

Nr.4 Jaargang 31
december 2023

Bruggen

HANGBRUG
HIMMELHAUSMATTETEG
ZWITSERLAND

Inhoud



- 4 **HANGBRUG
HIMMELHAUSMATTESTEG –
ZWITSERLAND**



- 9 **BRUGGEN INSPECTEREN
MET DRONES**



- 10 **OPKOMST EN NEERGANG VAN
'S LANDS EERSTE SPOORBRUG
OVER EEN GROTE RIVIER**



- 17 **PASSERELLES SPOORLIJN
L50 (B)**



- 20 **DE MAGERE BRUG
IN DUPLO**



- 26 **ANDERS DENKEN,
DURVEN DOEN**



- 32 **WRINGSTIJVE KOKER BOVEN
TUNNELBUIS**

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 en Wils van Soldt.

BESTUUR

Bert Hesselink, Pjotr Mak, Dick Schaafsma, Peter Vijn, Beate Vlaanderen, Jan-Willem Warner en Fred Westenberg (voorzitter).

RAAD VAN ADVIES

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

BRUGGEN

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar.

Abonnement € 39,50 per jaar. Gratis voor begunstigers van de Nederlandse Bruggenstichting.

Losse nummers: € 12,50, te bestellen via NL82 INGB 0000 0589 75

KOPIJ

De kopij dient voorzien te zijn van naam, adres en telefoonnummer van de inzender. Inzendingen kunnen zonder opgaaf van redenen worden geweigerd.

ADVERTENTIES

C&C Design, Ciska Klooster
ciska@ccdesign.nl

REDACTIEADRES

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

EINDREDACTIE

Fred van Geest
E-mail: redactie@bruggenstichting.nl

WEBSITE

<http://www.bruggenstichting.nl>

GRAFISCHE VORMGEVING

Ronald Boiten en Irene Mesu, Amersfoort

OMSLAGFOTO VOORZIJDE

Jack Rope Systems

OPLAGE

600

ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

FRED VAN GEEST

We kunnen ook dit jaar terugblikken op een geslaagde Fiets+Voetbuggenmiddagbijeenkomst in november in Utrecht, Villa Jongerius. De belangstelling was hoog en de zaal voor 90% gevuld. Deze bijeenkomst heeft inmiddels zijn plaats veroverd als geslaagde contactdag met interessante lezingen, bijbehorende discussies en persoonlijke contacten. Enkele lezingen vindt u in deze aflevering terug, maar de presentaties zijn ook na te lezen via de website van de Bruggenstichting.

We zien al weer uit naar de Bruggendag in maart 2024.

Oud medewerker Sake Meinsma van de Bruggenstichting is ons ontvallen. Hij was tot op hoge leeftijd een enthousiast medewerker van het eerste uur en heeft aan veel publicaties, veelal op de achtergrond, een bijdrage geleverd. Zijn expertise lag op het gebied van beweegbare, stalen bruggen. Vooral het onderdeel beweegbare stalen bruggen in de uitgave *BRUGGEN IN NEDERLAND 1950-2000. Techniek in ontwikkeling* is mede door zijn inzet tot stand gekomen.

Aan alle activiteiten van de Bruggenstichting, zoals excursies, e.d., was hij een vaste deelnemer. Sake stond tevens bekend als 'onze correspondent uit Friesland'. Zijn laatste bijdrage aan ons blad verscheen in juni 2020 met een beschrijving van de oplossing voor lawaai-problemen bij de basculebrug in Dronryp. Het medeleven van de medewerkers van de Bruggenstichting gaat uit naar zijn familie met als troostrijke gedachte dat hij aanwezig blijft in onze publicaties.

Ondanks de inktzwarte situatie in het Midden Oosten en een lastige verkiezingsuitslag, durf ik het aan u een, in ieder geval persoonlijk, voorspoedig 2024 te wensen. Dat zal dan ook de bruggenbouw ten goede komen!



11e Bruggendag 2024

Thema: Betekenisvolle Bruggen

donderdag 14 maart 2024

Jaarbeurs Utrecht

12.00 - 18.00 uur

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING
BRUGGEN
meer informatie op
www.bruggenstichting.nl



Haringvlietbrug tijdens de onderhoudswerkzaamheden

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.





HANGBRUG HIMMELHAUSMATTSTEG ZWITSERLAND

Sinds november 2020 overspant in het Emmental een elegante hangbrug de Trub. De constructie van deze Fiets⁺Voetbrug is uniek: voor het eerst wordt een brugdek opgehangen aan de hangkabels door middel van een tralienetwerk in plaats van door de gebruikelijke hangers.

De bouw van deze nieuwe hangbrug voor voetgangers en fietsers bood Jakob Rope Systems de mogelijkheid om in de directe omgeving van het hoofdkantoor in Trubschachen (Zwitserland) dit wereldwijd unieke project te realiseren.



DE CONSTRUCTIE

De brug bestaat uit een solide constructie van hangkabels, brugliggers en roestvrijstalen tralienetwerken. De onderlinge samenwerking vergroot de constructieve stijfheid en verkleint de gevoeligheid voor grote vervormingen en trillingen, die kunnen worden ervaren in hangconstructies. Het gebruik van een RVS-tralienetwerk maakt het bovendien mogelijk om een valbeveiliging voor bruggebruikers achterwege te laten.

De brug met een totale lengte van 25,8 m ligt in het verlengde van de aangrenzende weg aan de Himmelhausmatte. Hierdoor ontstaat een licht hellende kruising met de rivier de Trub. De vrije overspanning van de brugligger tussen de pylonen bedraagt 21,5 meter. Door de brugbreedte van 2,2 m kan een sneeuwruimer van 5 ton in de winter sneeuw ruimen. De brug is ontworpen voor een draagvermogen van 4,0 kN/m². Het dek rust op vier stalen langsliggers (HE140A), die tussen de pylonen op zeven dwarsdragers zijn opgelegd en door de spanning in het tralienetwerk een toging van 280 mm hebben.

← 1 De Himmelhausmattesteg steekt de Trub over in Trubschachen.



2 De voetgangersbrug hangt aan een tralienetwerk in plaats van aan de gebruikelijke hangers

Vergeleken met conventionele uitvoeringsmogelijkheden, is de gekozen aanpak van de uitvoering economisch verantwoord omdat er geen extra valbeveiliging en complexe ophangkabelbeugels nodig zijn

De toogafmeting is zo gekozen dat de bijbehorende helling het gebruik door mensen met beperkte mobiliteit, mogelijk maakt.

De dwarsdragers met de schuin naar buiten toe, taps toelopende dubbele uitkragingen, brengen de verticale krachten van de langsliggers over naar de buisvormige hoofdliggers (ROR 88,9 x 5,0), die aan de zijkanten zijn aangebracht.

De vorm van de dwarsdragers maakt enerzijds een kleinere afstand tussen de buisvormige hoofdliggers mogelijk en resulteert anderzijds in een 'vierendeel-effect'¹ van de brugligger voor de verstijving van de brug in dwarsrichting. De buisvormige hoofdliggers, die de belasting over de dwarsdragers verdelen, bevatten inwendig elektriciteitskabels.

Het tralienetwerk wordt aan hangkabels bevestigd, die met gaffels met uitwendig schroefdraad, aan een knoopplaat aan de kolom worden bevestigd (zie fig. 3).

HET ROESTVRIJSTALEN TRALIENETWERK ONDER DE HANGKABEL

Het RVS-tralienetwerk bestaat uit staaldraden met een diameter van 3 mm (6×19+WC) met een maaswijdte van 80 mm, die verbonden zijn met 'hulsjes'. (Zie fig.3)

Knoopsterkten, kracht- en vervormingsgedrag zijn vooraf door middel van tests bepaald. Het tralienetwerk is uit één stuk vervaardigd, exact in de uiteindelijke vorm. Deze aanpak, zonder aanpassingen ter plaatse, maakt een efficiënte installatie en uitvoering van het ontwerp mogelijk.

Het RVS-tralienetwerk is bevestigd aan een holle, roestvaststalen hangkabel 1×37, met een diameter van 26 mm en met 'Jakob Forte'-vorken en -spanschroeven aan beide zijden. De hangkabel heeft een zeeg van 2,4 m op een overspanning van 23,7 m, wat resulteert in een verhouding van $f/l = 1/10$. De hangkabels worden samen door middel van 'Jakob Forte' - M36 stangen en de bevestigingskabel aan de pyloonkopblokken bevestigd. (Zie fig.3)

De 5,3 m hoge masten van gelaste, holle kolomprofielen ondersteunen de langsliggers (en daarmee het brugdek en dwarsdragers) die met boutverbindingen aan de masten verbonden zijn.

De brugconstructie, inclusief de roosters van het brugdek, heeft een massa van ongeveer 12 ton en wordt ondersteund en verankerd op zware pijlervoeten van gewapend beton.

HET BOUWPROCES

Nadat de fundering is vervaardigd, zijn de masten geplaatst. Aan de verticaal geplaatste masten zijn tijdelijke tuien met reeds bevestigde hangkabels bevestigd. De brugligger is in de werkplaats in één stuk gemonteerd, van Erlenbach naar Trubschachen getransporteerd en met een hydraulische kraan op zijn plaats gehesen. Op dezelfde punten waar de tijdelijke ophangkabels zijn bevestigd, is de ligger ingehesen en geborgd. Vervolgens zijn op regelmatige afstanden tijdelijke kettingtakels bevestigd om de brugligger aan de hangkabel te positioneren.

Diverse metingen in de verschillende fases van het bouwproces, maakten een efficiënte montage mogelijk en voorkwamen tijdrovende aanpassingen ter plaatse.

Het trillingsgedrag bij het betreden van de brug, dat bij hangbruggen kritisch kan zijn, blijkt als niet-kritisch te kunnen worden aangemerkt. Sinds de oplevering zijn de krachten in de hangkabels regelmatig gemeten om meer inzicht te verkrijgen in de langetermijneffecten.

Vergeleken met conventionele uitvoeringsmogelijkheden, is de gekozen aanpak van de uitvoering economisch verantwoord omdat er geen extra valbeveiliging en complexe ophangkabelbeugels nodig zijn, wat opweegt tegen mogelijk hogere plannings- en installatiekosten.

DUURZAAMHEID

Door gebruik te maken van de netwerkstructuur kan op dure verbindingselementen in de brugconstructie worden bespaard, zonder dat dit ten koste gaat van de veiligheid. Hierdoor wordt de benodigde hoeveelheid materiaal verminderd.

¹ 'vakwerk' zonder diagonalen, met zware, gelaste knopen, vernoemd naar de Vlaamse constructeur ir. Vierendeel.



3 De 5,3 m hoge pylonen zijn van hoge staalkwaliteit en daarmee bestand tegen weersinvloeden



4 Een lichtgewicht constructie is mogelijk, waardoor het totaalgewicht van de brug aanzienlijk afneemt in vergelijking met een massieve constructie.

Dit maakt een lichtgewichtconstructie mogelijk die het totale gewicht van de brug aanzienlijk vermindert in vergelijking met een massieve constructie.

Door gebruik te maken van roestvrijstalen materialen van hoge kwaliteit, bestand tegen weersinvloeden, is de brugconstructie duurzaam en onderhoudsarm.

GEZAMENLIJK PROJECT TRUBSCHACHEN

Het bijzondere aan de brug is, afgezien van de constructie, de samenwerking tussen particuliere en publieke bouwers. De brug is een gezamenlijk project van de Trubschachen-bedrijven Thuner Bau AG, het pensioenfonds

van Kambly SA, Jakob Rope Systems en de gemeente Trubschachen.

Voor inwoners van de gemeente Trubschachen biedt de brug een directere verbinding met het station. Vooral voor de schoolkinderen van het dorp is er nu een veilig fietspad, los van de drukke kantonweg. Daarmee is ook een gat in het landelijk fietspadennetwerk gedicht.

De brug is na voltooiing in november 2020 officieel geopend door 'Billy de bok', die als eerste de brug overstak onder het geluid van een alpenhoorn. ■

Geometrie in cijfers

Lengte	25,75 m
breedte	2,20 m
vrije overspanning	21,40 m
kabelspanwijdte / zeeg <i>f</i>	23,72 m
pyloonhoogte	2,41 m ($f/l = 1/10$)
	5,30 m

Partners die betrokken zijn bij het project

Klant:	Gemeente Trubschachen
Brugontwerp, tralienetwerk:	Jakob Rope Systems, Trubschachen
Funderingen:	Wüthrich Ingenieur und Planungs AG, Langnau
Staal constructie:	Niederhäuser AG, Erlenbach
Uitvoering:	Thuner Bau AG, Trubschachen



5 De brug heeft met een totale lengte van 25,8 m en ligt in het verlengde van de weg Himmelhausmatte.



6 Voor inwoners van de gemeente Trubschachen biedt de brug een directere verbinding met het station. Er is nu een veilig voet- en fietspad, vooral voor de schoolkinderen van het dorp.



BRUGGEN INSPECTEREN MET DRONES

Ruim 10 jaar geleden werden bruggen en viaducten in Nederland voor het eerst met drones geïnspecteerd. Inspecteren moest namelijk veiliger en minder hinder veroorzaken voor het verkeer.

In de eerste pilots die medewerkers van Ingenieursbureau Westenberg uitvoerden voor Rijkswaterstaat, werd er nog scheepvaartbegeleiding ingezet omdat nog onduidelijk was hoe veilig het allemaal was (zie afbeelding). Dit werd tijdens deze inspecties al snel als overbodig gezien.

Op het gebied van veiligheid en hinder was deze wijze van inspecteren een enorme verbetering, maar over de kwaliteit is lang gesproken. Kan een drone hetzelfde als een inspecteur die binnen handbereik visueel inspecteert? En wat als er bijvoorbeeld metingen moeten uitgevoerd?

In diezelfde periode is ook de eerste versie van de (toen nog) CUR-Aanbeveling 117 ontwikkeld. Een aanbeveling, bedoeld om zowel in de aanvraag, de voorbereiding, de uitvoering van de inspectie als de wijze van advisering, eenduidigheid te verkrijgen. Er werd nog geen rekening met drones en met technieken als sensoren, e.d.. In deze aanbeveling werd nog steeds geschreven over 'binnen handbereik' inspecteren, waardoor vaak alternatieve inspectiemethodes uitgesloten werden, terwijl de technologie

zich razendsnel ontwikkelde. Enkele voordelen zijn onder andere dat de drones de meest geavanceerde camera's hebben; ze kunnen elke keer exact dezelfde route afleggen waardoor schade-ontwikkelingen inzichtelijk gemaakt kunnen worden. Tevens kunnen aan de hand van de inspecties eenvoudig 3d-tekeningen met bijbehorende afmetingen gegenereerd worden. Het werd tijd voor een aanvullend handboek voor het inspecteren van bruggen met behulp van een drone. Hierin worden de (on)mogelijkheden van drones in de diverse inspectie-categorieën conform de CUR117 en de toepassingsgebieden van de verschillende drones en bijbehorende hulpmiddelen benoemd en toegelicht en worden de afwegingskaders om wel/niet een drone in te zetten, weergegeven. En dat zowel voor

drones in de lucht, op het land, op het water en onder water.

Een ideaal handboek voor zowel opdrachtgever die zich afvraagt of een traditionele inspectie de enige manier van inspecteren is in zijn specifieke situatie, als voor de opdrachtnemer die zicht krijgt in de (on)mogelijkheden van een drone binnen een bepaalde inspectie-categorie conform de CUR117.

Wilt u uw brug of kadeconstructie of, welk civieltechnisch kunstwerk dan ook, laten inspecteren en wilt u, vanwege veiligheid, verkeersdoorstroming of nauwkeurigheid, de toepassing van een drone overwegen, dan is het gebruik van dit nieuwe handboek aan te bevelen.

OPKOMST EN NEERGANG VAN 'S LANDS EERSTE SPOORBRUG OVER EEN GROTE RIVIER

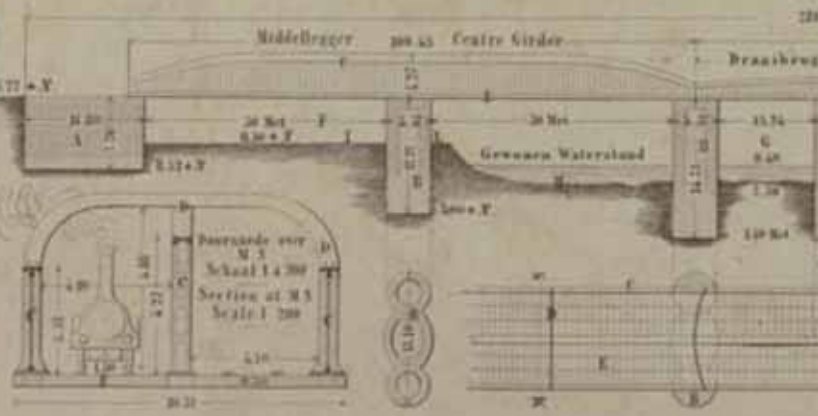
Elisabeth van Blankenstein



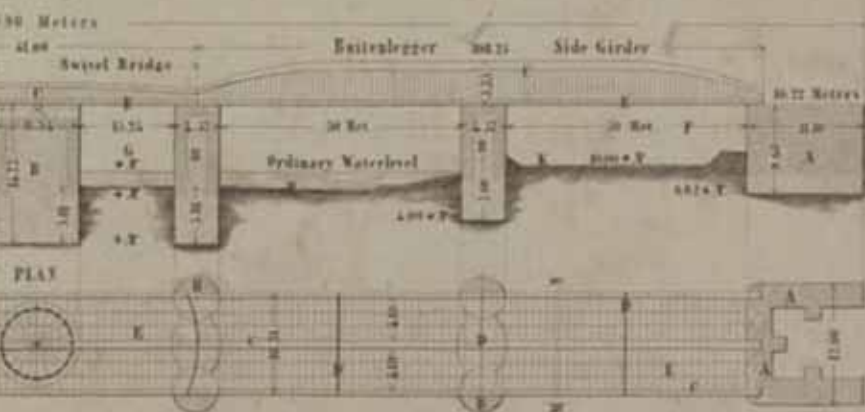
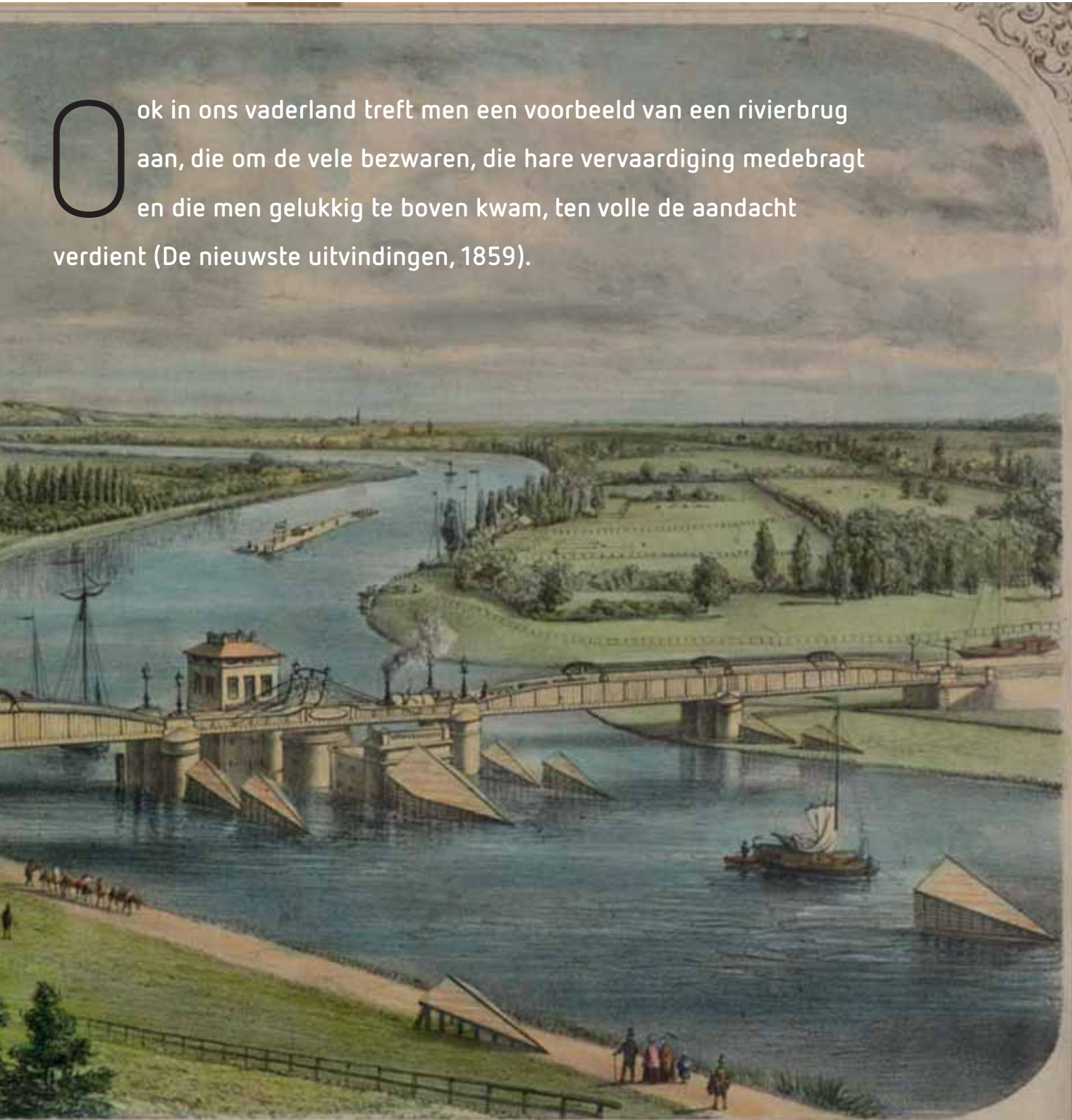
1 Zicht op de spoorbrug over de IJssel bij Westervoort (1856). Op het draaibare gedeelte van de brug rijdt een stoomlocomotief. Daaronder een zijaanzicht, dwarsdoorsnede en bovenaanzicht van de brug. Ingekleurde litho naar Van de Tak, graficus. Spoorwegmuseum, Utrecht.

- A Gemetselde Landhoopsten
- B Gegoten Afzinken Dingpyleis grond met Beton en e Ketselwerk
- C Maatregelen Dingleggers met gegoten Afzinken Doppersteekingsbanden
- D Maatregelen Top-verbindingen der Dingleggers
- E Dinggelees van houten balken
- F Ophangopeningen tot bevestiging van het afzinkings-veer tegen het Rivier by hoog water en ygang
- G Draanking openingen voor de Schepenart
- H Keerisboden k. Regter Afzinkveer
- I Linker Afzinkveer k. Lijn'afslangpad k. Amsterdamsch Kerk.

Onderkant der Brug 1677 + Y
Tussen Waterland
& Noort 1675 1120 + X



Ok in ons vaderland treft men een voorbeeld van een rivierbrug aan, die om de vele bezwaren, die hare vervaardiging medebragt en die men gelukkig te boven kwam, ten volle de aandacht verdient (De nieuwste uitvindingen, 1859).

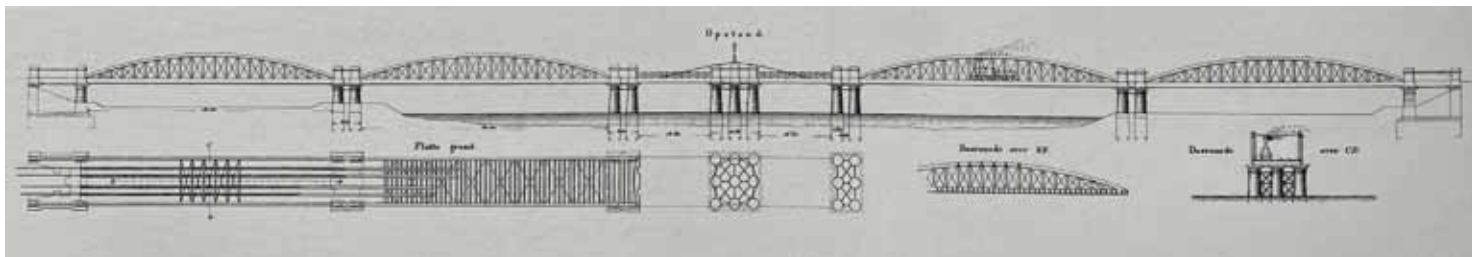


- A Abutments of brickwork
 - B Cast iron Bridgepiers filled with concrete and brickwork
 - C Sheet iron Bridge girders with cast iron Top-flange
 - D Transverse ties to Girders
 - E Timber Bridge floor consisting of battis
 - F Bridge openings to increase the discharge of the river during high water and breaking up of ice
 - G Swingbridge openings for navigation
 - H Timbered K Right bank
 - I Left bank l. Fluviuspath
- † Amsterdam level Government datum



2 Foto van de spoorbrug over de Shannon bij Athlone.

Tussen 1853 en 1856 is een spoorbrug over de IJssel gerealiseerd naar het ontwerp Van Reede / Clark



3 Eerste ontwerp voorde spoorbrug bij Westervoort door Van Reede.

Om welk buitengewoon kunstwerk ging het en wat waren de vele bezwaren? Het betrof de in 1856 geopende spoorbrug over de Gelderse IJssel bij Westervoort. Deze spoorbrug, gebouwd in opdracht van de Nederlandsche Rhijnspoorwegmaatschappij (NRS), was de eerste oeververbinding over één van de grote rivieren in Nederland. Halverwege de negentiende eeuw stond de bouw van spoorbruggen in Nederland nog in de kinderschoenen. De opgedane ervaring reikte niet verder dan spoorbruggen over poldervaarten en kanalen. Een spoorbrug over een snelstromende rivier met wisselende waterstanden en grote ijsafvoer in de winter was een ander verhaal. Rijkswaterstaat stelde de nodige eisen. Zo moest er voor de hoge scheepvaart een flinke doorvaartroute komen, voldoende ruimte overblijven voor de afvoer van water en drijfijz en moesten er dijkdoorbraken worden voorkomen.

ONTWERP VAN DE EERSTE SPOORBRUG OVER DE IJSEL BIJ WESTERVOORT

Rekening houdend met de gestelde eisen maakte W.C.P. baron van Reede van Oudtshoorn, sinds 1850 ingenieur-directeur bij de NRS, een ontwerp voor een laaggelegen dubbelsporige brug.

In het midden kwam een draaibrug met twee gelijke openingen van 15,2 meter. Aan weerszijden kwamen twee bruggen met gebogen bovenrand en verticalen met daartussen gekruiste verticalen met daartussen gekruiste diagonalen. Iedere brug had een opening van 50 meter. De bij gebrek aan voorbeelden in eigen land, liet Van Reede zich inspireren door de in 1851 opgeleverde en nog steeds bestaande spoorbrug over de rivier de Shannon bij Athlone in Ierland.

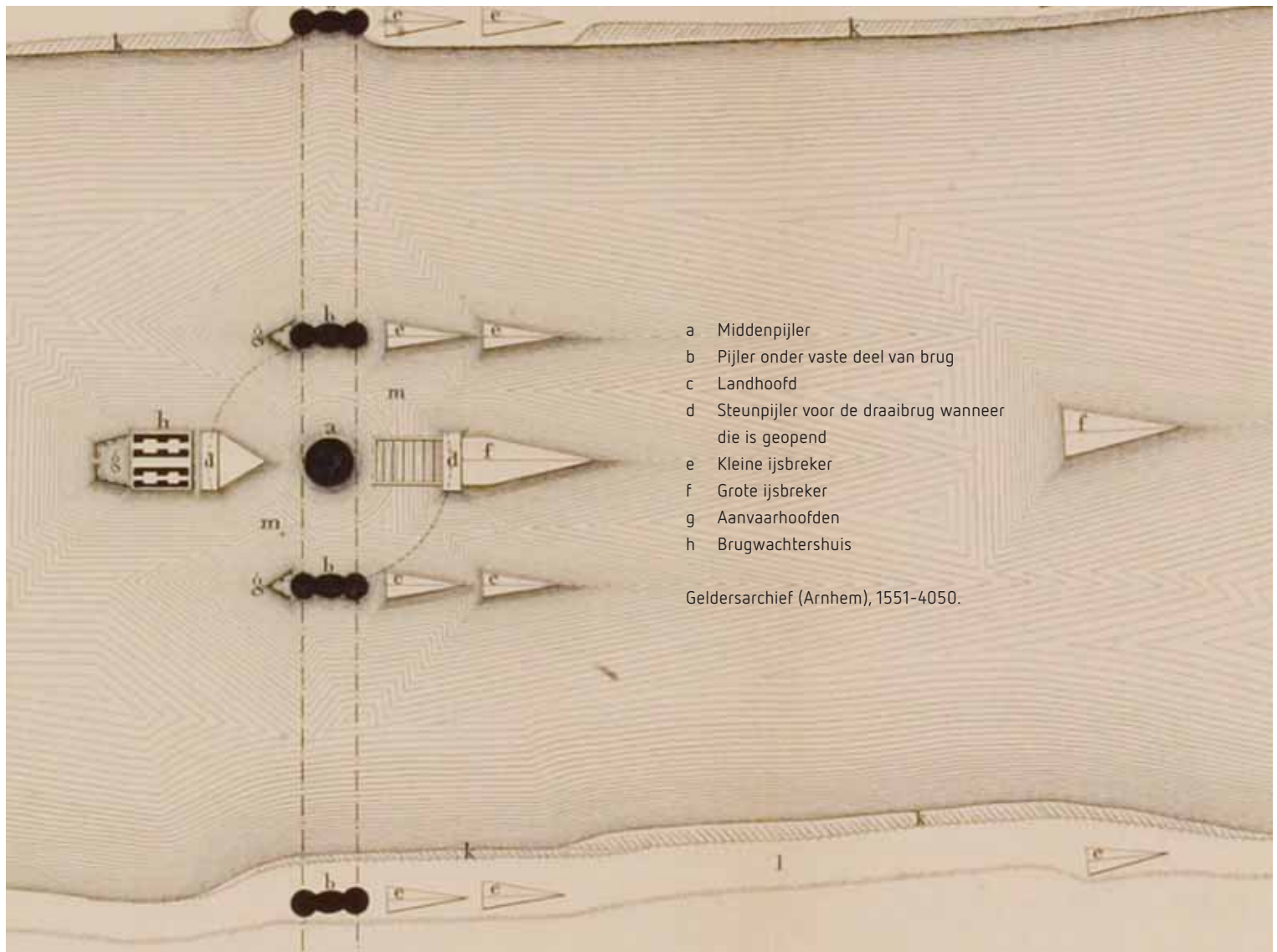
De directie van de NRS en de minister van Binnenlandse Zaken waren al akkoord, toen de aandeelhouders, het merendeel van het NRS-kapitaal was in Britse handen, een *second opinion* eisten. Daarop toog Van Reede naar Londen waar hij zijn ontwerp voorlegde aan Edwin Clark, een civiel ingenieur die bekendheid genoot door zijn bijdrage aan de bouw van de door Robert Stephenson ontworpen *Britannia Bridge*, een spoorbrug over de Menastraat tussen Noord-Wales en het eiland Anglesey. Clark bekeek Van Reede's ontwerp en samen besloten zij de draaibrug in het midden te handhaven. Wel werden de bruggen met gebogen bovenrand aan weerszijden van de draaibrug vervangen door langere bruggen met twee openingen van 50 meter met doorgaande vollewandliggers.

BRUGPIJLERS EN IJSBREKERS

De pijlers waren een probleem omdat die een obstakel vormden voor de afvoer van ijs. Dit was onwenselijk omdat kruidend ijs kan leiden tot een verhoogde waterstand en dijkdoorbraken. Ook zou drijvend ijs de pijlers kunnen beschadigen. Daarom kreeg de spoorbrug twaalf schuin aflopende houten ijsbrekers om de pijlers tegen ijsschotsen te beschermen.

BOUW VAN DE SPOORBRUG BIJ WESTERVOORT

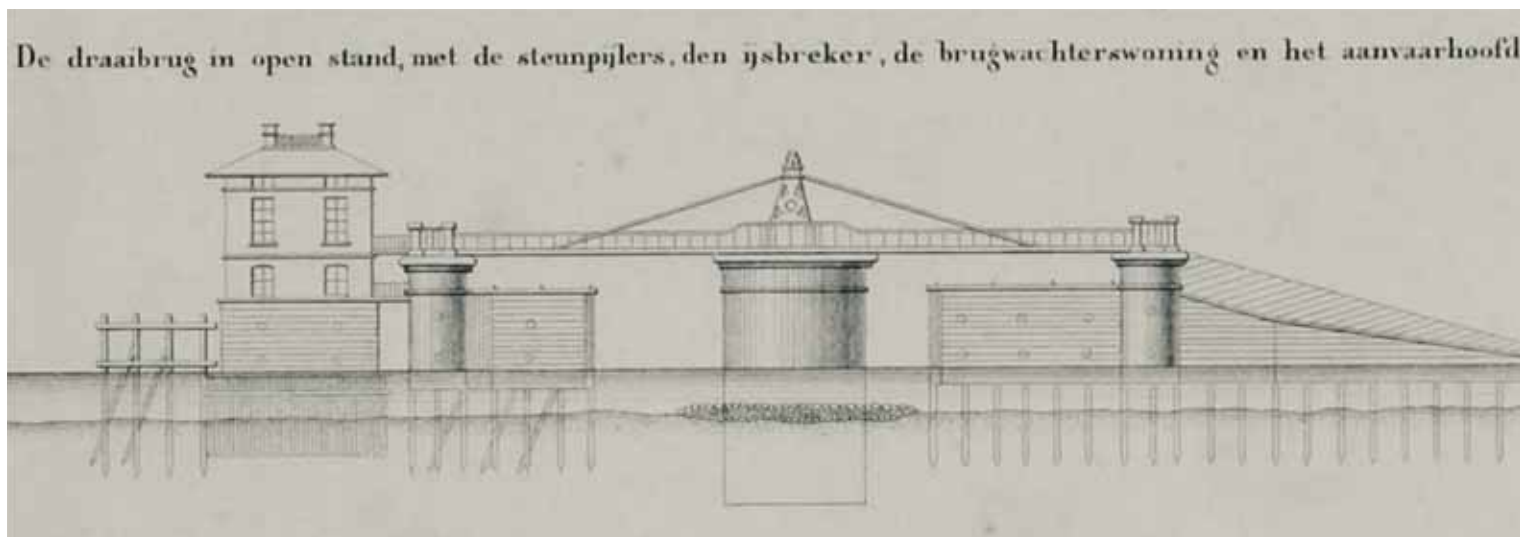
Tussen 1853 en 1856 werd de spoorbrug over de IJssel gerealiseerd naar het ontwerp Van Reede/Clark. De constructie was vooral een Britse aangelegenheid. In Nederland waren geen aannemers die ervaring hadden met de bouw van grote rivierbruggen. Daarom ging de bouwopdracht naar de Britse aannemer en 'the greatest railway builder in the world', Thomas Brassey. Het maken van de ijzerwerken voor de brugpijlars en van de brugconstructie werd uitbesteed aan Joseph & Co in Stanningly bij in Leeds. Van Reede van de NRS had het toezicht over de uitvoering van het werk. In september 1853 werd met de bouw van de pijlars en landhoofden begonnen. Deze waren in 1854 zo goed als gereed. Hierna kon men starten met het monteren van de bovenbouw.



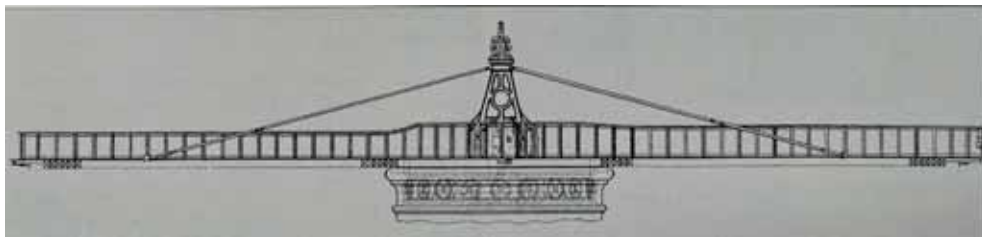
- a Middenpijler
- b Pijler onder vaste deel van brug
- c Landhoofd
- d Steunpijler voor de draaibrug wanneer die is geopend
- e Kleine ijsbreker
- f Grote ijsbreker
- g Aanvaarhoofden
- h Brugwachtershuis

Geldersarchief (Arnhem), 1551-4050.

4 Stelsel van houten ijsbrekers



5 Opengedraaide spoorbrug. Links het aanvaarhoofd en brugwachtershuis. Midden op de draaibrug het portaal met daaronder de grote middenpijler. Links en rechts twee steunpijlers voor de draaibrug wanneer die is geopend. Rechts één van de twee grote ijsbrekers.



6 Pyloon met tuien midden op de draaibrug. Geldersarchief (Arnhem), 1551-4050.



7 Spoorbrug na de versterking in 1878. geheugen.delpher.nl/149 A, Spoorwegen in Beeld, Spoorwegmuseum.

Op 24 juli 1855 was het werk zover dat de brug aan een eerste proefbelasting kon worden onderworpen. Een paar maanden later, op 10 oktober 1855, werd de spoorbrug in het bijzijn van de directie opnieuw beproefd. Twee locomotieven en dertig met zand beladen wagons reden gedurende twee uur op en neer over de brug. Aanvankelijk was de proef een succes. Een maand later bleken er toch nog aanpassingen nodig te zijn. Een derde proefbelasting volgde op 8 januari 1856. Dit keer bestond de test uit twee treinen samengesteld uit achttien geladen zandwagons, getrokken door drie locomotieven. De treinen reden eerst apart en vervolgens tegelijkertijd over de spoorbrug. Het resultaat was dat de doorbuiging van de aanbruggen niet meer bedroeg dan 25 millimeter. Bij de draaibrug was de doorbuiging slechts 12 millimeter. Op 15 februari 1856 kon de spoorbrug met gepaste trots in gebruik worden genomen. Dit blijkt uit alle publiciteit en de afbeeldingen die van de nieuwe brug in de NRS-spoorlijn tussen Arnhem en Emmerik (Pruisen) in omloop kwamen.

OVERBRUGGING ZOALS DIE ERUITZAG EN FUNCTIONEERDE

De tweesporige brug bij Westervoort had zes openingen en was 260 meter lang en tien meter breed. Voor een uitvoerige beschrijving van de constructie van de spoorbrug, zie H.M.C.M van Maarschalkerwaart e.a., *Bruggen in Nederland 1800-1940 (dl.1)*: 189, 192, 193. Het beweegbare deel van de spoorbrug bestond uit één stuk waardoor na het openen doorvaart in beide richtingen tegelijkertijd mogelijk was. De draaibrug werd bewogen om een ijzeren spil, gemonteerd op gegoten ijzeren wielen bovenop de grote draaipijler. Het geheel werd bediend vanuit het brugwachtershuis.

Op afbeeldingen van de spoorbrug zijn de verbindingbogen die boven de doorgaande vollewandliggers uitsteken, goed zichtbaar. Aan beide uiteinden van de twee aanbruggen stonden (zowel bij de gemetselde landhoofden als bij de draaibrug) acht sierlijke lantaarns. Het gebruik van gietijzer maakte decoratieve vormen en patronen mogelijk. Dit blijkt bij de lantaarns, het portaal met tuien midden op de draaibruggen en de aan de

vollewandliggers vastgeklonken verbindingbogen. Bij een normale waterstand was de doorgang onder de aanbruggen slechts geschikt voor vaartuigen waarvan de bovenbouw of lading beperkt in hoogte was. Schepen met hoge masten of schoorstenen maakten gebruik van de door de brugwachter geopende draaibrug. Twaalf eikenhouten ijsbrekers beschermden de pijlers tegen kruidend ijs.

SNEL VEROUDERDE SPOORBRUG

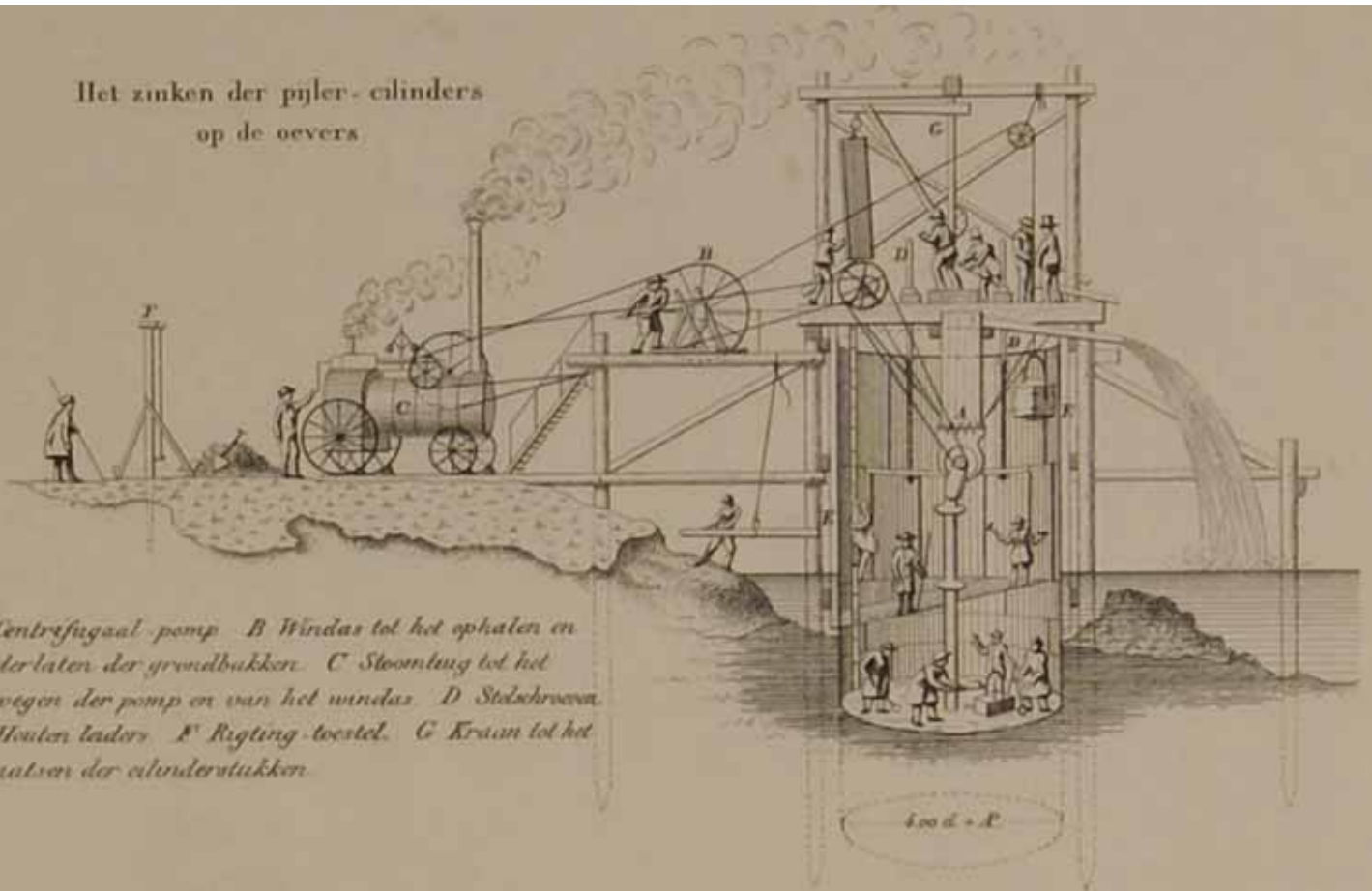
De eerder zo bejubelde spoorbrug bij Westervoort was geen lang leven beschoren. Al gauw bleek deze niet aan de eisen te voldoen. De aanbruggen lagen te laag boven de IJssel waardoor de meeste scheepvaart door de smalle draaibrug moest varen. Ook het spoorverkeer had last van de draaibrug. Bovendien bleven ijsschotsen steken rondom de pijlers en ijsbrekers. Toen de treinen ook nog eens zwaarder werden en de snelheden toenamen, bleek de brug te zwak waardoor herhaaldelijk versterkingen moesten worden aangebracht.

Begin jaren negentig, de spoorlijn werd sinds 21 januari 1890 geëxploiteerd door de Staatsspoorwegen, viel het besluit de spoorbrug te vervangen door een gecombineerde spoor- en verkeersbrug. Inmiddels waren er in Nederland ettelijke spoorbruggen over grote rivieren verzezen en hadden Nederlandse ingenieurs meer ervaring opgedaan met de bouw van dergelijke constructies. De nieuwe oeververbinding bij Westervoort bestond uit een langere en hogere brug zonder hinderlijke pijlers in het water.

Er werd een verhoogde spoordijk aangelegd en alle gelijkvloerse overwegen werden vervangen door viaducten. Op 5 april 1901 kon de nieuwe brug bij Westervoort officieel in gebruik worden genomen. Bij de sloop van de oude spoorbrug in 1902 was een detachement genietroepen betrokken. Zij bliezen de pijlers op met behulp van dynamiet. Daarmee was het voor goed gedaan met de oude spoorbrug over de IJssel.

Dat de bouwwerkzaamheden niet ongevaarlijk waren, bleek in de zomer van 1854 toen een Britse arbeider op het werk omkwam.

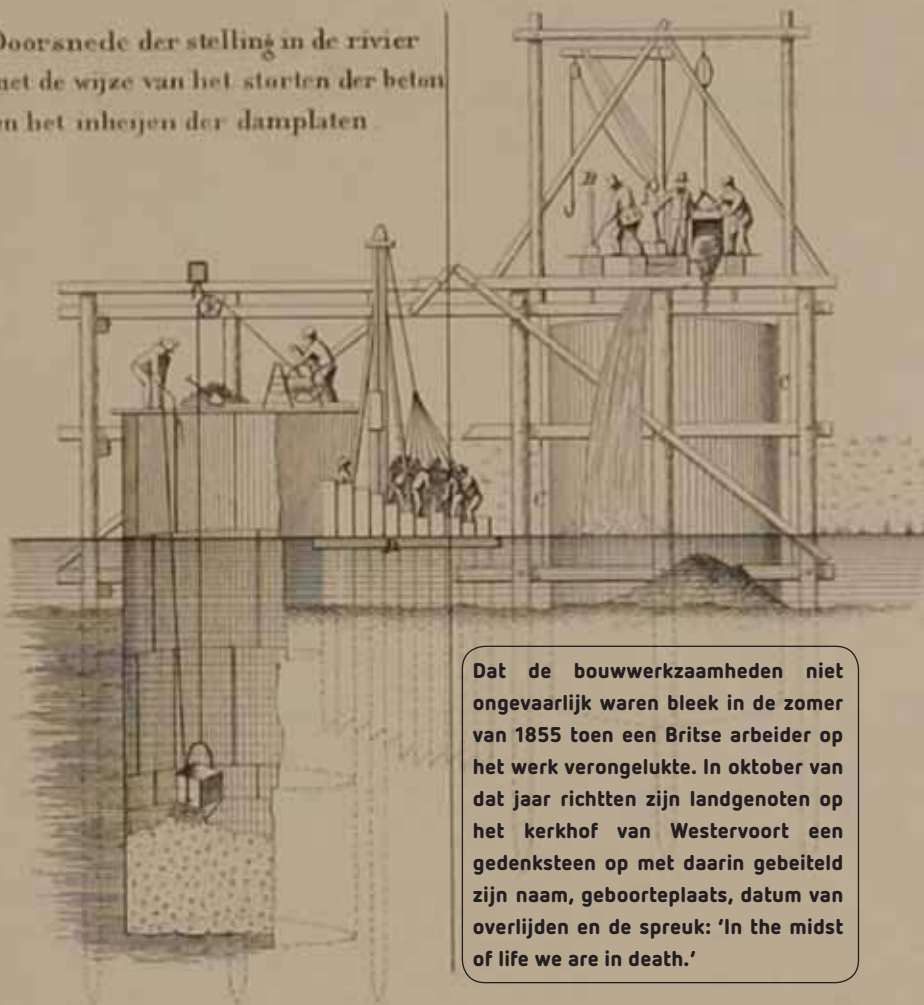
Het zinken der pijler-cilinders
op de oevers



A Centrifugaal-pomp B Windas tot het ophalen en nederlaten der grondbakken. C Stootslang tot het bewegen der pomp en van het windas. D Stotschroeven. E Houten ladders. F Rigting-toestel. G Kraan tot het plaatsen der cilinderstukken.

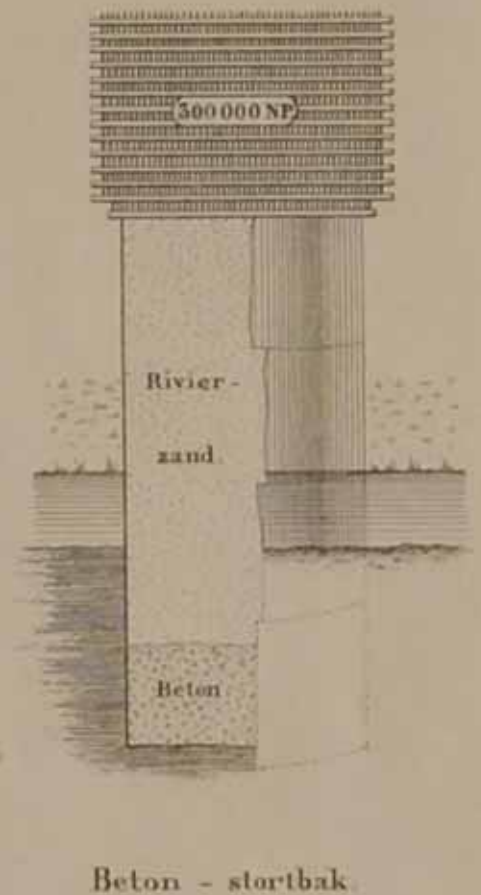
Front der stelling op de oevers

Doorsnede der stelling in de rivier met de wijze van het starten der beton en het inheijen der damplaten



Dat de bouwwerkzaamheden niet ongevaarlijk waren bleek in de zomer van 1855 toen een Britse arbeider op het werk verongelukte. In oktober van dat jaar richtten zijn landgenoten op het kerkhof van Westervoort een gedenksteen op met daarin gebeiteld zijn naam, geboorteplaats, datum van overlijden en de spreuk: 'In the midst of life we are in death.'

Proefbelasting der oever-cilinders





← 8 Oeververbinding bij Westervoort, medio 1898. geheugen.delpher.nl/148 A, Spoorwegen in Beeld, Spoorwegmuseum.

↓ 9 Het in 1900 in aanbouw zijnde bruggencomplex over de IJssel bij Westervoort. De oude spoorbrug is zichtbaar links op de achtergrond.



Bronnen

- 'De spoorwegbrug bij Westervoort over de IJssel', in: *De nieuwste uitvindingen* (Leiden 1859) 178.
- 'De spoorwegbrug te Westervoort', in *Lectuur voor de huiskamer* (Leiden 1858) 69, 70. H.M.C.M van Maarschalkwaart e.a., *Bruggen in Nederland 1800-1940 (dl.1): vaste bruggen van ijzer en staal* (Utrecht 1997) 22, 189, 192, 193. Dl. 3, 119.
- G. Veenendaal, *Spoorwegen in Nederland: van 1834 tot nu* (Amsterdam 2008) 72, 73.
- G.P.J. Verbong, e.a., 'De eerste spoorbruggen', in: M.S.C. Bakker, e.a., *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890. Deel V Techniek, beroep en praktijk* (Zutphen 1994) 187.
- *Bredasche courant*, 13 januari 1856.
- *Het nieuws van den dag: kleine courant*, 9 september 1902.
- *Middelburgsche courant*, 23 oktober 1855.
- *Nieuwe Rotterdamsche courant*, 12 oktober 1855.
- *Zutphensche courant*, 10 november 1855.
- *Zutphensch dagblad voor Achterhoek en Veluwezoom*, 14 december 1946
- <https://www.nvbs.com/wisselexpositie/westervoort>
- <https://www.thomasbrassey.org>
- Bouwtekeningen van de spoorbrug afkomstig uit: Gebr. J. en H. Langenhuisen, 'Brug in den Rijnspoorweg over den IJssel bij Westervoort, 1856-1857', in: *Topografisch-historische Atlas Gelderland* (Den Haag) Overgenomen uit: Gelders Archief, Arnhem, toegangsnummer 1551



10 Militairen van de spoorwegtroepen slopen de pijlers van de oude spoorbrug bij Westervoort. Op de achtergrond zijn de bogen van de oude spoorbrug nog zichtbaar. Links de restanten van een houten ijsbreker.



Fotografie: Infosteel

PASSERELLES SPOORLIJN L50 (B)

VOETGANGERSOVERSTEEK

In opdracht van Infrabel en in samenwerking met Artgineering heeft ipv Delft in 2017 het winnende aanbiederontwerp voor de passerelles over spoorweg L50 ten noorden van Brussel ontworpen. Met de markante viaducten van weervaststaal is zowel bij station Sint-Agatha-Berchem als in het iets oostelijker gelegen Ganshoren de oversteek een stuk fraaier en comfortabeler geworden. Ook de fysieke verbinding met het zeer nabij gelegen Vlaanderen is versterkt en daarnaast speelt het ontwerp in op de toekomstige uitbreiding van het GEN (Gewestelijk ExpresNet).

COMPACT BRUGONTWERP

Van de drie inschrijvende partijen Greisch, Ney & Partners en de combinatie ipv Delft/ Artgineering, is de laatste verkozen tot winnaar. Opvallend, want in plaats van de gevraagde fiets+voetgangersbrug is voor Sint-Agatha-Berchem een voetgangersbrug met fietsgoten en liften ontworpen. Een gewaagde keuze, maar ook een heel logische. Een volwaardige fietsbrug vereist lange hellingbanen die op de locatie maar nauwelijks zijn in te passen en bovendien erg beeldbepalend zouden zijn. Zodoende bestaat het ontwerp voor de passerelle in Sint-Agatha-Berchem uit een compacte S-vormige constructie met transparante liftschachten aan weerszijden. De brug in

Ganshoren is een, in bovenaanzicht gebogen brug die aanlandt op gewapende grondlichamen. Beide viaducten hebben een roestvaststaal, dragende balustrade van 1,66 m hoog.

PASSERELLE SINT-AGATHA TE BERCHEM

Het viaduct Sint-Agatha in Berchem springt het meest in het oog. Constructief zit het sculpturale ontwerp slim in elkaar: torsiestijve dragende balustrades ondersteunen brugdek en traptreden waarbij de balustrades zelf steunen op uitkragende balken die één geheel vormen met het staalwerk van de liftschachten. De keuze voor dragende balustrades komt voort uit de wens het te overbruggen hoogteverschil voor voetgangers tot het minimum te beperken. Door de draagconstructie niet onder, maar naast het dek te plaatsen, ligt de bovenzijde van het brugdek als snel 150 à 200 mm lager

dan wanneer de traditionele opbouw van dragende liggers met daarop een dek zou zijn toegepast.

TORSIESTIJVE BRUGCONSTRUCTIE

De S-vorm zelf is opgebouwd uit een nagenoeg rechte oversteek direct boven het spoor en twee gekromde en licht uitwaaiende trappen aan weerszijden. De dragende balustrades bestaan uit samengestelde kokers met een hoogte van zo'n 1,66 m en een wanddikte van 20 mm. Om te voorkomen dat de dragende balustrades teveel ongelijk doorbuigen, bevinden zich kokervormige dwarsbalken onder zowel het rechte dek als de trappen. De gehele S-vorm is één aan elkaar gelaste constructie, die volledig integraal is verbonden met de betonnen fundering. Thermische uitzetting wordt opgevangen in de bochten van de trappen.



Traptreden met fietsleuf langs kokerliggers



Passerelle Sint-Agatha te Berchem

DRAGENDE LIFTKOKERS

Ook de verbindingen tussen liftschachten en brugconstructie zijn stijf en middels lasverbindingen uitgevoerd. De eenzijdige uitkraging zorgt voor een ongebruikelijk krachtenspel in de schachtconstructie, met druk- en trekkolommen. Voor de staalbouwer was dit een uitdaging, die verder werd vergroot doordat de liftkokers om esthetische redenen zijn uitgevoerd als verticale 'vierendeelconstructie', een vakwerk zonder diagonalen.

Dit om optimale transparantie te behouden en een zo rustig mogelijk totaalbeeld te krijgen, met de lift als ladder. Om dezelfde reden zijn ook de regenwaterafvoeren van brugdek en dak van de lifttorens geïntegreerd in de stalen kokers van de liftstructuur.

WEERFASTSTAAL

De keuze voor weervaststaal komt onder meer voort uit het duurzame en onderhoudsvrije karakter van het materiaal. Met name dat laatste is boven een spoorweg een grote meerwaarde, want geen onderhoud betekent geen stremming van het treinverkeer. Toch speelt ook de uitstraling een rol: het roestbruine kleurenpalet past uitstekend bij de spoorwgomgeving en zowel bij de bestaande bebouwing rond het stationsplein in Sint-Agatha-Berchem als het groen rond de overgang in Ganshoren.

Voor de detaillering betekent de materiaalkeuze vooral dat ophoping van vocht voorkomen moet worden. Hoekjes en horizontale vlakken zijn uit den boze. De dragende balustrades zijn daarom als volledig gesloten kokers uitgevoerd. Met oog op de

benodigde afwatering staan ze bovendien onder een hoek van 8 graden. Verder steekt de bovenrand aan weerszijden 20 mm uit ten opzichte van de verticale platen van het kokervormige randelement, zodat een waterhol ontstaat waardoor het water makkelijk en snel van de constructie af valt.

PASSERELLE GANSHOREN

Het spoorviaduct in Ganshoren sluit aan op betonnen landhoofden en grondlichamen van 'gewapende grond' en voert fietsers en voetgangers in één soepele beweging over het spoor. In bovenaanzicht vormt de brug een flauwe boog. Ook hier was dus een torsiestijve constructie nodig. Net als bij de andere brug wordt deze uitgevoerd met dragende, kokervormige balustrades, ditmaal in combinatie met een gesloten dek met onder- en bovenplaat en gelijkmatig verdeelde dwarsverstijvers.



Passerelle Sint-Agatha te Berchem





Passerelle Ganshoren

PROJECTGEGEVENS

Passerel Sint-Agatha te Berchem (B) en te Ganshoren (B) 2023	
opdrachtgever	Infrabel, Brussel
ontwerp	Ipv Delft: Ivo Mulders en Wieland Wuyts Artgineering, Brussel
Constructeur	Franki Construct, Kontich (B)
Aannemer/Staalconstructies	Almex Metaal, Hoogstraten (B)
Metriek	Stendess

De keuze voor weervaststaal komt onder meer voort uit het duurzame en onderhoudsvrije karakter van het materiaal.

Passerelle Ganshoren



DE MAGERE BRUG IN DUPLO

Michel Bakker



1 Magere Brug (brugnr. 242) in 2021.

In de serie 'Bruggen in de Kunst' dit keer misschien wel de bekendste brug van Nederland: de Magere Brug over de Amsterdamse Amstel. Otto Schilling en Antoon Erfteemeijer schilderden de brug op 14 juli 2012 vanuit een hoekhuis aan de Kerkstraat, tegelijkertijd en naast elkaar zittend.



DE BRUG

De Magere Brug is in of vlak na 1691 aangelegd naar een ontwerp van Hans Jansz van Petersom, als voetgangersbrug in het verlengde van de Kerkstraat; daarom aanvankelijk ook Kerkstraatbrug geheten. De brug had maar liefst dertien doorvaartopeningen tussen eenvoudige houten jukken. In het midden bevond zich een enkele ophaalbrug. De doorvaartopeningen nabij de beide Amsteloevers waren als bergplaats in gebruik.

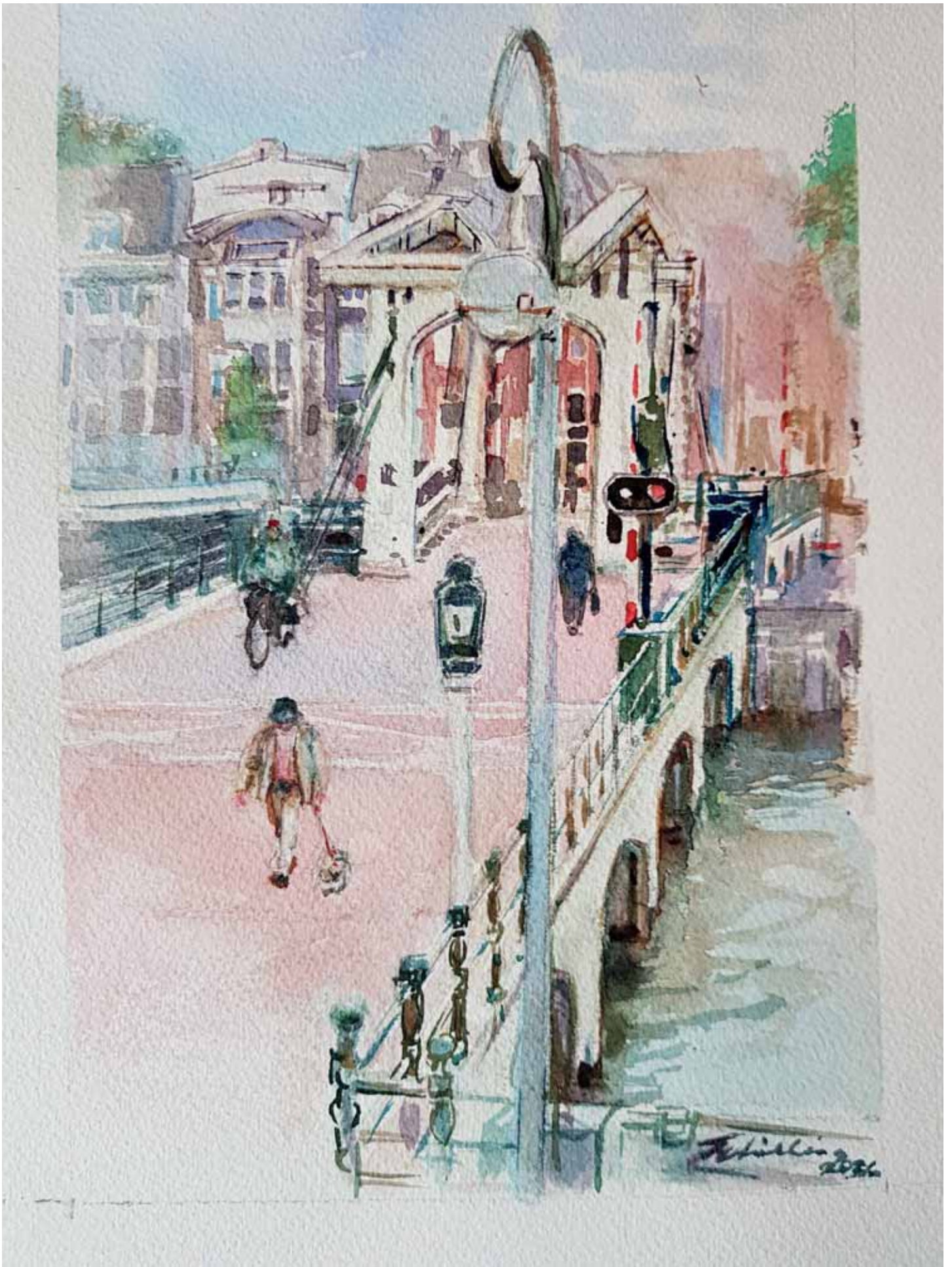
De brug wordt 'mager' genoemd vanwege haar smalheid, maar misschien werd deze notie nog versterkt door de aanvankelijk veel bredere stenen brug die hier tijdens de vierde staduitbreiding van 1663 gepland was. Het rampjaar 1672 veroorzaakte echter een economische terugslag waardoor de overkant van de Amstel (Nieuwe Herengracht, Nieuwe Keizersgracht, Nieuwe Prinsengracht) nagenoeg onbebouwd bleef. Toen er einde 17^{de} eeuw wel wat meer bebouwing kwam, koos men voor een eenvoudiger, goedkoper en smaller alternatief, magerder dus.



2 Doorkijkje van de Magere Brug in 2016



3 Magere Brug, Otto Schilling, aquarel, 2021
Coll. Schilling.



4 Magere Brug, Antoon Erfmeijer, acryl, 2021
Coll. Erfmeijer.

5 De brug tijdens de reconstructie in 1934.
Rechts de noodbrug.
Coll. Stadsarchief Amsterdam (Polygoon).



Raad van Advies Bruggenstichting

ARUP



Gemeente Amsterdam
Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer



ProRail



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



6 Onderhoud aan de brug in 1949,
Coll. Nationaal Archief, fotograaf J.D. Noske.

In 1840 kwam er bij een renovatie een dubbele ophaalbrug in het midden; inmiddels passeerden ook rijtuigen de brug. Dertig jaar later bracht men het aantal doorvaartopeningen terug tot negen.

Houten bruggen zijn er niet voor de eeuwigheid en tussen 1918 en 1927 ontwierp de architect Piet Kramer een reeks vervangen-de bruggen, variërend van een volledige reconstructie van de oude houten brug tot modernere versies, waaronder een bascule-brug. In 1934 besloot het gemeentebestuur de brug toch in oude stijl te herbouwen, maar dan wel naar tekeningen van Kramer. De iets bredere brug kreeg toen stalen liggers en een betonnen paalfundering. Alle stenen uiterlijkheden werden weggewerkt achter houten betimmeringen. Er bleven restauraties noodzakelijk en in 1969 verving men het oude houtwerk van de vallen, hameipoorten en balanspriemen door Afrikaans azobé. De hameipoorten staan overigens op natuurstenen neuten. Op 7 februari 1986 werd de brug beschadigd door een aanvaring; een schip was door ijsgang uit koers geraakt. Opnieuw vonden toen herstelwerkzaamheden aan de brug plaats.

staan om zo door eigen lichaamsgewicht de balans te regelen. Een dergelijke werkwijze werd door de arbeidsinspectie uiteindelijk als te gevaarlijk beoordeeld.

Na herstel en herinrichting in 2003 werd de brug voor autoverkeer voortaan afgesloten. Nu gebruiken alleen fietsers en voetgangers de overgang. Rondvaartboten varen er zonder hinder onderdoor maar enkele malen per dag moet de brug open voor hoger scheepvaartverkeer. Iconisch voor Amsterdam bij nacht is de verlichting. Lange tijd met 1800 gloeilampjes, nu met leds. Op de brug staan ook replica's van de 17^e-eeuwse lantaarns van Jan van der Heyden, de oudste straatlantaarns van Amsterdam.

Op 14 juni 2015 kreeg ze een ICOMOS *Water en Erfgoed* schildje. Jaarlijks vindt op Bevrijdingsdag bij de brug een concert plaats, meestal in aanwezigheid van leden van het Koninklijk Huis. De brug is ook onder meer decor geweest in de James Bondfilm 'Diamonds are forever'.

Tot 1994 openden en sloten twee brugwachters de brug in een risicovol *pas de deux*. Bij het openen trok men aan de haalketting en remde vervolgens de balans af. Het sluiten was geen sinecure want beide brugdelen moesten tegelijkertijd tegen elkaar komen. Na een duw tegen de tegengewichten moesten de wachters om de snelheid van de bewegende brugdelen te regelen op het wegdek gaan

DE SCHILDERS


Otto Schilling (Scheveningen 1953) voltooide in 1980 de avondopleiding Illustratief Teken en Schilderen aan de Koninklijke Academie voor Beeldende Kunsten te Den Haag. Na vele illustratieopdrachten werd het portret in aquarel zijn specialiteit. Hij werkte onder de noemer "Atelier de Os" in het centrum van Haarlem. Tegenwoordig schildert hij landschappen en stadsgezichten. Voorbeelden van zijn werk zijn te vinden op de website: ottoschilling.exto.nl

Antoon Erfteijer (Hoorn 1954) studeerde kunstgeschiedenis aan de Universiteit van Leiden (1973-1982) en volgde daarna de opleiding Schilderen, Teken en Grafiek aan de Koninklijke Academie van Beeldende Kunsten in Den Haag (1992-1997). Van 1987 tot 2021 was hij werkzaam in het Frans Hals Museum, aanvankelijk als educator, sinds 2008 als conservator moderne kunst. Ook is hij als conservator verbonden aan de KoepelKathedraal te Haarlem. Hij publiceerde tal van artikelen, catalogi en boeken over kunst, en schrijft ook fictie.

Met dank aan
Olga van der Klooster.

Literatuur

- J. Oosterhoff red., *Bruggen in Nederland 1800-1940, Bruggen van beton, steen en hout*, pp. 360-362, Utrecht 1998.
- Frank V. Smit, *Bruggen in Amsterdam*, pp. 310-311, Utrecht 2010.
- 'De Magere Brug van Amsterdam', www.onh.nl, 15-06-2015: Liza Koppenrade.
- 'Gemeente Amsterdam, Gebouwen, gebieden en kaarten: Brug 242', http://www.amsterdam.nl/kunstencultuur/monumenten/monumenten-0/gebouwen-gebieden/beschrijvingen/magere_brug/
- 'Stedenman, Meest gefotografeerde brug van Amsterdam', <http://www.amsterdam-nu.nl/monumenten/86-magere-brug-oudste-brug-in-amsterdam.html>



ANDERS DENKEN, DURVEN DOEN CIRCULAIRE BRUG ASTERPAD

Jan Grit

Buiksloterham op de Noordelijke IJ-oever, ooit het gebied met één van de meest vervuilende industrieën van Amsterdam, verandert naar een circulaire stadswijk voor wonen en werken. Bewoners, bedrijven, (kennis)instellingen en de gemeente Amsterdam werken samen aan duurzame manieren om te leven, wonen en werken. Bij de gebiedsontwikkeling van Buiksloterham is circulair bouwen het belangrijkste uitgangspunt. De verandering van Buiksloterham van een industrieel bedrijventerrein naar een duurzaam werk/woongebied vordert gestaag. In het zuidelijk deel zijn grote woningbouwprojecten in uitvoering of staan op punt van beginnen. Hierdoor is er steeds meer behoefte aan ruimte voor voetgangers en fietsers en ruimte om te verblijven en elkaar te ontmoeten.



Om het Tolhuiskanaal te overbruggen wordt de brug Asterpad gebouwd. Aan beide zijden van de brug worden twee kleine parken aangelegd. Rondom de brug zullen nieuwe ontwikkelingen plaatsvinden, waarvan het Yotel al voltooid is. De andere percelen worden momenteel gebruikt door bedrijven

of bevinden zich nog in de vroege planningsfase. De ambitie is om een volledig circulaire brug te realiseren.

In de aanbesteding van dit project is door de gemeente Amsterdam gesteld dat, in lijn met de duurzaamheidsambities van

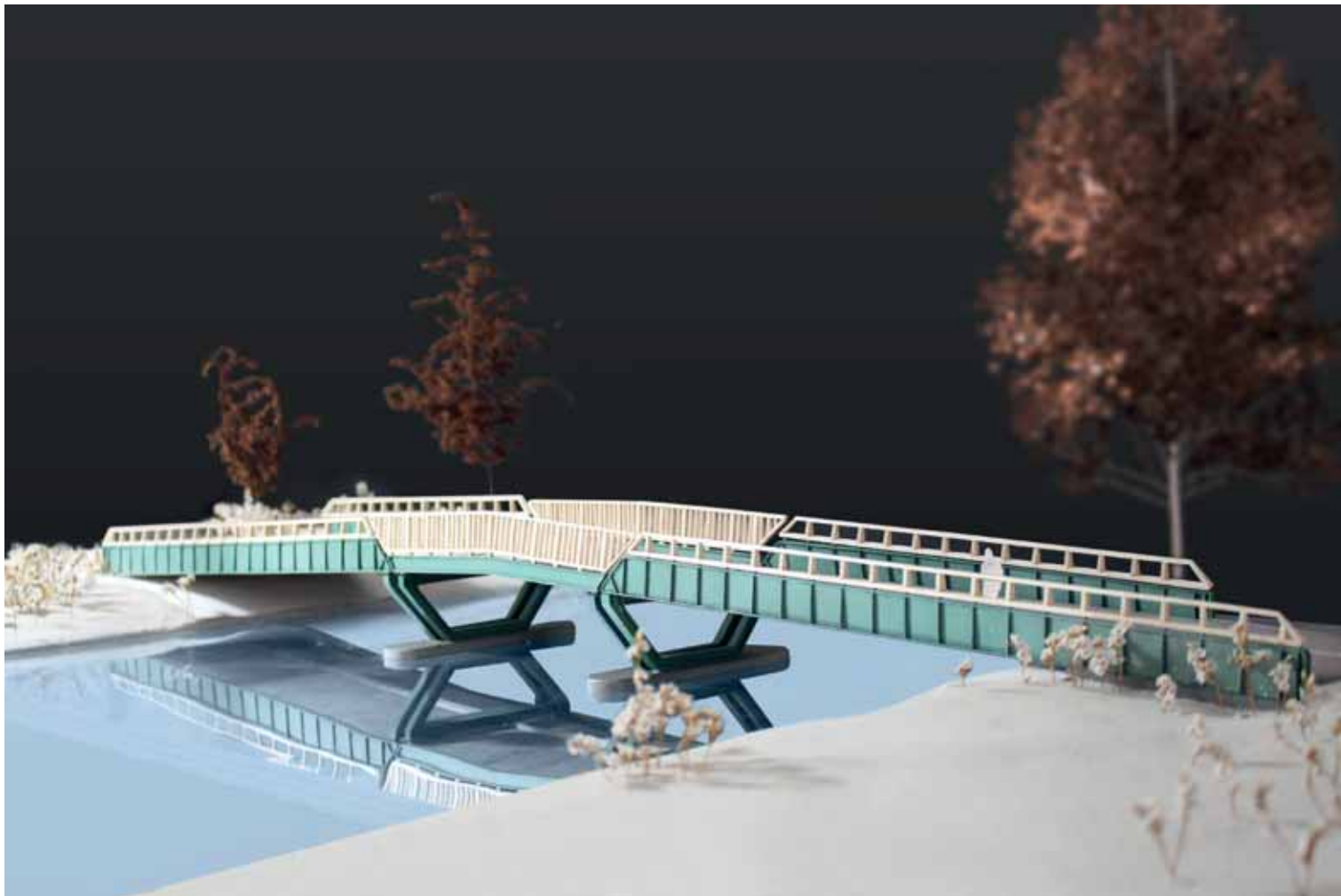
Buiksloterham, het een belangrijke doelstelling is om gebruik te maken van duurzame/circulaire ontwerpprincipes en materialen. Om invulling te geven aan deze doelstelling, en om als organisaties te leren en kennis op te doen met betrekking tot circulariteit, is gekozen voor een voorbereidings-/ontwerpfase in bouwteam. Daarbij is door de gemeente een belangrijke rol toegewezen aan de aannemer. De aannemer is gevraagd actief inbreng te hebben ten aanzien van de volgende ontwerpprincipes:

- Adaptief, flexibel en toekomstig hergebruik
- Het toepassen van hergebruikte materialen

Gemeente Amsterdam hecht in de bouwteamfase veel belang aan leren door te doen, waarbij partijen van elkaar leren, samen ontwerpen, actuele kennis uitwisselen en nieuwe mogelijkheden en kansen verkennen. Deze kennisuitwisseling is ook van belang voor het ontwerp van de andere bruggen uit de bruggenfamilie (de andere bruggen die in Buiksloterham gerealiseerd worden).

Het project is volledig op waarde gegund met een taakstellend budget voor het gehele project. Van de gegadigden werden drie plannen verwacht: een plan duurzaamheid en circulariteit, een plan samenwerking met de opdrachtgever en een risicobeheersplan. Middels een interview kon de opdrachtgever aanvullende vragen stellen over de plannen, welke de meerwaarde zowel positief als negatief kon beïnvloeden. Als Van Hattum en Blankevoort, onderdeel van VolkerWessels, zijn we op deze onderdelen als beste beoordeeld. In dit project trekken we samen op met onze partners Meerdink Bruggen en Rademacher/De Vries Architecten. Ons motto in dit project is: “anders denken, durven doen”.





Een bouwteam opgave vraagt een andere vorm van samenwerken, zeker als het over samenwerken gaat binnen de nieuwe context van circulariteit. Dit levert voor beide organisaties en de deelnemers een onbekend traject. Om dit traject goed te doorlopen geloven wij dat het noodzakelijk is om elkaar goed te leren kennen en de waarden en doelstellingen van het project gezamenlijk te doorleven.

Hiervoor hebben we twee dagen gezamenlijk besteed aan onze Project Start Up (PSU). Onder begeleiding van een teamcoach zijn we samen de diepte ingedoken en gelukkig als team boven komen drijven. Eén van de verbindende factoren bleek de drive om projecten duurzaam én mooi te maken. Er is veel energie om te werken aan de circulaire opgave waar we als samenleving voor staan. Met het doorspreken van de opgave werd ook duidelijk dat veel van de processen waar we jaren achtereen aan geschaafd hebben, nu vragen oproepen:

- Beginnen we met materialen verzamelen óf met het ontwerp?
- Hoe leggen we potentiële materialen vast, voordat we een realisatie-overeenkomst hebben?
- Kunnen we het proces van oogsten eigenlijk wel plannen?

We hebben geaccepteerd dat er nog veel onduidelijk is en dat we bij elke stap weer leren, ook al is het een stap achteruit!

Het circulaire ontwerpproces begon met een gedimensioneerd raamwerkmodel. Dit model fungeerde als een pasmodel waarin de globale afmetingen en randvoorwaarden werden vastgesteld. Met behulp van dit raamwerk kon een nauwkeurige schatting worden gemaakt van de vereiste materialen. Het raamwerk deed dienst als boodschappenlijst in het oogstproces. Voor het verzamelen van materialen werd een strategie ontwikkeld die parallel op drie verschillende schaalniveaus werd toegepast, namelijk Buiksloterham, Amsterdam en Nederland. Dit was tevens de hiërarchie van wenselijkheid. Gebiedseigen materiaal uit BSH had dus de hoogste prioriteit. Geselecteerde materialen werden vervolgens beoordeeld op criteria zoals afmetingen, technische kwaliteit en kosten. Door middel van schetsontwerpen werd getest of de materialen geschikt waren voor een ontwerp. Dit proces werd in iteraties uitgevoerd in het bouwteam met deskundigheid vanuit ontwerp, techniek, kosten, projectmanagement, risicobeheer en onderhoud.

Voor dit ontwerp is circulair bouwen op twee manieren gedefinieerd: technisch en historisch. Technisch gezien betekent dat geschikte bouwmaterialen worden hergebruikt die zorgen voor een hoge duurzaamheid en een lage impact op het gebied van energie en emissies. Veel geschikte materialen, zoals stalen profielen, zijn zeer effectief, maar ze zijn generiek en



Het proces van oogsten was zeer gestructureerd opgezet, maar in de praktijk kwamen er altijd obstakels naar voren

hebben daarom weinig verhalende potentie. Historische circulariteit heeft te maken met de identiteit en de betekenis van materialen en hun levensloop in verschillende bouwwerken. Deze symbolische strategie heeft een lange traditie in de bouwkunst en vindt nu nieuwe toepassing in onze hedendaagse circulaire ambities.

Het proces van oogsten was zeer gestructureerd opgezet, maar in de praktijk kwamen er altijd obstakels naar voren. Bij een schetsontwerp bleken de gebruikte materialen plotseling niet meer beschikbaar te zijn omdat de sloop van een specifiek gebouw werd uitgesteld. De afmetingen van veelbelovende bouwelementen bleken te licht en niet geschikt voor bruggen. Naast technische en ruimtelijke geschiktheid bleek de timing cruciaal te zijn. Het vrijkomen van de materialen moest namelijk samenvallen met de planning en uitvoering van het project. Essentieel in het oogsten is vakmanschap en materiaalkennis. Het snel en accuraat kunnen beoordelen van potentiële materialen bespaart veel tijd, onderzoekskosten en allerlei risico's. Een vakman kan de mogelijkheden en onmogelijkheden om het materiaal te bewerken in kaart brengen en de constructieve eigenschappen van het materiaal inschatten.

Aangezien elk project zijn eigen planning heeft, brengt dit aanzienlijke onzekerheid met zich mee. Hout en staal hebben als groot voordeel dat ze goed kunnen worden bewerkt, en zijn daarmee ook de belangrijkste ingrediënten van de circulaire brug. De vondst van brug 332, zie kader, bleek essentieel te zijn voor het ontwerpproces. De brug had de juiste afmetingen en bestond uit verschillende componenten die in een andere opstelling perfect de vereiste overspanning konden overbruggen. Bovendien had de brug een subtiele vormgeving die als inspiratie kon dienen voor de rest van het ontwerp.

Voor de overige elementen bleek het netwerk van Gemeente Amsterdam en van VolkerWessels van belang. Zo kwamen er damwanden, basaltstenen en diverse staalprofielen beschikbaar via de gemeente. Via VolkerRail kregen we de beschikking over bovenleidingportalen, waarvan de staalprofielen in de brug als dwarsliggers terugkomen. En binnen Van Hattum en Blankevoort kwamen palen vrij die we als fundering voor de pijlers van de brug kunnen gebruiken. Via Meerdink Bruggen hebben we een partij houten damwandplanken kunnen aankopen, welke we zullen verwerken tot de dekdelen van de brug. Het is dus zeer goed mogelijk om op element of grondstof niveau een nieuwe brug samen te stellen uit gebruikte materialen. Een goed functionerend netwerk helpt hierbij. De

verzamelde materialen zijn aangekocht en liggen momenteel opgeslagen totdat we starten met de realisatiefase.

Ten opzichte van een lineair project hebben wij een aantal ervaringen opgedaan op contractueel en financieel vlak die het vermelden waard zijn. Zoals hierboven beschreven is, is het zaak om de potentiële materialen te verkrijgen om zeker te zijn dat je het ontwerp ook werkelijk kunt realiseren. Dit betekent dat het bouwteam in de voorbereidingsfase materialen moet selecteren en aankopen. Hiervoor moet je procedureel en financieel gesteld staan. Als bouwteam moet je jezelf afvragen of je in staat bent om interessant materiaal snel aan te kopen. Het is belangrijk dat het mandaat hiervoor vooraf geregeld is en dat er budget beschikbaar is om dit uit te voeren. Als de aannemer alle materialen aanschaft, dient er rekening gehouden te worden met het feit dat het binnen een bouwteam geen automatisme is dat de aannemer van de voorbereidingsfase ook de realisatiefase uitvoert. Als er wordt gekozen om toch naar een andere aannemer uit te wijken, zullen de materialen overgedragen moeten worden. Binnen ons project hebben we het zo geregeld dat materialen die door ons worden aangekocht direct worden doorverkocht aan de gemeente en als directievergeving in de realisatiefase worden ingebracht.



BRUG 332

De vondst van brug 332 bleek essentieel te zijn voor het ontwerpproces. Deze voetgangersbrug aan het Zeeburgerpad in Amsterdam kwam beschikbaar vanwege ontwikkelingen in het centrum en stond vermeld op bruggenbank.nl

De brug uit 1939 is gelegen ten oosten van de Cruquiusspoorbrug over de Nieuwevaart. Hij is alleen toegankelijk voor voetgangers en zorgt voor de verbinding tussen het Zeeburgerpad en de Cruquiuskade. De overspanning van de brug heeft het uiterlijk van een spoorbrug, zie bijvoorbeeld de brugpijler. De trapgangen (met gleuven voor fietsers) zijn geheel in baksteen en natuursteen uitgevoerd met daarop grove, steenachtige platen.

De brug heeft de juiste afmetingen en bestaat uit verschillende componenten die in een andere opstelling perfect de vereiste overspanning kunnen overbruggen. De details van brug 332 zijn zorgvuldig uitgewerkt: het patroon van de flenzen, de subtiele bochten van de profielen en de nauwkeurige openingen tussen de verschillende onderdelen zijn consistent doorgevoerd in de op maatgemaakte componenten. Hierdoor vormen ze samen een harmonieus geheel. De subtiele vormgeving is een inspiratie voor het ontwerp van de nieuwe brug.

De basis van de nieuwe brug wordt gevormd door de vier liggers van brug 332 de overige elementen worden op maat gemaakt om naadloos aan te sluiten.



de bouwteamfase uren en secundaire materialen aan de opdrachtgever. Wanneer wij dit zouden doen in de realisatiefase dan rekenen wij met vooraf vastgestelde opslag percentages: algemene kosten (AK), winst (W) en risico (R). Bij het verschuiven van de aankopen naar de voorbereidingsfase verschuiven deze percentages mee. Of dit wenselijk is, dient in het bouwteam bepaald te worden.

Dit heeft een aantal voordelen;

- De gemeente beschikt over de materialen behorende bij het ontwerp, en heeft hiermee ook de vrijheid om later in het proces te kunnen kiezen voor een andere opdrachtnemer dan de bouwteam-partner;
- Voor ons is het belangrijk dat er nauwelijks sprake is van voorfinanciering.

Er kleeft ook een nadeel aan deze manier van werken. We gaan financiële verplichtingen aan gedurende het ontwerpproces met al haar onzekerheden. Het op waarde schatten van deze onzekerheden en het nemen van beslissingen vraagt om vakmanschap en leiderschap.

Als aannemer zien we in deze constructie onze financiële huishouding veranderen. Waar wij normaliter in een bouwteam voornamelijk uren besteden, leveren wij nu in

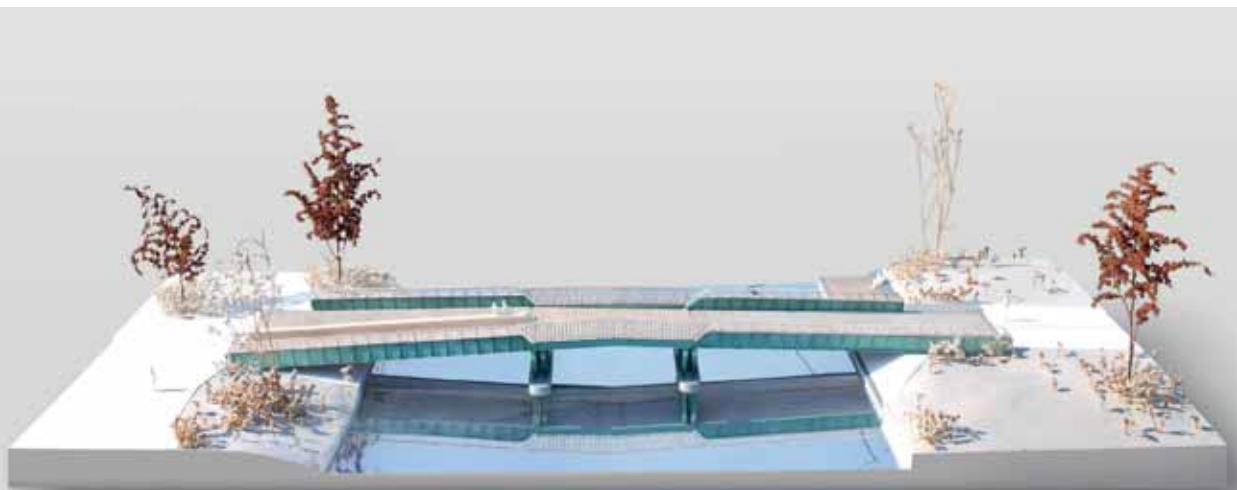
In de huidige markt is het nog goed mogelijk om gebruikt materiaal tegen een scherpe prijs aan te kopen. Helaas is de praktijk nog steeds dat vrijkomende materialen op projecten afgevoerd worden voor recycling of downcycling met bijbehorende lagere prijzen. Met digitale tools zullen in de toekomst vraag en aanbod beter te organiseren zijn en zowel opdrachtgevers, opdrachtnemers en leveranciers zullen hierop inspelen.

Op dit moment werken wij hard aan de benodigde documenten voor het aanvragen van de omgevingsvergunning. De verwachting is dat we het bestek halverwege 2024 afronden en de uitvoering in de tweede helft 2024 kunnen starten. Het bouwen met secundaire materialen brengt onzekerheden met zich mee. Dit kan invloed hebben op deze verwachting. Feit is wel dat we hier met elkaar bouwen aan de toekomst van het circulair bouwen van bruggen, en daar zijn we trots op!



Over Jan Grit

Jan Grit is manager van het Kenniscentrum Duurzaamheid binnen VolkerWessels. In deze functie is hij de verbindende factor tussen de 130 werkmaatschappijen binnen het concern op het gebied van duurzaamheid. Hij heeft al meer dan 15 jaar ervaring binnen zeer diverse civiele werken, zowel in project- als lijnmanagementrollen.



EEN TWEEDE LEVEN VOOR ONZE BRUGGEN

WWW.NATIONALEBRUGGENBANK.NL

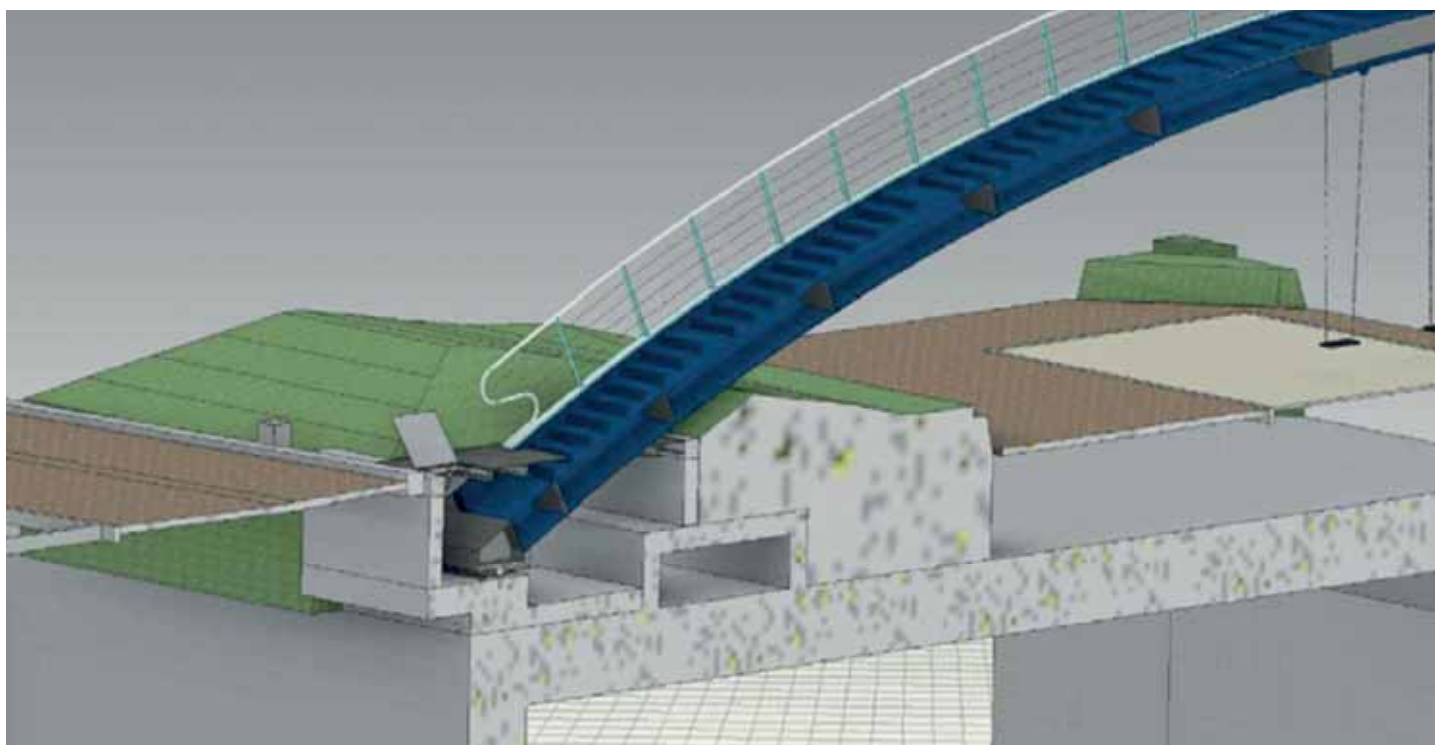
KAN HIJ ZIJN DROOMONTWERP WAARMAKEN?
MET EEN STUDIE CIVIELE TECHNIEK AAN TU OF HOGESCHOOL
IS HIJ AL EEN EIND OP WEG!

WRINGSTIJVE KOKER BOVEN TUNNELBUIJS

ir. J. Voermans RC en ir. P.A. Hagenaaars RO¹

In een park wordt een voetgangersbrug met schommels ontworpen. Het ontwerp gaat uit van een doorgaande, luchtdicht afgelaste koker. Indien deze niet in zijn geheel aangevoerd kan worden, moet de brug in secties op locatie worden samengesteld. Het architectonisch ontwerp had constructief gezien een reeks opgaven in petto, voordat het werd aanbesteed: het slanke ontwerp in relatie tot comforteisen, de afdracht van de brug op de spoortunnel (krachtsoverdracht staal naar beton) en de schommels onder de brug, die ook krachten uitoefenen. Dit artikel gaat in op enkele rekenkundige aspecten.

¹ Jurgen Voermans is constructeur en adviseur kunstwerken Regionale Ontwikkeling & Infrastructuur Zuid-West Nederland en Peter Hagenaaars is expert constructies, beiden bij Royal HaskoningDHV



¹ Geboorte van de boogconstructie

VAN ARCHITECTONISCH NAAR CONSTRUCTIEF ONTWERP

Het architectonisch ontwerp van de brug bracht constructief gezien de volgende vraagstukken met zich mee: het slanke ontwerp (met name in relatie tot comfort-eisen), de afdracht van de brug op de bestaande spoortunnel en de schommels in relatie tot de (mogelijke) dynamische respons.

SLANKE KOKER

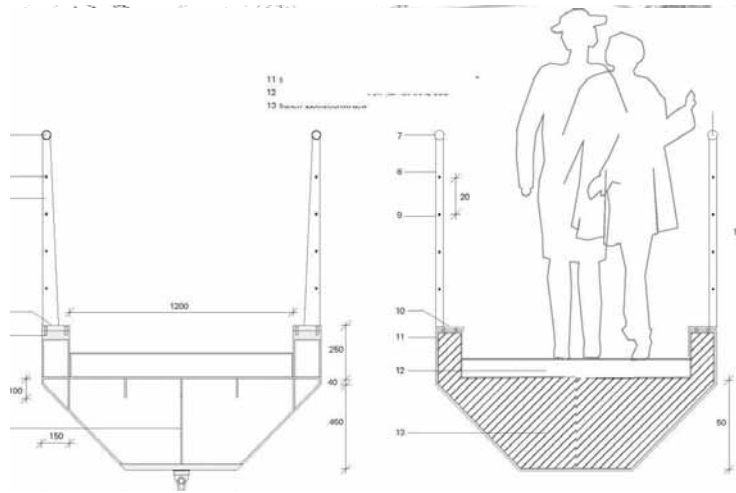
Het constructief ontwerp gaat uit van een wringstijve koker die de hoofdconstructie van de brug vormt. Het ontwerp wordt gedomineerd door de eisen aangaande het comfort (bruikbaarheidsgrenstoestand). De brug moet zodanig stijf worden ontworpen dat de versnellingen als gevolg van voetgangers en joggers die over de brug lopen en rennen binnen de grenzen blijven. Als gevolg hiervan zijn de spanningen in de uiterste grenstoestand relatief klein. Om de volledige constructiehoogte van 750 mm te benutten, is gekozen om de flenzen van beide lijven samen als bovenflens van de kokervormige doorsnede te laten fungeren. Het zwaartepunt ligt dan ongeveer in het midden van de hoogte zodat de doorsnede zo efficiënt mogelijk wordt benut binnen de grenzen van het architectonisch ontwerp.

Het belopen dek (zie fig. 4) bestaat uit een dekplaat ($t = 10$ mm), verstijfd in langsrichting met dekverstijvers ($t = 8$ mm; $h = 100$ mm) met een hart-op-hartafstand van 300 mm. De dekverstijvers dragen af op schotten ($t = 8$ mm) h.o.h. 3 m (bovenzijde dek).

Dit dek draagt de trap die bestaat uit een gezette, 5 mm dikke staalplaat. De leuning, een buisvormige bovenregel CHS 48,3x 2,6 mm, draagt af op standers (plat 85x18 mm verlopend naar 40x18 mm) met een hart-op-hartafstand van 1,27 m op een doorlopende voetplaat ($t = 25$ mm) die wordt verbonden met vier bouten M12 per stander.

De afwatering gebeurt door de traptreden een lichte helling naar beneden te geven. Er is in geen verlichting op/onder de brug voorzien.

Het ontwerp gaat uit van een doorgaande luchtdicht afgelaste koker die, indien deze niet in zijn geheel aangevoerd zou kunnen worden, in twee of drie delen aangevoerd wordt en met lassen op de bouwplaats of een voorbouwlocatie samengesteld wordt.



4 Doosnede hoofdconstructie

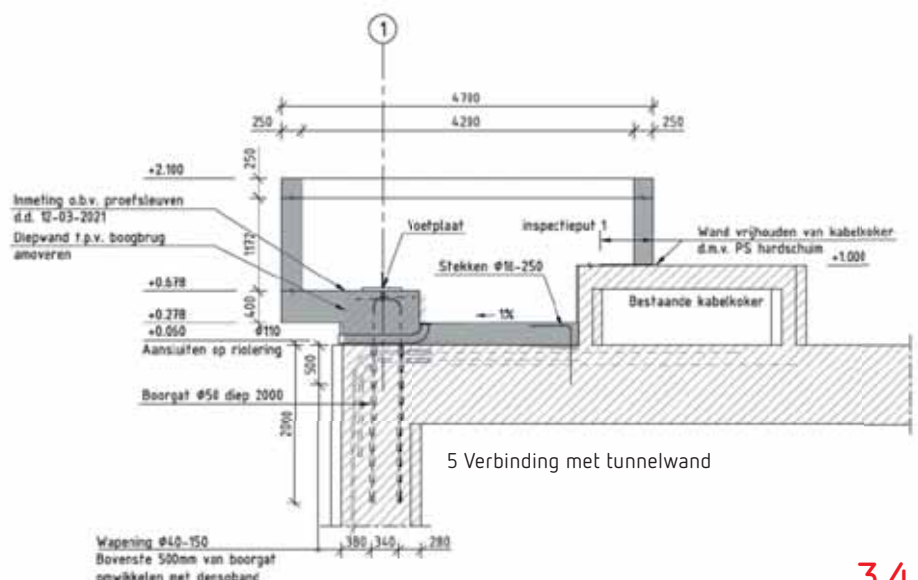
OVERWEGING DRIESCHARNIERSPANT

Aanvankelijk is overwogen om de brug met een topscharnier als driescharnierboog uit te voeren. Dit zou als voordeel hebben dat thermische belastingen geen krachtswerking tot gevolg hebben en dat, indien de brug niet in één geheel aangevoerd zou kunnen worden, beide helften met een mechanische verbinding verbonden zouden kunnen worden. Nadeel was dat niet aan het beeld van de architect voldaan zou kunnen worden, die een doorgaande koker voor ogen had. Om deze reden is hiervan afgezien.

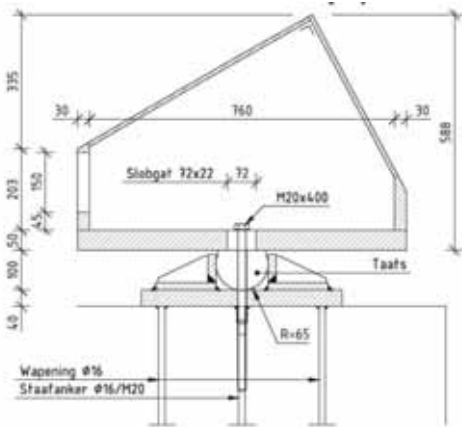
VERBINDING MET TUNNEL

De verbinding met de tunnel (zie fig. 5) bevindt zich onder maaiveld. In verband met onderhoud en inspectie zijn putten voorzien. Nabij beide geboorten, wordt de brug breder tot maximaal 2,50 m (zie fig. 7) om de belastingen te spreiden en over te dragen op de tunnelwand en om de brug in te kunnen klemmen om de langsas van de brug (afb. 5). De verbinding bestaat in hoofdzaak uit een doorgaande lijntaatsoplegging op een betonnen sloof. De krachtoverdracht van staal naar beton (zie fig. 6) vindt plaats via

het bolle cilindervlak van de lijntaatsoplegging, die geborgd is middels staafankers in slobgaten, naar de platte vlakken van de stoelen gelast op een voetplaat die verbonden is met de sloof, middels aangelaste wapening en afschuifnokken. Vervolgens worden de krachten van de betonnen sloof afgedragen op de tunnel via ingeboorde stekken in de diepwand en een vloer. De stekken worden ingeboord bij de zones waar zich geen wapening in de diepwand bevindt. Bij de voeg tussen twee diepwandpanelen wordt geen wapening ingeboord in verband met het voegprofiel dat zich daar bevindt. De westelijke sloof is circa 7,3 m lang (vier bevestigingspunten) en de oostelijke sloof is $\sim 3,5$ m lang (drie bevestigingspunten). De vloer draagt de (afschuif)belastingen af naar het tunneldak. De verbinding wordt gerealiseerd met in te lijmen stekken, verankerd aan beide zijden van het aansluitvlak. Met dit detail wordt bewerkstelligd dat de krachten voldoende gespreid worden zodat deze op de tunnel kunnen worden afgedragen waarbij de constructieve veiligheid van de tunnel gewaarborgd blijft.



5 Verbinding met tunnelwand



6 Lijntaatsoplegging

SCHOMMELS

In tegenstelling tot de drie schommels bevat het uiteindelijke ontwerp twee schommels iets uit het midden van de brug. Tijdens het schommelen worden krachten op de brug uitgeoefend. Deze bestaan uit centrifugale kracht en de zwaartekracht. Door de brug te verbreden nabij beide geboorten, ontstaat een stijve rotatieveer en zal de brug pas willen trillen (uit het vlak van de boog) bij frequenties $\geq 4,20$ Hz. Aangezien dit hoger is dan de belasting uit de schommels, die wordt opgelegd met een frequentie van zo'n 0,21 Hz, is excitatie door de schommels niet aan de orde

In relatie tot trillingen die zijn beschouwd zijn opgenomen in tabel 1. De comfortcriteria voor voetgangers en joggers zijn bepaald volgens NEN-EN 1990, NEN-EN 1991-2 en EUR 23984 en *Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations* (JRC-ECCS).

De dynamische respons is bepaald aan de hand van een modale analyse. In tabel 2 zijn de eerste vijf eigenfrequenties met bijbehorende trilvorm opgenomen voor de massacombinatie CM1_TC3 ('zwaar verkeer') en CM3_JC2 ('joggers').

Hieruit blijkt dat alleen de 1^e eigenfrequentie van de brug, waarvan de trilvorm gekarakteriseerd kan worden als trilling in het vlak van de boog, binnen het kritische gebied valt van voetgangersbruggen onder loopbelasting voor verticale en horizontale trillingen ($1,25 < f < 4,6$ Hz).

De optredende versnellingen zijn getoetst aan de grenswaarden zoals gegeven in tabel 1. De brug is niet gevoelig voor excitatie (het in trilling brengen) door voetgangers in zijdelingse richting ($0,5 < f_i < 1,2$ Hz) en ook niet voor excitatie door joggers ($1,9 < f_i < 3,5$ Hz).

De optredende spanningen door vandalismebelasting zijn getoetst aan het vloeicriterium van Von Mises (maximale spanning bedraagt 12 N/mm² voor de globale krachswerking).

BEREKENINGEN HOOFDDRAAGCONSTRUCTIE

De berekeningen van de hoofddraagconstructie zijn verricht met een eenvoudig rekenmodel bestaande uit 1D-elementen in een programma op basis van de eindige elementenmethode.

Alle onderdelen van de doorsnede kunnen in klasse 3 geclassificeerd worden zodat de weerstand niet beperkt is door de plooiweerstand. Gezien de compacte vorm van de koker en het ontbreken van tussensteunpunten, zijn effecten van 'shear lag' verwaarloosbaar zodat de volledige breedte van de flenzen wordt benut.

STATISCHE RESPONS

De statische respons is bepaald aan de hand van een lineair-elastische analyse. De optredende spanningen zijn getoetst aan het vloeicriterium van Von Mises (maximale spanning bedraagt 104 N/mm² voor de globale krachswerking). De maximale doorbuiging door voetgangersbelasting die optreedt bij een asymmetrische belasting (brug half belast), is getoetst aan een grenswaarde van L/250 waarbij voor L de halve overspanning is genomen, van geboorte tot buigpunt in de top van de boog gemeten over de geprojecteerde lengte van de boog. Aan de hand van een lineair-elastische (knik of eigenwaarde) bifurcatie-analyse is bepaald dat het tweede-orde effect kan worden verwaarloosd omdat $a = \text{crit } 43 > 10$ zodat volstaan kan worden met een eerste-ordeberekening¹. De knikvorm, die hoort bij de 1^e eigenwaarde, geeft aan dat de knik in het vlak van de boog plaats vindt.

DYNAMISCHE RESPONS

in relatie tot trillingen die zijn beschouwd zijn deze opgenomen in tabel 1. De comfortcriteria voor voetgangers en joggers zijn bepaald volgens NEN-EN 1990, NEN-EN 1991-2 en EUR 23984 en *Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations* (JRC-ECCS).

¹ a_{crit} is de factor waarmee de rekenwaarden van de belastingen op de constructie moeten worden verhoogd om algemene elastische instabiliteit te veroorzaken (a_{crit} bedraagt 104 N/mm² voor de globale krachswerking). De maximale doorbuiging door voetgangersbelasting die optreedt bij een asymmetrische belasting (brug half belast), is getoetst aan een grenswaarde van L/250 waarbij voor L de halve overspanning is genomen, van geboorte tot buigpunt in de top van de boog gemeten over de geprojecteerde lengte van de boog. Aan de hand van een lineair-elastische (knik of eigenwaarde) bifurcatie-analyse is bepaald dat het tweede-orde effect kan worden verwaarloosd omdat $a = \text{crit } 43 > 10$ zodat volstaan kan worden met een eerste-ordeberekening.

De dynamische respons is bepaald aan de hand van een modale analyse. In tabel 2 zijn de eerste vijf eigenfrequenties met bijbehorende trilvorm opgenomen voor de massacombinatie CM1_TC3 ('zwaar verkeer') en CM3_JC2 ('joggers').

Hieruit blijkt dat alleen de 1^e eigenfrequentie van de brug, waarvan de trilvorm gekarakteriseerd kan worden als trilling in het vlak van de boog, binnen het kritische gebied valt van voetgangersbruggen, onder loopbelasting voor verticale en horizontale trillingen ($1,25 < f < 4,6$ Hz).

De optredende versnellingen zijn getoetst aan de grenswaarden zoals gegeven in tabel 1. De brug is niet gevoelig voor excitatie door voetgangers in zijdelingse richting ($0,5 < f_i < 1,2$ Hz) en ook niet voor excitatie door joggers ($1,9 < f_i < 3,5$ Hz).

De optredende spanningen door vandalismebelasting zijn getoetst aan het vloeicriterium van Von Mises (maximale spanning bedraagt 12 N/mm² voor de globale krachswerking).

CONCLUSIE

Ondanks de diverse constructieve uit is het architectonisch ontwerp succesvol vertaald naar een haalbare en maakbare constructie waarbij de constructieve veiligheid van de spoortunnel gewaarborgd is. Het project is inmiddels aanbesteed op basis van een RAW-bestek en gegund aan aannemersbedrijf Wallaard in combinatie met Damsteegt die de detailengineering verzorgt. De planning is dat de brug eind 2023 geplaatst zou zijn.



7 Overgang brug tunnelwand

EEN TWEEDE LEVEN VOOR ONZE BRUGGEN

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING

BRUGGEN

WWW.BRUGGENSTICHTING.NL

WWW.NATIONALEBRUGGENBANK.NL