



BEVEPRO

Levensduurverlenging met opofferanodes bij chloride verontreinigde beton

Michel van Beek
Bevepro Consultancy

Kathodische Bescherming (KB)

Het principe van Kathodische Bescherming is niet nieuw.

Het idee was eerst geïntroduceerd door Sir Humphrey Davis in 1824

Hij had het idee om koperen wanden van oorlogsschepen te beschermen met KB.



De eerste KB systemen voor betonnen structuren werden geïnstalleerd in de 1970's



Type opofferanodes

- **Ingebedde** anodes tegen “ringanode effect”. Geïntegreerd in de reparatie
- **Inboor** anodes tegen corrosie van niet beschadigd beton dat verontreinigd is met chloride



Oorzaak van Corrosie

- Chloride
- Carbonatie
- Verschillende metalen

**Resulteert in de vernietiging van de
passieve bescherm laag op het
wapeningsstaal**



Corrosie door chloride

- Bron van chloride in het beton:
 - Maritieme omgeving (zee zouten)
 - Strooi of dooi zouten
 - Chemische fabrieken, zwembaden
 - Chloride als versneller gebruikt en zijn aanwezig in het beton of aanwezig in de grondstoffen.
- Vicious circle: Chlorides worden niet opgeconsumeerd in het corrosive proces



Vooraf vooronderzoek (EN 1504-9)

- Visuele Inspectie
- Delaminatie van het beton
- Chloride gehalte in het beton
- Beton dekking
- pH en chemische testen (Carbonatie)
- Corrosie Potentiaal (halfcel potentiaal)

Chloride percentage

Chloride percentage (% cement)	Risico voor corrosie
< 0.4	Minimaal
0.4 – 1.0	Mogelijk corrosie
1.0 – 2.0	Corrosie
> 2.0	Corrosie

Half Cel Potentiaal meting

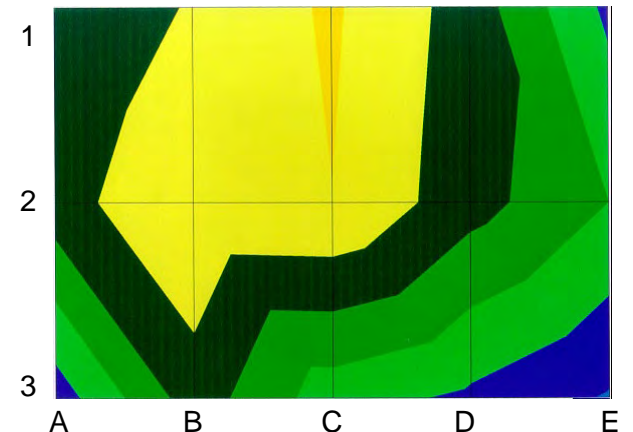
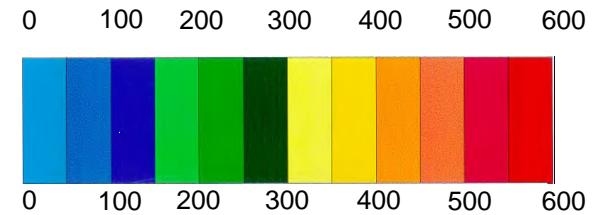


- Geeft een indicatie van mogelijke corrosie activiteit waar geen betonschade zichtbaar is
- Bepaalt de zones waar eventueel chloride % bepaald wordt.
- Is een niet destructieve meet methode



Corrosie Potentialaal Resultaten

Copper Sulphaat Electrode	Corrosie conditie
> -200 mV	Laag – 10% risico op corrosie
-200 tot –350 mV	Gemiddeld corrosie risico
< -350 mV	Hoog- <90% risico op corrosie
< -500 mV	Zware corrosie

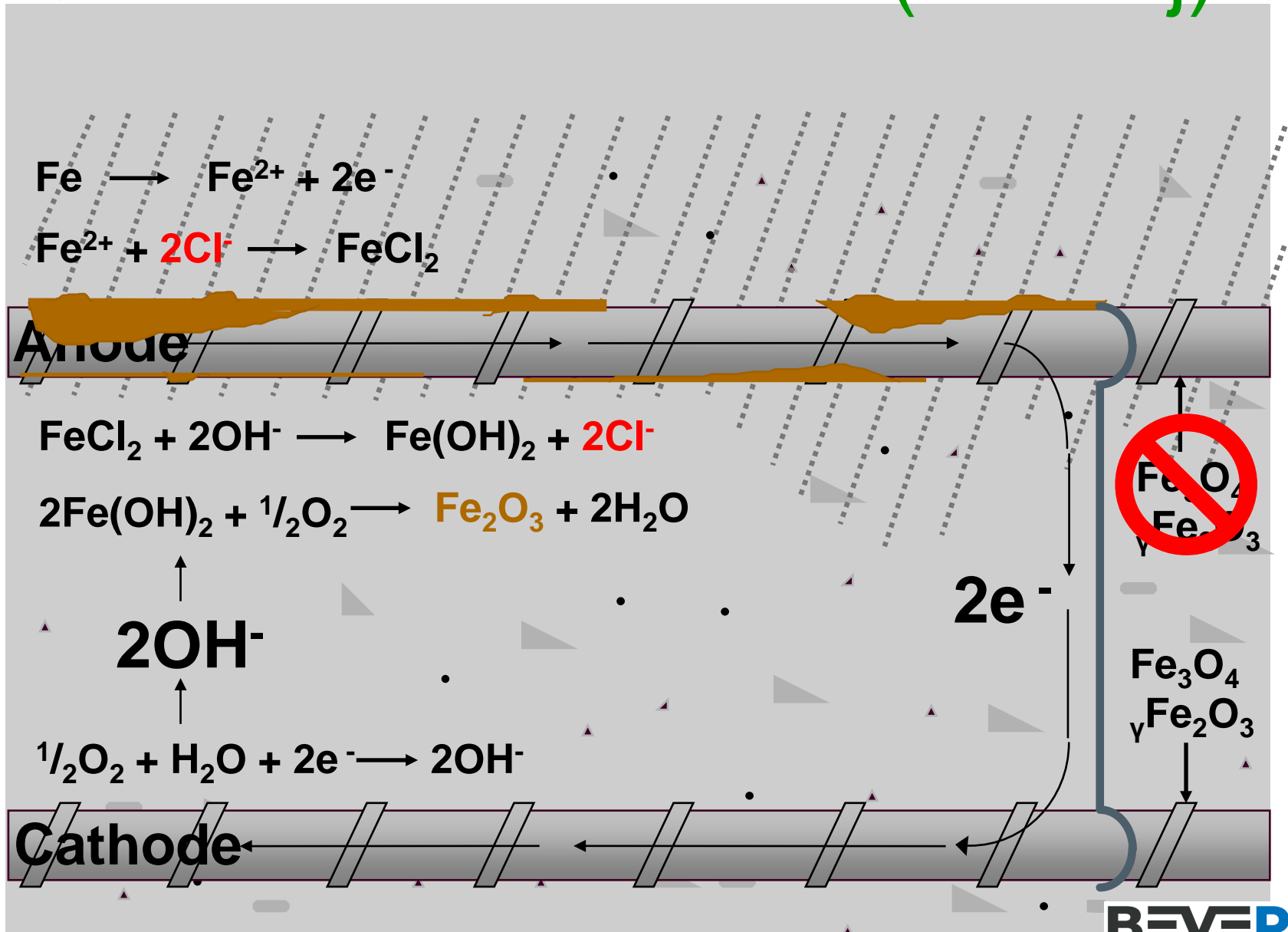




Welke additionele informatie is nodig voor het ontwerp met opofferanodes:

- **Staaldensiteit** (aantal wapening staven, beugels, etc) bepaald afstand tussen de anodes en het type anode
- Is de wapening **continue**
- **Chloride** verontreiniging (%)
- **Geometrie** van de structuur
- Eventueel half cel potentiaal meting

Corrosie cel in Beton (batterij)



Typische put corrosie door chloride aantasting

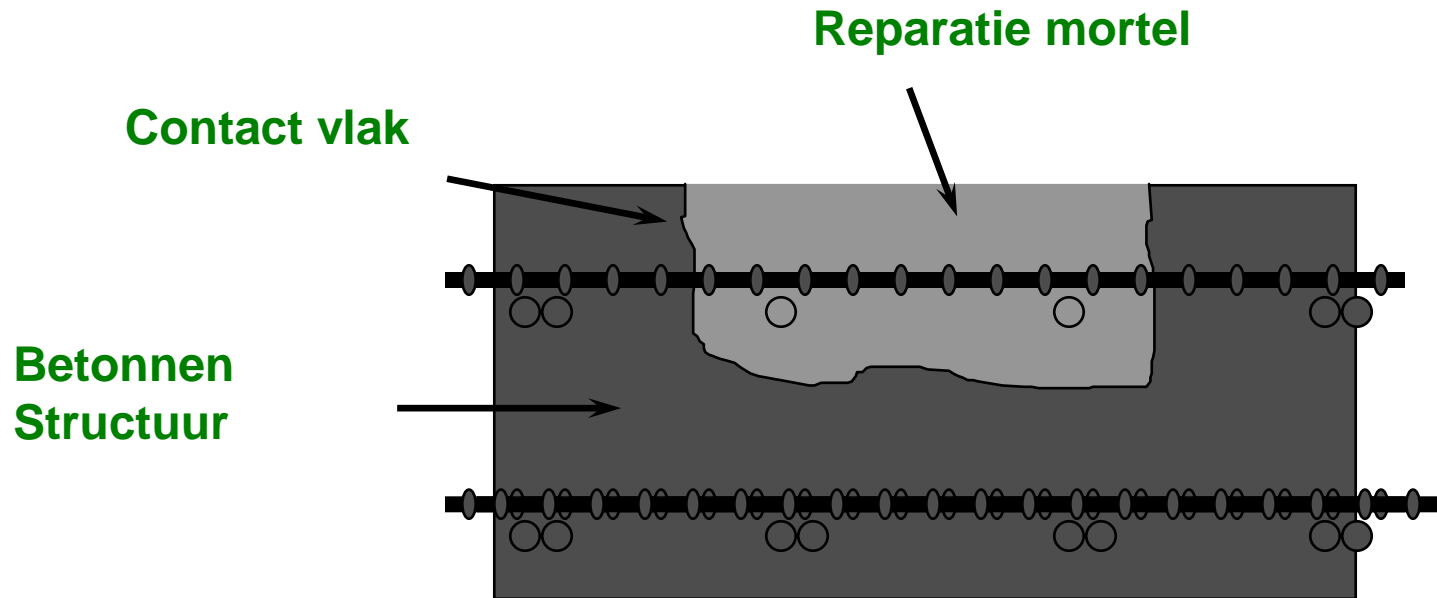


De huidige leidraad :

- Vrijmaken beton rond de wapeningsstaven
- Roest of andere bijproducten verwijderen van de wapening.
- Groter volume beton verwijderen dan origineel aangetast is.

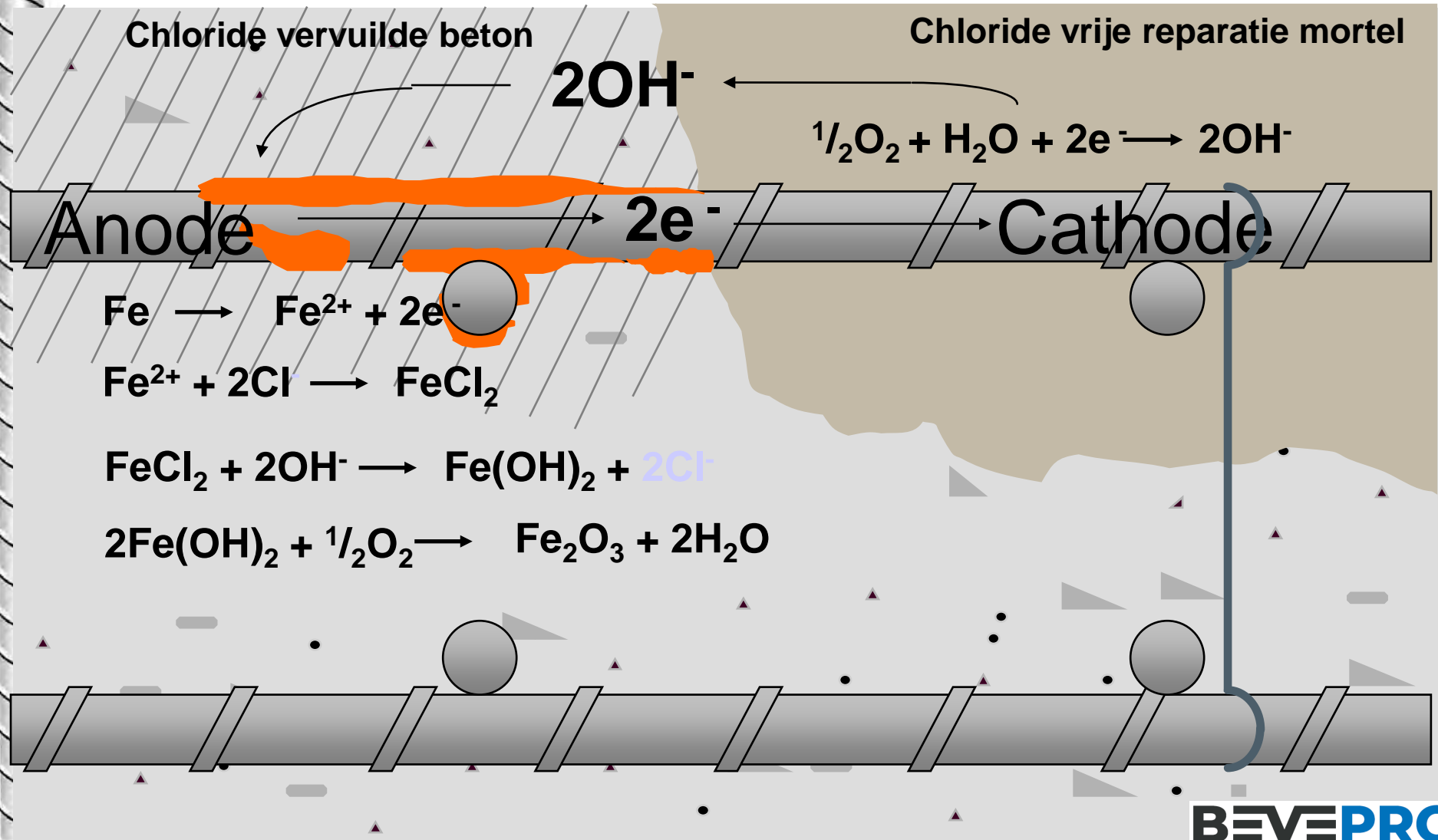


Typische beton reparatie

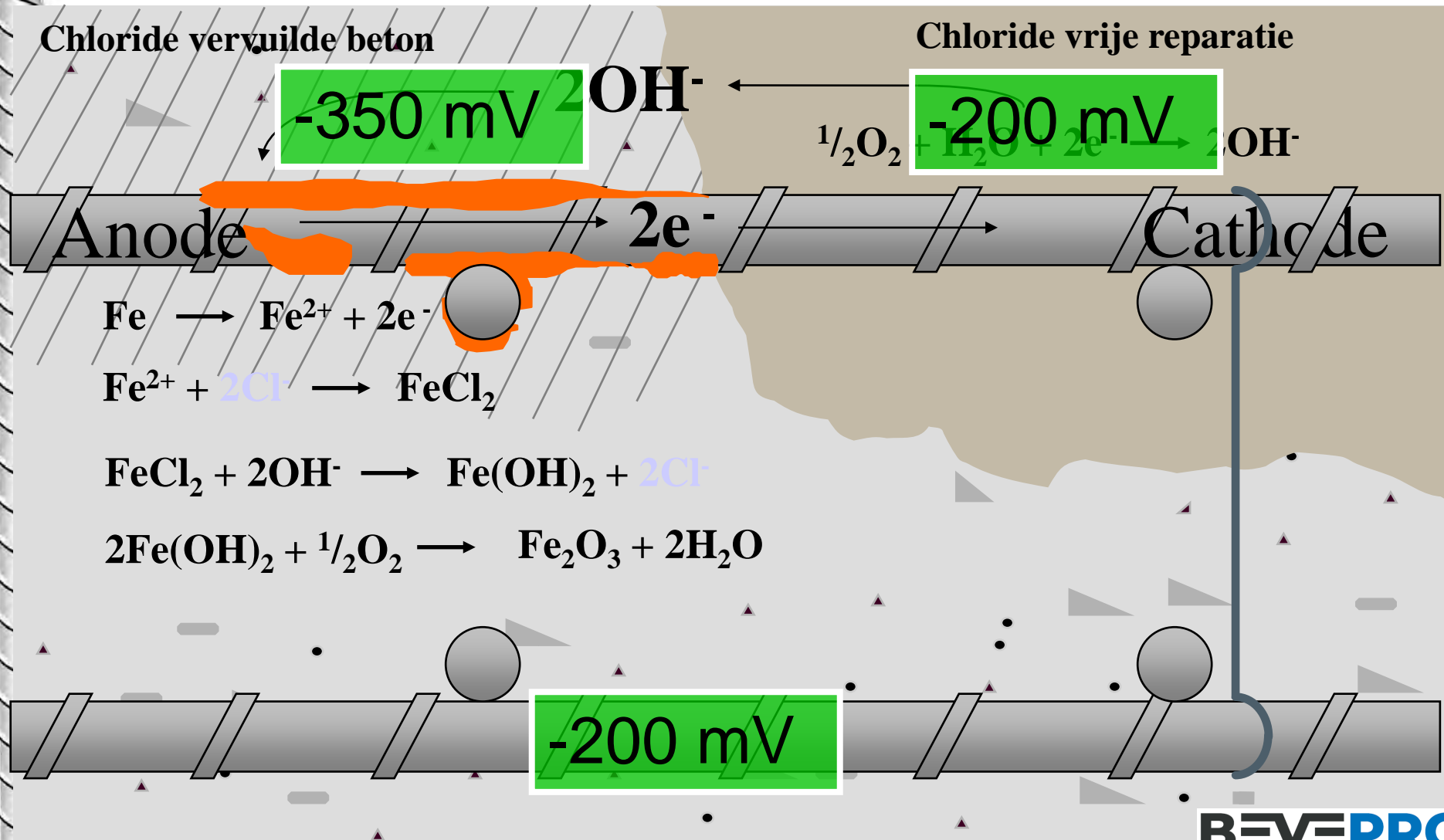


Reparatie mortel moet compatibel zijn met de bestaande beton

Ringanode effect : Reparatie versnelt corrosie



Ringanode effect: Reparatie versnelde corrosie



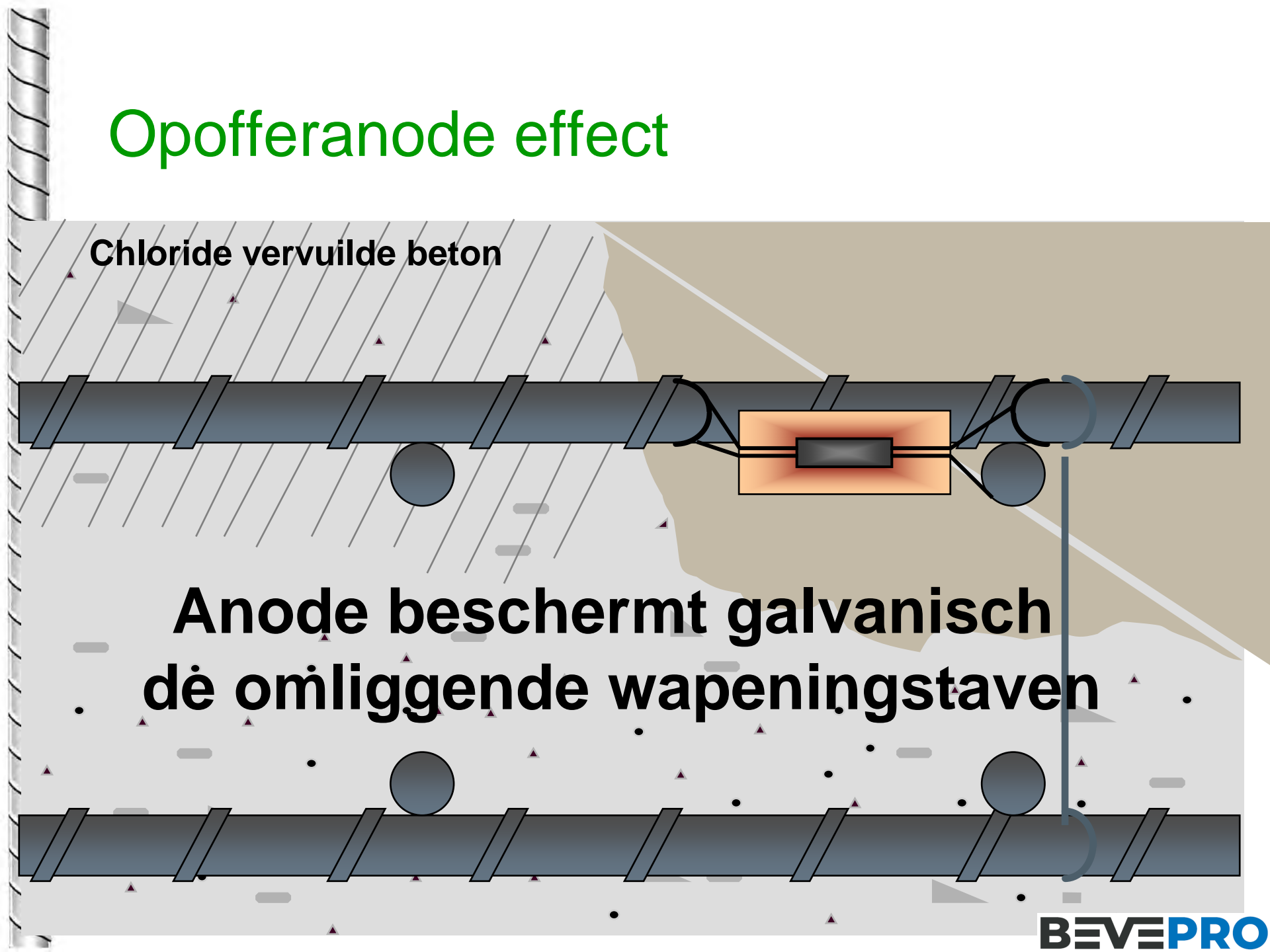


Ringanode effect :Reparatie versnelde corrosie

Opofferanode effect

Chloride vervuilde beton

Anode beschermt galvanisch
de omliggende wapeningstaven



Opofferanode effect

Chloride vervuilde beton

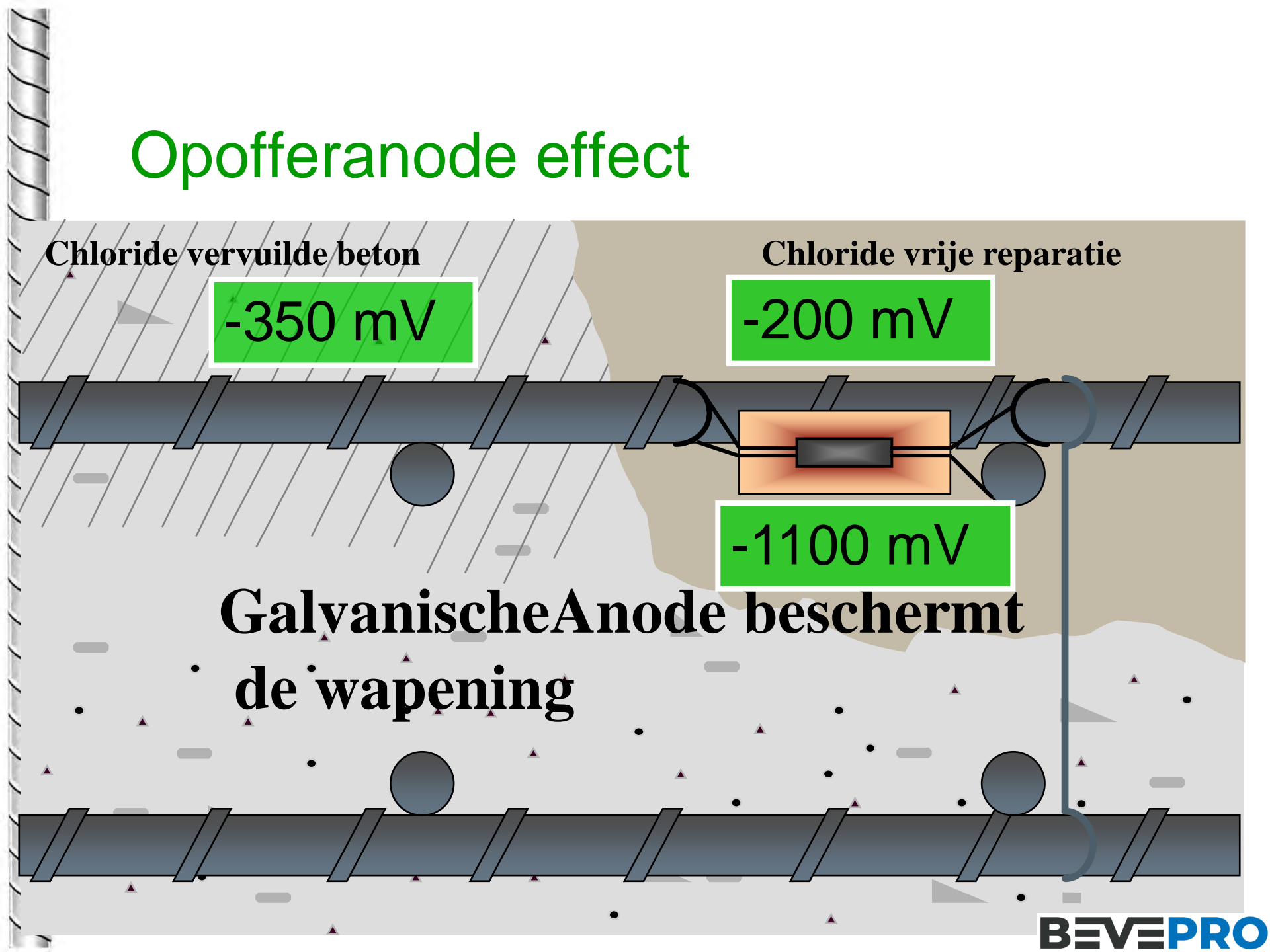
-350 mV

Chloride vrije reparatie

-200 mV

-1100 mV

**Galvanische Anode beschermt
de wapening**



Opofferanode met een zink kern, mortel mantel met alkali activator en bevestigingsdraden





Wat is het nut van de mortel omhulling rond de anode ?

- De mortel is speciaal geformuleerd zodat het zink actief blijft.
 - Hoge pH nodig voor activatie
- Mortel laat toe dat de bijproducten van de corrosie van het zink weg kunnen.
- Activatie gebeurt door de alkalische component en niet door een zout (kan corrosie veroorzaken)

Anode Installatie



Anode Installatie



Contact meten tussen anode en wapening



Aanbrengen van reparatie mortel





Brug en viaduct toepassingen

- Corrosie door dooi zouten
- Ingemengde chloride
- Aantasting van brugdek (rond voegen en afvoeren), kolommen, landhoofden



Renovatie van viaduct

Grootste betonherstel project in Verenigd Koninkrijk

- Viaduct gebouwd in 1968 (50 jaar oud)
- 8 rijvakken, 3.2 km lang
- Eén van de drukste autostrades in de VK
- 120.000 voertuigen per dag
- €120M reparatie project – 1.5 M kg reparatie mortels
- Opofferanodes rond de voegen, afvoeren, de rand van de reparaties (40,000 opoffer anodes)

Oldbury Viaduct: M5 Motorway









Maritieme omgeving

Apartementen aan de kust



Balkons, balken en kolommen van de gevels



Installatie ingebedde anodes





Sluizen en kaaimuren

- Maritieme omgeving : zout- of brak water
- Ingemengde chloride : gebruik van zeewater of zand/toeslagstoffen verontreinigd met chloride
- Te weinig dekking
- Corrosie preventie in nieuw bouw

Kaaimuren Rotterdam- Dordrecht



Opofferanodes aan rand van reparatie

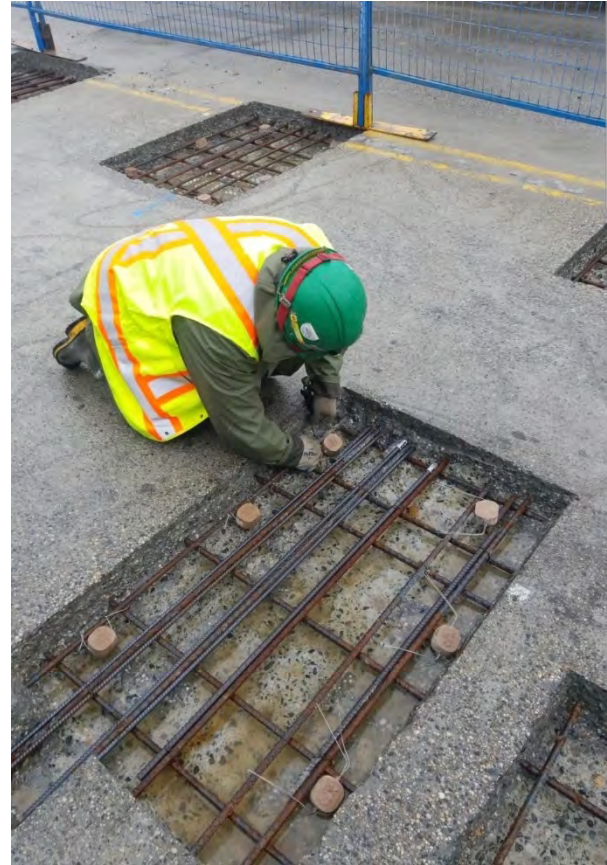
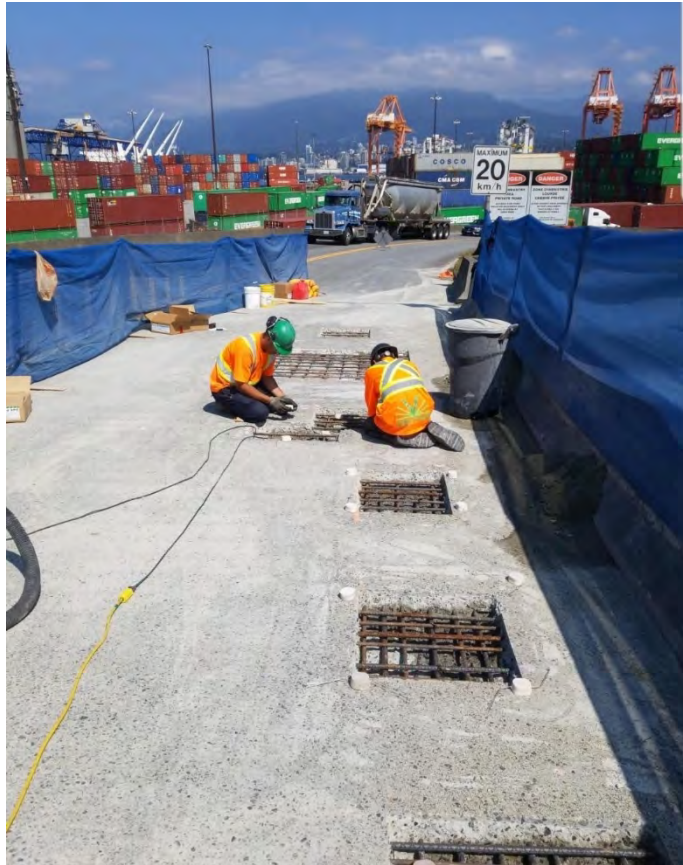


Reparatie met spuitbeton

- Spuitbeton: Emaco S 488
- Reparatie mortel moet lage weerstand hebben.



Kaaimuren



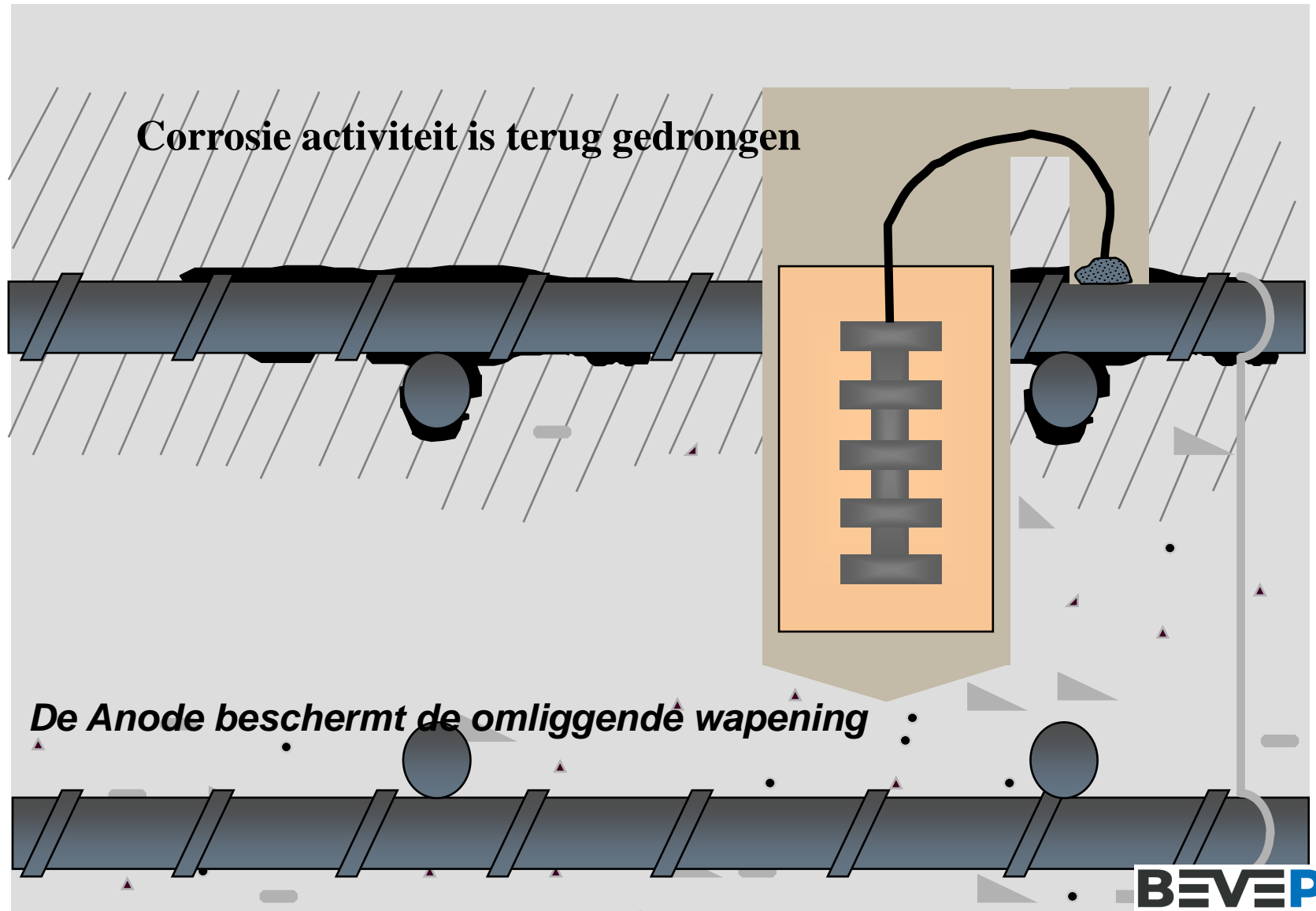


Inboor opofferanodes

- Onaangetast beton dat bescherming vraagt.
- Structuren die reparatie nodig hebben, maar waar geen beton verwijderd kan worden = limiteren van het weghalen van verontreinigd beton. Alleen de losse delen.



Installatie van inboor anodes



Afmetingen inboor anodes



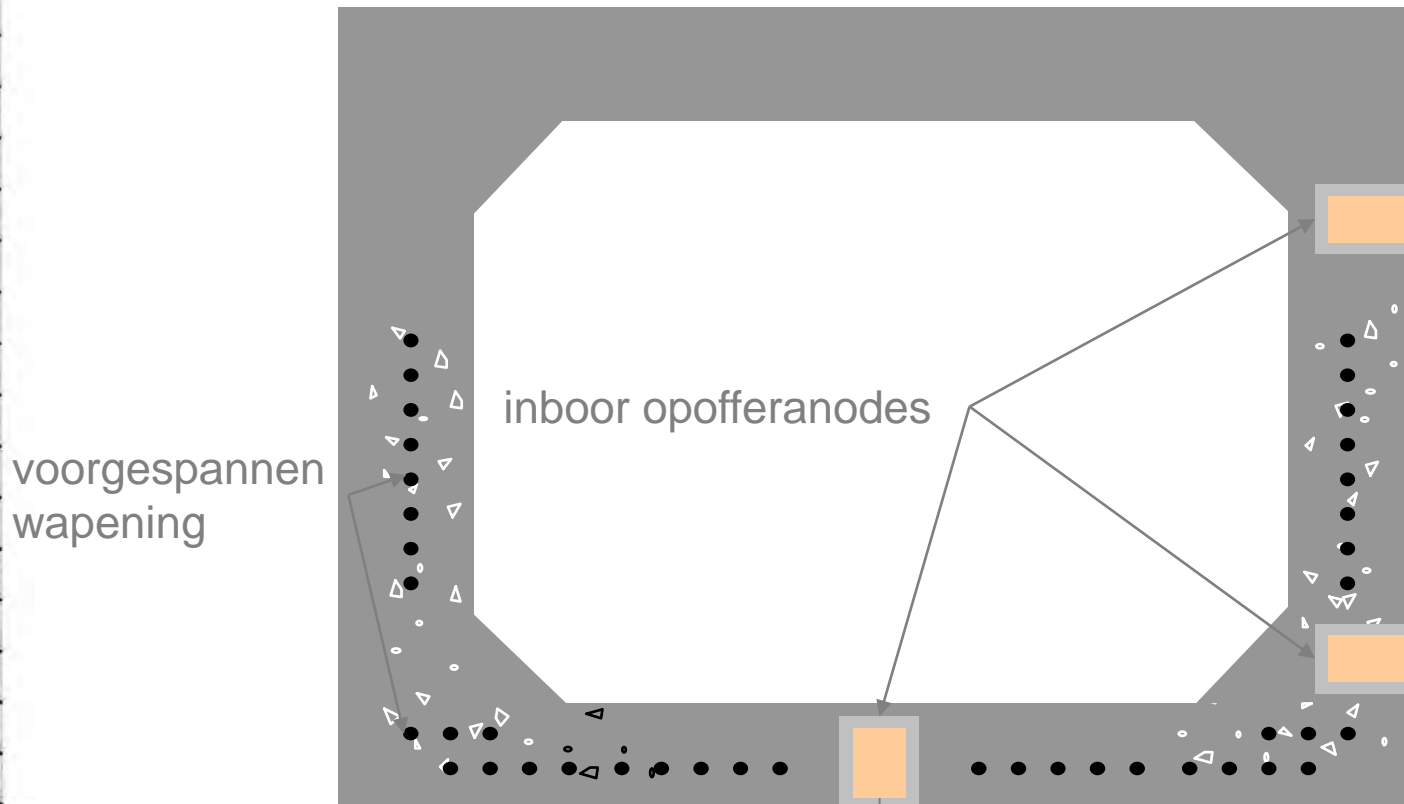


Bruggen-viaducten

Corrosie door:

- Dooi of strooizouten
- ingemengde chloride
- In maritieme omgeving

Inboor opofferanodes in voorgespannen kokerligger in maritieme omgeving



Beperkte beton reparatie en inboren voor de anodes



Beperkte beton reparatie en boorgaten voor de anodes



Installatie inboor opofferanodes



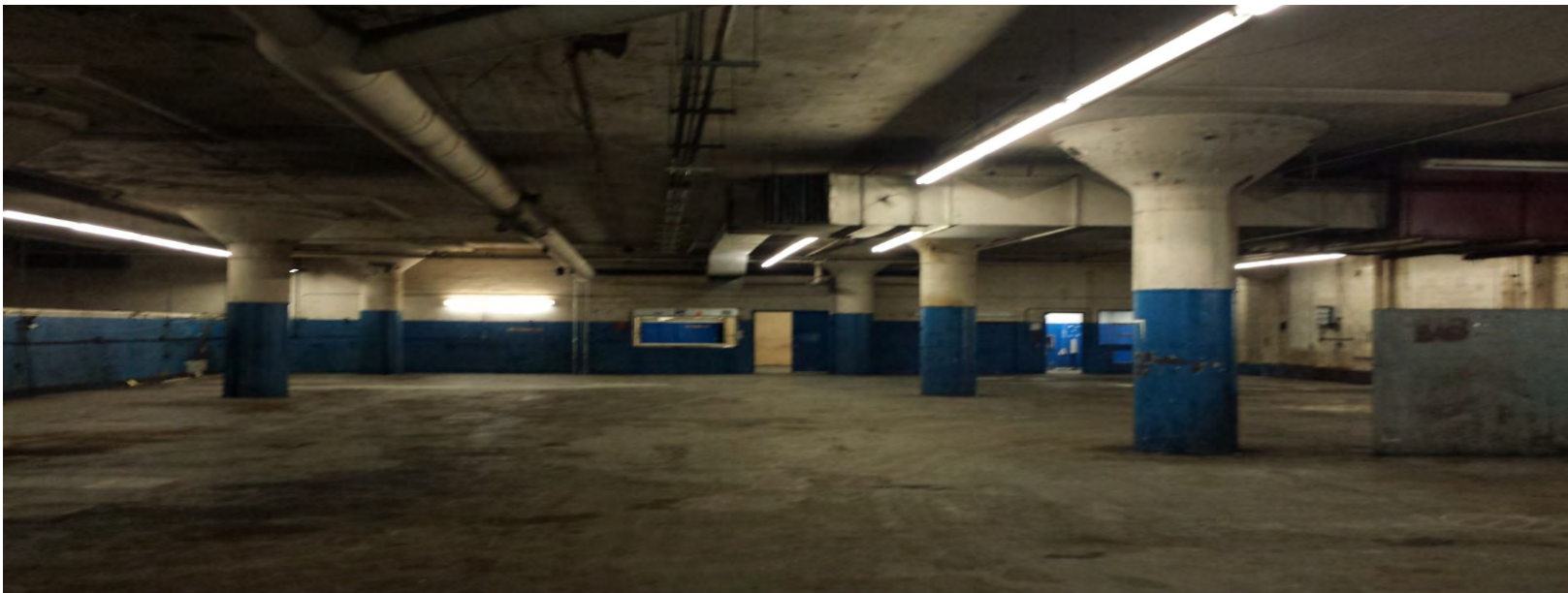
Afgewerkte kokerligger met monitoring





Parkings

- Dooizouten binnengebracht door de voertuigen
- Ingemengde chloride
- Door schoonmaakproducten die chloride bevatten (bv: javel)



Situatie: coating komt los en ringanode effect rond de reparaties



Anode Design – Targeted Protection



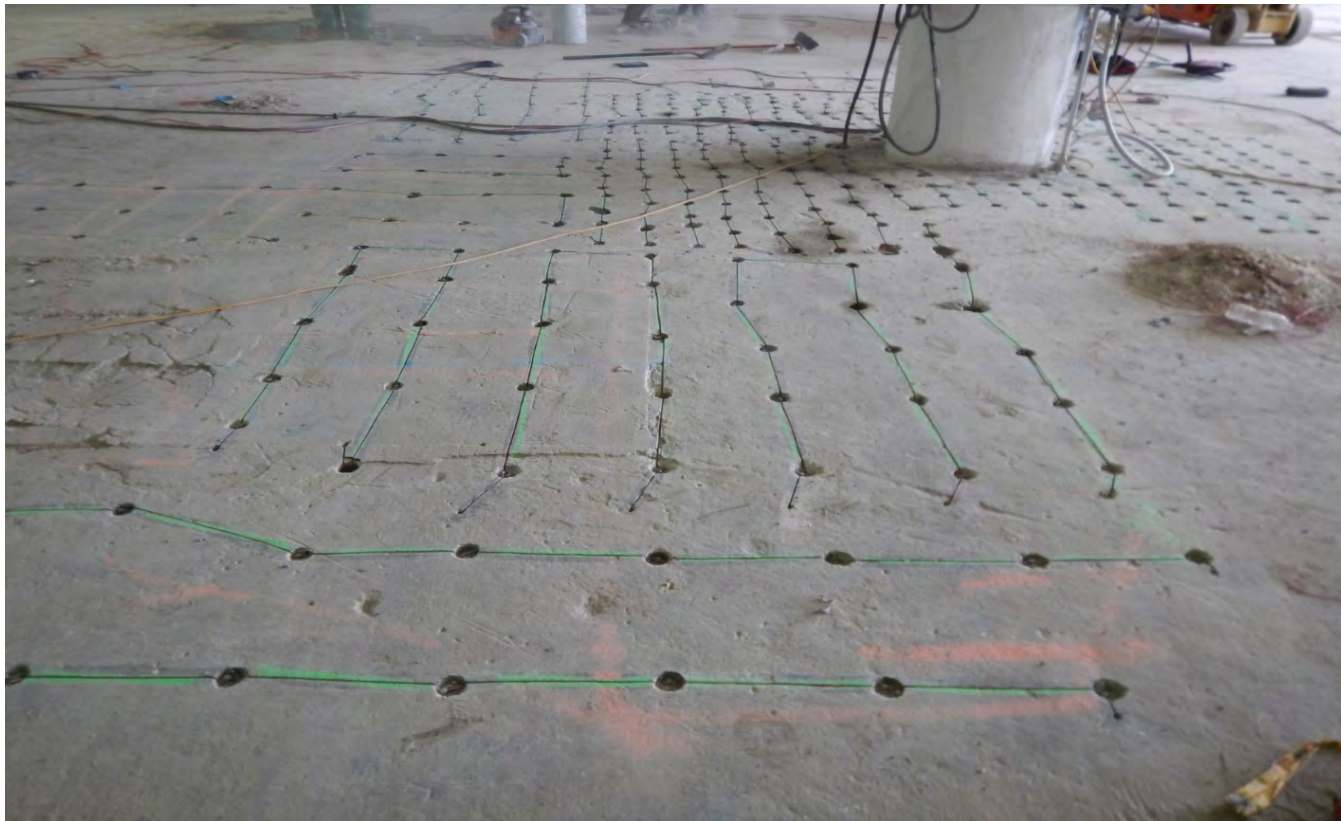
Ingebedde opofferanodes tegen ring anode effect
Sommige delen van de wapening bescherming door
inboor opofferanodes



Ingebedde anodes aan rand van de reparaties



Installatie van inboor anode





Anode aansluiting aan de wapeningstaal





Tunnels

- Corrosie door dooizouten van wagens in de tunnel of van boven de dakplaat van de tunnel
- Ingemengde chloride
- Problemen in dakplaat, wanden en wegdek





Andere toepassingen

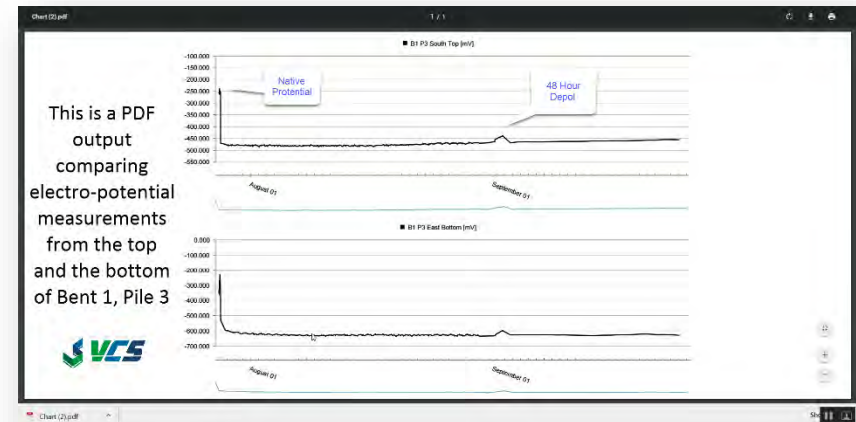
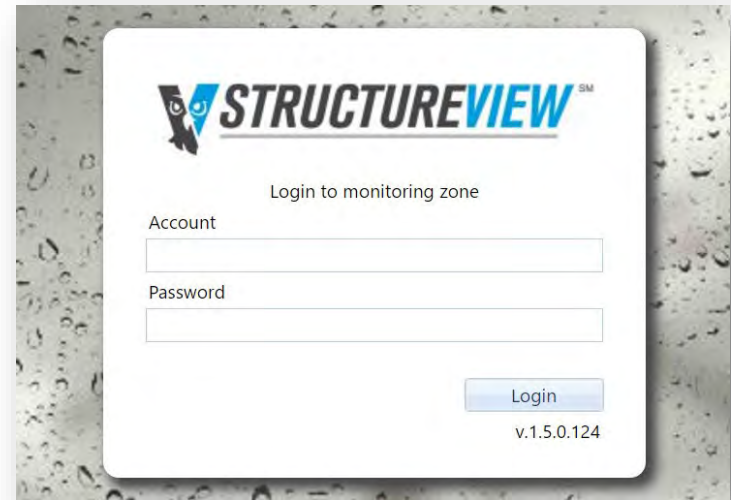
- Zwembaden
- Koeltorens
- Zuivering stations
- Prefab elementen (met ingemengde CI)
- Onroerend erfgoed

De 2 hoogste buildings van de Antwerpse skyline werden beschermd met KB





Remote monitoring
Web access
Cathodic Protection
Structural Health Monitoring



Opofferanodes aangebracht alvorens versterking met gelijmde wapening van koolstofvezels wordt aangebracht.



Samengevat

- Kiezen we voor lokale of algemene behandeling
- System kiezen , gebaseerd op:
 - bestaande conditie en wat bescherming verwacht wordt
 - blootstelling in toekomst
 - duur van bescherming (10,20,30 jaar, of?)
 - monitoring gewenst
 - onderhoud mogelijkheden
 - budget

BEVEPRO

Dank u voor uw aandacht

Michel van Beek

info@bevepro.nl

www.bevepro.nl