

Nr.4 Jaargang 25
december 2017

Bruggen

MET O.A. AANDACHT VOOR HET
FIETS+VOETBRUGGENSYMPOSIUM

Inhoud



5 IN MEMORIAM JAN VAN DEN HOONAARD



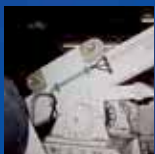
6 MOBIELE VOETGANGERSBRUGGEN OVER DE GAVE (FR)



16 RENOVATIE LEEGHWATERBRUG B



22 HOUTEN VOETGANGERS- BRUGGEN IN HET INTERNATIONALE LANDSCHAP



30 POSITIEMETING VAN BRUGKLAPPEN

35 BRUGGENDAG 2018



36 DE RUGGENGRAAT VAN CALATRAVA

COLOFON

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

Opgericht 10 april 1992

REDACTIE

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

BESTUUR

Jan de Boer, Cees Heiden, Bert Hesselink, Gert-Jan Luijendijk, Dick Schaafsma, Ton Schillemans, Joris Smits en Fred Westenberg (voorzitter).

RAAD VAN ADVIES

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

BRUGGEN

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar.

Abonnement € 37,50 per jaar. Gratis voor begunstigers van de Nederlandse Bruggenstichting.

Losse nummers: € 10,-, te bestellen via NL82 INGB 0000 0589 75

KOPIJ

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

ADVERTENTIES

Heico de Lange (uitgever),
heico.de.lange@rws.nl of 088 – 7970 727

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

Vakwerkbrug Wenduine (BE). © John Lewis Marshall/Houtblad

OMSLAGFOTO ACHTERZIJDE

Tuibrug Hardewijk. © John Lewis Marshall/Houtblad

OPLAGE

650
ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

Afgelopen kwartaal is een bewogen periode voor de Bruggenstichting geweest. Niet in het minst vanwege het overlijden van onze zeer gewaardeerde vrijwilliger Jan van den Hoonard, over wie in deze aflevering een In Memoriam is opgenomen.

Niet droevig is het uitstekend verlopen Fiets+Voetbruggen-Symposium op 2 november jl. met een geweldige opkomst, niet alleen qua aantal, maar ook wat samenstelling van het deelnemerspubliek betreft. Twee lezingen hebben geleid tot artikelen in dit nummer: 'over duurzaamheid van houten bruggen' en 'het ontwerp en uitvoering van een voetbrug in bedevaartsoord Lourdes'.

Er is behoorlijk wat aandacht voor de dynamische belastingen van voetbruggen. Dimitri Tuinstra en Mitchell van den Berg bespraken deze problematiek aan de hand van de Dafne Schippersbrug over het Amsterdam-Rijnkanaal in Utrecht, waar 'Tuned Mass Dampers' in het brugdek zijn opgenomen. Deze brug kreeg onlangs nog een algemene waardering tijdens de uitreiking van de Betonprijzen van de Betonvereniging.

De dynamische problematiek kwam terug in de brug in Lourdes.

De eerste geprinte fietsbrug in Gemert moest het met een nominatie doen in het betonprijzencircus in de categorie Betontechnologie



Fietsbrug Gemert.

van de Betonvereniging. Waarmee het zich wel onderscheiden heeft van andere betontechnologische hoogstandjes in de periode 2015-2017.

Vormgeving blijft bij Fiets+Voetbruggen erg belangrijk, maar gelukkig blijven andere brugtypen hier niet bij achter. Speciale aandacht tijdens het symposium voor de brug over het spoor Sittard-Maastricht, die de rugzijde van

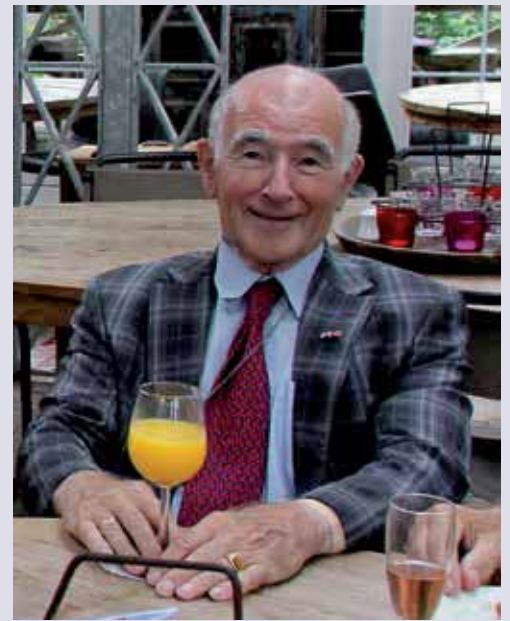


Spoorlijn Sittard Maastricht

het septembernummer van ons blad sierde. De complexe vorm van de geometrie bevat geen vlakke delen en kon dan ook niet gerealiseerd worden zonder bijzondere productiemethoden van de bekisting.

Al met al een symposium dat geheel past in onze doelstelling en waarnaar we in 2018 al weer durven uitzien.

De redactie moet afscheid nemen van Hein Klooster als lid van het team. Zijn respectabele leeftijd en grote afstand van woonplaats tot Rijswijk hebben daartoe genoodzaakt. De Bruggenstichting heeft veel aan hem te danken als één van de oprichters van de Stichting, oud hoofdredacteur van ons blad en zijn werkzaamheden in de Commissie van Steen. Onder meer hiervoor viel hem in 2016 een koninklijke onderscheiding ten deel, nadat hij al eerder in 2006 erelid van de Bruggenstichting was geworden. Er zijn veel artikelen van zijn



Hein Klooster

hand in ons blad verschenen en als hoofdredacteur heeft hij tot 2013 mede richting gegeven aan ons blad. Bedankt Hein!

De Bruggendag 2018 (derde donderdag in maart, de 15e dus) is komend jaar weer in Utrecht met als thema 'Bruggen als Landmark' en met dagvoorzitter prof. ir. H.H. (Bert) Snijder. (Zie blz. 35)

Wat betreft de koers van de Bruggenstichting worden nu de mogelijkheden nagegaan voor een mogelijke rol van onze stichting in de communicatie tussen Gemeenten op het vlak van Beheer en Onderhoud van bruggen. Binnen het kader van de Bouwagenda (nationaal innovatieprogramma voor de bouwsector van Bouwend Nederland) zijn daar faciliteiten voor beschikbaar. De rol van de Bruggenstichting gaat daarmee veranderen: naast historisch geweten en kenniscentrum, een facilitair bedrijf in de actieve praktijk van de bruggenbouw. Wij houden u op de hoogte.

Noteer in uw agenda: 15 maart 2018 – Bruggendag

Meer informatie en aanmelding: bruggenstichting.nl [zie ook pagina 35]

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.

BRUGGEN NR.4 JAARGANG 25

De Bruggenstichting is door de Belastingdienst erkend als ANBI, wat staat voor Algemeen Nut Beogende Instelling. De minimumbijdrage voor particulieren is € 37,50 (incl. BTW) en voor bedrijven en instellingen vanaf € 130,- per jaar (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.





Mobilis biedt integrale en duurzame infrastructurele oplossingen voor verkeer, industrie en water. Of dat nu wegen, bruggen, tunnels, viaducten, ecoducten, stations of energiecentrales zijn. Zo hebben wij bijvoorbeeld in Alpen a/d Rijn de energieneutrale brug “De Koningin Máximabrug” gebouwd, in opdracht van de gemeente Alpen aan den Rijn.

Mobilis is onderdeel van TBI, een groep van ondernemingen die onze leefomgeving op een duurzame manier vernieuwt, inricht en onderhoudt. De groep kenmerkt zich als een wendbare netwerk organisatie. De TBI ondernemingen beschikken over hoogwaardige, specialistische expertise op het gebied van Techniek, Bouw en Infra.

IN MEMORIAM

JAN VAN DEN HOONAARD



1940 – 2017

Op 29 oktober 2017, een paar dagen vóór zijn 77^{ste} verjaardag, overleed Jan van den Hoonaard, jarenlang vrijwilliger bij de Nederlandse Bruggenstichting, na een kort ziekbed.

We hadden het graag anders gewild, maar we zullen het voortaan zonder Jan moeten doen. Als troost mogen we ons realiseren dat hij een welbestede leven heeft geleid, waarvan velen hebben mogen profiteren.

Na zijn pensionering werd Jan vrijwilliger bij de Nederlandse Bruggenstichting. Hij bracht een schat aan ervaring mee op het gebied van het ontwerp van betonconstructies in het algemeen en van betonnen bruggen in het bijzonder. Hij kwam bij de Directie Bruggen, later de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, vandaan en stond daar aan de basis van de technieken die voor de bouw van die bruggen in de loop van bijna 40 jaren werden ontwikkeld. Aan het eind van zijn carrière was Jan projectleider bij de

realisering van de Westerscheldetunnel. Dat projectleiderschap was zijn sterke kant en het hoeft dan ook niet te verwonderen dat Jan op een gegeven moment een bestuursfunctie bij de Bruggenstichting kreeg, die hij met zijn bekende doortastendheid vervulde. Reken maar niet dat zijn medebestuurleden het altijd gemakkelijk met hem hadden, want Jan kon onomwonden zeggen waar het op stond. In totaal maakte hij 7 jaar deel uit van het bestuur (van april 2008 tot mei 2015).

Een van de eerste projecten waaraan Jan bij de Bruggenstichting meewerkte, was de Bruggentoonstelling die wij in 2004 in het Techniekmuseum in Delft maakten.

Daarna kwamen, naast zijn bestuurslidmaatschap, de boeken waaraan hij met veel plezier heeft gewerkt, niet alleen inhoudelijk, maar ook organisatorisch. We kunnen gerust zeggen dat Jan de stuwende kracht achter de realisering was.

Bij de Bruggenstichting bestond al een lange traditie van het schrijven van boeken over bruggen en een nieuwe generatie schrijvers ging die traditie voortzetten.

De befaamde boekenreeks Bruggen in Nederland van 1800 tot 1940 kreeg een vervolg in een beschrijving van de Nederlandse bruggen in de periode 1940 tot 2000. Vervolgens kwamen boeken als De Nederlandse Brug in 40 markante voorbeelden en de Canon van de Nederlandse Brug. Jan genoot van het uitzoeken van de benodigde gegevens en was bovendien heel productief in het schrijven. Heel wat bijeenkomsten waren nodig om onze plannen tot een goed einde te brengen. Jan was dan voorzitter; hij bereidde zo'n vergadering goed voor en onder zijn leiding verliepen die bijeenkomsten in een heel plezierige en vriendschappelijke sfeer.

Intussen ontstond het plan om een boek te maken dat de bruggen over de Maas van bron tot zee zou beschrijven. Voor het eerst moest dat een boek opleveren dat inhoudelijk over de grenzen heen ging. Ook hieraan begon Jan weer vol enthousiasme, waarbij hij veel plezier beleefde aan de bestudering van de Maasbruggen in Wallonië. Met verdriet moeten we constateren dat hij dat project niet meer heeft kunnen afmaken.

Op woensdag 6 september van dit jaar nam Jan nog deel aan een vergadering bij de Bruggenstichting over een studieboek over bruggen voor het HBO dat zou worden uitgegeven. Dezelfde dag zouden we praten over het Maasboek, maar Jan had al laten weten dat hij meer dan één vergadering op een dag niet aankon. Niemand realiseerde zich toen dat die woensdag de laatste keer was dat Jan in ons midden was. Hij nam dan ook niet meer deel aan de excursie, een week later. In voorgaande jaren, was hij, vaak samen met zijn echtgenote Margriet, een graag geziene deelnemer of soms ook organisator van ons jaarlijks bezoek aan een bijzondere brug of bruggenregio.

Nu is de reus geveld. Wat niemand nog had verwacht, zullen we moeten accepteren: we moeten zonder Jan verder.

Met eerbied en genegenheid blijven wij bij de Bruggenstichting aan hem denken. Veel hebben wij aan hem te danken. Wij zullen hem missen.

Zijn echtgenote Margriet wensen wij veel sterkte in de komende tijd.

Frans Remery

MOBIELE VOETGANGERSBRUGGEN OVER DE GAVE

BRUG VAN DE GROTRUIMTE IN LOURDES

Marijn Laethem, Bureau d'Etudes Greisch

Op het bedevaartcomplex in Lourdes moesten over de rivier de Gave de Pau drie nieuwe bruggen worden gebouwd. De eerste inmiddels gerealiseerde brug is een atypisch project, onderdeel van een complexe situatie in combinatie met een uitzonderlijk snel projectverloop. De verschijningsplaats in Lourdes is opmerkelijk: de topografie, gecreëerd door de rivier Le Gave de Pau en door

de uitlopers van de Pyreneeën, vormen er een bijzonder compacte en omsloten plaats.

De Verschijningen, de Basilieken en de pelgrimsbewegingen trekken tijdens het hoogseizoen meer dan 5000 bezoekers per dag en vereisen daarom een specifieke en aangepaste voetgangersinfrastructuur. Vandaar de beweegbare bruggen over de Gave.

ARCHITECTURAAL ANTWOORD OP DE ONTWERPVRAAG

De architecturale visie ging uit van de omgeving en haar symbolische en topografische waarde. De omgeving is doordrenkt met geschiedenis, spiritualiteit en ook stilte en is de ontmoetingsplaats voor reizigers die vaak van heel ver komen om de wonderen van het heiligdom te ervaren. Bovenaan de heilige omgeving staat de Basiliek van Onze-Lieve-Vrouw van de Onbevleete Ontvangenis, gebouwd in 1876, in de onmiddellijke nabijheid van de Grot waar de eerste pelgrims hun gebeden richtten tot

de Maagd Maria. De daaropvolgende architecturale bouwwerken (Rozenkransbasiliek en Basiliek van Sint-Pius X) werden met respect tot de eerst gebouwde, majestueus uittorende basiliek, heel wat bescheidener vormgegeven. Onderaan heerst de stilte langs het krachtige, wispelturige water van de Gave de Pau. Gelegen in de uitlopers van de Pyreneeën omarmt de Gave-rivier de Basiliek en de Grot in een eindeloos natuurlijk lijnenspel. In volmaakt evenwicht met de bovenaardse stilte van de basiliek en het benedenaardse gebulder van de Gave, bevinden zich enkele

gespannen draden. Eenvoudige rechte lijnen met een slankheid die het meest gepaste antwoord bieden op het wispelturige verloop van de Gave. Uitdrukkingsloos nemen de voetgangersbruggen de vorm aan van de verbinding tussen beide oevers. Zonder enige opdringerigheid noch rivaliteit met de verticale lijnen van de Basiliek van Onze-Lieve-Vrouw van de Onbevleete Ontvangenis nodigen de bruggen de pelgrim eenvoudigweg uit over te steken, badend in het geruis van de Gave. De waterloop blijft zo helder en leesbaar, de oversteek verwordt natuurlijk en vanzelfsprekend.



Architecturaal pareltje binnen de sacrale omgeving



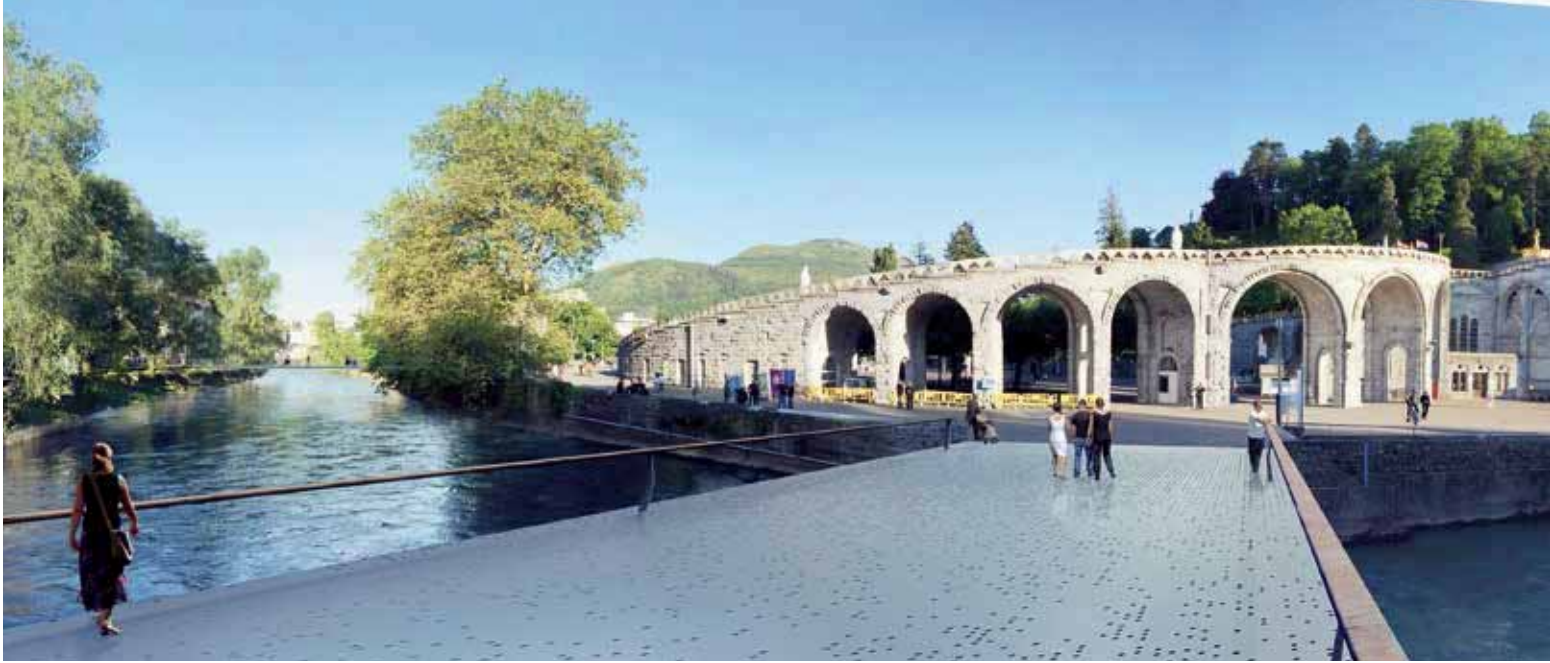
Architecturale impressie

EEN NEDERIGE EN EENVOUDIGE BENADERING

Het uitzonderlijke hoogwater van de Gave van juli 2013 leidde tot aanzienlijke schade van de bestaande bruggen wat het Sanctuarium van Lourdes verplichtte tot een stellingname voor

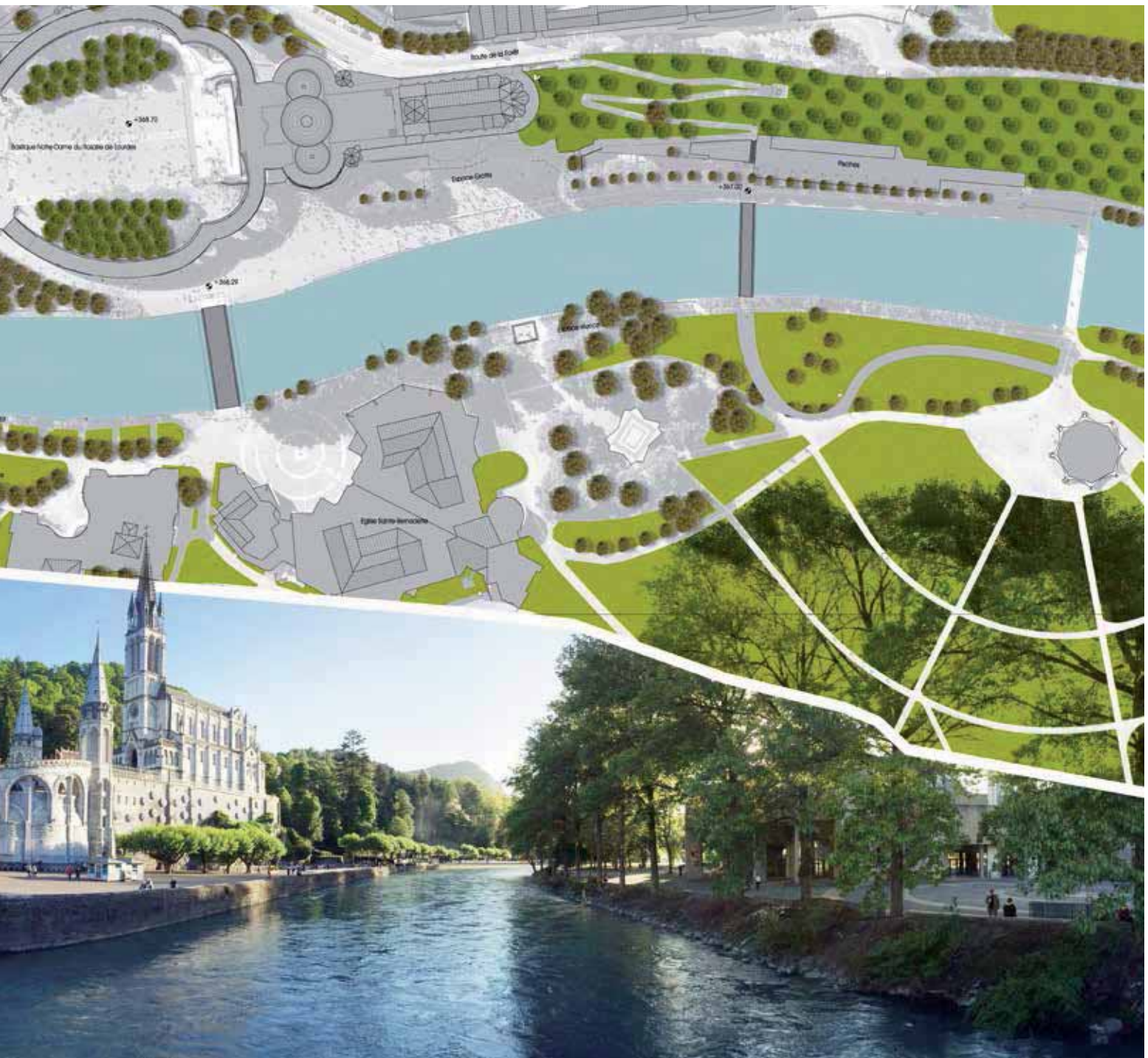
een globale, geïntegreerde oplossing in deze problematiek. Het resultaat werd een ontwerpwedstrijd voor drie, verplicht beweegbare (hefbare), voetgangersbruggen, die bij uitzonderlijk hoogwater boven het stromende gevaar kunnen uitstijgen.

Een geheel van hydraulische vijzels, discreet verborgen in de oevers, tilt de beweegbare brug indien nodig uit boven de razernij van de Gave de Pau. Voor de voetgangersbrug zelf wordt geopteerd voor een uiterst nobel materiaal, duplex roestvaststaal, omwille van



↑ Planzicht en panoramafoto van de gehele omgeving

← Overzicht van de nieuwe brug met de bestaande brug op de achtergrond



haar hoogwaardige, esthetische en mechanische eigenschappen om een uitgesproken fijn ontwerp (400 mm dikte voor 40 m overspanning) te bekomen. Het resultaat oogt als een metalen lint dat de twee oevers met elkaar verbindt. “Het juiste, bestaat erin niets te doen”. Dit werd het meest passende antwoord op de omgeving.

Zelfs al kon het formele wedstrijdontwerp niet ‘niets doen’ zijn, onze betrachting was toch om zo ver mogelijk op dit denkbeeld door te

gaan en het ontwerp zo dicht mogelijk bij het idee te laten aansluiten. Het resultaat werd een structuur met onnavolgbare slankheid (1/100)!

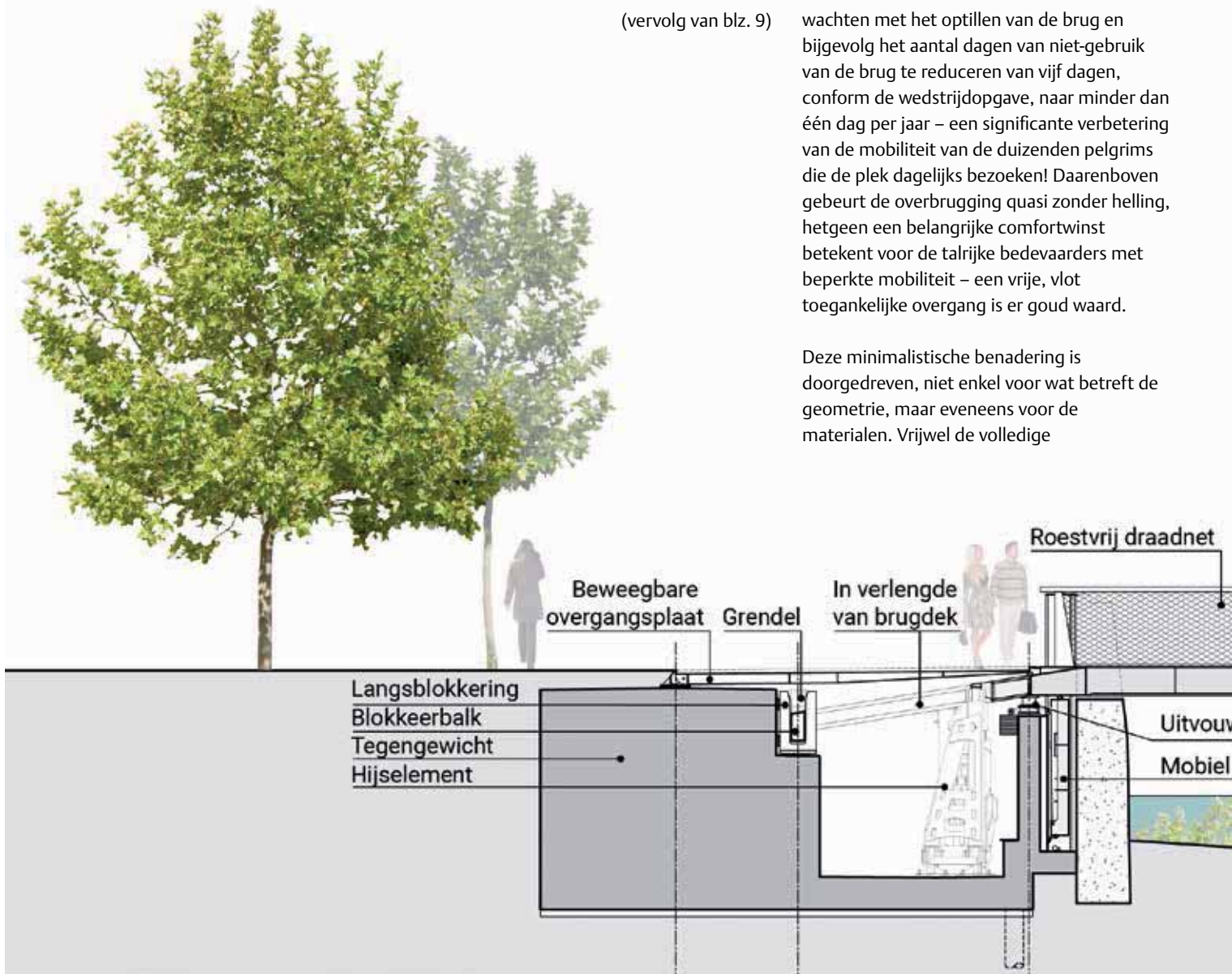
Die ambitie was er niet enkel en alleen omwille van de ambitie zelf: ze trachtte maximaal de omgeving te respecteren door een ontwerp voor te stellen dat zich optimaal integreert. De ontwerpwedstrijd had overigens betrekking op drie voetgangersbruggen, die alle drie samen zichtbaar zijn op de integratie hieronder. Naast de voetgangersbrug op de voorgrond is

er nog een brug stroomopwaarts en één stroomafwaarts in dezelfde omgeving. Deze fijnheid is absoluut niet vanzelfsprekend. De hoogwaterstanden van de rivier kunnen heel plots optreden en bijzonder gewelddadig zijn. De beperkte bedding van de rivier fluctueert bijgevolg sterk en verplicht om de voetgangersbrug omhoog te tillen om geen gevaar te lopen bij hoogwater. Bovendien zijn de hoogwaterstanden frequent tijdens het bedevaartseizoen, zodat een minimalisatie van de dikte van de voetgangersbrug toelaat om langer te kunnen

(vervolg van blz. 9)

wachten met het optillen van de brug en bijgevolg het aantal dagen van niet-gebruik van de brug te reduceren van vijf dagen, conform de wedstrijdopgave, naar minder dan één dag per jaar – een significante verbetering van de mobiliteit van de duizenden pelgrims die de plek dagelijks bezoeken! Daarenboven gebeurt de overbrugging quasi zonder helling, hetgeen een belangrijke comfortwinst betekent voor de talrijke bedevaarders met beperkte mobiliteit – een vrije, vlot toegankelijke overgang is er goud waard.

Deze minimalistische benadering is doorgedreven, niet enkel voor wat betreft de geometrie, maar eveneens voor de materialen. Vrijwel de volledige



draagstructuur en het brugdek zijn uitgevoerd in duplex roestvaststaal. Er is bijgevolg geen enkele bekleding, noch afwerking. Het roestvaststaal werd gezandstraald om voldoende grip te geven voor de passanten en om de textuur mat, nobel, geïntegreerd te maken. Daarnaast werd de plaat geperforeerd volgens een artistiek, willekeurig patroon (hieronder voorgesteld). De dichtheid van de doorboringen is hoger nabij de oevers met daarenboven een bijkomende subtiele verdichting nabij de Grot.

TECHNISCHE ASPECTEN

Tot een dergelijke fijnheid komen, met een dergelijke globale slankheid, is structureel heel complex. De hoofddragstructuur is opgebouwd uit een balkenrooster in roestvaststaal. Tussen de langsliggers bedraagt de afstand 461 mm. De dikte van het brugdek bedraagt 400 mm voor een overspanning van 40 m. Het brugdek is opgebouwd uit een duplex roestvaststaalplaat van 10 mm dik, die sterk gezandstraald werd en waardoor een onregelmatig patroon van

doorboringen gerealiseerd werd. Deze plaat vormt tevens de bovenflensplaat van de langsbalken, dit met het oog op een maximale materiaal- en dus gewichtsbesparing.

De nuttige breedte van de overspanning van het kunstwerk bedraagt 6 m voor een totale breedte van 7 m. Het verschil gaat volledig op aan de breedte van de borstweringen. Voor de twee andere, toekomstige kunstwerken, bedraagt de totale breedte respectievelijk 11 en 5 m. De totale massa van de brug bedraagt ongeveer 60 ton waarvan 35 ton uit duplex roestvaststaal bestaat.

Het statisch schema van de brug is tweeledig: eenvoudige oplegging op twee steunpunten onder permanente belastingen en ingeklemd onder variabele belastingen. Deze inklemming wordt gerealiseerd door twee naast elkaar gelegen opleggingen in elk landhoofd. Met deze ontdebbling van de oplegging gaat een verlenging van de draagstructuur gepaard



Aangebrachte perforaties in het brugdek



Zicht op het brugdek

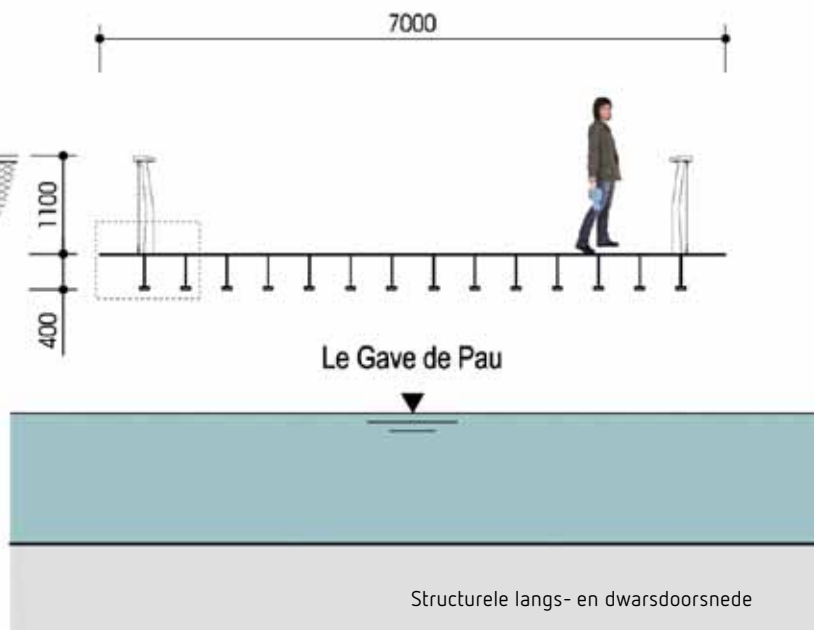
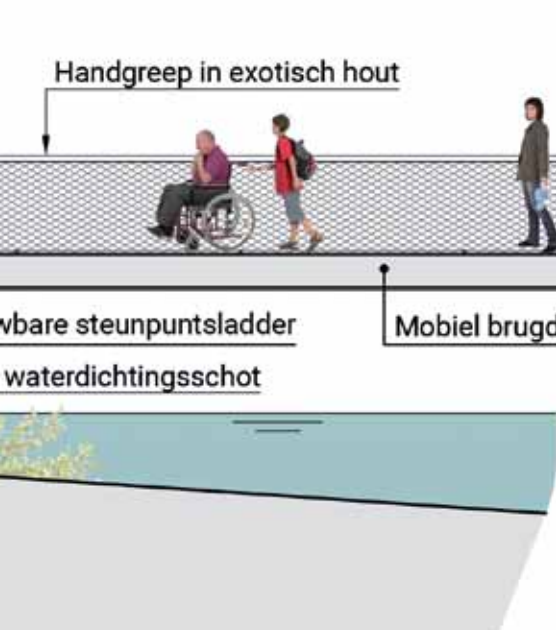
met zo'n 3,2 m. Het uiteinde is geblokkeerd door een vergrendeling die het achterste steunpunt vormt. Het optillen van dit achterste steunpunt wordt onmiddellijk gecompenseerd door een tegengewicht in beton achteraan het landhoofd. Teneinde het kunstwerk zo transparant mogelijk te maken, werden er slechts twee tussenliggende stijlen voorzien, hetgeen resulteert in een maximale overspanning van 13 m tussen de stijlen. Om een dergelijke grote afstand te overbruggen wordt de handgreep in hout opgelegd op twee opgespannen platen uit duplex roestvaststaal. Een net van roestvaststalen draden met een diameter van 1,5 mm vormt de valbeveiliging zonder daarmee een

ondoorzichtig scherm om te trekken naar gebruikers van de brug toe of gezien vanaf de oevers. Het opspannen van het roestvaststaal combineert een zeer goede weerstand en duurzaamheid doorheen de tijd, met een zeer goede stevigheid tegen valbewegingen.

Het optillen van de brug gebeurt door middel van twee onafhankelijke installaties, geïntegreerd in de oevers. De kinematica van het optillen is gebaseerd op de vervorming van een parallellogram opgebouwd uit een hoofdgraagarm in de as van het kunstwerk en een tweede arm om eventuele asymmetrische krachten op te nemen. Een telescopische vijzel die steeds onder druk staat, realiseert de

beweging. De hoofdgraagarm verzekert eveneens de langsstabiliteit van het brugdek in hoge positie door haar driehoeksvorm.

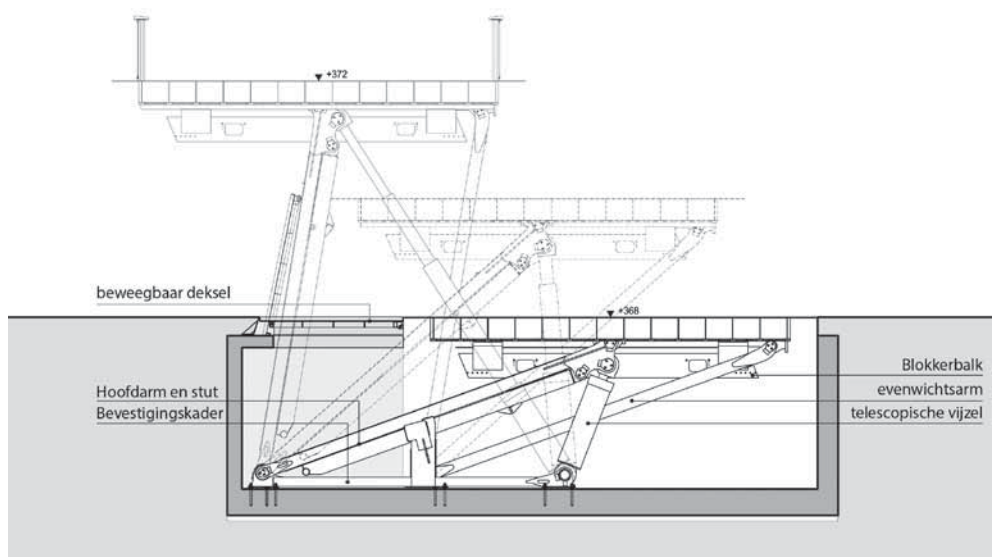
In hoge positie, de zogenaamde veiligheidspositie, wordt een stut ontplooid om de stabiliteit van het brugdek te garanderen bij een eventueel incident met de vijzel.



Het hefsysteem in de werkplaats



Het hefsysteem bij plaatsing op de bouwplaats



Kinematica van de hefbeweging

Op de linkeroever vormt de aanwezigheid van de voetgangersbrug een opening in de keermuur die de achterliggende zone beschermt tegen overstroming in geval van frequente hoogwaterstanden. Een mobiel afdichtingsschot dat automatisch omhoog gehesen wordt met het brugdek via een systeem van tegengewicht over een katrol, herstelt bij hoge brugpositie de waterdichtheid van de keermuur ter hoogte van de brugopening. Dankzij het tegengewicht wordt het afdichtingsschot permanent verticaal omhoog gedruwd tegen het brugdek. Daar waar de beweging van het brugdek bij optillen zowel verticaal als horizontaal verloopt, doorloopt het dwarsschot een louter verticale beweging. Rolwielen tussen het brugdek en het dwarsschot moeten deze differentiële horizontale beweging opvangen. Zijdelings glijden de dwarschotten via rolwielen in een roestvast stalen U-profiel. De ontworpen voetgangersbrug laat gebruik toe in twee onderscheiden configuraties:

respectievelijk in lage positie en in een zogenaamde tussenliggende positie, bij een optilhoogte van zo'n 500 mm. In deze tussenliggende configuratie verschijnt een toegangshelling van 10% en dient het statisch schema met de ontubbelde oplegging per landhoofd terug hersteld te worden. Deze ontubbeling is immers niet actief tijdens het optillen zelf. De opleggingslijn, steeds onder druk, op de voorste wand van het landhoofd, loopt via een uitvouwbare ladder die zowel in lage als in tussenliggende positie de steunpuntsreactie kan overbrengen. De steunpunten zelf worden gevormd door neopreenblokken voorzien van glijfolie, direct bevestigd aan de steunpuntsladder. De steunpuntsblokkering achteraan wordt, zowel in lage als in tussenliggende positie, verzekerd door een vergrendeling binnenin een speciaal gevormde insluiting in het staalgedeelte binnenin het landhoofd.

De voornaamste belasting van het brugdek voortvloeiend uit de slankheid van het kunstwerk, betreft het gedrag onder trillingen als gevolg van dynamische belasting geïnduceerd door de passage van voetgangers over de brug. De eerste eigenmode, als gevolg van verticale buiging, valt in de praktijk samen met de tweede eigenmode, die een torsiemode is. Beide eigenmodes treden op bij een frequentie van om en nabij 1,7 Hz. Deze frequentie bevindt zich precies in het interval dat overeenkomt met de impulsen als gevolg van het wandelen van voetgangers en vereisen dus een nauwkeurige analyse.

Dynamische berekeningen toonden snel aan dat er trillingsproblemen zouden optreden bij de passage van voetgangers. Dit is welhaast onvermijdelijk bij bruggen van dergelijke grote slankheid. Uiteindelijk werden zes dynamische veer-dempersystemen (zie blz. 15) geïnstalleerd van 500 kg elk, afgestemd op de eigenfrequentie van het kunstwerk en geplaatst halverwege de overspanning met als doel de dempingscapaciteit van het kunstwerk drastisch te verhogen.

De slankheid en vooral soepelheid van het kunstwerk is van dien aard dat de geïnstalleerde dempingsmassa aanzienlijk hoger is dan gewoonlijk. Deze dempers laten toe de dempingscapaciteit van het kunstwerk te verhogen met een factor 10 voor de verticale eigenmode en een factor 30 voor de horizontale mode zodat de uiteindelijk te verwachten versnellingen onder de kritieke waarde van 1 m/s² blijven.



Detail van het afdichtingsschot op linkeroever

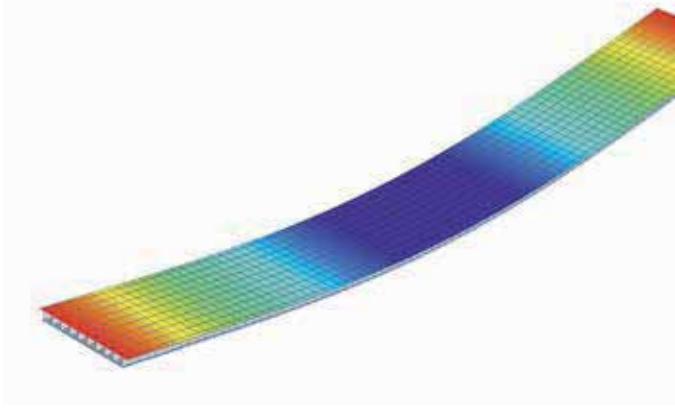


Lage positie
359 dagen/jaar

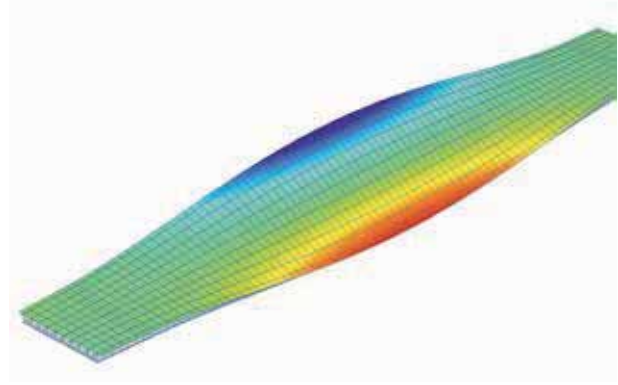
Tussenpositie (+0.5m)
5 dagen/jaar

Hoge positie (+4m)
< 1dag/jaar

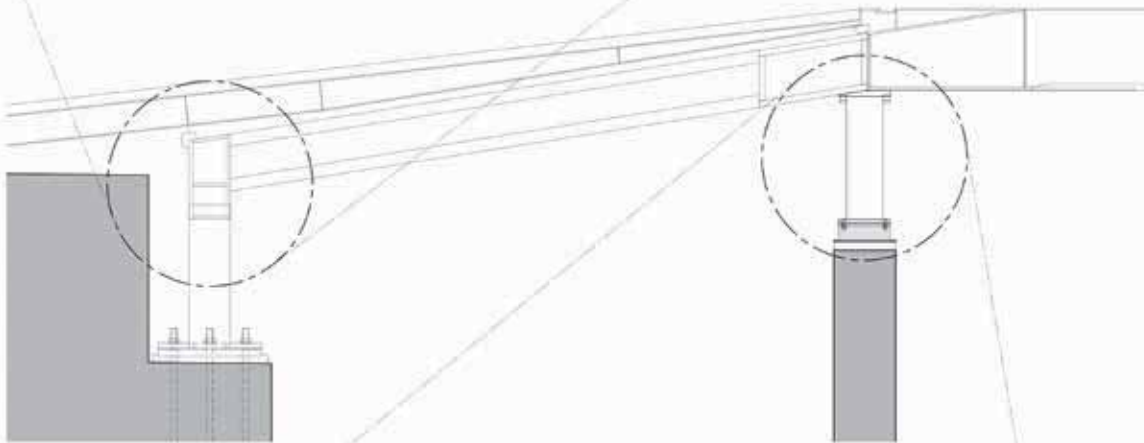
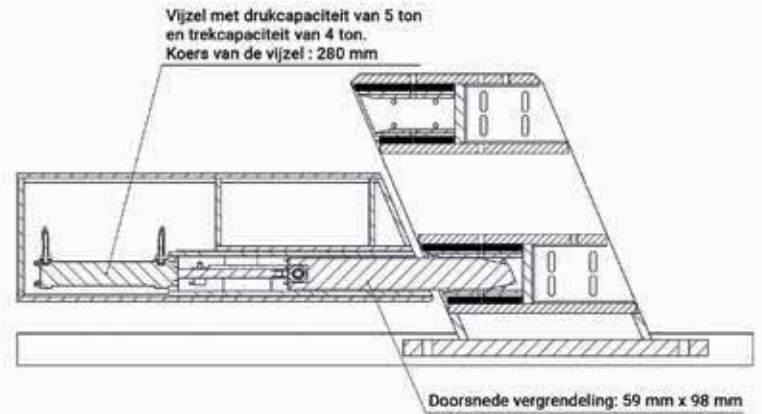
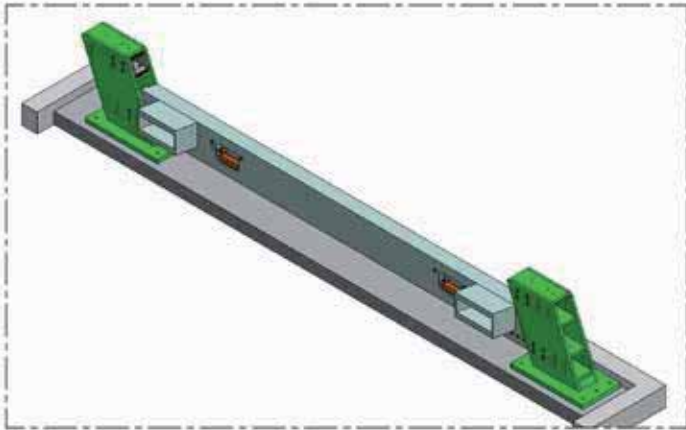
Drie Brugposities en positie afdichtingsschot op linkeroever



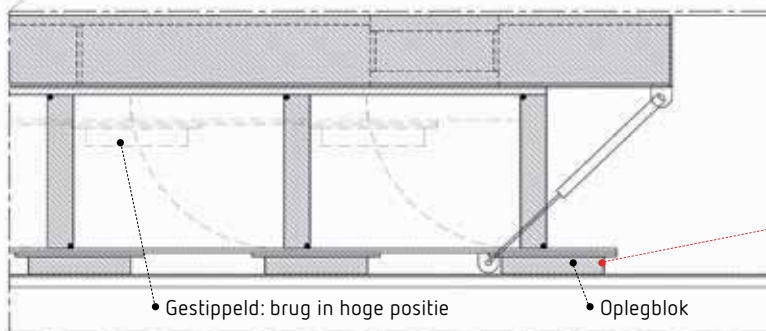
Eerste eigenmode – verticale buiging



Tweede eigenmode – torsi



Uiteinde van het brugdek met bovenaan in groen de vergrendeling van de achterste steunpunten en onderaan de uitvouwbare steunpuntssladder. Beide systemen dragen bij tot het steunpuntsschema in lage en tussenliggende positie.



De slankheid en vooral soepelheid van het kunstwerk is van dien aard dat de geïnstalleerde dempingsmassa aanzienlijk hoger is dan gewoonlijk

Een zo minimaal
mogelijke ingreep
in het landschap,
gecombineerd met
een hoog comfort
voor de gebruikers

De drempelwaarde van de versnellingen van 1 m/s² garandeert volgens de ontwerprichtlijnen van de gids van het SETRA een voldoende comfort voor de gebruikers. Hoewel deze maatregelen relatief gezien buitensporig kunnen lijken, zijn ze volledig in lijn met de filosofie van het ontwerp: het kunstwerk zoekt niet alleen minimale visuele impact op de omgeving maar wil terzelfdertijd minimale impact op de gebruikers, dus maximaal tegemoet komen aan het comfort van de – vaak minder mobiele – bedevaarders. Een hoog comfort, zeker wat betreft trillingen, leidt tot een vanzelfsprekend gebruik door de bezoekers van de omgeving. Het dempingsysteem vormt met andere woorden relatief gezien een belangrijke investering om een comfortabel en bijgevolg maximaal gebruik van de brug te garanderen.

CONCLUSIE

De voetgangersbruggen vormen een reeks van uitzonderlijke kunstwerken in de eveneens bijzondere plaats van het heiligdom van Lourdes. Een zo minimaal mogelijke ingreep in het landschap, gecombineerd met een hoog

comfort voor de gebruikers, leidde tot een ontwerp dat er ondanks de diverse complexe achterliggende mechanismes bijzonder eenvoudig uit ziet.

De ontwerpfilosofie van minimalistische impact werd zo coherent en consequent mogelijk doorgetrokken om tot een uitzonderlijk ontwerp te komen.

Realisatieverantwoording

Voetgangersbrug over de Gave nabij de Grotruimte in Lourdes	
Ontwerp i.s.m.	GREISCH Architecturaal structuurontwerp ¹⁾ Mousseigne & Defol / Gérald Déderen
Constructie	GREISCH Ingénierie
Aannemer	Eiffage Construction Midi Pyrénées
Adviesbureau speciale technieken	TPFI Beterem

Fotoverantwoording ontwerpteam GREISCH



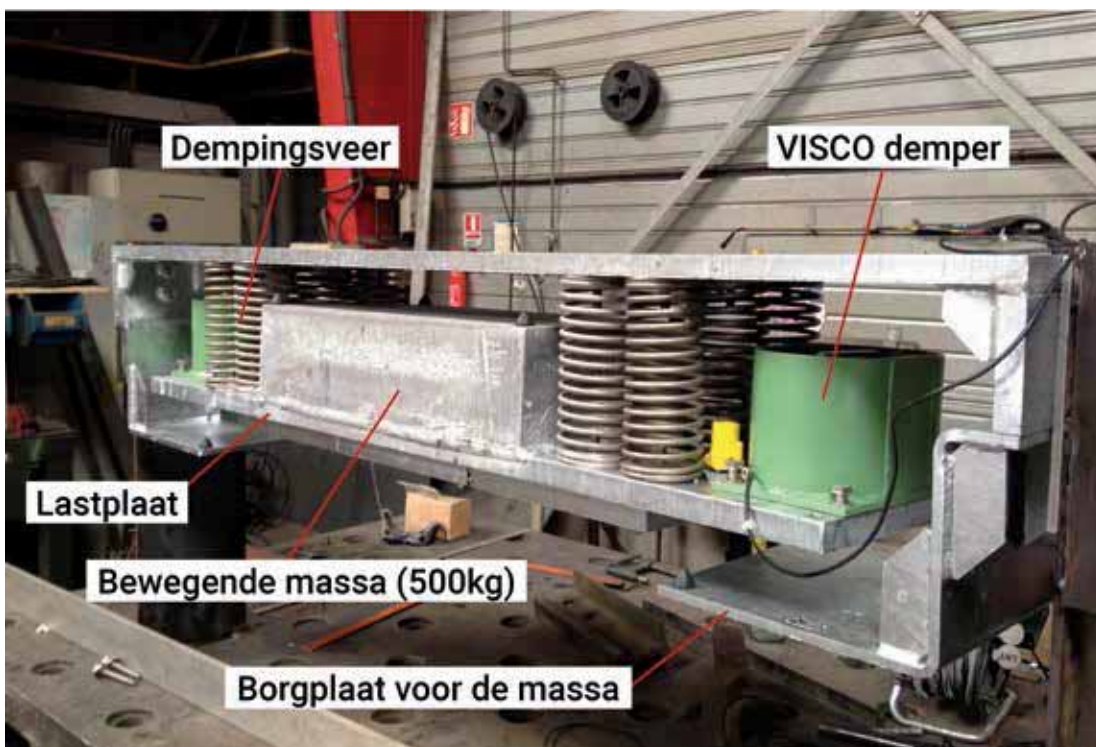
¹⁾Andere voorbeelden van door Bureau GREISCH, gevestigd in Luik (BE), ontworpen voetgangerbruggen zijn: de nieuwe voetgangersbrug over de Maas in Luik (BE), die (in aanbouw) over de Maas in Namen (BE), de Hoge Brug over de Maas in Maastricht (NL), en de Parkbosbruggen (in aanbouw) in Gent (BE).



Minimale impact op omgeving met maximaal comfort voor gebruikers



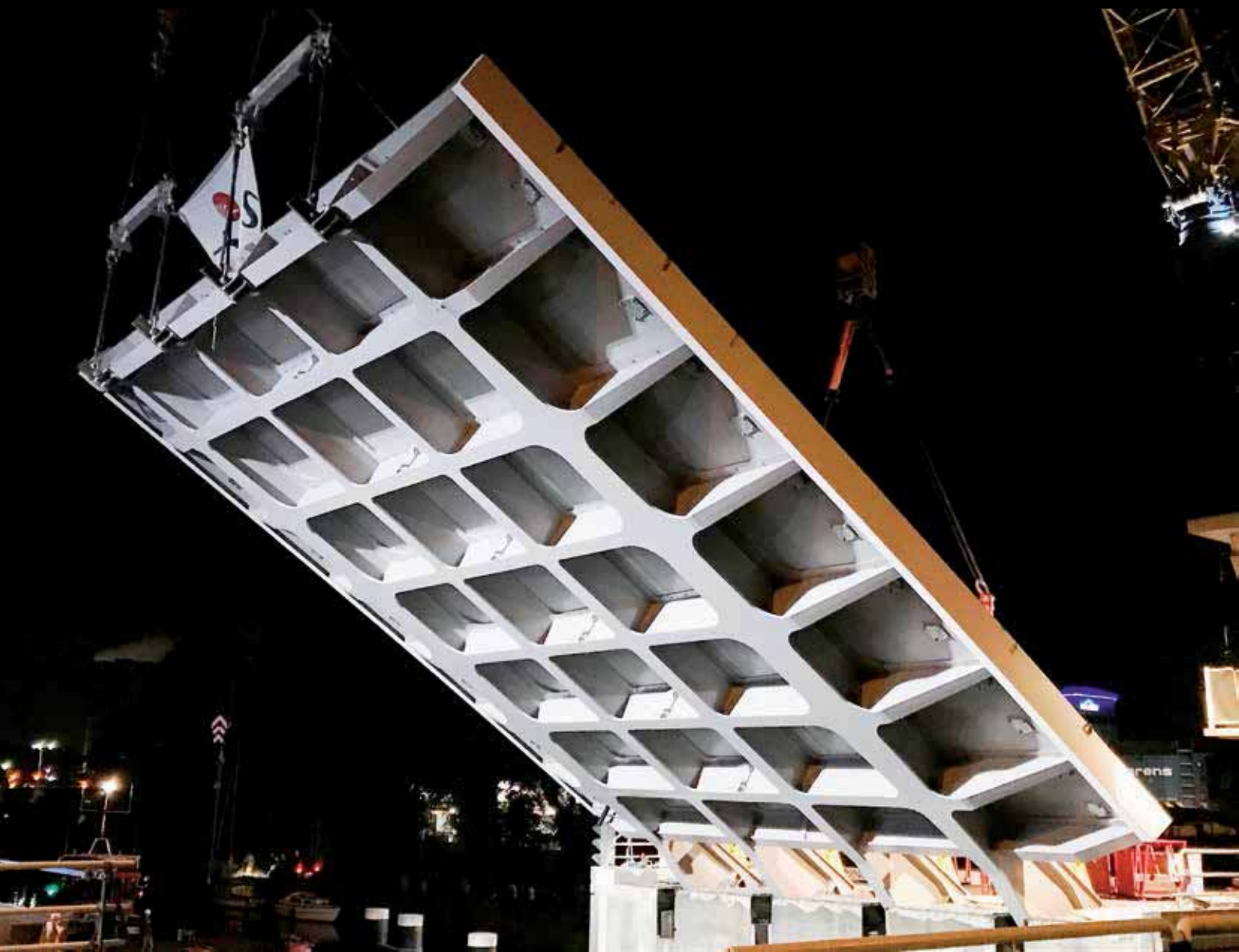
Brugdek in hoge positie ↑ met centraal de zes ingebouwde veer-dempersystemen ↓



Veer-dempersysteem met verschillende onderdelen tijdens montage in proefopstelling

RENOVATIE LEEGHWATERBRUG B

Björn Hylkema en Jeroen Hendriks, Witteveen+Bos



inhijzen val

De brug vervult een belangrijke verkeersfunctie voor zowel scheepsvaart als wegverkeer.

In de nacht van vrijdag 25 op zaterdag 26 augustus is het nieuwe brugval van de zuidelijke Leegwaterbrug, brug B, ingehesen. Hiermee is een belangrijk deel van de renovatie van deze basculebrug in de N242 voltooid, waarmee de brug voor de komende decennia geschikt is gemaakt voor de toenemende intensiteit van het verkeer op de ring van Alkmaar.



1

SITUATIE

De Leegwaterbruggen liggen in de gemeente Alkmaar en maken het mogelijk dat de Provinciale weg N242 het Noordhollandsch Kanaal kruist. Nieuwe val in Leegwaterbrug geplaatst.

De bruggen bestaan uit een noordelijke brug (brug A), vanuit de richting van Heerhugowaard richting het AZ-stadion met twee rijstroken en een fietspad en een zuidelijke brug (brug B), in tegengestelde richting, met drie rijstroken. (Zie fig. 2)

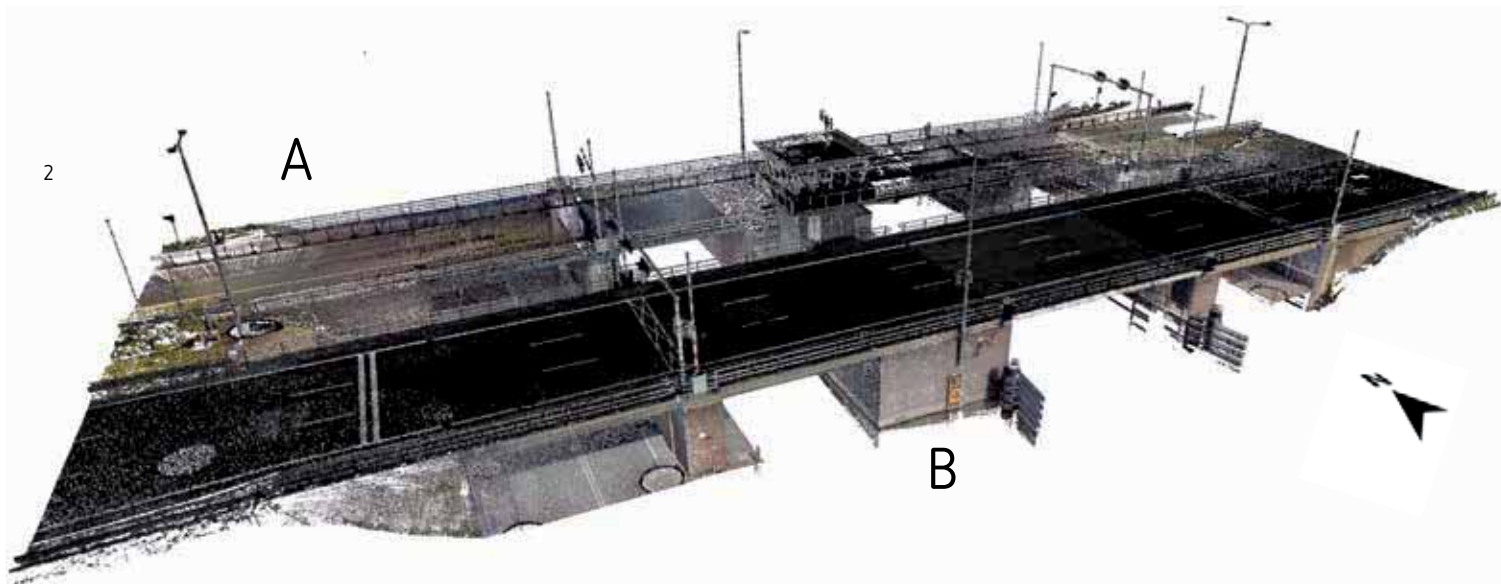
Beide bruggen bestaan uit een westelijke aanbrug welke is opgebouwd uit twee overspanningen en een oostelijke aanbrug welke is opgebouwd uit een enkele overspanning. Onder de eerste overspanning aan de westzijde bevindt zich de Zeglisweg, onder de tweede overspanning bevindt zich een ondiepe nevenvaart. Het bewegingswerk van de bruggen bevindt zich in de basculekelders

aan de westzijde van de hoofddoorvaart. Brug A wordt bewogen met een door een panamawiel aangedreven bewegingswerk. Brug B wordt bewogen door een met een enkele hydraulische cilinder aangedreven bewegingswerk.

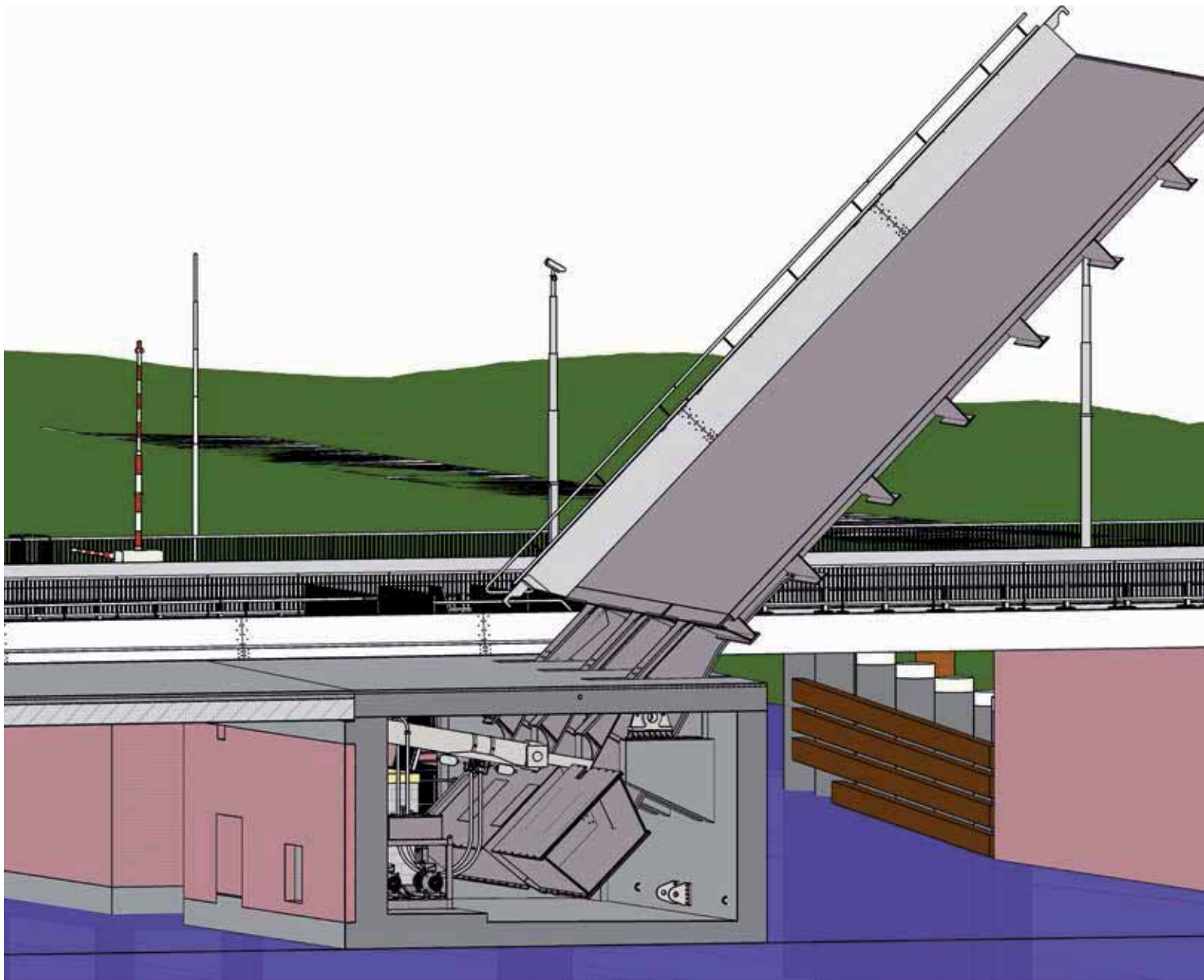
Onder de oostelijke aanbrug bevindt zich een fietsbrug waarmee de N242 gekruist wordt.

LEEGHWATERBRUG A EN B

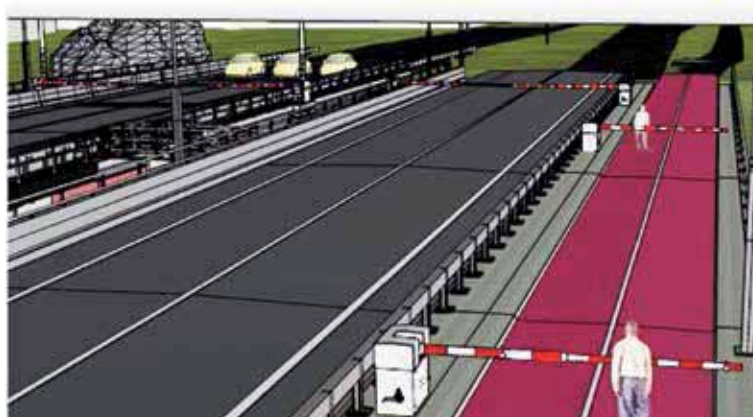
De noordelijke brug A is gebouwd in 1952 en is momenteel aan het einde van zijn levensduur. In 2014 heeft er spoedherstel aan het stalen val plaatsgevonden. Daarnaast is er ontoelaatbare scheurvorming in de betonnen onderbouw aanwezig, dat op termijn een te lage veiligheid van de constructie op kan leveren. De brug vertoont tekenen van overbelasting. Dit wordt momenteel beheerst door het regelmatig monitoren van de constructie. (vervolg zie blz. 20)



2

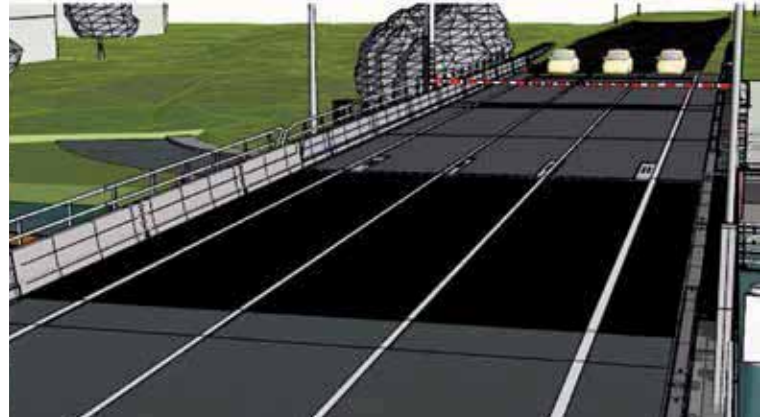


4

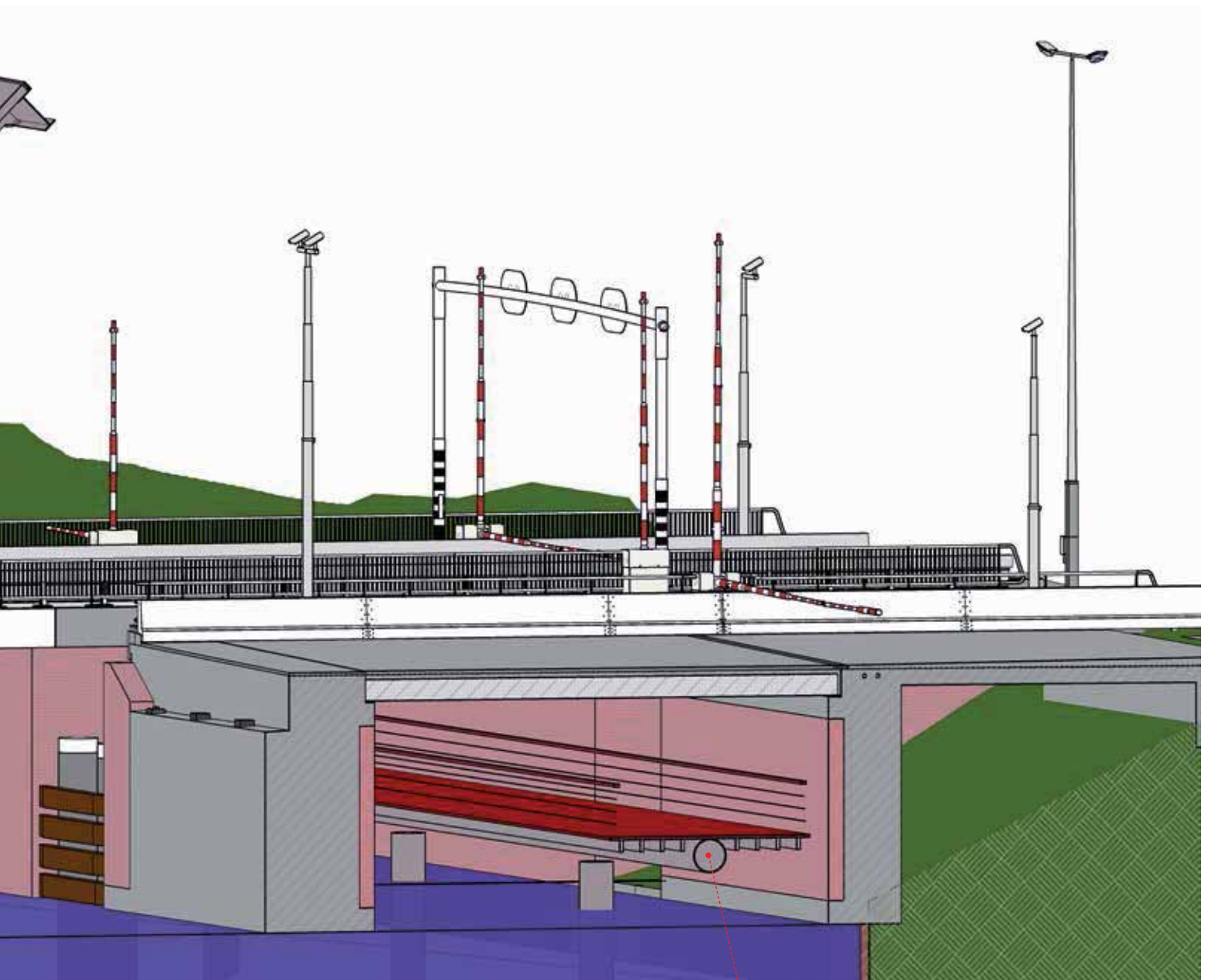


5

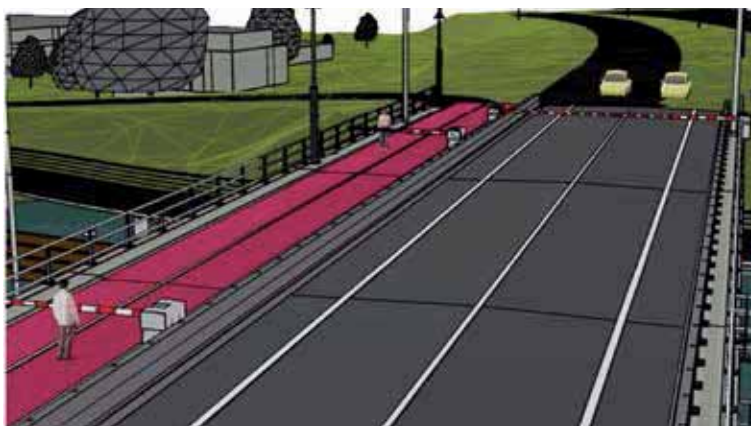
Brug A



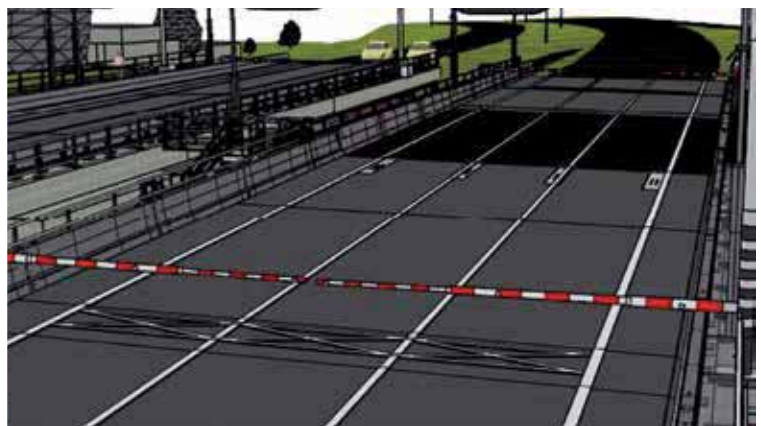
Brug B



• Fietsbrug



Brug A



Brug B

Binnen het project Leeghwaterbruggen zal de noordelijke brug, brug A, volledig geamoveerd worden. Op dezelfde locatie zal een volledig nieuwe beweegbare brug gebouwd worden. Tijdens de bouw van brug A zullen er twee rijstroken in beide richtingen over brug B rijden. Om dit mogelijk te maken, zal brug B eerst gerenoveerd moeten worden.

De zuidelijke brug B is eind jaren 70 gebouwd. Uit technische inspecties volgt dat het val van brug B een onvoldoende restlevensduur heeft. Opwaardering van het huidige val wordt niet haalbaar geacht op basis van de beschikbare informatie: het val wordt geheel vervangen. Ook de hydraulische installatie voldoet niet meer aan de huidige eisen en moet vervangen worden. Uit onderzoek naar de staat van de ballastkist blijkt dat deze wel hergebruikt kan worden.

Aan de betonconstructie wordt groot onderhoud uitgevoerd. Hierbij worden tevens het asfalt en de voertuigkeringen vervangen. In de toekomst zullen beide bruggen op afstand worden bediend. Om dit mogelijk te maken worden beide bruggen voorzien van een CCTV-installatie.

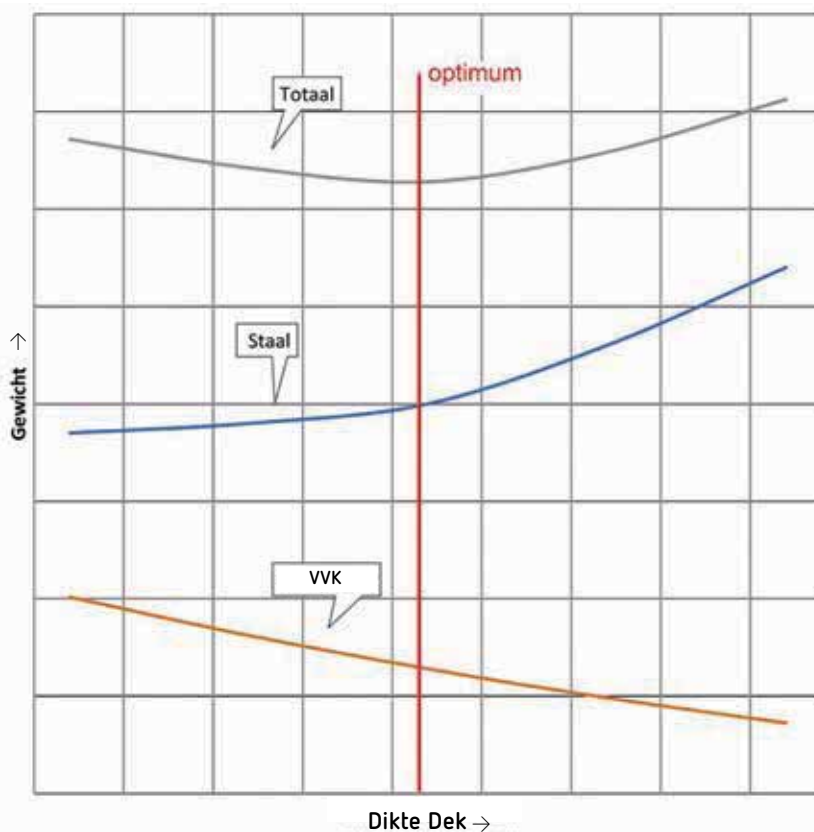
3D-SCAN EN BIM

Van de bestaande constructie zijn archieftekeningen beschikbaar. Deze tekeningen zijn gebruikt om een 3D-model van de bestaande constructie op te bouwen. Van zowel de buitenzijde als van de binnenzijde van de basculekelder is een 3D-scan gemaakt. Deze 3D-scan is vergeleken met het op basis van de archieftekeningen gemaakte 3D-model. Op deze manier zijn maatafwijkingen en zettingen vooraf aan het licht gekomen waardoor hier tijdens het ontwerp rekening mee gehouden kon worden.

De 3D-modellen van alle objecten zijn gecombineerd in een integraal BIM-model om te controleren of er tegenstrijdigheden ontstaan. (Zie figuren 4 en 5 op blz. 18-19) In dit model zijn tevens de CCTV-masten met bijbehorende camera's gemodelleerd. Door gebruik te maken van het BIM-model kan de positie van de mast, de hoogte van de camera en het type lens bepaald worden. Hiermee krijgt de bedienaar tijdens het ontwerpproces hetzelfde beeld te zien als op zijn beeldscherm in de bediencentrale nadat het project voltooid is. (Zie figuur 5 op blz. 18-19)

BRUGVAL

Omdat de bestaande onderbouw en ballastkist worden hergebruikt, is het gewicht



6

van het val leidend in het ontwerp. Het val bestaat uit een stalen balkrooster met een vezelversterkt kunststoffen (VVK) rijdek. De koppeling van het VVK-dek met de stalen liggers wordt gerealiseerd door hollo-bolts. Omdat de aanbruggen en basculekelder hergebruikt worden, ligt de positie van de stalen liggers van het val vast. Het val heeft daardoor vier hoofdliggers, gekoppeld door middel van dwarsdragers. De hart op hart-afstand van de dwarsdragers wordt bepaald aan de hand van de maximale overspanning van het VVK-dek.

De hoogte van de stalen liggers wordt bepaald door de maximaal beschikbare constructiehoogte en de dikte van het VVK-dek. Het gewicht van het VVK-dek is afhankelijk van de dikte van het dek en de hoeveelheid glasvezel dat benodigd is om een voldoende stijve dekplaat te maken. Het VVK-dek wordt zwaarder bij minder hoogte aangezien het vezelvolume toeneemt om voldoende sterkte en stijfheid te creëren. Een dunner VVK-dek is dus zwaarder maar levert wel meer beschikbare

constructiehoogte voor het stalen frame op (dat hierdoor dus weer lichter kan). Zodoende is er een optimum tussen de dikte van het VVK-dek en het totaal gewicht van het brugval. (Zie figuur 6)

Het dunner dan 180 mm dik uitvoeren van het dek, ten koste van het gewicht van het VVK, blijkt niet tot een gewichtsbesparing van het totale val te leiden.

De bestaande kelder is ondiep en ligt met de onderzijde van de vloer boven de waterlijn. Het val heeft daardoor een kort contragewicht, welke is opgebouwd uit twee losse ballastkisten. Hierdoor is er weinig ruimte voor het bewegingswerk en zijn de mogelijkheden om het bestaande bewegingswerk te optimaliseren, beperkt. Er wordt daarom gebruik gemaakt van een hydraulisch bewegingswerk met één cilinder, dat aangrijpt tussen de ballastkisten. (Zie figuur 4)

PROJECTGEGEVENS

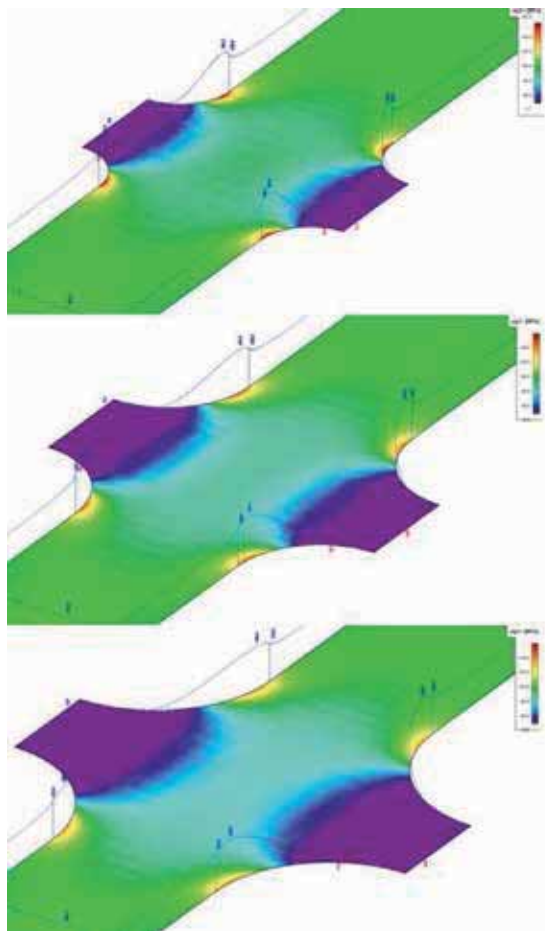
Brug B van de Leeghwaterbrug in de N242	
Opdrachtgever	Provincie Noord-Holland
Hoofdaannemer	SPIE Nederland B.V.
Onderaannemer civiel	Friso Bouwgroep
Leverancier VVK-dek	Delft Infra Composites
Engineering	Witteveen+Bos

PARAMETRISCHE REKENMODEL

Aangezien het gewicht van het val kritisch is, is de staalconstructie maximaal geoptimaliseerd. Om dit te bereiken is gerekend met een parametrisch rekenmodel. Het val is opgebouwd uit vier hoofdliggers en is daarmee in dwarsrichting statisch onbepaald. Dit betekent dat de onderlinge stijfheidsverschillen van de liggers en de

dwarsdragers, de krachswerking beïnvloeden. Voor het ontwerp van de staalconstructie is vermoeiing ten gevolge van verkeer en het openen en sluiten van het val maatgevend. Om het gewicht van het val te minimaliseren, is elke hoofdligger opgedeeld in twintig secties. Op basis van de ingevoerde geometrie is de krachswerking bepaald en is voor alle secties van de vier hoofdliggers de doorsnede

getoetst op vermoeiing. Voor secties die hierbij niet voldeden, zijn de flensen verbreed en voor de secties die overcapaciteit hadden, zijn de flensen versmald. (Zie figuur 8) Aan de hand van de nieuwe set doorsneden is vervolgens opnieuw de krachswerking bepaald.



7



8

AANSLUITING FLENSEN HOOFDLIGGERS EN DWARSDRAGERS

Ter plaatse van de aansluiting van de flensen van de hoofdliggers met de dwarsdragers treden spanningsconcentraties op. De hoogte van deze spanningsconcentratie is afhankelijk van de verhouding tussen de breedte van de flens [B] en de gehanteerde afrondingsstraal [r]. Globaal kan gesteld worden dat een kleine $[r/B]$, resulteert in een hoge spanningsconcentratie. Ter plaatse van de aansluitingen is onderzocht hoe hoog de toelaatbare spanningsconcentratie is en welke afrondingsstraal hierbij toelaatbaar is. (Zie figuur 7) Indien nodig zijn de hoofd-afmetingen aangepast en is de krachswerking

opnieuw berekend. Via een iteratief proces is hiermee de optimale doorsnede van de hoofdliggers bepaald.

TRILLINGSFACTOR

Bij de berekening van constructiedelen, die hoofdzakelijk onderworpen zijn aan hun eigen gewicht, maar die onder invloed van de vervorming door de verkeersbelasting in trilling kunnen geraken, moet de belasting door eigen gewicht zijn vermenigvuldigd met een trillingsfactor. Deze trilling wordt veroorzaakt door het opzweipen van de ballastkist bij passerend verkeer, waarbij de versnelling die de kist ondergaat, voor krachten in het draagsysteem zorgt.

Dit verhoogt de spanningswissel in het staal die optreedt door verkeer, waardoor extra staal toegevoegd moet worden om de spanning te reduceren. Om dit te voorkomen, is ervoor gekozen de hydraulische cilinder tevens te laten werken als viskeuze demper. Hierdoor wordt de versnelling van de ballastkist bij het opzweipen bij passerend verkeer gedempt waardoor de kracht die hierbij ontstaat in het systeem, verwaarloosbaar klein wordt. Hierdoor is het gewicht van het val nog verder gereduceerd.

Na het afronden van de werkzaamheden aan brug B zal begin 2018 gestart worden met de sloop en nieuwbouw van brug A.





HOUTEN VOETGANGERS- BRUGGEN IN HET INTERNATIONALE LANDSCHAP

Boogbrug over de J.F. Willumsensvej, Frederikssund (DK)

Peter Zanen, Hoofd afdeling projecten, Wijma Kampen bv

Hout is het oudste bouw materiaal dat is toegepast voor de bouw van bruggen. In combinatie met moderne engineering en productiemethoden is het mogelijk vrije overspanningen te realiseren van 130 meter. Vanwege het relatief geringe gewicht is het mogelijk grote elementen in de fabriek te prefabriceren, naar de bouwplaats te transporteren en op een snelle en efficiënte manier te installeren.



Gestifte liggers

Een groot aantal opdrachtgevers, met name de overheid, kiest voor het toepassen van producten op basis van de Total Cost of Ownership (TCO). De levensduur van een object wordt daarbij op 80 tot 100 jaar gesteld. Dit komt voort uit de wereld van de grote infrastructurele objecten. Voor fietsvoetbruggen geldt over het algemeen dat de infrastructuur binnen deze levensduureis zodanig wijzigt dat de bruggen alweer worden verwijderd. Door alleen te beoordelen op de TCO wordt voorbij gegaan aan de impact op mens en milieu.

Nederland heeft zich geconformeerd aan het klimaatakkoord van Parijs 2015 hetgeen betekent dat de CO₂-uitstoot drastisch moet worden verminderd. Ook de invloed van ons handelen en de keuzes die we daarbij moeten maken, moeten zo min mogelijk impact hebben op mens en milieu. Vandaar dat er gezocht wordt naar oplossingen om maatschappelijk verantwoord in te kopen. Daarnaast heeft men het circulair bouwen (hergebruik van materialen) omarmd. Hout is 100% biobased en past binnen dit kader. Dit artikel behandelt dan ook de toepassing van hout in fietsvoetbruggen.

HOUT 100% BIOBASED

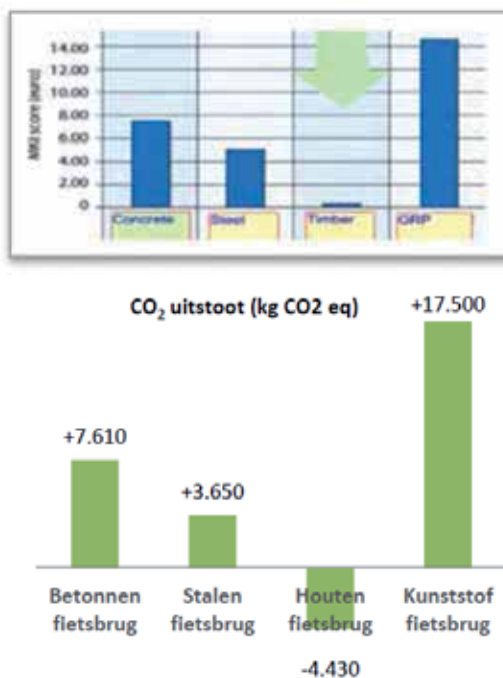
Het ministerie van Economische Zaken zet in op een biobased economie en wil daarmee het gebruik van biobased materialen stimuleren als middel van het veiligstellen van de toekomstige grondstofvoorziening. Biobased materialen, en met name hout, scoren goed op het gebied van duurzaamheid, zoals lage milieubelasting en gezondheid. Ook binden zij CO₂ en dragen zo bij aan het verminderen van het broeikaseffect. Als eigenschappen van hout als biobased materiaal kunnen worden genoemd: *oneindige grondstof, biologisch afbreekbaar, herbruikbaar, recyclebaar, gesloten keten (geen afval), lage CO₂-footprint, vervangt eindige, fossiele brandstoffen, gunstige milieuscore, gunstige invloed op binnenklimaat en gezondheid en een gunstige Total Cost of Ownership.*

LEVENSCYCLUSANALYSE (LCA)

In opdracht van de Nederlandse overheid is er een studie uitgevoerd door Ernst en Young (voorheen BECO) naar de milieu-impact van fietsvoetbruggen.

Er is gebleken dat van een wederzijds overeengekomen referentieontwerp van een type brug, het materiaal hout de laagste milieu-impact heeft in vergelijking met staal, beton, glas, en glasvezel versterkte kunststof. Het totale effect bedraagt in staal 25 keer, in beton 40 keer en in VVK 75 keer meer dan dat van hout. Houten bruggen scoren het best op bijna alle invloedsfactoren (ozon, uitputting, toxiciteit, enz.).

Wat betreft het aardopwarmingsvermogen (GWP), heeft hout zelfs een negatieve score. Hout heeft een totaal voordeel over CO₂-reductie, terwijl andere materialen bijdragen aan de opwarming van de aarde door de uitstoot van CO₂.



Aardopwarmingsvermogen GWP



↑ Gestifte bogen

← transport boogelementen



Montage boogelementen



Montage boogelementen
Boogbrug Frederikssund (DK)



Montage Boogbrug Frederikssund (DK)

HOUTEN BRUGGEN IN HET INTERNATIONALE LANDSCHAP

Afhankelijk van de overspanning van de brug zijn er meerdere constructieve basisvormen om een houten brug te realiseren, variërend van een simpele liggerbrug van 6 m tot een tuibrug met overspanningen tot 130 meter. De afgelopen drie jaar is er in Europa een aantal indrukwekkende houten bruggen gebouwd. Hiervan zullen er drie hier nader worden beschouwd: de boogbrug Frederikssund uit Denemarken, de vakwerkbrug in Wenduine, België en de tuibrug in Harderwijk.

BOOGBRUG FREDERIKSSUND DENEMARKEN

Over de rondweg in Frederikssund (DK) is een bestaande brug vervangen door een houten krachtpatser, getuige de volgende afmetingen: boogvoet 24 meter, een lengte van 39,70 m, een breedte van 2,40 m en een boog van circa 15 m boven de weg. De brug is ontworpen als een boogbrug waarvan de bogen zijn samengesteld uit lamellen van circa 40 mm dik voor het bovenste, sterk gekromde gedeelte, en lamellen van circa 90 mm dik voor het onderste gedeelte.

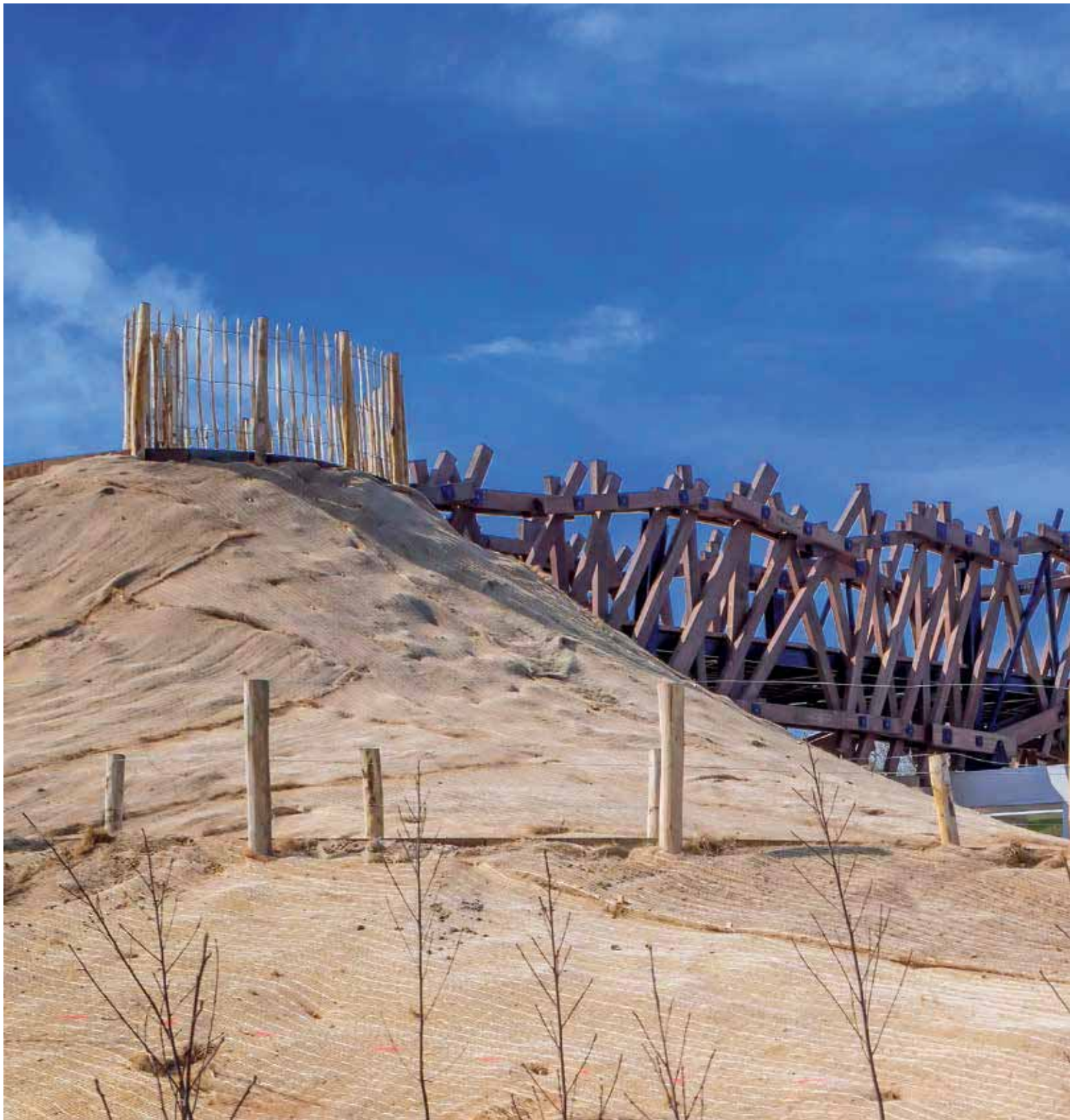
Het brugdek is dusdanig hoog boven de rijbaan ontworpen dat er geen rekening gehouden hoeft te worden met een aanrijd-belasting.

Gezien de verkeersintensiteit op de rondweg is de voorwaarde gesteld dat de weg maximaal twee nachten mag worden afgesloten. Dit betekent dat alle onderdelen in zo groot mogelijke delen moeten worden geprefabriceerd.

Het betekent ook dat de transporten en de kraaninzet exact op elkaar moeten worden afgestemd, wat een nauwgezette montagevoorbereiding vereist. De totale montagetijd, waarbij de weg is afgesloten,

Dit soort snelle montagetijden zijn alleen mogelijk wanneer de elementen zo groot kunnen worden aangevoerd. Hierbij speelt natuurlijk het bouwmaterial hout een gunstige rol, vanwege het relatief lage eigen gewicht.

De afgelopen drie jaar zijn er in Europa een aantal indrukwekkende houten bruggen gerealiseerd



Geen enkel element hetzelfde

VAKWERKBRUG WENDUINE, BELGIË

Langs de kustlijn van België loopt van Knokke Heist tot aan De Panne een vierstrooksweg en een tramlijn evenwijdig aan de kust. Tevens is er een kustfietsroute als veilige fietsverbinding tussen de badplaatsen. Voor de verbinding

tussen de zee en het recreatiepark aan de andere kant van de weg is een houten brug geplaatst. Opdrachtgever is de afdeling KUST van het agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust. De lengte van de brug is circa 80 m, in zes delen van circa 13,50 m en een breedte van 4 m.

In totaal bestaat de brug uit circa 600 houten elementen waarvan geen enkel element hetzelfde is. Deze elementen zijn samengesteld tot een vakwerkconstructie waarbij de verbindingen worden gerealiseerd door middel van stalen bussen en stalen pennen.



Dit is alleen te realiseren doordat de gehele constructie 3D is uitgetekend en waarna alle elementen met CNC-gestuurde machines zijn bewerkt.

Fotografie: John Lewis Marshall/Houtblad

Langs de kustlijn van België loopt van Knokke Heist tot aan De Panne een vierstrooksweg en een tramlijn evenwijdig aan de kust.



Aan één zijde uitkragende pijlers, naar links en naar rechts

TUIBRUG HARDERWIJK (NL)

Harderwijk is vanuit het verleden een vissersplaats waar bidders een belangrijk deel uitmaakten van de vissersvloot. Voor de verbinding van de wijken Drielanden en Stadsweiden is er een aanbesteding uitgeschreven waarbij de uitstraling van de nieuwe brug moest voldoen aan het beeld van bidders.

De lengte van de brug is 77 meter, onderverdeeld in elf delen van 7 meter. Vrije overspanning tussen de masten is 49 m en de breedte is 4,50 m voor fietsers en voetgangers.

Door de grote horizontale kracht van 1600 kN vanuit de aanrijdbelasting was breedte nodig om voldoende stijfheid te verzorgen. In feite is het dek ontworpen als een aantal sluisdeuren achter elkaar. →

Door het toepassen van zware randen die worden verbonden met zware tussenregels en diagonalen van staal, ontstaan stijve elementen van 7 m lang en circa 6 m breed.

De constructiehoogte bedraagt circa 400 mm, waardoor een zeer slanke constructie ontstaat in relatie tot de lengte van 77 meter.

De pylonen zijn over de volle hoogte gedraaid uit azobé stammen met een lengte van circa

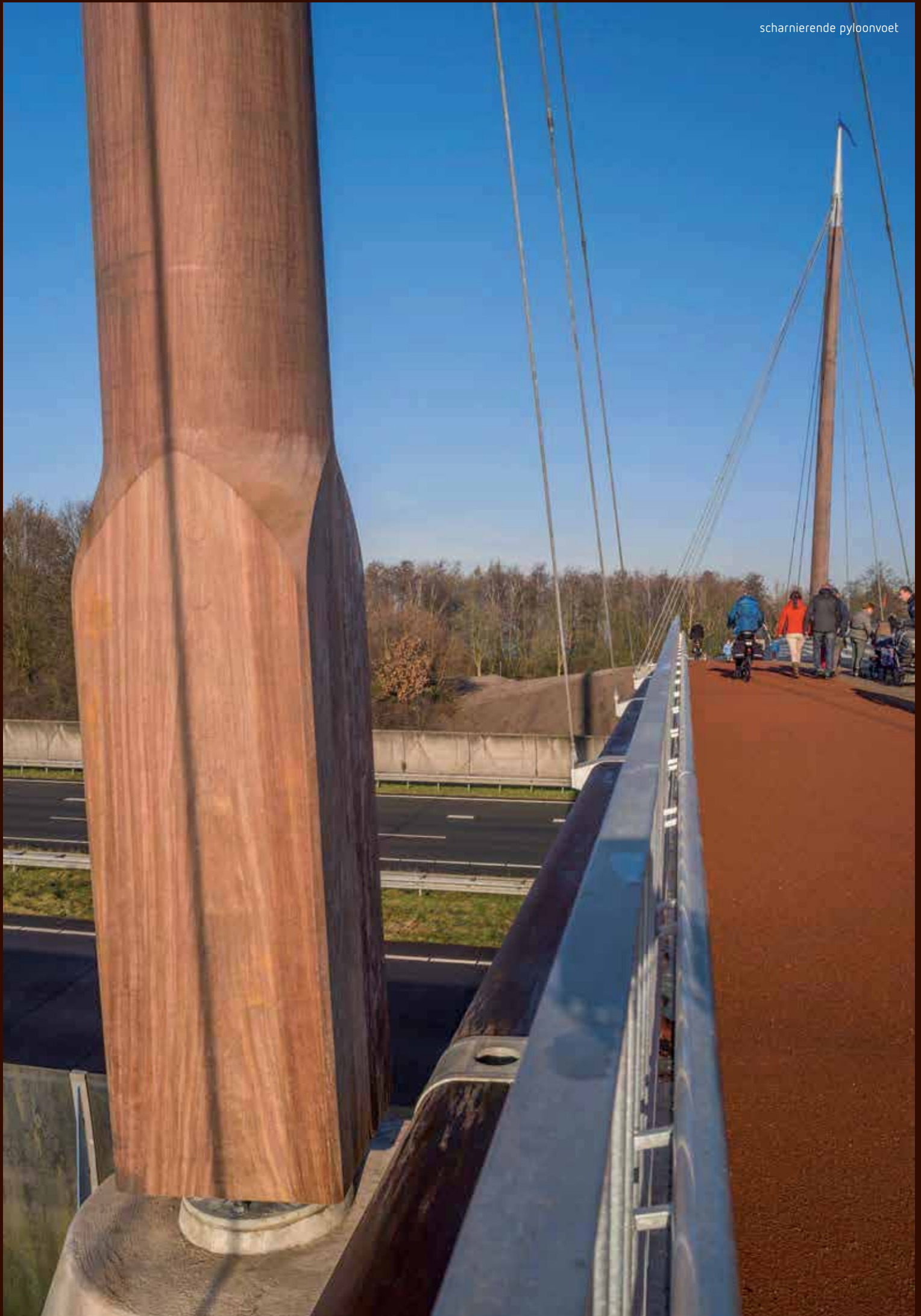


'Sluisdeur als brugdek'

22 meter, waardoor geen onderlinge verbindingen noodzakelijk zijn.
Fotografie: John Lewis Marshall/Houtblad

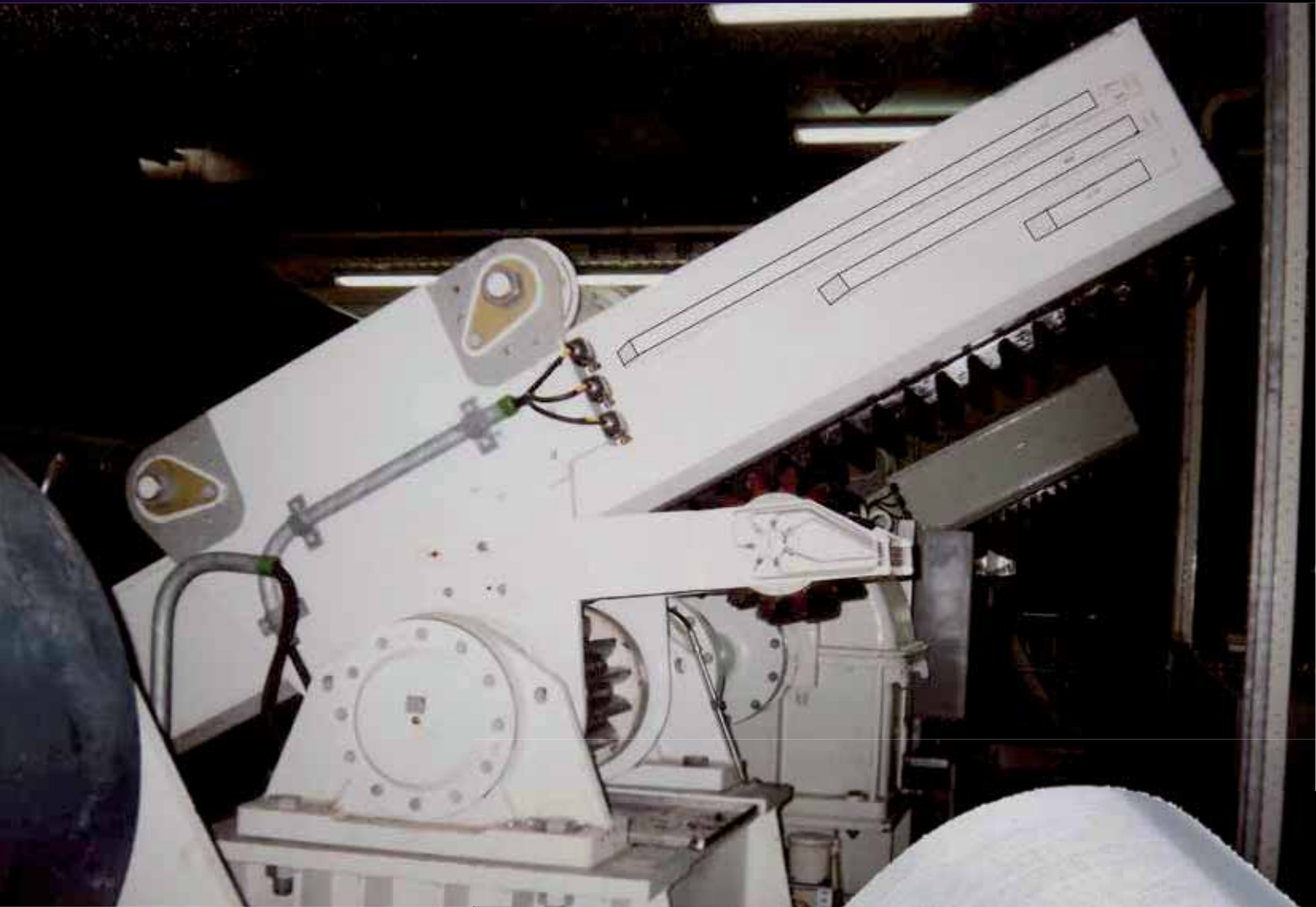
REFERENTIE

BECO, *LCA study concrete, steel, timber and GRP footbridges*, 2013

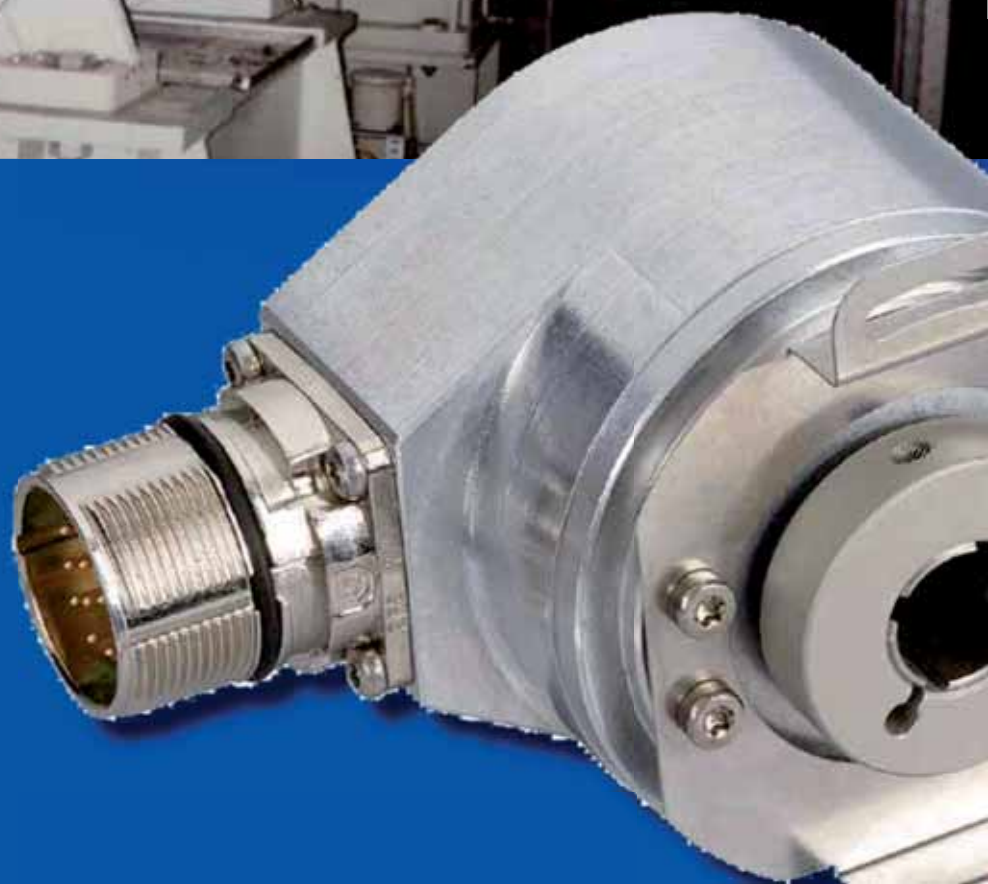


POSITIEMETING VAN BRUGKLAPPEN

Wils van Soldt



1 Heugel met standschakelaars



Het falen van een detector moet altijd leiden tot een situatie van de bediende stand van de detector. Door dit gedrag blijft de veiligheid gewaarborgd.

Voor het automatiseren van een brugbeweging moet de besturingsinstallatie van de brug kunnen beschikken over discrete posities van het val om deze met de juiste snelheid zonder schade in de eindstanden te kunnen manoeuvreren. Daartoe worden langs het bewegingstraject van het val standdetectoren geplaatst, tot voor kort veelal in de uitvoeringsvorm van een schakelaar. Op deze wijze kan de positie van het val worden afgetast. Zo zijn er standdetectoren voor het inleiden van het retarderen voor de bewegingen openen en sluiten alsmede het vaststellen van de volledig geopende en de gesloten stand van het val. Teneinde te weten of er daadwerkelijk correct wordt geretardeerd zijn er ook detectoren die deze dynamische beweging controleren. In jargon heten de detectoren voor het starten van het retarderen, afhankelijk van de bewegingsrichting Voor-Voor-Op en Voor-Voor-Neer (afgekort resp. VVO en VVN). De detectoren voor het controleren van het retarderen hebben de naam Voor-Op en Voor-Neer (afgekort VO en VN). Voor de uiterste standen worden de namen Eindstand Op (EsOp) en Eindstand Neer (EsNeer) gebezigd.

Bij een uitvoeringsvorm van de standdetectoren als schakelaar zijn deze naast de gedwongen bediening ook redundant uitgevoerd. Het gedwongen bedienen slaat op de bedieningswijze zonder tussenkomst van een veer en direct zonder mogelijk falende overbrengingen of mechanieken. Het redundant uitvoeren betreft het meertalig aanwezig zijn van schakelaars, meestal tweevoudig, met een zelfde functie zodat ze elkaars reserve zijn. Uitgangspunt bij deze wijze van standdetectie is dat een falende detector nimmer mag leiden tot een gevaarlijke situatie of een maatschappelijk onaanvaardbare situatie.

Het falen van een detector moet altijd leiden tot een situatie van de bediende stand van de detector. Door dit gedrag blijft de veiligheid gewaarborgd. Het onterecht signaleren van een bediende stand is helaas hinderlijk, echter niet gevaarlijk. Deze toestand is bekend onder de naam Short Mode failure (SMF). Het onterecht geen signaal geven, een zgn. Open Mode Failure, (OMF) leidt tot gevaarlijke situaties en moet te allen tijde worden voorkomen. Het gebruik van (in serie geschakelde) verbreekcontacten van de redundante standschakelaars geeft automatisch detectie van een los contact of een draadbreek. Een sluiting in de aansluitkabel verstoort de verbrekende werking van het verbreekcontact. Echter door de redundante uitvoering van de standschakelaars alsmede de afzonderlijke bekabeling en kabelloop van de aansluitkabel van elke detector wordt dit ondervangen. Bij een uitvoeringsvorm van standdetectoren als inductieve naderingsschakelaar is het t.a.v. de veiligheid vereist dat deze intrinsiek veilig is. Dit houdt in dat de detector hetzelfde gedrag vertoont bij een defect zoals de hiervoor beschreven toepassing van mechanisch gedwongen bediende redundante standschakelaars.



2 Uitwendige en holle as encoders

Het voortschrijden van de techniek heeft ertoe geleid dat standdetectie van brugklappen nu ook op een meer geavanceerde wijze kan geschieden zonder dat er tekort wordt gedaan aan het principe van veiligheid en bedrijfszekerheid van gedwongen bediende detectoren. Dit is mogelijk dankzij de introductie van veiligheidstechnieken in elektronische besturingen en schakelingen. Het betreft hier de zgn. Safety Integrity Lever, afgekort SIL. Dit is een normatieve methode voor de beoordeling van elektrische, elektronische en programmeerbare elektronische (E/E/PE) systemen m.b.t. de betrouwbaarheid en veiligheid van de procesvoortgang. SIL is een onderdeel van o.a. de normering IEC 62061 die er speciaal is voor de machinebouw. Het voordeel van het toepassen van encoders (zie verder) is het eenvoudiger inregelen van het positiesysteem in vergelijking met zes redundante standschakelaars. Daarnaast heeft men het voordeel dat men op elk punt van het bewegingstraject van het val beschikt over de positie van het val.

ROTENDE ENCODERS

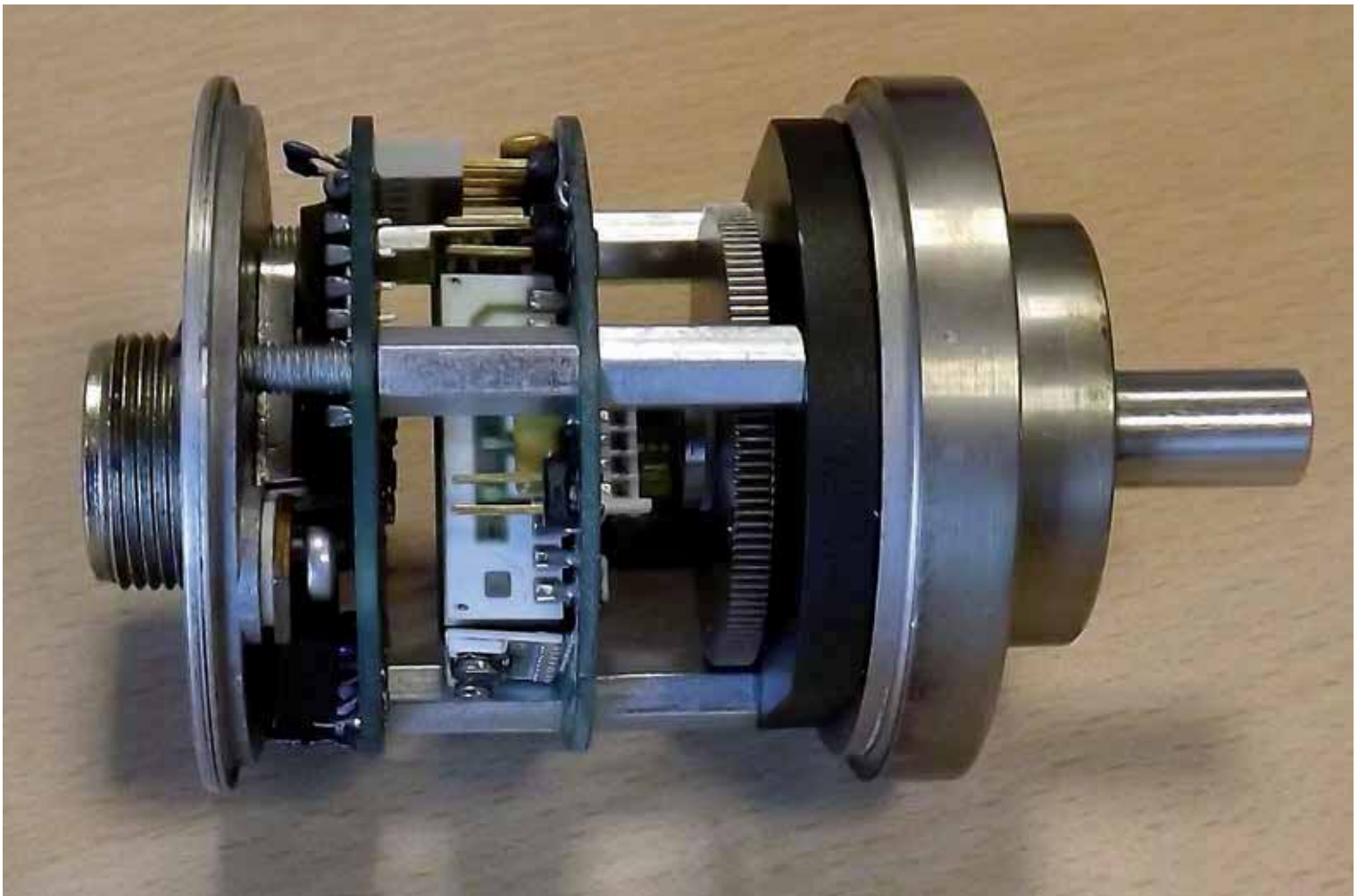
In plaats van afzonderlijke standdetectoren te gebruiken voor de posities van een brugklap maakt men nu ook gebruik van roterende (hoek)encoders die een pulssignaal of een digitaal signaal genereren bij rotatie van de ingaande as. Deze apparaten worden via een mechanische verbinding met het machinewerk van de brug gekoppeld. Bij encoders met een afzonderlijke uitgaande as geschiedt dit bijvoorbeeld met een balg- of schijvenkoppeling. De zgn. holle as encoders worden bevestigd op een passende uitgaande as van het machinewerk. Afhankelijk van de gebruikersomstandigheden kunnen de encoders zijn voorzien van één of meerdere connectoraansluitingen voor de elektrische voeding, de gegenereerde meetwaarden, statusmeldingen e.d.. Encoders zijn er in single turn of in multiturn uitvoering. Afhankelijk van de uitvoeringsvorm kunnen encoders een incrementaal signaal (pulssignaal) of een absoluut digitaal signaal genereren. Ook zijn er encoders die sinus- en cosinusvormige signalen genereren.

Tenslotte onderscheidt men encoders die werken volgens een magnetisch meetprincipe of een optisch meetprincipe. In dit artikel wordt slechts de optische digitale variant beschouwd.

Bij het optische meetprincipe maakt men gebruik van een inwendige codeschijf die bestaat uit een ronde onbreekbare kunststof schijf waarop langs fotografische weg een concentrisch patroon van transparante en ondoorzichtige vensters is aangebracht. Infrarood licht van een LED (Light Emitting Diode) schijnt door de codeschijf op een array van fotogevoelige cellen. Als de as van de gever draait wordt een (unieke) combinatie van fotogevoelige cellen belicht of niet belicht door het vensterpatroon op de schijf.

ROTENDE INCREMENTALE ENCODERS

Rotende incrementale encoders zijn in wezen pulsgevers, meestal in een multiturn uitvoeringsvorm. Per omwenteling van de ingaande as worden door het apparaat pulsen



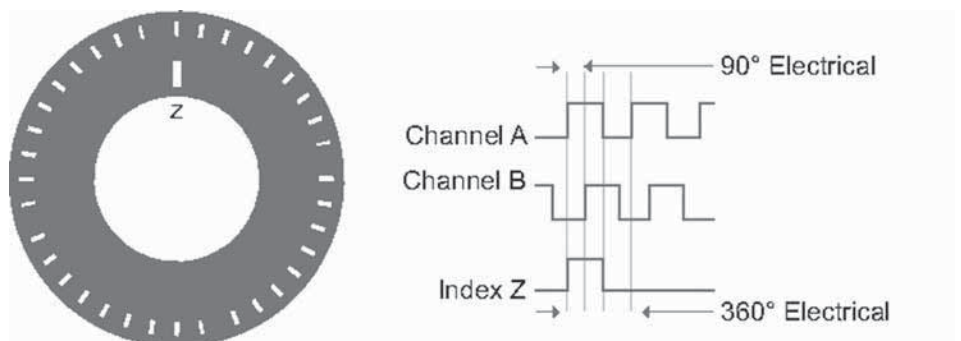
3 Incrementale encoder

gegenereerd die via een connector met kabel worden toegevoerd aan een elektronische verwerkingseenheid. Veelal worden er twee pulstreinen gegenereerd, de zgn. A en B pulsen. Deze pulsen zijn 90° t.o.v. elkaar verschoven. Beschouwing van de volgorde van binnenkomst van de pulsvolgorde in de verwerkingseenheid geeft een discriminatie van de draairichting. Voor het eenvoudig kunnen instellen van het nulpunt van de positiemeting zijn er incrementale encoders die een z(ero)-puls genereren bij elke omwenteling van de encoder-as.

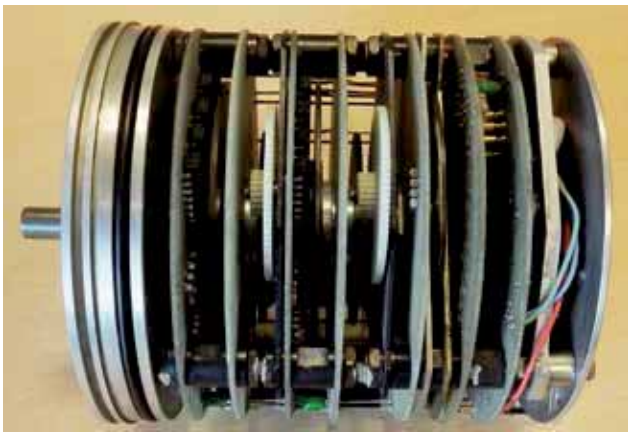
De pulstreinen worden opgeslagen in een geheugen. De som van de opgeslagen pulsen is een maat voor de positie van de brugklap. Om altijd te kunnen beschikken over de positie van de klap moet worden voorkomen dat het geheugen door een defect spanningsloos wordt waardoor de positie-informatie van de brugklap verloren gaat. Elektrisch voeden vanuit een no-break unit of het systeem voorzien van een battery-backup is dus essentieel voor een betrouwbaar

incrementaal meetsysteem. Met de mechanische overzetverhouding tussen de brugklap en de roterende optische schijf in de encoder alsmede het aantal pulsen per omwenteling van de ingaande as van de encoder ligt de resolutie van de positiemeting vast. Voor optische codegevers zijn 360 tot 2500 pulsen per omwenteling niet ongewoon. In de halfgeleiderindustrie komen zelfs resoluties voor van 65.000 pulsen per omwenteling.

Door beschouwing van het aantal pulsen per seconde wordt de snelheid van het bewegende object verkregen, het sommeren van het verkregen aantal pulsen levert de positie van het bewegende object.



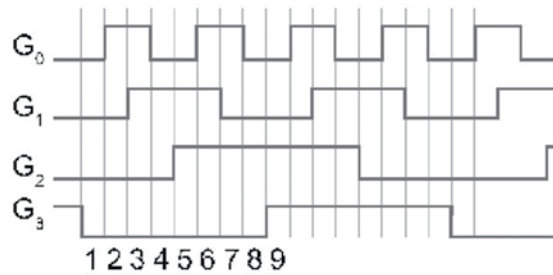
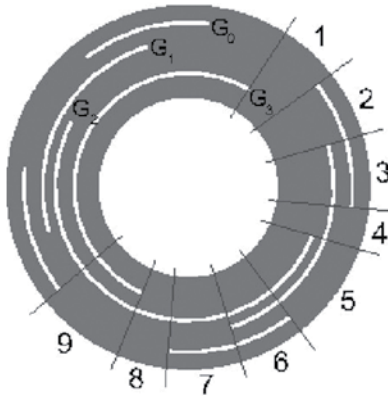
4 Output incrementale encoder



5 Absolute multiturn encoder



6 Codeschijf absolute encoder



7 Output absolute encoder

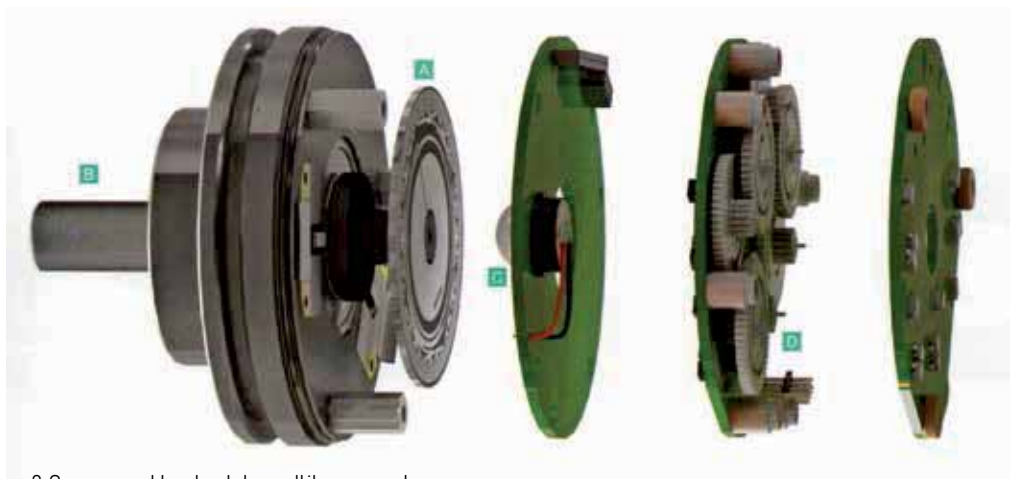
ROTERENDE ABSOLUTE ENCODERS

Bij deze encoders onderscheidt men de uitvoeringsvormen single turn en multiturn. De single turn encoders genereren een aantal absolute digitale codes bij een enkele asomwenteling van de ingaande as met slechts één codeschijf. Resoluties van 1024 binaire codes of meer per omwenteling zijn geen uitzondering.

Voor multiturn apparaten wordt een set extra codeschijven toegevoegd die met een tandwieloverbrenging onderling worden gekoppeld. Als de ingaande as van de encoder roteert, draaien de toegevoegde schijven als de cijferraderen in een kilometerteller. De rotatiepositie van elke schijf wordt optisch afgetast waarbij de binaire gegenereerde meetwaarde overeen stemt met de positie van de ingaande as van de encoder i.c. de positie van het bewegende object.

Afhankelijk van de uitvoering komen resoluties voor tot 16 bits codes (2^{16}) overeenkomend met 65.536 stappen of $0,005^\circ$.

De binaire code die door een encoder wordt gegenereerd kan worden gepresenteerd in verschillende hoedanigheden zoals een binair getal, een BCD-code (Binary Coded Decimals), een Gray-code e.d. De genoemde codes zijn per getal een aantal enen en nullen die elk hun eigen bewerking nodig hebben om een concrete decimale waarde voor te stellen. Bij



8 Opengewerkte absolute multiturn encoder

de binaire code stelt elk bit een macht van 2 voor. In de BCD-code zijn de bits gegroepeerd in clusters van vier bits die elk een decimaal voorstellen. Per decimaal wordt dus geteld van de waarde nul (0000) tot de waarde negen (1001). De binaire en de BCD-code zijn eenvoudig uitleesbaar maar hebben het nadeel dat bij overgang naar een volgend getal meerdere bits tegelijk moeten veranderen waarbij zich mogelijke ongewenste tussenresultaten kortstondig voor kunnen doen. Als voorbeeld: de stap van 1 (0001) naar stap 2 (0010) geeft binnen de stap veranderingen van twee bits.

De Gray-code geeft bij het stappen naar een volgende waarde altijd maar een bit verandering in de stap. Merkwaardige

tussenresultaten zijn hierdoor uitgesloten. Aan de bits in de Graycode kunnen dus niet zondermeer de machten van 2 worden toegekend afhankelijk van hun positie in de code. Er zal dus een vertaalslag moeten plaatsvinden om te komen tot een gewogen getalpresentatie.

Informatiebronnen

Documentatie "Position and motion sensors" van Posital Fraba
 Informatieve bespreking met Dick Brouwer, TSB-Bescom Duiven

Fotoverantwoording

Posital Fraba afb. 2, 4, 7, 8
 Wils van Soldt afb. 1, 3, 5, 6

BRUGGENDAG 2018

BRUGGEN ALS LANDMARK

15 MAART 2018 Voor aanmelding zie www.bruggenstichting.nl

Onder dit motto wordt op 15 maart 2018 in Utrecht de 5e Bruggendag gehouden in het auditorium van Rijkswaterstaat, gebouw Westraven, Utrecht, waar we voor de eerste maal een buitenlandse spreker mogen verwelkomen.

Als dagvoorzitter fungeert prof. ir. H.H. (Bert) Snijder, hoogleraar aan de TU Eindhoven, die daarnaast ook verslag zal doen van de IABSE-bijeenkomst in Vancouver.

Op het programma staan de volgende lezingen:

Over het ontwerpen en construeren van markante bruggen

Prof. Dr. Mike Schlaich, TU Berlijn, SBP schlaich bergermann und partner.

Renovatie van een monument

Dick Schaafsma, RWS Grote Projecten en Onderhoud, afd. Bruggen en Viaducten

In 1936 is de Waalbrug van Nijmegen in gebruik genomen, op dat moment de grootste boogbrug van Europa.

Nu moet deze aangepast worden aan de huidige eisen, maar met behoud van het monumentale karakter.

Talent in aantocht

Ir. J. Smits, architect RHDHV / TU Delft

Een aantal pitches van studenten van de Bridge Design Group van de TU Delft worden gepresenteerd.

Landmark in aanbouw

BAM / HSM / Sarens / ProRail / Gemeente Utrecht

Het Amsterdam Rijnkanaal vormt een barrière tussen het centrum van de stad Utrecht en de stadsuitbreiding Leidsche Rijn aan de westzijde van het kanaal.

Tussen de Zuilensebrug in de N230 en de Galecopperbrug in de A12 liggen al zeven bruggen, de achtste is nu in aanbouw.

Sprong over het IJ

Gemeente Amsterdam

De gemeente Amsterdam heeft serieuze plannen voor het bouwen van een brugverbinding tussen het stadscentrum en Amsterdam Noord.

De missie van de architect als brugontwerper

René van Zuuk, architect.

Nieuw op deze dag is de opstelling van een aantal 'Thema-Trefpunten' in de foyer naast het auditorium waarin een aantal niet commerciële organisaties in discussie wil gaan met congresgangers rond thema's die de dagvoorzitter tijdens de plenaire zitting zal aangeven.

We zien uw aanmelding via www.bruggenstichting.nl graag tegemoet.

DE RUGGENGRAAT VAN CALATRAVA

IN DE REEKS BRUGGEN IN DE KUNST DIT
KEER EEN ONDERDEEL VAN DE BERLIJNSE
OBERBAUMBRÜCKE, GELITHOGRAFEERD
DOOR DE ALKMAARSE KUNSTENARES
MARJA VLEUGEL.

Michel Bakker



Oberbaumbrücke, recente opname, ZO-zijde.

DE BRUG

Over de Spree in Berlijn ligt sinds jaar en dag de Oberbaumbrücke. Een iconische brug met een groot verleden. De eerste brug met die naam lag iets zuidelijker en maakte nog deel uit van de oude stadsmuur. Er werd destijds tol geheven bij een smalle doorgang in het midden. Deze doorgang was 's nachts afgesloten met een bespijkerde boom (Baum), vandaar de naam. Er was overigens ook een stroomafwaarts gelegen Unterbaumbrücke.



Oberbaumbrücke met U-Bahn en paard-en-wagens, ingekleurde foto begin 20e eeuw, NW-zijde. Links het metrostation Stralauer Tor.

Bij de stadijuitbreiding van 1732 verplaatste men de 'Oberbaum' naar de huidige locatie. Toenemend verkeer en plannen voor een eerste metrolijn (door Siemens & Halske) deed het stadbestuur besluiten de architect en stadsbouwmeester Otto Stahn (1859-1930) een nieuwe brug te laten ontwerpen. Het werd een bakstenen brug (bouwperiode 1894-1896) met neogotische stijlkenmerken en twee 34 m hoge torens in het midden: een mooie herinnering aan de oude functie van waterpoort. De metro zou gaan rijden op het hogere deel aan de ZO-zijde. Daaronder plande men een voetgangerspromenade onder kruisgewelven. De openingsrit van de Berlijnse metro vond trouwens plaats op 18 februari 1902.

Bombardementen tijdens de Tweede Wereldoorlog brachten zware schade toe aan de brug en in 1945 werd het middengedeelte door de Wehrmacht ook nog opgeblazen in een wanhopige poging de Sovjetopmars te hinderen. Na de oorlog lag de provisorisch herstelde brug op de grens van het Amerikaanse- en Sovjet-deel, de stad was toen

immers in vier sectoren verdeeld. Met de totstandkoming van de 'Berlijnse muur' werd de brug op 13 augustus 1961 voor normaal verkeer gesloten. Er resteerde slechts een streng gecontroleerde voetgangersovergang voor West-Berlijners. Na de Wende (val van de 'muur' en Duitse hereniging) in 1989 startte een uitgebreide renovatie. De Spaanse architect, constructeur en kunstenaar Santiago Calatrava (1951) maakte een ontwerp voor een nieuw stalen metrodeel tussen de beide torens. De feestelijke opening geschiedde voor voetgangers en wegverkeer in 1994, een jaar later voor de metro. De

stadsdistricten Kreuzberg (voormalig West-Berlijn) en Friedrichshain (voormalig Oost-Berlijn) stonden wederom in volledige verbinding. Sinds 1998 herdenken de bewoners de verdeeldheid tijdens de Koude Oorlog met een 'Wasserschlacht', een ludiek gevecht op de brug met tomaten, meel en veel water.

DE KUNSTENARES

Marja Vleugel volgde de opleiding aan de Hogeschool voor de Kunsten in Utrecht: autonome vormgeving – grafiek, met als specialisatie lithografie en de etstechniek.

Marja Vleugel bij het af-drukken van een litho.



Naast haar werk als beheerder in het Grafisch Atelier Alkmaar, maakt zij zelf grafiek: steendrukken (litho's), etsen, linoleumsnedes en meer. Zij hanteert en combineert al doende verschillende grafische technieken. "De keuze voor een techniek is zowel bepalend voor het formaat als het onderwerp. De lithosteen is groot en uitnodigend, de kleine etsplaten kies ik meer voor intieme afbeeldingen." Bij de linoleumsnedes werkt zij bij voorkeur in zwart/wit en niet met grijstonen, waarbij zij zich laat dwingen een duidelijke keuze te maken door simpelweg te gutsen of te laten staan. Sommige thema's als een verlaten landschap, een lijnenspel, de beweging en het licht in de architectuur, komen door de jaren heen in haar werk terug. Altijd gaat het haar meer om de sfeer van het thema dan om het thema zelf. Marja Vleugel heeft een zekere voorliefde voor bruggen. In de Verenigde Staten heeft zij verschillende bruggen gefotografeerd en later tot litho's uitgewerkt. Ook de Vrijheidsbrug over de Donau te Boedapest (1896) en de Gazelabrug te Belgrado (1966-1970) heeft zij in litho gevangen, evenals de Erasmusbrug te Rotterdam en de oude brug over de Maas te Maastricht. Marja Vleugel over haar fascinatie voor bruggen: "Aanvankelijk word ik

getrokken door het water: de kustlijn, een meer, rivier, sloot, waterval of kanaal. Daar kom je ook bruggen tegen, functionele bouwsels die water overbruggen en oevers verbinden. Buiten het feit dat het vaak prachtige objecten zijn - heel divers, zowel historisch als modern - vind ik vooral het visuele aspect boeiend. Het licht van het water dat reflecteert op de brug, de constructies, algengroei en perspectief, de beschutting voor mens en dier aan de onderkant; er valt veel schoonheid te ontdekken. Dit alles is voor iedere brug onder diverse omstandigheden altijd anders en voor mij telkens een reden om de bruggen die ik tegenkom van meerdere kanten te bekijken en dit vast te leggen op de foto. Omdat ik mezelf meer een graficus vind dan fotograaf, gebruik ik deze foto's dan vooral als thema in mijn prenten."

DE LITHO

Het metroviaduct van de Oberbaumbrücke bestaat, op het middelste veld na, uit preflexliggers en vakwerken, opgelegd op portalen. De litho toont nu juist de onderkant van dat middelste veld, over het gedeelte waar het scheepvaartverkeer mag passeren. "Hier zijn twee stalen 'vakwerken' te zien, die

zich in twee schuine vlakken onder de dekconstructie bevinden. De vakwerken hebben één gemeenschappelijke onderrand in het midden onder het rijdek, waardoor een soort ruggengraatconstructie ontstaat. Deze gemeenschappelijk onderrand bevindt zich ter plaatse van de grootste belasting en de randen aan de zijkanten vormen tezamen met de dwarsdragers ('verticalen') en diagonalen de 'vakwerken'. De diagonalen lijken bestemd voor het opnemen van remkrachten."

Met dank aan Fred van Geest, Olga van der Klooster, Olga Minkema, Frans Remery.

BRONNEN

R. Haubrich, *Berlin. Der Architekturführer*, Salenstein 2010.

D. Schendel, *Architectural Guide. Berlin*, Berlijn 2016.

Berlijn-blog.nl en diverse websites, waaronder <https://mvleugel.exto.nl> en <https://www.youtube.com/watch?v=6c0tVX539Tg>

Raad van Advies

ARUP





'Brug in Berlijn', litho, Marja Vleugel, 2007, 100 x 70, oplage van 7.

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING

BRUGGEN

