

Nr.2 Jaargang 28
Juni 2020

Bruggen

**KNOOPPUNT HOFVLIET (A4)
IN WORDING**

Inhoud



- 4 **MERCK TOCH HOE STERCK!
DE RENOVATIE VAN
DE SPANJAARDSBRUG**



- 14 **WAAR BLIJFT DIE 'SPRONG OVER
HET IJ'?**



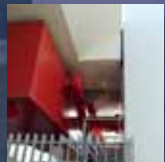
- 20 **RIJNLANDROUTE, FLY-OVERS A4
KNOOPPUNT HOFVLIET**



- 26 **VISBRUG GEVANGEN
IN INKT**



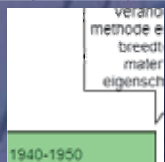
- 30 **OP AFSTAND BEDIENDE BRUGGEN
VEILIG?**



- 32 **LAWAAIPROBLEMEN NIEUWE
BRUG IN DRONRYP OPGELOST**



- 34 **GESLAAGDE RENOVATIE
TRAMBRUG SCHIPLUIDEN**



- 36 **BY REVERSE ENGINEERING
VAN BESTAANDE GEWAPEND
BETONNEN PLAATBRUGGEN**



- 42 **BY LEEUWARDER
STEPHENSONVIADUCT WORDT
SLIMME BRUG SMART BRIDGE**

COLOFON

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

Opggericht 10 april 1992

REDACTIE

Jan Arends, Michel Bakker, Elisabeth van Blankenstein, Fred van Geest, Thijmen Jaspers Focks, Frans Remery, Heico de Lange en Wils van Soldt.

BESTUUR

Jan de Boer, Bert Hesselink, Gert-Jan Luijendijk, Dick Schaafsma, Peter Vijn, Beate Vlaanderen en Fred Westenberg (voorzitter).

DIRECTEUR

Harm Telder

RAAD VAN ADVIES

Arup Nederland, DIVV Amsterdam, FiberCore, 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: € 12,50, 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 opgaaf 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 VOORZIJDE

Knooppunt Hofvliet in RijnlandRoute © RijnlandRoute

OMSLAGFOTO ACHTERZIJDE

Afsluitboom met omhulling en detail knelbeveiliging Spanjaardsbrug, Leiden © Jacques Montijn

OPLAGE

1000
ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

FRED VAN GEEST

Oef!! Dat was op het nippertje! Op de Bruggendag sijpelde het nieuws al door: dit was voorlopig de laatste bijeenkomst in het gehele Jaarbeurscomplex met zoveel deelnemers.

Met ruim 125 deelnemers kunnen we, ondanks enkele afmeldingen, terugkijken op een geslaagde opkomst. En dat niet alleen: ook het programma was uitstekend. In ons maartnummer is uitgebreid aandacht besteed aan de lezingen. De bijeenkomst werd geleid door dagvoorzitter prof.dr.ir. Marcel Hertogh (TU Delft, Infrastructure Design), die de vragen uit de zaal aan de sprekers na de diverse lezingen en in de afsluitende paneldiscussie in goede banen leidde.

Uit Italië bereikten ons berichten over weer een instorting van een brug, nu nabij Albiano di Magra, waarbij slechts twee gewonden vielen. Het was rustig op de weg vanwege de Corona-maatregelen!

De aankondiging dat in Genua het laatste deel van de nieuwe Morandibrug ingehesen is en dat verkeer over de Polceveravallei vanaf september weer mogelijk zal zijn, vormt een bescheiden pleister op de wonde.

Bij dit soort berichten moet ik denken aan de toestand van de bruggen in Nederland. Ik denk dat het toezicht in Nederland beter geregeld is en dat de financiering meer op orde is. De renovatie van de Rijnbrug in

Nijmegen is volop in uitvoering en de voorbereiding van het herstel of vervanging van de Van Brienenoordbrug is in volle gang.

En dan maar hopen dat de huidige recessie ten gevolge van de Coronacrisis geen nadelige invloed zal hebben op (het tempo van) het onderhoud, zodat ons Italiaanse toestanden bespaard mogen blijven.

De redactie wenst u allen veel sterkte in deze moeilijke tijden.



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.



MERCK TOCH HOE STERCK!

DE RENOVATIE VAN DE SPANJAARDSBRUG



Jacques Montijn | Consultant bij MontynTMC, ten tijde van het project projectmanager en consultant bij Movares Nederland B.V.

Met bijdragen van Hidde van Heusden | Adviseur beweegbare bruggen, Movares

Marco Wesseling | Projectmanager, Provincie Zuid-Holland

Hoort de Spaensche trommels slaen! Hoort Maraens trompetten!

De versregels uit het geuzenlied “Merck toch hoe sterck” van de dichter Valerius waren de inspiratie voor de architect van de nieuwe Spanjaardsbrug over de Zijl in de Lage Rijndijk tussen Leiden en Leiderdorp die in 1934 is gebouwd. De Spanjaardsbrug heeft zijn naam ontleend aan de Spanjaarden die in 1574 op deze plaats in Leiden arriveerden en hun kampementen opsloegen in Leiderdorp (zie ook kader). De huidige Spanjaardsbrug is daarom voorzien van ornamenten boven de slagbomen die verwijzen naar het geuzenlied: aan de Leidse kant zijn twee trompetten zichtbaar en aan de Leiderdorpse kant twee trommels, in gele en rode kleur. De brug is in de loop der eeuwen meerdere keren vervangen; de huidige brug is uit 1934 en is een Rijksmonument.

← De Spanjaardsbrug na de renovatie in februari 2020.

Foto Jacques Montijn

↓ Het gebied op de grens van Leiden en Leiderdorp, ca. 1925, vóór de bouw van de huidige Spanjaardsbrug, waarbij goed te zien is dat de brug destijds in een doorgaande weg lag uit Leiden in een landelijk gebied.



GROOT ONDERHOUD

In 2015 is vastgesteld door de Provincie Zuid Holland dat de Spanjaardsbrug grondig gereviseerd moest worden. De bruggen van de Provincie worden namelijk normaliter elke 10 à 15 jaar (afhankelijk van het gebruik) onderworpen aan een grote onderhoudsbeurt. In dit geval was de beurt wat uitgebreider, omdat door de modernisering van de afstandbedieningscentrales van de Provincie ook een vervanging van de elektrische besturingsinstallatie nodig was. Bovendien was het ook hard nodig de rest van de brug te laten voldoen aan de stand der techniek en de huidige veiligheidseisen. Aan ingenieursbureau Movares is in 2016 de opdracht verleend om samen met de Dienst Beheer Infrastructuur (DBI) van de Provincie een contract voor te bereiden en vervolgens de uitvoering te begeleiden. In 2018 is een contract gegund aan de fa. Spie uit Sliedrecht en Wijhe (respectievelijk het voormalige Hofman en Jansen Venneboer). In het contract waren de huidige Zijlbrug (ten noorden van de Spanjaardsbrug, ook in de Zijl) en de Doesmolenbrug (over de Does) opgenomen met een vergelijkbare onderhoudsomvang.

'Groot onderhoud' betekent dat onderdelen die aan het einde van de levensduur zijn (of dat bereiken voor de volgende beurt) worden vervangen door nieuwe onderdelen. De eerder genoemde frequentie van 10 à 15 jaar is ingegeven door het feit dat na die periode de elektrotechnische installatie in toenemende mate storingen zal geven en vervangende, elektronische onderdelen niet meer of slecht verkrijgbaar zullen zijn. Omdat de Provincie Zuid Holland grote waarde hecht aan de bereikbaarheid en daarmee doorstroming van het weg- en scheepvaartverkeer, wil men ongeplande stilstand van bruggen zo veel mogelijk voorkomen en hanteert men het beleid om preventief onderhoud uit te voeren. De Spanjaardsbrug is een Rijksmonument en dat betekent dat niet zomaar alle technische wijzigingen kunnen worden doorgevoerd. Hiervoor moeten alle wijzigingen worden voorgelegd aan Erfgoed Leiden en Omstreken. Toch was het noodzakelijk een aantal aanpassingen door te voeren die invloed hebben op het uiterlijk van de brug.

In goed overleg is in alle gevallen de historische waarde gerespecteerd en in sommige gevallen zelfs hersteld.

DE OMVANG VAN DE RENOVATIE

Zoals eerder aangegeven is het doel van 'groot onderhoud' er voor te zorgen dat de brug weer minimaal 10 jaar mee kan en veilig en storingsvrij kan functioneren. Het groot onderhoud van de Spanjaardsbrug bestond in grote lijnen uit het compleet vernieuwen van de elektrische besturingsinstallatie, het opnieuw conserveren (verven) van de brug, de aanleg van een nieuwe technische ruimte, het reviseren en deels vernieuwen van de aandrijving en het opknappen van het metselwerk van de landhoofden en het brugwachtershuisje. Het brugwachtershuisje, waar de oude apparatenkasten in stonden, moest geschikt worden gemaakt voor een nieuwe bestemming.

OORSPRONG VAN DE NAAM SPANJAARDSBRUG

Reeds in de middeleeuwen lag hier een brug die in eerste instantie de Zylbrug werd genoemd, naar het oude (middel) Nederlandse woord 'zyl' voor 'sluis', die er daarvoor moet hebben gelegen. Vóór de belegering door de Spanjaarden was de brug al preventief verwijderd en het landhoofd



↑ De 'sylbrugge' op een kaart uit 1660, met zichtbaar de Zijl en de Oude Rijn. (let op: noord en zuid zijn verwisseld)
(fragment 'Kaart van percelen vereischt voor de verbreding van de Oude Rijn, aan de zuidzijde'; Dou, Johannes I, 29 oktober 1660.
Bron: Erfgoed Leiden en Omstreken)



Eén van de eerste tekeningen waarop de naam Spanjaardsbrug voor komt, is waarschijnlijk een erg gestileerd plaatje. Het stelt de aankomst voor van de Spaanse troepen vanuit Amsterdam. Op de voorgrond de Spanjaardsbrug.

[048-21-001], Topografie van Nederland, Universiteitsbibliotheek Leiden



De Spanjaardsbrug, uitgevoerd als dubbele ophaalbrug, zoals deze tussen 1891 en 1934 functioneerde, gezien vanaf de Van der Val Bouwmanweg, met links de Oude Rijn.
(Gezicht op de Rijn bij Spanjaardsbrug, 1931, Kret, Willem Johannes, bron: Erfgoed Leiden en Omstreken)

brug de scheepvaart slechts één nacht gestremd is geweest (Telegraaf, 18 mei 1934).

RIJKSMONUMENT

In een cultuurhistorisch onderzoek, uitgevoerd door Jan Arends [1] is gedetailleerd in kaart gebracht wat de historische waarde is van de verschillende onderdelen van de brug. Deze studie is leidend geweest bij de beslissingen die genomen zijn tijdens het ontwerptraject en in het overleg met Erfgoed Leiden en Omstreken.

De brug is een rijksmonument, omdat de brug een typisch voorbeeld is van een brug, een ophaalbrug met twee hameistijlen, zoals die tussen de twee wereldoorlogen werden gebouwd in Nederland. De brug is een ophaalbrug van het zogenaamde 'Amsterdamse type', waarbij de balans tussen de hameistijlen doordraait bij het openen van de brug. De karakteristieke kromme heugelstang is niet origineel, maar is in 1974 aangebracht. Deze is wel bijzonder omdat deze volgens het 'Werkspoor-systeem' is uitgevoerd.

omgebouwd tot verdedigingsschans. Na het ontzet is de brug weer hersteld [4]. Waarschijnlijk is de brug pas in de 18^e eeuw Spanjaardsbrug gaan heten. Vóór de huidige brug lag er in het verlengde van de Lage Rijndijk een smalle, dubbele ophaalbrug die in 1891 was gebouwd en die het heeft uitgehouden tot 1934, toen de nieuwe brug werd opgeleverd.

De Lage Rijndijk was inmiddels een belangrijke uitvalsweg geworden en in 1931 was de brug eigendom geworden van de Provincie Zuid-Holland, die ook het Rijnschiekanaal al in 1922 had aangelegd, in het verlengde van de Zijl, waardoor de scheepvaart toenam. Alleen een moderne, bredere brug kon voldoen aan de eisen van een provinciaal vaarwater en daarom is iets ten noorden van de oude brug de huidige brug aangelegd. Deze brug had voor die tijd een paar moderniteiten: de elektrische aandrijving en de afsluitbomen, die zich in geopende stand in een omhulsel bevonden en wel in 8 seconden konden sluiten! Op 18 mei 1934 werd de brug geopend, waarbij nog vermeld werd, dat voor de bouw van deze



Prentbriefkaart, in bezit van auteur



In het krantenartikel is te zien hoe de nieuwe brug naast de oude brug is geplaatst. Ook wordt de vooruitgang der techniek in één oogopslag duidelijk
Leidsch Dagblad
18 april 1934, via
Delpher

→ Het val van de Spanjaardsbrug in de loods van Spie. Te zien is het karakteristieke leuningwerk
Foto Peter Huissoon

Kenmerk daarvan is dat de heugel naar boven is gekromd in tegenstelling tot het 'Rijkswaterstaat-systeem', waarbij de kromming naar beneden wijst. Het grote voordeel van het Werkspoorsysteem is dat als de rem gelicht wordt, de heugel door zijn eigen gewicht in positie blijft en de brug niet onbedoeld kan openen. Nadeel is dat de pennen van de heugel gevoeliger zijn voor vervuiling.

De balanspriem is net als de hameistijlen een geklonken constructie en is uitgevoerd als vakwerkligger. De landhoofden en het brugwachtershuisje zijn ook met zorg vormgegeven en opgetrokken uit gele bakstenen. De leuningingen hebben ook een karakteristieke vormgeving gekregen.

KLEUR EN VERFLAGEN

In opdracht van Erfgoed Leiden en Omstreken is van tevoren een kleurhistorisch onderzoek



uitgevoerd [2]. Op basis van de resultaten heeft Erfgoed Leiden en Omstreken de wens geuit om de oorspronkelijke kleur van 1934 weer te herstellen. Uit het onderzoek bleek dat de brug bij de bouw een zilver metallic-achtige kleur had. In de loop der tijd was de brug echter donkergroen in combinatie met een pastelwit geworden. Door de kennis die is opgedaan over de oorspronkelijke kleur, is

besloten de brug weer in een vergelijkbare kleur terug te brengen.

Een ander resultaat van dit onderzoek is minder goed zichtbaar. Op sommige onderdelen zijn namelijk alle verflagen die vanaf de bouw waren aangebracht, nog aanwezig. Zo is geconstateerd dat op de hameistijlen 18 lagen verf aanwezig waren en op de leuningingen tot wel 30 lagen. In overleg



Het brugwachtershuisje, teruggebracht in originele staat, zonder afgeplakte ramen.
Foto Jacques Montijn



← Detail van de hameistijl, balanspriem en hameiregel, waarbij goed te zien is dat de constructie geheel geklonken is. Aan de onderzijde van de balans zijn de versterkingen aangebracht.

Foto Jacques Montijn



← De heugelstang en het leuningwerk, hier te zien in de nieuwe kleur, die de oude kleur zo goed mogelijk benadert.

Foto Jacques Montijn

↓ Resultaat van het klinkwerk in de fabriek van Spie in Sliedrecht. Te zien is de bovenflens van de balanspriem. Over een grote lengte moesten de bestaande flensplaten worden los gemaakt en na het aanbrengen van de versterkingen opnieuw geklonken.

Foto Peter Huissoon

naar Sliedrecht gebracht. Dit maakte het mogelijk om onder fabrieksomstandigheden de brugdelen geheel schoon te maken, te stralen en weer te conserveren. Dat laatste gebeurde echter niet nadat er eerst versterkingen waren aangebracht aan de balanspriem.

Omdat de brug zo veel mogelijk moet voldoen aan de huidige eisen, bleek bij een herberekening dat het verstandig was om de balanspriem te versterken. Compleet vervangen door een replica was niet gewenst en in overleg met Erfgoed Leiden en Omstreken is bepaald hoe de versterkingen eruit moesten komen te zien om zowel te voldoen aan de vermoeiingseisen als aan de cultuurhistorische waarde van dit onderdeel. De gehele balanspriem bestaat uit een samenstelling van hoekstalen en platen die aan elkaar zijn verbonden met klinknagels. Er is voor gekozen om op strategische locaties platen uit te wisselen en op enkele locaties extra flensplaten aan te brengen.

Tevens is er voor gekozen om de nieuwe platen niet aan de bestaande constructie te verbinden met lasverbindingen, maar om deze te bevestigen met klinknagels. Eén van de eisen in het contract was daarom dat de aannemer aantoonbare ervaring moest hebben met het klinken van staalconstructies, een vak dat gelukkig nog door enkele aannemers wordt beheerst. In de werf van Spie in Sliedrecht zijn de klinknagels op authentieke wijze met een klinknageloven en pneumatische hamers aangebracht.

RUIMTETEKORT

In de situatie voor ombouw van het object bevonden de besturingskasten van de brug zich in het naastgelegen brugwachtershuis. Aangezien het brugwachtershuis in het kader van het landelijke programma 'herbestemming brugwachtershuis' een andere

met Erfgoed Leiden en Omstreken is besloten deze verflagen op een aantal onderdelen als een tijds capsule te bewaren. Daar waar normaal bij groot onderhoud alle oude verflagen worden verwijderd met straalgrit, moest de aannemer bij een aantal onderdelen, waaronder de voornoemde hameistijlen en de leuning, de oorspronkelijke verflagen laten zitten en

slechts overlagen. Het zal geen verrassing zijn, dat er over garantie op hechting van de laag door de opdrachtgever weinig kon worden geëist.

KLINKEN

De conservering van de brug heeft plaatsgevonden in 2019. Daarvoor zijn het val en de balanspriem in zijn geheel afgevoerd en





← De nieuwe technische ruimte van de brug, waar de besturingsinstallatie is ondergebracht. De ruimte sluit aan qua vormgeving en materiaalgebruik op de bestaande brug, maar steekt qua kleurgebruik af.

Foto Peter Huissoon

OMHULSELS

In de loop der jaren is rond de afsluitbomen een wildgroei ontstaan aan toegevoegde voorzieningen in de vorm van verlichting, omroepinstallatie en cameramasten. De afsluitbomen hadden bij de bouw een omhulling waarin de afsluitbomen werden verborgen zodra deze in de geheel open stand stonden. De omhulling was tevens een draagconstructie voor de ornamenten (trommels en trompetten) en de openbare verlichting van de brug. In de loop der tijd waren deze omhullingen echter gesloopt en stonden er 'gewone' afsluitbomen.



↑ De technische ruimte is via het brugwachtershuisje toegankelijk zodat deze ook in geopende stand bereikbaar is.

Foto Jacques Montijn

bestemming kreeg, diende een alternatieve locatie gevonden te worden voor de besturingskasten van de brug. In januari 2020 is de brug afgebouwd en gecombineerd met een deels nieuwe aandrijving en een nieuwe besturingsinstallatie. Deze besturingsinstallatie is ondergebracht in een nieuwe, technische ruimte. Deze is in het talud weggewerkt en staat in directe verbinding met de brugkelder waarin het bewegingswerk staat opgesteld. Door de nieuwe technische ruimte los te houden van het bestaande brugwachtershuis,

is de monumentale status van het brugwachtershuis zoveel mogelijk behouden. Door de ruimte in het talud onder te brengen, is de impact op de omgeving beperkt, terwijl tegelijkertijd de verbinding met de bestaande brugkelder kan blijven bestaan. Er is ook een aparte toegang gecreëerd tot het brugwachtershuisje via het dak van de technische ruimte, zodat ook tijdens een brugopening de ingang van het huisje veilig kan worden bereikt. Dit maakt het mogelijk om er bijvoorbeeld een winkeltje of een ijssalon te huisvesten.

→ De omhulling van de afsluitboom aan de noordzijde. De verlichting, de bruglichten, de omroep en het ornament zijn aan één constructie bevestigd, waardoor het beeld veel rustiger is geworden en de oude situatie is hersteld.

Foto Jacques Montijn)



↑ Detail van de onderzijde van de afsluitboom, waarbij goed zichtbaar is dat bij het ontwerp is vermeden, dat er een knelzone ontstaat.

Foto Jacques Montijn



Een beweegbare brug is een 'machine' waarop net als alle andere machines ook CE-markering moet zijn aangebracht

Tegelijkertijd zijn er een groot aantal masten bijgekomen, waardoor het beeld erg onrustig werd. Zo stond er naast de afsluitboom een aparte cameramast en een lichtmast met het ornament.

Op verzoek van Erfgoed Leiden en Omstreken zijn de bestaande afsluitbomen voorzien van nieuwe omhullingen om de oude situatie te benaderen. Om het oorspronkelijke beeld terug te brengen, is daarom een moderne versie van de omhulling ontworpen waarmee de oude situatie kon worden hersteld. Hiervoor moest wel een nieuwe camera-opstelling worden gezocht om de afstandsbediening mogelijk te maken. Aan de nieuwe omhulling zijn, net als voorheen, de openbare verlichting, de omroep en, als kers op de taart, de ornamenten weer teruggebracht.

De omhulsels zoals die vroeger waren geconstrueerd (en ook nog wel zichtbaar zijn bij bruggen), zijn echter uit veiligheidsoogpunt niet meer acceptabel. Bij het openen van de afsluitbomen zou een voorbijganger bekneld kunnen raken tussen de boom en het omhulsel. Hier is een elegante oplossing voor gevonden door het omhulsel achter de kast te plaatsen en het onderste deel van de boom (de knelzone) vrij te houden.

STAND DER TECHNIEK

Een moeilijke opgave bij een bestaande brug en zeker bij een rijksmonument, is het voldoen aan alle eisen die gelden voor een veilig gebruik. Volgens de wetgeving is een beweegbare brug namelijk een 'machine' waarop net als bij alle andere machines ook CE-markering moet zijn aangebracht, wat aangeeft dat de brug bij ingebruikname aan een aantal essentiële veiligheidseisen voldoet. Nu is deze brug weliswaar vervaardigd vóór

de inwerkingtreding van deze wetgeving, maar omdat er na 1 januari 1995 diverse grote wijzigingen zijn aangebracht, heeft de Provincie als eigenaar geconcludeerd dat er sprake is van een brug die 'als nieuw' moet worden beschouwd. Het groot onderhoud betekende meteen een goede gelegenheid om dit dossier op orde te krijgen.

Alle onderdelen die bij het groot onderhoud zijn vervangen, zijn gebouwd volgens de laatste stand der techniek en in lijn met de geldende Europese veiligheidsnormen. De elektrische installatie is in zijn geheel vervangen waardoor het mogelijk werd deze meteen helemaal aan te laten sluiten op de nieuwste versie van de afstandsbediening van de Provincie Zuid-Holland.

Eén van de andere eisen van de Machinerichtlijn is, dat de 'machine', en dus de brug sterk, stabiel genoeg moet zijn. Alleen als je een bestaande brug wilt toetsen aan de huidige normen, loop je tegen een aantal problemen op. Daar is in een eerder nummer van Bruggen al eens over gepubliceerd [3], wat betreft de aanpak voor het bewegingswerk. Voor de bovenbouw van de brug is er de Eurocode en de bijbehorende NEN 8700, maar voor een bewegingswerk is er een dergelijk kader nog niet. Om vast te stellen of de brug voldoet aan de huidige (reken)normen, is de gehele brugconstructie herberekend. Het val met houten dek is in 1984 vervangen door het

huidige stalen val. Het brugdek was geschikt voor belastingklasse 45 wat binnen het huidige gebruik niet meer voldoende zou zijn. Door een herberekening uit te voeren, is aangetoond dat er voldoende overcapaciteit aanwezig is en dat de brug sterk genoeg is. De stalen bovenbouw van de brug, bestaande uit de hameipoort, balanspriemen en balans, stammen alle nog uit 1933 en er zijn tussentijds geen noemenswaardige aanpassingen aan de constructie uitgevoerd. Uit de herberekening is gebleken dat enkel de balanspriem niet volledig voldoet aan de huidige vermoeiingseisen. Door het toepassen van opdikplaten op enkele plekken voldoet ook de volledige bovenbouw weer aan de huidige eisen.

Het bewegingswerk is in de jaren '70 vervangen. Daarbij is de opstelling van het bewegingswerk grotendeels behouden gebleven, maar zijn de oorspronkelijk toegepaste, rechte heugelstangen vervangen door kromme heugelstangen. Door een uitgebreide herberekening, waarbij de belastingen op het bewegingswerk nauwkeurig zijn bepaald, is geconcludeerd dat het bewegingswerk grotendeels gehandhaafd kan blijven. Slechts enkele onderdelen van het bewegingswerk dienden vervangen te worden om te voldoen aan de huidige eisen. Zo moesten de hoektandwielkasten, de elektromotor en de rem vervangen worden.



Deel van de gereviseerde aandrijving in de brugkelder, met een nieuwe hoektandwielkast met de verticale, uitgaande as die naar de hameistijlen gaat.

Foto Peter Huissoon



De kromme heugel volgens het principe van het Werkspoorsysteem.

Foto Jacques Montijn

De situatie rond de afsluitbomen, voorafgaand aan het groot onderhoud (2016). Duidelijk zichtbaar is het 'verrommelde' aanzicht, door toevoeging van allerlei technische elementen. Het ornament met de trommels is op de lichtmast geplaatst.

Foto Jacques Montijn

SLOT

Het eindresultaat mag er zijn. Door vanaf het begin aandacht te hebben voor de historische waarde was het mogelijk deze niet alleen te behouden, maar ook een aantal waarden die in de loop der tijd verloren waren gegaan, te herstellen. Voorbeelden hiervan zijn het opruimen van de veelvoud aan masten die het beeld van de brug rommelig maakten, waardoor ook in een moderne versie de omhulde afsluitbomen weer terug zijn. De oude kleur is hersteld en daardoor ziet de brug er bijna weer uit als op de oude prentbriefkaarten. Ook het brugwachtershuisje is zichtbaar opgeknapt en kan een nieuwe bestemming krijgen, wat een mooi voorbeeld is van hergebruik. Vrijwel onzichtbaar zijn de verbeteringen die te maken hebben met de technische eisen: de versterkingen en de nieuwe technische installaties die vrijwel onzichtbaar weggewerkt zijn in het talud van de oprit aan de Leidse zijde. Nu kan dus nog steeds met recht worden gezegd: 'merk toch hoe sterk...'!



BRONNEN

- 1 G. J. Arends, Waardering Spanjaardsbrug te Leiden, Nederlandse Sluizen en Stuwen advies, Gouda, november 2016.
- 2 S. Fischer, Kleuronderzoek Spanjaardsbrug, Leiden, 7 december 2016.
- 3 J. Montijn en A. v. t. Klooster, Bewegingswerken , vervangen of laten zitten?, Bruggen, vol. 24, nr. maart, pp. 14-20, maart 2016.
- 4 W. v. Noort, Oud Leids, 110 Leidse bruggen, Leiden: Wim van Noort, 2015.

Renovatie Spanjaardsbrug, Leiden (2016-2020)	
Bouwjaar	1934
Opdrachtgever	Provincie Zuid-Holland, Den Haag
Opdrachtnemer	Spie B.V., Sliedrecht
Architect	StudioSK, Utrecht
Adviesbureau	Movares Nederland B.V., Rotterdam

Het eindresultaat mag er zijn omdat er direct vanaf het begin aandacht is geweest voor de historische waarde



Detail van de nieuwe bruglichten, bevestigd aan de nieuw omhulsels van de afsluitbomen.

Foto Jacques Montijn



De Spanjaardsbrug na de ombouw in februari 2020, detail van het huisje en de hameistijl.

Foto Jacques Montijn



De Spanjaardsbrug, gezien vanaf Leiderdorp na de ombouw in 2020.

Foto Peter Huissoon



De Spanjaardsbrug, gezien vanaf Leiderdorp na de ombouw in 2020.

Foto Peter Huissoon

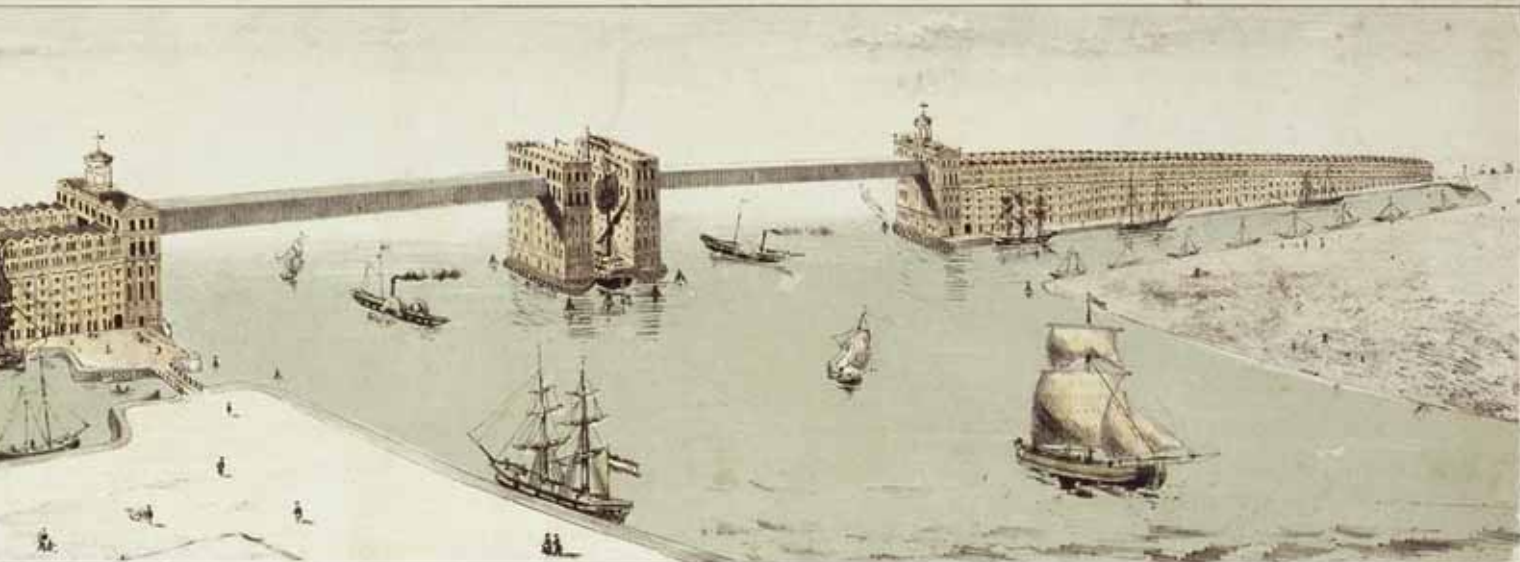


BRUG OVER HET U, ONT



WAAR BLIJFT DIE 'SPRONG OVER HET IJ'?

Fons Alkemade | Stichting Luchttunnel



ONTWERP VAN J. GALMAN



Uitgegeven door Frans Ruffa en Zonen te Amsterdam 1857.

U ZUDE , ONTWERP VAN J. GALMAN.

Het zal de lezers van dit blad wel niet ontgaan zijn dat er de laatste jaren weer volop gediscussieerd en nagedacht wordt over een vaste oeververbinding voor het IJ in het centrale deel van Amsterdam. Even leek het er zelfs op dat er inderdaad in of vlak na 2025 (Amsterdam 750 jaar) dan toch eindelijk een brug voor fietsers en voetgangers zou zijn. Maar inmiddels heeft menig voorstander van bruggen over het IJ er een hard hoofd in. Rijkswaterstaat, de haven- en maritieme partijen in de stad, maar ook een deel van de gemeenteraad, zien bruggen niet zitten. De voorstanders van tunnels en kabelbanen roeren zich meer dan ooit en de financiële zorgen van Amsterdam (verzakken kademuren, coronacrisis) doen bij menigeen elke hoop op een brug over het IJ verdwijnen.



Kijkend vanaf het busstation naast het Centraal Station lijkt de overkant van het IJ heel dichtbij. Al eeuwen kan men hier alleen met veerponten naar de overkant.

Foto: Fons Alkemade

Zelfs veel Amsterdammers zullen verbaasd opkijken als je opmerkt dat er al ruim zestig jaar een brug over het IJ is! Maar de Schellingwouderbrug is maar voor een beperkte groep verkeersdeelnemers nuttig. De brug ligt ook eigenlijk over het Buiten-IJ, ten oosten van het IJ zelf. Voor de fietsende en wandelende Amsterdammer is deze brug uit 1957 al helemaal geen optie. Wie eens een keer, zonder gebruik te maken van de veerponten, van Amsterdam Centraal Station naar de overkant, bijvoorbeeld naar filmtheater EYE, wil fietsen, is daar via de brug bij Schellingwoude en de Oranjesluizen al gauw 50 minuten mee zoet! Een wandelaar

mag er gerust drie uur voor uittrekken. Als er nu eens een brug zou zijn tussen de zogenaamde 'Kop van het Java-eiland' en het gebied aan de overkant in Noord, voorheen een gebied met veel industrie, dan zou de fietstocht nog maar 20 minuten duren. En als er een brug zou zijn tussen CS en de directe overzijde, dan kan de fietser, en de wandelaar, in 5 tot 10 minuten bij EYE zijn. Voor automobilisten kent Amsterdam al jaren diverse mogelijkheden om snel de 'sprong over het IJ' te maken. Tot 1957 moesten zij allemaal met veerponten naar de overkant, net als de meeste fietsers en voetgangers vandaag de dag. Die situatie werd in de jaren

1950 onhoudbaar en zicht op de daadwerkelijk bouw van tunnels onder het IJ (een wens die al voor de oorlog bestond) was er nog niet. Tussen het besluit tot de bouw van de Schellingwouderbrug en de opening van de brug lagen nog geen vier jaren. In de jaren 1960 kwamen de Coentunnel en de IJtunnel; veel later kwam nog de Zeeburgertunnel. In diezelfde tijd werd al nagedacht over nóg een tunnel, voor een metrolijn. Die Noord-Zuidlijn kwam er uiteindelijk in 2018. Is daarmee het probleem voor 'langzaam verkeer' opgelost? Helaas, de metrohalte Sixhaven is niet gebouwd en wie van het CS naar EYE wil, moet reizen via een metrostation dat op 21 minuten lopen van EYE ligt. Daar komt bij dat voor het meenemen van de fiets betaald moet worden en dat dit alleen buiten de spits mag.

LANGE GESCHIEDENIS

Waarom is er nog altijd geen brug over het IJ tussen het centrale deel van de hoofdstad en Noord, het grootste stadsdeel met bijna honderdduizend inwoners? In het verleden kon nog redelijkerwijs beweerd worden dat er weinig noodzaak was voor een oeververbinding met Noord. Er was een veerpont en bovendien woonden er lange tijd vooral arbeiders in Noord die werkten in de (zware) industrie die daar steeds meer werd gevestigd. De arbeiders uit Noord hadden weinig te zoeken in het Centrum en de bewoners van het Centrum hadden weinig reden om naar Noord te gaan. Eigenlijk had Amsterdam al in de zeventiende eeuw, toen er in Noord nog vrijwel niets was



Er is inmiddels een flinke zaal te vullen met de grote maquettes die in de loop der jaren van het IJ zijn gemaakt. Deze werd gebouwd voor het atelier van Sprong over het IJ, het programma van de gemeente Amsterdam. Rechts van het midden is een variant voor de zogenaamde Javabrug te zien.

Foto: Fons Alkemade

behalve een galgenveld, zijn rug naar Noord gekeerd. Dat werd alleen maar erger toen in de jaren 1880 het Centraal Station gebouwd werd. Het is daarom des te opmerkelijker dat al in 1839 het eerste plan voor een brug over het IJ werd gepresenteerd. Het ging om een stenen boogbrug van spoorwegingenieur W.C. Brade. Hij betoogde dat deze brug Noord tot ontwikkeling zou kunnen brengen, maar het stadsbestuur wees het plan in een uitvoerig rapport af. Dat was het begin van een lange traditie van in de kiem gesmoorde voorstellen.

Iemand die zich jarenlang niet liet afschrikken door die traditie was de Amsterdamse aannemer Jan Galman. Tussen 1851 en 1886 diende hij maar liefst 36 plannen voor bruggen over het IJ in. Galman liet zich inspireren door bruggen in het buitenland en nieuwe technologische ontwikkelingen. Een monumentale brug, zo meende hij, zou Amsterdam veel aanzien kunnen geven. Op sommige van zijn bruggen waren ook woningen en pakhuizen aanwezig. Maar zelfs toen Galman de gemeente aanbood de kosten van een brug voor eigen rekening te nemen, kreeg hij nul op het rekest. Eén van de bezwaren die werden geuit, klinkt nu nog:

Galmans bruggen zouden de scheepvaart te veel hinderen, het IJ moest open blijven. Eind negentiende eeuw werd steeds meer nagedacht over de stadsuitbreiding in Noord en over het omleiden van de scheepvaart van het IJ door een nieuw, noorderlijker gelegen kanaal. Dit kanaal moest de weg vrijmaken voor de aanleg van een brug. Een stadsingenieur stelde zelfs voor het IJ dan ook maar te dempen. In 1919 kwam de Dienst Publieke Werken zelfs met een eigen brugontwerp: een forse draaibrug, iets ten westen van het CS, waarover ook trams konden rijden. Overigens werd in datzelfde jaar al een tunnel voorgesteld. Daarna werd het stil met de plannenmakerij, ook al groeide Noord intussen flink. Echter in de periode april-augustus 1945 gebeurde er iets opmerkelijks: voor het eerst kon men wandelen van de ene oever van het IJ over een pontonbrug bestaande uit gemeenteponten!

Zoals al hierboven duidelijk is geworden, werd na de Tweede Wereldoorlog vooral nagedacht over en gebouwd aan bruggen en tunnels voor het autoverkeer. Alleen een enkele burger komt af en toe met een brug voor fietsers en voetgangers in het nieuws.

HEROPLEVING

In de jaren 1980 verdwijnt langzaam maar zeker een groot deel van de zware industrie in Noord. Er wordt nagedacht over de toekomst van het stadsdeel en dat leidt onder andere tot een festival in 1989. Daar presenteert voor het eerst een architect, Piet Blom, een plan waarin ook een brug over het IJ voorkomt. Ook het bestuur van Stadsdeel Noord stelt een brug voor, naar het Centraal Station, maar de Amsterdamse gemeenteraad verwierpt dit plan.

Het ontbreken van discussie over verbindingen, over of onder het IJ, in de naoorlogse periode kan waarschijnlijk niet los gezien worden van het ontbreken van een visie op de oevers van het IJ. De verbinding van de zuidelijke oever met het centrum van de stad was bijvoorbeeld jarenlang gebrekkig en het gebied 'achter het CS' niet bepaald een uitnodigende plek. In 1969 wordt een poging gedaan een IJ-boulevard aan te leggen bij het station maar daar komt weinig van terecht. Pas in de jaren 80 komt er schot in de zaak met een prijsvraag en rapporten van adviesgroepen. Rond 1990 leidde dat tot een totaalplan voor de gemeente, dat gepresenteerd werd in het rapport *Amsterdam naar het IJ*.

In diezelfde tijd dook opnieuw een Amsterdammer op met een plan voor een brug over het IJ.

Het toverwoord werd daarna 'publiek-private samenwerking'. De Amsterdam Waterfront Financieringsmaatschappij werd opgericht en een team architecten, onder wie Rem Koolhaas, werd aan het werk gezet. Over oeververbindingen lijkt men toen niet te hebben nagedacht.

Een paar jaar later had de gemeente Amsterdam de plannen van Koolhaas c.s. grotendeels naast zich neergelegd en was zij zelf plannen gaan ontwikkelen. Wethouder Van der Vlis had intussen zijn steun geuit voor de aanleg van een 'foetsbrug'. Hij constateerde begin 1990 dat er vooral een 'psychologisch beletsel' tegen het betrekken van de noordelijke IJ-oever bij de plannen voor het IJ-oevergebied bestond. Maar het onderwerp 'brug' verdween al snel van tafel toen bleek dat een aantal gemeentefracties er niets in zagen. 'De stad' begon wel na te denken over het verbeteren van de pontverbindingen (de nota heette 'Veren slaan een brug'). Stadsdeel Noord was daar blij mee maar bleef hopen op een vaste oeververbinding.

In diezelfde tijd dook opnieuw een Amsterdammer op met een plan voor een brug over het IJ. Ditmaal ging het niet om een aannemer, zoals Galman, maar om een docent aardrijkskunde die elke dag meerdere malen het IJ moest oversteken. Flip van den Bergh stelde een 'grote transparante stofzuigerslang' voor die over het IJ heen werd gelegd, opgehangen aan pylonen. Door deze Luchttunnel konden niet alleen voetgangers en fietsers maar ook een lightrail-voertuig. In *NRC Handelsblad* lichtte hij toe: "Je kunt het Centraal Station ook niet afbreken. De enige manier om het water als het ware over het station heen te tillen is door een gigantische brug te bouwen die je al vanuit het stadscentrum kunt zien liggen." Het lukte Van den Bergh en zijn stichting in de zomer van 1991 zowaar om de gemeenteraad een motie te laten aannemen waarin de gemeente werd opgedragen onderzoek te doen naar vaste oeververbindingen in het algemeen en de Luchttunnel in het bijzonder. Uit de rapporten van de Dienst Ruimtelijke Ordening (DRO) en het GVB bleek dat men met name problemen zag voor de lightrail in de brug. Op andere punten was de kritiek vaag en slecht onderbouwd. In het rapport *Infrastructuur aan het IJ* van maart

1993 werd het plan van Van den Bergh wel 'uitvoerbaar' maar werd de 'stedebouwkundige inpassing' een probleem genoemd. Daarmee leek de kous voor de gemeente af en werd het jarenlang weer vrijwel stil rond 'de brug over het IJ'.

HEROPELVING VAN DE DISCUSSIE

Pas in 2013-2014 dook op diverse websites en fora het onderwerp weer op waarbij ook weer bleek dat sommigen de 'pontjes' te vuur en te zwaard bleven verdedigen en de stellige overtuiging hadden dat veerponten en bruggen niet samen kunnen gaan. De Stichting Luchttunnel ontwaakte uit een winterslaap en organiseerde op 3 maart 2014 in Pakhuis De Zwijger, vlak voor de raadsverkiezingen, een bijeenkomst. Naast de Luchttunnel werden vier vrij recente brugontwerpen getoond: twee van studenten die waren afgestudeerd op een ontwerp voor een brug en twee van architectenbureaus (Next Architects en OeverZaaijer). In de zaal zaten diverse politici uit Noord maar geen één uit andere delen van de stad.

Na de genoemde verkiezingen werd in Amsterdam een coalitie gesmeed van D66, VVD en SP maar over het thema 'brug over het IJ' werd niets meer vernomen, tot in oktober 2014 bekend werd gemaakt dat de wethouders Van der Burg en Litjens (beiden VVD) opdracht hadden gegeven voor een verkennend onderzoek naar de mogelijkheden voor vaste oeververbindingen over het IJ voor fietsers en voetgangers. De onderzoeksleider zou stedenbouwkundige Maurits de Hoog van de DRO worden. Dankzij deze doorbraak kwam het onderwerp 'brug over het IJ' opnieuw in het nieuws en werd er weer over gesproken. Onder andere de directeuren van EYE, de net geopende Tolhuistuin en de nog te openen ADAM Toren riepen de gemeente op werk te maken van een brug over het IJ nabij het Centraal Station om de toenemende hoeveelheid bezoekers van Noord op te vangen. De zogenaamde Verkenningcommissie riep iedereen op om een plan in te dienen. Uiteindelijk werden in het voorjaar van 2015 77 plannen gebundeld in een 'catalogus', rijp en groen door elkaar en te groeperen in vijf soorten: bruggen, tunnels, kabelbanen, ponten en overig. Het jaar 2017 begon met een 'historisch' besluit: het College van B en W besloot in de

tweede week van januari dat er een fietsers- en voetgangersbrug moest komen tussen Noord en de Kop van het Java-eiland. Dat riep direct alweer veel reacties op: over de kosten, over de locatie en over het feit dat er (voorlopig) maar één brug kwam.

De gemeente maakte in die tijd een stuk of twintig rapporten openbaar over de diverse aspecten van het onderwerp, zoals bijvoorbeeld de visie van de 'nautische sector'. Die sector, zo was al bekend, ziet bruggen niet zitten en het zal mede hierdoor zijn gekomen dat op een bepaald moment ook minister Schultz van Infrastructuur & Waterstaat zich in de discussie begon te mengen en zich uitsprak tegen een brug. Zij dreigde zelfs elke financiële steun voor bruggen stop te zetten. Onderwijl zette de Gemeente 11,9 miljoen euro op de begroting voor de voorbereiding van de bouw van een brug.

En toen kwam de grote dag: op 20 juli 2017 stemde de Gemeenteraad van Amsterdam in met het voorkeursbesluit van het College en daarmee werd besloten dat er in elk geval één brug over het IJ komt, en wel bij de Kop van het Java-eiland¹. In de loop van 2018 werden zes varianten voor deze Javabrug gepresenteerd door de gemeente. Alle varianten liggen in het verlengde van de Jan Schaeferbrug, kennen een doorvaarthoogte tot 11,35 m² NAP en hebben een beweegbaar deel dat regelmatig open moet voor grotere schepen. Er werden bijeenkomsten georganiseerd waarop belangstellenden hun mening over de ontwerpen konden geven. Eind 2018 werd echter duidelijk dat Rijkswaterstaat, het Havenbedrijf en andere 'nautische partijen' tegen alle voorgestelde ontwerpen waren en dat zij bruggen nog altijd zien als volkomen onwenselijk. Dat komt mede door het feit dat het IJ onderdeel uitmaakt van de zogenaamde staande mastroute en door het feit dat het IJ een druk bevaren waterweg is met een 'lastige' knik ter hoogte van het CS. Ook de locatie van de Passenger Terminal Amsterdam, waar grote cruiseschepen aanmeren en waar zij vlakbij ook moeten keren, heeft een rol gespeeld in de discussie.

Het nieuwe college van B en W in Amsterdam heeft halverwege 2019 een adviescommissie ingesteld (onder leiding van de Belg prof. Alexander D'Hooghe) die ervoor moet zorgen dat de patstelling doorbroken wordt.

1 In BRUGGEN 2018-1 is de 'Sprong over het IJ', uitgebreid beschreven.

HOE VERDER?

Het wachten is nu op het eindrapport van de commissie D'Hooghe. Die heeft al wel laten weten dat zij het meest ziet in oeververbindingen op de 'flanken', niet vlakbij het CS maar een eind ten oosten en westen daarvan. Die moeten aansluiten op de zogenaamde binnenring voor fietsers die in de afgelopen jaren is gerealiseerd in/om het centrum van Amsterdam. Uiteindelijk zal ook deze commissie alleen adviezen geven en is het weer aan de politiek om daar wel of niet iets mee te doen.

Wat als winst van de afgelopen vijf jaar praten en denken over het IJ kan worden gezien, is het feit dat er nu data zijn verzameld. Opmerkelijk genoeg waren er in 2015 eigenlijk nog helemaal geen heldere cijfers bekend over het gebruik van bijvoorbeeld de ponten en over de routes die de gebruikers ervan gebruikten. Het programma Sprong over het IJ heeft onder andere de urgentie duidelijk gemaakt: gaan er nu dagelijks 67

duizend mensen met de ponten mee, over tien jaar zijn dit er misschien wel 110 duizend. Het groter maken van de veerponten en het frequenter laten varen heeft zijn grenzen, dus er moet hoe dan ook meer gaan gebeuren. Eén van de maatregelen waar aan gedacht wordt, is de aanleg van een voetgangerspassage onder het IJ tussen het CS en de Buiksloterweg aan de overkant. In een voortgangsrapport van eind 2019 werd in een tijdbalk aangegeven dat in 2029 de eerste vaste oeververbinding een feit moet zijn maar op dit moment durft waarschijnlijk niemand zich aan een voorspelling te wagen. Misschien is het tijd dat de ingenieursbureaus in Nederland iets van zich laten horen. Het zou mooi zijn als zij bijvoorbeeld kunnen aantonen dat een hele hoge brug over het IJ een haalbare optie is. Een dergelijke brug kan aan de bezwaren van de nautische partijen tegemoet komen. Het is begrijpelijk dat er de laatste jaren ook steeds meer over tunnels voor het langzame verkeer wordt geroepen.

Maar tunnels kennen weer hun eigen bezwaren. Het zou voor Amsterdam goed zijn als er in elk geval één iconische en innovatieve brug uit de bus rolt, een nieuw beeldmerk voor de stad. Wellicht komt deze uiteindelijk nog een stuk meer naar het westen, bij de geplande enorme woonwijk Havenstad.



LITERATUUR

- 1 Fons Alkemade en Thomas van den Bergh (red.), Een Luchttunnel voor Amsterdam; brug naar de toekomst, Stadsuitgeverij Amsterdam, Amsterdam, 1997.
- 2 L. Smit (red.): De sprong over het IJ; visionaire ontwerpen van Jan Galman (1807-1891), Thoth, Bussum, 1996.
- 3 Anne Schram e.a.: Amsterdam terug aan het IJ; transformatie van de zuidelijke IJ-oever, SUN, Amsterdam, 2012
- 4 Jaarverslagen van de Stichting Luchttunnel (op www.flijover.nl)



Een 'artist's impression' van de FLIJover. Deze brug is een opvolger van de Luchttunnel, de brug die vanaf 1991 door de gelijknamige stichting werd gepropageerd. De FLIJover bevat geen lightrail-spoor meer en de transparante tunnelbuis waar fietsers en voetgangers doorheen gaan hangt niet meer aan een pyloon maar aan twee enorme bogen die met hun voeten aan de oevers van het IJ staan. De brug is in het midden zo hoog dat vrijwel alle cruiseschepen en 'tall ships' (Sail) er onderdoor kunnen. Bovenin de bogen kunnen toeristen tegen betaling van het schitterende uitzicht genieten. Zonnepanelen op de brug maken hem zelfvoorzienend en oersterke aramidevezelkabels dragen de buis waarin innovatieve rolpaden voor de verplaatsing zorgen.

Copyright Stichting Luchttunnel / 3Ddream-media)



1 Bovenaanzicht knooppunt Hofvliet (A4/N434), gezien in de richting Den Haag

RIJNLANDROUTE FLY-OVERS A4 KNOOPPUNT HOFVLIET

Willem Cijssouw

© Illustraties RijnlandRoute, tenzij anders vermeld

Sinds 2018 wordt bij Leiden flink gebouwd aan een nieuw stuk infrastructuur: de RijnlandRoute. Hier wordt een nieuw wegtracé aangelegd, bestaande uit onder meer twee nieuwe knooppunten, een provinciale weg met een geboorde tunnel en snelweggedeelten.

Eén van de hoogtepunten van het project is het nieuwe knooppunt Hofvliet, waar twee enorme fly-overs worden aangelegd.



2 Plaatligger KW 20 in knooppunt Hofvliet



3 kokerligger KW 21 in knooppunt Hofvliet

Aannemerscombinatie Comol5 legt in opdracht van de provincie Zuid-Holland het eerste deel van de RijnlandRoute aan. Dit deel omvat de aanleg van de nieuwe N434 tussen de A44 en de A4 bij Leiden, met een geboorde tunnel onder Voorschoten en aanpassingen aan de A4 en de A44. Het is een groot project: er wordt ruim vier kilometer nieuwe weg aangelegd met twee knooppunten (met de A4 en de A44) en met een totale begroting van 800 miljoen euro. Voor 2,5 kilometer van de nieuwe provinciale weg wordt een geboorde tunnel gemaakt, wat in Nederland niet vaak voorkomt. Ook knooppunt Hofvliet (zie fig.1), bij de A4,

wordt bijzonder: hier worden fly-overs gebouwd van gezamenlijk 526 meter lang. Maximale overspanning: 65 meter!

PREFAB VS. IN HET WERK GESTORT

Deze fly-overs zijn om meerdere redenen technische hoogstandjes (zie fig. 2 en 3). Allereerst omdat ze niet prefab zijn. Normaal gesproken worden constructiedelen van viaducten in een fabriek gemaakt. In een fabriek kan het (seriematig) produceren hiervan onder betere condities gebeuren dan op een bouwplaats. Viaducten zijn, ondanks hun ogenschijnlijk eenvoudige vorm,

technisch zeer complexe elementen. Door middel van voorspanning en maximale benutting van wapening wordt hun volume zoveel mogelijk beperkt. Dit resulteert in doorsneden (zie fig. 4 en 6) die volgepropt zitten met voorspankabels en wapeningsstaven.

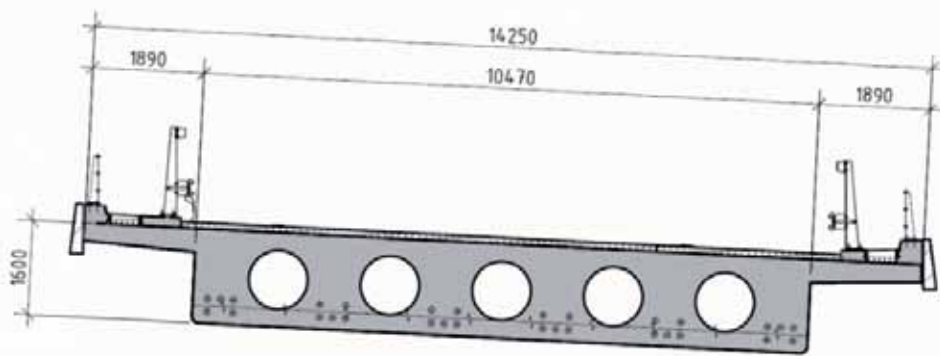
De fly-overs zijn echter in het werk gestort. Waarom? Om twee redenen: de grote overspanning en de wens van de provincie om de viaducten slank uit te voeren. De eerste hiervan is eenvoudig: het is ondoenlijk om een object van 65 m lang en (mede door de kromming) bijna 15 meter breed over de weg te vervoeren. De tweede reden heeft met de esthetische eisen van het knooppunt te maken.

Bij de aanbesteding heeft de provincie geëist dat de fly-overs een sobere en minimale vorm moesten hebben vanwege de landschappelijke inpassing in bestaand gebied. Dat betekent: één doorlopende lijn en slanke liggers, ondersteund door centrale (in plaats twee of meerdere) kolommen. De constructiehoogte moest zoveel mogelijk beperkt worden, met als gevolg dat de viaducten doorlopend over de steunpunten werden uitgevoerd. Een ligger kan, doordat de veldmomenten kleiner zijn, slanker worden uitgevoerd wanneer de liggers over de steunpunten doorlopen. Naast de afmetingen is de eis van een zichtbaar continue lijn bepalend geweest voor het ontwerp van de viaducten. Deze mochten niet uit losse (prefab) elementen bestaan, maar moesten monolietknopen hebben.

Dit alles heeft tot gevolg dat de fly-overs in het werk gestort zijn. Wat zijn de gevolgen hiervan voor het aanbrengen van de voorspanning? Die vallen mee. Het grootste verschil tussen prefab en in-situ storten, zijn de condities waaronder je stort. Op de bouwplaats heb je deze immers niet alle in de hand, waardoor het storten uitdagender wordt en je afhankelijk bent van het weer (zie blz. 25). Wat de uitvoer wel een stuk lastiger maakte, was het op deze locatie maken van de bekisting van de viaducten. Daarover verderop meer.

ONTWERP VIADUCTEN

Voor het type viaduct was bij beide fly-overs de maximale overspanning maatgevend. De fly-over (kunstwerk 20), welke richting het noorden (richting Amsterdam) loopt, heeft een maximale overspanning van 46 m en kan uitgevoerd worden als een plaatligger.



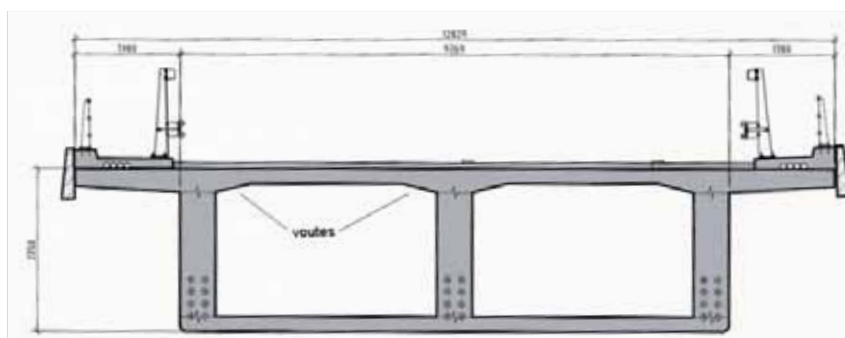
4 doorsnede plaatligger met sparingsbuizen in kunstwerk 20



5 plaatligger KW 20 in knooppunt Hofvliet

De doorsnede bestaat uit twee gedeelten. Eén deel is massief beton met een hoogte van 1,1 m, waarmee maximaal 33 m overspannen wordt. Het andere deel is 1,6 m hoog en heeft vijf sparingsbuizen met een diameter van 1,0 m (zie fig. 4 en 5) om gewicht te besparen. Dit deel is ter plaatse van de steunpunten wel massief, om de dwarskrachten te kunnen opnemen. Kunstwerk 20 heeft acht overspanningen.

Kunstwerk 21 is de fly-over die richting het zuiden/Den Haag loopt. Deze telt vier overspanningen (zie fig.3). Om de overspanning van maximaal 65 m te halen, is deze uitgevoerd als een kokerliggerbrug van 2,75 m hoog. De koker is tweecellig en heeft drie lijven (zie fig. 6 en 7). Bij de lijven is het dek verdikt, de zogenaamde voutes, waardoor hier geen dwarskrachtwapening nodig is. Aan de



6 doorsnede kokerligger KW 21

zijkanen van de koker steekt het dek 1,8 m uit. Ook deze kokerligger is bij de opleggingen massief uitgevoerd, waarmee een dwarsdager wordt gevormd. Hierin is voorspanning in dwarsrichting toegepast. Dit is o.a. gedaan om horizontale krachten die ontstaan door de kromming, naar de steunpunten in het midden te brengen.

VOORSpanNING

Het voorspannen van een betonnen ligger gebeurt door staalkabels in kabelomhullingen in de ligger te plaatsen die aan de uiteinden van de ligger aan het beton verankerd worden. Door de kabels onder zeer hoge trekspanning te brengen, worden de uiteinden naar elkaar toegetrokken, zodat het beton samengedrukt wordt. Hierdoor kan de ligger meer buigend moment (en dus meer belasting) opnemen, want de uit buiging voortkomende trekspanning wordt door de kabels 'weggedrukt'. Het toepassen van voorspanning in combinatie met het principe van een doorlopende ligger resulteert in hoge slankheden. In kunstwerk 20 is zelfs een zeer knappe lengte/hoogteverhouding van 1:30 gehaald. Ter vergelijking: bij een standaard betonligger is deze verhouding meestal hooguit 1:15.

Maar voorspanning kent ook uitdagingen. Tijdens het spannen gaan de voorspanningsstrengen tegen het inwendige van de kabelomhullingen wrijven, waardoor de spanning in de streng zich enigszins verdeelt. Hierdoor treedt spanningsverlies op in de streng, wat de voorspanning verlaagt. Dit is vooral het geval wanneer de strengen erg lang zijn. Een ander probleem is dat lange voorspannstrengen sneller beschadigen bij het doorsteken. Dit is te vergelijken met het trekken van elektriciteitsdraden. Om beide problemen te beperken, is het maken van de



7 Aanzicht kokerligger KW 21

8 Wapening kolom t.p.v. de funderingspoer

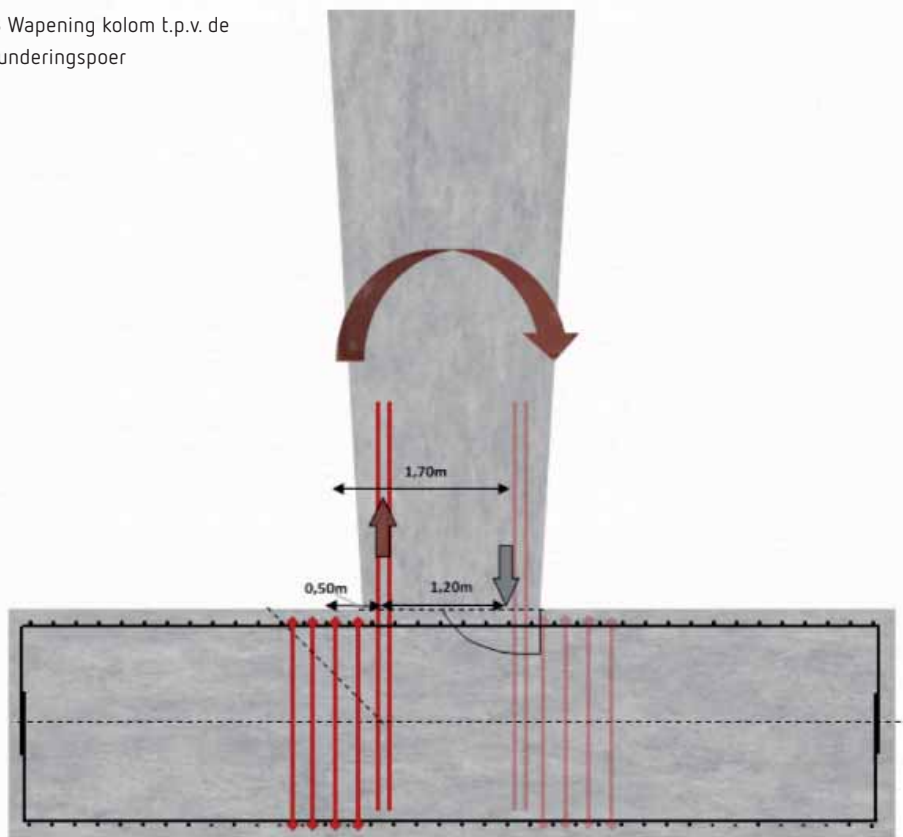
fly-overs in meerdere fasen uitgevoerd. Hierdoor heeft men de lengte van de voerspankabels kunnen beperken tot maximaal 138 m voor kunstwerk 20 en 123 m voor kunstwerk 21.

ONTWERP STEUNPUNTEN

De fly-overs worden ondersteund door taps toelopende, centrale kolommen. Dit is gedaan vanwege de architectonische eis vanuit de provincie: een slank en minimaal ontwerp. Steunpunten met dubbele kolommen zouden daar niet bij passen. De opleggingen krijgen veel krachten te verduren: niet alleen verticale krachten, maar ook momenten in langs- en dwarsrichting, torsie en horizontale krachten.

Bij de voet van de kolom moeten al deze krachten naar de onderliggende fundering worden overgebracht.

De kleinere doorsnede van de kolom aan de onderkant maakt het overbrengen van krachten extra lastig. Het beton is dan ook lokaal zeer zwaar gewapend (zie fig.8). In de poer zijn t.p.v. de kolom beugels aangebracht, die als koppel fungeren waarmee het moment uit de kolom naar de fundering kan worden overgebracht (zie fig. 8). Tevens dienen deze beugels als ophangwapening.



Meterslange stekken steken van de poer in de kolom om trekkrachten (uit het moment) over te dragen. Deze stekken zijn, anders dan normaal, niet omgebogen aan de uiteinden. Hierdoor kan de wapeningskorf van de poer volledig prefab worden gemaakt, want de

stekken kunnen dan gemakkelijk ingestoken worden. De trekkrachten worden hierbij overgedragen aan de naastgelegen beugels. Onder elke poer komen meer dan 20 funderingspalen.

9 Impressie funderingen



REALISATIE

Een grote uitdaging bij bouwen in deze regio is de zeer slappe grond, wat kan leiden tot verzakkingen. Zo zijn bij het aanbrengen van voorbelasting zettingen tot 2,5 m gevonden. In de ontwerpfase is dan ook veel aandacht besteed aan het berekenen van zettingen in de gebruiksfase.

Onder de aardenbaan achter en naast de landhoofden zijn palenmatrassen (combinatie van paalfundering en met geogrids gewapende overdrachtslaag van steenslag) aangebracht, om grote zakkingen in de weg te voorkomen. (Zie fig. 9)

Ook tijdens de bouw zorgt de slappe grond voor grote uitdagingen. Voor de bekisting van de viaducten moesten bijvoorbeeld veel tijdelijke palen worden geheid. Zettingen van de bekisting tijdens het storten zijn immers onacceptabel, zeker bij een project waar een betonstort 1500 m³ groot is!

Na afloop moeten deze tijdelijke palen weer worden verwijderd, omdat anders de stijfheid van de ondergrond blijvend veranderd zou zijn, waardoor zettingsverschillen in de bodem zouden kunnen ontstaan. Ook hierin is vooraf veel rekenwerk gaan zitten.

EEN VAN DE VELE UITDAGINGEN IS DE OMVANG VAN HET PROJECT RIJNLANDROUTE.

Naast het knooppunt Hofvliet met de A4 en een verbreding van bestaande snelwegen, bestaat de RijnlandRoute uit (zie fig. 10):

- een provinciale weg N434/A4/A44 (de Stroomweg) met een geboorde tunnel

van 2250 m en twee tunnelbuizen met een diameter van ±11 m, gedeeltelijk onder een spoorlijn en een woonwijk, een aquaduct in de N434,

- de aansluiting van de N434 met de A44 bij Wassenaar (knooppunt Ommedijk),
- de aansluiting van de A44 en de N206 richting Katwijk (Tjalmaweg) bij Leiden en
- het aanpassen van de N206 (Europaweg) tussen de A4 en Leiden.

In 2022 moet het traject opgeleverd zijn. De verwachting is dat de mobiliteit rond Leiden flink verbeterd zal worden, wat de hele regio een flinke economische impuls zal geven.



Flyovers knooppunt Hofvliet (RijnlandRoute) 2020	
Opdrachtgever	Provincie Zuid-Holland en RWS
Ontwerp	Anteagroup
Constructie	Mobilis TBI/Royal HaskoningDHV
Uitvoering	Comol5, een aannemerscombinatie van • TBI (Mobilis B.V. en Croonwouter&dros B.V.) • VINCI Construction Grands Projets S.A.S. • DEME Infra Marine Contractors B.V.

Meer informatie: <https://www.rijnlandroute.nl/>

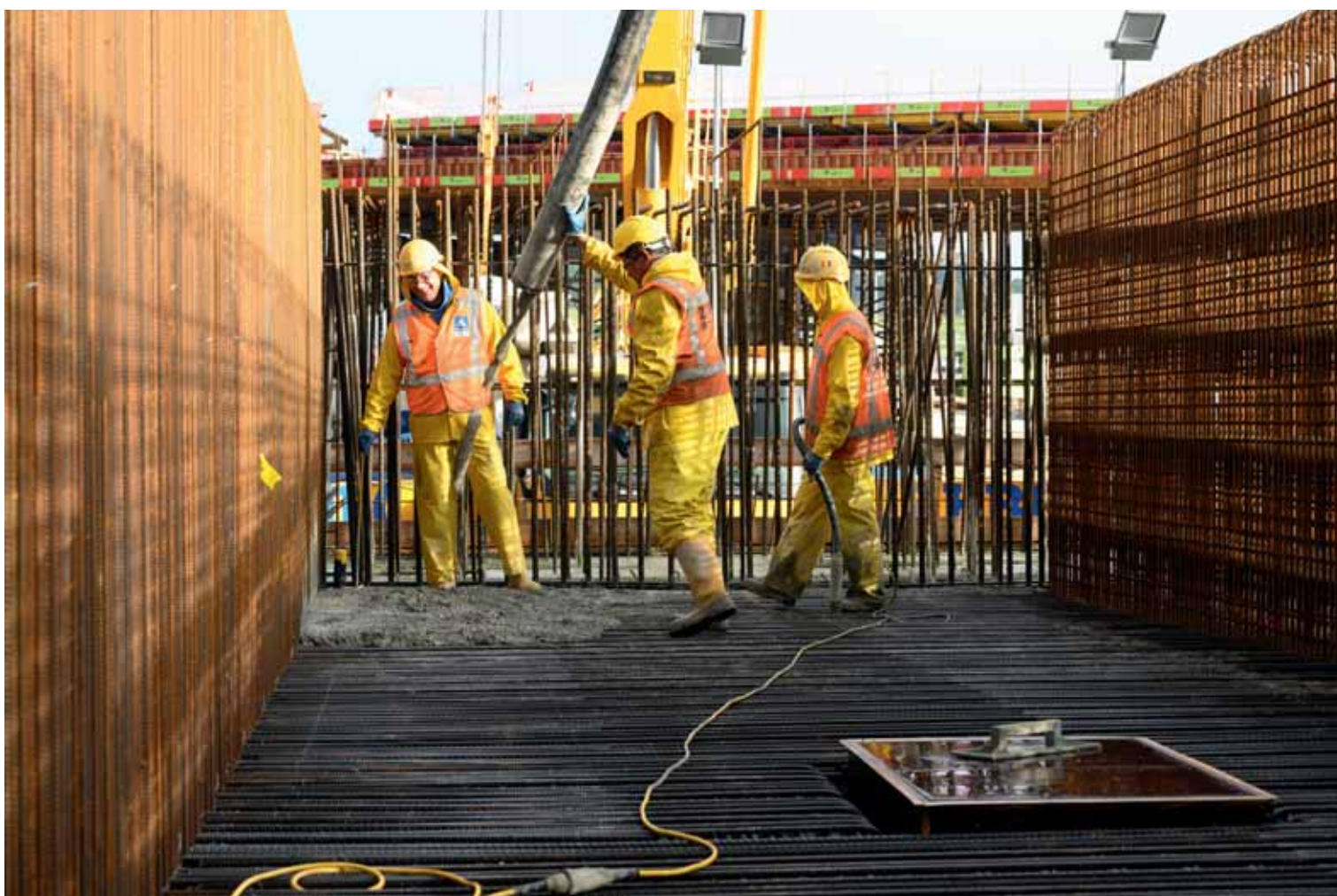
Ook tijdens de bouw zorgt de slappe grond voor grote uitdagingen.



10 Overzicht project RijnlandRoute



↑ ↓ Het storten van de onderrand van de kokerligger (KW 21) © R. Keus





VISBRUG GEVANGEN IN INKT

Michel Bakker

2 Zijaanzicht van de Visbrug.

Foto: Olga van der Klooster.

In de reeks 'Bruggen in de Kunst' dit keer een brug die velen van u van nabij gekend hebben: de Delftse Visbrug. Nu geëetst als meest prominente brug in 'Bridges of Delft' (zie blz 28) door Rolf Weijburg. Een kunstenaar met vele passies, zeker ook voor bruggen.



1 Rolf Weijburg in zijn atelier

DE KUNSTENAAR

Rolf Weijburg werd in 1952 in Eindhoven geboren. In Utrecht studeerde hij een jaar Sociale Geografie aan de Rijksuniversiteit aldaar. Het bijvak Cartografie wakkerde daar zijn al oudere belangstelling voor landkaarten verder aan. De fascinatie voor reizen, ontdekken en kunst deed hem de overstap maken naar de Utrechtse Academie voor Beeldende Kunsten, Artibus. Met name de grafische kunst boeide hem. In 1976 studeerde hij af aan de afdeling Monumentaal. Een jaar later had hij in Milaan zijn eerste solo-expositie in galerie 'Bon à Tirer' van Giorgio Cardazzo. In 1978 volgde een tweede expositie in de galerie van Mara Chiaretti aan de Via dei Condotti in Rome. Met het verdiende geld begon het reizen en ontdekken pas goed. Het bracht hem ook ver buiten Europa. En het bracht hem ook in soms penibele omstandigheden. Toen hij vanuit Zaïre Uganda in wilde, werd hij op



3 Opgang tot de Visbrug, vanuit het noordoosten.
Foto: Olga van der Klooster.

verdenking van spionage gevangen genomen en zat een tiental dagen in Uganda vast. Vlak vóór de val van Idi Amin werd hij het land uitgezet naar Kenya. Uiteindelijk trok hij van Kenya dwars door de Sudan en Egypte terug naar Europa om in Parijs zijn vrouw Catherine te ontmoeten.

Bij een eerder bezoek aan Parijs was hij in contact gekomen met het werk van Gérard Titus Carmel en met Roland Topor en zijn Académie Panique. Het bracht een ommekeer in zijn eigen kunst teweeg. Sfeer, vindingrijkheid en een fijne techniek werden bepalend. De grote reis waarvan hij in 1979 terugkeerde voegde daar een geheel nieuw element aan toe: Afrika. Zijn werk veranderde als het ware van fictie naar feit. Een ommekeer van fantasie naar 'waar gebeurde' reisverhalen. Etsen en reizen werd dé invulling van zijn kunstenaarsbestaan.

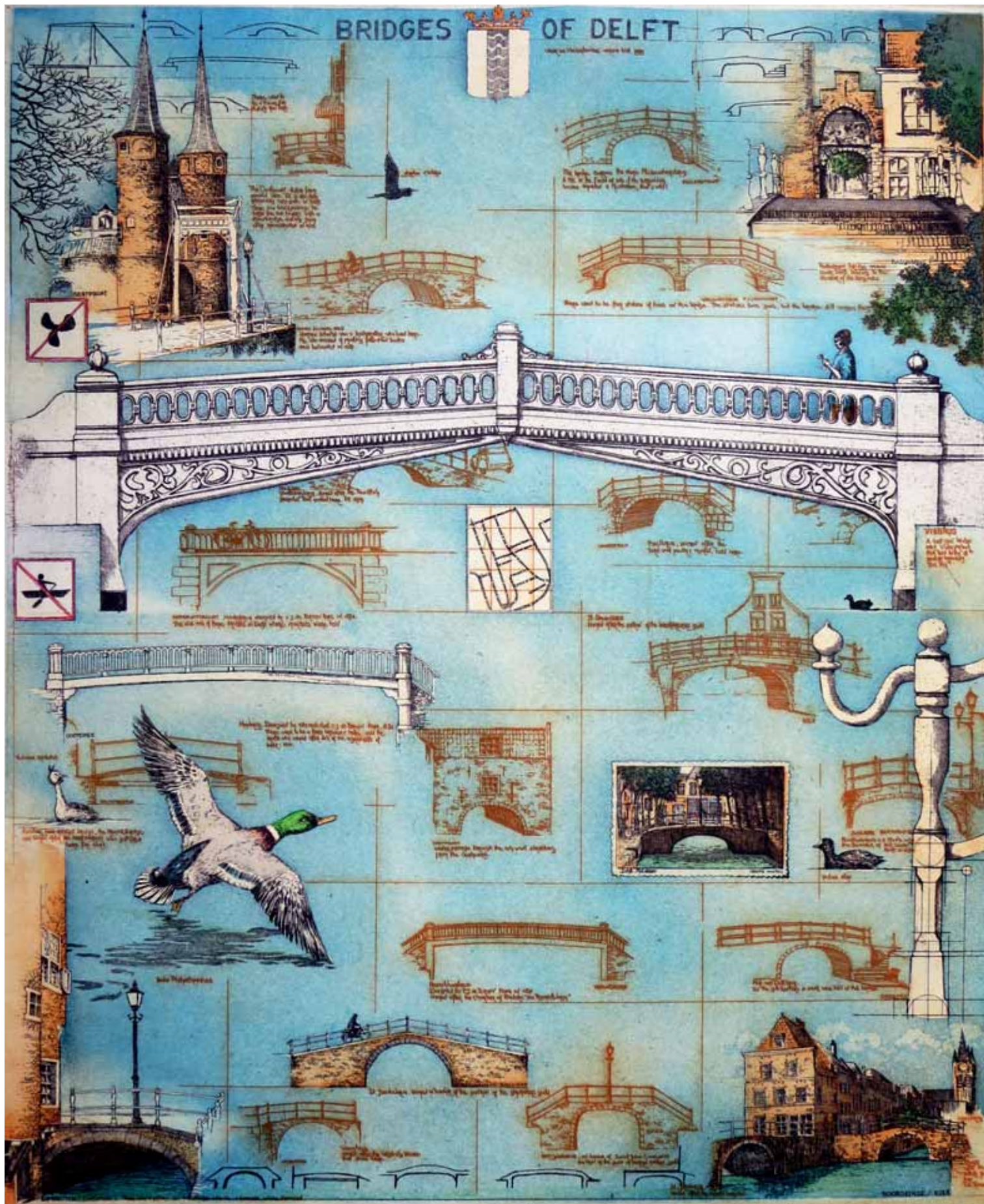
Zijn Sahara-reizen met oude auto's resulteerden in 1985 in het bij Flammarion in Parijs uitgegeven boek 'Voyage au Sahara', een kinderboek dat Rolf Weijburg illustreerde aan de hand van teksten van zijn vrouw Catherine. Rolf exposeerde veel in Nederland maar ook veel in het buitenland. In 1986

begon hij aan L'Afrique Périphérique- Een Atlas van de Eilanden rond Afrika. Weijburg reisde naar alle eilandgroepen en geïsoleerde eilanden rondom Afrika. In 1992 kreeg hij de Nederlandse Grafiekprijs. Het eilandenproject sloot af met een grote overzichtsexpositie in het Singer Museum te Laren (maart 2000). Sinds 2002 werkt Rolf Weijburg aan zijn nieuwe project 'An Atlas of the World's Smallest Countries'. Veel illustraties van Weijburg verschenen ook gewoon in kranten en tijdschriften. Hij maakte ook al de landkaarten en illustraties voor de reisgidsen van Djoser en ook die voor de VPRO-documentaire 'In Europa' naar het boek van Geert Mak, zo ook de kaarten en illustraties voor de tv-serie O'Hanlons Helden. In januari 2017 vond in Filmtheater 't Hoogt in Utrecht de première plaats van de film over het werk en de vele reizen van Rolf Weijburg: 'The Art of Travel'. Deze veertig minuten durende documentaire werd in 2017 onder de titel 'De Kunst van het Reizen' uitgezonden door RTV Utrecht en is nu nog op 'You Tube' terug te kijken. Weijburg heeft ook andere Nederlandse bruggen verwerkt in etsen, onder meer bruggen in Utrecht, Rotterdam (Erasmusbrug), Nijmegen (Waalbrug) en Zutphen.

DE BRUG

Gelegen nabij Voorstraat 52 in Delft overspant hij daar het water van de Nieuwe Delft. Deze rijksmonumentale Visbrug is een ijzeren voetgangersbrug uit 1869 met een stenen dek. Aan beide straatzijden zijn er lage drietreeds trappen.

De brug kreeg gietijzeren hoofd- of randliggers aan weerszijden van het brugdek, elk in twee helften gegoten. Deze randliggers ondersteunden gewalste smeedijzeren dwarsbalken waarop een houten brugdek van vijf-duims eiken planken was aangebracht. In 1911 is de brugdekconstructie vervangen door een betonconstructie, ondersteund door nieuwe stalen INP100-balkjes die met de randliggers zijn verbonden. Het dek is met klinkers bestraat. Dekbreedte is 2,1 meter, met een overspanning van 8 meter. In het midden van de brug zal aan één van de beide zijden een gaslantaarn gestaan hebben. Het bestek spreekt zich hierover uit: "Een dier palen moet met bassement, schacht en kapiteel met ladderijzer, als lantaarnpaal afgewerkt worden; de andere paal met pijnappelkop in overeenstemming met het bassement der lantaarnpaal." Deze gietijzeren bruglantaarn is niet meer aanwezig.



4 'Bridges of Delft', Delfts-blauwe serie, 2016, kleurets, 500 x 600 mm². De oorspronkelijke serie werd gemaakt in opdracht van Galerie Inkt ter gelegenheid van de thema-expositie 'Delft Waterstad' in de galerie en in het Museum de Prinsenhof, eind 2006. De Visbrug is de leidende brug op deze ets, maar er zijn ook veel andere Delftse bruggen in mooie bijrollen te zien.

Men rekent het ontwerp toe aan de stadsarchitect C.J. de Bruyn Kops die ook verantwoordelijk lijkt voor de Hopbrug, de Rapenbloembrug en de Kleine Oostpoortbrug. Cornelis J. de Bruyn Kops (1830-1891) was een Nederlands architect, zoon van de Haarlemse linnenfabrikant en stadsbestuurder C.J. de Bruyn Kops. Cornelis promoveerde tot civiel ingenieur in 1850 en werkte in het begin van zijn carrière bij het Amerikaanse ingenieursbureau van J.W.P. Lewis. Later voor de Pacific Railroad Co. waarvoor hij in 1854-1855 een spoorwegbrug over de Mississippi zou bouwen. Twee jaar later benoemde men hem tot stadsarchitect van Delft. Hij heeft zich samen met N.H. Henket en T.J. Stieltjes ingezet voor de verbetering van het Delftse grachtenwater. Ook ontwierp hij een stadsplan voor het Westerkwartier, de eerste stadsuitbreiding buiten de singels, en enige grote en kleinere gebouwen in Delft.

Zijn in meerdere opzichten opvallende Visbrug laat een mengelmoes aan decoratieve elementen zien. Het geheel doet volgens sommigen bijna Venetiaans aan. De

brug is wat de vormgeving betreft zeldzaam in Nederland. Bronnen duiden hem ook wel aan met 'vermoedelijk uniek'. Enige verwantschap met de Haagse brug over de Oostsingelgracht tussen de Uilebomen en de Boomsluiterskade is er echter wel. Deze brug (GW 59) uit 1861 werd vervaardigd door de Haagse ijzergieterij L.J. Enthoven en Cie. Van de Visbrug is de ijzergieterij vooralsnog onbekend. De aannemer was P. van den Horst. Een lange geschiedenis gaat aan de huidige brug vooraf.

Aan het eind van de zestiende eeuw werd de voorloper van de Visbrug aangelegd, een stenen boogbrug. Die diende al ter vervanging van twee houten bruggetjes: de één iets ten zuiden van de Hoefijzersteeg en de ander tegenover de Drie Akersstraat. De Visbrug dankt zijn naam aan de bierbrouwerij 'De Vis', die tot in de 18^e eeuw aan de zuidwesthoek van de Visstraat gevestigd was. De brug is enige malen vernieuwd. De gietijzeren overspanning is een bijzonder fraai voorbeeld van industrieel erfgoed, maar door de huidige kleurstelling heeft het iets

van zijn karakter verloren. Het overheersende gebruik van witte verf camoufleert de opbouw en samenstelling. Ijzer, beton, leuning en ornament zijn heden ten dage monochroom wit (zie blz. 26 en 27). Het is de vraag of dat altijd zo geweest is. Door kleurhistorisch onderzoek zou het oorspronkelijke kleurenpalet misschien nog kunnen worden achterhaald.

Met dank aan: Jan Arends, Fred van Geest, Hist. Ver. Delfia Batavorum, Olga van der Klooster, Heico de Lange, Wim Weve, Ernest van de Wiel.

LITERATUUR

P.C. Molhuysen, P.J. Blok, *Nieuw Nederlandsch Biografisch Woordenboek*, deel III, kol. 715, Leiden 1914.

H. Rienks, Bruggen in de gemeente Delft. *De geschiedenis van de Delftse bruggen, behorend tot het industrieel erfgoed*, rapport TU Delft, Delft 1994, pp. 48-51.

P.C. Visser, Delfts bruggen, Delft z.j. www.verhalenwiki.nl (WikiDelft) www.weijburg.nl



5.a De Haagse brug bij de Boomsluiterskade, opgang tot de brug. Collectie Haags Gemeentearchief.



5.b. De Haagse brug, zijaanzicht. Collectie Haags Gemeentearchief.

OP AFSTAND BEDIENDE BRUGGEN VEILIG?



Ruim drie jaar nadat de Onderzoeksraad publiceerde over het dodelijk ongeval in 2016 op de Den Uylbrug in Zaandam, wordt er nog steeds onvoldoende gedaan om ongelukken met op afstand bediende bruggen te voorkomen. Zo zijn de veiligheidsmaatregelen op de Den Uylbrug niet direct toegepast op andere bruggen van de gemeente Zaanstad. Ook de aangekondigde landelijke initiatieven die het op afstand bedienen van bruggen veiliger moeten maken, zijn tot op heden niet gerealiseerd. Naar aanleiding van het gepubliceerde rapport 'Veiligheid van op afstand bediende bruggen – Lessen uit het ongeval Prins Bernhardbrug Zaandam' heeft de minister aangekondigd toch te verkennen welke mogelijkheden er zijn om de veiligheid van beweegbare bruggen in Nederland te verbeteren. Een aanpak vanuit de Rijksoverheid is nodig: de Onderzoeksraad toont aan dat de problematiek niet uniek is voor de gemeente Zaanstad, maar een landelijk probleem betreft.



Op 28 november 2018 raakte een ouder echtpaar zwaargewond op de Prins Bernhardbrug in Zaandam. Zij stonden op het beweegbare deel van de brug toen deze voor de scheepvaart werd geopend. De brugbediener, die zich op afstand bevond, had hen niet opgemerkt op de camerabeelden. Dit ongeval vertoont sterke gelijkenissen met het ongeval op de Den Uylbrug waarover de Onderzoeksraad in 2016 een rapport uitbracht. Een fietsster stopte voor de stopstreep op de brug omdat deze werd geopend. Zij realiseerde zich echter niet dat zij op het beweegbare deel stond. De brugbediener, die zich op afstand bevond, had haar niet opgemerkt en opende de brug. De vrouw kwam hierdoor ten val en overleed.

TWEEËNZEVENTIG GESIGNALEERDE TEKORTKOMINGEN

In het rapport over de Den Uylbrug deed de Raad aanbevelingen aan de gemeente Zaanstad en aan de minister van Infrastructuur & Waterstaat. De reacties op de aanbevelingen gaven het beeld dat deze voortvarend werden opgepakt. De gemeente Zaanstad startte met verbetermaatregelen voor de Den Uylbrug, zoals het zichtbaar maken van het beweegbare deel van de brug en het plaatsen van een attentieknop. Deze maatregelen werden niet structureel toegepast op andere bruggen in de gemeente. Wel werden de veiligheidsrisico's bij de bruggen in de gemeente in kaart gebracht. Hierbij werden 72 tekortkomingen gesignaleerd.

Na het signaleren van deze tekortkomingen, werden er wederom geen algemene maatregelen getroffen om alle bruggen van de gemeente aan te passen. In plaats daarvan werd ervoor gekozen om eerst bij elke specifieke brug de risico's in kaart te brengen. De Prins Bernhardbrug zou in januari 2019 worden beoordeeld.

URGENTIE VERBETERINGEN VERSLAPT

Bij de gemeente Zaanstad is de urgentie om verbeteringen door te voeren om meerdere redenen verslapt. Ook het in kaart brengen van de veiligheidsrisico's verloor de prioriteit. Als de geïdentificeerde tekortkomingen direct waren opgepakt, was de kans op het maken van fouten in de brugbediening aanzienlijk verkleind. Bovendien had dit ruimte geboden voor de brugbediener om een gemaakte fout te kunnen herstellen. Pas na het ongeval op de Prins Bernhardbrug werden er in de gemeenteraad en het college van B&W kritische vragen gesteld over de voortgang van het verbetertraject en het uitblijven van maatregelen zoals het zichtbaar maken van het beweegbare deel van de brug.

ONTBREKEN LANDELIJKE STANDAARD

Ongevallen met op afstand bediende bruggen zijn niet uniek voor de gemeente Zaanstad. Op verschillende plekken in Nederland zijn soortgelijke ongevallen voorgekomen. De Onderzoeksraad riep de minister in 2016 daarom op om te komen tot een landelijke standaard voor bruggen die op afstand worden bediend. Uniformiteit in onder andere de cameraopstelling en bedieningssystemen verkleinen de veiligheidsrisico's bij het bedienen van bruggen op afstand.

De aanbeveling heeft enkel geleid tot meer kennisdeling binnen het platform 'Water ontmoet Water', een platform met een vrijblijvend karakter. Een uniform, landelijk kader voor de inrichting, gebruikseisen en bediening van bruggen op afstand ontbreekt nog altijd. Dit terwijl de basis hiervoor reeds gelegd is in de Landelijke Brug- en Sluisstandaard die geldt voor bruggen van Rijkswaterstaat, de Richtlijn Vaarwegen en in de kennis vanuit het platform 'Water ontmoet Water'.

VERKENNING VERBETERING VANUIT RIJKSOVERHEID

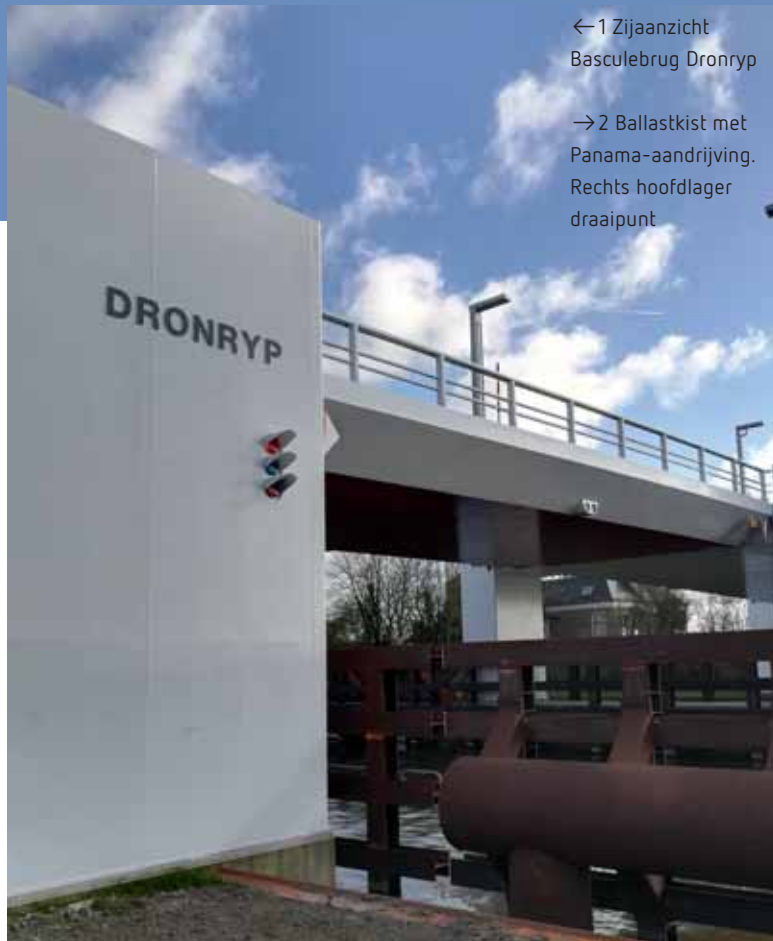
Met de uitkomsten van het onderzoek over de Prins Bernhardbrug en het eerdere onderzoek over de Den Uylbrug wordt de minister opnieuw een kans geboden om het op afstand bedienen van bruggen een extra veiligheidsimpuls te geven.

De minister heeft in een reactie op het rapport aangegeven bereid te zijn om een verkenning te starten naar de mogelijkheid om vanuit de Rijksoverheid de veiligheid van beweegbare bruggen in Nederland te verbeteren. De Onderzoeksraad interpreteert dit als een aankondiging om te komen tot een landelijke standaard voor de inrichting van op afstand bediende bruggen, inclusief de ondersteunende systemen. De Raad zal het initiatief van de minister en de daaruit voortvloeiende ontwikkelingen nauwgezet volgen.



LAWAAI PROBLEMEN NIEUWE BRUG IN DRONRYP OPGELOST

Sake Meindersma



← 1 Zijaanzicht
Basculebrug Dronryp

→ 2 Ballastkist met
Panama-aandrijving.
Rechts hoofdlager
draaipunt



Op 12 februari 2020 kwam de provincie Fryslân met het volgende persbericht:
17 t/m 23 februari 2020 verkeershinder bij Brug Dronryp.
In het voorjaar heeft Brug Dronryp aan de dorpszijde nieuwe assen gekregen. Dit is nodig om het tikkende geluid bij het open- en dichtgaan van de brug (te beluisteren via voetnoot) te verhelpen. De brug over het Van Harinxmakanaal was daarom van maandag 17 februari tot en met zondag 23 februari 18.00 uur afgesloten voor autoverkeer. Fietzers, voetgangers, scooters en brommers konden er wel overheen. Voor de scheepvaart vond geen bediening plaats.

<https://www.lc.nl/friesland/waadhoeke/Video-Zo-klinkt-de-%E2%80%98knappende%E2%80%99-brug-van-Dronryp-24837053.html>



3 onderzijde ballastkist en klap met draaiingas vóór aanbrengen coating. Astappen nog niet aangebracht.
© Koninklijke Oosterhof Holman b.v.

De basculebrug is in 2019 in gebruik gesteld en vervangt een ruim 75 jaar oude brug in slechte staat. De brug ligt aan de rand van Dronryp in de weg naar Winsum over het Van Harinxmakanaal. De doorvaartwijdte van het beweegbare deel is 17 m, de breedte van de klap is 8 m.

dat er sprake is van kruip. Door doorbuiging ontstaat in de passing een axiale kracht. Als die kracht groter is dan de wrijvingskracht ontstaat 'stick-slip'. Het probleem is opgelost door de pasranden ter plaatse van de sensoren 2/4 en 6/8 te voorzien van een glijlager met een AlCu bus.

Het geluid heeft zich daarna niet weer voorgedaan.
■
Met dank aan Pieter Hoekstra, Provinciale Waterstaat, Provincie Fryslân.
foto's: Sake Meindersma

De draaiingsas bestaat uit verschillende onderdelen (zie fig. 3):

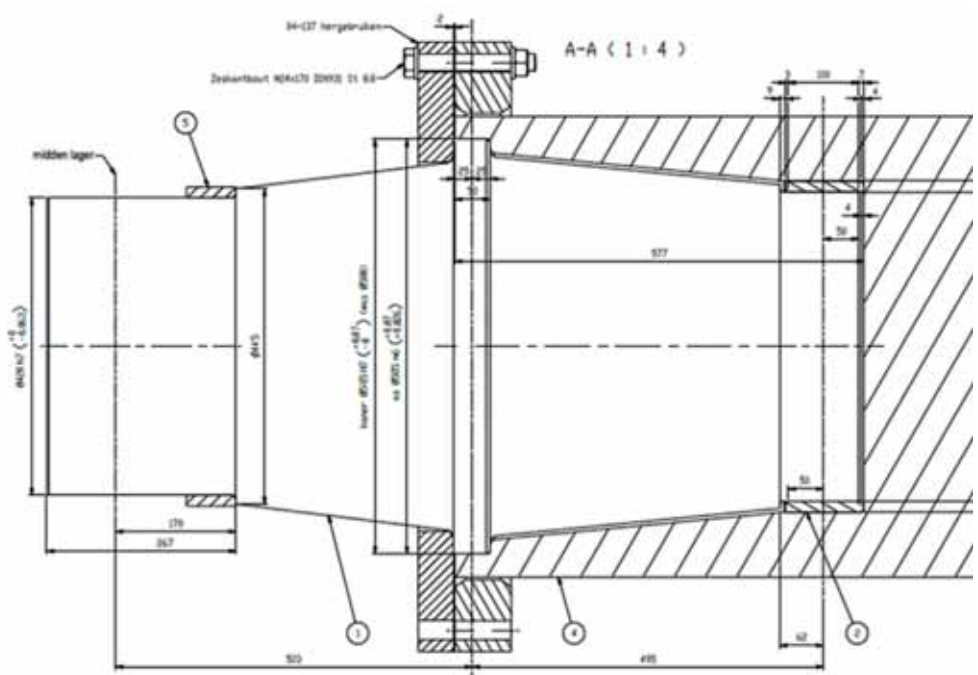
- een koppelbuis tussen de hoofdliggers, en
- volle assen, die aan weerszijden buiten de hoofdliggers de koppelbuis verlengen.

In de kopse eindén van de volle assen zijn kamers gekotterd (zie fig. 4) waarin astappen zijn gestoken die draaien in de hoofdliggers. De hoofdliggers staan op ruime afstand, ca.1,75m, naast de hoofdliggers. De astappen passen met twee pasranden in de kamers. De passing is uitgevoerd als krimppassing. Vooraf aan het insteken zijn de astappen met stikstof gekoeld.

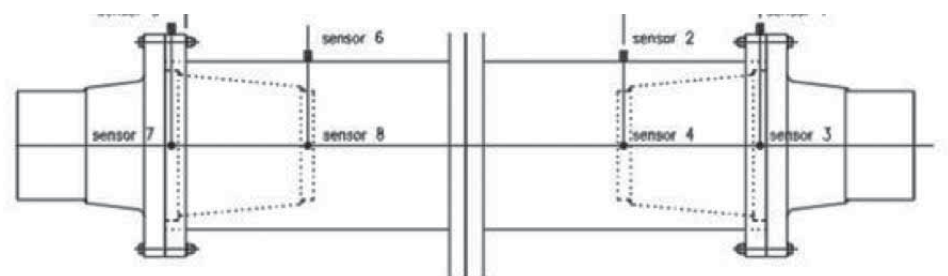
WAT WAS ER AAN DE HAND?

Het tikkende geluid werd als hinderlijk ervaren en moest verholpen worden. Om de bron vast te stellen zijn geluidsmetingen gedaan. Hiervoor werden op de draaiingsas acht uiterst gevoelige sensoren aangebracht (zie fig.5).

Al snel werd duidelijk dat het geluid bij de sensoren 2 en 4 ontstond. en was duidelijk



4 astap gestoken in volle as



5 Astappen in volle as met plaats sensoren

GESLAAGDE RENOVATIE TRAMBRUG SCHIPLUIDEN

De monumentale Trambrug uit 1912 behoort tot het Nederlands cultureel erfgoed en is een Rijksmonument. De brug is sinds 1974 in gebruik als fietsbrug. De fietsbrug heeft zijn oorspronkelijke mosgroene kleur terug en kreeg een nieuw dek dat de historische, onderliggende constructie in het zicht laat. De oude trambrug is compleet gerenoveerd en hersteld in de originele kleur en Bersselaar Constructie heeft de oude trambrug voorzien van een nieuw fietsdek inclusief leuningwerk.



1 Trambrug Vlaardingenervaart Schipluiden

©ipv DELFT

De gemeente Midden Delfland startte in 2019 met de renovatie. Die was nodig omdat de constructie van het Rijksmonument uit 1912 met de jaren was verslechterd en aan een opknapbeurt toe was. Zo bleek de staalconstructie onder het houten fietsdek te zijn aangetast door dooizouten die tussen de planken door op het staal terecht gekomen waren.

ipv DELFT ontwierp een nieuw fietsdek en voerde een kleurenonderzoek uit om de oorspronkelijke kleur van de brug te achterhalen.

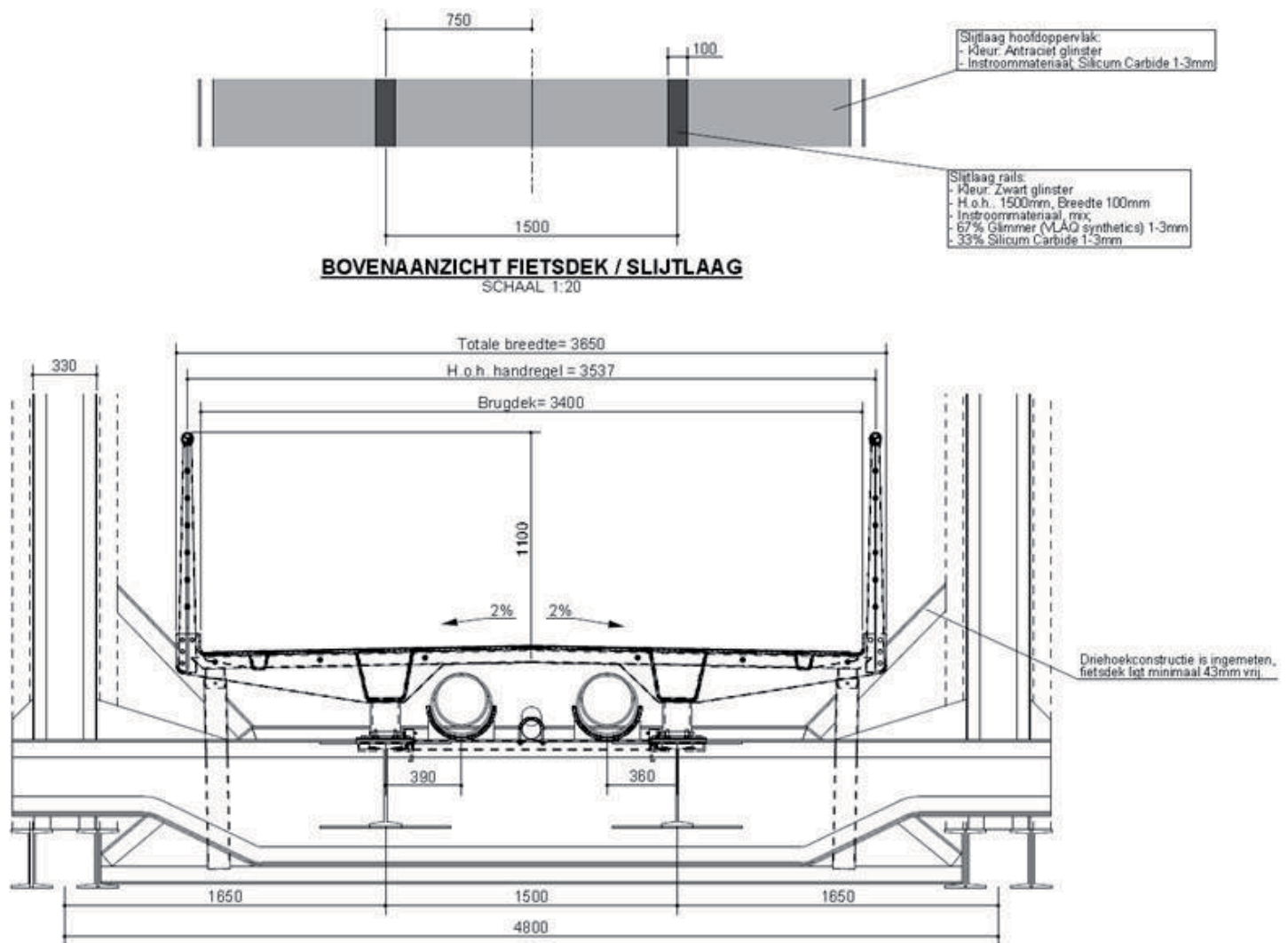
NIEUW ONTWERP

Het nieuwe fietsdek is een gesloten stalen dek met opstaande rand aan weerszijden. Hemelwater wordt via afvoeren in het dek richting het ondergelegen water en de landhoofden geleid. Het nieuwe fietsdek is bewust iets smaller, zodat fietsers zicht hebben op de kenmerkende verbindingen in de ondergelegen monumentale constructie. Buizen en leidingen bevinden zich uit het zicht onder het nieuwe fietsdek. (Zie fig.2 en 3)

Waar in de oude situatie het hekwerk nog op de monumentale brug zelf was gemonteerd, maakt het hekwerk in de nieuwe situatie deel uit van het fietsdek. Er is zo duidelijk onderscheid tussen oud en nieuw, wat verder wordt versterkt doordat het transparante hekwerk, met gespannen staalkabels als regels, nog een stukje doorloopt op de landhoofden. De handregels van de leuning zijn voorzien van LED verlichting.

RESTAURATIE

De restauratie van de brug vond op de bestaande locatie plaats. Het 62 meter lange fietsdek is 3,4 meter breed en bestaat uit vier



2 Dwarsdoorsnede trambrug
© Bersselaar Constructie



3 nieuw fietsdek op bestaande trambrug
© ipv DELFT

delen van ca. 15,5 meter lang en een massa van ca. 11 ton per deel. Deze delen, vervaardigd in de fabriek van Bersselaar Constructie te Udenhout, zijn vanaf het fietspad over de 'bereden liggers' van de bestaande brug gereden m.b.v. tankrollen. Elk brugdeel steunt op acht pootjes op de bestaande 'bereden' liggers van de bestaande trambrug. (Zie fig. 2) In de slitlaag van het dek is het oude tramspoor zichtbaar door twee donkere strepen, die de oude tramrails moeten voorstellen.

HISTORIE

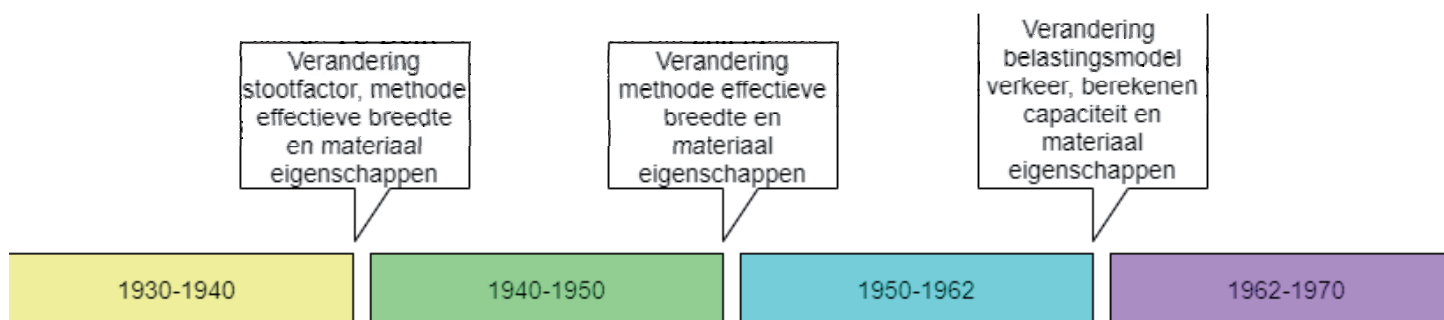
In de eindbalusters refereert de inscriptie *W.S.M. 1881-1969* aan de geschiedenis van de brug en haar locatie. De brug is ooit gebouwd als onderdeel van de tramlijn Maaslandse Dam – Delft en doet sinds de jaren zeventig van de vorige eeuw dienst als fietsbrug. De vroegere tramlijn werd destijds geëxploiteerd door de Westlandsche Stoomtramweg Maatschappij, W.S.M.. Ook de twee donkergrijze lijnen op het fietsdek linken als virtuele spoorlijn heden en verleden op eenvoudige maar elegante wijze aan elkaar.



REVERSE ENGINEERING VAN BESTAANDE GEWAPEND BETONNEN PLAATBRUGGEN

T.L. (Thomas) Harrewijn

In het begin van de twintigste eeuw zijn de eerste gewapend betonnen bruggen in Nederland gebouwd. Het overgrote deel van de huidige infrastructuur is vóór 1985 gebouwd. De eerste ontwerpnorm voor gewapend beton in Nederland is opgenomen in de 'Gewapend betonvoorschriften' uit 1912 [1]. Deze norm is ongeveer iedere tien jaar herzien met nieuw vergaarde kennis in mechanica, materiaaleigenschappen en praktische ervaring. Het toenmalige Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat publiceerde de eerste ontwerpnorm voor stalen bruggen in 1933 genaamd: 'Voorschriften voor het ontwerp van Stalen Bruggen' (VOSB1933) [2] die tevens belastingmodellen voor verkeer beschreef.



1 Tijdlijn van 1930 tot 1970 die ontwerpperiodes onderscheidt door de introductie van aanpassingen in het constructief brugontwerp

In de VOSB worden bruggen gecategoriseerd, gebaseerd op (verwachte) type belasting op de brug. Bruggen voor normaal verkeer zijn gecategoriseerd met een verkeersklasse afhankelijk van de functie in het wegennetwerk, zie Tabel 1. In het begin van de jaren '60, is de VOSB1963 geïntroduceerd waarin de classificering en notering van de verkeersklassen zijn gewijzigd.

Aanhoudende toename van verkeersintensiteiten en (gemiddelde) aslasten heeft de belastingmodellen verder doen ontwikkelen. Het huidige belastingsmodel (BM1) volgens de NEN-EN 1991-2 [3] maakt geen onderscheid tussen verschillende categorieën van wegen in vergelijking tot de oude normen. In Nederland is daarom een belastingmodel voor bruggen in het beheer van decentrale overheden opgesteld [4]. Bruggen met

- een maximale overspanning van 20 m,
- maximaal 125.000 aantal passages van zware voertuigen per rijstrook, en
- een ligging in een route waar verkeer met jaarontheffingen voor zware transporten niet is toegestaan,

komen hiervoor in aanmerking.

Aan de ander kant heeft de ontwikkeling van de ontwerpnormen de materiaaleigenschappen en de methoden voor het bepalen van capaciteiten doen veranderen. De voornaamste veranderingen in verscheidene methoden in het brugontwerp zijn:

- de berekening van de stootfactor,
- de bepaling van de spreidingsbreedte (effectieve breedte),
- de methoden voor het bepalen van doorsnedecapaciteiten (N-methode vs. breukmethode) en
- het gebruik van glad staal vs. geribd staal, wat de scheurwijdtecriteria heeft geïntroduceerd.

Tabel 1. Verkeersklasse voor verkeer, met de classificatie volgens de VOSB1933 en de VOSB1963, waar een lagere verkeersklasse dan 30 is weggelaten.

VOSB1933 [verkeersklasse]	VOSB1963 [verkeersklasse]	Brug
A	60	in het hoofdverkeerswegen
B	45	in het hoofdverkeerswegen met incidenteel zwaar verkeer
C	30	niet bestemd voor zwaar verkeer
D	-	voor licht verkeer (voetgangers)

Vier tijdsperiodes van constant brugontwerp aan zowel de capaciteits- als de belastingskant in de periode 1930 - 1970 zijn te onderscheiden. In figuur 1 is de periode 1930-1970 opgedeeld door de introductie van ontwerpwijzigingen. Zodoende is het stichtingsjaar de indicator voor de toegepaste ontwerpmethode. Uit een onderzoek naar gemeentelijke bruggen [5] blijkt dat de archivering van bestaande bruggen vaak incompleet of zelfs onbekend is. Deze bruggen bevinden zich veelal in een lokaal wegennetwerk en zijn zodoende (vaak) ontworpen in betonsterkteklasse B45. Door de verandering van de belastingsmodellen, de capaciteitsbepaling, de restlevensduur en het gebrek aan informatie over deze bruggen, is er bezorgdheid over de capaciteitsmarge van deze bruggen.

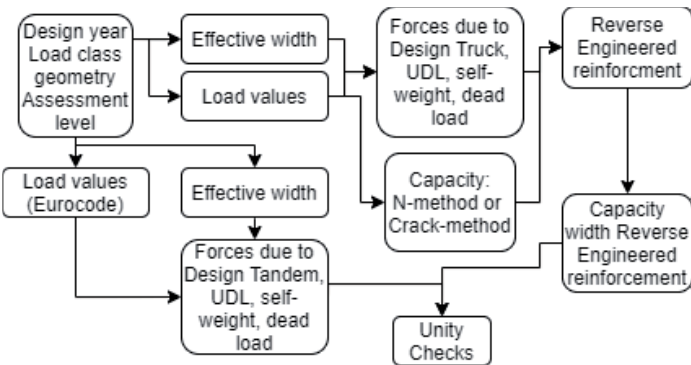
De huidige methode om wapening te herleiden bij verloren documentatie, is door de staafdiameter en staafafstand te meten m.b.v. X-Ray scannen. Echter, deze methode is

niet exact genoeg, veroorzaakt verkeershinder en kost dus geld en tijd. Dit afstudeeronderzoek stelt Reverse Engineering (RE) voor als alternatief om op afstand de bestaande constructie te kunnen beoordelen.

In het proces van RE van de bestaande brug is het (correcte) origineel constructief ontwerp gereproduceerd, wat resulteert in de originele krachtswerking met bijbehorende minimale capaciteit. Vanuit deze minimale RE buigend momentcapaciteit, is de wapeningslay-out voor wat betreft de staafdiameter en staafafstand verondersteld.

REVERSE ENGINEERING TOOL - AUTOMATISEREN VAN HET RE-PROCES

De RE-tool is gecodeerd in de programmeertaal Python [6] om de dimensionering van de benodigde wapening volgens de oude ontwerpnormen te bepalen. Figuur 2 geeft met een flowchart de stappen weer die de tool doorloopt.



2 Flowchart van de RE-tool.

De tool gebruikt het stichtingsjaar, de verkeersklasse en de geometrie van de brug als inputparameters. De gebruiker kan mogelijke staafdiameters aangeven waaruit de tool mag kiezen voor het RE van de mogelijke wapening lay-out. De RE-wapening is per meter plaatbreedte bepaald en dus in breedterichting constant verondersteld. De verkeersbelasting vanuit de specifieke verkeersklasse, het eigen gewicht en de rustende belasting resulteren in de maatgevende doorsnede krachten waarvoor de wapening ontworpen is. Het onderzoek heeft zich beperkt tot de hoofdwapening in het veldmidden van een overspanning en op die bij de tussensteunpunten. Het valideren van de tool is uitgevoerd met de originele wapeningstekeningen van bestaande bruggen, gebouwd in de periode 1930-1970. Tabel 2 toont de RE-wapening, de hoeveelheid wapening van de tekening en de nauwkeurigheid van de computer code vergeleken met de wapeningstekening.

Gemiddeld wordt er 10% minder wapening berekend door de tool dan dat er op de originele wapeningstekeningen staat. Dit laat een conservatieve methode zien die de capaciteit van de bestaande brug niet overschat.

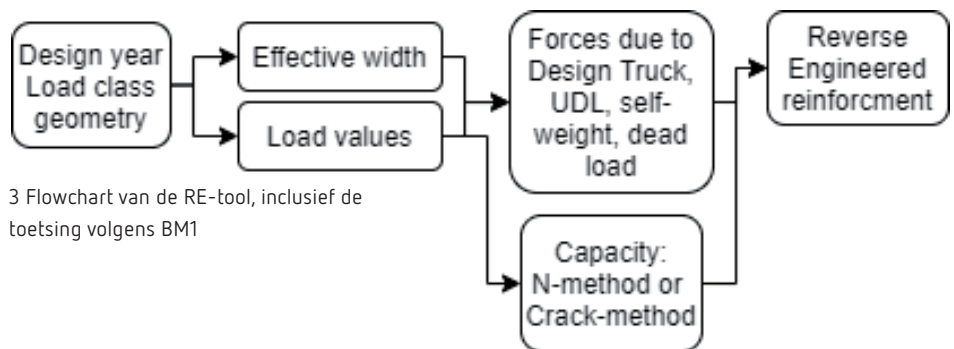
TOETSEN VAN DE RE-BRUGGEN

Vervolgens kan de RE-brug worden beoordeeld met BM1 en de beoordelingsnormen (NEN8700 [7] /NEN8701 [8], RBK-1-1 [9]) gebaseerd op de Eurocode. Toetsen op buigend moment en dwarskracht voor het bestaand brugontwerp met RE wapening zijn uitgevoerd. Dit is uitgevoerd door RE-tool uit te breiden met deze toetsen, zie de uitbreiding van figuur 2 naar figuur 3.

De capaciteitsmarges van de herberekende bruggen zijn getoetst volgens de herberekeningsnormen. Het gangbare bi-lineaire spanningsdiagram van gewapend beton is toegepast voor de massieve doorsnede voor het bepalen van de buigend momentcapaciteiten. De dwarskrachtcapaciteit is bepaald volgens de Eurocode en de RBK v1.1[9] via de formules 6.2a en 6.2b. BM1 uit de Eurocode

Brug		RE [cm ² /m]	Tekening [cm ² /m]	Nauwkeurigheid [%]
A	Middenveld	52	57	91
	Middensteunpunt	71	73	97
B	Middenveld	28	27	104
	Middensteunpunt	26	31	84
C	Middenveld	43	53	81
	Middensteunpunt	50	53	94
D	Middenveld	46	49	94
	Middensteunpunt	46	49	94
E	Middenveld	44	49	90
	Middensteunpunt	44	49	90
F	Middenveld	33	37	89
	Middensteunpunt	40	56	71

Tabel 2 RE-wapening door de computer code vs. originele documentatie.



3 Flowchart van de RE-tool, inclusief de toetsing volgens BM1

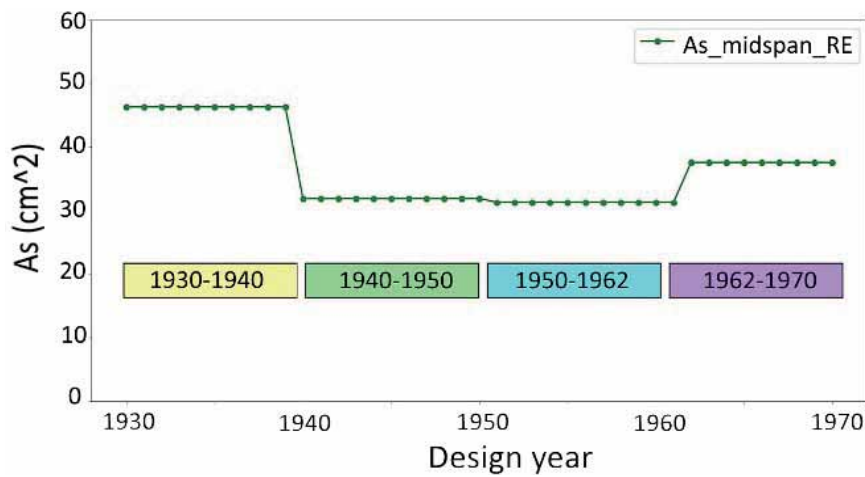
is toegepast met belastingsfactoren volgens de NEN8700 (verbouwniveau) [7] en het belastingsmodel voor decentrale overheden [4]. De spreiding van de lastmodellen is bepaald met de methode van Guyon-Massonnet [10].

PARAMETRISCHE STUDIE

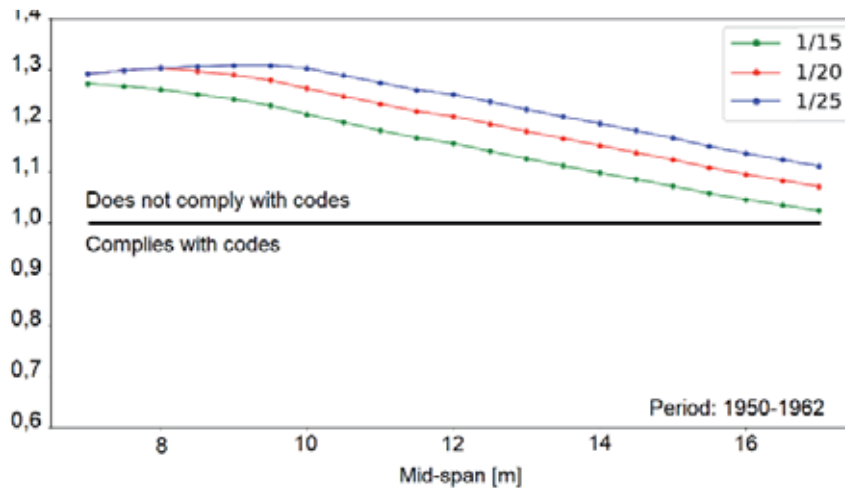
De tweede toepassing van de tool is het uitvoeren van een parametrische studie om het constructief ontwerp van bestaande bruggen te onderzoeken voor verschillende tijdsperiodes, geometrie en verkeersklassen. Figuur 4 laat de minimale wapening in een middenveld in de tijd zien voor een constant

brugontwerp met glad betonstaal. Hieruit blijkt dat volgens de toegepaste methoden in het brugontwerp van 1930 tot 1970, dit in de periode 1950-1962 geleid heeft tot de laagste hoeveelheid toegepast glad betonstaal A_s (in cm²).

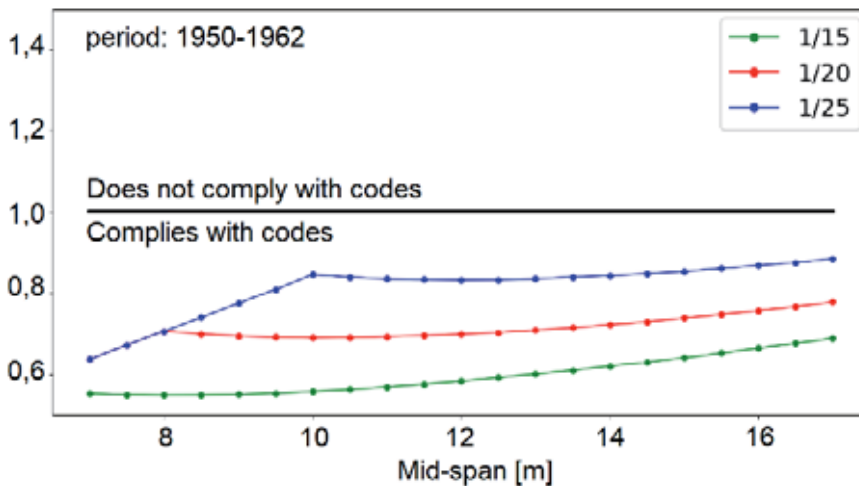
Voor de tijdsperiode 1950-1962 zijn de unity checks voor het buigend moment in een middenveld (en bij de tussensteunpunten) groter dan 1,0, zie figuur 4. Verfijning in de herberekening is echter nog mogelijk, bijvoorbeeld met lineair elastische, eindig elementenmethoden [11].



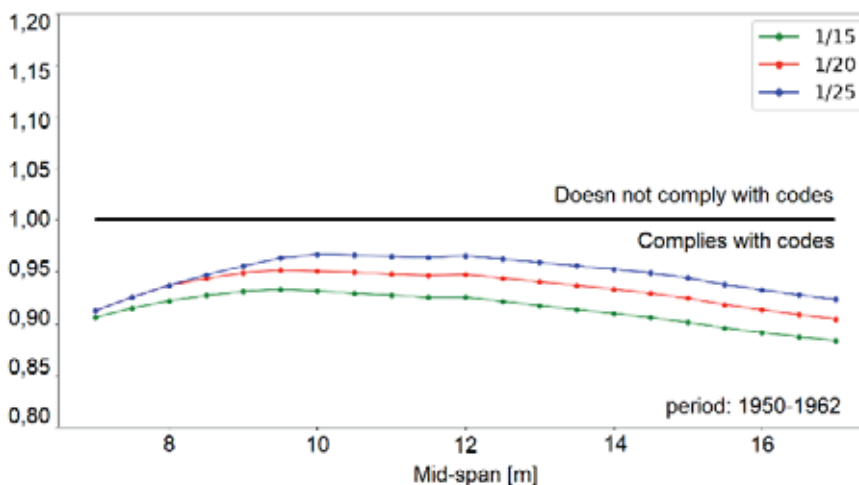
4 RE wapening A_s in een middenveld voor de periode 1930-1970



5 Unity checks volgens de beoordeling met de herberekeningsnormen voor buigend moment in een middenveld van een verkeersklasse B-brug met RE wapening voor drie verschillende slankheden van het dek



6 Unity checks voor dwarskracht bij een middensteunpunt van klasse B-bruggen met RE wapening voor drie verschillende slankheden van het brugdek



7 Unity Checks voor het buigend moment in een middenveld door het toepassen van een decentraal belastingmodel, betreffende klasse B-bruggen met drie verschillende slankheden van het brugdek

De RBK v1.1 laat zien dat de dwarskrachtcapaciteit van bruggen, ontworpen met glad staal, niet afhankelijk is van de buigtrekwapening. De betondoorsnede bepaalt dus de dwarskrachtcapaciteit. De unity checks voor dwarskracht zijn in figuur 6 te zien. Opvallend is dat deze alle onder de 1,0 zijn.

De toetsing met het decentraal belastingmodel laat unity checks zien voor het buigend moment in een middenveld van onder de 1,0, zie figuur 6.

Tabel 3 geeft de toetsresultaten van de klasse B-bruggen met RE wapening, waar getoetst is volgens ‘CC2 verbouw’ en met het decentraal belastingsmodel.

Klasse A-bruggen met RE wapening zijn getoetst volgens ‘CC3 verbouw’ en met het decentraal belastingsmodel, zie tabel 4. Uit documentatie blijkt namelijk dat sommige bruggen ontworpen zijn voor klasse A terwijl ze in een lokaal netwerk liggen. De resultaten voldoen aan de verwachting dat de buigend momentcapaciteit van deze bruggen hoger is dan voor de klasse B-bruggen.

DISCUSSIE/CONCLUSIE

De parametrische studie geeft een globaal inzicht in de huidige capaciteit van bestaande betonnen plaatbruggen, gebouwd in de periode 1930-1970 gewapend met glad betonstaal. De studie laat grote verschillen zien in de capaciteitsmarges in het constructief ontwerp in de periode 1930-1970. Het brugontwerp in de periode 1950-1962 heeft geleid tot laagste capaciteitsmarge volgens de toetsing met de huidige normen (NEN8700 serie [7] en de RBK v1.1 [9]). De focus in de huidige literatuur ligt hoofdzakelijk op de dwarskrachtbepaling van bestaande betonnen plaatbruggen in plaats van die op buigend moment. Echter, de Reverse Engineering-studie laat zien dat het tegenovergestelde het geval is voor bruggen ontworpen voor betonsterkteklasse B45.

REFERENTIES

Koninklijk Instituut van Ingenieurs, *Gewapend Beton Voorschriften (GBV1912)*, Afdeling Bouw en Waterbouwkunde, 1912.

Directie van Waterstaat, *Voorschriften voor het ontwerpen van stalen bruggen (VOSB1933)*, Technical report, Ministerie van Waterstaat, 1933.

NEN1991, *Nationale bijlage bij NEN-EN1991-2+C1: Eurocode1: Belastingen op constructies-Deel2: Verkeersbelasting op bruggen*. Normcommissie 351001 “Technische Grondslagen voor Bouw constructies”, 2011.

Allaix, D., La Gasse, L., Steenberg, R., en Vervuurt, A., *Verkeersbelasting model voor wegverkeers- bruggen in het onderliggend wegennet zonder jaarontheffingen*, Technical report, De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO). TNO-R10614, 2018.

Mulder, R., *Onderzoek gemeentelijke bruggen*, Bouwend Nederland p.1–15. Bouwend Nederland, de vereniging van bouw-en infra bedrijven, 2015.

G. van Rossum, *Python tutorial, Technical Report CS-R526*, Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI), Amsterdam, 1995.

NEN8700, *Assessment of existing structures in case of reconstruction and disapproval-Basis Rules, Normcommissie 351001* “Technische Grondslagen voor Bouwconstructies”, 2011.

NEN8701, *Assessment of existing structures in case of reconstruction and disapproval-Actions, Normcommissie 351001* “Technische Grondslagen voor Bouwconstructies”, 2011.

RWS en GPO, *Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (RBK), Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand kunstwerk bij verbouw, gebruik en afkeur*, Utrecht: RWS, GPO, 2013.

Hofman, J. en van der Lugt, B., *Berekening van balkrooster- en plaatbruggen*, Cement 8, Nr.19-20, 1956.

De Boer, A., Lantsoght, E. O. L. en Van der Veen, C. *Levels of Approximation for the shear assessment of reinforced concrete slab bridges, Structural Concrete*, 18, 143-152, 2017.

Klasse B 1950 - 1962	Eurocode (NEN8700 CC2 verbouw)	Decentraal belastingsmodel
middenveld	1,0 - 1,30	0,85 - 0,95
middensteunpunt	0,90 - 1,15	0,75 - 0,90
dwarskracht	0,55 - 0,90	0,45 - 0,80

Tabel 3 Overzicht van unity checks volgens toetsing met de herberekeningsnormen van verkeerklasse B-bruggen uit de periode 1950-1962.

Klasse A 1950 - 1962	Eurocode	Decentraal belastingsmodel
Middenveld	0,95 – 1,09	0,74 – 0,77
Middensteunpunt	0,85 – 0,97	0,60 – 0,80
Dwarskracht	0,60 – 1,04	0,40 – 0,85

Tabel 4 Overzicht van unity checks volgens toetsing met de herberekeningsnormen van verkeerklasse B-bruggen uit de periode 1950-1962.



Brug in Gemeente Donrijp

Raad van Advies Bruggenstichting

ARUP



Gemeente Amsterdam
Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer



ProRail



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



LEEUWARDER STEPHENSONVIADUCT WORDT SLIMME BRUG SMART BRIDGE VOORSPELT ZELF Z'N RESTLEVENSDUUR

Erik Deuring¹

Het Stephensonviaduct in Leeuwarden is 'theoretisch houdbaar' tot 2043. Gezien de huidige constructieve staat is de kans echter groot dat het viaduct langer mee kan. Maar hoe toon je dit aan? De gemeente Leeuwarden en Antea Group ontwikkelden het 'Smart Bridge'-concept. Dankzij sensoren, data-analyse en algoritmes voorspelt het viaduct zelf z'n restlevensduur.



Nederland telt honderden viaducten en bruggen die in de jaren zestig zijn gebouwd. Al deze kunstwerken bereiken in de komende decennia het einde van hun theoretische technische 'levensduur'. Het Stephensonviaduct in Leeuwarden is één van die viaducten. Het kunstwerk is een belangrijke schakel in de zuidelijke ringweg van de Friese hoofdstad. Het 170 meter lange betonnen viaduct werd in 1963 opengesteld. Volgens uitgevoerde verificatieberekeningen bereikt het kunstwerk in 2043 het einde van zijn theoretische levensduur; de vervanging van het viaduct wordt geraamd op zo'n tien miljoen euro.

¹ Erik Deuring is Adviesgroepmanager Asset Management bij ingenieurs- en adviesbureau Antea Group. Samen met de gemeente Leeuwarden is hij initiator van de Smart Bridge.



Als het gaat om de constructieve veiligheid van kunstwerken weten we dat de theorie niet altijd de wetten van de praktijk volgt. Dit is zeker het geval bij veel binnenstedelijke viaducten. Deze kunstwerken hebben door de jaren heen minder belasting te verduren gekregen dan de belastingen waarop ze gedimensioneerd zijn. Dit maakt het aannemelijk dat het Stephensonviaduct sterk genoeg is om tot ver na 2043 in gebruik te kunnen houden. De inspectieresultaten en de beheergegevens die over dit viaduct bekend zijn, lijken dit te ondersteunen. Dit biedt perspectief. Want, wanneer de vervanging van dit viaduct nog tien tot twintig jaar verantwoord en veilig uitgesteld kan worden, kunnen er vele miljoenen euro's bespaard worden.

EEN BRUG BOORDEVOL SENSOREN

Met alleen aannames kun je nog geen betrouwbaar en veilig viaduct garanderen. De grote uitdaging is om de werkelijke restlevensduur van de brug aantoonbaar te maken. Dit was de aanleiding om met de beheerafdeling van de gemeente Leeuwarden een 'smart bridge' te ontwikkelen, een kunstwerk dat zichzelf monitort met sensoren. Deze genereert data die inzicht geven in de constructieve staat, de belasting en het degradatieproces van het viaduct. Op basis van deze data is de werkelijke restlevensduur te voorspellen. Om dit inzicht te verkrijgen, wordt het viaduct uitgerust met tientallen sensoren die real-time data verzamelen. Eén daarvan is het 'Weigh In Motion'-systeem dat aan het begin van het viaduct is geïnstalleerd. Dit systeem meet de verkeersintensiteit dat over het dek rijdt en genereert gegevens waarmee we

kunnen analyseren welke voertuigen het viaduct passeren. Daarnaast worden er sensoren op het viaduct aangebracht die de doorbuiging en daarmee de stijfheid meten. Ook zijn er temperatuur-, trilling- en geluidsensoren geïnstalleerd.

FILTEREN, REKENEN, VOORSPELLEN

Al die sensoren genereren 24/7 data die op een server binnenkomen. Een enorme hoeveelheid data: zo telt het viaduct dagelijks enkele duizenden verkeersbewegingen. Maar vooral het effect van piekbelastingen op de constructie is interessant. Aan de hand van het 'Weigh In Motion'-systeem kunnen we zien of er een personenauto of een vrachtwagen over het viaduct rijdt: de zware voertuigen selecteren we automatisch uit de data. Gegevens die als input dienen voor rekenmodellen en rekensoftware, zoals SCIA. Op basis van deze piekbelastingen wordt gekeken aan welke normen het viaduct minimaal kan voldoen als het gaat om doorbuiging en vermoeïing. De output van deze rekenmodellen wordt getoetst aan de werkelijke gedragingen van het viaduct zelf. Hiervoor gebruiken we onder meer data van de sensoren die de doorbuiging meten. Wat zien we in het viaduct gebeuren zodra die vrachtwagen van dertig ton passeert? Welke doorbuiging treedt op en hoe verhoudt zich dit tot de normen? Aan de hand van de werkelijke belasting en doorbuiging, kan de werkelijke restlevensduur van het viaduct worden bepaald.

Omdat we elke dag monitoren, krijgen we in beeld hoe de degradatie van de brug verloopt. Dit betekent dat je op de lange termijn steeds nauwkeuriger kunt voorspellen

wanneer het viaduct het einde van de levensduur bereikt. Dit resultaat komt uiteindelijk bij de beheerder binnen.

Het beheersysteem van de gemeente Leeuwarden is ingericht met een dashboard speciaal voor het Stephensonviaduct. Hierop komt alle relevante data binnen. Gegevens waarmee de gemeente afwegingen kan maken ten aanzien van beheer en onderhoud: wanneer is onderhoud echt nodig en welke maatregelen neem je vervolgens? Ook kun je, wanneer het viaduct z'n einde levensduur nadert, op basis van data voor een maatregel zoals dynamisch verkeersmanagement kiezen. Bijvoorbeeld door zwaarder verkeer om te leiden, kun je de restlevensduur nog meer oprekken.

NIEUWE INZICHTEN

Met de Smart Bridge hopen we nog meer interessante inzichten boven water te krijgen. Het effect van omgevingsfactoren op de constructie van een viaduct, bijvoorbeeld. Welk effect heeft temperatuur bijvoorbeeld op de brugprestaties? Bij welke temperaturen zie je stijfheid en doorbuiging af- en toenemen? En zorgt een warme periode voor een versnelling in de degradatie van een kunstwerk? Vragen die dankzij data wellicht beantwoord kunnen worden.

Nederland telt honderden kunstwerken zoals het Stephensonviaduct die het einde van hun technische levensduur naderen. Wat we met het 'Smart Bridge-concept' vooral willen aantonen, is dat data helpen om effectiever invulling te geven aan die vervangingsopgave. Je hebt als beheerder nauwkeuriger in beeld wat de werkelijke staat van een kunstwerk is. Op basis van die kennis kun je beheer- en onderhoudsprogramma's beter inrichten en onderbouwen. Waar liggen de prioriteiten en waar juist niet? En welke beheer- en onderhoudsmaatregelen zijn het beste om te nemen?

Kunnen we dan straks alle inspecties en monitoring overlaten aan sensoren en rekenprogramma's? Zeker niet. Zo blijven visuele inspecties nodig. Schades worden bijvoorbeeld niet door sensoren opgemerkt. Want, hoe slim het Stephensonviaduct straks ook is, het blijft voorslagnog 'mensenwerk.'



BRUGGEN

