

## Geluidsoverlast noopt tot maatregelen



*Ten noorden van station Muiderpoort liggen sinds 1930 twee stalen spoorbruggen over het Lozingskanaal en de Nieuwe Vaart van veertig meter lengte en twintig meter breedte die een donderend geluid produceren als de trein langskwam.*



### Omkasting van twee spoorbruggen in Amsterdam

R.C. Muchall, OMEGAM, P. Kaskens, GEAM,  
J.v.d. Bosch, T&E, D. van Schaik, E&C,  
G. Boonzaier, Boonzaier

*Dat werd, mede doordat het treinverkeer steeds drukker werd, buurtbewoners dermate te gortig, dat zij in 1993 van de overheid maatregelen eisten. Een hiervoor opgerichte actiegroep dreigde met harde acties. Hier kwam nog bij dat het nabijgelegen terrein van Van Gend en Loos, eigendom van NS Vastgoed, niet als woninglocatie kon worden ontwikkeld, omdat de maximaal toelaatbare geluidsbelasting van 73 dB(A) op een groot deel van het terrein werd overschreden. Dit noopte de belanghebbende partijen, de Gemeente Amsterdam, NS vastgoed, het Ministerie VROM en de NS ertoe om te proberen het geluid te verminderen en een onderzoek te starten.*

De bruggen bestaan uit zes sporen: vier sporen op de zogenaamde hoge bruggen richting Utrecht en Weesp en twee sporen op de 1 m lager gelegen bruggen richting Weesp. De grootste lawaaiveroorzakers zijn de hoge bruggen.

De spoorbruggen zijn van het geklonken vollewand-ligger type met een hoogte van 1,6 m. Op de 'hoge-brug-bruggen' liggen vier sporen naast elkaar, waarbij elk spoor een aparte brugligger heeft. Het zijn dus in feite vier bruggen naast elkaar, waartussen roosterbordessen liggen. Deze bruggen rusten op stalen opleggingen. Op de brug over het Lozingskanaal liggen ook nog diverse wissels waardoor er tussen de bruggen nog een aantal extra liggers ligt. Deze wissels veroorzaken extra geluidsoverlast.

Een akoestisch onderzoek wees uit dat deze bruggen een zogenaamde brugtoeslag ten opzichte van een aarden baan, hadden van 15 en 14 dB(A) tegen een toeslag van 6 dB voor de lage bruggen.

Er werden enkele alternatieven bestudeerd zoals het vervangen van de bruggen door nieuwe betonnen exemplaren, het verlagen van de bestaande bruggen met een halve meter, vervolgens een stalen bak aan te brengen en hierin een ballastbed met ballastmat aan te brengen. Daarnaast werd gedacht aan het slap afveren van de spoorstaven en het ontdreunen van de staalconstructies en ten slotte op advies van Omegam een betonnen zelfdragende omkasting om het bruglichaam. De belangrijkste beoordelingscriteria waren: het akoestisch effect, de kosten, de buitengebruikstelling van het spoor, de invloed op de fundering en de onderhoudsaspecten.

De nieuwe brug en ballastbed vielen af door de veel hogere kosten en de verstoring van de treinloop. De afivering en ontdreuning zouden te weinig effect kunnen sorteren. Een zelfdragende omkasting bleek het beste alternatief.

Het eerste ontwerp bestond uit een omkasting van gasbetonplaten met een dikte van 300 mm, gevat in een stalen frame, gefundeerd met stalen buispalen. Vanwege de relatief hoge kosten van het stalen frame is bij het eerste voorontwerp overgestapt op een omkasting van standaard kanaalplaten, ondersteund door betonnen liggers van 1,9 m hoogte met een eigen paalfundering, die volledig zou worden los gehouden van de bestaande constructie, zodat geen trillingen van de stalen bruggen naar de omkasting konden worden doorgegeven.

Dit ontwerp werd echter afgekeurd, gezien de harde eis van de dienst waterbeheer van Amsterdam dat het zogenaamde 'doorstroomprofiel' in de lozingskanalen geen extra obstakels (palen) mocht bevatten.

Daarnaast bleek dat het aanbrengen van extra palen tussen de fundering van de hoge en lage bruggen problematisch was in verband met de minimaal vereiste afstand tot de bestaande palen. Die dwingende randvoorwaarden leidden er vervolgens toe, dat in een tweede voorontwerp voor een zelfdragende constructie een frame werd ontworpen, van landhoofd naar landhoofd, met een eigen paalfundering om daaraan de omkasting te kunnen ophangen. Omdat echter binnen de bestaande landhoofden geen ruimte meer voorhanden bleek te zijn om een extra paalfundering aan te leggen, moest deze voorbij de landhoofden en daardoor verder naar achter in het dijklichaam worden aangebracht. Het gevolg hiervan was dat de over-

spanning zodanig werd vergroot, dat de hieruit voortvloeiende extra hoogte van de draagconstructie uiteindelijk visueel onacceptabel werd geacht. Ook de hieruit voortvloeiende hoge kosten bleken een obstakel te zijn.

Uit een nadere studie bij het RIB bleek intussen dat de bestaande landhoofden en pijlers in staat bleken het extra gewicht van de omkastingen van ongeveer 400 ton te kunnen dragen.

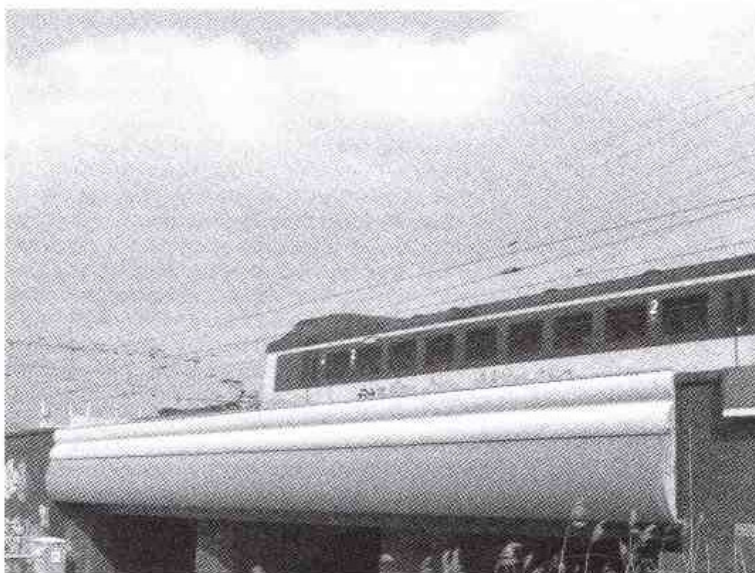
### De constructie

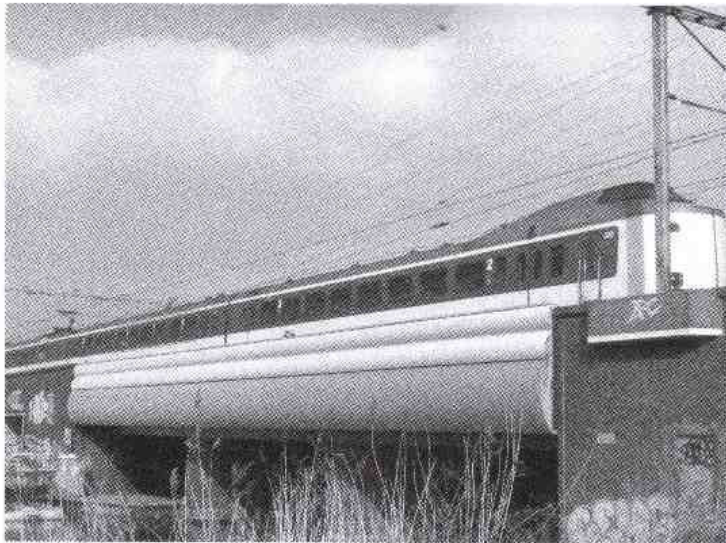
Het is uiteindelijk mogelijk gebleken een constructie te ontwerpen binnen de opgegeven maximaal toelaatbare belastingen. Uitgangspunt voor de geluidsisolatie is een massa van de ondervloer en zijwanden van de omkasting van 4 kN/m<sup>2</sup> en van de bovenafdichting van 0,50 kN/m<sup>2</sup>. De bovenkant van de ondervloer van de omkasting moest daarbij op circa 0,6 m onder de brugliggers worden aangebracht om een geregelde inspectie van die liggers mogelijk te maken. Voor de inspectie en veiligheid van de omkasting zelf, zijn er in de betonwanden meerdere sparingen aangebracht.

De betonnen vloer onder de bruggen is opgebouwd uit schuin gezaagde prefab kanaalplaat-elementen van VBI:

- Brug over de Nieuwe Vaart: vier-kanaalselementen met een constructie hoogte van 400 mm, een lengte van circa 16 m<sup>1</sup> en een eigen gewicht van circa 10 ton;
- Brug over het Lozingskanaal: zeven-kanaalselementen met een constructiehoogte van 280 mm, een lengte van circa 12 m<sup>1</sup> en een eigen gewicht van circa 5 ton.

In de bovenzijde van de elementen is extra wapening toegevoegd om de spanningen ten tijde van het inbrengen te kunnen opnemen. De maatvoering van de elementen is aan kleinere marges dan gebruikelijk gebonden, wegens het ophangen met roestvast stalen draadstangen aan de staalconstructie en de plaatsing onder een hoek tussen het metselwerk van landhoofd en pijler met een lengte tolerantie van circa 30 mm.





De draagconstructie van de ondervloer bestaat uit stalen UPE-profielen evenwijdig aan landhoofden en pijlers. Bij de pijlers worden deze langprofielen opgevangen door stalen dwarsprofielen, die tussen de brugondersteuning doorlopen naar de andere zijde. Zij worden met ankers in de pijlers vastgezet. Bij de landhoofden wordt hetzelfde principe gehanteerd. De dwarsprofielen stoppen echter hier en worden maar aan een zijde belast. Als gevolg van het gebruik van UPE-profielen met rechte flenzen hoeven geen wigvormige oplegblokken te worden gebruikt. Door de onderflens worden draadankers aangebracht, waaraan door sparringen in de kanaalplaatvloeren met daaronder een hoeklijn, de constructiedelen met moeren aan elkaar worden bevestigd. Per plaat worden vier draad-einden gebruikt.

Voor de zijwanden van de nieuwe brugomkasting is gekozen voor prefab betonplaten van 0,16 m dik die worden gestapeld op een grote stalen ligger. Deze wand is samengesteld uit prefab betonplaten met een eigen gewicht van ongeveer een ton. Voor de stabiliteit van de constructie en het opvangen van de windbelasting moest de bovenzijde van die zijwanden horizontaal worden gefixeerd. Omdat de zijwanden echter niet aan de brugliggers mochten worden doorverbonden in verband met de eerder genoemde trillingen, is er gekozen voor een horizontaal windverband met een dubbele functie. In verticale zin wordt dit windverband gebruikt als looppad langs de sporen en voor het ophangen van leidingkokers. Zo wordt verticaal afgesteund op landhoofden en pijlers. De staalconstructie wordt hiervoor met een stalen roostervloer afgedekt. Horizontaal wordt het windverband gebruikt voor de stabiliteit van de wanden en de windbelasting. Deze belasting kan alleen naar de landhoofden worden afgevoerd.

Een cruciaal element van de omkasting was het afdichten van de bovenzijde. Dit proces bestond uit het voortdurend zoeken naar een evenwichtig antwoord op de vraag: 'hoe breng ik vanaf de onderzijde een geluidwerende (zware), geluidsabsorberende (zachte), afdichting op een duurzame wijze aan tus-

sen het samenstel van staalprofielen met soms zeer beperkte tussenruimte (werkruimtes van 30 cm breed kwamen voor) die op meerdere plaatsen ten opzichte van elkaar bewegen in horizontale en verticale richting?

Er is gekozen voor een slap afgeveerd paneel van 40 mm cementgebonden houtvezelplaat die via een doorlopende trildemperstrip van Sylomer rust op een tussen de hoofdliggers aangebracht U-profiel. De platen moesten beperkt van afmeting zijn om ze door de bestaande constructie heen aan te kunnen brengen. Elk afdichtvlak van de brug is ingemeten en elk paneel in de werkplaats op maat aangevoerd, evenals elk onderdeel van de draagconstructie. Er zijn op de twee bruggen zo'n 1300 platen aangebracht. De onderlinge afdichting werd verzorgd door een soort messing en groef-profilering waartussen een cellenband werd aangebracht. De naad tussen de onderzijde van de bovenflens en de plaat werd opgevuld door een rubber U-profiel op de plaat te schroeven en daarin een zachtrubber buisprofiel van 40 mm diameter te leggen. Dit werd bij montage een paar millimeter aangedrukt om de vereiste geluidsisolatie te waarborgen. Aan de bovenzijde van de plaat moest een geluidsabsorberend materiaal worden aangebracht om een geluidsabsorptie gelijkwaardig aan een ballastbed te creëren. Er is uitgebreid gezocht naar een materiaal dat onder de zeer belastende omstandigheden (weersomstandigheden, UV-veroudering, roestdeeltjes, verontreinigingen uit de treinen, beloping et cetera) langdurig functioneel kon blijven en ook nog betaalbaar was. Uiteindelijk is gekozen voor onbehandeld steenwol met hoge persing. Dit materiaal is waterafstotend en vertoont na langdurige blootstelling wel een verweerd laagje van enkele mm, maar blijft voor de rest in tact.

De afdichting van de bovenzijde was dermate belangrijk dat voor aanvang van het definitief ontwerp geen risico mocht worden genomen en is een proef van enkele maanden uitgevoerd met verschillende varianten van ophanging.

#### Opleggingen en verankeringen

De stalen ophangconstructie is op de landhoofden en pijlers opgelegd op gewapend betonnen opstortingen en verankerd met thermisch verzinkte draadstangen, die zijn ingelijmd met een krimparme cementgebonden gietmortel. De ankerlengte is zodanig gekozen, dat voldoende verankering in het onder de metselwerkschil aanwezige gewapend beton gegarandeerd is. Op de plaatsen waar dwarskrachten op de stoelen inwerken, met name bij de opleggingen en buffers van de voetbruggen, is het metselwerk verwijderd en vervangen door gewapend, krimparm beton.

Om de risico's van geluidsafstraling door de omkasting ten gevolge van de trillingen van de pijlers te beperken moesten alle opleggingen van de omkasting worden voorzien van rubberen trillingdempers. Deze rusten op teflon glijplaten die nodig waren om de thermische uitzetting van de bruggen op te vangen. Binnenin de omkasting is het geluidsniveau, dat door de trillende brugliggers werd gecreëerd, beperkt door het aanbrengen van geluidsabsorberende materialen in de vorm van coulissen van steenwol die tussen de brugliggers aan staalkabels zijn ophangen.

### Afdichtingen

Naast de afdichtingen van de bovenplaten tegen de flenzen van de hoofdliggers bleven er nog vele soorten afdichtingen over. Bijvoorbeeld een manier om het regenwater te kunnen afvoeren. Er is bewust voor gekozen om het regenwater niet op te vangen en via regenpijpen te lozen omdat dat problemen zou geven met de milieuregelgeving ten aanzien van het lozen van 'verontreinigd' water. Het bovendeck is op afschot gelegd, zodanig dat het regenwater richting pijler stroomt en daar via een spleet, die voorzien is van een soort suskastconstructie door de kast, langs de pijlerwand, weer via een spleet in de vloer met suskast constructie, naar het onderliggende kanaal kan worden afgevoerd. Omdat de constructie erg veel onverwachte oplossingen nodig maakte, is een aantal detailleringen tijdens de bouw nader ontwikkeld in samenwerking met een aannemer met veel ervaring. Een dergelijke aannemer was voor dit werk onontbeerlijk.

### Montage

Een bijzonder aspect aan dit project is de wijze van montage.

De hoofdlijn was: alle werkzaamheden in principe van onderaf uitvoeren zonder veiligheidsrisico's van het werken op het spoor en zonder verstoring van de treinloop. De montagevolgorde was: de verankering aan de pijlers - de staalconstructie - vloerplaten - zijwanden - voetpaden met geluidsscherm - bovenplaten - afdichtingen en achteraf verwijderen brandplaten.

Het plaatsen van de stalen oplegstoelen en frameconstructie zijn uitgevoerd vanaf het water door middel van een kraanschip. Om dit kraanschip ter plaatse te krijgen, moest de stuurhut gedeeltelijk worden gedomonteerd in verband met de lage doorvaart van de naastgelegen spoorbruggen. Verder zijn er een aantal koppelbare pontons aangevoerd. Deze zijn in diverse samenstellingen te koppelen zodat ze voor alle voorkomende werkzaamheden inzetbaar zijn. De stalen oplegstoelen moesten van onderaf tussen de bestaande brugopleggingen geplaatst worden waarbij er zeer weinig ruimte beschikbaar was. Aan de oplegstoelen zijn framebalken gehangen waaraan weer de betonnen vloerplaten zijn opgehangen. De stalen hoofdliggers die langs de bruggen op de geplaatste stoelen gemonteerd zijn, zijn met een dekschuit ingevaren en door middel van luchtlieren omhoog gehesen. Aan deze liggers zijn aan de buitenzijde tijdelijke werkbordessen gehangen, zodat er over de gehele lengte en aan beide zijden van de bruggen een looppad aanwezig was. Gezien de geringe overblijvende ruimte tussen brug en betonenvloer is afgezien van het inhijzen van de elementen met takels vanuit de brug. Vanwege het ontbreken van opslagmogelijkheid, zijn de elementen per stuk, direct vanaf de wagen, met behulp van een telekraan op het genoemde frame gelegd en ingevaren. Om de platen onder de brug te brengen is gekozen voor een speciaal aangemaakt frame, instelbaar op de hoogte van de brug en met de mogelijkheid voor het plaatsen van hydraulische vijzels. Dit frame is geplaatst op een drijvend platform, samengesteld uit koppelpontons, waarvan de afmetingen zijn aangepast aan de onderhavige brug. Voor de aandrijving en besturing van het platform kon worden volstaan met aan weerszijden geplaatste buitenboordmotoren, wat de mogelijkheid bood de elementen

met een marge van slechts enkele centimeters, beheerst in te varen. Een onvoorziene factor hierbij was het feit dat passerende schepen in het Amsterdam-Rijnkanaal (op zo'n twee kilometer afstand!), een wateropstuwing van circa 7 cm veroorzaakten, zodat de vijzelhoogte voortdurend moest worden aangepast om schade ten gevolge van spanningen in de betonelementen te voorkomen.

De zijwanden zijn aangevoerd via wegtransport en overgeladen op een ponton. Vervolgens is dit ponton onder de brug gevaren, waarna door middel van luchtlieren de liggers zijn ingebracht. Dit was een zeer arbeidsintensieve klus, omdat de ligger strak tegen de onderzijde van het bestaande voetpad moest worden gemonteerd en bovendien moest de ligger als het ware 'in' de inkassing van het landhoofd worden gestoken. Er was dus geen ruimte voor de lieren onder de brug. Deze moesten in een hulpframe boven op het oude voetpad worden geplaatst, zodat er extra hijzhoogte ontstond. Vanwege het al eerder genoemde bovenliggende voetpad, wat inhijzen uitsloot, is een hulpstuk op een mobiele graafmachine ontwikkeld om de betonelementen vanaf een ponton tot vlak onder het voetpad tussen de flenzen van verticale HE-profielen te manoeuvreren. Na plaatsing van de elementen is de overblijvende ruimte in de HE-profielen aangegoten met een gietmortel.

Na montage van de vakwerkliggers, kon het oude voetpad worden verwijderd. Dit is gedaan met behulp van twee atlaskranen vanaf het spoor, waarbij de oude secties werden opgepakt en afgevoerd. Direct hier achteraan zijn op dezelfde wijze de nieuwe roosters geplaatst. Dit was de enige methode omdat dit niet van onderaf kon en in hijsen tijdens treinloop onmogelijk was. Langs het roosterbordes zijn geluidsabsorberende panelen geplaatst. Deze dienen tevens als leuning.

### Vormgeving

Voor de architectonische vormgeving is een belangrijke rol weggelegd voor een actiecomité van bewoners van de buurt het collectief 'ZEEB'. In het kader van budgettaire ruimte voor kunstuiting van dit project heeft ZEEB het ontwerp en uitvoering mogen verzorgen van de kunstzinnige afwerking van de omkastingen. Het is uitgevoerd in een gebogen stalen bovenscherm en een bol geperforeerd grijsgroen onderscherm. De abstracte vorm geeft een vrouwelijke tors weer.

### Akoestische resultaten.

Na montage zijn geluidsmetingen uitgevoerd naar de gerealiseerde geluidsreductie. De brugtoeslag van de nieuwe Vaart was gereduceerd van 15 naar 2 en de brugkast van het Lozingskanaal van 14 naar 4. Binnen de kast heerst een geluidsniveau van circa 105 dB(A) tijdens treinpassage. De afdichting van de bovenzijde bleek redelijk goed te zijn: een praktijkisolatiewaarde van circa 32 dB(A) tegen 36 dB(A) laboratoriumwaarde. De rammelende brandplaten waren bij de meting nog niet verwijderd. Als dit ook is gebeurd wordt een toeslag van rond de nul verwacht, zodat dan de akoestische gevolgen van deze stalen bruggen geheel zijn geëlimineerd. De buurtbewoners en het actiecomité zijn met het resultaat zeer gelukkig evenals de NS Vastgoed en de gemeente. Er kan van een geslaagd project worden gesproken. ■

### Spoorbrugomkasting

#### Projectgegevens

Gewicht omkasting: 400 ton per stuk waarin : 126 ton staal.  
65 kanaalplaten van 5 en 10 ton.  
Oppervlakte: 2 x 800 m<sup>2</sup> bedekt met circa 1300 platen en 1350 m kierdichting.  
Kosten: 2,7 mln. euro.  
Financiering: Gemeente Amsterdam: 31%, NS vastgoed: 23%, VROM: 46%

#### Projectorganisatie

Financiers: Amsterdam, NS vastgoed, VROM  
Opdrachtgever: Stadsdeel Amsterdam Centrum  
Projectmanagement: Prorail Projecten Amsterdam  
Directievoering en ontwerp: GEAM Driemen  
Constructeur bovenafdichting: T&E consult Maarssen  
Hoofdaannemer en staalconstructies: T&C Maarssen  
Civiele+ bouwkundig aannemer: Boonzaier Loosdrecht  
Kunstuiting en Vormgeving: collectief ZEEB  
Akoestisch adviseur: OMEGAM Amsterdam