



KB herbekeken

Economische en ecologisch impact van GCP en ICCP

Prof. dr. ir. Bart Craeye

Universiteit Antwerpen

Faculteit Ingenieurswetenschappen – EMIB Research Group

Odisee Hogeschool

Opleiding Bouw – DUBiT onderzoekskern



— STUDIEMIDDAG

**KATHODISCHE
BESCHERMING**

**GRENSVERLEGGEND EN LEVENSDUUR
VERLENGEND**

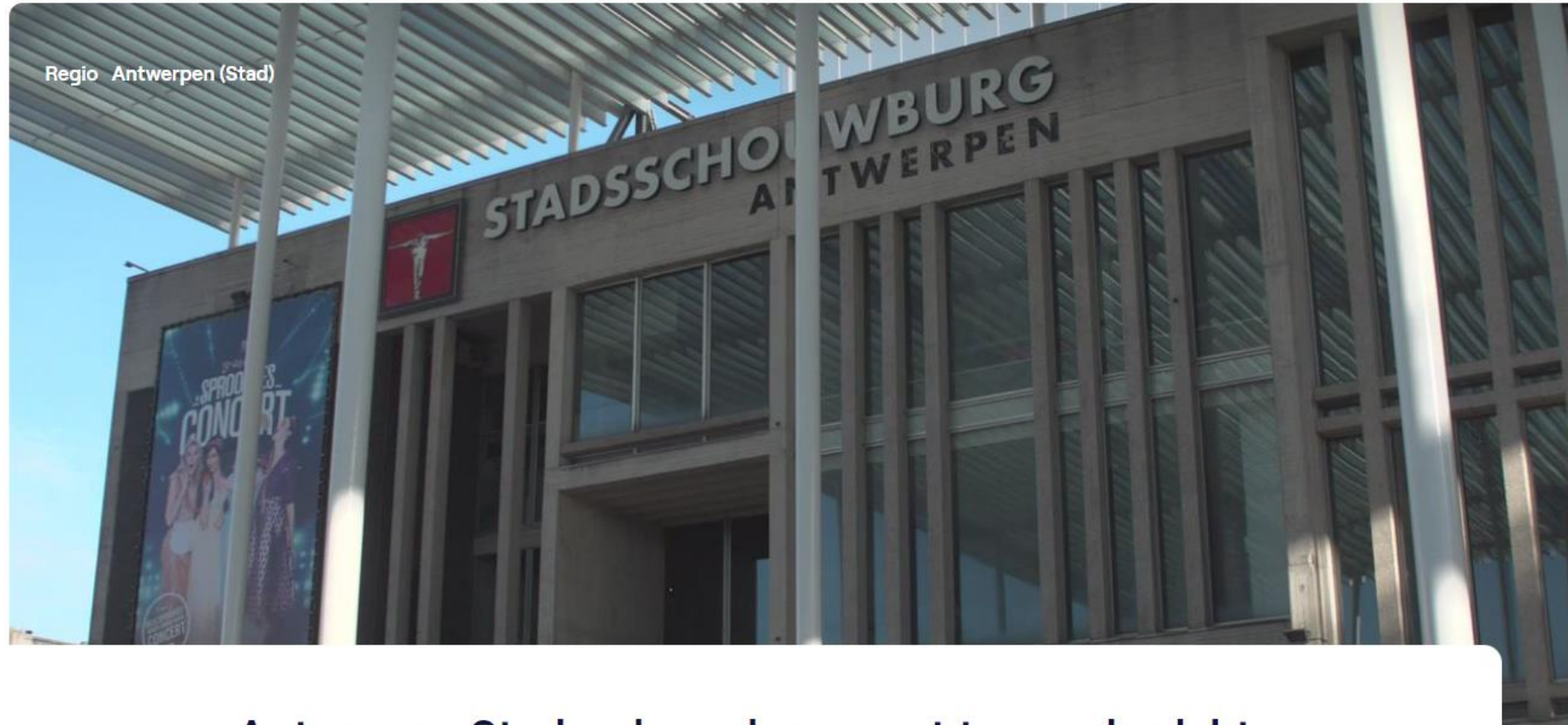
27 SEPTEMBER 2023 | HOF VAN LIERE, ANTWERPEN



**Universiteit
Antwerpen**

Odisee
DE CO-HOGESCHOOL

Nood aan duurzaam betonherstel



**Antwerpse Stadsschouwburg gaat tegen de vlakte:
"Betonrot weghalen zou miljoenen kosten"**



Nood aan duurzaam betonherstel



Antwerpen

Antwerpse Stadsschouwburg
gaat tegen de vlakke:
"Betonrot weghalen zou
miljoenen kosten"

Update

ma 16 mei 16:08

radio2

5. Wat brengt de toekomst?

"De prognose is dat we de komende jaren en decennia een golf van betonherstelprojecten op ons af zullen zien komen. Bij elk project beslissen om een gebouw af te breken en een nieuw te zetten, is geen goed idee."

Craeye erkent dat herstellen duur kan zijn, maar plaatst daar argumenten tegenover. "Er is meer dan geld alleen, er is ook een grote impact op het milieu. Als je elk gebouw met betonrot afbreekt, zit je met een gigantische hoeveelheid betonpuin. Geweldig duurzaam is dat niet."

Volgens Craeye is het daarom beter bij elk gebouw dat betonrot heeft na te gaan wat de beste oplossing is. "Eerst moet je de conditie in kaart brengen, is de constructie nog duurzaam en veilig? Zo ja, dan zijn verschillende herstelsenario's mogelijk, ook voor gebouwen die zwaar zijn aangetast."

Nood aan duurzaam betonherstel

- CONREPNET (2007): 230 case studies in Europa
- Levensduur betonherstel vaak ondermaats
- Reden:
 - 38% **ongeschikt** ontwerp of **voorgeschreven herstel**
 - 19% slechte/**slordige uitvoering** herstel
 - 16% foute voorafgaande **diagnose** of simpelweg geen diagnose
 - 15% foute **materiaalkeuze**
 - Andere: gebrek aan onderhoud, slechte weersomstandigheden, vandalisme

Past experience shows that the **introduction of new techniques** in the construction sector is **extremely difficult** because of the inherently **conservative nature** of the industry (incl. owners)

It appears that the preference and choice of repair material may be **driven by cost** rather than by knowledge of their performance

Levensduur betonherstellingen
ontoereikend

> 25 jaar: 10%

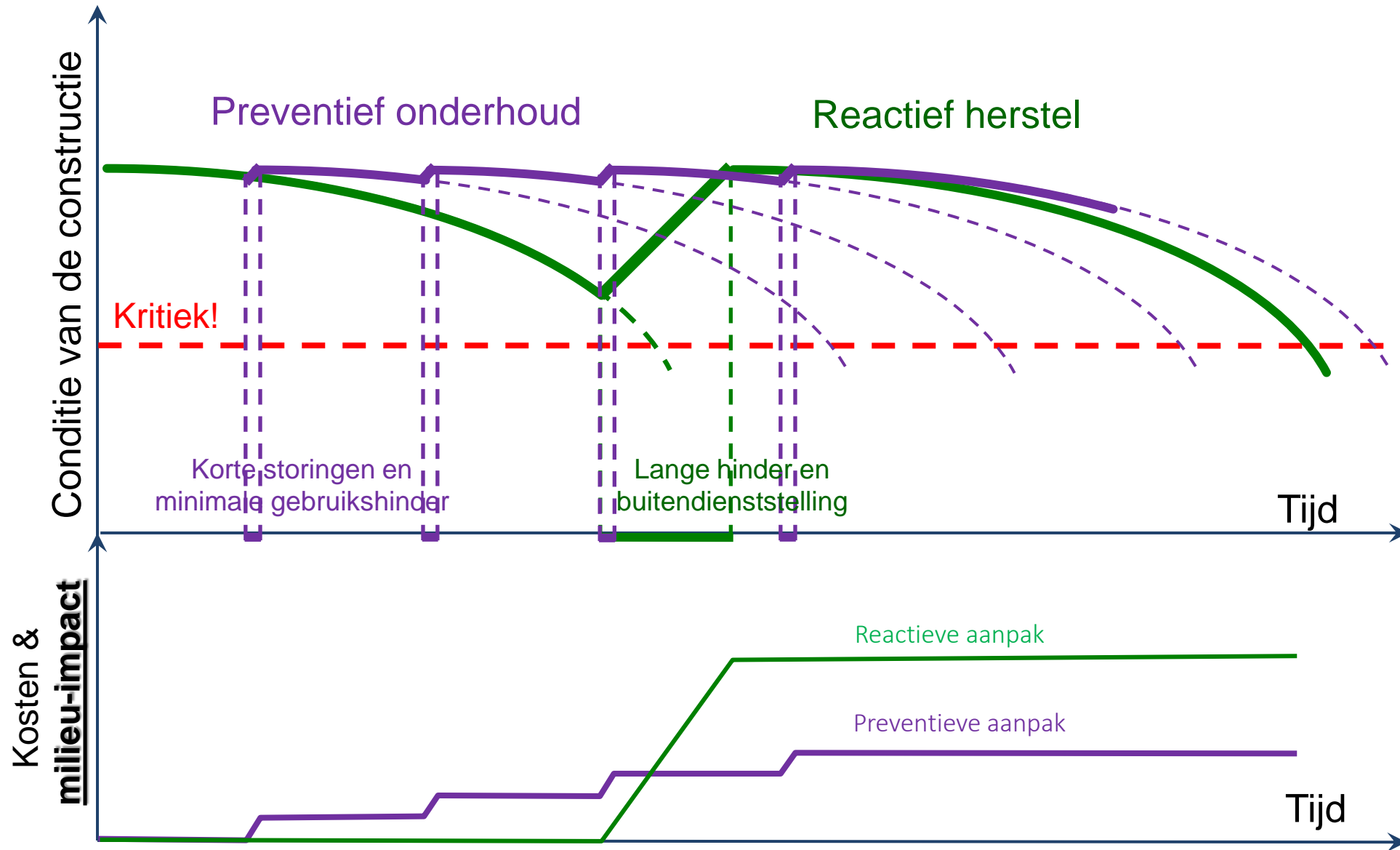
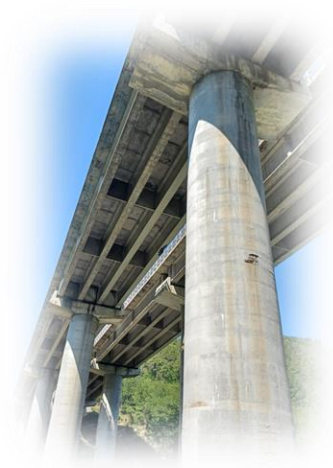
< 10 jaar: 55%

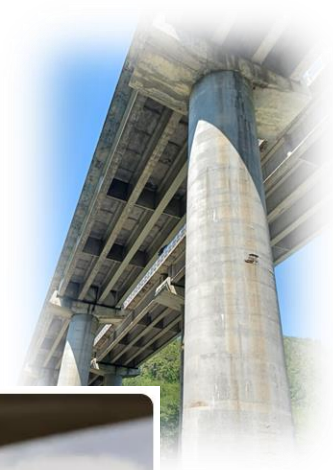
< 5 jaar: 20%

75% faalt opnieuw binnen 10 jaar



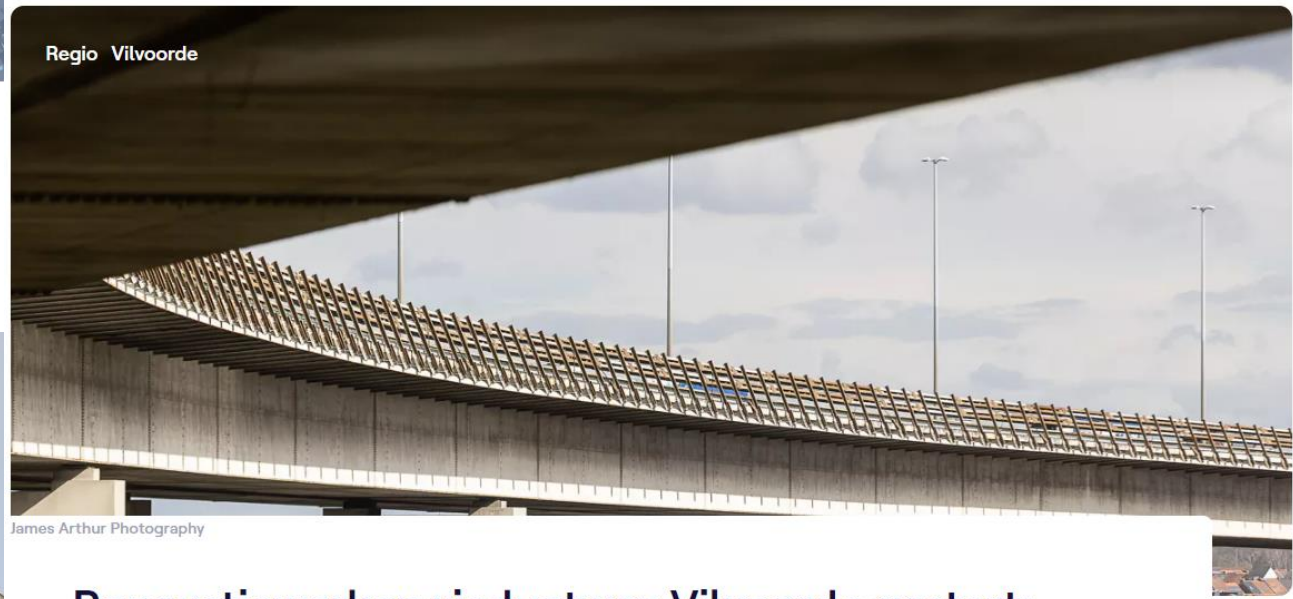
Preventief vs. curatief





Hajo Beekman,
Fabienne Meijer,
Pieterjan
Huyghebaert
wo 06 mei 2020 06:33

IN KAART: welke bruggen in uw buurt zijn in (zeer) slechte staat? Bekijk het hier



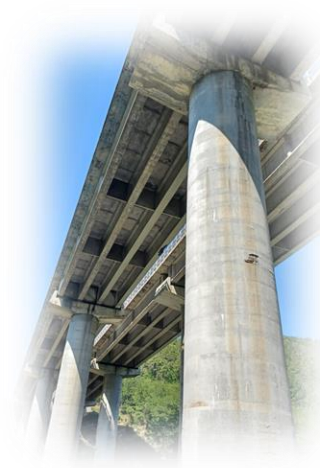
Regio Vilvoorde

James Arthur Photography

Renovatiewerken viaduct van Vilvoorde gestart: vanaf morgen 8 jaar hinder



Één op de vijf gewestbruggen in Vlaanderen en Brussel in slechte tot zeer slechte staat: renovatie blijft vaak uit



Knelpuntberoep + mentaliteitswijziging

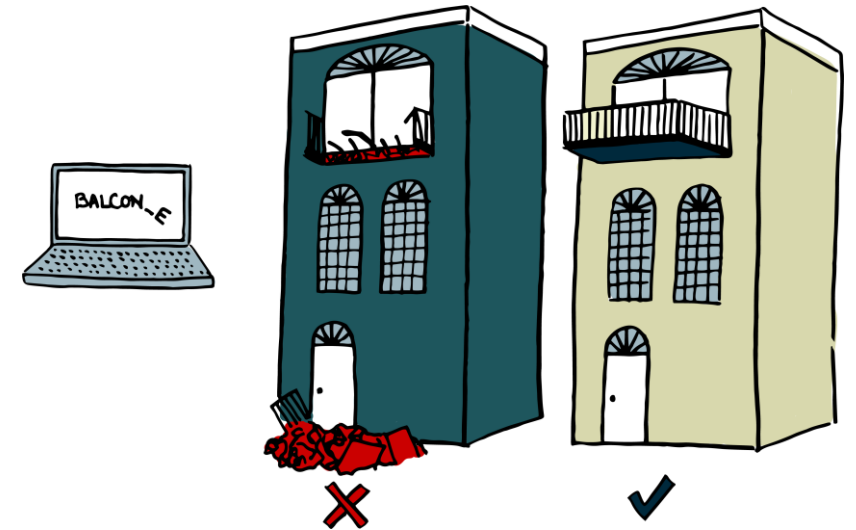
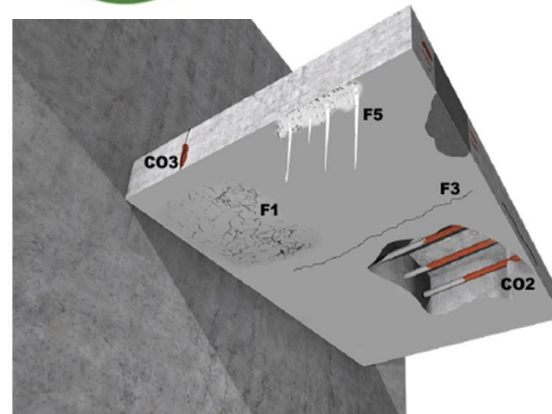
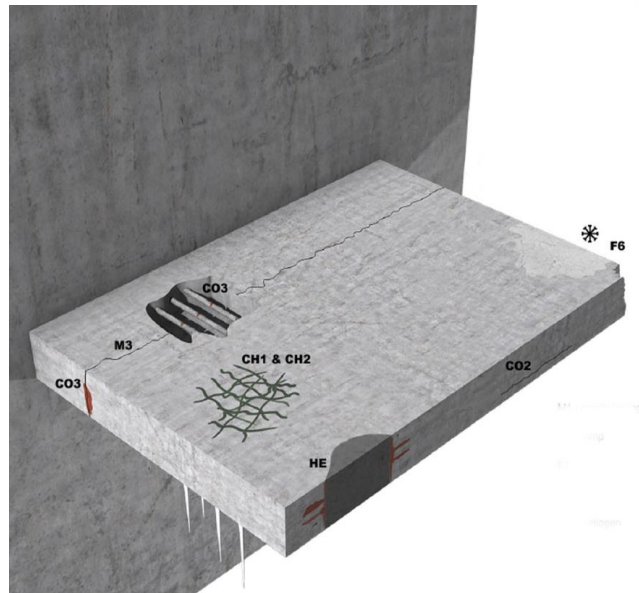
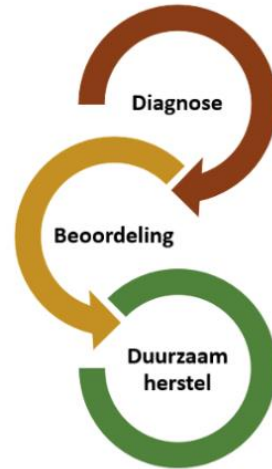
Terwijl de vraag naar betonherstel anno 2020 alleen maar toeneemt, is het gebrek aan goed geschoolde beton-experten nijpend, merkt professor Craeye nog op. “Je zou met andere woorden kunnen stellen dat het beroep betonexpert een knelpuntberoep aan het worden is. Net nu er nood is aan vakbekwaam personeel, niet alleen in op het vlak van diagnose en inspectie, maar evenzeer in de uitvoering van betonherstel-projecten. Tot slot dringt ook een mentaliteitswijziging zich op. In plaats van een curatieve aanpak dient men over te stappen naar preventieve maatregelen en ingrepen. Op lange termijn ligt de investeringskost van een preventieve aanpak met onderhoud en meerdere kleinere kosten gespreid over een langere periode en met beperkte maatschappelijke impact lager dan een curatieve aanpak met zeer ingrijpende herstelwerken en bijhorend kostenplaatje”, besluit professor Craeye.

Wat met (meer/minder?) uitstekende balkons?

PWO project 'Balcon-e'

2019-2021: Projectoutput beschikbaar op balcon-e.odisee.be

- Diagnose
- Beoordeling
- Duurzaam herstel



PWO project 'A Bridge Too Far'

- Praktijkgericht Wetenschappelijk Onderzoek (PWO): *Kathodische bescherming als duurzame hersteltechniek voor levensduurverlenging van bestaande (civiele)betonconstructies*
- September 2021 – September 2024
- Promotor: Odisee Hogeschool – DUBiT onderzoekskern
 - Bart Craeye – Robin Debaene
- Partners
 - Universiteit Antwerpen – Onderzoeksgroepen EMIB en DUeL
 - Sanacon

- **Werkveld, stuurgroep:**
round-table discussies, input, brainstorm, demo-wall...
 - Interesse tot deelname: robin.debaene@odisee.be



PWO project 'A Bridge Too Far'

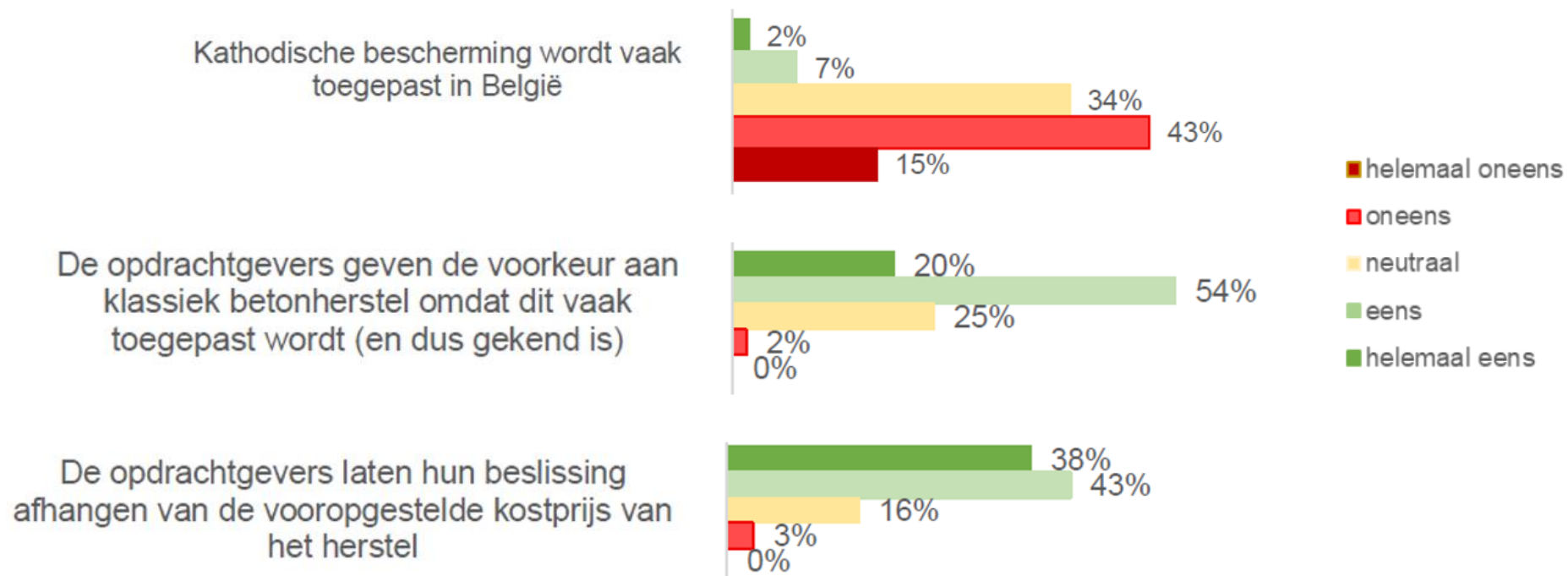
- Praktijkgericht Wetenschappelijk Onderzoek (PWO): *Kathodische bescherming als duurzame hersteltechniek voor levensduurverlenging van bestaande (civiele) betonconstructies*
- WP1 – **Ervaringen met KB**, marktstudie, pro's vs. con's, inventarisatie
- WP2 – Proefprogramma: **stroomverdeling** (numeriek vs. experimenteel)
- WP3 – **LCA/LCCA**: faalmechanismen en levensduur, update database (economische en ecologische impact), cases
- WP4 – Output: **opleiding**, technische voorlichting en leidraad, publicaties, community + **demo-wall** (GCP – ICCP, monitoring, sturing, NDT's...)





WP1 – Ervaring met KB

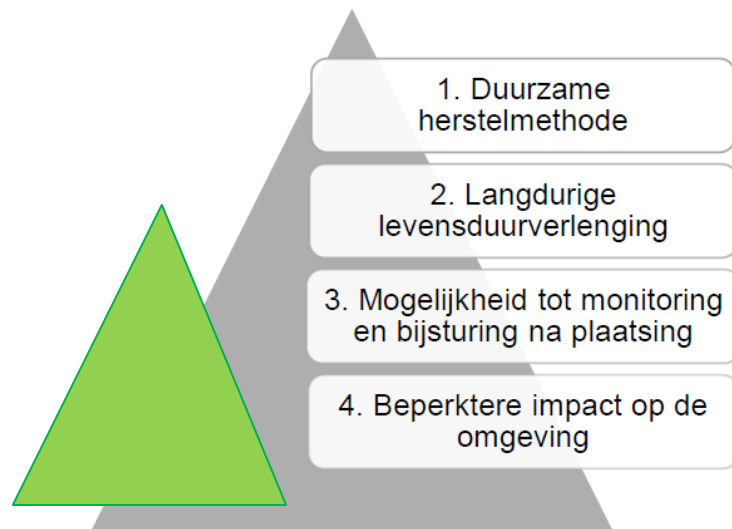
Marktonderzoek en kennisbevraging



Jolien Libeer, 'Kathodische bescherming in Vlaanderen: marktonderzoek en kennisbevraging', Odisee Hogeschool, BAP, 2022

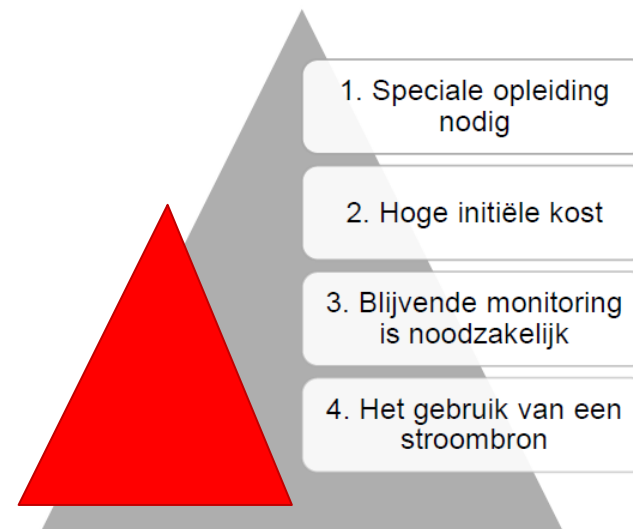
Marktonderzoek en kennisbevraging

- Rangschikking specifieke voor- en nadelen van KB



Andere:

- Beperkt saneerwerk



Andere:

- Zeer gevoelig systeem
- Negatieve perceptie omtrent KB
- Gebrekkige specialisatie leidt tot gebrekkige uitvoering
- Duur vooronderzoek
- Er is geen uniformiteit bij uitvoering monitoring na installatie

Jolien Libeer, 'Kathodische bescherming in Vlaanderen: marktonderzoek en kennisbevraging', Odisee Hogeschool, BAP, 2022

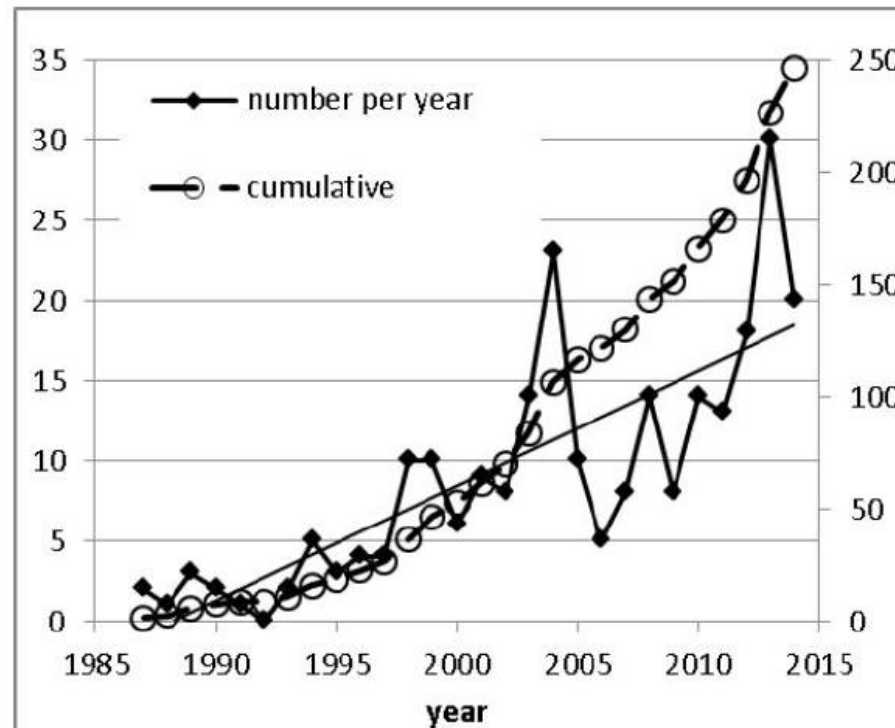


Korte geschiedenis van KB (in gewapend beton)



Situatie Nederland

- 20-30 nieuwe projecten per jaar
- >250 projecten sinds 1985, > 140'000 m² beschermd



Opgebouwde ervaring en tal van cases/rapporten/papers

Geplaatste ICCP-systemen in België

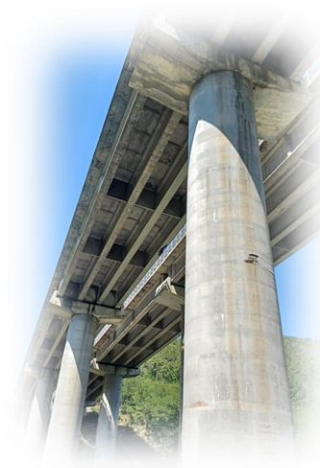
Betonrot slachthuis wordt aangepakt



Het slachthuis staat onder stroom om betonrot te stoppen. — © Dirk Kerstens

Belgische primeur: stroomgeleidende verf moet betonrot tegengaan

Wie dezer dagen aan de Slachthuissite in Antwerpen passeert, heeft het vermoedelijk al gemerkt. Het gebouw waar de AP Hogeschool binnenkort haar intrek in neemt, is voorzien van opvallende zwarte strepen. Het gaat om stroomgeleidende verf die het bedrijf Vogel heeft aangebracht om betonrot aan te pakken. Want door elektriciteit op het gebouw te zetten, stopt het roesten. Het is de eerste keer in ons land dat stroomgeleidende verf gebruikt wordt om betonrot aan te pakken.

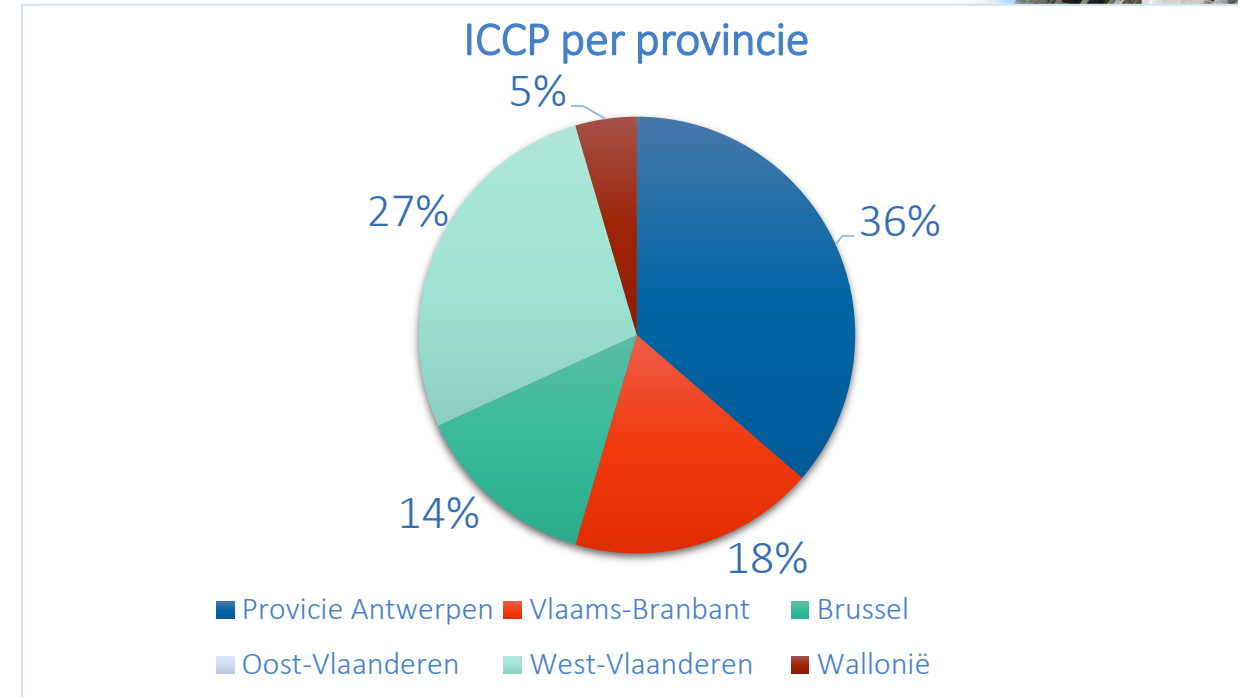


Boerentoren onder stroom

De Boerentoren staat continu onder stroom, maar geen paniek. Het gaat gemiddeld om twee tot zes volt en daar kun je amper een vlieg mee verdoven. De techniek, kathodische bescherming, zorgt ervoor dat het beton van de Antwerpse wolkenkrabber niet verder lijdt onder betonrot.



Geplaatste ICCP-systemen in België



Sarah Spingaer, 'ICCP in België', Odisee Hogeschool, BAP, 2022

- Operationeel
- Gedeeltelijk operationeel
- Niet meer operationeel
- Onbekend

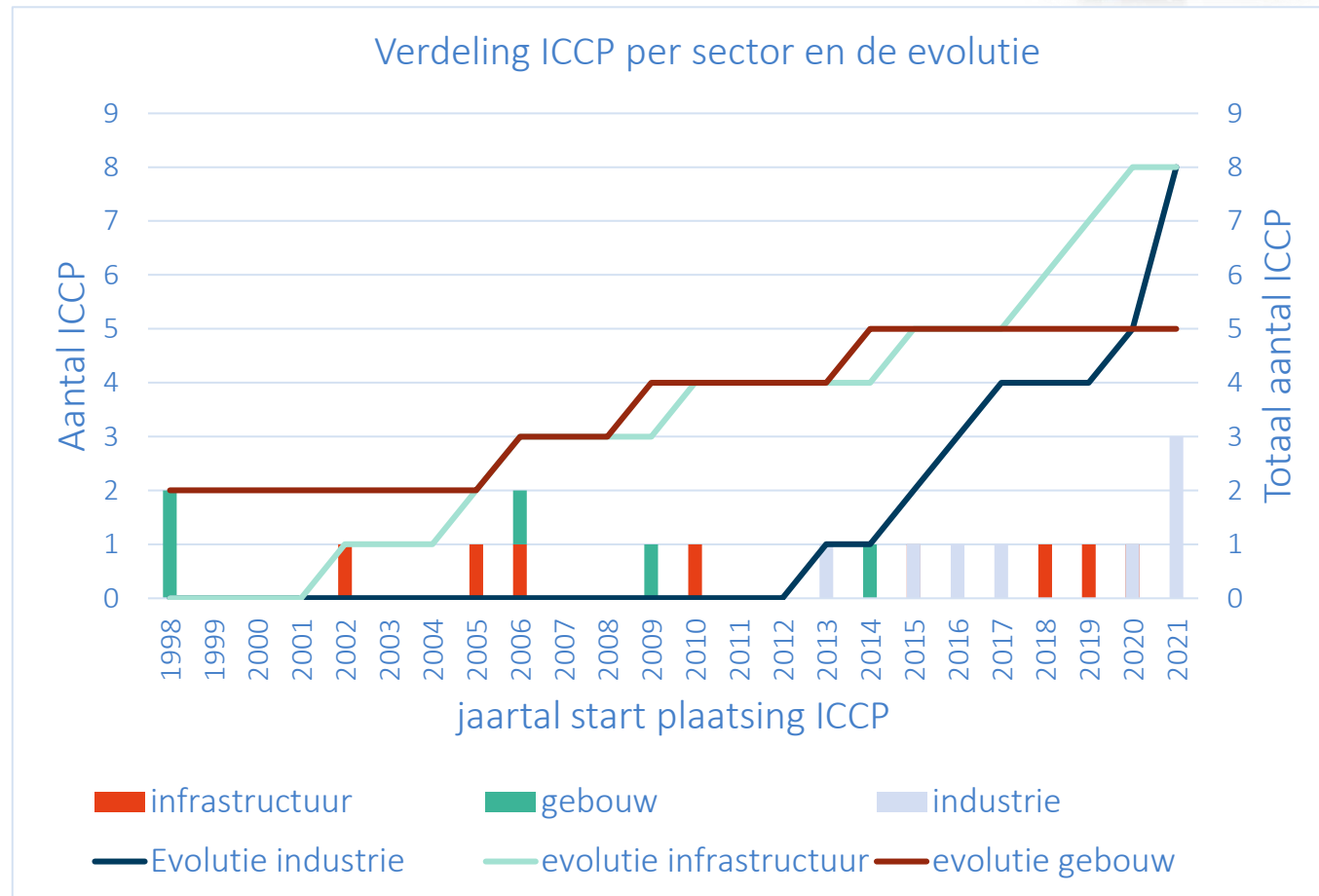
Geplaatste ICCP-systemen in België



- 23 geplaatste systemen + nog 3 lopende projecten (2022)
- Chloride-verontreiniging (75%) – carbonatatie (8%)

- Geleidende coating 12%
- Ti* strip 20%
- Ti* gaas 24%
- Inbooranodes 28%
- Andere of combi 16%

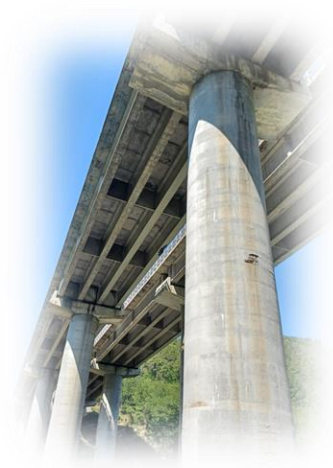
Geen GCP in beschouwing genomen



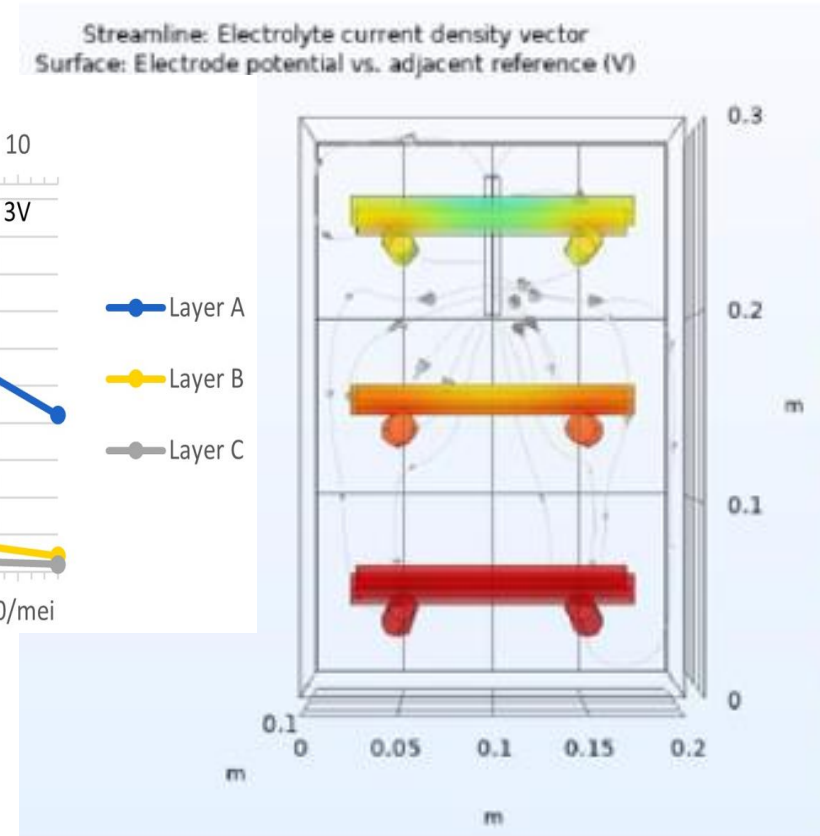
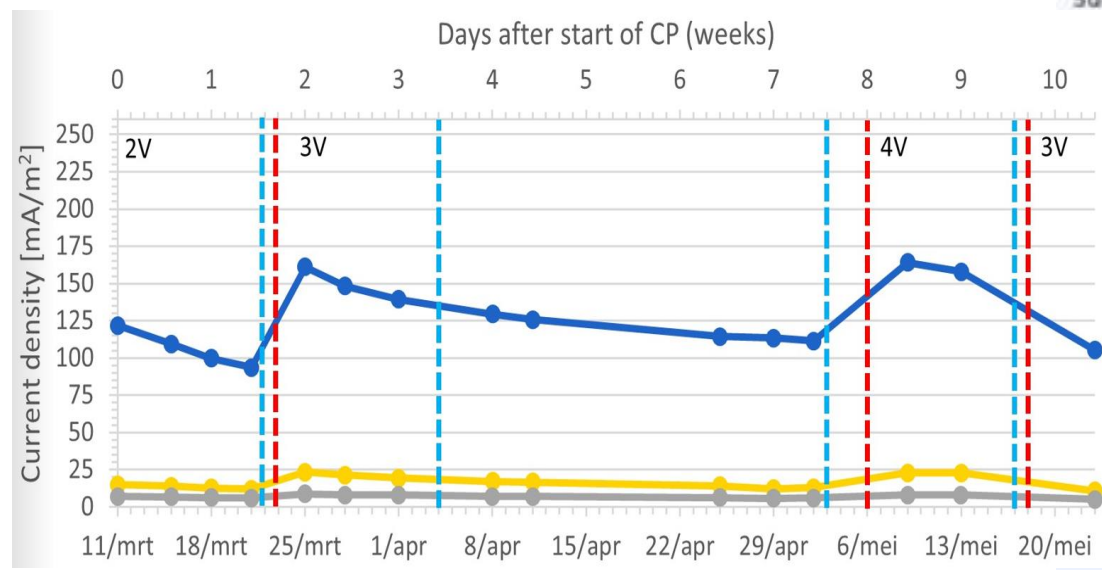


WP2 – Stroomverdeling

Stroomverdeling via experimenteel onderzoek en numerieke modellering



- Ontwerpstroom $20 \text{ mA/m}^2_{\text{staaloppervlak}}$ = courant
- PWO project 'A Bridge Too Far?' -> robin.debaene@odisee.be
- Experimenteel luik vs. numerieke modellering





WP4 – Output

Opleiding KB, demowall...

Opleiding 'Kathodische bescherming van betonstructuren' – najaar 2023

Odisee Hogeschool – Aalst – Start 14/11/2023

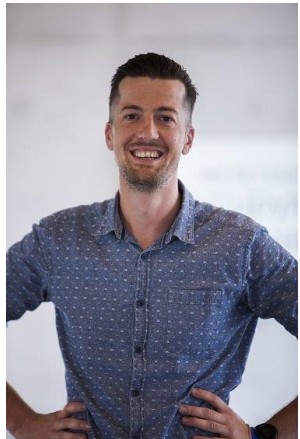
Info : bart.craeye@odisee.be



Bart Craeye

Robin Debaene

Bjorn Van Belleghem



6 modules + examen!

- Corrosie en de (on)zin van KB
- Principes KB: van elektrochemie tot duurzaam herstel
- KB-installatie: van ontwerp tot opvolging
- KB herbekeken: faalmechanismen, levensduur en LC(C)A
- KB practicum
- KB in acties: cases en demo-wall

Kathodische bescherming (ICCP) in beeld



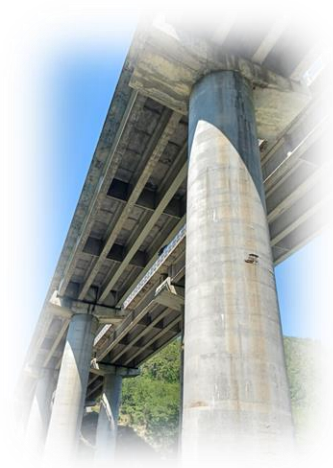
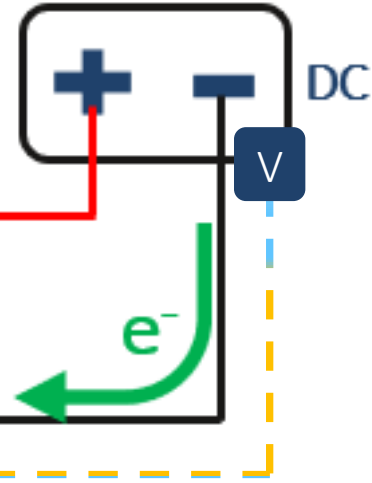
ICCP

Externe anode

Beton

Wapening

RE

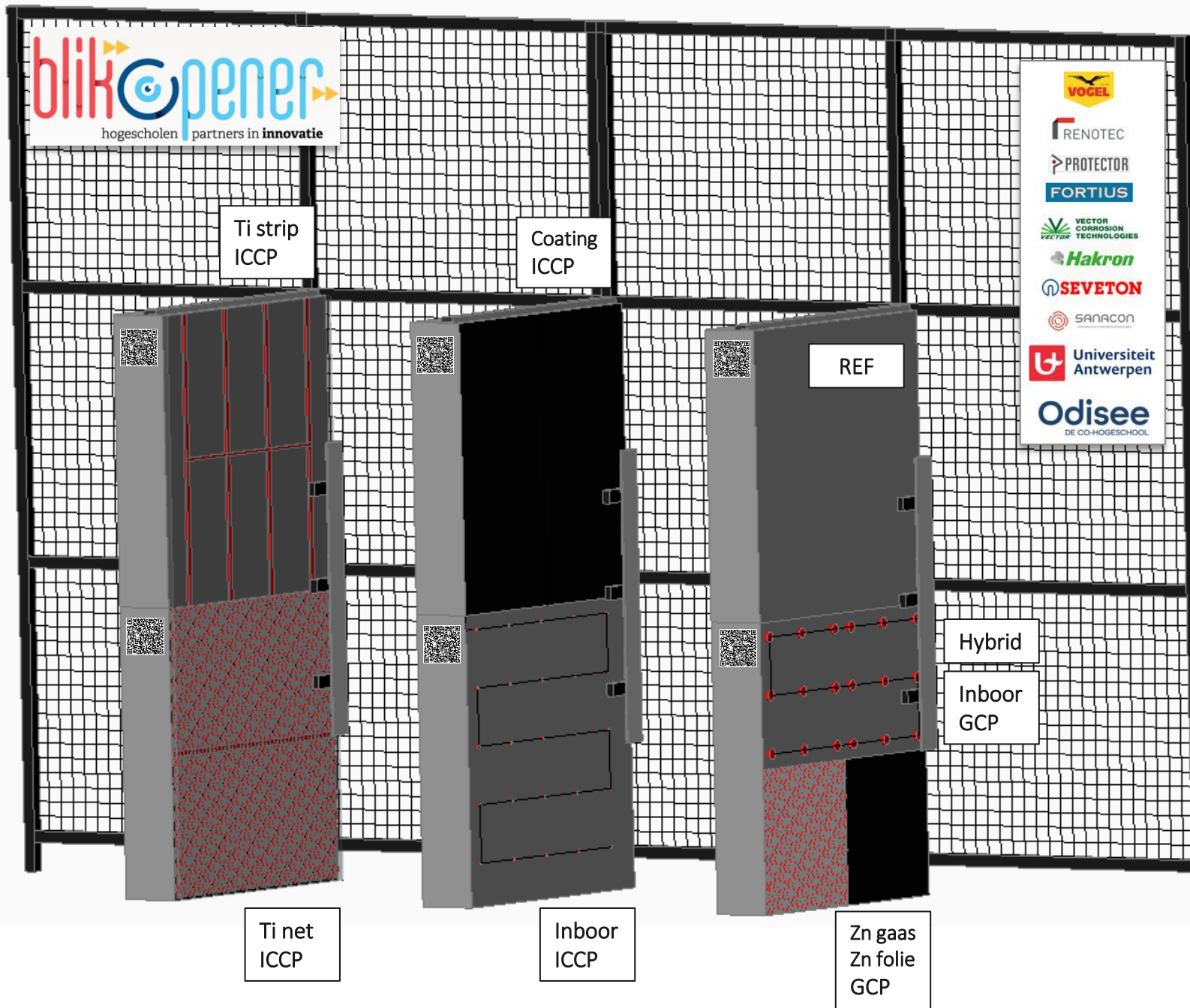
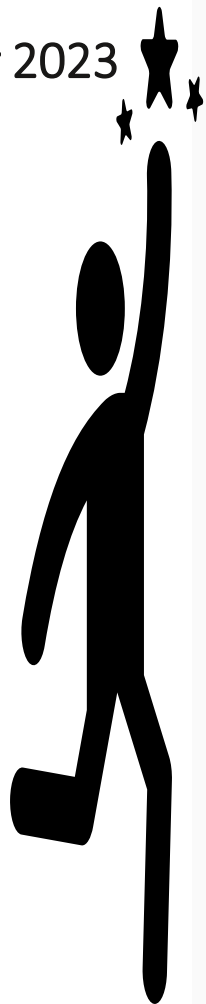


Kathodische bescherming (GCP) in beeld

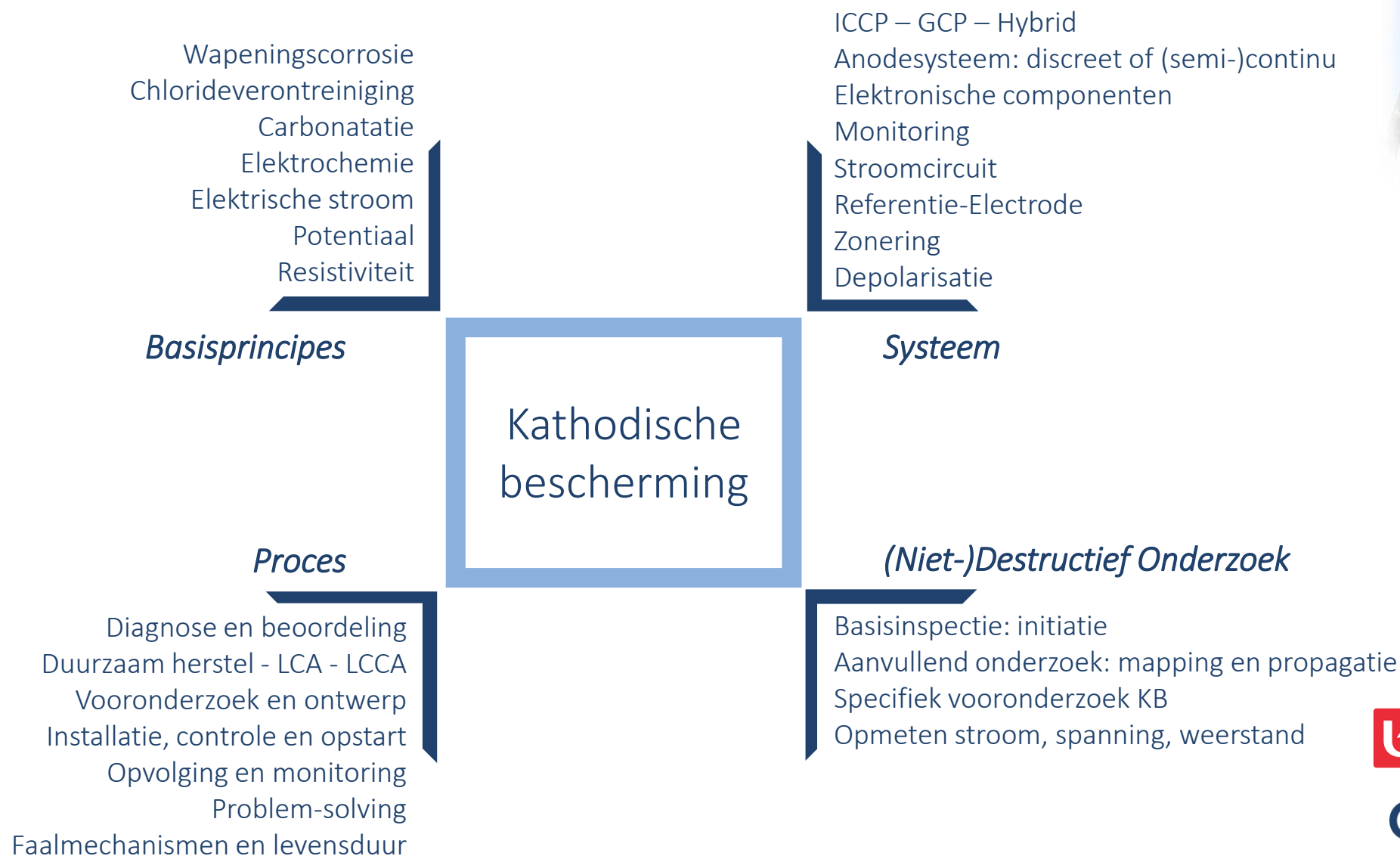


Demowall

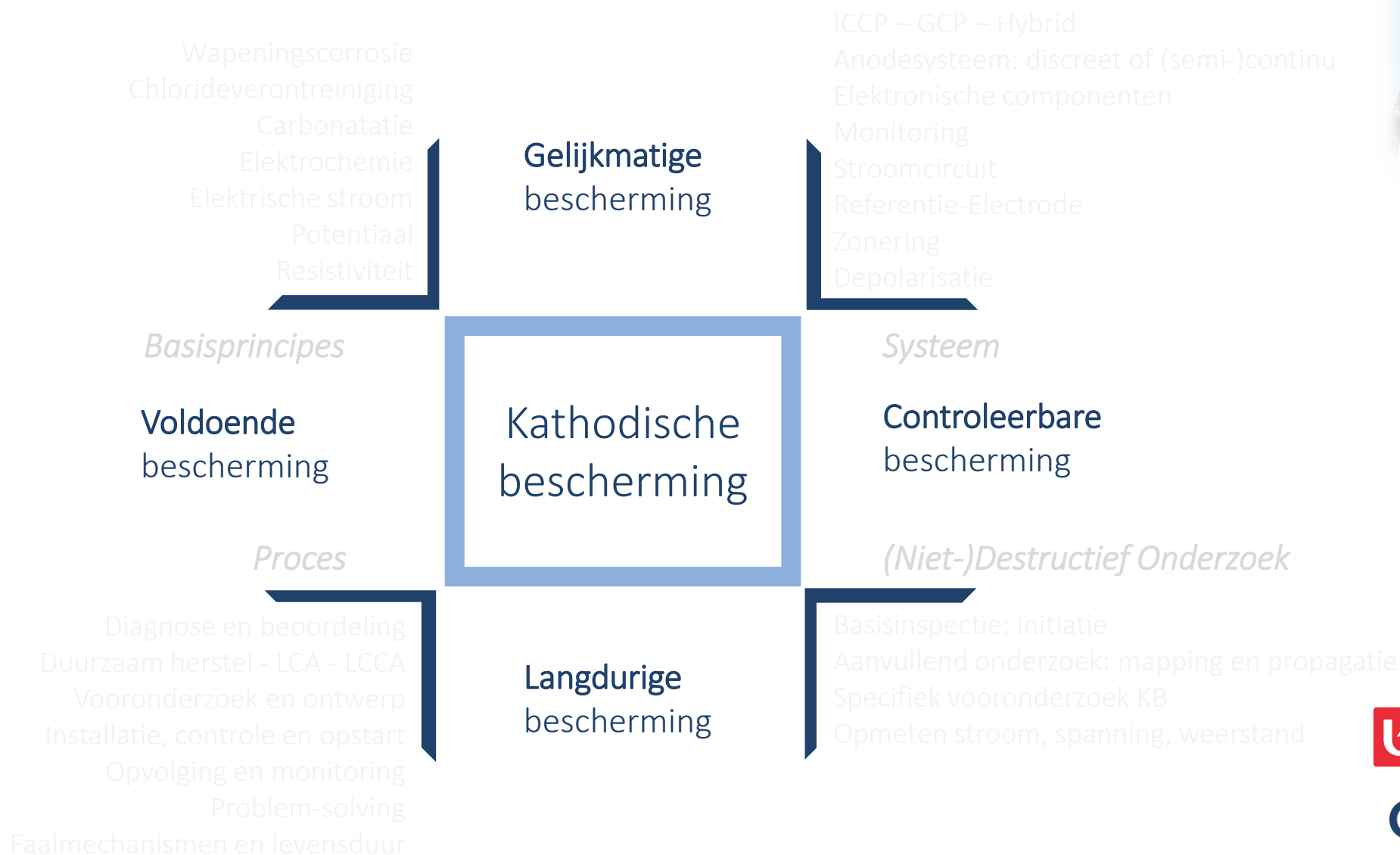
December 2023



Kathodische bescherming: leidraad – technische voorlichting – terminologie



Kathodische bescherming: leidraad – technische voorlichting – terminologie





WP3 – LCA/LCCA

Economische en ecologisch impact van GCP en ICCP

Nood aan duurzaam betonherstel

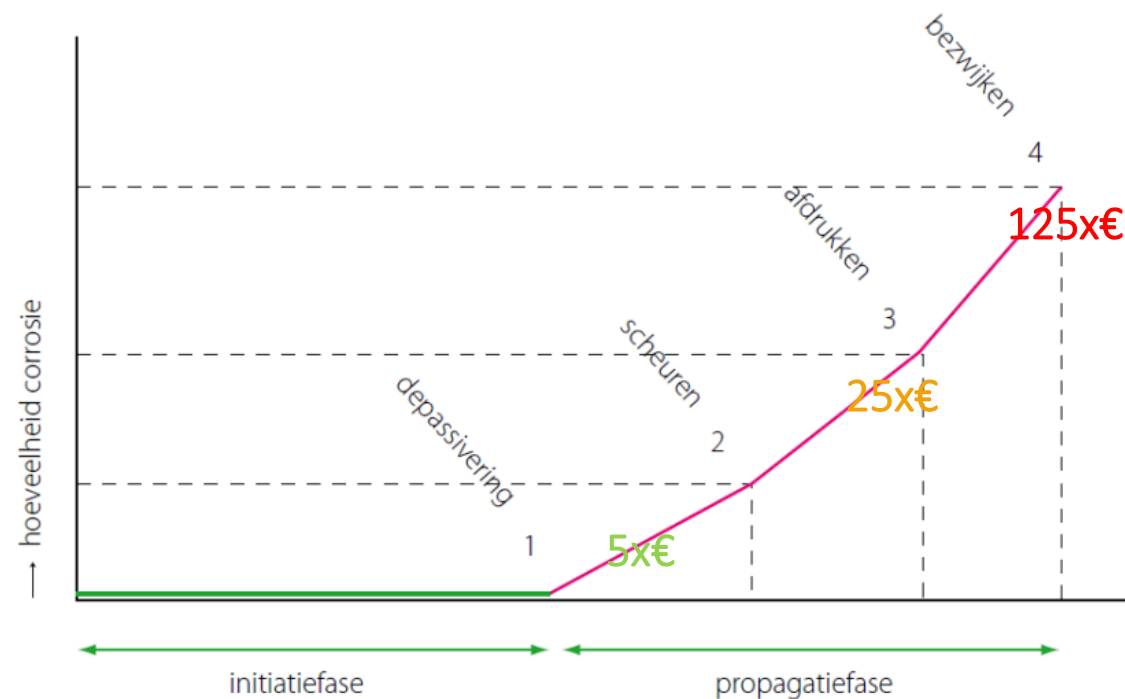
- EU: 50% van budget/y → repair/rehab of concrete structures
- US: \$ 3 billion/y for maintenance bridges (2007)
- US: \$ 2.5 trillion/y = corrosion related (35% civil construction) (2016)

“ Financial and environmental burden for society ”



Nood aan duurzaam betonherstel ~~en~~ onderhoud ontwerp

- Preventive (pro-active) vs. curative (re-active)
- Design – Build – Maintain – Operate
 - Durable design and execution = €
 - Unforeseen maintenance cost = 5 x €
 - Repair cost = 25 x €
 - Demolisch and rebuild = 125 x €



Gebruik van LC(C)A voor selectie duurzame hersteltechniek

- Doel = duurzame onderhoud- en herstelstrategieën en tools ontwikkelen voor bestaande betonstructuren ter ondersteuning van **beslissingen omtrent levensduur**
- Sustainability assessment of concrete repair and mainten
 - LCA: life cycle analysis
 - LCCA: life cycle cost analysis
- Mogelijkheid om meerdere herstelopties over een **volledige levensduur**(verlenging) te vergelijken op vlak van **milieu-impact** en **kosten**: optimalisatie en besparing mogelijk
- Aantal studies die LCA én LCCA combineert in kader van duurzaam betonherstel = beperkt
lopend doctoraat Neel Renne – UAntwerpen
neel.renne@uantwerpen.be



Gebruik van LC(C)A voor selectie duurzame hersteltechniek



- Milieu-impact en economische impact bekeken over volledige levenscyclus

- LCCA kijkt voornamelijk naar de kost:
$$C = C_0 + \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+d)^t} = C_0 + \sum_{t=0}^T \frac{P \times (1+i)^t}{(1+d)^t}$$

- LCA heeft meerdere impact indicatoren:

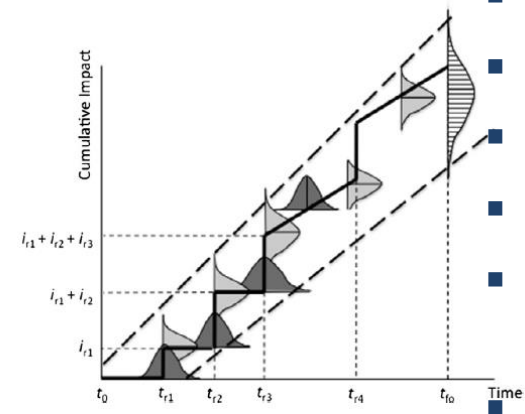
Global warming potential (CO₂...), human toxicity, energy consumption, resources/land use...

- Voorwaarden voor **betrouwbare/bruikbare analyses**:

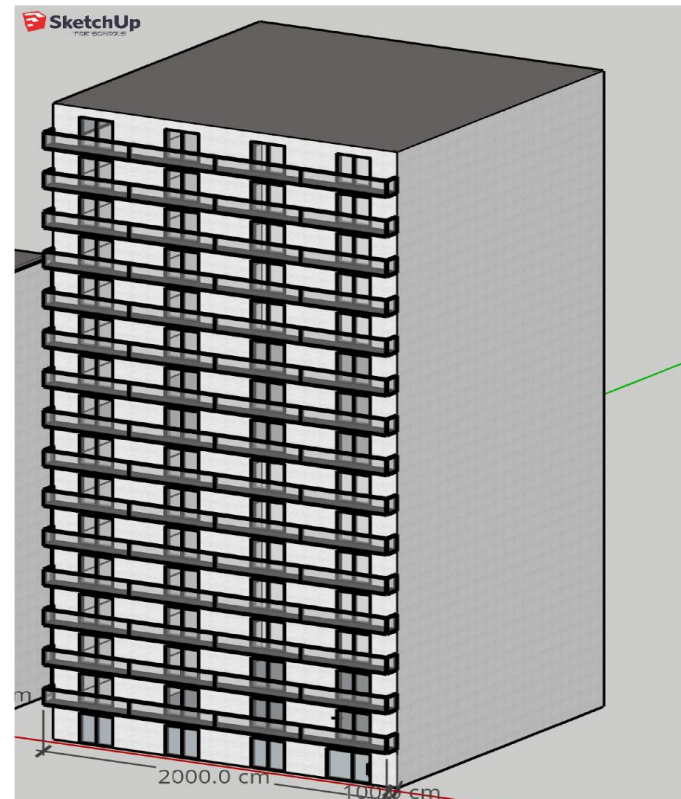
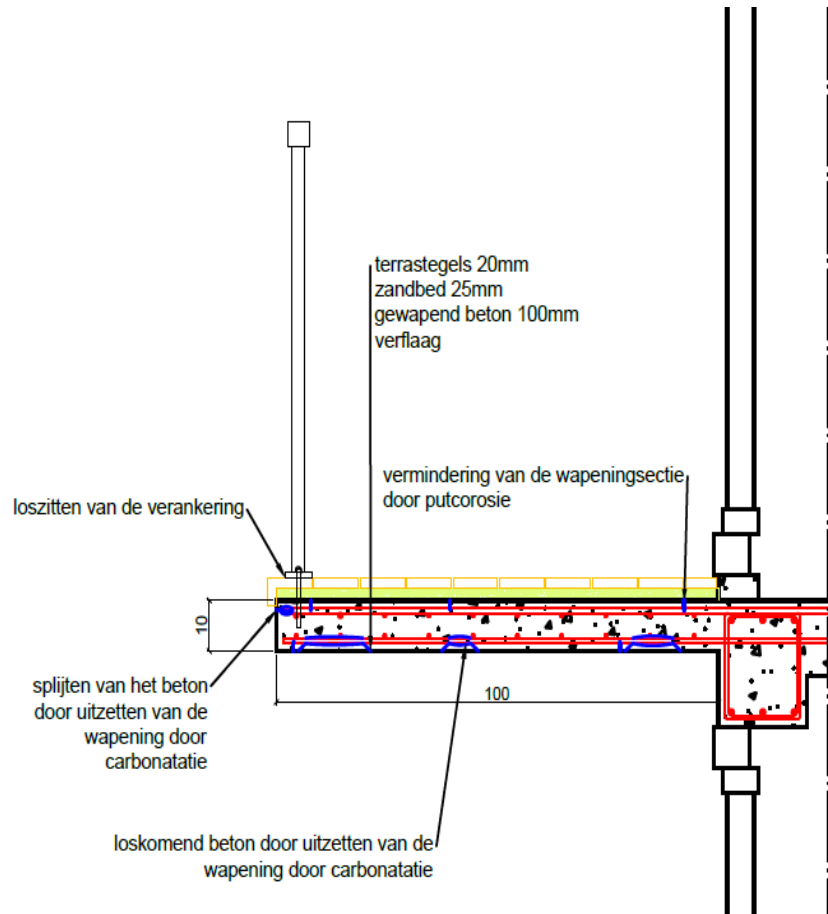
- Up-to date **database** met afgetoetste/realistische/actuele waarden
- Correcte inschatting van (rest)levensduur(verlenging) -> **EoL**
- Gebaseerd op empirische waarden, praktijkervaring en/of modellering
- Functionele eenheid (**FU**) definiëren om vergelijking tussen studies mogelijk te maken
- Veralgemeende conclusies = complex: heel vaak **case of element gebonden**
- Onzekerheden, invloed van prijsschommelingen, betrouwbaarheid data, rente, levensfase van constructie,...

Van deterministische naar probabilistische benadering

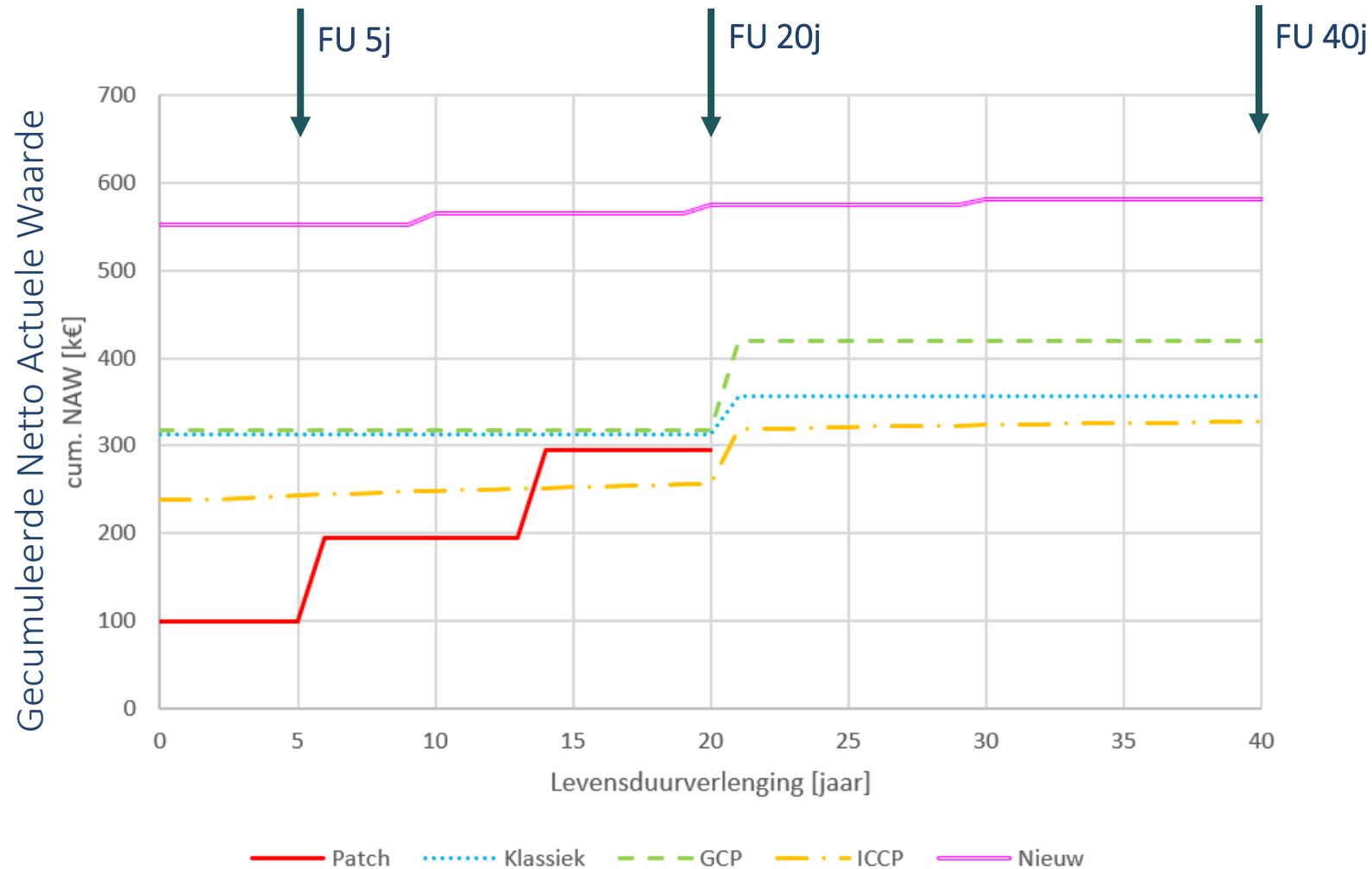
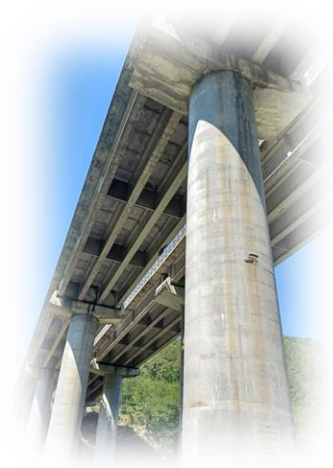
- Aantal studies die LCA én LCCA combineert in kader van duurzaam betonherstel = beperkt



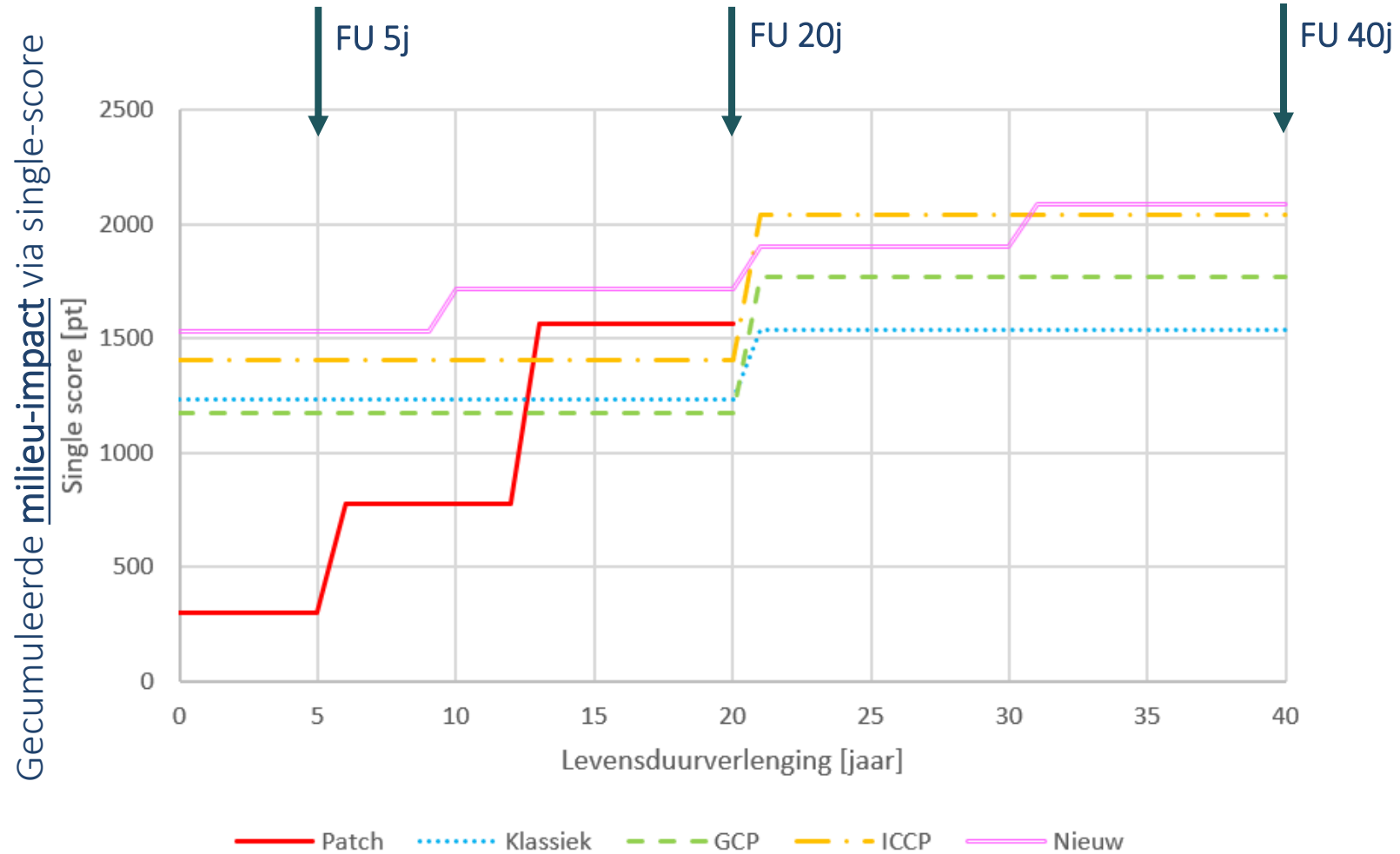
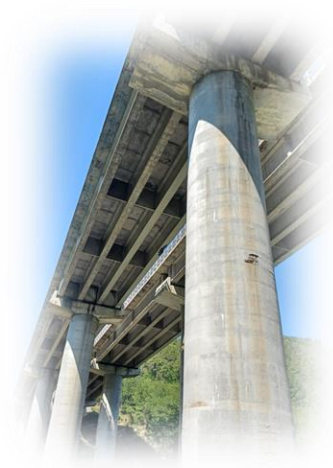
Gebruik van LC(C)A voor selectie duurzame hersteltechniek: case-study 1



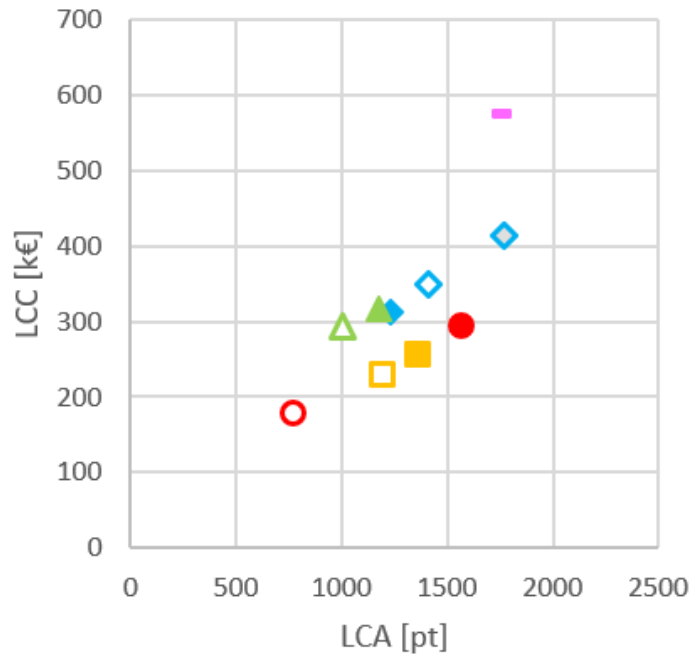
Gebruik van LCCA voor selectie duurzame hersteltechniek: case-study 1



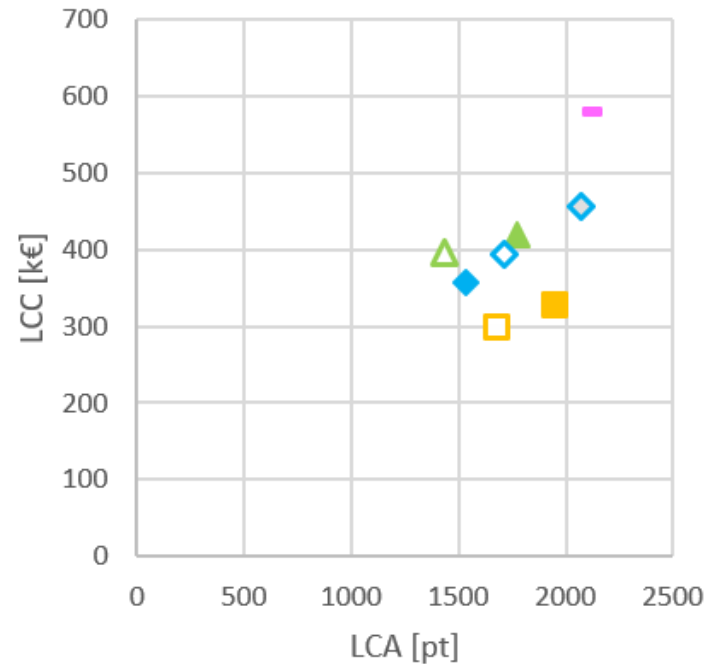
Gebruik van LCA voor selectie duurzame hersteltechniek: case-study 1



Gebruik van LC(C)A voor selectie duurzame hersteltechniek: case-study 1



FU = 20 jaar



FU = 40 jaar

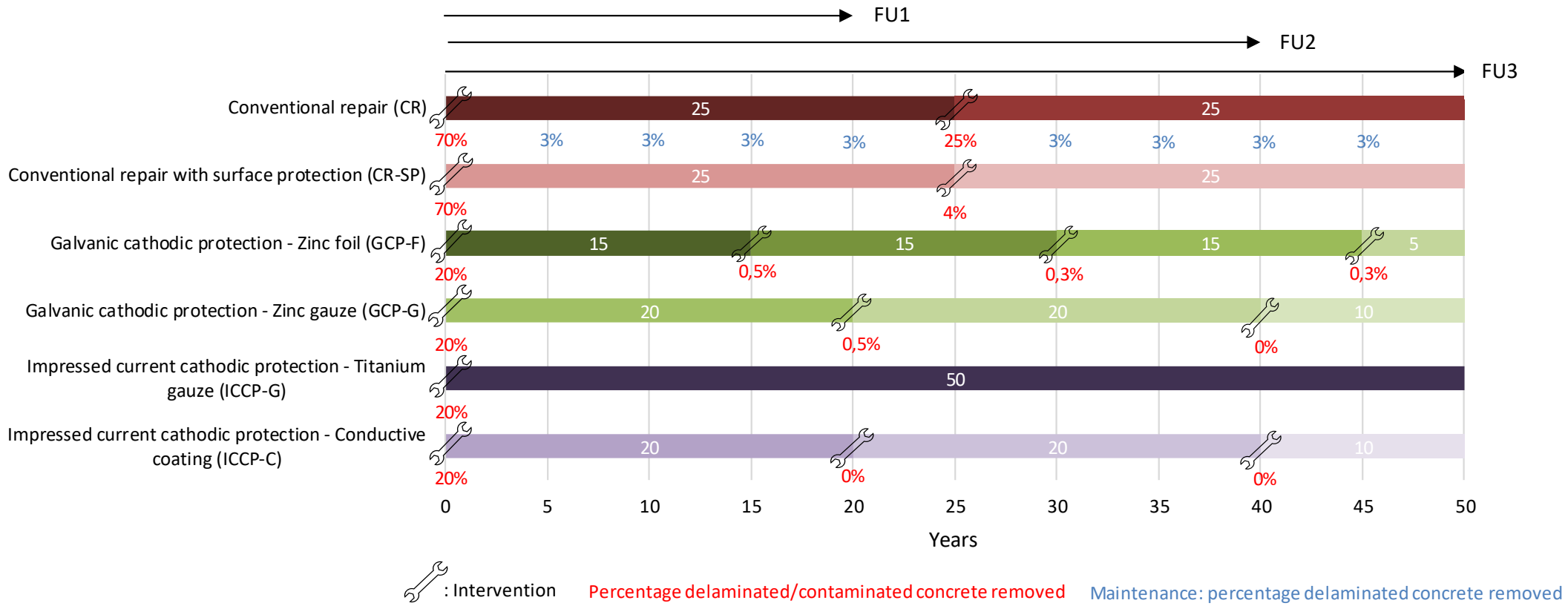
- Patch
- ◆ Klassiek
- ▲ GCP
- ICCP
- Nieuw

Default scenario's

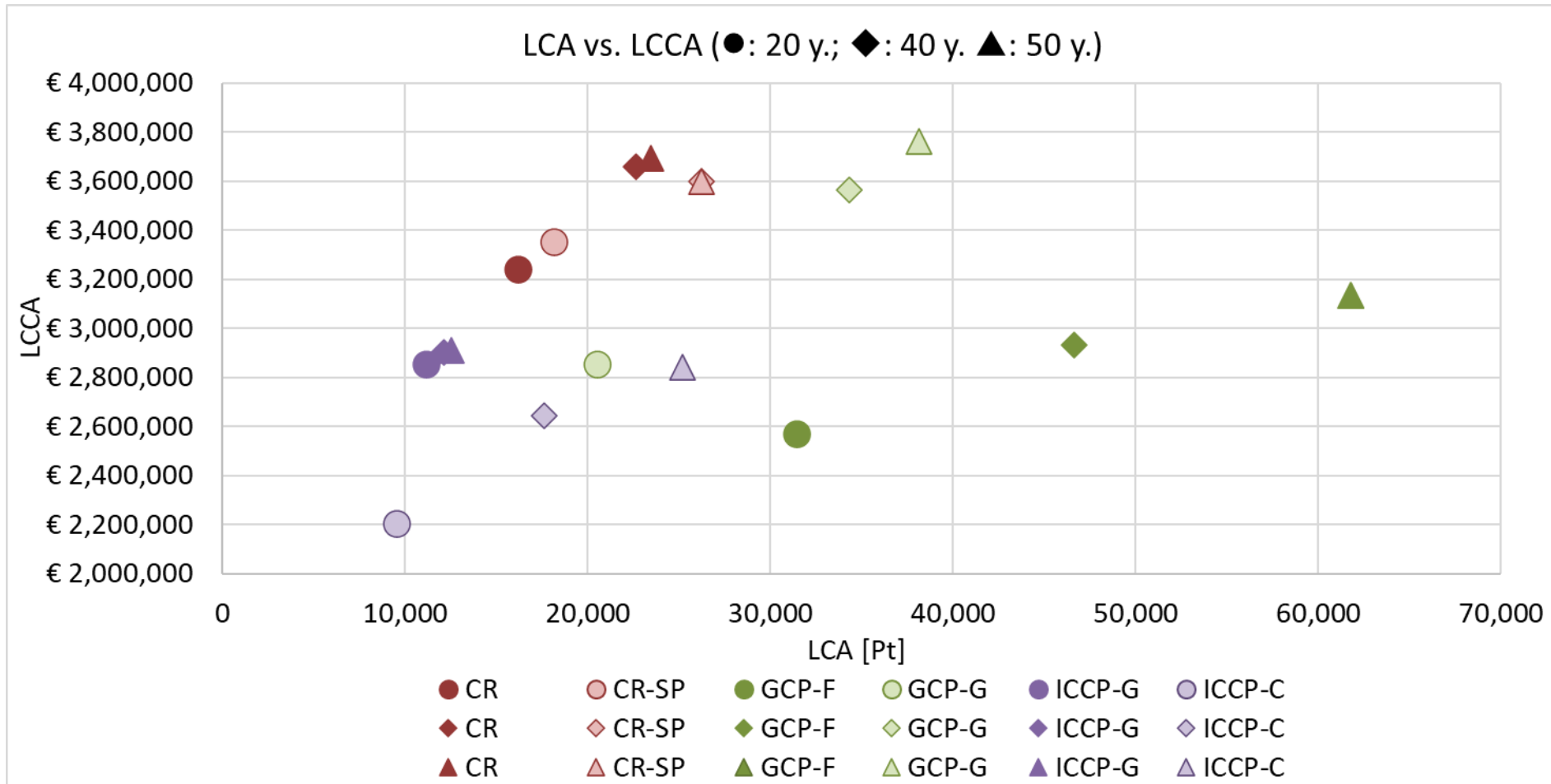
Effect van aannames en ingrepen:

- Patch [SA1] *Levensduurverlenging 5j -> 10j*
- △ GCP [SA2] *Geen esthetische coating*
- ICCP [SA2] *Geen esthetische coating*
- ◆ Klassiek 10% [SA3] *Toename omvang sanering 5% -> 10%*
- ◆ Klassiek 20% [SA3] *Toename omvang sanering 5% -> 20%*

Gebruik van LC(C)A voor selectie duurzame hersteltechniek: case-study 2



Gebruik van LC(C)A voor selectie duurzame hersteltechniek: case-study 2



N. Renne et al., 'Environmental and economic assessment of service life extending repairs for a concrete silo', IALCCE, 2023



KB herbekeken

Economische en ecologisch impact van GCP en ICCP

Prof. dr. ir. Bart Craeye

Universiteit Antwerpen

Faculteit Ingenieurswetenschappen – EMIB Research Group

Odisee Hogeschool

Opleiding Bouw – DUBiT onderzoekskern



— STUDIEMIDDAG

**KATHODISCHE
BESCHERMING**

**GRENSVERLEGGEND EN LEVENSDUUR
VERLENGEND**

27 SEPTEMBER 2023 | HOF VAN LIERE, ANTWERPEN

