

Nr.4 Jaargang 26
december 2018

Bruggen



INVAREN LINIEBRUG OVER HET AMSTERDAM-RIJNKANAAL

Inhoud

4 PLATFORM BBOBB



5 BOEKBESPREKING



6 LINIEBRUG, NIGTEVECHT



20 POSITIEMETING VAN
BRUGKLAPPEN

27 BRUGGENDAG 2019



28 TWEE WONDERLIJKE
FENOMENEN: ANTON PIECK EN
DE PONTE VECCHIO



32 DE CATHARINABRUG



38 DE WILHELMINABRUG BIJ
DEVENTER



44 VIERDE SYMPOSIUM
FIETS+VOETBRUGGEN



46 TIJDELIJKE, BEWEEGBARE
BRUG IN N246 NABIJ WEST-
KNOLLENDAM

COLOFON

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

Opgericht 10 april 1992

REDACTIE

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

BESTUUR

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

RAAD VAN ADVIES

Arup Nederland, DIVV Amsterdam, IV-Infra, Janson Bridging, Mobilis TBI Infra, Movares, ProRail, Rijkswaterstaat, 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

Het nachtelijke invaren van de Liniebrug,
foto: ipv Delft

OPLAGE

1000

ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

Een druk vierde kwartaal voor de Bruggenstichting!
Een symposium over Fiets*Voetbruggen in Amersfoort mocht zich weer op een goede opkomst verheugen. De locatie lijkt te klein te worden en overwogen wordt om te zien naar een grotere locatie.

De afronding van het HBO-studieboek BRUGGEN, basiskennis voor civieltechnici trok een grote wissel op eindredacteur, auteur, vormgever en het bureau. Op het moment van schrijven zijn drukker en binder aan de slag

om er een mooi eindproduct van te maken. Op bestuurlijk niveau wordt momenteel achter de schermen veel energie gestoken in het Platform Brugbeheerders ontmoeten brugbeheerders (BBOBB), waarvoor in dit nummer meer aandacht is ingeruimd. Ook zijn uiteraard de voorbereidingen voor de Bruggendag 2019 in volle gang. Kortom, we kunnen concluderen dat de Bruggenstichting nu en in 2019 een actieve club van enthousiaste mensen en interessante projecten zal blijven. Rest mij u en uw dierbaren een gezond 2019 toe te wensen!

Fred van Geest, hoofdredacteur.

Rectificatie

In ons vorig nummer is per abuis een verkeerde auteur genoemd bij het artikel 'Haarlemse Bruggen in klare lijn'. Trouwe lezers vermoedden natuurlijk al wel dat Michel Bakker als trouwe auteur van artikelen in de reeks 'Bruggen in de Kunst' de auteur moest zijn. Maar graag herstellen we deze ommissie: alle eer en onze excuses aan Michel Bakker!!



NOTEER IN UW AGENDA: BRUGGENDAG 14 MAART 2019 (PAGINA 27)



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.



(BRUGBEHEERDERS ONTMOETEN BRUGBEHEERDERS)

Oprichting

Tijdens de Bruggendag 2018 op 15 maart kondigde de Nederlandse Bruggenstichting de oprichting van een nieuw platform aan: BBOBB. Op 16 mei 2018 heeft een eerste oriënterende bijeenkomst plaatsgevonden met vertegenwoordigers van gemeenten, provincies, Rijkswaterstaat, adviseurs en aannemers. Dit kan gezien worden als de startbijeenkomst van het platform BBOBB. De positieve respons tijdens de bijeenkomst heeft de behoefte aan een dergelijk platform bevestigd.

Waarom BBOBB?

Zowel (bruggen)beheerders, adviseurs als bouwers staan voor grote (maatschappelijke) uitdagingen, waaronder:

Duurzaamheid

Energieneutraal bouwen, verbeteren van het hernieuwbare grondstoffenverbruik en vergroting van de productiviteit zijn uitdagingen waarvoor de sector zich geplaatst ziet. Maar hoe vul je dat in de praktijk in?

Vervangingsopgaaf

Het is de verantwoordelijkheid van de brugbeheerder dat de bruggen in zijn areaal voldoen aan de wettelijke vereisten. Maar met een veranderende regelgeving is het een lastige opgave om aantoonbaar te maken dat 'oude' bruggen voldoen aan 'nieuwe' regelgeving. Het feit dat een groot aantal van die bruggen de prepensioenleeftijd nadert en dan ook nog eens zwaarder belast worden dan voorzien tijdens het ontwerp, maakt het er niet eenvoudiger op. De verwachting is dat we in de periode 2025-2050 geconfronteerd zullen gaan worden met een enorme vervangingsopgave.

Maar hoe pak je dat dan aan?

Overheid als regisseur

In het verleden werden bruggen in de meeste gevallen ontworpen, gebouwd en onderhouden door de eigenaar. Er was in ieder geval altijd een sterke betrokkenheid van de eigenaar bij de totstandkoming en de instandhouding van bruggen. Tegenwoordig manifesteren eigenaren zich meer en meer als regisseurs van deze processen en besteden de meeste stappen uit aan marktpartijen. Hierdoor is de terotechnologische cirkel niet meer gesloten (ervaringen tijdens het beheer

en onderhoud worden niet meer automatisch teruggekoppeld naar het ontwerp). Om de toekomstige kwaliteit te borgen is het sluiten van de terotechnologische cirkel noodzakelijk.

Maar hoe doe je dat dan?

Asset Management

Tegenwoordig volstaat traditioneel beheer en onderhoud niet meer. De instandhouding van bruggen staat niet meer op zichzelf, maar is een onderdeel van een netwerk of een wijk. Ook de budgetten worden steeds meer als zodanig toegekend. Kortom, de implementatie van Asset Management is onvermijdelijk. Maar dat betekent naast organisatorische aanpassingen, dat ook het areaal bekend en op orde dient te zijn. Goed Asset Management is een voorwaarde om inzicht te krijgen in de vervangingsopgave zoals die voor ons ligt. Voor de implementatie van Asset Management is het met name van belang dat er op bestuurlijk niveau draagvlak is.

Maar is dat er dan wel?

De 'bouwers' van gisteren verlaten het arbeidsproces

Veel van de betrokkenen bij het ontwerpen en bouwen van de bruggen hebben inmiddels de pensioengerechtigde leeftijd bereikt of zullen die vandaag of morgen bereiken en verlaten daarmee het arbeidsproces. Daarmee dreigt een kennisdrain, vooral omdat de levensduur van de meeste bruggen de werkzame periode van mensen overtreft.

Hoe houden we deze kennis toegankelijk?

Personeel

In een overspannen arbeidsmarkt is het voor zowel beheerders, adviseurs als bouwers niet eenvoudig geschikte medewerkers te vinden. Al helemaal niet voor een vakgebied met een imagoprobleem. Want over één ding lijken we het allemaal eens te zijn: 'techniek en met name onderhoud is niet sexy'. Het vinden van medewerkers is één, maar ze vervolgens (bij) scholen is de volgende uitdaging.

Aanpak

Techniek

Als duidelijk is dat er ingegrepen dient te worden, dan rijst de vraag welke levensduur verlengende maatregelen het beste antwoord geven op de gestelde eisen (milieu, veiligheid, financiën, etc.). En hoeveel levert standaardisatie van elektrotechnische en

werktuigbouwkundige onderdelen op aan kostenbesparing en milieu-impact?

Hoe komen we tot dit inzicht?

Als we bovengenoemde uitdagingen aanpakken met de huidige technieken en werkwijze, is dit een gemiste kans om toekomstbestendige infrastructuur neer te zetten. Maar het is vooral ook veel te kostbaar en tijdrovend; het vereist financiële middelen en menskracht die we simpelweg niet hebben. Het vinden van een antwoord op bovengenoemde uitdagingen vraagt om innovatie, samenwerking en kennisdeling. De Bruggenstichting zag vele individuele initiatieven ontstaan waardoor het lastig werd om 'door de bomen het bos te zien'. Er is de laatste maanden hard gewerkt aan het stroomlijnen van deze initiatieven en met de oprichting van het platform BBOBB wil de Bruggenstichting de sector een platform bieden van waaruit innovatie, samenwerking en kennisdeling zal worden gefaciliteerd en waar mogelijk georganiseerd. Op basis van het netwerk van de Bruggenstichting zal BBOBB; koppelen, verbinden, plannen toetsen en als sparringpartner optreden bij ideevorming. Met als ambitieus doel: een betere samenwerking, versnelling en opschaling, meer innovatie en productiviteit, gebruik van slimme ICT- en datatoepassingen en een excellente opleidings- en onderwijsinfrastructuur.

De Bruggenstichting doet dit vanuit haar mission statement

De Bruggenstichting is een materiaal-onafhankelijk en niet commercieel platform dat zich richt op het vastleggen en uitdragen van kennis over bruggen, alsmede het stimuleren en ondersteunen van innovatieve ontwikkelingen, mede op het gebied van duurzaamheid en circulariteit. Zowel voor wat betreft totstandkoming als instandhouding.

Ben je beheerder, bouwer of adviseur en wil je meedoen of op de hoogte gehouden worden van het platform BBOBB? Meld je dan hiervoor aan bij de Bruggenstichting. Op dit moment stelt het bestuur een actieplan samen en na de volgende Bruggendag op 14 maart 2019 gaan we van start.



Bridge Techniek bemiddelt
werktuigbouwkundige en elektrotechnische
monteurs voor bruggen en sluisen

BRIDGE TECHNIEK: DE BRUG NAAR CONTINUITEIT

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

BRIDGE DECK ERECTION EQUIPMENT A BEST PRACTICE GUIDE

BOEKBESPREKING

Auteurs

Leden van IABSE Werkgroep 6: J. de Boer, M. Däbritz, S. Harridge, E. Homsy, M. Jatkar, T. Lecomte, M. Meyer, A. Rovera, G.M. Scotto en P. Vion.

Uitgever: ICE Publishing, Londen
(www.icebookshop.com)
ISBN 978-0-7277-6193-4
Prijs: € 120
Aantal pagina's: 450 – formaat 195 x 245 mm

Het boek bestaat uit vier delen

- deel 1 Definities, Management en Veiligheid;
- deel 2 Apparatuur voor het plaatsen van brugdekken
- deel 3 Ontwerpaspecten en voorspanning
- deel 4 Aanbevelingen voor de industrie

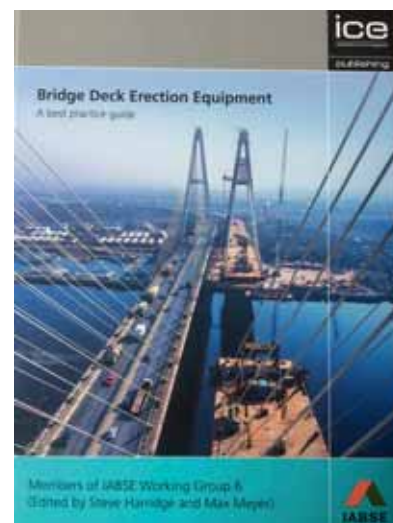
In 20 hoofdstukken wordt een overzicht gegeven van methoden en apparatuur waarmee brugdekken in het werk worden gemaakt, die niet met een op het maaiveld steunende bekisting in het werk worden gestort of aangebracht. Niet aan de orde komen, zoals de titel van het boek al aangeeft, het aanbrengen van pijlers of bogen.

Opmerkelijk en logisch tegelijkertijd is dat voorspanning wordt gepresenteerd als een methode om brugdekken te maken (uitkragsvoorspanning in de vrije uitbouwmethode) en niet zozeer als een onderdeel van voorgespannen beton dat in de definitieve stand van de brug zorgt voor de krachtoverdracht naar de steunpunten (continuïteitsvoorspanning in combinatie met de uitkragsvoorspanning).

Brugdekken kunnen met lanceerinrichtingen verticaal en horizontaal op de pijlers worden aangebracht. Een onderscheid in het aanbrengen van brugdekken van pijler naar pijler is de verdeling in het aanbrengen in moten (brugdekdelen in dwarsdoorsnede), in liggers (brugdekdelen in langsdoorsnede) en in complete brugdekken. Bij tuibruggen worden de tuien bij de bouw van de brug gebruikt als een installatie om brugdekonderdelen te plaatsen.

In het boek wordt ook aandacht besteed aan de apparatuur die benodigd is voor het schuiven van brugdekken in langs- en dwarsrichting. Een duidelijke meerwaarde geeft het boek door de aandacht die het besteedt aan de ontwerpaspecten en voorspandetails, die er bij het ontwerp van

brugdekken in de uitvoeringsfase van de brug actueel zijn. Kortom een boek dat mede dankzij de goede illustraties niet mag ontbreken op de bureaus van ontwerpers en uitvoerders van grotere bruggen.



LINIEBRUG, NIGTEVECHT

ir Christa van den Berg, ipv Delft

ir Jeroen Koot, Jeroen Koot Constructie Advies

Bij het ontwerp draaide het bij dit project vooral om ruimtelijke inpassing, gebruikerscomfort en transparantie



De nieuwe
fietsbrug over
het Amsterdam-

Rijnkanaal bij Nigtevecht is op 7 september jl. feestelijk geopend, waarbij de naam Liniebrug voor het eerst is gepresenteerd. Fietzers en voetgangers maken sinds begin augustus al gebruik van de boogbrug.

ONTWERP

Bij het ontwerp draaide het bij dit project vooral om ruimtelijke inpassing, gebruikerscomfort en transparantie. Bij een doorvaart-hoogte van 10 meter was dat niet makkelijk, maar het resultaat mag er zijn.

Eerdere ideeën voor een ontwerp, zoals een Gondelbrug of een brug met een lift, bleken niet uitvoerbaar of te duur. Dit vanwege de hoge kosten van toezicht en bediening, storingsgevoeligheid en de wachttijden die liften met zich meebrengen. Daarnaast was het ontwerp sociaal onveilig en kwetsbaar voor vandalisme.





1 Boveraanzicht

Voor fietsers is de brug een belangrijke nieuwe verbinding in het regionale netwerk van fietspaden.

Het ontwerp van de hoofdoverspanning is geïnspireerd door de ligging over het Amsterdam-Rijnkanaal (afb. 3). Het merendeel van de bestaande bruggen over dit kanaal bestaat uit boogbruggen die tussen 1965 en 1981 bij de verbreding van het kanaal zijn aangelegd. Behalve de boogvorm en de enkele overspanning kenmerken de typische Amsterdam-Rijnkanaalbruggen zich door een functionele vormgeving. De constructieve werking is van het ontwerp af te lezen en verbindingen zijn zichtbaar. Eenzelfde aanpak is toegepast op de Liniebrug, nabij Nigtevecht.

NATUURVERBINDING

De nieuwe brug maakt deel uit van een groter project, genaamd 'fiets- en natuurverbinding Nigtevecht'. Behalve de brug realiseerde men hier in samenwerking met de gemeenten Stichtse Vecht en De Ronde Venen een natuurverbinding die de Vinkeveense en Loosdrechtse Plassen verbindt.

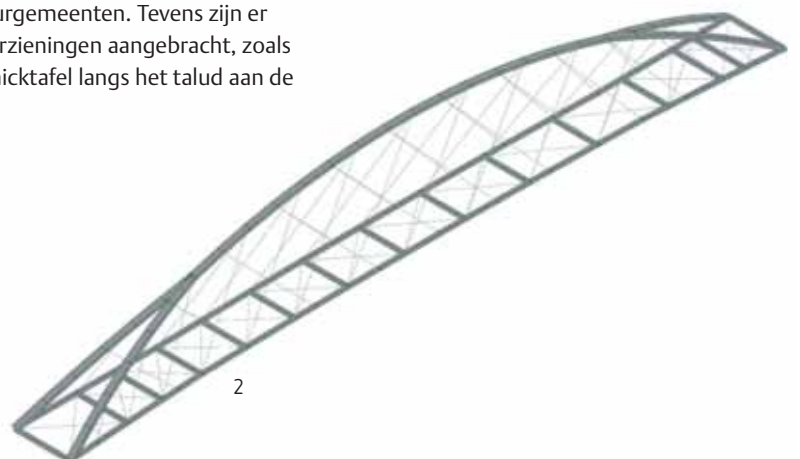
In samenhang met de brug ligt er ook een faunatunnel onder de weg over de Kanaaldijk-Oost ten zuiden van Nigtevecht om dieren die het kanaal zwemmend willen oversteken, op een veilige manier de autoweg te laten kruisen (afb. 1). Ook werden de hoge oevers verlaagd en werd de Kanaaldijk-Oost meer naar het oosten verplaatst. Voor fietsers is de brug een belangrijke nieuwe verbinding in het regionale netwerk van fietspaden. Alhoewel de brug niet in de gemeente Amsterdam ligt, heeft zij wel een financiële bijdrage geleverd waardoor het nabijgelegen Amsterdam Zuidoost met een aantrekkelijke fiets- en wandelroute is verbonden met de buurgemeenten. Tevens zijn er recreatieve voorzieningen aangebracht, zoals een lange picknicktafel langs het talud aan de westzijde.

ONTWERP EN CONSTRUCTIE

BOOG

In de inschrijvingsfase bestaat het ontwerp uit een dubbele vakwerkboogbrug. Die is weliswaar redelijk slank, maar omdat omwonenden een zo transparant mogelijke brug willen, besluit het ontwerpteam een nog slankere en elegantere netwerkboogbrug te ontwerpen: een netwerkboog! (afb. 2)

De netwerkboog is constructief gezien geen eenvoudige opgave. Hoewel dit type brug al halverwege de vorige eeuw werd bedacht



2

door de Noor Per Tveit, heeft de netwerkboog pas de laatste tien jaar een vlucht genomen. De constructie is meervoudig statisch onbepaald, waardoor de benodigde berekeningen complex zijn en niet met de hand gedaan kunnen worden. Inmiddels is het ontwerpen van netwerkbogen dankzij software voor EEM-berekeningen veel eenvoudiger. Tientallen varianten kunnen worden doorgerekend om de gehele constructie digitaal te optimaliseren.

In vergelijking met de vakwerkboog heeft een netwerkboog meer hangers en dus meer verbindingen. Daar tegenover staat dat de totaal benodigde hoeveelheid staal zo'n vijftig procent lager ligt dan bij een vakwerkbrug. De besparing komt met name op conto van boog- en langsliggers, die dankzij het grotere aantal hangers aanzienlijk slanker kunnen zijn. (afb. 3) Door het grote aantal hangers zijn de momenten in boog- en langsliggers relatief klein en hoeven deze praktisch alleen op de normaalkracht uit het overall moment gedimensioneerd te worden. De hoogte van zowel boog- als langsliggers komen uit op 400 mm, de massa aan staal op 180 ton (exclusief de trekstaven).

Het uiteindelijke ontwerp, een netwerkboog met een gevorkte enkele boog en 26 hangers

aan elke zijde van het brugdek, sluit door het minimale materiaalgebruik prima aan op de klimaatambities van de opdrachtgevers. Daarnaast is het ontwerp nóg slanker en transparanter.

BETONNEN DEK

Voor het brugdek worden diverse opties overwogen: een massief betonnen dek, breedplaatvloeren die dragen op aan de hoofdliggers gelaste stalen strippen, een staal-betonvloer en breedplaatvloeren die afdragen op dwarsliggers. Dat de vloer van beton moet zijn, staat echter vast. Voor de aanvaarbelaasting fungeert het dek dan als één grote stijve schijf en daarnaast is het gewicht nodig om de hangers altijd op trek te belasten. Het loshouden van de betonvloer is vanuit oogpunt van gebruik en onderhoud geen optie vanwege de benodigde voegovergangen. Ook voor de robuustheid bij aanvaring is een volledig prefab dek geen optie.

Bij de keuze spelen diverse factoren een rol. Het gewicht bij het invaren van de brug, onderhoudskosten, praktische uitvoerbaarheid, maar ook een verzorgde uitstraling van de onderzijde van het brugdek is van belang. Een staalbetonvloer valt bijvoorbeeld af omdat het conserveringssysteem van de stalen onderzij-

de al binnen de door de opdrachtgever geëiste ontwerplevensduur van honderd jaar vervangen zou moeten worden. Het op de voorbouwlocatie storten van de vloer is geen optie in verband met het transportgewicht, een bekisting op de eindlocatie niet in verband met hinder voor de scheepvaart.

BREEDPLAATVLOER

Uiteindelijk valt de keuze op breedplaatvloeren die afdragen op de randliggers, waarbij de druklaag pas wordt aangebracht na het invaren van de brug (afb. 4). Zo blijft het invaargewicht beperkt omdat wapening en druklaag nog niet aanwezig zijn bij het invaren.

Het toepassen van breedplaatvloeren is ook constructief een goede oplossing. De onderzijde van een boogbrug fungeert als trekband en de trekkrachten kunnen voor scheurvorming in het beton zorgen. Dit probleem wordt voorkomen door het in een later stadium de deklaag te storten wanneer de brug al op de uiteindelijke steunpunten ligt. De stalen randliggers nemen zo vrijwel alle trekspanningen in lengterichting van het dek op. De trekkrachten in het betondek blijven nu beperkt tot die ten gevolge van de veranderlijke belasting en temperatuurverschillen tussen de betonvloer en de stalen langsliggers, alsmede krimp.

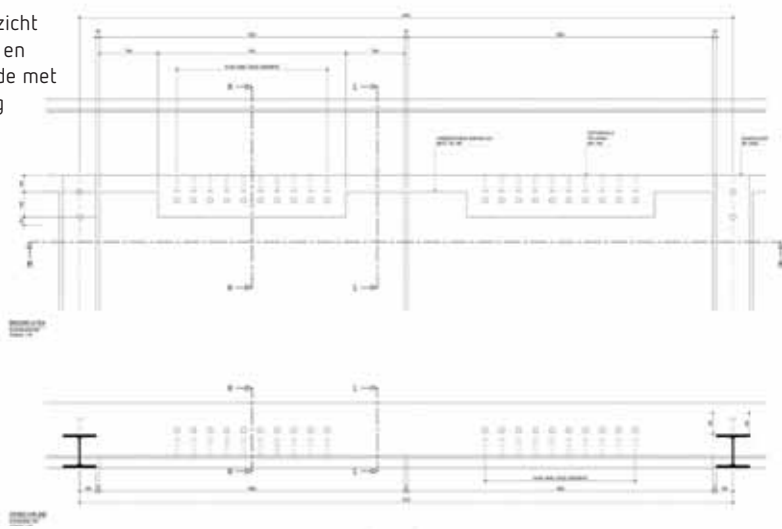


3 De boogbrug in zijaanzicht

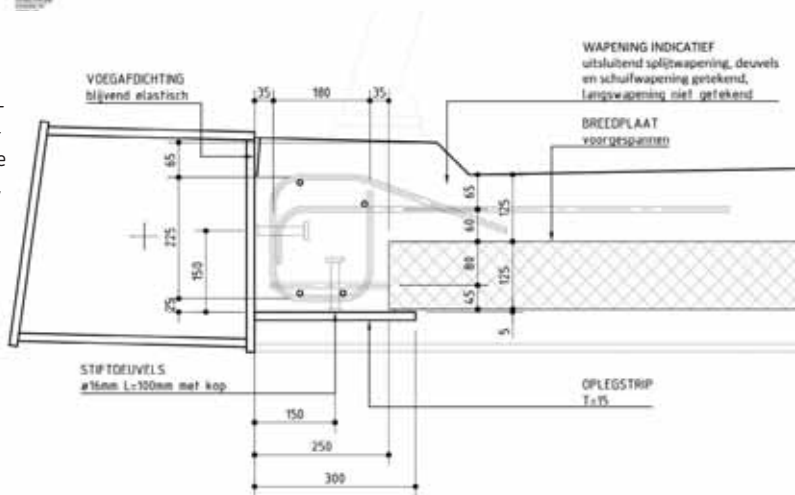


4 Ook de onderzijde van het dek ziet er verzorgd uit!

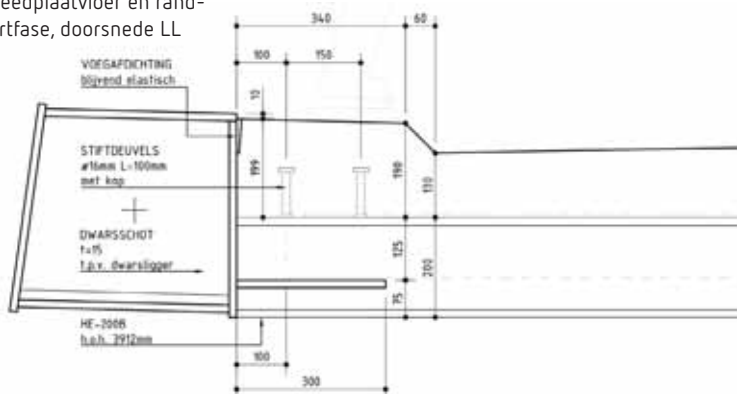
5 Bovenaanzicht breedplaten en dekdoorsnede met verdeueling



6 Deuvels voor verbinding betonvloer aan de randliggers, doorsnede KK



7 Verbinding breedplaatvloer en randligger in de stortfase, doorsnede LL



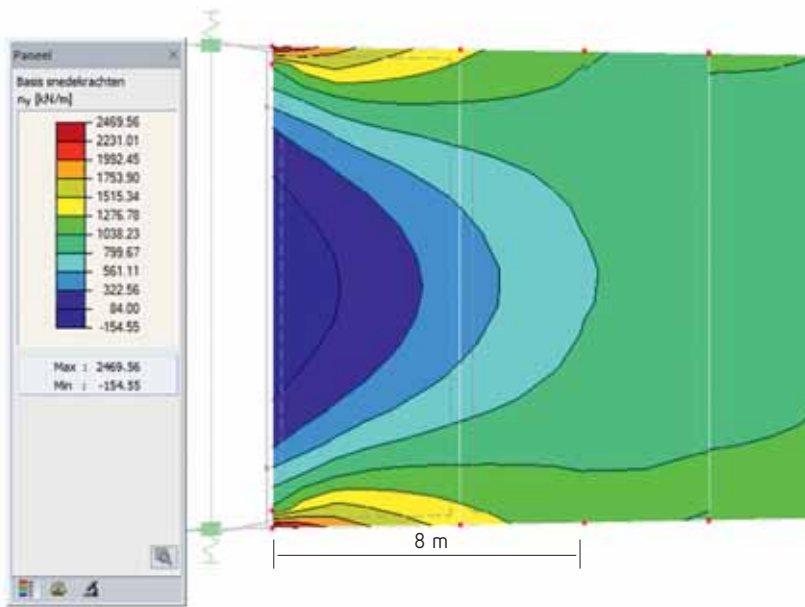
VERBINDING BREEDPLAATVLOER-RANDLIGGER (afb. 5-7)

De breedplaten worden opgelegd op aan de randligger gelaste platen van 300 mm, maar niet over de gehele breedte van de plaat. Er ontstaat een terugliggend middendeel op de randliggers met ruimte voor stiftdeuvels. Na het storten van de druklaag ontstaat er een staalbetonverbinding dek-randligger ten behoeve van de overdracht van schuifkrachten. Dicht bij de landhoofden komt een groter aantal stiftdeuvels. De totale trekkracht in het dek, inclusief krachten door temperatuurverschil tussen het betonnen dek en de stalen randliggers, wordt aan het einde van het dek overgedragen. Deze kracht is echter veel te groot om in een klein gebied op te nemen. De breedte van het dek en dwarskrachtvervorming in het vlak van de betonplaat zorgen voor een overdrachtslengte van 8 meter waarin de trekkracht in het beton geleidelijk wordt overgedragen naar de randliggers (afb. 8).

Het gekozen deuvelpatroon sluit aan op de krachten in deze overdrachtszone. De totale trekkracht in het beton, met een bovengrens van 4700 kN over de gehele breedte van het dek, wordt verspreid over een lengte van $2 \times 8 \text{ m}^2$. Hiervoor zijn gemiddeld 10 deuvels $\text{Ø}16$ per m^2 nodig. Buiten deze zone hebben de deuvels geen directe bijdrage in de hoofdkrachtenwerking en is het aantal gereduceerd (afb. 9).

DWARSLIGGERS

De excentrische oplegging van de breedplaten zorgt ervoor dat de randliggers op torsie worden belast en willen roteren. Om deze vervorming te beperken, worden HEB200 dwarsdragers toegepast die ook voor de constructieve samenhang zorgen in de transportfase (afb. 11). In de bouwfase zijn de dwarsliggers dus onmisbaar, maar qua sterkte zijn ze niet van belang. In de gebruiksfase kunnen ze echter zorgen voor ongewenste afdracht van verticale belasting in lengterichting. Daarom is de vervormingscompatibiliteit van de buiging van de betonnen vloer en de dwarsdragers geanalyseerd, zowel door vervormingen tijdens het storten als door een onbedoeld voertuig. Deze analyse bepaalt de wapening die nodig is voor de krachtoverdracht tussen betonplaat en dwarsdragers.



8 Afname trekkracht in betonnen dek vanaf einddwarsdrager

GEVORKTE BOOG

Voor de boog is de stabiliteit het belangrijkste ontwerpaspect. Bij de booggeboorte zijn beide poten van de gevorkte boog ruim 600 mm breed (afb. 10 en 12). Naar boven toe neemt de breedte geleidelijk toe, tot een totale breedte van ruim 1700 mm in het broekstuk. In de enkele boog loopt de breedte terug tot 900 mm. De positie van de vork is zodanig gekozen dat het uitknikken van de beide poten niet maatgevend is. Door de gelijkmatig gekromde uitvoering van de boog geven normaalkrachten in lengterichting een belasting dwars op de onder-

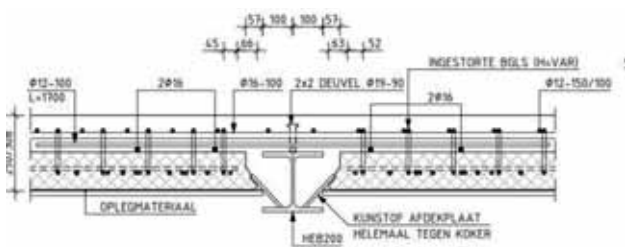


9 Randliggers met stiftheuvels op werkplaats CSM

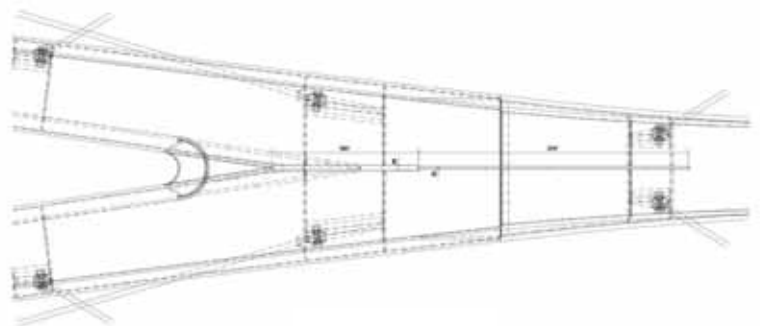


10 Vooraanzicht gevorkte boog

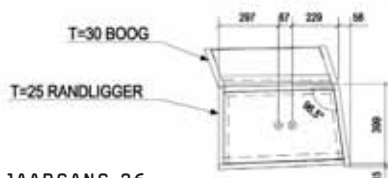
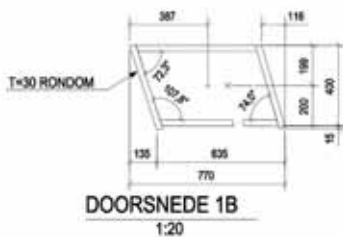
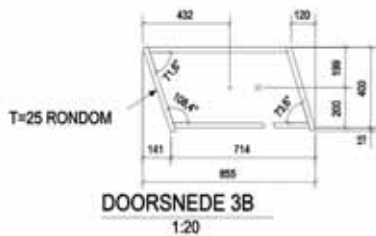
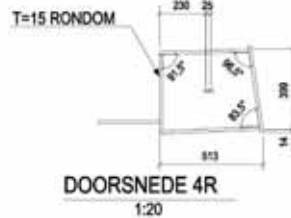
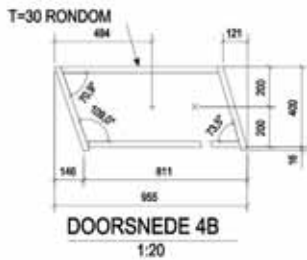
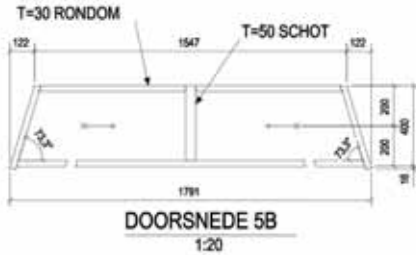
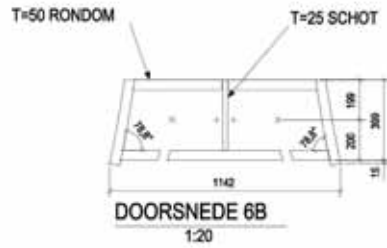
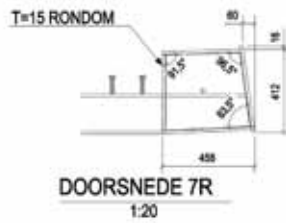
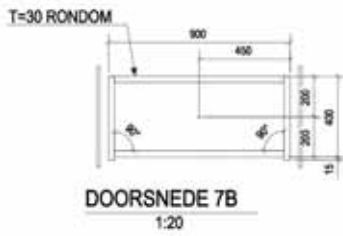
bovenplaat. Tot een breedte van 900 mm is deze belasting meegenomen als extra kracht in de doorsnedetoets. Bij het broekstuk neemt de overspanning verder toe. Daarom wordt hier een langsvorstijver aangebracht om de dwarsbelasting op te nemen en naar dwarsverstijvers af te dragen (afb. 12).



11 Doorsnede breedplaatvloer en dwarsligger (HEB 200)



12 Langsvorstijver in broekstuk gevorkte boog

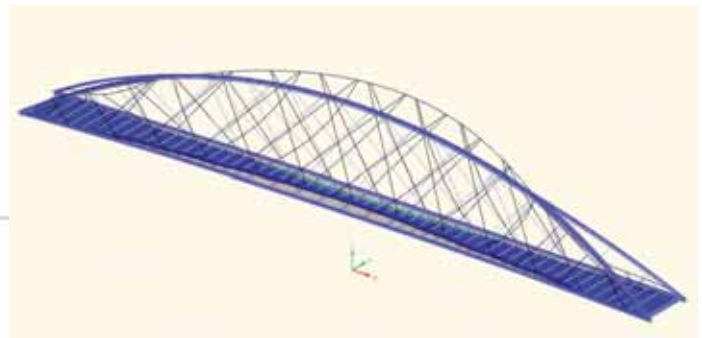


HOEKVERDRAAIING

De gevorkte uiteinden van de boog hebben geen rechthoekige doorsnede, maar zijn trapeziumvormig (afb. 13). Zo vormt de gehele boog één vloeiende lijn zonder hinderlijke knikken of hoeken. Door de scheve vorm treden de vervormingen uit momenten en dwarskracht niet in dezelfde richting op als de belasting. Deze doorsnedevorm is echter niet beschikbaar in het gebruikte EEM-programma, RFEM. In het model is daarom gekozen voor een rechthoekige vorm waarbij de as is verdraaid. De hoekverdraaiing van de doorsnede wordt gebaseerd op de kalibratie van een liggermodel op basis van een 3D-plaatmodel van een ligger.

STABILITEIT

De maatgevende knikvorm (afb. 14) is het zijdelings uitbuigen van de enkele boog. De boog is verend ingeklemd in de poten en wordt zijdelings nog enigszins gesteund door de scheefstand van de hangers. De n-waarde (verhouding tussen de Eulerse kniklast en de optredende normaalkracht) in ULS is 3,4. Vanwege deze lage n-waarde zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om onvoorziene effecten uit te sluiten.



14 Maatgevende knikvorm boogbrug

Met uitzondering van het niet-lineaire gedrag van de hangers wordt de constructie lineair doorgerekend waarbij de toets op 2^e orde effecten in de doorsnedetoetsing is meegenomen. Bij instabiliteit van de boog treden

zodanige vervormingen op, dat de normaalkrachten en daarmee de stijfheid van de hangers wijzigt. Om die reden worden de hangers als niet-lineaire kabels in het model meegenomen.



15 In totaal heeft de boogbrug 52 hangers.



16 Het Amsterdam-Rijnkanaal is belangrijk voor de scheepvaart

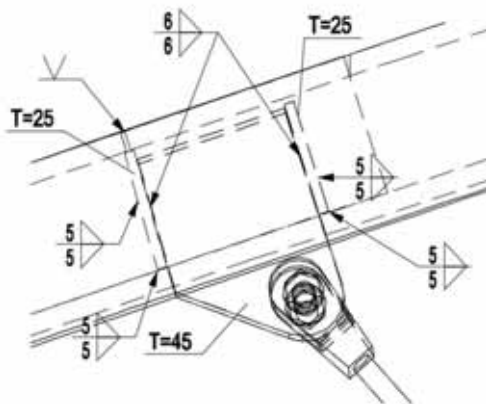
Ter kalibratie wordt ook een model met initiële imperfecties doorgerekend. De verschillen tussen een volledige 2^e orde berekening en de (semi) lineaire berekening met uitsluitend de hangers als niet-lineair element, blijken klein, waarbij een volledig niet lineaire berekening tot gunstiger resultaten leidt. Toch wordt de conservatieve berekening als uitgangspunt genomen.

HANGERS

Door de slankheid draagt elke hanger uitsluitend het gewicht van het dekdeel dat hij ondersteunt. Een eventuele afwijkende lengte van een hanger heeft eigenlijk alleen invloed op de hanger ernaast. Uit analyse van mogelijke afwijkingen in lengte van de hangers blijkt de invloed van dergelijke afwijkingen op de stabiliteit zeer klein. Dit gegeven maakt het mogelijk de hele staalconstructie en hangers af te bouwen op de definitieve opleggingen. Door het lage eigen gewicht zijn de hangers dan relatief slap en hangen ze duidelijk door. In deze fase is de juiste lengte van de hangers aan de hand van de doorbuiging te toetsen. Lengte, gewicht en doorbuiging zijn bekend, zodat de kracht in de hangers te berekenen is. Op basis van vergelijking met de theoretische berekening is een eventuele aanpassing mogelijk. Door ook het belangrijkste aandeel in de belasting, de massa van het betondek, aan te brengen als de brug uitsluitend op zijn eindsteunpunten ondersteund is, krijgt elke hanger de juiste normaalkracht zonder dat naspanssen nodig is. De gebruikte trekstaven zijn van het type Macalloy 460 met M56. De lengte van de in totaal 52 trekstaven loopt uiteen van 3 tot 18 m.

AANVAARBELASTING

De ligging over een belangrijke vaarroute (afb. 16) vereist zorgvuldige berekeningen voor de aanvaarbepasting. Een horizontale belasting uit aanvaring kan door het dek relatief eenvoudig naar de landhoofden worden afgedragen; het betonnen dek dient hierbij als schijf voor de dwarskracht. De hangers leveren echter een niet te verwaarlozen bijdrage aan de stabiliteit van de boog en uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat een eventuele opwaartse belasting relatief ongunstig is voor de sterkte van de brug.



17 Principe-details hangeraansluiting

Daarom wordt naast de standaard 1000 kN aanvaarbelasting tegen het dek ook aanvullend met een opwaartse component van 300 kN gerekend. Een dergelijk opwaartse belasting is te verwachten als een deel van een schip of lading tegen de onderkant van de brug komt.

Om het bestand zijn tegen een aanvaring te garanderen, is de constructie verder berekend op uitval van een hanger, omdat de aansluiting door een aanvaring zou kunnen bezwijken. En daarnaast wordt, in plaats van met de buigstijve kokervormige randligger, gerekend met een enkele rechte flens voor het zeer onwaarschijnlijke geval dat een deel van de koker beschadigd zou raken.

VORMGEVING

Qua vormgeving moet de nadruk liggen op de slanke boog. Details zijn daarom eenvoudig gehouden. De aansluitingen van de tuien op randliggers en boog (afb. 17) zijn functioneel en ingetogen ontworpen, waarbij de aansluiting zichtbaar is maar tegelijkertijd geïntegreerd in de staalconstructie. De gesloten, doosvormige doorsnede van de randliggers zorgt ervoor dat zaken als verstevigingsribben ter hoogte van de aansluitingen uit het zicht blijven.

Met het oog op vormgeving wordt ook de wijze waarop de kokerliggers in elkaar gelast zijn, zorgvuldig gekozen. De kokers worden als doosje in elkaar gezet, waarbij de schotten voor de aansluiting van de hangers aan drie zijden worden vastgelast aan de binnenzijde van de kokerligger. Daarna wordt de sluitplaat van de koker geplaatst. Bij de randliggers is dat de onderzijde, bij de boog de bovenzijde van de koker. Lasnaden in zichtzijdens worden vlakgeslepen voor een zo vlak mogelijke afwerking. (afb. 18 en 21)

DETAILLERING

Daarnaast kent de boogbrug nog een aantal noemenswaardige details. Zo is het betonnen dek niet tot aan de oplegging van de staalconstructie doorgezet. Naast de oplegging bevindt zich in het dek een verzwaarde, kokervormige einddwarsdrager. Zo wordt een stapeling van dwarsbalken voorkomen en heeft de pijler een open karakter en een fraai vormgegeven oplegging (afb. 20).



18 Boog en langligger zijn samengestelde kokerliggers

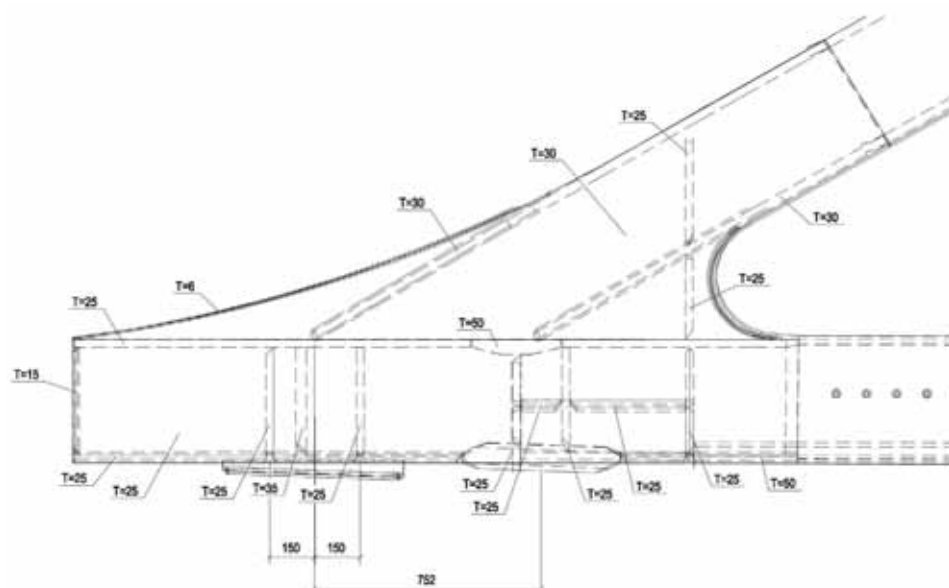
Ook de afgeronde vormen bij de booggeboorte (afb. 20 en 21) zijn op basis van vormgeving gekozen. Constructief hebben ze geen functie, daarom zijn ze uitgevoerd in dunner staalplaat.

Verder heeft de netwerkboog naast de normale oplegging een tweede oplegging die het mogelijk maakt de brug op te vijzelen voor het vervangen van de oplegblokken. De normale oplegging bevindt zich in de snijlijn van boog en randligger, de extra oplegging ligt noodgedwongen excentrisch. Bij het opvijzelen treden hierdoor aanzienlijke buigende momenten op. De plaatdikte van zowel boog als randligger is daarom plaatselijk vergroot.

PRODUCTIE EN UITVOERING

De Belgische staalbouwer CSM stelt de volledige engineering inclusief de montagestudie van de brug op in samenwerking met extern engineeringbureau Stendess. Hieruit volgt een stappenplan dat duidelijk omschrijft in welke volgorde de brug op de voorbouwlocatie moet worden opgebouwd. Deze voorbouwlocatie bevond zich in Nigtevecht, direct aan het Amsterdam-Rijnkanaal en op zo'n 700 meter van de uiteindelijke locatie van de brug (afb. 22).

Om transport van alle onderdelen naar de voorbouwlocatie mogelijk te maken, deelt de staalbouwer de brug op in hanteerbare delen.



19 Oplegging en vijzelpunt nabij booggeboorte

Qua vormgeving moet de nadruk
liggen op de slanke boog



20 Oplegging en vizelpunt

De twee hoofdliggers worden opgedeeld in vier stukken van telkens 29 m lang; de boogconstructie opgedeeld in totaal zeven stukken: vier booguiteinden en drie middenboogstukken (3,5 m breed en 27 m lang). Zowel de boogconstructie als de hoofdliggers zijn kokervormige profielen, samengesteld uit platen tot een dikte van 50 mm. De kokers worden met behulp van een laskraan en onder poederlassen gelast.

De volledige productie van alle delen vindt plaats in België. Hier brengt de staalbouwer ook het hoogwaardige drielaags schildersys-

teem aan. De conservering is zo gekozen dat deze minimaal twintig jaar meegaat. Om er zeker van te zijn dat alle onderdelen zullen passen op de voorbouwlocatie, wordt de brug in de werkplaats in verschillende posities aangelegd: het volledige wegdek, koppeling booggeboortes met wegdek en volledige middenboog. Nameting met digitale meetapparatuur garandeert een correcte maatvoering. Op de voorbouwlocatie wordt vervolgens de gehele netwerkboog in elkaar gezet. Na het aaneenlassen en het aanbrengen van de trekstaven worden de breedplaatvloeren gelegd en diverse hulpconstructies en

stabiliteitsvoorzieningen aangebracht (afb. 22). Ook volgt volledige bijwerking van alle lasnaden en transport- en montagebeschadigingen. Tot slot wordt een volledige eindlaag aangebracht om een egaal en esthetisch verantwoord beeld te krijgen. Dan is de brug klaar voor het invaren.

PLAATSING

Voor het plaatsen van de brug geldt een aantal restricties. Het kanaal mag bijvoorbeeld maar een beperkt aantal uur gestremd worden en de scheepvaart mag geen hinder ondervinden van het afbouwen. Ook is het onzeker of de oever zware kraanlasten kan dragen. Doordat de uitvoerende partijen al in de ontwerpfase nauw bij het project betrokken zijn, is het mogelijk de consequenties van mogelijke uitvoeringsmethoden op bouw, kosten en ontwerp direct gezamenlijk te beschouwen. De keuze voor een netwerkboog blijkt veel materieel te vereisen bij plaatsing. Een netwerkboog is namelijk vooral een efficiënte constructievorm als hij op de uiteindelijke opleggingen ligt. Tot die tijd is een hulpconstructie nodig als extra ondersteuning van de boog. Het bouwteam kiest er al vroeg in het ontwerpproces voor om de brug in te varen op één enkele ponton en om de boog tijdelijk te versterken met twee verticale bokken, horizontaal gekoppeld door een trekband (afb. 22).



21 Productie van de staalconstructie



22 Tijdelijke versterking van de boogbrug met verticale bokken en horizontale trekband



23 Het nachtelijke invaren van de netwerkboog

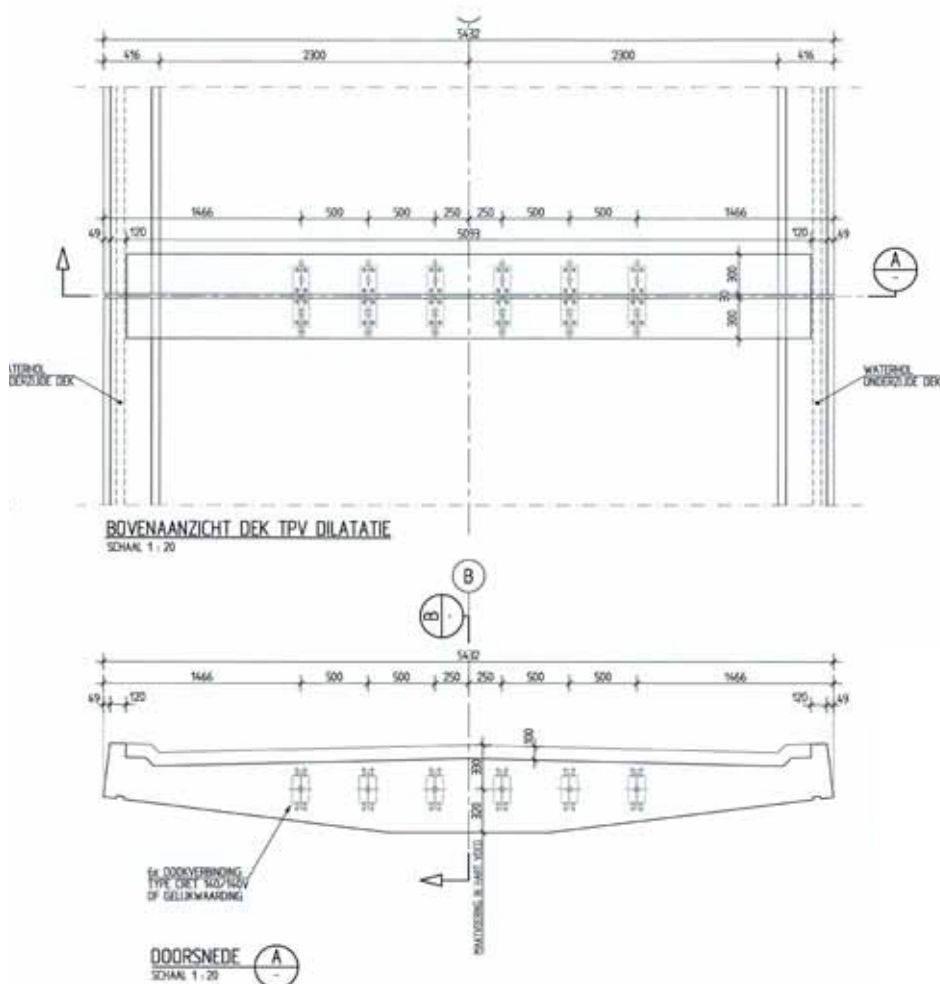
Omdat het statisch systeem tijdens het invaren wijzigt, komen niet alle hangers op trek en verliezen daarmee hun functie. De hangers in het midden van de overspanning komen hierbij slap te hangen zonder dat dit negatieve consequenties heeft. Een aantal hangers moet echter dermate vervormen dat deze blijvend kunnen knikken door plastische vervorming. Hoewel de brug in principe met 'gedrukte', niet-effectieve hangers op sterkte wel voldoet, is voor de hangers die mogelijk kunnen knikken wel een maatregel nodig. Deze worden uiteindelijk bij het invaren versterkt met een demontabele kolom (afb. 22).

24 De ronde vorm van de kolommen zorgt voor een relatief rustig beeld



INVAREN

Het invaren van de boogbrug vond in de nacht van 10 op 11 maart 2018 plaats (afb. 23). Eerst is de brug op de voorbouwlocatie omhoog gevijzeld ter plaatse van de oplegpunten. Vervolgens nemen Self-Propelled Modular Transporters (SPMT's) met stopping de brug geleidelijk over van de vijzels. Daarna rijden de SPMT's een ponton op en volgt het invaren van de brug. De brug wordt daarbij eerst over de landhoofden gedraaid, waarna ze op de definitieve opleggingen wordt afgelaten. Kranen zijn daarbij niet nodig.



25 Dilataties in de rechte hellingbaan

AFWERKING

Na het laswerk op de voorbouwlocatie volgt volledige bijwerking van alle lasnaden en eventuele transport- en montagebeschadigingen. Tot slot wordt er ook een volledige eindlaag aangebracht om een egaal en esthetisch verantwoord beeld te krijgen. De blauwgrijze kleur geeft het traditionele grijs van de ingenieursbrug een verfrissend randje.

BETONNEN AANBRUGGEN

Al in de tenderfase is ervoor gekozen om de hellingbanen uit in het werk gestort beton te maken en traditioneel gewapend, vanwege de goede ervaringen die ermee zijn opgedaan. Constructief gezien is het een beproefd concept: een momentvast verbonden constructie voldoet goed aan de eisen ten aanzien van minimaal onderhoud en duurzaamheid (afb. 24 en 26).

Het lastigste ontwerpaspect voor de aanbruggen is de ruimtelijke inpassing ervan. De doorgang van tien meter betekent hellingbanen van minstens driehonderd meter aan beide zijden van het kanaal (zie afb. 1).

Gebaseerd op de beschikbare ruimte en omliggende bebouwing krijgen de hellingbanen elk hun eigen vorm: een tweehonderd meter lange rechte hellingbaan parallel aan het kanaal die overgaat in een fietspad op grondlichaam aan de westzijde en een driehonderd meter lange, compacte helling met haarspeldbochten aan de oostzijde.

Samen met Ballast Nedam Engineering zoeken de partijen vervolgens de ideale verhouding tussen dekkdikte, kolomafstand en kolomdikte. De uitkomst: een dekkdikte van 650 mm in het midden, teruglopend tot 400 mm aan de randen, kolommen met diameter van 800 mm, 16 m hart-op-hart. Vanwege het grote aantal kolommen aan de oostzijde krijgen de kolommen een cirkelvormige doorsnede voor een rustig beeld. Om graffiti te voorkomen, is het ontwerp van de natuurzones onder de fietsbrug afgestemd op de plaatsing van de kolommen. De meeste staan in het water of zijn door water omringd.





26 De onderzijde van het dek bij één van de bochten

HELLINGBANEN

De haarspeldvormige hellingbaan wordt uitgevoerd zonder dilataties. Aan de westzijde heeft de rechte hellingbaan vanwege de lengte wel twee dilatatievoegen. Om de stabiliteit van het dekdeel tussen de dilataties te garanderen, zijn de kolommen hier iets groter in doorsnede. Ingestorte deuvels in het hart van het dek zorgen voor opname van de dwarskrachten (afb. 25). Daar waar de hellingbaan boven de weg ligt (oostzijde), passen de ontwerpers eveneens grotere kolommen toe, dit keer om de aanrijdbelasting te kunnen opvangen.

VORMGEVING

Dat behalve efficiëntie, inpassing en minimaal onderhoud ook vormgeving een grote rol speelt, is in het betonwerk goed te zien, onder meer in de detaillering. Zo worden dek en schampkant bewust in één keer gestort om een horizontale stortnaad op de brugranden te voorkomen. Verder worden de plaats van de plaatnaden aan de onderzijde van het dek zorgvuldig gekozen en wordt de bekisting in

de bochten minutieus uitgetekend (afb. 26). Het lijnenspel dat de plaatnaden vormen, is hierdoor rustig en gelijkmatig.

Aan de bovenzijde is het dek subtiel dakvormig voor de afwatering en doordat de hekwerken licht naar binnen hellen, ontstaat tussen schampkant en rijbaan een smalle zone op het dek die fungeert als goot voor hemelwaterafvoer, zonder dat daar een expliciete goot voor nodig is (afb. 27). Omdat ook de boogbrug een betonnen dek heeft, vormen aanbruggen en hoofdoverspanning één doorlopend betonnen lint (afb. 24).



27 Hemelwaterafvoer

Naast vormgeving krijgt ook gebruikerscomfort veel aandacht in de uitwerking. Zo zijn de hellingen voorzien van een rustplateau en hebben de bochten een aanzienlijk ruimere straal dan gebruikelijk. Voor voetgangers is de brug aan weerszijden toegankelijk via trappen. Op het gedeelte waar voetgangers gebruikmaken van de brug is het brugdek een meter breder dan op de hellingbanen. Fietsers en voetgangers gaan hierdoor veilig samen. 's-Nachts zorgen glow-in-the-dark pucks voor attentieverlichting.

Zowel omwonenden als recreanten zijn positief over de nieuwe fietsverbinding

SCHOONBETON

Om aan de eisen voor schoonbeton te voldoen, neemt de aannemer vooral een aantal praktische maatregelen. Allereerst worden de aanbruggen in het juiste jaargetijde gestort onder de meest geschikte omstandigheden. Daarnaast koos Ballast Nedam ervoor op dagen met slecht weer (regen, wind) het storten uit te stellen en per dag kijkt de uitvoerder bovendien scherp naar met name de plasticiteit van het betonspeciemengsel. Na het storten wordt het dek afgedekt met jute en continu nat gesproeid met water om het verhardingsproces te beheersen en scheurvorming te voorkomen.

SAMENWERKING

Tijdens het gehele proces werken alle betrokken partijen nauw samen, wat een positief effect heeft op zowel het eindresultaat als de efficiëntie van het proces. Er wordt gewerkt in de ontwerpfase volgens de 'concurrent engineering methode', waarbij alle partijen op regelmatige basis fysiek in dezelfde ruimte aan het werk zijn. Overleg en afstemming verlopen op die manier heel soepel en effici-

ent. Ook de staalbouwer werkt al vroegtijdig pro-actief mee, wat het proces positief beïnvloed heeft.

Sinds de oplevering wordt de brug veelvuldig gebruikt. Zowel omwonenden als recreanten zijn positief over de nieuwe fietsverbinding en de lokale middenstand vaart wel bij het toegenomen aantal passanten. Uit gebruikersonderzoek is inmiddels gebleken dat tachtig pro-

cent van de gebruikers zowel veiligheid als comfort beoordeelt met een acht of hoger. Op vormgeving geeft 97 procent van de ondervraagden de brug een dikke acht. Het streven een mooie en prettig te berijden brug te realiseren, is dus waargemaakt. En Nigtevecht is, dankzij de brug, voor eens en altijd op de kaart gezet.

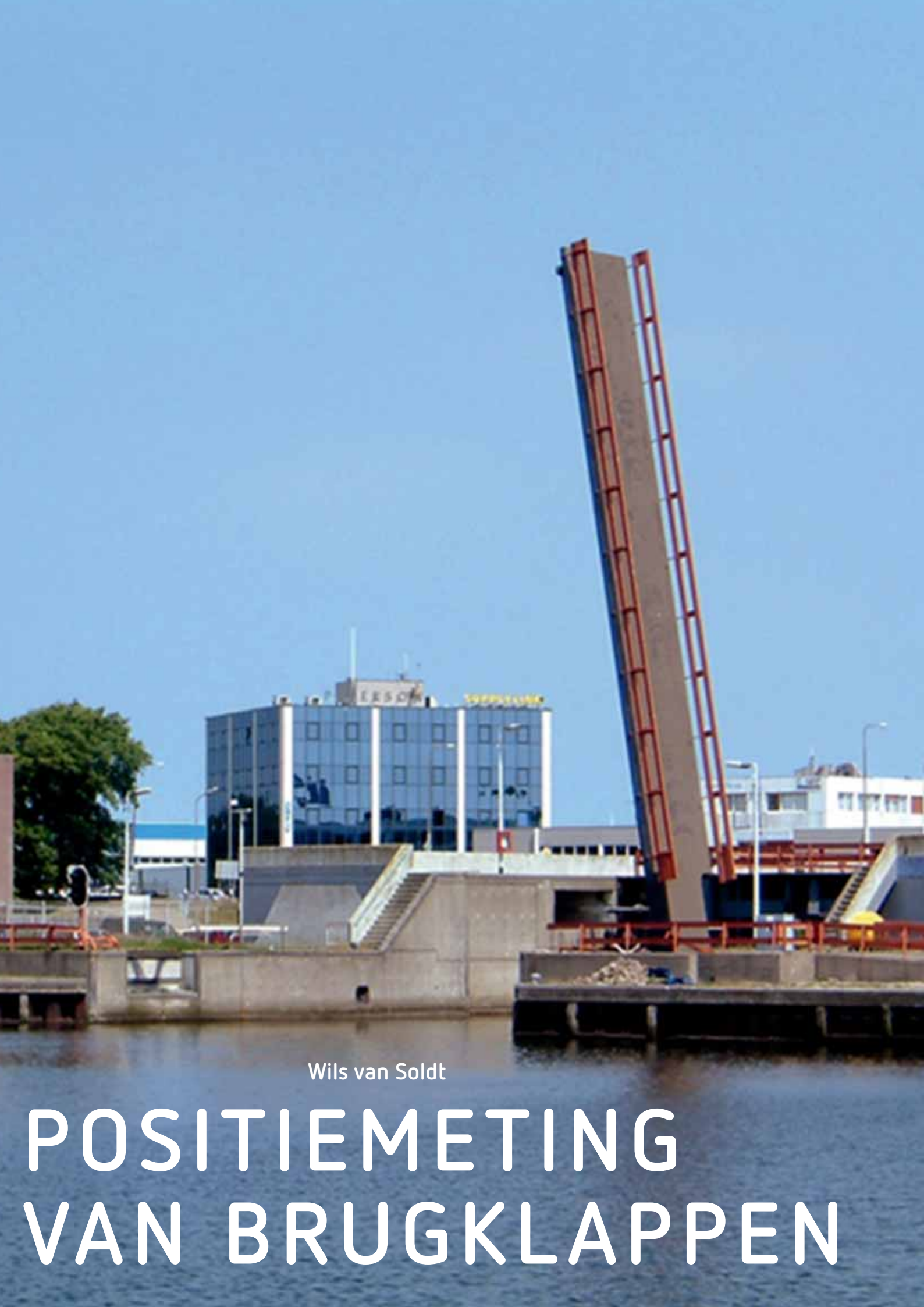
Al met al is het Amsterdam-Rijnkanaal weer een aantrekkelijke fiets+voetbrug rijker!



Liniebrug, Nigtevecht (2018)	
opdrachtgevers	Provincie Utrecht Provincie Noord-Holland Gemeenten Stichtse Vecht en De Ronde Venen Rijkswaterstaat
type brug	Fietsbrug – vaste stalen netwerkboogbrug
overspanningen	100 m
ontwerp en constructief ontwerp	ipv Delft
ontwerp natuurverbinding	Bureau Waardenburg
constructeur boogbrug	Jeroen Koot Constructie Advies
hoofduitvoering	Ballast Nedam
constructeur aanbruggen	Ballast Nedam Engineering
uitvoeringsontwerp en staalconstructie	CSM Steelstructures en Stendess (B)
uitvoeringskosten	ca. 8,2 miljoen euro

Bron figuren: ipv Delft





Wils van Soldt

POSITIEMETING VAN BRUGKLAPPEN

In het tijdschrift *BRUGGEN* van december 2017 is een artikel verschenen over het meten van posities van brugklappen met behulp van roterende, digitale codegevers ook wel encoders genoemd. In het artikel is ondermeer een beknopte beschrijving gegeven over het functioneren van deze meetinstrumenten als vervangers van de conventionele standschakelaars van bruggen, de soorten codegevers, zoals de incrementele en de absolute encoders alsmede hun verschijnings- of uitvoeringsvorm met een uitwendige as of een holle as. Wat al deze encoders gemeen hebben, is dat er een roterende as op het machinewerk aanwezig moet zijn waarmee de encoder mechanisch is te koppelen voor hun aandrijving.



Bij bewegingswerken van bruggen zijn er ook uitvoeringsvormen waar geen roterende assen aanwezig zijn zoals bij brugklappen die door een hydraulische cilinder worden aangedreven.

Bij bewegingswerken van bruggen zijn er ook uitvoeringsvormen waar geen roterende assen aanwezig zijn zoals bij brugklappen die door een hydraulische cilinder worden aangedreven. Ook zijn er bruggen die door een rechte tandheugel worden bewogen zoals bijvoorbeeld een tafelbrug. Het toepassen van een lineaire opnemer ligt dan voor de hand. Tot de jaren 80 van de vorige eeuw waren deze instrumenten nauwelijks voorhanden.

Een hydraulische cilinder werd dan weleens voorzien van een tandheugeltje dat werd bevestigd aan de bewegende zuigerstang. De tandheugel dreef een tandwiel aan waarmee een as van een roterende encoder werd gekoppeld. Ook werden wel samengestelde mechanismen toegepast met een omloopschijfje waarover een kabeltje werd geleid dat enerzijds was verbonden met de bewegende zuigerstang en anderzijds met een contragewicht om de kabel strak te

houden. Met het omloopschijfje werd de as van de encoder gekoppeld om de beweging te realiseren van de roterende codegever.

Door de voortschrijdende technologie kan men heden ten dage beschikken over robuuste meetinstrumenten waarmee direct lineaire verplaatsingen zijn te meten zonder additieve mechanische kunstgrepen. Een tweetal gebruikelijke systemen worden hierna volgend beschreven.

KADER 1 – PRINCIPE MAGNETOSTRICTIE

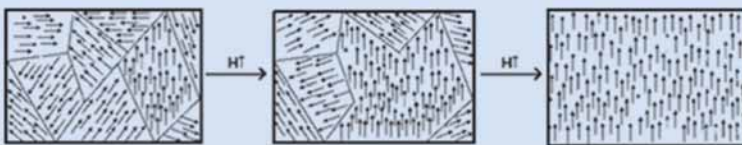
De eerste kennismaking met magnetostrictie dateert uit het einde van de 19e eeuw en werd bekend uit studies van het elektromagnetisme en de vervaardiging van elektrische apparaten. Men treft het aan bij ferromagnetische materialen zoals ijzer, staal, nikkel, kobalt en hun legeringen. De basis van het magnetostrictieve principe zijn bepaalde magnetomechanische eigenschappen van genoemde materialen. Als een ferromagnetisch voorwerp in het bereik van een magnetisch veld wordt gebracht treedt er een microscopische vervorming op in de moleculaire structuur van dat lichaam die een verandering van de dimensies bewerkstelligt. Dit fysische gedrag laat zich verklaren uit het bestaan van ontelbare kleine elementaire magneetjes waaruit het ferromagnetische materiaal is opgebouwd. Deze magneetjes liggen in de kristalroosters van het materiaal als kleine gemagnetiseerde domeinen in gelijke richting v.w.b. hun noord- en zuidpolen geordend naast en achter elkaar. Ze werden ontdekt door de Franse fysicus Pierre Ernest Weiss (1865-1940) in 1907 en worden naar de naam van de fysicus Weiss-gebieden genoemd.

Van nature zijn de Weiss-gebieden, met een grootte van 10^{-8} tot 10^{-6} m, tot aan verzadiging gemagnetiseerd. De grenzen tussen de gebieden worden aangeduid als Bloch-wanden, genoemd naar de Oostenrijks-Zwitser-Amerikaanse fysicus Felix Bloch.

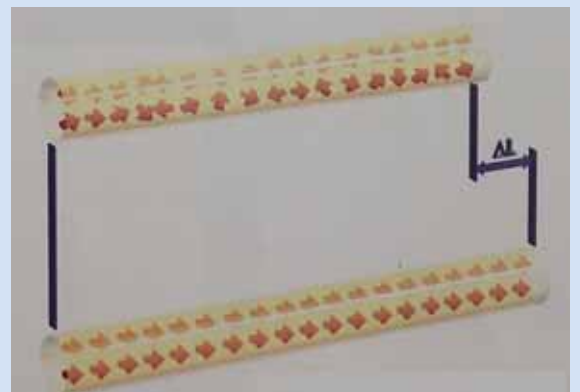
Als men een extern magneetveld aanlegt, verschuiven de wanden weg van hun positie tussen de domeinen, waarbij domeinen die in de

richting van het externe veld zijn gemagnetiseerd, groter worden, echter ten koste van anders gemagnetiseerde gebieden. De verschuiving van de wanden gaat met sprongetjes, het zogenaamde Barkhauseneffect. Dit proces gaat, bij verder opvoeren van het externe veld, door totdat alle domeinen in de richting van het externe veld zijn gemagnetiseerd. Het materiaal is dan 'magnetisch verzadigd'. Brengt men een staaf van ferromagnetisch materiaal in een magneetveld, dat parallel aan de lengterichting van de staaf verloopt, dan ervaart de staaf een lengteverandering. De relatieve verlenging die door het magnetostrictieve effect, het Joule-effect, kan worden opgewekt is zeer klein en bedraagt in werkelijkheid ca. 10^{-6} .

Het optreden van dit magnetostrictieve verschijnsel wordt ervaren als men zich bevindt in de nabijheid van een grote distributie transformator door het waarnemen van de karakteristieke bromtoon van 100 Hz (in Europa) die het ijzerpakket van de trafo produceert.



Weergave van verandering van gebiedjes van Weiss onder invloed van een extern magneetveld.

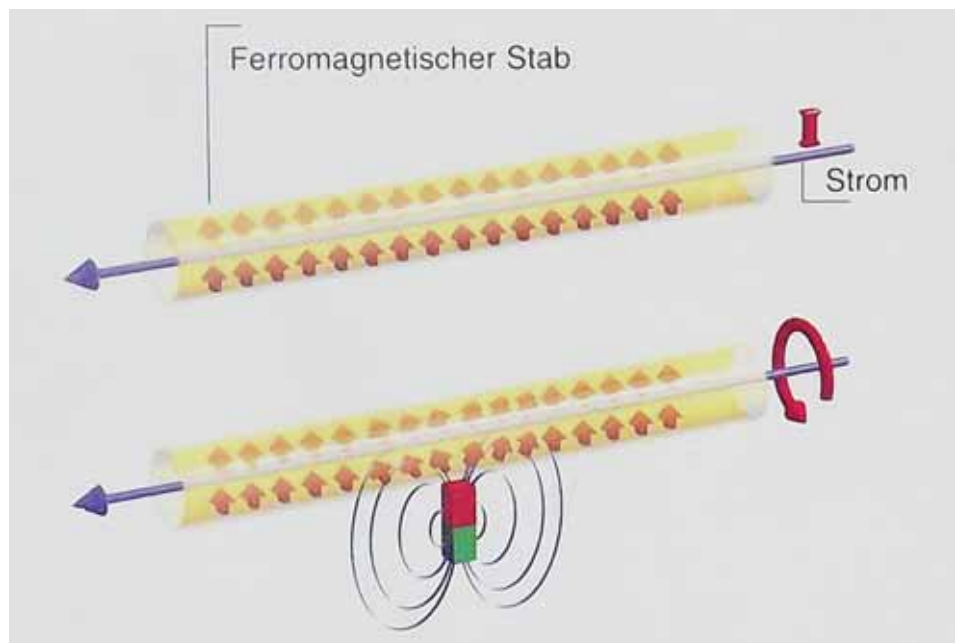


Relatieve lengteverandering ΔL

MAGNETOSTRICTIEVE WEGMEETSISTEMEN

Dit type opnemer maakt gebruik van het fenomeen magnetostrictie waarvoor in kader 1 een nadere toelichting wordt gegeven.

Bij magnetostrictieve vormverandering in ferromagnetische materialen doet zich ook een verschijnsel voor dat bekend is onder naam Wiedemann-effect. Dit verschijnsel betreft een mechanische torsie van een lange dunne ferromagnetische staaf of buis die zich in een extern longitudinaal magneetveld bevindt en waar doorheen een stroomvoerende, elektrische geleider loopt. Deze geleider wekt een concentrisch magneetveld op waarbij de buis functioneert als golfgeleider. Het longitudinale magneetveld is afkomstig van een uitwendig van de buis geplaatste, permanente magneet. Het Wiedemann-effect ontstaat doordat de twee magneetvelden bij elkaar samenkomen waardoor een mechanische verdraaiing in de ferromagnetische staaf ontstaat.



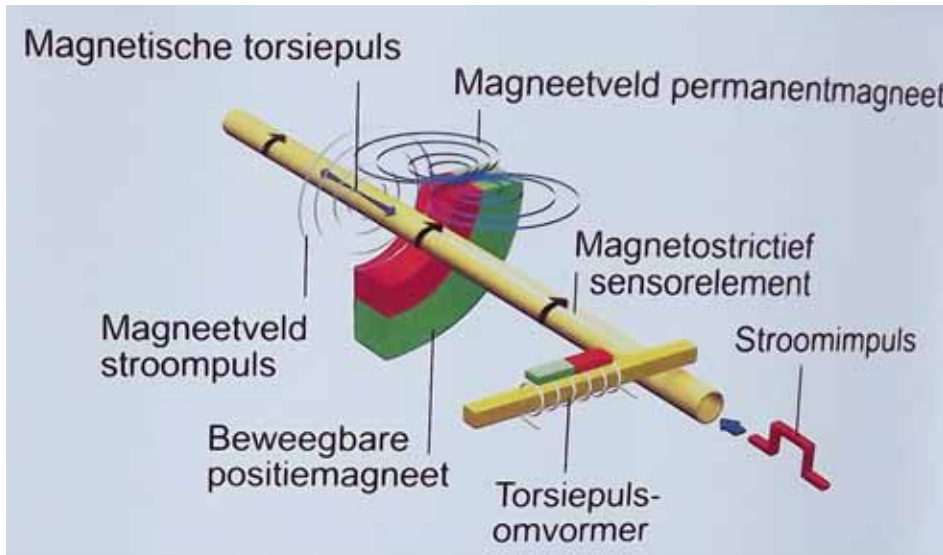
Het Wiedemann-effect

Bij een magnetostrictief wegmeetsysteem worden door de geleider in de staaf korte stroompulsen gevoerd die een pulserend

cirkelvormig magneetveld opwekt in de golfgeleider.



Praktische uitvoering van een lineaire positiemeter.



Praktische voorstelling lineair wegmeetsysteem.

Aan de buitenzijde wordt een permanente magneet geplaatst die als positiegever functioneert. Op de plaats waar de positiemagneet zich bevindt, wordt een magnetisch veld gecreëerd dat haaks staat op het concentrische magneetveld dat wordt opgewekt door de stroompulsen in de geleider. Door het Wiedemann-effect ontstaat nu in het magnetostrictieve materiaal een elastische vervorming (torsie) als gevolg van de 'botsende' magneetvelden. De elastische vervorming strekt zich naar de beide zijden van de staaf uit in de vorm van een mechanische golfbeweging. Aan één zijde waar de staaf is gefixeerd door zijn bevestiging, wordt de golf gedempt; aan de andere zijde van de staaf wordt de torsie omgezet in een elektrisch signaal door de torsiepulsomvormer. De looptijd die de golf nodig heeft voor het afleggen van de afstand tussen de positiemagneet en de torsiepulsomvormer is recht evenredig met die afstand en dus een maat voor de positie. De looptijd van de

stroompuls, gerekend vanaf het moment van opwekken tot aan de reflectie van de velden ter plaatse van de positiemagneet, wordt hierbij verwaarloosd. De snelheid waarmee een elektrisch signaal in een koperen geleider wordt doorgegeven, bedraagt immers ca. $2 \cdot 10^8$ m/s.

Bij toepassing van een lineair magnetostrictief wegmeetsysteem in een hydraulische cilinder wordt de positiemagneet vast aangebracht in de holle zuigerstang. De ferromagnetische staaf wordt eveneens aangebracht in de zuigerstang en contactloos door de ronde positiemagneet gevoerd. Daar waar de behuizing van het elektronische meetsysteem is gekoppeld met de golfgeleider bevindt zich draadeind dat in de bodem van de cilinder wordt geschroefd en zorgt voor een lekvrije montage van het systeem. Aan de behuizing van de verwerkingselektronica van het meetsysteem is bijzondere aandacht besteed door deze uit te voeren in roestvast staal (RVS) waardoor toepassing in een agressief

milieu mogelijk is. Gezien de uitvoeringsvorm, de contactloze aftasting van de positiemagneet en de gebruikte materialen is het systeem als robuust te kwalificeren. Met dit magnetostrictieve meetsysteem beschikt men over een absoluut wegmeetsysteem met uitvoeringsvormen in verschillende series en waarbij een battery-backup voor de voedingsspanning achterwege kan blijven. Afhankelijk van de serie zijn er eigenschappen van het meetsysteem zoals bijvoorbeeld de lineariteit (nauwkeurigheid) waarvoor een afwijking wordt opgegeven die kleiner is dan $\pm 0,01$ à $0,02\%$ van het volle meetbereik. Uitgangssignalen worden, afhankelijk van het distributienetwerk zoals Profibus, CANbus, EtherNet e.d., digitaal gepresenteerd in 16 bits woorden behorende bij een resolutie van 1 of 2 μm . Het meetsysteem is goed bestand tegen uitwendige mechanische invloeden en beschikbaar voor meetlengten van 22 mm tot wel 20.000 mm. Het systeem is bruikbaar in potentieel gevaarlijke, explosieve omgevingen en is gecertificeerd voor de veiligheidsstandaarden SIL 2, ATEX e.d. Kenmerkend is dat het meetsysteem zich deels bevindt in de cilinderruimte waarin hoge hydraulische drukken kunnen optreden. Bij demontage van het systeem, bijvoorbeeld als gevolg van een defect, moet hiermee rekening worden gehouden. Voor een redundante uitvoering van dit type wegmeetsysteem brengt men bijvoorbeeld voor een drievoudig redundant meetsysteem drie afzonderlijke elektronische systemen tezamen onder in één behuizing voor de signaalverwerking. In een enkelvoudige ferromagnetische staaf of buis in de zuigerstang worden in dit geval drie afzonderlijke geleiders voor de stroompulsen ondergebracht. De cirkelvormige positiemagneet die de buis omvat wordt hierbij eveneens enkelvoudig uitgevoerd.

Op deze wijze zijn drie afzonderlijke meet-systemen verkregen met een gemeenschappelijke ferromagnetische staaf en één positiemagneet. Onderstaande afbeelding toont een drievoudig meet-systeem waarmee voor het uiteindelijke meet-signaal een twee uit drie systeem kan worden geconfigureerd met zgn. voting Logic.



Drievoudig redundant wegmeetsysteem

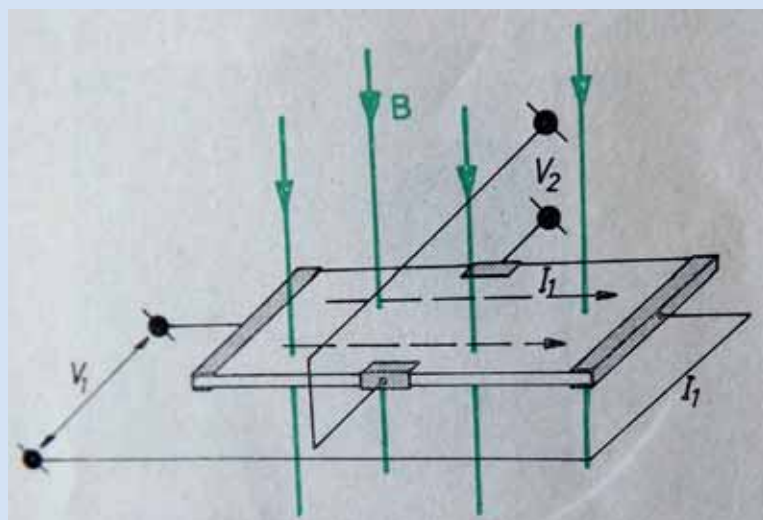
HET MEETSISTEEM WERKEND MET EEN HALL-EFFECTSENSOR

Het in hydraulische cilinders geïntegreerde meet-systeem CIMS (Cylinder Integrated Measuring System) levert een slimme oplossing voor het meten van de positie van de zuigerstang waarmee een bewegend object is gekoppeld. Het meet-systeem bestaat inmiddels meer dan 20 jaar en kent meerdere generaties. Het eerste systeem heeft de aanduiding Mk1, de huidige versie is bekend als CIMSsmart. Opvallend bij de eerste generaties is de donkere opgespoten

keramische coating 'ceramax' op de zuigerstang. Bij de versie van CIMSsmart is de coating op de zuigerstang metaalkleurig. Het meet-systeem is geschikt voor elektro-hydraulische aandrijfsystemen die onder de meest ruwe uitwendige omstandigheden moeten kunnen functioneren. Bij het CIMS-meetsysteem maakt men gebruik van het Hall-effect (zie kader 2)

KADER 2 – HALL-EFFECT

Bij het Hall-effect, genoemd naar de onderzoeker Edwin Hall, gebruikt men een dun plaatje halfgeleidermateriaal waartegen loodrecht op elkaar vier contactelektroden zijn aangebracht. Tussen twee contacten wordt een spanning V_1 aangelegd. Door het halfgeleidermateriaal vloeit hierdoor nu een stroom I_1 . Wordt nu het plaatje in een magnetisch veld B geplaatst, dan veroorzaakt dit veld een afbuiging van de stromende ladingdragers I_1 in het plaatje. De afbuig-richting staat loodrecht op het magnetische veld B en op stroomrichting I_1 . Hierdoor ontstaat tussen de beide andere contact-elektroden een spanning V_2 . Deze spanning is evenredig met de grootte van de stroom I_1 , de sterkte van het magnetische veld, de constructie van het plaatje en met de constante van Hall (H_h). In formulevorm: $V_2 = I_1 \times B \times H_h$ Volt. Over de 'Hall-constante' moet echter nog worden opgemerkt dat deze nog afhankelijk is van verschillende factoren zoals de temperatuur, de belastingweerstand waarmee bron V_2 wordt afgesloten alsmede de gebruikte materiaalsoort.



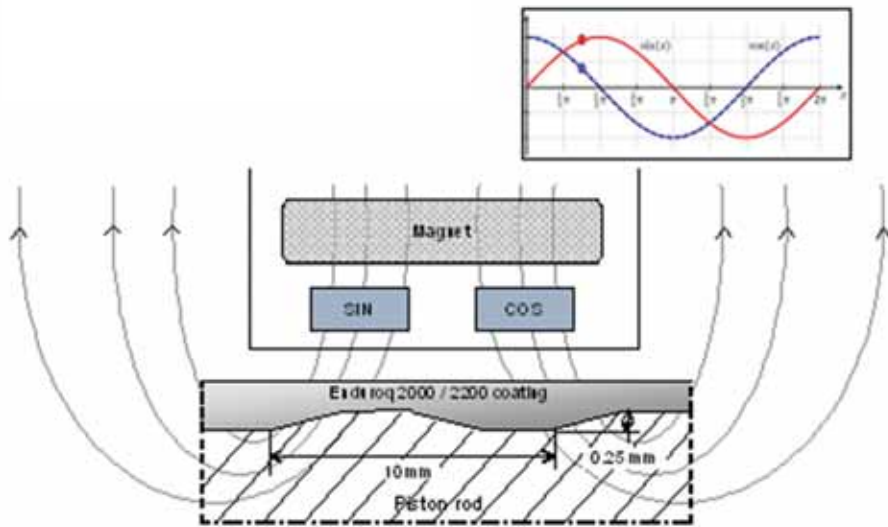
HET MEETSISTEEM CIMS

Bij het meet-systeem CIMS is de zuigerstang rondom voorzien van kleine afzonderlijke concentrische groeven van geringe diepte die zich op discrete vaste afstand van elkaar bevinden. De groeven worden aangebracht met een zogenaamd profiel compacte beitel, ofwel een beitel met een bijzondere vorm aan de snijkanten. De zuigerstang verkrijgt hierdoor in eerste instantie een niet egaal oppervlak.

Om pakkingschade door de zuigerstang op het uittredepunt van de cilinder te voorkomen is de stalen stang voorzien van een coating uitgevoerd als een op kobalt gebaseerde legering (Enduroq) die door een bewerking glad wordt gemaakt (zie foto blz. 25). Door het gladde oppervlak van de stang wordt een goede afdichting verkregen zodat olie lekkage ter plaatse van de uittrede van de stang uit de cilinder wordt voorkomen. Daarnaast wordt voorkomen dat vuil zich kan ophopen in oneffenheden op de stang waardoor de hydraulische olie alsmede het functioneren van de hydraulische stuurschijven nadelig worden beïnvloed. Opgemerkt wordt dat door het aanbrengen van de groeven in de zuigerstang de stang zelf onderdeel is geworden van het meet-systeem. Door de groeven te tellen door ze (contactloos) af te tasten tijdens bewegen van de zuigerstang wordt de positie van de stang bekend. Het meet-systeem werkt dus als een incrementeel systeem.

Voor het waarnemen van de groeven zijn er bij het CIMS-systeem op de cilinder bij de uittrede van de stang uit de cilinder vier Hall-effectsensoren aangebracht in één enkele behuizing. De groeven onder de zuigerstangcoating veroorzaken bij bewegen van de stang een variatie van het magnetisch veld van een inwendige gezamenlijke permanente magneet van de Hall-effectsensoren. De verkregen meet-signalen van de Hall-effectsensoren worden voor verwerking toegevoerd aan een microprocessor die hieruit een sinus- en een cosinusvormig signaal berekent. Met deze signalen genereert het systeem een incrementeel uitgangssignaal van 1024 pulsen per 10 mm waarbij de nauwkeurigheidsafwijking van de lineariteit minder dan 1 mm bedraagt.

Bij het Hall-effect, genoemd naar de onderzoeker Edwin Hall, gebruikt men een dun plaatje halfgeleidermateriaal waartegen loodrecht op elkaar vier contactelektroden zijn aangebracht



Het werkingsprincipe van CIMS



Zuigerstang met keramische Ceramaxcoating



CIMSsmart generatie

De sensor met de bijbehorende verwerkingselektronica is ondergebracht in een robuuste RVS-behuizing op de cilinder buiten de drukzone in de cilinder (zie bovenstaande foto). Vervanging van een sensor vraagt dus geen demontage van de cilinder. Evenals het magnetostrictieve systeem werkt dit meetsysteem contactloos en is daarmee slijtage vrij. Ook dit meetsysteem is dus als robuust te kwalificeren.

Een aandachtspunt is het incrementele karakter van het meetsysteem dat voor goede werking bij uitval van de elektrische spanning een battery-backup noodzakelijk maakt voor het behoud van de meetwaarden. Als een redundante uitvoering van het meetsysteem gewenst is, kunnen er meerdere sensoren op de cilinder worden aangebracht waarbij elke sensor beschikt over zijn eigen microprocessor voor de verwerkingseenheid van de meetsignalen. De foto hiernaast toont een drietal sensoren op een cilinder waarmee voor het uiteindelijke meetsignaal een twee uit drie systeem kan worden geconfigureerd met zgn. voting Logic. Verder is het meetsysteem toepasbaar voor onbeperkte slaglengte van de cilinder. Evenals het magnetostrictieve meetsysteem is de CIMS-positiemeter bruikbaar in potentieel explosieve omgevingen en is optioneel gecertificeerd voor de ATEX-richtlijn zone 1.



Informatiebronnen

- Vrije encyclopedie Wikipedia
 - Informatieve bespreking met Dick Brouwer, TSB Bescom Duiven
 - Documentatie Temposonics Position Sensors for industrial applications
 - Elektronica versterkers, P.J. van Engelshoven en C. Schellens
 - Informatieve bespreking met Vincent Stahlecker en Marius Hendriksen alsmede het commentaar van Jasper van de Loo van Bosch-Rexroth Boxtel
- Documentatie CIMS-meetsysteem

Fotoverantwoording

Wikipedia, MTS Sensors Group, Wils van Soldt, Bosch Rexroth Group



← Hydraulische cilinders Erasmusbrug

↓ Detail redundante meetsystemen op cilinders



BRUGGENDAG 2019

OVER BRUGGEN ONTWERPEN, BOUWEN EN BEHEREN

14 MAART 2019 Locatie Jaarbeurs te Utrecht

Zoals gebruikelijk in maart organiseert de Bruggenstichting haar Bruggendag. Dit jaar niet op haar gebruikelijke locatie maar in de Jaarbeurs in Utrecht.

Het is dit keer in hoofdzaak een op de toekomst gerichte bijeenkomst over de opgave waar Nederland op het gebied van de bruggenbouw voor staat en hoe partijen en de Bruggenstichting daarin een rol moeten gaan vervullen.

Omdat het programma al in een vroeg stadium moet worden vastgelegd, zijn enkele programmaonderdelen / sprekers onder voorbehoud aangekondigd. We weten echter zeker dat betrokkenen hun uiterste best doen om aanwezig te zijn of zullen zorgen voor een adequate invulling.

We vertrouwen er op u een interessant programma te kunnen bieden en ontmoeten u dan ook graag de 14e maart in de Jaarbeurs, Utrecht.

[Aanmelden via bruggenstichting.nl](http://bruggenstichting.nl).

Dagvoorzitter Lindy Molenkamp, Directeur Wegen en Kanalen Provincie Overijssel, lid Road Map Bouwagenda Bruggen en Sluizen, lid Kernteam Stroomversnelling Bruggen en bestuurslid WOW.

Bruggenstichting in beweging

Fred Westenberg, voorzitter van de Bruggenstichting.
Waar komen we vandaan en waar zijn we naar onderweg?
Presentatie van het Jongeren Platform en het studieboek 'BRUGGEN, basiskennis voor civiel technici'.

Ga voor kwaliteit

Rijksdienst Cultureel Erfgoed. Visie over hoe om te gaan met bestaande en toekomstige monumentale bruggen en dat kwaliteit voorop dient te staan.

Duurzaamheid en circulair bouwen

Door Frederieke Knopperts, Programmamanager Circulaire Economie Rijkswaterstaat.

Klimaatverandering en uitputting van onze grondstoffen leiden er toe dat we op een revolutionair andere wijze moeten nadenken over de inrichting van onze leefomgeving, waaronder de te ontwerpen, de te bouwen en de te beheren bruggen.

Hoe ver zijn wij van Genua verwijderd?

Dirk Rinze Visser, Buro Happold

Over constructieve veiligheid, normering en de beoordeling van de conditie van bruggen vanuit internationaal perspectief.

Pauze

Vervangingsopgave en de Bouwagenda

Koene Talsma, lid Taskforce Bouwagenda en voormalig lid Raad van Bestuur Dura Vermeer.

Waar staan we twee jaar na de start van de Bouwagenda en wat zijn de huidige inzichten met betrekking tot de urgentie van de vervangingsopgave ten aanzien van bruggen?

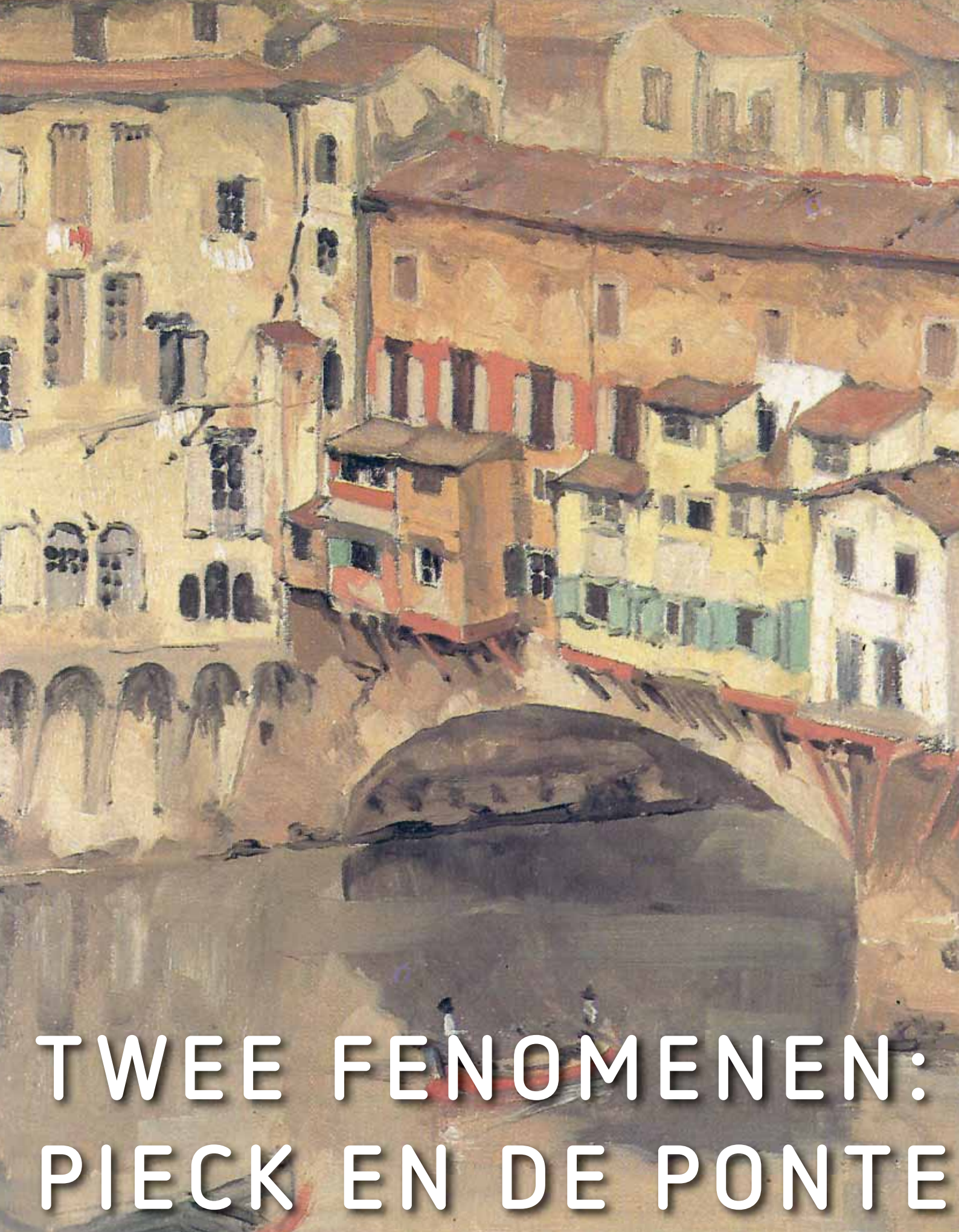
De opgave voor Rijkswaterstaat

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

Platform Brugbeheerders Ontmoeten Brugbeheerders (BBOBB)

Fred Westenberg en Harm Telder

Oprichting Platform BBOBB



TWEE FENOMENEN: PIECK EN DE PONTE

Michel Bakker



ANTON VECCHIO

In de reeks Bruggen in de Kunst dit keer aandacht voor een van de meest iconische bruggen ter wereld: de Ponte Vecchio te Florence. Wonderlijk genoeg geschilderd door een kunstenaar die men noch met dit onderwerp noch met een schilderij in deze stijl snel zal associëren.

DE BRUG

De Middeleeuwse brug overspant de Florentijnse Arno. In meer Europese steden bestonden destijds bruggen waarop huizen waren gebouwd. Deze Oude Brug is in ieder geval de oudste van Florence. Men vermoedt dat de Romeinen hier al een oversteekplaats hadden, niet zo vreemd omdat de Arno er bijna op zijn smalst is. De huidige brug dateert uit 1345 en verving een oudere houten brug. Aanvankelijk was de bebouwing op de brug in gebruik door beenhouwers, vishandelaren en leerlooiers, als woningen maar ook als werkplaatsen. Hun afval zorgde echter voor zoveel stankoverlast dat de Medici-hertog Ferdinand I in 1593 hun vergunningen introk: van toen af mochten slechts juweliers en goudsmeden er wonen en werken. Sommige huizen kregen een uitbouw boven de rivier; ondersteund door houten stutten, de zogeheten 'sporti'. De bouwmeesters ontwierpen de brug met drie bogen, de middelste met een overspanning van 30 meter, de andere twee met één van 27 meter.

In 1565 liet Cosimo I de Medici door Giorgio Vasari een gang bouwen, de Corridoio Vasariano. Deze gang verbond het Palazzo Vecchio (bestuurspaleis) aan het benoorden de rivier gelegen Piazza della Signoria met het Palazzo Pitti (Medici-residentie bezuiden de rivier), een afstand van meer dan een kilometer. Deels om niet tussen het gewone volk te hoeven lopen, deels puur uit veiligheidsoverwegingen.



Anton Pieck in zijn atelier, Overveen, 15 april 1985, foto: Noord-Hollands Archief, collectie fotopersbureau De Boer. Met dank aan Olga van der Klooster, Mireille Madou, Olga Minkema, Jaak de Nef en het Noord-Hollands Archief.

Ook bovenop de winkeltjes van de brug kwam deze privé-verbinding te liggen. Aan de zuidzijde van de brug stond en staat de Manelli-toren, oorspronkelijk ter verdediging van de brug. De familie Manelli wilde bij de bouw van de Corridoio niet toegeven aan de plannen tot sloop van de toren en Vasari zag zich genoodzaakt zijn gang kronkelend langs de toren te bouwen. Tegenwoordig herbergt de Corridoio een schitterende collectie zelfportretten van onder meer Rembrandt, Titiaan, Chagall en Rubens. Het begrip 'bankroet' zou op de Ponte Vecchio in de 18^{de} eeuw zijn ontstaan. Wanneer een koopman zijn standplaats niet meer kon betalen werd zijn tafel (banca) vernield en gebroken (rotta).

Opvallend genoeg is het de enige Florentijnse brug die de verwoestingen van de Tweede Wereldoorlog heeft overleefd. In 1966 vernielde een overstroming wel veel winkeltjes maar de brug hield stand.

DE KUNSTENAAR, 'EEN WONDERLIJK FENOMEEN...!'

Anton Pieck is een buitenbeentje binnen de kunstgeschiedenis. Menigeen kan niet met hem uit de voeten. Veelzijdig was hij in ieder geval: tekenaar, schilder, graficus, illustrator en ontwerper. Struikelblok is zijn ambachtelijkheid. Zijn werk kwam vaak tot

het grote publiek in de vorm van een wat Dickensiaans aandoende beeldtaal. Noem het maar 'kerstkaarten'. Hoe dan ook, zijn oeuvre heeft een gigantische omvang en is zeer divers: houtsneden, etsen, olieverven, reistekeningen, boekillustraties, schetsen, ex libris etcetera.

Samen met zijn tweelingbroer Henri werd hij geboren op 19 april 1895 in Den Helder. Zijn vader was bij de Koninklijke Marine. Later in Den Haag volgde Anton tekenlessen aan de Academie voor Beeldende Kunsten en het Haagsch Teekeninstituut. Samen met zijn broer haalde hij de tekenaktes voor het lagere en middelbare onderwijs. In zijn opleidingsjaren werd Anton beïnvloed door kunstenaars als Arthur Rackham en Edmund Dulac. Later raakte hij onder de indruk van de exuberante Vlaamse schrijver Felix Timmermans (1886-1947), die tijdelijk in Den Haag woonde en Antons beschouwende en strenge karakter wist te doorbreken. Hij was tekenleraar aan het Kennemer Lyceum in Overveen toen hij in 1922 met Jo van Poelvoorde huwde. Hij werd een 'man die thuis werkte', ook aan de bekende Calvékalenders, de ontwerpen voor recreatiepark 'De Efteling' te Kaatsheuvel en de schetsen en ontwerpen voor het gebouwencomplex van het voormalige automuseum 'Autotron-Lips' in Drunen.

Ook Anton Pieck maakte wat in de 19^{de} eeuw nog een Grand Tour genoemd werd: zich laten inspireren door de klassieke oudheid en hoogtepunten van de renaissance. Florence was binnen Italië voor dat laatste een droomstad. Pieck bezocht de stad ver voor de Tweede Wereldoorlog. Het schilderij van de Ponte Vecchio maakte hij vanuit een pension aan de noordzijde van de Arno.

Anton Pieck was een hoffelijke en bescheiden man, introvert en teruggetrokken werkend in zijn atelier. Aan de muur hing daar de spreuk van de Antwerpse drukker Christoffel Plantijn (1520-1584); het was ook de zijne: 'Un labeur courageux, muni d'humble constance résiste à tous assauts par douce pacience.'

[Een moedig werk, in bescheiden standvastigheid, weerstaat elke aanval, met zachte geduldigheid.]

Pieck overleed op 24 november 1987 te Overveen.



Literatuur

- Ben van Eysselstein en Hans Vogelesang, Anton Pieck, zijn leven – zijn werk, Den Haag 1973.
- Wim Verhagen, Anton Pieck 85. Een wonderlijk fenomeen, Bussum 1980.
- Hans Vogelesang, Op reis met Anton Pieck, Den Haag 1975.

Specialist in Asset Management
voor Civiele Kunstwerken



Ons cursusaanbod bestaat uit:

- Asset Management (theorie: prestaties, risico's, kosten)
- Inspecties (praktijk: conform CUR 117)
- Specifieke materialenkennis: o.a. hout, staal, beton, composiet en conservering (degradatiemechanismen, detailleringen)
- NEN 2767-4 (theorie: methodiek, aggregatie en meerjarenoverzichten, praktijk: decompositie en conditiescore)



Kijk voor meer informatie en
aanmelden op www.westenberg.net

**De kunst van
kennis delen**

Raad van Advies

ARUP

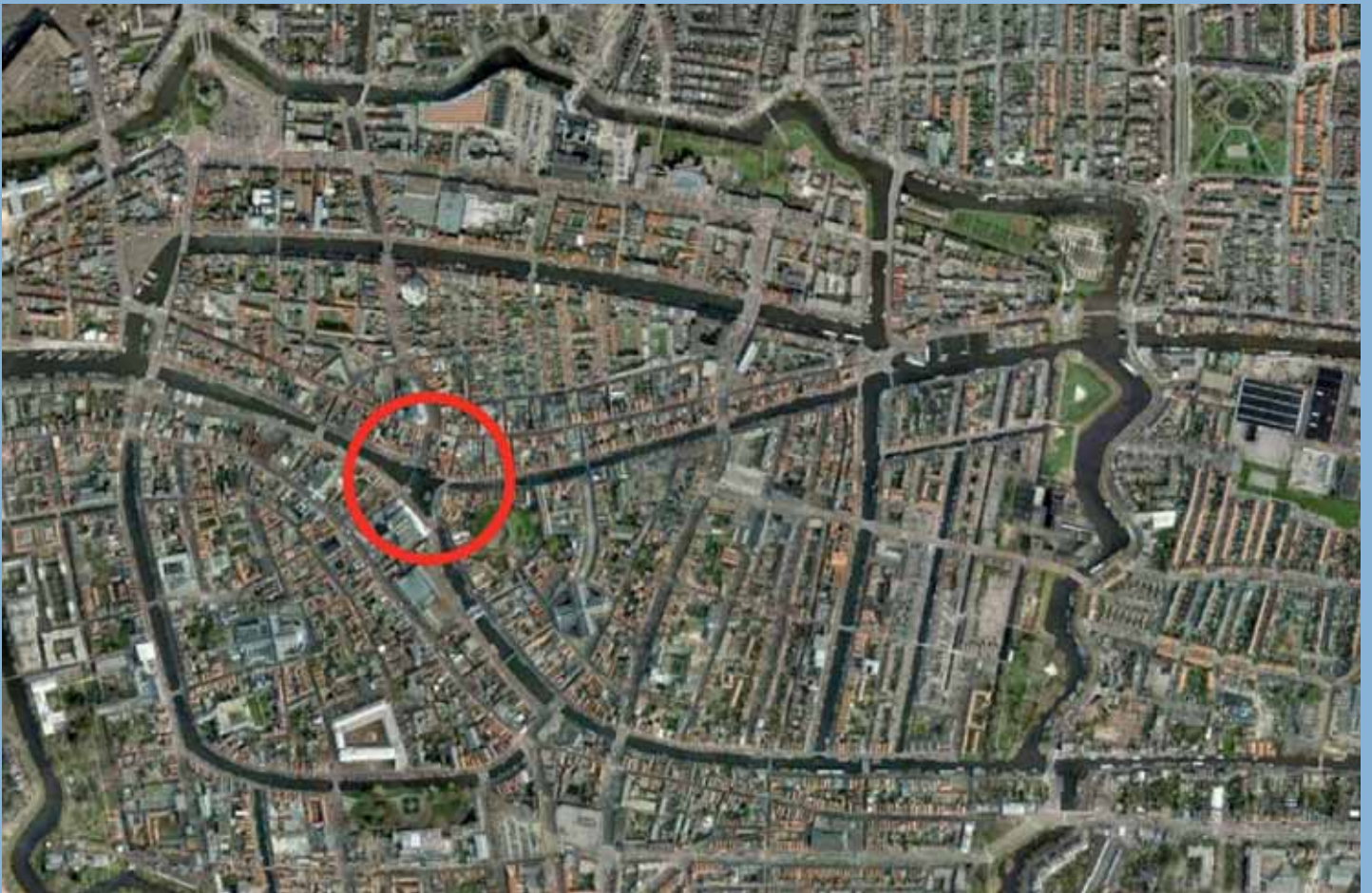


ProRail

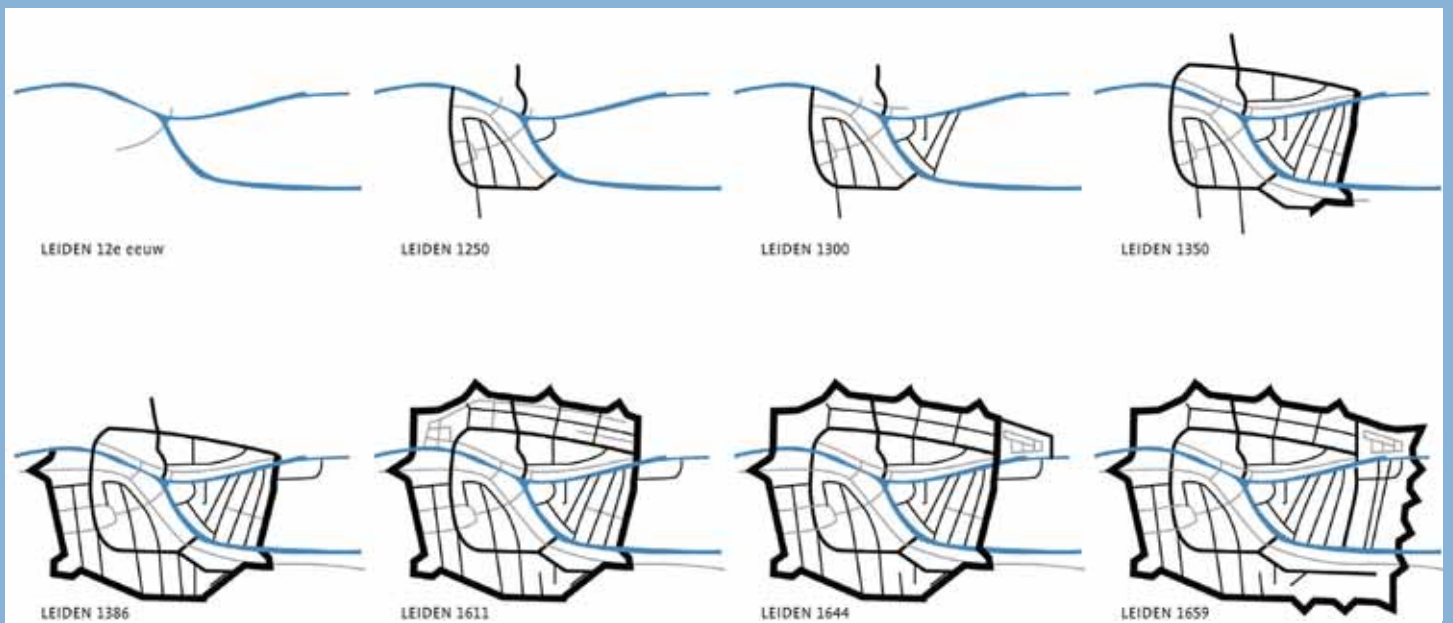


DE CATHARINBRUG

Jimmy van der Aa, dp6 architectuurstudio
Mirte de Graaff, Pieters Bouwtechniek

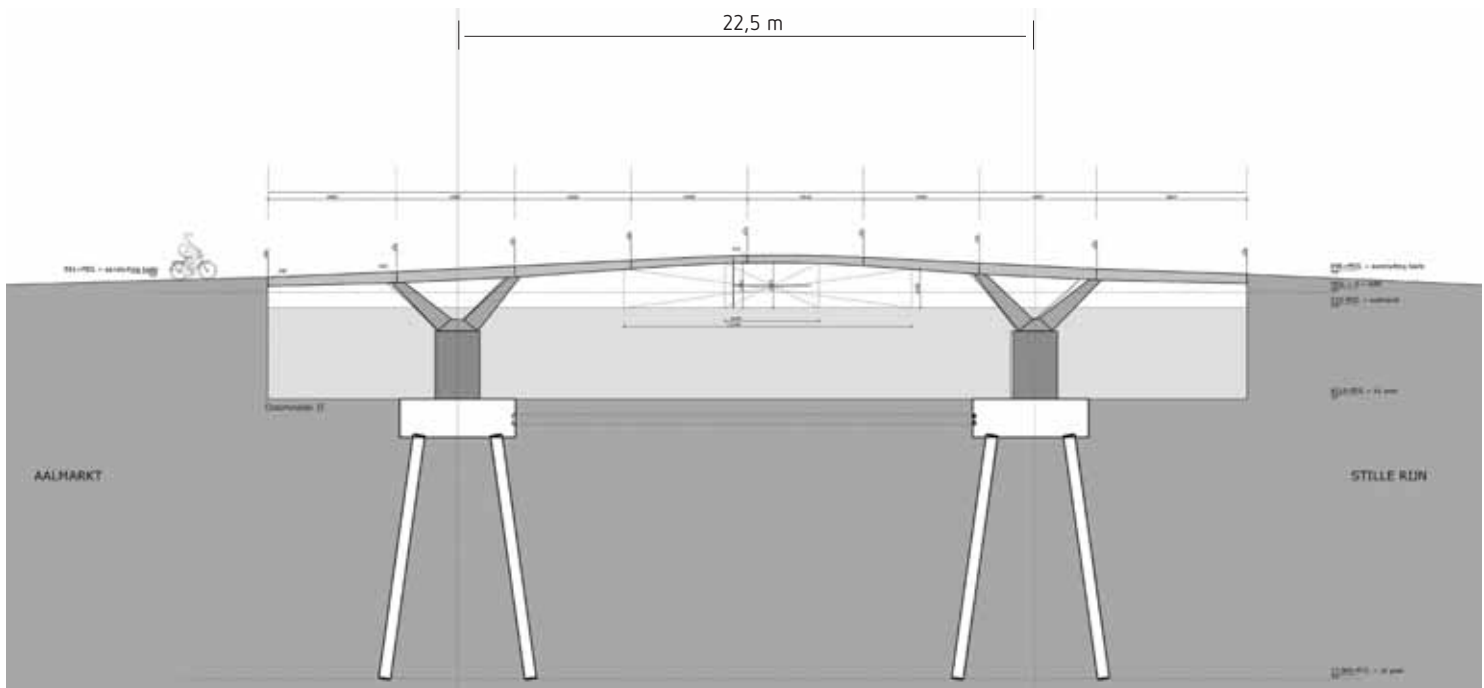


1



2

Op een prominente plek in het historische centrum van Leiden is een zeer slanke brug van ultra-hogesterktebeton (UHSB) gerealiseerd. Met een lengte van 36 m en een slankheid van 1:81 is het de slankste en langste UHSB-brug van Nederland. De brug is van boven gezien S-vormig en het dek is dubbel gekromd om het goed aan te laten sluiten op de kades en de looproutes.



3 Langsdoorsnede

INLEIDING

De Catharinabrug is een fiets'voetbrug en ligt op het punt waar de Oude en Nieuwe Rijn samenkomen. De brug heeft een belangrijke functie in het drukke winkelgebied dat een metamorfose heeft ondergaan. Ze ligt in het verlengde van de nieuw gemaakte Catharinasteeg en verbindt de Haarlemmerstraat met de Breestraat. Het nieuwe winkelrondje dat hierdoor is ontstaan draagt bij aan de revitalisering van het centrum van Leiden (afb. 1 en 2).

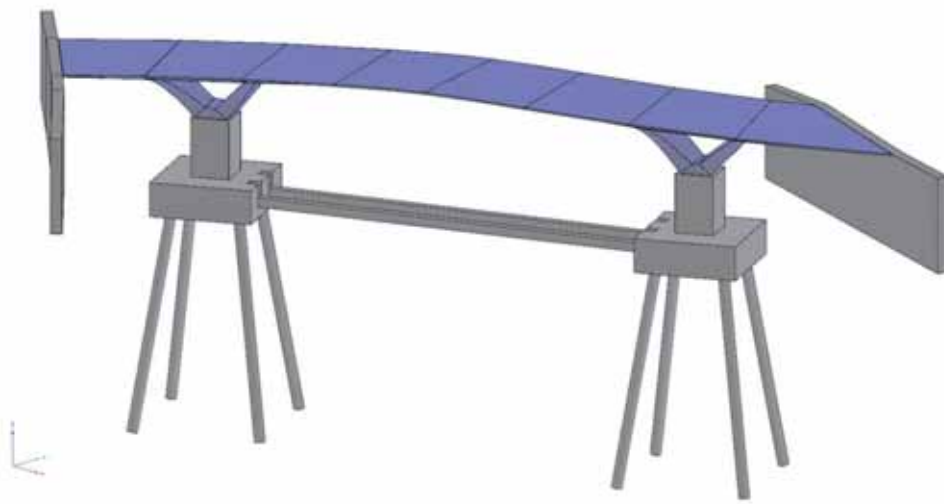
Rond dit punt ligt de oorsprong van het historische centrum van Leiden, dus de eisen ten aanzien van de inpassing in het beschermde stadsgezicht waren hoog. Ook om die reden is de brug zeer slank gehouden en is gestreefd naar een maximaal doorzicht in de kijkrichting van het water. In de lengterichting van de brug is het dek juist visueel versmald door het aanbrengen van patronen in de afwerking van het brugdek (afb. 13, pag. 37).

ONTWERP

De brug, met een totale lengte van ruim 36 meter en een breedte van 6 meter, wordt ondersteund door twee V-vormige pijlers op een onderlinge afstand van 22,5 m (afb. 3). De twee steunpunten staan in het water om de brug volledig los te kunnen houden van de kades, een belangrijke wens van de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (afb. 7). Bijzonder aan de brug is het zeer slanke en vloeiende uiterlijk van het brugdek. De ranke brug is van boven gezien S-vormig en het dek is dubbelgekromd om goed aan te sluiten op het stratenpatroon en om vloeiende verkeersstromen over de weg en het water mogelijk te maken. Daarnaast waren de maximale overspanning, zo hoog mogelijke doorvaarthoogte en een comfortabele helling voor mindervaliden bepalend voor de vorm van de brug. De combinatie van deze wensen resulteerde in de vraag naar een zo slank mogelijk brugdek.

UHSB

Door de brug uit te voeren in ultra-hogesterktebeton kon de gewenste slankheid gerealiseerd worden. Bijkomend voordeel is dat UHSB een zeer dicht materiaal is dat geen onderhoud behoeft. Door het brugdek inwendig van EPS blokken te voorzien is gewicht bespaard om het nog slanker te kunnen maken. Dit resulteerde uiteindelijk in een dek met een verlopende dikte van 425 mm boven de steunpunten tot slechts 275 mm in het midden van de overspanning. Het brugdek loopt naar de randen taps toe naar een dikte van 90 mm. Met dit slanke ontwerp lukte het de gewenste doorvaarthoogte van 1,75 m te behalen over een breedte van 3,6 m en een doorvaarthoogte van 1,5 m over een breedte van wel 11,1 m. Desondanks heeft de brug een voor mindervaliden comfortabele helling van slechts 1:20.



4 Pijlers, ondergronds gekoppeld

BALUSTRADE

De balustrade (afb. 5) bestaat uit stalen strips die onzichtbaar met het dek zijn verbonden. Dit is gedaan door de vele voetplaten in een gootje te bevestigen en vervolgens aan te gieten met gietmortel. Dit betekende wel dat de constructieve rand, die al slank was gehouden, nog eens is verjongd. Met behulp van beproevingen is aangetoond dat de ankers ondanks de geringe betondoorsnede de belastingen kunnen opnemen. De aanwezige staalvezels zorgen ervoor dat met zeer korte verankeringen kan worden volstaan. Op de balusters is een speciaal geëxtrudeerde en in vorm gewalste railing met geïntegreerde LED-verlichting aangebracht.

ELEMENTEN

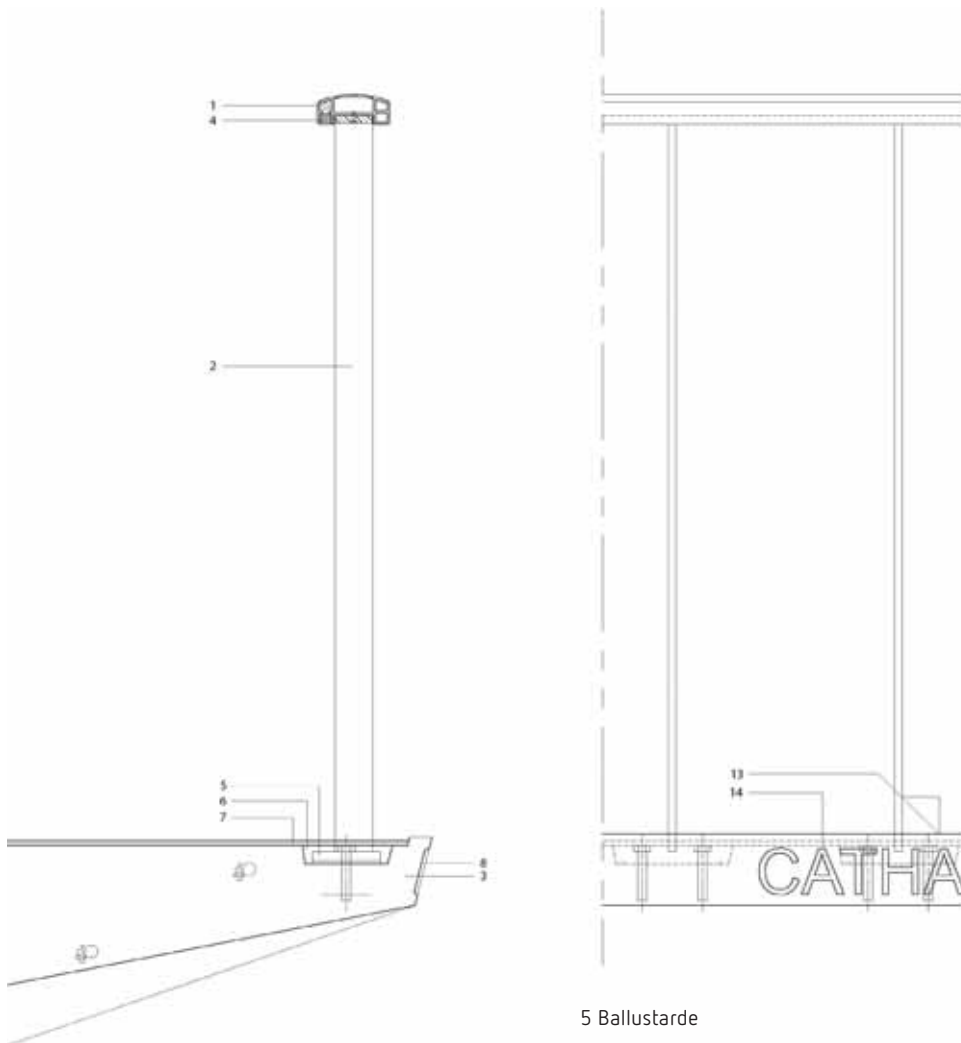
De brug is opgebouwd uit geprefabriceerde dubbelgekromde UHSB elementen. Het brugdek is in de lengte opgedeeld in acht elementen die ter plaatse aan elkaar zijn gestort (afb. 4 en 6). In het ontwerpstadium was aanvankelijk geprobeerd zoveel mogelijk identieke elementen te gebruiken door de boogstralen van de brug overal gelijk te houden. Bij de verdere uitwerking bleek het toch nodig om voor elk element een aparte mal te maken (afb. 9 en 10).

NATTE KNOPEN

De elementen zijn met het speciaal voor natte knopen ontwikkelde UHSB JointCast aan elkaar gestort (afb. 8). Om deze verbinding onzichtbaar te realiseren, zijn inkassingen in de elementen gemaakt. Aan de onder- en zijkanten langs de elementranden loopt een dunne schil door die aansluit op het aangrenzende element. De bakjes die op deze manier ontstaan zijn van bovenaf volgestort en vervolgens weggewerkt onder de slijtlaag. De wapening van twee aansluitende elementen grijpt als een kam in elkaar en door de aanhechting van de JointCast is maar een hele kleine overlap nodig.

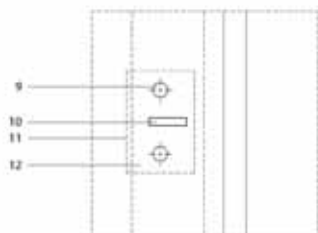
TOLERANTIES

Er is bijzonder veel aandacht besteed aan de kwaliteit en toleranties van de elementen om ervoor te zorgen dat de Catharinabrug eruit zou komen te zien als één vloeiend doorlopende witte lijn (afb. 10).



5 Ballustrade

- 1- balustrade aluminium geëxtrudeerd en gewalst gepoedercoat, licht grijs RAL-7035
- 2- baluster stripstaal 10x50mm, h.o.h. ca. 300mm verzinkt en gecoat, donker grijs RAL-7016
- 3- Compact Reinforced Composite (CRC) kleur wit
- 4- geanodiseerd aluminium profiel (15x15) voorzien van LED-strip in kleur warm wit
- 5- voetplaat verankerd in beton onder slijtlaag
- 6- opening na montage balusters aanstorten met (CRC)
- 7- Bolgrip 1250 slijtlaag met instrooilaag, 6-8mm in 3 verschillende tinten grijs
- 8- naamsaanduiding aangeven dmv relief in zijkant
- 9- M12 RVS h.o.h. 80mm
- 10- stalen baluster 10x50
- 11- baluster op zie plaat
- 12- voetplaat strip 90x12 S355
- 13- balusters haaks op brug positioneren (hor. en vert.)
- 14- naam brug (Catharinabrug) aangeven





6

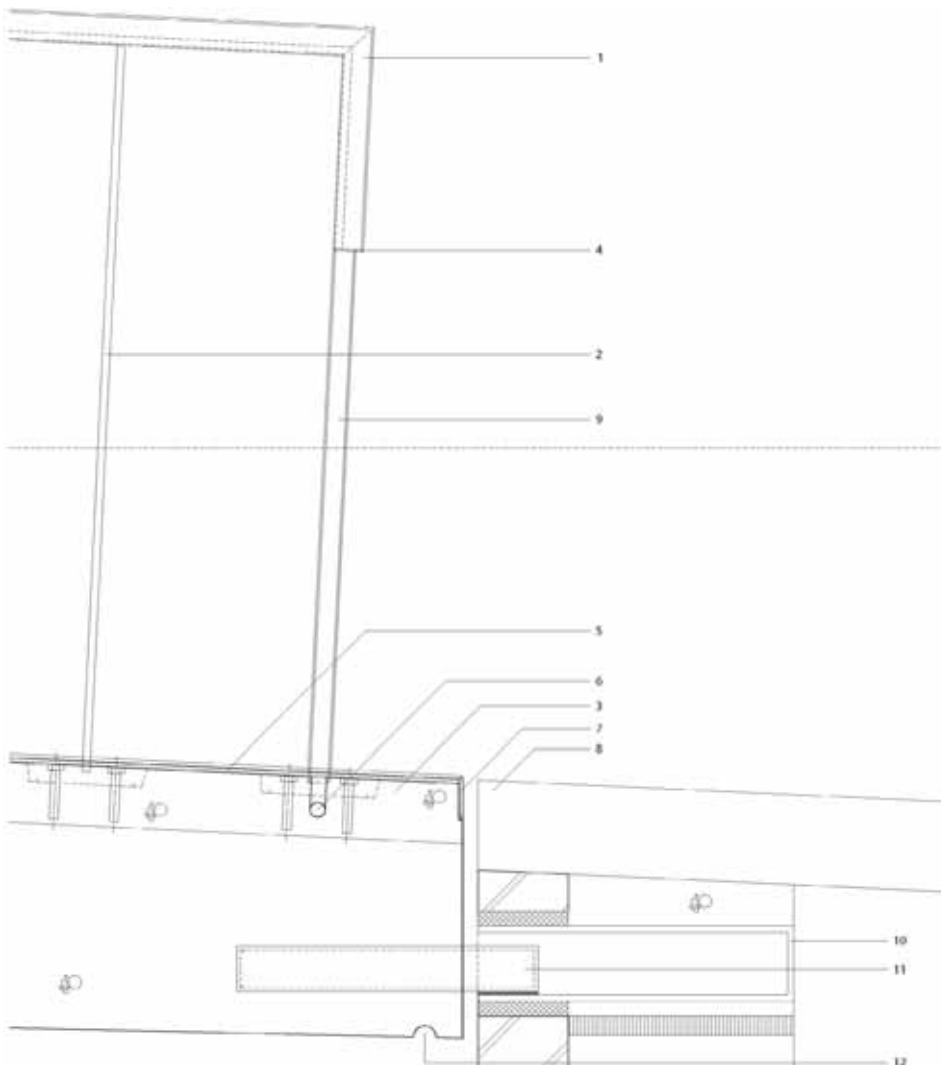
De delingen in het dek moesten zo zichtbaar mogelijk zijn. Daarom is de lat voor het schoonbeton extreem hoog gelegd met toleranties van slechts 2-3 mm en een maximale afronding van de hoeken van 3 mm. Deze eisen zijn gerealiseerd door in de productie continu te controleren of de afmetingen voldeden aan de specificaties en of eventuele afwijkingen binnen de gestelde toleranties vielen. Dit is onder andere gedaan door alle elementen na productie 3D in te meten en virtueel in elkaar te passen.

UITVOERING

De Catharinabrug ligt midden in het historische centrum van Leiden. Qua transport en kraan capaciteit was de uitvoering van de brug zeer uitdagend (afb. 11). Zowel het verkeer op de weg als op het water moest ongehinderd doorgang kunnen vinden rond en tijdens de installatie van de brug. Voor de montage van de elementen is een verstelbare staalconstructie bedacht (afb. 8), zodat de elementen direct vanaf de vrachtwagen op de juiste positie konden worden geplaatst en op elkaar uitgelijnd. Door een uitsparing in de ondersteuningsconstructie konden de rondvaartboten tijdens de uitvoering blijven varen. Een parallel aan de brug geplaatste, tijdelijke brug zorgde er voor dat ook voetgangers ongehinderd konden passeren.

ULTRA-HOGESTERKTEBETON

Voor het UHSB is het materiaal Compact Reinforced Composite (CRC) van Hi-Con toegepast, dat uitgaat van een combinatie van staalvezels en traditionele wapening. CRC is een dikke, yoghurtachtige substantie en wordt gekenmerkt door een optimale korrelstapelings en het achterwege laten van grove toeslagmaterialen. Dit materiaal is ontwikkeld in Denemarken in de jaren tachtig en sinds die tijd zeer uitgebreid beproefd en gedocumenteerd. Voor de Catharinabrug is een recent ontwikkelde variant gebruikt (CRCi3-mix) die oorspronkelijk is ontwikkeld voor windmolens in zware dynamische omstandigheden. De verwerkbaarheid is zeer lastig, maar de dynamische stijfheid is aanzienlijk beter.

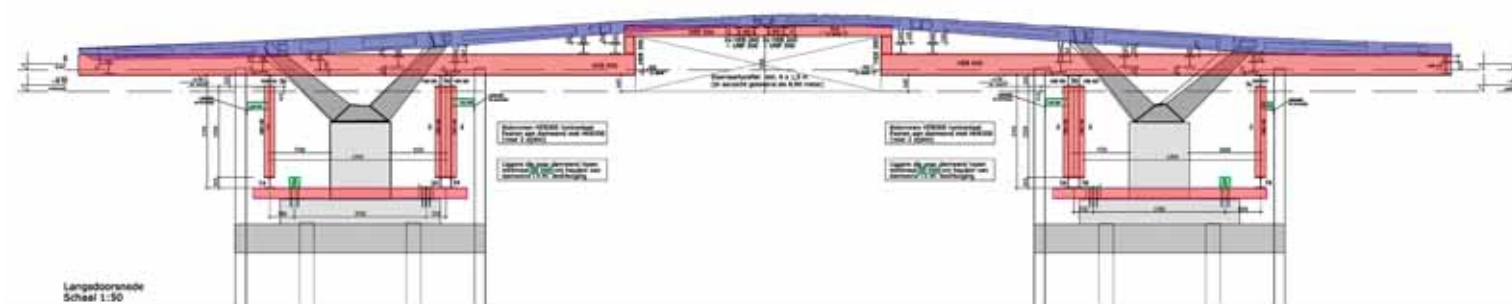
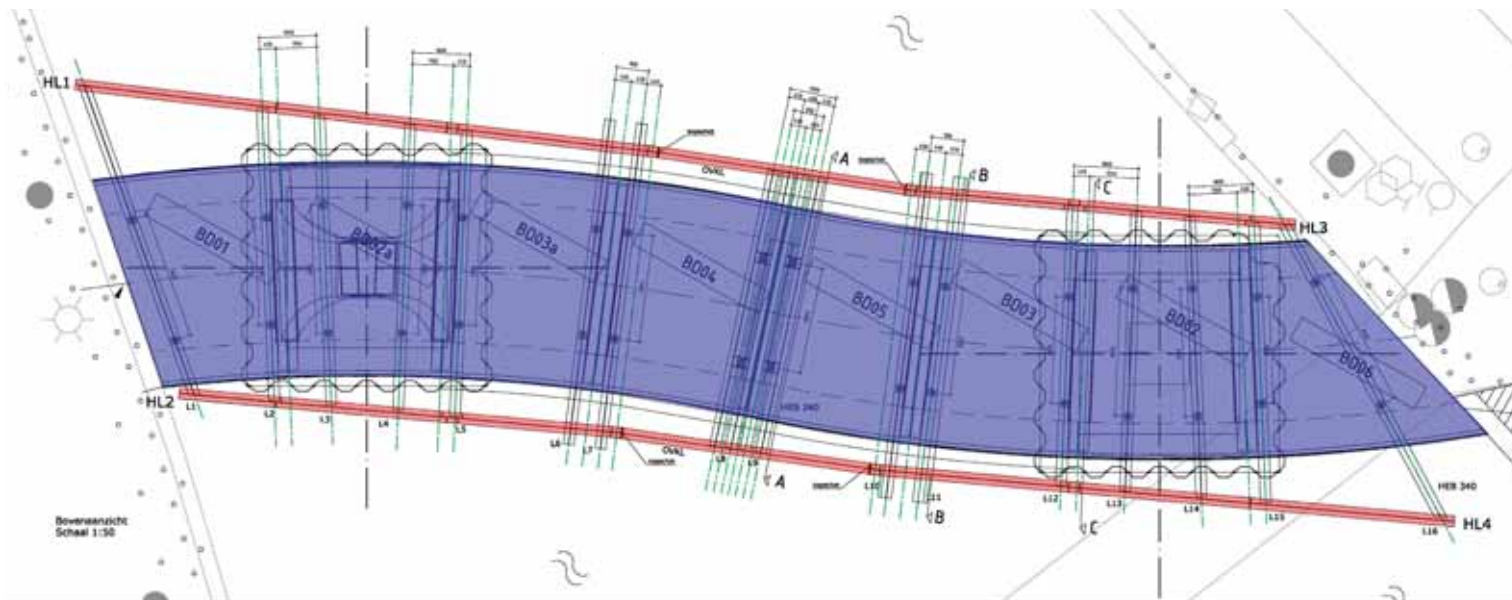


7 Overgang brug-kademuur

- 1- balustrade aluminium geëxtrudeerd en gewaist gepoedercoat, licht grijs RAL-7035
- 2- baluster stripstaal 10x50mm, h.o.h. ca. 300mm verzinkt en gecoat, donker grijs RAL-7016
- 3- Compact Reinforced Composite (CRC) kleur wit
- 4- uiteinde voorzien van aluminium afdekkap
- 5- Bolgrip 1250 slijtlaag met instrooi laag, 6-8mm in 3 verschillende tinten grijs
- 6- mantelbuis Ø20mm t.d.v. voeding LED-strips balustrade
- 7- RVS strip t.b.v. opvangen Bolidt slijtlaag
- 8- bestrating
- 9- koker 50x30x2,9 (S355), t.b.v. doorvoer electra verlichting balustrade verzinkt en gecoat, donker grijs RAL-7016
- 10- koker 150x100x8 RVS met aangelaste plaat 250x300
- 11- ingestorte koker 100x60x5, lengte 400mm (RVS 316)
- 12- waterhol alleen op horizontaal deel van doorsnede horizontaal deel (40mm vanaf schuine zijde stoppen)



Voor het UHSB is het materiaal Compact Reinforced Composite (CRC) toegepast, dat uitgaat van een combinatie van staalvezels en traditionele wapening.



8

9

AFWERKING

Het brugdek is afgewerkt met een Boligrip 1250 slijtlaag met 6-8 mm instrooilaag in drie verschillende tinten grijs. Door deze in een patroon aan te brengen is het brugdek niet alleen visueel versmald (afb. 13), maar zijn ook twee rustpunten gecreëerd waar voetgangers kunnen genieten van het prachtige uitzicht over het water.

PROJECTGEGEVENS

Catherinabrug Leiden (2016)	
opdrachtgever	Gemeente Leiden
architect	DP6 architectuurstudio, Delft
type	betonnen plaatbrug
constructeur	Pieters Bouwtechniek, Delft
uitvoering	Gebr. Schouls, Leiden
leverancier UHSB	Hi-Con Nederland, Alblasserdam



↓↑ Element in en uit de kist

10





11



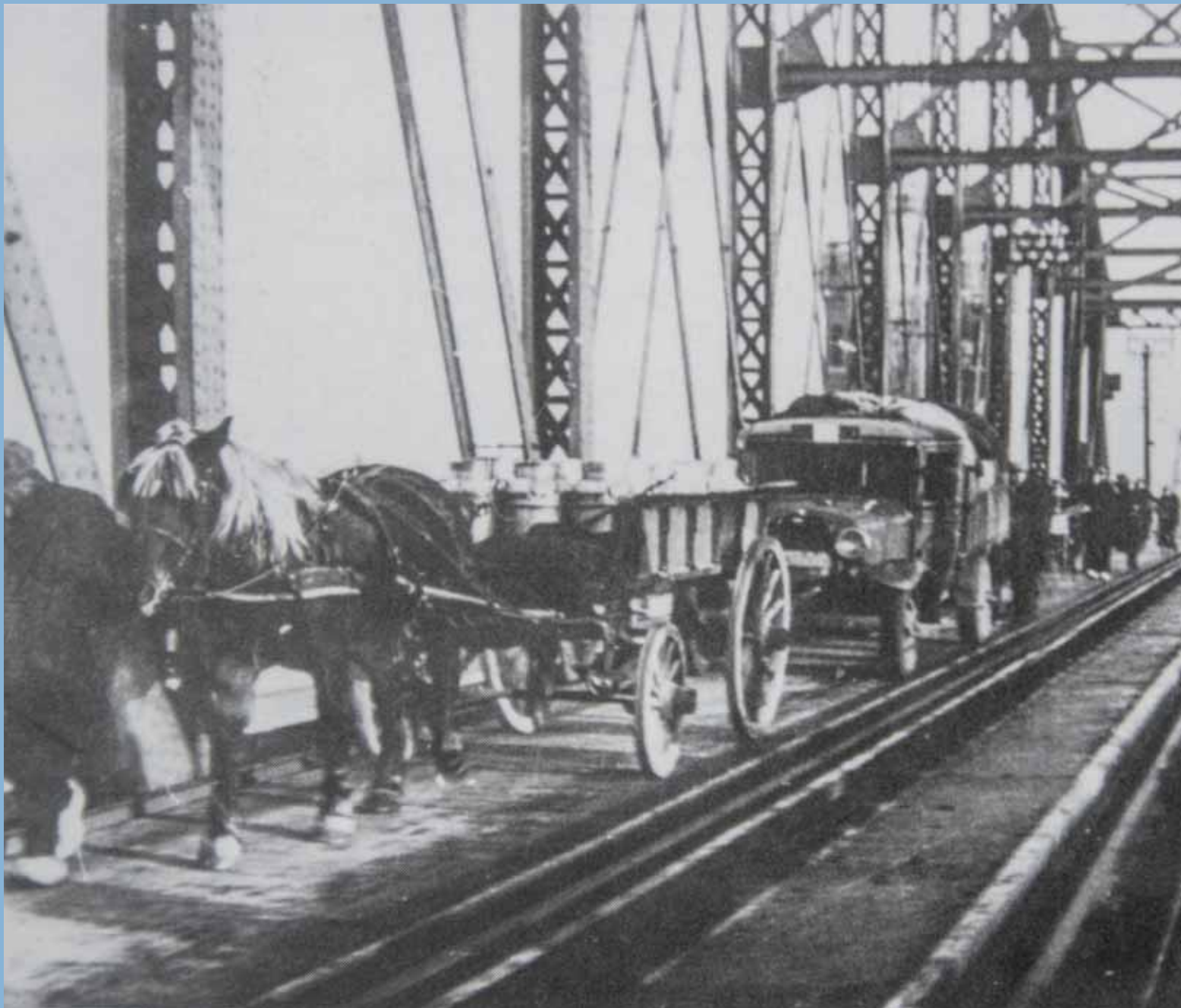
12 © Kees Hummel



13 © Kees Hummel

DE WILHELMINBRUG BIJ DEVENTER

Ger van Ittersum
geograaf



Spoorbrug bij Deventer, datum onbekend, bron [2].

De Wilhelminabrug in de N344 over de IJssel bij Deventer werd in 1943 voltooid en bestaat dus 75 jaar. De brug kent een bijzondere geschiedenis. Het is één van de weinige bruggen die tijdens de Duitse bezetting werd gebouwd. Twee jaar later werd hij echter al opgeblazen en wel door de Duitsers. Weer 30 jaar later speelden de Duitsers nog een rol op de brug. Dit keer als acteurs in een oorlogsfilm. De brug was tot de aanleg van de A1 een belangrijke schakel in de verbinding tussen West-Nederland en Duitsland. En hij ligt ook over een belangrijke Noord-Zuidverbinding in het hoofdvaarwegennet van Rijkswaterstaat. Niet alleen de brug, ook de stad Deventer jubileert, want dit jaar wordt het 1250 jarig bestaan gevierd.



↗ De Schipbrug medio 17e eeuw, bron [1].

→ Locatie van de bruggen bij Deventer (Google Earth 2011).
1 = Wilhelminabrug, 2 = spoorbrug, 3 = voormalige Schipbrug en huidige veerpont. De nevengeulen zijn nog niet op dit beeld te zien.



De opgeblazen verkeersbrug in 1945, bron [2].

VERDWENEN VOORGANGERS

Als Deventer al 1250 jaar bestaat, hoe kan het dan dat er pas in 1943 een brug over de IJssel werd gebouwd? Een terechte vraag, maar de Wilhelminabrug was dan ook niet de eerste brug bij Deventer (afb. blz. 39). De stad kende wel brugloze perioden, waarin men het

met een pontveer moest doen. Al eind 15e eeuw was er een houten brug, die echter al gauw werd vernield door vijandige troepen. Latere bruggen werden door brand of ijsgang verwoest. Begin 17e eeuw kwam er een brug die langer stand hield, tot ver in de 20ste eeuw zelfs: de Schipbrug (afb. blz. 39). Deze

lag ongeveer op de plaats van het huidige fiets/voetveer, circa 400 meter stroomafwaarts van de Wilhelminabrug. De Schipbrug bestond uit drie delen: een ophaalbrug aan de stadszijde voor kleine schepen, een uitvaarbaar gedeelte voor grotere schepen en een vastliggend deel. Het openen en weer sluiten van het uitvaarbare gedeelte was zwaar werk en kon wel drie kwartier in beslag nemen. Bovendien was de brug niet bruikbaar bij hoog water en ijsgang. Al met al geen ideale situatie. Toch duurde het nog tot 1887 voor er weer een vaste brug over de IJssel kwam.

MET PAARD EN WAGEN OVER DE SPOORBRUG

Vanaf halverwege de 19e eeuw werd het spoorwegnetwerk van Nederland aangelegd. Ook Deventer werd hier in opgenomen. In 1866 had de stad al een spoorverbinding met Zwolle en Zutphen. De verbinding met Apeldoorn en het westen van het land liet echter op zich wachten. De kosten van de overbrugging van de IJssel waren namelijk een probleem. Voor 850.000 gulden werd de spoorbrug uiteindelijk tussen 1884 en 1887



Wilhelminabrug augustus 2018, op de achtergrond links de invaart naar de haven van Deventer (foto auteur).



De IJssel bij Deventer bij laag water in augustus 2018, gezien vanaf de Wilhelminabrug. Het rode streepje rechts geeft de waterstand in januari 1926 aan, volgens een peilschaal op de muur van een woning. Links de steiger van het huidige pontveer met veerboot. Deze ligt op de locatie van de vroegere Schipbrug. De grotere boten liggen in de nieuwe nevengeul. Op de achtergrond de spoorbrug (foto auteur).

gebouwd. Daarmee was deze de laatste van de spoorbruggen over de grote rivieren. De brug was enkelsporig en omdat er nog niet veel treinverkeer was, werd wegverkeer eveneens toegelaten op de brug. Dat moest wel wachten als er een trein aankwam. Heel inventief bedacht, maar vanwege het toenemende weg- en spoorverkeer ontstond er vrij spoedig een knelpunt. Daar kwam bij dat ook het scheepvaartverkeer toenam wat tot langdurige openstellingen leidde; volgens een onderzoek in 1927 gemiddeld 3 uur en 25 minuten per dag. Voor het wegverkeer moest een eigen brug komen.

NIEUWE BRUG HOUDT MAAR TWEE JAAR STAND

Niet alleen bij Deventer, maar in het hele land werd door het toenemende autoverkeer de noodzaak tot verbetering van de wegverbindingen gevoeld. Dit leidde in 1927 tot het Rijkswegenplan. Daarin werden ook bruggen over de grote rivieren opgenomen,

twaaft in totaal. Ze werden in hoog tempo gebouwd. In 1939 waren er al elf in gebruik genomen, alleen die bij Deventer nog niet. Aan de bouw was men al wel begonnen toen de Duitsers het land binnenvielen. Dat de brug bij Deventer de laatste was, bleek een wrang voordeel te zijn, want de meeste bruggen, ook de spoorbrug bij Deventer, werden door het Nederlandse leger in mei 1940 vernield om de Duitse doortocht te verhinderen.

Tijdens de bezetting werd de verkeersbrug alsnog afgebouwd en officieel, maar niet feestelijk, geopend op 14 april 1943. De brug was geen lang leven beschoren. De geallieerden probeerden de brug te bombarderen in het najaar van 1944 om de Duitse troepen te isoleren, maar misten hun doel en troffen de binnenstad van Deventer. Dit gebeurde meerdere malen, wat bij burgers tot de sarcastische opmerking leidde dat men het beste onder de brug kon schuilen bij bombardementen. In april 1945

sneuvelde de brug alsnog: hij werd door de Duitsers zelf opgeblazen om de opmars van de geallieerden te stuiten.

VAN VERKEERSBRUG OVER DE IJSEL BIJ DEVENTER NAAR WILHELMINABRUG

We hebben het nu over de Wilhelminabrug, maar u zult begrijpen dat het niet de Duitsers waren die de brug deze naam hebben gegeven. Namen van het Nederlandse koningshuis waren in oorlogstijd uit den boze. Het was zelfs zo, dat de bestaande Wilhelminabrug in Maastricht hernoemd werd in 'Nieuwe Brug te Maastricht' en het Wilhelminakanaal moest het 'Kanaal van de Zuid-Willemsvaart naar de Donge' gaan heten. De brug kreeg zijn huidige naam pas in 1948 toen hij in de oorspronkelijke staat was hersteld. In de tussenliggende jaren deed de Schipbrug weer dienst.



Bijzondere passanten over de brug; een paar keer per jaar maakt de schaapherder met zijn kudde de oversteek (foto Marianne Gasperz).



Scène op de Wilhelminabrug uit de film 'A bridge too far' (bron Wikipedia).

In 1976 speelde de Wilhelminabrug de hoofdrol in de film A bridge too far

De Wilhelminabrug is evenals de meeste andere bruggen over de grote rivieren uit het Rijkswegenplan een stalen boogbrug met een grote vaste overspanning (100 m, zie afb. blz. 40). De brug ligt in de N344, de provinciale weg naar Apeldoorn. Tussen de 20.000 en 30.000 auto's gaan er jaarlijks over. Het meeste verkeer gaat nu over de brug in de A1, ruim twee kilometer zuidelijker, aangelegd in 1972. De Wilhelminabrug is in beheer bij Rijkswaterstaat Oost Nederland en is in 2016 nog gerenoveerd. De aannemer meldt niet zonder trots dat er onder meer 20.000 m² is geschilderd, 2300 m² beton is gerepareerd en 4000 m² asfalt en 1000 klinknagels zijn vervangen.

DE IJSSEL KRIJGT MEER RUIMTE

De brug vormt de verbinding tussen Gelderland en Overijssel. Hoewel, dit is niet helemaal waar, want een strook land over de IJssel behoort tot de gemeente Deventer en dus tot Overijssel. De IJssel in zijn huidige ligging, als afsplitsing van de Rijn, dateert uit de vroege middeleeuwen. De stroom werd toen Isala genoemd naar de Saliërs die destijds in het gebied woonden. De IJssel werd een belangrijke internationale handelsroute en de steden aan de oevers, waaronder Deventer, waren aangesloten bij de Hanze. Ook nu is de IJssel een belangrijk onderdeel in het hoofdvaarwegennet. Circa 20.000 vrachtschepen en omstreeks 3000 recreatieschepen varen jaarlijks onder de Wilhelminabrug door. De IJssel krijgt 1/9 van de afvoer van het Rijnwater volgens een afspraak die al uit de 18e eeuw dateert. De IJssel zorgt er nu voor dat de zoetwatervoorraad in het IJsselmeer op peil blijft. Rijkswaterstaat, de beheerder, moet laveren tussen de belangen van deze watervoorziening, de scheepvaart, de natuur en de afvoercapaciteit.

Om dat laatste te vergroten zijn in het kader van 'Ruimte voor de rivier' enkele jaren geleden ook bij Deventer nevengeulen gegraven. Aan de westzijde loopt er één onder de brug door. De geulen moeten leiden tot een waterstandsdeling van 100-190 mm bij hoog water. Daarmee neemt het risico van overstromingen van de kaden van Deventer af. In 1926 kwam het water tot 7,33 m + NAP en overstroomde een deel van de binnenstad.

Dit staat in schril contrast met de zomer van 2018. Met 0,90 m + NAP bereikte de IJssel hier een van de laagste waterstanden ooit en moest de haven van Deventer gesloten worden.

EEN BRUG TE VER

In 1976 speelde de Wilhelminabrug de hoofdrol in de film *A bridge too far*. U denkt waarschijnlijk dat kan niet kloppen want de film gaat over de brug over de Rijn bij Arnhem tijdens de operatie Market Garden. Dat is zo, maar de producer ging bij Arnhem kijken en vond die locatie ongeschikt vanwege de moderne bebouwing in de omgeving. Hij vond de locatie in Deventer bij de identieke Wilhelminabrug geschikter. Het 'slaperige stadje aan de IJssel' zoals hij Deventer noemde, werd gedurende de opnamen flink wakkergeschud. Veel inwoners speelden een rol als figurant. Kosten nog moeite werden gespaard en *A bridge too far* werd met een budget van 26 miljoen dollar

de tot dan toe duurste film ooit, met hoofdrollen voor onder anderen Sean Connery, Dirk Bogarde en Robert Redford.

Deventer is in zijn jubileumjaar allerminst slaperig. Het jubileum van de Wilhelminabrug is echter aan de aandacht ontsnapt. Maar als we de herbouw met de naamgeving in 1948 als beginjaar nemen, dan krijgen we in 2023 een herkansing om aandacht te besteden aan deze brug met een toch wel bijzondere geschiedenis.



Bronnen

- 1 Nederlandse Bruggenstichting, 2016: Canon van de Nederlandse brug
- 2 Nederlandse Bruggenstichting, 2009: Bruggen in Nederland 1940- 1945
www.deventertoenenu.nl
www.ruimtevoordevier.nl
www.vanderende.nl
www.wegenwiki.nl



Koningin Wilhelmina naar wie de brug is vernoemd (bron: www.historiek.nl). Zij leefde van 1880 tot 1962 en was van 1890 tot 1948 koningin van Nederland, waarvan de eerste acht jaar onder regentschap van koningin Emma. Er zijn meer bruggen naar haar vernoemd; een quickscan op internet leverde twaalf Wilhelminabridgen op. Ze heeft haar dochter en kleindochter overtroffen. Bij koning Willem Alexander staat de bruggeteller op vier.



VIERDE SYMPOSIUM FIETS+VOETBRUGGEN: LEERZAAM!

In november is er in Amersfoort voor de vierde keer het symposium Fiets+Voetbruggen gehouden, georganiseerd door het gelijknamige platform, onder auspiciën van de Bruggenstichting.

Na een 'call for papers' hebben betrokkenen voorstellen ingediend voor lezingen en artikelen, waaruit een keuze is gemaakt voor deze middag. Ook kunnen we ons verheugen in een buitenlandse deelname. Hier volgt in het kort een beschrijving van de lezingen.

MILIEUVERGELIJKING VAN GEACETYLEERD HOUT (ACCOYA), AZOBÉ, STAAL EN BETON

Pablo van der Lugt, TU Delft faculteit Architectuur en Bebouwde Omgeving

Gedurende de klimaattop in Parijs zijn bindende afspraken gemaakt hoe klimaatverandering te beheersen. De rol van bossen en hout heeft hierin een belangrijke rol gekregen.

Een potentierijke route om de levensduur van snel groeiend, duurzaam geogst dennenhout op een milieu-vriendelijke wijze te verlengen, en hiermee toe te kunnen toepassen in de GWW sector, is het volledige niet-giftige acetyleren van hout. Inmiddels zijn er vele projecten van het zogenaamde Accoya-hout gerealiseerd, waaronder twee verkeersbruggen voor de zwaarste verkeersklasse in Sneek.

In de presentatie is een milieuvergelijking gemaakt op basis van de CO₂-voetafdruk (carbon footprint) van verschillende relevante alternatieven voor de toepassing in fietsersbruggen: Accoya, Azobé, staal en beton. De resultaten laten zien dat geacetyleerd hout ten opzichte van niet hernieuwbare materialen, een veel lagere CO₂-voetafdruk heeft,

evenals duurzaam geoogst Azobé – zelfs een negatieve CO₂-voetafdruk heeft, gerekend over de gehele levensduur van de toepassing (cradle to grave).

PILOTPROJECT DUURZAAMHEID IN AMERSFOORT

Wouter Schik, Gemeente Amersfoort

De vervanging van zes houten fiets+voetbruggen is een pilotproject duurzaamheid van de gemeente Amersfoort, waarbij, parallel aan het standaard ontwerpproces, hebben we met de Aanpak Duurzaam GWW verkend en bepaald welke duurzaamheidsthema's in welke mate van toepassing zijn. Bij elke brug is de vraag: is deze nodig en zo ja wat zijn dan de functionele eisen? Volstaat bijvoorbeeld een kortere en/of smallere brug of een duiker? Zorgvuldig worden alle ambitie thema's beschouwd, met materiaalkeuze en circulariteit voorop. Hierbij zijn LCA's van verschillende alternatieven onderzocht. Fraaie, onderhoudbare en integraal duurzame bruggen zijn het eindresultaat, met als uitgangspunt hergebruik van hout en staal. Duurzaamheid blijkt niet duurder, maar is vooral een kwestie van slimmer nadenken, organiseren en dus 'investeren aan de voorkant'.

THE VALUE OF GOOD INFRASTRUCTURE DESIGN

Martin Knight, Knight Architects, London

Waar ter wereld we ook zijn, we brengen bruggen in verband met een beleving van een plaats en die beleving bevestigt mensen en verklaart de brede aantrekkingskracht van een brugontwerp.

Bruggen voegen waarde toe en versterken de identiteit. Of het nu gaat om het verbeteren van een verbinding, het genereren van publieke trots of het creëren van een centraal punt dat leidt tot meer voetgangers. De door de jaren veranderende infrastructuur, geïllustreerd door werken van briljante ingenieurs als Brunel en Eiffel, is een krachtige signaal dat de tijd snel voorbijgaat en dat kwaliteit overleeft.

In een aanstekelijk betoog brengt Martin ons het belang bij van een goede vormgeving.

Wanneer we het ontwerp van nieuwe bruggen en infrastructuur beschouwen, hoe houden we deze waarden dan in gedachten, zodat onze erfenis even goed wordt ervaren als en even mooi en duurzaam is als die van onze voorgangers?

CATHARINABRUG: LANGSTE EN SLANKSTE BRUG IN UHSB IN NEDERLAND

Aan dit onderwerp is elders in dit tijdschrift uitgebreid aandacht besteed. (zie pag. 32 e.v.)

MOREELSEBRUG UTRECHT, TOEPASSING VAN TMD'S

Bas Wijnbeld, ABT

De Moreelsebrug is een brug voor fietsers en voetgangers tussen de binnenstad en de westkant van de stad. De brug passeert twaalf perrons en heeft een lengte van circa 300 m. De brugdelen zijn excentrisch opgelegd op de V-vormige pijlers. Door de bijzondere vormgeving ontstaan er trillingen in zowel de verticale als de laterale richting. In het ontwerp zijn twaalf Tuned Mass Dampers (TMD's) voorzien. Praktijkmetingen hebben bijgedragen aan de exacte specificaties. In de presentatie zijn de metingen en de keuzes van TMD's belicht.

JAVABRUG AMSTERDAM: WAT IS DE FIETS+VOETBRUG VAN DE TOEKOMST?

Toon Banen en Ton de Rijke, gemeente Amsterdam

Aan deze brug is al eerder aandacht besteed in het maantnummer van dit jaar.

De brug wordt ingepast in het huidige vervoersnetwerk. Hoe zorg je voor een robuuste verbinding met toekomstwaarde? Welke maatregelen moeten/kunnen nu al genomen worden om de ontwikkelingen de komende 100 jaar te kunnen faciliteren?

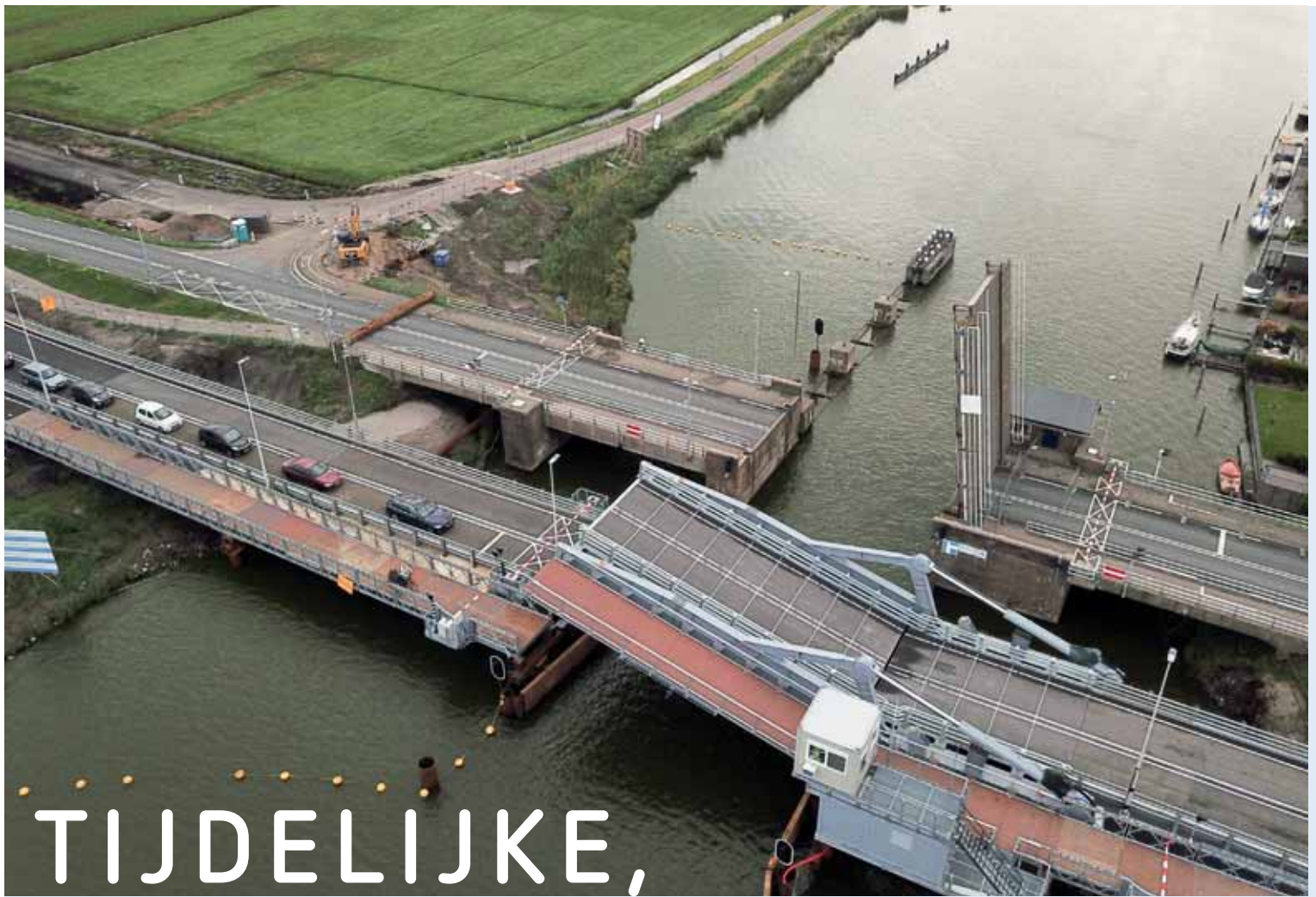
Deelnemers konden via een stemsite direct hun mening zichtbaar maken over de ontwikkelingen van het vervoer per fiets in de stad, elektrische (bak)fiets – bezorgdiensten, op bruggen en fietspaden in combinatie met voetgangers.

TOT SLOT

De belangstelling voor deze bijeenkomst is verheugend groot, zó groot zelfs dat omgekeken moet worden naar een andere locatie met een grotere capaciteit.



Viaduct van accoya-hout (Sneek).



TIJDELIJKE, BEWEEGBARE BRUG IN DE N246 NABIJ WEST-KNOLLENDAM

Over de Zaan bij West-Knollendam wordt de Beatrixbrug vervangen door de nieuw te bouwen Prinses Amaliabrug (de zesde gelijknamige brug). Om tijdens de bouw het wegverkeer niet te hinderen, wordt er een tijdelijke, beweegbare brug geplaatst.



Maandenlang is het ontwerp, de fabricage en de plaatsing van deze brug tot in de puntjes voorbereid.

Uiteindelijk is het beweegbare gedeelte van de brug voormonteerd op een nabijgelegen terrein en vervolgens 's-nachts op een drijvende bok in de richting van de N246 gevaren en daar ingehesen. Daarna zijn alle technische installaties, die zorgen voor de aansturing van de beweegbare brug, geïnstalleerd en in bedrijf gesteld. Hiertoe behoren ook alle seinen, camera's en afsluitbomen op en rond de brug. De gehele brug bestaat uit vaste brugdelen in aansluiting op de landhoofden. Het beweegbare middengedeelte wordt met behulp van twee krachtige hydraulische cilinders bewogen. De tijdelijke brug heeft, net als de Beatrixbrug, één rijstrook per rijrichting en een vrij liggend fietspad.

COMPLEX EN UNIEK

Maar het realiseren van deze tijdelijke brug met een beweegbaar deel is een unieke en complexe gebeurtenis. Het is namelijk een zogenaamde ongebalanceerde brug. Dit betekent dat deze brug niet met behulp van een contragewicht wordt bewogen, maar door

twee krachtige cilinders. Het bijbehorende krachtspel maakt de constructie van het geheel extra gecompliceerd. Verder verzorgt de besturings- en bedieningssoftware de veilige aandrijving van het bewegingswerk, alsmede de samenwerking met de overige technische systemen op en rond de brug (zoals slagbomen en seinen).

Naast de bewegingsmethode is het modulaire aspect van deze tijdelijke brug uniek. De brug bestaat uit verschillende modules, die aan te passen zijn aan de situatie. De brug is bijvoorbeeld gemakkelijk breder of langer te maken, zodat hij ook op een andere plek kan worden ingezet. De brug is uitgerekend conform de allerlaatste normen op het gebied van beweegbare bruggen.

MOOIE SAMENWERKING

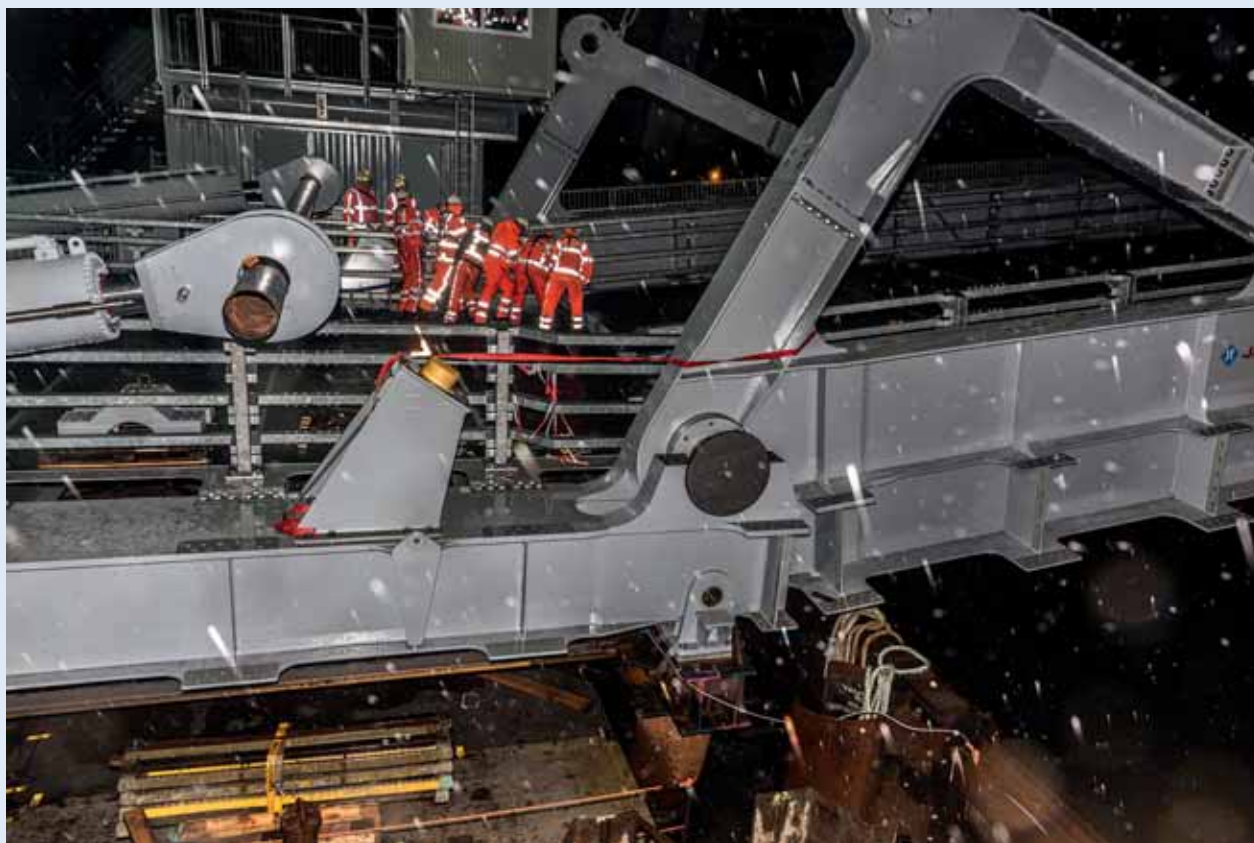
De vervanging van de brug mocht zo min mogelijk overlast voor de omgeving met zich meebrengen, een zwaar criterium voor de gunning. Een samenwerking van drie bedrijven voldeed het best aan dit criterium. Dura Vermeer kwam als hoofdaannemer met het idee om, door het gebruik van een tijdelijke brug met dezelfde capaciteit als de bestaande brug, de hinder voor het verkeer en

de omwonenden te minimaliseren. Dura Vermeer ontwierp en realiseerde de onderbouw van de brug. Janson Bridging maakte het innovatieve ontwerp voor de bovenbouw van de brug, produceerde dit en stelde de brug samen met SPIE Nederland in bedrijf. SPIE ontwikkelde de besturing (hard- en software) voor de aandrijving van de brug, leverde zaken als de seinen en afsluitbomen.

GROOT ONDERHOUD

De provincie Noord-Holland voert groot onderhoud uit aan de N246 en de N244, van Wormerveer tot Alkmaar. De vernieuwing van de Beatrixbrug en de Kogerpolderbrug maakt deel uit van het project. Van de gelegenheid wordt gebruik gemaakt om meteen de verkeersveiligheid en de doorstroming te verbeteren. Bijvoorbeeld door een nieuwe rotonde, nieuwe afslagen en nieuwe fietsoversteekplaatsen aan te leggen.

De nieuwe bruggen worden naar verwachting in respectievelijk april en oktober 2019 in gebruik genomen. Volgens de huidige planning wordt eind 2019 het gehele project afgerond.



NIEUWE UITGAVE

VAN DE NEDERLANDSE
BRUGGENSTICHTING

BRUGGEN

BASISKENNIS

VOOR

CIVIELTECHNICI

Auteur

Fred van Geest



ZOJUIST
VERSCHEENEN

FRED VAN GEEST

BRUGGEN

BASISKENNIS VOOR
CIVIELTECHNICI

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING
BRUGGEN



De Bruggenstichting heeft een studieboek uitgeven, waarin de basiskennis wordt gegeven waarover iedere HBO-abituriënt zou moeten beschikken om in de bruggenbouw actief te kunnen zijn. Dat geldt voor zowel de uitvoering, het ontwerp, de constructie als het onderhoud. Het is kennis die ook voor andere niveaus van onderwijs toegankelijk is, 'van bol4 tot universiteit!' De uitgave is een geheel herziene en aangepaste bewerking van die voor het MTS onderwijs van destijds van dezelfde auteur.

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

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

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

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

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

Voor bestellingen: zie bruggenstichting.nl

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING

BRUGGEN

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