

Nr.1 Jaargang 27
Maart 2019

Bruggen

BRUGGENDAG 2019: OVER BRUGGEN ONTWERPEN,
BOUWEN ENBEHEREN



Inhoud



- 4 **ONDERDOORGANG
DRIEBERGEN-ZEIST**



- 14 **BRUGGEN,
BETEKENISDRAGERS EN
MONUMENTEN**



- 23 **DE BOUWOPGAVE VOOR
RIJKSWATERSTAAT**



- 26 **PAST, PRESENT AND FUTURE:
STRUCTURAL SAFETY FROM AN
INTERNATIONAL PERSPECTIVE**



- 34 **HET RAADSEL VAN DE
'BRUGGEN OVER DE RIJN'**

- 36 **EERSTE CIRCULAIRE VIADUCT
VAN NEDERLAND GEOPEND**

- 38 **AANPAK VERVANGINGS- EN
RENOVATIEOPGAVE
BEWEEGBARE BRUGGEN**

COLOFON

De Bruggenstichting is een onafhankelijk kenniscentrum dat zich richt op het vastleggen en uitdragen van kennis over bruggen

Opgericht 10 april 1992

REDACTIE

Jan Arends, Michel Bakker, Elisabeth van Blankenstein, Fred van Geest, Frans Remery, Heico de Lange, Wils van Soldt en Pieter Spits.

BESTUUR

Jan de Boer, Bert Hesselink, Dick Schaafsma, Joris Smits, Harm Telder en Fred Westenberg (voorzitter).

RAAD VAN ADVIES

Arup Nederland, DIVV Amsterdam, IV-Infra, Janson Bridging, Mobilis TBI Infra, Movares, ProRail, Rijkswaterstaat, Vereniging SNS Staalbouw, Ingenieursbureau Westenberg.

BRUGGEN

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar. Abonnement € 39,50 per jaar. Gratis voor begunstigers van de Nederlandse Bruggenstichting. Losse nummers: € 10,-, te bestellen via NL82 INGB 0000 0589 75

KOPIJ

Ingezonden bijdragen worden alleen in behandeling genomen als zij digitaal worden aangeleverd. Alle bijdragen dienen voorzien te zijn van naam, adres en telefoonnummer van de inzender. Inzendingen kunnen zonder opgave van redenen worden geweigerd.

ADVERTENTIES

Heico de Lange (uitgever),
heico.de.lange@rws.nl of 088 – 7970727

REDACTIEADRES

Nederlandse Bruggenstichting, Lange Kleiweg 34,
2288 GK Rijswijk
Tel: 088 7970727
e-mail: redactie@bruggenstichting.nl
<https://twitter.com/bruggenst>

HOOFDREDACTEUR

Fred van Geest, Annaplaats 1, 2713 AK Zoetermeer,
Tel: 0623 229 836
e-mail: redactie@bruggenstichting.nl

WEBSITE

<http://www.bruggenstichting.nl>

GRAFISCHE VORMGEVING

Ronald Boiten en Irene Mesu, Amersfoort

OMSLAGFOTO VOORZIJD

Drie bruggen over de Firth of Forth, Schotland

OPLAGE

1000
ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

Het is deze maanden weer actueel: het onderhoud van bruggen. De technische levensduur van de Merwedebrug bedroeg nog maar zes dagen op het moment dat deze voor het vrachtverkeer werd afgesloten. Bij de storm van protesten van de zijde van Transport en Logistiek Nederland (TLN) werd en passant maar niet gewezen op het feit dat de overheid jaren heeft nagelaten de toegestane brugbelastingen van het vrachtverkeer te handhaven. In 2008 werd in de zaak Hollandse Brug duidelijk dat het verkrijgen van een vergoeding voor geleden nadeel, niet eenvoudig was. In een proces van TLN tegen het ministerie van Infrastructuur en Milieu was een uitspraak van de Raad van State

nodig om vast te stellen dat de duur van de afsluiting niet meer binnen het ondernemersrisico viel. Een aantal ondernemingen heeft daardoor toch nog een schadevergoeding gekregen. Het meest recente horrorverhaal is de instorting van de fietsbrug tussen Best en Son. Het gaat om de houten brug over het Wilhelminakanaal richting pretpark DippieDoe en Aquabest. Er zijn geen gewonden gevallen. Reden genoeg om op de Bruggendag 2019 voor het Beheer van Bruggen een belangrijke plaats in te ruimen.

In deze aflevering is een tweetal lezingen integraal opgenomen. Circulair Bouwen heeft dit eerste kwartaal onze aandacht getrokken met de opening van een eerste proefviaduct, waarmee in dit nummer een nadere kennismaking volgt.

Zou het eenzelfde lot beschoren zijn als de initiatieven rond het demontabele bouwen? Of zal de noodzaak van de klimaatmaatregelen toch een ander verloop van dit initiatief rechtvaardigen?

Veel leesprofijt toegewenst,
Fred van Geest, hoofdredacteur



VERVANGINGSOPGAVEN KUNSTWERKEN: HOE VOORKOM JE GENUA?

In samenwerking met het platform WOW (wegbeheerders ontmoeten wegbeheerders) heeft de Nederlandse Bruggenstichting drie ontbijtsessies georganiseerd waarvan er twee al zijn gehouden; maar die in Zwolle op 28 maart 2019 is nog aanstaande. Het centrale thema is 'Bewustwording van de vervangingsopgave' en is primair gericht op bestuurders en beleidsmakers.

Nederland kent veel verouderde infrastructuur. Een groot deel dateert van kort na de Tweede Wereldoorlog en deels ook van het Interbellum. In de periode 2025-2050 komt een piek aan noodzakelijke vervangingsinvesteringen en de vraag is of gemeenten en provincies daar al klaar voor zijn. De vraag die daarbij opkomt is of een situatie zoals die zich in Genua voordeed, ook in Nederland kan optreden.

De komende vervangingsopgave is groot en kostbaar. Het is belangrijk snel te beginnen met de voorbereidingen. De informatieve ontbijtsessies van de Bruggenstichting en het Platform WOW zijn een goede start en dragen

zeker bij aan de bewustwording. Bij de ontbijtsessies is een deel van de sprekers afkomstig uit die betreffende regio. Ingegaan wordt op wat er nodig is om klaar te zijn voor de vervangingsopgave. Zijn de benodigde kennis en menskracht wel beschikbaar en als dat niet zo is, hoe gaan we dat dan organiseren? Als we deze opgave aanpakken met de huidige technieken en werkwijzen, is dit een gemiste kans om toekomstbestendige infrastructuur neer te zetten. Het kan bijvoorbeeld veel energie-neutraler, productiever en circulair.

Sprekers uit de regio geven voorbeelden van urgentie ter plaatse. Zo zal de programmamanager van de gemeente Amsterdam ingaan op de urgentie met betrekking tot de Kademuren en Bruggen in Amsterdam. Rijkswaterstaat vertelt vanuit haar programma Vervanging en Renovatie over hoe zij is begonnen met de aanpak van de vervangingsopgave. De Bruggenstichting zal ingaan op oplossingsmogelijkheden waarbij het niet alleen gaat over bruggen maar ook over andere kunstwerken.

HET PROGRAMMA IN ZWOLLE

- 08 – 08.15 uur** Ontvangst met koffie en een broodje.
- 08.15** Opening door de dagvoorzitter Maurice van Rooijen (innovatiestrategen bij onder andere Rijkswaterstaat en De Bouwcampus).
- 08.25** Voorbeelden van urgentie uit de regio door Lindy Molenkamp (directeur wegen en kanalen provincie Overijssel).
- 08.55** De urgentie in Amsterdam door Annemarij Kooistra (programmamanager Kademuren en Bruggen, Amsterdam).
- 09.15** State of the Art vervangingsopgave door Jan Slager (directeur Vervanging en Renovatie van Rijkswaterstaat).
- 09.45** Oplossing aanbieden, Harm Telder (Bruggenstichting).
- 10 – 10.15** Afsluiting

De ontbijtsessie wordt gehouden in het Provinciehuis, Luttenbergstraat 2, Zwolle. Aan de bijeenkomst zijn geen kosten verbonden. Voor meer informatie zie de site van WOW.

BEGUNSTIGER

Belangstellenden voor het werk van de Bruggenstichting kunnen begunstiger worden, als particulier of als bedrijf/organisatie. U ontvangt dan viermaal per jaar het tijdschrift *BRUGGEN*. Begunstigers en donateurs kunnen advies krijgen van de Bruggenstichting en ontvangen korting op onze activiteiten en boekuitgaven.

De Bruggenstichting is door de Belastingdienst erkend als ANBI, wat staat voor Algemeen Nut Beogende Instelling. De minimumbijdrage voor particulieren is € 39,50 (incl. BTW) en voor bedrijven en instellingen vanaf € 135,- per jaar (excl. btw), zzp'ers € 70,- (excl. btw). Studenten betalen € 10,- (maximaal 2 jaar). U kunt zich aanmelden door het overmaken van de bijdrage op: IBAN NL82 INGB 0000 0589 75 t.n.v. de Nederlandse Bruggenstichting te Rijswijk.

Aanmelden is ook mogelijk via de website www.bruggenstichting.nl > begunstiger worden.





ONDERDOORGANG DRIEBERGEN-ZEIST

bewerking: Fred van Geest

Dit artikel is gebaseerd op een artikelenreeks in CEMENT van ir. Johan Bolhuis RO, ing. Kees-Jan den Exter, ing. Enrique García Méndez, Frederick van Waarde (allen BAM Infraconsult) en ing. Ben Notenboom RTb (BouwQ). Het beschrijft niet alleen de uitvoering van dit project maar geeft tevens een beeld van hoe het toezicht tijdens alle fasen van de bouw wordt gerealiseerd.

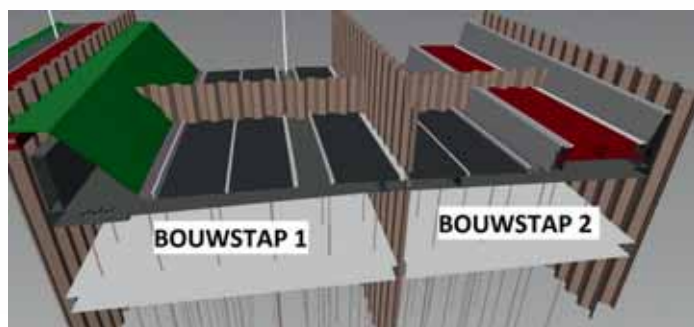
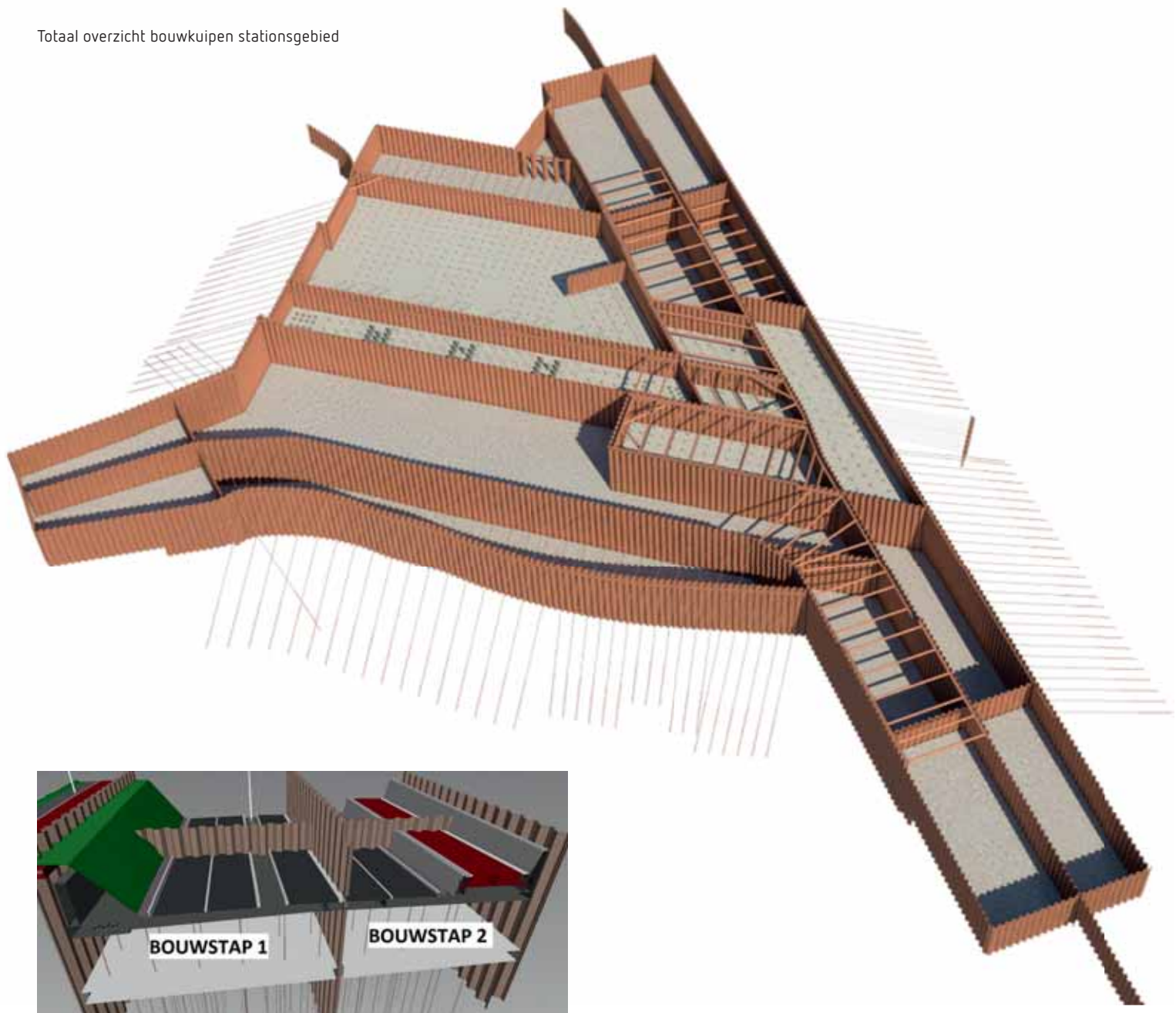
In de eerste helft van 2018 is een oplossing voor het fileprobleem bij de bewaakte overgang in de Hoofdstraat van Driebergen naar Zeist gerealiseerd. Hiermee hangen tal van werkzaamheden samen. Niet alleen de Hoofdstraat, maar het totale stationsgebied krijgt een upgrade met een nieuw station Driebergen-Zeist, een busstation, een parkeergarage en een fietsenstalling. Daarnaast wordt het spoor uitgebreid van drie naar vier sporen.



Onderdoorgang Hoofdstraat Driebergen-Zeist



Stationsgebied in 2020



Onderdoorgang in twee delen



Spoordragende moten

De onderdoorgang voor het verkeer onder de spoorlijn wordt uitgevoerd in twee delen in langsrichting, een westelijk en een oostelijk deel. Elk deel bestaat uit negen moten, die constructief op zich zelf staand zijn, maar wel aan elkaar worden verbonden met waterdicht dilatatievoegenband, type W9Ui. De vloerdikte varieert van 600 mm tot 800 mm en is plaatselijk soms dikker vanwege op te nemen leidingen.

De vloeren in de moten onder of direct naast het spoor zijn in onderwaterbeton gerealiseerd. Bij de naastliggende moten is in de bodem een waterdichte laag aangebracht



Gewi-ankers

door middel van waterglasinjectie, waarna de vloer in den droge kon worden gewapend en gestort. In de hoogst liggende moten kon met een bronbemaling worden volstaan. Nagenoeg de gehele vloer is voorzien van Gewi-ankers in een stramien van 3 x 3 m².

De wanden zijn 800 mm dik en zijn, om scheurvorming (ten gevolge van verhinderde vervorming bij het afkoelen van de wand na hydratatie) te voorkomen, voorzien van extra langswapening en koeling tijdens de verhardingshydratatie.

De spoordragende moot is binnen een treinvrije periode van 16 dagen gemaakt, mede



Microglasvezel

dankzij het feit dat de vloer al na 72 uur kon worden belast.

Na de realisatie van de westelijke onderdoorgang kan het verkeer daarvan gebruik maken, waarmee aan de filevorming een einde is gekomen en kon met de aanleg van de oostelijke onderdoorgang worden begonnen.

ONDERWATERBETON

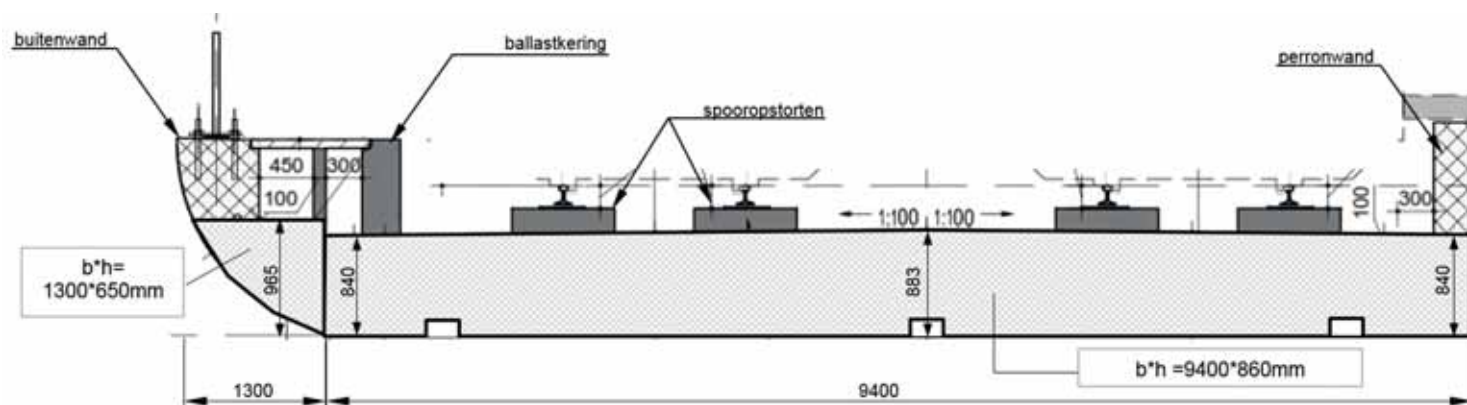
Eén van de grootste uitdagingen binnen dit project is geweest het realiseren van de onderdoorgang ter plaatse van de oude spoorwegovergang, binnen de treinvrije periode van 16 dagen. Hiervoor was het noodzakelijk het onderwaterbeton snel te

realiseren (binnen drie etmalen) en op de vereiste sterkte te brengen. De sterkte is op zich geen probleem, maar dit realiseren zonder scheurvorming ten gevolge van de hydratatiwarmte, is een uitdaging. Gedacht is aan het toepassen van micro(glas)vezel in de betonspecie, waarmee echter in Nederland nauwelijks ervaring is.

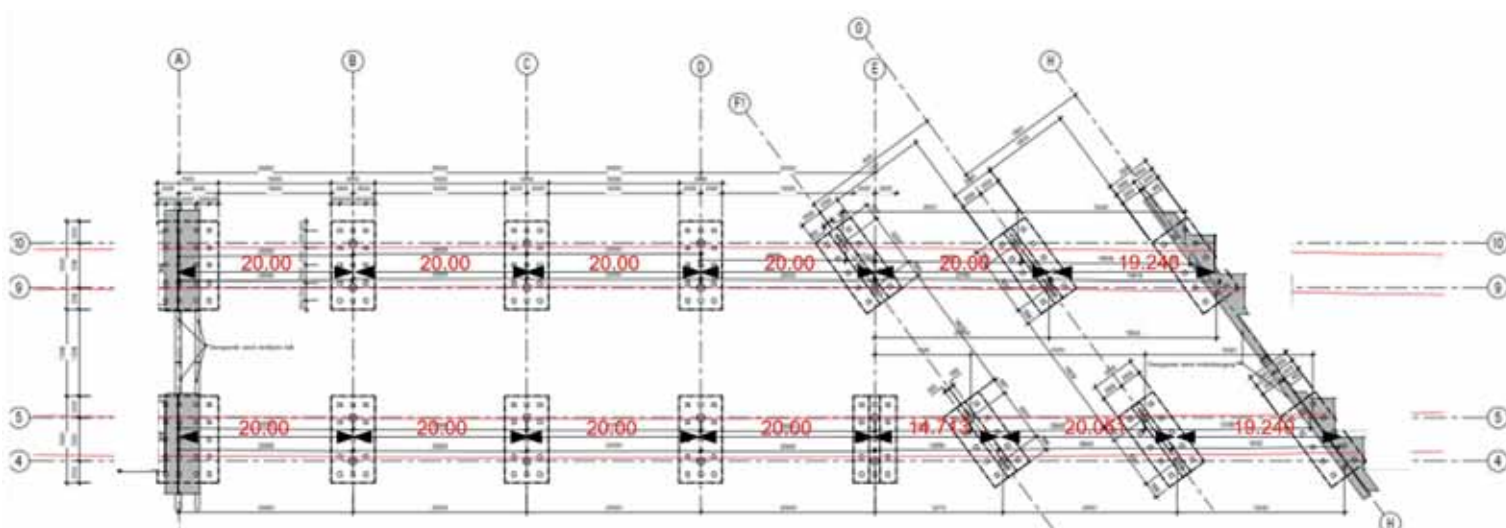
Samen met de leverancier is een onderzoek gestart naar de verwerkbaarheid en de vezeldosering. Vervolgens is een proefstort gemaakt en is de scheurvorming met behulp van een Eindige Elementen Methode doorgerekend. Diverse samenstellingen zijn beproefd op sterkteontwikkeling, warmteontwikkeling en mechanische eigenschappen (drie-puntsbuigproef voor het bepalen van de buig- en treksterkte). Een simpele temperatuursimulatie op kubussen onder water wees op een maximum temperatuur van 50 °C. Bij de fabrikant van de vezels in Frankrijk zijn uitgebreidere proeven gedaan, die dit beeld bevestigen wanneer een dosering van 10 à 15 kg/m³ wordt aangehouden.

Op basis van gegevens, verzameld in de verschillende onderzoeken en tijdens het proefstort, zijn door de Universiteit van Brescia EEM-berekeningen gemaakt voor de scheurvorming in alle fasen van het betonstorten tot aan het droogzetten van de put. De toe te passen vloeimaat is daarbij vastgesteld op 55 – 60 mm. Een duiker bevestigde dat tijdens het stort de damwandkassen goed werden gevuld en de verwerkbaarheid hetzelfde was als bij een uitgevoerd proefstort onder water. De stortsnelheid werd bepaald door de snelheid waarmee handmatig de vezels in de menger konden worden gevoerd, die daarmee op 45 m³/uur uit kwam. Het storten duurde zodoende 10 uur.

Eén van de grootste uitdagingen binnen dit project was het realiseren van de onderdoorgang ter plaatse van de oude spoorwegovergang, binnen de treinvrije periode van 16 dagen.



Dwarsdoorsnede spoordek



Plaats ondersteuningen

SCHUIVEN IN LANGSRICHTING VAN DE SPOORDEKKEN

BESCHRIJVING SPOORDEK

Het spoordek is een voorgespannen betonplaat (betonsterkteklasse C50/60, $E_{cm} = 37000 \text{ N/mm}^2$) met afmetingen $b \times h = 9400 \text{ mm} \times 860 \text{ mm}$, aan de randen cirkelvormig omgezet, met daarop aan de buitenzijde een buitenwand en ballastkering en aan de binnenzijde een perronkering. Het zuidelijke spoordek is 137 m lang en heeft zeven overspanningen van max. 20 m; het noordelijke dek is 122 m lang. De spoorstaven komen op spooropstorten. Omdat de spoor-

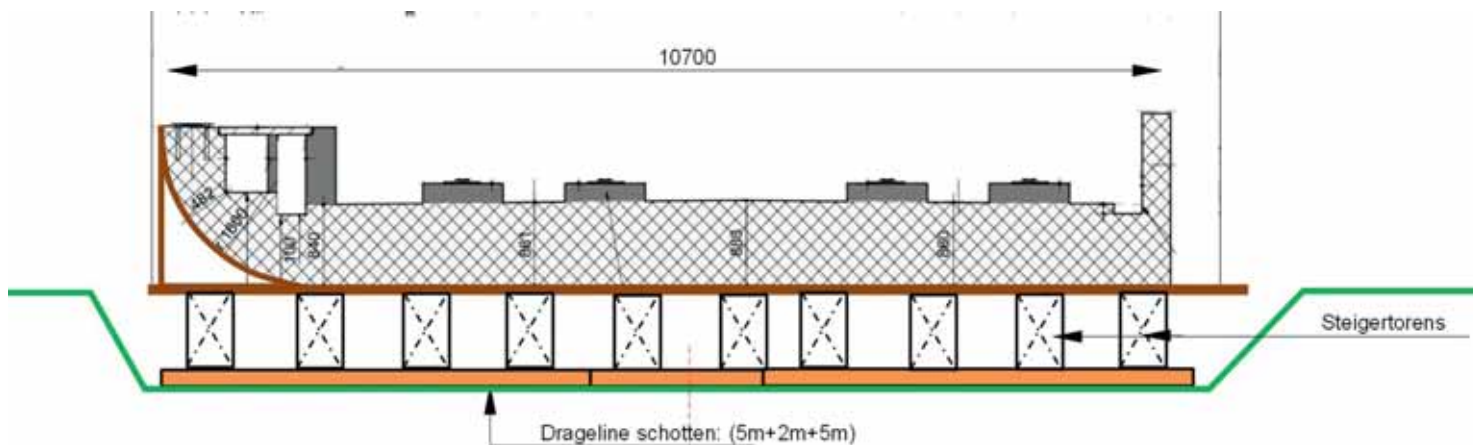
dekken de onderdoorgang niet loodrecht kruisen, zijn niet alle overspanningen even groot.

De tussensteunpunten worden gevormd door twee betonkolommen op een betonnen funderingssloof loodrecht op het spoor, behalve bij de onderdoorgang, waar de kolommen vervangen zijn door een wand, die evenwijdig met de onderdoorgang loopt. De landhoofden aan de westzijde zijn de horizontaal gefixeerde steunpunten.

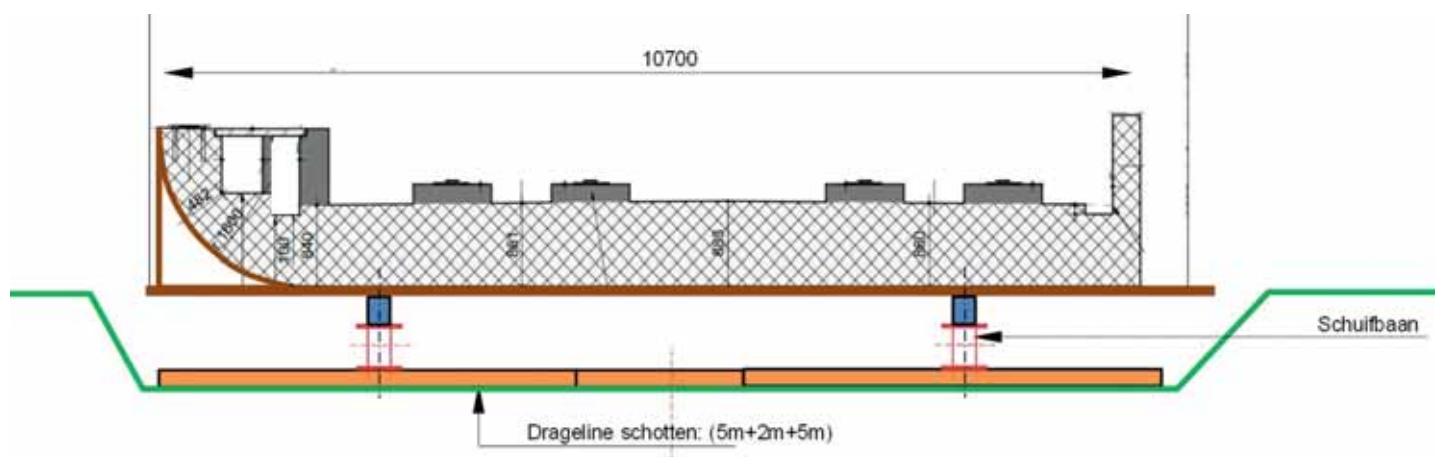
De fundering van de onderbouw bestaat uit grondverdringende schroefpalen rond 800 mm, met losse punt.

BOUWFASERING SPOORDEKKEN

De dekken worden evenwijdig aan het oude spoor gebouwd waarbij de bekisting op een tijdelijke ondersteuningsconstructie staat, waardoor er ongestoord aan de onderdoorgangen kon worden gewerkt. De locatie is voorbelast met 2 m grond om de benodigde beddingsconstante van de ondergrond te verkrijgen. De 135 m lange en 12 m brede ondergrond werd voorzien van draglineschotten waarop steigertorens (in dwarsrichting 10 stuks van circa één meter hoog) werden opgesteld, waarover de bodembekistingsplaat van de spoordekken werd aangebracht. De ondergrond werd nu praktisch gezien gelijkmatig belast door bekisting en het stortgewicht van het spoordek.



Bekistingsondersteuningsconstructie



Dek op schuifbanen

De voorspanning is in drie fasen (resp. 10, 60 en 100%) aangebracht, vanuit twee zijden. Het dek wordt volledig voorgespannen, zodanig dat de maximaal toelaatbare trekspanningen uit de Ontwerpvoorschriften ProRail (OVS) niet worden overschreden. Gegeven is dat in de voorbouwfase de ligger als volledig ondersteund kan worden beschouwd, terwijl in de definitieve fase de plaat op de pijlers en landhoofden ligt, en dus aan buigspanningen onderworpen is.

In langsrichting wordt het spoordek belast met de rem- en aanzetkrachten van de treinen, die deels door de rails naar de aansluitende aardebaan wordt afgedragen en deels via de opleggingen naar pijlers en landhoofden. Omdat gebruik is gemaakt van spoorstaven met regelbare spoorstaafbevestigingen

en vanwege de relatief grote lengte van het dek, is de afdracht naar de onderbouw aanzienlijk. Met een 2D-berekening zijn de afmetingen van de oplegblokken, de landhoofdconstructies en de horizontale verankering van het westelijk landhoofd bepaald.

In twee 3D-modellen is de krachtswerking in het dek bepaald:

- model 1: de krachtswerking in de gebruiksfase op basis van de in de OVS voorgeschreven maximaal toelaatbare trekspanningen met een zo economisch mogelijk ontworpen kabelverloop;
- model 2: de krachtswerking in de bouwfase op de voorbouwlocatie, die principieel afwijkt van de definitieve locatie: over de gehele lengte ondersteund i.p.v. plaatselijk puntvormig ondersteund.

Uit deze laatste berekening kwam naar voren dat er tijdens het aanbrengen van de voorspanning, zoals uit het eerste model zo economisch mogelijk bepaald was, te grote trekspanningen zouden ontstaan. Om dit probleem op te lossen, is het volgende overwogen:

- het aanbrengen van tijdelijke oplegpunten, daar waar die in de definitieve situatie ook aanwezig zijn. Dit zou te veel heikwaamheden vergen, naast het toch al aanzienlijke heikwerk voor de schuifbanen.
- het aanbrengen van tijdelijke 'tegenvoorspanning' (voorspanning met tegengesteld kabelverloop) om de krommingsdruk te verlagen. Dit zou betekenen dat deze tijdelijke voorspanning pas na het op zijn plaats schuiven kon worden verwijderd, waardoor dus ook de kopvlakken



Aanbrengen voorspankabelomhullingen

Tijdens het voorspannen zou aan het einde van het spoordek een gronddruk optreden van 230 kN/m^2 . De berekende, maximaal toelaatbare gronddruk bedroeg 573 kN/m^2 en voldeed daarmee ruimschoots ondanks het feit dat alleen de onderkant van het dek als contactvlak is aangehouden. De trekspanningen bleven gemiddeld onder de maximaal toelaatbare trekspanning tijdens de bouw van 3 N/mm^2 , op een enkele, niet maatgevende piekbelasting van $3,36 \text{ N/mm}^2$ na.

HET SCHUIVEN

Het schuiven geschiedt dek na dek over schuifbanen, die aangebracht worden onder het dek op de voorbouwlocatie (nadat de in de weg staande bekistingstorens zijn verwijderd) en over de onderdoorgangen. Op de schuifbaan zijn in lengterichting om de 3 m vizels aangebracht; bij de ondersteuningen wordt het dek van de resterende bekistingstorens getild en door vizels op de schuifbanen overgenomen. Ook deze situatie is apart doorgerekend.

Met duwvizels wordt het dek over 175 m verschoven. Bij de definitieve opleggingen staan grote vizelkolommen die het dek overnemen van de vizels op de schuifbanen en het dek op de definitieve opleggingen plaatsen.

van de voorspankabels pas na het schuiven konden worden afgewerkt. Dit gaf teveel problemen om dit binnen de gegeven treinvrije periode van 16 dagen te realiseren.

- c het toepassen van een vlakker kabelverloop, waarvoor meer kabels en hogere voorspankrachten benodigd waren.

definitieve k_v bepaald. Er bleek een k_v benodigd van 10.000 kN/m^3 , wat de aan te brengen overhoogte van de voorbelasting op 2 m gedurende 90 dagen bepaalde.

Alles afwegend is gekozen voor mogelijkheid c door het toepassen van twintig 27-strengs voorspankabels.

Tijdens het voorspannen treden er op de voorbouwlocatie ter plaatse van de toekomstige oplegassen en de krommingsdruk, verhoogde gronddrukken op.

Om dit in beeld te brengen is een 3D-geotechnische zettingsberekening gemaakt die de vervorming van de ondergrond ter plaatse van deze oplegassen bepaalt met een aangenomen beddingsconstante k_v (= grondbelasting / (vervorming x plaatoppervlak) in kN/mm^3 .

Hieruit wordt een nieuwe beddingsconstante bepaald, waarmee de berekening opnieuw wordt uitgevoerd. Iteratief wordt zo de



Spoordek gereed voor schuifoperatie

Het schuiven geschiedt dek na dek over schuifbanen, die aangebracht worden onder het dek op de voorbouwlocatie

Hierbij is weer eens gebleken dat 'schuiven in langsrichting' meer problemen geeft dan 'schuiven in dwarsrichting' omdat het dek met grotere vijzelkrachten moet worden verschoven.

Controle uitvoering project Stationsgebied Driebergen-Zeist

De bovenbeschreven onderdoorgang en spoordekken zijn onderdelen van het Stationsgebied Driebergen-Zeist. De opdrachtnemer van het project is verplicht een *Verborgene Gebreken Verzekering* af te sluiten. Dit is pas mogelijk nadat een *Verklaring van Geen Bezwaar* is afgegeven op basis van een onafhankelijke toets, uitgevoerd met een Technical Inspection Service-controle (TIS-controle) door een daartoe gecertificeerd bureau, het TIS-bureau (zie kader 1).

KADER 1

TIS-CONTROLE IN ZEVEN HOOFDSTAPPEN

1 Analyse vraagspecificatie

2 Vaststellen scope toets

In deze stap wordt bepaald tot welk niveau de onderdelen van het project moet worden beoordeeld en geïnspecteerd. De scope wordt verdeeld in constructieve, niet constructieve en externe elementen.

Tijdelijke constructies worden niet gecontroleerd omdat ze geen deel uitmaken van het definitieve, te verzekeren object.

In deze fase wordt de verzekeraar geïnformeerd over de hoogte van de te verzekeren som.

3 Risicoscan aanbestedingsontwerp opdrachtnemer

De risico-inventarisatie van het aanbestedingsontwerp wordt verdeeld in specifieke scans voor Algemene Risico's en Projectspectifieke Risico's.

4 Beoordelen Definitief Ontwerp (DO)

Nagegaan wordt of de juiste uitgangspunten worden gehanteerd, de schematisering klopt en of een schaduwberekening tot gelijkwaardige uitkomsten leidt. Per onderdeel wordt nagegaan of het ontwerp inderdaad zal leiden tot een kwalitatief goed bouwwerk.

5 Beoordelen Uitvoeringsontwerp (UO) op Algemene Uitvoeringsrisico's en Projectspectifieke Uitvoeringsrisico's.

6 Beoordelen Uitvoeringsdocumenten

7 Beoordelen Uitvoering op algemene risico's, projectspectifieke risico's en restrisico's.

Zuidelijke spoordek ingeschoven



TIS-controles zijn risicogestuurd en worden in de diverse fases van het bouwproces ingezet:

- in de preontwerpfase worden de risico's op verborgen gebreken en beperkingen in de functionaliteit in kaart gebracht en geanalyseerd;
- in de ontwerpfase worden de aangegeven risico's met schaduwberekeningen of schaduwanalyses geëlimineerd;
- in de uitvoeringsfase wordt met fysieke inspecties ter plekke gecontroleerd of de risico's zijn teruggebracht.

De Verklaring van Geen Bezwaar bevat een eindverklaring waarin de resultaten van de TIS-controle en eventuele uitsluitingen staan vermeld. Deze laatste komen uiteraard niet voor verzekering in aanmerking.

Voor het project Stationsgebied Driebergen-Zeist zijn in de hoofdstappen van kader 1 nadere aanwijzingen gegeven:

- Stap 1 Uit de analyse blijkt dat ProRail gedetailleerde eisen heeft opgesteld inzake constructieve veiligheid, de waterdichtheid en de veiligheid op het project.
- Stap 2 De scope heeft zich beperkt tot die onderdelen, die voor stabiliteit, sterkte en waterdichtheid van cruciaal belang zijn. Dit zijn de spoordekken, de funderingsconstructie, het betonwerk van de verdiepte bak (vloer en wanden), de langzaam verkeersbrug, de waterkelder en de fietsenstalling.
- Stap 3 Algemene Ontwerprisico's
Hierbij wordt gedacht aan scans van de paalfundering, het betonwerk, de staalconstructie en de dilatatievoegen. Onder de Project specifieke Ontwerprisico's vallen risico's inzake constructieve veiligheid en waterdichtheid.
- Stap 5 Algemene Uitvoeringsrisico's
Voorbeelden hiervan zijn de controle van de betondekking, de betonmengsel samenstelling op sterkte en levensduur, de corrosie bescherming van stalen onderdelen en de ontwerpafmetingen op de uitvoeringstekeningen.



Controle dekking op de wapening



Impressie te realiseren stationsgebied Driebergen-Zeist

- Stap 6 Beoordelen Uitvoeringsdocumenten
Gekeken is naar de werkplannen voor de betonuitvoering, het aanbrengen van de voorspanning, de herkomst en kwaliteit van het constructiestaal, de hulpconstructies en de montageplannen.
- Stap 7 Voorbeeld van algemene uitvoeringsrisico's zijn die bij het aanbrengen van de wapening volgens de tekening voor wat

betreft dekking, verankerings- en overlappingslengte. Bij de Projects specifieke Uitvoeringsrisico's wordt nagegaan in hoeverre er maatregelen zijn genomen om lekkages in het beton in de

verdiepte bak te voorkomen. Hoe zijn de risico's op verhardingskrimp beheerst door wapening, mengsamenstelling en nabehandeling?



PROJECTGEGEVENS

Stationsgebied Driebergen-Zeist (2020)	
Opdrachtgever	ProRail
Vormgeving	Arcadis
Opdrachtnemer	BAM Infra
Engineering	BAM Infraconsult
Technical Inspection Service	BouwQ

BRUGGEN, BETEKENIS- DRAGERS EN MONUMENTEN

Jan van 't Hof

Hoofd Monumenten en Collecties bij de
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed



← → Ponte Sant'Angelo te Rome.
Geopend in 136 en in 1669 voorzien
van beelden van engelen met de
martelwerktuigen van Christus
(zie hier de geselzuil), bedoeld om
pelgrims te stichten.
Foto's Jan van 't Hof, 2012.



Bruggen zijn bouwwerken die snel tot de verbeelding spreken. Iedereen heeft er een beeld bij. Een brug kan een verkeerstechnische verbinding zijn maar ook tot allerlei bespiegelingen aanleiding geven. Veel vergelijkingen en zegswijzen zijn ervan afgeleid. De brug staat zelfs aan de basis van de functiebenaming van een geestelijk leider: de paus wordt immers de grote bruggenbouwer, pontifex maximus, genoemd. In deze bijdrage kijken we eerst naar enkele buitenlandse bruggen die een bijzondere betekenis of zeggingskracht hebben. Vervolgens schakelen we over naar de rol van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Daarin passeren verschillende dilemma's. Verder komt een aantal Nederlandse, van rijkswege beschermde bruggen, ter sprake. Daaruit zal blijken dat er weliswaar bekende bruggen beschermd zijn, maar ook allerlei veel gewonere exemplaren.

BRUGGEN ALS DRAGERS VAN BETEKENISSEN

Bruggen zijn natuurlijk in de eerste plaats belangrijke onderdelen van de verkeerscirculatie. Juist prominent gelegen en veel gebruikte bruggen zijn gebruikt om bepaalde ideeën uit te dragen. De Erasmusbrug in Rotterdam is gebouwd als brug, maar ook om als beeldmerk van de stad te dienen. Juist voor een stad die zich manifesteert als architectuur- en havenstad aan een rivier, lijkt dat passend. We bekijken enkele voorbeelden in het buitenland. In de eerste plaats een goed voorbeeld van wat we misschien oneerbiedig religieuze propaganda kunnen noemen: de verfraaiing van de Ponte Sant'Angelo in Rome met engelen die de martelwerktuigen van Christus aan de voorbijgangers tonen. De brug was een belangrijke toegang voor bedevaartgangers naar Sint-Pieter. De afbeeldingen tonen de brug in zijn primaire functie van oeververbinding en als drager van een godsdienstige betekenis.

Niet alleen godsdienstige, ook wereldlijke heersers verleenden via symboliek of anderszins betekenis aan bruggen. Tijdens het fascistische bewind in Italië werden verschillende bruggen in Rome gebouwd. Op één daarvan, de Ponte Duca d'Aosta, zijn op de landhoofden veldslagen uitgebeeld die zich nabij rivieren afspeelden. Het heldendom van het Italiaanse leger is hier treffend verbeeld. Op één andere, de Ponte Principe Amedeo di Savoia, is het bouwjaar duidelijk weergegeven in zowel de gangbare als de fascistische jaartelling. Opvallend is ook nog dat de brug is ontworpen door een Duitse ingenieur; Duitsland en Italië waren immers verbonden als Asmogendheden.

Bruggen zijn in
de eerste plaats
belangrijke
onderdelen voor de
verkeerscirculatie



Ponte Duca d'Aosta en Ponte Principe Amedeo di Savoia te Rome. Uitbeelding van een veldslag respectievelijk dubbele jaartelling: 1941 geflankeerd door het jaar 19 volgens de fascistische jaartelling. Foto's Jan van 't Hof, 2015 respectievelijk 2017.

Bruggen kunnen ook qua naamgeving extra betekenis krijgen. Zo is de brug tegenover de Hermitage in Sint-Petersburg in het revolutiejaar 1917 geopend als Paleisbrug, maar hij werd snel omgedoopt tot

Republieksbrug. Tegenwoordig heet hij weer Paleisbrug. De brug ligt op een zeer beeldbepalende locatie en wordt op gezette tijden versierd. Zoals andere bruggen in Sint-Petersburg gaat hij 's nachts open om

scheepvaart op de Niewa mogelijk te maken. De brug krijgt dan een heel andere betekenis, namelijk als decor voor nachtelijke promenades en het maken van selfies.

Sint-Petersburg, de Paleisbrug gepavoiseerd voor de Dag van de Marine en (pag. 17) tijdens de dagelijkse nachtelijke opening ten behoeve van de scheepvaart. Foto's Jan van 't Hof, 2018.



Een heel ander voorbeeld van een brug met een specifieke uitmonstering en daarmee duiding is de Amsterdamse Blauwbrug

Sommige bruggen hebben al helemaal geen verkeersfunctie meer, maar ontleen hun waarde aan hun geschiedenis of locatie. De Ponte Rotto te Rome is hiervan een voorbeeld. Deze brug is een goed decor voor toeristische fotografie, maar nog altijd een sprekend voorbeeld van Romeinse ingenieurskunst.

Onderwijl zijn in Nederland weinig voorbeelden van dit soort duiding of betekenis van bruggen te vinden. De Erasmusbrug werd vanwege zijn iconische verschijning en vanwege zijn naamgever Erasmus al genoemd. Een heel ander voorbeeld van een brug met een specifieke uitmonstering en daarmee duiding is de Amsterdamse Blauwbrug. Deze is niet voor niets getooid met lantaarns bekroond door keizerskronen, zo verwijzend naar de Amsterdamse stedelijke voorrechten, gesymboliseerd door de keizerskroon die eveneens in het stadswapen voorkomt.

Via deze wat buitenlandse inleiding zijn we aangekomen bij de waardering van bruggen, die een belangrijke rol speelt bij het beschermen van deze constructies als rijksmonument.

BRUGGEN ALS RIJKSMONUMENT

Voordat we nader kijken naar welke bruggen rijksmonument zijn, is het goed om te kijken wat met 'rijksmonument' bedoeld wordt. Daarover geeft de Erfgoedwet, van kracht sedert 2017, uitsluitsel. Een monument is een *onroerende zaak* die deel uitmaakt van het *cultureel erfgoed* en die van algemeen belang is vanwege *schoonheid, betekenis voor de wetenschap of cultuurhistorische waarde*. 'Onroerend' is in dit geval van belang, omdat het culturele erfgoed als geheel breder is. Dat omvat namelijk 'uit het verleden geërfde materiële en immateriële bronnen, in de loop van de tijd tot stand gebracht door de mens of ontstaan uit de wisselwerking tussen mens en omgeving'. Enkele voorbeelden kunnen aantonen dat de drie criteria voor bescherming direct op bruggen kunnen worden toegepast. Zo kunnen bruggen die voorzien zijn van beeldhouwwerk of juist een simpel maar schilderachtig voorkomen hebben, om die reden rijksmonument zijn. Een brug met een bijzondere constructie, bijvoorbeeld met een historisch mechaniek, kan van belang zijn voor de wetenschap. En een brug die een relatie heeft met bijvoorbeeld bijzondere historische aspecten zoals de Deltawet of de aanleg van kanalen

tijdens de industrialisatie van ons land, kan cultuurhistorische waarde hebben. Veel bruggen zijn natuurlijk van waarde omdat ze in twee of zelfs drie van deze categorieën vallen. Uiteindelijk moet er voor de bescherming als rijksmonument wel sprake zijn van waarde op landelijk niveau. Cultureel erfgoed is overal, maar uiteindelijk kan slechts een deel van dat erfgoed ook op landelijk niveau beschermd worden. Dat wil trouwens niet zeggen dat het behoud, beheer en gebruik van een rijksmonument uitsluitend de verantwoordelijkheid van de rijksoverheid is. Integendeel, zie de tekst hierna.

Eerst enkele voorbeelden van bruggen met een meerduidige waardering. Eén voorbeeld is de brug tussen de Noordwal en de Veenkade in Den Haag. De brug is in 1885 gebouwd door de firma Enthoven en kan gewaardeerd worden om de uitvoering in gietijzer, om de decoratieve hekken en lantaarns en om het type draaibrug. Een ander voorbeeld van een brug met een meerduidige waardering is een brug gelegen achter paleis Soestdijk. Deze kan worden gewaardeerd als onderdeel van de parkaanleg in een bijbehorende rustieke stijl, maar ook





Gietijzeren brug in het park van kasteel Beverweerd uit 1856. Een gedenksteen vermeldt de uitvoerders, een smid, een timmerman en een metselaar. De brug is niet alleen vanwege techniek en uitvoering van belang, maar speelt ook een rol in de parkaanleg.
Foto's Gert Jan Lujendijk, 2012.



vanwege de uitvoering in cementrustiek die rond 1890 werd toegepast. Cementrustiek is eigen aan rooms-katholiek erfgoed zoals processieparken én aan parken en buitenplaatsen. Bovendien is het eigen aan de tijd: alleen rond 1900 werd dit veel toegepast. Vanwege de kwetsbaarheid is er al veel

verdwenen. Een derde voorbeeld is de ophaalbrug uit 1929 van sluis 19 bij Maastricht. Deze brug is typologisch van belang als ophaalbrug, maar ontleent zijn waarde toch vooral aan de samenhang met de sluis, die weer onderdeel is van de beroemde Zuid-Willemsvaart die mede aan

de basis lag van de negentiende-eeuwse opbloei van Nederland. Van een geheel andere orde is de al door Tacitus genoemde Romeinse brug in Maastricht. Deze is aangewezen als archeologisch monument. De brug is in 1275 ingestort – na twaalf eeuwen dienst – en de bescherming rust dus op onder



Brug in cementrustiek in het park van paleis Soestdijk. De waardering en zeldzaamheid van de bruggen is vanwege de combinatie van kunstmatig materiaal en semi-natuurlijke vormgeving bijzonder. Technisch zijn dit soort bruggen wel uitdagingen.
Foto's Gert Jan Luijendijk, 2009.



water en ondergronds gelegen resten. De historische bron is op zich interessant, maar de brug was een belangrijk onderdeel van het Romeinse wegennet. Het belang voor de wetenschap én de cultuurhistorie is dus groot.

OMGANG MET RIJKSMONUMENTEN

Rijksmonumenten worden aangewezen door de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. Namens de minister wordt deze taak, beschreven in de Erfgoedwet,

uitgevoerd door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE). Ook het afvoeren van rijksmonumenten, administratief uitgevoerd door het schrappen uit het rijksmonumentenregister, gebeurt namens de minister door de RCE. Tegenwoordig

De stalen rolbrug genaamd Kippenbrug aan het Maarland te Brielle dateert van 1909 en is typologisch van waarde. Het is verder een goed voorbeeld dat niet alleen spectaculaire bruggen rijksmonument kunnen zijn.

Foto's Gert Jan Luijendijk

worden rijksmonumenten alleen beschermd op basis van speciale thematische programma's. Momenteel wordt bijvoorbeeld verkend of het beschermen van gebouwen na 1965 aan de orde zou moeten komen. Uiteraard kunnen provincies en gemeentes ook monumenten beschermen op hun bestuurlijke niveau.

Is een rijksmonument eenmaal beschermd, dan zijn wijzigingen (waaronder aanpassingen, maar ook verplaatsing en sloop) vergunningplichtig. De gemeente is dan het bevoegde gezag, maar voor belangrijke ingrepen dient de gemeente advies te vragen aan de RCE. De gemeente weegt alle belangen; de RCE neemt die absoluut in ogenschouw, maar bekijkt de ingrepen in de eerste plaats vanuit cultuurhistorisch perspectief. Overigens is het van belang goed te beseffen wat er wordt beschermd als een brug rijksmonument is. Dat blijkt uit de identificatie zoals die wordt gegeven in het rijksmonumentenregister (eveneens kenbaar via het Kadaster). Daarnaast kan het gaan om de samenhang van de eigenlijke overspanning met andere onderdelen: soms horen aanbruggen, lantaarns, brugwachtershuisjes enz. daar eveneens bij. Bij vergunningverlening is dat van belang. In sommige gevallen is overigens subsidie voor onderhoud en restauratie van rijksmonumenten mogelijk. Toch kan het voorkomen dat ondanks alle zorg van eigenaren en overheden moet worden vastgesteld dat een rijksmonument zó gewijzigd is dat bescherming niet meer zinvol is. Als het wezen van het rijksmonument is verdwenen kan de minister tot schrappen overgaan. Bijvoorbeeld als een houten brug qua vorm én materiaal veranderd is. Dan bestaat wat bedoeld was om te beschermen niet meer en nemen we geen afscheid van het object, maar wel van de beschermde status.

Bruggen moeten vanwege hun functie natuurlijk toegankelijk en vooral veilig zijn. De eigenaren besteden daar veel aandacht aan. De RCE adviseert – zoals gezegd – bij ingrijpende wijzigingen, waaronder grote restauraties en renovaties vallen. Een advies wint natuurlijk veel aan effect als de

betrokkenen, opdrachtgever, planopsteller en adviseurs waaronder de RCE, in een vroeg stadium met elkaar overleggen. Om vroegtijdige betrokkenheid te borgen heeft de RCE met enkele grote behorende organisaties speciale overeenkomsten. Er bestaat een convenant met Rijkswaterstaat, zodat we elkaar over een weer kunnen betrekken bij planvorming en advisering. Daar gaat veel goed. Waar het gaat om de documentatie van werkzaamheden vooraf en tijdens de werkzaamheden en om het archiveren van stukken, zijn er nog wensen en kansen tot verbetering. We denken dat goede documentatie en archivering voor een volgende onderhouds- of renovatiebeurt handig en verstandig is.

Bij beheer en onderhoud maar zeker bij restauratie en renovatie van een monumentale brug komt veel kijken. Een recente casus is de Waalburg bij Nijmegen. Je kunt de brug en zijn geschiedenis op allerlei manieren beschouwen. Aan de verkeerscirculatie inclusief verlichting wordt veel aandacht besteed. Dat is immers de hoofdfunctie van de brug. Maar technisch gezien is er een complicatie aangezien de inmiddels beruchte, ongezone 'chromm zes-verf' is gebruikt, die met speciale voorzorgsmaatregelen en extra kosten vervangen moet worden.

De brug is echter ook beeldbepalend voor Nijmegen en vanwege zijn vernietiging in de Tweede Wereldoorlog onderdeel van het collectieve geheugen van de stad. De inwoners hebben een rol gekregen bij het bepalen van de kleur na restauratie. Hun verhalen over de brug worden opgetekend in een boek – het is immers 'hun' brug. Daarmee zijn we terug bij het begin van dit artikel: de brug draagt het verkeer, maar is ook drager van geschiedenis en betekenis.

DILEMMA'S BIJ BESCHERMING EN BEHOUD VAN BRUGGEN

Nederland kent ruim 63.000 gebouwde en archeologische rijksmonumenten. Bruggen maken deel uit van de hoofdcategorie wegen en waterbouwkundige monumenten, die ruim duizend nummers telt, waaronder vijfhonderd bruggen. De meeste rijksmonumenten kunnen met kleine of iets grotere aanpassingen hun functie normaal vervullen. Op dit moment zijn onder meer verduurzaming, aanpassing aan aardbevingen en herbestemming actueel. Sommige categorieën monumenten vereisen specifieke zorg. Molens vormen zo'n categorie: de oorspronkelijke functie is meestal verdwenen, maar deze monumenten worden om allerlei redenen slechts in beperkte mate aan de huidige maatschappelijke dynamiek onderworpen: het blijven meestal molens, bediend door een over het algemeen vrijwillige molenaar. Voor bijvoorbeeld kerken en boerderijen, die in toenemende mate hun functie verliezen, ligt dat anders: die worden omgevormd tot multifunctionele gebouwen, woonhuizen, enz.

Voor bruggen, sluizen en gemalen, ligt dit anders. Over het algemeen is de oorspronkelijke functie er nog wel, maar worden daaraan nu heel andere eisen gesteld. Toegenomen verkeersdrukke inclusief een zwaardere belasting en ander waterbeheer, inclusief hogere waterstanden en bredere doorvaarten, zijn belangrijke oorzaken die nopen tot ingrijpende maatregelen bij wegen en waterbouwkundige werken. Je kunt zelfs stellen dat er een 'natuurlijke' grens is aan de houdbaarheid van bruggen omdat een brug na ongeveer honderd jaar technisch en functioneel 'op' is. Soms zijn technische ingrepen mogelijk om de veiligheid te borgen, maar soms worden nieuwe eisen de bron van een dilemma: kan een brug hoe dan ook wel gehandhaafd blijven of geschikt gemaakt worden?

Met dank aan de oud-collega's Gert Jan Luijendijk, Maurits van Putten en Gerard Troost





DE BOUWOPGAVE VOOR RIJKSWATERSTAAT

Henrik Hooimeijer directeur Techniek en Technisch Management, Grootchalige Projecten en Onderhoud, Rijkswaterstaat

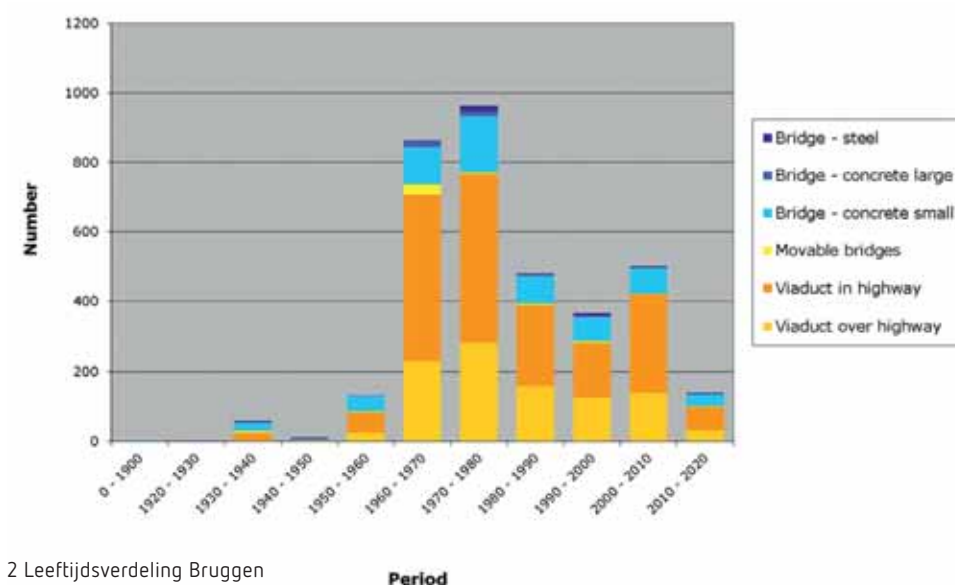
In samenwerking met Maaike Ritzen, afdelingshoofd Bruggen en Viaducten, GPO Rijkswaterstaat en Dick Schaafsma, adviseur GPO.



Op 17 januari 2018 informeerde minister Van Nieuwenhuizen de Tweede Kamer [1] over het aanstaande programma Vervanging en Renovatie (V&R). Door middel van dit programma zorgt Rijkswaterstaat in combinatie met het reguliere onderhoud voor een blijvende hoge kwaliteit van zijn netwerken. Gezien de omvang van de opgave is er de komende jaren een flinke toename van het budget nodig om de bestaande infrastructuur aan te pakken. De financiële omvang van het programma V&R neemt daarom toe van gemiddeld circa € 150 mln. per jaar in de periode tot 2020 tot een verwacht volume van ruim € 350 mln. per jaar voor de periode vanaf 2020 (exclusief budget voor Minder Hinder maatregelen om de congestietoename ten gevolge van deze V&R-opgave te reduceren [2]). Deels betreft dit projecten die reeds in planfase of uitvoering zijn.

Op welke wijze heeft Rijkswaterstaat de vervangingsopgave infrastructuur opgepakt en tot welke inzichten heeft dit geleid voor de programmering van nieuwbouw en beheer van bruggen

De investering in de bestaande infrastructuur is van belang om de betrouwbaarheid en de beschikbaarheid van de netwerken te kunnen blijven garanderen. Uitval en storingen leiden tot maatschappelijke hinder en economische schade. Door de groei van de mobiliteit neemt de impact hiervan toe. Investeren in de bestaande infrastructuur is daarmee, naast aanleg van nieuwe wegen, bijzonder effectief en verdient meer aandacht en waardering.

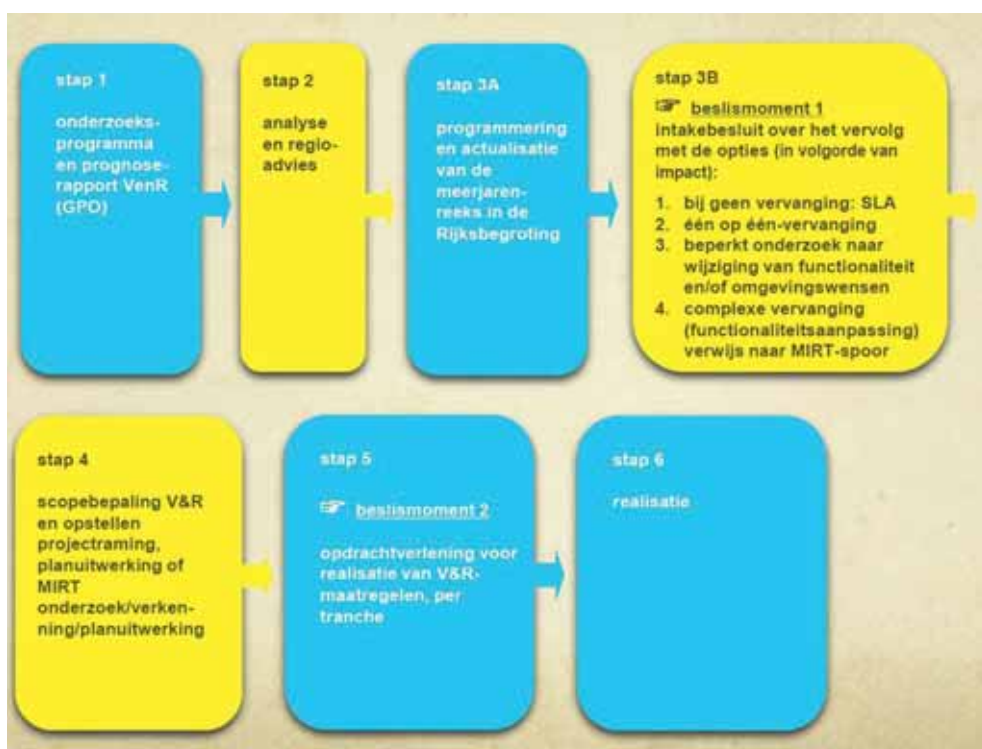


2 Leeftijdverdeling Bruggen

PROGRAMMA V&R VOOR BRUGGEN, TUNNELS, SLUIZEN EN WEGEN

De Nederlandse infrastructuur scoort hoog in internationale vergelijkingen [3]. Het belang van adequaat beheer en onderhoud is groot omdat een steeds groter deel van de infrastructuur op leeftijd begint te raken. Veel bruggen en tunnels zijn aangelegd vanaf de jaren '50. De objecten en de gebruikte ICT naderen het eind van hun levensduur.

De toenemende leeftijd van de objecten zorgt ervoor dat de kans op storingen toeneemt. Deze kunnen leiden tot hinder voor de gebruikers. De recente problematiek bij de Merwedeburg is daar een goed voorbeeld van. De aanvullende en veelal ongeplande reparaties, die hiervan het gevolg zijn, zorgen op hun beurt weer voor hinder. Daarnaast is de intensiteit van het verkeer toegenomen en is het vrachtverkeer gemiddeld zwaarder geworden. Dit leidt tot een hogere belasting van de infrastructuur dan bij het ontwerp en de bouw kon worden voorzien en zorgt ervoor dat renovaties of vervangingen eerder moeten worden uitgevoerd.



3 Vernieuwde werkwijze V&R

Het programma V&R leent zich goed voor een aanpak waarbij we niet alleen kijken naar verlengen van de levensduur, maar vooral ook inzetten op de toepassing van de nieuwste technieken om toekomstige storingen te voorkomen en om de constructies en installaties zodanig te vernieuwen zodat ze ook klaar zijn voor de toekomst en voldoen aan de eisen en wensen voor huidig én voor toekomstig gebruik. Rijkswaterstaat gaat verder dan alleen vervangen, maar zet slimme innovaties in: op de hardware en de software van de objecten.

Het gaat bijvoorbeeld om verdere standaardisatie en ontwikkeling van nieuwe ICT-oplossingen. Te denken valt aan de inzet van innovatieve sensor-systemen die de staat van objecten realtime scherp monitoren zodat vroegtijdig tegen een (dreigende) storing kan worden opgetreden. Het gaat ook om analyses van big-data zodat we beter kunnen voorspellen waar onderhoud nodig is, zodat we het beschikbare geld doelmatiger kunnen inzetten. Daarnaast is het nodig dat een verbijnding gecombineerd wordt met aanpassingen die nodig zijn voor voertuigen van de toekomst, waarbij de komende jaren vooral veel ontwikkelingen te verwachten zijn op het gebied van verkeersmanagementsystemen die weggebruikers onderweg ondersteunen met rij en reisadviezen.

Met deze aanpak kunnen eveneens de kansen benut worden om de infrastructuur verder te verduurzamen. Door grote energieverbruikende installaties, zoals de besturing van hef- en draaibruggen en sluizen te vervangen door een zuinigere oplossing, wordt bijgedragen aan de ambities voor netwerken die volledig energieneutraal opereren.

Het is belangrijk om in een periode dat de mobiliteit flink groeit en er sprake is van een grote onderhoudsopgave de netwerken toch zo goed mogelijk beschikbaar te houden. Deze uitdaging wil Rijkswaterstaat samen met regionale partners oppakken door een aanpak te kiezen waarbij zowel de communicatie als de samenwerking met de omgeving bij het realiseren van deze opgave wordt versterkt.

Deze samenwerking begint met het vroegtijdig in kaart brengen van de toekomstige gezamenlijke onderhoudsopgave, inclusief de onzekerheden die daarin bestaan en de te verwachten hinder. De uitwerking van de opgave zal samen gedaan worden met betrokken stakeholders, zoals bestuurlijke partijen, netwerkbeheerders en private partijen, die zodoende eerder mee kunnen denken en hun plannen en kennis kunnen inbrengen.

BEHEERST TECHNISCH INNOVEREN

Met het programma V&R staat Rijkswaterstaat de komende jaren voor grote maatschappelijke uitdagingen. Alleen met vernieuwing kunnen we die succesvol aangaan. Samen met marktpartijen, kennisinstituten en overheden doet Rijkswaterstaat er daarom alles aan om ervoor te zorgen dat we innovaties snel omarmen, doorontwikkelen en toepassen.

Vernieuwen is namelijk belangrijk om de doelen uit het klimaatakkoord die de regering voor 2030 en 2050 heeft gesteld te halen, maar ook om grote werkzaamheden, zoals het programma Vervanging en Renovatie te volbrengen. Bovendien helpen innovaties ons om steeds efficiënter en veiliger te werken. Alleen al de Servicedesk Zakelijk ontvangt elk

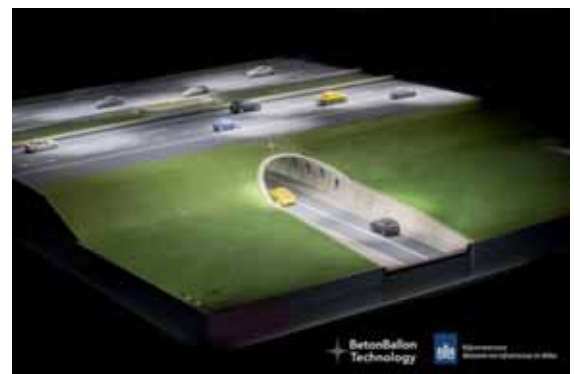
jaar meer dan 60 innovatieve suggesties en voorstellen van de markt.

Met ons zogenoemde Corporate Innovatieprogramma (CIP) signaleren, stimuleren en faciliteren we deze en andere kansrijke ideeën vroegtijdig.

De meeste suggesties die de Servicedesk Zakelijk ontvangt, zijn niet gebruiksklaar, maar wel de moeite waard om te onderzoeken, en waar mogelijk verder te brengen en te integreren in de aanbestedingen, projecten of werkwijze van Rijkswaterstaat. Hoe meer een innovatie zich al heeft bewezen, des te eerder is die klaar voor de praktijk. Voor Rijkswaterstaat is het namelijk cruciaal dat een innovatie doet wat we ervan verwachten. Zijn we daar nog niet zeker van, dan nemen we de innovatie liever iets later in gebruik. Zo voorkomen we problemen achteraf.

Rijkswaterstaat wil in 2030 circulair werken. Om dat doel te halen, is het zaak om innovaties uit de markt veel sneller een plek te geven in onze processen, werkwijzen en contracten. De nadruk ligt op productinnovaties voor de aanleg van bijvoorbeeld wegen en bruggen en op innovaties gericht op beheer en onderhoud van onder meer asfalt en bermen. Rijkswaterstaat heeft besloten om innovaties te beoordelen op basis van vier indicatoren: eco-efficiency, CO₂-reductie, grondstofverbruik en Milieu Kosten Indicator (MKI-waarde).

Op dit moment bestaan er zo'n 10 innovaties die Rijkswaterstaat samen met de marktpartijen snel gereedmaakt voor grootschalige toepassing. Het belangrijkste is dat we ervoor zorgen dat we innovaties snel valideren en dat proces transparanter maken voor markt-



↑ 4 BetonBallon-onderdoorgang

← 5 Brug bij Kornwerderzand

→ 6 Grootste onderhoudsopgave ooit

partijen, want tot nu toe duren validaties te lang. Feit is dat we uiteindelijk veel meer circulaire innovaties nodig hebben waarmee we binnen het programma V&R aan de slag kunnen. Alle marktpartijen worden dan ook opgeroepen hun innovatie in te brengen. Zo zorgen we samen voor impactvolle vernieuwingen snel in de praktijk worden gebracht.

SAMENWERKEN AAN DE GROOTSTE ONDERHOUDSOPGAVE OOI

De komende jaren wil Rijkswaterstaat meer dan 100 bruggen, tunnels, sluizen en viaducten vervangen en renoveren. Veel daarvan zijn gebouwd in de jaren 50 en 60 van de vorige eeuw en zijn dringend toe aan een opknapbeurt. Daarmee staat Rijkswaterstaat voor de grootste onderhoudsopgave in zijn geschiedenis. Een enorme klus waarbij samenwerking belangrijker is dan ooit. Ook de samenwerking met de markt: hoe zorgen we er samen voor dat we deze opgave verantwoord én doortastend aanpakken? Om te beginnen gaat het om een enorme diversiteit aan kunstwerken in het droge én het natte areaal. Variërend van bruggen, wegfunderingen en geluidsschermen tot sluizencomplexen en tunnels. Bovendien beslaat de opgave verschillende netwerken en regio's én brengt het werk enorm veel disciplines en activiteiten samen. Denk aan inspecties, ontwerpen, testen en bouwlogistiek. De werkzaamheden variëren ook nog eens in omvang en complexiteit. Van relatief eenvoudige renovaties van installaties tot complete bruggen die we moeten vervangen. Op dit moment zijn tranche 1 tot en met 3 in uitvoering en tranche 4 komt eraan. Deze tranche is net zo groot als de eerste 3 samen, zo'n 40 projecten, meer dan 130 objecten en een verwacht budget van zo'n 1,5 miljard. De komende tientallen jaren zal deze opgave voor een continue werkstroom zorgen, náást de reguliere onderhouds- en aanlegopgave.

Op welke manier zetten we kennis en capaciteit slim in? Hoe komen we tot nieuwe materialen, technieken en werkwijzen om de opgave zo goedkoop, duurzaam, efficiënt en met zo min mogelijk hinder te realiseren en objecten tegelijkertijd toekomstbestendig te maken? Natuurlijk hebben we onze ideeën en we doen het graag samen met de hele sector. Zo kunnen wij wel een bepaalde volgorde bedenken waarin we objecten aanpakken, maar waarschijnlijk hebben opdrachtnemers en andere wegbeheerders daar ook zo hun idee-

en over. Die kunnen heel waardevol zijn om bijvoorbeeld de overlast voor het verkeer te beperken of ervoor te zorgen dat we technieken die voor de ene klus worden ontwikkeld, kunnen kopiëren bij andere opdrachten.

KENNIS BORGEN

Hoe voorkomen we dat de toekomstige generaties opgezaagd worden met een loden last door de besluiten die we nu nemen? Hoe zorgen we ervoor dat binnen een programma als V&R het wiel niet twee keer hoeft te worden uitgevonden? Hoe kunnen we nu al gebruik maken van de kennis die is opgebouwd in andere programma's zoals MultiWaterwerk, RINK, PRB en VONK?

Wat dat laatste betreft: het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid heeft in 2016 al onderzoek gedaan [4] om meer inzicht te krijgen in welke (voor de droge sector relevante) kennis binnen de programma's van Rijkswaterstaat uit het verleden rondom prioritering van V&R-opgaven is opgedaan, en welke methoden daarbij zijn ontwikkeld. Daarnaast is onderzoek gedaan naar beslissingsondersteunende methoden bij V&R, zoals Life Cycle Costing (LCC) en Kosten-Baten-Analyse (KBA).

Binnen het Programma Renovatie Bruggen (PRB) is eveneens nagedacht hoe de opgedane kennis met betrekking tot het versterken van stalen bruggen het best geborgd kon worden. Na ieder onderdeel in de planvorming of uitvoering van de renovatie van een stalen brug volgt een evaluatie die wordt verwerkt in evaluatiedossiers en lessons learned-documenten. Deze wordt beschikbaar gesteld op het Platform Stalen Bruggen [5].

Maar kennis zit behalve in databases en documenten eigenlijk vooral in mensen. Vandaar dat een aantal mensen bewust langer bij het programma betrokken blijft. Niet alleen medewerkers van Rijkswaterstaat, maar ook van advies- en ingenieursbureaus en kennisinstellingen. Leerervaringen nemen we mee in nieuwe ontwerpplannen en contracten. Daarnaast delen we kennis tijdens vakbijeenkomsten, zoals de jaarlijkse Bruggendag en via publicaties.

Rijkswaterstaat blijft hierin investeren en kiest niet voor één leerstijl, maar voor meerdere. Want de manier waarop iemand kennis opdoet, verschilt van mens tot mens. En de jongere generatie leert anders dan de manier waarop men dat vroeger placht te doen. En overhandig betrokken partijen niet alleen een handboek met richtlijnen, maar wees proactief in het uitleggen van methoden, richtlijnen en toepassingen. Aanreiken én overbrengen dus, alleen daarmee kan je ieder nieuw programma tot een succes maken.

BRONNEN

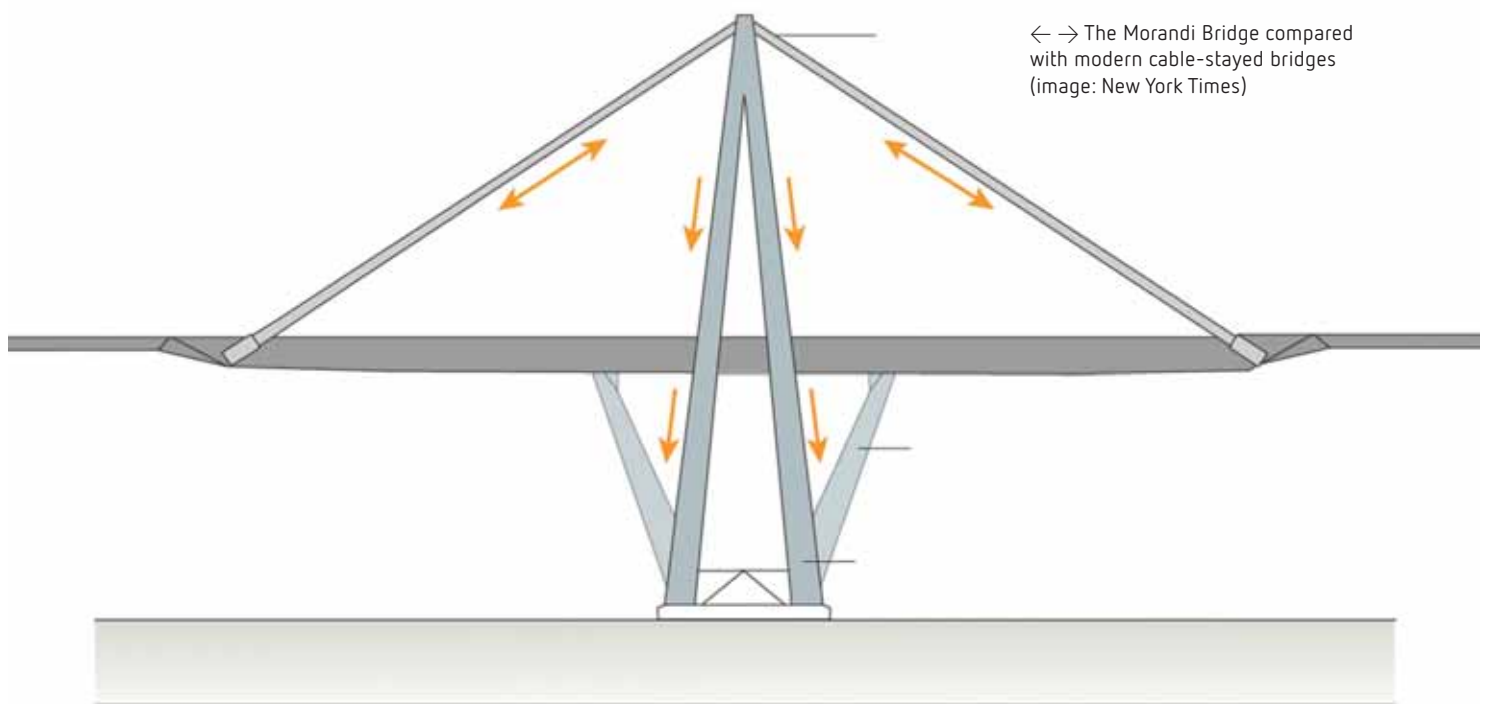
- 1 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/01/17/verjongen-vernieuwen-verduurzamen>
- 2 <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31305-270.html>
- 3 <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf>
- 4 <https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2016/08/30/maatschappelijke-prioritering-van-vernieuwing-en-renovatieprojecten>
- 5 <http://www.platformstalenbruggen.nl/>



STRUCTURAL SAFETY FROM AN INTERNATIONAL PERSPECTIVE

PAST, PRESENT AND FUTURE

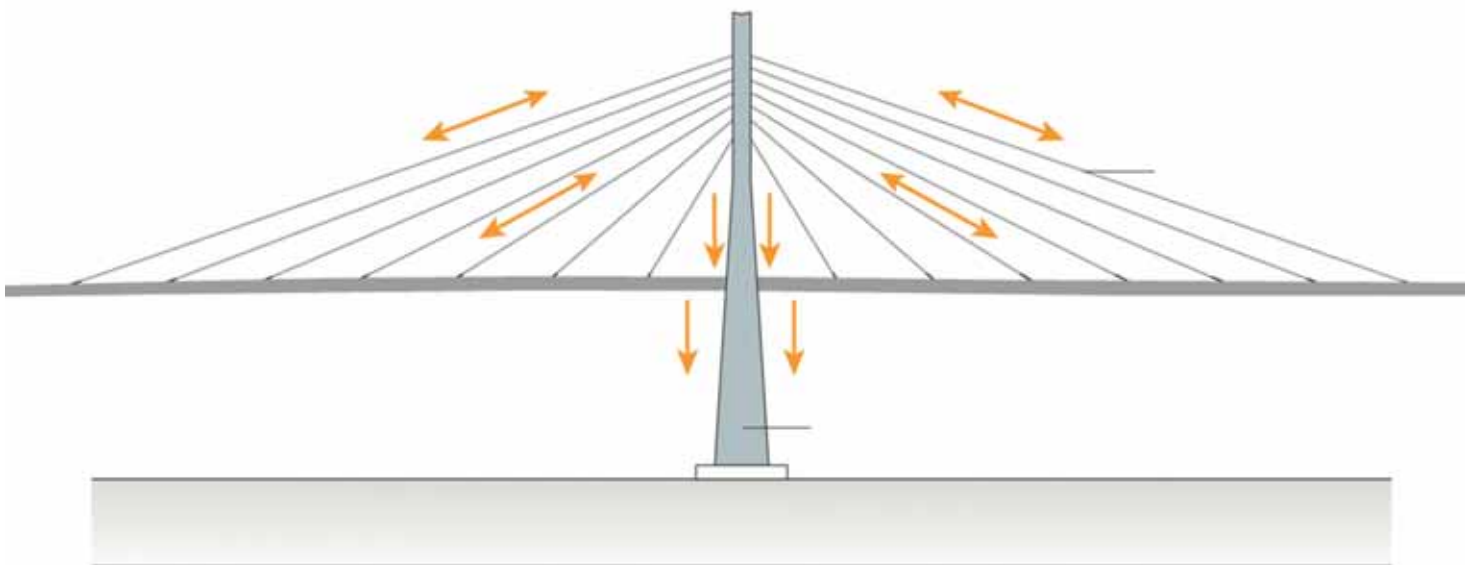
Dirk Rinze Visser MSc CEng RC and Thomas Eckhart MEng CEng MICE,
both working at BuroHappold Engineering in London, United Kingdom





Collapsed Morandi Bridge in Genoa, Italy (image: New York Times)

Although the cause of the Morandi bridge collapse in Genoa, Italy, is not yet confirmed, lessons can already be learnt from this catastrophic event. On the back of “Genoa” and a near-miss in the UK, an international perspective on structural safety is illustrated with examples from the past, present and future.





The three bridges over the Firth of Forth (image: Scottish Construction Now)

MORANDI BRIDGE, GENOA, ITALY

The Polcevera Viaduct, otherwise known as the Morandi Bridge, named after its designer Riccardo Morandi, is a cable-stayed bridge completed in 1967. During a thunderstorm on the 14 August 2018, the bridge partially collapsed, killing 43 people, and leaving a huge gap in both the local community and Italy's strategic road network.

First of all, it must be stressed that the investigation into the cause of the collapse is ongoing and until the investigation is complete, it is only possible to speculate. Some possible reasons of the collapse

(adverse weather, increase in traffic demand and age of the construction) have been identified immediately after the tragic event, but maintenance issues, general deterioration of the structural system and presence of corroded stays have also been highlighted by experts.

Morandi's bridge has been much admired by engineers and architects for its simplicity and clear expression of the load paths, but it subsequently created a lack of redundancy in the design. A second load path – the remaining stays to resist the additional load transfer from a sudden failure of a stay – is not included in the design (see page 27).

The apparent lack of redundancy does place extra emphasis on the need for rigorous inspection and maintenance. However, inspection of the critical stay cables was made difficult by Morandi's use of prestressed concrete encasement.

Morandi innovated with the early use of prestressed concrete and cable-supported spans, but without knowing all about its impact on durability and robustness.

In the 1990s the eastern stays of the eastern most pier were strengthened after detected corrosion, likely due to marine chlorides (Mediterranean Sea) and from the application of road de-icing salt. Additional external steel cables were installed on the exterior of these concrete stays. However similar work was not carried out on the other two piers, including the one that collapsed.

Undertaken studies in Italy, France and Germany have brought to light that the general condition of European bridges, and especially those constructed after WWII, are in need of renovation or replacement due to corrosion and structural deterioration.

STRUCTURAL SAFETY OF BRIDGES IN THE UK

The Highway authorities in the UK undertake regular inspection of bridge structures and they place emphasis on durability and maintenance in their design standards. These measures have generally proved satisfactory



New design Morandi Bridge

First of all, it must be stressed that the investigation into the cause of the collapse is ongoing and until the investigation is complete, it is only possible to speculate.

in maintain the UK's road infrastructure. At a local level, recent research by the RAC foundation has found approximately 3,500 local council-maintained road bridges to be substandard, representing 4,6% of the UK total. Many of these bridges have weight restrictions and are under programmes of increased monitoring.

Despite the relative health of bridges in the UK, there have been several high profile near-misses, demonstrating that the UK is not immune to the problems faced by bridge engineers worldwide. According to the New Civil Engineer, the UK have experiences five near-misses in the last 15 years, including the Forth Road Bridge spanning the Forth outside Edinburgh, Scotland.

Actually three world class bridges span the Forth within a few hundred meters of each other. Each bridge is built in a different century and demonstrates a different bridge engineering solution.

- **Forth Bridge** **Cantilever** **1890**
- **Forth Road Bridge** **Suspension** **1964**
- **Queensferry Crossing** **Cable Stayed** **2017**

These bridges provide an interesting array of examples of the issues around bridge maintenance and present an evolution in the attitude taken towards long term maintenance at the design stage of bridges.

THE FORTH BRIDGE

The Forth Bridge is a steel cantilever rail bridge designed by John Fowler and William Barlow, and constructed in 1890. It is the first major structure in the UK to be constructed from steel.

The principal maintenance issue has been the repainting of the large surface area of steelwork requiring a permanent maintenance team of painters. In 2002, work began to apply a new 3-coat paint system which is expected to last a minimum of 20 years. Since completion in 2011, and for the

first time in its history, no permanent painters are employed on the bridge.

In many ways the bridge is an example of the 'build and forget' approach to bridge design. The bridge is inherently resilient due to its very robust construction, but at the high cost of the inefficient use of building material and an expensive and dangerous inspection and painting regime.

FORTH ROAD BRIDGE

The Forth Road Bridge is a long-span suspension bridge and was opened in 1964. At that time, the bridge had the fourth-longest main span in the world (1006 m). Its deck supports a dual two-lane carriageway and there is a separate footway/cycle track on either side. About 25 million vehicles now cross the bridge each year, more than twice the amount of traffic it was designed for. In contrast to its heavy 19th century neighbour, the Forth Road Bridge presents an efficient lightweight structure.

The Forth Bridge (image: EG Focus)





Forth Road Bridge (image: <http://photoeverywhere.co.uk>)

However aspects of the attitude of ‘build and forget’ was still present during its design, and within less than half of its original design life, the bridge began to show signs of significant deterioration.

One of the major issues to affect the bridge has been corrosion of the main suspension cables. Unfortunately, there is no other way (yet) to inspect the main bridge wires than to

take the wrapping wire off and to open up the cables. In this respect the Forth Road Bridge bears similarity to the Morandi Bridge in Genoa.

In 2004 the Forth Road Bridge became the first suspension bridge in Europe to have its main cable opened up to check for signs of corrosion. Although the main cable showed no exterior signs of deterioration, the concern was that corrosion might be present inside –

as had recently been discovered in the cables of American long span suspension bridges.

When the interior of the cable was inspected, engineers were surprised to find that 8-10% of the cable’s strength had already been lost as a result of corrosion – despite the cable at that time being just 40 years old.

It was clear that action was required to try to halt or limit the deterioration. An acoustic



Internal inspection and broken wires (images: Engineer’s Journal - Engineers Ireland)

monitoring system was installed in 2006 in order to monitor future wire breaks within both cables, and to provide information regarding the panels to be opened up for the next internal inspection.

Based on good experiences in Europe, but also Japan and the USA, the decision was taken to install a dehumidification system on the Forth Road Bridge with the aim of reducing the relative humidity to below 40% where corrosion cannot occur. The drying out process was completed by the end of 2009. The dehumidification has been successful and inspections to date suggest no further loss of

largest to feature cables which cross at mid-span. This innovative design provides extra strength and stiffness, allowing the towers and the deck to be more slender and elegant.

The bridge presents an evolution in the attitude towards long term maintenance in bridge design. From the outset the design has sought to integrate whole life maintenance, with considerations given to monitoring condition and behaviour and to facilitate the repair and replacement of components if required.

In 2004 the Forth Road Bridge became the first suspension bridge in Europe to have its main cable opened up to check for signs of corrosion.



Queensferry Crossing (image: Construction Enquirer)

strength has occurred. The bridge is now expected to achieve its original 120 year design life.

However, due to the uncertainty and immanent risk of closure, in 2007 it was decided to construct a new road bridge – the Queensferry Crossing – to safeguard a vital road link for the Scottish economy.

QUEENSFERRY CROSSING

The Queensferry Crossing is a new cable stayed road bridge opened in 2017. The 2,7 km structure is the longest three-tower, cable-stayed bridge in the world and also the

The strands that make up the stay cables can be individually replaced without the need to restrict traffic on the bridge. The bridge has also been equipped with an advanced structural health monitoring system: about 1000 sensors have been installed to monitor the global behaviour of the bridge and its environment in real time (wind, temperature, corrosion, motion and any strains).

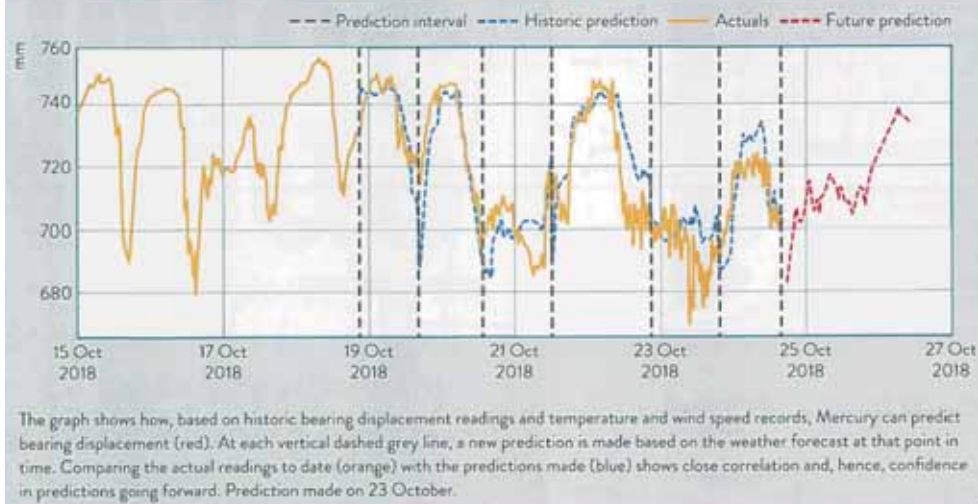
This allows the operator to respond quickly to extreme events, to target inspections and to carry out pre-emptive interventions to avoid potential failures.

Recently machine learning has been added to

the software which will enable it to use historical data to identify trends or behaviours not yet recognised by the maintenance team. It will take time to collect data to make meaningful predictions, but it is expected that the software will be able to make predictions about what safety measures or repairs should be carried out in advance of forecasted severe weather events.

In addition to advanced monitoring systems, advances in technology are also being utilised to improve traditional visual inspections by engineers.

MACHINE LEARNING – DISPLACEMENT PREDICTION OF BEARING ON NEW END-POST DETAIL



Machine learning leading to future predictions of behaviour (graph: New Civil Engineer)

A virtual reality (VR) model of the bridge has been created and the maintainers are trialling the use of VR by engineers to view 360° camera footage captured by drones on site. The use of such technology in bridge inspections is still new, but the Forth Road Bridge and the Queensferry Crossing are at

the forefront of these developments in the UK. The latest technologies are helping to maintain the structural health of both bridges and allowing both to be brought into an integrated 'managed crossing scheme' safeguarding the future of this vital road link.

MAKING THE VISION VIABLE

BuroHappold Engineering designs bridges without disregarding future maintenance. The whole life approach to bridge design is key in each design, including the one for the Northern Spire in Sunderland. Forming a major part of the regeneration of the North East, the Northern Spire - an imposing two span cable-stayed bridge with an A-frame pylon - is the first new road bridge in Sunderland for more than 45 years. Crossing the River Wear, it carries two lanes of traffic in each direction, together with dedicated cycle ways and footpaths, creating a much-needed safe passage for all modes of transport.

The Northern Spire is designed to minimise maintenance requirements and to facilitate ease of maintenance. All elements of the bridge are detailed to cater for future access requirements of a principal inspection. Key areas with regard to access are both the

The Northern Spire (image: BuroHappold Engineering)



adjustable and fixed end anchors locations at deck level and within the pylon respectively. The access has been fully integrated into the principle structure. Openings in structural members have been considered in the design and detailing of these along with all fixtures, fittings and clearances required for access. Besides facilitating access for inspection and maintenance, it has also been ensured that all inspection and testing equipment are catered for in the design and in the detailing of the bridge. Platforms, ladders, guardrails, internal lighting and power sources have all been provided. Connection points have been provided on the steel pylon for installation of a proprietary scaffolding system for access to the external pylon. The inner face of the pylon is to be accessed by abseiling. Lessons have been learnt from the past and the below mentioned technical enhancements have been incorporated in the

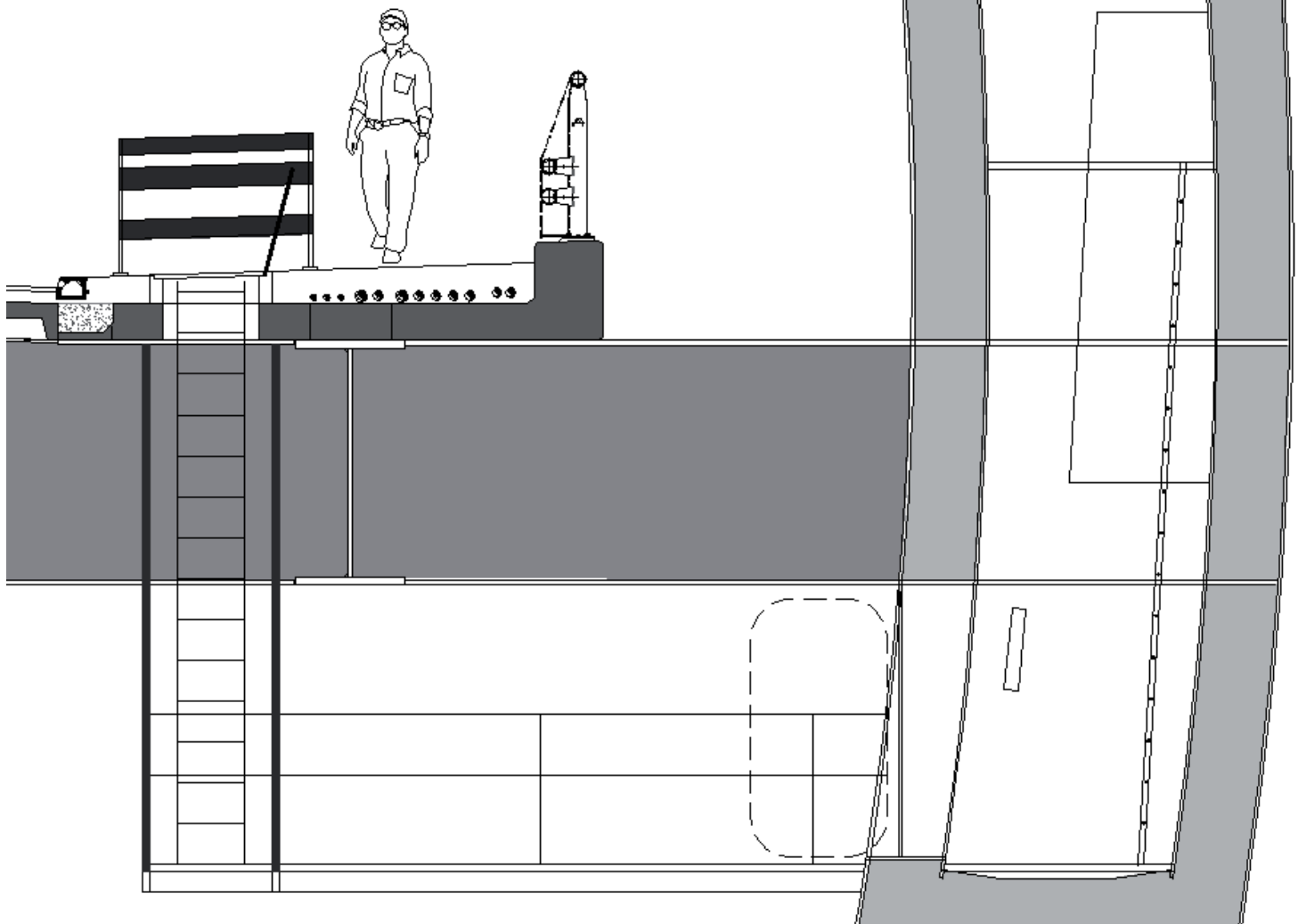
Northern Spire, and these could also be considered in future bridge designs as well:

- Cable strands individually replaceable.
- Dehumidifying system installed in internal steel pylon.
- Concrete pylon base has high strength concrete specified and the outer layer of reinforcement in stainless steel to minimise the need for future repair works.
- Ends of underdeck electrical service ducts are accessible from abutment galleries. Junction boxes and drawing pits accessible from opening in the bridge deck.
- Additional service ducts provided for possible future services.
- Carefully detailed sub-surface drainage integrated with kerb drainage units.
- Minimisation of number of bearings, including elimination of bearings at pylon location.

- No bearings located over water (nor therefore subject to direct salt water spray).
- Jacking points provided at all bearing locations.
- Added robustness and future-proofing provided by extra load and movement capacity of bearings.
- Highly durable elastomeric expansion joints which do not require replacement.

It is up to us, architects and engineers, to prevent disasters like in Genoa and near-misses like in Edinburgh, and to assure structural safety and breath-taking bridge design continues to walk hand in hand for generations to come.

Deck to pylon access (image: BuroHappold Engineering)



HET RAADSEL VAN DE 'BRUGGEN OVER DE RIJN'

Michel Bakker

An de Katwijkse boulevard staat de Hollywoodachtige villa Allegonda. Onder meer bekend door prachtige glas-in-loodramen, waaronder één met een voorstelling van 'Bruggen over de Rijn'. Deze bijdrage in de serie 'Bruggen in de Kunst' probeert er iets over te zeggen. Maar het blijkt een raadsel want noch de locatie, noch de naam van de glazenier, noch de titel van het raam blijken eenduidig.



1 Villa Allegonda, later genoemd Villa Sigrid

DE GESCHIEDENIS VAN DE VILLA IN VOGELVLUCHT

Villa Allegonda is belangrijk binnen de geschiedenis van de moderne architectuur. Gebouwd in 1901 naar een ontwerp van de Katwijkse aannemer De Best, die het verhuurde aan de kunstschilder Gerhard 'Morgenstjerne' Munthe. De schilder vernoemde het naar zijn dochtertje Sigrid (zie fig.1). In 1916 besloot de toenmalige eigenaar, theehandelaar J.E.R. Trousselot, de villa een ander aanzicht te geven. Voor deze verbouwing vroeg hij zijn buurman, de kunstschilder Menso Kamerlingh Onnes om advies. Deze schakelde de hulp in van een vriend van zijn zoon Harm Kamerlingh Onnes: de later internationaal vermaarde Leidse architect J.J.P. Oud. Oud had in die tijd ook veel contact met Theo van Doesburg, een kunstenaar die net als Oud zocht naar vernieuwing. Uit hun contacten kwam het tijdschrift *De Stijl* voort waar Van Doesburg de drijvende kracht van werd. Het ontwerp vond inspiratie in de Noord-

Afrikaanse woestijnwoning – een uitgangspunt van Kamerlingh Onnes – en toonde platte daken en een samenspel van kubusvormige elementen. Goed aansluitend bij de wensen en eisen van *De Stijl*, waarvan het dan ook als vroeg voorbeeld wordt gezien. Door middel van loggia's werden buiten en binnen met elkaar verbonden. Op voordracht van Oud ontwierp zijn vriend Theo van Doesburg twee glas-in-loodramen, getiteld *Glas-in-loodcompositie II* en *V*. Na de verbouwing doopte Trousselot zijn villa om tot Villa Allegonda, naar de naam van zijn vrouw. In 1957 werd het verbouwd tot Hotel Savoy. In 2018 is de oorspronkelijke functie van bewoning teruggekeerd en heet het gebouw weer Villa Allegonda.

DE RAMEN

De beide Van Doesburgramen zijn in 1957 verloren gegaan. De Katwijkse historicus en glazenier Jan ter Haar heeft ze na uitvoerige studie weten te reconstrueren. Op zijn website meldt hij echter ook een derde raam,

evenzeer met een geometrische inslag. Het zou bij een latere verbouwing geplaatst zijn en tussen de hal en de bar hebben gezeten. Toen Ter Haar de villa bezocht, lag het raam voor oud vuil op de grond, beschadigd. De titel 'Bruggen over de Rijn' stond als zodanig op een naastliggend bordje. Het raam heeft weliswaar iets weg van de stijl van Van Doesburg maar in zijn goed onderzochte oeuvre komt het niet voor. De afbeelding geeft een soort spel weer van vakwerkligers, stabiliteitsverbanden en portalen (zie

De vorm van de hoge arcade zou daarop kunnen wijzen. Literatuurstudie wijst uit dat Harm Kamerlingh Onnes samen met zijn vrouw Titia Easton in 1938 een reis maakte naar Tunis. Na de verwoesting van de stad Carthago in 146 v.Chr. werd ook Noord-Afrika ingelijfd in het Romeinse Rijk. Ook hier voorzagen aquaducten de grote steden van water. Het 132 km lange Zaghuan Aquaduct, ook wel Hadrianus-aquaduct genoemd (zie fig. 3), werd gebouwd in het huidige Tunesië om Carthago van drinkwater te

voorzien. Hebben Harm en Titia dit aquaduct niet gezien en bewonderd? Is het denkbaar dat dit Romeinse bouwwerk uiteindelijk als Rijnbrug in een villa is beland?

Met dank aan: Jan ter Haar en Olga van der Klooster

LITERATUUR EN BRONNEN

C. Hoogveld (red.), Glas in lood in Nederland, 1817-1968, 's-Gravenhage/Zeist 1989.

Boekje Jan ter Haar www.glassartpluslood.nl



fig.2). Maar bruggen over de Rijn? Het kan natuurlijk ook geïnspireerd zijn door bruggen over de Oude Rijn. Jan ter Haar onderzoekt in samenwerking met Annemarie Kingmans van het Katwijkse Museum of mogelijk de uitwateringssluizen een rol gespeeld kan hebben bij de compositie en beeldvorming. Op dit moment veronderstelt men dat Harm Kamerlingh Onnes (1893-1985) de ontwerper van het raam is. Tekeningen in het archief van De Lakenhal lijken dit te bevestigen. Ter Haar maakte van de drie ramen één reconstructie.

Centrale vraag blijft: past het naambordje 'Bruggen over de Rijn' bij dit raam? Met andere woorden: wat zien we afgebeeld? Jan ter Haar en ik staan open voor uw suggesties. Als archeoloog houd ik echter nog een optie open: dat het in het geheel geen bruggen of sluizen zijn, maar een aquaduct.

2 Eén raam, samengesteld uit drie delen.



3 Resterend gedeelte van het Zaghuan Aquaduct

EERSTE CIRCULAIRE VIADUCT VAN NEDERLAND GEOPEND

Op 14 januari is het eerste, betonnen circulaire viaduct van Nederland nabij Kampen geopend. Het circulaire viaduct is een initiatief van Rijkswaterstaat, aannemer Van Hattum en Blankevoort (VolkerWessels) en prefab-bouwer Consolis Spanbeton.

Het dek van het circulair viaduct bestaat uit 40 betonnen elementen en kan volledig en ongeschonden worden gedemonteerd, verplaatst en op een nieuwe locatie worden herbouwd. Zo is er geen afval, zijn er geen nieuwe grondstoffen nodig en worden gebruikte grondstoffen op de meest hoogwaardige manier opnieuw gebruikt. Waar reguliere viaducten na 30 tot 50 jaar worden gesloopt, is de levensduur van het circulair viaduct met 200 jaar ongeveer vijf keer zo lang. Het is het eerste betonnen viaduct in Nederland dat zo is ontworpen en gerealiseerd.

INNOVATIEF ONTWERP

Kees Quartel van Consolis Spanbeton vertelt: “bij het innovatieve ontwerp van het viaduct zijn diverse circulaire principes toegepast. Bijzonder is bijvoorbeeld dat de elementen als ‘LEGO-blokjes’ in elkaar grijpen met nokken, dat de voorspannings-

kabels niet zijn ingestort en dat de tussen de betonnen elementen gebruikte voegen weer kunnen loslaten. Daardoor hoeven de elementen bij demontage niet te worden gesloopt en kunnen ze ongeschonden worden hergebruikt. Door te werken met elementen, kunnen bovendien met dezelfde

‘bouwstenen’ nieuwe viaducten worden gebouwd die variëren in lengte en breedte.” Tussen de elementen zijn zogenaamde ‘shear-keys’ aangebracht, in elkaar vallende nokken die de elementen zuiver in één lijn plaatsen en dwarskrachten kunnen overbrengen.



Bridge Techniek bemiddelt
werktuigbouwkundige en elektrotechnische
monteurs voor bruggen en sluizen

BRIDGE TECHNIEK: DE BRUG NAAR CONTINUITEIT

Plaza 24D | 4782 SK Moerdijk | **T** (078) 629 55 36 | **E** info@bridgebv.com | **I** www.bridgebv.com

TEST CIRCULAIR VIADUCT

De komende maanden testen de drie samenwerkingspartners dit eerste prototype van het circulair viaduct op een werkterrein tussen Kampen en Dronten. Het werkterrein is ingericht voor de bouw van de Reevesluis, onderdeel van het project Ruimte voor de Rivier IJsseldelta. Werkverkeer maakt daar gebruik van het viaduct. Met uitgebreide monitoring wordt in de gaten gehouden hoe het viaduct zich gedraagt. De testgegevens worden meegenomen bij de doorontwikkeling van het circulair viaduct.

LEEROMGEVING CIRCULAIRE VIADUCTEN

Om grootschalige toepassing van circulaire viaducten mogelijk te maken, creëert Rijks-

waterstaat samen met Van Hattum en Blankevoort en de Bouwcampus een leeromgeving, waarbinnen de huidige beschikbare kennis van opdrachtgevers, infrabedrijven en kennisinstellingen bij elkaar wordt gebracht. Doel is om samen te komen tot afspraken en gezamenlijke uitgangspunten voor de doorontwikkeling van bestaande concepten. Civiele aannemers en wegbeheerders kunnen zich aan sluiten bij deze leeromgeving om hun ideeën in te brengen in de ontwikkeling van het circulair viaduct. RWS heeft de rol van 'launching customer', die een beweging op gang wil brengen door bedrijven te ondersteunen bij het doorontwikkelen van een gezamenlijk concept. Om circulaire innovaties te versnellen, wil Rijkswaterstaat eerder en nauwer betrokken zijn

bij de ontwikkeling ervan. Samenwerking op basis van gelijkwaardigheid binnen de hele keten is noodzakelijk om volledig circulair bouwen mogelijk te maken.'

Met de realisatie van het eerste circulaire viaduct van Nederland dragen de drie partners op een innovatieve wijze bij aan de duurzame ambities van Rijkswaterstaat en Nederland, namelijk: 49% minder CO₂-uitstoot (ten opzichte van 1990) en circulair werken in 2030.

In beeld bekijken? zie YouTube: 'Zo bouwen we een circulair viaduct'.



NTA¹⁾ AANPAK VERVANGINGS- EN RENOVATIEOPGAVE BEWEEGBARE BRUGGEN

De initiatiefnemer tot het opstellen van deze NTA was de Provincie Noord-Holland. Samen met de Provincie Overijssel zijn afspraken gemaakt tussen wegbeheerders en wegenbouwers om samen tot een snelle uitvoering te komen met zo min mogelijk verkeershinder van wegen en de daarin voorkomende (beweegbare) bruggen.

Bij de uitvoering hiervan wordt het IFD-principe gehanteerd: Industrieel, Flexibel en Demontabel bouwen, waarmee constructies kunnen worden hergebruikt als daar bij de bouw al rekening mee is gehouden. Afspraken zijn nodig om dit hergebruik efficiënter, circulair en duurzaam uit te voeren.

De Vervangings- en Assetmanagementsopgave van het Rijk voorziet niet in deze activiteiten en dus moet dit decentraal worden aangepakt, temeer daar deze opgave urgent is en een aanzienlijke, zelfs een onmeetbare omvang heeft. De kwantiteit wordt op 40.000 stuks geschat waarvan de basisgegevens en kwaliteit onbekend zijn. De bruggen uit de periode 1950-70 zijn het meest urgent, vanwege het bereiken van de einde-technische levensduurfase. Ook de toegenomen verkeersintensiteit en overbelasting zijn criteria voor het vervangen.

Saillant gegeven is dat overbelasting tot een schadepost van circa € 400 miljoen op jaarbasis leidt en dat dit gegeven alleen al aanleiding zou kunnen zijn tot voortijdige sloop en nieuwbouw van bestaande bruggen. Hiervan wordt echter afgezien omdat dit als kapitaalsvernietiging wordt aangemerkt.

DE TIJD DRINGT

Om economische (gevolg)schade te voorkomen, moet renovatie of vervanging dan ook direct en in een zo klein mogelijk tijdsbestek geschieden. Om dit te bereiken is een modulaire opzet en een (de)montabel maatregelenpakket opgesteld en vastgelegd in een NTA; een NEN-norm zou te veel tijd vergen. De provincie Noord-Holland heeft het initiatief voor deze NTA genomen.

Medio 2017 zijn bij de Bouwcampus in Delft bijeenkomsten georganiseerd waarbij partijen met een opdrachtgevers- en -nemersachtergrond ervaringen in bracht vanuit drie taakgroepen: staal, beton en bewegingswerken/aandrijving de modulaire opzet en een (de)montabel maatregelenpakket vorm te geven. Begin 2018 was een voorversie gereed en in februari 2019 komt de definitieve versie beschikbaar, zonder een starre formulering: de inhoud kan eenvoudig aan de laatste inzichten worden aangepast.

KOSTENVOORDEEL

Het Economisch Instituut voor de Bouwnijverheid EIB heeft becijferd dat de aanpak volgens deel NTA en 15% kostenvoordeel oplevert [1]. Figuur AA geeft aan dat dit gemiddelde op de aspecten engineering en meerwerk-/faalkosten ruim te boven gaat.

1) NTA staat voor Nederlands Technische Afspraak, en is vergelijkbaar met een CUR-Aanbeveling zoals we die kennen op het gebied van beton. Het is een voornorm, opgesteld volgens de richtlijnen van het NEN en heeft een geldigheidsduur van drie jaar.

CASUS

In de NTA is een ophaalbrug als voorbeeld genomen, waarbij de materiaal-raakvlakken zijn gestandaardiseerd. Op basis van CEMT-klasse van schepen en verschillende dwarsprofielen zijn meerdere maten voor het hoofdstramien beschikbaar. De robuuste, ruime dimensionering van de aansluitdetails maakt deze multi-inzetbaar. De voornaamste onderdelen van ophaalbrug, aanbruggen en het bewegingswerk zijn aangegeven en modulair onderverdeeld met eenvoudige de-/remontage als uitgangspunt. De besturing wordt gesitueerd in een bereikbare kelder omdat de installaties ongeveer vier maal tijdens de levensduur van de brug moeten kunnen worden vervangen.

De fundering is niet gestandaardiseerd vanwege de grote diversiteit in bodemgesteldheden in Nederland. De NTA biedt ruimte voor toekomstige ontwikkelingen op het gebied van data-

technologie van belasting en materiaal-eigenschappen.

Omdat er nog vele financiële onduidelikheden zijn, is de noodzaak voor een Kapitaalnota groot op basis waarvan regionale en plaatselijke overheden om de investeringen mogelijk te maken,

VERWIJZINGEN

Bouwstenen voor beweegbare bruggen, EIB, Amsterdam, 2017

Vermindering Bouw- en Onderhoudskosten van IFD-bouwen per brugonderdeel in vergelijking met het nul-alternatief (bron: EIB)

Onderdeel	Minimum in %	Maximum in %
Vast deel	1	2
Ophaalbrug	0	10
Bewegingswerk, aandrijving	11	27
Engineering	20	40
Meerwerk/faalkosten	25	34
Onderhoud	9	9
Totaal	7	14

Raad van Advies

ARUP



**VAN DE NEDERLANDSE
BRUGGENSTICHTING**

BRUGGEN
BASISKENNIS
VOOR
CIVIELTECHNICI

Auteur
Fred van Geest

**ZOJUIST
VERSCHENEN**

FRED VAN GEEST

BRUGGEN

BASISKENNIS VOOR
CIVIELTECHNICI

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING
BRUGGEN



De Bruggenstichting heeft een studieboek uitgegeven, waarin de basiskennis is opgenomen waarover iedere HBO-abituriënt zou moeten beschikken om in de bruggenbouw actief te kunnen zijn. Dat geldt voor zowel de uitvoering, het ontwerp, de constructie als het onderhoud. Het is kennis die ook voor andere niveaus van onderwijs toegankelijk is, 'van bol4 tot universiteit!'

De uitgave is een geheel herziene en aangepaste bewerking van die voor het MTS onderwijs van destijds van dezelfde auteur.

In negen hoofdstukken komen alle aspecten van de bruggenbouw aan de orde:

- **Vormgeving van bruggen**
- **Typen bruggen naar functie, toegepaste materialen en krachtoverdracht**
- **Beweegbare bruggen van ophaalbrug tot rolbasculebrug**
- **Onderbouw van bruggen, landhoofden, pijlers en bijzondere pijlerconstructies**
- **Opleggingen en voegovergangen – werking en vormgeving**

- **Bovenbouw - het dek, bovenbouw in hout, staal, vvk (vezelversterkte kunststof), gewapend beton en voorgespannen beton, vakwerkliggers**
- **Uitvoeringsmethoden: vooraf vervaardigde en ter plaatse vervaardigde bruggen in staal, beton en vvk, vrije uitbouwmethode, schuifmethode**
- **Berekening van bruggen - uitgangspunten, brugbelastingen, voorbeeldberekening fiets*voetbrug**
- **Beheer en Onderhoud - inspectie, instrumenten voor inspectie en beheer van objecten**

Om aan de wens van het onderwijs te voldoen, is er een uitgave in gedrukte vorm en als digitale content. De kosten hiervan bedragen € 59,- in gedrukte versie en € 29,- voor de digitale content. Formaat 250 mm x 235 mm, omvang 192 pagina's.

Deze nieuwe uitgave past geheel in de kennisoverdrachtsdoelstelling van de Bruggenstichting en mag in het civieltechnisch onderwijs niet ontbreken.

Voor bestellingen: zie bruggenstichting.nl

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING

BRUGEN

Lange Kleiweg 34 2288 GK Rijswijk  088 7970 727  nbs@rws.nl www.bruggenstichting.nl