
Bruggen

CATEGORIAAL ONDERZOEK WEDEROPBOUW 1940-1965

Nederlandse Bruggenstichting (NBS)



OKTOBER 2006/ZEIST

In opdracht van het Projectteam Wederopbouw van de Rijksdienst voor de Monumentenzorg is dit rapport met veel inzet van een groot aantal vrijwilligers van de Nederlandse Bruggenstichting tot stand gekomen.

HOOFDSTUK 1 INLEIDNG EN METHODIEK	03
1.1 Inleiding	03
1.2 Methodiek	05
HOOFDSTUK 2 PERIODE TOT 1940	08
2.1 Bruggenbouw vanaf 1800	08
2.2 Gebruikte materialen in de bruggenbouw	09
2.3 Voorschriften en berekeningstechnieken	10
HOOFDSTUK 3 PERIODE 1940-1950	14
3.1 Algemeen	14
3.2 Overzicht vernielingen en herstel verkeersbruggen	16
3.3 Overzicht vernielingen en herstel spoorbruggen	21
HOOFDSTUK 4 PERIODE 1950-1970	24
4.1 Ontwikkelingen in materiaalgebruik en constructietechniek	24
4.2 Ontwikkelingen in voorschriften en berekeningstechnieken	41
4.3 Planologische aspecten	43
4.4 Architectonische aspecten	49
HOOFDSTUK 5 ONTWIKKELINGEN IN DE BRUGGENBOUW NA 1970	54
5.1 Planologie	54
5.2 Techniek	55
HOOFDSTUK 6 PRESELECTIE EN TOETSING	59
6.1 Bronnen	59
6.2 Toelichting op de preselectie	59
6.3 Voorbeelden uit de preselectie	60
BIJLAGEN	67

Hoofdstuk 1 Inleiding en methodiek

1.1 INLEIDING

AANLEIDING EN CONTEXT

De Rijksdienst voor de Monumentenzorg (RDMZ) startte in 2001 een meerjarig onderzoeksproject dat ten doel had een landelijk referentiekader voor het gebouwde erfgoed uit de wederopbouwperiode (1940-1970) te verkrijgen. Eén van de onderdelen van dit project is een reeks categoriale studies, waaraan tot eind 2005 wordt gewerkt. Omdat veel informatie over de naoorlogse architectuur is vastgelegd in boeken, tijdschriften en archieven, heeft de RDMZ in afwijking van het Monumenten Inventarisatie Project (1850-1940), waarbij de gebouwde omgeving gebiedsgewijs (per gemeente) werd geïnventariseerd, gekozen voor een aanpak waarbij de objecten allereerst per categorie worden bestudeerd op basis van de literatuur en tijdschriftartikelen.

De volgorde waarin de categorieën worden onderzocht, is onder andere afhankelijk gesteld van actuele ontwikkelingen, de mate van bedreiging en de importantie of representativiteit van de categorie voor de wederopbouwperiode. De resultaten van alle categoriale studies worden uiteindelijk voorgelegd aan provincies, gemeenten en vakorganisaties, zodat lacunes in het overzicht kunnen worden aangevuld. Na afronding van de categoriale inventarisatieonderzoeken zal de RDMZ overgaan tot de vervolgfase van selectie en bescherming van het vroeg naoorlogse erfgoed. Hiervoor dient het beleidskader nog te worden vastgesteld.

OPDRACHT

Eind 2003 kreeg de Nederlandse Bruggen Stichting (NBS) een opdracht van de Rijksdienst voor de Monumentenzorg (RDMZ) een inventarisatie te maken van de bruggen die in de periode 1940 tot 1970 gebouwd zijn of in aanbouw zijn genomen en die mogelijk in aanmerking zouden kunnen komen voor aanwijzing als monument. Deze bruggen dienden te worden opgenomen in het wederopbouwbestand, verder in de tekst 'WOP-bestand' genoemd.

Daarnaast werd overeengekomen dat in een 'Categoriaal Onderzoek Bruggen in de Wederopbouwperiode' de ontwikkelingen in de bruggenbouw voor deze periode zou worden vastgelegd. Over dit onderzoek wordt in de hierna volgende tekst verslag gedaan en zal verder korthedshalve als 'Ontwikkelingsschets' worden aangeduid.

Het uitgangspunt voor de inventarisatie was dat NBS deze zou baseren op de bij hun bekende gegevens. Andere bronnen zouden in beginsel niet worden geraadpleegd.

PROCES EN BETROKKENEN

Het onderzoek naar bruggen is in de periode december 2003 tot en met december 2004 uitgevoerd door de NBS.

Zoals vastgelegd in de onderzoeksnota Richtlijnen Categorieaal Onderzoek Wederopbouwobjecten 1940-1965 (RDMZ 26 juni 2001), is voor het categoriaal onderzoek naar de bruggen vanuit de RDMZ een begeleidingscommissie ingesteld.

Deze begeleidingscommissie bestond uit Anita Blom van het projectteam Wederopbouw en Gert-Jan Luijendijk. Gedurende de looptijd van het onderzoek naar bruggen is de begeleidingscommissie vier keer bijeen gekomen. Hierbij is inhoudelijk van gedachten gewisseld over het onderwerp, is de Wederopbouw-databank gedemonstreerd en zijn de criteria voor de selectie besproken, alsmede de conceptversies van het rapport.

LEESWIJZER

Het rapport is als volgt opgebouwd: in de inleiding wordt de RDMZ methodiek voor het categoriaal onderzoek in hoofdlijnen beschreven en nader uitgewerkt aan de hand van het onderzoek naar bruggen. Het tweede hoofdstuk van dit rapport geeft een kort overzicht van hetgeen voorafging aan de onderzochte periode. De hoofdstukken 3 en 4 vormen het inhoudelijke referentiekader van het onderzoek. De geraadpleegde informatie die beschikbaar was bij de NBS, alsmede publicaties en de algemene artikelen uit de vakbladen zijn bewerkt tot hoofdstukken over de ontwikkeling van de bruggen.

Hoofdstuk 3 gaat over de oorlogsperiode en vlak daarna en omvat het tijdsvak van 1940 tot 1950. In dit hoofdstuk wordt de geschiedenis van de Nederlandse bruggen weergegeven, die vaak twee keer zijn vernield en daarna weer zijn hersteld. Gedurende deze periode zijn er nauwelijks nieuwe bruggen tot stand gekomen. Hoofdstuk 4 beschrijft de ontwikkelingen tussen 1950 en 1970.

Hoofdstuk 5 gaat over de periode ná 1970 en is opgenomen omdat de tijd benodigd voor de voorbereiding en de bouw van bruggen vaak erg lang is. De gevolgen van de vóór 1970 reeds ingezette ontwikkelingen, die van belang zijn geweest voor de bruggenbouw, zijn daarmee zichtbaar gemaakt. Hoofdstuk 6 bevat de toelichting op de wijze waarop de bruggen uit deze periode zijn geselecteerd. Deze bruggen zijn in de databank van RDMZ opgenomen en wordt verder het WOP-bestand genoemd.

Bijlage 1 verwijst naar de geraadpleegde literatuur. Bijlage 2 bevat de verantwoording van de afbeeldingen. In bijlage 3 zijn de waarderingscriteria opgenomen. In bijlage 4 is een lijst opgenomen van bruggen die zijn ingevoerd in het WOP-bestand. In bijlage 5 wordt een toelichting gegeven op de werking van de databank. Bijlagen 6a en 6b geven nog een aantal voorbeelden van vernielingen van de grote (verkeers- en spoor)bruggen in de periode 1940-1945 en het herstel daarvan.

Bijlage 7 bevat de meer technische informatie die van belang is voor de in het rapport besproken ontwikkelingen.

1.2 METHODIEK

De methodiek voor het onderzoek naar objecten van diverse categorieën uit de wederopbouwperiode is vastgelegd en beschreven in de eerder genoemde nota *Richtlijnen Categorieaal Onderzoek Wederopbouwobjecten 1940-1965*, die zijn voortgekomen uit het in 1999 opgestelde *Plan van Aanpak Wederopbouw 1940-1965* van de RDMZ. Naar aanleiding van de pilotstudies naar scholen, raadhuisen en kerken is de methodiek in maart 2003 aangepast. Deze methode is op hoofdlijnen gevolgd bij het onderzoek waarvan dit rapport de weerslag vormt. In het navolgende wordt de in de nota beschreven methodiek nader toegelicht.

DOELSTELLING

Het onderzoek dat de RDMZ verricht naar de gebouwde omgeving uit de wederopbouwperiode, heeft een vierledig doel:

- Het verkrijgen van een landelijk en representatief overzicht van objecten uit de wederopbouwperiode dat toegankelijk is voor RDMZ- medewerkers en een aantal geselecteerde externe gebruikers
- Het leggen van een basis voor een wetenschappelijk verantwoord, centraal geleid en uitgevoerd selectie-, registratie- en beschermingsbeleid (na 2004)
- Het vergroten en verbreden van draagvlak door het verspreiden van kennis
- Het stimuleren en bevorderen van beleidsbeïnvloeding en alliantievorming vanuit cultuurhistorisch perspectief

AFBAKENING

In het *Plan van Aanpak* uit 1999 wordt de volgende definitie voor de term Wederopbouw gegeven: “Het erfgoed van de Wederopbouw omvat de resultaten van (steden)bouwkunst, landinrichting, interieurarchitectuur en monumentale kunst uit de periode 1940-1965”.

Voor het objectgerichte onderzoek is in de nota onderscheid gemaakt in elf hoofdcategorieën, die op hun beurt zijn onderverdeeld in subcategorieën.

Het onderzoek heeft uitsluitend betrekking op de subcategorie ‘Wegen, Bruggen en Kunstwerken’ plus de subcategorie ‘Spoorwegen en Bruggen’ van de hoofdcategorie ‘Weg, Waterbouw en Verkeer’. Het onderzoek heeft zich voornamelijk geconcentreerd op bruggen die zijn gelegen in de hoofdinfrastructuur. Bruggen in provinciale wegen en steden zijn in een aantal gevallen meegenomen, indien deze een kenmerkend voorbeeld vormen van de beschreven ontwikkelingen.

Onder bruggen wordt in dit verband ook verstaan: viaducten, onderdoorgangen en aanleginrichtingen. Tunnels en aquaducten vallen hier niet onder.

WERKWIJZE

Hieronder is de gevolgde werkwijze voor deze ontwikkelingsschets aangegeven.

GEBRUIKTE DATABESTANDEN

Primair is gebruik gemaakt van de bij Rijkswaterstaat, Bouwdienst beschikbare gegevens van de in de onderhavige periode gebouwde objecten: in totaal circa 5000. Een groot aantal van deze objecten was niet interessant voor het onderzoek, het betrof duikers, portalen en dergelijke. Na het filteren van deze niet van belang zijnde objecten, bleven ruim 2000 bruggen over. Hiervan is een digitaal basisbestand gemaakt.

Daarnaast zijn de provincies aangeschreven om voor dit onderzoek relevante gegevens beschikbaar te stellen. Niet alle instanties hebben gereageerd, maar van de binnengekomen reacties zijn de in aanmerking komende bruggen toegevoegd aan het basisbestand. Tevens zijn voor de grote steden de bij NBS beschikbare gegevens geraadpleegd en waar relevant eveneens aan het bestand toegevoegd.

Gezien de grote aantallen bruggen moest een bijzondere selectiemethode worden ontwikkeld, die in hoofdstuk 6 wordt beschreven. Na deze selectie is de Wederopbouwdatabank ingevuld volgens de richtlijnen van de RDMZ met behulp van het daarvoor beschikbaar gestelde softwarepakket.

De databank is ontsloten via de website www.monumentenzorg.nl, menu Wederopbouw. Zo kan iedereen de Wederopbouwdatabank raadplegen en voorstellen voor aanvullingen doen.

LITERATUURONDERZOEK

Naast het voorbereiden van het basisbestand zijn de algemene en categoriespecifieke literatuur en vaktijdschriften uit de wederopbouwperiode onderzocht. Door NBS zijn de relevante publicaties en rapporten opgegeven en deze zijn door een medewerker van het projectteam Wederopbouw doorzocht op publicaties van bruggen. De resulterende gegevens zijn door NBS meegenomen in de studie.

SELECTIE

De grote aantallen bruggen die in het basisbestand beschikbaar waren, maakten het noodzakelijk om een andere werkwijze te ontwikkelen voor de selectie van de bruggen die in het WOP-bestand dienden te worden opgenomen.

Om de ontwikkeling van de bruggenbouw goed te beschrijven was het nodig om allereerst een onderscheid te maken tussen de materialen staal, beton en steen. Elk materiaal kent een eigen en onafhankelijke ontwikkeling in het gebruik en toepassingen. Daarnaast was een onderscheid van belang vaste en beweegbare bruggen, alsmede een onderscheid in spoorbruggen en verkeersbruggen.

Gekozen is voor de volgende hoofdcategorieën:

- Vaste stalen bruggen
- Beweegbare bruggen
- Betonnen bruggen
- Stenen bruggen

Voor elke hoofdcategorie zijn door NBS werkgroepen opgericht die begonnen zijn om een aantal kenmerkende typologieën te bepalen en per type één of meer bruggen te selecteren die daarvoor kenmerkend zijn. De aldus gevolgde werkwijze geeft een goed overzicht van de structuur van de verschillende in Nederland gebouwde bruggen en de karakteristieke voorbeelden daarvan. Het WOP-bestand met de daarin opgenomen bruggen, mag echter niet beschouwd worden als een volledig overzicht van alle behoudenswaardige bruggen. Dit bestand kan echter heel goed worden gebruikt als een leidraad om tot een meer complete lijst te komen.

VELDWERK

Besloten is om af te zien van in het *Plan van Aanpak* beschreven onderdeel veldwerk, met name vanwege de beschikbare tijd. Wel werden een aantal bruggen bezocht om, in aanvulling op reeds beschikbare gegevens, foto's te nemen.

RAPPORTAGE

In het Plan van Aanpak is vastgelegd dat in de laatste fase van het onderzoek alle resultaten worden samengebracht in een eindrapportage. De opzet, structuur en format van dit rapport zijn grotendeels identiek aan die van de overige categoriale studies.

Hoewel in de periode 1940-1950 weinig nieuwe bruggen zijn gebouwd, is deze periode van groot belang geweest voor de ontwikkelingen in de periode hierna. Aan deze periode is daarom in het categoriaal onderzoek veel aandacht besteed.

Hoofdstuk 2 Periode tot 1940

2.1 BRUGGENBOUW VANAF 1800

In het boek *Bruggen in Nederland 1800-1940*, een uitgave van NBS, is deze periode uitgebreid beschreven. Hieronder volgt een korte samenvatting, voor zover relevant in de context van dit rapport.

De industriële revolutie begon halverwege de 18^e eeuw en had aanzienlijke consequenties voor de bruggenbouw. In 1779 werd in Engeland de eerste gietijzeren brug gebouwd, een boogbrug met een overspanning van 30m. Nederland volgde aanzienlijk later: de eerste ijzeren brug was vermoedelijk de Stokkenbrug in Rotterdam, een dubbele basculebrug over de Zalmhaven, die in 1837 gereed kwam, dus bijna 60 jaar ná de eerste ijzeren brug in Engeland. Door de snelle ontwikkeling van de spoorlijnen was de 19^e eeuw het tijdperk van de spoorbruggen. Als eerste werd door de Hollandsche IJzeren Spoorweg Maatschappij (HIJSM) tussen 1837 en 1847 de spoorlijn van Amsterdam, via Haarlem, Leiden en Den Haag naar Rotterdam aangelegd. In deze spoorlijn lagen 98 bruggen waarvan 12 beweegbare. De beweegbare bruggen waren van ijzer, de vaste bruggen nog van hout en steen. De eerste spoorbrug over de grote rivieren was de brug over de IJssel te Westervoort, gereedgekomen in 1856. In de 19^e eeuw zijn 21 spoorbruggen over de grote rivieren en kanalen gebouwd, waaronder de brug over de Lek bij Culemborg. Deze brug was met een overspanning van 155m destijds de grootste spoorbrug van Europa. De laatste grote bruggen in deze periode kwamen omstreeks 1890 gereed.

De groei van het aantal motorvoertuigen was tot het begin van de 20^{ste} eeuw niet zodanig dat grote investeringen in de landelijke weginfrastructuur noodzakelijk werden geacht. De verbindingen over de grote rivieren voor het wegverkeer werden veelal onderhouden door pont- en veerverbindingen, maar ook werd gebruik gemaakt van gecombineerde spoor- en verkeersbruggen. De eerste vaste ijzeren brug die alleen voor het wegverkeer werd gebouwd was de brug over de Maas bij Roermond. De belangrijkste verkeersbruggen werden gebouwd over de grote rivieren en waren onderdeel van het *Rijkswegenplan* van 1927.

In de steden werden veel interessante bruggen gebouwd van smeedijzer en gietijzer: zowel vaste als beweegbare bruggen. Ophaalbruggen en draaibruggen waren de meest toegepaste typen van deze laatste categorie. Veel houten bruggen zijn in deze periode vervangen door ijzeren bruggen. Er zijn geen houten bruggen uit deze periode nog in de oorspronkelijke toestand bewaard gebleven. Wel zijn er houten bruggen uit die periode ingrijpend gerenoveerd.

In de 19^e eeuw werd baksteen nog veel gebruikt als constructiemateriaal voor bruggen, zowel voor de onder- als de bovenbouw. Voor de spoorwegen werden vele stenen bruggen gebouwd, ook in steden en vaak zeer lange bruggen. Aan het einde van die eeuw verdween echter deze toepassing door de intrede van gewapend beton als constructiemateriaal.

2.2 GEBRUIKTE MATERIALEN IN DE BRUGGENBOUW

Door de industriële toepassing van ijzer in de 2de helft van de 19^e eeuw kreeg de constructeur veel meer mogelijkheden voor wat betreft het ontwerp en kon hij inspelen op de behoefte aan grotere overspanningen. De toepassing van steen en hout als constructiemateriaal nam daardoor sterk af. Wel werd om architectonische redenen steen nog toegepast, maar dan vaak alleen voor het in het zicht komende deel: als bekleding van de draagconstructie van beton of staal.

In de begintijd van de toepassing van ijzer voor bruggen werd gietijzer toegepast. Gietijzer heeft als constructiemateriaal een aantal beperkingen, zoals brosheid en de noodzaak om constructieve elementen te vormen door middel van het arbeidsintensieve gieten. Door verbeteringen van het fabricageproces werd het mogelijk de eigenschappen van het ijzer te verbeteren. Zo ontstond eerst het smeedijzer en daarna door verdere verbeteringen het vloeijzer. Dit vloeijzer werd later staal genoemd. Door gebruik te maken van het walsproces kon van staal bovendien in een grote verscheidenheid aan constructieve elementen worden gefabriceerd. Deze ontwikkeling van de eigenschappen van staal heeft geleid tot steeds grotere mogelijkheden om stalen bruggen toe te passen.

In bijlage 7 wordt in meer detail ingegaan op de technische aspecten van ijzer en staal en de veranderingen in de toepassingsmogelijkheden. Ook wordt ingegaan op aspecten zoals verbindingsmiddelen, vermoeiing (dat is het scheuren van staal bij herhaalde belastingen) en conservering.

Ongeveer gelijktijdig met de ontwikkeling van staal als constructiemateriaal ontstond de toepassing van gewapend beton. Beton is uitstekend geschikt om drukkrachten op te nemen en werd dan ook veelvuldig gebruikt als vulmateriaal of fundering van pijlers. De treksterkte van het beton is echter gering en om dit te compenseren werden stalen wapeningsstaven toegevoegd, die tot doel hadden om de trekkrachten in de betonconstructie op te vangen. Zo ontstond in het midden van de 19^e eeuw het gewapend beton. Een volgende stap was de ontwikkeling van voorgespannen beton, waarbij door het gebruik van aangespannen hoogwaardig stalen kabels, een drukkracht in het beton wordt geïntroduceerd. Hiermee wordt het gebrek aan treksterkte bij het beton opgevangen. Het voorgespannen beton is ontwikkeld rond 1930.

Vooralsnog betrof dit alleen toepassing in het buitenland.

Hoewel er veel vooraanstaande bouwwerken in beton tot stand zijn gekomen, betrof dit in eerste instantie voornamelijk de woning- en kantorenbouw en de kleinere bruggen. In de jaren dertig van de 20^{ste} eeuw werden

een aantal bruggen over de Twentekanalen gebouwd in gewapend beton: dit waren boogbruggen met overspanningen variërend van 47 tot 68m. De ontwikkeling van het beton als materiaal voor (de bovenbouw van) bruggen ging echter langzamer dan die van ijzer en staal: het gebruik van beton voor de bouw van de grotere bruggen kwam in Nederland pas goed op gang in het begin van de jaren vijftig.

In de bijlage 7 wordt meer in detail hierop ingegaan. Ook wordt ingegaan op de voor beton belangrijke aspecten, zoals kruipen (het veranderen van de lengte van een betonelement door de belasting in de tijd), krimp (het verkorten van een betonelement tijdens de verharding) en de duurzaamheid van het beton.

2.3 VOORSCHRIFTEN EN BEREKENINGSTECHNIKEN

Tot halverwege de 19^e eeuw bestonden er in Nederland geen voorschriften voor het berekenen van bruggen. Bij het ontwerp maakte men, naast de zelf ontwikkelde eigen ervaring, vaak gebruik van buitenlandse voorbeelden. Voor de kleinere bruggen was dit voldoende, maar het werd anders toen men voor de opgave stond om bruggen over de grote rivieren te bouwen. De Nederlandse Spoorwegen liepen bij het ontwerp van de grote spoorbruggen voorop om ook in Nederland te komen tot het formaliseren van voorschriften en berekeningstechnieken en hebben hierbij een belangrijke inbreng gehad.

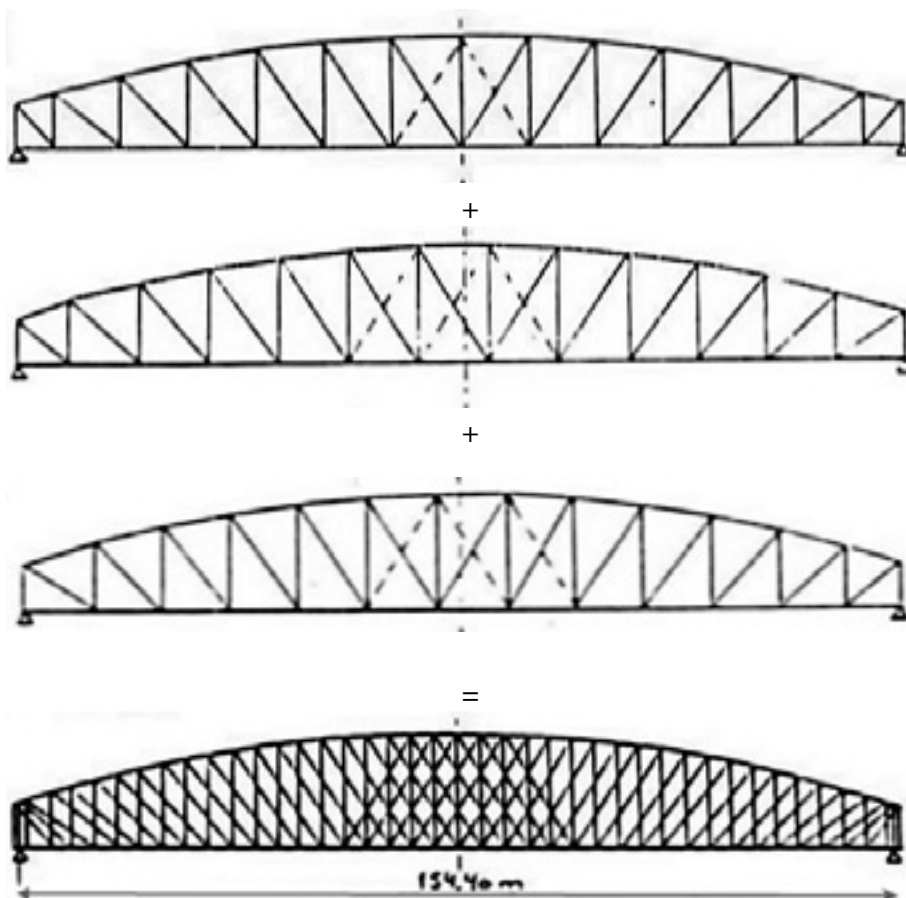
DE BEGINTIJD VAN DE BEREKENINGSMETHODEN

In het buitenland was omstreeks 1850 de zogenaamde traliebrug het aangewezen type voor bruggen met grote overspanningen. Van oorsprong was dit een houten brug waarvan de constructie uit een boven- en onderregel bestond met daartussen kruislings geplaatste planken. Ithiel Town verkreeg hierop in 1820 in Amerika het patent. Omstreeks 1850 werden de traliebruggen uitgevoerd in smeedijzer en als zodanig veelvuldig toegepast voor grote bruggen. In Nederland werd in 1856 voor het eerst een smeedijzeren traliebrug toegepast: de spoorbrug over de Maas bij Maastricht (afbeelding 2.1).

AFBEELDING 2.1
SPOORBRUG OVER DE MAAS TE
MAASTRICHT (TRALIELIGGER-
BRUG 1856)



Een verdere ontwikkeling van de theoretische grondslag was de door Schwedler en Culmann in 1851 voorgestelde berekeningswijze, waardoor het mogelijk werd om op een eenvoudige manier de staafkrachten in een vakwerkbrug te bepalen. Dit leidde tot het concept van de meervoudige vakwerken, waarbij ten behoeve van de berekening van de draagconstructie het meervoudige vakwerk kon worden opgedeeld in een aantal enkelvoudige vakwerken. De tussen 1865 en 1900 in Nederland gebouwde grote spoorbruggen en alle grote verkeersbruggen zijn overeenkomstig dit type. Hieronder een voorbeeld van zo'n meervoudig vakwerk. De bovenste drie vakwerken werden als op zich zelf staande constructies berekend, maar werden als een geheel gebouwd (afbeelding 2.2).



AFBEELDING 2.2
VOORBEELD VAN EEN
MEERVOUDIGE VAKWERKLIG-
GER (KUILENBURG, 1868-1982)

De rekentechnieken ontwikkelden zich in de twintigste eeuw snel en daardoor konden meer gecompliceerde constructies worden ontworpen en gebouwd. Ook werd de theorie van het instabiliteitsprobleem van op druk belaste delen (knik voor staven en plooiën voor platen) nader uitgewerkt, zodat de kans op instabiliteit van onderdelen beter kon worden ingeschat. Naast de theoretische benadering werd ook veel gebruik gemaakt van grafische hulpmiddelen (Cremona's) en tabellen van veel voorkomende constructie-vormen (bijvoorbeeld de toelaatbare knikbelasting van profielen) en belasting-situaties.

VOORSCHRIFTEN VOOR SPOORBRUGGEN

De eerste voorschriften voor de belastingen van spoorbruggen verschenen in 1877 en werden herzien in 1917. In 1938 wordt de belasting voor spoorbruggen opgenomen in het algemene *Voorschrift voor het Ontwerpen en Vervaardigen van Stalen Bruggen* (VOSB 1938). In deze periode zijn de voorgeschreven belastingen op bruggen steeds hoger geworden. Het maximale gewicht van de locomotief is bijvoorbeeld van 50 ton in het voorschrift van 1862 opgelopen tot 124 ton in de VOSB van 1963. De aslasten zijn in deze zelfde periode opgelopen van 11 ton naar 24 ton.

De toelaatbare spanningen in een staalconstructie, een belangrijk aspect voor de bepaling van het draagvermogen van een brug, ondergingen eveneens in de loop van deze periode grote wijzigingen. Vóór 1900 werd voor smeedijzer vrij algemeen een maximale spanning van 700kg/cm^2 (kilogram per vierkante cm) aangehouden. Voor de eerste staalsoorten waren de toelaatbare spanningen hoger en rond 1910 werd, afhankelijk van de overspanning, spanningen van 750kg/cm^2 tot 1150kg/cm^2 aangehouden. De grootte van deze spanningen was gebaseerd op een 5-voudige zekerheid ten opzichte van de treksterkte. Ook was uit proeven gebleken dat indien deze spanningen werden aangehouden er geen vermoeiing optrad.

Voor geklonken constructies en het destijds voorkomende treinverkeer voldeden deze toelaatbare spanningen. In de latere VOSB 1963 werden de nieuwe inzichten verwerkt, waarbij ook rekening werd gehouden met gelaste constructies.

Bij de bepaling van de toelaatbare spanningen van op druk belaste staven, speelde een rol dat er aanvankelijk slechts geringe kennis aanwezig was betreffende het berekenen van op druk belaste staven. Aangezien op druk belaste constructies zonder waarschuwing kunnen bezwijken, werd tot ca 1890 bij de berekening van de toelaatbare drukkracht een tienvoudige veiligheid aangehouden. In 1891 werden in Zwitserland door Tetmajer op uitgebreide schaal proeven genomen met op druk belaste staven. De resultaten hiervan leidden tot meer inzicht in het knikprobleem en de te hanteren veiligheidsfactor werd teruggebracht tot 5 à 6. In latere voorschriften werd het mogelijk door een verbeterd inzicht de veiligheidsfactor opnieuw te verlagen.

VOORSCHRIFTEN VOOR DE BRUGGEN VOOR GEWOON VERKEER

Voor de verkeersbruggen verschenen pas omstreeks 1920 meer algemene bepalingen voor de belasting. Daarvoor waren het de beheerders van de bruggen die hun eigen belastingeisen formuleerden. Omstreeks 1920 werd uitgegaan van voertuigen met een maximaal gewicht van 14 ton. Voorts gold een gelijkmatig verdeelde belasting van 400kg/m^1 (kilogram per strekkende meter). In 1927 werd het eerste *Rijkswegenplan* vastgesteld door het Parlement. Voor de realisering van de hierin voorkomende bruggen werd in 1928 een afzonderlijk Bruggenbureau opgericht.

Een belangrijke taak van dit bureau was het opbouwen van de benodigde kennis voor het ontwerpen en bouwen van bruggen en het aanpassen van het bestaande voorschrift uit 1920 voor het ontwerpen van bruggen voor gewoon verkeer. In 1933 verscheen een voorlopig voorschrift, dat in 1938 werd omgezet in een definitieve versie: *Voorschrift voor het Ontwerpen en voor het Vervaardigen en van Stalen Bruggen*, (VOSB 1938). Behalve de verkeersbruggen gold dit voorschrift ook voor spoorbruggen. In navolging van de Duitse voorschriften werd de toelaatbare spanning voor op trek belaste stalen brugdelen op 1400 kg/cm² gesteld. Voor op druk belaste staven was de toelaatbare spanning afhankelijk van de slankheid: hierbij werd een veiligheidsfactor variërend van 1,7 tot 3,0 in rekening gebracht.

VOORSCHRIFTEN VOOR BEWEEGBARE BRUGGEN

Zolang de beweegbare brug is gesloten, moet deze zich gedragen als een vaste brug en de voorschriften en berekeningstechnieken voor beweegbare bruggen volgden in dit opzicht die van de vaste stalen bruggen. Omdat een dergelijke brug ook moet bewegen zijn aanvullende bepalingen voor de bewegingsmechanismen nodig, die moeten worden gedimensioneerd op het gewicht van de brug, het versnellen en vertragen tijdens het openen en het sluiten, de windkrachten tijdens bewegen en in geheel geopende toestand en het vasthouden en vergrendelen van de brug.

Was het ontwerpen en bouwen van beweegbare houten bruggen eeuwenlang het ambacht van de (stads)timmerman en de wagenmaker, met het ontwikkelen van ijzeren en stalen beweegbare bruggen werd het ontwerp en de bouw het domein van de civiele ontwerpers. Dit verklaart ook de quasi statische benadering van het ontwerp van bewegingsmechanismen in de beginperiode. Dit ging goed zolang er met grote reserves in de sterkte werd geconstrueerd, de snelheden beperkt waren en de aandrijfkrachten gering. Door de verdere ontwikkelingen in de eisen die aan beweegbare bruggen werden gesteld, werd het noodzakelijk om hierbij werktuigbouwkundige ontwerpers in te schakelen. Dit leidde voor de aandrijving tot het gebruik van nieuwe materialen en technieken, ontleend aan de ervaringen in andere bedrijfstakken. Daarbij hanteerden de ontwerpers dan ook berekeningsvoorschriften die hun oorsprong veelal vonden in de kranenbouw. Van een eenheid in benadering was echter nog geen sprake. Daarin kwam, voor wat Nederland betreft, pas verandering met het verschijnen van de concept voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen in 1946.

Hoofdstuk 3 Periode 1940-1950

3.1 ALGEMEEN

Eind 1939 was de aanleg van het wegennet, zoals in het *Rijkswegenplan* van 1927 was vastgelegd, grotendeels voltooid. Van de bruggen over de grote rivieren was de brug over de IJssel bij Deventer in 1939 nog in uitvoering: deze is tijdens de oorlog verder afgebouwd. Alleen de bruggen over de Merwede te Gorinchem en de brug over de Maas te Wessem waren nog niet in uitvoering genomen: deze zijn pas ná deze periode gebouwd. Voor de spoorbruggen geldt dat er in deze periode geen nieuwe bruggen zijn gebouwd.

Er zijn nog wel een aantal stenen bruggen gebouwd in de oorlogsperiode, zoals bijvoorbeeld de Sitterbrug te Leiden.

Door de Nederlandse Genie was, in samenwerking met het al eerder genoemde Bruggenbureau (de latere Directie Bruggen) en het ontwerp bureau van de NS, een plan voorbereid om een inval door de Duitsers zoveel mogelijk te vertragen door het vernielen van een aantal grote bruggen in de doorgaande routes. In dit plan was rekening gehouden met een herbouw door alleen één van de delen van de bovenbouw te vernielen en de onderbouw zo veel mogelijk te sparen.

Toen het Duitse leger in mei 1940 Nederland binnenviel, werd dit plan tot uitvoering gebracht. Het resultaat voldeed geheel aan de verwachtingen, maar had helaas slechts een beperkte invloed op de opmars van de Duitse troepen.

Na het beëindigen van de oorlogshandelingen in 1940 was de noodzaak om de oeververbindingen zo snel mogelijk te herstellen evident. De rivieren moesten worden vrijgemaakt van de belemmeringen voor de water- en ijsafvoer. Het kolentransport vanuit Limburg werd ernstig belemmerd en moest met het oog op de komende winter zo snel mogelijk worden hersteld. Het opruimen van de vernielde delen van de staalconstructies gaf niet zo veel problemen door de beschikbaarheid van goede bok¹- en duikerhulp. Meer zorgen gaven de latere herstelwerkzaamheden aan de bruggen. Het kostte grote moeite om hiervoor het staal, de gereedschappen, de brandstof en ook de arbeiders beschikbaar te krijgen en te houden. Vaak moesten de Duitse autoriteiten tegen elkaar uitgespeeld worden om deze werkzaamheden te kunnen uitvoeren.

De spoorbruggen werden met grote spoed hersteld, zij het vaak provisorisch. Door het toepassen van hulppijlers en het kannibaliseren van andere

¹ Bok = drijvende hijskraan

spoorbruggen, kon voor de belangrijkste bruggen in ieder geval een enkel spoor beschikbaar worden gemaakt.

Eind 1943 was het merendeel van de vernielde spoor- en verkeersbruggen weer geheel hersteld, zij het niet altijd in de oorspronkelijke vorm.

In 1944 en 1945 werden de bruggen in Nederland echter opnieuw getroffen door de oorlogshandelingen, dit keer door zowel de zich terugtrekkende Duitse troepen als door de bombardementen van de geallieerden. De gevolgen van de vernielingen waren nu veel ernstiger dan in 1940. Met name de Duitsers hadden als doel de oeververbindingen volledig te vernielen.

Na de oorlog was bouw materiaal schaars, omdat veel ervan naar Duitsland was afgevoerd. Ook was brandstof nog nauwelijks te krijgen en er was er een groot gebrek aan beschikbare constructiematerialen. Herstel verliep daardoor veel trager dan in 1940. Directie Bruggen had dit al vroegtijdig voorzien en was al gedurende de oorlog bezig geweest met de voorbereidingen voor het naoorlogse herstel: onder andere via het opstellen van materiaalspecificaties, gereedschapslijsten en regiecontracten.

Bij het herstel van de bruggen werden de problemen, die waren ontstaan door de vernielingen, vaak zeer creatief opgelost. Er is veel gebruik gemaakt van bruggen van minder urgente verbindingen: die werden aan de andere gebruikssituatie aangepast. Ook kwam het voor dat overspanningen van spoorbruggen tijdelijk in belangrijke overbruggingen voor gewoon verkeer werden geplaatst. De verkeersbrug over het Hollands Diep bij Moerdijk is daarvan een voorbeeld. Door het toepassen van hulppijlers (in een aantal gevallen van hout) kon een grote flexibiliteit worden verkregen. Een voorbeeld hiervan is het herstel van de brug bij Venlo.

Belangrijke hulp werd geboden door de geallieerden die na de oorlog gestandaardiseerde militaire noodbruggen beschikbaar stelden. Deze werden ingezet voor zowel spoor- als verkeersbruggen. Voorbeelden van het gebruik daarvan zijn onder andere de spoorbruggen over de IJssel bij Deventer (Everall Sectional Truss Bridge) en de Maas bij Mook (Callender Hamilton Bridge). Ook bleef allerlei militair hulpmateriaal achter dat zeer dienstig was voor het herstel van andere bruggen.

Door oorlogshandelingen zijn er in de jaren 1944-1945 veel stenen bruggen vernield of beschadigd. Hierbij waren ook een aantal monumentale stenen bruggen die weer in de oorspronkelijke staat zijn gebracht. Voorbeelden hiervan zijn de Sint Servaesbrug in Maastricht die relatief weinig oorlogschade had opgelopen en de Maria Theresiabrug in Roermond. Deze laatste brug was wel ernstig beschadigd omdat de stenen overspanning met springstoffen was opgeblazen, maar in 1950 is de brug weer in oorspronkelijke staat opgebouwd. Vooral in het oosten en zuiden van het land zijn stenen toegangsbruggen bij kastelen en landhuizen die nog al eens als militair hoofdkwartier werden gebruikt, door bombardementen en beschietingen vernietigd. Deze zijn in de wederopbouwperiode weer in oude luister hersteld.

De organisatie van het herstel van de bruggen was niet alleen vanuit een technisch oogpunt een zware opgave, maar zeker ook de logistieke kant vergde veel inventiviteit en kennis. Om dit tot stand te brengen werden voor het herstel van de spoorbruggen de dienst Weg en Werken van de NS aangewezen en het ingenieursbureau Spoorwegopbouw opgericht. Voor de verkeersbruggen was de verantwoordelijke organisatie de Directie Bruggen van Rijkswaterstaat.

In de hierna volgende paragrafen worden een aantal bruggen behandeld, die typerend zijn voor de beschreven vernielingen en het daarop volgende herstel. In bijlage 6A en 6B is aanvullende informatie opgenomen over zowel verkeers- als spoorbruggen.

3.2 OVERZICHT VERNIELINGEN EN HERSTEL VERKEERSBRUGGEN

Zoals hierboven is aangegeven werden na de eerste oorlogshandelingen in 1940 een aantal verkeersbruggen vernield, gevolgd door het herstel daarvan (afbeelding 3.1).

AFBEELDING 3.1
DE VERNIELDE VERKEERSBRUG
BIJ ARNHEM (1940)



Om de verkeersverbindingen over de grote rivieren zo snel mogelijk te herstellen, werden in eerste instantie veerponten, schipbruggen, en dergelijke weer in bedrijf genomen. Deze middelen waren voor de oorlog, na het gereedkomen van een vaste oeververbinding, in opslag genomen en kwamen dus goed van pas.



AFBEELDING 3.2
'BRUG' OVER HET IJ IN
AMSTERDAM

Een goed voorbeeld van een tijdelijke oeververbinding was een 'brug' over het IJ in Amsterdam, gevormd door een aantal ponten aaneen te schakelen (afbeelding 3.2). Deze oplossing kwam in de eerste plaats voort uit een gebrek aan brandstof en kon functioneren omdat er toen nog nauwelijks scheepvaart meer was op het IJ. Deze 'brug' diende overigens niet als vervanging van een bestaande brug.

Tegen het einde van de oorlog waren veel bruggen in zowel de primaire als de secundaire en tertiaire wegen vernield of beschadigd, het merendeel door de terugtrekkende Duitsers die daarbij zeer grondig te werk zijn gegaan. Alleen al bij de Rijkswaterstaat waren rond 500 vernielde bruggen geboekt. Daarnaast waren talrijke provinciale en gemeentelijke bruggen opgeblazen.

Het hierna volgende kaartje (afbeelding 3.3) geeft een overzicht van de situatie voor de belangrijkste Rijksbruggen in de periode direct na de oorlog.



AFBEELDING 3.3
 RIJKSBRUGGEN VOOR
 WEGVERKEER IN DE
 BELANGRIJKSTE ROUTES



AFBEELDING 3.4A
 WAALBRUG BIJ NIJMEGEN:
 SITUATIE 1939

Van de op dit kaartje aangegeven 25 grote bruggen in de hoofdwegen waren er slechts 6 onbeschadigd. In bijlage 6 zijn de lotgevallen opgenomen van deze 25 bruggen in de periode 1940-1950.

Een aantal herstellingen van de (vaste) verkeersbruggen was zeer spectaculair, zoals bijvoorbeeld de Waalbrug bij Nijmegen (afbeeldingen 3.4A/E).



AFBEELDING 3.4B

WAALBRUG BIJ NIJMEGEN:

SITUATIE MEI 1940

AFBEELDING 3.4C

WAALBRUG BIJ NIJMEGEN:

HERSTEL WINTER 1940-1941

(KRUIEND IJS IN DE RIVIER)



AFBEELDING 3.4D

WAALBRUG BIJ NIJMEGEN,

BOOG WEER VRIJDRAGEND:

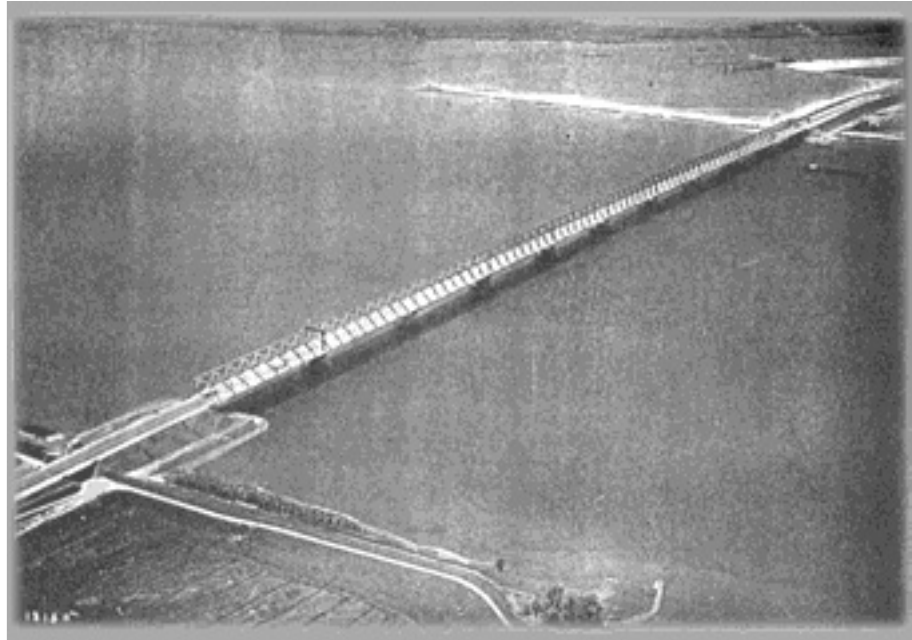
SITUATIE 1940



AFBEELDING 3.4E
WAALBRUG BIJ NIJMEGEN,
BRUG WEER VOLTOOID:
SITUATIE 1941

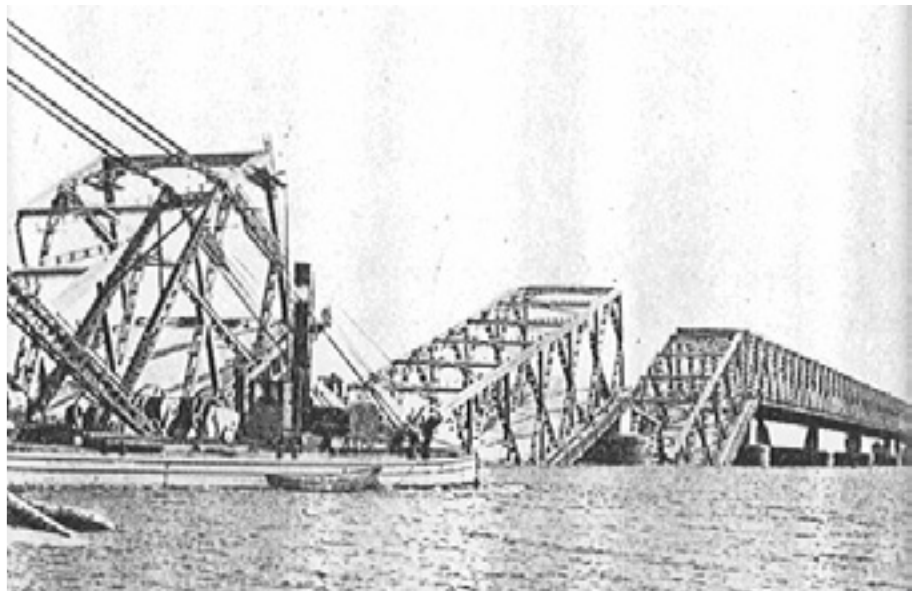
De Waalbrug is aan het eind van de oorlog gespaard gebleven voor grote vernielingen door het saboteren van de springladingen.

Van de Moerdijkbruggen zijn zowel de verkeers- als de spoorbruggen in 1940 niet vernield door een snelle en effectieve actie van Duitse valschermjagers. In 1945 zijn beide bruggen ernstig beschadigd door de Duitsers (afbeeldingen 3.5A/D).



3.5A
BIJ MOERDIJK:

AFBEELDING 3.5B
VERKEERSBRUG BIJ MOERDIJK:
VERNIELING 1945



3.5B
BIJ MOERDIJK:

AFBEELDING 3.5
VERKEERSBRUG
SITUATIE EIND 1945²



Naast de herstelwerkzaamheden van de grote vaste verkeersbruggen en spoorbruggen, moesten ook veel beweegbare bruggen worden hersteld. Ook voor deze bruggen zijn als gevolg van de materiaalschaarste veel bruggen hersteld met behulp van onderdelen en materiaal van andere bruggen. Een voorbeeld daarvan is de Bolgerijensebrug over het Merwedekanaal te Vianen, die is hersteld met delen van de Biezenmolenbrug, ook uit die omgeving.

AFBEELDING 3.5D
VERKEERSBRUG BIJ MOERDIJK:
SITUATIE EIND 1945³

In Noord-Brabant zijn eveneens veel bruggen ten gevolge van oorlogshandelingen geheel of gedeeltelijk beschadigd, zoals bruggen gelegen over het Wilhelminakanaal en de Zuid-Willemsvaart (afbeeldingen 3.6 en 3.7). Vanwege het grote aantal heeft het herstel van deze bruggen vele jaren in beslag genomen.

AFBEELDING 3.6
HINTHAMERBRUG, NABIJ
'S-HERTOGENBOSCH: SITUATIE
1944. DEZE OPHALBRUG LIGT
OVER DE ZUID-WILLEMSVAART
EN WERD ERNSTIG BESCHA-
DIGD. IN 1947 WERD DEZE
BRUG GEHEEL HERSTELD

² Voorlopig hersteld, deels met behulp van een aantal spoorbruggen. Links op de foto de Callender-Hamilton overspanningen, rechts één van de twee 'geleende' spoorbruggen. Op de achtergrond zijn nog de restanten van de spoorbrug te zien.

³ De voorlopige herstelling met de Callender-Hamilton hulpbruggen.



EESTRAAT,
SCH: SITUATIE

3.3 OVERZICHT VERNIELINGEN EN HERSTEL SPOORBRUGGEN

Van de doorgaande spoorwegverbindingen met bruggen over de grote rivieren zijn de meeste in 1940 vernield, zoals de Maasbruggen bij Maastricht, Venlo, Mook en Hedel, alsmede de bruggen over de Waal bij Zaltbommel en Nijmegen en de bruggen over de Rijn bij Oosterbeek en Rhenen.

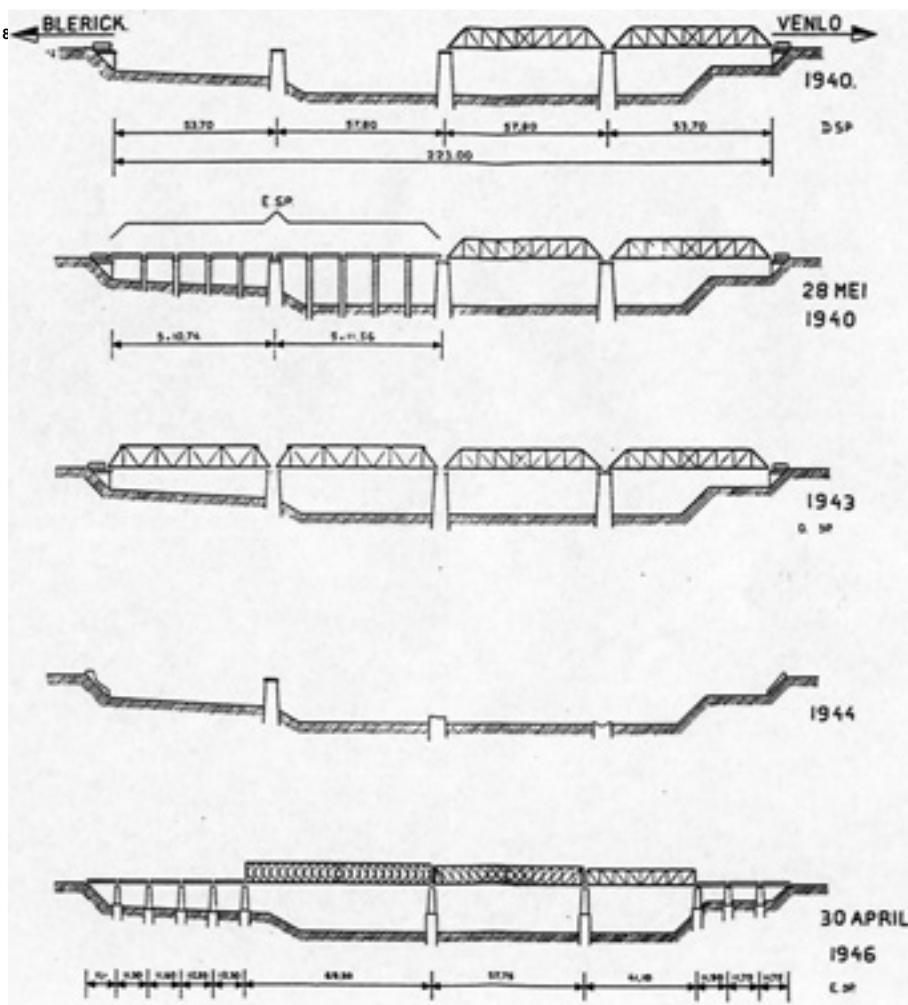
Deze bruggen zijn in de jaren daarna provisorisch hersteld, maar in 1944/1945 weer opnieuw vernield. De lotgevallen van deze spoorbruggen zijn te vinden in bijlage 6B.

Hieronder zijn de wederwaardigheden van twee spoorbruggen, Venlo en Gennep beschreven gedurende de periode 1940 - 1945. Deze twee bruggen zijn voldoende karakteristiek om een goed beeld te geven van hetgeen allemaal moest gebeuren in deze periode om de oeververbindingen weer te herstellen.

VENLO

In 1940 werden de twee overspanningen aan de Blerickse zijde vernield. Een voorlopig herstel werd gerealiseerd door toepassing van gewalste liggers met brede flenzen op houten jukken. Reeds op 28 mei van dat jaar kon de Maas weer gepasseerd worden. In 1941 werd de oeververbinding definitief hersteld. In 1944 werd de gehele bovenbouw en een groot gedeelte van de onderbouw grondig vernield door de Duitsers. In april 1946 werd een hulpbrug in gebruik genomen, die bovenstrooms van de vernielde oeververbinding lag. De westelijke hoofdoerspanning was een Roth-Waagner brug, door de Engelsen veroverd op de Duitsers. De andere grote overspanning was een ingekorte brug, afkomstig van de oeververbinding te Zaltbommel (afbeelding 3.8). In 1965 is de oeververbinding definitief hersteld. Op de pijlers van de oorspronkelijke spoorbrug is een verkeersbrug gebouwd.

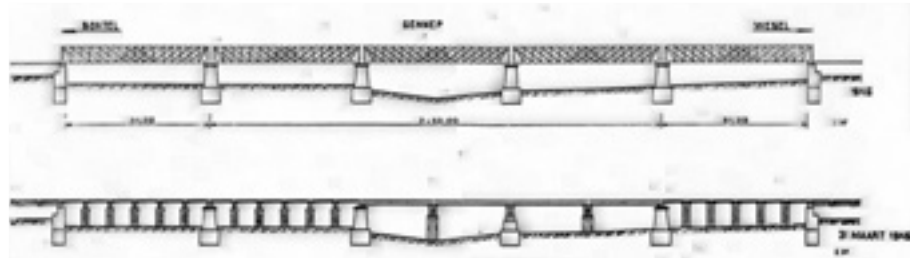
AFBEELDING 3.8
BRUG OVER DE
VENLO



GENNEP

Door de geallieerden zijn in het kader van strategische belangen eveneens bruggen gerepareerd. Een voorbeeld hiervan is de brug over de Maas bij Genneep. Deze oeververbinding werd in 1940 niet beschadigd doordat de Duitsers bij verrassing het Nederlandse bewakingspersoneel overrompelden. In 1944 werd de verbinding volledig vernield. De Engelsen hebben in zeer korte tijd Militaire hulpspoorbruggen (Unit Construction Railway Bridges)

op de pijlers en hulpjukken geplaatst, waardoor de verbinding eind maart 1945 weer in gebruik genomen kon worden (afbeelding 3.9). Enige tijd na de oorlog werd de spoorlijn opgeheven.



Hoofdstuk 4 Periode 1950-1970

4.1 ONTWIKKELINGEN IN MATERIAALGEBRUIK EN CONSTRUCTIETECHNIEKEN

VERKEERSBRUGGEN

In de periode direct na de oorlog kreeg de opbouw van de economie, waarvan het herstel van de vernielde infrastructuur een belangrijk onderdeel vormde, een hoge prioriteit. Daarbij speelde tevens een rol dat de vervangingsinvesteringen in de infrastructuur lange tijd achterwege waren gebleven en een inhaalslag noodzakelijk was. Nadat het herstel van de vernielde bruggen afgerond was, hebben een tweetal belangrijke aspecten het ontwerpen van stalen bruggen sterk beïnvloed: de ontwikkeling van de kosten van materiaal en arbeid. Vóór de oorlog was het materiaal ruim voorhanden en goedkoop. Staal kostte bijvoorbeeld in die tijd niet meer dan 5ct per kg. Ná de oorlog lagen deze kosten op een veel hoger niveau, hetgeen de constructeur dwong tot een zo efficiënt mogelijk materiaalgebruik. In de jaren vijftig namen de kosten van arbeid sterk toe, veel meer nog dan de toename van de materiaalkosten. Dit leidde tot een toenemende druk om seriematige fabricage en montage mogelijk te maken en hiermee de arbeidskosten te verlagen.

Al tijdens de oorlog zijn de eerste initiatieven genomen om systematisch onderzoek te verrichten op het gebied van civiele constructies. Dit initiatief heeft na de oorlog geleid tot de oprichting van het instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies en het Stevin laboratorium van de Technische Hogeschool Delft. Deze beide organisaties hebben veel en belangrijk onderzoek verricht naar die aspecten van de staalbouw die van belang zijn geweest voor de ontwikkelingen in de betreffende periode.

Tot circa 1965 werden de berekeningen voor een brug grotendeels handmatig uitgevoerd, hetgeen de vormgeving en constructie van een brug sterk bepaalde. Elk onderdeel had daardoor vaak slechts een enkelvoudige functie. Voor bruggen met een grote overspanning koos men veelal voor een vakwerk en voor kleinere overspanningen voor een plaatliggerbrug. De rijdekken werden meestal uitgevoerd met dwars- en langsdragers, met een houten, stalen of betondek daarop bevestigd.

Ná 1965 gaven de mogelijkheden die de computer bood steeds meer ruimte voor de constructeur en de mogelijkheid om gecompliceerde constructies door te rekenen werd daardoor sterk uitgebreid. De onderdelen van een brug konden een meervoudige functie krijgen, waardoor het mogelijk werd de eerder besproken materiaalefficiëntie te realiseren. Zo werden brugdekken ontwikkeld, die tevens een deel van de hoofdliggers vormden: meewerkende

brugdekken geheten, uitgevoerd zowel in staal als beton (zie bijlage 7 voor meer details). Een meewerkend betondek is voor stalen bruggen niet erg vaak toegepast. Het meewerkende stalen dek zelf heeft een ontwikkeling ondergaan naar meer op de mogelijkheden van de constructiewerkplaatsen gerichte vormen, zoals in de scheepsbouw gebruikelijk was. Na 1960 begon de opmars van de orthotrope rijvloer, waarbij het rijdek, de dwars- en langsdragers werden geïntegreerd. In het begin werden onder het dek strippen gelast voor de vloerverstijving. Omstreeks 1965 werden gewalste gootvormige profielen onder het dek gelast.

Ook kon in samenhang met de nieuw ontwikkelde verbindingstechnieken, zoals lassen en het gebruik van voorspanbouten, worden bereikt dat de arbeidskosten omlaag konden.

De hierboven geschetste ontwikkelingen zijn onder andere terug te vinden bij de volgende bruggen .

BRUG OVER DE NEDER-RIJN NABIJ RHENEN

Bij deze brug is een stalen dek toegepast dat als bovenflens meewerkt met zowel de hoofdliggers als de dwarsdragers, beiden plaatliggers. Deze brug is een voorbeeld van het begin van de toepassing van onderdelen met een meervoudige functie. De in de fabriek geprefabriceerde onderdelen zijn gelast en het samenvoegen op de bouwplaats is met klinknagels gebeurd (afbeelding 4.1).



BIJ RHENEN

BRUG OVER DE MAAS, VERBINDING VENLO-BLERICK

De stalen hoofdliggers en dwarsdragers zijn plaatliggers, waarop een betondek is gestort. Dit betondek werkt mee als bovenflens van de hoofdliggers. Een bijzondere montagemethode moest worden toegepast om trekspanningen in het betondek zo veel mogelijk te voorkomen (afbeelding 4.2).



BIJ VENLO

BRUG OVER DE BENEDEN-MERWEDE NABIJ GORINCHEM

De brug is een verstijfde staafboog met verticale hangers, waarbij de bogen die één vlak liggen gekoppeld waren. De verstijvingsliggers werkten samen

met het stalen dek. Een boogbrug is een geëigende oplossing indien een beweegbare brug in de oeververbinding gewenst is.

Bijzonderheid: met deze constructievorm werd een besparing in het gewicht van de brug van circa 40% bereikt ten opzichte van een vooroorlogs ontwerp (afbeelding 4.3).

AFBEELDING 4.3
DE BRUG O/D M
GORINCHEM (19



BRUG OVER DE NIEUWE MAAS TE ROTTERDAM

De draagconstructie is een verstijfde staafboog, waarbij het brugdek door diagonale hangers met de bogen is verbonden. Het brugdek bestaat uit twee kokers, verbonden met dwarsdragers en een samenwerkend stalen rijdek. De overspanning van 287m is tot op heden de grootste in Nederland (afbeelding 4.4).

AFBEELDING 4.4
BRUG OVER DE
TE ROTTERDAM
BRIENENOORDB



BRUG OVER HET HARTELKANAAL NABIJ ROTTERDAM

De draagconstructie bestaat hier uit een kokerligger met een meewerkend dek, verstijfd door de toepassing van tuien in het hart van de koker. De geprefabriceerde brugdelen zijn geheel gelast en als montageverbindingen zijn voorspanbouten toegepast. Dit was de eerste tuibrug in Nederland (afbeelding 4.5)

AFBEELDING 4.5
DE BRUG OVER
HARTELKANAAL
BRUG) (1964)



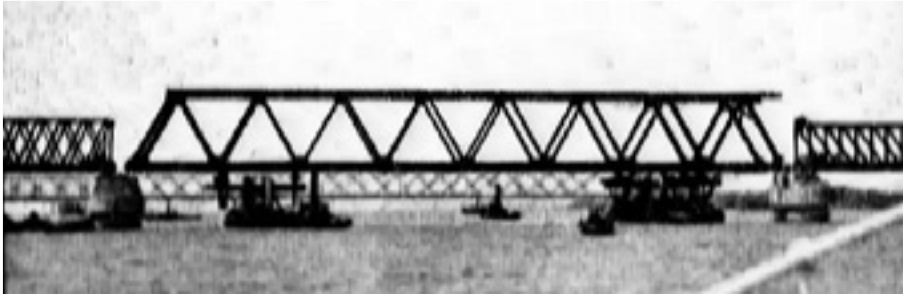
SPOORBRUGGEN

Bij spoorbruggen heeft zich een andere ontwikkeling voorgedaan dan bij verkeersbruggen. Met name bij het lassen was de NS erg voorzichtig gezien de dynamische belastingsproblematiek: het lassen aan een spoorbrug werd dan ook pas omstreeks 1970 toegestaan. De hierboven voor verkeersbruggen geschetste ontwikkelingen in materiaalgebruik hebben zich pas ná de behandelde periode voorgedaan. Er zijn echter een aantal bijzondere aspecten te vermelden die specifiek betrekking hebben op spoorbruggen.

Het merendeel van de in 1947 bestaande spoorbruggen was in de tweede helft van de 19^e eeuw gebouwd. Dat betekende dat de bruggen ontworpen waren met de destijds geldende normen, inzichten en voorgeschreven treinbelasting. Omstreeks 1900 kwamen er zwaardere locomotieven, zwaardere goederentreinen en bijzonder vervoer. De voor die bruggen geldende normen werden hierdoor overschreden, waardoor de NS beperkingen in het gebruik invoerden, zoals door lagere passagesnelheden voor te schrijven. Met het toenemen van het treinverkeer kregen deze beperkingen steeds meer invloed op de dienstregeling en werd het daarom noodzakelijk geacht het draagvermogen van de spoorbruggen uit de 19^e eeuw nader te onderzoeken, rekening houdend met de nieuwste inzichten.

Een belangrijk aspect bij dit onderzoek was dat men in die periode een grotere reserve had aangehouden bij het vaststellen van de toelaatbare spanningen in het materiaal dan op basis van de nieuwere inzichten noodzakelijk was. Verzwaring of vervanging van deze spoorbruggen als gevolg van de grotere belastingen was dus niet bij voorbaat noodzakelijk. Het onderzoek naar het draagvermogen leidde echter tot de conclusie dat vervanging van het merendeel van deze bruggen van welijzer over de grote rivieren uit de 19^e eeuw noodzakelijk was. Door de NS werd daarom een meerjarenprogramma ontwikkeld waarvan de realisatie echter om financiële redenen pas plaatsvond tussen 1976 en 1984. In de jaren 1960-1970 ging men er wel toe over zo veel mogelijk kleine welijzeren bruggen te vervangen. Financieel gezien was dit het meest haalbaar omdat dit nog niet leidde tot grote uitgaven ineens. Veelal werden de nieuwe kleine bruggen uitgevoerd als een betonplaat met doorgaand ballastbed. Dit bracht, naast de lagere stichtingkosten, ook voordelen mee voor het onderhoud.

De toename van het reizigers- en goederenverkeer maakte het noodzakelijk het spoorwegnet zo veel mogelijk in te richten voor dubbelspoor. Het in 1955 vervangen van de in de 19^e eeuw gebouwde enkelsporige (welijzeren) brug over het Hollands Diep bij Moerdijk is daarvan een voorbeeld. De nieuwe brug bestaat uit twee vakwerken met ondergelegen dwarsdragers en aan de boven- en onderzijde een windverband (een licht vakwerk om de windkrachten op te nemen). De constructie is geheel geklonken (afbeelding 4.6).



AFBEELDING 4.6

SPOORBRUG O/H HOLLANDS
DIEP (1955). LINKS EN RECHTS
VAN DE NIEUWE BRUG ZIJN
NOG DE OUDE BRUGDELEN
ZICHTBAAR

De uitbreiding of de verbetering van het wegennet maakte het dikwijls nodig nieuwe spoorviaducten over de nieuwe wegen te bouwen. Een vergelijkbare situatie trad op bij het graven van nieuwe kanalen of het verbreden van bestaande kanalen. Een voorbeeld van het laatste is de verbreding van het Amsterdam-Rijnkanaal. Omstreeks 1965 zijn hiervoor twee grote, nieuwe bruggen nabij Utrecht gebouwd. Daarvan is de Demkabrug er een; een geheel geklonken, verstijfde staafboogbrug (afbeelding 4.7).

AFBEELDING 4.7
SPOORBRUG O/H
RIJNKANAAL, DE
(1965)



BEWEEGBARE BRUGGEN

In de periode 1950-1970 zijn talloze beweegbare bruggen gebouwd. De ontwikkelingen in het wegverkeer en het scheepvaartverkeer vroegen steeds weer om nieuwe en grotere bruggen. In dat kader zijn veel oudere bruggen vervangen. Over de vele nieuw gebouwde sluizen werden beweegbare bruggen gebouwd, vaak één over elk sluishoofd. Ook in het kader van de Deltawerken kwamen er veel beweegbare bruggen bij.

Karakteristieke verschillen c.q. overeenkomsten in deze periode met bruggen van vóór 1940 betroffen:

- a. Het uiterlijk van de brug
- b. Het val en de evenwichtsconstructie
- c. De aandrijfconstructie

AD A: HET UITERLIJK VAN DE BRUG

Zichtbaarder wellicht dan bij vaste stalen bruggen, heeft de overgang van klinken naar lassen grote invloed uitgeoefend op het uiterlijk van beweegbare bruggen. Het lassen, dat kort na 1945 in de bruggenbouw is ingevoerd, maakte het mogelijk om diverse onderdelen eenvoudiger en strakker uit te voeren.

Verdere voordelen van gelaste constructies waren o.a. een lagere constructiehoogte en een geringere massa, waardoor ook het bewegingswerk eleganter kon worden vormgegeven.

Ook zijn de gelaste constructies onderhoudsvriendelijker: met name de conservering werd eenvoudiger als gevolg van de betere toegankelijkheid en de gladde oppervlakken.

De veranderingen in het uiterlijk van beweegbare bruggen hebben zich het duidelijkst gemanifesteerd bij ophaalbruggen en hefbruggen. Bij ophaalbruggen werd in de periode direct na de oorlog het gebruik van het concept uit het begin van de twintigste eeuw, het zogenaamde 'Amsterdamse type' voortgezet. Bij dit type brug werden de draaipuntstoelen van de balans boven op de hameistijlen geplaatst en draaide de balans in z'n geheel tussen deze stijlen. De balanspriemen werden aan elkaar gekoppeld door de ballastkist en door een dwarsverband ter plaatse van de draaipunten (afbeelding 4.8). In de jaren vijftig verdween de koppelligger tussen beide (verticale) hameistijlen, die het vroegere poortgedeelte ten behoeve van zijdelingse stabiliteit van de stijlen verving, steeds meer. De hameistijlen werden weliswaar zwaarder uitgevoerd, maar konden als vrijstaande stijlen nu zelf zorgdragen voor hun stabiliteit (afbeelding 4.9).



AFBEELDING 4.8
HINTHAMERBRUG O/D ZUID-
WILLEMSVAART TE DEN
BOSCH: 1947 GERENOVEERD.
DEZE BRUG IS NOG GEHEEL
GEKLONKEN.

Ook bij hefbruggen waren de technische ontwikkelingen duidelijk aan de nieuwe constructies af te lezen. De oudste hefbruggen werden grotendeels geklonken (afbeelding 4.10). Later werden de staalconstructies (grotendeels) gelast en de verbindingen ofwel gelast of uitgevoerd met voorspanbouten. De heftorens werden echter veelal uitgevoerd in beton (afbeelding 4.11). Vanwege de beperking in de doorvaarthoogte werden hefbruggen overigens steeds minder toegepast.

AD B: HET VAL EN DE EVENWICHTS-CONSTRUCTIE

Ook het val (het beweegbare brugdek) heeft een hele evolutie ondergaan. Tot in de jaren vijftig bestond het val uit een stapelconstructie, bestaande uit 2 of meer hoofdliggers, waarop de dwarsdragers waren gemonteerd, die zelf weer de langsliggers droegen. Boven op de langsliggers werden dan houten planken bevestigd. Vanaf omstreeks 1960 werden de bestaande houten rijdekken vervangen door stalen rijdekken, terwijl het dek bij nieuwe bruggen geheel werd geïntegreerd in de draagconstructie. Zo werd de orthotrope rijvloer, die elders in dit rapport meer in detail is beschreven, ook bij beweegbare bruggen toegepast.



AFBEELDING 4.9
SCHROEFBRUG O/H KANAAL
DOOR WALCHEREN,
MIDDELBURG (1969).
DEZE BRUG IS GEHEEL
GELAST.

Deze ontwikkeling leidde tot een aanzienlijke vermindering in het gewicht van het val per vierkante meter (kg/m^2). Een voorbeeld:

de Keersluisbrug, een ophaalbrug uit 1950: gewicht van het val ca $475 \text{ kg}/\text{m}^2$



AFBEELDING 4.10
BOTLEKBRUG (1955). EEN NOG
GROTENDEELS GEKLONKEN
HEFBRUG.

de Schroefbrug, een ophaalbrug uit 1969: gewicht van het val ca 250 kg/m². In ca. 20 jaar dus een halvering van het gewicht.

Stalen rijdekken hadden ook voor slijtlagen (een ruwe en slijtvaste laag van kunststof op het dek) een voordeel, namelijk een langere levensduur dan bij de houten dekken. Ook traden bij houten dekken juist ter plaatse van de naden vaak scheuren in de slijtlaag op. Op het gesloten stalen oppervak hechten de lagen beter dan op de losse houten planken. De samenstelling van de slijtlaag werd in de loop der jaren verbeterd, waardoor de dikte van de laag kon worden verminderd.

Een lichtere val had gunstige gevolgen voor de overige constructiedelen van de beweegbare brug. Met name het contragewicht van een basculebrug /hefbrug en de balans van een ophaalbrug konden in afmetingen worden gereduceerd. Dit resulteerde in een fraaiere vormgeving van het geheel. Bij een ophaalbrug kan men losse priemen met een klein stalen contragewicht toepassen. Bij een hefbrug is dit eveneens het geval met als gevolg een mooiere hefbrug met slanke torens en kleine ballastblokken.

AFBEELDING 4.1
CALANDBRUG (1
EEN GEHEEL GE
CONSTRUCTIE M
HEFTORENS



Zoals op veel terreinen van de techniek werd ook in de bruggenbouw een schaalvergroting zichtbaar. Zo zijn in een aantal Rijkswegen grote basculebruggen gebouwd: Van Brienenoord, Numansdorp, Papendrecht. Dankzij verbeterde funderingstechnieken kunnen de hiervoor noodzakelijke, zeer diepe kelders worden gemaakt.



AFBEELDING 4.12

KELDER VAN DE 1STE VAN
BRIENENOORDBRUG (1964)

AD C: DE AANDRIJFCONSTRUCTIE

De grote beweegbare bruggen van 1940 en later hadden een elektromechanische aandrijving. Voor de snelheidsregeling werd gebruik gemaakt van elektrische weerstanden, waarmee de snelheid stapsgewijs werd geregeld. Dit was noodzakelijk om nabij de opleggingen de brugsnelheid te beperken en op deze wijze te voorkomen dat de brug met een harde klap zou sluiten. Bij basculebruggen en ophaalbruggen werden in plaats van deze elektrische weerstanden, mechanische regelmechanismen ontwikkeld.

Een aantal van deze mechanische regelmechanismen is specifiek voor basculebruggen ontwikkeld:

- Panamawiel (toegepast door Rijkswaterstaat, Gemeente Rotterdam en Amsterdam)
- Kruk-sleufconstructie (toegepast bij enkele Provinciale bruggen)
- Slakkenhuis (een Rotterdamse vinding), toegepast bij o.a. de Oostbrug, de Achterhavenbrug en de Hartelbrug
- Schelp (een vinding van Rijkswaterstaat), toegepast bij de eerste basculebrug van de Van Brienoordbrug (afbeelding 4.12), Numansdorp en Papen-drecht)

Te zien is dat de tandradbaan, waarmee het val geopend en gesloten wordt, een diepe kelder noodzakelijk maakt. Boven aan de foto is nog de schelpconstructie te zien waarmee de brugsnelheid nabij de opleggingen wordt gereduceerd.

De hierboven besproken regelmechanismen zijn voor de passant niet zichtbaar, aangezien ze in de machinekamer zijn geïnstalleerd. Bij ophaalbruggen is voor een aantal bewegingswerken wel iets van deze regeling te zien, zoals bij een rechte of kromme heugel en bij een kruk-drijfstaangmechanisme. Bij een rechte heugel wordt de sluitsnelheid nabij de opleggingen vertraagd door met behulp van elektrische weerstanden het toerental van de elektromotor te verminderen (afbeelding 4.13).

Met behulp van een kromme heugel kan de sluitsnelheid van het val worden vertraagd zonder dat het nodig is het toerental van de elektromotor te verminderen (afbeelding 4.14).

Door de toepassing van de hydraulische aandrijving werd een verbeterde snelheidsregeling mogelijk. Bovendien was dit type aandrijving geschikt voor het uitoefenen van grote krachten, terwijl tevens minder inbouwruimte nodig was dan bij een mechanische aandrijving. In 1963 paste de gemeente Rotterdam voor het eerst een hydraulische aandrijving toe bij een draaibrug. Directie Bruggen paste in 1967 een hydraulische aandrijving toe voor een niet gebalanceerde brug: de klapbrug over de Voornse sluis.



AFBEELDING 4.13

EEN RECHTE HEUGEL

De eerste toepassingen van hydraulische aandrijvingen bij basculebruggen dateren bij Gemeentewerken Rotterdam uit 1968 (de Harmsenbrug) en bij Rijkswaterstaat uit 1970 (de Scharsterrijnsebrug).

BETONNEN BRUGGEN

De toepassing van beton als bouw materiaal voor bruggen kan, naast de ontwikkeling van dit materiaal in het algemeen, niet los worden gezien van de opkomst van het voorgespannen beton in Nederland. In de jaren vóór de oorlog werd reeds in een aantal landen, maar vooral in Frankrijk, een groot aantal bouwwerken in voorgespannen beton gerealiseerd. In Nederland begon de ontwikkeling pas aan het eind van de veertiger jaren op gang te komen.

De eerste toepassingen hadden betrekking op het gebruik van liggers van voorgespannen beton bij de bouw van fabrieksgebouwen, loodsen e.d. Niet onvermeld mag blijven de fabricage van ca. 4500 spoorwegportalen van voorgespannen beton. Deze werden in 1949 toegepast bij een aantal baanvakken van de Nederlandse Spoorwegen.

VERKEERSBRUGGEN

In de jaren 1951/1952 werden een paar kleinere bruggen met balken van voorgespannen beton gebouwd, bijvoorbeeld de brug over de Vlaardingse Vaart te Vlaardingse met overspanningen van 10m.

De echte doorbraak voor wat betreft de bruggenbouw in voorgespannen beton kwam echter in 1953 (afbeeldingen 4.15 en 4.16). Toen werd gestart met de uitvoering van vier grote bruggen:

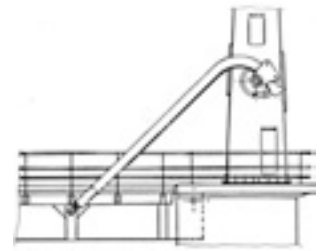
- De brug over de uiterwaard van het Pannerdensch Kanaal, in aansluiting op het pontveer over dit kanaal
- De brug in de Graafseweg over het spoorwegemplacement te Nijmegen
- De brug over de Drecht te Leimuiden
- De brug over de Amstel (in aansluiting op RW 2) te Amsterdam: de Utrechtsebrug

Bij het brugdek van het deel over de Amstel is gebruik gemaakt van geprefabriceerde I-vormige balken van voorgespannen beton, met veel

AFBEELDING 4.15

BRUG OVER UITERWAARD BIJ
HET PANNERDENSCH KANAAL
(1953)⁴

grotere overspanningen dan het vorige voorbeeld en met een gebogen onderrand. De balken zijn op een nabijgelegen veldfabriek gemaakt, daarna gemonteerd met behulp van drijvende bokken en door middel van ter plaatse gestorte voegen tot één geheel gemaakt.



AFBEELDING 4.14
EEN KROMME HEUGEL

⁴ Deze brug bestaat uit 12 relatief kleine overspanningen van 15,65 m, elk opgebouwd uit voorgespannen T-vormige balken. Deze balken hebben een rechte onderrand. De 96 balken werden op het werk ge(pre)fabriceerd.



AFBEELDING 4.16
UTRECHTSEBRUG, AMSTERDAM
(1953)



In 1954 werden de bruggen over het Nieuwe Diep in Den Helder en over het Van Harinxmakanaal bij Harlingen gebouwd en in 1957 volgde de brug over het Buiten-IJ bij Schellingwoude (afbeelding 4.17).

De aanbruggen bestaan uit 660 geprefabriceerde balken, in lengte variërend van 22 tot 30m. De hoofdo overspanning is een stalen boogbrug.



17
IJ BIJ
DE (1957)

De brug over de Maas bij Roermond (afbeelding 4.18) was een nieuwe mijlpaal: voor het eerst werd over één van de grote rivieren een geheel betonnen brug gebouwd. De overspanning van 80m was toendertijd de grootste van Nederland.

Bij de montage van de brug werd van twee zijden naar elkaar toe gebouwd. Door middel van sluitstukken van 50 m elk werd de hoofdo overspanning van

80m gecompleteerd. Dat was in die tijd de grootste overspanning van een betonnen brug in Nederland.



AFBEELDING 4.18

BRUG OVER DE MAAS BIJ
ROERMOND (1959)

In 1961 kwam de brug over de Beneden-Merwede bij Gorinchem gereed. De acht aanbruggen hebben overspanningen van ieder 45,30 m en zijn uitgevoerd met balken van voorgespannen beton.

In 1965 werd de brug over de Nieuwe Maas bij Van Brienoord geopend. De achttien aanbruggen hebben overspanningen van 50,75m. De balken van voorgespannen beton werden geprefabriceerd in een veldfabriek in de directe nabijheid van de bouwplaats (afbeelding 4.19).

AFBEELDING 4.1
BRUG OVER DE N
BIJ VAN BRIENEN



Een bijzondere brug die een aparte vermelding verdient, is de in 1965 in gebruik genomen brug over de Oosterschelde: de Zeelandbrug (afbeelding 4.20). De brug heeft een totale lengte van 5022m en bestaat uit 49 overspanningen van 95m, een aantal kleinere overspanningen en een basculebrug. De kokervormige bovenbouwconstructie is gemaakt van grote geprefabriceerde

AFBEELDING 4.20

BRUG OVER DE OOSTER-
SCHELDE, DE ZEELANDBRUG

elementen, die door ter plaatse gestorte voegen en voorspanning tot één geheel is gemaakt. Bij de montage van de samenstellende delen is gebruik gemaakt van een 250m lange montagebrug met hijskraan. De fundering van de brug bestaat uit holle, geprefabriceerde betonpalen met een maximale lengte van 50m.



Een geheel andere toepassing van prefab-beton kwam met de ontwikkeling van de zogenaamde lijmmethode. Hierbij werden geprefabriceerde bruggedelen, meestal met een kokervormige doorsnede, tegen elkaar aan gemonteerd met dunne lijmvoegen tussen de prefab-onderdelen onderling. De voorspanning zorgde ervoor dat de constructie als één geheel ging werken. De eerste bruggen waarbij deze methode eind zestiger jaren werd toegepast waren de brug over het Hartelkanaal (afbeelding 4.21) en de brug over de Brielse Maas, beide nabij Rotterdam. De eerste brug heeft een hoofdoerspanning van 114m en was de eerste gelijmde brug in Nederland.

Eind jaren zestig werd gestart met de bouw van de brug over het Ketelmeer (Zwolse Hoek) in de A6. Deze heeft een aantal overspanningen van 80m en een totale lengte van ca. 770m (afbeelding 4.22). Ook hier is gebruik gemaakt van de in die jaren toegepaste lijmmethode.



21
HARTELKA-
TERDAM (1968)
RONDE IS DE
DE HARTEL-
AAR

AFBEELDING 4.22
BRUG OVER HET KETELMEER,
ZWOLSE HOEK (1970)



Op nog grotere schaal werd de lijm methode toegepast bij de bouw (begonnen in 1969) van het Kleinpolderplein in Rotterdam, een verkeersknooppunt met meerdere afwikkelingsniveaus.

De bovenstaande toepassingen van het voorgespannen beton hadden nog uitsluitend betrekking op constructies die waren opgebouwd uit geprefabriceerde elementen. In combinatie met nieuwe bouwmethoden bleek, met name het ter plaatse gestorte beton, geschikt voor allerlei toepassingen die tot die tijd niet mogelijk geacht werden.

Het ter plaatse gestorte beton voor bruggen met grote overspanningen kreeg vooral impulsen door de toepassing van de zogenaamde 'steigerloze uitbouw methode'. Bij deze methode wordt, vanuit een aanzetconstructie op de pijler, symmetrisch uitgebouwd door per week 2 moten van ieder ca. 3,50m. te storten, die door middel van voorspanning met het reeds gerealiseerde bruggedeelte worden verbonden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zogenaamde uitbouw wagens. In 1966 werd bij Wessem over de Maas en het Julianakanaal (afbeelding 4.23) de eerste brug volgens deze methode gebouwd met een hoofdoerspanning van 100m. Kort daarna volgden de Zuiderbrug in Maastricht (Kennedybrug), de brug Katerveer bij Zwolle en de brug over de IJssel bij Deventer. In de jaren daarna zijn tientallen bruggen over de grote rivieren en kanalen volgens dit systeem gerealiseerd. Met de uitbouw methode werden grote overspanningen mogelijk, een range die tot die tijd nog uitsluitend voorbestemd was voor constructies in staal.

AFBEELDING 4.2
BRUG OVER DE
JULIANAKANAAL
(1966)



Door Directie Bruggen werden voor de grote bruggen eind jaren zestig, begin jaren zeventig dubbele aanbestedingen gehouden voor zowel een variant in staal als in beton. Het doel hiervan was om op deze wijze te

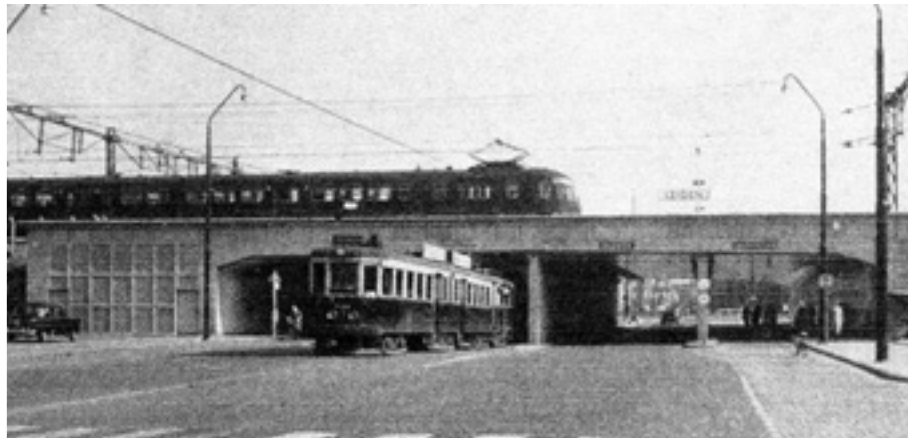
kunnen beoordelen welk materiaal de meest economische oplossing zou bieden.

Het werd echter al snel duidelijk dat het om economische redenen bijna altijd voordeliger was om dit soort overspanningen in beton te realiseren, waarna dubbele aanbestedingen niet meer werden toegepast.

SPOORBRUGGEN

Na het gereedkomen van het herstel- en vernieuwingsprogramma direct na de oorlog begon voor de NS een nieuwe bouwperiode. In deze periode was de invloed van ontwikkelingen buiten de NS erg groot. De opkomst van het wegverkeer en de daarmee gepaard gaande bouw van autosnelwegen bracht namelijk een stroom bouwprojecten op gang van kruisingen met de bestaande spoorinfrastructuur. Overal in het land kwamen spoorviaducten en onderdoorgangen tot stand, evenals grotere spoorbruggen en tunnels ten behoeve van kanaalverbredingen. Door stadsuitbreidingen, maar ook door de steeds frequentere treinenloop, was het gewenst de vele gelijkvloerse door ongelijkvloerse kruisingen te vervangen. Het omhoog brengen van de spoorbaan in Heemstede en Haarlem-Zuid was een van de eerste 'hoogspoor' plannen. Het station Heemstede-Aardenhout (de architect was Koen van der Gaast) werd op het viaduct gebouwd. Hierna komen vele hoogspoorprojecten in uitvoering, zoals in Leiden (afbeelding 4.24), Delft (voorgespannen betonnen spoorviaduct met een lengte van 800 m), Eindhoven, Tilburg en Breda.

AFBEELDING 4.24
SPOORVIADUCT OVER DE
RIJNSBURGERWEG, LEIDEN
(1953)



Verder werden gerealiseerd: de Christiaan Huygenstunnel onder het emplacement van Den Bosch met een lengte van 116 m (1955) en de tunnel onder het emplacement Nijmegen met een lengte van 211 m (1966).

Omdat al deze projecten in feite wijzigingen betroffen ten opzichte van bestaande situaties, werden de constructeurs en de uitvoerenden uitgedaagd om de moeilijke uitvoering in een steeds drukkere exploitatie met inventiviteit en nieuwe technieken aan te pakken. Bijkomend probleem bij de uitvoering was de elektrificatie van een groot aantal spoorlijnen. Het tijdelijk verleggen van de spoorlijn, inclusief de elektrische bovenleiding, was een

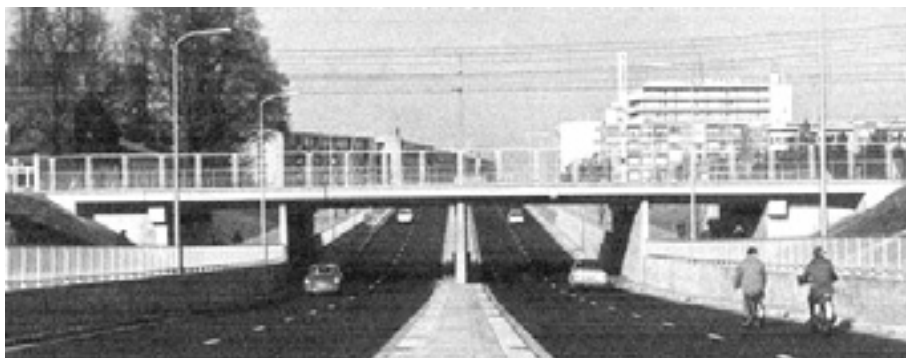
tijdrovende en dure aangelegenheid. Bovendien moesten voor een tijdelijke of definitieve verlegging van de spoorbaan een groot aantal draagconstructies worden verplaatst. Deze werkzaamheden konden niet anders dan in weekendnachten worden uitgevoerd.

Door de bovengenoemde omstandigheden werd het uitvoeren van werken een impuls voor technische vernieuwingen en voor het oplossen van steeds ingewikkelder organisatorische problemen. Zo is in deze jaren de methode van het doorpersen van buizen en tunnels tot ontwikkeling gekomen, evenals de inschuiftechniek voor zware betonnen brugdekken.

De hefportalen, kranen en grote onderhoudsmachines voor het spoorwerk deden hun intrede en in de funderingstechniek kwamen nieuwe systemen ter beschikking. Ook de voorgespannen betontechniek en de prefabbouw met kleine en grote elementen hebben het karakter van het bouwen in die jaren sterk gewijzigd.

In het begin van de jaren zestig werden de eerste ontwerpen gemaakt waarbij de ondersteuning in de bestaande spoorbaan onder hulpbruggen werden gebouwd. Hierna werd de gelijktijdig naast de spoorbaan gebouwde brugplaat in een buitendienststelling (een periode waarin geen treinen rijden) van een weekeinde naar zijn definitieve plaats verschoven. De overlast voor het treinverkeer kon zodoende worden beperkt.

Voorbeelden van dergelijke onderdoorgangen liggen in de Abraham van Stolkweg te Rotterdam (1966-'67) en in de Statenlaan te Tilburg (1967), (afbeelding 4.25).



AFBEELDING 4.25
SPOORWEG ONDERDOORGANG
IN DE STATENLAAN, TILBURG
(1967)

De perioden van snelheidsbeperking voor het treinverkeer werden door deze bouwmethode tot de helft gereduceerd. Ook de veiligheid voor de werknemers werd verbeterd, omdat het ingeschoven brugdek buiten de spoorbaan werd gebouwd.

Een variant op de hierboven beschreven bouwmethodiek was de constructie waarbij de definitieve steunpunten onder de ingeschoven brugplaat worden gemaakt. De brugplaat fungeert dan tijdelijk als hulpconstructie. Deze methode is voor het eerst toegepast bij de bouw van een onderdoorgang in de spoorlijn Arnhem-Zevenaar voor de secundaire weg S102 (de Pleyroute).

Een tweede toepassing vond plaats bij de bouw van een onderdoorgang in de spoorlijn Almelo-Hengelo voor de A1.

STENEN BRUGGEN

Omdat ook in de historische binnensteden de toename van verkeer en verkeersbelastingen een rol van betekenis ging spelen kwam men voor het probleem te staan dat oude markante stenen bruggen versterkt of verbreed moesten worden. Reeds voor 1940 werd er bij de nieuwbouw en renovatie van stenen bruggen steeds meer gebruik gemaakt van ijzer, staal en beton. In de constructie van de hoofddraagconstructie, het gewelf en de fundering werd beton en wapening toegepast, terwijl de toepassing van steen zich beperkte tot de buitenzijde. Het steen werd daarbij alleen toegepast om het oorspronkelijke uiterlijk te handhaven en de stenen bruggen zijn in feite hybride bruggen geworden. Alleen in zeer incidentele gevallen wordt nog steen als constructiemateriaal gebruikt.

Stenen bruggen zijn allen zogenaamde welfbruggen, maar deze kunnen worden onderscheiden in drie typen, alle hybride bruggen:

- Stenen bruggen met een betonnen boog, front en keermuren: bijvoorbeeld de St Jeroensbrug te Leiden (afbeelding 4.26), de Boterbrug te Delft, de Gildbrug te Utrecht en de Trekvaartbrug te Leiden
- Stenen bruggen met stalen balken: bijvoorbeeld de Neksluisbrug te Leiden, de Valkbrug te Den Bosch en de brug Brouwersgracht te Amsterdam
- Betonnen plaatbruggen met een stenen bekleding: de Alkemadebrug en de Koepoortsbrug te Leiden (afbeelding 4.27), de brug Willemstraat te Breda, de brug Halvemaansteeg en de brug Singelgracht te Amsterdam

AFBEELDING 4.26

ST. JEROENSBRUG TE LEIDEN

(1966)





AFBEELDING 4.27

KOEPOORTSBRUG, LEIDEN

(1957)

FUNDERINGSTECHNIEK EN PIJLERVORMGEVING

FUNDERINGSTECHNIEK

Van oudsher zijn voor bruggen dezelfde funderingsmethoden toegepast als voor gebouwen, te weten een fundering op staal (direct op de draagkrachtige laag van de ondergrond) en een fundering op palen. Soms waren hierop modificaties noodzakelijk, onder meer bij steunpunten van bruggen die in het water staan.

Die funderingen moeten worden beschermd tegen onderspoeling. Daarom wordt om de funderingssloof een damwand aangebracht. Die damwand kan dan ook dienst doen als bouwkuip. De aanlegdiepte van de bouwkuip ligt daarbij (veel) lager dan het waterniveau. Om te voorkomen dat de vloer van de kuip opdrijft bij het leegpompen van de bouwkuip moet het gewicht van de vloer evenwicht maken met de opwaartse waterdruk.

Dit leidt soms tot betondiktes in de orde van 5 tot 10 meter. Het aanlegniveau is daardoor zo laag dat meestal kan worden volstaan met fundering op staal.

De methode met een 'onderwaterbetonvloer' kan ook worden toegepast bij paalfunderingen. In dat laatste geval worden de palen geheid voordat het onderwaterbeton wordt gestort.

Kenmerkend voor de fundering van een brug is, dat de belastingen geconcentreerd overgebracht worden naar de ondergrond. De benodigde afmetingen van de fundering zijn daardoor relatief groot. Om de doorrij-, respectievelijk doorvaartbreedte optimaal te houden, wordt daarbij meestal de funderingssloof onder het wegniveau en soms ook onder het bodemprofiel van het water gehouden en wordt de opbouw van het steunpunt smaller gehouden dan de breedte van de funderingssloof.

In tegenstelling tot de woningbouw waarbij nog lang houten palen zijn gebruikt, is voor paalfunderingen van bruggen en viaducten na 1945 bijna uitsluitend gebruik gemaakt van betonpalen. Tot de jaren zestig waren dat palen van gewapend beton, daarna van voorgespannen beton.

PIJLERVORMGEVING

De vormgeving van de onderbouw van een brug kon meestal onafhankelijk van het brugdek plaatsvinden. In het geselecteerde bruggenbestand is primair gekeken naar de vorm van de brug zelf (de bovenbouw). Per type bovenbouw kunnen meerdere pijlervormen gecombineerd worden.

Vóór ca. 1940 werden alle pijlers van bruggen over de grote rivieren tot de hoogte van de hoogst te verwachten waterstand bekleed met natuursteen (afbeelding 4.28). Dit vanwege het feit dat het beton van de pijlers geacht werd onvoldoende duurzaam te zijn tegen ijsdruk en het continu langsgstromend water.

AFBEELDING 4.28

PIJLER MET NATUURSTEEN
BEKLEED (BRUG O/D MAAS BIJ
ROERMOND)



Met het toenemen van de sterkte van het beton, zijn de functionele bekledingen met natuursteen komen te vervallen. Als er al pijlers met natuursteen werden bekleed, werd dat uitsluitend om esthetische redenen gedaan.

Voor pijlers van viaducten in wegen en spoorwegen geldt dat ze kunnen worden aangereden: de pijlers moeten hiertegen bestand zijn met een aanvaardbaar risico tegen bezwijken. Door de sterke toename van de gewichten van het zware vervoer en de toename van de snelheid van dit vrachtverkeer, werd een mogelijke aanrijding een steeds grotere ontwerpbelasting. Sinds de jaren zeventig werden pijlers zo uitgevoerd dat ze een voorgeschreven 'botsbelasting' kunnen doorstaan. Dit had tot gevolg dat in geval van een kruising met verkeerswegen pijlers tegenwoordig veelal worden uitgevoerd als massieve wanden met dikten in de orde van 0,6m of meer, of als kolommen met dikten van 1,0 à 1,5m. De functionele eis inzake aanrijdingen beperkte echter wel de mogelijkheden van de vormgeving.



AFBEELDING 4.29

VOORBEELD VAN EEN
SPRINGWERKVIADUCT, DE
KRUISBERG⁵, OVER DE A67
NABIJ HEERLEN

Voor pijlers van viaducten over wegen geldt verder, dat als automobilisten het viaduct passeren met hoge snelheden vanuit de auto alleen het zijaanzicht van de pijler te zien is. Vandaar dat voor die pijlers veel aandacht werd besteed aan het zijaanzicht (afbeelding 4.29).

Qua vormgeving is vrij veel mogelijk voor pijlers, meer dan in de bovenbouw. De hand van de esthetische adviseurs van bruggen is daarom vaak meer te zien in de vormgeving van de pijlers (en landhoofden) van bruggen dan in die van de bovenbouw.

⁵ De foto is genomen vóór de ingebruikname van de ondergaande weg.

Voor het aanzicht van zowel bovenbouw als onderbouw van viaducten geldt dat het esthetische effect mede wordt beïnvloed door het wegmeubilair, zoals: geleiderail, lichtmasten en verkeersportalen, alsmede door geluidsschermen op de weg of op de kunstwerken. Gezien de huidige problematiek van overvolle wegen en van geluidshinder is de kans groot, dat bestaande situaties van nu in de nabije toekomst qua aanzicht nog aanzienlijk zullen wijzigen door het aanbrengen van signaleringsportalen en extra geluidsschermen.

4.2 ONTWIKKELINGEN IN VOORSCHRIFTEN EN BEREKENINGSTECHNIEKEN

ALGEMEEN

In hoofdstuk 4.1 is de relatie aangegeven tussen de ontwikkelingen in de techniek en de mogelijkheden die de ontwerper heeft om een en ander ook in rekenmodellen samen te vatten. De voorschriften lopen in principe altijd achter op deze ontwikkelingen.

Tot circa 1965 werden berekeningen van bruggen nagenoeg geheel handmatig uitgevoerd. Dat gebeurde meestal rekenkundig, maar soms ook grafisch. Wel zijn de hulpmiddelen daarvoor steeds beter geworden: van rekenliniaal en logaritmetabellen naar telmachines, eerst met de hand bediend maar later elektrisch.

Handberekeningen waren erg arbeidsintensief. Daarom werden veel tabellenboeken opgesteld, die het benodigde rekenwerk aanzienlijk konden vereenvoudigen. De constructeur was desondanks genoodzaakt de constructies zodanig vorm te geven dat het mechanicamodel eenvoudig gehouden kon worden. Ook werden constructies meestal tweedimensionaal uitgetekend.

Vanaf circa 1965 deden de eerste computertoepassingen hun intrede. Dit bracht ongekende mogelijkheden met zich mee om in korte tijd complexe berekeningen uit te voeren. De relatief eenvoudige schematiseringen konden worden verlaten; bij het ontwerp werd het mogelijk de constructie te beschouwen als een samenhangend geheel. Na verloop van tijd werd het door de steeds groter wordende capaciteit van de computer en de ontwikkelingen in de software ook mogelijk instabiliteitsberekeningen te maken, alsmede berekeningen voor vermoeiing van staalconstructies.

VASTE STALEN BRUGGEN

Bij elektrisch gelaste bruggen werd de constructie veelal als één geheel ontworpen en diende ook als zodanig te worden beschouwd in de berekeningen.

In deze periode is er veel theoretisch en praktisch onderzoek verricht bij TNO en het Stevin Laboratorium. Dit onderzoek leidde tot veel meer mogelijkheden voor de constructeur, zoals nieuwe verbindingstechnieken, beter inzicht in mogelijke instabiliteit, optreden van vermoeiing in onderdelen, etc.

Om de constructeur op een verantwoorde manier met de hierboven aangegeven ontwikkelingen om te laten gaan, was het nodig de bestaande voorschriften te herzien en te vervangen door nieuwe. In 1963 verschenen de *Voorschriften voor het Ontwerpen van Stalen Bruggen* (VOSB 1963, NEN 1008).

BEWEEGBARE BRUGGEN

In 1946 werd een aanzet gemaakt om enige lijn te brengen in de diverse richtlijnen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen, hetgeen uitmondde in het concept *Voorschriften Ontwerp van Beweegbare Bruggen* (VOBB-1946). Vervolgens werd in februari 1957 een commissie benoemd voor het uitwerken en herzien van de voorschriften uit 1946. In 1965 verscheen een voorlopige uitgave van deze voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen. Dit voorschrift was nog voor een belangrijk deel gebaseerd op de van toepassing zijnde kranennormen.

Hoewel de berekeningstechniek in dit conceptvoorschrift zelf nog quasi-statisch van aard was, werd al wel gerekend met toelaatbare spanningen die waren gebaseerd op dynamische belastingen en het aspect vermoeiing. Voor de belangrijkste bewegende onderdelen werden berekeningsmethodieken aangegeven, zoals voor de aandrijvingen van sluisdeuren, schuiven, stuwen, etc.

In de besproken periode is deze norm nooit officieel vastgesteld: dit is pas eind jaren negentig gebeurd.

BETONNEN BRUGGEN

In de beschouwde periode bestonden er geen voorschriften die specifiek voor betonnen bruggen waren opgesteld. Wel waren er algemene voorschriften die van toepassing waren op gewapend en voorgespannen beton. Een voorschrift dat specifiek voor betonnen bruggen van toepassing was, is pas in 1995 tot stand gekomen.

De wijze waarop gewapend beton en voorgespannen beton werd berekend, verschilden aanzienlijk van elkaar. In het navolgende wordt dit op hoofdlijnen nader toegelicht. Voor meer details wordt verwezen naar bijlage 7.

GEWAPEND BETON

De *Gewapend Beton Voorschriften* (GBV) waren tot en met 1950 gebaseerd op het principe van de toelaatbare spanningen. De uitgangspunten hierbij waren, dat beton alleen de drukspanning opnam en de wapening alleen de trekspanning.

VOORGESPANNEN BETON

Ter stimulering van de voor Nederland nieuwe toepassing van voorgespannen beton, is in 1949 de 'Studievereniging tot ontwikkeling van het voorgespannen beton' (STUVO) opgericht. De STUVO voorzag in de lacune aan kennis over voorgespannen beton die in Nederland bestond. Ze ontwikkelde onder andere de richtlijnen voor voorgespannen beton.

Voorgespannen beton gedraagt zich, met name bij overbelasting, wezenlijk anders dan gewapend beton. Voor voorgespannen beton moet altijd de situatie van overbelasten (breuk) expliciet en separaat worden beoordeeld. Omdat voorgespannen beton in de begintijd van zijn toepassing een 'nieuw' fenomeen was, waren bij voorgespannen beton de eisen voor de breukme-

thode ook zwaarder dan voor gewapend beton. Pas in het voorschrift voor voorgespannen beton uit 1976 zijn die eisen gelijk getrokken.

BELASTINGEN

Voor de belastingen van betonnen bruggen door verkeer, wind, wrijving op opleggingen en temperatuur golden de VOSB 1938 en de VOSB 1963. Kenmerkend voor het verschil tussen de VOSB van 1938 en die van 1963 is, dat de voor verkeer aan te houden belastingen in de VOSB van 1963 voor brede bruggen voor de dimensionering van de hoofdliggers lager zijn dan in de VOSB van 1938. De eisen voor het brugdek zijn daarentegen zwaarder geworden.

4.3 PLANOLOGISCHE ASPECTEN

DE RIJKSWEGENPLANNEN

In 1896 verschenen in Nederland de eerste personenauto's op de weg; dit aantal groeide de eerste decennia daarna nog niet al te snel. Zo bedroeg in 1910 het totale aantal auto's ca. 2500, in 1914: 5000, in 1937: 140.000 en in 1951 ca. 250.000.

Vóór 1925 vormden de meeste grote rivieren en kanalen tijdrovende obstakels voor het doorgaande verkeer. Er waren slechts 20 bruggen in deze routes opgenomen, de overige verbindingen werden onderhouden met behulp van veerverbindingen. In de eerste decennia van de 20^{ste} eeuw werd er nog weinig gedaan aan de verbetering en uitbreiding van ons wegennet. Eerst in de twintiger jaren werd begonnen met het aanpakken van het probleem, dat de groeiende automobiliteit met zich meebracht. Dit gebeurde mede onder invloed van een lobby vanuit de weggebruikers: de ANWB en de KNAC, alsmede de Nederlandse wegebouwers. De overheid zag zich in die periode voor twee problemen gesteld: techniek en financiën. Voor wat betreft het technische aspect werd in 1923 het District Wegentechniek van de Rijkswaterstaat ingesteld. In 1928 werd het Bruggenbureau opgericht als onderdeel van genoemd District Wegentechniek, maar later als een zelfstandige directie: Directie Bruggen.

De financiën werden onder andere geregeld met de Wegenbelastingwet en de instelling van het Wegenfonds in 1926. Voor de wegeaanleg werden, mede als uitvloeisel van de hierboven omschreven ontwikkelingen, voortaan Rijkswegenplannen gemaakt, aangevuld met plannen op provinciaal niveau. Het eerste *Rijkswegenplan* was van 1927 en omvatte de bestaande en nieuw aan te leggen wegen voor het doorgaande verkeer. Het ging daarbij om een totale lengte van ca. 2900 km. Het eerste *Rijkswegenplan* werd in de twintig daarop volgende jaren herzien in 1932, 1938 en 1948.

De uitgangspunten van deze plannen waren steeds:

- Zorgen voor goede verbindingen tussen de provinciale hoofdsteden en andere belangrijke plaatsen met meer dan 20.000 inwoners
- Het aansluiten van industrie-, mijn- en landbouwgebieden op het wegennet en goede verbindingen met het buitenland
- Het opnemen van fietspaden als vast onderdeel van de plannen

In het *Rijkswegenplan* van 1927 was ruim de helft van de nieuw aan te leggen wegen gesitueerd in Zuid- en Noord-Holland. Voor de uitvoering van het plan was in de jaren 1927 en 1928 fl. 8.000.000,- per jaar beschikbaar en in 1929 zelfs fl. 20.000.000,-. Onder invloed van de bezuinigingen in de jaren dertig werden deze bedragen steeds lager en werd het uitvoeringstempo vertraagd.

In de periode tussen 1925 en 1952 werden 68 verkeersbruggen gebouwd in de doorgaande rijkswegen, alsmede 429 kleinere kunstwerken. Aan het einde van de jaren dertig waren de grote rivieren zodoende niet langer een hindernis, die de groei van het autoverkeer belemmerde. Toen de Tweede Wereldoorlog uitbrak was het bruggenprogramma in het kader van het *Rijkswegenplan 1927* nagenoeg voltooid. Het net van autowegen zag er in 1943 als volgt uit (afbeelding 4.30).

AFBEELDING 4.30

HET NET VAN AUTOWEGEN IN

1943



In de jaren vijftig kwam filevorming alleen voor op warme zomerweekends en met Pasen, Pinksteren en Hemelvaartsdag en dan nog voornamelijk op het verkeersplein Oudenrijn.

Na 1945 nam het aantal auto's aanvankelijk slechts heel geleidelijk toe, hetgeen moge blijken uit het volgende overzicht:

AANTAL MOTORRIJTUIGEN PER 1 AUGUSTUS				
Omschrijving	1928	1939	1946	1951
<i>Met eigen beweegkracht (3-10)</i>	111 600	226 590	155 717	509 479
Totaal automobielen (3-7) . .	83 815	155 517	92 082	248 903
Personenauto's (a) . .	51 922	99 986	47 059	157 002
Autobussen (b) . .	3 159	4 518	2 329	6 160
Vrachtauto's (c) . .	} 28 734	44 762	37 164	77 550
Speciale voertuigen (d) . .		2 556	2 470	3 170
Trekvoertuigen (e) . .	} 27 785	3 695	3 060	5 021
Motorrijwielen		65 804	60 211	106 404
Rijwielen met hulpmotor	} 27 785	—	—	147 998
Motordriewielers		5 269	3 424	6 174
<i>Zonder eigen beweegkracht</i>		7 328	9 310	16 267
Aanhangwagens (f)		} 7 328	} 9 310	12 752
Opleggers (g)				3 515
			1946	1951

OVERZICHT GROEI AANTAL
MOTORVOERTUIGEN IN DE
PERIODE 1928-1951

De nieuwe naoorlogse *Rijkswegenplannen* waren vrijwel exacte kopieën van die van 1938. Toen echter de auto in de jaren zestig meer gemeengoed werd, reageerde de Rijkswaterstaat met een ambitieus en veelomvattend plan om aan het bestaande wegennet ruim 3200km aan nieuwe wegen toe te voegen. Vanaf het einde van de zestiger jaren begon zodoende een explosie aan bouwactiviteiten en werden in de jaren daarna tientallen grote rivier- en kanaalbruggen en honderden viaducten en andere kunstwerken gebouwd. Deze expansie op de bouwmarkt betekende ook een belangrijke stimulans voor wat betreft de technische ontwikkeling van het vakgebied: nieuwe bouwmethoden en materiaaltoepassingen etc., etc. Hierover is het een en ander terug te vinden in de voorafgaande paragrafen.

DE ONTWIKKELING VAN DE WATERWEGEN

Weinig landen hebben, in verhouding tot hun oppervlakte, zo'n uitgebreid stelsel van waterwegen dan Nederland. Door de opkomst van andere transportmiddelen en de schaalvergroting in de binnenscheepvaart hebben echter vele kleinere vaarwegen aan betekenis ingeboet of zijn buiten gebruik geraakt.

Voor een deel zijn de Nederlandse waterwegen van natuurlijke oorsprong. Dit geldt voor de vele rivieren die de delta doorsnijden, alsmede voor de stromen en zeearmen tussen de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden. Voor een veel groter deel echter zijn onze waterwegen in de loop van de eeuwen kunstmatig aangelegd. In de 17^e eeuw werd een uitgebreid stelsel waterwegen aangelegd. Dat was niet zozeer een gevolg van de behoeften vanuit de scheepvaart als wel veroorzaakt door het grote aantal droogmakerijen dat in die periode tot stand kwam. De voor die tijd indrukwekkende waterbouw-

kundige werken maakten de aanleg noodzakelijk van vele afwateringskanalen en ringvaarten.

Na de Franse inval in 1798 ontstond een centraal bestuurde staat naar Frans model. In die tijd werd ook de Rijkswaterstaat opgericht, die (onder andere) verantwoordelijk werd gesteld voor de aanleg van nieuwe waterwegen. In de beginjaren na de oprichting werden onder meer het Noord-Hollandskanaal en de Zuid-Willemsvaart aangelegd.

In de tweede helft van de 19^e eeuw kwamen onder andere het Noordzeekanaal, de Nieuwe Waterweg en het Merwedekanaal tot stand.

Ook in de 20^{ste} eeuw werden vele belangrijke waterbouwkundige werken gerealiseerd, zoals moge blijken uit onderstaand kaartje (afbeelding 4.31):

AFBEELDING 4.31

KAART NATTE WATERSTAATS-
WERKEN IN DE 20^{STE} EEUW



Aan kanalen ontstonden in die tijd onder meer: het Wilhelminakanaal (1923), het Kanaal Wessem-Nederweert (1926), het Twentekanaal en het Julianakanaal (1936), het Amsterdam-Rijnkanaal (1938-1952) en het Schelde-Rijnkanaal (1975). In Zeeuws-Vlaanderen gaf de verruiming van het Kanaal Gent-Terneuzen aanleiding tot de aanleg van enkele grote beweegbare bruggen: twee basculebruggen over de nieuwe Westsluis bij Terneuzen, alsmede draaibruggen over het kanaal bij Sluiskil en Sas van

Gent. Het is duidelijk dat zodoende vele nieuwe waterwegen ontstonden die om evenzo veel nieuwe overbruggingen vroegen.

Daarnaast werden belangrijke landaanwinningsprojecten gerealiseerd: de Wieringermeer (1930), de Noordoostpolder (1942), Oostelijk Flevoland (1957) en Zuidelijk Flevoland (1968). In deze polders werden veel (water)wegen aangelegd met alle bijbehorende bruggen van dien.

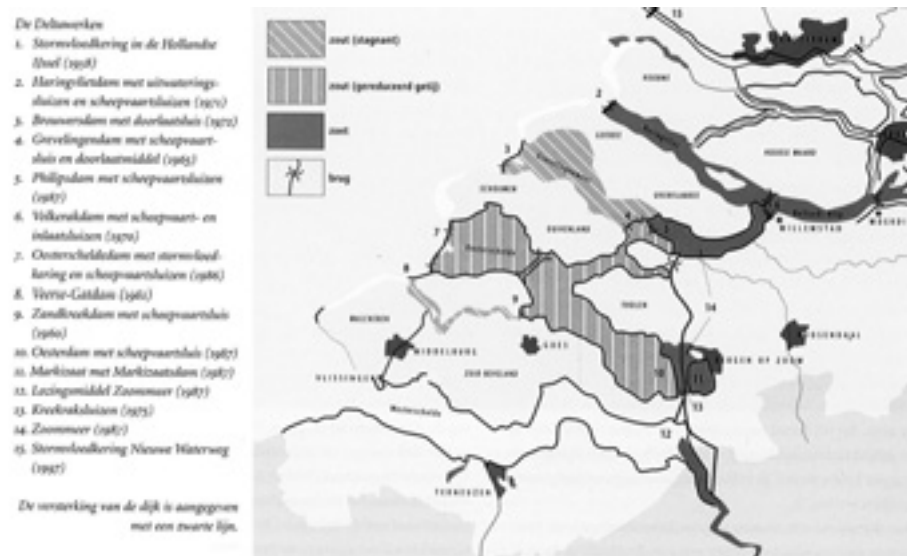
Het wonderlijke is, dat aan deze omvangrijke waterbouwkundige werken lange tijd geen nationaal plan ten grondslag heeft gelegen. De meeste projecten werden min of meer ad-hoc uitgevoerd. Sommige zijn gerealiseerd om de verbindingen tussen de zee en de havensteden, met name Rotterdam en Amsterdam te verbeteren, andere om bepaalde delen van het land tot ontwikkeling te brengen en weer andere om betere verbindingen tot stand te brengen tussen economisch belangrijke gebieden.

Pas in recente tijden, eind jaren zeventig van de vorige eeuw, heeft de Rijksoverheid een samenhangend beleid ontwikkeld ten aanzien van de Nederlandse vaarwegen. In dit beleid is overigens niet de aanleg van nieuwe waterwegen opgenomen; voor de bestaande is wel een duidelijke toekomstvisie uitgezet.

HET DELTAPLAN

De Watersnoodramp van 1953 veroorzaakte, naast ernstige beschadigingen aan de dijken, tevens de verwoesting aan landerijen, woonkernen en verspreid staande huizen in het zuidwesten van Nederland. In de reconstructieplannen, die na de ramp zijn opgesteld, werd als uitgangspunt de concentratie van de bebouwing in grotere kernen gehanteerd. Op Walcheren was dit principe bij de reconstructie na 1945 ook gevolgd; men had er dus reeds ervaring mee. Als gevolg van het gekozen uitgangspunt zijn veel kleinere buurtschappen na de ramp niet meer herbouwd. Dit heeft consequenties gehad voor de benodigde locale verbindingen op de eilanden.

In 1953 telde Zuidwest-Nederland nog diverse eilanden, die slechts onderling en met het vaste land waren verbonden door veerverbindingen. Pas door de uitvoering van de Deltawerken zijn er vaste oeververbindingen ontstaan (afbeelding 4.32). De nieuwe wegenstructuur, die door de Deltawerken is ontstaan, werd grotendeels bepaald door waterstaatkundige motieven. Alleen de Zeelandbrug, tussen Zierikzee en Goes, die in 1965 werd aangelegd had als doel de ontsluiting van deze steden en het achterland. Deze brug was echter geen onderdeel van het Deltaplan.



De dammen die in het kader van de Deltawerken zijn aangelegd, zijn over het algemeen uitgerust met doorlaatwerken voor het water en/of de scheepvaart, zodat in de dammen ook bruggen werden opgenomen. Het eerste kunstwerk dat in het kader van de Deltawerken gereed kwam, is de stormvloedkering in de Hollandse IJssel (1958) bij Krimpen, bedoeld als bescherming van het achterland van Rotterdam en Gouda. Naast de kering werd een schutsluis gebouwd. De Hollandse IJssel en de schutsluis werden overbrugd met een vaste, resp. beweegbare brug (Algerbrug).

Meer naar het zuidwesten werd hard gewerkt aan de aanleg van de verbinding van Goeree-Overflakkee met het vaste land. Midden in het Hollands Diep/Haringvliet werd een verkeersplein aangelegd: het Hellegatsplein dat met een brug met de Hoekse Waard en door een dam met Goeree-Overflakkee verbonden werd. De Haringvlietbrug, bestaande uit een vaste stalen koker-liggerbrug en een basculebrug, kwam in 1959 gereed voor gebruik. De eerste 10 jaar werd tol geheven. Daarna nam de overheid het beheer en onderhoud over en werd de brug tolvrij.

De Zandkreekdam, die gereed kwam in 1960, werd uitgevoerd met een schutsluis nabij Kats om het Veersemeer bereikbaar te houden voor (recreatie)vaart. De sluis werd overbrugd met een ophaalbrug over één van de (sluis)hoofden. In 2002 is er een tweede ophaalbrug over het andere hoofd gebouwd.

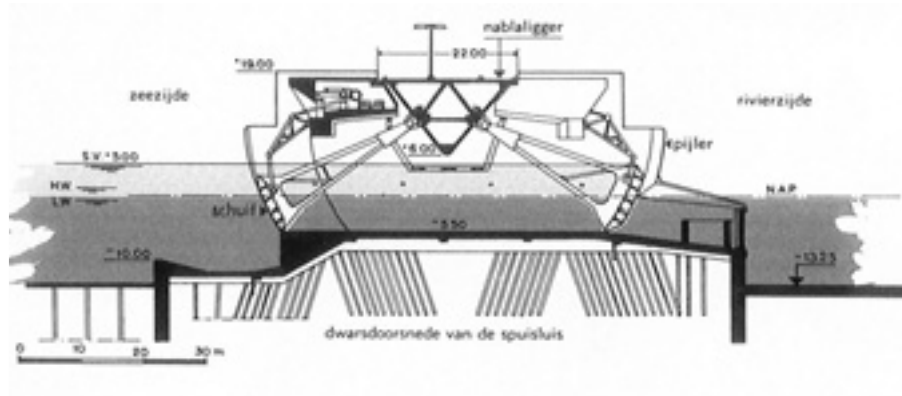
De Veersegatdam (een primaire dam die in 1961 gereed kwam) werd niet voorzien van een doorlaatmiddel, zodat ook geen brug nodig was.

In 1965 kwam de Grevelingendam gereed. Hierin werden twee doorlaatmidelen opgenomen: een hevel, die als een duiker onder de weg (N59) doorloopt, en een schutsluis bij Bruinisse. De overbrugging van de schutsluis geschiedde door middel van een ophaalbrug.

De Zeelandbrug, die in de paragraaf ‘Betonnen burggen’ is besproken, is gereedgekomen in 1965 en betekende een aanzienlijke verkorting van de verbinding van de Randstad met Middelburg en Vlissingen. Met name de fundering in de diepe geulen van de Oosterschelde was een technisch hoogstandje. In de verbinding is een basculebrug opgenomen, omdat een onbeperkte doorvaarthoogte vereist werd. Lange tijd was het met zijn 5 kilometer de langste brug van Europa.

In 1969 kwamen de Volkerakdam met de sluisen en de bijbehorende overbrugging gereed. De overbrugging over de sluisen bestaat grotendeels uit een betonnen brug, maar om onbeperkte doorvaart voor de scheepvaart mogelijk te maken, werd één van beide sluiscolken overbrugd met twee naast elkaar gelegen basculebruggen: een voor de hoofdweg en een voor de secundaire weg. Via het Hellegatsplein was er nu een verbinding tussen Goeree-Overflakkee en Noord-Brabant.

Van 1958 tot 1972 werd gewerkt aan de Haringvlietdam met daarin de spuisluis voor afvoer van Rijn- en Maaswater (afbeelding 4.33a).



AFBEELDING 4.33A
DWARSDOORSNEDE VAN DE
SPUISLUIS MET DE NABLA-
LIGGER (1964)

De bovenkant van de driehoekige Nablaligger, waaraan de segmentschuiwen van de spuisluis scharnierend zijn bevestigd, vormt het wegdek van een ca 1 kilometer lange brug.

Een segment van de Nablaligger (afbeelding 4.33b), zoals die als geprefabriceerd element net is ontst. is ontst.



AFBEELDING 4.33B
NABLALIGGER (IN AANBOUW)

In de Haringvlietdam werd een schutsluis opgenomen ten behoeve van de vissersschepen uit Stellendam en de recreatievaart. In de hoofdweg over de dam werd ter plaatse van het buitenhoofd een dubbele basculebrug aangelegd en over het binnenhoofd een ophaalbrug. De Haringvlietdam vormde daarmee een tweede verbinding tussen de Randstad en Goeree-Overflakkee.

Na 1970 kwamen, in het kader van de Deltawerken, nog de volgende objecten gereed:

- De Brouwersdam (geen brug)
- De Oosterscheldekering (vaste brug over de kering en de Roompotsluis voor de hoofdweg, berijdbare roldeur voor secundair verkeer)

- De Oesterdam, met een overbrugging van de Bergse Diepsluis
- De Markizaatskade (geen brug)
- Het Spuikanaal Bath met diverse overbruggingen

4.4 ARCHITECTONISCHE ASPECTEN

In de cultuur van bruggenconstructeurs, veelal civiel technici, stond meestal de functionaliteit en de economie van het ontwerp voorop. De esthetica van een brug of viaduct was daarbij meer de uitkomst van het constructieve ontwerp dan een uitgangspunt. De rol van de architect was daarbij niet altijd vanzelfsprekend.

Het inzicht dat er meer aandacht besteed diende te worden aan het uiterlijk van een brug of een viaduct is in de loop van de tijd echter gegroeid.

Constructies zoals bruggen werden steeds meer gezien als objecten die op een goede manier ruimtelijk in een landschap of een bebouwde omgeving ingepast dienden te worden.

Voorbeelden van bruggen waarbij het uiterlijk geheel in handen is geweest van een architect, zoals dat bij een gebouw het geval is, waren zeldzaam.

Daarbij speelde ook de achtergrond en de cultuur van de architect een rol.

De toegepaste mechanica, met het daarbij behorende inzicht in hoe de krachtswerking zich in een constructie voltrekt, behoorde niet tot het primaire aandachtsveld van de architect.

De formulering van Berlage uit 1930: “Ik ben voor een samenwerking tussen architect en ingenieur met een vanzelfsprekende wederzijdse waardering, dus zonder enige vooropstelling, noch voor den een, die beweert dat zijn constructie niet anders kan, noch van den ander die beweert dat zijn vorm altijd geconstrueerd kan worden; want noch het een, noch het ander is waar. Maar wel ga ik zoover de brugconstructie van den ingenieur als beginsel te aanvaarden en mijzelf te beperken tot de harmonische vormgeving”, is niet altijd in de praktijk toegepast.

De rol van een architect kon echter niet zo beperkt blijven. Vooral bij gemeentelijke bruggen kregen architecten een steeds grotere rol bij het ontwerp van bruggen. Bij het Bruggenbureau en de latere Directie Bruggen, werden al wel brugontwerpen door een architect begeleid, maar in zijn algemeenheid is de invloed van de architect langzaam tot stand gekomen. De Tweede Kamer bijvoorbeeld, heeft bij de goedkeuring van het *Rijkswegenplan* 1927 uitdrukkelijk aangegeven dat bij de grote oeververbindingen aandacht besteed diende te worden aan de esthetica.

Er zijn in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw wel globale criteria geformuleerd die betrekking hadden op de vormgeving van bruggen en gebruikt konden worden bij het ontwerp van bruggen:

- De hoofdvorm moet eenvoudig zijn, ingewikkelde vormen maken een brug minder fraai. Vergelijk een meervoudig vakwerk maar eens met een tuibrug. Uit de vormgeving moet blijken hoe de krachtswerking is en op welke wijze de belastingoverdracht op de ondergrond plaatsvindt

- Het ontwerp moet passen in de omgeving waar de brug staat. In een industriële omgeving van bijvoorbeeld een olieraffinaderij worden andere esthetische eisen gesteld dan aan een brug in een stad en weer andere eisen dan aan een brug in een weids rivierenlandschap
- Het ontwerp moet recht doen aan de symbolische waarde die een brug heeft. Maakt een brug deel uit van een skyline van een stad of staat een brug model voor de ontsluiting van gebieden? Is het van belang de brug als ontmoeting tussen weg en water of tussen weg en stad te herkennen?
- De vormgeving moet passen bij de snelheid waarmee van een brug gebruik wordt gemaakt. Een wandelaar heeft meer tijd om een brug waar te nemen dan het voortrazende snelverkeer
- De brug mag nooit gekunsteld mooi gemaakt zijn; schoonheid ontleend aan eenvoud van vorm geniet veelal de voorkeur. Hoofdvorm en details van de brug moeten zoveel mogelijk vanuit een ontwerpfilosofie worden vormgegeven

Tijdens de oorlogsperiode beperkte de bouw van bruggen zich veelal tot het herstel van vernielde en beschadigde bruggen. Op vormgeving werd niet gelet, slechts het zo snel mogelijk herstellen met de beschikbare materialen van (een gedeelte van) de functie van de brug was van belang. Na de oorlog speelde allereerst het herstel op basis van economische motieven een rol. Schaarste aan materialen en aansluiten bij de oorspronkelijke vormgeving van de brug vormde het devies. De snelheid waarmee gebouwd moest worden en de beperkte financiële middelen speelden een belangrijke rol.

Toch hebben een aantal factoren het tij doen keren in de daaropvolgende periode. Vanaf 1960 groeide het wegverkeer enorm en daardoor kwam er meer geld vrij voor wegeaanleg en daarmee voor de bruggenbouw. Daarnaast liet de ontwikkeling van staal meer mogelijkheden toe in ruimtelijk en esthetisch opzicht: gelaste constructies, toepassing slankere staalprofielen en kabels, etc. Ook het voorgespannen beton deed zijn intrede en ging zijn stempel drukken op de vormgeving van de betonconstructies: slankere constructies werden mogelijk.

Bij Rijkswaterstaat had men voor de oorlog al ervaringen opgedaan met de vormgeving van kunstwerken. Architect Dirk Roosenburg (1887-1962) werd als vormgevingsadviseur betrokken bij het ontwerp van de kunstwerken rond de bouw van de Twentekanal. Ook als adviseur voor de Dienst der Zuiderzeewerken werd hij gevraagd om aan de ministeriële kritiek op de vormgeving van kunstwerken tegemoet te kunnen komen. Naoorlogse constructieve bruggenconstructeurs zijn in hoge mate beïnvloed door de opvattingen van Roosenburg als vormgever.

Vanaf de jaren dertig van de 20^{ste} eeuw deed de Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat voor de vormgeving van haar ontwerpen een beroep op een externe, esthetisch adviseur. Eerst was dat ir. A.J. van der Steur, die in 1963 werd opgevolgd door ir. W. Snieder.

In Amsterdam werden in 1947 nog bruggen voltooid op basis van een vooroorlogs ontwerp, waarbij architecten als Kramer en Van der Mey hun

stempel drukten op de vormgeving: een periode die wel bekend staat als de Amsterdamse School in de bruggenbouw.

Daarna staat alles in het teken van de wederopbouw en de uitbreidingsplannen. Dr. ir. G.F. Janssonius en zijn ingenieurs van Publieke Werken drukten hun stempel op de vormgeving, waarbij functionaliteit en naoorlogse soberheid de voornaamste kenmerken waren. Hieraan kwam eind jaren zestig een einde met de bouw van de viaducten en bruggen in de Bijlmermeer.

Rotterdam heeft zich in eerste instantie beperkt tot het vernieuwen van bestaande oeververbindingen naast de verwoeste bruggen. De provisorisch herstellende bruggen ter plaatse van de verwoeste oeververbindingen fungeerden als hulpbruggen. Plannen voor nieuwe spooroeververbindingen strandden in de strijd tegen de aanleg van tunnels, een oplossing die voor de grootste havenstad veel meer voor de hand lag.

Samenvattend kan worden opgemerkt dat in de periode 1940-1960 de functionaliteit de hoogste prioriteit had, hoewel waar mogelijk aan de esthetica aandacht werd besteed. Schaarste en snelheid van bouwen stonden in deze periode centraal. Vanaf 1960 kwam er steeds meer aandacht (en ook de benodigde financiële ruimte) voor het belang van de vormgeving van de brug, zijn inpassing in het landschap en zelfs voor de functie van de brug als 'landmark' voor een stad.

Hieronder volgen drie voorbeelden uit de besproken periode van bruggen waar de architectonische inbreng duidelijk zichtbaar is geweest (afbeeldingen 4.34 t/m 4.36).

AFBEELDING 4.34

DE PUNT, VRIES (1972)



De hameistijl van deze beweegbare brug werd in het hart van de brug gepositioneerd vanwege de randvoorwaarden bij het ontwerp. De priemen kregen daarom een bijzondere vorm.

AFBEELDING 4.35

GALECOPPERBRUG O/H

AMSTERDAM-RIJNKANAAL BIJ

UTRECHT (1972)



De kruisingshoek van deze (stalen) brug met het kanaal bedroeg circa 40° , terwijl direct voor en na de brug toe- en afritten waren gepland. De constructie en de vorm van de brug werden zo gekozen dat een zo rustig mogelijk beeld voor het verkeer werd bereikt.



AFBEELDING 4.36
VERKEERSBRUG O/D BRIELSE
MAAS BIJ ROTTERDAM (1970)

Bij deze verkeersbrug heeft de architect een duidelijke zichtbare invloed gehad op de vormgeving. Het V-vormige deel van de steunpunten werd een integraal onderdeel van de bovenbouw.

Hoofdstuk 5 Ontwikkelingen in de bruggenbouw na 1970

5.1 PLANOLOGIE

WEGVERKEER

De jaren zeventig werden gekenmerkt door een explosieve groei van het wegverkeer. Hierdoor schoten bestaande verkeersoplossingen op veel plaatsen te kort. Eénbaanswegen werden daarom veelal omgebouwd tot tweebaanswegen en er kwamen meer en meer drie- of zelfs vierstrooksrijbanen, met alle consequenties van dien voor de kunstwerken. Verder werden in de niet-autosnelwegen veel gelijkvloerse kruisingen vervangen door ongelijkvloerse kruisingen en werden bij de samenkomst van wegen veel afslaande bewegingen ongelijkvloers gemaakt. De zogenaamde ‘klaverblad’-oplossingen met ‘weven in weefvakken’ (dat is kruisen door middel van invoegen en uitvoegen op één en hetzelfde wegvak) werden vervangen door verkeersknooppunten waarin uitvoegen en invoegen uit elkaar worden gehaald en het afslaande verkeer door middel van zogenaamde fly-overs over de doorgaande richting wordt getild. Bij de kruising van de A4 en A12, het Prins Clausplein, wordt het verkeer zelfs op vier niveaus afgewikkeld (afbeelding 5.1).

AFBEELDING 5.1
VERKEERSKNOOPPUNT PRINS
CLAUSPLEIN (1982)



RAILVERKEER

Rond 1970 nam ook de belangstelling voor openbaar railvervoer weer toe. Op bestaande spoorlijnen gingen meer treinen rijden en er werden extra sporen aangelegd. Bij meer dan 3 sporen is het vanwege de veiligheid niet toegestaan om kruisingen met wegverkeer gelijkvloers uit te voeren. Daarom werden ook bij treinverkeer gelijkvloerse kruisingen met weg of spoorweg steeds meer ongelijkvloers gemaakt, en werden afslaan bewegingen van treinen meer en meer uitgevoerd als fly-over.

In die tijd werd in Rotterdam en Amsterdam de Metro geïntroduceerd, kreeg Utrecht een sneltram, werden de Zoetermeerlijn en de Flevolijn aangelegd en werden bestaande stedelijke tramweginetten uitgebreid. Dit alles ging gepaard met de bouw van een groot aantal kunstwerken.

5.2 TECHNIEK

De ontwikkeling van het (voorgespannen) beton maakte vaste betonnen bruggen steeds meer concurrerend ten opzichte van stalen bruggen. Dit concurrentievoordeel gold al eerder voor de vergelijking tussen steen en beton. Geleidelijk aan werden de meeste vaste bruggen met de wat grotere overspanningen gebouwd in beton. Staal als constructiemateriaal voor bruggen beperkte zich meer en meer tot beweegbare bruggen. Nieuwe vaste bruggen worden vanaf de jaren tachtig alleen in staal uitgevoerd indien er bijzondere omstandigheden van toepassing zijn.

MATERIAALGEBRUIK

BETON

In de loop der jaren is de toe te passen betonsterkte globaal gesproken verdubbeld. De benodigde afmetingen van betonconstructies namen daardoor af en de concurrentiepositie ten opzichte van andere materialen nam toe. De laatste ontwikkeling is het zogenaamde 'hoge sterkte beton', dat nogmaals bijna een verdubbeling van de haalbare sterkte oplevert.



AFBEELDING 5.2

ROERMONDSPLEINBRUG,

ARNHEM (1977)

In de jaren tussen 1970 en 1980 werd het zogenaamde 'lichtbeton' toegepast, dat in verhouding met 'gewoon' beton een circa 20% lager volumieke massa heeft. Dit was met name van belang voor bruggen en viaducten met grotere overspanningen, aangezien daarbij het eigen gewicht relatief een groot aandeel heeft in de belastingen. Na deze periode is 'lichtbeton' als gevolg

van een combinatie van technische en economische redenen niet meer gebruikt.

Bij de brug over de Neder-Rijn te Arnhem (afbeelding 5.2) is voor zowel de hoofdoverspanning als de zijoverspanningen gebruik gemaakt van lichtbeton.

STAAL

De ontwikkeling van stalen bruggen, zowel beweegbaar als vast, vond hoofdzakelijk plaats bij de detaillering van de constructie. Met name de dekconstructie werd in de loop der tijd gewijzigd. Hierdoor was bezuiniging op materiaalgebruik mogelijk.

In tegenstelling tot beton is de toe te passen staalkwaliteit nauwelijks verhoogd. Slechts voor hangers en tuien werd hoogwaardig staal gebruikt. Dat kwam omdat bij een stalen brug veelal vermoeiing maatgevend is en de vermoeiingssterkte min of meer onafhankelijk is van de staalkwaliteit. Dit geldt ook voor de stabiliteit, zoals plooiën en knikken. Een hogere kwaliteit staal levert dan vrijwel geen extra voordeel op en is in verhouding veel duurder. Een verdere reductie op de materiaalafmetingen betekent bovendien een grotere gevoeligheid voor corrosie.

Nieuw voor spoorbruggen was dat vanaf de jaren zeventig ook elektrisch lassen toegelaten werd, zij het voor bepaalde onderdelen van de brug. Tot die tijd was de NS er nog niet van overtuigd of dit verantwoord was, aangezien men bevreesd was voor een lagere vermoeiingssterkte van gelaste constructies in vergelijking met die van geklonken constructies. Pas rond 1990 stapte men volledig over op lassen.

BOUWMETHODEN

BETON

Prefabricage werd als bouwmethode tot de jaren zeventig hoofdzakelijk toegepast voor liggers, die speciaal per project werden ontworpen. Dat beeld wijzigde zich daarna in belangrijke mate, aangezien er een aantal leveranciers op de markt kwam, die onderling vergelijkbare standaard producten gingen leveren voor bruggen met overspanningen tot een meter of veertig. Voor kruisingen met bestaande wegen of spoorwegen werden voor meer dan de helft van de gevallen gebruik gemaakt van dit soort brugdekken. De ontwerper hield rekening met het beschikbare aanbod; slechts in uitzonderingsgevallen werden nog speciaal voor een project ontworpen liggers gemaakt.

De bouwwijze van kokerliggers met geprefabriceerde moten (de lijnbrug) is na de jaren zeventig verlaten. Voor in het werk gestort beton worden de bouwmethoden uit de jaren zestig nog steeds toegepast. Voor grote bruggen voor wegverkeer is daarbij de steigerloze uitbouwmethode favoriet.



AFBEELDING 5.3

DE WAALBRUG BIJ ZALTBOMMEL-
MEL (1996)

Nieuw is de betonnen tuibrug, daar toegepast waar grote overspanningen noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld bij de brug Heusden en de Waalbrug bij Zaltbommel (afbeelding 5.3). De Martinus Nijhoffbrug heeft een totale lengte van 978m, met een hoofdoverspanning van 256m en is zonder hulpsteunpunten gebouwd door gebruik te maken van de tuikabels. De pylonen reiken tot 84m boven NAP, en het beton is ter plaatse gestort.

Voor middelgrote overspanningen werd de zogenaamde schuifmethode geïntroduceerd. Hierbij wordt de brug in het tracé van de weg gemaakt en daarna in de lengterichting verschoven.



AFBEELDING 5.4

VERKEERSKNOOPPUNT
ROTTEPOLDERPLEIN BIJ
HAARLEM (1981)

Het verkeersknooppunt Rottepolderplein was vóór 1970 gedeeltelijk aangelegd en functioneerde lange tijd zonder kruisingsvrije aansluiting op de A9. Toen het viaduct in de doorgaande weg A9 moest worden gebouwd, was er weinig ruimte beschikbaar. Met de schuifmethode was het mogelijk over de bestaande wegen, spoorweg en ringvaart, met zo weinig mogelijk overlast voor het verkeer, te bouwen. De stalen snavel (rechts op de foto) werd tijdens het inschuiven gebruikt om de belasting op de betonligger binnen toelaatbare grenzen te houden.

Voor het spoorverkeer werd de trogbrug veel toegepast bij het ongelijkvloers maken van spoorkruisingen. Kenmerkend voor de trogligger is dat hij zowel kan worden uitgevoerd met doorgaand ballastbed, als met direct bevestigd spoor.

STAAL

Nieuw als brugdoorsnede voor bruggen voor het wegverkeer is de toepassing van de trapeziumvormige kokerligger (afbeelding 5.5). Met dit type was het o.a. mogelijk op de onderbouw van de vooroorlogse Moerdijkbrug, een twee keer zo brede nieuwe bovenbouw te plaatsen.



AFBEELDING 5.5

TRAPEZIUMVORMIGE KOKER-
LIGGER

Nieuw is ook de toepassing van tuibruggen met grote overspanningen, zoals de brug over de Waal bij Ewijk (afbeelding 5.6). Ook bij deze brug is een trapeziumvormige kokerligger toegepast.



5
WAAL BIJ

Door de toepassing van de trapeziumvormige kokerligger, die vrij is uitgebouwd, kon een ranke hoofdligger worden verkregen. De hoofdoverspanning werd verstijfd door de toepassing van de tuien. Een goede inpassing in het landschap was hierdoor mogelijk.

BEWEEGBARE BRUGGEN

Voor de beweegbare bruggen gaat de constructieve ontwikkeling, die voor 1970 werd ingezet, door. Rond en na 1970 kwamen grote brugprojecten gereed: de draaibruggen over het kanaal Gent-Terneuzen, de basculebruggen over de Westsluis in Terneuzen (afbeelding 5.7), de basculebruggen van de 2^{de} Van Brienoordbrug en de Erasmusbrug in Rotterdam.

AFBEELDING 5.7

BASCULEBRUG OVER DE
ZEESLUIS BIJ TERNEUZEN
(1970)⁶



Doordat de transportmogelijkheden en de hijscapaciteit toenamen, konden beweegbare bruggen steeds meer in één geheel in de fabriek, dus onder geconditioneerde omstandigheden, worden geproduceerd.

Zo zijn de basculebruggen van de 2^{de} Van Brienoordbrug en de Erasmusbrug uit één stuk vervaardigd, terwijl van de ongeveer even brede 1^{ste} Van

⁶ De val, een geheel gelaste constructie met een overspanning van circa 45m, is één van de grootste van Nederland. De val is in zijn totaliteit over het water aangevoerd en met behulp van een drijvende bok geplaatst.

Brienoordbrug de basculebrug nog uit twee afzonderlijke, smallere kleppen bestaat.

In deze periode bouwde NS een aantal grote hefbruggen bij Dordrecht en Gouda en Rijkswaterstaat maakte gebruik van delen van de oude Moerdijkbrug om twee hefbruggen bij Spijkenisse over de Oude Maas te bouwen.

Voor de aandrijfmechanismen bleef Rijkswaterstaat lange tijd elektromechanische bewegingswerken toepassen. De aandrijving bestaat dan uit elektromotoren, tandwielkasten en (rechte) heugels voor de ophaalbruggen en basculebruggen. Slechts een enkele beweegbare brug werd uitgevoerd met een hydraulische aandrijving. Het aantal bedrijven waar heel grote mechanische machinewerken kunnen worden geproduceerd neemt echter steeds meer af, waarbij de kosten toenemen. Hydraulische aandrijvingen worden dan steeds gebruikelijker.

Hoofdstuk 6 Preselectie en toetsing

6.1 BRONNEN

In hoofdstuk 1 is de werkwijze aangegeven die is gevolgd om het basisbestand en het uiteindelijke WOP-bestand samen te stellen. De volgende bronnen zijn hiervoor geraadpleegd: DISK (Data Informatie Systeem Kunstwerken, digitale bestand) en het fotoarchief van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, objecten-archief van de NBS (incl. fotomateriaal). Deze gegevens, zijn na selectie, toegevoegd aan het WOP-bestand.

De volgende vaktijdschriften zijn geraadpleegd: *Baksteen*, *Bouwbedrijf*, *Bouwen met Staal*, *Cement*, *3-maandelijks bericht Deltadienst*, *De Ingenieur*, *Land en Water*, *OTAR*, *Polytechnisch Tijdschrift*, *Spoor- en Tramwegen*, *Technisch Weekblad*, *Weg en Waterbouw*, en *Weg en Werken*.

Daarnaast de gegevens van provinciale overheden, voor zover gereageerd. Ten slotte is veldwerk ondernomen om beeldmateriaal te verzamelen uit (met name) het Rijnmondgebied. Zodoende kon voor ca. 60% van de bruggen in het WOP-bestand adequaat beeldmateriaal aangeleverd worden.

6.2 TOELICHTING OP DE PRESELECTIE

In hoofdstuk 1 is op hoofdlijnen aangegeven op welke wijze de selectie heeft plaatsgevonden. In deze paragraaf wordt nog op een aantal aspecten nader ingegaan.

In de periode 1940-1970 werden tussen de 4000 en 5000 bruggen gebouwd. Deze bouwactiviteiten vonden plaats onder auspiciën van het Rijk, de provincies, de gemeenten, de waterschappen, etc. Uit de gegevens van DISK zijn circa 2250 rijksbruggen uit deze periode opgenomen in het basisbestand. Daarnaast had de NBS de beschikking over de gegevens van circa 250 bruggen, hoofdzakelijk van gemeenten en provincies. Totaal dus circa 2500 bruggen.

Dit grote aantal bruggen maakte het noodzakelijk om een selectieprocedure te ontwikkelen die afweek van de gebruikelijke procedure voor de RDMZ. De tweede selectie heeft plaatsgevonden op basis van: typologie en bouwhistorie.

Er worden vier hoofdtypologieën onderscheiden:

- Vaste stalen bruggen
- Beweegbare bruggen
- Betonnen bruggen
- Stenen bruggen

Binnen elk hoofdtype is weer een onderverdeling gemaakt naar een aantal, voor betrokken periode relevante, subtypen. In het hieronder volgende overzicht van brugtypen wordt dit nader toegelicht. Voor elk subtype is minimaal één brug geselecteerd, die kenmerkend wordt geacht.

Daarnaast zijn bruggen geselecteerd die als interessant kunnen gelden voor wat betreft de geschiedenis van het bouwen in de Wederopbouwperiode. Te denken valt hierbij bijvoorbeeld aan de eerste brug van voorgespannen beton of een grote stalen boogbrug, zoals bij de Van Brienoordbrug.

Na de eerste selectie resteerden 218 bruggen, die met alle relevante gegevens zijn opgenomen in het WOP-bestand. Daar waar foto's beschikbaar waren, zijn deze toegevoegd. In bijlage 4 zijn de gegevens hiervan opgenomen.

Uit het bovenstaande zal blijken dat de nadruk ligt op rijksbruggen, terwijl door de andere instanties ook bruggen gebouwd zullen zijn die monumentwaardig zijn.

6.3 VOORBEELDEN UIT DE PRESELECTIE

De wederopbouwperiode laat op het gebied van de bruggenbouw een enorme ontwikkeling zien als gevolg van nieuwe constructiematerialen/–technieken en de snel toenemende verkeersdruk. Dat resulteerde niet alleen in grotere bruggen, maar ook in nieuwe typen als tuibruggen en fly-overs. Enkele duizenden bruggen en viaducten zijn in de wederopbouwperiode gebouwd in uitbreidingswijken en in provinciale en rijkswegen. De inventarisatie in het kader van dit categoriale onderzoek heeft zich gericht op de laatste groep al zijn ook enkele kleine stadsbruggen opgenomen.

In totaal zijn voorlopig 46 van de 218 bruggen in het WOP-bestand uit de wederopbouwperiode geselecteerd als zijnde behoudenswaardig: een percentage van 21%. Dat wil zeggen dat in ieder geval deze bruggen van dusdanig belang worden geacht dat nader onderzoek in het veld gewenst is. Uit de beschrijvingen blijkt reeds welke bruggen als uitzonderlijk kunnen worden aangemerkt, zoals de eerste brug van voorgespannen beton (de Maasbrug in Roermond), de eerste tuibrug (de Harmsenbrug) en enkele grensverleggende oeververbindingen (waaronder de Zeelandbrug). Uit het toekomstig veldwerk moet blijken hoeveel en welke bruggen nog in (grotendeels) oorspronkelijke vorm bestaan. Aangezien niet van alle bruggen bekend is in welke toestand deze momenteel verkeren, is bij het maken van de preselectie nog geen keuze gemaakt tussen (min of meer) vergelijkbare bruggen. Pas wanneer een nadere selectie op basis van de nieuwe beleidsregels heeft plaatsgevonden, zal duidelijk worden welke bruggen als rijksmonument zullen worden aangemerkt.

Om een beeld te geven van de gevolgde selectiewijze en de preselectie is in onderstaand overzicht een aantal bruggen met afbeelding opgenomen.

Puntsgewijs wordt aangegeven waarom de brug wordt beschouwd als behoudenswaardig en dus voor een (vervolg-)veldonderzoek in aanmerking komt.

De bruggen zijn hieronder in chronologische volgorde op jaar van oplevering gerangschikt.

Cultuurhistorische waarde

- Als voorbeeld van een brug waarin constructie en vormgeving integraal zijn benaderd.
- Als zijnde een voorbeeld van een belangrijke brug waarvan de opdracht voor het ontwerp door Rijkswaterstaat aan een lokale overheid werd gegeven.



AFBEELDING 6.1

UTRECHTSEBRUG TE

AMSTERDAM

Architectuur- en kunsthistorische waarde

- Vanwege het gebruik van ter plekke vervaardigde voorge-

Naam	Utrechtsebrug
Objectcode	BRUG0189
Omschrijving	Voorgespannen betonnen balkbrug voor gemengd verkeer
Ligging	Over de Amstel
Gemeente, plaats	Amsterdam, Amsterdam
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Architect	Openbare Werken van de gemeente Amsterdam
Ingenieur	Openbare Werken van de gemeente Amsterdam; ir. G.F. Janssonius
Aannemer	Hillen & Roosen
Bouwjaar	1953

spannen betonnen liggers in combinatie met de strakke en gebogen lijnen.

- Vanwege de bijzondere plaats binnen het oeuvre van Openbare Werken Afdeling Bruggen van de gemeente Amsterdam.

Stedenbouwkundige en ensemblewaarde

- Vanwege het belang in de infrastructurele ontwikkeling betreffende de ontsluiting van de stad aan de zuidzijde.
- Vanwege de markante situering over de Amstel

Gaafheid / herkenbaarheid

- Vanwege de grote mate van gaafheid van het oorspronkelijke ontwerp van de brug.

Naam	Europatunnel
Objectcode	BRUG0260
Omschrijving	Betonnen viaduct onder de spoorlijn
Ligging	Verbinding tussen de Spoorstraat en de Industriestraat
Gemeente, plaats	Hengelo (O), Hengelo (O)
Opdrachtgever	N.V. Nederlandse Spoorwegen
Architect	N.V. Nederlandse Spoorwegen; Afdeling Betonbouw
Aannemer	N.V. Spoorwegbouwbedrijf
Bouwjaar	1959



AFBEELDING 6.2

EUROPATUNNEL TE HENGEL O

Cultuurhistorische waarde

- Als voorbeeld van het opheffen van het spoor als barrière in de stad.

Architectuur- en kunsthistorische waarde

- Vanwege de bijzondere architectonische kwaliteiten van het viaduct.
- Vanwege de toegepaste monumentale kunst aan weerszijden van het viaduct.
- Vanwege de bijzondere wijze waarop het materiaal is gebruikt en de bijzondere vormtaal.

Stedenbouwkundige en ensemblewaarde

- Vanwege de markante situering van het viaduct.

Gaafheid / herkenbaarheid

- Vanwege de grote mate van gaafheid van het oorspronkelijke ontwerp van het viaduct.

Naam	Maasbrug
Objectcode	BRUG0171
Omschrijving	Betonnen balkbrug voor gemengd verkeer
Ligging	Over de Maas
Gemeente, plaats	Roermond, Roermond
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Architect	Rijkswaterstaat Directie Bruggen; adviseur W. Snieder
Ingenieur	Rijkswaterstaat Directie Bruggen; P.W. Goedhart
Aannemer	Nederlandse Aanneming Maatschappij
Bouwjaar	1959



AFBEELDING 6.3
MAASBRUG TE ROERMOND

Cultuurhistorische waarde

- Vanwege de innovatieve waarde en als uitdrukking van een bouwtechnische ontwikkeling.
- Als zijnde de eerste geheel betonnen brug over een van onze grote rivieren.

Architectuur- en kunsthistorische waarde

- Als voorbeeld van de typologische vernieuwing van bruggen met een grote overspanning.
- Als voorbeeld van een brug waarin vorm en constructie integraal zijn benaderd waardoor het krachtenspel aan de vorm is af te lezen.

Stedenbouwkundige en ensemblewaarde

- Vanwege de prominente situering over de rivier de Maas.

Gaafheid / herkenbaarheid

- Vanwege de grote mate van gaafheid van het oorspronkelijke ontwerp van de brug.

Naam	Harmsenbrug
Objectcode	BRUG0001
Omschrijving	Stalen tuibrug met basculebrug voor gemengd verkeer
Ligging	Over het Hartelkanaal
Gemeente, plaats	Rotterdam, Rotterdam
Opdrachtgever	Gemeente Rotterdam
Architect	Openbare Werken van de gemeente Rotterdam; Afdeling Staal
Ingenieur	Openbare Werken van de gemeente Rotterdam; Afdeling Staal
Aannemer	Werkspoor Utrecht en De Vries Robbé / Hollandia
Bouwjaar	1964

Cultuurhistorische waarde

- Als zijnde de eerste tuibrug in Nederland.
- Architectuur- en kunsthistorische waarde.
- Vanwege de karakteristieke verschijningsvorm, zijnde een combinatie van tuibrug en basculebrug.

Stedenbouwkundige en ensemblewaarde

- Vanwege de essentiële betekenis voor het verkeer te land binnen het nieuw ontwikkelde havengebied.

Gaafheid / herkenbaarheid

- Vanwege de grote mate van gaafheid van het oorspronkelijke ontwerp van de brug.

Zeldzaamheid

- Vanwege de bijzondere combinatie van een tuibrug en een basculebrug.



AFBEELDING 6.4

HARMSENBRUG TE ROTTERDAM

Naam	Zeelandbrug
Objectcode	BRUG0193
Omschrijving	betonnen kokerbrug voor gemengd verkeer
Ligging	over de Oosterschelde
Gemeente, plaats	Schouwen-Duiveland; Zierikzee
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Architect	Van Hattum & Blankevoort en Amsterdam Ballast
Ingenieur	Van Hattum & Blankevoort en Amsterdam Ballast
Aannemer	Van Hattum & Blankevoort en Amsterdam Ballast
Bouwjaar	1965

Cultuurhistorische waarde

- Als zijnde de langste brug van Europa ten tijde van de bouw.

Architectuur- en kunsthistorische waarde

- Als voorbeeld van een brug waarin vorm en constructie integraal zijn benaderd.



AFBEELDING 6.5

ZEELANDBRUG TE ZIERIKZEE

- Als zijnde een uitzonderlijk voorbeeld van prefabricage.
- Vanwege de bijzondere toepassing van technologische noviteiten, resulterend in de op dat moment langste brug in Europa.

Stedenbouwkundige en ensemblewaarde

- Door zijn grote lengte en vorm zichtbepalend op de Oosterschelde.
- Vanwege zijn bijzondere ligging over het wijde water van de Oosterschelde.

Gaafheid / herkenbaarheid

- Vanwege de grote mate van gaafheid van het oorspronkelijke ontwerp van de brug.

Zeldzaamheid

- Zeer herkenbaar mede door zijn uniciteit en hoge beeldmerkarakter.



Cultuurhistorische waarde

- Vanwege het feit dat de Van Brienoordbrug lange tijd de grootste stalen boogbrug van Nederland was.
- Als zijnde een beeldmerk van de ruimte die vanaf de jaren vijftig en zestig in toenemende mate het autoverkeer werd gegeven.
- Als zijnde een van de bekendste bruggen van Nederland.

AFBEELDING 6.6

VAN BRIENOORDBRUG TE
ROTTERDAM

Stedenbouwkundige en ensemblewaarde

Naam	Van Brienoordbrug
Objectcode	BRUG0003
Omschrijving	Stalen, verstijfde staaftoogbrug met trekband en diagonale hangers
Ligging	Over de Nieuwe Maas
Gemeente, plaats	Rotterdam, Rotterdam
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Architect	Rijkswaterstaat Directie Bruggen; adviseur W. Snieder
Ingenieur	Rijkswaterstaat Directie Bruggen
Aannemer	Combinatie Werkspoor, Gusto, Hollandia e.a.
Bouwjaar	1965

- Vanwege zijn markante en dominerende ligging, als centrum van latere bebouwing en verdere infrastructurele ontwikkeling (uitbreiding met 2e, in vorm identieke brug in 1991).



AFBEELDING 6.7

VERKEERSKNOOPPUNT
KLEINPOLDERPLEIN TE
ROTTERDAM

Naam	Verkeersknooppunt Kleinpolderplein
Objectcode	BRUG0123
Omschrijving	Voorgespannen betonnen kokerliggers samen vormend de fly-overs van het ongelijkvloerse verkeersknooppunt
Ligging	Over de A20
Gemeente, plaats	Rotterdam, Rotterdam
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directie Zuid-Holland
Architect	Rijkswaterstaat Directie Bruggen
Ingenieur	Rijkswaterstaat Directie Bruggen
Aannemer	Van Hattum & Blankevoort en Nederhorst
Bouwjaar	1970

Cultuurhistorische waarde

- Vanwege de hoge innovatieve waarde van het Kleinpolderplein, als zijnde het eerste verkeersknooppunt met fly-overs in Nederland.
- Als zijnde een van de bekendste bruggen van Nederland.

Stedenbouwkundige en ensemblewaarde

- Als zijnde een belangrijk infrastructureel element rond de grote stad.
- Vanwege de inpassing van het verkeersknooppunt in de dichtbebouwde omgeving.

BIJLAGE 1 LITERATUUR	69
BIJLAGE 2 AFBEELDINGEN	71
BIJLAGE 3 WAARDERINGSCRITERIA	72
BIJLAGE 4 OBJECTENLIJST EN PRESELECTIE	74
BIJLAGE 5 WEDEROPBOUW DATABANK	86
BIJLAGE 6A LOTGEVALLEN VERKEERSBRUGGEN 1940-1950	93
BIJLAGE 6B LOTGEVALLEN SPOORBRUGGEN 1940-1950	95
BIJLAGE 7 BRUGTYPEN	98

Bijlage 1 Literatuur

Stalen verkeersbruggen

- ‘Over bruggen; techniek in de bruggenbouw’, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1978
- Bokkel Huinink, Ten, *Opruiming en herstelling van de bruggen voor gewoon verkeer over de grote rivieren en belangrijke kanalen*, Rijkswaterstaat, 1946
- Bruin, H.C.P. de, ‘Herstel van enige grote rivieroverbruggingen in Nederland in 1945’, *de Ingenieur*, maart 1946
- *Der Stahlbau*, 23ste Jaargang (mei 1954)
- Romeijn, H.J., ‘De Wederopbouw van de grote stalen bruggen in de periode 1945 – 1950; 50 jaar overbrugd’, Directie Bruggen, 1978
- Sattler, K., ‘Die Hebung der Bogenbrücke in Nimwegen’

Betonnen verkeersbruggen

- Allaart, P.J., *50 jaar betonbruggen*, 1978
- Bouvy, J.J.B.J.J., ‘Het bouwen in beton een stap vooruit: voorgespannen beton’,
- Bouvy, J.J.B.J.J., ‘Vier grote Nederlandse bruggen in voorgespannen beton’,
- Bruggeling, A.S.G., *Voorgespannen beton*, 1953
- Janssonius, G.F., ‘De Amstelbrug van voorgespannen beton te Amsterdam’,
- Jongenburger, J., ‘Samengestelde constructies met toepassing van

voorgespannen beton’, *OTAR*, 1953

- ‘Recent prestressed structures in the Netherlands’, *Cement*, 1970
- *Betonboogbruggen voor het voetlicht*, Vereniging Nederlandse Cementindustrie
- *Cement*, 1953/1954
- *Cement*, 1949/1950
- *Cement*, 1953/1954
- Wuite, A., ‘Evolutie in de bouw van betonbruggen in Nederland’, *OTAR*, 1967
- Zutphen, J. van, *Compendium van het voorgespannen beton*, 1960

Spoorbruggen

- ‘125 Jaar Spoorwegen in Nederland 1839-1964’, *Spoor- en Tramwegen*, Jubileumnummer, 1964
- ‘Bruggen bouwen bij NS’, Orgaan van de Weg en Werken Vereniging, 1963
- ‘Tien jaar Weg en Werken, 1953-1963’
- *Bruggen in Nederland, 1800-1940, Deel I; Vaste bruggen van ijzer en staal*
- Foest, A.H., ‘De lotgevallen van de Spoorbruggen over onze grote rivieren in de zes jaren welke na den 9den mei 1940 zijn verstreken’, Voordracht KIV, juni 1946
- Kuiper, J.C., *Schrijven zonder hulpbruggen*, Bureau Betonbouw NS
- Maarschalkerwaart, H.M.C.M. van, ‘De bouw van stalen spoorbruggen in Nederland in de 19e eeuw’, *Bouwen met Staal*, 1980

- Maarschalkerwaard, H.M.C.M. van, 'De ontwikkeling van stalen spoorbruggen in Nederland', *Bouwen met Staal*, 1983
- Schonebaum, K.C., *De betekenis van de spoorweginfrastructuur voor de Nederlandse Bouwnijverheid*, Strukton
- Schonebaum, K.C., *Modern management bij het bouwen*, Strukton
- Stuvell, J.H., 'Civiele en bouwkundige spoorwegtechniek', *Spoor- en tramwegen*, 125 jaar Spoorwegen in Nederland
- Verbong, G.P.J. en N.J. Cuperus, *Techniek in Nederland*

Planologische aspecten

- Constand, Jac. G., *Waterstaatkundige werken verkend*
- Drijgers, A., 'Zeelands tweede wederopbouw', in het tijdschrift *Geografie* van het KNAG, februari 2003
- *Twee eeuwen Rijkswaterstaat (1798 – 1998)*,
- Uitgave RWS, 1998
- Volmüller, J. e.a., *Weg en Verkeer*, 1995

Architectonische aspecten

- Bosma, Koos en Kim Zwarts, *De kunstwerken van Rijkswaterstaat*, 1993
- Klooster, H.P., M.M. Bakker en B.H. Coelman (red), *Bruggen, Visie op architectuur en constructie*, 2004
- Lauwen, Toon, e.a., *Nederland als kunstwerk*, 1995
- Snieder, W., *Vormgeven van kunstwerken*, 1980
- Springer, J.F. en D.H. Labrie, *Vormgeving van viaducten i.v.m. functie en omgeving*, 1977

Ontwikkeling in materiaalgebruik en toepassingen

- 'Het ongeval met de brug over het Albertkanaal nabij Hasselt', *De Ingenieur*, 1938
- Back, J. de en J. Strating, 'Thema: vermoeiing', *Bouwen met Staal*, 1975
- Blaauwendraad, J., 'De computer als hulpmiddel bij het ontwerpen van staalconstructies' *Bouwen met Staal*, 1980

Ontwikkelingen in voorschriften en berekeningstechnieken.

- Witteveen, J., 'Vijfentwintig jaar staalconstructierecherche in Nederland' *Bouwen met Staal*, 1978
- Witteveen, J., 'Vijfentwintig jaar staalconstructierecherche in Nederland', *Bouwen met Staal*, 1978
- Zandveld, A., 'Gelaste bruggen in Nederland', *Smit mededelingen*, 1975

Bruggen over de Twentekanalen

Heiding, W.H. en L. Lensen . 'De Twentekanalen: Succes van een mislukking'

De volgende vaktijdschriften zijn geraadpleegd en gebruikt om het onderzoek te completeren:

Baksteen
Bouwbedrijf
Bouwen en Staal
Cement
3-Maandelijks bericht Deltadienst
De Ingenieur
Land en Water
OTAR
Polytechnisch Tijdschrift
Spoor- en Tramwegen
Technisch Weekblad
Weg en Waterbouw
Weg en Werken

Bijlage 2 Afbeeldingen

Foto op titelblad: Tilburg, Bosscheweg, van J. Zoutendijk

Afbeeldingen, foto's, tekeningen, etc. afkomstig van:

2.1: Bruggen in Nederland, deel I (BIN)

2.2: *Bruggen in Nederland, deel I*

3.6 en 3.7: Gemeente 's-Hertogenbosch

3.8 en 3.8: Foest, A.H., *De lotgevallen van de spoorbruggen.*

4.1 t/m 4.4: Bouwdienst Rijkswaterstaat (RWS)

4.8: J. Zoutendijk

4.9: Bouwdienst RWS

4.11 en 4.12: Bouwdienst RWS

4.15 t/m 4.20: Bouwdienst RWS

4.22 en 4.23: Bouwdienst RWS

4.24: Gemeentewerken Leiden

4.26: H. van Limburg

4.27: Gemeentewerken Leiden

4.28 en 4.29: Bouwdienst RWS

4.30 en 4.31: *Twee eeuwen*

Rijkswaterstaat

4.33B t/m 4.35: *Bouwdienst RWS*

5.1 t/m 5.4: Bouwdienst RWS

5.6 en 5.7: Bouwdienst RWS

Schema op pag. 45 en overige nrs:
NBS

Bijlage 3 Waarderingscriteria

CULTUURHISTORISCHE WAARDEN

- Belang van de brug als bijzondere uitdrukking van een beleidsmatige en/of bestuurlijke ontwikkeling (in casu beleidsregels die tot uiting komen in verschijningsvorm, bouwvolume en materialen, maar ook de verkeersinfrastructuur);
- Belang van de brug als uitdrukking van een bouwtechnische ontwikkeling;
- Belang van de brug wegens innovatieve waarde of pionierskarakter als bijzondere uitdrukking van een technische en/of typologische ontwikkeling (...in casu de ontwikkeling van nieuwe typen door ontwikkeling van machinerieën, nieuwe constructiewijzen en de toepassing van bijzondere vormen van systeembouw en/of nieuwe bouwmaterialen);
- Belang van de brug voor het oeuvre van een ingenieur of bedrijf.

ARCHITECTUUR- EN KUNSTHISTORISCHE WAARDEN

- Belang van de brug voor de geschiedenis van de architectuur (...in casu een goed voorbeeld van een bepaalde stijl of bouwtrant en/of de bouwtechnische en typologische vernieuwing van de naoorlogse bruggen);
- Belang van de brug wegens de kwaliteit van de architectonische en de constructieve vormgeving en de inpassing in stad en landschap;
- Belang van de brug voor het oeuvre van een architect (...in casu een ontwerper bij wie een bepaalde brug een bijzondere plaats inneemt in zijn oeuvre, dan wel een ontwerper die zich in het bijzonder op de bouw van waterstaatkundige bouwwerken heeft toegelegd);
- Belang van de brug wegens de in, aan of bij de brug toegepaste monumentale kunst of bijzonder(e) kleur- en materiaalgebruik, zorgvuldige detaillering en/of constructiewijze.

STEDENBOUWKUNDIGE EN ENSEMBLEWAARDEN

- Belang van de brug als essentieel onderdeel van een groter geheel als een waterbouwkundig complex, een gebouwencomplex of een stedenbouwkundige ontwikkeling van nationaal belang (...in casu een brug met een belangrijk stedenbouwkundig concept en/of bijzondere landschappelijke situering);
- Belang van een groep van bruggen die visueel één geheel vormen;
- Belang van bruggen, die over een vaarwater, in een verkeersweg of een spoorweg voorkomen en een eenheid vormen;
- Belang van de brug als centrum voor latere bebouwing en/of infrastructuure ontwikkeling.

GAAFHEID / HERKENBAARHEID

- Belang van de brug wegens het nog verkeren in de oorspronkelijke staat (...in casu de constructieve en architectonische gaafheid van de brug en – indien van toepassing – zijn bewegingswerk);
- Belang van de brug wegens de gaafheid van de stedenbouwkundige setting of landschappelijke aanleg (...in casu de herkenbaarheid van het oorspronkelijke concept en/of in relatie met de directe omgeving).

ZELDZAAMHEID

- Belang van de brug wegens cultuurhistorische, architectuurhistorische, stedenbouwkundige, bouwtechnische en/of typologische zeldzaamheid.

Bijlage 4 Objectenlijst en preselectie

Onderstaande objectenlijst is voortgekomen uit literatuurstudie. De inventarisatie is geordend op alfabetische volgorde van plaatsnaam. De voorgeselecteerde bruggen (preselectie) zijn in deze lijst grijs gearceerd. NB: deze lijst heeft géén juridische status.

Code	Naam	Plaats	Straat	Locatie
BRUG 0078	Aarle-Rixtel	Aarle-Rixtel	Klokkengietersstraat, topcode 51F-105	Zuid-Willemsvaart
BRUG 0024	Spoorphaalbrug, Alkmaar	Alkmaar	Knpt. Alkmaar, code 620.km 041.546	Noord-Hollandsch kanaal
BRUG 0115	Wierdenschebrug	Almelo	N35, topcode 28D-104	Twenthekanaal
BRUG 0243	Koningin Julianabrug	Alphen aan den Rijn		
BRUG 0180	Hogeweg	Amersfoort	A28, topcode 32B -104	Westelijk Viaduct over de Hogeweg
BRUG 0004	Schinkelbruggen	Amsterdam	A9, topcodes 25D -125/126	Nieuwemeer
BRUG 0006	Schellingwouderbrug	Amsterdam	N10, topcode 25E-100	Buiten IJ oeververbinding bij Schellingwoude
BRUG 0264	Schellingwouderbrug (aanbruggen)	Amsterdam	N10	Buiten IJ oeververbinding bij Schellingwoude
BRUG 0069	Viaduct o/d Mr Treublaan	Amsterdam	A'dam-Muiderpoort-Bijlmer, code 096-km 105.681	Mr Treublaan
BRUG 0189	Utrechtsebrug (brug nr.439)	Amsterdam	A2, Amsterdam-Utrecht	Amstel
BRUG 0201	Amsterdamse Bos	Amsterdam		Afwaterings- tocht ten zuiden van de Hertenkamp
BRUG 0202	Spaklerweg	Amsterdam	Spaklerweg	Weespertrekvaart

BRUG 0203	Burgemeester Eliasstraat	Amsterdam	Burgemeester Eliasstraat	Over de Burg. Van Tienhovengracht
BRUG 0204	Geuzeveld	Amsterdam	Cornelis Outshoornstraat	Afwaterings- tocht voor de Outshoornstr.
BRUG 0205	Vaste brug 721	Amsterdam	Dirk Wittehof	Voetbrug over afwaterings- tocht
BRUG 0206	Viaduct Corn. Lelylaan /Joh. Huizingalaan (nr.705)	Amsterdam	Cornelis Lelylaan	
BRUG 0207	Nummer 567	Amsterdam	Amsterdamse Bos	Afwaterings- tocht ten oosten v/h paardensport- centrum
BRUG 0208	Brug 551	Amsterdam	Amsterdamse Bos	Afwaterings- tocht ten zuiden v/d kanaalover- haal
BRUG 0209	Brug 566	Amsterdam	Amsterdamse Bos	Afwaterings- tocht ten noorden v/h paardensport- centrum
BRUG 0210	Brug 273	Amsterdam	Von Guericke- straat	Afwaterings- tocht voor de Von Geuric- kestraat
BRUG 0247	Hortusbrug	Amsterdam	Muiderstraat	Nieuwe Herengracht
BRUG 0248	Westerdok- sluisbrug	Amsterdam	Verbinding CS A'dam-emplace- ment, Westerdok- dijk	Westerdok
BRUG 0257	Kikkerbils- sluis	Amsterdam	Pr. Hendrikkade	Oude Schans
BRUG 0259	Utrechtse- brug	Amsterdam	A2, Amsterdam- Utrecht	Amstel
BRUG 0052	Schotdeuren- sebrug	Arkel	Stationsweg, topcode 38G-134	Verbindings- kanaal Merwe- dekanaal – Linge

BRUG 0060	IJsselbrug	Arnhem	A12, topcode 40B -100	IJssel
BRUG 0121	Rozendaals- viaduct	Arnhem	A12, topcode 40B -108	Arnhemse Allee
BRUG 0145	Bronbeek- viaduct	Arnhem	A12, topcode 40B -109	Velperweg
BRUG 0168	Buthbrug	Axel	Weg Terneuzen Axel, topcode 54F-100	Oost.Rijks- waterleiding
BRUG 0240	Spoorbrug	Baanhoek		
BRUG 0176	Sloterweg	Badhoeve- dorp	Topcode 25D - 163	Zuid. viaduct o/d Sloterweg
BRUG 0126	Tolnegenweg	Barneveld	A1, topcode 32F- 107	Viaduct in RW 1 o/d Tolnegenweg
BRUG 0065	Viaduct in RW 75 bij Beek	Beek	Verkeersplein Kerensheide, topcode 60C-102	Spoorwegem- placement nabij Beek in lijn Maas- tricht- Roermond
BRUG 0183	Beekseweg- viaduct	Beek	A12, topcode 40G -100	Viaduct in de Provinciale- weg nr. 11
BRUG 0175	Spieringweg	Boesinghe- liede	A9, topcode 25C- 104	Zuid. Viad i/d verb.weg o/d Spieringweg
BRUG 0011	Gysbert Japicxbrug	Bolsward	Skilwyk	Stadsgracht
BRUG 0017	Blauw- poortsbrug	Bolsward	Harlingerstraat	Stadsgracht
BRUG 0153	Oude Schouw	Bolsward		Oude Schouw
BRUG 0225	Kapittelweg	Breda	Kapittelweg	
BRUG 0111	Bergummer- daam	Burgum	N356, topcode 6D-101	Pr. Margriet- kanaal
BRUG 0128	Brug o/d Luttelhoofd- vaart	Coevorden	Topcode 22E-100	N34
BRUG 0139	Poortweg- viaduct	Delft	A13, topcode 37E-127	Poortweg
BRUG 0181	Kruithuisweg	Delft	Kruithuisweg, topcode 37E-100	Viaduct o/d A13
BRUG 0219	Spoorweg- viaduct	Delft		Dwars door Delft
BRUG	Havenbrug	Delfzijl	RW7 (oud RW	Haven

0170			33)	
BRUG 0190	Moorman- brug	Den Helder	Topcode 14B- 109	Nieuwe diep
BRUG 0072	Wilhelmina- brug	Deventer	N344, topcode 33E-00	IJssel
BRUG 0227	Kruising met N344	Deventer	N344	
BRUG 0237	Spoorbrug	Deventer		
BRUG 0182	Ravenstraat- viaduct	Didam	A12, topcode 40E -102	Zuidelijk viaduct over de spoorlijn
BRUG 0148	Oldendiever- brug	Diever	N371, topcode 16F-101	Drentsche Hoofdvaart
BRUG 0127	Steegakker	Dodewaard	A15, topcode 39H -114	Zuid. Viad. o/d Dalen- wagenweg
BRUG 0061	Doesburger- brug	Doesburg	N317, topcode 40E 100	IJssel
BRUG 0146	Koepoort- brug	Doesburg	N317, topcode 40E-101	Viad. i/d oost. toerit naar de IJsselbrug
BRUG 0047	Stadsbrug (Vaste stalen brug)	Dordrecht	H.de Grootlaan, topcode 44A-100	Oude Maas
BRUG 0075	Stadsbrug (Bascule- brug)	Dordrecht	H. de Grootlaan, Zwdr.-Dordr, topcode 44A-100	Oude Maas
BRUG 0064	Brug Echt	Echt	Topcode 60A- 100	Julianakanaal
BRUG 0125	Wolfhezer- brug	Ede	A12, topcode 40A -106	Viaduct i/d Amsterdam- seweg
BRUG 0223	Beukenlaan	Eindhoven		Spoorlijn Boxtel Eindhoven
BRUG 0130	't Harde	Elburg	A28, topcode 27A-102	A28
BRUG 0118	Lonneker- brug	Enschede	N?, topcode 34F- 104	Twentheka- naal
BRUG 0114	Spoorviaduct DSM	Geleen	A76, topcode 60C -313	Spoor
BRUG 0066	Maasbrug	Gennep	N321, topcode 46D-100	Maas
BRUG 0147	Hunze	Gieten	N33, topcode 12H-100	Oostermoer- schevaart of Hunze
BRUG	Weldammer-	Goor	N34, topcode	Twentheka-

0116	brug		34B -102	naal
BRUG 0043	Basculebrug o/d Merwede	Gorinchem	A27, topcode 38G -102	Merwede
BRUG 0080	Merwede- brug (Boogbrug- gen bij Gorichem)	Gorinchem	A27, topcode 38G -102	Boven Merwede
BRUG 0045	Concordia- brug	Gorinchem	Concordiaweg, topcode 38G-131	Merwede- kanaal
BRUG 0160	De Lange- brug (Vaste brug)	Gorinchem	Topcode 38G- 111	Stadsbrug?
BRUG 0044	Langebrug (Beweegbare brug)	Gorinchem	Banneweg, topcode 38G-111	Kanaal van Steenenhoek
BRUG 0226	Brug over de Rotte	Gouda		Kruising met de Rotte
BRUG 0137	Ellbrug	Grathem	A2, topcode 58C- 105	Kanaal Wessem- Nederweert
BRUG 0155	Hoerediep	Grijpskerk	RW39, topcode 6H-102	Wegomleg- ging Niezijl
BRUG 0013	Spoordraai- brug o/h Winschoter diep	Groningen	Empl. Groningen, code 806.km 000395	Winschoter- diep
BRUG 0138	Vrijheids- plein	Groningen	A7, topcode 7D- 111	Viad. i/d Zuid. Ringweg o/d Middenlaan
BRUG 0025	SB o/d Spaarne	Haarlem	Knpt Haarlem, code 527 620 km 16241	Spaarne
BRUG 0144	Leidsche Trekvaart	Haarlem	N208	Brug o/d Leidsche Trekvaart
BRUG 0230	Graventen- brug	Haarlem	Spaarne	
BRUG 0070	Noordelijke Brug	Halfweg	RW5 (N5), topcode 25B- 107/108	Rijnlandse- boezemwater (Zijkanaal F?)
BRUG 0191	Brug over het Van Harinx- makanaal	Harlingen	N31, topcode 05G-110	Van Harinx- makanaal
BRUG 0231	Havenbrug	Harlingen		
BRUG	Leeuwenbrug	Harlingen		

0232				
BRUG 0233	Keersluis- brug	Harlingen		
BRUG 0234	Koningsbrug	Harlingen	Rijksweg N31/E10	
BRUG 0154	Hattumer- brug	Hattum	Topcode 27E-101	Apeldoorns- kanaal
BRUG 0241	Spoorbrug	Hedel		
BRUG 0022	Julianabrug	Helmond	Julianalaan, topcode 51F-101	Zuid- Willemsvaart
BRUG 0023	Houtse Parallelbrug	Helmond	Parallelweg, topcode 51H-100	Zuid- Willemsvaart
BRUG 0042	Basculebrug o/d Noord.	Hendrik-Ido- Ambacht	Rotterdamseweg, topcode 38C - 101	De Noord
BRUG 0117	Oelerbrug	Hengelo	Topcode, 34E- 106	Twentheka- naal
BRUG 0260	Europatunnel	Hengelo	Spoorstraat	
BRUG 0173	Stoutenbur- gerlaan	Hoevelaken	Topcode, 32B- 110	Viaduct i/d Stoutenbur- gerlaan
BRUG 0037	Botlekbrug	Hoogvliet	Code 950 km 014800	Oude Maas
BRUG 0134	Uffelsche Beek	Hunsel	A75, topcode 58C -109	Brug o/d Uffelsche Beek
BRUG 0026	Draaibrug IJmuiden	IJmuiden	Middensluisweg, topcode 25A - 104	Middensluis IJmuiden
BRUG 0133	Hunselbrug	Kelpen	A2, topcode 58C- 108	Zuidelijk Viaduct RW 268
BRUG 0184	Donkervliet- sebrug	Kerklaan, Loenen a/d Vecht	N201	Kruising met Angstel
BRUG 0053	Ketelbrug	Ketelhaven	N6, topcode 20F- 101	Ketelmeer
BRUG 0151	Brug o/d Lauwers in de Leegte	Kollum	Topcode 6F-100, weg naar Kollum	Doorvaart in dijk
BRUG 0051	Galama- dammen	Koudum	N359	Johan Frisokanaal
BRUG 0041	Algerabrug	Krimpen aan den IJssel	Algeraweg, topcode 37H - 101	Hollandse IJssel
BRUG	Verlaten Dijk	Lage	A17, topcode	

0174		Zwaluwe	44A-118	
BRUG 0149	Hoogbrug	Leeuwarden	RW355, topcode 6C-101	Zuid. Brug o/d Ouddeel
BRUG 0036	Staatsspoor- brug	Leiden	Haagweg, topcode 30F-108	Spoorweg- haven
BRUG 0049	Schrijvers- brug	Leiden	Zijlsingel – Herensingel	Oude Rijn
BRUG 0055	Marebrug	Leiden	Lange Mare - Korte Mare	Oude Vest
BRUG 0213	Gepektebrug	Leiden	Hooigracht en de Pelikaanstraat	Oude Rijn
BRUG 0214	Groenebrug	Leiden	Garenmarkt en het Steenschuur	Steenschuur
BRUG 0215	Lisztbrug	Leiden	Lisztpad	Fortuinsloot
BRUG 0216	St. Jeroens- brug	Leiden	Rapenburg	Vliet
BRUG 0217	Van Disselbrug	Leiden	Kraaierstraat	Zoeterwoudse Singel
BRUG 0218	Willem de Zwijgerbrug	Leiden	Willem de Zwijgerlaan	Haarlemmer- trekvaart
BRUG 0222	Spoorviaduct	Leiden	Rijnsburgerweg	Rijnsburger- weg
BRUG 0229	Koepoorts- brug	Leiden	Doezastraat- Herenstraat	Zoeterwoudse Singel
BRUG 0188	Brug over de Drecht	Leimuiden	Provinciale weg	
BRUG 0132	Heiligenber- gerweg	Leusden	A28, topcode 32D -102	Viaduct in de Heiligenber- gerweg
BRUG 0062	Dochterense- brug	Lochem	Gr. Dochteren- Kl. Dochteren , topcode 34A-100	Twentheka- naal
BRUG 0016	St. Servaas- hefbrug	Maastricht	St. Servaasbrug, topcode 61F-106	Maas
BRUG 0235	Spoorbrug	Maastricht		Maas
BRUG 0245	Wilhelmina- brug	Maastricht		Maas
BRUG 0029	Schroefbrug	Middelburg	Schroeweg, topcode 48B-100	Kanaal door Walcheren
BRUG 0030	Stationsbrug	Middelburg	Stationsstraat, topcode 48B-105	Kanaal door Walcheren
BRUG 0077	Moerdijkbrug	Moerdijk	Spl. Lagezwalu- we-Dordrecht, code 112-km 018.600	Hollands Diep
BRUG	Moerdijk-	Moerdijk		Hollands Diep

0242	spoorbrug			
BRUG 0079	Maasbrug	Mook	Spl. Nijmegen- Beugen, code 049-km 27.897	Maas
BRUG 0258	Basculebrug	Muiden	Rijksweg	Vecht
BRUG 0187	Hollandse Brug	Muiderberg	A6, topcode 25H- 107	Kruising A 6 en Gooimeer
BRUG 0200	Spoorviaduct	Nijmegen	Graafseweg	Spoorweg- emplacement
BRUG 0221	Tunnel onder het empla- cement	Nijmegen		Station Nijmegen
BRUG 0046	Haringvliet- brug (Bascule- brug)	Numansdorp	A29, topcode 43E -100	Haringvliet
BRUG 0244	Haringvliet- brug (Vaste overspannin- gen)	Numansdorp	A29, topcode 43E -100	Haringvliet
BRUG 0113	Vennepad	Nunspeet	Plaggenweg, topcode 27C-101	A28
BRUG 0251	Brug over het Wilhelmina- kanaal	Oirschot		
BRUG 0179	Spoorwegvi- aduct	Ommen	N36, topcode 22D-102	Viaduct o/d Spoorlijn Almelo- Marienberg
BRUG 0063	Spoorbrug	Oosterbeek	Spoor Arnhem- Elst, code 041- km 2.730	Rijn
BRUG 0018	Ir. Hamers- brug	Oosterhout	A59, topcode 44D-117	Wilhelmina- kanaal
BRUG 0156	Tjongerbrug	Oosterwolde	N381	Kruising Tjongerkanaal en N381
BRUG 0074		Oud- Vossemeer	N286, topcode 49B 100	Eendracht
BRUG 0186	Doorlaatbrug o/d Uiter- waard van Pannerdens- kanaal	Pannerden	Topcode 40D- 100	Verbinding Betuwe- Zevenaar
BRUG 0136	Arlensteeg	Putten	Arlensteeg, topcode 32E-102	
BRUG	IJsselbrug	Rheden		Gelderse

0250				IJssel
BRUG 0073	Rijnbrug	Rhenen	N233, topcode 39 E-100	Nederrijn
BRUG 0159	Broekmolen- sloot	Rijswijk	A13, topcode 37E -123	T.p.v. Broek- molensloot
BRUG 0171	Maasbrug	Roermond	RW268, topcode 58D-103	Brug o/d Maas
BRUG 0122	Viaduct i/d weg Rooste- ren-Susteren	Roosteren	A2, topcode 60A- 103	RW75
BRUG 0001	Harmsenbrug	Rotterdam	N57, topcode 37D-303	Hartelkanaal
BRUG 0002	Calandbrug	Rotterdam	(N15), topcode 37D-304	Oost-West- verbinding o/h Caland- kanaal,
BRUG 0003	1 ^e Van Brienoord- brug (Oost) (Boogbrug)	Rotterdam	A16, topcode 37H-100	Nieuwe Maas
BRUG 0038	Giessenbrug	Rotterdam	A20, Giessen- weg, topcode 37E-106	Delfshaven- sche Schie
BRUG 0040	Hartelbrug	Rotterdam	N218, topcode 37G-301	Hartelkanaal
BRUG 0050	Admirali- teitsbrug	Rotterdam	Maasboulevard - Oostzeedijk	Boerengat
BRUG 0054	Achterha- venbrug	Rotterdam	Willembuyten- wechtstraat	Coolhaven- Achterhaven
BRUG 0261	Botlekbrug	Rotterdam		Oude Maas
BRUG 0057	Oostbrug	Rotterdam	Oostmolenwerf	Tussen Haringvliet- Boerengat
BRUG 0123	Verkeers- knooppunt	Rotterdam	A20, Kleinpol- derplein, topcode 37E-115	Kleinpolder- plein
BRUG 0124	Viaduct o/d RW i/d J.F. Kennedyweg	Rotterdam	Kennedyweg, topcode 37H-105	A16
BRUG 0141	Viaduct o/d Bergweg	Rotterdam	A20, topcode 37F -100	Bergweg bij Station R'dam-Noord
BRUG 0143	Middenbaan	Rotterdam	A16, 37H-107	Viaduct i/d Middenbaan o/h Zuid. Circuit

BRUG 0166	Bergweg	Rotterdam	A20, 37F-100	A20/Bergweg
BRUG 0196	Brielse Maas- brug	Rotterdam	Topcode 37D- 303	Brielse Maas
BRUG 0246	2e Van Brienoord- brug (West) (Bascule- brug)	Rotterdam	A16, topcode 37H-166	Nieuwe Maas
BRUG 0255	Spoorweg- havenbrug	Rotterdam		
BRUG 0034	Draaibrug Sas van Gent	Sas van Gent	N683, topcode 54G-100	Kanaal Gent - Terneuzen
BRUG 0005	Scharster- rijnbrug	Scharsterbrug	A6, topcode 11C -108	Scharsterrijn
BRUG 0140	Schiedamse- weg	Schiedam	A13, topcode 37E -156	Schiedam- sche-weg
BRUG 0199	Schenkvia- duct	's- Gravenhage	Schenkweg	Schenkweg over o.a. sporen van centraal station
BRUG 0211	Houtrustbrug	's- Gravenhage	Pres. Kennedy- laan	Verversings- kanaal
BRUG 0212	Voetgangers- brug	's- Gravenhage	Stadhouders- plantsoen	In stadspark
BRUG 0058	Hintamers- brug	's-Her- togenbosch	Hinthamereinde	Zuid Willemsvaart
BRUG 0157	Orthenbrug	's-Her- togenbosch	Citadellaan 45C - 102	Brug o/d Zuid Willemsvaart
BRUG 0158	Karsterens- brug	's-Her- togenbosch	Van Berckel- straat, topcode 5C-108	Zuid- Willemsvaart
BRUG 0220	Christiaan Huygenstun- nel	's-Her- togenbosch		Station Den Bosch
BRUG 0009	Schuilenburg (draaibrug)	Skûlenboarch	N913 naar Kootstertille, topcode 06G-307	Pr. Margriet- kanaal
BRUG 0010	Veenhoop- brug	Smilde	N371, topcode 12C-100	Drentsche Hoofdvaart
BRUG 0048	Pieter Hum- melenbrug	Smilde	N371, topcode 17A-100	Drentsche Hoofdvaart
BRUG 0039	Voornse- sluisklapbrug	Spijkenisse	Plaatweg, topcode 37G-102	Voornsesluis
BRUG 0178	Viad. o/d Spoorlijn	Steenwijker- wold	A32, topcode 16G -100	Viaduct o/d Spoorlijn

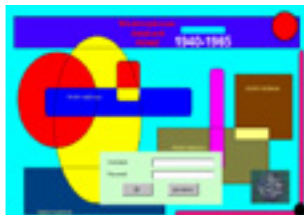
	Meppel-Heerenveen			Meppel-Heerenveen
BRUG 0012	Goereese-sluisbrug	Stellendam	N57, topcode 37C-101	Haringvliet-sluis
BRUG 0192	Stormvloedkering	Stellendam	N57, topcode 37C-350	Haringvliet
BRUG 0152	Gerkesbrug	Stroobos	Rijkstrekweg, topcode 6G-100	Stroobosser Trekvaart
BRUG 0262	Ketelbrug (Basculebrug)	Swifterbant		Ketelmeer
BRUG 0263	Ketelbrug (Vaste overspanningen)	Swifterbant		Ketelmeer
BRUG 0008	Rolbasculebrug	Terneuzen	Buitenhaven, topcode 54E-104/105	Middensluis Terneuzen
BRUG 0032	Draaibrug Sluiskil	Terneuzen	N61, topcode 54E -100	Kanaal Terneuzen naar Gent
BRUG 0033	Basculebrug Zeesluis Terneuzen	Terneuzen	Buiten- en Binnenhoofd, topcode 4E-106	Zeesluis Terneuzen
BRUG 0169	Brug o/h Amsterdam-Rijnkanaal	Tiel	A15, 39D-102	Sluis in Amsterdam-Rijnkanaal
BRUG 0019	Lijnsheike	Tilburg	Von Weberstraat, topcode 50F-102	Wilhelminakanaal
BRUG 0020	Boscheweg	Tilburg	Boscheweg, topcode 50F-103	Wilhelminakanaal
BRUG 0021	Oisterwijksebaan	Tilburg	Oisterwijksebaan, topcode 50F-105	Wilhelminakanaal
BRUG 0224	Spoorbrug over de Statenlaan	Tilburg	Spoor Rotterdam-Eindhoven	Statenlaan
BRUG 0150	Rietveldsebrug	Tytsjerk	RW355, topcode 6D-100	Rietveldsevaart
BRUG 0165	Vleutenseweg	Utrecht	Vleutenseweg, topcode 31H-114	
BRUG 0253	Spoorbrug	Utrecht		Amsterdam-Rijnkanaal
BRUG 0067	Spoorbrug o/d Maas bij Venlo	Venlo	Sp.Blerick-Venlo, code 517-km 0.00796	Maas
BRUG 0068	Stadsbrug	Venlo	Eindhovenseweg Blerick-Venlo, topcode 52G-100	Maas
BRUG	Bolgerijense-	Vianen	Bolgerijsekade,	Merwede-

0056	brug		topcode 38F-110	kanaal
BRUG 0031	Keersluis- brug	Vlissingen	Veerhavenweg, topcode 48C-101	Keersluis
BRUG 0007	De Punt (Brug 15)	Vries	RW31, topcode 12B-110	Noord- Willemska- naal
BRUG 0164		Vriezenveen	Bruglaan	Viaduct i/d Spoorlijn Almelo- Marienberg
BRUG 0185	Westerhaar	Vriezenveen	RW36, topcode 28B-109	Viaduct i/d Prov. Weg Westerhaar- Sibculo
BRUG 0161	Heunweg	Vught	N65, topcode 45C -103	Viaduct over toegangsweg naar oude RW
BRUG 0162	Taalstraat	Vught	N65, topcode 45C -114	Zuid. Viaduct i/d RW o/d Taalstraat
BRUG 0198	Beukers- gracht	Wanneper- veen	N334, Zwart- sluis-Steenwijk	Brug over zijtak v/d Beukersgracht
BRUG 0027	Warns	Warns	Warns-Molkwar	Johan Frisokanaal
BRUG 0015	Stadsbrug	Weert	Wilhelminasin- gel, topcode 57F- 108	Zuid Willemsvaart
BRUG 0228	Spoorbrug over de A75	Weert	A75	Kruising met spoorlijn Weert - Roermond
BRUG 0071	Spoorbrug o/h A'dam- Rijnkanaal bij Weesp	Weesp	Spl. Diemen- Weesp, code 128 - km 10.830	Amsterdam- Rijnkanaal
BRUG 0119	Brug bij Wessem	Wessem	A2, topcode 58D -109	Maas en Julianakanaal
BRUG 0239	Spoorbrug	Westervoort		
BRUG 0172	Zaamslag- kraagbrug	Zaamslag	N26, topcode 54E - 101	o/d Orthene- sekreek
BRUG 0193	Zeelandbrug	Zierikzee	Provinciale weg Zierikzee-Goes	Oosterschelde
BRUG 0035	Oude Rijn brug	Zoeterwou- de-Rijndijk	A4, topcode 30F - 102	Oude Rijn
BRUG 0014	Basculebrug o/h Wilder-	Zuidbroek	Groningen - Nieuweschans	A.C. Wildervanck-

	vanckkanaal		code 05.km 103.874	kanaal
BRUG 0112	Candesebrug	Zutphen	Topcode 33F-102	Stadsbrug over de Singelgracht
BRUG 0177	Kagertocht	Zwaanshoek	A9, topcode 25D- 155	
BRUG 0028	Spolder- sluisbrug	Zwolle	Turnhoutseweg, topcode 21G-100	IJsselkanaal
BRUG 0120	Voorsterbrug	Zwolle	RW38, topcode 21G-123	IJsselkanaal
BRUG 0238	Spoorbrug	Zwolle	Zwolle-Kampen code 0,15km 089.882	IJsselkanaal

Bijlage 5 Wederopbouwdatabank

STRUCTUUR EN INHOUD DATABANK



AFBEELDING A
STARTSCHEM WEDEROP-
BOUWDATABANK.

Om de objectgegevens die uit de categoriale studies worden verkregen te ordenen, is de ‘Wederopbouwdatabank RDMZ 1940-1965’ (WOP) ontwikkeld door de afdeling informatiemanagement van de RDMZ. Hierin worden alle onderzochte wederopbouwobjecten ingevoerd. De databank is tot stand gekomen op basis van het *Programma van Eisen* (20 december 2001) dat door het Projectteam Wederopbouw is geformuleerd in het kader van de pilotprojecten naar scholen, kerken en raadhuisen. Sinds het najaar van 2005 is de databank ontsloten via de website www.monumentenzorg.nl, menu Wederopbouw. Zo kan iedereen de Wederopbouwdatabank raadplegen en voorstellen voor aanvullingen doen. De databank dient een tweeledig doel: ten eerste is het een hulpmiddel met zoekfuncties voor het categoriaal onderzoek naar diverse objecten, ten tweede vormt het een toekomstige informatiebron voor medewerkers van de RDMZ en externe gebruikers. In de databank (afbeelding A) zijn zowel feitelijke gegevens opgenomen (naam, adres, gebouwcategorie, architecten, bronvermelding, etc.) als analytische gegevens (bouwstijlen, bouwtypen, preselectie). Ieder object in de databank heeft een unieke objectcode. De gegevens van het object zijn vastgelegd in acht tabbladen.

Om een selectie van objecten uit de databank te maken, kan gebruik worden gemaakt van de zoekfunctie van de databank (met name de optie ‘gecombineerd zoeken’). Omdat digitaal beeldmateriaal nog grotendeels ontbreekt vanwege het uitstellen van het veldwerk, kan de databank niet het arbeidsintensieve handwerk van het selecteren op basis van de niet-gedigitaliseerde bronnen vervangen.

De databank is (in dit stadium van het project) bedoeld als een dynamisch instrument. Gegevens die uit een eerste literatuuronderzoek niet naar boven kwamen, zijn later aangevuld. De ervaringen die de interne en externe onderzoekers in de categoriale pilotstudies met het gebruik van de databank hebben opgedaan, zijn samengebracht, besproken en doorgekoppeld naar de afdeling Informatiemanagement van de RDMZ, die deze hebben verwerkt.

De ‘bewerken objecten’-modus zal hieronder worden beschreven: deze is in dit stadium van het onderzoek de belangrijkste functie van de WOP databank. Per tabblad wordt aangegeven welke gegevens waar moeten worden ingevoerd. Daarbij worden alleen de niet voor de hand liggende velden uitgebreid behandeld.⁷

⁷ Hier is de opbouw van het rapport *Scholen* (PLEK, 2002) als uitgangspunt genomen.

AFBEELDING B

HET TABBLAD 'OBJECT'

TABBLAD 'OBJECT'

Op het tabblad 'Object' worden de unieke objectcode⁸, de naam van het gebouw, de adresgegevens, de gebouwcategorie en de huidige functie van het object vermeld (afbeelding B). Het veld 'opmerkingen' is hier alleen bedoeld voor zeer essentiële identificatiegegevens, zoals een tweede naam van het gebouw, een verwijzing naar een duidelijk verwant object of een belangrijke straatnaamwijziging. Het veld 'onderdeel van een complex' dient te worden ingevuld wanneer het gebouw deel uitmaakt van een groter geheel.

De velden in het kader 'locatie' bevatten de huidige adresgegevens van het object. Wanneer de verrekijkerbutton wordt aangeklikt, opent zich een nieuw scherm waarin de plaatsnaam van het object kan worden aangegeven. Bij het selecteren van de plaatsnaam worden automatisch ook de juiste provincie- en gemeentenaam in de betreffende velden geladen.⁹ Wanneer er meerdere adressen bij een object horen, kan een tweede (of derde) adres in het veld 'locatie' worden opgenomen, echter met de toevoeging van het teken ~ (dus bijvoorbeeld '~Dorpsstraat 4') om zoekacties in een later stadium te vergemakkelijken.

Bij het invoeren van de basisgegevens doet zich regelmatig het probleem voor dat het adres of de locatie in de bronnen niet (of ten dele) vermeld

⁸ Een objectcode bestaat uit de eerste drie letters van de gebouwcategorie, gevolgd door de eerste letter van de voornaam van de persoon die het record heeft aangemaakt, en daarachter een serie van vier getallen. Tijdens de pilotstudie is besloten alléén de in de wederopbouwperiode totstandgekomen gebouwen in het onderzoek te betrekken.

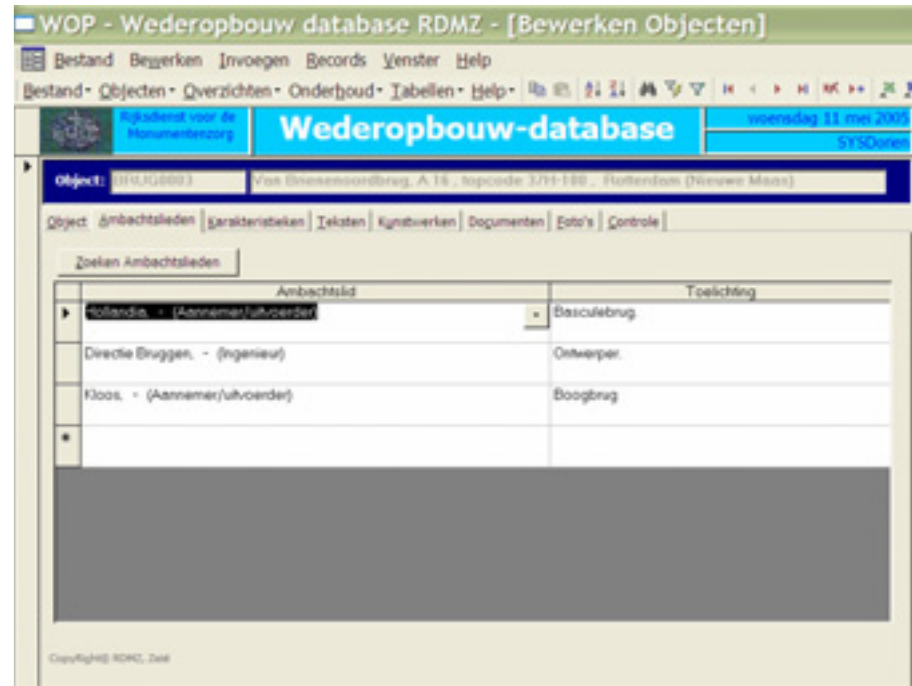
⁹ In dit veld hangt de VUGA- lijst lijst (de Elsevier Databank Overheid) die ieder jaar wordt vernieuwd. Deze bevat alle geactualiseerde gemeentelijke gegevens.

wordt. Daarnaast is in veel gevallen onbekend wat de huidige functie van het gebouw is, en of het nog (in zijn geheel) bestaat. Ook het ter plaatse lokaliseren van objecten kan lastig zijn, wanneer gegevens gedateerd of onvolledig zijn.

Voor het aanvullen van dit soort basale gegevens kan voor bepaalde te onderzoeken categorieën (zoals bruggen) internet een goede hulp zijn.

AFBEELDING C

HET TABBLAD 'AMBACHTSLIEDEN' VAN DE WEDEROPBOUW-DATABANK

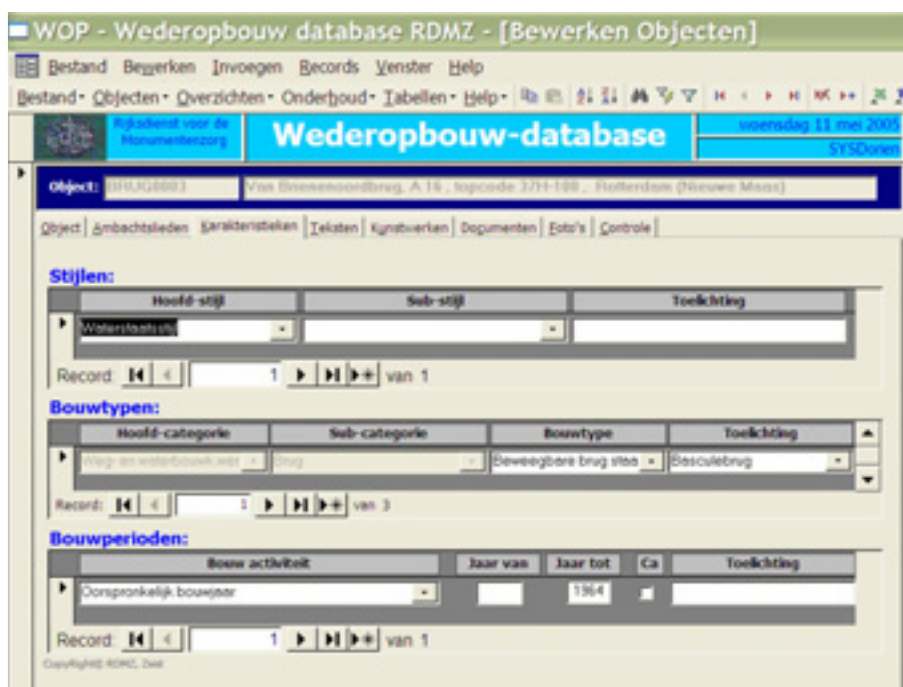


TABBLAD 'AMBACHTSLIEDEN'

Op dit tabblad worden de betrokken ambachtslieden vastgelegd (afbeelding C). De lijst van ambachtslieden is gebaseerd op de tabel uit de Objecten Databank van de RDMZ (ODB) waarin alle rijksmonumenten digitaal zijn opgeslagen. Hoewel het mogelijk is om hier ook namen van aannemers, constructeurs en opdrachtgevers in te voeren, is ervoor gekozen slechts de projectarchitect en de naam van een eventueel architectenbureau, de tuinarchitect en/of interieurarchitect vast te leggen. Deze beslissing is genomen op basis van de afweging welke waarde dergelijke gegevens aan het onderzoek toevoegen tegenover de hoeveelheid tijd die het kost om een nieuwe naam in te voeren.

Bij het vastleggen van de naam van een ambachtslid moet eerst worden gekeken of deze reeds in de tabel (waarin momenteel bijna 7.000 records zijn opgeslagen) voorkomt.¹⁰ De onderzoekers proberen zoveel mogelijk te voorkomen namen dubbel in te voeren.

¹⁰ Probleem hierbij is dat een bepaalde naam veelal meerdere keren in de lijst genoemd wordt (met en zonder al dan niet volledige initialen, als individu, als bureau, als een ander soort ambachtslid en daarnaast geregeld nog op verschillende schrijfwijzen – zo staat architect Dudok in totaal 9 keer in de tabel). Ook doet het probleem zich voor dat de benaming van een



AFBEELDING D

HET TABBLAD 'KARAKTERIS-
TIEKEN' VAN DE WEDEROP-
BOUW DATABANK

TABBLAD 'KARAKTERISTIEKEN'

Het tabblad 'Karakteristieken' is een vrij complex blad dat voornamelijk analytische gegevens bevat: de bouwstijl, het bouwtype (hoofdcategorie, subcategorie en bouwtype) en de bouwperiode(n) (afbeelding D).

Bouwstijlen

Voor wat betreft de toekenning van stijlbenamingen (het eerste onderdeel op dit tabblad) is gepoogd hoofdzakelijk een indeling te maken in vier termen, te weten: 'traditionalisme', 'shake-hands', 'naoorlogs modernisme' en 'n.v.t.'. Aangezien de architectuur uit de wederopbouwperiode zich niet altijd even duidelijk in bouwstijlen laat indelen, moet aan dit onderdeel niet teveel waarde gehecht worden. Meer dient dit onderdeel als een toelichting op de toegepaste 'vormgeving' te worden gezien, waar digitale foto's in de databank (nog) ontbreken. Bij niet te beoordelen gevallen is ervoor gekozen om de term 'n.v.t.' in te voeren. In het toelichtingveld van de stijlen zijn voornamelijk opmerkingen ten aanzien van systeembouw de constructiewijze en andere technische kenmerken geplaatst.

en dezelfde persoon in verschillende publicaties afwijkt (soms wordt het architectenbureau genoemd, en soms één van de architecten).

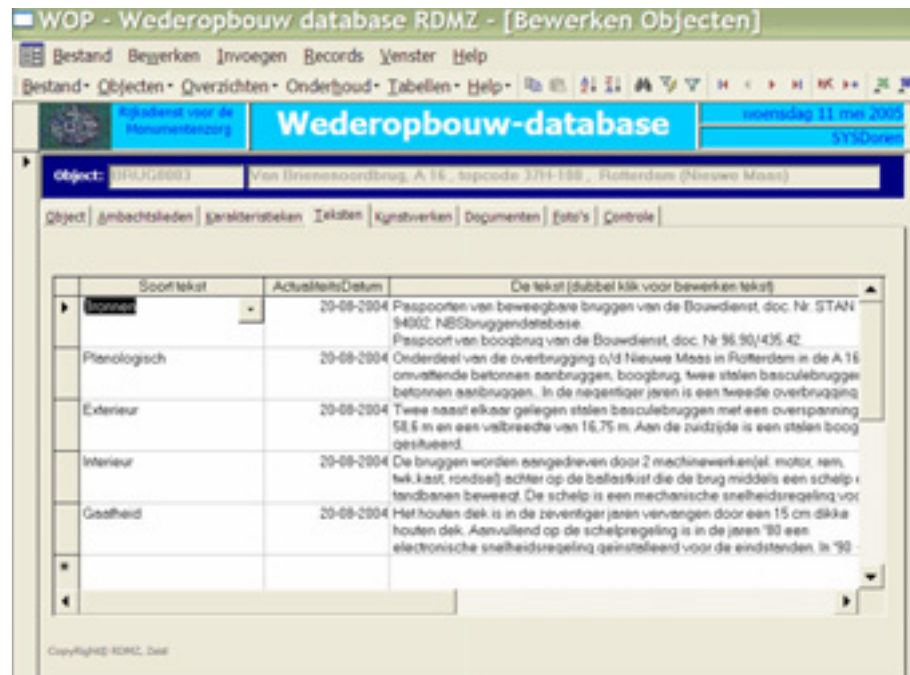
Bouwtypen

Een indeling op bouwtypen kan op verschillende niveaus worden gemaakt. Voor de categorie scholen moet dan bijvoorbeeld worden gedacht aan een typologisch onderscheid in gangscholen of halscholen en in het geval van de kerken kan worden ingedeeld op bijvoorbeeld zaalkerken en basilieken. Bij de categorie bruggen kan worden gedacht aan een onderverdeling in bijvoorbeeld boogbruggen, tuibruggen of basculebruggen.

Bouwperiodes

Onder het laatste deel van dit tabblad wordt vastgelegd van en tot welk jaar een bepaalde bouwactiviteit (ontwerp, oorspronkelijk bouwjaar, verbouw, restauratie en/of sloop) heeft plaatsgevonden. In het toelichtingveld wordt opgenomen wat wanneer en waar iets tot stand is gekomen. In die gevallen waar het oorspronkelijke bouwjaar van een object niet staat vermeld in het tijdschrift is de jaargang van het tijdschrift als bouwjaar (zowel van als tot) gehanteerd met de toevoeging 'circa', omdat dit in ieder geval een indicatie geeft van de bouwperiode.

AFBEELDING E
HET TABBLAD 'TEKSTEN'



TABBLAD 'TEKSTEN'

Op het tabblad 'Teksten' kunnen in de kolom 'Soort tekst' verschillende velden worden geopend (afbeelding E). Wanneer een bepaalde soort tekst wordt aangemaakt, moet het veld 'Actualiteitsdatum' worden aangeklikt om de dag vast te leggen waarop dit veld is geopend.

Per veld kunnen bepaalde gegevens ingevoerd worden.

Bronnen

Hier worden literatuurverwijzingen ingevoerd (volgens de standaard notitiemethode van artikelen en boeken), met daarbij per titel aangegeven of er situatieschetsen, foto's, plattegronden, aanzichten of doorsneden bij de tekst gevoegd zijn.

Planologisch

Hier worden de stedenbouwkundige ligging van het object, de eventueel relevante aanleg van de groenstructuur en andere planologische bijzonderheden geregistreerd.

Exterieur

Hier kan achtereenvolgens het materiaalgebruik, de kleur, de constructie, de vorm van het grondplan en de gevelstructuur van het object worden vastgelegd.

Interieur

In dit veld worden de structuur en ligging van de ruimten t.o.v. elkaar, de inrichting van de meest waardevolle ruimten en eventuele bijzonderheden (onroerende zaken, decoratieve afwerking) opgenomen.

Opmerkingen

In dit veld kan worden aangegeven welke waarderingscriteria evident van toepassing zijn op het betreffende object. Ook wordt hier ingevoerd wanneer, met wie en waarover is gesproken, gecorrespondeerd of anderszins contact heeft plaatsgevonden m.b.t. het object. Daarnaast wordt hier vastgelegd of er eventueel een foto-opdracht is uitgeschreven (met datum, opdrachtnummer en naam van opdrachtgever).

Gaafheid

Hier worden de gegevens omtrent verbouw, wijzigingen en sloop ingevoerd.

Bouwkundige staat

Aangezien veldwerk pas in een later stadium plaats zal vinden, kan dit veld nog niet altijd worden ingevuld. Wanneer een object wel is bezocht, kan worden volstaan met een korte notitie (visueel goed / slecht, eventueel met een kleine toelichting).

Redengevend

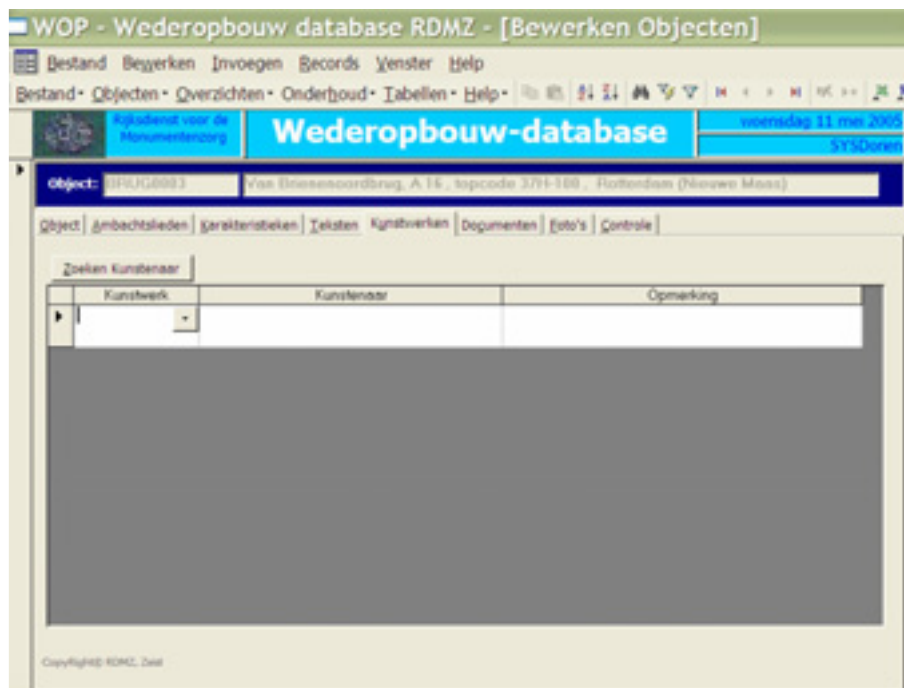
Dit veld wordt in deze fase van het onderzoek nog niet ingevoerd, aangezien een redengevende omschrijving pas wordt opgesteld wanneer sprake is van (voorlopige) selectie tot rijksmonument.

Bijzonderheden

Hier kunnen eventueel zaken worden vastgelegd die niet in bovenstaande velden kunnen worden ondergebracht.

AFBEELDING F

HET TABBLAD 'KUNSTWERKEN'



TABBLAD 'KUNSTWERKEN'

Op het tabblad 'Kunstwerken' zijn in een vaste tabel verschillende soorten (voor de wederopbouwperiode) specifieke kunstwerken genoemd zoals glas-in-beton en sgraffitto, die onderdeel zijn van het oorspronkelijke ontwerp van het gebouw (afbeelding F). Onder 'kunstenaar' wordt de naam van de maker ingevoerd (ook hiervoor bestaat een vaste tabel waaraan namen kunnen worden toegevoegd, zie onder tabblad 'Ambachtslieden'). In de laatste kolom (opmerking) wordt in het kort en globaal - indien bekend - de voorstelling (naam), het materiaalgebruik, de plaats van het kunstwerk ten opzichte van, aan of bij het gebouw en eventuele andere opmerkingen vastgelegd.

TABBLAD 'DOCUMENTEN'

Op dit tabblad kunnen tekstuele bestanden aan een object gekoppeld worden. Per gebruiker is een vaste directory aanmaakt waarin deze bestanden kunnen worden opgeslagen. Wanneer op het tabblad 'Documenten' een bestand wordt geselecteerd en op de button 'Toon Document' wordt geklikt, opent het bestand in het bijbehorende programma.

TABBLAD 'FOTO'S'

Op het tabblad 'Foto's' kunnen afbeeldingen aan het record gekoppeld worden (afbeelding G). Met het vakje 'pasfoto' wordt aangegeven welke foto het meest karakteristiek het object weergeeft. Het programma 'Her-nummer Foto's' in het menu 'Bestand' kan grotere groepen afbeeldingen tegelijkertijd omnummeren: de afbeeldingen in de databank krijgen zo als naam de code van het object waaraan deze gekoppeld zijn, gevolgd door underscore (_) en een serie van vier cijfers, die het bestand uniek maken.

Bijlage 6a Verkeersbruggen 1940-1950

Plaats	Rivier	Vernield 1940	Hersteld 1940- 1945	Vernield 1944- 1945	Tijdelijk hersteld	Definitief hersteld
Arnhem	Rijn	ja	1941	ja	Bailey- brug	1945 (t) 1950 (d)
Beesd	Linge	nee		nee		
Deventer	IJssel		1943 gereed	ja	Schipbrug	1948
Dordrecht	Oude Maas	nee		nee		
Goor	Twenteka- naal			ja	2 Bailey- bruggen	1947
Grave	Maas	ja	1943	nee		
Hedel	Maas	ja		ja	Schipbrug, brug Heusden	1948
H-I Ambacht	De Noord	nee		nee		
Kampen	IJssel	ja		ja		1946
Katerveer (Zwolle)	IJssel	ja		ja	Bailey- brug	1947
Keizers- veer	Maas	ja		ja		1948
Kornwer- derzand	IJsselmeer/ Waddenzee	ja		ja		1946
Maastricht (Wilhel- minabrug)	Maas			ja		1946
Meppel	Smilder- vaart			ja	Bailey- brug	
Moerdijk	Hollands Diep	nee		ja	2 spoor- bruggen 2x2 Callender- Hamilton	1945 (t)
Nijmegen	Waal	ja	1942	nee		
Roermond	Maas			ja		1946
Rotterdam	Nieuwe Maas	nee		nee		
Venlo	Maas			ja	Bailey- brug	1947

Plaats	Rivier	Vernield 1940	Hersteld 1940- 1945	Vernield 1944- 1945	Tijdelijk hersteld	Definitief hersteld
Vianen	Lek			ja	Schipbrug, spoorbrug Culem- borg	1948
Vlake	Kanaal door Zuid- Beveland	ja		ja	Bailey- brug	1947
Weert	Zuid- Willems- vaart			ja	Bailey- brug	
Wester- voort	IJssel	nee		ja		1946
Zaltbom- mel	Waal	ja		ja	Bescha- digd, maar nog intact	1946
Zutphen	IJssel	ja		ja		1946

Bijlage 6b Spoorbruggen 1940-1950

Plaats	Rivier	Vernield 1940	Hersteld 1940-1945	Vernield 1944-1945	Tijdelijk herstel	Definitief herstel
Baanhoek	Beneden-Merwede	ja	Nieuwe bruggen Schalkwijk + hulpjukken	ja	Callender-Hamilton + aanbruggen Hedel	ca.1980
Bugge-num	Maas	ja	1941, Duitse hulpbruggen	ja	Duitse hulpbrug + Engelse brug	1946-1947
Culemborg	Lek	nee		nee	Bomschade gerepareerd + hulpjuk	1983, geheel vervangen
Deventer	IJssel	ja	1941, hulpbrug van gewalste liggers + hulpjuk	ja	E.S.T. bruggen	1983
Dordrecht	Oude Maas	nee		ja	Callender-Hamilton + Engelse brug + E.S.T. brug	1950 1970
Gennep	Maas	nee		ja	Militaire hulpspoorbrug op hulpjukken	Spoorlijn opgeheven
Hattermerbroek (Zwolle)	IJssel	ja	1941, brug van delen van aanbruggen (enkel-spoor)	ja	Militaire noodbruggen + Engelse brug (enkel-spoor)	1946/47
Hedel	Maas	ja	1940, deel bruggen Zaltbommel	ja	Nieuwe delen uit voorraad (enkel-spoor)	1978 (dubbel-spoor)
Maastricht	Maas	ja	Montagebruggen Werkspoor	ja	Militaire hulpbrug	1956, enkel-spoor
Moerdijk	Hollands Diep	neen		ja	Callender-Hamilton +	1955 (dubbel-

Plaats	Rivier	Vernield 1940	Hersteld 1940-1945	Vernield 1944-1945	Tijdelijk herstel	Definitief herstel
					Engelse brug (enkelspoor)	spoor)
Mook	Maas	ja	1941, verschuiven brugdelen + bruggen Beerse Maas	ja	Callender-Hamilton	1958
Nijmegen	Waal	ja	Nieuwe bruggen uit voorraad (Schalkwijk) + hulppijlers	ja	Herstel hulppijler. Overspanningen weer hersteld	1950 In 1983 geheel vervangen
Oosterbeek	Rijn	ja	1940, brugdeel Zaltbommel + nieuwe brug + hulpjuk	ja	Brugdeel Zaltbommel + diverse aanbruggen + Engelse brug	1952
Ravenstein	Maas	ja	1941 hersteld	ja	Militaire hulpbruggen op hulpjukken	1948
Rhenen	Rijn	ja	1941, draaibruggen Oosterdok + hulpjuk	ja		Vervangen door verkeersbrug
Rotterdam	Nieuwe Maas	nee		nee		
Rotterdam	Koningshav	nee		nee		
Utrecht	Amsterdam-Rijnkanaal	nee		nee		
Utrecht	Amsterdam-Rijnkanaal	nee		nee		
Venlo	Maas	ja	1941, gewalste liggers op houten jukken	ja	Benedenstrooms: Duitse hulpbrug + deel bruggen Zaltbommel	1965
Weesp	Amster-	nee		nee		

Plaats	Rivier	Vernield 1940	Hersteld 1940-1945	Vernield 1944- 1945	Tijdelijk herstel	Definitief herstel
	dam- Rijnka- naal					
Wester- voort	IJssel	ja	1940, vervanging staven	ja	Callender- Hamilton (enkel- spoor)	1973 (enkel- spoor) 1983 (dubbel- spoor)
Zaltbom- mel	Waal	ja	1940/41 (enkel- spoor) NB: 8 enkelspori- ge bruggen als verkeers- bruggen ingezet	ja	Brugdelen uit voorraad (in oorlog gemaakt t.b.v. de uitbreiding)	1947 (enkel- spoor) 1951 (dubbel- spoor)
Zutphen	IJssel	ja	1941, brugdelen Zaltbommel en Schalkwijk	ja	Brugdelen Hedel + E.S.T. hulpbrug Draaibrug vervangen door hefbrug.	1984

Bijlage 7 Brugtypen

BRUGTYPEN

VASTE STALEN BRUGGEN

Stalen bruggen kunnen worden onderscheiden in een aantal brugtypen, die kenmerkend zijn voor de mogelijkheden van fabricage en montage in een bepaalde tijdsperiode. Hieruit werd veelal de vormgeving afgeleid. Voor het doel van dit rapport zijn de hieronder aangegeven hoofdtyperingen gekozen. Binnen een hoofdtype zijn een aantal varianten mogelijk die, voor zo ver van belang, ook zijn vermeld.



Vollewandliggerbrug
Samengesteld profiel, waarbij de samenstellende delen zijn geklonken.



Vollewandliggerbrug
Samengesteld profiel, waarbij de samenstellende delen zijn gelast.



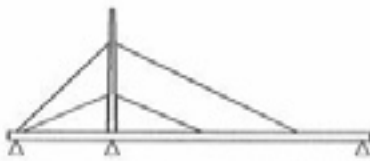
Vollewandliggerbrug
Samengesteld hoedprofiel, waarbij de samenstellende delen zijn geklonken.



Vakwerkliggerbrug
Het vakwerk heeft bij deze vorm een gebogen bovenrand. Deze vorm volgt zoveel mogelijk de momentenlijn, waardoor een efficiënt materiaalgebruik mogelijk is.



Vakwerkliggerbrug
Hierbij zijn de boven- en onderrand evenwijdig aan elkaar. Een dergelijke vormgeving wordt veelal gekozen vanwege de eenvoudige en repeterende vormen van de samenstellende delen.

**Tuibrug (enkele pyloon)**

De ligger van de hoofdo overspanning wordt verstijfd door kabels die via een enkelzijdige pyloon verankerd zijn in één landhoofd. Een dergelijke vorm wordt toegepast indien een asymmetrische vorm noodzakelijk is.

**Tuibrug (dubbele pyloon)**

Via kabels, gesteund door twee symmetrisch geplaatste pylonen, wordt hier de ligger van de hoofdo overspanning verstijfd. Indien de omstandigheden dit toelaten heeft deze vorm veelal de voorkeur.

**Boogbrug, onderliggende boog**

De boog is hierbij veelal de dragende constructie. Het rijdek wordt door verticale steunen verbonden met de boog.

**Boogbrug, bovenliggende boog**

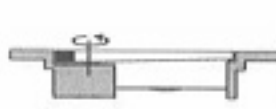
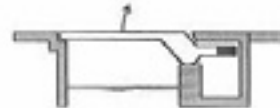
Ook bij deze constructievorm is de boog veelal de draagconstructie, hoewel vaak ook tussenvormen zijn toegepast waarbij het rijdek een aanzienlijke stijfheid heeft. Het rijdek is door hangers verbonden met de boog.

**Boogbrug, verstijfde staafboog**

Bij deze vorm is de horizontale ligger de dragende constructie. De verstijfingsligger kan over meerder steunpunten doorlopen. De boog heeft als functie de horizontale ligger te verstijven en is door middel van hangers met het rijdek verbonden.

BEWEEGBARE BRUGGEN

In het kader van deze Ontwikkelingsschets worden een zestal typen onderscheiden, aangegeven in onderstaande schema's.

**Basculebrug****Draaibrug****Hefbrug****Klapbrug****Ophaalbrug****Rollbasculebrug**

BASCULEBRUG

De brug draait om een horizontale as. Het val wordt gebalanceerd door een ballastkist, die zich in de diepgelegen kelder, onder het rijdek, bevindt en is aangebracht tussen of onder de hoofdliggers. In de kelder bevindt zich meestal ook het aandrijfmechanisme van de brug.

DRAAIBRUG

De brug draait om een verticale as op een axiaal lager, dat gesitueerd is op de draaipijler. Een draaibrug kan gelijk- of ongelijkarmig zijn. Ongelijkarmige draaibruggen hebben een contragewicht aan de korte arm voor de balancering. In het horizontale vlak is ruimte nodig voor de draaiing.

HEFBRUG

Ter plaatse van de vier hoekpunten van het val bevinden zich de heftorens of hefstijlen, waarlangs het val wordt geleid. Het val rust op hijsliggers. De hijsliggers zijn door middel van kabels via kabelschijven (boven op de hijstorens) verbonden met contragewichten, die ook langs de heftorens worden geleid en het gewicht van het val (grotendeels) compenseren.

KLAPBRUG

De klapbrug is in feite een niet uitgebalanceerde basculebrug, omdat er geen ballastkist wordt toegepast. Daardoor moet het bewegingswerk extra krachten uitoefenen, waardoor dit brugtype voornamelijk geschikt is voor kleinere en vooral kortere bruggen.

OPHAALBRUG

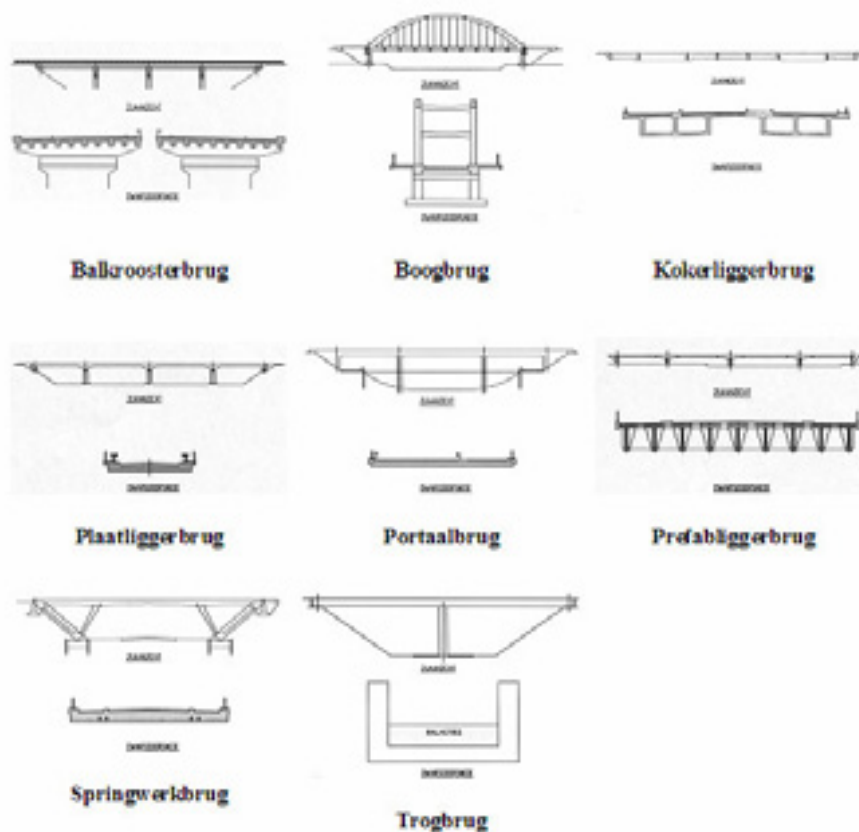
De ophaalbrug draait om een horizontale as. Op één van de landhoofden bevinden zich de hameistijlen, waarop de balans rust, die door middel van hangstangen met het val verbonden is. In de balans bevindt zich de ballast ter uitbalancering van het val. Vanuit de hameistijl wordt ofwel het val ofwel de balans aangedreven om de brug te openen of te sluiten.

ROLBASCULEBRUG

Dit type brug lijkt veel op de basculebrug, maar onderscheidt zich hiervan doordat het val niet draait om een vast draaipunt, maar bij het openen en sluiten met cirkelsegmenten rolt over railbanen. Daardoor draait en verplaatst de brug zich bij openen en sluiten.

BETONNEN BRUGGEN

Betonnen bruggen en viaducten kunnen naar typologie op diverse manieren worden gedefinieerd. In het kader van deze Ontwikkelingsschets zijn een achttal hoofdtypen onderscheiden. Per type worden een aantal specifieke kenmerken beschreven.



BALKROOSTERBRUG

Een balkroosterbrug bestaat uit een samenstel van langsliggers, dwarsdragers en een rijdekplaat en wordt ter plaatse gestort en uitgevoerd in gewapend beton. De bouwwijze werd aan het begin van de beoordeelde periode nog wel toegepast, vooral in situaties met erg scheve kruisingshoeken. Door de introductie van de geprefabriceerde liggers, is deze bouwwijze ondertussen achterhaald.

BOOGBRUG

De boogbrug werd toegepast tot ca. 1965, in hoofdzaak in gewapend beton maar soms ook met een voorgespannen trekband. Er konden overspanningen tot meer dan 35 meter mee worden bereikt. Er zijn diverse boogbruggen gebouwd over het Twentekanaal en andere Overijsselse kanalen. Ook kwamen boogbruggen voor over de rijkswegen: bijvoorbeeld over de A2, de A12 en de A15; deze laatstgenoemden zijn nu bijna allemaal verdwenen, meestal door de noodzaak om de onderdoorgaande weg te verbreden. Het maken van een betonnen boogbrug was zeer arbeidsintensief, onder andere door de ingewikkelde bekisting. Dit is de reden, dat de betonnen boogbrug momenteel niet/nauwelijks meer als brugvorm wordt toegepast.

KOKERLIGGERBRUG

De kokerliggerbrug wordt sinds ca. 1958 uitsluitend toegepast in voorgespannen beton. Binnen dit brugtype zijn diverse bouwvormen mogelijk:

- ter plaatse op de steiger gestort; in de beschouwde periode tot overspanningen van ca. 45 meter.
- ter plaatse gestort met de steigerloze uitbouwmethode; in de periode tot 1970 met overspanningen tot ca. 100 meter, daarna tot 150 meter en meer.
- met geprefabriceerde moten door middel van de lijmmethode of met een zogenaamde ‘natte’ voeg.

Als doorsnedevorm kunnen worden onderscheiden:

- Eéncellige kokers
- Meervoudige ééncellige kokers
- Tweecellige kokers
- Driecellige kokers

In het aanzicht vertonen de kokerliggerbruggen zich prismatisch of met een verlopende onderrand.

PLAATLIGGERBRUG

Plaatliggerbruggen/-viaducten zijn toegepast in gewapend beton, voorafgaand aan de beoordeelde periode en vanaf ca. 1962 ook in voorgespannen beton. Met dit brugtype konden overspanningen tot 20 meter in gewapend beton worden bereikt en tot ca. 35 meter in voorgespannen beton. Als doorsnedevorm kwam zowel de rechthoekige plaat als de plaat met overstekken voor. In het aanzicht vertonen de plaatliggerbruggen zich als prismatisch, met een rechtlijnig verlopende hoogte of met een parabolisch verlopende onderrand.

PORTAALBRUG

Het kenmerk van dit type is, dat het brugdek buigvast is verbonden aan de ondersteuning; brugdek en ondersteuning vormen daardoor samen een portaal. Het brugdek kan op zich dan weer een plaatvormige ligger, een kokerligger, of een balkrooster zijn, of bestaan uit prefabliggers. Portaalbruggen worden veel toegepast als korte aanbruggen voor beweegbare bruggen. Maar ook grote(re) bruggen zijn met een gedeeltelijke portaalwerking uitgevoerd.

PREFABLIGGERBRUG

Prefabliggers worden uitsluitend toegepast in voorgespannen beton en wel sinds ca. 1951. De liggers worden buiten het werk in een fabriek gestort en voorgespannen en daarna in het werk geplaatst. De balken worden ‘koud’ tegen elkaar aangebracht of met elkaar verbonden door middel van tussentorten van gewapend beton. Ook kunnen liggers met elkaar verbonden worden door een op de liggers aan te brengen plaat van gewapend beton. Soms worden ook dwarsdragers toegepast. In de beginjaren van de prefabricage werden de dwarsdragers hoofdzakelijk gebruikt om de verdeling van de verkeersbelasting over de liggers te verbeteren. Tegenwoordig worden dwarsdragers veelal alleen gebruikt voor het opnemen van een botsingsbelasting door te hoge voertuigen die onder de brug doorrijden.

Als doorsnedevormen worden onderscheiden:

- Het railprofiel
- Het omgekeerde railprofiel
- Het T-profiel
- Het omgekeerde T-profiel
- Het I-profiel

SPRINGWERKBRUG

Het kenmerk van een springwerkbrug is dat het rijdek ondersteund wordt door niet verticaal geplaatste tussenpijlers. Door de scheefstand van de kolommen ontstaat een horizontale krachtscomponent (spatkracht), vandaar de term 'springwerk'. Rijdek en pijlers worden in de regel uitgevoerd als monolitische constructie; in die zin kan het springwerk dan ook worden beschouwd als een bijzondere vorm van een portaalbrug.

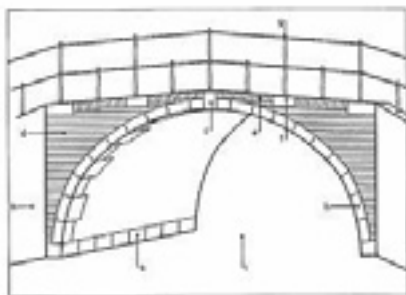
Springwerken zijn diverse keren toegepast als viaduct over rijkswegen. De constructievorm maakt het mogelijk om esthetisch fraai vormgegeven kunstwerken te ontwerpen.

TROGBRUG

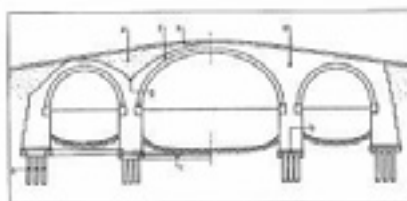
Het kenmerk van een trogbrug is, dat deze bestaat uit hoofdliggers waartussen een laaggelegen rijdek is geplaatst. Deze constructievorm maakt het mogelijk om een geringe effectieve constructiehoogte te realiseren. Onder effectieve constructiehoogte wordt in dit geval verstaan: de hoogte tussen de bovenkant van het wegdek c.q. het spoor en de onderkant van de brug/het viaduct. Met name voor spoorwegviaducten is de trogbrug om die reden een interessant brugtype, omdat zodoende de hoogte van de op- en afritten kan worden beperkt.

STENEN BRUGGEN

Voor bruggen waarbij steen als constructiemateriaal is gebruikt (dus niet alleen voor het uiterlijk), is één type van belang. Dit is de wellbrug. Hieronder zijn twee schetsen van mogelijke varianten opgenomen.



Wellbrug
Enkele overspanning



Wellbrug
Meerdere overspanningen

Colofon

Auteur Nederlandse
Bruggenstichting (NBS)
Uitgave Rijksdienst voor
de Monumentenzorg,
Zeist 2006
Basisontwerp B@seline,
Utrecht