

# BRUGGEN

september 2007  
jaargang 15

# 3



Onder andere in dit nummer:

- Renovatie bruggen in Haarlem
- Dynamisch gedrag van voetgangersbruggen
- Bruggen Houtribweg in Lelystad
- Eigentijdse bruggen voor Smallingerland
- Een Leidse brug in abstractie



Opgericht 10 april 1992

**Bestuur:**

ir. J. Binkhorst, ir. C.H. van Eldik,  
ing. C. Heiden, ir. A. Kingma,  
ir. G.J. Luijendijk, ir. F.J. Remery,  
prof.dr.ir. R.A.F. Smook,  
prof.ir. L.A.G. Wagemans

**Raad van Advies:**

Arcadis Infra b.v.  
Ballast-Nedam  
Bouwdienst Rijkswaterstaat  
Gemeente Amsterdam, Dienst I.V.V.  
Vereniging Samenwerkende Neder-  
landse Staalbouw SNS Intra  
Movares  
BAM Civiel  
ProRail

Royal Haskoning

Grontmij Nederland b.v.

**“BRUGGEN”.**

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier  
maal per jaar.

Abonnement € 20 per jaar

Gratis voor begunstigers van de Neder-  
landse Bruggen Stichting.

Losse nummers: € 6,50

**Kopij**

Ingezonden bijdragen worden alleen  
in behandeling genomen als zij op  
diskette, cd-rom of per e-mail worden  
aangeleverd. Alle bijdragen dienen  
voorzien te zijn van naam, adres en  
telefoonnummer van de inzender. In-  
zendingen kunnen zonder opgaaf van  
redenen worden geweigerd.

**Redactie**

ir. G.J. Arends, drs. M.M. Bakker,  
ing. E.J. Huisinga, ir. H.P. Klooster,  
dr.ing. A. Romeijn, P. Spits

**Redactieadres**

NBS p/a RWS. Wegendistrict Haaglan-  
den, Gebouw Leidschenpoort  
Postbus 24018, 2490AA, Den Haag  
Oude Middenweg 3, 2491AC, Den Haag.  
Tel: 070-3378525 e-mail: nbs@rws.nl

**Eindredacteur**

ir. H.P. Klooster, Wulpenlaan 4 A,  
4511 XB Breskens, tel: 0117-383051;  
e-mail: info@bruggenstichting.nl

**Website**

<http://www.bruggenstichting.nl>

**Grafische verzorging**

C&C Design, Zegveld

**Druk**

ECO Drukkers, Nieuwkoop

**Oplage**

1000

ISSN 1571-4586

# INHOUD

Van de Redactie	ir. H.P. Klooster	3
Renovatie van vier bruggen in Haarlem	R.A.P.T. Blommaert en ing. S. Bijker	4
Dynamisch gedrag van voetgangersbruggen	dr. ing. A. Romeijn	9
Bijzondere brug voor binnenstad Assen	ir. G. Nijenhuis	16
Bruggen Houtribweg Lelystad	ir. A. Kok en ing. J. Büdgen	17
Eigentijdse bruggen voor Smallingerland	ing. B. Wallert	18
Veelzijdige bruggenfamilie voor Leekse wijk Oostindie	ing. J. Büdgen	20
Brug De Tanerij, Zwolle, brug met twee routes	ir. A. Kok	22
Een Leidse brug in abstractie	drs. M.M. Bakker	24

**Berichten**

Afsluiting Hollandse Brug over Gooimeer	26
Nieuwe brug over Oude Rijn in Woerden	26
Brug tussen Afrika en Azië	26
Brug te zwaar voor Venetiaans Canal Grande	26
Bruggen over het Amsterdam/Rijnkanaal moeten hoger	26
Opknopbeurt voor Beltbrug in Amsterdam	27
Dubbeldeksbrug ‘De Lange Wapper’ in Antwerpen	27

**Boeken**

Bouwhistorische inventarisatie Compagniesbrug te Enkhuizen	28
---	----

*Foto voorpagina: Brug in Smallingerland, ipv Delft*



*Dommelbrug in Eindhoven bij avond, artikel in het septembernummer van Bruggen 2006 (foto: Royal Haskoning)*

# VAN DE REDACTIE

ir. H.P. Klooster

In dit nummer wordt in het eerste artikel aandacht geschonken aan bruggen, die van historisch belang zijn. In dit geval een aantal kleine betonnen bruggen in een woonwijk in Haarlem. De gemeente liet een restauratie uitvoeren, waarbij de oorspronkelijke uitstraling van deze bruggen behouden zou blijven. Het tweede artikel gaat over een onderwerp, waar de media veel aandacht aan besteden, meestal in negatieve zin. Men zou de brug niet goed ontworpen en berekend hebben, waardoor deze gaat bewegen. Het blijkt dat bij de bouw van nieuwe slanke bruggen van lichte materialen vaak ongewenste bewegingen van de brug kunnen optreden. Omdat vroeger zwaarder en robuuster werd geconstrueerd kwam dat verschijnsel toen nauwelijks voor. Maar, zoals uit het artikel blijkt, zijn er inmiddels berekeningsmethoden gevonden om deze problemen afdoende te kwantificeren en op te lossen. Regelmatig treft u in ons tijdschrift innoverende brugontwerpen aan, waarbij behalve aan technische kwaliteiten ook aan de inpassing van de brug in de omgeving aandacht wordt besteed, ditmaal weer een aantal bruggen, ontworpen door ipv Delft. Bruggen spreken tot de verbeelding. Dat blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat als er op de TV iets over Rotterdam te melden valt, er wel altijd een plaatje van de Erasmusbrug wordt vertoond. Ook kunstenaars zien een brug vaak als onderwerp voor hun kunstwerk. In dit nummer wordt de Leidse Blauwpoortbrug voor het voetlicht gebracht aan de hand van twee gouaches van Theo van Doesburg. Ik vestig ook graag uw aandacht op onderstaande aankondiging.

## AANKONDIGING

Zoals u wellicht weet is de NBS momenteel bezig met het schrijven van een boek over de Nederlandse bruggenbouw in de periode 1940-2000. De nadruk zal in dit boek liggen op de bruggenbouwtechniek. De activiteiten daarvoor worden met voortvarendheid voortgezet.

Inmiddels zijn er door een aantal vrijwilligers van de NBS ook veel gegevens verzameld over 16 Nederlandse gerenommeerde brugontwerpers, die in de periode 1950 (oorlogsherstel achter de rug en begin wederopbouw en uitbreiding van het wegennet) tot ongeveer 1980 (toen aan de sterke expansie van het wegennet een eind kwam en de vele doorbraken op technisch gebied in gerealiseerde infrastructurele projecten zichtbaar zijn gemaakt) actief bezig zijn geweest met het ontwerpen van bruggen. In die periode is sprake geweest van een grote toename van de mobiliteit en derhalve ook een grote activiteit op het gebied van de bruggenbouw. Vanzelfsprekend zijn vele technici bij de aanleg van wegen en (spoor)bruggen betrokken. De NBS acht het van groot belang om de werkzaamheden van met name diegenen, die hun gehele carrière op innovatieve wijze bij de ontwikkelingen van de moderne bruggenbouw zijn betrokken, te beschrijven. Tot op heden ontbreekt een beschrijving van deze deskundigen, die een grote bijdrage hebben gegeven aan het ontwerpen en berekenen van bruggen, in de meeste gevallen, met name in het begin van deze periode, nog met thans in onze ogen verouderde en tijdrovende berekeningen. In de in beschouwing genomen periode zijn vele indrukwekkende infrastructurele voorzieningen tot stand gekomen, mede dank zij de enorme inzet van de beschreven voortrekkers en mede onder hun inspirerende leiding zijn nieuwe berekeningsmethoden met behulp van computers ontwikkeld. Het zou jammer zijn als de wijze waarop deze brugontwerpers hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van de bruggenbouw voor het nageslacht verloren zou gaan. De NBS heeft dan ook besloten over dit onderwerp een boek uit te geven. De heren Coelman en Klooster zijn met de redactie van dit boek belast. Het rijk geïllustreerde gebonden boek zal 22 x 28 cm groot zijn en 224 pagina's tellen. De voorbereidingen voor de uitgave van dit boek zijn inmiddels zover gevorderd dat in overleg met de uitgeverij Matrijs in Utrecht de datum van verschijnen gepland kon worden. Verwacht wordt dat het boek in april 2008 kan verschijnen. In overleg met de Betonvereniging en de Vereniging Bouwen met Staal is afgesproken dat er op de 80ste verjaardag van de Betonvereniging op 15 november 2007 en de Nationale Staalbouwdag op 11 oktober 2007 aandacht aan de NBS en dit boek zal worden geschonken. Daarom worden er folders gedrukt, die onder meer aan de genodigden voor de betondag en de staalbouwdag worden toegezonden en waarop geïnteresseerden voor de aankoop van het boek kunnen intekenen tegen de gereduceerde prijs van € 24,95. Hoewel de folder bij het verschijnen van dit blad nog niet gereed is, kunnen ook de lezers van dit blad hun wensen voor aankoop van dit boek kenbaar maken aan de hoofdredacteur (adresgegevens zie colofon op blz. 2)



Blauwpoortbrug te Leiden. (foto Boy Huisinga)

# RENOVATIE VAN VIER BRUGGEN IN HAARLEM

R.A.P.T. Blommaert (projectbegeleider gemeente Haarlem)  
ing. S. Bijker (sr. projectleider DHV B.V. te Amersfoort)

## Onderzoek naar draagkracht

De gemeente Haarlem heeft een aantal jaren geleden een grootschalig onderzoek laten doen naar de draagkracht van alle bruggen in Haarlem. Uit visuele inspecties kwam naar voren dat 58 van de ruim 200 bekeken bruggen dermate ernstige schadebeelden vertoonden dat ze waarschijnlijk niet meer sterk genoeg waren om de huidige verkeersbelastingen te dragen. Om dit vermoeden te toetsen heeft de gemeente aan deze 58 bruggen nader onderzoek laten uitvoeren naar de kwaliteit en sterkte van de funderingen, de landhoofden en de brugdekken. Daarna is de draagkracht van de constructies gecontroleerd. Deze controle had als uitkomst dat de brugdekken van de oudere bruggen niet meer voldeden aan de eisen volgens de huidige regelgeving.

Veel van de onderzochte bruggen zijn ouder dan zestig jaar, zo ook vier bruggen gelegen in het Garenkokerskwartier, een wijk gebouwd in de jaren 20 van de vorige eeuw. In deze wijk liggen twee bruggen over de Delft en twee bruggen over de Brouwersvaart. De overspanningen bedragen 5 tot 6 m en de breedtes variëren van 6 tot 18 m. De bruggen over de Delft zijn, met uitzondering van de kruisinghoek met de gracht, nagenoeg gelijk aan elkaar. De constructie bestaat uit gemetselde landhoofden op een houten paalfundering en een dek van beton tussen stalen "wide flange" profielen (afb. 1). Deze liggers rusten op natuurstenen oplegblokken die in het landhoofd zijn ingemetseld. De bruggen zijn destijds ontworpen op een "9-tons auto met volgwagen en 500 kg/m<sup>2</sup> menschengedrang". Ook de bruggen over de Brouwersvaart zijn opgebouwd uit gemetselde landhoofden op een houten paalfundering maar de dekken verschillen in opbouw. De Garenkokersbrug heeft een soortgelijk dek als de bruggen over de Delft maar de Hyacinthenbrug (afb. 2) is pas in 1936 gebouwd met een monoliet gewapend betonnen dek zonder staalprofielen. De Hyacinthenbrug heeft bovendien de status van gemeentelijk monument.

De dekken van deze vier bruggen kwamen dusdanig zwak uit de studie, dat de gemeente aslastbeperkingen moest instellen. Het onderzoek had verder als uitkomst dat de funderingen voldoende draagvermogen hadden voor verkeersklasse 300. De gemeentelijke beheerafdeling, die tevens optreedt als interne opdrachtgever van het ingenieursbureau van de gemeente Haarlem, besloot om de bruggen te renoveren met een nieuw brugdek, dat gedimensioneerd moest worden op verkeersklasse 450. Het dek wordt hiermee zwaarder dan nodig voor de verkeersbelasting van maximaal 300 kN.



van boven naar beneden:

Afb. 1 Hyacinthenbrug, onderzijde

Afb. 2 Hyacinthenbrug, aanzicht

Afb. 5 Hyacinthenbrug, stalen T- profiel, waarop de toog wordt gemetseld



*Van boven naar beneden:*

*Afb. 6 Hyacinthenbrug, wegdek*

*Afb. 7 Hyacinthenbrug, kabels en leidingen in druklaag wegdek*

De reden van deze keuze is dat de beheerder het dek als meest onderhoudsgevoelige onderdeel, een robuuste uitvoering wilde geven.

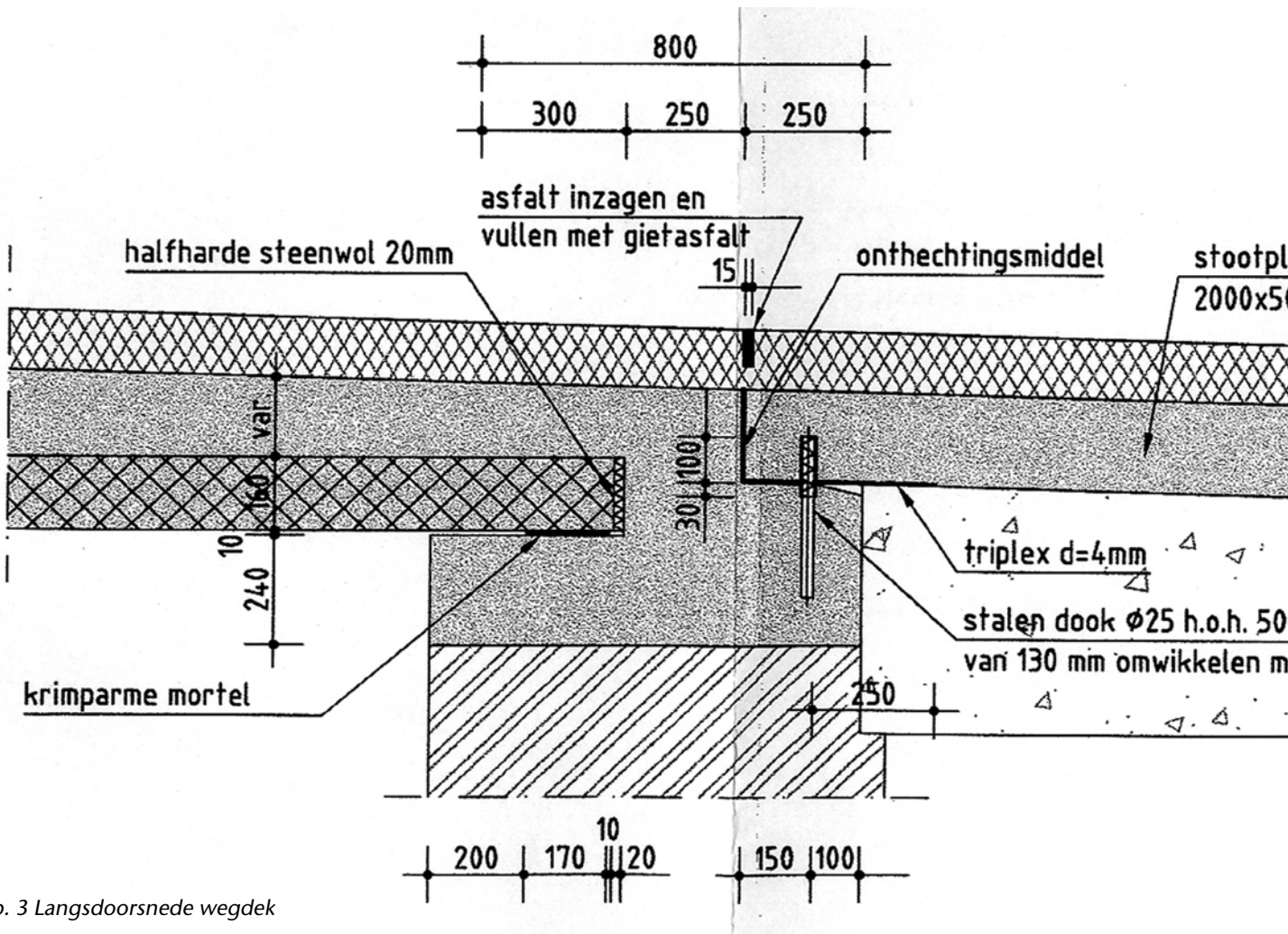
### **Studie naar alternatieven**

De bovenstaande bevindingen heeft de gemeente Haarlem verwerkt in een ontwerpopdracht en, na een inschrijving met voorafgaande selectie, ingenieursbu-

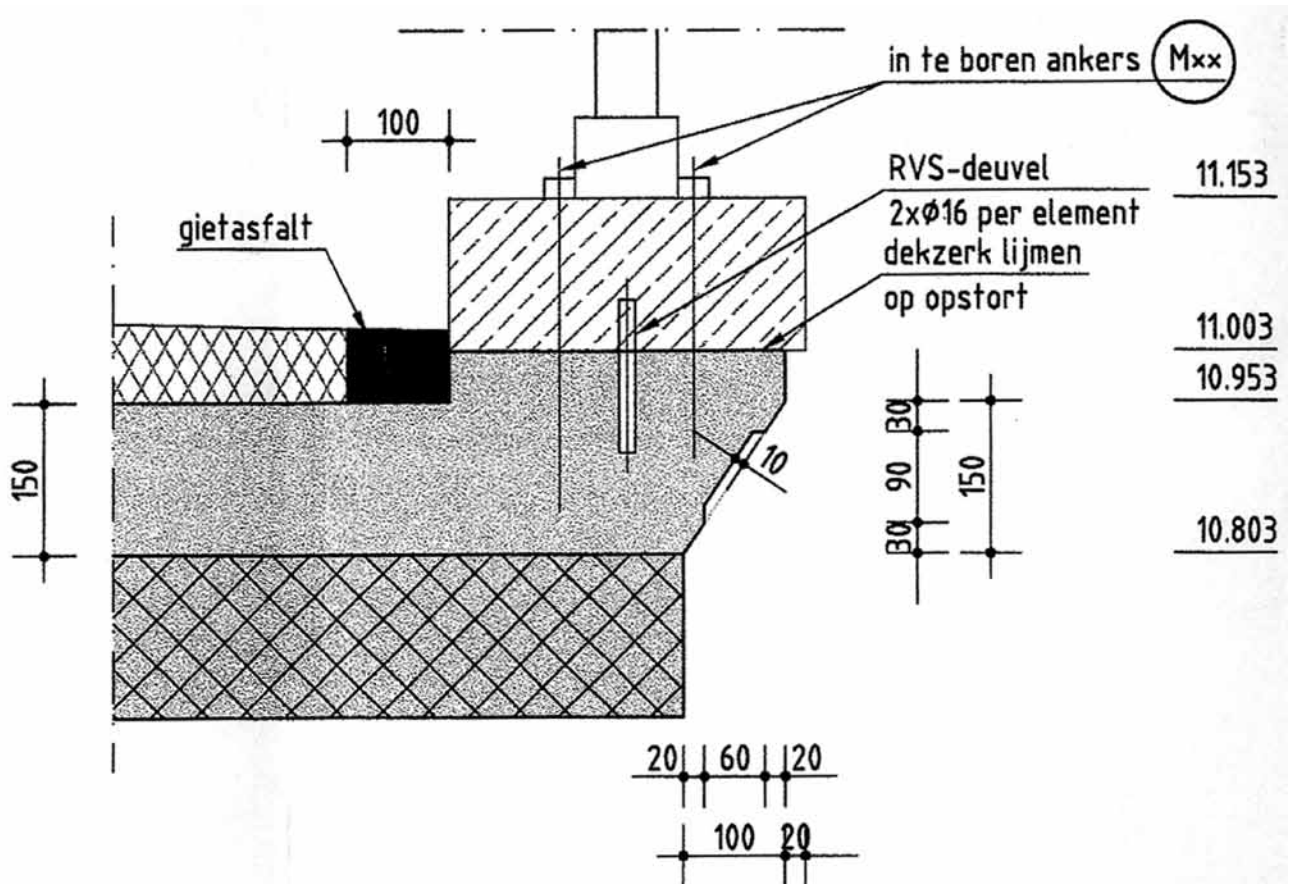
reau DHV B.V. uit Amersfoort opdracht gegeven om een ontwerp en bestek te maken voor de renovatie van de vier bruggen. Voorafgaand aan het ontwerp is een studie verricht naar alternatieven waarin, in volgorde van voorkeur, voor elke brug drie alternatieven zouden moeten worden bekeken: (1) alleen het brugdek vervangen, (2) het brugdek vervangen en ondersteunen op nieuwe steunpunten achter de bestaande landhoofden, (3) brugdek en landhoofden slopen en vervangen door een compleet nieuwe brug. Als alternatief (1) uitvoerbaar bleek, dan hoefden de andere mogelijkheden niet beschouwd te worden. De uitkomst van deze studie was dat alle vier bruggen volgens alternatief (1) konden worden aangepakt. De bestaande funderingen en landhoofden zijn in het kader van deze studie nogmaals geïnspecteerd en doorgerekend en de uitkomst bevestigde de conclusie uit het eerdere grootschalige onderzoek.

### **Ontwerp, bestek en aanbesteding**

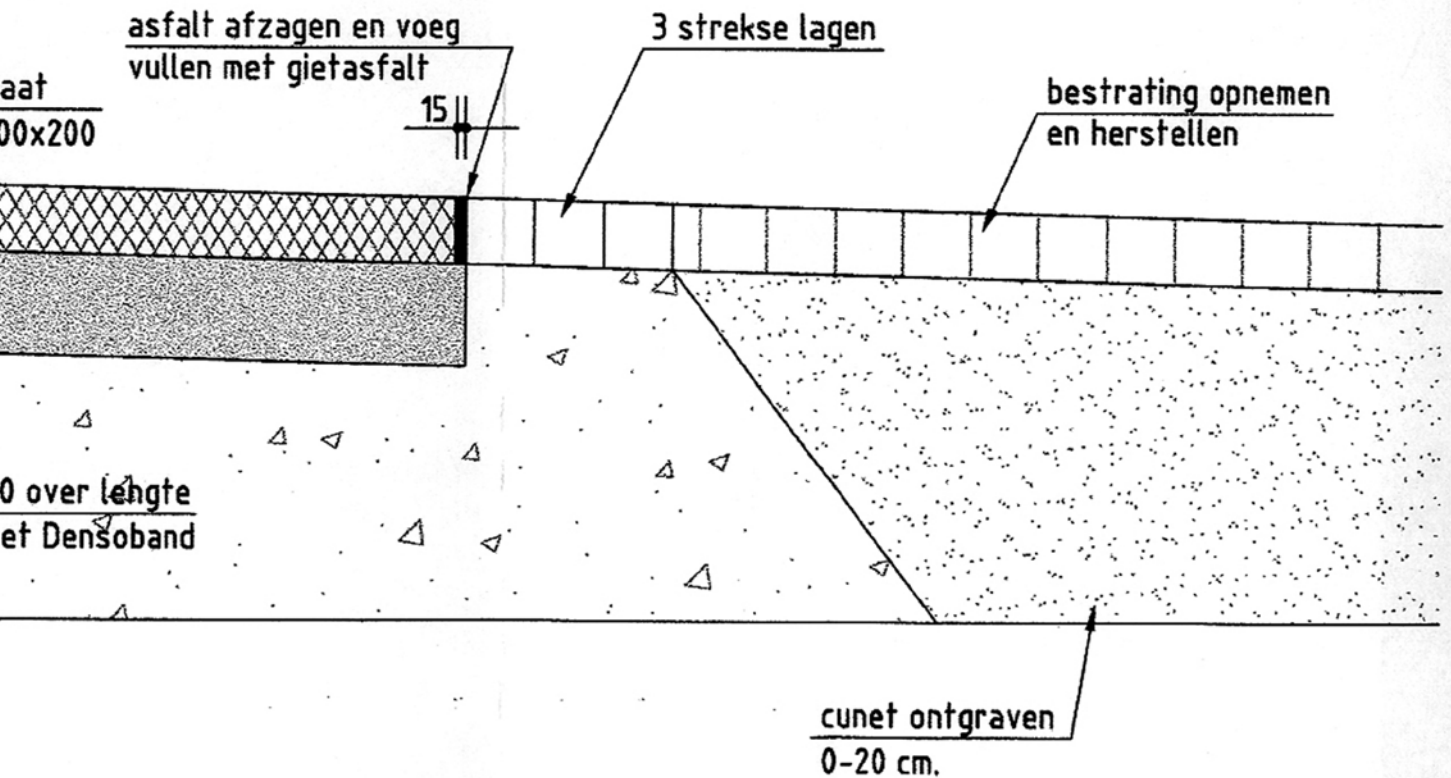
De bovenbeschreven studie naar de alternatieven is uitgevoerd op basis van een voorlopig ontwerp. Nadat duidelijk was geworden dat met het vervangen van het dek en het restaureren van de landhoofden de bruggen weer tientallen jaren hun doel kunnen dienen, heeft



Afb. 3 Langdoorsnede wegdek



Afb. 4 Dwarsdoorsnede wegdek



DHV het definitieve ontwerp en het bestek opgesteld. De gemeente gaf hiervoor een aantal uitgangspunten mee. Zo moest het dek van beton zijn met een technische levensduur van 40 jaar en moesten de bestaande natuurstenen dekzerken en de oude leuningën zoveel mogelijk worden hergebruikt. De bestaande doorvaarthoogte mocht niet kleiner worden.

De ontwerpen waarin aan deze eisen invulling is gegeven, hebben als basiskarakter een brugdek van geprefabriceerde voorgespannen plaatliggers met een gestorte druklaag. Het dek is opgelegd op een in het werk te storten balk op het oude metselwerk van de landhoofden. Druklaag en oplegbalk vormen een constructief geheel (afb. 3) behalve bij de Hyacinthenbrug. In tegenstelling tot de andere drie bruggen was het dek van deze brug in de oude situatie uitgevoerd als een vrij opgelegde plaat. In het ontwerp van de vernieuwde brug is dit principe teruggebracht om het krachtenspel tussen grond en landhoofden zo weinig mogelijk te verstoren.

De brugrand is ontworpen als een in het werk te bekisten uitbouw van de druklaag (afb. 4) waarop de originele dekzerken en leuningën teruggeplaatst worden. Ook in dit opzicht vormde de Hyacinthenbrug een uitzondering ten opzichte van de andere drie bruggen.

Het aanzicht van de Hyacinthenbrug wordt bepaald door gemetselde togen die in de gerenoveerde situatie teruggebracht moesten worden. In het ontwerp is dit opgelost met een nieuwe gemetselde toog die, geheel los van het brugdek, rust op een stalen T-profiel met een toog van circa 50 cm. (afb. 5). Dit profiel is aan de uiteinden met ankers verbonden aan de nieuwe betonnen oplegbalk. Deze oplossing is gekozen omdat bevestiging van de toog aan het dek een te hoge belasting voor de buitenste plaatliggers zou betekenen. Bovendien kan het metselwerk scheuren doordat de vervorming van het brugdek onder de verkeersbelasting wordt doorgegeven aan het metselwerk als dit met het dek wordt verbonden.

Door de eis van een minimaal gelijkblijvende doorvaarthoogte en het streven om het aanzicht van de bruggen zoveel mogelijk gelijk te houden, was het terugbrengen van een verharding van straatklinkers op de bruggen niet mogelijk. De constructiehoogte van het dek zou dan te groot worden. Om toch een authentiek uiterlijk te houden, koos de gemeente voor een rode asfaltlaag van minimaal 70 mm met een straatwerkpatroon dat in het nog warme asfalt wordt gewalst (Streetprint©) (afb. 6).

Op het definitief ontwerp is de bouwvergunning aangevraagd. Ook diende het ontwerp als basis voor het



overleg met de nutsbedrijven. De mantelbuizen die de kabel- en leidingbeheerders in de brugdekken wilden laten opnemen, waren in een aantal situaties maatgevend voor de dikte van de druklaag (afb. 7).

De werkzaamheden zijn beschreven in een RAW-bestek dat op de markt is gebracht in een openbare procedure. De firma VBK uit Hoorn nam het werk aan voor een bedrag van € 427.000,-- exclusief BTW.

### Uitvoering

De renovatie is uitgevoerd van augustus 2005 tot april 2006. Tijdens de uitvoering is naar voren gekomen dat het metselwerk van de landhoofden vooral aan de achterzijde geen samenhang meer vertoonde. Bij de Delftbrug is dit opgelost met het injecteren van het metselwerk met een cementmortel. Aan de voorzijde zijn de loszittende en beschadigde delen uitgehakt en met nieuwe gelijksoortige stenen hersteld.

Bij de Garenkokersbrug leek het metselwerk in redelijk goede conditie tot men de bovenste lagen ging slopen. Ook hier kwam aan het licht dat het metselwerk dieper in het landhoofd toch slechter was dan gedacht. Een ander risico is verbonden aan het verwijderen en herplaatsen van natuurstenen dekzerken. In de praktijk blijkt het erg lastig om deze elementen zonder beschadiging te verwijderen als gevolg van erosie van het materiaal en verzwakking door eerdere montage (doken). Vaak breken de stenen rondom de doken. Als pakweg de helft van alle zerken door nieuwe moeten worden vervangen dan wordt het eindresultaat door de kleur- en textuurverschillen tussen nieuw en oud niet erg fraai. Het is dan beter alle zerken te vervangen door nieuwe exemplaren. De gemeente heeft hier bij de Garenkokersbrug voor gekozen.

Afb 8 geeft een indruk van het storten van de druklaag op de Delftbrug.

Het leuningwerk brengt ook een bepaalde onzekerheid met zich mee. Het schadebeeld is pas echt zichtbaar wanneer het leuningwerk gestraald is. Het leuningwerk is op de bruggen over de Delft in zijn geheel vervangen terwijl ook hier de intentie was de oude leuning te conserveren en terug te plaatsen.

De bruggen zijn inmiddels geheel gerenoveerd en hebben hun oorspronkelijke uitstraling behouden. (afbeeldingen 9 en 10).

*Van boven naar beneden:*

*Afb. 8 Storten dek Delftbrug*

*Afb. 9 Gerenoveerde Garenkokersbrug*

*Afb. 10 Gerenoveerde Kousenbandbrug*



# DYNAMISCH GEDRAG VAN VOETGANGERSBRUGGEN

Dr. Ing. A. Romeijn

## Brugtrillingen veroorzaakt door dynamische belastingen

Bij bruggen bestaat de trend om steeds slanker te willen construeren. Overspanningen nemen toe, het aandeel van eigengewicht neemt ten opzichte van de nuttige belasting af en er worden steeds vaker andere (minder zware) materialen gebruikt zoals aluminium, stalen kabels en vezelversterkte kunststoffen. Een voorbeeld hiervan is de Millennium Bridge in Londen.

Het toepassen van zowel staal als beton met een hogere sterkte in combinatie met moderne verbindingstechnieken brengt met zich mee dat minder materiaal nodig is. De consequentie hiervan is dat de eigenfrequentie inclusief de demping van de brug afneemt waardoor de brug meer gevoelig is voor bewegen onder dynamische belasting. Deze gevoeligheid geldt in het bijzonder wanneer de eigenfrequentie van de gehele brug samenvalt met de frequentie van de belasting ten gevolge van bijvoorbeeld verkeer (voetgangers, treinen, enz.) en wind. Dat geldt ook voor onderdelen van de brug, waarvan de eigenfrequenties samenvallen met die van de belastingen op die onderdelen.

Gekeken naar het brede spectrum van verkeer zijn voetgangersbruggen en fietsbruggen verhoudingsgewijs het meest vatbaar voor trillingen, dan volgen spoorbruggen en op de laatste plaats verkeersbruggen. Voor alle bruggen geldt verder dat er specifieke onderdelen van de brug, bijvoorbeeld de hangers bij een boogbrug en de kabels bij een tuibrug, trillingsgevoelig kunnen zijn. Zo zien we dat er extra voorzieningen nodig waren bij de in de afgelopen 15 jaar gebouwde bruggen; onder andere de spoorbrug over de A12 bij Nootdorp; de Erasmusbrug in Rotterdam en de Werkspoorbrug in Utrecht. Waarom staan verkeersbruggen op de laatste plaats? Wel, het belastingbeeld is sterk wisselend van karakter: vrachtverkeer, personenwagens, er is een breed scala aan lastenstelsels en de rijsnelheid is vergeleken met treinverkeer laag. Dit alles wil niet zeggen dat bruggen voor wegverkeer niet trillingsgevoelig kunnen zijn.

Bij het ontwerp van een brug wordt vaak op een indirecte manier met trillinggevoeligheid omgegaan. Dat wil zeggen dat er een toelaatbare vervorming als uitgangspunt wordt gehanteerd. Hiermee zijn we gelijk in een 'gevaarzone' beland, want een eenduidig antwoord op wat toelaatbaar is, is met name voor verkeersbruggen niet mogelijk. Dit verklaart bijvoorbeeld dat bij een aanbiedingsontwerp de betrokken concurrerende partijen een verschillend uitgangspunt hanteren en dus met totaal verschillende oplossingen en dus ook verschillende investeringsbedragen voor de dag komen. Zo zou het kunnen gebeuren dat voor het ontwerp van een tuibrug het ene ontwerp bureau uitgaat van een toelaatbare doorbuiging van 1/300 van

de overspanning en een ander van 1/500 van de overspanning. Een dergelijk verschil kan allesbepalend zijn voor het eindresultaat. Toch zou gelet op de informatie, die opgenomen is in de brugspecifieke normen deze 'vrije' interpretatie niet mogen plaatsvinden.

Een scala aan factoren laat zich uiteindelijk vertalen in stijfheidseisen voor bijvoorbeeld de doorbuiging en hoekverdraaiing. Aanvullend is soms een dynamische analyse nodig. Hiermee wordt inzicht verkregen in het trillingsgedrag van de brug en daarmee kan een uitspraak worden gedaan over optredende versnellingen die een maat zijn voor het comfort van de reizigers in over de brug rijdende voertuigen. Bij het ontwerp van de Moerdijkbrug in de nieuwe hoge snelheidslijn zijn aan dit comfort zeer hoge eisen gesteld. Trillingen vormen over het algemeen een risico voor de duurzaamheid van een brug maar hebben hoofdzakelijk betrekking op het comfortgedrag.

Vooraf voetgangersbruggen zijn vatbaar voor trillingen. Het is vrij lastig om een slanke voetgangersbrug te ontwerpen zonder dat de eigenfrequenties samenvallen met het brede frequentiespectrum van voetgangers. Vaak wordt dan ook vanaf het begin rekening gehouden met voorzieningen voor eventuele extra demping. Dit artikel beperkt zich tot voetgangersbruggen. In een te zijner tijd op te nemen vervolgartikel zal op het dynamisch gedrag van respectievelijk spoorbruggen en verkeersbruggen worden ingegaan.

## Dynamisch gedrag van voetgangersbruggen

De belasting veroorzaakt door een voetganger is variabel in de tijd. Verschillende voorschriften geven tekst en uitleg over deze belasting, hoewel deze informatie vaak niet compleet is. Het lastige is namelijk dat een voetganger naast langzaam, gewoon of snel lopen, ook kan rennen, springen, enz. De meeste voorschriften hebben alleen het loopgedrag opgenomen.

Een overzicht van de verschillende mogelijkheden van frequenties is opgenomen in tabel 1.

De eerste kolom geeft een opdeling in snelheid van verplaatsen en de tweede kolom geeft de bijbehorende frequentie. Bijvoorbeeld in geval van gewoon lopen raakt elke 0.5 sec ( $f_s = 2,0$  Hz) een voet het wegdek. Een verschijnsel bij het lopen is dat de belasting niet zuiver verticaal gericht is maar tevens een component in dwarsrichting kent, zie afbeelding 1. De verticale belasting werkt uiteraard in dezelfde richting maar in dwarsrichting wisselt deze telkens van teken. Daarom is de belastingfrequentie in dwarsrichting 50% van die in verticale richting. De derde kolom geeft de snelheid van verplaatsen weer en de laatste kolom de stapgrootte.

Het verband tussen verplaatsing, snelheid en versnelling is opgenomen in tabel 2.

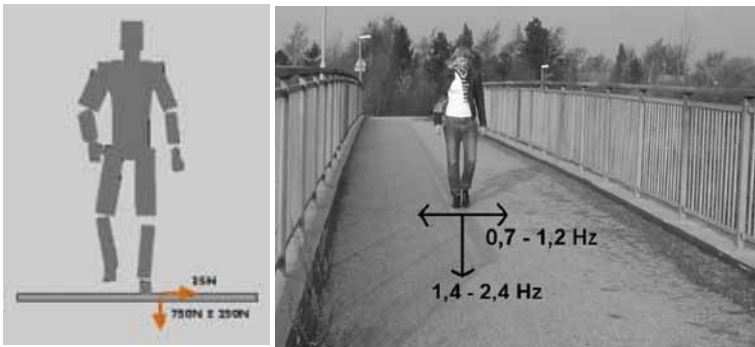
Zoals aangegeven in afbeelding 1 is de verticale belasting gemiddeld 750 N en de zijdelingse belasting 25 N

	$f_s$ [Hz]	$v_s$ [m/s]	$l_s$ [m]
Langzaam lopen	~1,5	1,1	0,60
Gewoon lopen	~2,0	1,5	0,75
Snel lopen	~2,3	2,2	1,00
Rennen	~2,5	3,3	1,30
Snel rennen	>3,2	5,5	1,75

Tabel 1. Classificatie van voetgangers.

	Verplaatsing [x]	Snelheid [v]	Versnelling [a]
Verplaatsing	$x = x$	$x = v / 2\pi f$	$x = a / (2\pi f)^2$
Snelheid	$v = 2\pi f x$	$v = v$	$v = a / 2\pi f$
Versnelling	$a = (2\pi f)^2 x$	$a = 2\pi f v$	$a = a$

Tabel 2. Verband tussen verplaatsing, snelheid en versnelling.



links: Afb. 1. Grootte van de voetgangersbelasting.  
rechts: Afb. 2. Loopgedrag van een voetganger

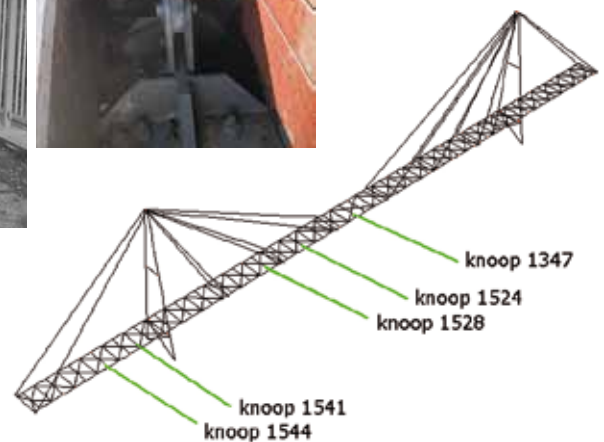
(altijd naar buiten gericht).

Ons loopgedrag heeft niet zo snel de neiging zich aan te passen aan het verticaal bewegen van de brug. Voor horizontaal bewegen van de brug ligt dit totaal anders. Dan hebben we de sterke neiging de loopsnelheid te laten synchroniseren met de frequentie van het zijdelings bewegen van de brug. Bij onvoldoende demping van de brug kan daardoor een grote zijdelingse verplaatsing van de brug optreden. Dit wordt nog versterkt met het gegeven dat bij grotere zijdelingse verplaatsing de beide benen meer uit elkaar worden geplaatst en daardoor neemt de zijdelingse belasting ook toe. Het belastingbeeld wordt nog complexer als het groeps-effect wordt mee genomen. Bijvoorbeeld, hoe meer voetgangers per m<sup>2</sup>, hoe minder de individuele vrijheid van loopsnelheid en stapgrootte bestaat waardoor een steeds grotere neiging tot synchronisatie met het bewegingsgedrag van de brug optreedt. Ook deze vorm van synchronisatie is in het bijzonder van toepassing bij het zijdelings bewegen van de brug.

Het voorgaande laat zien dat een voetgangersbrug dynamisch wordt belast in zowel verticale als in dwarsrichting en dat deze belasting zich in de lengterichting van de brug verplaatst. De gemiddelde frequentie bedraagt 1,4 – 2,4 Hz voor de verticale belasting en 0,7 – 1,2 Hz voor de horizontale belasting, zie afbeelding 2. Het venijn bij ontwerp van voetgangersbruggen is dat de eigenfrequentie van de brug vaak in het frequentie gebied van de voetganger valt. Dit verklaart de regelmatig terugkerende problemen rondom dynamisch gedrag van dergelijke bruggen. Gemakshalve wordt vaak een ondergrens van 4 Hz als ontwerpeis gehanteerd.



Afb. 3. Houten tuibrug, Kerkrade.



Afb. 4. Rekenmodel van de brug.

### Rekentechnische beschouwing van dynamisch gedrag

Voor het ontwerp van bruggen onder dynamische belasting bestaan globaal gezegd twee rekenmethoden:

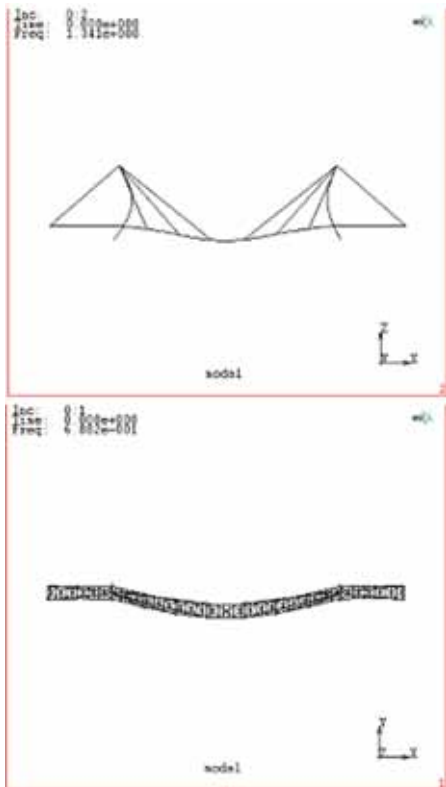
- **eigenwaarde analyse;** berekening van de eigenfrequentie van de brug en toetsen of deze binnen de frequentie van lopen valt. De algemene uitdrukking voor de eerste eigenwaarde (buigfrequentie) conform Rayleigh's methode is

$$f_B = \frac{1,1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{g}{v_{\max}}} = \frac{0,55}{\sqrt{v_{\max}}}$$

met  $v_{\max}$  gelijk aan de verticale verplaatsing veroorzaakt door het eigengewicht van de constructie.

- **transient analyse;** hierbij wordt de rijvloer belast door een tijdsafhankelijke dynamische voetgangersbelasting. De berekende versnelling wordt getoetst op minimaal benodigd comfortgedrag.

De betekenis van de twee methoden wordt voor een houten tuibrug gebouwd in Kerkrade nader toegelicht, zie de afbeeldingen 3 en 4. [1].



Afb. 5. Boven, laagste eigenfrequentie onder verticale verplaatsing. Onder, laagste eigenfrequentie onder horizontale verplaatsing.

### Eigenwaarde analyse

Enkele resultaten staan gegeven in afbeelding 5. Voor het bewegingsgedrag van de brug in horizontale richting geldt de eis:

$$0,8 < f_{1HB} < 1,2 \text{ Hz en } 2,6 < f_{1HB} < 3,4$$

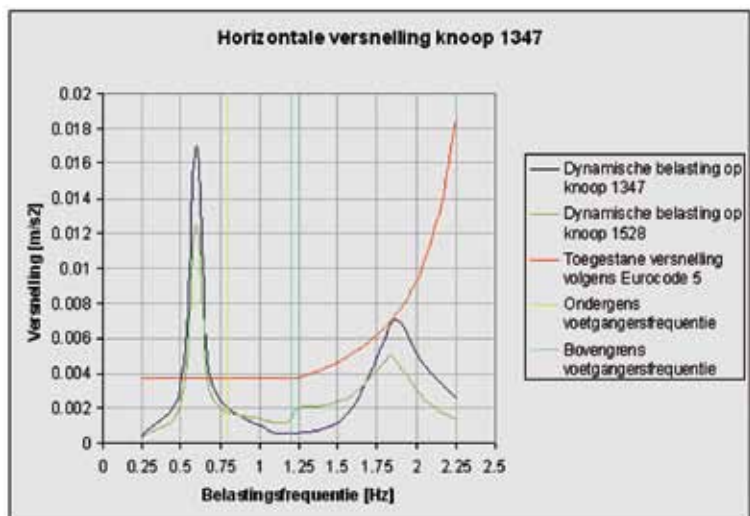
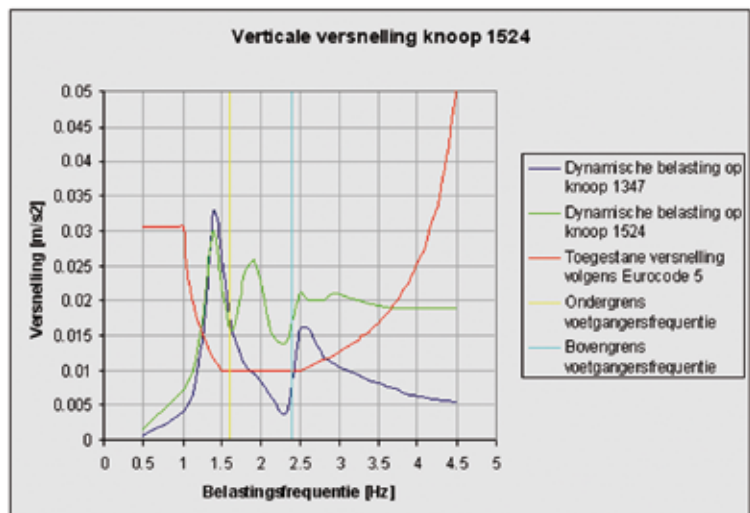
En voor de verticale richting geldt:

$$1,6 < f_{1VB} < 2,4 \text{ Hz en } 3,5 < f_{1VB} < 4,5$$

Wanneer nu de laagste eigenfrequentie buiten deze gebieden valt voldoet de brug aan de eis met betrekking tot comfort. Omdat damping karakteristieken van de brug volledig buiten beschouwing blijven is deze rekenmethode vrij conservatief van karakter. Dit geldt in het bijzonder voor houten bruggen omdat dergelijke bruggen vaak veel gunstigere damping eigenschappen bezitten dan bijvoorbeeld stalen bruggen. Met andere woorden het niet voldoen aan het gewenste frequentiebereik wil niet zeggen dat daarmee het ontwerp onjuist is, vooral als het een houten brug aangaat. Uiteraard kan extra damping aan de brug worden toegevoegd, daarover later meer.

### Transient analyse

Een dergelijke dynamische berekening is veel realistischer dan een eigenwaarde analyse. Het nadeel echter is dat het veel meer tijd en kunde vergt. De voetgangersbelasting gegeven in de Eurocode 5 over houten bruggen, ENV 1995-2, is gelijk aan



boven: Afb. 6. Verticale versnelling van knoop 1524 van de brug (voor locatie knoop zie afb. 4).

onder: Afb. 7. Horizontale versnelling van knoop 1347 van de brug.

$$F_{vert}(t) = 0,28 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) \text{ [kN]}$$

Afbeelding 6 geeft de verticale versnelling voor knoop 1524 en afbeelding 7 de horizontale versnelling voor knoop 1347. De versnelling is gegeven voor een range aan voetgangers frequenties.

De maximaal toelaatbare verticale versnelling, gegeven in de Eurocode, is gelijk aan

$$a_{vert,n} = 0,23 \cdot a_{vert,1} \cdot n \cdot k_{vert} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

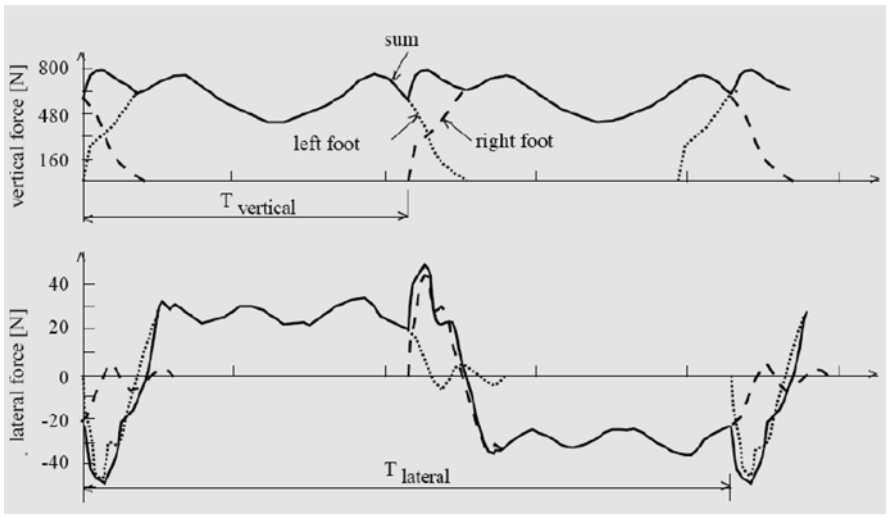
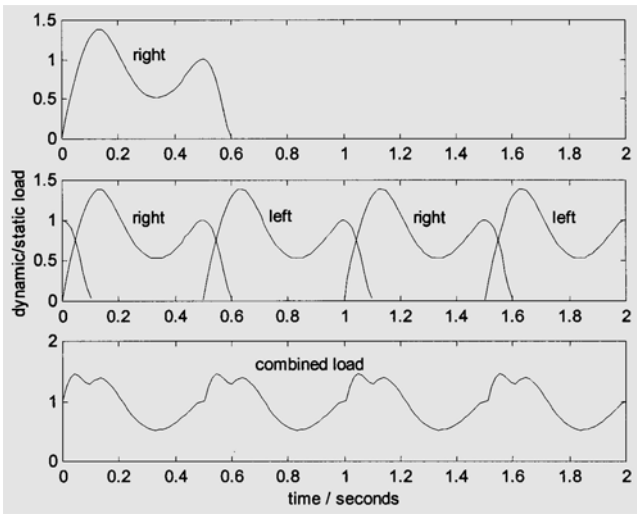
, zie de rode lijn in afbeelding 6.

De maximaal toelaatbare horizontale versnelling is gelijk aan

$$a_{hor,n} = 0,18 \cdot a_{hor,1} \cdot n \cdot k_{hor} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

, zie de rode lijn in afbeelding 7.

Een toelichting op deze laatste twee gegeven formules is verderop in dit artikel te vinden.



Afb. 8. Het verloop van de verticale belasting (links) en de horizontale belasting, (rechts).

Een lastig aspect is het in rekening brengen van een waarde voor de inherente demping, de zogenoemde  $\zeta$ -waarde. Naast het materiaal zelf, hout - beton - staal, enz., spelen hierbij zaken als speling in de boutgaten, contactwrijving, enz.

Voor lage  $\zeta$ -waarden, hetgeen het geval is voor brugconstructies, is de inherente demping  $\zeta$  gelijk aan de logaritmische demping  $\delta$  gedeeld door  $2\pi$ . Conform de Eurocode geldt als indicatie

- staal  $\delta = 0.03$
- aluminium  $\delta = 0.02$
- beton  $\delta = 0.05$
- hout  $\delta = 0.06 - 0.12$  (afhankelijk van het soort van verbindingen)

Deze getallen moeten met een zekere voorzichtigheid worden gehanteerd omdat praktijkmetingen laten zien dat de demping van een brug aanzienlijk lager kan zijn en daarmee is de amplitude van bewegen groter en dus ook de versnelling.

### Ontwerpcriteria voor voetgangersbruggen

Het verloop van de verticale belasting is toegevoegd in afbeelding 8. De belasting bestaat uit een statische component, het gewicht van een persoon, plus een periodiek variërende component. Het geheel laat zich vertalen in een Fourier reeks:

$$F_p(t) = G + G \cdot \alpha_1 \cdot \sin(2\pi f_p t) + G \cdot \alpha_2 \cdot \sin(4\pi f_p t + \varphi_2) + \dots$$

waarbij

- G = het gemiddelde gewicht van een persoon
- t = tijd
- $f_p$  = loopfrequentie
- $\alpha_n$  = dynamische vergrotingsfactor (DLF)
- $\Phi_n$  = phase verschil

Gewoonlijk kan worden volstaan met de eerste drie termen waarbij de waarde voor DLF te vinden is in tabel 3.

Harmonisch aandeel	DLF [-]	Phase verschil [graden]
1	$\alpha_1 = 0,4$	$\Phi_1 = 0$
2	$\alpha_2 = 0,2$	$\Phi_2 = 90^\circ$
3	$\alpha_3 = 0,1$	$\Phi_3 = 90^\circ$

Tabel 3. Dynamische vergrotingsfactor.

### Synchronisatie

Een natuurlijk gegeven is dat mensen de neiging hebben tot "in de pas" lopen. Dit kan betrekking hebben op aanpassen aan het loopgedrag van anderen, het zogenoemde groepseffect, en aanpassen aan de beweging van de brug zelf. Met andere woorden er is sprake van een zekere mate van synchronisatie en daarmee dus een versterking van dynamische belasting.

### Groepseffect

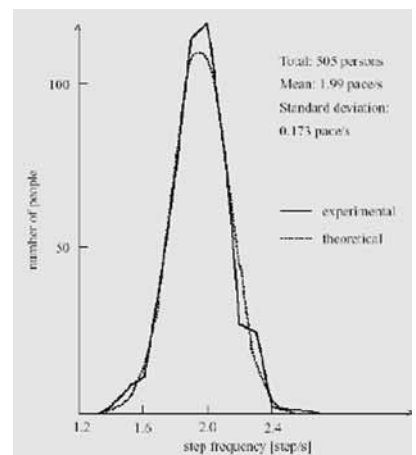
Uit verschillende metingen is het effect van synchronisatie als gevolg van groepseffect onderzocht. Gebleken is dat de gemiddelde loopfrequentie hetzelfde blijft (2 Hz) met een standaardafwijking van 0.173 Hz, zie afbeelding 9. Met andere woorden als de loopfrequentie de 2 Hz nadert is de kans op synchronisatie tussen de voetgangers het grootst.

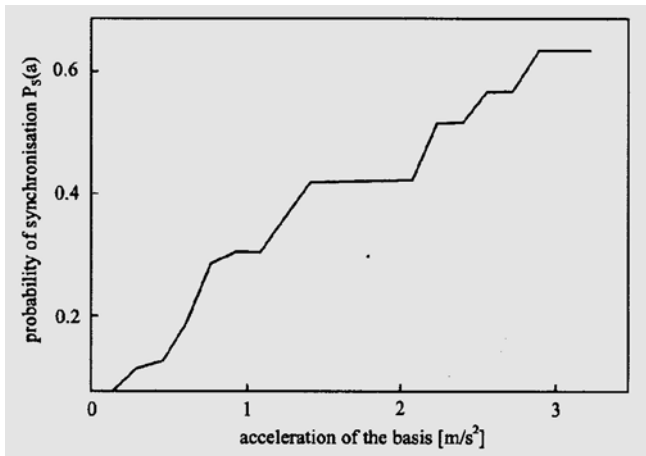
Dit alles is in sterke mate afhankelijk van het aantal voetgangers per m<sup>2</sup> (uitgedrukt als q-waarde).

Wanneer  $q < 0.3$ , zullen alle voetgangers ongestoord van elkaar lopen.

Voor  $q = 1.0$ , is het loopgedrag afhankelijk van anderen en dus gaat het naar de ca. 2 Hz. Bij  $q = 0.6$  begint reeds een zekere mate van synchronisatie op te treden.

Afb. 9. Effect van aantal voetgangers op loopgedrag





Afb. 10. Synchronisatie van voetgangers afhankelijk gesteld van de verticale versnelling.

### Bewegen van de brug

Een bepaald percentage van voetgangers heeft de neiging de loopsnelheid aan te passen aan de bewegingssnelheid van de brug. Ook dit is een vorm van synchronisatie. Afbeelding 10 laat zien dat naarmate de versnelling van bewegen toeneemt de neiging tot synchronisatie ook toeneemt.

Bijvoorbeeld bij een toelaatbare versnelling van 0.7 ms<sup>2</sup> is het percentage voetgangers dat gaat synchroniseren gelijk aan 23%.

Het verschijnsel van synchronisatie brengt met zich mee dat een correctiefactor meegenomen moet worden. In feite komt het erop neer dat er berekeningen worden uitgevoerd waarbij slechts één voetganger wordt beschouwd. Vervolgens wordt op de gevonden resultaten een correctie uitgevoerd. De correctieformule is gelijk aan

$$a_g = P_s(a) \cdot N_r \cdot a_{1rz} \quad [m/s^2]$$

waarbij  $P_s(a)$  volgt uit afbeelding 10 en  $N_r = N \cdot K$ , dit staat voor een equivalent aantal voetgangers waarbij  $N$  gelijk is aan het totaal aantal mogelijke voetgangers op de brug (dit is genormeerd) en  $K$  is een reductiefactor waarmee de synchronisatie veroorzaakt door groepseffect wordt meegenomen.

### Wat zeggen de brugspecifieke normen

#### Eurocode EN 1990

Het voetgangerscomfort moet zijn getoetst in de bruikbaarheidsgrenstoestand en wordt uitgedrukt in een toelaatbare versnelling, zie tabel 4.

Bij het bepalen van de versnelling van de brug moet het eigengewicht alsmede de permanente belasting worden meegenomen. Voor de stijfheid van de constructie moet gerekend worden met een belasting van korte duur, dat wil zeggen geen gereduceerde E-waarde van het beton als gevolg van kruipgedrag.

Er zijn drie verschillende dynamische belastingmodellen geformuleerd:

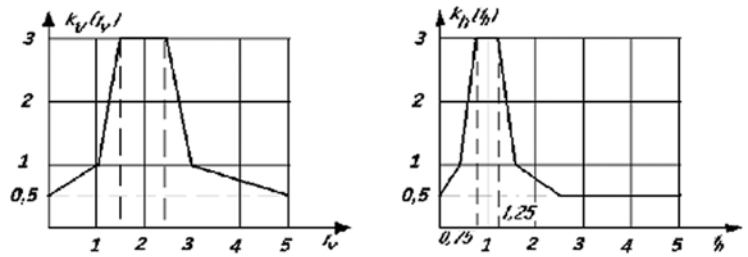
DLM1 er wordt uitgegaan van één voetganger

DLM2 er wordt uitgegaan van een groep voetgangers

DLM3 er wordt uitgegaan van een constante stroom van voetgangers.

	Toegestane versnelling [m/s <sup>2</sup> ]
Verticale beweging	0,7
Horizontale beweging, normaal gebruik	0,2
Horizontale beweging, mensenmassa	0,4

Tabel 4. Maximale toegestane versnelling.



Afb.11. Synchronisatie factor. Links voor de verticale en rechts voor de horizontale beweging.

Het is aan de ontwerper om te bepalen met welk model het ontwerp wordt uitgevoerd.

De eerste twee worden nader toegelicht.

#### DLM1

De in rekening te brengen belastingen zijn gelijk aan:

- verticale component:  $Q_{pv} = 280 \sin(2\pi g f_v \cdot t)$  [N]

- horizontale component:  $Q_{ph} = 70 \sin(2\pi g f_h \cdot t)$  [N]

met

$f_v$  = de frequentie van de brug bij verticale verplaatsing, het dichtst gelegen bij de 2 Hz

$f_h$  = de frequentie van de brug bij horizontale verplaatsing, het dichtst gelegen bij de 1 Hz.

#### DLM2

Dit model neemt het gedrag van een groep voetgangers in rekening.

De in rekening te brengen belastingen zijn:

- verticale component:

$$Q_{gv} = 280 \sin \cdot k_v(f_v) \cdot \sin(2\pi g f_v \cdot t)$$
 [N]

- horizontale component:

$$Q_{gh} = 70 \cdot k_h(f_h) \cdot \sin(2\pi g f_h \cdot t)$$
 [N]

Voor  $f_v$  en  $f_h$  zie informatie gegeven bij DLM1. De waarden voor  $k_v(f_v)$  en  $k_h(f_h)$  staan gegeven in afbeelding 11.

#### Eurocode 1995-2

Deze norm gaat specifiek in op het ontwerp van houten bruggen. De toelaatbare versnellingen zijn gelijk aan tabel 4. Het comfort criterium moet worden getoetst indien voor de verticale beweging de brugfrequentie lager is dan 5 Hz en voor de horizontale beweging lager dan 2.5 Hz.

#### Verticale beweging

Voor één persoon moet de versnelling  $a_{vert,1}$  in m/s<sup>2</sup> gelijk worden gesteld aan:

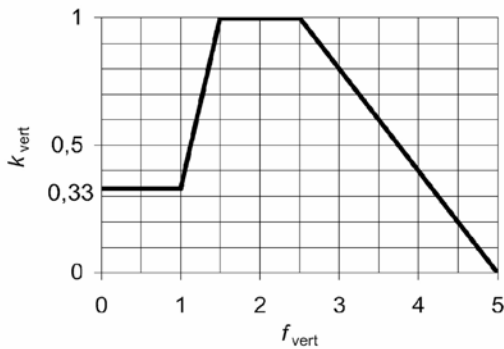
$$a_{vert,1} = \frac{200}{M \cdot \zeta} \quad \text{voor } f_{vert} \leq 2,5 \text{ Hz en}$$

$$a_{vert,1} = \frac{100}{M \cdot \zeta} \quad \text{voor } 2,5 \text{ Hz} < f_{vert} \leq 5,0 \text{ Hz}$$

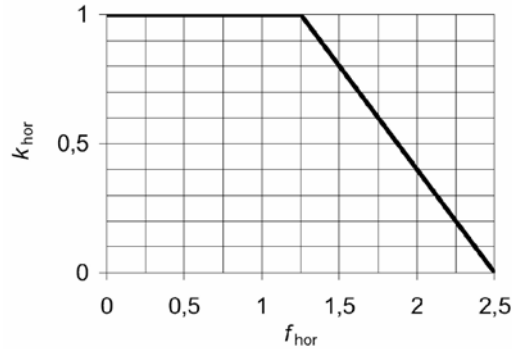
waarin

$M$  = de totale massa van de brug in kg

$\zeta$  = de demping ratio



Links: Afb. 12. Verband tussen verticale buigfrequentie  $f_{vert}$  en de correctie factor  $k_{vert}$ .



Rechts: Afb. 13. Verband tussen horizontale buigfrequentie  $f_{hor}$  en de correctie factor  $k_{hor}$ .

Ingeval van meerdere personen op de brug volgt de versnelling  $a_{vert,n}$  in  $m/s^2$  uit  $a_{vert,n} = 0,23 \cdot a_{vert,1} \cdot n \cdot k_{vert}$  waarin

- $n$  = aantal voetgangers
- $k_{vert}$  = correctie coëfficiënt volgens afbeelding 12

Het aantal voetgangers,  $n$ , moet gelijk worden genomen aan

- $n = 13$  als sprake is van een groep van voetgangers
- $n = 0.6A$  in geval van een continue stroom van voetgangers, waarbij  $A$  is het rijvloeroppervlak in  $m^2$ .

De factor 0,23 volgt uit afbeelding 10 (vertical as  $P_s(a)$ ). Als het gaat om rennende mensen over de brug dan geldt voor de verticale acceleratie

$$a_{vert,1} = \frac{600}{M \cdot \zeta} \text{ voor } 2,5 \text{ Hz} < f_{vert} \leq 3,5 \text{ Hz}$$

#### Horizontale beweging

Voor één persoon moet de versnelling  $a_{hor,1}$  in  $m/s^2$  gelijk worden gesteld aan:

$$a_{hor,1} = \frac{50}{M \cdot \zeta} \text{ voor } 0,5 \text{ Hz} < f_{hor} \leq 2,5 \text{ Hz}$$

Ingeval van meerdere personen op de brug volgt de versnelling

$a_{hor,n}$  in  $m/s^2$  uit  $a_{hor,n} = 0,18 \cdot a_{hor,1} \cdot n \cdot k_{hor}$  waarin

- $k_{hor}$  = correctie coëfficiënt volgens afbeelding 13
- $n$  = aantal voetgangers (dit wordt op dezelfde wijze bepaald als hierboven beschreven onder verticale beweging).

#### Voorbeeld: London Millennium bridge [www.arup.com/millenniumbridge]

Een voorbeeld van een voetgangersbrug die sterk aan trillingen onderhevig was, is de Londen Millennium Bridge. De brug heeft een lengte van meer dan 300 m met drie overspanningen waarvan de langste 144 m, zie afbeelding 14. Om esthetische redenen is een



Afb. 15. Bevestiging van de kabels aan de pijlerconstructie.



Afb. 14. De Londen Millennium bridge. De uitkragende liggers zitten om de circa 8 m.

hangkabel toegepast met een pijl van slechts 2.3 m, 6 maal minder dan bij een klassieke hangbrug.

Veroorzaakt door die geringe pijlmaat bedraagt de trekkracht in de kabel circa 20.000 kN. Dit ondanks het lage eigengewicht van de brug, 2 ton per  $m^1$ . De kabel is opgebouwd uit vier 120 mm diameter locked coil kabels die verankerd zijn aan de landhoofden, zie afbeelding 15.

De rijvloer is opgebouwd uit geprefabriceerde elementen met een lengte van 8 m. De breedte is gelijk aan de totaal benodigde breedte van 4 m. Het dek is opgebouwd uit aluminium extrusieprofielen. Het geheel is via uitkragende liggers aan de kabels opgehangen. De uitkragende liggers bestaan uit een kokerprofiel met een verlopende hoogte van 450 mm tot 225 mm. Aan de randen van het dek is een buisprofiel geplaatst. Dit profiel is de doorgaande ondersteunende ligger voor de rijvloer. Enkele details van de rijvloer staan gegeven in afbeelding 16.

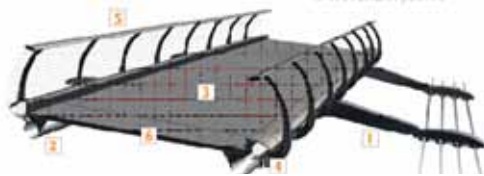
Op de openingsdag van de brug, juni 2000, ging het gelijk al fout. De brug begon veroorzaakt door de voetgangers, in dwarsrichting hevig te slingeren. Voor de zijoverspanning bedroeg de bewegingsamplitude 50 mm bij 0.8 Hz. Voor de hoofdoverspanning bedroeg deze respectievelijk 75 mm bij 1.0 Hz. Dergelijke bewegingen kunnen tot groot aantal slachtoffers leiden, zelf met fatale afloop. Een paar dagen na de openingsdag is de brug gesloten voor nader onderzoek.

#### Oplossing van het probleem

De oplossing kan worden gevonden door het nemen van de volgende maatregelen.

#### Toename van de brugstijfheid

Een mogelijke oplossing zou kunnen zijn om de stijfheid van de brug te vergroten, zodat daarmee de eigenfre-



1. uitkraging
2. buisprofiel
3. aluminium dek
4. belichting
5. balustrade
6. voegovergang

Afb. 16. Details van de Millennium Bridge Londen.

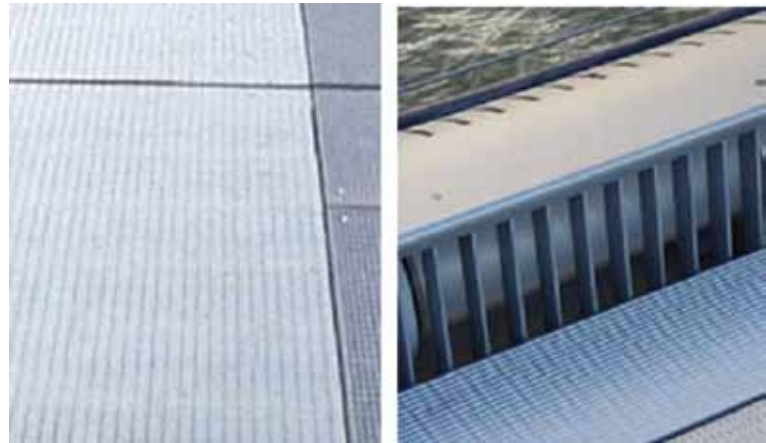
quentie toeneemt en buiten het gestelde gebied valt. Theoretisch geldt dat om de eigenfrequentie met een factor twee te verhogen de stijfheid met een factor 4 moet toenemen. Echter, doordat de massa daarmee toeneemt is weer een extra verhoogde stijfheid noodzakelijk. Kortom, dit bleek geen haalbare oplossing te zijn omdat daarmee de brug een totaal andere gedaante krijgt.

#### Toename van de demping

Er bestaan verschillende technieken om de demping van een brugconstructie te laten toenemen. Bijvoorbeeld bij kleine amplitudes kan gewerkt worden met materiaal demping vanuit visko-elastisch gedrag van het materiaal zelf. Bij grote(re) amplitudes werkt deze methode niet goed en moet eerder gedacht worden aan massa dempers.

Een overzicht van demping systemen:

- tuned mass demper (TMD); zijn geschikt voor een specifiek frequentiegebied. Het is een passieve demping, een zogenoemd massa-veer systeem. Met andere woorden de grootte van de massa en de stijfheid van de veer wordt zodanig ontworpen dat dit geheel in tegenfase gaat trillen;
- tuned liquid demper (LTD); een verhoudingsgewijs goedkope oplossing en eenvoudig te installeren. In de meest eenvoudige vorm kan hierbij gedacht worden aan een gesloten bak met daarin opgenomen water
- viskeuze demper; deze zijn geschikt voor een



Afb. 17. Extra staalconstructie aangebracht aan de onderzijde van de rijvloer.



breed spectrum van frequenties. Veelal wordt hierbij een cilinder gevuld met silicone vloeistof toegepast. De demper moet wel aan een vast onderdeel, bijvoorbeeld aan een pijlerconstructie zijn verbonden.

Uiteindelijk is de oplossing gevonden in het toepassen van 37 viskeuze dempers in combinatie met 50 TMD's. Een extra staalconstructie is aan de onderzijde van de rijvloer geplaatst. Het betreft hierbij verbandstaven met aan de uiteinden daarvan opgenomen de viskeuze dempers, zie afbeelding 17. Het zijdelings bewegen van de brug wordt door deze verbanden beperkt en de energie in deze verbandstaven wordt door deze dempers geabsorbeerd.

De demping van de brug is hiermee toegenomen van 0.5% naar 20% en daarmee is de versnelling van bewegen met een factor 40 afgenomen.

#### Literatuur

- [1] Ir. J. van der Asdonk, Master thesis "Voorontwerp en dynamische analyse van een hardhouten tuibrug voor langzaam verkeer". TU Delft jan. 2006.
- [2] Msc F. Haukson, Master thesis "Dynamic behaviour of footbridges subjected to pedestrian-induced vibrations". ISSN 0281-6679.
- [3] T. Fitzpatrick, et al. Linking London: The Millennium Bridge. Royal Academy of Engineering.
- [4] R.L. Pimental, et al. Evaluation of design requirements for footbridges excited by vertical forces from walking. Can. J. Civ. Eng. 28: 769-777 (2001).

# BIJZONDERE BRUG VOOR BINNENSTAD ASSEN

ir Gerhard Nijenhuis, ipv Delft

Het ontwerpbureau ipv Delft is als winnaar uit de bus gekomen bij de door de gemeente Assen uitgeschreven meervoudige opdracht voor het ontwerpen van de Witterbrug in Assen. Het ontwerp voor de ophaalbrug valt vooral op door de innovatieve plaatsing van de ballastkist, die de brug een bijzondere uitstraling geeft. De ballastkist is bovenop de hameikolom geplaatst, waardoor een 23 meter hoog landmark ontstaat.

Geheel in lijn met de wens van de gemeente heeft de eigentijdse brug een opvallend uiterlijk dat de toegang naar de binnenstad benadrukt. De opvallende hamei wordt een van de drie hoge punten die vanaf de A28 tot in het stadscentrum op een lijn staan (naast de politietoren en de Abdijkerk). Wanneer de brug opengaat, verdwijnt de balansriem geheel in het volume van de hameikolom. Verder zijn geen van de oppervlakten van de brug vlak, maar onderverdeeld in meerdere vlakken die onder een hoek ten opzichte van elkaar liggen, met een scherpe kniklijn.

De beoordelingscommissie was erg gecharmeerd van het ontwerp en verkoos ipv Delft boven de andere twee kandidaten, Arcadis en Vegter. Alfred Somsen van de gemeente Assen: "Het ontwerp van ipv Delft

paste het beste bij de kwaliteitsimpuls die wij in gedachten hadden. En we vonden het ontwerp gewoon het mooist."

Voor nadere informatie kunt u contact opnemen met ipv Delft op telefoonnummer 015 7502575.





# BRUGGEN HOUTRIBWEG, LELYSTAD

ir Adriaan Kok en ing Johan Büdgen, ipv Delft

Met de stoere stalen boogbruggen, opgebouwd uit H-profielen, heeft ipv Delft de door de gemeente Lelystad uitgeschreven prijsvraag voor het ontwerp van twee nieuwe fiets- en voetgangersbruggen gewonnen.

De gemeente Lelystad wilde bruggen die visueel interessant zijn voor de gebruikers. Het Delftse ontwerpbureau koos daarom voor boogbruggen die het momentenverloop volgen en waarin de krachtswerking in de constructie zichtbaar is. Waar de overspanning het hoogst is, komt de constructie meters boven het brugdek uit, terwijl deze zich op andere plaatsen juist onder het brugdek bevindt. De gehele constructie is opgebouwd uit stalen H-profielen, die onderling mooi

op elkaar aansluiten. Zo liggen alle verticale elementen exact in elkaars verlengde.

De hekwerken van de 5 meter brede bruggen zijn zo transparant mogelijk gehouden en hebben een vulling van spankabels. In de stalen balusters is verlichting opgenomen. Vanwege het grote verschil in lengte - de Punterbrug is 115 meter lang, de Galjoenbrug 50 meter - bestaat de ene brug uit drie en de andere uit twee bogen. Beide bruggen overspannen de Houtribweg, die parallel loopt aan het nabijgelegen Markermeer. Naar verwachting worden de bruggen medio 2008 geplaatst en opgeleverd.

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met ipv Delft, 015 7502574.



# EIGENTIJDSE BRUGGEN VOOR SMALLINGERLAND

ing Bas Wallert, ipv Delft



Strakke belijning, bijzondere vormgeving en doordachte detaillering. Zo is de bruggenfamilie te omschrijven die ipv Delft in opdracht van de gemeente Smallingerland ontwierp voor nieuwbouwwijk Burmaniapark in die gemeente, net ten noorden van Drachten. Staal, hout en driehoeken voeren de boventoon in de eigenzinnige ontwerpen.

De bruggenfamilie bestaat uit twee verkeersbruggen, vier fietsbruggen en een aantal privé-bruggen voor voetgangers. Hoewel ze onderling van elkaar verschillen, delen de bruggen sterke familiekenmerken. Het brugdek is bij alle bruggen bijvoorbeeld langer dan het hekwerk, wat betekent dat het hekwerk pas zo'n vijftig centimeter uit de oever begint en het hekwerk is altijd van staal met een houten handregel. Daarnaast delen de bruggen eenzelfde, vrij subtiele toeg. Deze toeg komt voort uit de prefab betonnen standaard brugdelen die, uit kosten oogpunt, gebruikt zijn voor de verkeersbruggen. Ook de driehoekige vorm keert in alle bruggen terug, bijvoorbeeld in de houten handregel en de stalen balusters.

## Houtwal

De belangrijkste inspiratie voor het ontwerp werd gevonden in de locatie, waar zich een prominente houtwal bevindt. Passend bij de moderne nieuwbouw van de wijk in aanbouw, koos de ontwerper voor hek-

werken met een houten handregel en bruggen met een strakke lijn, die letterlijk en figuurlijk door de houtwallen heen snijden. Dit laatste aspect komt vooral tot uiting in de horizontale stalen lamellen van het hekwerk op de verkeers- en fietsbruggen. Deze zijn gekanteld en doorsnijden de stalen balusters. Doordat elk van de vier lamellen over de gehele lengte aan de onderzijde is omgezet, behouden ze hun strakke belijning en buigen ze niet door.

## Materialen

Zowel voetgangersbruggen (de privé-bruggen) als de fietsbruggen combineren een stalen constructie met een houten dek. Zoals bij kleine overspanningen gebruikelijk is, is voor de verkeersbruggen een uitvoering in beton gekozen. Toch zijn ook deze bruggen strikt genomen hybride, want ze zijn beide voorzien van



uitkragende stalen voetgangersbruggen. Het brugdek van de voetpaden ligt zo'n 10 centimeter hoger dan het verkeersdek, waardoor de staalconstructie zichtbaar is. Om te voorkomen dat autoverkeer op het voetpad terecht kan komen, staat ter plekke van het hoogteverschil een lage stalen reling. Behalve voor een veilige verkeerssituatie, zorgt deze reling er ook voor dat de uitkragende constructie licht geconstrueerd kon worden en de brug er bijzonder slank uitziet. De stalen randliggers van de voetgangersbrug ontnemen immers het zicht op de achterliggende, veel zwaardere betonnen constructie. Voor de verkeersbruggen werd ook bijpassende verlichting door ipv Delft ontworpen.

#### Hekwerk

Extra aandacht is besteed aan de detaillering van de hekwerken. Zowel de aansluitingen tussen lamellen en balusters als die tussen balusters en randligger zijn zodanig gedetailleerd, dat water en vuil zich hier niet kunnen ophopen. Daar waar de lamellen de balusters doorsnijden, is het hoekje tussen lamellen en baluster aan de binnenzijde dichtgelast en onderaan in de V-vormige stalen balusters is een schuin stalen plaatje gelast om te voorkomen dat vuil zich kan ophopen in

de ruimte tussen randligger en baluster. Verder zorgen twee kopplaten, die elk twee lameluiteinden aan elkaar verbinden, voor een mooie beëindiging van lamellen en hekwerk.

#### Privé

De privé-bruggen, die als extra optie bij een deel van de huizen konden worden aangeschaft, hebben een ander hekwerk. Hier is de handregel rechthoekig en vormen de plaatstalen balusters van de zijkant gezien een driehoek. In plaats van lamellen bestaat de vulling uit spankabels. Ook in deze bruggen zijn de familiekenmerken (hout, driehoeken, in lengte uitstekend brugdek) duidelijk aanwezig.

Opdrachtgever:	gemeente Smallingerland
Oplevering:	2007
Overspanning:	autobruggen: 20 en 23 meter, fietsbruggen: 10 tot 17,5 meter, privébruggen: 10 meter
Uitvoeringskosten:	625.000,- euro
Meer info:	ipv Delft, telefoon 015-7502571



*Bruggenfamilie voor wijk Oostindie in Leek*



# VEELZIJDIGE BRUGGENFAMILIE VOOR LEEKSE WIJK OOSTINDIE

ing Johan Büdgen, ipv Delft

Met het plaatsen van twee toegangsbruggen is de ontwikkeling van nieuwbouwwijk Oostindie in Leek vorig jaar zomer echt begonnen. ipv Delft ontwierp voor de gemeente Leek alle dertig bruggen voor de wijk en liet zich inspireren door de veenhistorie en streekeigen bruggen en architectuur. Het resultaat doet met de vloeiende lijnen en geraffineerde detaillering denken aan het tijdvak van de art deco.

Omdat er veel bruggen in deze wijk komen, is gekozen voor een op elkaar gelijkende familie van bruggen. De al gerealiseerde brede toegangsbrug voor gemotoriseerd verkeer en de smalle fiets- en voetgangersbrug geven een goed beeld van de vormtaal van die bruggenfamilie. Zo zijn zowel de naar buiten krommende wand van donkerrode baksteen van de verkeersbrug, als de stalen randliggers van de fiets- en voetgangersbrug en het houten voetgangersdek elementen die bij later gemaakte ontwerpen in de andere bruggen in de wijk terugkeren. De stalen ligger bijvoorbeeld doet bij de fiets- en voetgangersbrug dienst als randligger, terwijl hij bij de verkeersbrug dient als latei waarop de bakstenen wand steunt.

Het meest in het oog springende element, dat straks in alle bruggen terugkomt, is het hekwerk. De gieta-

luminium balusters zijn zo vormgegeven dat het lijkt of de roestvaststalen spankabels er door middel van smeedwerk aan zijn bevestigd. Deze detaillering is geïnspireerd op het traditionele in de veenkoloniën gebruikte gereedschap, waarbij steel en blad daadwerkelijk aan elkaar gesmeed waren. Ook de keuze voor rode baksteen is gebaseerd op de omgeving; de traditionele streekboerderijen zijn opgetrokken uit een soortgelijke baksteen. Daarnaast doet de vorm van het brugdek, vrijwel vlak met een heel lichte toeg, sterk denken aan de bestaande bruggen in deze regio. Het tot uitdrukking brengen van het streekeigen karakter in de nieuwe brugontwerpen was dan ook een van de belangrijkste uitgangspunten voor de ontwerper. Uiteindelijk zal de wijk Oostindie bestaan uit 1200 woningen en zo'n dertig bruggen, die zijn onder te verdelen in vier verschillende brugtypen. Er komen onder meer fiets- en voetgangersbruggen met een houten dek en stalen bruggen die aan één zijde rusten op een stenen landhoofd. De bruggen zijn en worden in de loop van de jaren 2006 en 2007 in fasen geplaatst.

Opdrachtgever:	gemeente Leek
Oplevering:	2006 / 2007
Overspanning:	20 meter
Meer info:	ipv Delft, telefoon 015-7502574



# BRUG DE TANERIJ, ZWOLLE, BRUG MET TWEE ROUTES

ir Adriaan Kok, ipv Delft

Bij de prijsvraag voor het ontwerp van een voetgangersbrug over de Achtergracht in Zwolle heeft de gemeente gekozen voor het plan van ontwerpbureau ipv Delft. Dit ontwerp kenmerkt zich door een bijzondere constructie en twee verschillende looproutes. De brug vormt een nieuwe verbinding tussen de Diezerstraat en De Tanerij en ligt naast het theater De Spiegel. In lijn met de ideeën van de gemeente, heeft de 45 meter overspannende brug een gebogen vorm zodat een logische route ontstaat tussen de gebieden aan weerszijden van het water. Daarnaast sluit het ontwerp met haar verticale lijnenspel visueel aan op de gevel van het naastgelegen theater.

Er is gekozen voor een stalen draagconstructie die bestaat uit één enkele vierendeelligger (vakwerklijgger met alleen verticalen) in lensvorm. Deze ligger is opgebouwd uit kokerprofielen. Door het brugdek te splitsen in twee delen, waarbij het ene brugdek de onderste boog van de lenslijgger volgt en het andere de bovenste boog, ontstaat een brug met twee looproutes: een die omhoog en een die omlaag voert. Het hoogteverschil tussen de twee brugdekken is op het hoogste punt twee meter. Voetgangers hebben zo in het midden van de brug ook op de laaggelegen route uitzicht naar beide kanten. Ter hoogte van de aanlandingen zijn de

twee brugdelen samengesmolten tot één brugdek. De ondersteunende constructie is hier opgenomen in het talud. Op deze manier wordt het groene karakter van de oevers zo min mogelijk verstoord.

De uitkragende brugdekken hebben een doosvormige constructie en lopen naar buiten taps toe. Mede dankzij deze detaillering, waardoor de onderliggende dwarsbalken uit het zicht blijven, oogt de brug rustig en sober. Ook het hekwerk, dat bestaat uit eenvoudige stalen staanders, een stalen handregel en horizontale roestvrijstalen kabels, draagt bij aan dit beeld. Het hekwerk aan de binnenzijde van het naar beneden lopende brugdek is overigens balusterloos, omdat de verticale elementen van de vierendeelligger hier dienst doen als staanders. Ledverlichting in de stalen handregels doet het lichtgekleurde brugdek 's avonds oplichten.

De toegankelijkheid is een belangrijk aandachtspunt in het ontwerp. Zo is de helling van het binnenste brugdek, dat naar beneden loopt, flauw genoeg voor rolstoelgebruikers en kunnen invaliden elkaar op beide routes passeren. Tegelijkertijd zorgt de breedte van 1,70 meter ervoor dat fietsers de brug liever zullen mijden, zoals beoogd door de gemeente.

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met ipv Delft, telefoon 015 7502570.





*Brug de Tanerij in Zwolle*



# EEN LEIDSE BRUG IN ABSTRACTIE

drs. Michel M. Bakker

## De werkelijke Blauwpoortsbrug

Deze brug ligt bij of op de fundamenteën van de vroegere stadspoort waar hij ook naar vernoemd is: de Blauwe Poort. Het type duidt men aan met rolbasculebrug, uitgevoerd in twee helften. De brug werd gebouwd in 1911, ter vervanging van een oudere ongelijkarmige draaibrug. De nieuwe brug kreeg vijf openingen met het beweegbare deel in het midden, terzijde waarvan het bedieningshuis gebouwd werd. De doorvaartwijdte is 8 m, de breedte van het brugdek 2 x 7,3 m. De machine- en staartkelder kan vanuit het brugwachtershuis betreden worden. Het was gebruikelijk bij (rol)basculebruggen het brugwachtershuis recht boven die kelder te plaatsen.

Het brugwachtershuis en de brug met haar onderdelen zijn in een historiserende stijl tot stand gebracht; de brug met balustrades, lantaarns en siersmeedijzeren draaihekken. Het bedieningshuis bestaat uit twee bouwlagen onder een in oorsprong met leien gedekt schilddak. Het heeft hoge en smalle venster- en deuropeningen, natuurstenen hoekblokken, een gootlijst en nagenoeg symmetrisch ingedeelde gevels. Iets van neoclassicisme schemert er in door. Het geheel in een vorm die waardig aansluit op de herenhuizen van het nabije Rapenburg. Als architect koos men ir. J.H.E. Rückert, Kapitein der Genie b.d. Deze brug leidt druk wegverkeer over het Galgewater, maar dankt een deel van zijn bekendheid aan het viswinkeltje dat jarenlang in het brugwachtershuisje was gevestigd.



*Blauwpoortsbrug over het Leidse Galgewater. (foto Boy Husinga)*

## De geschilderde Blauwpoortsbrug

In 1917-1918 schilderde Theo van Doesburg de Blauwpoortsbrug met paard en wagen. Het is een gouache – geschilderd met dekkende waterverf, dus in ondoorzichtige verflagen – op papier. Van Doesburg gebruikte hier het uitzicht uit het raam van zijn atelier aan het Kort Galgewater, waar hij tussen april 1917 en juni 1920 werkte. Van Doesburg hierover in een brief aan Anthony Kok: “Het uitzicht dat ik heb is zoo prachtig, dat ik van uit mijn raam de mooiste komposities kan maken.”

Iets later, maar ook gedateerd 1917-1918, schilderde Van Doesburg deze ‘Blauwpoortsbrug met paard en wagen’ nog eens. Ook dit is een gouache, ditmaal ech-



*Detail van de brug met zicht op de Haarlemmerstraat (foto Boy Husinga)*





Foto Tim Koster, Instituut Collectie Nederland, Rijswijk/Amsterdam

ter op transparant papier. Het is een geabstraheerde versie van de hierboven afgebeelde weergave van de brug. Het abstraheringsproces zou zich nog verder voortzetten en ten slotte eindigen in de zogeheten Glas-in-loodcompositie VIII. Van Doesburg zou deze nadere abstracties ontwerpen tussen oktober 1918 en maart 1919 voor de woningblokken I en V in de Rotterdamse wijk Spangen, volkswoningbouw naar ontwerp van de architect J.J.P. Oud. De glas-in-loodramen fungeerden als bovenlichten boven de buitendeuren. Het Nationaal Glasmuseum te Leerdam bewaart drie exemplaren. Waarschijnlijk hebben er zes varianten van deze ‘meest abstracte’ Blauwpoortbrug bestaan. De ramen zijn opgebouwd uit rechthoekige stukjes gekleurd glas; van een herkenning van de oorspronkelijke brug is geen sprake meer. Helaas zijn in 1989 de laatste ramen uit de woningen te Spangen verwijderd. Achttien exemplaren zijn gerestaureerd. Van Doesburg in een brief aan zijn vriend Oud: “Ik ben hard bezig aan het glas-in-lood. Ik heb een prachtig motief gemaakt, echt geschikt: Stadsbrug. Ben nu bezig het om te werken en heb al enige studies klaar. Het is echter nog niet naar mijn zin. Ik neem er alle tijd voor.”

### Theo van Doesburg

Theo van Doesburg is het pseudoniem van Christian Emil Marie Küpper (Utrecht, 30 augustus 1883 – Davos 7 maart 1931). Van Theo van Doesburg staat zijn veelzijdigheid bekend als architect, kunstschilder, typograaf, schrijver, dichter, kunsttheoreticus en levenskunstenaar. Hij is vooral bekend geworden als oprichter en redacteur van de beweging ‘De Stijl’. Deze stroming zette zich in voor een nieuwe kunst in een nieuwe, betere wereld. De gelijkwaardige samenwerking tussen schilders en architecten was daarbij een belangrijk doel. Theo van Doesburg schreef verder verhalen, gedichten en kunstbeschouwelijke artikelen. Door deze veelzijdigheid, nog in combinatie met zijn dynamische persoonlijkheid, fungeerde hij als een katalysator binnen de Europese avant-garde. Hij gaf lezingen, organiseerde tentoonstellingen en zette zich, behalve voor De Stijl, in voor diverse andere tijdschriften en kunstenaarsgroepen.

Van Doesburg werd geboren te Utrecht, officieel als zoon van de Duitse fotograaf Wilhelm Küpper en Henrietta Margadant. Nadat zijn ouders uit elkaar waren gegaan, werd Van Doesburg opgevoed door zijn moeder en stiefvader, de horlogemaker Theo Doesburg,

die trouwens waarschijnlijk zijn biologische vader was. Na de lagere school bezocht Van Doesburg korte tijd de toneelschool, en omstreeks 1901 volgde hij enkele schilderlessen. Verder was hij autodidact. De jonge Van Doesburg wilde schilder en schrijver worden maar volgde geen opleiding. De vroege schilderijen zijn behoudend, maar Van Doesburg bewonderde Vincent van Gogh en Mathijs Maris; vanaf 1909 richtte hij zich op de artistieke expressie van emoties. In het voorjaar van 1913 kreeg hij waardering voor de abstracte schilderkunst. Mede door Kandinsky's *Das Geistige in die Kunst* beseftte hij dat de moderneren, net als hij, streefden naar een spirituele kunst.



Foto Tim Koster, Instituut Collectie Nederland, Rijswijk/Amsterdam

Van Doesburg gebruikte ook wel de pseudoniemen I.K. Bonset (dat een anagram zou zijn van ‘Ik ben sot’) en Aldo Camini. Hij publiceerde in april 1920 het manifest *De Literatuur* en sloot daarmee zijn literaire loopbaan af. Voortaan beschouwde hij zich als schilder-architect. Hij streefde met zijn geometrische ontwerpen naar de samensmelting van schilderkunst en architectuur. Van Doesburg propageerde ook het Dadaïsme in Nederland en publiceerde onder andere *Wat is dada* (1923). In Parijs richtte hij in 1929 de internationale kunstenaarsclub ‘Art Concret’ op.

Van Doesburg leerde in 1915 Piet Mondriaan kennen, en was bevriend met de architect J.J.P. Oud, ontwerper van onder andere het Nationaal Monument op de Dam in Amsterdam, van wie hij zijn eerste opdracht voor een glas-in-loodraam kreeg.

Van Doesburg overleed op 47-jarige leeftijd te Davos (Zwitserland). Hij wordt beschouwd als een van de meest controversiële en invloedrijke Nederlandse kunstenaars van de twintigste eeuw.

### Literatuur

J. de Heer, M.H. Cornips (red.), *Kleur en architectuur*, Rotterdam 1986, pp. 92-98, 99-103.

E. Hoek (red.), *Theo van Doesburg oevrecatalogus*, Utrecht/Otterlo/Bussum 2000, pp. 238-239, 242-243, et passim.

J. Oosterhoff (red.), B.H. Coelman, W.A. de Wagt, *Bruggen in Nederland 1800-1940, III, Beweegbare bruggen*, Utrecht 1999, pp. 98-100, 285, 358-360, 373-374.

Met dank aan

Instituut Collectie Nederland (F. Hamer)

Stedelijk Museum de Lakenhal te Leiden (mw. J. de Bruin)

## Afsluiting Hollandse Brug over Gooimeer

Eind april 2007 werd de Hollandse Brug in de A6 tussen Almere en Muiderberg voor onbepaalde tijd afgesloten voor het vrachtverkeer. De Rijkswaterstaat heeft dit gedaan omdat de vier tot zesduizend vrachtwagens, die dagelijks over deze brug rijden gaten in het wegdek kunnen veroorzaken. Het vrachtverkeer wordt omgeleid via de A1, het knooppunt Eemnes en de A27. Bussen mogen wel van de brug gebruik maken.

Prof. ir. L.A.G. Wagemans van de TU Delft constateert dat er helaas geen andere keuze is, omdat anders het asfalt op bruggen plotselinge scheuren kan vertonen en in kraterlandenschappen veranderen. De situatie is zó zorgwekkend dat vele kilometers betonasfalt van honderden bruggen zo snel mogelijk vernieuwd moet worden. Dit verschijnsel doet zich voor op betonbruggen, die tussen 1960 en 1980 werden gebouwd. De oorzaak is de enorme toename van het vrachtverkeer, het feit dat vrachtwagens tegenwoordig veel zwaarder beladen zijn en de overgang van dubbele naar enkele banden aan de wielassen, waardoor de belasting op het wegdek is toegenomen.

De reconstructie van het brugdek op de Hollandse Brug zal tot het voorjaar 2008 duren. Tot zo lang mogen er geen vrachtwagens meer over die brug rijden. De vervoerdersorganisatie EVO heeft berekend dat deze maatregel het transportwezen ongeveer 40 miljoen euro zal kosten.

Uw redacteur vraagt zich af waarom de Rijksdienst voor het wegverkeer, die toch alle op openbare wegen rijdende voertuigen moet keuren en daarvoor een certificaat moet geven (ook caravans en kleine aanhangwagentjes voor particulieren), de wijziging van dubbele banden naar enkele blijkbaar heeft toegelaten, hoewel de wieldruk dan ruim driemaal zo groot wordt dan waarop volgens de ontwerp voorschriften in de zestiger jaren moest worden gerekend.



Nieuwe Limesbrug in Woerden (foto Ciska Klooster)

## Nieuwe brug over de Oude Rijn in Woerden

Het verkeer, dat Woerden naar het oosten verlaat gaat nog steeds over een smalle hoge brug, de Groepenbrug. Over deze brug kan slechts verkeer in één richting toegestaan worden, het verkeer wordt dan ook met stoplichten geregeld. Om aan deze ongewenste situatie een eind te maken wordt er naast deze brug een nieuwe brug gebouwd. Het bestemmingsverkeer naar Breeveld gaat straks ook onder de nieuwe brug door, waarmee aan een gevaarlijke situatie een eind wordt gemaakt.

## Brug tussen Afrika en Azië

Men overweegt om diverse werelddelen met vaste verbindingen aan elkaar te koppelen. Tussen Alaska en Siberië en tussen Afrika en Europa (Spanje en Marokko) zijn plannen voor de bouw van tunnels gepresenteerd. Een verbinding tussen Afrika en Azië kon dus niet uitblijven. De Saudi-Arabisch bouwonderneming Middle East Development (MED) heeft een 'notice to proceed' getekend met het Amerikaanse bedrijf Noor City voor de bouw van een hangbrug die de straat van Bab el Mandeb, een deel van de Rode Zee, moet overspannen. Deze verbinding tussen Djibouti en Jemen zal 35 km lang worden. Het hoogste gedeelte wordt gevormd door een hangbrug met een vrije overspanning van 4987 m, die dan de grootste hangbrug ter wereld wordt. (bron: Technisch weekblad 26-05-2007)

## Brug te zwaar voor het Venetiaanse Canal Grande

De door de beroemde architect Santiago Calatrava ontworpen vierde brug over het Canal Grande in Venetië is zo zwaar dat zij in de drassige Venetiaanse bodem dreigt weg te zakken. De brug bestaat uit 74 enorme glasplaten, die samen één enkele overspanning van 94 m vormen. De brug, die een verbinding vormt tussen het station en Piazzale Roma, is acht meter breed en in het midden tien meter hoog. De fundamenten zijn reeds gemaakt, maar nu blijkt dat de brug tijdens de aanleg met een gewicht van 1500 ton op de oevers zal drukken, die daardoor kunnen verzakken. Daarom heeft men een hefboomconstructie gemaakt, die de kaden op hun plaats moeten houden totdat de brug zich heeft gestabiliseerd.

## Bruggen over het Amsterdam Rijnkanaal moeten hoger

De Rijkswaterstaat heeft een overeenkomst getekend met de provincie Utrecht en enkele gemeenten om groot onderhoud te plegen aan drie stalen boogbruggen over het Amsterdam-Rijnkanaal. Tegelijk hiermee moeten de bruggen 30 tot 40 cm worden opgevijseld om aan de aangescherpte Rijnvaartnorm te voldoen, die een grotere doorvaarthoogte voorschrijft om de vaart met 'vierlaagse' containerschepen mogelijk te maken. Later zullen nog vijf bruggen moeten worden opgevijseld. De eerste brug die onderhanden wordt genomen is de zeventig

jaar oude Jutphase brug in Utrecht, die ook van een nieuwe coating wordt voorzien. Daarna volgen de dertig jaar oude Schalkwijksebrug in Utrecht en de zeventigjarige Overeindsebrug in Nieuwegein. Onlangs is het werk aan de Maarssebrug, dat diende als pilotproject voor de andere acht bruggen afgerond. Ofschon erop gerekend was dat dit werk tien maanden zou duren, was het in vier maanden klaar. (bron: Technisch weekblad 26-05-2007)

### Opknopbeurt voor de Beltbrug in Amsterdam

De Beltbrug in Amsterdam krijgt een grondige opknopbeurt. Het val van deze uit de dertiger jaren van vorige eeuw stammende basculebrug wordt vervangen door een nieuw stalen val en de elektrische en werktuigbouwkundige installaties worden ook vervangen. Dat vereist een hele organisatie, want het gaat hier over een zeer druk verkeersknooppunt. De brug ligt over de Kostverlorenvaart tussen de tweede Hugo de Grootstraat en de Jan van Galenstraat. In 1976 is het houten brugdek vervangen door stalen rijdekluisen, waardoor het brugdek zwaarder is geworden. Destijds is ter compensatie van dit extra gewicht ballast toegevoegd aan het contragewicht. Om het verkeer niet te veel te hinderen is dit werk in de stillere zomermaanden gepland, gelijktijdig met de herprofilering van de Hugo de Grootstraat en de Jan van Galenstraat. De auto's volgen tijdelijk een andere route via de Willem de Zwijgerlaan, Haarlemmerweg en Nassaukade. Fietsers en voetgangers kunnen de brug passeren via een beweegbare tijdelijke brug, zodat het scheepvaartverkeer geen hinder ondervindt van de renovatie. De renovatie wordt uitgevoerd door de aannemerscombinatie K. Dekker BV en BSB Staalbouw, in opdracht van de Dienst Infrastructuur, Verkeer en Vervoer (DIVV). Het Ingenieursbureau Amsterdam (IBA) houdt toezicht op de werktuigbouwkundige en elektrotechnische installatiewerken. Voor deze renovatie kan IBA teruggrijpen op hun ervaringen bij de renovatie van de Kinkerbrug in 2003. Die is ook in zeer korte tijd gerenoveerd. Daarbij maken de betrokken partijen gebruik van het onder

de vlag van het CROW ontwikkelde communicatiesysteem VISI (Voorwaarden scheppen voor Invoeren van Standaardisatie ICT in de bouw). Met dit systeem worden alle betrokken partijen tegelijk geïnformeerd over relevante zaken betreffende de uitvoering van het werk. (bron: IBA Accent juni 2007)

### Dubbeldeksbrug 'De Lange Wapper' in Antwerpen

In het maartnummer van 2006 werd bericht dat men in Antwerpen een nieuwe brug over het havengebied 'Het eilandje' wil gaan bouwen. Deze brug is een onderdeel van de zogeheten Oosterweelverbinding, de ringweg die er voor moet zorgen dat de stad en de haven in de toekomst bereikbaar blijven. De brugconstructie bestaat uit een tuibrug met een overspanning van ruim vierhonderd meter. Vijf pijlers van 138 meter hoogte met dragende kabels houden de dubbeldeksbrug in evenwicht. Het onderste wegdek van ruim twintig meter breed hangt tussen veertien en



Impressie van de Lange Wapper, dubbeldeksbrug in de Oosterweelverbinding

twintig meter boven de waterspiegel, het bovenste wegdek is tien meter boven het onderste wegdek bevestigd. Men hoopt eind 2007 met de bouw van deze 2,5 km lange brug te beginnen en verwacht dat deze in 2011 gereed is. In het 'Masterplan Antwerpen' wordt er van uitgegaan dat het vrachtverkeer dan niet meer door de Kennedytunnel zal rijden, maar gebruik maakt van deze nieuwe verbinding. De nieuwe ringweg met de Lange Wapperbrug gaat naar verwachting circa 1,3 miljard euro kosten, twee keer zoveel als de oorspronkelijke raming. Door tolheffing hoopt de Vlaamse overheid de kosten terug te verdienen. (bron: Technisch weekblad 26-05-2007)

## RAAD VAN ADVIES



## BOEKEN

### **Bouwhistorische inventarisatie Compagniesbrug te Enkhuizen**

In opdracht van Oranjewoud BV in Almere Stad heeft P.C. Meijers – Bouwhistorie & Restauratie te Noordwijk een boekje uitgegeven over de Compagniesbrug in Enkhuizen. Deze bouwhistorische inventarisatie is uitgevoerd om gegevens te leveren voor een monumentenwaardering in verband met de voorgenomen renovatie van deze brug en de daarmee gepaard gaande wijzigingsvoorstellen. Allereerst wordt de bouwhistorie beschreven aan de hand van oude kaarten. Op een kaart van 1577 staat al een overbrugging, bestaande uit een enkele houten ophaalbrug met houten aanbruggen op jukken. Op een kaart uit 1666 zijn de houten aanbruggen vervangen door stenen welfbruggen. In 1743 wordt de brug

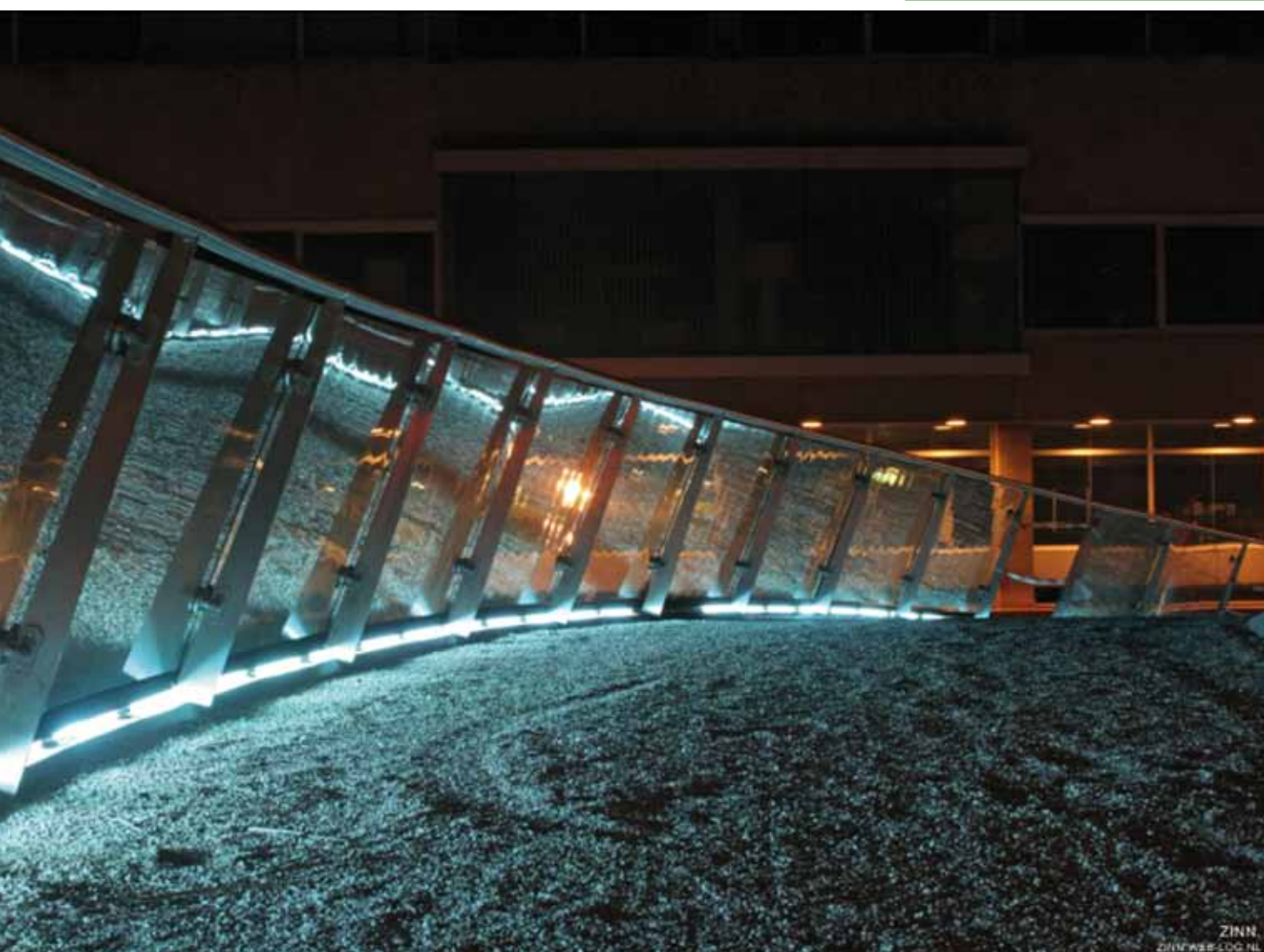
getekend als dubbele ophaalbrug met stenen welfbruggen als aanbruggen. Het beweegbare gedeelte van deze brug blijkt tussen 1900 en 1920 vervangen te zijn door een dubbele basculebrug, die echter in 1949 weer werd vervangen door een enkele ophaalbrug. Zo ziet de huidige brug er ook uit, die in het tweede hoofdstuk uitvoerig wordt beschreven. In het derde hoofdstuk wordt de monumentenwaardering gegeven. Mede gezien door de ligging bij de historische binnenstad van Enkhuizen heeft de brug een grote monumentale waarde. In het vierde hoofdstuk worden de varianten voor renovatie beoordeeld op hun invloed op de monumentale waarde van de brug.

Een zeer leeswaardig boekje. Eigenlijk zou voor iedere renovatie van een historische brug een dergelijk rapport geschreven moeten worden.

H.K.

## BEGUNSTIGER

De gelegenheid bestaat om begunstiger van de Nederlandse Bruggen Stichting te worden. Dit houdt in dat men in ieder geval viermaal per jaar het tijdschrift "BRUGGEN" zal ontvangen. Voorts zal de stichting bevorderen dat bij evenementen, die de Nederlandse bruggenbouw betreffen, begunstigers voordeel genieten. Dit geldt met name voor publicaties van de NBS. De begunstigersbijdrage is minimaal € 18,55, incl. btw. per jaar voor particulieren en € 83,30, incl. btw. per jaar voor instellingen en bedrijven. Voor aanmelding is het voldoende om een bedrag te storten op de postbankrekening van de stichting (postrekening 58975) ten name van de NBS te Den Haag. U kunt zich ook via de website aanmelden: [www.bruggenstichting.nl](http://www.bruggenstichting.nl)



*Dommelbrug in Eindhoven bij avond, artikel in het septemnummer van Bruggen 2006 (foto: Royal Haskoning)*