatie: 26 november 2008

Vervangt NBN ENV 1504-9 (1997).

Deze Europese norm EN 1504-9:2008 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

Bureau voor Normalisatie Brabançonnelaan 29 B-1000 Brussel België
Tel: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be
Bank: 000-3255821-10 IBAN: BE41 0003 2558 2110 BIC: BPOT BEB1 BTW: BE 0860.857.592

© NBN 2008

Prijsgroep: 17

# Herstel- en beschermmethoden

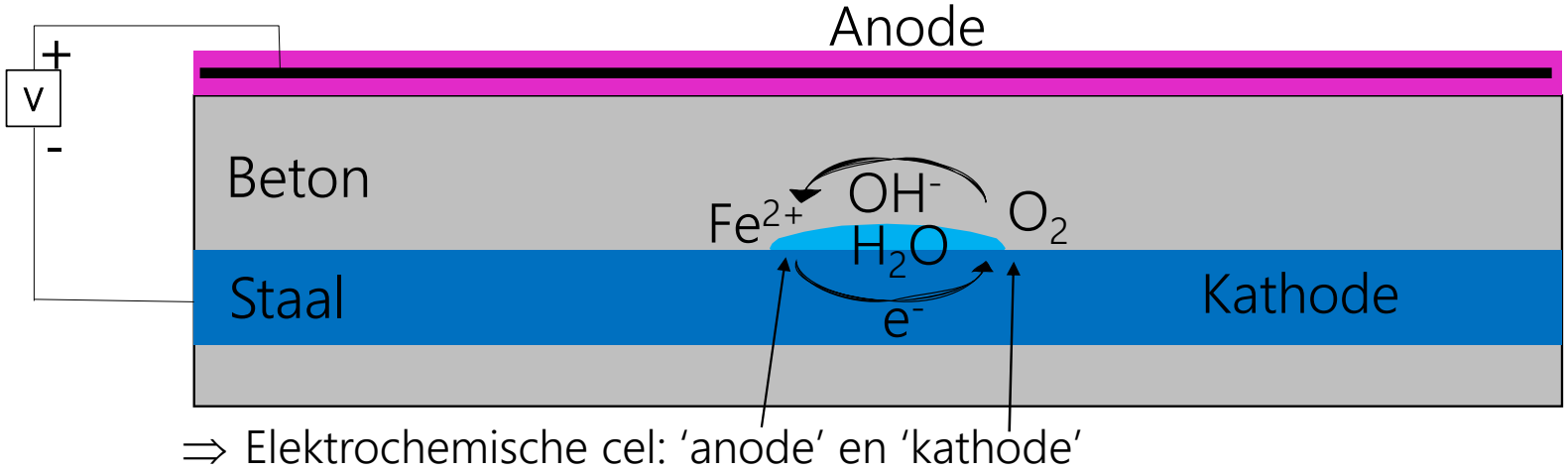
## Keuzeparameters

→ Veiligheid (stabiliteit, vallende brokstukken)
→ Schadeoorzaak en -ontwikkeling (wegnemen oorzaak)
→ Technische haalbaarheid (randvoorwaarden)
→ Economische aspecten (levensduur, budget)
→ Omvang van schade
→ Uitvoeringsaspecten (bv. spoorwegen)
→ Eisen uiterlijk (bv. beschermde monumenten)
→ Eisen opdrachtgever

# Herstel- en beschermmethoden

## Kathodische bescherming

→ Wapeningscorrosie




⇒ Elektrochemische cel: 'anode' en 'kathode'

- Kathodische bescherming

→ Polarisatie van het staal (verlaging elektrische potentiaal)

→ Ijzer kan niet meer in oplossing gaan

→ Corrosieproces stopt

# Herstel- en beschermmethoden

## Kathodische bescherming

- Vooral bij chlorideverontreinigd beton
  → Hoge chloridegehalten
  → Oorzaak (bron chloriden) niet weg te nemen
- Permanente installatie: stopzetten wapeningscorrosie zolang KB-systeem werkzaam is
- Stroombron: opgelegde stroom of opofferanodes
- Enkel mechanisch beschadigd beton dient verwijderd te worden
- Opvolging/monitoring (ev. vanop afstand)

- Vereist <u>grondige specifieke voorstudie</u>
  - Continuïteit wapening
  - Kortsluitingen
  - Geleidbaarheid beton/herstelmortel
  - Neveneffecten mogelijk: waterstofbrosheid, ASR, opwarming, gasvorming
- NBN EN ISO 12696 (2017)

# Herstel- en beschermmethoden

## Kathodische bescherming

Bram.dooms@bbri.be