



# Afstudeerbundel Civiele Techniek

Windesheim Zwolle Cohort 2021-2025





# Missie: Civiele Techniek WH

*Civiele Techniek Windesheim leidt initiatiefrijke en toekomstbestendige ingenieurs op. Zij hebben een brede civieltechnische basis van waaruit zij kunnen samenwerken met andere disciplines. Een nieuwsgierige, kritisch onderzoekende en oplossingsgerichte houding staat daarbij centraal. Ze worden door de opleiding in samenwerking met het werkveld geïnspireerd en voorbereid op de maatschappelijke uitdagingen die zij wereldwijd kunnen aangaan als specialist of generalist in de Civiele Techniek.*



# Visie op onderwijs: Civiele Techniek WH

De leidende principes van het onderwijs hangen samen met de unieke student, complexe praktijkvraagstukken en het samen leren

## Kennis en vaardigheden

*De student leert binnen 4 jaar aan om zelfstandig en in samenwerking kennis en vaardigheden op te doen in de Civiele Techniek. De eerste 2 jaar richten we op een brede basis en de laatste 2 jaar op specialisatie en verbreding.*

## Professionele ontwikkeling

*We ondersteunen de student om keuzes te maken voor een succesvolle loopbaan passend bij de persoonlijke interesses en wensen. Om dit mogelijk te maken werken we met de student ook aan zijn/haar professionele houding.*

## Leeromgeving

Om te leren bieden we de student een rijke leeromgeving die toeneemt in mate van complexiteit en vrijheid. Deze leeromgeving staat voor inspirerende en gevarieerde lesmethoden en toetsing, een goede samenwerking met het werkveld en goede studieruimtes.



# **W** Civiele Techniek

**Cohort  
Diplomering** vanaf **2021  
2025**



versie: juni 2025





# Afstudeerwerken Civiele Techniek Cohort 2021-2025

| Titel                                                                         | Studenten                           | Bedrijf            |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Onderzoek naar de haalbaarheid van waterberging onder het spoor               | Falko Bos en Inge Hoetink           | Arcadis            |
| Duurzame materialen voor een potonconstructie                                 | Louwrens Veenstra                   | Witteveen + Bos    |
| Voorspelling van garantiebudget en inzicht in garantieperiodes met GIS        | Sven Grotenhuis en Jort Hoogeboom   | BAM                |
| Hergebruik van betonstraatstenen & straatbakstenen                            | Rick Timmerman en Niels Vliek       | NTP                |
| Het reduceren van ongelijkheden bij wegaansluitingen op spoorwegovergangen    | Ruben Aalderink en Edwin Beijeman   | 4Infra             |
| Waterveiligheid in de Eemshaven: Optimalisatie van de dijk Doekegat Oostzijde | Rowin Boerman en Jarik Verwindt     | Groningen Seaports |
| Emissieloze dijkversterking in overbelast elektriciteitsnet                   | Nils van Huizen en Harjan Schilder  | Boskalis           |
| De invloed van kwelderbreedte op golfhoogtereductie                           | Danian Tams en Thijs van der Woude  | Witteveen + Bos    |
| Groene spoorwegemplacements                                                   | Robin Meulenkamp en Huib Engbers    | 4Infra             |
| Schadebeheersing bij damwandconstructies in de praktijk                       | Bas van der Poel en Thijs Visch     | Beens Groep        |
| Circulair slopen van in situ constructief beton in civiele kunstwerken        | Thijs Nijboer en Ingmar Visser      | BAM                |
| Energetisch vermogen van hydraulisch aangedreven ophaalbruggen                | Robin van Marle                     | Boorsma            |
| Verruiming van de Geul in Valkenburg                                          | Christian Veldkamp en Niels Derksen | Haskoning          |





# Onderzoek naar de haalbaarheid van waterberging onder het spoor

Hoofdvraag: Wat is de haalbaarheid van waterbergingssystemen onder spoorwegen binnen stedelijke gebieden in Nederland?

## Deelvragen:

1. Welke technische eisen zijn relevant voor een waterbergingssysteem onder het spoor
2. Welke waterbergingssystemen voldoen aan de technische eisen uit deelvraag 1?
3. Welk waterbergingssysteem is het meest kosteneffectief toe te passen onder het spoor in stedelijk gebied, rekening houdend met de scenario's: bestaand spoor, aanleg van nieuw spoor en grootschalig spooronderhoud?

## Conclusie deelvragen

### Deelvraag 1

- Belasting van 8 ton per vierkant meter
- Grote stabiliteitszorgen
- Ontwateringsdiepte van één meter
- Levensduur van 100 jaar (uitgangspunt ontwerpvoorschriften kunstwerken)

### Deelvraag 2

- Steenwol niet geschikt vanwege levensduur
- Kunststof voldoet niet aan belasting
- Beton- en funderingssystemen zijn beide geschikt

### Deelvraag 3

- Grootschalig spooronderhoud meest efficiënte scenario
- Funderingssystemen meest kosteneffectief, maar weinig bergingscapaciteit



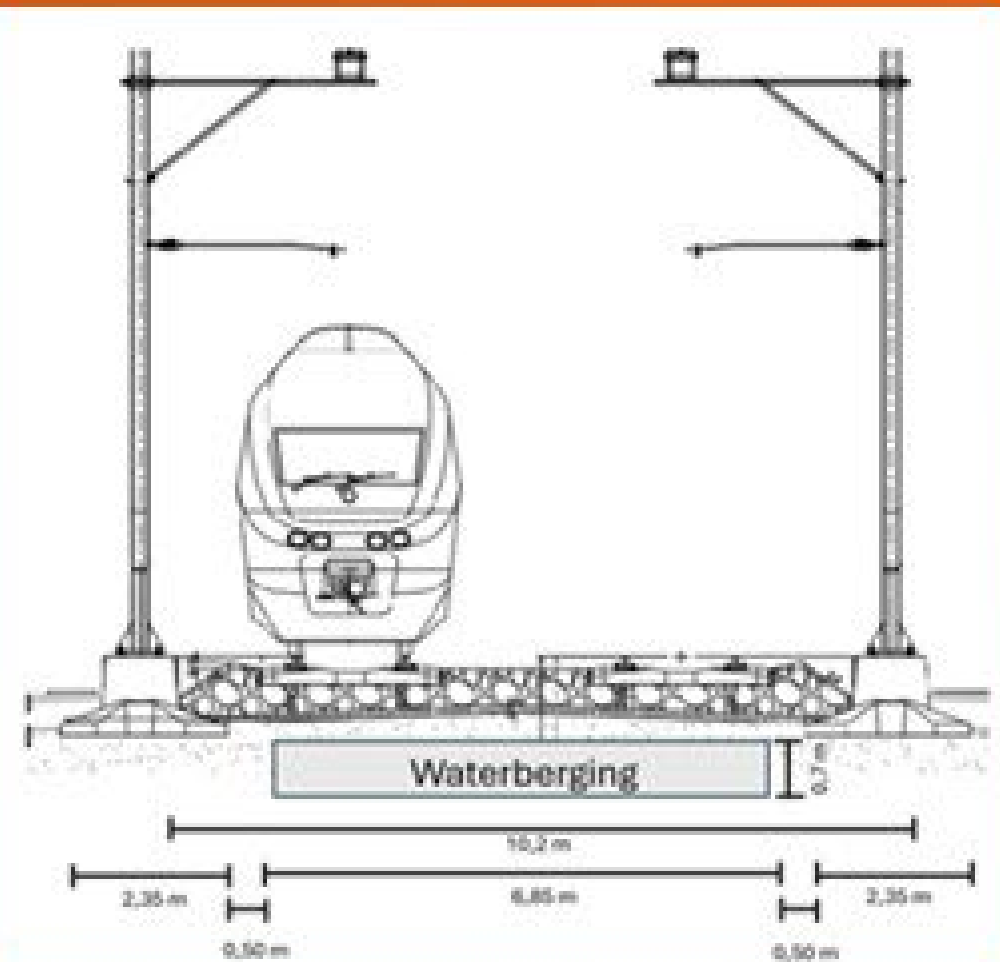
*Geschikt betonnen systeem van Trewatin*



*Geschikt funderingssysteem van Aquabase*

## Conclusie hoofdvraag

- Waterbergingssystemen zijn haalbaar met huidige informatie
- Funderingsmaterialen en beton zijn geschikt
- Bodemstabiliteit meer in kaart brengen
- Funderingssystemen zijn meest kosteneffectief bij grootschalig spooronderhoud



*Beschikbare ruimte*



**Inge Hoetink**



**Falko Bos**



# Duurzame Materialen voor een Pontonconstructie

## PROBLEEM

In de maritieme sector zijn beton en staal al decennialang de standaard voor pontonconstructies vanwege hun betrouwbaarheid en sterkte. Toch gaan deze materialen gepaard met een forse CO<sub>2</sub>-uitstoot en intensief grondstoffengebruik. Dat wringt met de toenemende druk op havens om te verduurzamen.

## ? ONDERZOEKSVRAAG

Welke alternatieve materialen kunnen beton en staal in een ponton vervangen zodat ze de milieu-impact verlagen, voldoen aan de technische eisen en tegelijkertijd economisch haalbaar zijn?

## METHODE

Drie alternatieve materialen HDPE, GVK en geopolymeerbeton zijn onderzocht op hun technische prestaties, milieu-impact en economische haalbaarheid. Technische eisen zijn getoetst via berekeningen. De milieu-impact is bepaald met een levenscyclusanalyse (LCA), en de kosten zijn beoordeeld op basis van literatuur en praktijkvoorbeelden. Alle resultaten zijn samengebracht in een trade-off matrix voor een onderbouwde materiaalkeuze.



Louwrens Veenstra  
Civiele Techniek – Windesheim  
louwrensveenstra@gmail.com

HDPE

GVK

GEOPOLYMEERBETON

### Deelvraag 1

Alle drie de onderzochte alternatieve materialen HDPE, GVK en geopolymeerbeton voldoen in aangepaste vorm aan de technische eisen voor pontonconstructies. GVK scoort technisch het hoogst dankzij zijn sterke, lichte en duurzame eigenschappen, mits correct ontworpen. Geopolymeerbeton is robuust en technisch vergelijkbaar met traditioneel beton. HDPE is minder stijf en vraagt om ontwerpaanpassingen, maar presteert goed op drijfvermogen en onderhoudsvriendelijkheid.

### Deelvraag 2

Uit de milieuanalyse blijkt dat geopolymeerbeton de laagste milieu-impact heeft, vooral vanwege het cementloze productieproces en gebruik van reststoffen. Gerecycled HDPE scoort ook goed, maar de impact stijgt sterk bij toepassing van nieuw materiaal. GVK heeft de hoogste milieubelasting door het energie-intensieve productieproces en slechte recyclebaarheid.

### Deelvraag 3

Economisch gezien blijkt HDPE het meest aantrekkelijk bij toepassing in lichte constructies: het materiaal is onderhoudsarm en heeft een lange levensduur. Geopolymeerbeton is iets duurder in aanschaf dan traditioneel beton, maar dit wordt gecompenseerd door lagere onderhoudskosten. GVK is economisch het minst gunstig door de hoge materiaalkosten, ondanks het voordeel van weinig onderhoud.

### Trade off matrix

**Geopolymeerbeton:** Geopolymeerbeton is het meest gebalanceerde alternatief door lage milieu-impact, goede technische prestaties en redelijke kosten.

**GVK (Glasvezelversterkt kunststof):** GVK scoort technisch sterk, maar heeft een hogere milieu-impact en kostprijs.

**HDPE:** HDPE is onderhoudsvriendelijk en licht, maar vereist dikkere wanden en is minder geschikt voor zware belastingen.



# Voorspelling van garantiebudget en inzicht in garantieperiodes met GIS

## Hoofd- en deelvragen

Hoe kan een rekentool worden ontwikkeld voor het reserveren van een passend garantiebudget tijdens de tenderfase en hoe kan GIS inzicht bieden in lopende garantieperiodes?

1. Welke parameters zijn relevant voor het voorspellen van de toekomstige garantieclaims van asfaltverhardingen?
2. Hoe kunnen de te gebruiken parameters voor de rekentool worden vastgesteld en gevalideerd aan de hand van historische garantieclaims om een betrouwbare voorspelling te garanderen?
3. Hoe kan een rekentool worden ontwikkeld dat op basis van parameters en risicoverwachting een financiële voorspelling voor garantieclaims van asfaltprojecten maakt?
4. Hoe kan een GIS-omgeving worden ontworpen die inzicht geeft in lopende garantieperiodes, relevante parameters en gereserveerde budgetten voor asfaltprojecten?

### Contract

Opdrachtgever  
Contractvorm  
Looptijd garantie

Gemet  
UAV  
6 Maanden

### Externe factoren

Weersomstandigheden  
Bodemgesteldheid

Voorjaar

1 (Trace volledig draagkrachtig)

### Constructieve en ontwerpkeuzes

Type weg  
Deklaagmengsel  
Constructie

Gemeentelijke weg

DAB

Overlaging

### Verwerking

Oppervlakte  
Lassen  
Tijdsdruk, raakvlakken en afzettingen  
Afstand tot asfaltcentrale

0 tot 10.000 m2

1 (minimaal aantal lassen)

1 (geen tijdsdruk, voldoende ruimte en geen raakvlakken)

0 tot 50 km

### Begroting

Begroting asfalt

### Resultaten

Aantal herstel acties  
Percentages  
Verwacht aantal herstel acties  
Percentage t.o.v. begroting asfalt

### Aanbevolen garantiebudget

Figuur 1



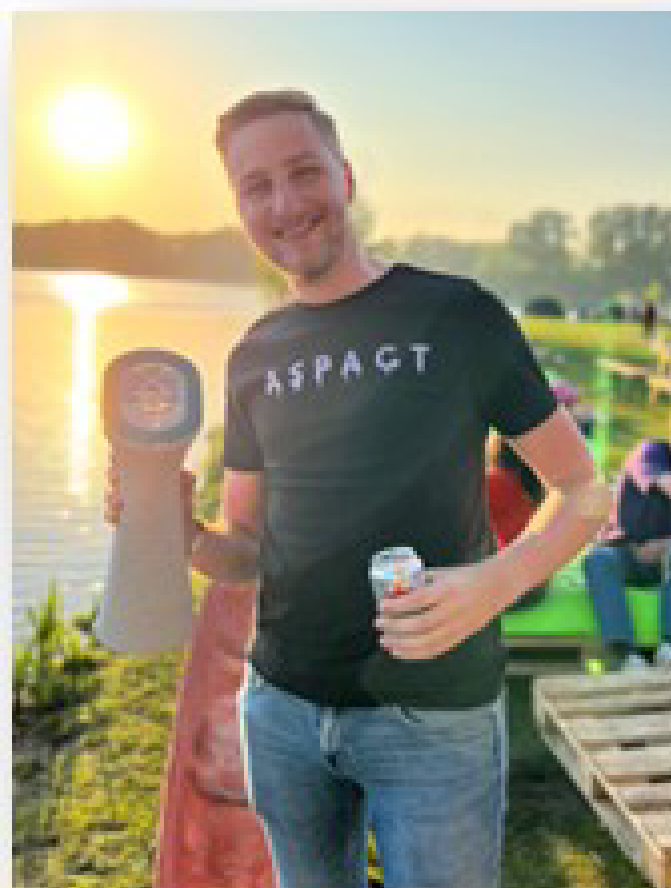
hogeschool  
Windesheim

bedrijfsbegeleider: Christiaan Arbeider  
Christiaan.arbeider@bam.com

Schoolbegeleider: Almar Meijerink  
A.meijerink@windesheim.nl



Sven Grotenhuis  
S.grotenhuis01@gmail.com



Jort Hoogeboom  
Jorthoogeboom@gmail.com

Garantiebank: Projectdata

|                        |                                                                                 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Projectnaam:           | Onderhoud Spanjaardsdijk                                                        |
| Opdrachtgever:         | Gemeente Deventer                                                               |
| Ingangsdatum garantie: | 01-02-2023                                                                      |
| Looptijd garantie:     | 5 jaar                                                                          |
| Budget garantiefase:   | €15.000,-                                                                       |
| Oppervlakte:           | 2574 m2                                                                         |
| Toegepaste Deklaag:    | SMA                                                                             |
| SharePoint:            | <a href="https://bamgroup.sharepoint.com/">https://bamgroup.sharepoint.com/</a> |
| Bijlagen:              | Geen bijlagen gevonden                                                          |

Bewerkt door: GIS-afdeling op 27-01-2025  
[Zoomen naar](#)

Figuur 2

Tijdens het onderzoek is een rekentool ontwikkeld (figuur 1). Met twaalf gekozen en gevalideerde parameters doet deze tool een voorspelling van het te reserveren garantiebudget in de tenderfase. Figuur 2 heeft betrekking op deelvraag 4, waarbij een advies is opgesteld voor een toekomstige GIS-omgeving binnen BAM. Deze omgeving moet zorgen voor duidelijk en eenvoudig inzicht in garantieprojecten met betrekking tot asfaltverharding.



# Hergebruik van betonstraatstenen & straatbakstenen

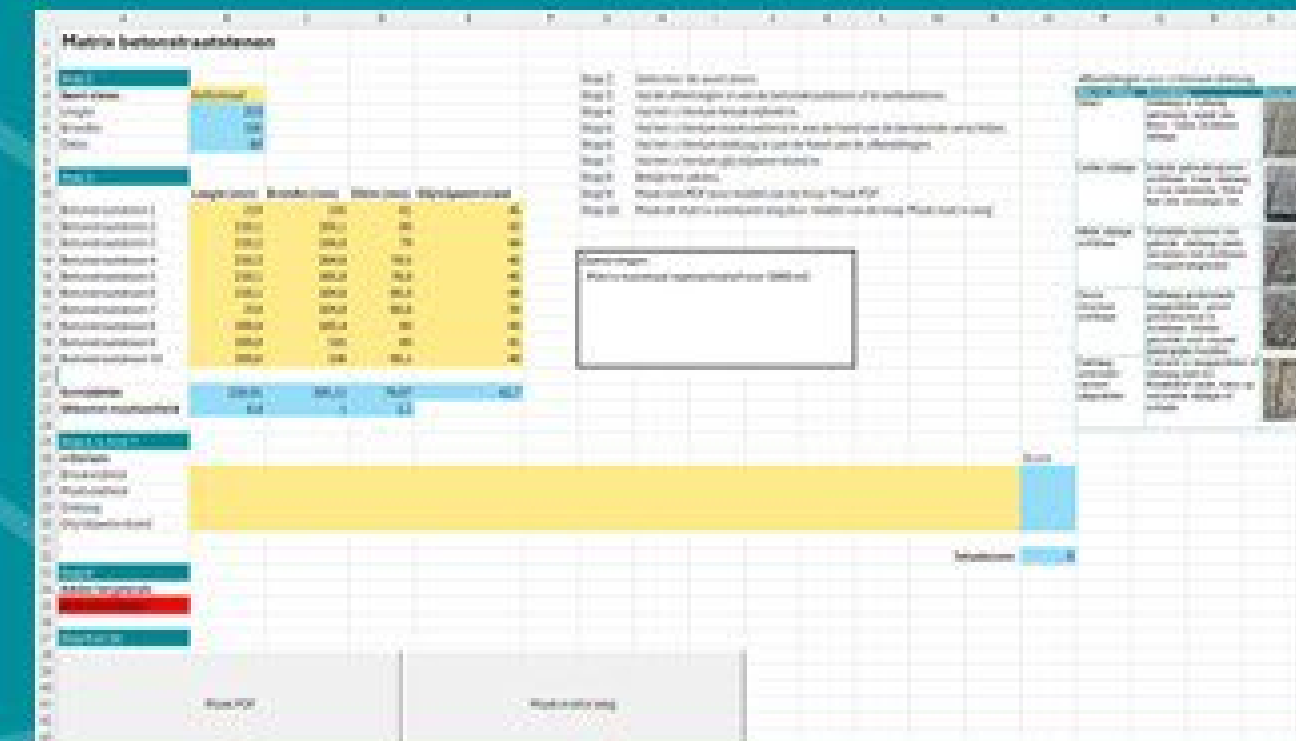
‘Wat voor matrix kan worden ingezet door opdrachtgevers tijdens de inventarisatiefase met het doel de criteria van een beoordeling te kwantificeren om bij te dragen aan hergebruik van vrijkomende betonstraatstenen en straatbakstenen in bouw- en infrastructuurprojecten?’

## Doelstelling

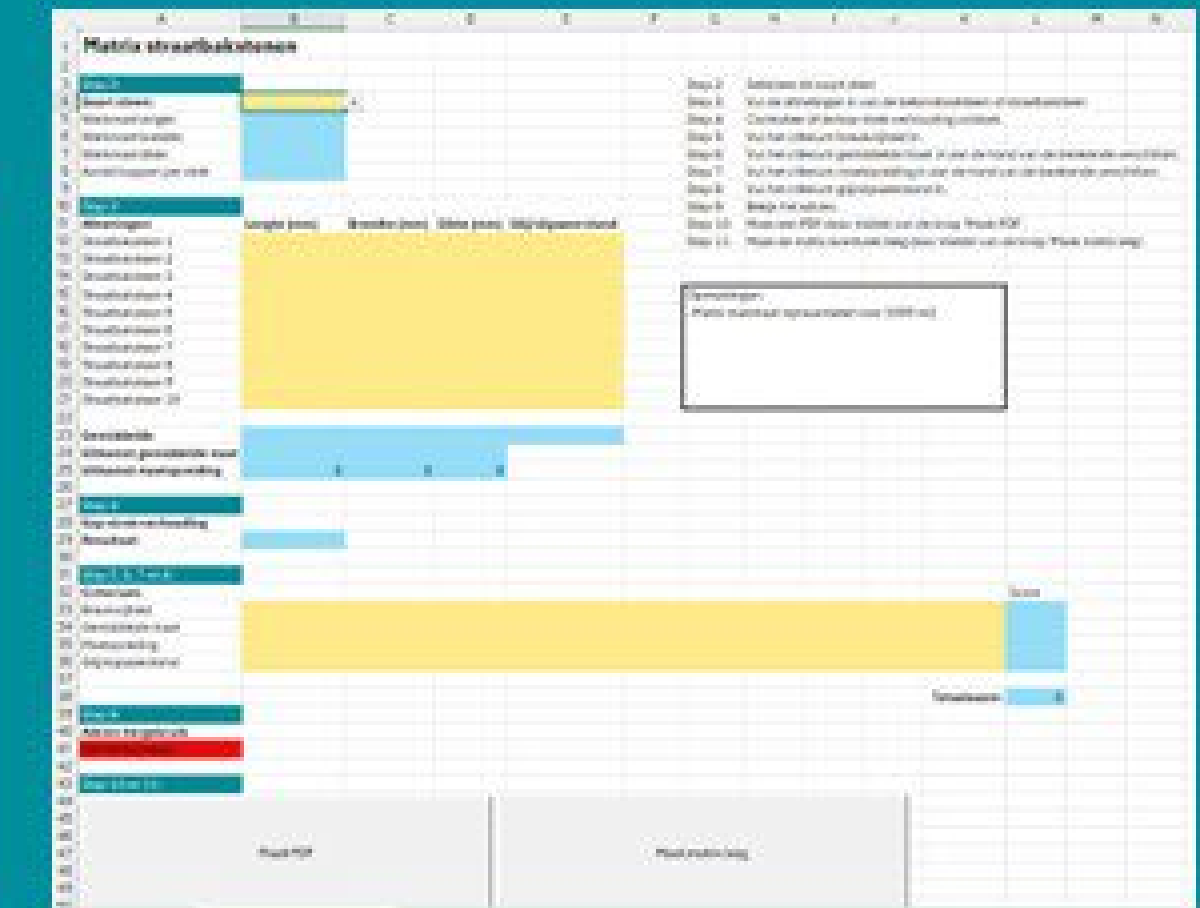
Het doel van dit onderzoek is het in beeld brengen van vaste criteria voor een beoordeling van vrijkomende betonstraatstenen en straatbakstenen, waarna deze beoordelingscriteria in een nog te ontwikkelen matrix kunnen worden gekwantificeerd. Er wordt duidelijk gemaakt wat voor matrix kan worden ingezet door opdrachtgevers, tijdens de inventarisatiefase van bouw- en infrastructuurprojecten, om de vaste beoordelingscriteria van vrijkomende betonstraatstenen en straatbakstenen te kwantificeren. Dit draagt bij aan het bevorderen van circulair bouwen, CO<sub>2</sub>-reductie en mogelijke kostenbesparingen binnen de bouw- en infrasector.

## Conclusie

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd dat de doelstelling van dit onderzoek is behaald. Tijdens de inventarisatiefase kunnen opdrachtgevers gebruikmaken van twee matrices, één voor betonstraatstenen en één voor straatbakstenen (Figuur 1 en Figuur 2). In deze matrices wordt de herbruikbaarheid van vrijkomende betonstraatstenen en straatbakstenen op gestructureerde wijze en zo objectief mogelijk beoordeeld aan de hand van de vaste criteria. Deze vaste criteria kunnen in de matrix worden gekwantificeerd en staan weergegeven in tabel 1. De matrices vormen daarmee een waardevol hulpmiddel voor opdrachtgevers om tijdens de inventarisatiefase van bouw- en infrastructuurprojecten hergebruik van vrijkomende betonstraatstenen en straatbakstenen te stimuleren. Dit draagt bij aan het bevorderen van circulair bouwen.



Figuur 1: Matrix betonstraatstenen



Figuur 2: Matrix straatbakstenen

| Criteria betonstraatstenen                                                                                                    | Criteria straatbakstenen                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Breukvrijheid</li><li>Maatvastheid</li><li>Deklaag</li><li>Glij/slipweerstand</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Breukvrijheid</li><li>Maatvastheid (gemiddelde maat en maatspreiding)</li><li>Glij/slipweerstand</li><li>Kop-strek-verhouding</li></ul> |

Tabel 1: Vaste criteria voor betonstraatstenen en straatbakstenen opgenomen in matrices



Rick Timmerman  
rtimmerman04@gmail.com



Niels Vliek  
nielsvliek@hotmail.com



# Het reduceren van ongelijkheden bij wegaansluitingen op spoorwegovergangen

## Aanleiding:

Constatering tijdens inspecties dat er structureel ongelijkheden optreden in de wegaansluiting van spoorwegovergangen.

## Probleem:

De ongelijkheden hebben mogelijk een negatief effect op de verkeersveiligheid rond de overweg. Ook kan de bevloering van de overweg eerder het eind van de levensduur bereiken.

## Onderzoeksmethoden:

Data analyse, inspecties, literatuurstudie, interviews en case study

## Resultaten algemeen:

45 % van spoorwegovergangen hebben ongelijkheden >15 mm. Deze voldoen niet aan eis ProRail.

Ongelijkheden treden op door heel Nederland.



Edwin Beijeman  
e16beijeman@gmail.com



Ruben Aalderink  
Aalderinkruben3@gmail.com

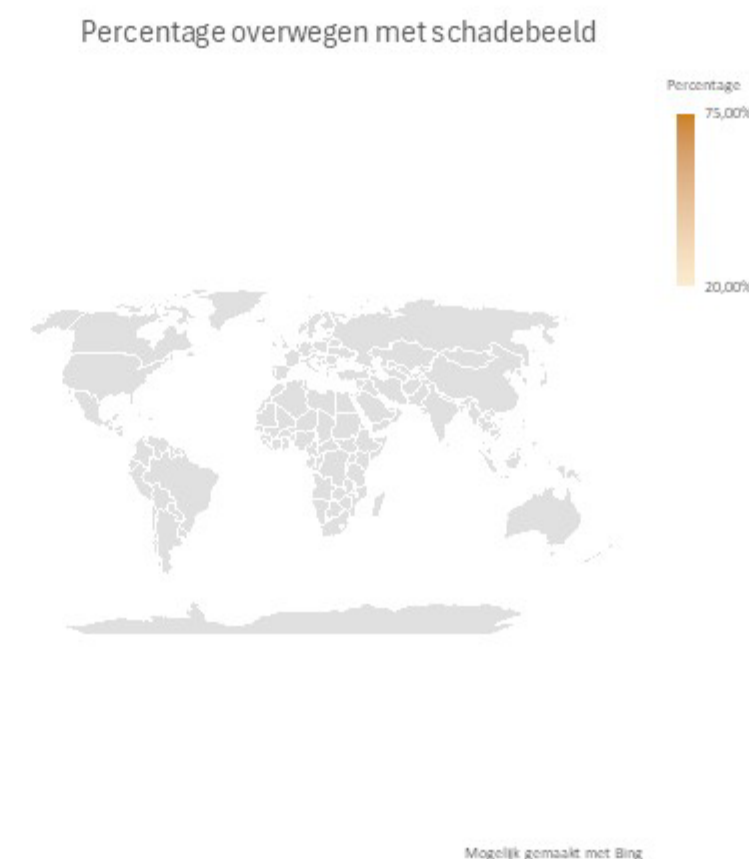
## Hoofdvraag:

“Wat zijn oorzaken van ongelijkheden in hoogte tussen spoorwegovergangen en aansluitende wegen, hoe kan de invloed van deze oorzaken beperkt worden tijdens het vervangen van bestaande Harmelen en Strail spoorwegovergangen in Nederland en welke effecten heeft dit op de verkeersveiligheid en levensduur van deze overgangen?”

**Deelvraag 1:** “Op **welke locaties** in Nederland treden de meeste ongelijkheden op bij wegaansluitingen van spoorwegovergangen, wat zijn de **oorzaken** van deze ongelijkheden en zijn er **gevolgen** voor de **verkeersveiligheid en levensduur** van de overweg?”

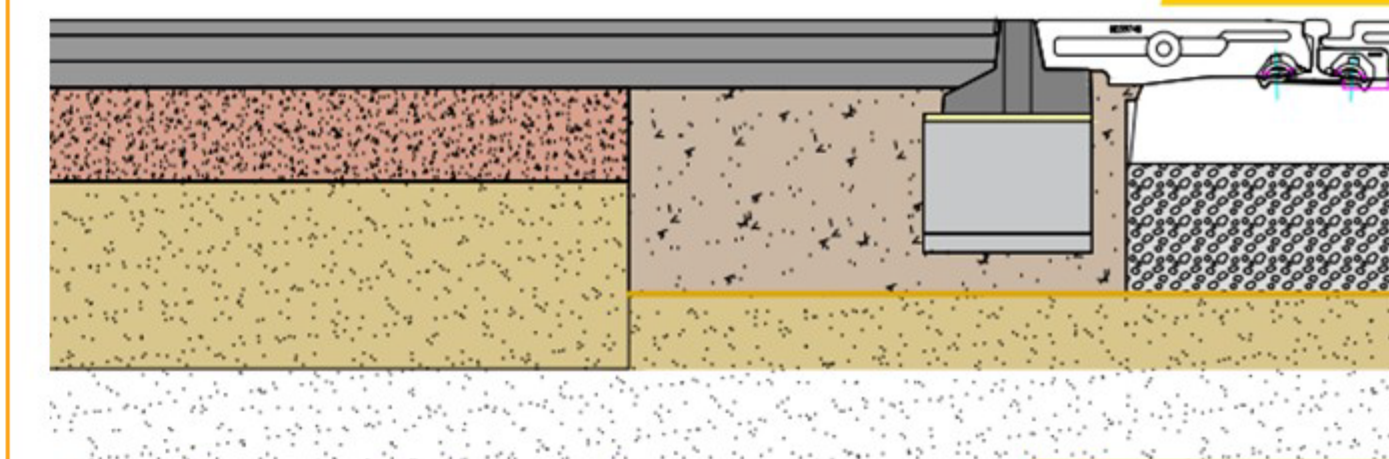
**Deelvraag 2:** “Wat zijn **mogelijke maatregelen** om invloed van de oorzaken van ongelijkheden bij spoorwegovergangen te reduceren?”

**Deelvraag 3:** “Welke **maatregelen** kunnen **het best** toegepast worden bij het vervangen van Harmelen en Strail spoorwegovergangen in Nederland om ongelijkheden te verminderen?”



## Oorzaken:

1. Levensduur wegverharding wordt overschreden.
  - a. Onderhoud wordt onvoldoende uitgevoerd.
  - b. Levensduren komen niet overeen.
2. Toepassing klinkerverharding.
3. Zettingen op veengronden.



Dwarsdoorsnede bestaande overgangsconstructie

## Maatregelen:

1. Verduidelijken beheer en onderhoud.
2. Toepassen SteenMastiekAsfalt (SMA).
3. Verminderen toepassing klinkers.
4. Verlengen fundering spoorwegovergang onder de weg.

## Gevolgen:

**Verkeersveiligheid:** Door verminderen ongelijkheden wordt de verkeersveiligheid verbeterd voor ‘balansvoertuigen’. Mate waarin is niet te bepalen.

**Levensduur:** De levensduur van de overwegbevloering wordt niet aangetoond beïnvloed door ongelijkheden.



# Waterveiligheid in de Eemshaven: Optimalisatie van de dijk Doekegat Oostzijde

De Eemshaven bestaat uit twee delen: de Oostlob en de Westlob; dit onderzoek richt zich op de Oostlob, met name de dijk langs het toegangskanaal Doekegat. De dijk is volgens de normen van WBI2017 rekenkundig afgekeurd, maar voldoet nog op basis van beheerdersoordeel. Groningen Seaports kan hierdoor nog steeds voldoen aan de gemaakte veiligheidsafspraken met klanten in de Oostlob. Voor 2035 moet de dijk wel aan de nieuwe HWBP-eisen voldoen om de veiligheid structureel te garanderen. De dijk vormt daarnaast een ruimtelijk obstakel in de havenontwikkeling. Omdat dijken geen toekomstgerichte functie hebben in de Eemshaven, bemoeilijken ze de economische groei en het creëren van extra afmeervoorzieningen. Uitbreiding van de haven wordt bovendien beperkt door de nabijheid van het beschermde Natura 2000-gebied de Waddenzee.

## Resultaten

De uitkomst van de businesscase laat een positief beeld zien van zowel het dijkherstel als afmeervoorziening. Alle scenario's voldoen aan de gestelde minimale eisen, alleen het +30% scenario voldoet niet aan de terugverdienperiode binnen 25 jaar.

De beste waarden voor NCW, IR en TP tonen aan dat dijkherstel economisch gezien de meest verantwoorde constructies is in vergelijking met de afmeervoorziening.

### Minimale economische eisen:

- NCW > € 0,00
- IR > 6,5%
- TP < 25 jaar

## Conclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat beide opties economisch haalbaar zijn, maar dat dijkherstel economisch gezien de meest verantwoorde keuze is waarbij je voldoet aan de inpasbaarheid en levensduur. Echter zorgt dijkherstel niet voor inbreiding in de Eemshaven en dus voor groei. Bij keuze voor de afmeervoorziening is dit wel het geval en zal de functie van de haven beter worden vervuld en het gebied breder inzetbaar zijn in de toekomst.

## Hoofd- en deelvragen

*Wat is de best inpasbare en meest economisch verantwoorde constructie voor de dijk Doekegat Oostzijde, voor een ontwerplevensduur van 100 jaar, om te voldoen aan de nieuw gestelde eisen vanuit het BOI en inbreiding in de Eemshaven mogelijk maakt?*

1. Welke omgevingsfactoren en stakeholders hebben invloed op de te stellen eisen?
2. Welke constructies zijn nautisch gezien ruimtelijk inpasbaar en voldoen aan de gestelde technische en functionele eisen?
3. Wat zijn de totale kosten per inpasbare constructie voor een ontwerplevensduur van 100 jaar?
4. Wat is de meest economisch verantwoorde constructie voor de dijk Doekegat Oostzijde?

| Optie                                 | Totale investering |               | NCW |               | IR    | TP         |
|---------------------------------------|--------------------|---------------|-----|---------------|-------|------------|
| Optie 1/3 - Dijkherstel               | €                  | 11.480.000,00 | €   | 67.200.000,00 | 29,8% | ca. 5 jr.  |
| Optie 4 - afmeervoorziening Base Case | €                  | 72.170.000,00 | €   | 39.480.000,00 | 8,3%  | ca. 20 jr. |
| Optie 4 - afmeervoorziening +30%      | €                  | 92.300.000,00 | €   | 23.140.000,00 | 6,6%  | ca. 26 jr. |
| Optie 4 - afmeervoorziening -30%      | €                  | 52.030.000,00 | €   | 55.820.000,00 | 11,0% | ca. 14 jr. |

\*Berekende waarden na VPB



Rowin Boerman

- [rboerman1@kpnmail.nl](mailto:rboerman1@kpnmail.nl)
- <https://www.linkedin.com/in/rowin-boerman-5047031b8/>



Jarik Verwindt

- [jhverwindt@gmail.com](mailto:jhverwindt@gmail.com)
- <https://www.linkedin.com/in/jarik-verwindt/>





# Emissieloze dijkversterking in overbelast elektriciteitsnet

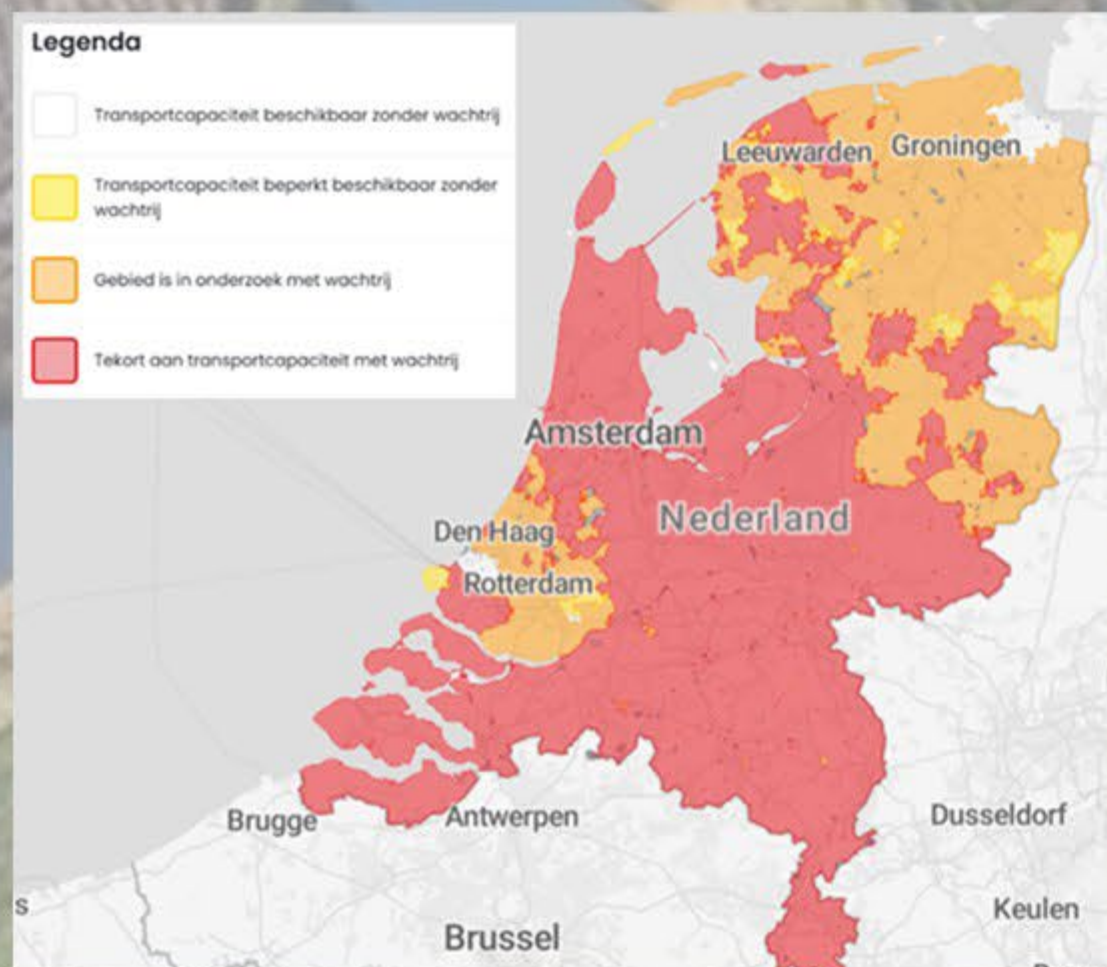
## Probleem

Dijkversterkingsprojecten in Nederland moeten steeds vaker (deels) emissieloos uitgevoerd worden. Tegelijk is het elektriciteitsnet overbelast waardoor het verkrijgen van nieuwe aansluitingen niet mogelijk is. Ondanks het overbelaste elektriciteitsnet moet het elektrisch materieel van elektriciteit worden voorzien. Het doel van het onderzoek is om te onderzoeken hoe dijkversterkingsprojecten in Nederland van elektriciteit kunnen worden voorzien.



## Oplossingen

Om het elektrisch materieel van elektriciteit te voorzien zijn er verschillende mogelijkheden onderzocht. Van opties als een alternatieve aansluiting en overcapaciteit bij derden tot 'off-grid' oplossingen zoals biogas- of waterstof aggregaten en wind- of zonne-energie op project locatie. De belangrijkste conclusie is dat geen enkele oplossing op alle punten de beste is: je kiest steeds voor een oplossing die past bij de projectduur, ruimte, kosten en gewenste duurzaamheid.



## Elektriciteitsvraag

Elektrisch grondverzetmaterieel verbruikt bijzonder veel elektriciteit. Ter vergelijking: een gemiddeld Nederlands huishouden gebruikt jaarlijks 2.500 kWh. Met diezelfde 2.500 kWh kan een elektrische kraan zo'n veertig uur graven. Zodra er meerdere elektrische machines tegelijk op een dijkversterkingsproject draaien, loopt het elektriciteitsverbruik al snel op. Tel daar nog eens bij op dat de uitvoering van een dijkversterking vaak maanden tot zelfs enkele jaren duurt. Dan wordt duidelijk dat de energievraag aanzienlijk is en bijzondere aandacht vereist om het project soepel te laten verlopen.



Nils van Huizen  
[vanhuizennils@gmail.com](mailto:vanhuizennils@gmail.com)



Harjan Schilder  
[harjanschilder@outlook.com](mailto:harjanschilder@outlook.com)



# De invloed van kwelderbreedte op golfhoogtereductie

Een onderzoek naar de implementatie van nature-based flood defences met als referentiegebied het dijktraject Koehool – Lauwersmeer

## Waarom dit onderzoek? (probleemschets)

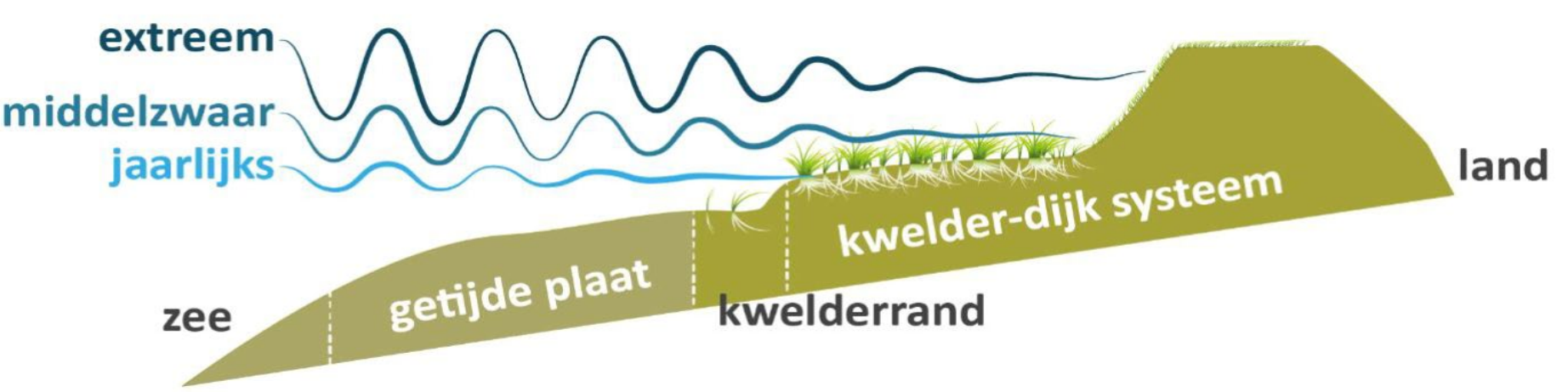
Nederland staat voor de uitdaging haar waterkeringen toekomstbestendig te versterken. Kwelders bieden hierbij een natuurlijke mogelijkheid om golfbelasting op dijken te reduceren. Dit onderzoek onderzoekt hoe breed een kwelder moet zijn om deze reductie effectief in het dijkontwerp mee te nemen.

## De hoofdvraag die centraal staat in het onderzoek:

In hoeverre kan de invloed van kwelderbreedte op golfhoogte effectief worden geïntegreerd in dijkontwerpprocessen?

## Deelvragen

1. Hoe beïnvloedt kwelderbreedte de golfhoogte en welke fysische processen spelen hierin een rol?
2. In hoeverre wordt in het huidige dijkontwerpproces rekening gehouden met de invloed van kwelderbreedte op golfhoogte?
3. Binnen welke bandbreedte beïnvloedt de kwelderbreedte de golfhoogte en hoe kan deze invloed worden meegenomen om het dijkontwerp te optimaliseren?
4. Hoe vertaalt de invloed van kwelderbreedte op golfhoogte zich in het dijkontwerp, met als casestudy Koehool-Lauwersmeer “project Groen”



## Hoe hebben we dat onderzocht?

- Literatuurstudie naar kwelders, golfdemping en dijkontwerp
- Casestudy dijktraject Koehool–Lauwersmeer
- Modelberekeningen (SWAN) voor geschematiseerde en realistische profielen
- Gedeeltelijke vertaling naar dijkontwerp



## Wat komt eruit?

- Tot 55% reductie van golfhoogte over de kwelders
- Groot deel van de demping wordt al bij relatief smalle kwelders behaald, met name door diepte gedreven breking.

| Terugkeertijd | 50% reductie bij | 90% reductie bij |
|---------------|------------------|------------------|
| 10 jaar       | 60 m             | 275 m            |
| 60.000 jaar   | 95 m             | 575 m            |

Studie gebied:  
“Project Groen” op  
dijktraject Koehool –  
Lauwersmeer



## Wat betekent dit voor dijkontwerp?

- Omdat de significante golfhoogte direct wordt gebruikt in berekeningen voor golfoploop en bekledingsbelasting, leidt de reductie tot een lager benodigde kruinhoogte, een lichtere bekleding en een efficiënter dijkprofiel.
- Hierdoor kunnen besparingen worden gerealiseerd in hoogte, materiaalgebruik en faalkans.

## Conclusie

Kwelders reduceren aantoonbaar de golfbelasting op dijken door diepte gedreven golfbreking, bodemwrijving en vegetatiedemping. Met relatief beperkte kwelderbreedte wordt al een groot deel van de golfhoogte reductie gerealiseerd. Hierdoor zijn lagere dijkhoogtes en lichtere bekledingen mogelijk. Om kwelders structureel op te nemen in het ontwerp is verdere standaardisatie nodig.





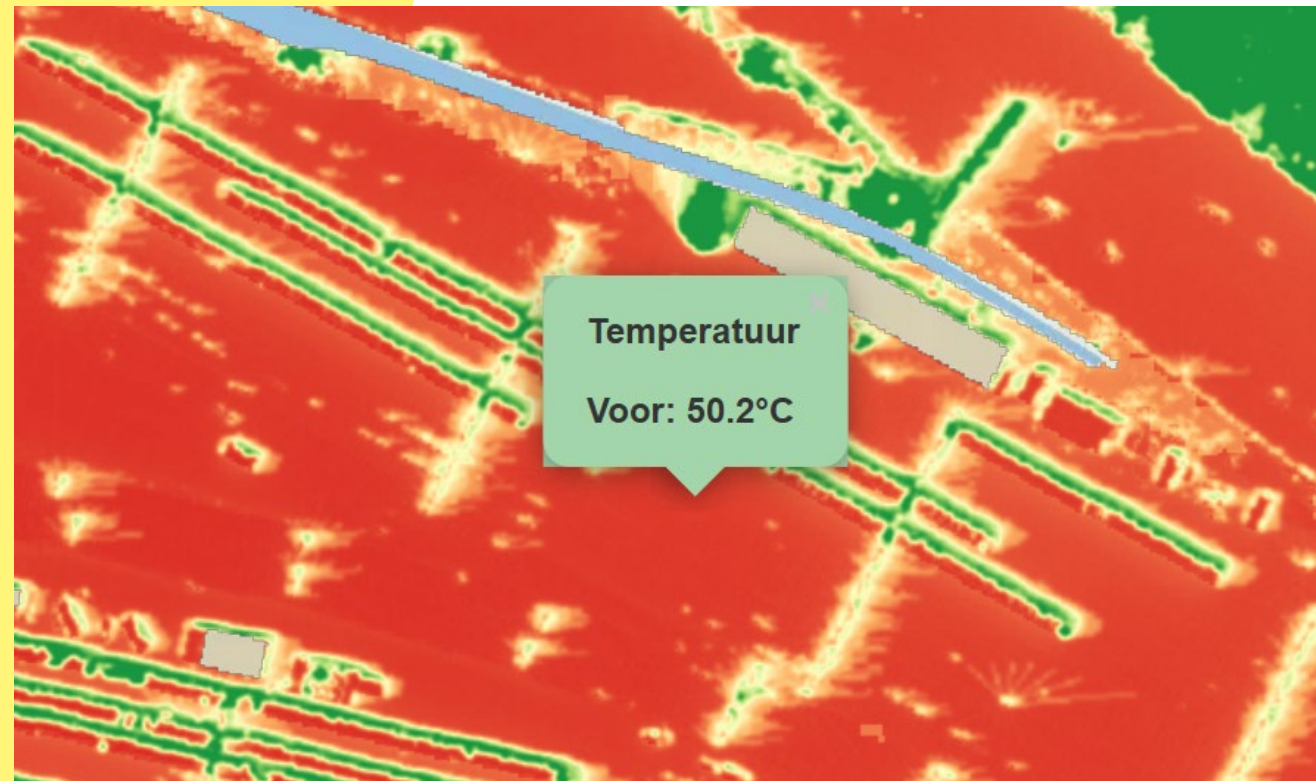
# Groene Spoorwegemplacementsen

Vergroening als oplossing voor hittestress in binnenstedelijk gebied

## Probleem & Aanleiding

### Spoorwegemplacementsen versterken hittestress in de stad

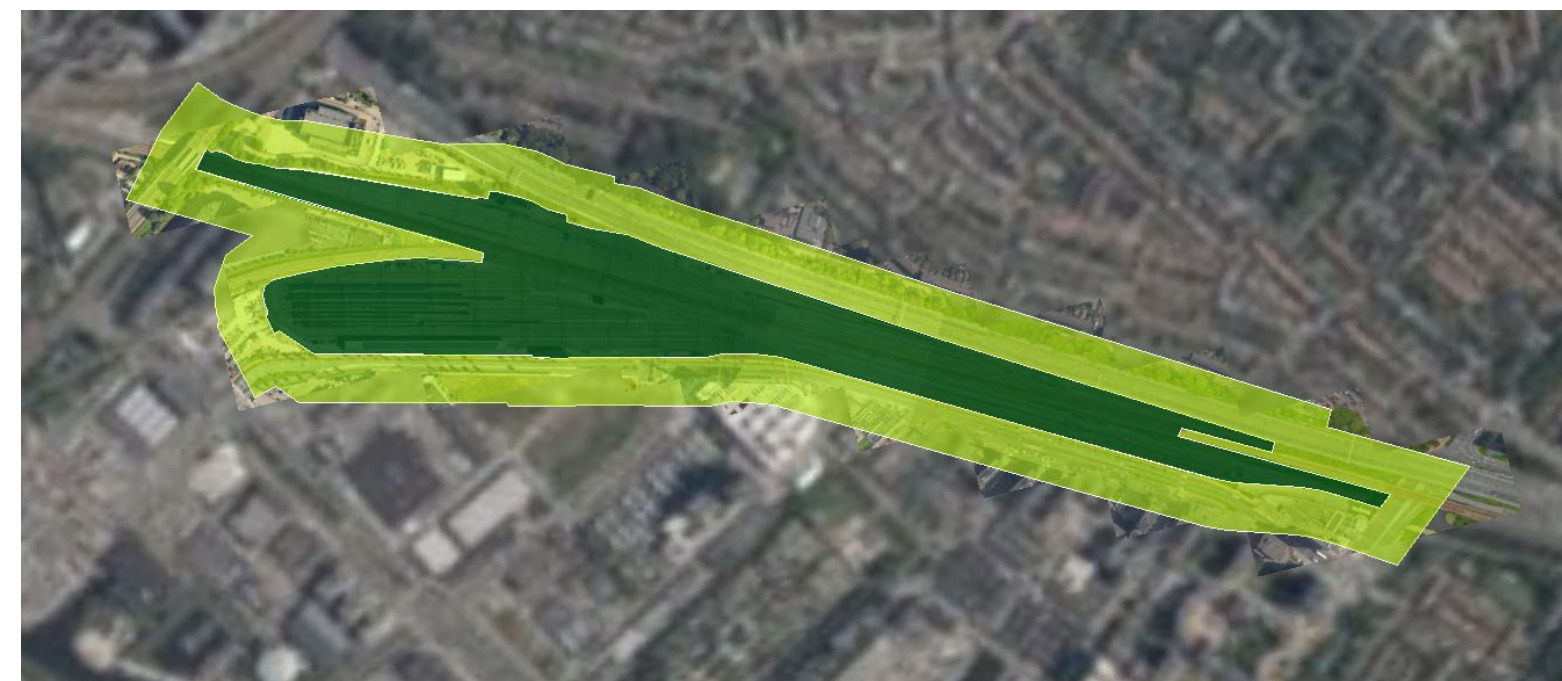
- ✗ Veel verharding (ballast, beton) → absorbeert warmte
- ✗ Weinig vegetatie → nauwelijks verkoeling door verdamping
- ✗ Klimaatverandering zorgt voor extremere hitte
- ➔ Spooremplacementsen zijn hittebronnen in de stad



### Hoofdvraag:

Hoe kan **hittestress** in binnenstedelijk gebied **verminderd** worden door **vergroening** van het **spoorwegemplacement**, rekening houdend met technische beperkingen en het onderhoud?

- ✗ Hittestress
- ↓
- 🔍 Onderzoek & ontwerp
- ↓
- ✅ Vergroende constructies



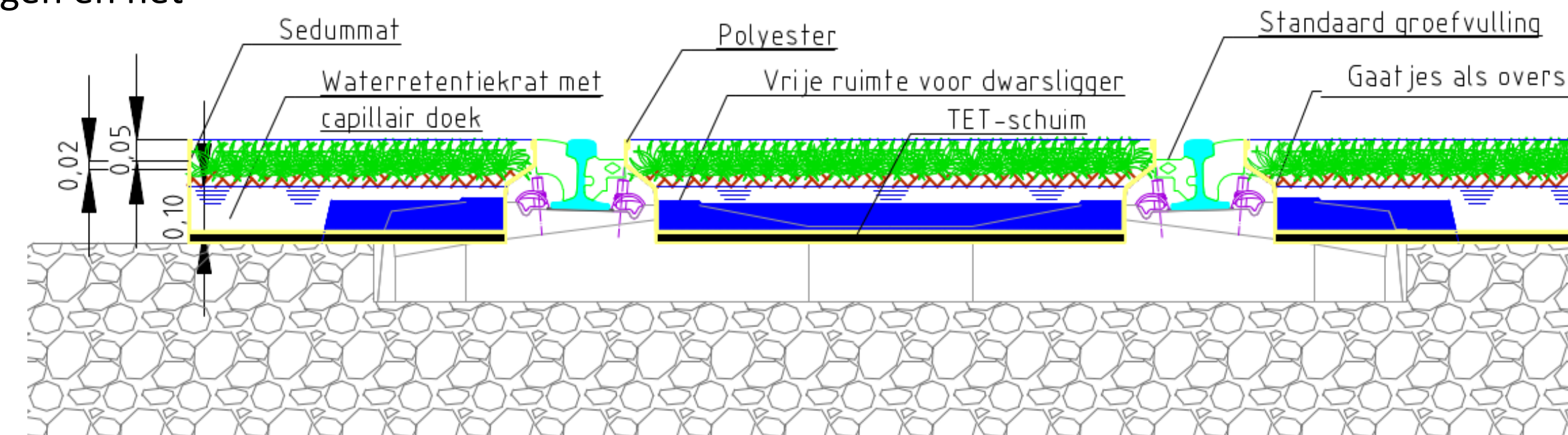
## Impact & Conclusie:

- ✅ **77% vergroend** oppervlak in case Binckhorst
- ✅ Tot **3,6 °C** verkoeling op het spoorwegemplacement
- ✅ **1,8 °C** koeler in omgeving
- ✅ Theoretische temperatuurreductie tot 1291 meter
- ✅ Sedum = droogtebestendig & onderhoudsarm
- ✅ Oplossing past bij bestaande onderhoudsprocessen
- ✅ Groene emplacementsen zijn technisch haalbaar én effectief.

### Ontwerpkeuze:

Top 3 constructies geselecteerd via Multi-Criteria Analyse:

- **UNI-bakken** (uitneembaar)
- **Geotextiel op ballastbed** (weinig aanpassing nodig)
- **Hoek van Holland Strand** (veel waterbuffer)



### Uitgevoerd door:

- Huib Engbers  
[huibengbers@outlook.com](mailto:huibengbers@outlook.com)
- Robin Meulenkamp  
[robinmeulenkamp@gmail.com](mailto:robinmeulenkamp@gmail.com)

### Met dank aan:

- Erik Herrewijnen
- Jurriën Beimers
- Rene van den Hoven





1

Schade  
invloedsfactoren en  
mechanismen

Theoretische kennis



Bodemgesteldheid



Grondkerende hoogte



Puin- en obstakels



Werkmethode



Object- en funderingstype



Eigenschappen damwand



Grondwaterstand

2

Prognose analyses  
en  
praktijkbevindingen



Bas van der Poel  
Thijs Visch

Basvdpoel03@gmail.com  
Tvisch@upcmail.nl

## Schadebeheersing bij damwandconstructies in de praktijk (T4)

Afstudeeronderzoek  
20-06-2025

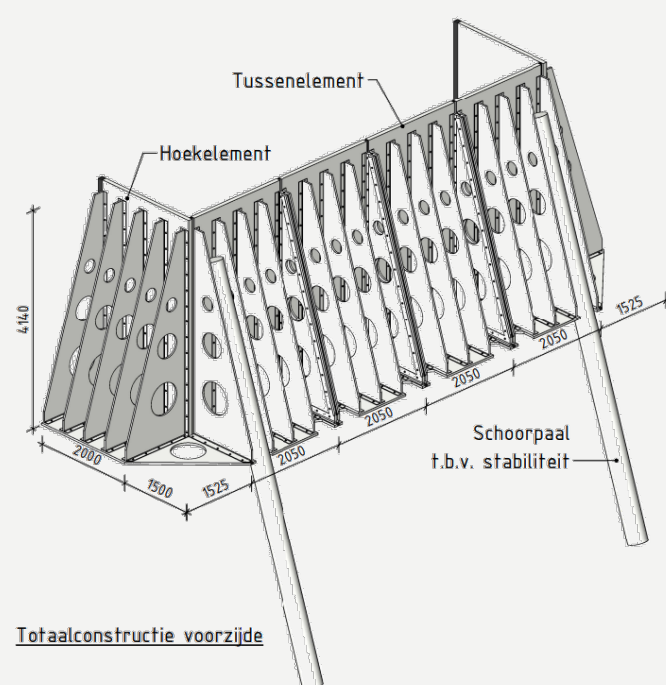
**Centrale onderzoeksvraag:** “Wat zijn de oorzaken van het verschil tussen de verwachte en daadwerkelijke opgetreden schaden als gevolg van het vervangen van damwandconstructies bij project T4 en hoe kunnen deze worden beperkt?”

**Deelvraag 1:** Wat zijn de belangrijkste invloedsfactoren voor het maatgevende schademechanisme bij het vervangen van damwandconstructies en welke uitvoeringsmethode is schade maatgevend?

**Deelvraag 2:** Welke relaties zijn er tussen gegevens van trilling- en deformatiemetingen en ontstaande schades kijkend naar de prognoseanalyses en maatgevende invloedsfactoren van project T4?

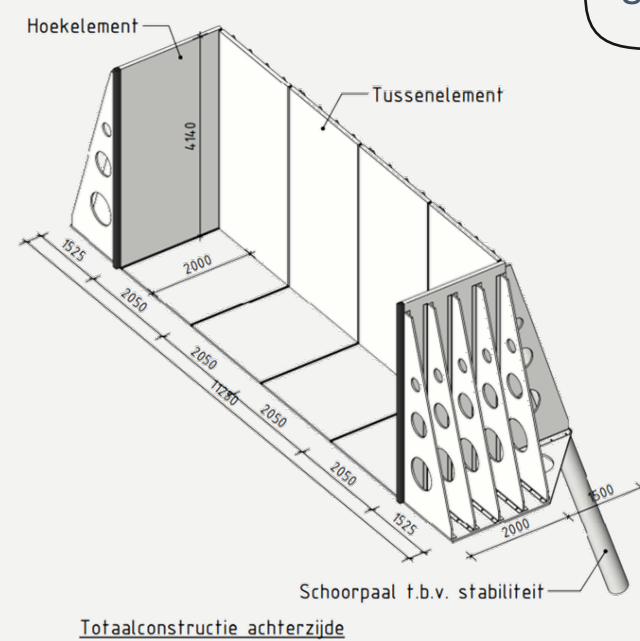
**Deelvraag 3:** Wat zijn de verklaringen voor de opgetreden schade bij project T4 kijkend naar de relevante factoren?

**Deelvraag 4:** Welke civieltechnische maatregelen kunnen worden toegepast om schade door de maatgevende invloedsfactoren te verminderen?



Totaalconstructie voorzijde

Out of the box ideeën  
Huidige ontwikkelingen



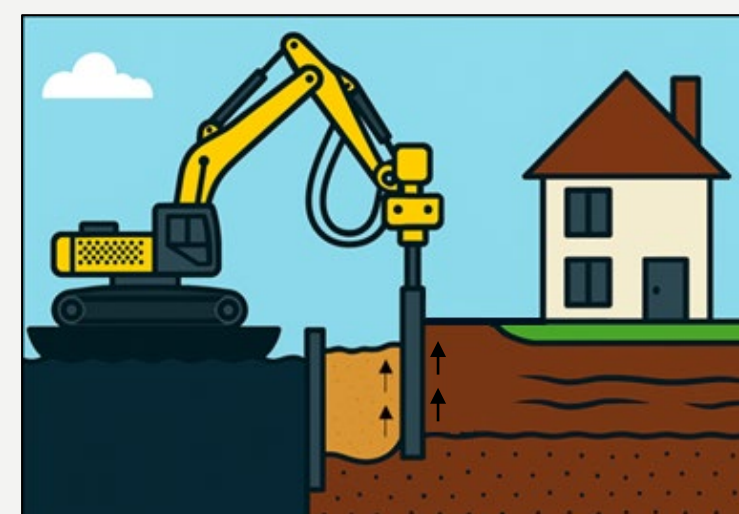
Totaalconstructie achterzijde

4

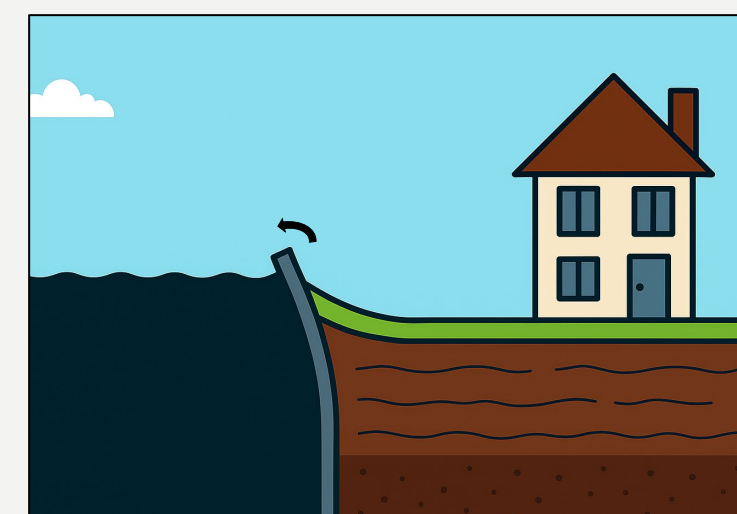
Innovatieve  
verbeteringen



1) Vervormen van  
bouwkuipdamwand



2) Verwijderen van bestaande  
damwand



3) Op spanning komen van  
definitieve constructie

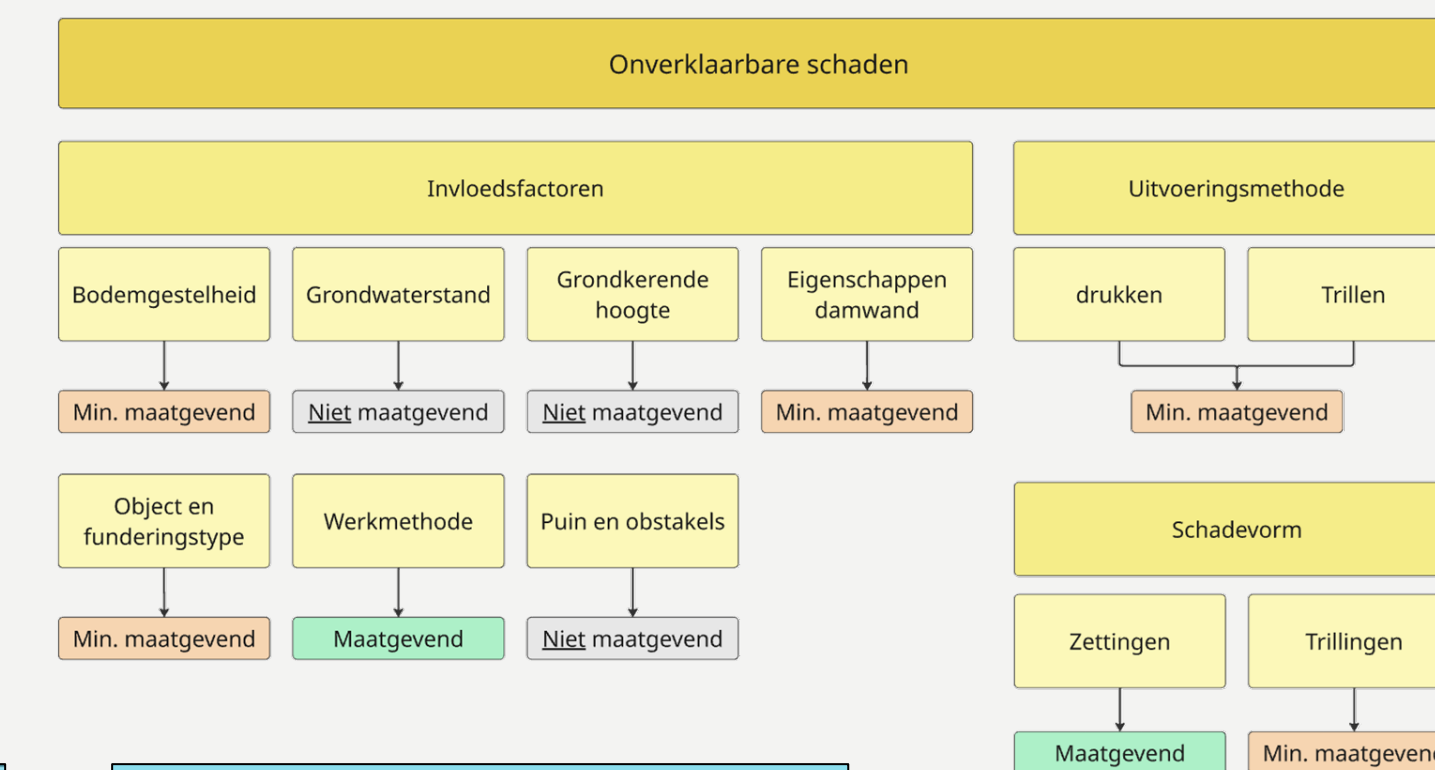
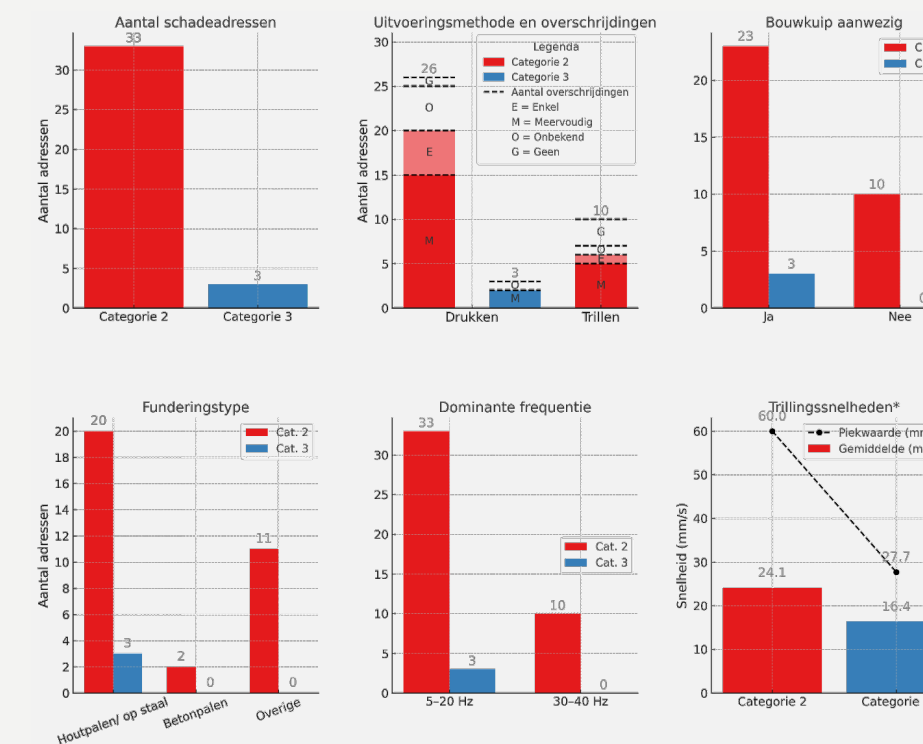
Verbetermogelijkheden

3

Verklaringen van  
schaden

Maatgevende  
schadefactoren

Ruim 2.300 geanalyseerde  
gegevens, werkmethode  
en zettingen maatgevend.





# Circulair slopen van in situ constructief beton in civiele kunstwerken

## Hoofd- en deelvragen:

**Hoe kan het circulair slopen van in situ constructief beton in civiele kunstwerken praktisch worden toegepast binnen BAM Infra Civiel, met als doel grondstoffen zo hoogwaardig mogelijk te hergebruiken?**

1. Hoe wordt het slopen van in situ constructief beton in civiele kunstwerken op dit moment uitgevoerd?
2. Wat zijn de recente innovaties en veranderingen in de sloopmethoden van in situ constructief beton in civiele kunstwerken en de daarbij horende belemmeringen, uitdagingen en kansen?
3. Hoe ziet de optimale wereld eruit voor circulair slopen van in situ constructief beton in civiele kunstwerken?
4. Welke aanpassingen zijn nodig om het huidige proces te verbeteren naar het optimale plan voor circulair slopen van in situ constructief beton in civiele kunstwerken?

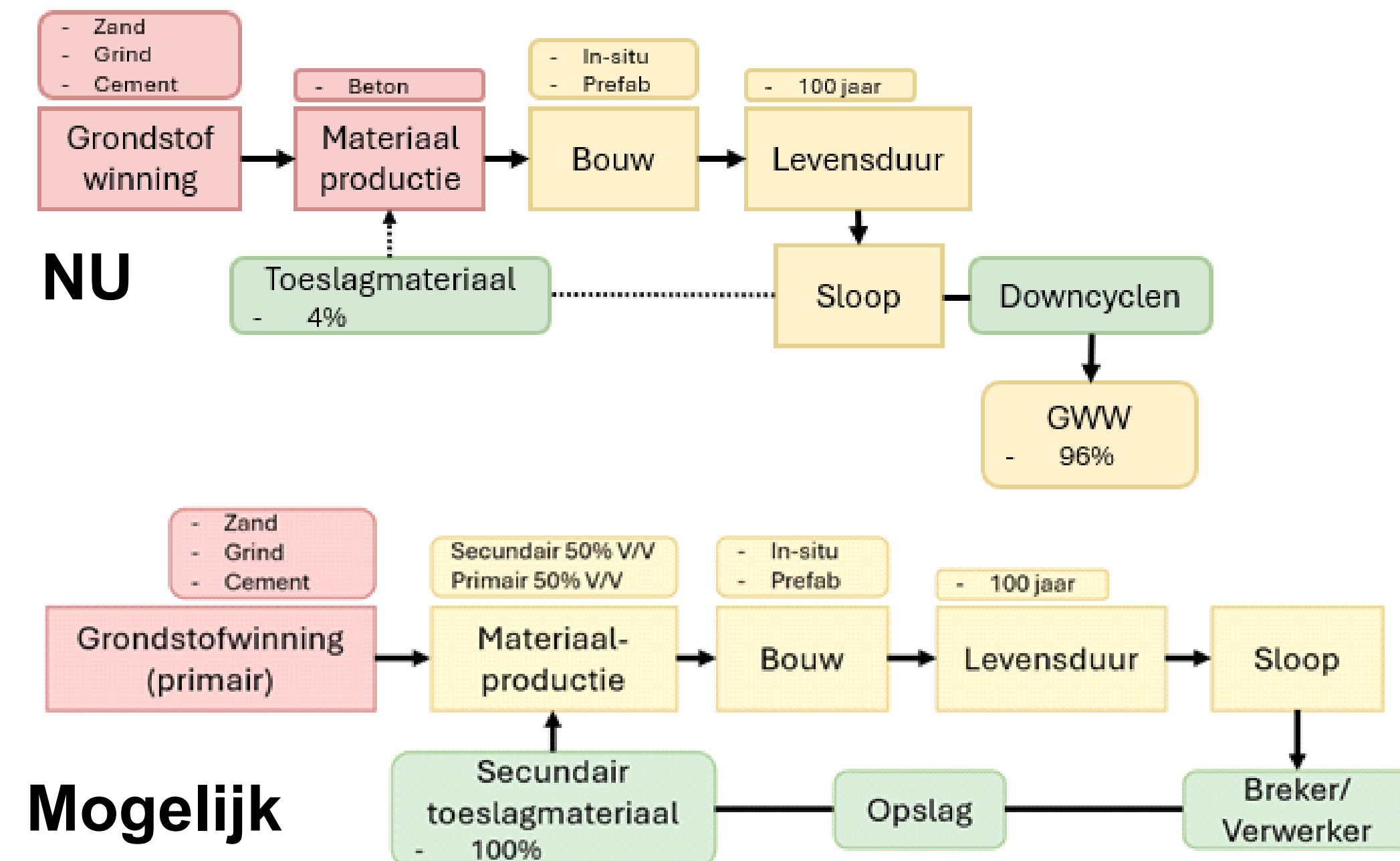
Dit afstudeeronderzoek richt zich op de praktische toepassing van circulair slopen van in situ constructief beton binnen BAM Infra Civiel. Aanleiding is het Betonakkoord, waarin BAM zich heeft verbonden aan het 100% hoogwaardig hergebruiken van vrijkomend betongranulaat en een reductie van 50% van niet hernieuwbare primaire grondstoffen in 2030 (t.o.v. 2019). Momenteel ontbreekt een concrete werkwijze om dit binnen het sloopproces van civiele kunstwerken te realiseren. Vaak wordt geschikt beton nu nog verwerkt als funderingsmateriaal, wat leidt tot kwaliteitsverlies (downcycling).

Uit het onderzoek blijkt dat circulair slopen technisch haalbaar is d.m.v. bijvoorbeeld een Smart Liberator, zie onderstaande figuur. Een Smart Liberator, in tegenstelling tot een traditionele breker die betonpuin breekt tot betongranulaat, breekt alleen het cementsteen. Waardoor het zand en grind hergebruikt kunnen worden. Helaas wordt het circulair slopen in de praktijk beperkt toegepast door aanbestedingssystematiek, gebrek aan materiaaldata, beperkte samenwerking en wet- en regelgeving.

De conclusie is dat 100% van de primaire grondstoffen vervangen voor secundair grondstoffen van beton nooit zal lukken. Wel zal 50% vervangen van primair voor secundair haalbaar zijn.

## Om 50% te halen moet hetvolgende gebeuren:

- Overheid: Subsidies geven om circulariteit te stimuleren.
- OG: Circulariteit contractueel opnemen in EMVI-criteria en projecteisen.
- ON/Sloper: Materiaalonderzoeken standaard in voorbereidingsfase
- ON: Ruim voor start sloopwerkzaamheden contractuele afspraken maken in samenwerking betrokken partijen.
- ON: Werklocatie inrichten met gescheiden afvalstromen en scholing personeel op selectief slopen.
- ON: Projectlocatie of depot inrichten voor gescheiden opslag.
- Breker/Verwerkers: Scheiden van 0-2 mm fractie van de 2-4 mm fractie.
- Breker/Verwerkers: D.m.v. van Smart Liberator wordt hergebruik verhoogd.



Ingmar Visser  
[Ingmar.j.visser@gmail.com](mailto:Ingmar.j.visser@gmail.com)

Thijs Nijboer  
[Thijs.nijboer@outlook.com](mailto:Thijs.nijboer@outlook.com)

Mede mogelijk gemaakt door:





## Energetisch vermogen van hydraulisch aangedreven ophaalbruggen



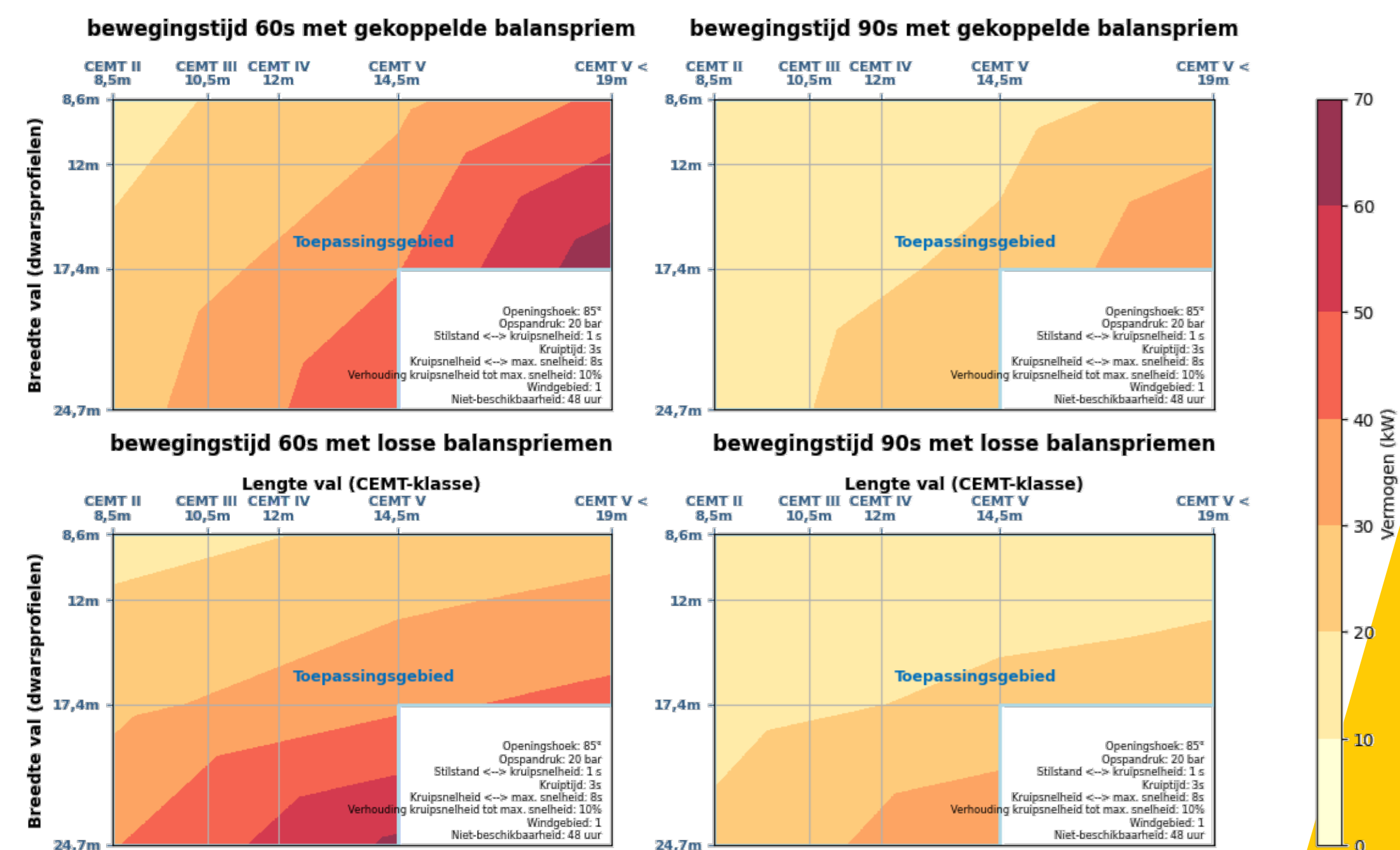
Robin van Marle  
[robin@robinvanmarle.com](mailto:robin@robinvanmarle.com)

Een nieuwe (zware) stroomaansluiting is voor een nieuwe beweegbare brug niet meer vanzelfsprekend. Wegens netcongestie is het op veel plaatsen niet mogelijk om de gewenste aansluiting op tijd of überhaupt te krijgen.

In mijn onderzoek heb een methode ontwikkeld om vroeg in het ontwerpproces een inschatting te kunnen maken voor het benodigde vermogen. Enkel de afmetingen van het val, wat doorgaans vroeg in het ontwerpproces bekend is, zijn nodig om een eerste inschatting te kunnen maken. De figuur hiernaast geeft het benodigde vermogen van een ophaalbrug bij een bewegingstijd van 60s en 90s voor zoveel een gekoppelde balanspriem als losse balanspriemen.

Tevens is het van belang om de af te zien van de nu doorgaans standaard bewegingstijd van 60s. Wanneer deze wordt verhoogd naar 90s is een gemiddelde reductie waar te nemen van maar liefst 41% op het benodigde piekvermogen.

### Benodigde piekvermogen [kW] hydraulisch aangedreven ophaalbrug binnen toepassingsgebied NTA 8086



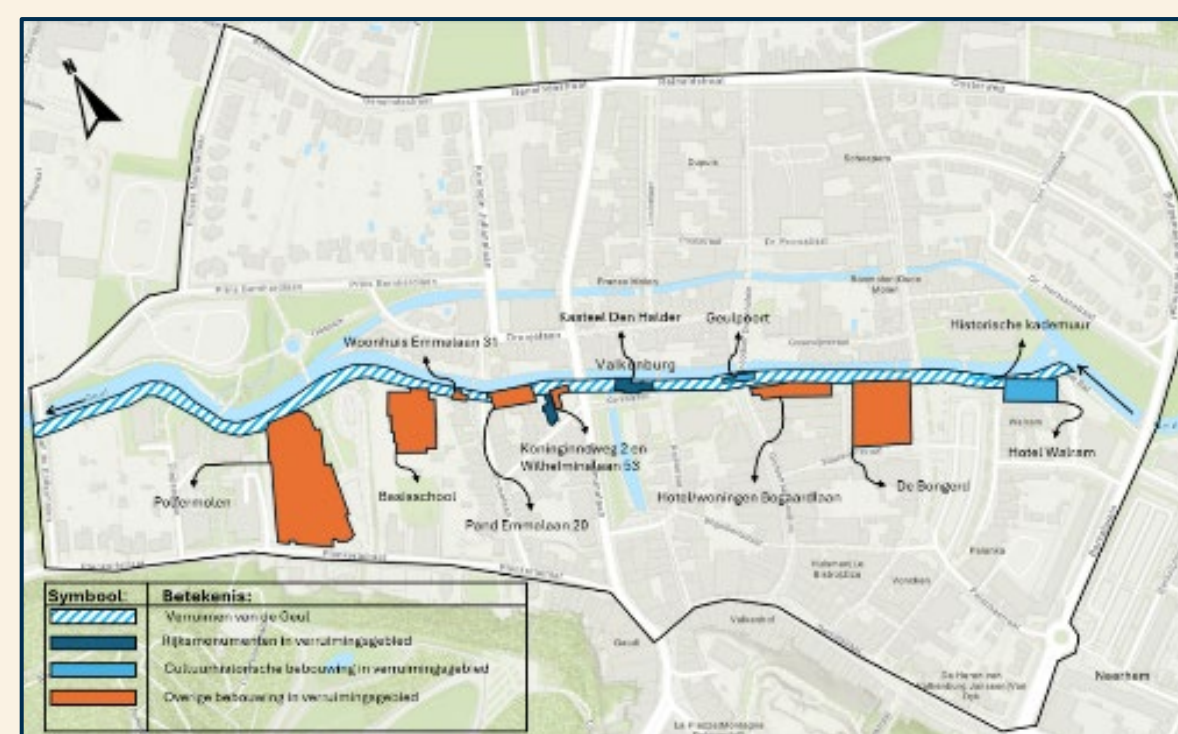


# Verruiming van de Geul in Valkenburg

## Hoofdvraag:

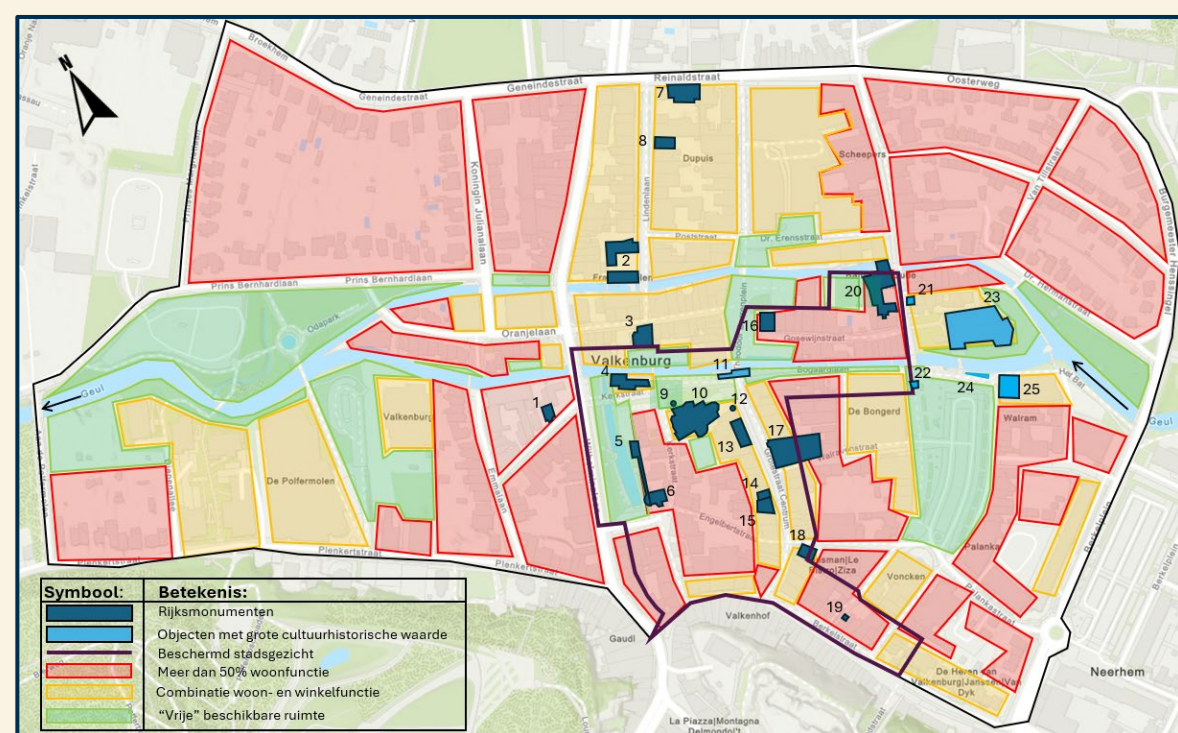
*In hoeverre is het vergroten van de afvoercapaciteit van de Geul in het binnenstedelijk gebied van Valkenburg een effectieve maatregel voor het beperken van de wateroverlast?*

In juli 2021 kreeg een groot deel van Limburg, waaronder Valkenburg, te maken met hevige regenval. Dit leidde op verschillende plekken tot overstromingen. Naar aanleiding van deze overstromingen is het programma Waterveiligheid en Ruimte Limburg (WRL) opgericht, met onder andere als doel om de wateroverlast te beperken. Vanuit WRL wordt onderzoek gedaan naar een watertunnel onder Valkenburg door. Dit onderzoek richt zich om een alternatief te vormen voor deze watertunnel door extra afvoercapaciteit in het centrum van Valkenburg te creëren.



Om een debiet van  $135 \text{ m}^3/\text{s}$  aan te kunnen zou de Geultak meer dan verdubbeld moeten worden. Dit is niet realistisch om in Valkenburg in te passen.

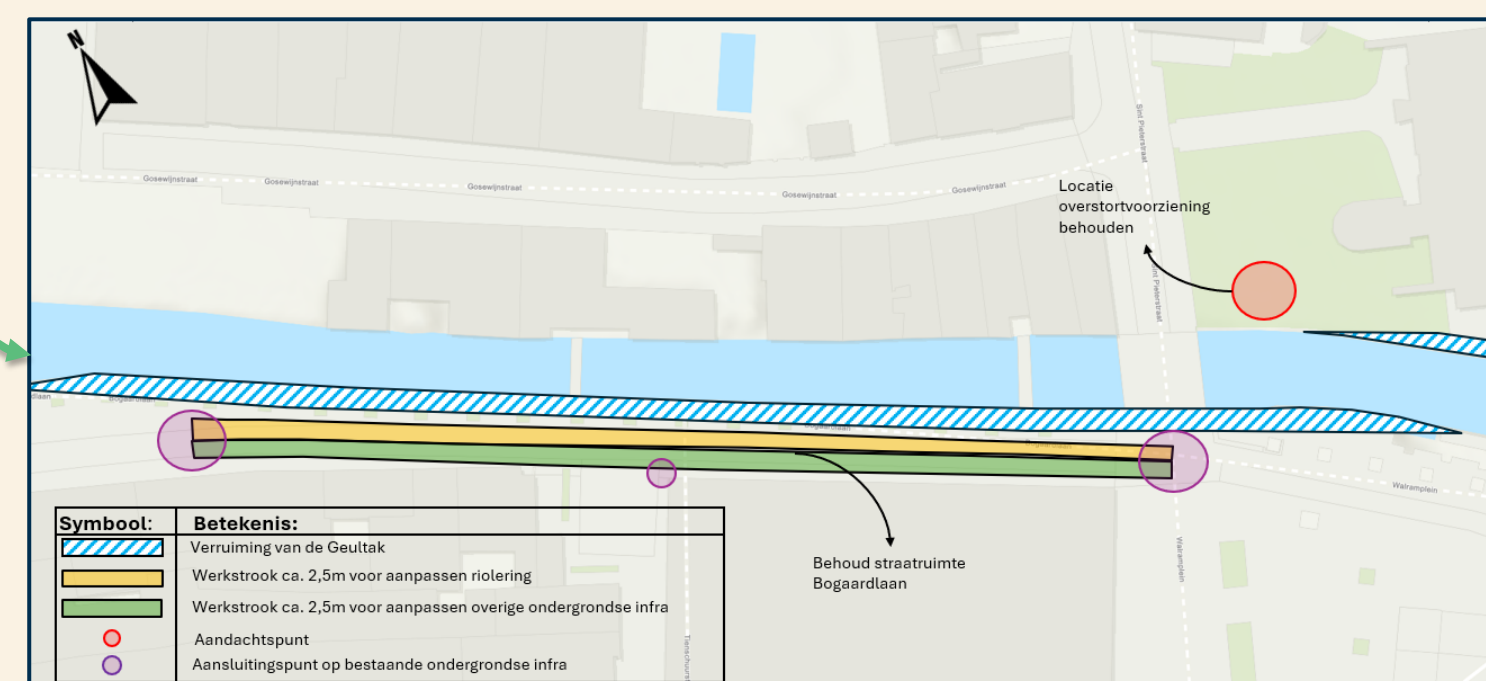
Dit leidt tot een toename van de afvoercapaciteit in Valkenburg met circa **25%** en een afname van de inundatiehoogte met **10-20 centimeter**. Waardoor gesteld kan worden dat maatregelen in het centrum van Valkenburg zeker bij kunnen dragen aan het beperken van de wateroverlast.



Leidt tot



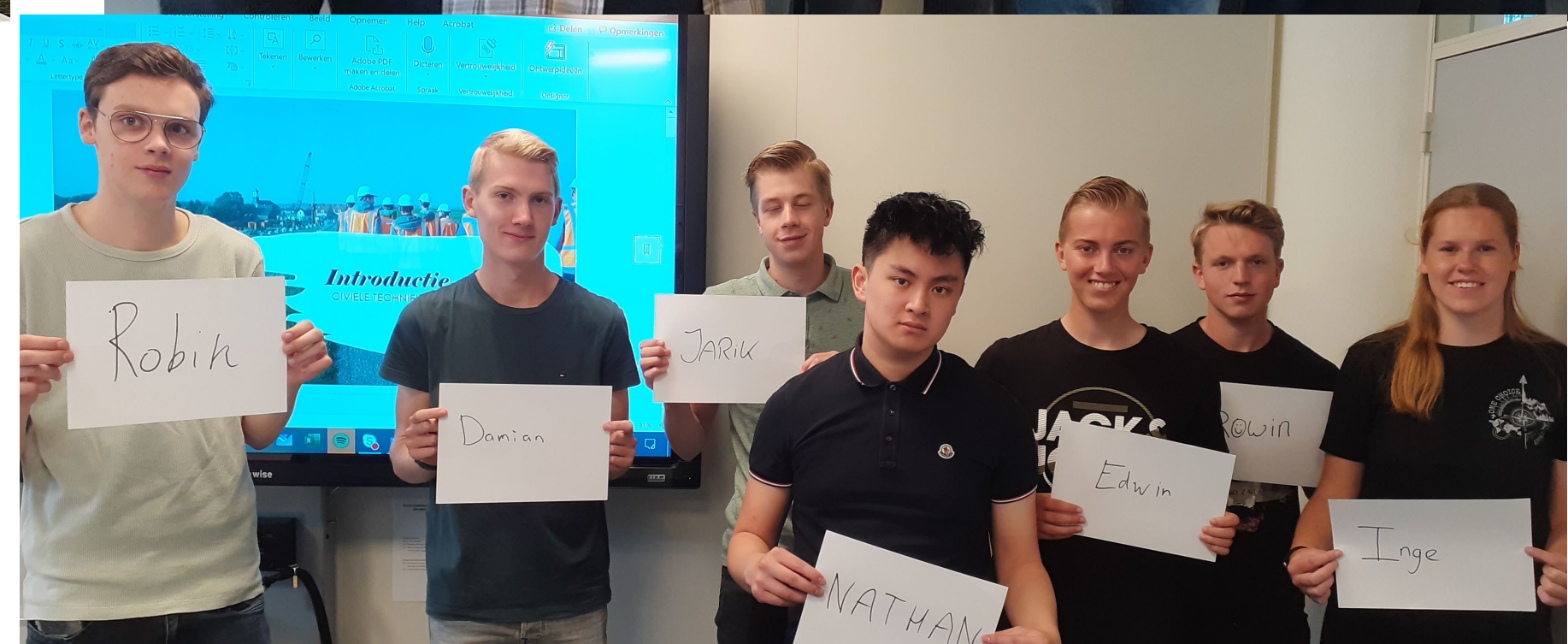
Verruimingsvariant



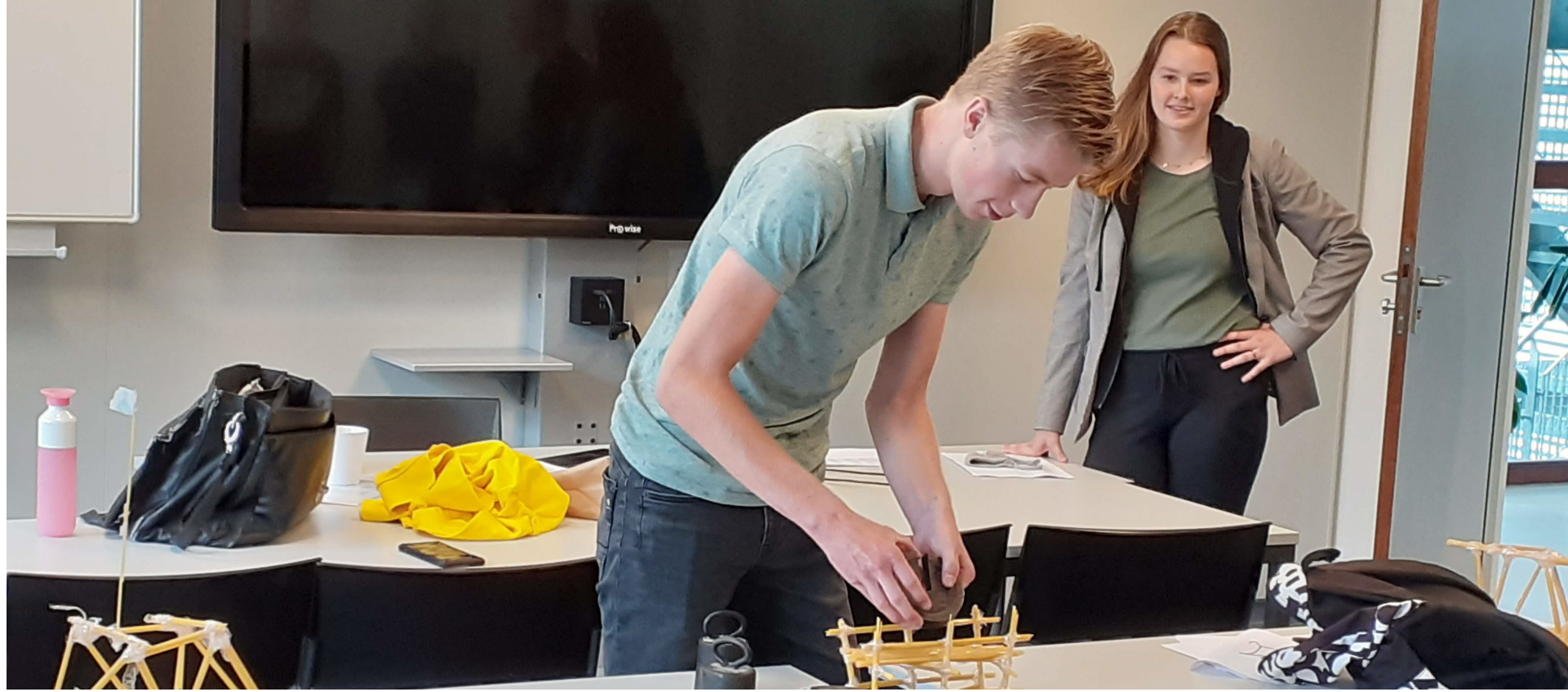
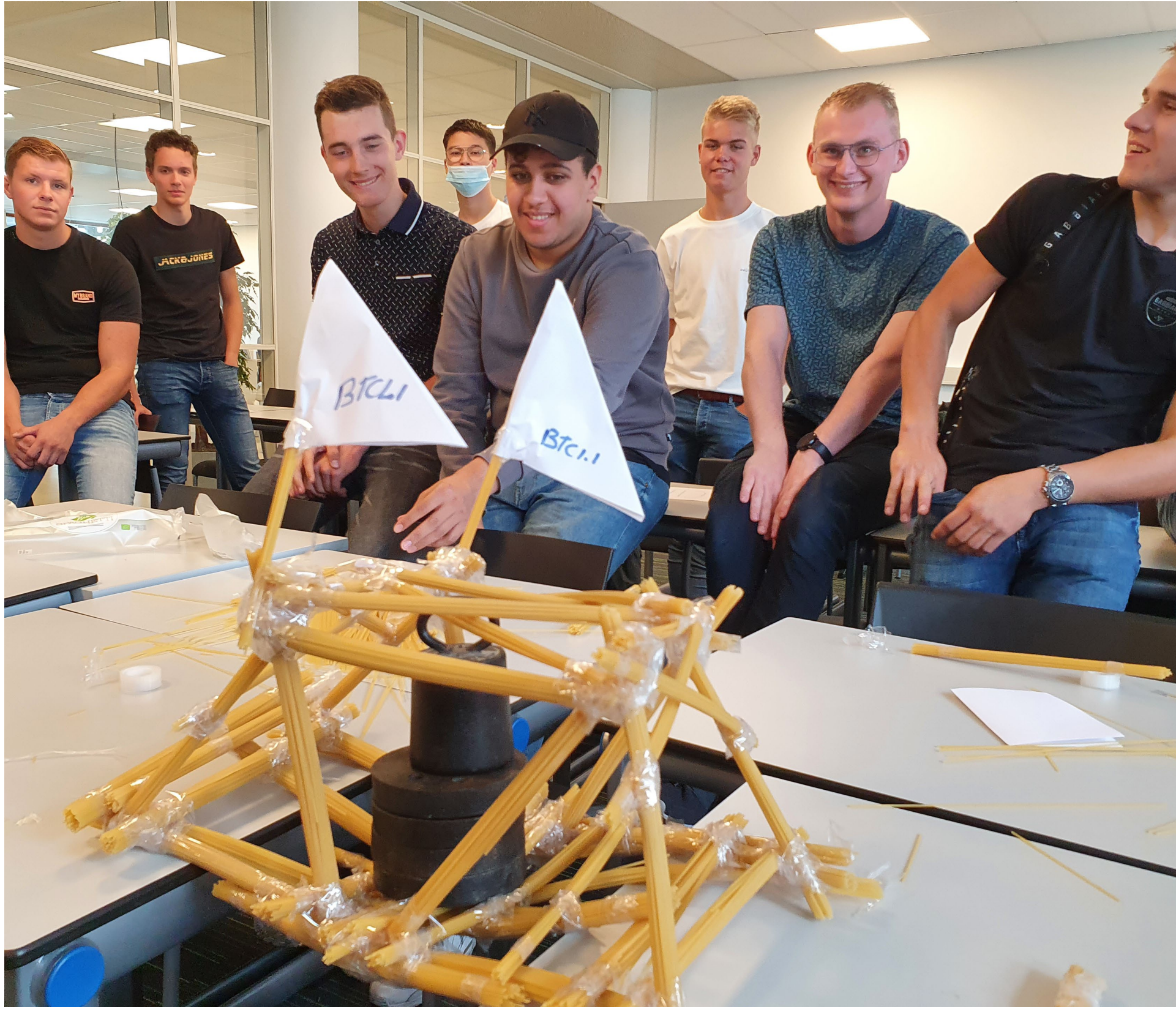
Om deze reden is ervoor gekozen de Geultak met 2,50m te verruimen, zodat er geen functieverlies van de openbare ruimte is en zo min mogelijk consequenties voor bebouwing

Analyse huidig ruimtegebruik Valkenburg

























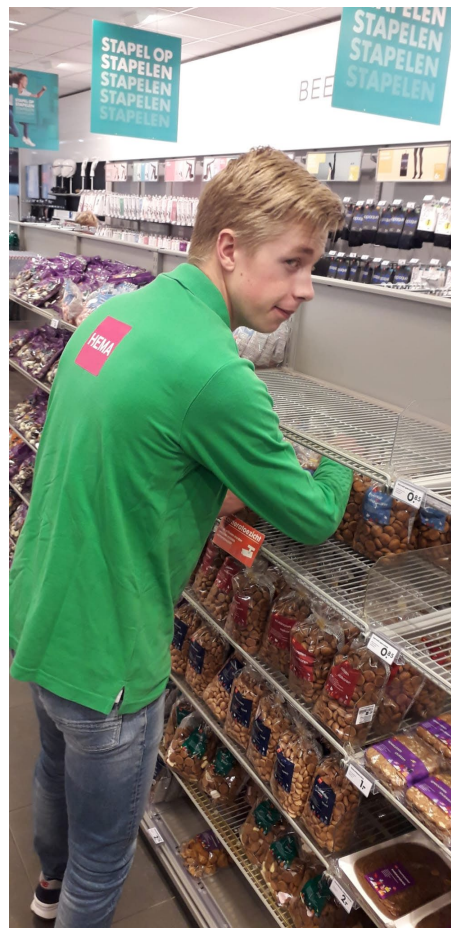
















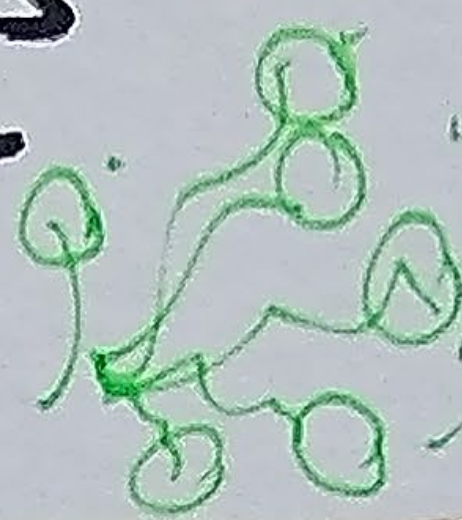






het echte  
leven ☺  
Eijsbert

iets  
Van  
Gys



Op jullie  
toekomst!  
Johan

Veel  
succes  
tot gauw  
xul

ED  
EDMAN!

ENNO

Het ga  
jullie goed!  
Tot ziens,  
X x X  
Jlona

Trots  
op  
je "xul"

GEFELICITEERD!  
FJNE  
VAKAVTIE  
TRISTAN

Werk x,  
maar niet  
meer thuis  
Bota

Gefeliciteerd  
Veel succes  
maar vooral  
Veel plezier  
in je werk  
Gysbert

Jullie zijn:  
☒ Geschikt

☐ ongeschikt  
Stefan!

ERKSE!  
TRISTAN

Wat een  
jaar  
succes en  
happelijk



Volgende keer  
beter....  
chnee!

gefeliciteerd  
MAAK D  
WAT MOO  
✓ A

