

Nr.4 Jaargang 30
December 2022

Bruggen



MICHIEL DE RUYTERBRUG
EEN BRUG MET AMBITIE

Inhoud



4 MICHEL DE RUYTERBRUG



14 VIADUCT TERBREGSEPLEIN



18 RICHTLIJN ONTWERP KUNSTWERKEN (ROK) VERSIE 2.0



18 NELSON MANDELABRUG LELYSTAD



30 **BY** HET BESTUUR VAN BRUGGEN YOUNG IS ONLANGS UITGEBREID MET TWEE LEDEN



31 **BY** FEASIBILITY OF MEDIUM SPAN STEEL-TIMBER HYBRID BRIDGES A COMPARATIVE STUDY

COLOFON

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

Opggericht 10 april 1992

REDACTIE

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

BESTUUR

Jan de Boer, Bert Hesselink, 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 digitaal te worden aangeleverd. 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

Michiel de Ruyterbrug
© IPV Delft

OMSLAGFOTO ACHTERZIJDE

Michiel de Ruyterbrug
© KSM

OPLAGE

600
ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

FRED VAN GEEST

Als u dit leest, zijn de perikelen van het wereldkampioenschap voetbal in Qatar alweer voorbij en bij het schrijven van dit stukje wist ik de afloop voor Nederland nog niet, maar ik vrees dat het ons niet is gelukt. Onze blik dan maar weer richten op de toekomst, op 2023 waar we in maart weer een bruggendag tegemoet mogen zien. met een mooi thema: grensverleggend bruggen bouwen – over materiaalgebruik, vakmanschap en globalisering

Een mooi voorproefje was het symposium Fiets*Voetgangersbruggen, dat in november in Utrecht is gehouden, waarbij het circulaire bouwen hoog op de agenda stond. Op de website van de Bruggenstichting zijn de presentaties terug te lezen. Na alle Coronaperikelen weer een verademing om erbij aanwezig te kunnen zijn.

Op **DONDERDAG 16 MAART 2023** organiseert de Nederlandse Bruggenstichting voor de 10e keer de Bruggendag, dit jaar met als thema:

GRENSVERLEGGEND BRUGGEN BOUWEN over materiaalgebruik, vakmanschap en globalisering

Het thema zal in een zestal presentaties uitgewerkt worden met als dagvoorzitter:

ir. Hans Ramler, design manager, BAM-Infra /TU-Delft

Locatie

Villa Jongerius, Kanaalweg 64, 3527 KX Utrecht



Bij de opening in 1936 was de Waalbrug in Nijmegen de boogbrug met de grootste overspanning van Europa: 244 meter!

Vincent Kramer / Bruggenstichting

Datum

Donderdag 16 maart 2023 van 12.00 tot 18.00 uur

Doelgroep

Opdrachtgevers, beleidsmakers, ontwerpende en uitvoerende partijen

Programma

In de uitnodiging, die in januari 2023 wordt verstuurd, wordt het programma bekend gemaakt.

Zie ook t.z.t. onze website, waar tevens een aanmeldingsmogelijkheid vermeld staat.

Constructeurs krijgen bij deelname aan de middag 2 kennispunten voor het Constructeursregister.



Bij de opening in 1965 was de Zeelandbrug over de Oosterschelde de langste brug van Europa: 5022 meter!

Vincent Kramer / Bruggenstichting

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.



MICHIEL DE RUYTERBRUG

EEN SUBTIEL LANDMARK,
EEN BRUG MET AMBITIE,
HET VISITEKAARTJE
VAN
SCHOKKERHOEK



1 Michiel de Ruyterbrug in Urk

DE VORMGEVING

CHRIS WATTEL – IPV DELFT

In opdracht van de gemeente Urk heeft ipv Delft met veel plezier en in nauwe samenwerking met de gemeente, de Provincie Flevoland en de landschapsarchitecten van KuiperCompagnons een voorlopig ontwerp gemaakt en een beeldkwaliteitsplan opgesteld voor de nieuwe brug richting de Zeeheldenwijk.

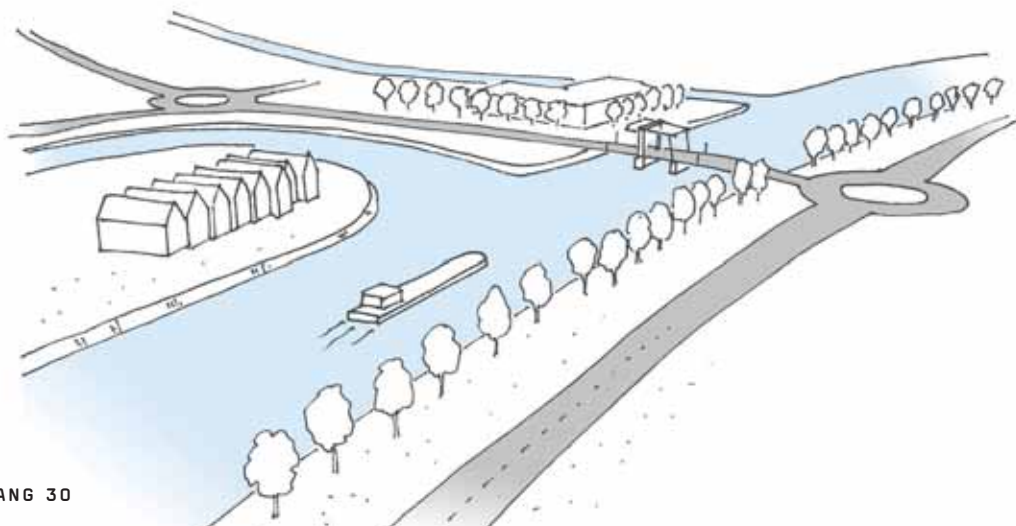
Begin 2018 verstrekte de gemeente de opdracht voor het maken van een ontwerp voor een nieuwe beweegbare brug richting de toekomstige wijk met toen nog de werknaam Schokkerhoek.

Een nieuwe wijk aan de andere zijde van de Urkervaart is voor Urk een grote sprong: het wordt de eerste woonwijk op de andere oever. Gevoelsmatig komt de uitbreiding van Urk daarmee wat verder af te liggen van het eiland en van de andere woonwijken. De ontwikkeling van Schokkerhoek betekent een kans om het dorp vanuit de Noordoostpolder een nieuw gezicht te geven. Bij deze ontwerpogave draait het daarom niet om een brug die simpelweg de ene kant van de vaart met de andere verbindt, maar om een brug die een baken vormt voor de nieuwe wijk, voor de nieuwe entree van Urk en voor het weidse polderlandschap. Een brug met ambitie.

een brug die een baken vormt voor de nieuwe wijk



↙ ↓ 2+3 Landschappelijk inpassing over Urkervaart





4 3D Beeldkwaliteitsplan – model 2

De opdracht voor het ontwerp wordt gegeven na een selectie op basis van de offerte en een kennismakingsgesprek. In dat gesprek was er meteen een klik met het projectteam van de gemeente. Een belangrijke voorwaarde, want de gemeente wilde heel graag echt betrokken worden in het ontwerpproces. Samenwerking en betrokkenheid speelden een belangrijke rol in de totstandkoming van het ontwerp dat nu gerealiseerd is.

Als basis voor het ontwerp lag er een uitgebreide lijst met uitgangspunten en eisen van de gemeente en de provincie op tafel. De afmetingen waren min of meer bekend, de positie van de brug was een gegeven, de doorvaarthoogte en breedte lagen vast, de wijze van aanbesteden was bepaald en de wens was uitgesproken voor een brug met karakter. Het type beweegbare brug, bijvoorbeeld een ophaalbrug of een draaibrug, de vormgeving, de uitstraling en de inpassing van de brug op de locatie waren echter nog helemaal onbekend.

Om grip te krijgen op de opgave is met een verkenning van de oplossingsruimte gestart. Hierbij is een analyse gemaakt van de uitgangspunten en zijn bepalende factoren in de omgeving bekeken. Zo is de ligging in de bocht een bepalende factor voor de breedte en de positie van de doorvaart en maakt de noordoever een onderdeel uit van het NatuurNetwerk Nederland (NNN) en is

daarmee een ecologische zone.

Op basis van zorgvuldig gemaakte tekeningen en een 3D-model zijn alle wensen en eisen in beeld gebracht en is een eerste serie schetsen van verschillende brugvarianten gemaakt. Deze eerste verkenning met 15 geschetste bruggen zijn met het gehele projectteam besproken. Iedere aanwezige kreeg de gelegenheid om een voorkeur uit te spreken voor een bepaald type of richting. Sommigen maakten een keuze op gevoel, anderen hadden een duidelijke argumentatie waarom het ene of andere type een goede keuze zou zijn. Snel werd duidelijk dat er een voorkeur was om de brug in tweeën te delen met een brugdeel voor de verkeersweg en een brugdeel voor fietsers en voetgangers. Tussen de brugdelen in kwam ruimte voor een enkele hameestijl die als baken zou kunnen fungeren in het landschap. Samen met het team is de keuze gemaakt om drie varianten met een enkele hameestijl een stap verder uit te werken. Model 1 was een model met een gevorkte, enkele hameestijl met daartussen de balanspriem. Het ontwerp van model 2 bestond uit een enkele hameestijl met daaromheen een ovale balans (zie fig. 4). Bij model 3 kreeg de brug een enkele hameestijl met een gevorkte balans.

De uitgangspunten in de verdere uitwerking waren voor de drie varianten gelijk:

- Een brug die alzijdig interessant is. Dat wil zeggen dat de brug zowel zichtbaar en karakteristiek is vanaf de weg als vanaf het water en de oever.
- Een brug als baken in het landschap. De wens is dat de brug als nieuwe herkenbare entree gaat fungeren.
- Een ontwerp van een brug, die constructief logisch in elkaar zit. Dat wil zeggen dat de krachtswerking klopt en techniek en ontwerp samen een integraal geheel vormen.
- Een brug die aansluit bij de omgeving en past in de landschappelijke visie die samen met Kuiper Compagnons is opgesteld. Robuust en stoer aan de zijde van de Zeeheldenwijk, rank en transparant aan de zijde van de groene oever.
- Een onderhoudsvriendelijke brug waarbij onderdelen minder snel vervuilen en verouderen.
- Een integraal ontwerp waarbij aanvullende voorzieningen, zoals seinen en sluitbomen zorgvuldig zijn meegenomen in het ontwerp.

Voor de gemeente was het daarbij belangrijk in de afweging ook kosten, veiligheid, omgeving en duurzaamheid als parameter mee te nemen.



5 'Boetnaald' als herkenbaar element in vormgeving hameestijl en balanspriem

De drie uitgewerkte varianten zijn in de zomer van 2018 in verschillende vergaderingen gepresenteerd aan het projectteam, de gemeenteraad en aan burgemeester en wethouders. De keuze viel uiteindelijk op ontwerpvariant 2, de enkele hameestijl met daaromheen een ovaalvormige balanspriem. Op het gemeentehuis werd in de wandelgangen opgemerkt dat deze vorm van de brug in geopende stand doet denken aan een zogenaamde 'boetnaald': een hulpmiddel uit de visserij waarmee visnetten worden gerepareerd ('geboet'()). Een mooi gegeven dat vervolgens als thema is meegenomen en uitgewerkt in de verdere detaillering van het ontwerp. Het ontwerp werd zodanig uitgewerkt dat het effect van de boetnaald in geopende stand van de brug versterkt is. De brug was vormgegeven als landmark in gesloten stand, maar kreeg hiermee ook in geopende stand een bijzondere aanblik. Het ontwerp van de brug is in het najaar van 2018 vastgelegd op 2D tekeningen en in een beeldkwaliteitsplan met 3D impressies en vormgevingseisen voor de uitwerking.

VOORLOPIGE ONTWERP

De enkele hameestijl, tussen de verkeersbrug en de fiets*voetgangersbrug, steekt hoog boven de balanspriem uit en heeft een krachtige, elegante vorm die van grote

afstand zichtbaar is. Aan de bovenzijde eindigt de hameestijl in een scherpe punt, aan de onderzijde krijgt de hameestijl een stevige basis om de krachten van de beweging af te kunnen dragen naar de fundering. Om de hameestijl heen wordt de balanspriem geplaatst als een harmonieus gesloten volume. De balans verkrijgt door deze vorm extra breedte, waardoor ook in het zicht vanaf de weg een driedimensionaal beeld ontstaat.

Robuuste materialen, scherpe lijnen, elegante gebogen vormen en een verzorgde ingetogen detaillering geven de brug een eigentijdse krachtige uitstraling. Belangrijk in het concept van de vormgeving is de integratie van de verschillende brugonderdelen binnen de hoofdvolumes van de brug. Ophaalconstructie, steunpunten, leuning, brugranden, verlichting, aandrijving en installaties zijn in samenhang ontworpen. De robuuste zuidzijde en ranke noordzijde van de brug versterken elkaars karakter en vormen samen één geheel.

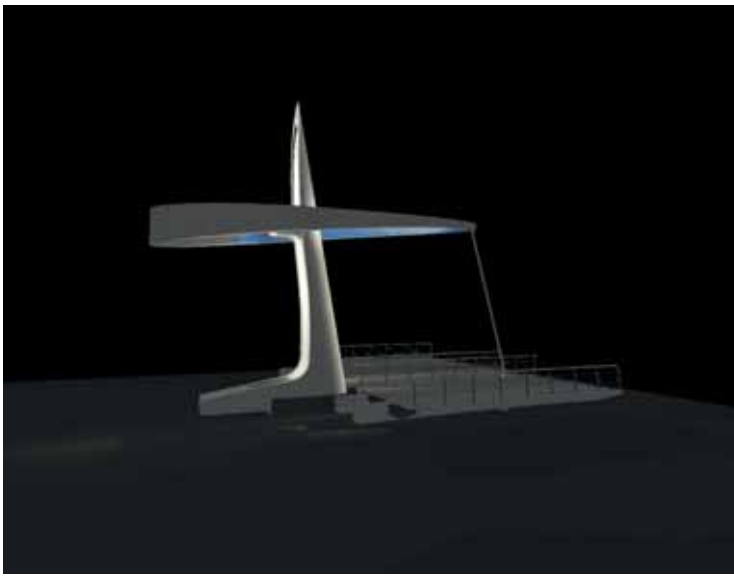
Zowel de hameestijl als de balanspriem worden opgebouwd uit enkelgekromde vlakken. De volumes hebben scherpe lijnen en een strak glad oppervlak. De gebogen vlakken in het voorlopig ontwerp dienen gekromd uitgevoerd te worden en niet zijn opgedeeld in rechte segmenten.

De geometrie van het bewegingsmechanisme heeft als basis een zuiver parallellogram met als hoekpunten de vier scharnierpunten van de bewegende delen. Dit in verband met een gelijkmatige krachtswerking tijdens het openen en sluiten van het val.

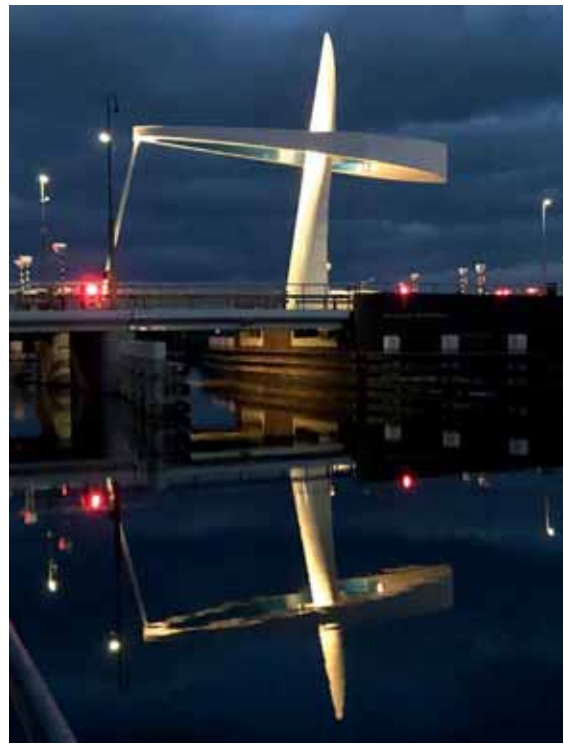
De contouren van de brugranden van het val en de beide delen van de noordelijke aanbrug zijn gelijk en liggen zonder sprong in elkaars verlengde. Aan de onderzijde zijn de brugranden naar binnen toe afgeschuind, zodat de brugdekken slank ogen. De zuidelijke aanbrug heeft brede, gemetselde balustrades tot een hoogte van 750 mm boven wegniveau.

De detaillering en afwerking van de brug is eenvoudig, strak en hoogwaardig, zodat het beeld niet wordt verstoord en de brug ook in de toekomst eenvoudig netjes en schoon te houden is.

De brug wordt naast de functionele openbare verlichting ook architectonisch uitgelicht (zie fig. 6a+b). In het nachtbeeld verschijnt een subtiel esthetisch effect, waarbij de gehele hameestijl en de binnenzijde van de balanspriem aangelicht worden. Deze architectonische verlichting wordt gerealiseerd middels een aantal armaturen tussen de balanspriem en de hameestijl. Ook het bewegingswerk – de aandrijving



6a Visualisering verlichtingsontwerp



6b Nachtelijk zicht op de brug

van de brug – werd in het stadium van het voorlopig ontwerp meegenomen. De brug wordt vanuit de kelder bewogen met hydraulische cilinders. Het bewegingswerk is vanaf de buitenzijde niet zichtbaar als de brug gesloten is. De scharnieren van de koppeling van balanspriem aan de hameistijl worden in de uitkragende console van de hameistijl geplaatst en verstoren de strakke vorm van hameistijl en balanspriem niet. De console vormt een logisch geheel met de hameistijl.

DE ENGINEERING

ANNE JAN BREIMER –
INGENIEURSBUREAU BOORSMA

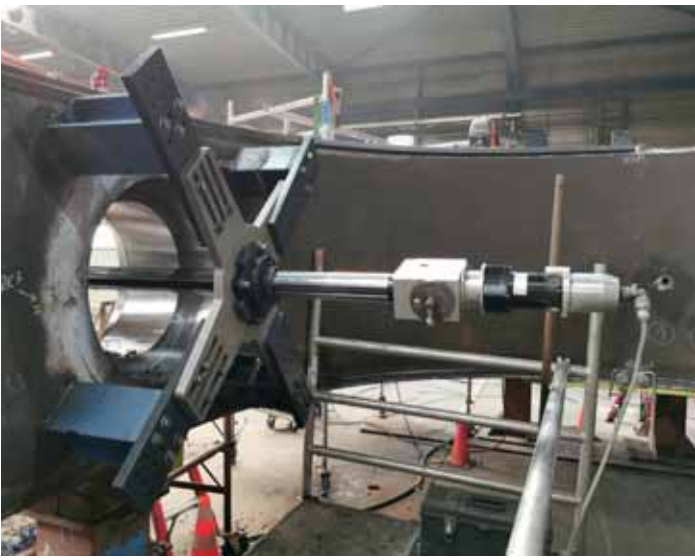
Bouwkuiploos bouwen op het water was een bewuste keuze om de scheepvaart zo min mogelijk te hinderen. Er is uitgegaan van een 115 ton zware prefab onderbak voor de brugkelder die op vier te lood staande, stalen buispalen in het water is gepositioneerd. Vervolgens is er een betonvloer gestort die op een vernuftige manier ingrijpt in de prefab constructie en een belangrijke rol heeft in de afdracht van het totale krachten spel vanuit de hameistijl en de cilinders naar de stalen buispalen. Er kwam dan ook plaatselijk flink wat wapening aan te pas! Vanuit het beeldkwaliteitsplan is de keuze gemaakt voor één centrale hameistijl met één trekstang. Op basis hiervan is er berekend hoeveel bouwzeeg (voorvervorming) aan beide vallen in de fabriek moest worden

meegegeven om de opleggingen in de eindsituatie onder druk te krijgen om daarmee een vaste ligging te garanderen en de kans op klappen tegen te gaan. Om te garanderen dat de voorvervorming ook op de juiste wijze aan de vallen is meegegeven, is hiervoor een fullscale test in de fabriek uitgevoerd. De voorvervorming wordt opgeheven op het moment dat de vallen omhoog bewegen. Overigens draagt het overgewicht van circa 6 ton ook bij aan een positieve oplegdruk. Dat overgewicht is mogelijk door de keuze voor één hydraulische aandrijving met voor elke val een eigen cilinder. Als de brug gesloten is, hoeven de cilinders niet op druk te staan. De maatvoering van de cilinders is afgestemd op het afwijkend oppervlak van beide vallen. Op die manier is de druk in het systeem min of meer gelijk en volstaat één hydraulische unit. Boorsma heeft de gehele engineering uitgevoerd vanaf de onderbouw en de remmingswerken t/m de werkplaatstekeningen van de gehele staalbouw en werktuigbouw. Doordat het gehele ontwerp in 3D is uitgevoerd, konden de raakvlakken met alle partijen steeds goed op elkaar worden afgestemd. Gedurende de engineeringfase en bouwfase bleef ipv Delft betrokken bij het proces om de beeldkwaliteit te monitoren en te adviseren bij de uitvoering van de brug.

DE STAALCONSTRUCTIE

EDWIN RAATS – KNOOK STAAL EN
MACHINEBOUW

Toen in 2019 de voorselectie plaatsvond voor de aanbesteding van de Michiel de Ruyterbrug waren onze medewerkers op basis van het beeldkwaliteitsplan meteen opgetogen over de zeer mooie belijning van de brug. Dit was voor ons een extra drijfveer voor een serieuze aanpak op basis waarvan de aannemerscombinatie is gevormd. Gezamenlijk hebben we het EMVI-plan geschreven, waarbij uitgebreid onderzoek is gedaan om de omgevingshinder tot een minimum te beperken. Het feit dat we het project op basis van het EMVI-plan hebben gescoord, heeft ons zeer verheugd en betekende dat we deze hele mooie brug konden gaan bouwen. KSM is namens de Combinatie 2KA opgetreden als penvoerder. De beeldkwaliteit was voor de architect en opdrachtgever Gemeente Urk van zeer groot belang. In nauw overleg is dan ook het hoge afwerkingsniveau met ze besproken en overeengekomen, waardoor tijdens uitvoering bijzonder weinig verrassingen zijn geweest. Onze medewerkers zijn trots mee te hebben gewerkt aan de realisatie van deze schitterende ophaalbrug.



7 Kotteren van het draaipunt in de balanspriem



8 vervaardiging balanspriem



9 Het val op transport



10 Balanspriem op transport

Onze medewerkers zijn trots mee te hebben gewerkt aan de realisatie van deze schitterende ophaalbrug



11a+b Bekisting prefab kelderbak achter landhoofd



11b



12 Inhijsen prefab kelderbak



13 Ondersteuning bekisting uitwaaiend dek met dubbele UNP-liggers

DE UITVOERING

HENRIE DE VRIES – KNIPSCHEER
INFRASTRUCTUUR

Om het toepassen van een bouwkuip in de Urkervaart te vermijden, is de onderkant van de brugkelder geprefabriceerd op de oever. Door de timmermannen is een waterkerende bekisting bedacht voor de rechthoekige paalsparingen van de schoorpalen. Uiteindelijk is in deze prefab brugkelder een wapeningshoeveelheid van ca. 900 kg/m³ aangebracht. Op de oever is ook het metselwerk aangebracht dat deels onder de waterlijn zou komen (zie fig. 11a+b). De wapening vanuit de schoorpalen is per paal geprefabriceerd waarbij het een uitdaging was om de paalstukken horizontaal te laten eindigen. De hijs is uitgevoerd 'in duo' met een 750-tons en 650-tons hijskraan. (Fig. 12)

WAAIERENDE BRUGLIGGERS

Het van smal naar breder verlopend verkeersdek is met prefab volstortliggers opgebouwd die uitwaaiëren. Een unieke brugdekconstructie waarbij een tijdelijke ondersteuning met dubbele UNP-liggers is toegepast om de in het werk gestorte randliggers te vervaardigen, waarvan elke strekkende meter uniek is. De dwarsdragers zijn ingeklemd aan de onderkant van de prefab volstortliggers, de centerpennen steken door het brugdek om als ophanging te fungeren. (Fig. 13)

VOETPAD MET TRISOPLAST® BODEMAFDICHTING

Het gedeelte van het voetpad dat onder de Michiel de Ruyterbrug loopt, ligt onder het waterniveau van de naastgelegen Urkervaart. In plaats van een betonnen bakconstructie, is er gekozen voor een laag met een sterke, dichte hydrogelstructuur, een mengsel van een speciale klei-polymeercomponent en een mineraal vulmiddel (zand) en water. Het mengsel vormt ter plekke een robuuste laag en kan onmiddellijk worden afgedekt met een ballastlaag (zand). Het gewicht van de ballastlaag zorgt ervoor dat de bodemafdichting niet onnodig opzwellt en zijn stevigheid behoudt. (Fig. 16ab)



14 Inhijsen prefabliggers



15 Het in breedte verlopende brugdek

↖ ← 16 ab Uitvoering voetpad

ELEKTROTECHNISCHE INSTALLATIE

DANNY FEHLING – ÆVO B.V.

Naast de uitstraling van de brug zijn de functionaliteit en de veiligheid natuurlijk van groot belang. Alle contractuele eisen zijn gedefinieerd waarbij 80% van de grofweg 1300 contractuele eisen betrekking hebben op het elektrotechnische ontwerp. De brug is voor de wet 'een machine' en moet daarmee voldoen aan de machinerichtlijn. Plat gezegd betekent dit dat er al het mogelijk is gedaan om de brug veilig te maken voor publiek en het onderhoudspersoneel.

In week 20 is er gestart met de voorbereiding van de elektrotechnische installatie. De brugkelder was toen schoon en leeg met enkel de stoelen van de hydrauliekcilinders

en de zinkerbuizen (pijpen voor de kabels naar de overkant en aanlegsteiger). Na het monteren van de kabelbanen en het trekken van de kabels (bijna 5 kilometer!) zijn de elektrotechnische kasten geplaatst.

Acht kasten voor

- elektrisch 'inkooppunt';
- hoofdverdelers;
- netverdelers;
- nobreakverdelers (gegarandeerde voeding), gekoppeld aan de
- kast van de UPS (Uninterrupted Power Supply);
- besturing;
- hydraulieksturing en
- communicatie.

Samen met de hydrauliekunit en de hydraulische cilinders is de kelder qua ruimte, laten we zeggen, goed benut.

De 4.800 m kabels verbinden de kasten onderling en met de veldcomponenten, zoals

- slagboomkasten;
- seinen voor scheepvaart en wegverkeer;
- openbare verlichting;
- architectonische verlichting om in het donker de brug aan te lichten;
- pompinstallaties in de brugkelder en onderdoorgang;
- marifoon, luidsprekers en praatpalen (op de steigers).

Na installatie is de brug getest volgens het Site Acceptance Test (SAT) protocol. Dit document van 152 pagina's beschrijft voor de vier bedienstanden (lokaal, op afstand, onderhoud en nood) alle mogelijke scenario's die moeten worden getest om een functionele en veilige brug te garanderen. Na een succesvolle tussentijdse opname op 28-10-2022, is het nu wachten op de bediening op afstand en de daarbij horende testen van de camera- en geluidsinstallatie.

De brug is voor de wet 'een machine' en moet daarmee voldoen aan de machinerichtlijn



PROJECTGEGEVENS

Michiel de Ruyterbrug (2022)	
opdrachtgever	Gemeente Urk
ontwerp	ipvDelft
landschappelijke inpassing	KuiperCompagnons, Rotterdam
engineering	ingenieursbureau Boorsma, Drachten
Aannemers-combinatie	Combinatie 2KA: Knipscheer Infra Groep, Almere Knook Staal en Machinebouw Moerdijk Aevo, Halsteren

18 Fraaie randbalk langs in breedte verlopend brugdek



17 hydrauliekunit in de kelder



VIADUCT TERBREGSEPLEIN

Het Terbregseplein is één van de drukste verkeersaders van Nederland. In dit bestaande knooppunt bouwt aannemerscombinatie 'De Groene Boog' in opdracht van Rijkswaterstaat een viaduct die de bestaande A16 verbindt met de A16 Rotterdam, die loopt van het Terbregseplein en ter hoogte van Vliegveld Rotterdam-Den Haag aansluit op de A13. Voor de bouw van viaduct Terbregseplein wordt de Incremental Launching Method (ILM) toegepast.



INCREMENTAL LAUNCHING METHOD OF 'SCHUIFMETHODE'

Zoals het woord al zegt, wordt de brug of onderdelen daarvan na vervaardiging op de bouwplaats op hun definitieve plaats geschoven. Dit schuiven kan loodrecht op de definitieve ligging van de brugas geschieden of in het verlengde van de brugas. In dit laatste geval spreekt men van de lanceermethode of ILM (Incremental Launch Method). Deze uitvoeringsmethode is van toepassing voor bruggen met een constante dwarsdoornede, die in moten achter één van de landhoofden kan worden vervaardigd. Wanneer een brugmoot klaar is, wordt deze met vijzels over het landhoofd naar de volgende (hulp) pijler getrokken. Een gevolg daarvan is wel dat de brugas een rechte lijn of een lijn met een constante kromming (cirkel) moet zijn.



Het bouwen van de brugmooten geschiedt dus op één plaats met alle voordelen van dien: centrale aanvoer van materialen, één werkplek die als 'fabriek' kan worden ingericht, alles kan worden ingericht op herhaling van dezelfde handelingen. Tijdens het schuiven wordt het overkragende gedeelte steeds groter en daarmee ook de krachten in de constructie. Om deze krachten te verminderen, wordt aan de voorkant een zogenaamde snavelconstructie aangebracht van een lichter materiaal (staal) waardoor eerder een volgend (hulp)steunpunt wordt bereikt.

Dwarsdoorsneden van de brug bevinden zich achtereenvolgens boven een steunpunt en in het midden tussen twee steunpunten. De inwendige krachtwerving moet dus op beide situaties zijn voorbereid:

- ter plaatse van een steunpunt: maximale trekspanningen bovenin en maximale drukspanningen onderin en een maximale dwarskracht;
- midden tussen de steunpunten in: het tegenovergestelde beeld: maximale trekspanningen onderin en maximale drukspanningen bovenin en een minimale dwarskracht.

Om die reden wordt er gekozen voor een dwarsdoorsnede die overal hetzelfde is en voorzien is van een centrale voorspanning. De brug schuift in stapjes over landhoofd en pijlers heen naar het landhoofd aan de andere zijde. Dit moet met zo weinig mogelijk wrijving gebeuren. Daartoe worden er tijdelijke glijopleggingen geplaatst op de (hulp)pijlers en wordt er tijdens het schuiven een teflonplaat tussen onderkant brug en glijoplegging geplaatst. Dit is handwerk wat goed in de gaten moet worden gehouden. Een vergeten te plaatsen teflonplaat wordt direct opgemerkt door degene die de vijzels bedient; de plaat moet weer worden geplaatst na het opvijzelen van de brug ter

plaatse van het desbetreffende glijdblok. Als de brug bij zijn laatste overspanning aankomt en bijna op zijn definitieve plaats ligt, zit de snavel natuurlijk in de weg en moet deze door een steiger worden vervangen. Men kiest meestal voor een cyclus van een week: Maandag: schuiven, dinsdag tot en met donderdag bekisting schoonmaken, (zacht staal)wapening vlechten, voorspankabelomhullingen plaatsen, voorspankabels plaatsen en koppelen, bekisting sluiten en schoonmaken, vrijdag storten van het beton en aanbrengen van de trekhaak en het verlengen van de vitzelkabels en in het weekend verharderen van het beton. Meestal wordt de bodemplaat van de koker een week eerder gestort om daarmee een werkvloer en een wat ouder en sterker beton onderin de koker te hebben.

Als de schuifoperatie klaar is, worden de definitieve opleggingen geplaatst. Voorbeelden van bruggen/viaducten gebouwd met de ILM zijn

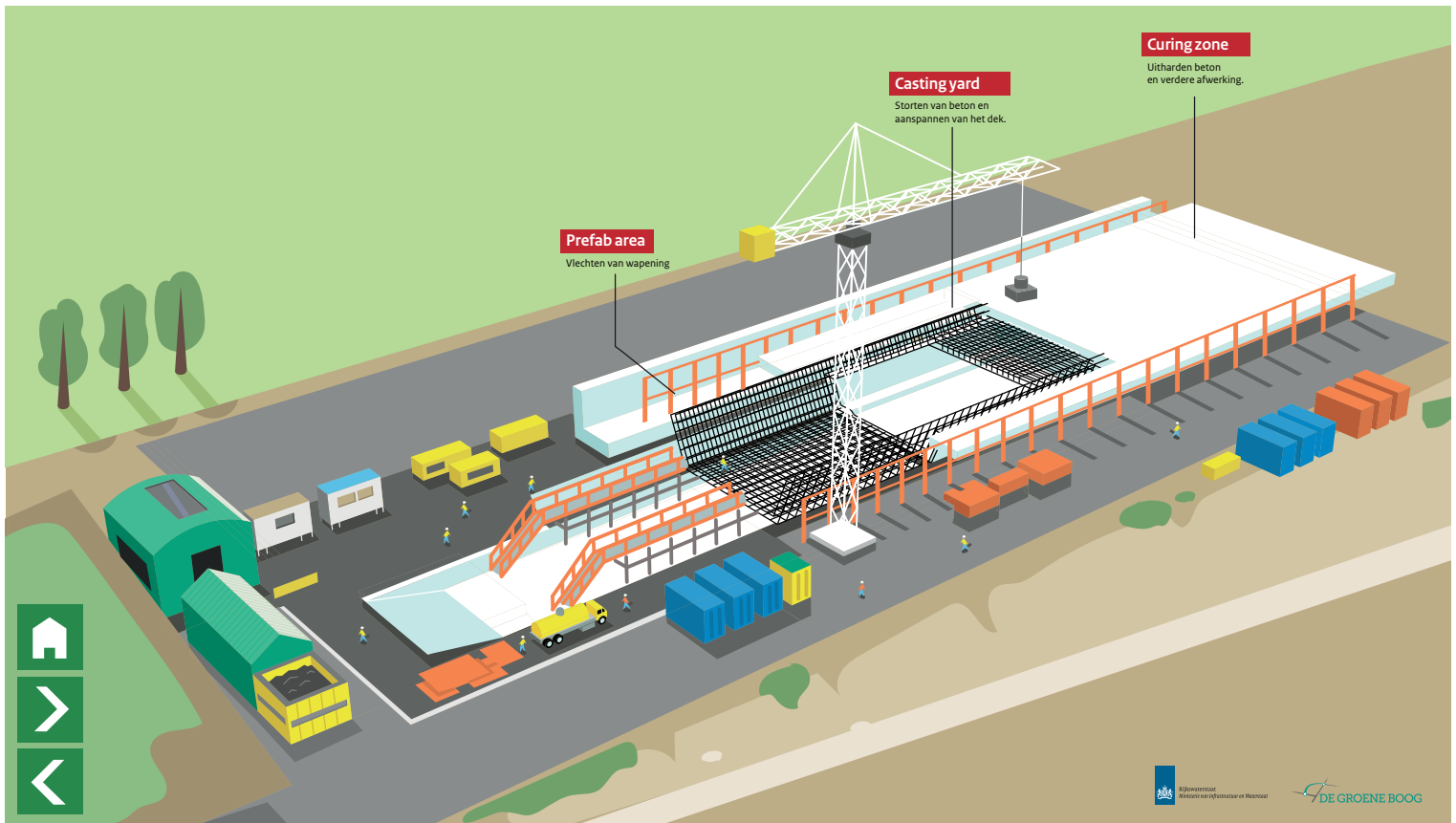
- viaduct Ravensbosch (1975);
- viaduct bij Maarssen over de A2 (tuiconstructie ipv snavel);
- brug over het Noorhollandskanaal in de ringweg A10;
- viaducten in knooppunt Diemen A1-A9.

HET SCHUIVEN VAN HET VIADUCT TERBREGSEPLEIN

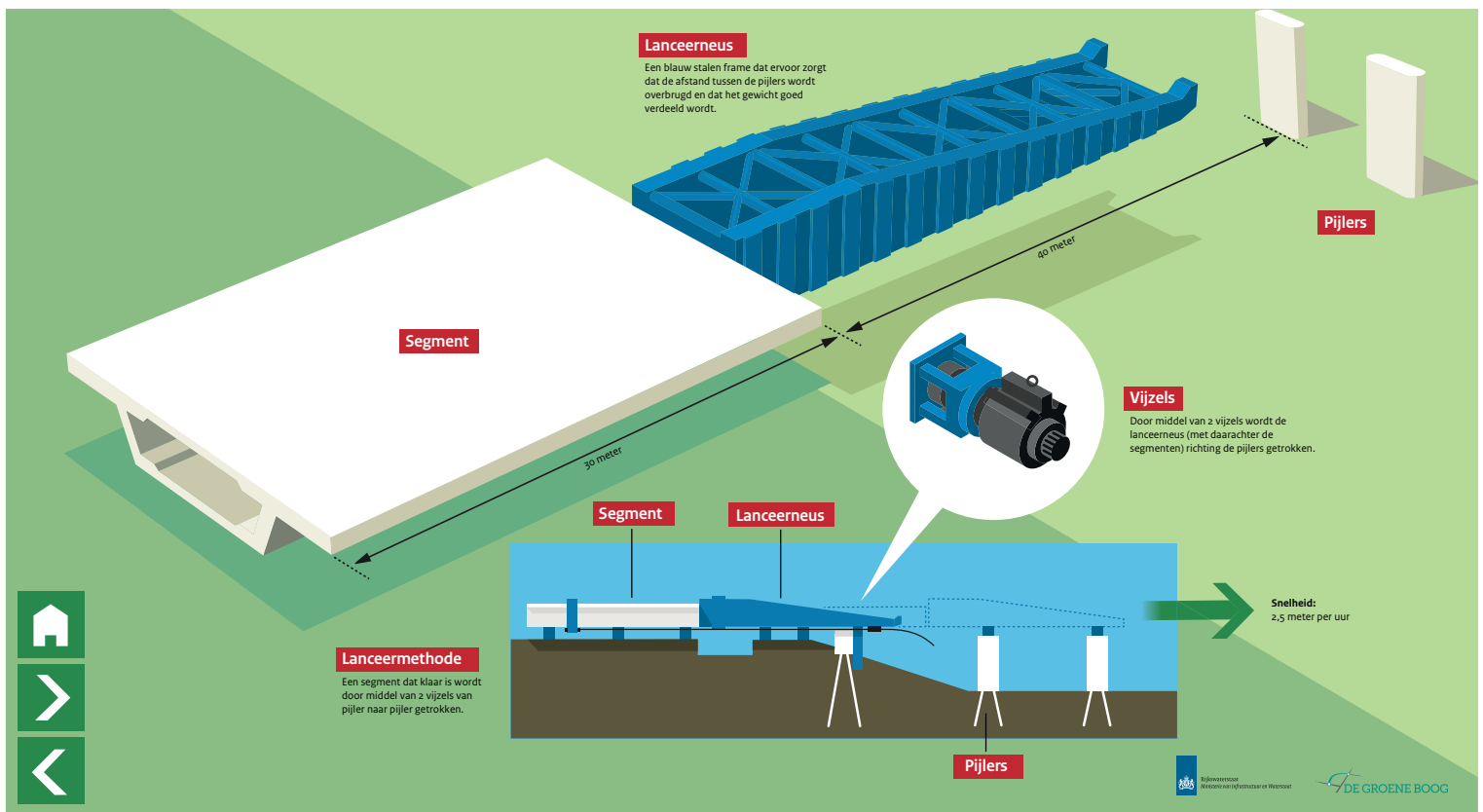
Aan de noordkant van het Terbregseplein is de tijdelijke 'fabriek' gebouwd: de voorbouwlocatie. Hier worden de segmenten van het viaduct gebouwd in drie fasen. In de 'prefab area' vlechten we het wapeningstaal van de elementen, daarna wordt in de 'casting yard' het beton gestort om tenslotte in de 'curing zone' het segment af te werken. Daar moet ook het segment uitharden, voordat deze verder over het Terbregseplein gelanceerd kan worden.

Tijdens het schuiven wordt het overkragende gedeelte steeds groter en daarmee ook de krachten in de constructie

1 Kenmerkende snavel schuifmethode



2 + 3 Rijkswaterstaat



IEDERE DRIE WEKEN SCHUIVEN

Eenmaal uitgehard, is het segment klaar om ingeschoven te worden. Dat schuiven gaat langzaam, met ongeveer 2,5 meter per uur. Zo ontstaat er \pm 400 meter brugdek per rijrichting. De brug wordt met behulp van

vijzels over het landhoofd naar de overkant 'getrokken', waarbij de vijzels zich afzetten tegen het landhoofd. De pulling cables trekken aan de pulling sticks, die door het betondek heen zitten.

Momenteel zijn er 15 van de in totaal 17 segmenten ingeschoven over het Terbregseplein. Ieder segment is tussen de 22 en 30 meter lang, met uitzondering van het eerste segment: deze is 35 meter. Een segment van 30 meter heeft een massa van

ongeveer 2.150 ton. Het schuiven gaat in dit geval niet in een rechte lijn, maar volgens een grote cirkelvormige boog, met een constante kromming dus.

Per rijrichting zijn negen hulppijlers geplaatst aan weerszijden van elke pijlerwand. Hierop bevinden zich de tijdelijke schuifopleggingen, die, als de brug op zijn definitieve plaats ligt, worden vervangen door de definitieve opleggingen op de pijlerwand.

SCHUIFMETHODE GAAT OVER IN PLAATSEN PREFAB LIGGERS

Het laatste deel van het viaduct tot aan het zuidelijk landhoofd kruist het spoor (en de bovenleiding). Begin 2023 komt het viaduct aan bij het spoor. Deze afstand wordt overbrugd met het aanbrengen van prefab liggers. Over het spoor wordt niet geschoven omdat de treinen zoveel mogelijk door moeten kunnen blijven rijden en het spoor niet op ieder moment voor het schuiven buitendienst gesteld kan worden. In de tussentijd wordt de blauwe lanceerneus gedemonteerd en starten we alvast met het

inschuiven van het tweede dek. Zo zorgen we dat de bouw van het viaduct niet stil komt te liggen.

Buitendienststellingen moeten ver van tevoren worden aangevraagd; in juni 2023 kan het spoor pas buitendienst gesteld worden; in één weekend worden dan met behulp van twee mobiele kranen die liggers (30-40 meter lang) ingehesen. Nadat het schuiven gereed is, wordt gestart met de afwerking: het aanbrengen van hekwerken, bekabeling, asfalt, belijning, verlichting en de geleiderails.

Wil je meer weten over deze bouwmethode?

Bekijk de video: <https://www.youtube.com/watch?v=Cq2KzzaUDZ8>

Topview Luchtfotografie



2 hulppijlers naast pijlerwanden.



RICHTLIJN ONTWERP KUNSTWERKEN (ROK) VERSIE 2.0

Op 2 november j.l. is voor het eerst een gezamenlijke lunchlezing georganiseerd door Platform Bruggen, Platform WOW en Platform 'Voegovergangen en Opleggingen'¹ met als onderwerp 'ROK voor dummies', n.a.v. het uitbrengen van versie 2.0 van de Richtlijn door Rijkswaterstaat.

¹ Platform Bruggen is een gezamenlijk initiatief van het CROW en de Nederlandse Bruggenstichting en voor iedereen die zich in de dagelijkse praktijk bezig houdt met bruggen. Dat zijn professionals werkzaam bij overheden, aannemers, adviesbureaus, brancheverenigingen, kennisinstellingen en onderwijsinstellingen.

Platform WOW, wat staat voor *Weg ontmoet Weg* en *Water ontmoet Water*, brengt beheerders van de weg, de vaarweg en het water samen.

Platform Voegovergangen en Opleggingen is het kennisplatform voor voegovergangen en opleggingen in de infrastructuur, waar opdrachtgevers en opdrachtnemers samenwerken aan de kwaliteitsverbetering op het gebied van voegovergangen en opleggingen.



In de ROK staan eisen waaraan het ontwerp en de uitvoering van een nieuw kunstwerk, zoals een brug, sluis of viaduct, moeten voldoen. Maar de ROK geldt ook voor nieuwe onderdelen van bestaande bouwwerken, of als kunstwerken worden uitgebreid.

De ROK wordt niet alleen door Rijkswaterstaat gebruikt maar inmiddels ook voorgeschreven door andere overheden. Een gesprek met drie professionals die dagelijks te maken hebben met de ROK:

Kees Jan van der Wilt, technisch adviseur Betonconstructies bij Rijkswaterstaat. Kees licht het doel van de RWS-richtlijnen toe en gaat in op de relatie tussen de RWS-richtlijnen en de Eurocodes.

Dimitri Tuinstra, één van de top staalconstructeurs van Nederland, werkzaam bij Arup. Dimitri maakt ontwerpen op basis van deze ROK en kent als geen ander de grenzen van deze richtlijnen en wanneer deze wel en niet van toepassing zijn.

André Pieterse, coördinator-staalspecialist bij Strukton. André heeft veel expertise hoe je kunstwerken buiten moet realiseren. Aan de hand van praktijkvoorbeelden vertelt André hoe je met de ROK om moet gaan.

Onder leiding van Pjotr Mak van Platform Bruggen gingen deze drie professionals met elkaar in gesprek over de nut en noodzaak van de ROK.

Aan de hand van een aantal vragen is het toepassingsgebied van de ROK nader toegelicht.

WAT IS DE ROK?

De ROK is een ontwerprichtlijn voor het ontwerp van 'nieuw te bouwen kunstwerken en nieuwe onderdelen van bestaande kunstwerken', wat geresulteerd heeft in 24 Rijkswaterstaatrictlijnen (RTD's). Elke richtlijn gaat over een ander onderdeel, zoals bijvoorbeeld voegovergangen of opleggingen. Daarnaast is er een richtlijn voor bestaande kunstwerken (RBK).

WAARVOOR GEBRUIKT RWS DE ROK?

RWS gebruikt de ROK voor het ontwerp van alle kunstwerken, bruggen, sluisen en stuwten en voor onderdelen waar de Eurocode niet specifiek op in gaat. Deze aanvullende eisen komen voort uit eerdere ervaringen, uit evaluaties na samenwerkingen met andere partijen, en vinden hun oorsprong in inspecteerbaarheid en onderhoudbaarheid.

SINDS WANNEER GEBRUIKT RWS DE ROK EN HOE DEED RWS DAT VOOR DE ROK?

De ROK is ontstaan met de introductie van de Eurocode in 1988. Voor die tijd was minder behoefte aan een ervaringsdocument. Toen meer ontwerp-kennis en -capaciteit 'uit de markt' werd betrokken, ontstond er behoefte aan het schriftelijk vastleggen ervan en als eisen in de richtlijn op te nemen.





WAT IS DE RELATIE TUSSEN DE EUROCODE, HET BOUWBESLUIT EN DE ROK?

Het Bouwbesluit is de bovenliggende wetgeving, de Eurocode is een norm die ruimte biedt om de eisen in de wet aan te tonen. De ROK geeft extra eisen ten opzichte van de Eurocode naar aanleiding van ervaring over ontwerp, inspecteerbaarheid en realisatie.

WAT IS DE DOELSTELLING VAN DE ROK?

De belangrijkste doelstelling van de ROK is het borgen van constructieve veiligheid en duurzaamheid op de aspecten levensduur, kwaliteit (van uitvoering) en onderhoudbaarheid. De ROK is van toepassing op nieuw te bouwen kunstwerken van Rijkswaterstaat.

De ROK fungeert tevens als norm om het wettelijk kader van het Bouwbesluit aan te tonen en heeft de status van een privaatrechtelijk document, oftewel een contractdocument.

WELKE PROBLEMEN LOST DE ROK OP VANUIT INGENIEURSPERSPECTIEF?

Ingenieurs ontwerpen in principe volgens de Eurocode. De ROK legt daar een extra set eisen voor nieuw te ontwerpen kunstwerken voor RWS bovenop. Dat zorgt enerzijds voor complexiteit, maar het is ook een heel duidelijke richtlijn. Tuinstra ervaart bijvoorbeeld de meerkeuzematrix bij het ontwerp van voegen als heel handig.

In die matrix herken je de ervaring van RWS als beheerder enerzijds en als opdrachtgever, die richting geeft aan het ontwerp, anderzijds.

WELKE VOORDELEN GEEFT DE ROK IN DE UITVOERING?

Het voordeel is dat duidelijk is wat vereist wordt. Maar daarin schuilt ook het gevaar. De ROK is een uitgebreid document, waar niet iedereen tot in detail van op de hoogte is. Dat kan tot spanningen leiden.

KAN JE EEN VOORBEELD GEVEN VAN ZO'N SPANNING?

Bijvoorbeeld materiaalkeuze: zaken die vanuit de eisen aan staalconstructies, de NEN1090, normaal zijn, zijn niet in zijn geheel toepasbaar volgens de ROK. Denk daarbij bijvoorbeeld aan koolstofgehalte, koolstofequivalent en treksterkteverhoudingen. Daar worden in de ROK specifieke eisen aan gesteld. Als je je daarvan niet bewust bent en er van af het begin geen rekening mee houdt, dan kan je tegen problemen in de oplevering van het werk aanlopen. De technisch specialisten met kennis van de ROK zijn er juist voor om dit in de beginfase van het werk te signaleren en deze problemen te voorkomen.

WAT ZOU ER GEBEURD ZIJN ALS DE ROK NIET TOT STAND ZOU ZIJN GEKOMEN?

Als we kijken naar viaducten in het algemeen, of specifiek naar een viaduct over de A9, dan zie je dat we aan de levensduur van een brug

een eis van 100 jaar voorschrijven, terwijl de levensduureis voor opleggingen 50 jaar is. Dat betekent, dat bij een viaduct met een levensduur van 100 jaar de opleggingen minimaal één keer moeten worden vervangen. Het is dus belangrijk dat de opleggingen vervangen kunnen worden en het brugdek dus navijzelbaar moet zijn. Hier moet in het ontwerp rekening mee worden gehouden.

Bij een specifiek viaduct in de A9 was er te weinig ruimte om de vijzels tussen de onderbouw en de bovenbouw van de brug te plaatsen. Op dat moment moet je extra staalconstructies ontwerpen en maken om alsnog de oplegging te kunnen vervangen. Dit brengt extra tijd en kosten met zich mee. Vandaar dat in de ROK een eis aan het ontwerp van de brug is opgenomen om deze situatie te voorkomen: de constructie dient 'navijzelbaar' te zijn.

HOE KOMEN DERGELIJKE ERVARINGEN UITEINDELIJK IN DE ROK TERECHT?

In sommige gevallen komt dat bij de gebruikers van de ROK vandaan. Die stellen eisen en houden de ROK scherp. Gebruikers vragen 'waarom mag dit niet?' of 'zou je dat niet beter op een andere manier kunnen oplossen?'

Ervaringen komen ook bij specialisten bij RWS zelf vandaan, die zien dat problemen of vragen bij meerdere werken waar de ROK wordt toegepast, naar voren komen. Deze specialisten hebben overzicht over de verschillende, meer dan 6000 objecten die



Denk vooraf heel goed na op welke delen je de ROK wil toepassen en wat de toegevoegde waarde is.

RWS in beheer heeft. Daar zie je problemen op een dezelfde manier naar voren komen. Dat kan leiden tot nieuwe of aangepaste eisen om deze problemen in de toekomst te voorkomen.

RWS onderhield vroeger haar eigen kunstwerken en kreeg daardoor terugkoppeling over de geconstateerde ontwerpfouten. Wanneer echter de ontwerp vragen door marktwerking meer bij ingenieursbureaus en aannemers terecht komen, vindt die terugkoppeling niet meer automatisch plaats. Het is heel goed dat je die ervaringen in de ROK opneemt, omdat het anders ontbreekt aan een automatisme om die cyclus van leerervaringen weer rond te krijgen.

In het verleden liepen we vanuit de praktijkkant ook tegen zaken aan en is er met RWS een werkgroep ingesteld om wijzigingen in de ROK erdoor te krijgen. Een voorbeeld is het toepassen van thermomechanisch gewalst materiaal, dat tot voor kort was uitgesloten. Samen met ProRail, staalleveranciers en de Vereniging Bouwen met Staal zijn testen uitgevoerd wat heeft geleid tot het aanpassen van de ROK. Voor aanpassingen in de ROK zijn best mogelijkheden, maar dan moet ook vanuit de markt initiatief worden genomen.

KAN DE ROK OOK WORDEN TOEGEPAST DOOR PROVINCIES, GEMEENTEN OF WATERSCHAPPEN?

Wat in het werken met de ROK opvalt, is dat het echt extra eisen zijn die heel specifiek op de situatie van RWS, als instantie dat wegen aanlegt en beheerder is van het hoofd(vaar)wegennet, van toepassing is. Dan heb je het over heel hoge belastingen, heel veel belastingen, heel veel vrachtwagens als je het over het hoofdwegennet hebt.

Voor het ontwerp van een klein bruggetje in een landelijk gebied, zou de ROK niet van toepassing moeten worden verklaard, of in ieder geval beperkt blijven tot bijvoorbeeld specifieke RTD's met specifieke ervaringen. Denk vooraf heel goed na op welke delen je de ROK wil toepassen en wat de toegevoegde waarde is.

EN NU BESLUIT EEN GEMEENTE DE ROK TE WILLEN TOEPASSEN. EN DAN?

Bekijk eerst of er ervaring in huis is en als dat niet het geval blijkt, dan moet deze ervaring worden ingekocht. En mochten er vragen over zijn, dan kan er altijd contact worden opgenomen met RWS via een formulier op de website van RWS.

RWS is zich bewust dat ze een grote speler is en over veel kennis en ervaring beschikt, zeker in de ontwerpfase. Daarom is RWS ook bereid mee te kijken met gemeentes en provincies, die met dergelijke vraagstukken worstelen, alhoewel dat natuurlijk niet de kerntaak van RWS is.

Daarnaast is er heel veel kennis in de markt; bij ingenieursbureaus en aannemers gebruiken constructeurs dagelijks de ROK die weten wat daarin staat en kunnen helpen een selectie te maken van delen die op het vraagstuk van een lokale overheid van toepassing is. Let bij het object wat de functie is en het gebruik.

Ook bij lokale overheden kunnen bruggen voorkomen, die zwaar worden belast en waar vermoeiing een rol speelt. Dan kan het erg handig zijn om een deel van de ROK van toepassing te verklaren.

WAT ZIJN DE VERSCHILLEN IN DE NIEUWE RECENT UITGEKOMEN ROK 2.0 TEN OPZICHTE VAN DE VORIGE VERSIE?

In de ROK 2.0 is de opzet veranderd en via een website beschikbaar gekomen. Daarnaast sluit de ROK 2.0 aan op de laatste normen en Eurocodes. Er zijn een aantal wijzigingen in de Eurocode doorgevoerd, welke ook gevolgen hebben voor de ROK. Dit zijn met name aanpassingen op het staaldeel.

Daarnaast zijn een aantal eisen veranderd naar aanleiding van vragen van gebruikers die graag een aanpassing in de ROK zagen. Zo is het thema duurzaamheid steeds belangrijker. Daarom zijn in de ROK ook eisen aangepast die daaraan tegemoet komen, die rekening houden met CO₂-reductie en aandacht in het ontwerp hebben voor hergebruik van materialen. Dit zal in de volgende versie van de ROK nog meer aandacht krijgen.



OP DIT MOMENT LOPEN OOK NORMTRAJECTEN BIJ DE NEN EN ANDERE NORMGEVENDE INSTANTIES, BIJVOORBEELD OM HERGEBRUIK VAN STAAL MOGELIJK TE MAKEN. WORDT DIT DAN OOK DOOR DE ROK MOGELIJK GEMAAKT?

Er lopen momenteel meerdere pilotprojecten, die onder andere gaan over modulaire viaducten, maar ook over hergebruik van betonnen liggers bijvoorbeeld.

Een specifieke eis die gewijzigd is, is de eis dat wanneer er dwarsvoerspanning toepast moest worden, alle voerspankanalen moesten worden geïnjecteerd. In de huidige ROK hoeft dat onder bepaalde voorwaarden niet altijd, zodat het brugdek later kan worden uitgebreid. Dit komt veel voor bij verbredingen van viaducten, die worden aangepast bij verbreding van snelwegen. Omgekeerd maakt dit een aanpassing in de toekomst mogelijk, mocht dat bij een andere mobiliteit gewenst zijn.

MAAKT DIT OOK DE WEG VRIJ VOOR MODULAIR BOUWEN?

Ja, dat is waar we heen willen. We willen naar een levenscyclus toe waar kunstwerken ook weer uit elkaar gehaald worden om deels of geheel weer te worden hergebruikt. Ook is de laatste tijd veel ontwikkeling geweest in de herberekening van bestaande kunstwerken. Ook daar wordt kennis uit de markt geoogst en weer toegevoegd aan de ROK.

WELKE KNELPUNTEN ZIJN ER BIJ HET GEBRUIK VAN DE ROK?

Soms vraag je je als ontwerpende partij wel eens af of RWS zich voldoende beseft, dat heel veel producten niet specifiek voor de Nederlandse markt gemaakt worden. Deze voldoen wel aan de Eurocode, maar niet noodzakelijkerwijs aan de ROK. Een voorbeeld hiervan zijn vaak de voegovergangen en opleggingen. Door extra berekeningen of ontwerpaanpassingen is het vervolgens wel weer mogelijk om deze producten toch aan de eisen van de ROK te laten voldoen. Dit kan een risico voor het proces zijn, omdat het vraagt om extra tijd of extra engineeringkosten. Als de druk bij een werk groot is, kan dit leiden tot spanningen. Door vooraf bewust te zijn, dat het toepassen van deze producten extra aandacht vragen, kan dit worden voorkomen.

PRAKTIJKVOORBEELD GALECOPPERBRUG

Bij de renovatie van de Galecopperbrug in 2014/2015 maakte een meervoudige lamellenvoeg deel uit van het ontwerp. De voegen in de brug hadden een levensduur van 40 à 50 jaar en deze dienden vervangen te worden. Daarnaast vonden aanpassingen aan de brug plaats, waardoor de nieuwe voegen aan andere eisen moesten voldoen. Daarvoor zijn nieuwe voegen ontworpen,

die in een bestaande constructie moesten worden ingepast, wat sowieso al lastiger is omdat voegen meestal in nieuwe bruggen worden toegepast.

Bij beoordeling van het ontwerp, bleek dat een aantal eisen van de ROK niet waren aangetoond. Vervolgens moest er worden uitgezocht welke eisen van de ROK echt van toepassing waren. In dit geval ging het om een grote brug midden in de A12, een grote constructie, die daadwerkelijk zwaar belast wordt door veel vrachtverkeer waardoor het aanpassen van de eisen uit de ROK geen optie was. In dit geval betekende dit dat de aannemer en de leverancier van de voeg aanvullende berekeningen moesten uitvoeren en extra aandacht moesten geven aan lasdetails om daarmee aan de ROK te voldoen.

De ROK is een richtlijn gebaseerd op veel praktijkkennis. Maar dat betekent niet dat je alles zomaar kunt toepassen, en dat je tijdig de dialoog met RWS moet aangaan om vroegtijdig aan te geven waar de knelpunten zitten. Dit geeft alle partijen de mogelijkheid te onderzoeken wat nodig is om tot een aanpak met het gewenste resultaat te komen.

Meer informatie over de ROK is te vinden op: Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken – ROK RWS (wikixl.nl)
Kijk terug: Lunchlezing Bruggen over de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK) | Platform WOW





experts at play



WIE ZIJN WE?

SBE is een advies- en ingenieursbureau actief in ontwerp van infrastructuur. Dit omvat projecten zoals bruggen in Zuidasdok en Afsluitdijk, de Beatrixsluis en kademuuren in de Rotterdamse haven. We zijn een **familiebedrijf** met een platte en wendbare organisatiestructuur. Zo geven we elke collega de kans om mee te bouwen aan onze groei.

ONZE FOCUS

- + infrastructuur & mobiliteit
- + waterbouwkunde
- + architectuur & landschap
- + industrie & gebouwen
- + elektromechanica

WORD JIJ OOK EXPERT AT PLAY?

Stuur je CV naar:
recruitment@sbe-engineering.nl

VOLG #TEAMSBE

- [sbe-engineering.com](https://www.sbe-engineering.com)
- SBE nv
- SBE nv
- [team.sbe](https://www.instagram.com/team.sbe)
- Rotterdam Centraal, Groothandelsgebouw

Raad van Advies Bruggenstichting





Dit artikel stoelt op een interview dat Bauke Dijk, adviseur van het ingenieursbureau WSP¹, gegeven heeft

1 WSP Nederland is ontstaan uit fusies en samenwerkingen tussen verschillende bedrijven. In 2013 fuseerden Lievense en CSO tot LievenseCSO en in 2015 werd Bartels toegevoegd aan het bedrijf. In september 2018 gingen LievenseCSO en Bartels samen verder onder de naam Lievense. Het oudste bedrijf is Lievense dat in 1964 werd opgericht door ir. Luc Lievense.

UITGANGSPUNTEN VOOR HET ONTWERP

Door de gemeente Lelystad zijn een aantal ruimtelijke en landschappelijke eisen opgesteld aan het ontwerp. De brug moet bijvoorbeeld sierlijk, transparant en ondergeschikt aan het landschap zijn. En de zichtlijnen aan weerszijden van de Middendreef moeten vrij gehouden worden.

Het prachtige landschappelijke uitgangspunt van een sierlijke, vloeiende brug op het Campusterrein wat een vervolg krijgt over de Middendreef, vormt een aantrekkelijk contrast met de rationele Flevopolder. Dit was aanleiding om deze landschappelijke uitgangspunten te koppelen aan de betekenis van de plek. Welke gereedschappen zijn bijvoorbeeld voorhanden en op welke manier kan de brug zowel landschappelijk, ruimtelijk worden ingepast?

Op basis van de historie van de plek is het ontwerp gebaseerd op een schip dat naar de bodem van de zee zinkt. Het 'schip' is ontworpen naar 17de-eeuwse scheepsconstructies / structuren, niet letterlijk, maar metaforisch. (zie fig. 2)

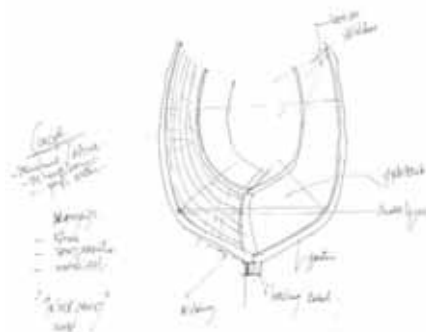
NELSON MANDELABRUG LELYSTAD



1 Nelson Mandelabrug over de Middendreef in Lelystad

→ 2 Principe 17^e-eeuwse scheepsconstructie

↓ 3 Ontwerp Nelson Mandelabrug



De eisen van de gemeente Lelystad voor de nieuwe Nelson Mandelabrug inspireerden de architect tot een ontwerp in een vloeiende lijn van 240 m lengte, verwijzend naar de oorsprong van de polder. De voornaamste technische uitdaging vormt de overspanning. Dit ontwerp kan alleen maakbaar en haalbaar worden gemaakt door een uitstekende samenwerking van de leden van het bouwteam, waardoor snel en goed tot consensus is gekomen.

De nieuwe fiets*voetbrug vormt een snelle verbinding tussen west- en oost-Lelystad, over de drukke Middendreef. De brug zorgt sinds juni 2022 voor een veilige ontsluiting van de nabijgelegen scholen en scheidt snel en langzaam verkeer. Fraai is de transparantie: je kijkt door de zijkanten van de brug heen en hebt geen fantasie nodig om daarin een 17e-eeuwse scheepsconstructies te herkennen (zie fig. 4 en 6).



↑ ↓ 4 Bouw Nelson Mandelabrug



De nieuwe fiets+voetbrug vormt een snelle verbinding tussen west- en oost-Lelystad, over de drukke Middendreef.

Vanuit het alignment is gezocht naar de mogelijkheden om tot een maakbare overspanning te komen, zodat er voldoende vrije ruimte was voor het verkeer eronder. Zo is de keuze voor V-vormige kolommen ontstaan, waarmee minder constructiehoogte nodig is.

Naast de positionering van de pijlers bovengronds vanuit esthetische eisen, waren er duidelijke beperkingen door de kabels en leidingen in de ondergrond. Om de ultieme positie van de fundatieblokken van de pijlers en heipalen te kunnen bepalen, is er door WSP divers onderzoek uitgevoerd, ook buiten met proefsleuven. Vanwege maak- en verkrijgbaarheid is de gehele constructie, ondanks de gebogen vorm, gemaakt met een zo standaard mogelijk profiel. Enkel de randliggers zijn gekromd uitgevoerd.

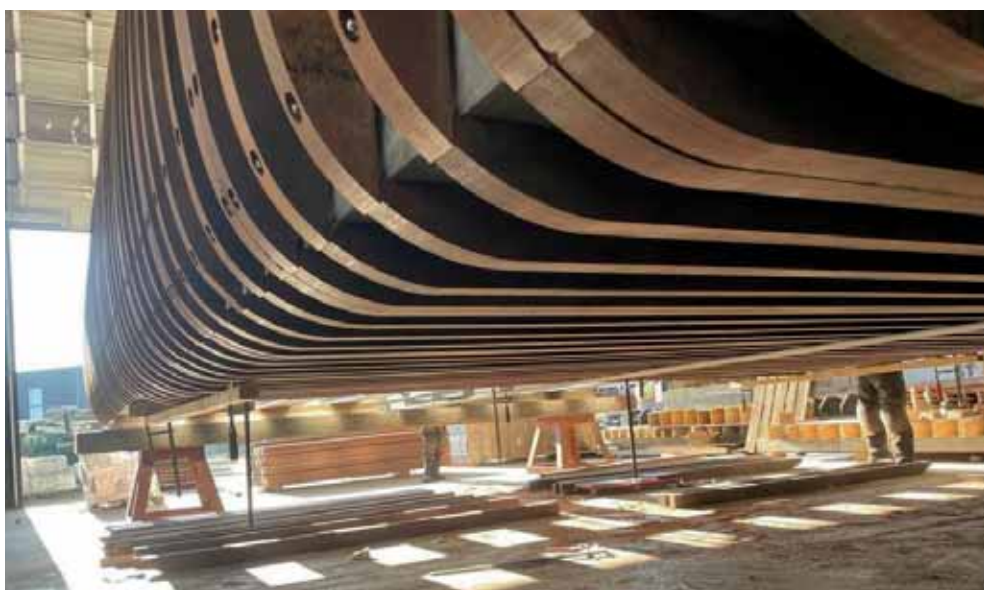
De grondterpen bij de landhoofden zijn al vroegtijdig, in de VO-fase van het ontwerp, met voldoende overhoogte aangebracht.

Bij de uiteindelijke realisatie door de aannemer, is daarom geen consolidatieperiode nodig. De gemeente Lelystad is hierbij zeer voortvarend te werk gegaan op basis van vertrouwen binnen het bouwteam.

De thema's 'maakbaar' en 'haalbaar' gaven dit project financieel een extra complexiteit, want het budget bleek aanvankelijk niet toereikend voor het plan. Maar de gemeente was enthousiast over de kwaliteit ervan en heeft haar beste beentje voorgezet om draagvlak te krijgen voor extra budget. De brug bestaat uit 14 bruggdelen op 13 pijlers. Vier pijlers in het midden van de brug zijn extra zwaar omdat zich daar het hoogste punt van de brug bevindt. De bruggdelen zijn ongeveer 14 m lang en 6 m breed. Hoewel er wat concessies aan het oorspronkelijke ontwerp zijn gedaan, is het uiteindelijke resultaat meer dan geslaagd.



5. Laatste brugdeel wordt ingehesen



6 Zij- en onderkant van de brug

AANSLUITINGEN KOLOMMEN MET DEK

De brugdekken zijn opgelegd op pijlers. Om te voldoen aan het beeld van de architect, met ook aan de onderzijde een scheepsconstructie, zijn de oplegbalken geïntegreerd in het brugdek door het toepassen van hoedliggers. De aansluiting tussen de in twee richtingen schuine kolommen en de hoedliggers vergde het nodige uitzoekwerk. Door de beperkte ruimte in de scherpe hoeken, was het niet mogelijk om rondom een gelijkmatige boutverbinding te realiseren. Dit gaf ook conflicten met de hoofdliggers van het brugdek, die ook nog

eens niet allemaal gelijk op de hoedligger aansluiten vanwege de boogstraal in het dek. Bij elke pijler is daarom voor elke verbinding tussen kolom en hoedligger afzonderlijk uitgezocht hoeveel bouten er wél kunnen worden toegepast. Op basis daarvan is de boutverbinding gedimensioneerd.

PROJECTGEGEVENS

Nelson Mandelabrug (2022)	
opdrachtgever	Gemeente Lelystad
architect	FARSK architecten, Leeuwarden
constructie-adviseur	WSP Nederland, Leeuwarden
aannemer	Koninklijke Oosterhof Holman, Grijpskerk

HERGEBRUIK OUDE HOUTEN DAMWANDEN

Voor het leuningwerk zijn houten leuningstijlen bevestigd aan de randliggers van de brugdekken. Met het oog op duurzaamheid zijn ze gemaakt van hergebruikte, houten damwanden. Het deel van houten damwanden dat permanent onder water staat is namelijk vaak nog in prima staat. Elke leuningstijl is individueel gezaagd en geschaafd om de gewenste vormen van de architect te krijgen, waarmee het leuningwerk een wezenlijk onderdeel is geworden van de 17e-eeuwse scheepsconstructie.

BOUWBIBLIOTHEEK BRISWARENHUIS

Voor check en toepassing van de actuele normen is gebruik gemaakt van de bouwbibliotheek BRISwarenhuis, waarmee de juistheid en actualiteit van de normen gewaarborgd is. Er is gebruik gemaakt van de eerste- en tweedelijns NEN-normen over o.a. constructieve veiligheid, bouwfysica, brandveiligheid, nutsvoorschriften en de CROW-CUR Aanbevelingen.

Voor het leuningwerk zijn houten leuningstijlen bevestigd aan de randliggers van de brugdekken



7ab Leuningstijlen

HET BESTUUR VAN BRUGGEN YOUNG IS ONLANGS UITGEBREID MET TWEE LEDEN

TIJD OM HEN AAN ONS VOOR TE STELLEN.

Allereerst Brian Schagen, 24 jaar, en nog volop bezig met mijn Master aan de TU Delft, waarin ik mijzelf specialiseer in staal-, hout- en composietconstructies.

Voordat ik naar Delft toe kwam heb ik eerst een HBO Civiele Techniek afgerond in Alkmaar, waarna het toch wel begon te kriebelen om mijn studietijd door te zetten. Tijdens mijn studietijd ben ik erg actief bij de studievereniging U-BASE en heb ik al veel mooie tripjes mogen doen. Waaronder een bezoek dit jaar aan de Çanakkale 1915-brug, wat voor mij toch wel de nummer één is op dit moment. Naast het studeren, ben ik veelal als bijbaan bij K_Dekker bouw & infra als werkvoorbereider/uitvoerder aan de slag geweest. Dit heeft mij veelal de aanleiding gegeven om in dit vakgebied te blijven, aangezien het zo ontzettend leuk is! Om het enthousiasme te blijven overbrengen en young professionals vroeg in contact te brengen met elkaar, is Bruggen Young van de Bruggenstichting een enorm mooi platform. Daarom zet ik mijzelf graag in om hieraan een mooie bijdrage te leveren.



Brian Schagen

Als tweede nieuw bestuurslid stel ik Alise Schoterman voor. In 2020 ben ik afgestudeerd aan de opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

Sinds mijn afstuderen werk ik als inspecteur/adviseur, en sinds kort als bestekschrijver, bij ingenieursbureau Westenberg. Ik heb langere tijd gewerkt aan het Instandhoudingsadviesing Kunstwerken (IAK) voor Rijkswaterstaat, momenteel ben ik voornamelijk bezig met opdrachten voor gemeenten.

Met een afstudeerrichting in de waterbouwkunde is de bruggenwereld niet de meest logische stap om te nemen, maar na stage gelopen te hebben in het beheer en onderhoud van de civiele constructies ben ik niet meer weggegaan. Via Bruggenstichting Young hoop ik meer mensen enthousiast te maken over dit prachtige vakgebied en young professionals met elkaar in verbinding te brengen.



Alise Schoterman

FEASIBILITY OF MEDIUM SPAN STEEL-TIMBER HYBRID BRIDGES

A COMPARATIVE STUDY

Veselin Milev

Haalbaarheidstudie van samengestelde bruggen van staal en hout met middellange overspanningen. Een vergelijkende studie.

Beton en staal zijn de materialen met het grootste marktaandeel in de bouw en zijn dat al heel lang. Nu het milieubewustzijn toeneemt, wint hout weer aan populariteit vanwege de mogelijkheid tot een koolstofneutrale en zelfs koolstofnegatieve constructie. Het gebruik van constructieve houten elementen in bruggen beperkt zich echter vaak tot fiets*voetgangersbruggen. In dit proefschrift worden de belangrijkste aspecten met betrekking tot het ontwerp van bruggen voor zwaar verkeer met houten onderdelen vastgesteld.

Een volledig stalen brug en een gelijkwaardige brug, die houten delen combineert met staal, is ontworpen binnen de grenzen die zijn vastgesteld door een case study. Deze ontwerpen zijn ontwikkeld tot een niveau dat voldoende is voor een adequate vergelijking van de bruggen. De uitgangspunten waarop de bruggen worden vergeleken, worden vastgelegd, gevolgd door de voorwaarden waaronder de bruggen worden ontworpen. Deze zijn gebaseerd op typische omstandigheden in een stedelijke Nederlandse omgeving.

Analytische vergelijkingen worden geautomatiseerd, door middel van pythonscripts, voor de analyse en optimalisatie van de lengteafmetingen van de stalen brug onder vereenvoudigde ULS-belasting. Nadat de optimalisatie is voltooid, worden deze initiële brugafmetingen geverifieerd met een 2D-plaatelementmodel in SCIA engineer. De volledige belasting van de brug tijdens gebruik, met uitzondering van toevallige belastingen, wordt vervolgens gemodelleerd en de afmetingen van de brug worden aangepast om te voldoen aan ULS-, SLS- en vermoeiingscondities.

Verschillende mogelijke versies van een brug met houten delen worden overwogen. Hierna wordt een brug met een grotendeels houten bovenbouw, ondersteund door een zelfverankerd kabelsysteem, verder uitgewerkt. Hiervoor wordt een SCIA-model geproduceerd, met 1D-elementen en onderworpen aan dezelfde belastingen als zijn stalen tegenhanger. De onverenigbare combinatie van 1D-elementen, dikke doorsneden en oppervlaktebelastingen wordt aangepakt door het gebruik van verbindingselementen (“dummy-

elementen”) en individuele belastingpanelen per element. Na de globale optimalisatie van de brugafmetingen met betrekking tot ULS en SLS, worden de verbindingen ontworpen met een combinatie van gedetailleerde 2D-element FE-modellen en analytische vergelijkingen. De krachten en ondersteuningscondities van de verbindingen volgen uit het globale brugontwerp.

Vervolgens wordt een vermoeiingscontrole uitgevoerd op de houten delen van de brug. Vervolgens worden de duurzaamheid en ecokosten van de bruggen berekend. De gegevens voor de duurzaamheidsschatting van de stalen brug zijn gebaseerd op ervaring binnen IV-Infra en de duurzaamheid van de houten brug wordt geschat met behulp van de RISE factor methode. De ecokosten van de bruggen worden berekend met behulp van de IDEMAT-database.

Op basis hiervan worden de resultaten van de analyses besproken. Ten slotte worden aspecten die relevant zijn voor het ontwerp van houten bruggen samengevat en worden aanbevelingen voor de toepassing van bruggen en verder onderzoek gegeven.

NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING

BRUGGEN

WWW.BRUGGENSTICHTING.NL

