

# RAPPORT

## HSL Zuid

### Risicoanalyse betondegeneratie

Klant: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Referentie: T&PBF4341R002F2.0

Versie: 2.0/Finale versie

Datum: 24 augustus 2018



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Leidseveer 4  
3511 SB UTRECHT  
Netherlands  
Transport & Planning  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 55 00 **T**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: HSL Zuid

Ondertitel: Risicoanalyse betondegeneratie  
Referentie: T&PBF4341R002F2.0  
Versie: 2.0/Finale versie  
Datum: 24 augustus 2018  
Projectnaam: Risicoanalyse  
Projectnummer: BF4341  
Auteur(s):

Opgesteld door: \_\_\_\_\_

Gecontroleerd door: \_\_\_\_\_

Datum/Initialen: 24-08-2018  
\_\_\_\_\_

Goedgekeurd door: \_\_\_\_\_

Datum/Initialen: 24-08-2018  
\_\_\_\_\_

Classificatie

Projectgerelateerd



## Disclaimer

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.*

## Inhoud

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Risicoanalyse</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1      | Methode   | 4         |
| 2.2      | Algemeen  | 4         |
| <b>3</b> | <b>Classificatie van de Kunstwerken van de HSL</b>                  | <b>4</b>  |
| <b>4</b> | <b>Informatie Open bakken met stempels (kunstwerk type 6)</b>       | <b>6</b>  |
| <b>5</b> | <b>Beschikbare onderzoeken en resultaten</b>                        | <b>6</b>  |
| 5.1      | Vervolg onderzoek en maatregelen voor TRN                           | 6         |
| 5.2      | HSL 2 <sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit                    | 6         |
| 5.3      | Resultaten visuele inspectie Open bak met stempels (type 6)         | 7         |
| 5.4      | Resultaten laboratoriumanalyse                                      | 7         |
| 5.5      | Extrapolatie en interpretatie betononderzoek voor risicoanalyse     | 8         |
| 5.6      | Extrapolatie en interpretatie reparatie stempels voor risicoanalyse | 9         |
| 5.7      | Input voor risicoanalyse en Monte Carlo analyse                     | 9         |
| <b>6</b> | <b>Conclusie</b>  | <b>12</b> |

## Bijlagen

|    |   |
|----|---|
| A1 | Onderzoeksaanpak  |
| A2 | Invoer kostenberekenningsmodel en Monte Carlo Simulatie |
| A3 | Risicodatabase HSL betondegeneratie                     |
| A4 | Berekening kosten conform SSK                           |

## 1 Inleiding

Er zijn afwijkingen van de kwaliteit van het beton in de kunstwerken van de HSL geconstateerd, in eerste instantie voor de Tunnel Rotterdam Noord (TRN) maar vervolgens ook bij andere kunstwerken. Naar dit fenomeen is onder begeleiding van ProRail onderzoek gedaan. Het onderzoek<sup>1</sup> omvat de 215 betonnen kunstwerken in de HSL, waarvan 68 representatieve kunstwerken nader zijn onderzocht in "HSL (2de fase onderzoek beton kwaliteit). Voor de afwijkingen van de gewenste betonkwaliteit geldt dat risico's en kosten niet eenduidig zijn vast te stellen en dat die daarom op basis van een risicoanalyse dienen te worden bepaald.

Voor het eventueel vrijmaken van de financiële middelen voor het op het gewenste kwaliteitsniveau houden van de HSL heeft I&W verzocht deze risicoanalyse uit te voeren en daarbij gebruik te maken van de beschikbare informatie van de onderzoeken die zijn uitgevoerd vanuit ProRail.

Het bepalen van de risico's en de kosten voor afwijkingen in de betonkwaliteit is in eerste instantie door I&W verdeeld in de tranches 1 t/m 3.

### *Tranche 1*

Opstellen van een werk hypothese voor de risicoanalyse

Aanpak van tranche 1 en 2 mede op basis van de bevindingen van TRN

### *Tranche 2*

Risicoanalyse op basis van de werkhypothese voor TRN en de 5 zogenaamde garantie objecten (tunnel Dordtsche Kil, Tunnel Oude Maas, Cutting Galder, Cutting Prinsenbeek en Tunnel Westrik)

Plan van aanpak voor Tranche 3

### *Tranche 3*

Risico analyse van alle kunstwerken van de HSL op basis van de werkhypothese uit tranche 1

De uitvoering van de tranches is gekoppeld aan het beschikbaar komen en de resultaten van onderzoek dat door ProRail wordt uitgevoerd.

Royal HaskoningDHV heeft als onderdeel van tranche 1 een onderzoeksmethode<sup>2</sup> vastgesteld (BF4341-R001) voor de bepaling van de financiële gevolgen van afwijkingen van de betonkwaliteit. Deze is tevens opgenomen als Bijlage 1. In deze methode kunnen zowel extra (jaarlijkse) kosten voor inspectie of monitoring als ook herstelwerkzaamheden worden opgenomen.

In deze rapportage wordt de risicoanalyse integraal uitgevoerd (dus niet in tranches) waarbij van alle kunstwerken op de HSL de kwaliteit gerelateerd aan beton en de status van de stempels worden meegenomen. Uitgesloten daarvan zijn de reparaties van de stempels op de TRN welke nu (2018) door de aannemer worden uitgevoerd. Op basis van een interpretatie van die informatie zijn een risico analyse en een Monte Carlo analyse uitgevoerd, waarmee de reservering van een (aanvullend) budget bepaald is.

<sup>1</sup> Betreft Eindrapport HSL 2<sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit uitgevoerd door Royal HaskoningDHV en Movares met kenmerk BF4721R069 en uitgevoerd onder ProRail nummer TN Ref.: 110735.

<sup>2</sup> Dezelfde methode is gebruikt voor de bepaling van risico's en kosten voor de verplaatsingen/zettingen van 3 kunstwerken in de HSL referentie BF4341-R001-F0.1 van 3 juli 2018

## 2 Risicoanalyse

### 2.1 Methode

De methode om de onzekerheden over de status van de kunstwerken en de noodzaak en de omvang van de herstelwerkzaamheden te kwantificeren, is beschreven in Bijlage 1. Dit betreft dezelfde methode welke is aangehouden voor de risicoanalyse van zettingenverplaatsingen.

De uitgangspunten zijn opgenomen in Bijlage 2, deels zijn deze door ProRail verstrekt, deels komen deze uit eerder onderzoek. De invoer van de gegevens voor de risicodatabase is gepresenteerd in Bijlage 3. In Bijlage 4 is de berekening van de investeringskosten conform SSK weergegeven.

### 2.2 Algemeen

De informatie die momenteel verstrekt is over de afwijkingen van de kwaliteit van het beton van de kunstwerken, is verdeeld naar de volgende aspecten:

- Herstel werkzaamheden en toekomstige controles die zeker nodig zijn.
- Werkzaamheden, die met een nader te bepalen kans nodig zijn.

De specifieke acties die daarvoor per kunstwerk nodig zijn, zijn in hoofdstuk 4 t/m 5 vermeld. Daarnaast is in overleg met ProRail vastgesteld welke onzekerheden de voorgenomen maatregelen bevatten. Deze onzekerheden zijn momenteel moeilijk te kwantificeren, omdat aard en omvang van het benodigd herstelwerk en het tijdstip van voorkomen niet bekend zijn.

De opzet van de reguliere inspecties van de HSL kunstwerken, is voldoende om onverwachte gebeurtenissen tijdig te onderkennen en calamiteiten te voorkomen.

## 3 Classificatie van de Kunstwerken van de HSL

De kunstwerken voor de HSL zijn gebouwd in de periode 2002-2006 en de uitvoering is verdeeld over 6 contractdelen. In totaal zijn er 215 kunstwerken in de HSL.

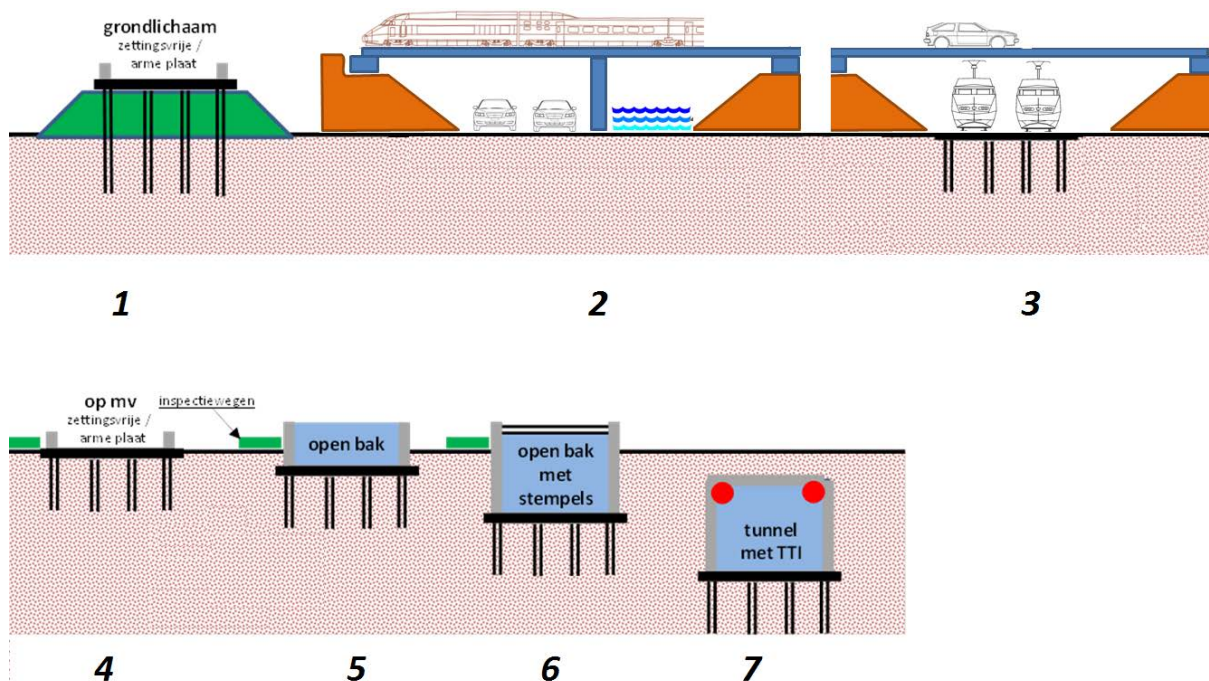
In het kader van de uitvoering van het onderzoek "HSL- 2de fase onderzoek beton kwaliteit" zijn de kunstwerken ingedeeld naar contractdeel en naar type kunstwerk.

De verdeling van de kunstwerken over de verschillende contractdelen is aangegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Aantal kunstwerken per tracé

| Tracé   | Aantal kunstwerken |
|---|--------------------|
| <b>I: Noordelijk Holland (NOH)</b>                | 47                 |
| <b>II: Boortunnel onder het Groene Hart (BOT)</b> | 4                  |
| <b>III: Zuid-Holland Midden (ZHM)</b>             | 32                 |
| <b>IV: Zuid-Holland Zuid (ZHZ)</b>                | 71                 |
| <b>V: Brabant Noord (BrN)</b>                     | 28                 |
| <b>VI: Brabant Zuid (BrZ)</b>                     | 33                 |
| <b>Totaal</b>                                     | 215                |

De verdeling van de kunstwerken naar types is gedaan op basis van de indeling die in Figuur 1 is opgenomen en die is samengevat in Tabel 2. Deze Figuur 1 wijkt af van de classificatie vermeld in Bijlage 1. Voor de methodiek heeft deze wijziging echter geen gevolgen.



Figuur 1 classificatie kunstwerken HSL

De duikers onder het spoor zijn uit prefab elementen opgebouwd, waarvan bekend is dat de kwaliteit van het beton geen problemen vertoont. Ook is het spoor op die plaatsen los van de duikers gefundeerd en is er daardoor geen wisselwerking tussen de duikers en de baan van de HSL. De duikers zijn daarom in dit onderzoek verder niet in beschouwing genomen.

Tabel 2 classificatie van de kunstwerken HSL

| Type  | Aantal kunstwerken |
|---|--------------------|
| <b>1: zettingsvrije/arme plaat op grondlichaam</b>    | 35                 |
| <b>2: spoor kunstwerk (spoor boven langs)</b>         | 79                 |
| <b>3: kunstwerk boven maaiveld (spoor onderdoor)</b>  | 8                  |
| <b>4: zettingsvrije/arme plaat op maaiveld</b>        | 39                 |
| <b>5: open bak</b>                                    | 2                  |
| <b>6: open bak met stempels</b>                       | 13                 |
| <b>7: tunnel met (tunnel) technische installaties</b> | 5                  |
| <b>8: duikers</b>                                     | 34                 |
| <b>Totaal</b>   | 215                |

## 4 Informatie Open bakken met stempels (kunstwerk type 6)

Op basis van visuele inspectie en aanvullend (laboratorium) onderzoek is voor het kunstwerk Tunnel<sup>3</sup> Rotterdam Noord (TRN) ernstige twijfel ontstaan over de kwaliteit van het beton van het kunstwerk. Nader onderzoek gaf aan dat de problemen vooral betrekking hebben op de stempels in de open delen van de tunnel (type 6). Voor een deel van die stempels valt te betwijfelen of die aan de geplande levensduur voldoen en/of er voldoende zekerheid bestaat na enkele decennia over het veilig functioneren van de stempels tijdens het gebruik van de HSL. De resultaten van de waarnemingen zijn besproken in een 'expertmeeting' waarin ProRail, TNO, SGS Intron en Movares waren vertegenwoordigd. Vanuit deze expertmeeting is aangegeven, dat het vastgestelde schadebeeld is ontstaan door een verhoogde vochtindringing in het de horizontale delen van het beton in combinatie met de (matige) betonkwaliteit. In overleg met de TNO, de aannemer en diverse andere deskundigen is aangegeven, dat de oplossing voor het probleem moet worden gevonden in een methode waarbij de vochtindringing in het beton wordt weggenomen.

Op basis van voorgaande informatie is besloten om voor de gehele HSL een "HSL- 2<sup>de</sup> fase onderzoek beton kwaliteit" uit te voeren. Er was al eerder vastgesteld dat kunstwerken waar geen vochtindringing plaatsvindt en/ of prefabbeton elementen zijn toegepast, geen schade vertonen. Daarom zijn de gesloten delen van tunnels (type 7) en duikers niet in het onderzoek betrokken.

## 5 Beschikbare onderzoeken en resultaten

### 5.1 Vervolg onderzoek en maatregelen voor TRN

In verschillende fasen<sup>4</sup> heeft een visuele inspectie plaatsgevonden van het kunstwerk TRN (type 6) en zijn monsters genomen en in het laboratorium geanalyseerd. Daaruit is gebleken dat een aanzienlijk deel van de stempels een verontrustend schadebeeld toont.

Uiteindelijk is een visuele inspectie uitgevoerd van alle stempels van de TRN in samenwerking met de aannemer die het kunstwerk heeft gebouwd. Daarbij is het aangetroffen schadebeeld ingedeeld in de klasse 0 tot en met 5, waarbij klasse 0 geen schade betekent en klasse 5 ernstige schade. Op basis van deze indeling is besloten om voor de stempels met schadebeeld klasse 3, 4 en 5 herstelwerkzaamheden uit te voeren.

Het principe om de vochtindringing in de stempels te verminderen en waarschijnlijk zelfs helemaal weg te nemen is uitgewerkt door de aannemer en zal worden toegepast op 38 van de in totaal 145 stempels (26% van de stempels) waar het schade beeld als klasse 3, 4 en 5 is gekenmerkt. Stempels met schadebeeld klasse 1 en 2 (klasse 0 komt niet voor) vallen buiten de herstelmaatregel, maar zullen mee worden genomen in de reguliere inspecties.

### 5.2 HSL 2<sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit

Van de 215 kunstwerken behoren er 39 niet tot het type waar de betonkwaliteit een probleem is (34 duikers en 5 gesloten delen van tunnels), zodat er 176 kunstwerken resteren die voor onderzoek in aanmerking komen. Van deze 176 kunstwerken zijn er op basis van een bureau studie 68 (ca 40%) geselecteerd in het kader van het onderzoek "HSL 2e fase onderzoek betonkwaliteit". Omdat type 6 kunstwerken "Open bak met stempels" op basis van de gegevens van TRN het meest risicovol werden

<sup>3</sup> Waar in dit document over tunnel wordt gesproken, wordt bedoeld het deel dat aan invloeden van weer en wind is blootgesteld. Het betreft derhalve de open delen bestaande uit de toeritten en/ of de verdiepte bakken met stempels type 6.

<sup>4</sup> Dit betreft een onderzoek van RIS met referentie RIS430-8/pouc/017 en een inspectie van Royal HaskoningDHV in samenwerking met BAM een visuele inspectie onder referentienummer T&PBE9885-109-100-M01 en T&PBE9885-109-100-M02.

geacht, zijn van dat type alle objecten onderzocht (11 van de 13) <sup>5</sup>. De verdeling van de types onderzochte kunstwerken is vastgelegd in Tabel 3.

Tabel 3 classificatie van de kunstwerken van HSL 2e fase betononderzoek

| Type en aantal kunstwerken                            | Totaal | Onderzocht |
|---|--------|------------|
| <b>1: zettingsvrije/arme plaat op grondlichaam</b>    | 35     | 13         |
| <b>2: spoor Kunstwerk (spoor boven langs)</b>         | 79     | 31         |
| <b>3: kunstwerk boven maaiveld (spoor onder door)</b> | 8      | 6          |
| <b>4: zettingsvrije/arme plaat op maaiveld</b>        | 39     | 5          |
| <b>5: open bak</b>                                    | 2      | 2          |
| <b>6: open bak met stempels</b>                       | 13     | 11         |
| <b>7: tunnel met tunnel technische installaties</b>   | 5      | 0          |
| <b>8: duiker</b>                                      | 34     | 0          |
| <b>Totaal</b>   | 215    | 68         |

HSL 2e fase onderzoek betonkwaliteit bestond naast een visuele inspectie ook uit het nemen en in het laboratorium onderzoeken van betonmonsters om vast te stellen wat mogelijke oorzaken zijn van visueel vastgestelde schade en omgekeerd, om te bepalen of visueel goed uitziende objecten onderhevig zijn aan niet zichtbare betondegeneratie.

### 5.3 Resultaten visuele inspectie Open bak met stempels (type 6)

Voor de kunstwerken type 6 zijn geen stempels aangetroffen die een te hoog schadebeeld tonen, dat wil zeggen hoger dan schade klasse 2 volgens de definitie in paragraaf 5.1

Wel blijkt uit de visuele inspectie van het HSL 2<sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit, dat er soms mosgroei plaatsvindt op de stempels en aan de bovenzijde van de wanden, maar in mindere mate dan bij de TRN. In de aanbeveling voor dit type kunstwerk is daarom een jaarlijkse inspectie voorgesteld van dit type kunstwerk welke gericht is op de constructieonderdelen waar schadebeelden zijn geconstateerd.

Of gedurende de levensduur alsnog wordt vastgesteld dat maatregelen nodig zijn, is op dit moment niet te voorzien.

### 5.4 Resultaten laboratoriumanalyse

Voor 5 kunstwerken is op basis van de laboratoriumtesten vastgesteld dat er onvoldoende zekerheid bestaat over de wijze waarop degeneratie doormiddel van carbonatatie plaatsvindt. Dit zou kunnen betekenen dat gedurende de levensduur van deze kunstwerken de wapening kan worden aangetast. Het betreft vanuit het onderzoek de volgende type kunstwerken:

- 3 kunstwerken type 2<sup>6</sup>, dit is ca 10% van de 31 onderzochte kunstwerken en ca 4% van de in totaal 79 kunstwerken van dit type.
- 2 kunstwerken type 6<sup>7</sup>, dat is ca 18% van de 11 onderzochte kunstwerken
- 

Er is op dit moment nog geen schade vastgesteld, (schadeklasse 0 of 1), maar als de wapening wordt aangetast kan schade klasse 5 optreden. Technisch constructief dient het kunstwerk dan als onveilig te zijn verklaard. Indien schadeklasse 5 optreedt in delen boven het spoor komt daar nog bij dat dit tot

<sup>5</sup> Vanuit HSL 2<sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit zijn 11 van de 13 kunstwerken met stempels onderzocht. De ontbrekende 2 zijn de kunstwerken van TRN (Toegang Noord TRN & Toegang Zuid TRN). Deze meenemend zijn alle kunstwerken met stempels van de HSL geïnspecteerd.

<sup>6</sup> Deelrapport van HSL 2<sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit met kenmerk BF4721R004, BF4721R041 & BF4721R046

<sup>7</sup> Deelrapport van HSL 2<sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit met kenmerk BF4721R013 & BF4721R030



onveilige situaties kan leiden en de veilige berijdbaarheid aantasten. Deze situatie zal in de komende decennia echter nog niet aan de orde zijn.

Voor deze kunstwerken is door de onderzoekers voorgesteld om over ongeveer 10 jaar (bij de reguliere hoofdinspectie) in elk geval een uitgebreider onderzoek (boorkernen onderzoeken in het laboratorium) uit te voeren, om inzicht te krijgen in het tempo van de degeneratie. Tot die tijd is de reguliere inspectie voldoende. Op dit moment is voor deze kunstwerken niet aan te geven of na enkele decennia maatregelen nodig zijn.

## 5.5 Extrapolatie en interpretatie betononderzoek voor risicoanalyse

Het "HSL 2e fase onderzoek betonkwaliteit" bevat alle type kunstwerken welke voorkomen op de HSL met uitzondering van de duikers en de gesloten tunnels. Ook heeft het onderzoek zich toegespitst op alle zes tracés van de HSL. Om die reden kunnen de resultaten van dat onderzoek geëxtrapoleerd worden naar de gehele HSL.

In Tabel 4 is het aantal kunstwerken uit het betononderzoek afgezet tegen het aantal kunstwerken op de gehele HSL. Tevens zijn in die tabel de bevindingen van het onderzoek samengevat en zijn op basis daarvan aanvullende maatregelen weergegeven waarvan in de risicoanalyse is uitgegaan.

Voor een uitgebreidere verklaring van de aanvullende maatregelen wordt verwezen naar Bijlage 2.

Tabel 4 Vergelijking alle kunstwerken HSL met kunstwerken (kw'n) betononderzoek

| Type kunstwerken                              | Aantal kunstwerken<br>Totaal/ Aantal kunstwerken onderzocht | Resultaat onderzoek  | Aanvullende Maatregel   | Restrisico |
|---|---|--|---|------------|
| 1: zettingsvrije/arme plaat op grondlichaam   | 35/13   | Geen bijzonderheden  | geen  | geen       |
| 2: spoorkunstwerk (spoor boven langs)         | 79/31   | Laboratorium onderzoek: 3 kw'n onzeker vanwege verhoogde carbonatatie  | Over ca 10 en 50 jaar opnieuw laboratorium onderzoek bij 8 <sup>8</sup> van deze kunstwerken. Percentage gelijk als bij reeds onderzochte kunstwerken.  | aanwezig   |
| 3: kunstwerk boven maaiveld (spoor onderdoor) | 8/6   | Geen bijzonderheden  | geen  | geen       |
| 4: zettingsvrije/arme plaat op maaiveld       | 39/5  | Geen bijzonderheden  | geen  | geen       |
| 5: open bak                                   | 2/2   | Geen bijzonderheden  | geen  | geen       |
| 6: open bak met stempels                      | 13/11 <sup>9</sup>  | Visueel: schadeklasse stempels < 3<br><br>Laboratorium onderzoek: 2 kw'n onzeker vanwege verhoogde degeneratie | Jaarlijks inspecteren alle objecten gericht op de onderdelen waar een schadebeeld is geconstateerd.<br><br>Over ca 10 jaar en 50 jaar opnieuw laboratorium onderzoek bij 4 van deze kunstwerken. Beide kunstwerken onderzocht bij HSL | aanwezig   |

<sup>8</sup> 3 van 31 onderzochte kunstwerken (is 10%) hebben een verhoogde carbonatatie, voor alle 79 kunstwerken zou dit dat bij 8 kunstwerken kunnen voorkomen

<sup>9</sup> Zie hoofdstuk 5.2 : De 2 toeritten van de TRN zijn ook onderzocht.

|   |        |  | 2 <sup>e</sup> fase onderzoek<br>betonkwaliteit en beide<br>kunstwerken van TRN. |        |
|---|--------|--|--|--------|
| <b>7: tunnel met tunnel technische installaties</b> | 5/nvt  | Niet, omdat voor deze kunstwerken geen problemen zijn vastgesteld. | n.v.t.   | n.v.t. |
| <b>8: duiker</b>                                    | 34/nvt | niet, omdat voor deze kunstwerken geen problemen zijn vastgesteld. | n.v.t.   | n.v.t. |
| <b>Totaal</b>                                       | 215    | 68   |  |        |

## 5.6 Extrapolatie en interpretatie reparatie stempels voor risicoanalyse

Op basis van de herstelmaatregelen van de TRN en het HSL 2<sup>e</sup> fase onderzoek betonkwaliteit dient er voor de risicoanalyse ook te zijn meegenomen dat er in de toekomst nog stempels hersteld moeten worden.

### TRN

Voor de TRN wordt verondersteld dat voor een 14-tal stempels in de toekomst nog herstelmaatregelen benodigd zijn. Een onderbouwing hiervoor is weergegeven in Bijlage 2.

### Overige kunstwerken

Op basis van de resultaten van het HSL 2<sup>e</sup> fase betononderzoek is verondersteld dat in de toekomst voor 17 stempels in de toekomst herstelmaatregelen benodigd zijn. Een onderbouwing hiervoor is weergegeven in Bijlage 2.

In totaal worden voor 14+17=31 stempels maatregelen voorzien. Deze zullen niet allemaal tegelijkertijd optreden en zullen ook niet ieder afzonderlijk worden gerepareerd. De veronderstelling is dat dit in 3 batches gebeurt van elk ca 10 stempels met een interval van ca 10 jaar in de periode 2020 – 2060. Eventueel geconstateerde schades na 2060 worden verondersteld geen effect meer te hebben op de restlevensduur van de kunstwerken tot einde levensduur van de HSL

## 5.7 Input voor risicoanalyse en Monte Carlo analyse

In Tabel 4 zijn de te nemen maatregelen en de rest risico's aangegeven die op basis van het uitgevoerde onderzoek naar de betonkwaliteit van de kunstwerken van de HSL zijn gedetecteerd.

Er is aangenomen dat de kosten voor reguliere inspectie zijn opgenomen in het budget voor het reguliere onderhoud van de HSL. Daarvan uitgaande dient met de volgende extra kosten te worden gerekend:

### 1. Inspectie van kunstwerken met stempels

De reguliere inspectie uitgevoerd in opdracht van ProRail omvat een 3-jaarlijkse inspectie van de stempels. In de risicoanalyse wordt het advies van het 2<sup>e</sup> fase onderzoek gevolgd om die inspecties jaarlijks uit te voeren voor alle 13 kunstwerken met stempels. Deze activiteiten worden omgezet naar jaarlijkse kosten, die tijdens de resterende levensduur van de HSL nodig zijn.

2. *Reparatie van stempels*

Totaal komen er verdeeld over 13 kunstwerken 491 stempels in de HSL voor, waarvan er 145 onderdeel zijn van de TRN. Momenteel wordt het herstel van 38 van de 145 stempels (26%) van de TRN voorbereid. De kosten voor het herstel van deze 38 worden via de aannemer verrekend en zijn om die reden niet meegenomen in deze risicoanalyse.

De kosten voor het herstel van de stempels zijn opgegeven door ProRail op basis van het project TRN.

Voor de risicoanalyse wordt uitgegaan dat op termijn op de HSL voor 31 stempels een zelfde behandeling benodigd is als bij de stempels TRN. Hiervan bevinding zich er 14 in de TRN en 17 in de overige 11 kunstwerken met stempels.

Omdat thans geen schade wordt waargenomen wordt aangehouden dat die herstelwerkzaamheden in gelijke delen gespreid in de tijd nodig zijn.

3. *Vervolg Onderzoek aan 12 kunstwerken met een verhoogde carbonatatie diepte.*

Aanvullend onderzoek naar de kunstwerken waar thans een verhoogde carbonatatie diepte is waargenomen is voorzien na 10 jaar en opgenomen voor 12 kunstwerken. Om ook op lange termijn de ontwikkeling van de carbonatatie diepte te volgen, wordt na 50 jaar voor 50% van de kunstwerken dit onderzoek herhaald (6 kunstwerken).

4. *Risico van een reparatie van beton met een verhoogde carbonatatie diepte*

Hoewel niet voorzien, bestaat de mogelijkheid dat er kunstwerken niet de vereiste levensduur zullen bereiken en herstelwerk nodig is. De kans is het grootst dat gezien de thans beschikbare informatie een type 2 of een type 6 constructie dient te worden behandeld. Hierbij is verondersteld dat het gaat om eenmalig type 6 en tweemaal type 2.

Onbekend is waar in de constructie het probleem zich voordoet en in welke mate. Hiervoor is een aanneme gedaan welke is onderbouwd in Bijlage 2. Kleine reparaties aan het beton die ontstaan, worden geacht uit het reguliere onderhoud te worden betaald. Daarbij wordt in de tijd nog wel tweemaal een restrisico toegewezen, het bedrag is onderbouwd in Bijlage 2.

In Bijlage 2 is de input voor de kostenberekening op basis van de SSK-methode en voor de Monte Carlo simulatie gepresenteerd. In de Figuur 2 op de volgende pagina is de input verdeeld over de tijd, op basis van paragraaf 5.5, paragraaf 5.6 en Bijlage 2.

| Input Risco-analyse |  | 2020   | 2040  | 2060   | 2070   | 2110                   |
|---------------------|--|--|---|--|--|------------------------|
| Stempels            | Input\jaartal  | <p>Op basis van HSL 2e fase Betononderzoek rekening houdend met herstel van de overige stempels. Dit betreft reparatie 31 stuks, nader te bepalen op basis van jaarlijkse inspectie.</p>   | <p>Reparatie 10 stempels a €15.000,- per stuk</p> | <p>Jaarlijkse inspectie a €54.000,- per jaar</p> <p>Reparatie 10 stempels a €15.000,- per stuk</p> | <p>Reparatie 11 stempels a €15.000,- per stuk</p>  | <p>Geen reparaties</p> |
| Beton onderzoek     | <p>Vervolgonderzoek betonkwaliteit aan 12 kunstwerken. Gebaseerd op HSL 2e fase Betononderzoek. Plus grootschalig onderhoud na aanleiding van uitkomsten</p> | <p>Onderzoek aan 12 kunstwerken waarvan - 8 type 2 en - 4 type 6 a €15.500,- per kunstwerk</p> <p>Enmalig groot onderhoud aan de wanden van één type 6 kunstwerk a €1.000.000,-</p> <p><b>Restrisico</b><br/>Versnellen regulier onderhoud aan 3 KW a €100.000,-</p> |   |  | <p>Geen acties</p> <p>Op basis van het onderzoek 2020, vervolgonderzoek aan 6 kunstwerken, nader te bepalen A €15.500,- per kunstwerk</p> <p>Enmalig groot onderhoud aan de pijlers van 2 type 2 en aan de wanden van 1 type 6 kunstwerken a €1.000.000,- per kunstwerk</p> <p><b>Restrisico</b><br/>Versnellen regulier onderhoud aan 2 KW a €100.000,-</p> |                        |

Figuur 2 Input RA analyse

## 6 Conclusie

Het totaal van de maatregelen kost globaal € 23.6 miljoen inclusief BTW. In deze post zit globaal € 6.4 miljoen risicoreservering waarvan globaal 3 miljoen aan “scheefte”. Deze scheefte wordt veroorzaakt door de grote onzekerheid (-50% en + 100%) van de herstelkosten die worden verondersteld nodig te zijn aan de pijlers (kunstwerk type 2) en wanden (kunstwerk type 6). Uit de probabilistisch berekening volgt dat met 70% zekerheid kan worden gesteld dat de totale kosten tussen globaal € 15.5 en € 33 miljoen zullen uitkomen met een gemiddelde van de eerdergenoemde € 23.6 miljoen inclusief BTW.

## A1    **Onderzoeksaanpak**

# De Risicoanalyse HSL Zuid

Onderzoeksaanpak  
Beton degeneratie en zettingen/verplaatsingen HSL zuid

Klant: Ministerie Milieu & Infrastructuur

Referentie: T&PBF4341R001F1.0

Versie: 1.0/Finale versie

Datum: 2 oktober 2017

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Leidseveer 4  
3511 SB Utrecht  
Netherlands  
Transport & Planning  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 55 00 **T**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Onderzoeksaanpak Risicoanalyse HSL Zuid

Ondertitel: betondegeneratie en zettingen/verplaatsingen  
Referentie: T&PBF4341R001D0.3  
Versie: 1.0/Finale versie  
Datum: 2 oktober 2017  
Projectnaam: RA HSL Zuid  
Projectnummer: BF4341  
Auteur(s): Ed Antoine, Jack Sip

Opgesteld door: Ed Antoine

---

Gecontroleerd door: Jack Sip

---

Datum/Initialen:

---

Goedgekeurd door: Jack Sip

---

Datum/Initialen:

---

Classificatie

Alleen voor intern gebruik



## Disclaimer

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.*



## Inhoudsopgave

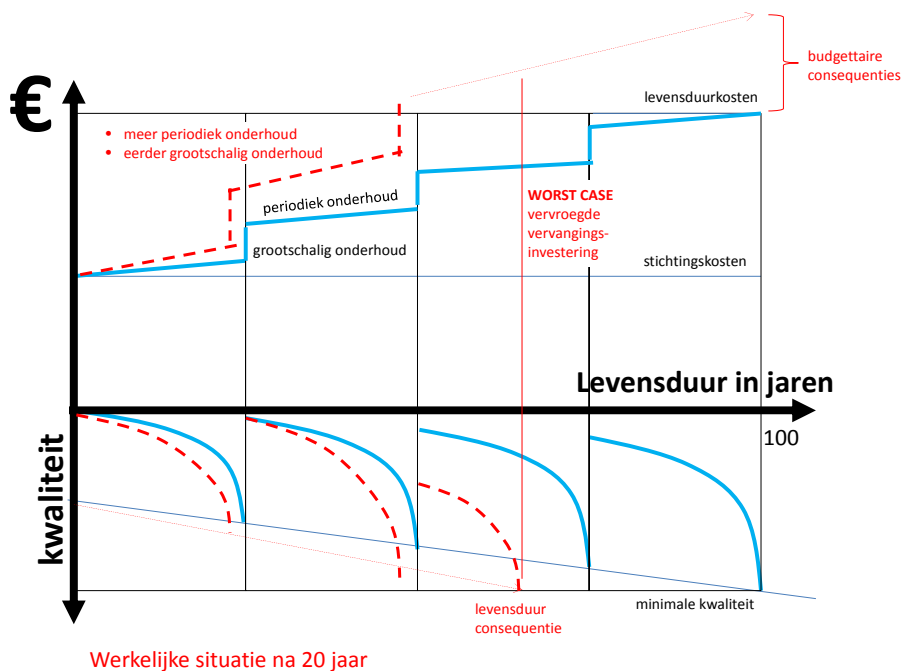
|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                         | <b>2</b> |
| <b>2</b> | <b>Methodebeschrijving risicoanalyse</b> | <b>3</b> |
| 2.1      | Inleiding                                | 3        |
| 2.2      | Uitwerking                               | 3        |
| 2.3      | Onderzochte informatie                   | 4        |
| 2.4      | Stappenplan Risico analyse               | 4        |
| 2.4.1    | Classificatie kunstwerken                | 5        |
| 2.4.2    | Inventarisatie schade                    | 6        |
| 2.4.3    | Risico classificatie                     | 7        |
| 2.4.4    | Maatregelen                              | 8        |
| 2.4.5    | Restrisico's                             | 9        |
| 2.4.6    | Risico database                          | 9        |
| 2.5      | Verwerken onderzoeksresultaten           | 10       |
| 2.6      | Werksessies                              | 11       |
| 2.7      | Rapportage                               | 11       |

## 1 Inleiding

Aan de HSL Zuid baan zijn gebreken geconstateerd, die bestaan uit ongewenste verplaatsingen/zettingen van kunstwerken en uit degeneratie van beton. De oorzaak en de omvang van de gebreken zijn slechts voor een deel bekend, waardoor ook de kosten die voor herstelwerkzaamheden nodig kunnen zijn, niet te bepalen zijn.

RHDHV heeft van het ministerie van I&M opdracht gekregen om op basis van de beschikbare gegevens een risicoanalyse te maken en op basis daarvan een schatting te maken van de kosten. De methode waarop uitvoering wordt gegeven aan de opdracht wordt in dit rapport beschreven.

Het doel van de opdracht is in de volgende figuur schematisch is weergegeven.



figuur 1 Effect van versnelde degeneratie en verplaatsingen op levensduur en kosten van een kunstwerk

## 2 Methodebeschrijving risicoanalyse

### 2.1 Inleiding

De wijze waarop risico's en kosten worden bepaald zonder dat volledig inzicht bestaat over de achterliggende schade en de noodzakelijke maatregelen vereist een bijzondere aanpak. Bij een traditionele opzet van een risico evaluatie is te verwachten dat er geen duidelijke resultaten worden bereikt. Dit kan zich uiten in een (te) grote bandbreedte of zelfs geen resultaat bijvoorbeeld als niet kan worden bepaald hoe een beheersmaatregel of herstelwerk uitgevoerd kan worden terwijl de HSL in gebruik is.

Het voorgaande is ook in de aanvraag onderkend, zodat I&M voorstelt het door RWS gebruikte Issue model toe te passen voor Vervanging & Renovatie (V&R).

Centraal in de Issue Analyse Methode staan de 'hoe' en 'waarom' vragen. Deze methode helpt om een logische ordening aan te brengen tussen de verschillende aspecten, de reeds aanwezige informatie en mogelijke resultaten van de lopende onderzoeken.

- het gebrek aan duidelijkheid over de schade zelf (voorafgaand aan de risicoanalyse en op basis van de beschikbare informatie en kennis) en de oorzaak van de schade.
- de gevolgen van de schade; de verschillende risico's die er zijn door betonschade en verplaatsingen; constructief falen en/of losraken van betondelen tijdens de exploitatie.
- het formuleren van mogelijke beheersmaatregelen en deze te classificeren naar effectiviteit op de reductie van schade, kosten en uitvoerbaarheid.
- de impact van het uitvoeren van de beheersmaatregelen op de bedrijfsvoering van de HSL-Zuid te beoordelen, die te kwantificeren in tijd en kosten en die vervolgens onderdeel te maken van de risico analyse.

Hoewel de "schade" mechanismes verschillend zijn, wordt de methode zowel voor zettingen/verplaatsingen als voor beton degeneratie toegepast.

### 2.2 Uitwerking

RHDHV heeft de methode uitgewerkt en daarbij rekening gehouden met de door I&M aangegeven tranches voor de uitvoering. Voor de verplaatsingen wordt uitgegaan van één tranche (tranche 1), voor de beton degeneratie zijn de volgende tranches van toepassing:

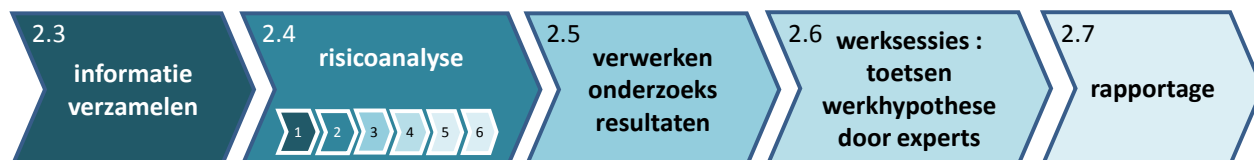
- tranche 1 betreft het voorbereiden van de risicoanalyse, het formuleren van een eerste initiële werkhypothese betreffende TRN<sup>1</sup> en deze toetsen met een expertgroep in een interactieve sessie.
- tranche 2 betreft het aanscherpen van de initiële werkhypothese en het onderzoek en de risicoanalyse verder uitbreiden naar 5 garantieobjecten. Deze tranche wordt afgesloten met een rapportage.
- tranche 3 betreft het verder uitbreiden van de risicoanalyse naar andere objecten van HSL Zuid.

De scope van het huidige onderzoek omvat tranche 1 en 2. De voorgestelde aanpak is er op gericht dat tranche 3 op vergelijkbare wijze kan worden uitgewerkt en wordt toegevoegd aan de resultaten van tranche 1 en 2.

---

<sup>1</sup> TRN = Tunnel Rotterdam Noord

De stappen in het onderzoek zijn voor elke tranche vergelijkbaar, de diepgang en scope kunnen veranderen, afhankelijk van de onderzoeksresultaten. Deze stappen zijn in figuur 2 schematisch weergegeven en zijn in de volgende hoofdstukken nader uitgewerkt. De risicoanalyse is nog weer onderverdeeld in 6 stappen welke nader zijn uitgewerkt in hoofdstuk 2.4.



figuur 2 onderzoek stappen betondegeneratie

## 2.3 Onderzochte informatie

Omdat er zeer veel informatie beschikbaar is en er tal van lopende onderzoeken zijn is besloten geen nieuwe technische onderzoeken te starten. Op basis van bestaande onderzoeken en rapporten is de aanpak in dit hoofdstuk nader uitgewerkt.

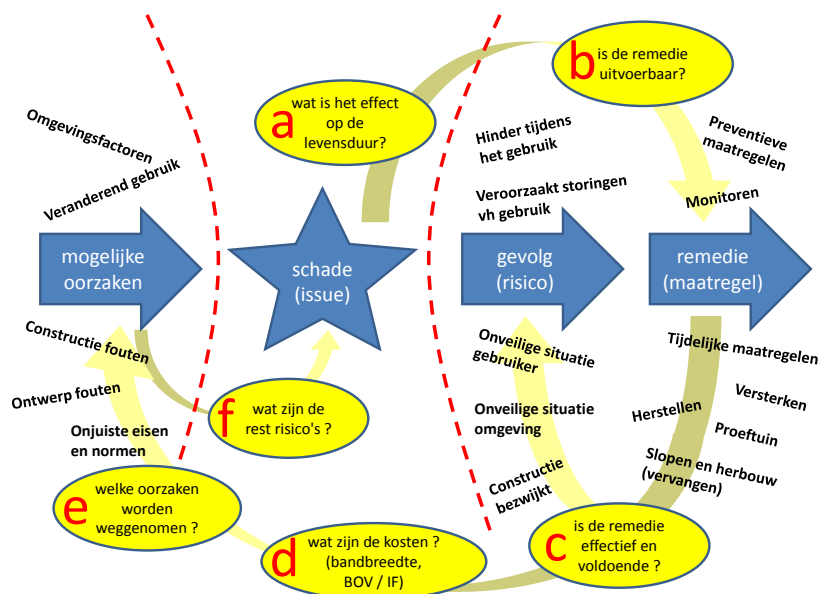
De resultaten van de lopende onderzoeken van ProRail en TNO worden in het najaar van 2017 verwacht. Daarnaast is een vervolg onderzoek voorzien naar de betonkwaliteit van kunstwerken in de HSL. Dit onderzoek is thans in voorbereiding en afronding wordt verwacht medio 2018.

## 2.4 Stappenplan Risico analyse

RHDHV heeft het volgende concept neergelegd voor de risicoanalyse, zie figuur 3. De risicoanalyse gaat uit van de centrale vraag ‘welke kosten zijn nodig om de schade te herstellen en indien mogelijk de oorzaken zoveel mogelijk weg te nemen of te reduceren en wat is het effect hiervan op het in de begroting gereserveerde budget?’.

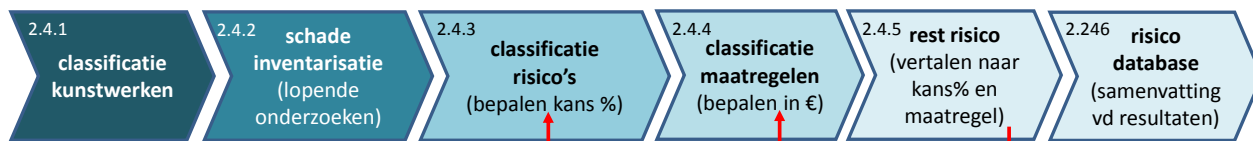
Afhankelijk van de aard, ernst en omvang van de schade worden maatregelen geformuleerd die bij een schadebeeld horen. Elke maatregel wordt beoordeeld op uitvoerbaarheid en effectiviteit. De uitvoerbaarheid wordt in sterke mate bepaald door de bedrijfsvoering en dienstregeling van de HSL waarbij beperkte “tijd slots” beschikbaar zijn voor het uitvoeren van maatregelen. Met de toets op effectiviteit wordt onderzocht of de maatregel daadwerkelijk verdere schade voorkomt of beperkt en welke restrisico’s er over blijven.

Als de maatregel uitvoerbaar en effectief is kunnen de kosten in kaart worden gebracht met een inschatting van de bandbreedte en informatie of het periodieke of eenmalige kosten zijn. Tegelijk kan worden gekeken of er mogelijke oorzaken met de maatregel in verband kunnen worden gebracht, of deze mogelijke oorzaken geheel of gedeeltelijk kunnen worden weggenomen en welke restrisico’s overblijven. Waarna de cyclus zich weer herhaalt met de vraag ‘wat is het effect op het te reserveren budget?’.



figuur 3 concept risicoanalyse

Het voorgaande concept is vertaald in onderstaande stappen, zie figuur 4. Deze stappen zijn in de volgende hoofdstukken nader uitgewerkt.



figuur 4 stappen risicoanalyse

De resultaten van deze analyse worden per stap systematisch verzameld en vastgelegd in een risico database.

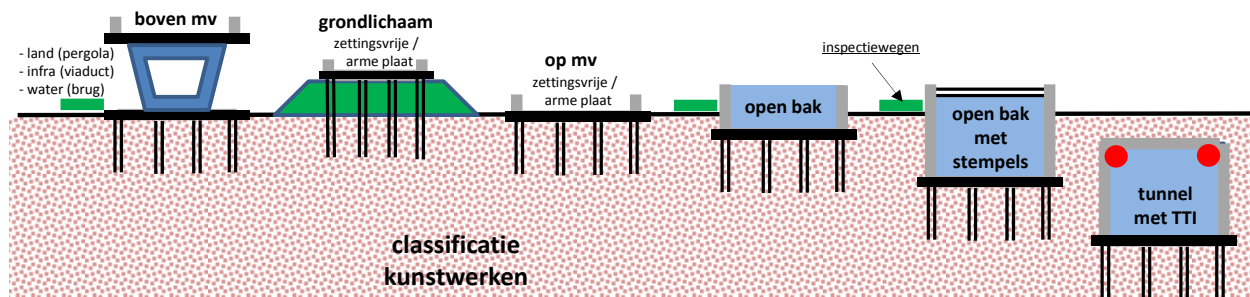
## 2.4.1 Classificatie kunstwerken

Voor het uitwerken van de beton degeneratie wordt in eerste aanleg een beperkt aantal kunstwerken onderzocht<sup>2</sup>, maar het einddoel is om voor de gehele HSL-Zuid een risicoanalyse te maken. Daartoe is het nodig de kunstwerken en onderdelen van kunstwerken te classificeren. Dit vereenvoudigt de risicoanalyse en maakt het statistisch mogelijk te onderzoeken of er correlaties zijn tussen schadebeelden en (onderdelen) van kunstwerken.

De classificatie van de kunstwerken is in figuur 5 schematisch weergegeven.

Voor verplaatsingen/ zettingen zijn zowel de kunstwerken als de schade mechanismes zo verschillend dat de 3 betrokken kunstwerken elk afzonderlijk worden behandeld.

<sup>2</sup> In tranche 1 wordt alleen TRN onderzocht en in tranche 2 worden 5 garantie objecten toegevoegd. In tranche 3 worden meer objecten toegevoegd, maar die vallen buiten de scope van de huidige opdracht. In de opzet van de analyse is rekening gehouden met het uitbreiden van het aantal objecten.



figuur 5 schema kunstwerk classificatie

Als voorbeeld bestaat de tunnel Rotterdam Noord (TRN) samengesteld uit 3 verschillende classificaties, (i) open bak, (ii) open bak met stempels en (iii) het gesloten deel (tunnel) met de tunnel technische installaties (TTI). Er kan schade zijn aan de wanden, de stempels, het dek/dak, de Tunnel Technische Installatie (TTI) of aan de omgeving zoals de inspectiepaden etc.

In de risico database zijn de volgende labels opgenomen:

- naam of identificatie van het kunstwerk
- type kunstwerk
- onderdeel van het kunstwerk

Voor de overige objecten geldt dezelfde aanpak.

## 2.4.2 Inventarisatie schade

Er zijn een aantal lopende onderzoeken van TNO en ProRail naar schadebeelden en eventuele mogelijke oorzaken. Deze onderzoeken zijn nog gaande.

De volgende onderzoeken zijn gaande en waar beschikbaar is aangegeven wat de verwachte datum is waarop de gegevens beschikbaar zullen zijn:

- onderzoek door TNO naar betondegeneratie in opdracht van ProRail
- Onderzoek kwaliteit van de betonnen stempels in de TRN, deels in overleg met de aannemer (2016 en eind 2017). Onderdeel van dit werk is een analyse van mogelijke herstelwerkzaamheden.
- De resultaten van de vorige acties zijn input voor het eventueel opzetten van proeftuintjes. Dat zijn methoden om de herstelwerkzaamheden in de praktijk te testen. In de werksessies wordt onderzocht of proeven nodig zijn.
- In de praktijk te testen kap Barendrecht voor zover het de buizen voor de HSL betreft. Dit onderzoek start begin september 2017 in opdracht van ProRail. Afronding is voorzien voor in 2017.
- Grootschalig onderzoek naar geselecteerde objecten van HSL Zuid. De eerste resultaten worden in de eerste helft van jaar van 2018 verwacht.
- Onderzoek door SBR-CURnet in opdracht van ProRail naar de oorzaken van mosgroei. De afronding is rond december 2017 voorzien. Dit onderzoek heeft geen primaire focus voor de risicoanalyse, maar kan secundair inzicht geven op het effect van de voorgestelde maatregelen op mosgroei.

Uit de lopende onderzoeken moet blijken welke onderdelen van de kunstwerken zijn aangetast en wat de mate van aantasting is. De plaats, ernst en omvang van de aantasting zijn van invloed op het risico van het schadebeeld.

De mate van aantasting zal verder worden gestandaardiseerd bij het bestuderen van de onderzoeken. Te denken valt aan de volgende indeling:

- vervuild, geen/geringe oppervlakte schade
- mosgroei, geen/geringe oppervlakte schade
- matig schade: zichtbare scheuren (geen afbreuk aan functionaliteit)
- serieuze schade: beton is geschilderd (functionaliteit kan in gevaar komen als er geen maatregelen worden genomen)
- ernstige oppervlakte schade, de wapening of roestvorming is zichtbaar (functionaliteit in gevaar)

Ook de omvang van de schade is van belang. In de NEN2767 wordt de volgende indeling aangehouden:

| Omvangscore | Percentage    | Beschrijving                            |
|-------------|---------------|---|
| Omvang 1    | <2 %          | Het gebrek komt <u>incidenteel</u> voor |
| Omvang 2    | 2 % tot 10 %  | Het gebrek komt <u>plaatselijk</u> voor |
| Omvang 3    | 10 % tot 30 % | Het gebrek komt <u>regelmatig</u> voor  |
| Omvang 4    | 30 % tot 70 % | Het gebrek komt <u>aanzienlijk</u> voor |
| Omvang 5    | ≥ 70 %        | Het gebrek komt <u>algemeen</u> voor    |

figuur 6 classificatie schade omvang

In de risico-database zullen de volgende labels worden opgenomen:

- omschrijving van de schade (vervuild, mosgroei, scheuren, afschilvering, wapening zichtbaar etc)
- ernst van aantasting (variërend van geen tot functionaliteit in gevaar in 5 schaalstappen)
- omvang van de aantasting (variërend tussen < 2% en > 70% van het oppervlak in 5 schaalstappen)

### 2.4.3 Risico classificatie

In de bestaande rapporten voor TRN worden verschillende risico's en maatregelen genoemd. Deze zijn voor de betongeneratie in onderstaande tabel samengevat.

| risicogroep     | risico                                       | mogelijke gevolg   | mogelijke maatregelen   |
|-----------------|--|--|---|
| veiligheid      |  | scheuren   | monitoren, schoonmaken, coaten  |
|                 |  | aantasting dekking   | onderhoud, beton inpakken, reparatie                                  |
|                 |  | betonrot, kans op bezwijken  | vervangen, constructief verzwaren                                     |
| bedrijfsvoering | vergruizen en afbrokkelen beton              | losse delen die op trein vallen                                    | inpakken beton  |
|                 | vergruizen en afbrokkelen beton              | Stof in TTI waardoor extra storingen in TTI                        | inpakken beton<br>betere filters TTI of vaker vervangen               |
|                 | ARBO veiligheid                              | gladheid inspectiepaden door gruis                                 | inpakken beton, schoonspuiten paden                                   |
| imago schade    | kortere levensduur                           | hierdoor meer Buiten Dienst (BD) stellingen a.g.v. extra onderhoud | plannen onderhoud buiten dienstregeling<br>onderdeel eerder vervangen |
|                 | State of the art                             | verlies vertrouwen HSL omzettering                                 | kwaliteit boven geld stellen<br>beperken BD stellingen                |
|                 | Schoon, geen mos geen graffiti               | toename klachten, claims, toename kosten                           | frequentie onderhoud/schoonmaken<br>vergroten                         |
|                 | Verkeerde interpretatie onderzoeksresultaten | emotie versus ratio  | uitvoeren second opinion  |

figuur 7 risicogroepen

Het is van belang te weten in welke risicogroep een geconstateerde schade zit. Imago schade is hinderlijk en kost geld maar is nog altijd indirect en heeft geen effect op de bedrijfsvoering of veiligheid.

Schade die invloed heeft op de bedrijfsvoering heeft al een hoger risicoprofiel omdat een verstoring op de dienstregeling tot mogelijke claims kan leiden en schade die invloed heeft op veiligheid heeft het grootste risicoprofiel omdat er naast claims ook een grotere kans op ongevallen is.

In de risico-database zullende volgende labels worden opgenomen:

- risicogroep
- omschrijving van het risico

#### 2.4.4 Maatregelen

De aard van de maatregelen is afhankelijk van de ernst en omvang van de schade en het risicoprofiel. Uit de in 2.4.2<sup>3</sup> genoemde onderzoeken komen maatregelen naar voren, die in de risicoanalyse verder geconcretiseerd worden. De kosten van de maatregel kunnen worden bepaald evenals de bandbreedte van de onzekerheid van de kosten.

Dan wordt ook inzicht verkregen in de effectiviteit van een maatregel. Als de effectiviteit beperkt is, dan is het rest risico hoger.

In deze paragraaf wordt de classificatie van de maatregelen uitgewerkt.

| maatregel     | frequentie | betondegeneratie   | effectiviteit | kosten      |
|---------------|------------|--|---------------|-------------|
| inspectie     | niets doen | periodiek opstellen rapportage   | gering        | gering      |
| monitoren     | periodiek  | vergelijkbaar vervolg onderzoek doen   | gering        | gering      |
| schoonmaken   | periodiek  | verwijderen vuil en begroeiing   | beperkt       | matig       |
| coaten        | periodiek  | schoonmaken en waterdicht maken  | matig         | matig       |
| inpakken      | eenmalig   | beton inpakken met kunstroof of epoxy  | goed          | aanzienlijk |
| reparatie     | eenmalig   | beton uithakken en gaten vullen  | goed          | aanzienlijk |
| versterken    | eenmalig   | bestaande onderdelen conserveren en constructieve functie op een alternatieve wijze borgen | maximaal      | hoog        |
| vervangen     | eenmalig   | buiten scope   | nvt           | nvt         |
| reconstructie | eenmalig   | buiten scope   | nvt           | nvt         |
|               |            |  |               |             |

figuur 8 overzicht maatregelen

In de risico-database zullen de volgende labels worden opgenomen:

- type maatregel
- frequentie
- effectiviteit
- kosten

<sup>3</sup> Noodzaak voor het uitvoeren van proeftuintjes is nog niet gebleken, zodat daar nog geen informatie over bekend zal zijn voor dit project



2.4.5 Restrisico's

Nadat een maatregel is benoemd wordt een inschatting van het restrisico gemaakt. De effectiviteit van de maatregel bepaalt de kans van optreden van het restrisico. Is de effectiviteit laag dan is de kans van optreden van het restrisico hoog. Door dit uit te drukken als een % wordt het restrisico berekend.

2.4.6 Risico database

De resultaten genoemd in de hoofdstukken 2.4.1 t/m 2.4.5 worden samengevat in de volgende risico database:

| naam KW | Kunstwerk    |           | schadebeeld  |         |              | risicogroep     | risico       | type          | maatregel frequentie | effectiviteit | rest risico  |              |
|---------|--------------|-----------|--------------|---------|--------------|-----------------|--------------|---------------|----------------------|---------------|--------------|--------------|
|         | type KW      | onderdeel | omschrijving | ernst   | omvang       |                 |              |               |                      |               | risico       | omschrijving |
| TRN     | boven mv     | wand      |              | gering  | incidentieel | veiligheid      | omschrijving | inspectie     | periodiek            | hoog          |              |              |
|         | - boven land | dak/dek   |              | matig   | plaatselijk  | bedrijfsvoering |              | monitoren     | eenmalig             |               | omschrijving | 10%          |
|         | - viaduct    | stempel   |              | serieus | regelmatig   | imago           |              | schoonmaken   |                      |               |              |              |
|         | - brug       | pijler    |              | ernstig | aanzienlijk  |                 |              | coaten        |                      |               |              |              |
|         | op mv        | landhoofd |              |         | algemeen     |                 |              | inpakken      |                      |               |              |              |
|         | open bak     |           |              |         |              |                 |              | reparatie     |                      |               |              |              |
|         | bak/stempel  |           |              |         |              |                 |              | versterken    | laag                 |               |              |              |
|         | tunnel       |           |              |         |              |                 |              | vervangen     |                      |               |              |              |
|         |              |           |              |         |              |                 |              | reconstructie |                      |               |              |              |

Figuur 9a risico database

De kosten<sup>4</sup> en onzekerheid van de verschillende maatregelen (eenmalig en periodiek) en restrisico's worden in onderstaand overzicht samengevat.

| maatregelkosten per keer |         |        |               | Tbv probabilistische doorrekening (MonteCarlo analyse) |             |             |                 |             |             |                   |             |             |
|--------------------------|---------|--------|---------------|--|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
| EenheidsPrijs            | eenheid | aantal | totale kosten | eenmalige kosten                                       |             |             | rest risico     |             |             | periodieke kosten |             |             |
|                          |         |        |               | code   | kosten in € | onzekerheid | code            | kosten in € | onzekerheid | KstCode           | kosten in € | onzekerheid |
| € 200.000                | stuk    | 1      | € 200.000     | Loc_004  | € 200.000   | -10%/+25%   |                 |             |             |                   |             |             |
| € 400.000                | kans    | 10%    | € 40.000      |  |             |             | Loc_005         | € 40.000    | +/- 15%     |                   |             |             |
| € 15.000                 | monitor | 5      | € 75.000      |  |             |             |                 |             |             | Loc_007           | € 75.000    | +/- 25%     |
|                          |         |        |               | <b>TOTAAL € 200.000</b>                                |             |             | <b>€ 40.000</b> |             |             | <b>€ 75.000</b>   |             |             |

figuur 9b kosten overzicht

In de risico database staan de beide tabellen als volgt naast elkaar:

| naam KW | Kunstwerk    |           | omschrijving | schadebeeld             |              |                 | risicogroep  | risico        | type      | maatregel frequentie | effectiviteit | rest risico | kans            | Tbv probabilistische doorrekening (MonteCarlo analyse) |               |                 |         |               |           |             |             |          |             |
|---------|--------------|-----------|--------------|-------------------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|-----------|----------------------|---------------|-------------|-----------------|--|---------------|-----------------|---------|---------------|-----------|-------------|-------------|----------|-------------|
|         | type KW      | onderdeel |              | ernst                   | omvang       | ernst           |              |               |           |                      |               |             |                 | omvang   | EenheidsPrijs | eenheid         | aantal  | totale kosten | code      | kosten in € | onzekerheid | code     | kosten in € |
| TRN     | boven mv     | wand      |              | gering                  | incidentieel | veiligheid      | omschrijving | inspectie     | periodiek | hoog                 |               |             | € 200.000       | stuk   | 1             | € 200.000       | Loc_004 | € 200.000     | -10%/+25% |             |             |          |             |
|         | - boven land | dak/dek   |              | matig                   | plaatselijk  | bedrijfsvoering |              | monitoren     | eenmalig  |                      |               |             | € 400.000       | kans   | 10%           | € 40.000        |         | Loc_005       | € 40.000  | +/- 15%     |             |          |             |
|         | - viaduct    | stempel   |              | serieus                 | regelmatig   | imago           |              | schoonmaken   |           |                      |               |             | € 15.000        | monitor  | 5             | € 75.000        |         |               |           |             | Loc_007     | € 75.000 | +/- 25%     |
|         | - brug       | pijler    |              | ernstig                 | aanzienlijk  |                 |              | coaten        |           |                      |               |             |                 |  |               |                 |         |               |           |             |             |          |             |
|         | op mv        | landhoofd |              |                         | algemeen     |                 |              | inpakken      |           |                      |               |             |                 |  |               |                 |         |               |           |             |             |          |             |
|         | open bak     |           |              |                         |              |                 |              | reparatie     |           |                      |               |             |                 |  |               |                 |         |               |           |             |             |          |             |
|         | bak/stempel  |           |              |                         |              |                 |              | versterken    | laag      |                      |               |             |                 |  |               |                 |         |               |           |             |             |          |             |
|         | tunnel       |           |              |                         |              |                 |              | vervangen     |           |                      |               |             |                 |  |               |                 |         |               |           |             |             |          |             |
|         |              |           |              |                         |              |                 |              | reconstructie |           |                      |               |             |                 |  |               |                 |         |               |           |             |             |          |             |
|         |              |           |              | <b>TOTAAL € 200.000</b> |              |                 |              |               |           |                      |               |             | <b>€ 40.000</b> |  |               | <b>€ 75.000</b> |         |               |           |             |             |          |             |

figuur 9c model risicodatabase en kostenoverzicht

<sup>4</sup>De kosten (in deze tabel fictieve getallen) zijn 'direct benoemde kosten' volgens de SSK systematiek. Dat wil zeggen de kosten loon, brandstof, materiaal en materieel zonder BTW en zonder opslagen voor uitvoeringskosten, verzekeringen, winst en risico van de uitvoerder en de kosten voor project begeleiding van de opdrachtgever. In de Monte Carlo simulatie worden deze kosten toegevoegd.

Om de bandbreedte van de kosten van de maatregelen (eenmalig en periodiek) en de restrisiko's te bepalen wordt gebruik gemaakt van de SSK methodiek<sup>5</sup>. Hierin worden naast de kosten uit de risicoanalyse (gekleurde cellen), ook de opslagen ingevoerd die de opdrachtnemer en opdrachtgever rekenen voor het uitvoeren van de werkzaamheden. Op basis van de ingevoerde onzekerheden van elke maatregel wordt een Monte Carlo simulatie (probabilistische berekening) uitgevoerd om inzicht te krijgen in de bandbreedte van de totale kosten (de variatie coëfficiënt) van de risicoanalyse. De resultaten worden uiteindelijk op de volgende wijze gepresenteerd, waarbij in de tabel fictieve getallen zijn opgenomen.

| Samenvatting kostenraming<br>Risico Analyse Verplaatsingen  | eenmalige kosten          |  |                                     |                     | rest risico's      |          | Totaal            |
|---|---------------------------|--|-------------------------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------------|
|   | Directe kosten<br>Benoemd | Directe kosten<br>Nader te detailleren | Indirecte kosten<br>(opdrachtnemer) | Voorziena kosten    | Risicoreservering  |          |                   |
| <b>Investeringskosten</b>   |                           |  |                                     |                     |                    |          |                   |
| Maatregelen (eenmalige kosten)  | € 5.360.000               | € 804.000                              | € 1.944.372                         | € 8.108.372         | € 1.941.250        | €        | 10.049.622        |
| Engineeringskosten (ON en OG)   | € 324.335                 | € -                                    | € -                                 | € 324.335           | € 0                | €        | 324.335           |
| Overige bijkomende kosten (verzekeringen etc)   | € 105.409                 | € -                                    | € -                                 | € 105.409           | € -                | €        | 105.409           |
| <b>Subtotaal investeringskosten</b>   | <b>€ 5.789.744</b>        | <b>€ 804.000</b>                       | <b>€ 1.944.372</b>                  | <b>€ 8.538.116</b>  | <b>€ 1.941.250</b> | <b>€</b> | <b>10.479.366</b> |
| Objectoverstijgende risico's investeringskosten   |                           |  |                                     |                     | € 1.571.905        | €        | 1.571.905         |
| <b>Investeringskosten deterministisch</b>   | <b>€ 5.789.744</b>        | <b>€ 804.000</b>                       | <b>€ 1.944.372</b>                  | <b>€ 8.538.116</b>  | <b>€ 3.513.155</b> | <b>€</b> | <b>12.051.271</b> |
| Scheefte investeringskosten   |                           |  |                                     |                     | € 525.217          | €        | 525.217           |
| <b>Totaal investeringskosten probabilistisch (exclusief BTW)</b>                                  |                           |  |                                     | <b>€ 8.538.116</b>  | <b>€ 4.038.372</b> | <b>€</b> | <b>12.576.488</b> |
| BTW (maar niet over heffingen, leges, e.d.)   | Inclusief                 |  |                                     | € 1.770.868         | € 843.628          | €        | 2.614.497         |
| <b>Investeringskosten inclusief BTW</b>   |                           |  |                                     | <b>€ 10.308.984</b> | <b>€ 4.882.000</b> | <b>€</b> | <b>15.190.985</b> |
| Investeringskosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,5% en looptijd van 1 Jaar  |                           |  |                                     |                     |                    | €        | 15.190.985        |
| Bandbreedte: met 70% zekerheid liggen de investeringskosten tussen: (Inclusief BTW )              |                           |  |                                     | € 12.996.903        | en                 | €        | 17.385.066        |
| Variatiecoëfficiënt   |                           |  |                                     |                     | 14%                |          |                   |
| <b>Periodieke kosten</b>  |                           |  |                                     |                     |                    |          |                   |
| <b>Subtotaal periodieke kosten</b>  | <b>€ 400.000</b>          | <b>€ 40.000</b>                        | <b>€ 108.856</b>                    | <b>€ 548.856</b>    | <b>€ 27.443</b>    | <b>€</b> | <b>576.299</b>    |
| Objectoverstijgende risico's periodieke kosten  |                           |  |                                     |                     | € 57.630           | €        | 57.630            |
| <b>Periodieke kosten deterministisch</b>  | <b>€ 400.000</b>          | <b>€ 40.000</b>                        | <b>€ 108.856</b>                    | <b>€ 548.856</b>    | <b>€ 85.073</b>    | <b>€</b> | <b>633.929</b>    |
| Scheefte periodieke kosten  |                           |  |                                     |                     | € -                | €        | -                 |
| <b>Periodieke kosten exclusief BTW</b>  |                           |  |                                     | <b>€ 548.856</b>    | <b>€ 85.073</b>    | <b>€</b> | <b>633.929</b>    |
| BTW (maar niet over heffingen, leges, e.d.)   |                           |  |                                     | € 115.260           | € 17.865           | €        | 133.125           |
| <b>Periodieke kosten inclusief BTW</b>  |                           |  |                                     | <b>€ 664.116</b>    | <b>€ 102.938</b>   | <b>€</b> | <b>767.054</b>    |
| Periodieke kosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,5% en looptijd van 100 Jaar |                           |  |                                     |                     |                    | €        | 469.796           |
| Bandbreedte: met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten tussen: (Inclusief BTW )                |                           |  |                                     | € 627.054           | en                 | €        | 907.054           |
| Variatiecoëfficiënt   |                           |  |                                     |                     | 18%                |          |                   |
| <b>Projectkosten inclusief BTW</b>  |                           |  |                                     | <b>€ 10.973.100</b> | <b>€ 4.984.938</b> | <b>€</b> | <b>15.958.038</b> |

figuur 10 samenvatting kostenraming en Monte Carlo simulatie (fictieve getallen voor presentatie Methode)

## 2.5 Verwerken onderzoeksresultaten

Nadat de onderzoeken zijn opgeleverd kan per object (TRN, de 5 garantieobjecten en verplaatsingen) een inventarisatie van de schade worden gemaakt. De schades worden in kaart gebracht en geclassificeerd zoals hierboven omschreven. De maatregelen worden verder geconcretiseerd, zowel technisch als financieel zodat ook een beeld ontstaat van de restrisiko's. Deze resultaten worden opgenomen in de risico database, zie figuur 9 (a,b,c). Dit alles resulteert in een eerste initiële inschatting van de kosten (zie figuur 10).

Deze informatie (schade beelden, maatregelen, restrisiko en kosten) zijn input voor de expertmeeting. Voor de verplaatsingen zijn geen expertmeetings voorzien.

<sup>5</sup> SSK = Standaard Systematiek Kostenramingen. Deze methode is de gebruikelijke rekenmethode om kosten van Infrastructurale werken te ramen.

## 2.6 Werksessies

Er zijn twee werksessies voorzien met experts.

### 1<sup>e</sup> werksessie, tranche 1

- Toelichten aanpak en methodiek risico analyse
- Resultaten van de TRN onderzoeken afstemmen met deskundigen
- Bespreken maatregelen en bandbreedte (onzekerheid) van de effectiviteit
- Bespreken restrisico's en bandbreedte
- 2<sup>e</sup> inschatting kosten + probabilistische doorrekening

In de eerste werksessie dient TRN als pilot om de werkmethode te toetsen. Mogelijk dat als resultaat de methode nog zal worden verfijnd of aangepast. Inhoudelijk zullen ook de schadebeelden van TRN besproken worden evenals de effectiviteit van de voorgestelde maatregelen en restrisico's.

Deze bevindingen worden meegenomen in de tweede sessie. In de periode tussen sessie 1 en 2 wordt de risicoanalyse van de 5 garantie objecten (tranche 2) uitgevoerd. Dit vormt de input voor de tweede expertsessie.

### 2<sup>e</sup> werksessie, tranche 2

- Terugkoppeling van de 1<sup>e</sup> sessie
- Resultaten onderzoek en risicoanalyse van de 5 garantie objecten afstemmen met deskundigen
- Bespreken mogelijke scenario's van maatregelen
- Voorbereiden eindrapportage, samenvatting en conclusies

## 2.7 Rapportage

De risicoanalyse en de rapportage ontstaan in een dynamisch proces. De rapportage gaat in stappen. De resultaten van TRN hebben een voorlopig karakter. Uitkomsten van nog lopend onderzoek en van de tranches 2 en 3 kunnen nog tot bijstellingen leiden van tranche 1.

## A2 Invoer kostenberekeningsmodel en Monte Carlo Simulatie

## Bijlage 2: Invoer kostenberekeningsmodel en Monte Carlo Simulatie

### 1. Inspectie van kunstwerken met stempels

Voorzien was 3-jaarlijkse inspectie van de stempels en geadviseerd is om dat jaarlijks uit te voeren voor alle 13 kunstwerken met stempels

Omdat de inspectie ruim vooraf te plannen is en deels vanaf de bovenzijde kan worden uitgevoerd, wordt uitgegaan van meeliften in een reguliere buitendienststellen tijdens dag uren (mede omdat de kwaliteit van de inspectie bij daglicht beter is)

Kosten per kunstwerk

- |   |               |
|---|---------------|
| - Voorbereiding (1 dag) V&G, overleg Infrasppeed etc.     | €1.000        |
| - 2 inspecteurs/beton deskundige totaal 2 dagen 4x8x€100= | €1.600        |
| - Kosten Infrasppeed incl. veiligheid                     | €1.200        |
| - Kosten inspectie voertuig 1dgn 1x8x€250                 | €2.000        |
| - Rapportage en overleg                                   | <u>€1.500</u> |

Totaal

€6.300 (excl. BTW)

13 kunstwerken 2 keer extra inspecteren per 3 jaar levert jaarlijks:

$$13 * €6.300 * \frac{2}{3} = €54.600 \text{ per jaar}$$

€54.600 per jaar (excl. BTW) voor de gehele levensduur van het project.

### 2. Reparatie van stempels

In de 13 kunstwerken komen ca 491 stempels voor. Van die stempels komen er in de TRN 145 voor waarvan 38 nu worden gerepareerd op basis van de garantie bepaling door de aannemer.

De kosten voor die stempels bedragen ca per stuk €15.000 volgens de opgave van ProRail. Dit bedrag is gebaseerd op €800.000 bouwkosten, teruggerekend naar directe kosten is bedraagt dit €570.000.

Verdeeld over alle 13 kunstwerken van type 6 zijn er op de gehele HSL 491 stempels. Van die stempels komen er 145 voor in de TRN. Van deze 145 stempels worden er nu (2018) 38 hersteld door de aannemer. Dit betreft 26% van alle stempels aanwezig in de TRN.

Van de overige 107 stempels die niet hersteld worden van de TRN wordt verondersteld dat in de toekomst nog herstelmaatregelen benodigd zijn. Een gelijkwaardig percentage wordt niet verwacht, maar verondersteld wordt 50% van het huidige percentage. Dit betreft 13% (26%\*50%) van de overige stempels, waarmee het aantal absoluut 14 bedraagt.

Vanuit het HSL 2e fase onderzoek betonkwaliteit zijn er van de 5 kunstwerken waarbij een verhoogde carbonatatie is aangetroffen er 2 van het type 6, zoals ook beschreven in Tabel 4. Van deze kunstwerken was er één waarbij de verhoogde carbonatatie is waargenomen in het dak, welke karakteristiek vergelijkbaar is met een stempel. Dit betrof de noordelijke toerit BOT. Op de overige kunstwerken zijn er geen verhoogde carbonatatie waarde waargenomen in de onderzochte stempels. Er kan echter niet uitgesloten worden dat dit niet optreedt.

Om die reden wordt verondersteld dat ook het dak nog binnen de gestelde levensduur van de HSL onderhoud nodig heeft. Voor de risicoanalyse is verondersteld dat een degelijke reparatie kan voorkomen bij 10% van de stempels. Dit is ontleend aan het feit dat van de 11 onderzochte kunstwerken in het HSL 2e fase onderzoek er in slechts één kunstwerk een 'stempel' is waargenomen met een verhoogde carbonatatie.

In totaal worden voor  $14+17=31$  stempels maatregelen voorzien. Deze zullen niet allemaal tegelijkertijd optreden en zullen ook niet ieder afzonderlijk worden gerepareerd. De verdeling van de behandeling wordt verondersteld plaats te vinden in gelijke delen na respectievelijk 20, 40 en 60 jaar, met een onzekerheid van  $-10%/+25\%$ . Er wordt aangenomen dat na 60 jaar een inschatting gemaakt kan worden van de restlevensduur van alle stempels, waardoor reparatie na 60 jaar niet benodigd is.

### 3. Vervolg onderzoek aan 12 kunstwerken met een verhoogde carbonatatie diepte.

Per kunstwerken is een uitgebreid onderzoek nodig bestaande uit een inspectie, boringen en lab proeven en een analyse van de resultaten.

Schatting van de Kosten per kunstwerk:

|   |         |
|---|---------|
| - Voorbereiding, begeleiding, inspectie, rapportage en interpretatie etc. | €10.000 |
| - Boringen  | € 1.000 |
| - Laboratoriumonderzoek   | € 2.000 |
| - Infraspied t.b.v. veiligheid  | € 2.500 |
| Totaal  | €15.500 |

Benodigd:

- na 10 jaar, op basis van 12 kunstwerken  $12 * €15.500 = €186.000$
- na 50 jaar nogmaals uitvoeren op de helft (6 stuks) van het aantal kunstwerken. Dus ca €93.000,-

### 4. Risico van een reparatie van beton met een verhoogde carbonatatie diepte

Hoewel niet voorzien, bestaat de mogelijkheid dat er kunstwerken niet de vereiste levensduur zullen bereiken en herstelwerk nodig is op basis van het vervolgonderzoek naar 12 kunstwerken.

De kans is het grootst dat gezien de thans beschikbare informatie een type 2 of een type 6 constructie moet worden behandeld.

Onbekend is waar in de constructie het probleem zich voordoet en in welke mate. Hiervoor is echter een risicoschatting opgesteld.

Bij een schade aan type 2 kunstwerk is de kans het grootste (op basis van de resultaten van het betononderzoek HSL 2<sup>e</sup> fase) dat deze schade zich aan de kolommen zal voordoen. Er wordt aangenomen dat van type 2 er twee kunstwerken grootschalig onderhoud nodig hebben a €1.000.000,- per kunstwerk. Gezien de onbekendheid met de mogelijke schade is voor de kosten een spreiding opgenomen van  $-50%/+100\%$ . De reparaties worden geacht plaats te vinden na 50 jaar (in 2070) als dan opnieuw wordt vastgesteld dat de carbonatatie sneller verloopt dan verwacht in relatie tot de gewenste levensduur van de kunstwerken.

Bij schade aan type 6 is de kans het grootste (op basis van de resultaten van het betononderzoek HSL 2<sup>e</sup> fase) dat deze schade zich in de wanden zal voordoen. Er wordt aangenomen dat van type 6 er eenmalig grootschalig onderhoud nodig is a €1.000.000,-.

Voor deze risico benadering is aangehouden om de mogelijke reparaties aan type 6 kunstwerken uit te voeren na het vervolgonderzoek (rond 2030). Dit wijkt af van de verwachtingen dat de eerste decennia geen herstelwerk wordt voorzien vanuit de carbonatatie. De aanneming is slechts aangehouden om financiën te alloceren om indien uit het vervolgonderzoek blijkt dat de carbonatatie mogelijk de wapening gaat bereiken voor het einde van de voorziene levensduur, niet te wachten tot herstel werkelijk is vereist maar preventief een ingreep uit te kunnen voeren. De aard van de herstelwerkzaamheden aan de wanden zou het mogelijk kunnen maken dat een preventieve behandeling voordelen biedt om de risico's te beheersen.

Kleine reparaties aan het beton worden geacht uit het reguliere onderhoud te worden betaald. Wel is er nog een budget voor restrisico (€100.000,-) opgenomen, aangezien deze nog wel aanwezig (zie Tabel 4 van de rapportage). Dit restrisico is bedoeld om regulier onderhoud versneld te kunnen uitvoeren. Dit restrisico valt na 10 jaar (rond 2030) voor 3 kunstwerken met een kans van optreden van 25% en valt na 50 jaar (rond 2070) nogmaals voor 2 kunstwerken met een kans van optreden van 50%. De spreiding is in alle gevallen -50%/+100%.

## A3 Risicodatabase HSL betondegeneratie



| onderdeel  | Kunstwerk                |           | maatregel  |   |               | maatregelkosten per keer |             |        |               | € in plan           |               |             | kosten             |                                 | onzekerheid      |             | rest risico |             | onzekerheid |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|--|--------------------------|-----------|--|---|---------------|--------------------------|-------------|--------|---------------|---------------------|---------------|-------------|--------------------|---------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--|--|--|---------------------|--|---------------------|------|--------------------------|--------------------------|
|  | type KW                  | onderdeel | type   | frequentie  | effectiviteit | EenheidsPrijs            | eenheid     | aantal | totale kosten | kode                | per jaar      | periode     | onzekerheid        | kode                            | eenmalig         | heid        | kans        | rest risico | heid        | heid |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
| stempels   | type 6<br>13 kunstwerken | stempels  | extra jaarlijkse inspecties (60x) naast de bestaande 3 jaarlijkse inspecties (30x)   | jaarlijks   | geen          | € 6.300                  | €/ jaar /KW | 780    | € 4.914.000   | INSP01<br>2020-2110 | € 54.600      | € 4.914.000 | -10%/+15%          | geen onderdeel<br>risicoanalyse |                  |             |             |             |             |      | stempels<br>inpakken |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           | inpakken van de stempels TRN. 150 x 25% = 38 stempels  | eenmalig  | goed          | € 15.000                 | €/ stempel  | 38     | € -           |                     |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  | geen rest<br>risico |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           | inpakken stempels overige KW. 453 x ca 14%* 50% = 31 stempels gedurende de restlevensduur Dwz elke 10 jaar ca 10 stempels  | eenmalig  | goed          | € 15.000                 | €/ stempel  | 31     | € 465.000     |                     |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  | geen rest<br>risico |      |                          |                          |
| verhoogde<br>carbonatatie<br>diepte  | type 2<br>79 kunstwerken | pijlers   | nieuw onderzoek na 10 jaar. Vaststellen of de carbonatatie doorzet en in welk tempo. Het risico betreft 10% x 79 KW = 8 KW | eenmalig  | geen          | € 15.500                 | €/ KW       | 8      | € 124.000     | INSP2<br>2030       | € 124.000     | € 124.000   | -10%/+15%          | 2030T2                          | € -              | -50%/+100%  |             |             |             |      |                      | pijlers<br>repareren |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           | Na 10 jaar mogelijke maatregelen vaststellen   | eenmalig  | onduidelijk   | € 1.000.000              | €/ KW       | 0      | € -           |                     |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           | - oppervlakte reparatie<br>- verstevigen constructie<br>versnellen gepland periodiek onderhoud                             | eenmalig  | onduidelijk   | € 100.000                | €/ KW       | 1      | € 100.000     |                     |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     | RR01 | 25% € 100.000 -50%/+100% |                          |
|  |                          |           |  | nieuw onderzoek na 50 jaar. Vaststellen of de carbonatatie doorzet en in welk tempo. Het risico betreft 10% x 79 KW = 8 KW              | eenmalig      | geen                     | € 15.500    | €/ KW  | 4             | € 62.000            | INSP3<br>2070 | € 62.000    | € 62.000           | -10%/+15%                       | 2070T3           | € 2.000.000 | -50%/+100%  |             |             |      |                      |                      | pijlers<br>repareren |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           |  | Na 50 jaar mogelijke maatregelen vaststellen  | eenmalig      | onduidelijk              | € 1.000.000 | €/ KW  | 2             | € 2.000.000         |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           |  | - oppervlakte reparatie<br>- verstevigen constructie<br>versnellen gepland periodiek onderhoud  | eenmalig      | onduidelijk              | € 100.000   | €/ KW  | 2             | € 200.000           |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      | RR02                     | 50% € 200.000 -50%/+100% |
|  | type 6<br>13 kunstwerken | wanden    |  | nieuw onderzoek na 10 jaar. Vaststellen of de carbonatatie doorzet en in welk tempo. Het risico betreft 4 KW, de overige 9 KW zijn goed | eenmalig      | geen                     | € 15.500    | €/ KW  | 4             | € 62.000            | INSP4<br>2030 | € 62.000    | € 62.000           | -10%/+15%                       | 2030T2           | € 1.000.000 | -50%/+100%  |             |             |      |                      |                      |                      | wanden<br>repareren |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           |  | Na 10 jaar mogelijke maatregelen vaststellen  | eenmalig      | onduidelijk              | € 1.000.000 | €/ KW  | 1             | € 1.000.000         |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           |  | - oppervlakte reparatie<br>- verstevigen constructie<br>versnellen gepland periodiek onderhoud  | eenmalig      | onduidelijk              | € 100.000   | €/ KW  | 2             | € 200.000           |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          | RR03                     |
| nieuw onderzoek na 50 jaar. Vaststellen of de carbonatatie doorzet en in welk tempo. Het risico betreft 3 KW |                          |           |  | eenmalig  | geen          | € 15.500                 | €/ KW       | 2      | € 31.000      | INSP5<br>2070       | € 31.000      | € 31.000    | -10%/+15%          |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          | wanden<br>repareren      |
|  |                          |           | Na 50 jaar mogelijke maatregelen vaststellen   | eenmalig  | onduidelijk   | € 1.000.000              | €/ KW       | 1      | € 1.000.000   |                     |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
|  |                          |           | - oppervlakte reparatie<br>- verstevigen constructie<br>versnellen gepland periodiek onderhoud                             | eenmalig  | onduidelijk   | € 100.000                | €/ KW       | 0      | € -           |                     |               |             |                    |                                 |                  |             |             |             |             |      |                      |                      |                      | RR04                | 50% € - -50%/+100% |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |
| <b>TOTAAL</b>  |                          |           |  |   |               | <b>€ 9.833.000</b>       |             |        |               | <b>€ 5.193.000</b>  |               |             | <b>€ 4.465.000</b> |                                 | <b>€ 175.000</b> |             |             |             |             |      |                      |                      |                      |                     |                    |  |  |  |                     |  |                     |      |                          |                          |

## A4    **Berekening kosten conform SSK**

## Risico Analyse beton degeneratie

### Project

Projectnaam: [HSL Zuid Risicoanalyse](#)  
 Deelprojectnaam: [verplaatsingen](#)  
 Opdrachtgever: [Min Milieu en Infrastructuur](#)  
 Projectmanager: [Jack Sip](#)  
 Projectleider: [Ed Antoine](#)

### Raming

Opsteller: [Ed Antoine](#)  
 Afdeling: [Infrastructuur](#)  
 Datum: [22-8-2018](#)  
 Status: [Concept](#)

Betrouwbaarheidsinterval LU

70%

### Toetsing

Toetsers ext: [Rob de Boer, Prorail](#)  
 Datum: [0-1-1900](#)

### Archivering

Nummer kostenrapportage: [Verwijzing naar .....](#)  
 Bestandsnaam raming: [SSK\\_DHV\\_805 20160705\\_HH\\_DB\\_02\\_HSL\\_RA\\_v04def\\_1](#)  
 Locatie (map) opgeslagen raming: [C:\Users\nl01236\Documents\Projecten\BF4341 RA HSL z](#)

### Paraaf interne toetsers:

Paraaf externe toetsers: [Paraaf](#)  
 Paraaf projectleider: [Paraaf](#)  
 Paraaf manager: [Paraaf](#)

Paraaf projectleider: [Paraaf](#)  
 Paraaf manager: [Paraaf](#)

Modelversie:  
[SSK\\_DHV\\_801 20160329.xlsm](#)

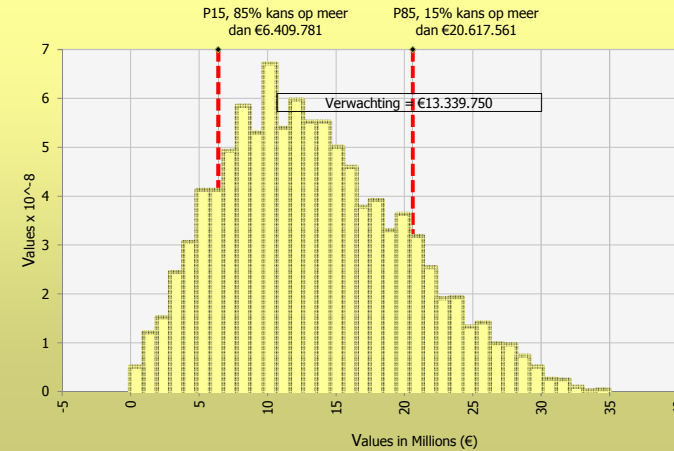
| <b>Samenvatting kostenraming</b>  |                           | -----> eenmalige kosten <-----         |                                     |                     | rest risico's      |                   |                     |
|---|---------------------------|--|-------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| <i>Risico Analyse beton degeneratie</i>   |                           |  |                                     |                     | Voorziene kosten   | Risicoreservering | Totaal              |
|   | Directe kosten<br>Benoemd | Directe kosten<br>Nader te detailleren | Indirecte kosten<br>(opdrachtnemer) |                     |                    |                   |                     |
| <b>Investeringskosten</b>   |                           |  |                                     |                     |                    |                   |                     |
| Maatregelen (eenmalige kosten)  | € 4.465.000               | € 669.750                              | € 1.619.706                         | € 6.754.456         | € 175.000          | €                 | 6.929.456           |
| Engineeringskosten (ON en OG)   | € 270.178                 | € -                                    | € -                                 | € 270.178           | € 0                | €                 | 270.178             |
| Overige bijkomende kosten (verzekeringen etc)   | € 87.808                  | € -                                    | € -                                 | € 87.808            | € -                | €                 | 87.808              |
| <b>Subtotaal investeringskosten</b>   | <b>€ 4.822.986</b>        | <b>€ 669.750</b>                       | <b>€ 1.619.706</b>                  | <b>€ 7.112.442</b>  | <b>€ 175.000</b>   | <b>€</b>          | <b>€ 7.287.442</b>  |
| Objectoverstijgende risico's investeringskosten   |                           |  |                                     |                     | € 1.093.116        | €                 | 1.093.116           |
| <b>Investeringskosten deterministisch</b>   | <b>€ 4.822.986</b>        | <b>€ 669.750</b>                       | <b>€ 1.619.706</b>                  | <b>€ 7.112.442</b>  | <b>€ 1.268.116</b> | <b>€</b>          | <b>€ 8.380.558</b>  |
| Scheefte investeringskosten   |                           |  |                                     |                     | € 2.667.132        | €                 | 2.667.132           |
| <b>Totaal investeringskosten probabilistisch (exclusief BTW)</b>  |                           |  |                                     | <b>€ 7.112.442</b>  | <b>€ 3.935.248</b> | <b>€</b>          | <b>€ 11.047.690</b> |
| BTW (maar niet over heffingen, leges, e.d.)   | Inclusief                 |  |                                     | € 1.475.173         | € 816.887          | €                 | 2.292.061           |
| <b>Investeringskosten inclusief BTW</b>   |                           |  |                                     | <b>€ 8.587.615</b>  | <b>€ 4.752.136</b> | <b>€</b>          | <b>€ 13.339.750</b> |
| <b>Investeringskosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,5% en looptijd van 100 Jaar</b> |                           |  |                                     |                     |                    | €                 | <b>€ 2.884.784</b>  |
| <i>Bandbreedte: met 70% zekerheid liggen de investeringskosten tussen: (Inclusief BTW )</i>               |                           |  |                                     | € 6.409.781         | en                 | €                 | 20.617.561          |
| <i>Variatiecoëfficiënt schatting (+/-) bij deterministische benadering</i>                                |                           |  |                                     |                     | 49%                |                   |                     |
| <b>Periodieke kosten</b>  |                           |  |                                     |                     |                    |                   |                     |
| <b>Subtotaal periodieke kosten</b>  | <b>€ 5.193.000</b>        | <b>€ 519.300</b>                       | <b>€ 1.413.223</b>                  | <b>€ 7.125.523</b>  | <b>€ 356.276</b>   | <b>€</b>          | <b>€ 7.481.799</b>  |
| Objectoverstijgende risico's periodieke kosten  |                           |  |                                     |                     | € 748.180          | €                 | 748.180             |
| <b>Periodieke kosten deterministisch</b>  | <b>€ 5.193.000</b>        | <b>€ 519.300</b>                       | <b>€ 1.413.223</b>                  | <b>€ 7.125.523</b>  | <b>€ 1.104.456</b> | <b>€</b>          | <b>€ 8.229.979</b>  |
| Scheefte periodieke kosten  |                           |  |                                     |                     | € 293.482          | €                 | 293.482             |
| <b>Periodieke kosten exclusief BTW</b>  |                           |  |                                     | <b>€ 7.125.523</b>  | <b>€ 1.397.938</b> | <b>€</b>          | <b>€ 8.523.461</b>  |
| BTW (maar niet over heffingen, leges, e.d.)   |                           |  |                                     | € 1.496.360         | € 293.567          | €                 | 1.789.927           |
| <b>Periodieke kosten inclusief BTW</b>  |                           |  |                                     | <b>€ 8.621.883</b>  | <b>€ 1.691.505</b> | <b>€</b>          | <b>€ 10.313.388</b> |
| <b>Periodieke kosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,5% en looptijd van 100 Jaar</b>  |                           |  |                                     |                     |                    | €                 | <b>€ 2.080.529</b>  |
| <i>Bandbreedte: met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten tussen: (Inclusief BTW )</i>                 |                           |  |                                     | € 9.084.941         | en                 | €                 | 11.610.468          |
| <i>Variatiecoëfficiënt</i>  |                           |  |                                     |                     | 11%                |                   |                     |
| <b>Projectkosten inclusief BTW</b>  |                           |  |                                     | <b>€ 17.209.498</b> | <b>€ 6.443.641</b> | <b>€</b>          | <b>€ 23.653.138</b> |
| <b>Projectkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,5% en looptijd van 100 Jaar</b>      |                           |  |                                     |                     |                    | €                 | <b>€ 4.965.313</b>  |

Probabilistische resultaten investeringskosten

inklappen

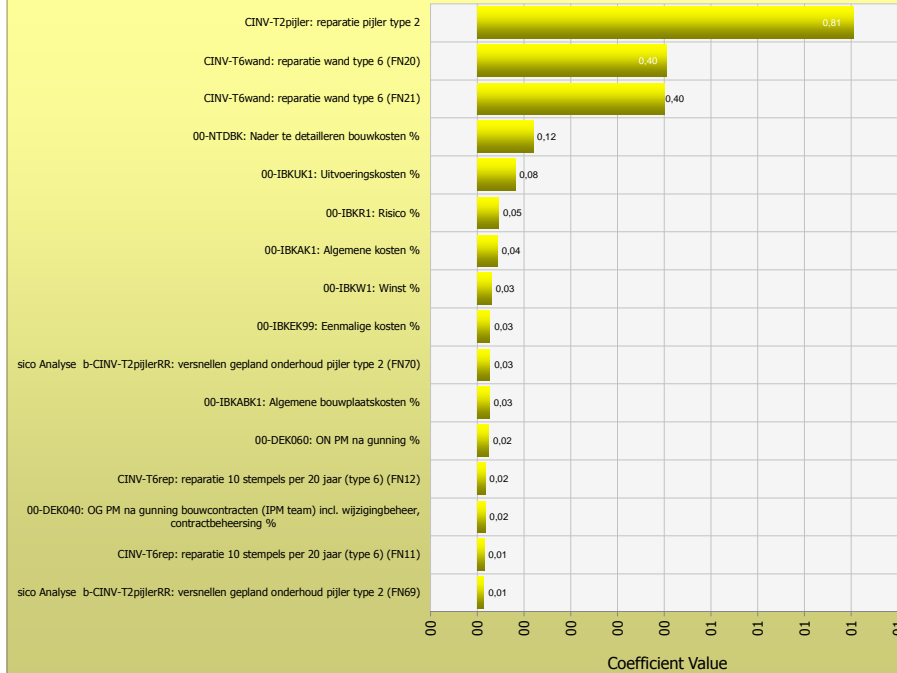
| Resultaten Probabilistische Raming (incl. BTW)                          | Afhankelijke berekening |
|---|-------------------------|
| Subtotaal investeringskosten  | € 8.799.365             |
| Objectoverstijgende risico's investeringskosten                         | € 1.319.905             |
| <b>Probabilistische investeringskosten = gemiddelde (Mu_waarde, μ)</b>  | <b>€ 13.339.750</b>     |
| <b>Variatiecoëfficiënt investeringskosten (σ / μ * 100%)</b>            | <b>49%</b>              |
| Standaardafwijking investeringskosten (σ)                               | € 6.569.229             |
| P100, maximum waarde (investeringskosten met 0% kans op overschrijding) | € 35.005.300            |
| P1 (investeringskosten met 99% kans op overschrijding)                  | € 1.543.073             |
| P5 (investeringskosten met 95% kans op overschrijding)                  | € 3.646.243             |
| P10 (investeringskosten met 90% kans op overschrijding)                 | € 5.196.332             |
| <b>P15 (investeringskosten met 85% kans op overschrijding)</b>          | <b>€ 6.409.781</b>      |
| P50 (investeringskosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan       | € 12.621.121            |
| <b>P85 (investeringskosten met 15% kans op overschrijding)</b>          | <b>€ 20.617.561</b>     |
| P90 (investeringskosten met 10% kans op overschrijding)                 | € 22.408.330            |
| P95 (investeringskosten met 5% kans op overschrijding)                  | € 25.467.704            |
| P99 (investeringskosten met 1% kans op overschrijding)                  | € 29.596.054            |
| Scheefte investeringskosten (exclusief BTW)                             | € 2.667.132             |

Histogram investeringskosten => Afhankelijke berekening (incl. BTW)



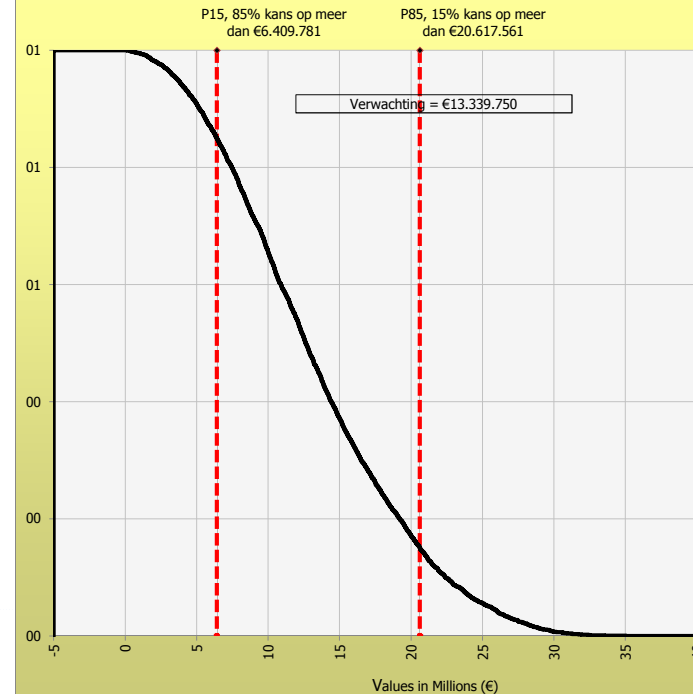
Abbeelding 1. Histogram van de investeringskosten

INV\_Hvd\*Prijs\_Ind  
Regression Coefficients



Abbeelding 2. Risicobijdragen investeringskosten

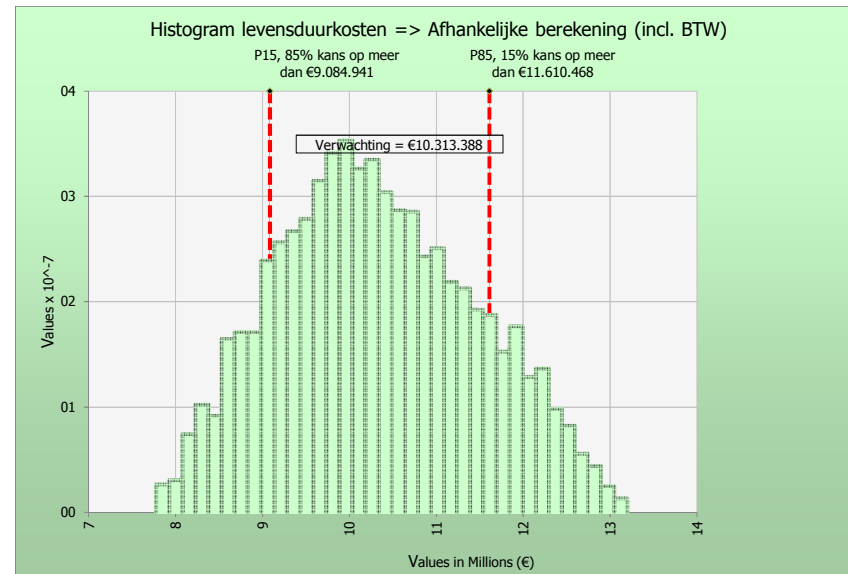
S-curve van de investeringskosten => Afhankelijke berekening (incl. BTW)



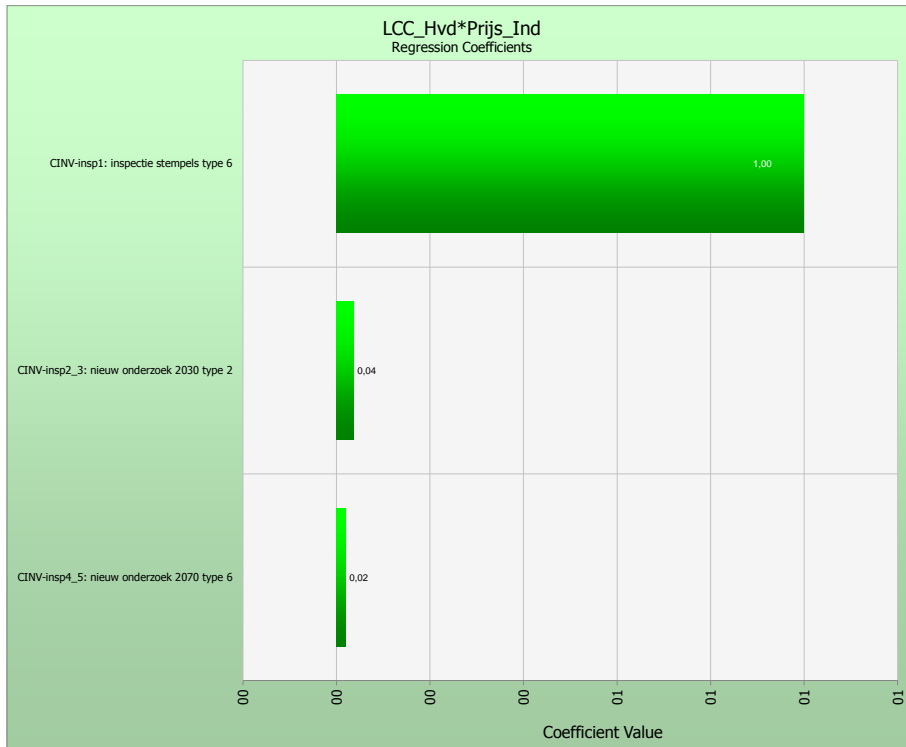
Abbeelding 3. Kansverdelingsfunctie van de investeringskosten

Probabilistische resultaten levensduurkosten

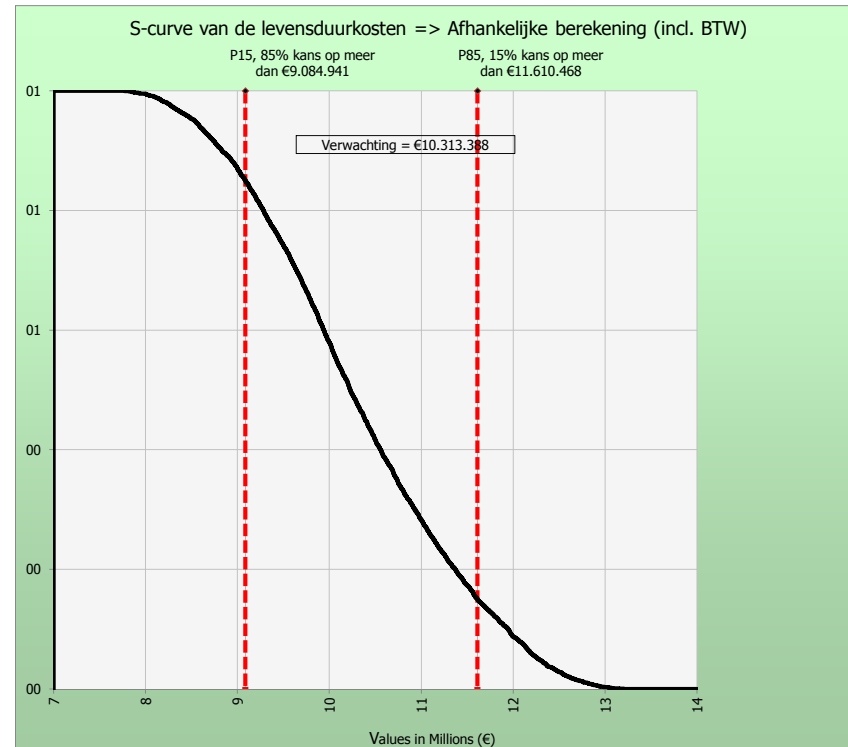
| Resultaten Probabilistische Raming (incl. BTW)                                      | Afhankelijke berekening |
|---|-------------------------|
| Subtotaal periodieke kosten   | € 9.052.977             |
| Objectoverstijgende risicoreservering levensduurkosten                              | € 905.298               |
| <b>Deterministische levensduurkosten = modus (T_waarde)</b>                         | <b>€ 9.958.275</b>      |
| Scheefte periodieke kosten  | € 355.113               |
| <b>Probabilistische levensduurkosten = gemiddelde (Mu_waarde, <math>\mu</math>)</b> | <b>€ 10.313.388</b>     |
| <b>Variatiecoëfficiënt levensduurkosten (<math>\sigma / \mu * 100\%</math>)</b>     | <b>11%</b>              |
| Standaardafwijking levensduurkosten ( $\sigma$ )                                    | € 1.137.858             |
| P0, minimum waarde (levensduurkosten met 100% kans op overschrijding)               | € 7.776.228             |
| P100, maximum waarde (levensduurkosten met 0% kans op overschrijding)               | € 13.198.562            |
| P1 (levensduurkosten met 99% kans op overschrijding)                                | € 8.098.610             |
| P5 (levensduurkosten met 95% kans op overschrijding)                                | € 8.533.966             |
| P10 (levensduurkosten met 90% kans op overschrijding)                               | € 8.832.239             |
| <b>P15 (levensduurkosten met 85% kans op overschrijding)</b>                        | <b>€ 9.084.941</b>      |
| P50 (levensduurkosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan                     | € 10.227.369            |
| <b>P85 (levensduurkosten met 15% kans op overschrijding)</b>                        | <b>€ 11.610.468</b>     |
| P90 (levensduurkosten met 10% kans op overschrijding)                               | € 11.945.399            |
| P95 (levensduurkosten met 5% kans op overschrijding)                                | € 12.268.858            |
| P99 (levensduurkosten met 1% kans op overschrijding)                                | € 12.799.671            |
| Scheefte levensduurkosten (exclusief BTW)   | € 293.482               |



Abbeelding 4. Histogram van de levensduurkosten



Abbeelding 5. Risicobijdragen levensduurkosten



Abbeelding 6. Kansverdelingsfunctie van de levensduurkosten

| Actief? <b>Risico Analyse beton degeneratie</b> |  | VARIANT 1 |         |                           |   | Totaal              | Spreiding hvd % |       | Spreiding prijzen % |       |
|---|--|-----------|---------|---------------------------|---|---------------------|-----------------|-------|---------------------|-------|
| Code  | Omschrijving post                          | Hvd       | Ehd     | Prijs                     |   |                     | L (%)           | U (%) | L (%)               | U (%) |
| <b>Maatregelen (eenmalige kosten)</b>           |  |           |         |                           |   |                     |                 |       |                     |       |
| CINV-T6rep                                      | reparatie 10 stempels per 20 jaar (type 6) | 10,00     | stempel | € 15.000,00               | € | 150.000,00          | 0%              | 0%    | 10%                 | 25%   |
| CINV-T6rep                                      | reparatie 10 stempels per 20 jaar (type 6) | 10,00     | stempel | € 15.000,00               | € | 150.000,00          | 0%              | 0%    | 10%                 | 25%   |
| CINV-T6rep                                      | reparatie 10 stempels per 20 jaar (type 6) | 11,00     | stempel | € 15.000,00               | € | 165.000,00          | 0%              | 0%    | 10%                 | 25%   |
| leeg  | .....                                      | 0,00      | -       | € -                       | € | -                   | 0%              | 0%    | 0%                  | 0%    |
| <b>object pijlers type 2</b>                    |  |           |         |                           |   |                     |                 |       |                     |       |
| CINV-T2pijler                                   | reparatie pijler type 2                    | 0,00      | pijler  | € 1.000.000,00            | € | 0,00                | 0%              | 0%    | 50%                 | 100%  |
| CINV-T2pijler                                   | reparatie pijler type 2                    | 2,00      | pijler  | € 1.000.000,00            | € | 2.000.000,00        | 0%              | 0%    | 50%                 | 100%  |
| leeg  | .....                                      | 0,00      | -       | € -                       | € | -                   | 0%              | 0%    | 0%                  | 0%    |
| CINV-T6wand                                     | reparatie wand type 6                      | 1,00      | wand    | € 1.000.000,00            | € | 1.000.000,00        | 0%              | 0%    | 50%                 | 100%  |
| CINV-T6wand                                     | reparatie wand type 6                      | 1,00      | wand    | € 1.000.000,00            | € | 1.000.000,00        | 0%              | 0%    | 50%                 | 100%  |
| leeg  | .....                                      | 0,00      | -       | € -                       | € | -                   | 0%              | 0%    | 0%                  | 0%    |
| <b>00-BDBK</b>                                  | <b>Benoemde directe bouwkosten</b>         |           |         |                           | € | <b>4.465.000,00</b> |                 |       |                     |       |
| 00-NTDBK  | Nader te detailleren bouwkosten %          | 15%       | %       | € 4.465.000,00            | € | 669.75000           | 30%             | 30%   |                     |       |
| <b>00-DBK</b>                                   | <b>Directe bouwkosten</b>                  |           |         |                           | € | <b>5.134.750,00</b> |                 |       |                     |       |
| 00-IBKEK99                                      | Eenmalige kosten %                         | 2,0%      | %       | € 5.134.750,00            | € | 102.69500           | 50%             | 50%   |                     |       |
| <b>00-IBKEK</b>                                 | <b>Totaal eenmalige kosten</b>             |           |         | €                         |   | <b>102.695,00</b>   |                 |       |                     |       |
| 00-IBKABK1                                      | Algemene bouwplaatskosten %                | 2,0%      | %       | € 5.134.750,00            | € | 102.69500           | 50%             | 50%   |                     |       |
| 00-IBKUK1                                       | Uitvoeringskosten %                        | 12,0%     | %       | € 5.134.750,00            | € | 616.17000           | 30%             | 20%   |                     |       |
| 00-IBKAK1                                       | Algemene kosten %                          | 8,0%      | %       | € 5.956.310,00            | € | 476.50480           | 25%             | 10%   |                     |       |
| 00-IBKW1  | Winst %                                    | 2,0%      | %       | € 6.432.814,80            | € | 128.65630           | 50%             | 50%   |                     |       |
| 00-IBKR1  | Risico %                                   | 3,0%      | %       | € 6.432.814,80            | € | 192.98444           | 50%             | 50%   |                     |       |
| 00-IBKB1  | Bijdrage RAW %                             | 0,0%      | %       | € 6.754.455,54            | € | -                   | 0%              | 0%    |                     |       |
| 00-IBKB2  | Bijdrage FCO %                             | 0,0%      | %       | € 6.754.455,54            | € | -                   | 0%              | 0%    |                     |       |
| <b>00-IBK</b>                                   | <b>Indirecte bouwkosten</b>                |           |         | 31,5% t.o.v. dir.bouwkost | € | <b>1.619.705,54</b> |                 |       |                     |       |
| <b>00-VBK</b>                                   | <b>Voorziene bouwkosten</b>                |           |         |                           | € | <b>6.754.455,54</b> |                 |       |                     |       |
| <b>object</b>                                   | <b>Stempels type 6</b>                     |           |         |                           | € | <b>-</b>            |                 |       |                     |       |

| Actief?        | Risico Analyse beton degeneratie                                       |       | VARIANT 1 |       | Totaal                      | Spreiding hvd % |                     | Spreiding prijzen % |       |     |      |
|----------------|--|-------|-----------|-------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------|-----|------|
| Code           | Omschrijving post  | Hvd   | Ehd       | Prijs |                             | L (%)           | U (%)               | L (%)               | U (%) |     |      |
| Leeg           | .....  | -     | -         | €     | -                           | €               | -                   | 0%                  | 0%    | 0%  | 0%   |
| Leeg           | .....  | -     | -         | €     | -                           | €               | -                   | 0%                  | 0%    | 0%  | 0%   |
| <b>object</b>  | <b>pijlers type 2</b>  |       |           | €     | <b>150.000</b>              |                 |                     |                     |       |     |      |
| CINV-T2pijlerR | versnellen gepland onderhoud pijler type 2                             | 25,0% | pijler    | €     | 200.000,00                  | €               | 50.000,00           | 0%                  | 0%    | 50% | 100% |
| CINV-T2pijlerR | versnellen gepland onderhoud pijler type 2                             | 50,0% | pijler    | €     | 200.000,00                  | €               | 100.000,00          | 0%                  | 0%    | 50% | 100% |
| Leeg           | .....  | -     | -         | €     | -                           | €               | -                   | 0%                  | 0%    | 0%  | 0%   |
| Leeg           | .....  | -     | -         | €     | -                           | €               | -                   | 0%                  | 0%    | 0%  | 0%   |
| <b>object</b>  | <b>wanden type 6</b>   |       |           | €     | <b>25.000</b>               |                 |                     |                     |       |     |      |
| CINV-T6wandR   | versnellen gepland onderhoud type 6                                    | 25,0% | wand      | €     | 100.000,00                  | €               | 25.000,00           | 0%                  | 0%    | 50% | 100% |
| CINV-T6wandR   | versnellen gepland onderhoud type 6                                    | 50,0% | wand      | €     | -                           | €               | -                   | 0%                  | 0%    | 50% | 100% |
| Leeg           | .....  | -     | -         | €     | -                           | €               | -                   | 0%                  | 0%    | 0%  | 0%   |
| Leeg           | .....  | -     | -         | €     | -                           | €               | -                   | 0%                  | 0%    | 0%  | 0%   |
| 00-NBORBK      | Niet benoemd objectrisico bouwkosten %                                 | 0,0%  | %         | €     | 6.754.455,54                | €               | 0,00                | 50%                 | 50%   |     |      |
| <b>00-RBK</b>  | <b>Rest Risico's maatregelen</b>                                       |       |           |       |                             | €               | <b>175.000,00</b>   |                     |       |     |      |
|                |  |       |           |       | 2,6% t.o.v. voorz. bouwkost |                 |                     |                     |       |     |      |
| <b>00-BK</b>   | <b>Maatregelen (eenmalige kosten) Risico Analyse beton degeneratie</b> |       |           |       |                             | €               | <b>6.929.455,54</b> |                     |       |     |      |

### OG/ON Engineering

|           |  |      |   |   |              |   |           |     |     |  |  |
|-----------|--|------|---|---|--------------|---|-----------|-----|-----|--|--|
| 00-DEK040 | OG PM na gunning bouwcontracten (IPM team) incl. wijzigingbeheer, contractbeheersing % | 2,0% | % | € | 6.754.455,54 | € | 135.08911 | 25% | 25% |  |  |
| 00-DEK060 | ON PM na gunning %   | 2,0% | % | € | 6.754.455,54 | € | 135.08911 | 50% | 25% |  |  |

|              |  |  |  |  |                             |   |                   |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|-----------------------------|---|-------------------|--|--|--|--|
| <b>00-EK</b> | <b>Engineeringkosten (ON en OG) Risico Analyse beton degeneratie</b> |  |  |  |                             | € | <b>270.178,22</b> |  |  |  |  |
|              |  |  |  |  | 3,9% tov directe bouwkosten |   |                   |  |  |  |  |

### Overige bijkomende kosten

|            |  |      |   |   |              |   |          |     |     |  |  |
|------------|--|------|---|---|--------------|---|----------|-----|-----|--|--|
| 00-DOBK010 | Leges&heffingen voortvloeiend uit vergun.aanvragen aannemer %    | 1,0% | % | € | 6.754.455,54 | € | 67.54456 | 50% | 25% |  |  |
| 00-DOBK015 | Verzekeringspremie (CAR, ontwerp, aansprakelijk, e.d) aannemer % | 0,3% | % | € | 6.754.455,54 | € | 20.26337 | 30% | 30% |  |  |
| 00-DOBK020 | Kosten kabels & leidingen niet via D&C-contract %                | 0,0% | % | € | 6.754.455,54 | € | -        | 0%  | 0%  |  |  |
| 00-DOBK025 | Communicatiekosten niet via D&C-contract %                       | 0,0% | % | € | 6.754.455,54 | € | -        | 0%  | 0%  |  |  |
| 00-DOBK030 | Compenserende maatregelen niet via D&C-contract %                | 0,0% | % | € | 6.754.455,54 | € | -        | 0%  | 0%  |  |  |



| Actief? <b>Risico Analyse beton degeneratie</b> |   | VARIANT 1                          |                        | Totaal         |                    | Spreiding hvd % |       | Spreiding prijzen % |       |
|---|---|------------------------------------|------------------------|----------------|--------------------|-----------------|-------|---------------------|-------|
| Code  | Omschrijving post   | Hvd                                | Ehd                    | Prijs          |                    | L (%)           | U (%) | L (%)               | U (%) |
| 00-DOBK035                                      | Mitigerende maatregelen niet via D&C-contract %                                       | 0,0%                               | %                      | € 6.754.455,54 | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| 00-DOBK040                                      | Ruimen niet gesprongen explosieven niet via D&C-contract %                            | 0,0%                               | %                      | € 6.754.455,54 | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| 00-DOBK045                                      | Archeologische opgravingen niet via D&C-contract %                                    | 0,0%                               | %                      | € 6.754.455,54 | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| 00-DOBK050                                      | Planschade %  | 0,0%                               | %                      | € 6.754.455,54 | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| Leeg  | .....   | 0,0%                               | %                      | € 6.754.455,54 | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| Leeg  | .....   | 0,0%                               | %                      | € 6.754.455,54 | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| Leeg  | .....   | 0,0%                               | %                      | € 6.754.455,54 | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| <b>00-BDOBK</b>                                 | <b>Benoemde directe overige bijkomende kosten</b>                                     |                                    |                        |                | € <b>87.807,92</b> |                 |       |                     |       |
| 00-NTDOBK                                       | Nader te detailleren overige bijkomende kosten %                                      | 0,0%                               | %                      | € 87.807,92    | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| <b>00-DOBK</b>                                  | <b>Directe overige bijkomende kosten</b>  |                                    |                        |                | € <b>87.807,92</b> |                 |       |                     |       |
| Leeg  | .....   | -                                  | -                      | € -            | € -                | 0%              | 0%    | 0%                  | 0%    |
| Leeg  | .....   | -                                  | -                      | € -            | € -                | 0%              | 0%    | 0%                  | 0%    |
| Leeg  | .....   | -                                  | -                      | € -            | € -                | 0%              | 0%    | 0%                  | 0%    |
| 00-IOBKEK                                       | Eenmalige kosten %  | 0,0%                               | %                      | € 87.807,92    | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| 00-IOBKAK                                       | Algemene kosten %   | 0,0%                               | %                      | € 87.807,92    | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| 00-IOBKW  | Winst %   | 0,0%                               | %                      | € 87.807,92    | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| 00-IOBKR  | Risico %  | 0,0%                               | %                      | € 87.807,92    | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| <b>00-IOBK</b>                                  | <b>Indirecte overige bijkomende kosten</b>  | 0,0% t.o.v. dir. overige bijk.kost |                        |                | € -                |                 |       |                     |       |
| <b>00-VOBK</b>                                  | <b>Voorziene overige bijkomende kosten</b>  |                                    |                        |                | € <b>87.807,92</b> |                 |       |                     |       |
| <b>HideMe</b>                                   | <b>Do not put anything on this horizontal line</b>                                    |                                    |                        |                |                    |                 |       |                     |       |
| Leeg  | .....   | 0,0%                               | k*g                    | € -            | € -                |                 |       | 0%                  | 0%    |
| Leeg  | .....   | 0,0%                               | k*g                    | € -            | € -                |                 |       | 0%                  | 0%    |
| Leeg  | .....   | 0,0%                               | k*g                    | € -            | € -                |                 |       | 0%                  | 0%    |
| 00-NBOROBK                                      | Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten %                                 | 0,0%                               | %                      | € 87.807,92    | € -                | 0%              | 0%    |                     |       |
| <b>00-OBK</b>                                   | <b>Overige bijkomende kosten (verzekeringen etc) Risico Analyse beton degeneratie</b> | 1,3%                               | toV directe bouwkosten |                | € <b>87.807,92</b> |                 |       |                     |       |

| <input checked="" type="checkbox"/> Actief? |   | <b>Risico Analyse beton degeneratie</b> |     |       | Totaal              |              | Spreiding hvd % |              | Spreiding prijzen % |  |
|---|---|---|-----|-------|---------------------|--------------|-----------------|--------------|---------------------|--|
| Code  | Omschrijving post   | VARIANT 1                               |     | Prijs |                     | L (%)        | U (%)           | L (%)        | U (%)               |  |
|   |   | Hvd                                     | Ehd |       |                     |              |                 |              |                     |  |
| <b>00-INV</b>                               | <b>Investeringskosten Risico Analyse beton degeneratie</b>            |   |     | €     | <b>7.287.441,68</b> | Ingevul<br>d | Ingevul<br>d    | Ingevul<br>d | Ingevul<br>d        |  |
|   | Investeringskosten Risico Analyse beton degeneratie (gekapitaliseerd) |   |     | €     | 241.314,72          |              |                 |              |                     |  |