

# DUBBELDEKSBRUGGEN

Dr. A. Romeijn, TU Delft

## Inleiding

Bij een dubbeldeksbrug wordt het verkeer in twee lagen boven elkaar afgewikkeld. Het type verkeer en de indeling hiervan staat vrij. Zo kan men het weg- en treinverkeer onderling met elkaar combineren. Tevens kan men, indien gewenst, rekening houden met de afwikkeling van lokaal en doorgaand verkeer.

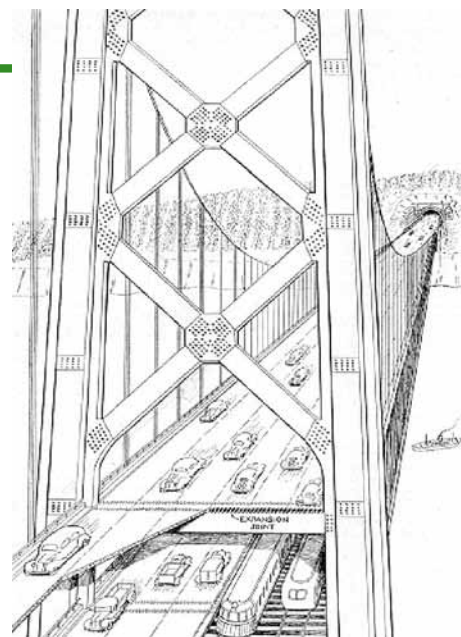
In het verkeersbeeld van Amerika en Japan zijn de dubbeldeksbruggen gemeengoed. Al vroeg in de 19<sup>e</sup> eeuw werden de eerste schetsen gemaakt van gecombineerde verkeersafwikkelingen op grote schaal. De schets van afb. 1 is de eerste impressie voor de te bouwen Bay bridge in Amerika.

Amerika is als eerste begonnen met de ontwikkeling van dubbeldeksbruggen. Meer dan een eeuw later heeft dit als inspiratiebron gediend voor de Oosterse landen, vooral Japan. De meest innovatieve ontwerpen en erva-ringen komen dan ook tegenwoordig uit deze landen. Amerika heeft zijn hoogtijdagen gehad rond de jaren 70.

De ontwikkeling van de bouw van dubbeldeksbruggen in Amerika en Japan staat uitgezet in afb. 2.

Op basis van een recent uitgevoerde inventarisatie naar dubbeldeksbruggen [1] is een spreidingsdiagram te tekenen, waaruit af te lezen is in welk land ervaring is opgedaan in het ontwerp en de bouw van dubbeldeksbruggen. Dit diagram is in afb. 3 weergegeven. Vooral in een aantal landen buiten Europa is de efficiëntie van de dubbeldeksbrug ontdekt. Deze landen hebben vaak te kampen met weinig ruimte in combinatie met een hoge verkeersintensiteit. Deze aspecten beginnen nu ook in Nederland een steeds grotere rol te spelen.

Een dubbeldeksbrug met een overspanning groter dan ongeveer 50 m. blijkt wezenlijk goedkoper dan de bouw van twee enkeldeksbruggen. Dit geldt zowel voor het vaste als het beweegbare gedeelte. Echter, de aanleg van toeleidende wegen kunnen het concept dubbeldeksbrug qua stichtingskosten oneconomisch maken. Tot nu toe zijn de enige in Nederland gebouwde dubbeldeksbruggen de aanlegbruggen naar de dubbeldeks veerponten bij Vissingen-Breskens, Kruiningen-Perkpolder en Den Helder-Texel. De beide eerste zijn

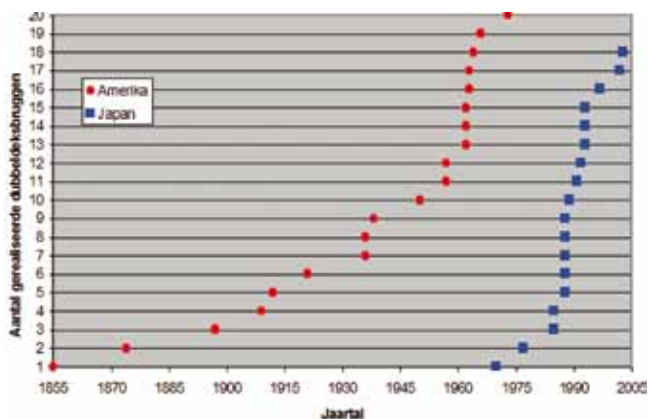


1. Schets van de Bay bridge – Amerika.

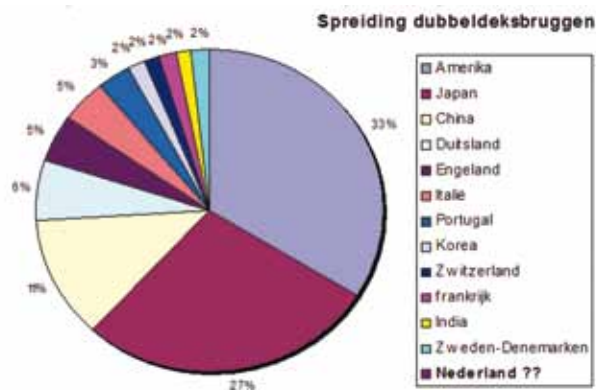
overigens onlangs al weer buiten gebruik gesteld. (zie 'BRUGGEN', jrg. 12 nr 2). Vaste dubbeldeksbruggen zijn in Nederland niet gerealiseerd maar de interesse is de laatste jaren bij verschillende aannemers sterk gewekt. De verwachting bestaat dan ook dat binnen ca. 15 jaar de eerste vaste dubbeldeksbrug in Nederland gebouwd zal gaan worden. In dit kader wordt specifiek gedacht aan de vervanging van de Merwedebrug in Gorinchem.

Brugtypen die zich in zekere mate lenen voor toepassing als dubbeldeksbruggen zijn de bekende soorten: vakwerkliggerbrug, kokerliggerbrug, boogbrug, cantileverbrug, tuibrug en hangbrug. Elk type onderscheidt zich door verschijningsvorm, belastingafdracht, materiaalgebruik (staal, beton, staalbeton), liggerstijfheid, uitvoeringswijze, etc.

Door het bestaan van een breed scala specifieke eigenschappen is op voorhand geen uitspraak te doen over welk type zich het best leent bij een bepaalde overspanning. Wel valt op voorhand te stellen dat een optimaal brugtype als enkeldeks variant niet bij voorbaat ook het meest geschikte brugtype is als dubbeldeks variant.



2. Ontwikkeling van de dubbeldeksbruggen in Amerika en Japan.



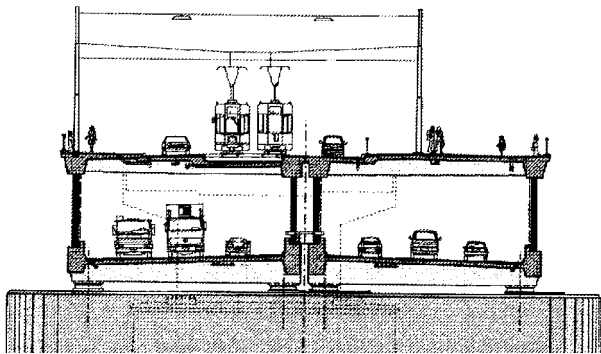
3. Verdeling van dubbeldeksbruggen over de verschillende landen.



4. Werra Valley Bridge, Duitsland.



5. Nanjing Yangtze River Bridge, China.



6. Dwarsprofiel van Dreirösen Brücke, Zwitserland.



6a. Dreirösen Brücke, Zwitserland.



7. Shinko-Maya Elevated Road Bridge, Japan.



8. Viadotto di Roccaprebalza, Italië.

## OVERZICHT VAN BESTAANDE DUBBELDEKSBRUGGEN

In dit kader voert het te ver om een compleet overzicht te geven van bestaande dubbeldeksbruggen. Voor de beeldvorming wordt daarom volstaan met enkele dubbeldeksbruggen per brugtype.

### Vakwerkliggerbruggen

Werra Valley Bridge auto-trein (Duitsland)(afb. 4)  
 Bouwjaar: 1983  
 Lengte hoofdo overspanningen (L): 80-96-96-80-64 m  
 Totale bruglengte: 416 m  
 Breedte: 38.5 m  
 Vakwerktype: Warren Truss  
 Verhouding h / L:  $\frac{1}{5.8}$   
 Combinatie van hogesnelheidstrein en wegverkeer.  
 Zowel onder- als bovendek bestaand uit een stalen orthotrope rijvloer.

Nanjing Yangtze River Bridge auto-trein (China) (afb.5)  
 Bouwjaar: 1968  
 Lengte hoofdo overspanningen (L): 128 m - 9 x 160 m  
 Totale bruglengte: 6772 m  
 Breedte: 15 m

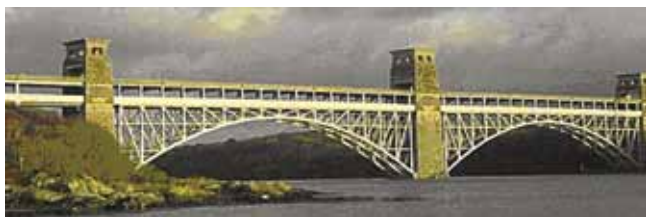
Dreirösen Brücke auto-tram-voetgangers (Zwitserland) (afb. 6)

Bouwjaar: 2004  
 Totale bruglengte: 266 m  
 Lengte hoofdo overspanningen (L): 77 – 105 –84  
 H.o.h. afstand dek (h): 8.25 m  
 Verhouding h / L:  $\frac{1}{12.7}$   
 Breedte: 33 m (2 x 15 m)  
 Diagonalen: 400 x 400 gevuld met beton

### Kokerliggerbruggen

Shinko-Maya Elevated Road Bridge (Japan) (afb. 7)  
 Bouwjaar: 1977  
 Breedte: 11.6 m / 9 m  
 Totale bruglengte: 224.1 m  
 Lengte overspanningen: 52.3 m - 32.6 m – 52.0 m – 28.0 m – 55.0 m  
 Staalgewicht: 2 450 ton

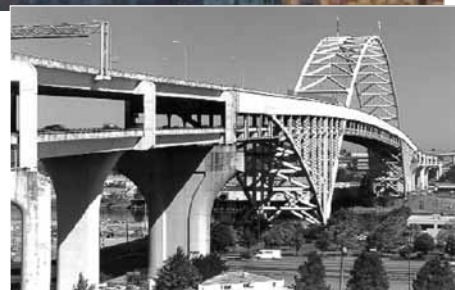
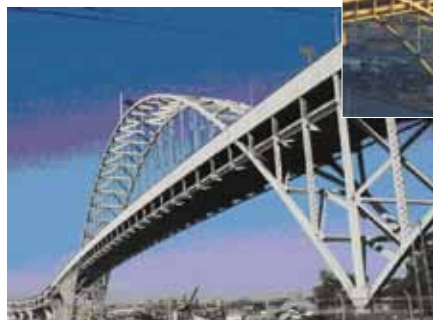
Viadotto di Roccaprebalza (Italië) (afb. 8)  
 Bouwjaar: 1970  
 Lengte hoofdo overspanning: 45 m  
 Totale bruglengte: 600 m  
 Hoogte pijler: max. 100 m



9. Britannia Bridge, Engeland.



11. Fremont Bridge , Amerika .



10. Fort duquesne Bridge, Amerika.



12. Rokko Island Bridge, Japan.

## Boogbruggen

Britannia bridge auto-trein (Engeland) (afb. 9)  
 Oorspronkelijk gebouwd als enkeldeks brug. In 1971 is de brug gerenoveerd na een fatale brand en uitgevoerd als dubbeldekker. Het bovendeck is voor de afwikkeling van het autoverkeer en het onderdek voor treinverkeer. In het jaar 1999 is gediscussieerd over een derde dek, zodat twee lagen voor wegverkeer zouden ontstaan. Dit ambitieuze plan is nooit gerealiseerd.

Lengte hoofdoverspanning: 146 m  
 Totale bruglengte: 432 m  
 Doorvaarthoogte: 27.4 m  
 Pijl (f/l): ~ 0.19

Fort Duquesne bridge (Amerika) (afb. 10)  
 Bouwjaar: 1963  
 Lengte hoofdoverspanning: 130 m  
 Doorvaarthoogte: 14 m  
 Vakwerkhoogte: ~ 10.5 m  
 Vakwerktype: Warren truss (45°)  
 Pijl (f/l): ~ 0.17

De kokervormige boog is samengesteld uit staalplaten, welke aan elkaar zijn genageld. De rijvloer is met verticaal geplaatste hangers (staalkabels), aan de boog verbonden.

Fremont Bridge (Amerika) (afb. 11)  
 Bouwjaar: 1973  
 Hoofdoverspanning (L): 382.8 m  
 Hoogte (f): 53.4 m  
 Pijl (f/L): 0.14

Rokko Island bridge (Japan) (afb. 12)  
 Bouwjaar: 1993  
 Lengte hoofdoverspanning: 217.6 m  
 Breedte: 13.5 – 19 m  
 Boogbrugtype: Lohse boogbrug



13. The Maurice J. Tobin Bridge, Amerika.



15. Minato Bridge, Japan.



14. Bay Bridge ,cantilever deel, Amerika.



16. Brent Spence Bridge, Amerika.

## Cantileverbruggen

The Maurice J. Tobin Bridge (Amerika) (afb. 13)

Bouwjaar:	1950
Lengte hoofdo overspanning:	110.5 m - 244 m - 110.5 m
Totale bruglengte:	3629 m
Breedte:	12.8 m
Breedte rijweg:	10.97 m
Doorvaarthoogte:	41.1 m

Bay Bridge, Cantilever deel (Amerika) East (afb. 14)

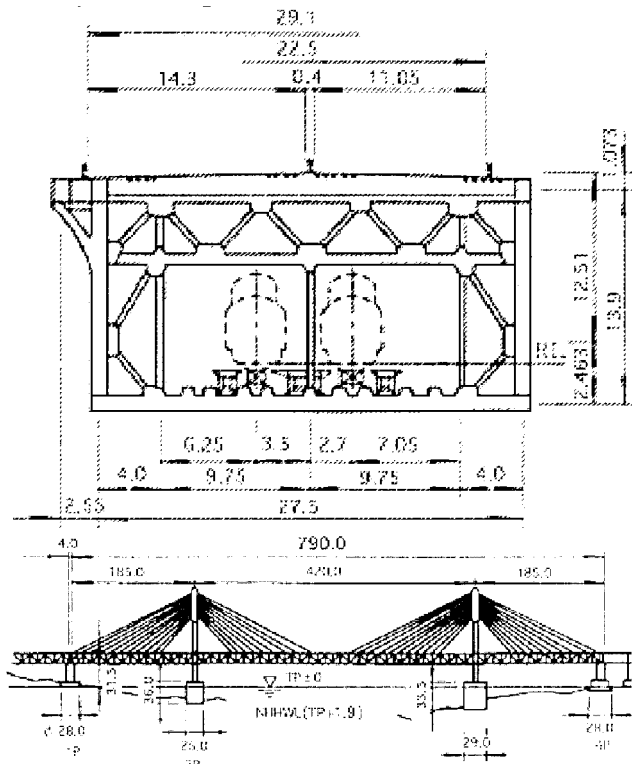
De Bay bridge is gebouwd in 1936 en is sindsdien één van de drukste bruggen in Amerika, met circa 300.000 auto's per dag. De brug bestaat uit vijf afzonderlijke delen: twee hangbruggen, vakwerkbrug, cantilever brug en een boortunnel. Op het onderdek reden vrachtwagens en treinen en op het bovendeck de personenwagens. In 1959 is het treingedeelte verwijderd en is de brug omgebouwd tot verkeersbrug, met boven en onder vijf rijbanen. De lengte van de hoofdo overspanning bedraagt 427 m. Momenteel wordt ter vervanging een nieuwe brug gebouwd.

Minato Bridge (Japan) (afb. 15)

Bouwjaar:	1973 (1 <sup>e</sup> dek), 1991 (2 <sup>e</sup> dek)
Lengte:	983m (235 – 510 – 235 m)
Lengte hoofdo overspanning:	510 m
Breedte dek:	22.5 m
Doorvaarthoogte:	51.5 m
Hoogte brug boven oplegging:	68.5 m
Hoogte vakwerk in midden:	17 m (68.5–51.5 m)

Brent Spence Bridge (Amerika) (afb. 16)

Bouwjaar:	1963
Lengte hoofdo overspanning:	253 m
Lengte zijoverspanningen:	138 m – 253 m – 138 m



17a + b. Lengte en dwarsprofiel van de Hitsuishijima Bridge, Japan



17. Hitsuishijima Bridge, Japan



19. Rokko Bridge, Japan.



20. Yokohama Bay Bridge, Japan.



18. Øresund Bridge, Denemarken

## Tuibruggen

Hitsuishijima Bridge auto-trein (Japan) (afb. 17)

Bouwjaar:	1988
Lengte hoofdoerspanning(L):	420 m
Totale bruglengte:	790 m
Zij-overspanning (Z):	185 m
Breedte:	29.1 m
Verhouding Z / L:	0.44
Pyloonhoogte:	148.1 m
Pyloon hoogte boven dek (H):	~ 96 m
Verhouding H / L:	0.228
H.o.h. afstand brugdekken:	13.9 m

Øresund bridge auto-trein (Zweden-Denemarken) (afb. 18)

Bouwjaar:	2000
Lengte hoofdoerspanning (L):	140 m (vakwerk), 490 m (tuibrug)
Totale bruglengte:	7845 m (totale brug)
Zij-overspanning (Z):	240 m
Verhouding Z / L:	0.49
Doorvaarthoogte:	57 m (tuibrug)
Pyloon hoogte:	203.5 m
Pyloon hoogte boven dek (H):	~ 130 m
Verhouding H / L:	0.265

Rokko bridge in Kobe (Japan)(afb. 19)

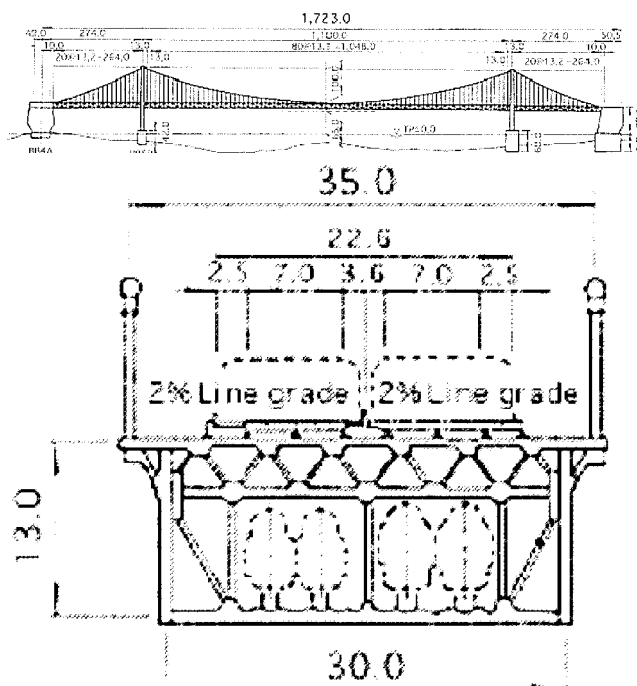
Bouwjaar:	1976
Lengte:	400 m
Lengte hoofdoerspanning (L):	220 m
Zij-overspanning (Z):	90 m
Totale bruglengte tuibrug:	400 m
Verhouding Z / L:	0.41
Pyloon hoogte:	57.50 m
Pyloon hoogte boven dek (H):	~ 46.5 m
Verhouding H / L:	0.211
Breedte:	24.1 m

Yokohama Bay Bridge (Japan) (afb. 20)

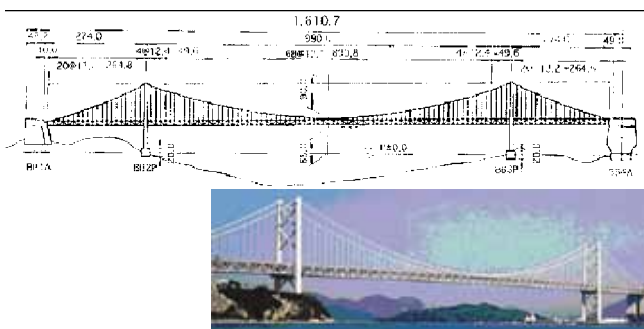
Bouwjaar:	1989
Totale bruglengte:	860 m
Lengte hoofdoerspanning (L):	460 m
Zij-overspanning (Z):	200 m
Totale bruglengte tuibrug:	860 m
Breedte:	39 m
Verhouding Z / L:	0.43
Pyloon hoogte:	172 m
H.o.h. brugdekken:	13.75 m
Doorvaarthoogte:	55 m
Pyloon hoogte boven dek (H):	~ 103 m
Verhouding H / L:	0.224



21. Tsing Ma Bridge, Japan.



23a + b. Lengte en dwarsdoorsnede van de Minami Bisan-Seto Bridge, Japan.



22. Kita Bisan-Seto Bridge.



23. Minami Bisan-Seto Bridge, Japan.

## Hangbruggen

Tsing Ma Bridge auto-trein (Japan) (afb. 21)

Bouwjaar:	1997
Lengte hoofdoerspanning (L):	1377 m
Totale lengte:	2200 m
Lengte zij-overspanning (Z):	411.5
Verhouding Z / L:	0.30
Doorvaarthoogte:	79.5 m
Hoogte pyloon:	206 m
Brugdekbreedte:	40 m
Afstand tussen de hangers:	18 m
Hoofdkabel diameter:	1.1 m
Span / sag ratio:	11.0 (1377/125.2)

Voor het onderdek zijn er maatregelen getroffen i.v.m. explosiegevaar. Voertuigen met gevaarlijke stoffen uit categorie 1, 2 of 5 (Japanse maatstaven Wat betekent dit?) mogen niet over het onderdek. Ook is er een snelheidsreductie vastgelegd om de aanrijdbelasting te reduceren. Voor voertuigen met een groot aangeblazen oppervlak door de wind is het verplicht het onderdek te gebruiken. De Tsing Ma Bridge is de langste gecombineerde trein- verkeershangbrug ter wereld en daarnaast ook één van de langste hangbruggen ter wereld. Door een aërodynamische vormgeving van het dek van de brug kan een windsnelheid van 300 km/uur weerstaan. Zo bestaan er luchtgaten in boven- en onderdek waarmee de luchtstroom enigszins wordt gereguleerd.

Kita Bisan-Seto Bridge auto-trein (Japan) (afb. 22)

Bouwjaar:	1985
Lengte hoofdoerspanning (L):	990 m
Lengte zijoverspanning (Z):	2 x 274 m
Totale bruglengte:	1610.7 m
Verhouding Z / L:	0.28
Doorvaarthoogte:	65 m
Pyloonhoogte:	161.1 m
Doorhang:	90 m
Span / sag ratio:	11.0 (990/90)

Minami Bisan-Seto Bridge auto-trein (Japan) (afb. 23)

Bouwjaar:	1988
Lengte hoofdoerspanning (L):	1100 m
Zijoverspanning (Z):	2 x 274 m
Totale bruglengte:	1723 m
Verhouding Z / L:	0.25
Span / sag ratio:	11.0 (1100/100)

De Minami Bisan-Seto Bridge was de langste gecombineerde trein- verkeershangbrug ter wereld totdat de Tsing Ma Bridge werd gebouwd in 1997. De constructie is ontworpen om een aardbeving met een kracht van 65 m/s te weerstaan.

# BELANGRIJKSTE KENMERKEN VAN DUBBELDEKS-BRUGGEN

## De lengte van de hoofdoverspanning

Wanneer allereerst wordt gekeken naar het bouwjaar van de verschillende typen dubbeldeksbruggen, (afb. 24), dan valt op dat:

- de dubbeldeks cantileverbrug sinds 1974 niet meer is gebouwd
- de dubbeldeks tuibrug pas vanaf eind 1970 bestaat
- de dubbeldeks boogbrug en dubbeldeks hangbrug reeds ca. 140 jaar bestaan.
- de boogbrug het meest is toegepast als dubbeldeksbrug

Met betrekking tot de maximale (economische) hoofdoverspanning per brugtype bestaan voor enkeldeksbruggen kengetallen. Als aanvulling hierop is in afb. 25 per brugtype de maximale hoofdoverspanning van tot heden uitgevoerde enkeldeks- en dubbeldeksbruggen gegeven.

Uit afb. 25 valt te constateren dat voor elk brugtype de maximale lengte van de hoofdoverspanning van dubbeldeksbruggen aanzienlijk achterblijft bij die van enkeldeksbruggen.

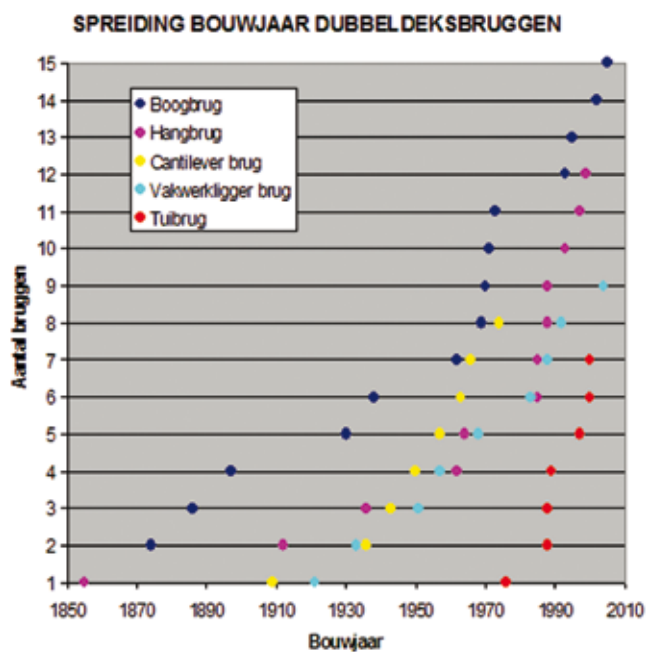
Wanneer wordt gekeken naar de meest recent gebouwde dubbeldeksbruggen, dan is een duidelijke trend voor tui- en hangbruggen te zien (afb. 26). De hangbrug wordt duidelijk gebruikt voor de grootste overspanningen. De tuibrug volgt als een geduchte tweede en als alternatief voor de wat kleinere overspanningen doen de boogbrug en de vakwerklijgerbrug het goed.

In afb. 27 is een vergelijk gemaakt tussen de overspanningen van enkeldeksbruggen en dubbeldeksbruggen. Het blijkt dat de dubbeldeksbruggen in dezelfde range vallen als de enkeldeksbruggen. Alleen, zoals al eerder is aangetoond, liggen de maximaal behaalde hoofdoverspanningen van de enkeldeksbruggen hoger.

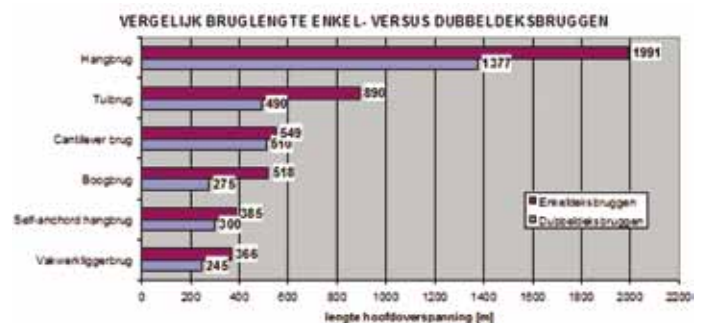
Uit de reeds gebouwde dubbeldeksbruggen kan men afleiden welk brugtype bij een bepaalde overspanning een goede oplossing biedt. (tabel 1).

Overspanning	Brugtype
50-150 m	Vakwerklijgerbrug op twee steunpunten
150-250 m	Vakwerklijgerbrug doorgaand / boogbrug
200-420 m	Boogbrug
250-500 m	Tuibrug / Cantileverbrug
500-1400 m	Hangbrug

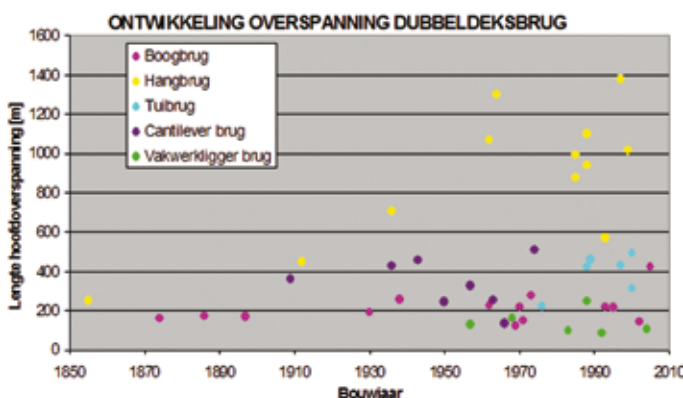
Tabel 1. Lengte van de hoofdoverspanning van een dubbeldeksbrug per brugtype.



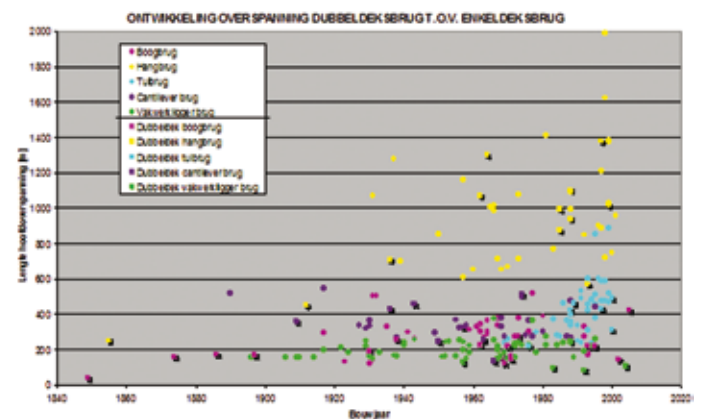
24. Toepassing van brugtypen dubbeldeksbruggen over de tijd gezien.



25. Vergelijk per brugtype van de grootste hoofdoverspanning.



26. Ontwikkeling van de lengte van de hoofdoverspanning per brugtype.



27. Ontwikkeling van de hoofdoverspanning per brugtype van enkeldeksbruggen en dubbeldeksbruggen [2].

# BRUG GEOMETRIE

## Vakwerklijgerbrug

Bij vergelijking van een enkel- en een dubbeldeks vakwerklijgerbrug, uitgerekend met hetzelfde spanningsniveau in de onderdelen, blijkt dat de onderdelen geen twee keer zo groot oppervlak nodig hebben. De tweede rijvloer zorgt voor extra stijfheid, wat het mogelijk maakt relatief slanker te construeren. Uit bestaand onderzoek naar de meest effectieve constructiehoogte voor enkeldeksverkeersbruggen blijkt dat deze circa  $\frac{1}{15}$  van de hoofdoverspanning is voor verkeersbruggen en ongeveer  $\frac{1}{10}$  voor spoorbruggen. Zou men dit onderzoek voor dubbeldeksbruggen uitvoeren, dan wordt verwacht dat deze factor verlaagd kan worden. Hieraan zit echter wel een minimum, gelet op het profiel van vrije ruimte benodigd voor het verkeer op het onderdek. Van drie dubbeldeks vakwerklijgerbruggen was de verhouding liggerhoogte (H) / hoofdoverspanning (L) te bepalen. De waarden zijn in afb. 28 weergegeven samen met een minimaal vrije hoogte voor treinverkeer van 10 m en 5.5 m voor autoverkeer. De horizontale lijnen geven de meest efficiënte verhoudingen voor enkeldeksbruggen. Bij de Öresund brug is duidelijk te zien dat deze exact is ontworpen op het minimale profiel van vrije ruimte voor treinverkeer. Bij de Yoshima Bridge is waarschijnlijk

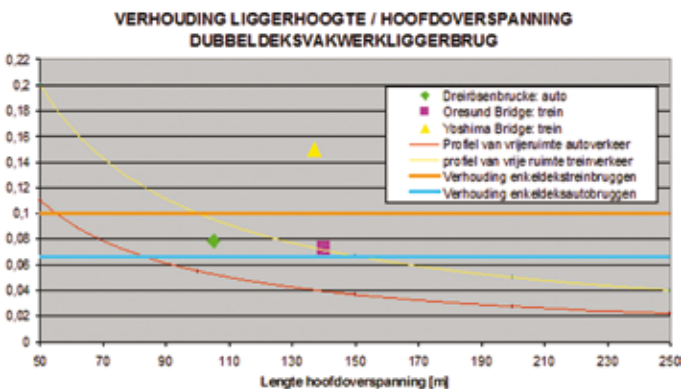
gerekend met een nog hoger profiel van vrije ruimte of was een hogere stijfheid vereist voor het treinverkeer in verband met seismische belasting (aardbevingsgevoelig gebied). De Dreirösen Brücke had waarschijnlijk met een relatief iets slankere constructie kunnen volstaan. Vermoedelijk gaat voor kleine overspanningen het profiel van vrije ruimte domineren en voor grotere overspanningen de meest efficiënte constructiehoogte. Voor dubbeldeksbruggen zullen de horizontale lijnen dan een tweedegraads kromme worden, waarin het profiel van vrije ruimte is verwerkt.

## Boogbrug

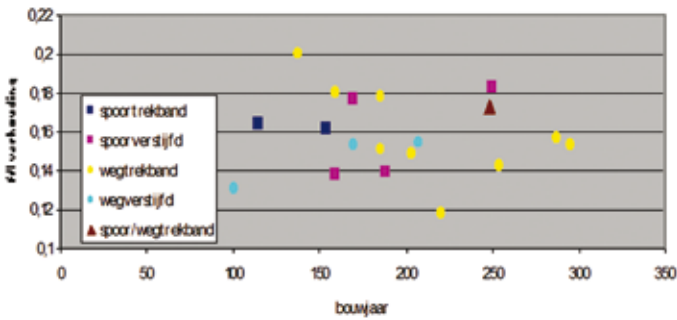
Een maat voor de geometrie betreft de verhouding pijl/h hoofdoverspanning. Voor de verhouding pijl/h hoofdoverspanning [f/L] bij boogbruggen is geen duidelijk verschil te constateren tussen enkeldeks- en dubbeldeksboogbruggen. Resultaten over deze verhouding staan weergegeven in afb. 29 (enkeldeks boogbruggen in Nederland) en afb. 30 (dubbeldeksbruggen).

## Tuibrug

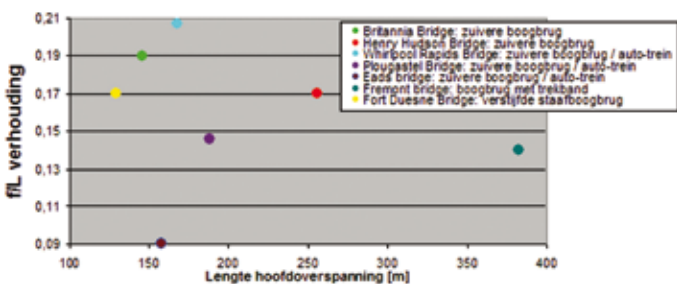
Voor het bepalen van een optimale geometrie van een tuibrug zijn de belangrijkste kengetallen de verhouding zijoverspanning/h hoofdoverspanning en de verhouding pyloonhoogte/h hoofdoverspanning. Voor de dubbeldeks tuibruggen staan beide verhoudingsgetallen weergegeven in afb. 31 en afb. 32. De beide verhoudingsgetallen liggen in dezelfde orde van grootte als voor enkeldeksbruggen.



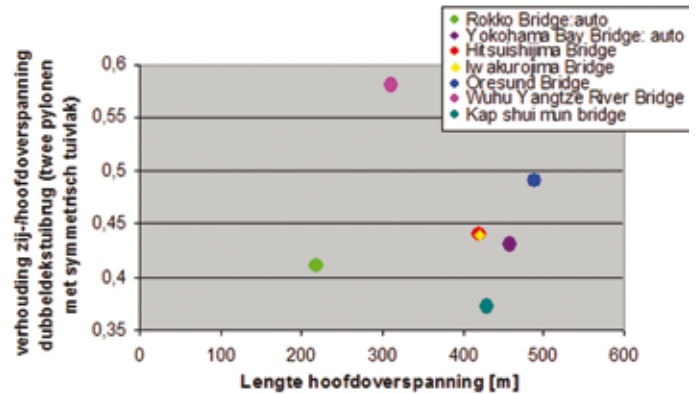
28. Verhouding liggerhoogte / hoofdoverspanning dubbeldeksvakwerklijgerbrug



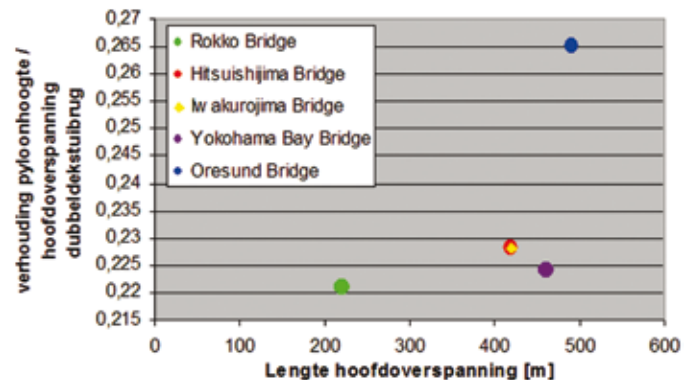
29. Verhouding f/L enkeldeksboogbruggen in Nederland



30. Verhouding f/L dubbeldeksboogbrug.



31. Verhouding zij- / hoofdoverspanning dubbeldeks tuibrug



32. Verhouding pyloonhoogte / hoofdoverspanning dubbeldeks tuibrug



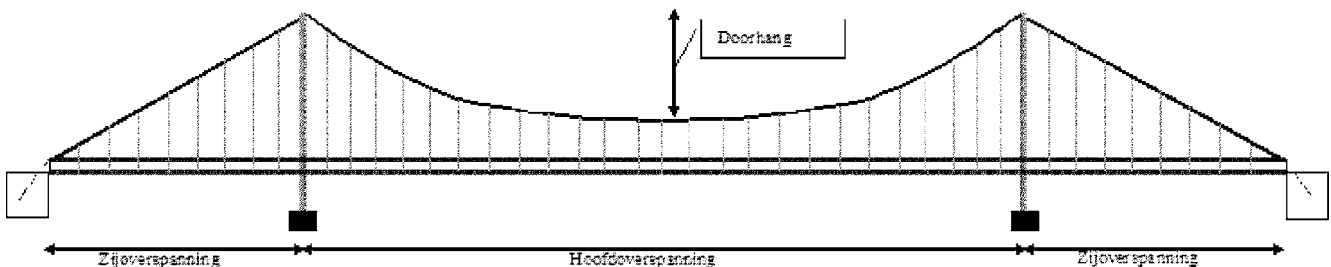
## Hangbrug

Een maat voor de geometrie is de verhouding hoofdoverspanning / doorhang en de verhouding zijoverspanning / hoofdoverspanning (afb. 33). Resultaten van de verhouding hoofdoverspanning / doorhang staan vermeld in afb. 34 en 35.

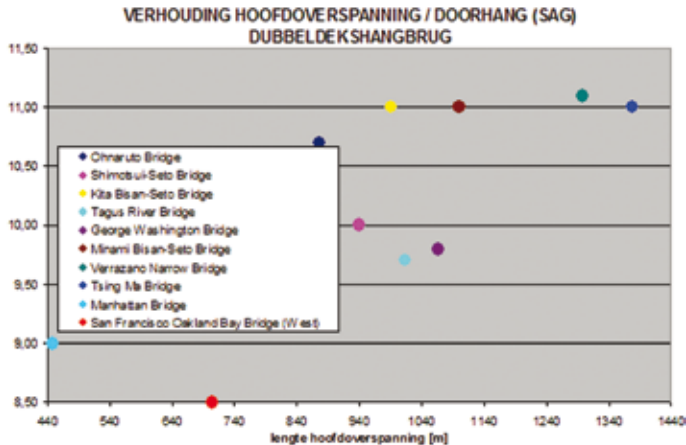
Bij het ontwerp van een hangbrug is de eerste beslissing die moet worden genomen het bepalen van de lengte van de hoofdoverspanning. De meeste hangbruggen dienen ervoor om een zo breed mogelijke doorvaart te garanderen voor de scheepvaart. De lengte van de zijoverspanning wordt normaal gesproken bepaald door de positie van de verankeringsblokken. De meest economische positie is afhankelijk van de bodemgesteldheid en de spanning in de kabels. Echter, de verankeringskabel, die naar de top van de pyloon loopt, bepaalt mede de verticale stijfheid van de brug. Deze gegevens leiden tot een maximale theoretische lengte van de zijoverspanning van ongeveer de helft van de hoofd-

overspanning. Uit onderzoek blijkt dat de meest praktische waarde ongeveer 40% bedraagt (afb. 36). De minimale lengte ligt rond de 25% tot 30% van de hoofdoverspanning.

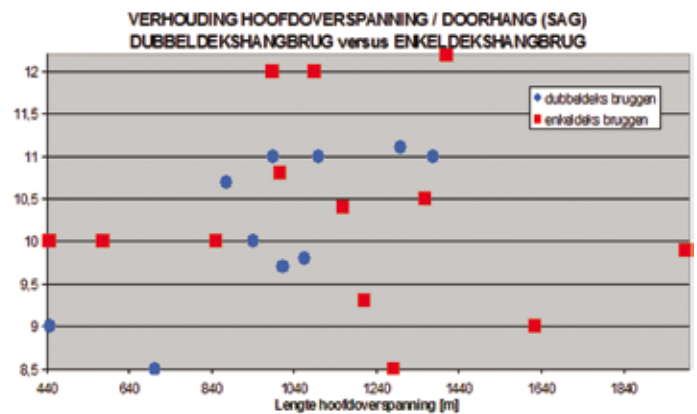
Volgens afb. 36 heeft alleen de Ohnaruto bridge optimale zijoverspanningen. Daarnaast moet worden vermeld dat de George Washington bridge en de Tagus River bridge oorspronkelijk enkeldeksbruggen waren en nu tot dubbeldeks zijn uitgebreid. Hier was de George Washington bridge op ontworpen, dus wordt aangenomen dat dit ook een dubbeldekker is. De Tagus River bridge is echter niet als dubbeldeksbrug ontworpen. De verhouding zij-, / hoofdoverspanning van een drietal dubbeldeksbruggen valt onder het minimum van 0.25 voor enkeldeksbruggen. De maximale verhouding wordt niet overschreden (wel door een enkeldeksbrug). Er is verder geen tendens te ontdekken tussen de verhouding zij-, hoofdoverspanning van enkel-, en dubbeldeksbruggen de spreiding is hiervoor te groot.



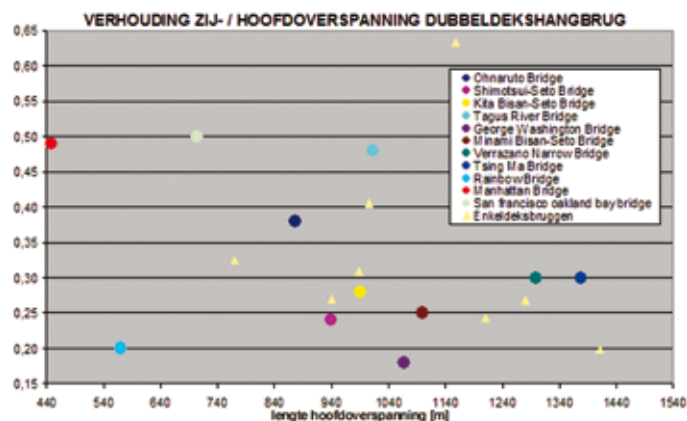
33. Geometrie van een hangbrug.



34. Verhouding hoofdoverspanning / doorhang dubbeldekshangbrug



35. Verhouding hoofdoverspanning / doorhang dubbeldekshangbrug en enkeldekshangbrug



36. Verhouding zij- / hoofdoverspanning dubbeldekshangbrug

# DUBBELDEKSBRUG TER VERVANGING VAN DE MERWEDEBRUG GORINCHEM, FANTASIE OF WERKELIJKHEID?

De huidige Merwedeburg is in 1960 gebouwd over de Boven Merwede bij Gorinchem, (afb. 37) en maakt deel uit van de A27. De hoofdoverspanningen bedragen elk 170 m. De brug heeft een hoogte van 26 m. De verhouding pijlhoogte (f) / hoofdoverspanning (L) komt hierdoor op 0.15.

De booglijger heeft een verlopende hoogte van 1.0 tot 1.6 m en een breedte van 0.784 m. De hoofdlijgers liggen hart op hart 16.8 m. De brug heeft een totale breedte, inclusief consoles voor het langzaam verkeer, van 25.2 m. Het totale staalgewicht van de twee hoofdoverspanningen (340 m) bedraagt 3370 ton. De brug bestaat uit twee slanke boogbruggen met verstijvingslijger. Dit was in de jaren 1960 op bruggengebied een trend. De hoofdlijgers hebben de vorm van een koker van 0.75 m breedte, waarvan de hoogte varieert van 3.5 m bij de opleggingen tot 2.5 m in het midden. De brug bestaat, vanuit het zuiden gezien, uit een viertal aanbruggen, twee boogbruggen, een beweegbaar deel gevolgd door wederom vier aanbruggen. De beweegbare brug is van het type bascule met een stalen klap. De aanbruggen zijn uitgevoerd in voorgespannen beton. De A27 tussen Breda en Utrecht is een belangrijke verbindingssas in het noord-zuidverkeer, zowel voor het personenvervoer, de transport sector als het interregionaal openbaar vervoer. Per werkdag passeren 86.000 voertuigen de Merwedeburg bij Gorinchem, een vijfde deel is vrachtverkeer. De groei van het autoverkeer zet gestaag door. Voor 2010 wordt een toename van het aantal voertuigen van 86.000 (cijfer mei 2001) naar 101.000 verwacht. De gemiddelde trajectsnelheden tijdens de spits komen daarmee in 2010 ver onder de minimaal gewenste 60 km/uur-grens. Verwacht wordt dat de gevolgen voor de kwaliteit van de leefomgeving, de veiligheid en de bereikbaarheid tegen die tijd onaanvaardbaar groot zullen zijn. Volgens de meest recente

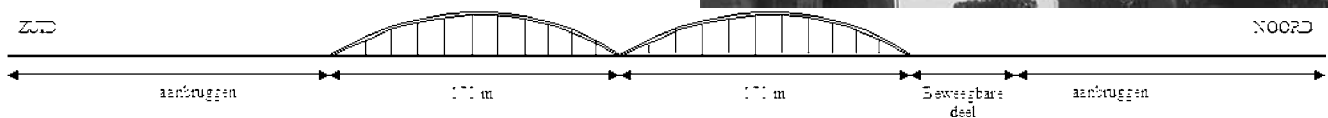
metingen, september 2003, staat de Merwedeburg nu al op nummer 1 in de file top 10 (tabel 2).

Bij het bepalen van het dwarsprofiel van de brug moet met een scala van factoren worden rekening gehouden. Een daarvan betreft het ROA eisenpakket. (ROA = Rijks Ontwerpnorm Autosnelwegen; RONA = Rijks Ontwerpnorm Niet Autosnelwegen)

Afmetingen volgens de ROA en de RONA:

Rijstrook indeling $v_0 = 120$ km/h	
[a] rijstrook	3.50 m
[b] deelstreep	0.15 m
[c] kantstreep	0.20 m
[d] redresseerstrook	1.10 m
[e] vluchtstrook	3.50 m / 3.2 m
[l] zijstrook	0.5 m
[m] objectafstandsmarge	1.50 m
[n] breedte geleiderailconstructie	0.8 m
	(2 richtingen)
	0.6 m
	(1 richting)
Breedte fietspad (2 richtingen)	2.75 m
Breedte voetpad	2.0 m
Breedte landbouwverkeer	4.0 m
Obstakelafstand	1.0 m
Kantstreep	0.2 m
Zijstrook	0.5 m

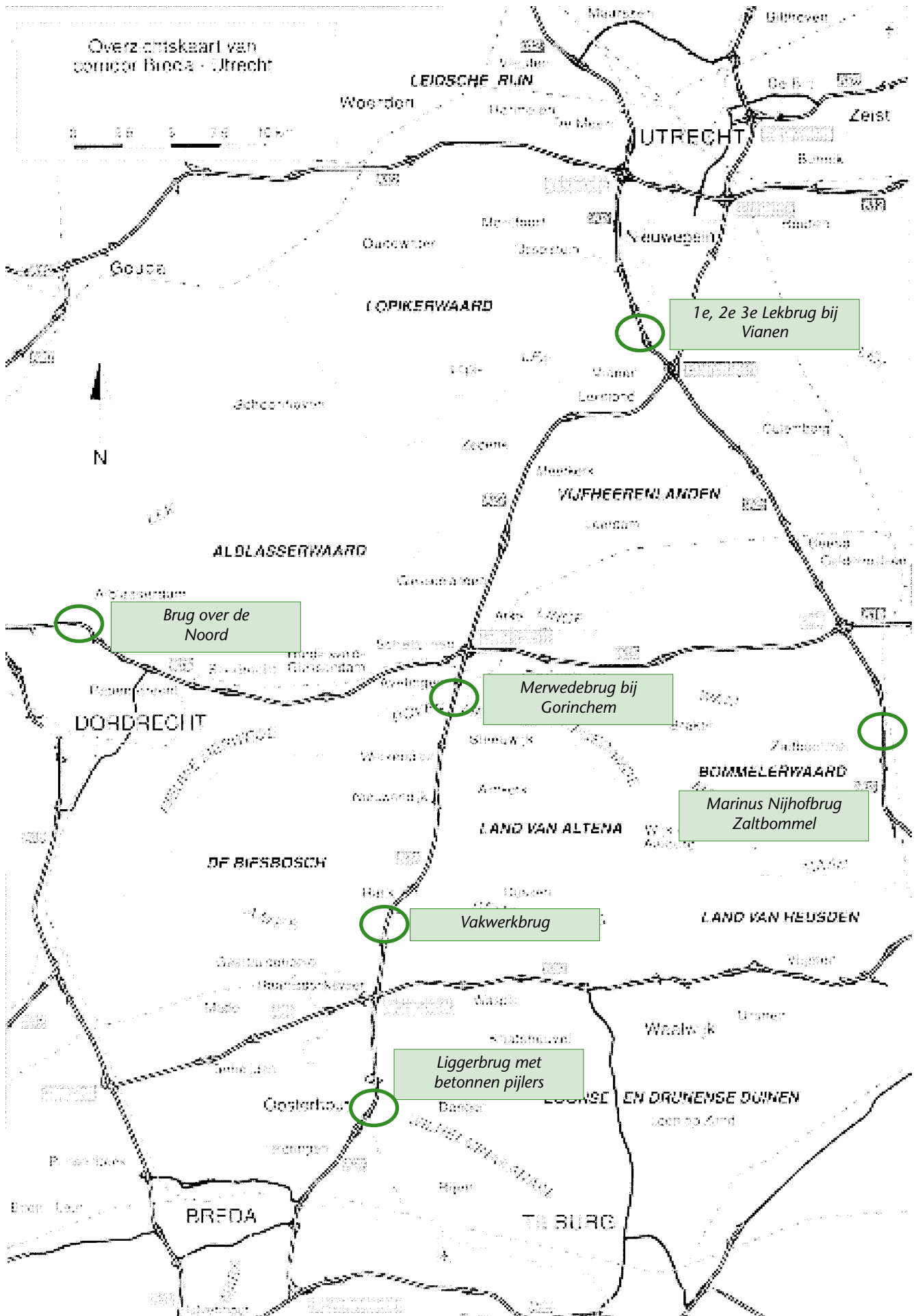
Tabel 3. Eisenpakket bij opbouw van dwarsdoorsnede.



37. Merwedeburg bij Gorinchem.

TABEL 2 - FILE TOP 10

Rijksweg	Van	Naar	File richting	Intensiteit	Aantal file meldingen	
1	A27	Avelingen	Merwedeburg	Breda	78591	124
2	A2	Everdingen	Everdingen	s-Hertogenbosch	74526	120
3	A8	Oostzaan	Kp Coenplein	Amsterdam	72167	124
4	A20	Kleinpolderplein	Rotterdam-Centrum	Gouda	72165	206
5	A13	Delft-Zuid	Berkel en Rodenrijs	Rotterdam	69701	191
6	A9	Rotteplein	Haarlem-Zuid	Amstelveen	67865	145
7	A10	Hemhavens S101	Coentunnel	Kp Coentunnel	64656	187
8	A2	Culemborg	Everdingen	Utrecht	60527	119
9	A4	Sloten	Kp De Nieuwe Meer	Amsterdam	52196	211
10	A16	Klaverpolder	Moerdijk	Breda	48872	61



38. Overzicht van rijkswegennet regio Gorinchem.



39. Overzicht rijkswegennet bij Gorinchem.

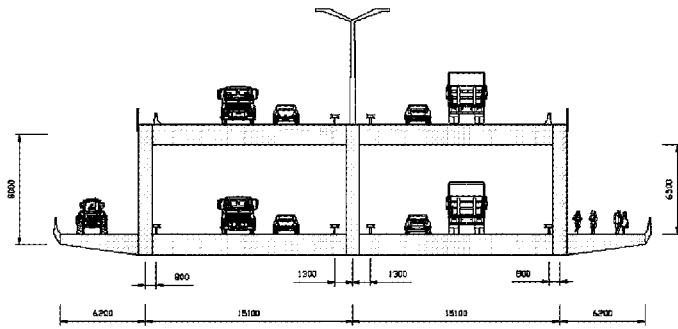
De rijbaanindeling is een belangrijke schakel in de keuze van het dwarsprofiel. Uiteindelijk zal blijken dat er vooralsnog slechts één oplossing mogelijk is als wordt gelet op de randvoorwaarden, uitgangspunten, veiligheid en de kosten. De van belang zijnde randvoorwaarden en uitgangspunten zijn:

- het lokaal (langzaam) verkeer over de brug moet mogelijk blijven / worden;
- voor de opbouw van het dwarsprofiel van de rijbaan is uitgegaan van de voorgeschreven maten volgens de ROA en de RONA, waarbij de breedte van de vluchtstrook is teruggebracht naar 3.0 m;
- scheiding van het doorgaande noord-zuid verkeer en het overige verkeer heeft een voorkeur;
- fietsverkeer op het onderste rijdek in verband met het maximaal toelaatbare hellingspercentage van de toeleidende wegen voor het fietsverkeer;
- in tegenstelling tot de huidige situatie zal nu wederom een rijstrook voor zwaar landbouwverkeer

worden aangebracht. Deze wordt 1 rijbaan voor twee richtingen tegelijk, geregeld door een verkeersregelinstantie;

- rijstrookindeling: 2 x 2 rijstroken boven en 2 x 2 rijstroken onder;
- totale overspanning 340 meter (2 x 170 m);
- Vrije hoogte voor het verkeer op het benedendek minimaal 6.5 m;
- maximale liggerhoogte 9 m.

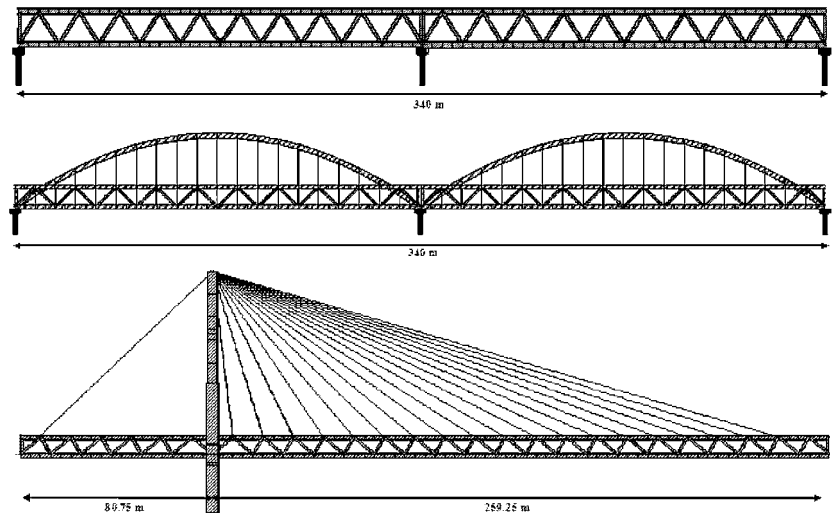
Uit de randvoorwaarden blijkt dat het fietsverkeer op het onderdek moet worden gesitueerd. In principe geldt hetzelfde voor het langzaam verkeer (landbouw) als men kijkt naar de kosten. De aanbruggen zullen sterk kosten-verhogend werken als het landbouwverkeer op het bovendek wordt aangesloten. Al het langzaam verkeer wordt door middel van overstekken aan het onderdek bevestigd. Het dwarsprofiel komt er dan als volgt uit te zien (afb. 40).



40. Dwarsprofiel dubbeldeksbrug.



42. Ontwerpvoorstel "De Dubbeldekker" [3].



41. Concepten van hoofddraagsystemen.

Boven. drietal naast elkaar gelegen vakwerkliggers

Midden. drietal naast elkaar gelegen vakwerkliggers met in het midden een extra boog

Onder. drietal naast elkaar gelegen vakwerkligger met in het midden een extra tuisysteem.

#### Indeling [1<sup>e</sup> variant]

Bovendek

Rotterdam – Nijmegen / lokaal richting Breda (25%)

Nijmegen – Rotterdam / lokaal richting Breda (25%)

Breda – Utrecht richting Nijmegen / lokaal (25%)

Breda – Utrecht richting Rotterdam/ lokaal (25%)

Onderdek

Utrecht – Breda (50%)

Breda – Utrecht (50%)

Fietsverkeer

Landbouwverkeer

#### Indeling [2<sup>e</sup> variant]

Bovendek

Utrecht – Breda (50%)

Breda – Utrecht (50%)

Onderdek

Rotterdam – Nijmegen / lokaal richting Breda (25%)

Nijmegen – Rotterdam / lokaal richting Breda (25%)

Breda – Utrecht richting Nijmegen / lokaal (25%)

Breda – Utrecht richting Rotterdam/ lokaal (25%)

Fietsverkeer

Landbouwverkeer

Tabel 4. Varianten van rijstrookindeling.

Enkele als eerste onderzochte concepten van hoofddraagsystemen naar kosten behorende bij het dwarsprofiel gegeven in afb. 40 staan afgebeeld in afb. 41.

Voor de oplossing van de verkeersproblematiek op de A27 bij Gorinchem wordt thans door de aannemerscombinatie Mercon Steel Structures B.V. en Van Oord ACZ gewerkt aan een optimaal ontwerp van een dubbeldeksbrug inclusief een beweegbaar gedeelte.

Concrete resultaten zijn inmiddels verkregen en de media zijn in 2003 geïnformeerd over een innovatief ontwerp met als titel "De Dubbeldekker"®.

Als voorbeeld is een krantenbericht opgenomen. Het betreft een bericht verschenen in © Het Kontakt Edities bv maandag 21 april 2003

## Presentatie ambitieus plan voor 'Dubbeldekker-brug' over Merwede

REGIO – De 'Dubbeldekker' was vorige week woensdag tijdens een werkconferentie in Utrecht het meest concrete plan om de fileproblematiek bij de Gorinchemse brug op te lossen. Het plan voorziet in de aanleg van een nieuwe brug over de Merwede, ten westen van de huidige oeververbinding.

Vanuit de regio waren onder meer bestuurlijke vertegenwoordigers uit Werkendam, Woudrichem, Giessenlanden en Vianen naar de bijeenkomst in Utrecht afgereisd en ook het bedrijfsleven was goed vertegenwoordigd. Wethouder Van den Heuvel van Werkendam vroeg vooral aandacht voor het sluipverkeer dat door zijn gemeente gaat en pleitte ervoor om te zoeken naar de totale samenhang van het probleem en de mogelijke oplossingen. Ook doelde hij op de benodigde financiën. Bekend is immers dat Den Haag geen geld heeft voor nieuw beleid op het gebied van infrastructuur. Hierdoor zal er wat kosten betreft nadrukkelijk gekeken moeten worden naar regionale en plaatselijke overheden en het bedrijfsleven.

Het bedrijfsleven, dat woensdag goed vertegenwoordigd was, zal het als de verschillende overheden benaderd worden om te kijken hoe er vervolg gegeven kan worden aan de bijeenkomst van vorige week woensdag. Het is de bedoeling dat deze verkennende fase in september dit jaar afgerond is, waarna de lobby in Den Haag kan gaan beginnen.

Een oplossing voor de fileproblematiek bij de brug over de Merwede, bij Gorinchem, lijkt een goede kans te maken om in de lobby meegenomen te worden. Van Oord ACZ uit Gorinchem heeft samen met bruggenbouwer Mercon 'De Dubbeldekker' ontwikkeld. Het plan, dat woensdag tijdens de werkconferentie gepresenteerd werd, voorziet in de aanleg van een nieuwe brug over de Merwede, ten westen van de huidige oeververbinding. "Het plan is ontstaan uit frustratie van ondernemers", lichte P. de Ridder van Van Oord ACZ toe. "Deze optie zorgt ervoor dat de file bij Gorinchem voor 100 procent wordt opgelost." Het plan voorziet in de aanleg van een nieuwe brug met viermaal twee rijstroken boven elkaar. Vier rijstroken onder, en vier rijstroken boven. Nog voor de brug kiezen automobilisten de boven- of onderverdieping, al naar gelang de richting die ze uitwillen. De ene verdieping leidt richting A15 en het industrieterrein van Gorinchem, en de andere verdieping is bedoeld voor het doorgaande verkeer. De Dubbeldekker-brug kan vervaardigd worden met bestaande technieken en is qua prijs niet duurder dan een extra brug naast de bestaande Merwedebrug. Een tunnel behoort ook tot de mogelijkheden, maar de kosten hiervan zijn bijzonder hoog.

### Referenties

- [1] Ir. W. Claassen, afstudeerwerk TU Delft "Dubbeldecksbruggen". 2003.
- [2] [www.swishweb.com/Science\\_and\\_Technology/Bridges/](http://www.swishweb.com/Science_and_Technology/Bridges/)  
[www.hut.fi/Units/Departments/R/Bridge/longspan.html](http://www.hut.fi/Units/Departments/R/Bridge/longspan.html)
- [3] Voorstel oplossing knelpunt Merwedebrug Gorinchem, Projectgroep Van Oord ACZ – Mercon Steel Structures B.V. Gorinchem, februari 2003.
- [4] INTERNETPAGINA'S  
[www.cse.polyu.edu.hk/~ctbridge/suspen/susp02.htm](http://www.cse.polyu.edu.hk/~ctbridge/suspen/susp02.htm)  
[www.istructe.org.uk/technical/index.asp?page=47](http://www.istructe.org.uk/technical/index.asp?page=47)  
<http://211.195.163.22/english/bangha/06-shang01.asp>  
[www.cce.cornell.edu/research/case\\_study/cooper/img/4\\_9.jpg](http://www.cce.cornell.edu/research/case_study/cooper/img/4_9.jpg)  
[www.panynj.gov/tbt/gwframe.HTM](http://www.panynj.gov/tbt/gwframe.HTM)  
[www.gerwick.com/document.asp?DocumentID=3](http://www.gerwick.com/document.asp?DocumentID=3)  
<http://ojps.aip.org/sto/>  
[www.sciencedirect.com/science/journal/0143974X](http://www.sciencedirect.com/science/journal/0143974X)  
<http://ojps.aip.org/beo/>  
[www.lib.berkeley.edu/Exhibits/Bridge/sfobay.html](http://www.lib.berkeley.edu/Exhibits/Bridge/sfobay.html)  
[www.ketchum.org/bridges.html](http://www.ketchum.org/bridges.html)  
[www.mtc.ca.gov/projects/bay\\_bridge/bbmain.htm](http://www.mtc.ca.gov/projects/bay_bridge/bbmain.htm)  
[www.bizave.com/cgi-bin/photoalbum.cgi?photoalbum=pdxbridges&slidetag=Marquam](http://www.bizave.com/cgi-bin/photoalbum.cgi?photoalbum=pdxbridges&slidetag=Marquam)  
[www.subwaymark.bravepages.com/bridges/or-pdx-downtown.htm#Steel](http://www.subwaymark.bravepages.com/bridges/or-pdx-downtown.htm#Steel)  
[www.columbia.edu/cu/gsap/BT/STRUCTI/WEEK4/st4.07\\_a.jpg](http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/STRUCTI/WEEK4/st4.07_a.jpg)

- [www.structurae.de/en/structures/data/str00652.php](http://www.structurae.de/en/structures/data/str00652.php)  
<http://bridgepros.com/projects/TacomaNarrows/TacomaNarrows.htm>  
[www.nycroads.com/crossings/williamsburg/](http://www.nycroads.com/crossings/williamsburg/)  
[www.venangoil.com/bridgesbigrock.html](http://www.venangoil.com/bridgesbigrock.html)  
[www.bridgephoto.dk/](http://www.bridgephoto.dk/)  
[www.oeresundsbron.com/index.php?obj=1000029](http://www.oeresundsbron.com/index.php?obj=1000029)  
[www.anglesey-history.co.uk/places/bridges/brit.jpg](http://www.anglesey-history.co.uk/places/bridges/brit.jpg)  
<http://massroads.com/gallery.php?page=i495>  
[www.mtc.dst.ca.us/projects/bay\\_bridge/bbmain.htm](http://www.mtc.dst.ca.us/projects/bay_bridge/bbmain.htm)  
[www.brueckenbau-links.de/index-en.htm](http://www.brueckenbau-links.de/index-en.htm)  
[www.massroads.com/tobin\\_bridge.shtml](http://www.massroads.com/tobin_bridge.shtml)  
[www.civil.tohoku.ac.jp/~bear/node21.html](http://www.civil.tohoku.ac.jp/~bear/node21.html)  
[www.hsba.go.jp/photo/](http://www.hsba.go.jp/photo/)  
[www.nycroads.com/crossings/henry-hudson/](http://www.nycroads.com/crossings/henry-hudson/)  
[www.cts.umn.edu/education/csd/pdf-docs/Session\\_12.pdf](http://www.cts.umn.edu/education/csd/pdf-docs/Session_12.pdf)  
[www.vaw.ethz.ch/hy/research/flow\\_feature\\_piers/flow\\_feature\\_piers.htm](http://www.vaw.ethz.ch/hy/research/flow_feature_piers/flow_feature_piers.htm)  
[www.nycroads.com/crossings/queensboro/](http://www.nycroads.com/crossings/queensboro/)  
[www.toshikobo.com/jstst/lions/elgb2-09.htm](http://www.toshikobo.com/jstst/lions/elgb2-09.htm)  
[www.ascepub.infor.com/ceonline/0900feat.html](http://www.ascepub.infor.com/ceonline/0900feat.html)  
[www.iaw.com/~falls/bridges.html#buck](http://www.iaw.com/~falls/bridges.html#buck)  
[www.state.in.us/dot/about/employment/photos.html](http://www.state.in.us/dot/about/employment/photos.html)  
[http://members.fortunecity.com/silver\\_ra/0006nvca/000607sacra\\_ca1.html](http://members.fortunecity.com/silver_ra/0006nvca/000607sacra_ca1.html)  
[www.cincinnati.com/news/bridge/timeline.html](http://www.cincinnati.com/news/bridge/timeline.html)  
[www.iabse.ethz.ch/sei/backissues/abstracts-sei0101/cho](http://www.iabse.ethz.ch/sei/backissues/abstracts-sei0101/cho)  
<http://211.195.163.22/english/budae/14-budae.asp>