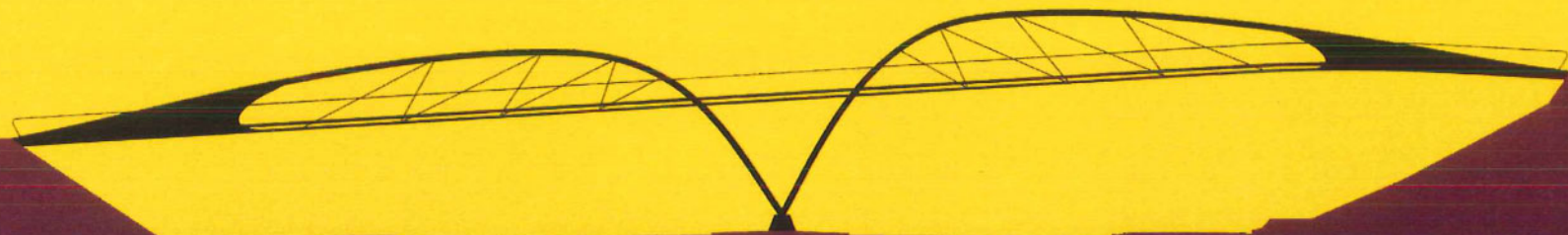


D U I N E N B R U G

N e y & P a r t n e r s

M a a r t 2 0 0 5



# I N H O U D

## I. INTRODUCTIE

## II. ONTWERP

### ANALYSE

Bestaande situatie

Inplanting

Aansluiting op verkeersstromen

### KUNSTWERK

Statisch principe

Formfinding

Detaillering

## PLANNEN EN BEELDEN

Modelisatie

Landschappelijke impact

## III. ORGANISATIE & BUDGET

AANPAK EN METHODOLOGIE

RAMING EN BUDGETBEHEERSING

COLOFON

# I. INTRODUCTIE

De lijnrechte strip van duinen en polders, infrastructuurwegen en caravans, ecologie en toerisme, uitgestrekt van Blankenberge tot Wenduine, vormt een passage-landschap. Het monotone ritme van het verkeer op de Koninklijke baan, het verloop van toeristische stromen op de campings, de trage natuurlijke evolutie van duinen en polders. Het is een landschap met honderden gebruikers, maar zonder vaste bewoners. En in een passage-landschap wil ons ontwerp een oversteekplaats realiseren die een centraal referentiepunt betekent.

Veiligheid, panorama, architecturale kwaliteit en ecologie. De trefwoorden van de projectbrief formuleren eisen voor de verschillende factoren in de omgeving van de brug : Toeristen, fietsers, automobilisten en ecologie. In de huidige situatie zijn deze gebruikers verspreid over de lange strip, wat aanleiding geeft tot onveilige of ongewenste confrontaties. De realisatie van een brug wil deze actuele oversteekplaatsen bundelen op een enkele plek. Precies om deze ambitie te vervullen is het cruciaal dat de brug meer is dan louter een oversteekplaats : de oversteekplaats dient te worden opgeladen met de potenties van een publiek plein.

Het ontwerp voor een brug dat Ney & Partners in dit document voorstelt, is bedacht als een oversteekplaats, een landschappelijke baken en een publieke plek. Net zoals de vraagstelling in de projectbrief, zijn wij ervan overtuigd dat een burgerlijk kunstwerk veel meer kan zijn dan de loutere oplossing van technische problemen. Door de integratie van landschap, architectuur en ingenieurskunst kunnen bruggen uitgroeien tot een betekenisvolle publieke plek in een landschap waar men normaal gezien zo snel mogelijk passeert. De ervaring die wij de afgelopen jaren hebben opgebouwd in het ontwerp en de realisatie van voetgangersbruggen staat daarbij garant voor een aanpak die tegelijk pragmatisch en architecturaal is.

Het ontwerp van een Duinenbrug tussen Blankenberge en Wenduine vertrekt dan ook vanuit een implantings-analyse, die direct uitmondt in een statisch principe. Dit wordt nadien uitgepuurd om met een minimum aan materialen een baken in het landschap te realiseren.

## II. ONTWERP

### ANALYSE

Bestaande situatie

Inplanting

Aansluiting op verkeersstromen

### KUNSTWERK

Statica

Formfinding

Detaillering

### PLANNEN EN BEELDEN

Modelisatie

Landschappelijke impact

### STEDENBOUWKUNDIGE RANDVOORWAARDEN



## BESTAANDE SITUATIE

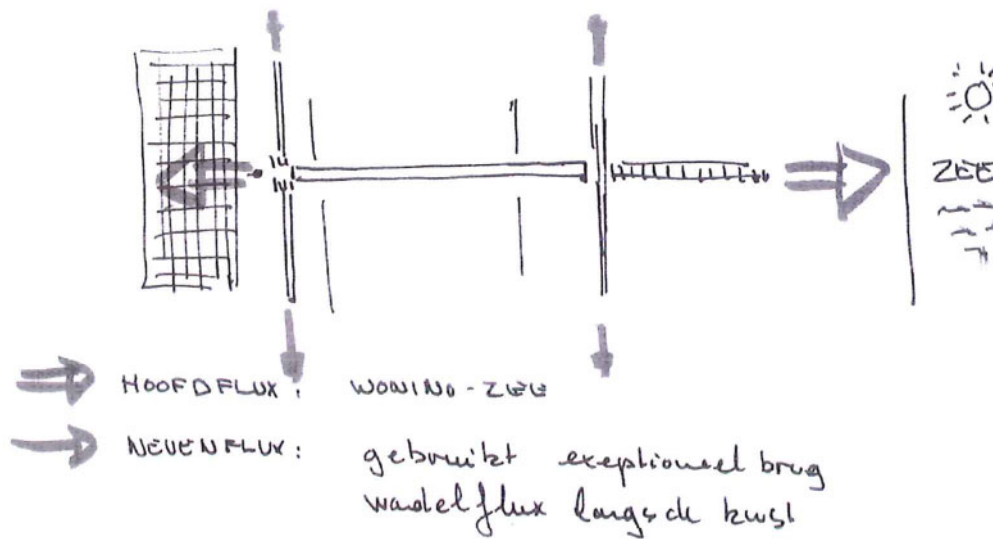
De brug wordt geprojecteerd aan een ingang van de vakantiekolonie, op de plek waar nu een zebra-pad de drukke kustlaan en tramlijn oversteekt om dan toegang te geven tot een trap die over de duinen naar het strand voert.

## INPLANTING



### Sandwich-profiel

Polder, vakantie-verkaveling, groenstrook, kunstlaan, tramlijn, duinen, strand, zee. Het profiel van de interventiezone vormt een type-snede die doorloopt over de 1.9 kilometer tussen Blankenberge en Wenduine. In deze zone liggen enkele dwarse oversteekplaatsen, al dan niet aangeduid met zebra-paden. Voetgangers of fietsers moeten er telkens opnieuw het zware wegverkeer en de tramlijnen kruisen.



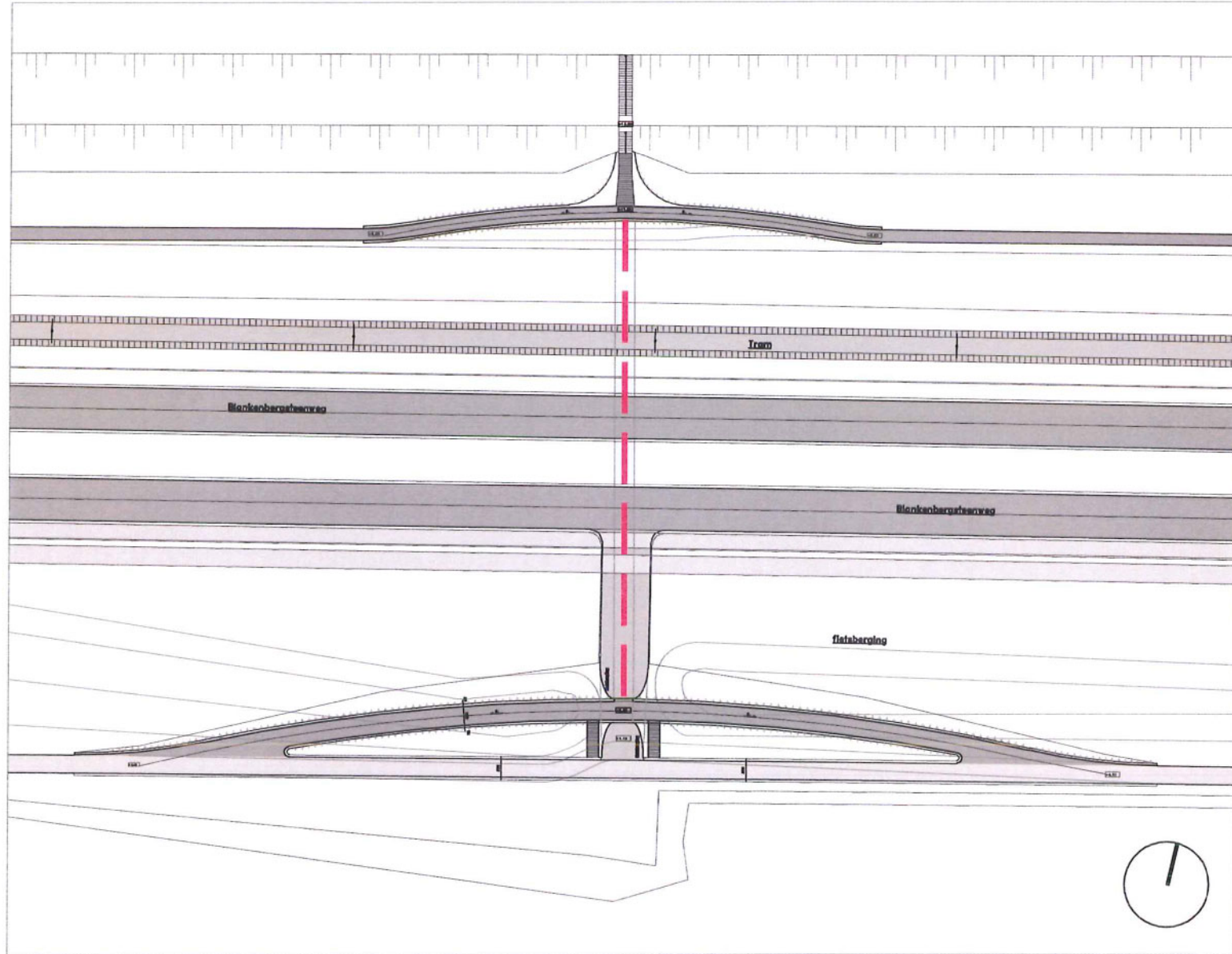
### Centrale oversteekplaats

De realisatie van een nieuwe brug creëert een alternatief voor de onveilige situatie. De passerelle staat loodrecht op het huidige wegprofiel en zorgt voor een directe verbinding tussen de vakantiewoningen en de zee. De oversteekplaatsen die nu verspreid liggen worden ontmoedigd, waardoor de brug dienst doet als gebundelde drager van de hoofdflex WONING-ZEE.

Aan beide uiteinden van het kunstwerk komt dan een aansluiting op bestaande wandel- en fietspaden. Voor het doorgaand verkeer op deze paden, de nevenflux, betekent de brug niet zozeer een oversteekplaats, maar een centraal punt met panorama, informatie en fietsenstallingen.



Duinenbrug : een direct pad tussen zee en vakantiewoningen



Inplanting - schaal 1/1000





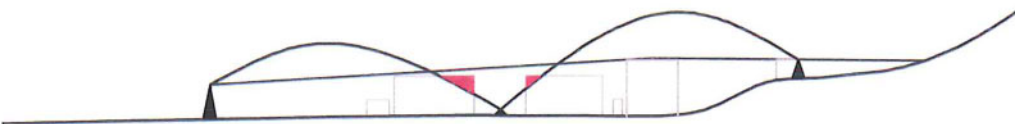
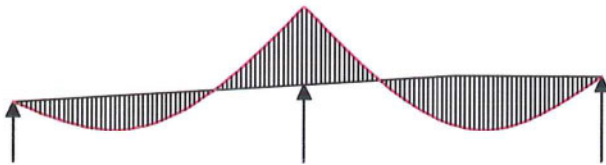
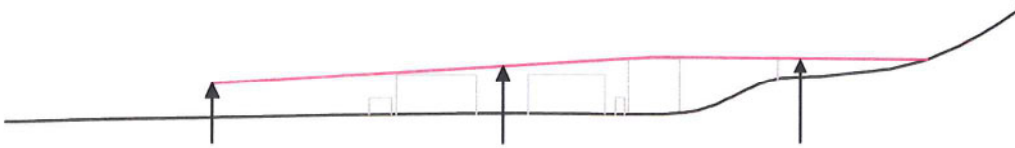
Inplanting - schaal 1/500

## STATISCH PRINCIPE

Eenmaal het verloop van de brug bepaald is, kan dit omgezet worden in statische randvoorwaarden die de geometrie van de brug zullen bepalen.

Er wordt gekozen voor een systeem met drie steunpunten :

1. Een steunpunt op de heraangelegde taluds voor de vakantiewoningen
2. Een steunpunt in het midden van de overspanning, op de middenstrook van de kustlaan.
3. Een steunpunt in de duinen, op het vals plateau aan de landzijde.

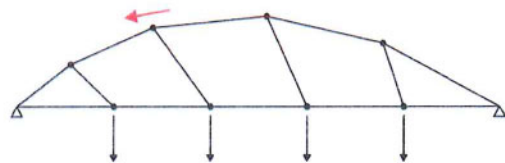
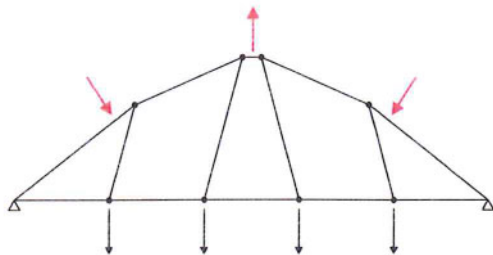
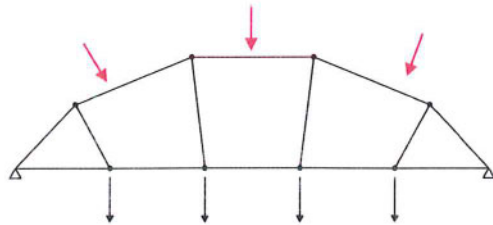
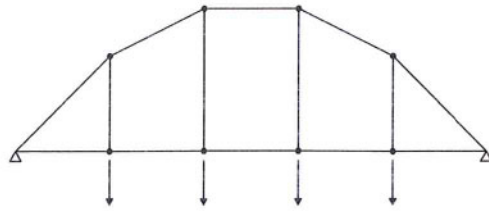


Op die manier ontstaat een structuur met twee gelijke overspanningen van 34m waarover een continue ligger loopt. Dit statisch systeem leidt tot een momentenlijn met twee veldmomenten en een groot steunpuntsmoment in het midden. De structuur werkt optimaal indien de geometrie dit verloop volgt.

Er wordt gekozen voor een structuur die overeenstemt met de omgekeerde momentenlijn : een dubbele boog die samenkomt in één enkel steunpunt.

Het structurele profiel dat zo ontstaat is weliswaar aangepast aan de overspanningen, maar snijdt doorheen het gabriet van de rijbaan. Verdere optimalisatie van de structuur is noodzakelijk.

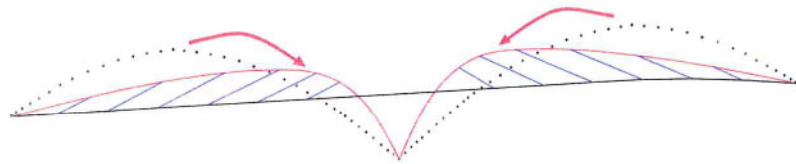
## FORM FINDING



De structurele geometrie met de dubbele boog, werd geoptimaliseerd een Form-Finding Proces, op basis van de Force-Density Method (FDM). Deze berekeningswijze is erop gericht een geometrie te bepalen waar elementen enkel op trek of op druk belast worden, en dus maximaal rendabel werken. Op basis van de randvoorwaarden van het systeem (statisch evenwicht, bogen onder druk, kabels enkel onder trek, gabariet van de tram, ...) werden verschillende vormalternatieven onderzocht. Op basis van de opgegeven randvoorwaarden bepaald de berekeningsmethode dan zelf de vorm van een vakwerkstructuur, in functie van één enkele parameter per element : de Force Density of de verhouding van de normaalkracht over de lengte van de staaf.

Het gestelde probleem heeft niet één enkele oplossing, maar tientallen alternatieven. Een iteratieve methode is nodig om de verschillende mogelijkheden te beoordelen. In een eerste stap wordt de klassieke boogvorm zelf bekomen (schema 1). Deze vorm wijzigt dan door de vereiste geometrie van de boog: de ophangkabels krijgen een schuin verloop (schema 2 & schema 3)

De beschouwing van de reële situatie die niet symmetrisch is, leidt tot een boogvorm die zich vervormt naar de gestelde asymmetrie.



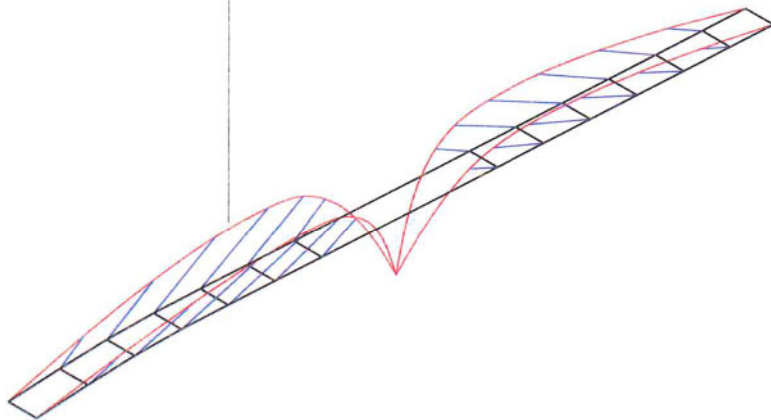
De draagstructuur die zo ontstaat is analoog aan een klassieke bowstring brug. De boog, waarvan de geometrie bepaald wordt door de voorwaarden van de site, werkt uitsluitend op druk. De krachten worden afgeleid naar het centrale steunpunt en naar de uiteindes.

De trekkabels worden getrokken. De helling van deze is eveneens bepaald door het Form-Finding Proces.



Een ruimtelijke figuur toont het eindresultaat van deze Form-Finding. De verschillende bogen staan nu ook schuin ten opzicht van de verticale, waardoor het centrale steunpunt een bijeenkomst vormt van 4 bogen.

Lijn in de ruimte = resultaat van Form Finding Proces



De uiteindelijk bekomen geometrie van het bouwkundig kunstwerk is ontwikkeld door de keuze van een zeer beperkt aantal randvoorwaarden. De enige formele keuze die daarbij gehanteerd werd is de optie om de vier bogen in 1 centraal te laten uitkomen.

## STATISCHE BEREKENING

SAMCEF-BACON: D:\SamWork\wenduine\_8 MAR 17 2005 11:15:49

Nodal displacements (DX,DY,DZ) : Z-displacements

Load case 1

Poten. energy 0.2932E05

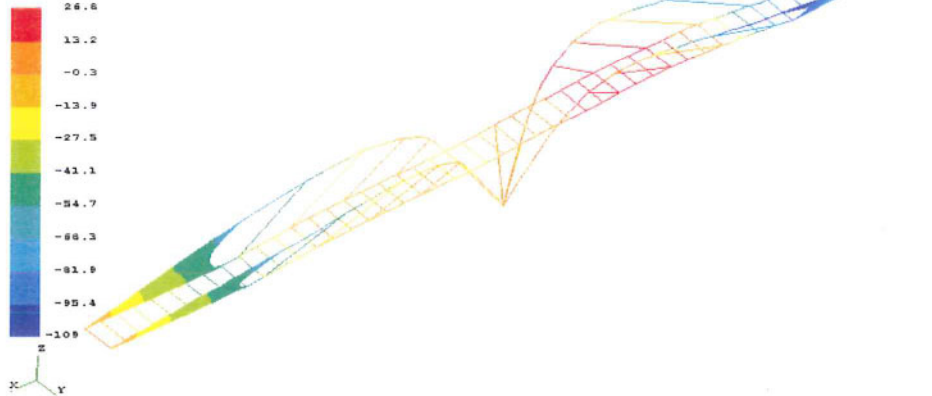
Geometric scale

10.

Numerical scale 1/3.428057

Deformation scale: 10.00

VALUE = 1.E -3



Op basis van de ruimtelijke geometrie kunnen dan statische berekeningen gebeuren op de gevonden draagstructuur. Deze bepalen de diverse doorsneden van de brug, bepalen het gedrag van de brug en brengen bovendien bijkomende structurele aanpassingen aan.

In eerste instantie is een aanpassing vereist aan de twee uiteindes van de brug. Om een eenvoudige uitvoering te garanderen worden de trekstangen hier te klein. Daarom worden de scherpe hoek tussen boog en brugdek ingevuld met een staalplaat die beide elementen verbindt. Deze ingreep reduceert ook de vervorming van het brugdek op beide bogen. Door beide uiteindes in te klemmen op de landhoofden wordt de maximale verticale doorbuiging verder gereduceerd tot 65 mm, terwijl de norm 70 mm toelaat.

SAMCEF-BACON: wenduine\_112 MAR 17 2005 17:33:38

Nodal displacements (DX,DY,DZ) : Z-displacements

Vibration mode 9

Freq. 2.1971

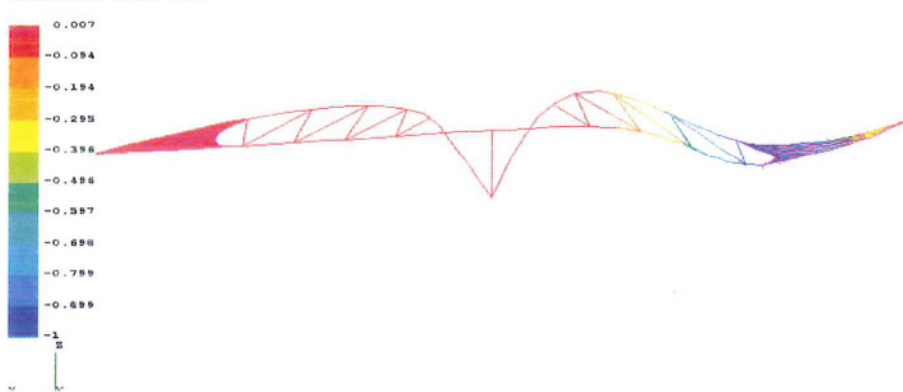
Gen. mass 0.2218E05

Geometric scale

10.

Numerical scale 1/4.503806

Deformation scale: 5.00



Ten slotte blijkt de eigenfrequentie van de bekomen geometrie onvoldoende te zijn. Om deze te verhogen worden bijkomende trekstaven aangebracht die de al aanwezige staven met elkaar verbinden en zo een vakwerkstructuur maken. De eigenfrequentie die met deze ingreep bekomen wordt bedraagt 2,2 Hertz, waardoor de structuur voldoet aan alle stabiliteitsvoorwaarden volgens NBN B52.001(1995).

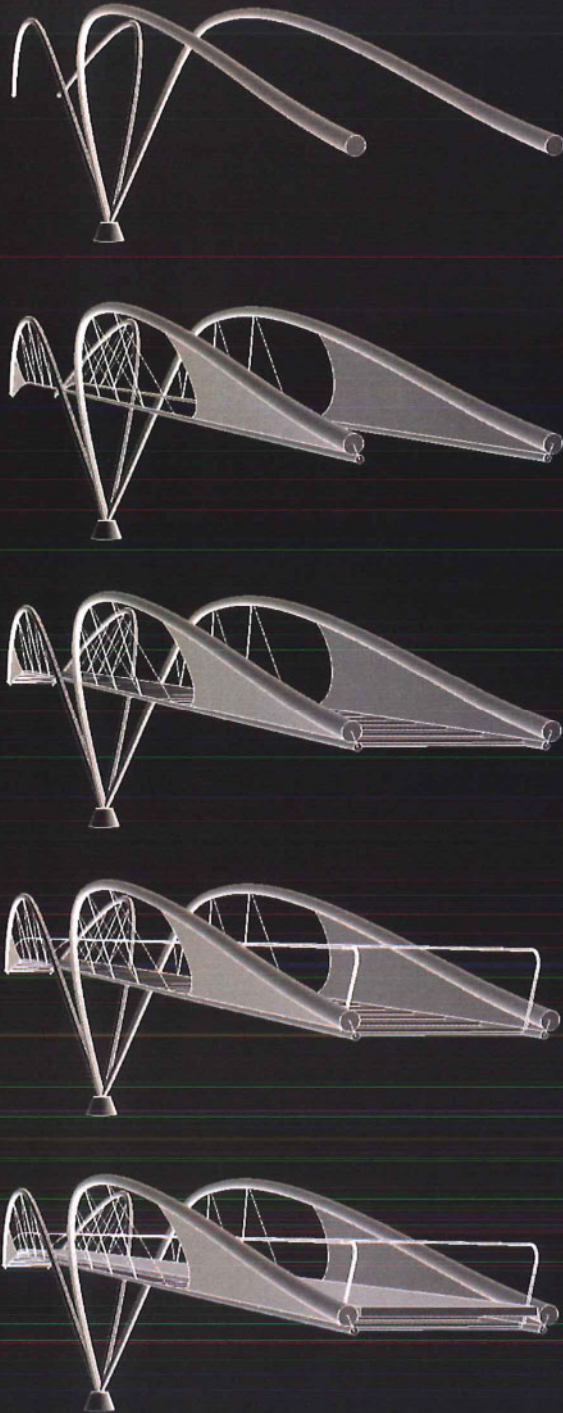
## DETAILLERING

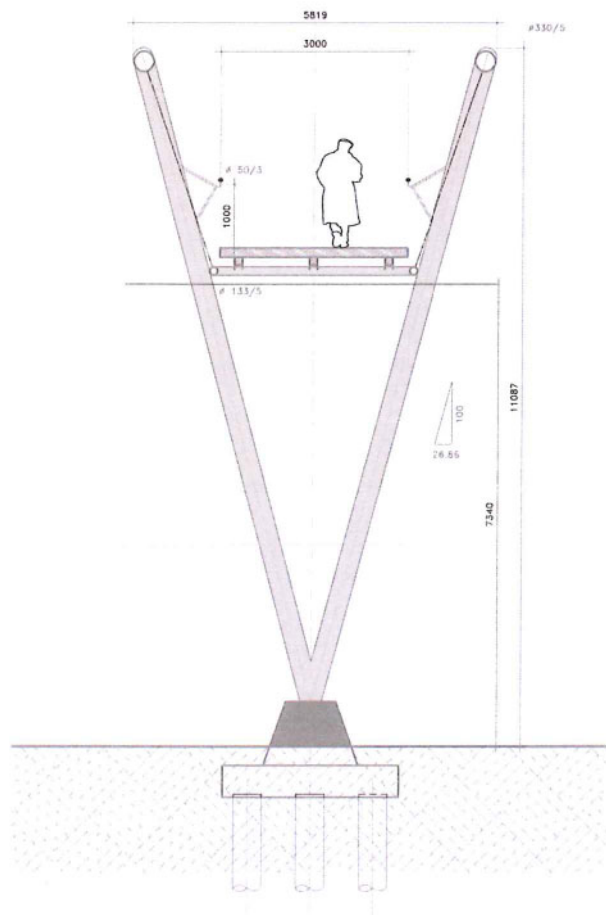
### Brugstructuur

De brug bestaat grotendeels uit staal van kwaliteit S355. Deze keuze garandeert een lichte, economische structuur en een goede duurzaamheid van het geheel. De bogen worden gerealiseerd uit een buissectie diameter 324 mm. De rest van de constructie bestaat eveneens uit buisprofielen. Het geheel is afgewerkt in een lichtgrijze metaalkleur.

### Brugdek

Het brugdek zelf bestaat volledig uit hout. De eerste hoofdreden voor deze keuze is de homogeniteit van materialen die dit oplevert met de bestaande trappen en paden die de duinen doorkruisen. Hetzelfde type planken wordt doorgetrokken over de brug. De tweede reden is pragmatischer van aard : dit materiaal garandeert een directe afvoer van het zand meegebracht door de strandlopers. De duurzaamheid van de constructie vereist dat dit hout na verloop van tijd vervangen wordt. Het gebruik van hout met FSC-label is absoluut noodzakelijk. De details van de constructie zijn zo ontworpen dat een vervanging eenvoudig uit te voeren is van op de brug zelf.





### Balustrade

Hier is geopteerd voor een scheiding van de twee klassieke functies van een balustrade : valbescherming en leuning. De valbescherming wordt verzekerd door een inox-net dat tussen de bogen aangebracht wordt. Deze verhindert ook eventueel vandalisme ten opzichte van de bovenleidingen van de tramlijn. De hand-rail bestaat uit een smalle inox buis die over de volle lengte van de brug loopt en zijdelings bevestigd is op de bogen en trekstangen.

### Verlichting

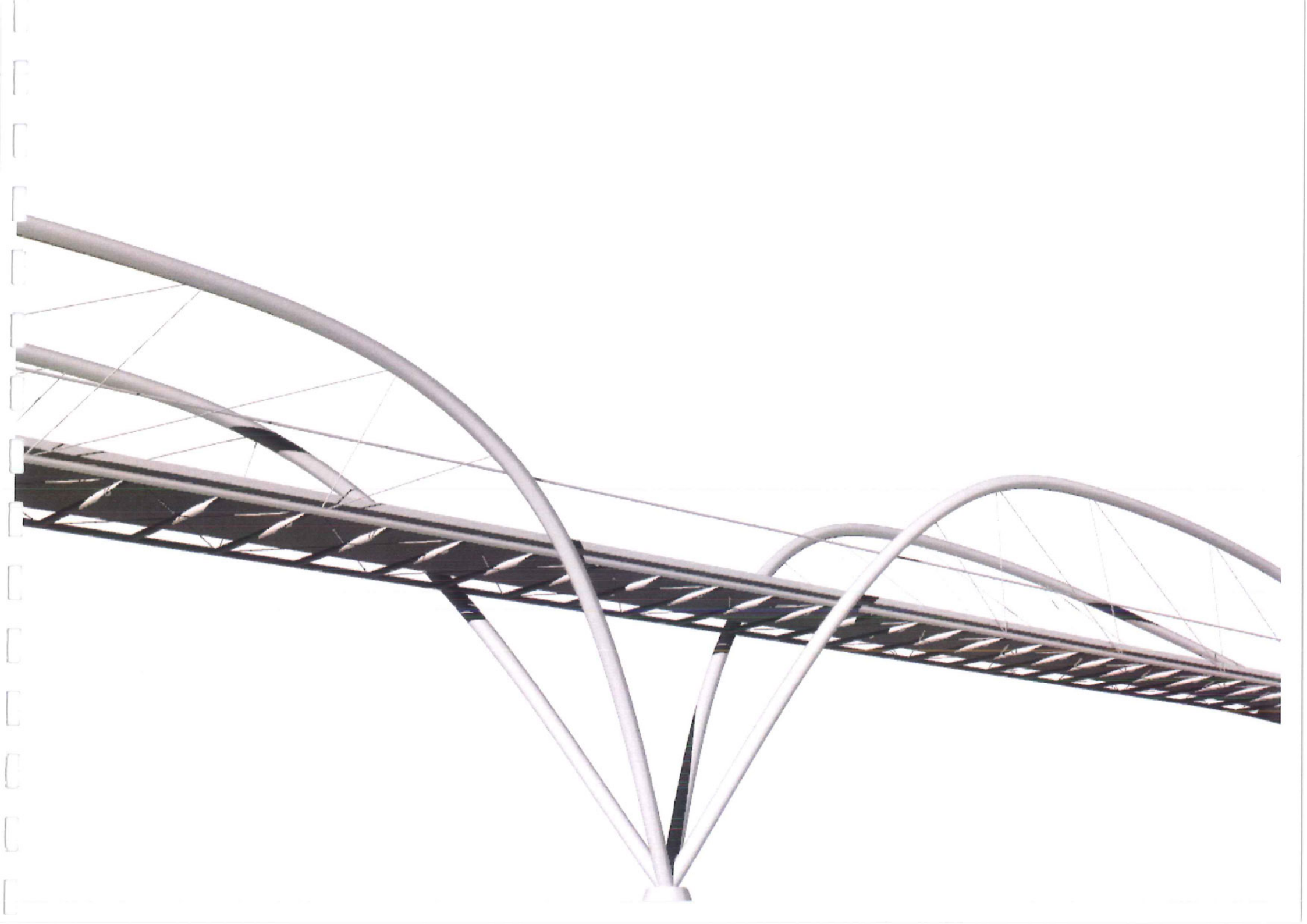
Op dit moment voorzien wij geen kunstmatige verlichting van het kunstwerk. Het gaat immers om een structuur die vooral gebruikt zal worden op zonnige dagen. Indien dit absoluut vereist is, kan natuurlijk een verlichtingsstudie opgezet worden.

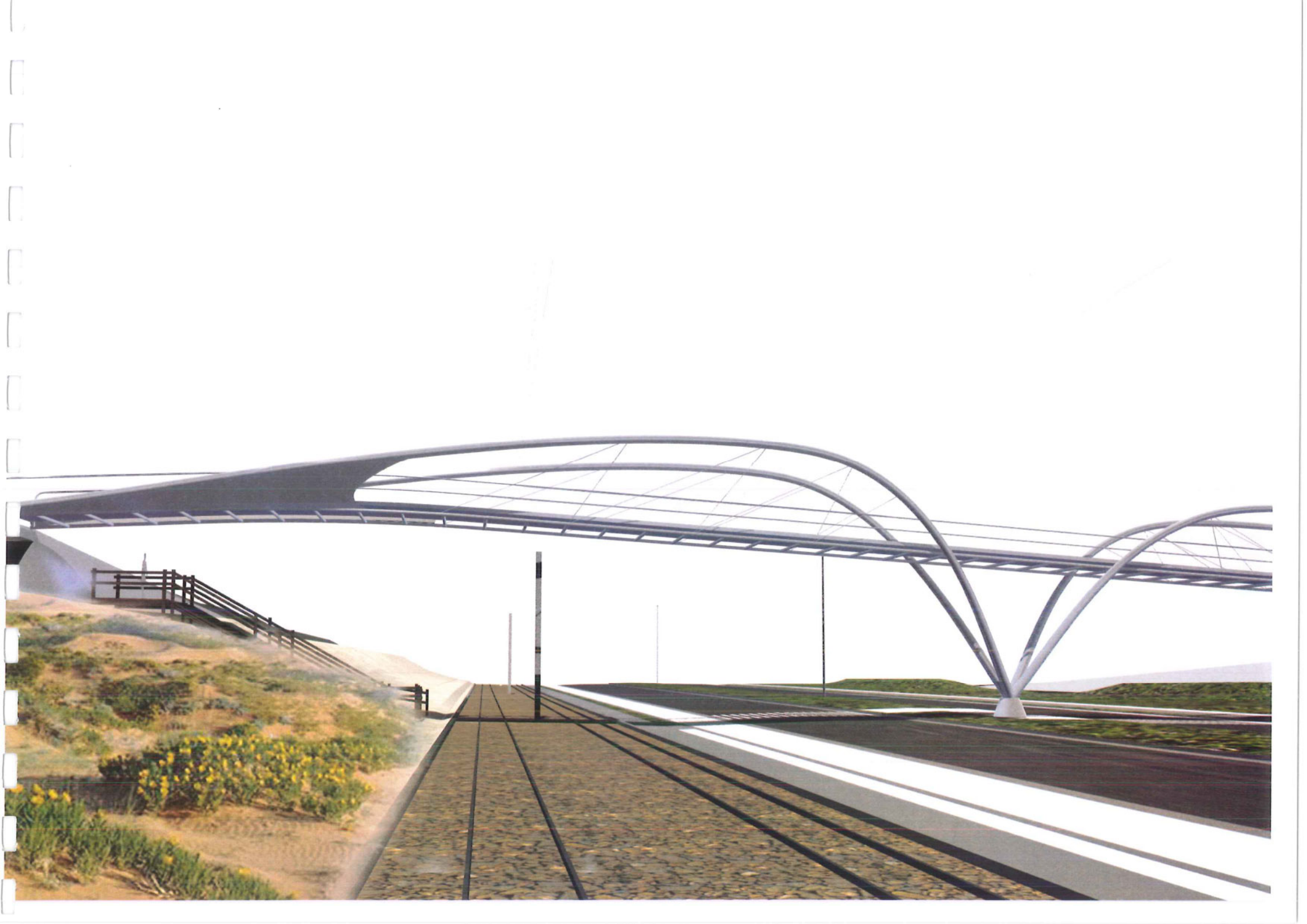
### Landhoofden

De landhoofden zijn gerealiseerd in grijs beton C30/37.

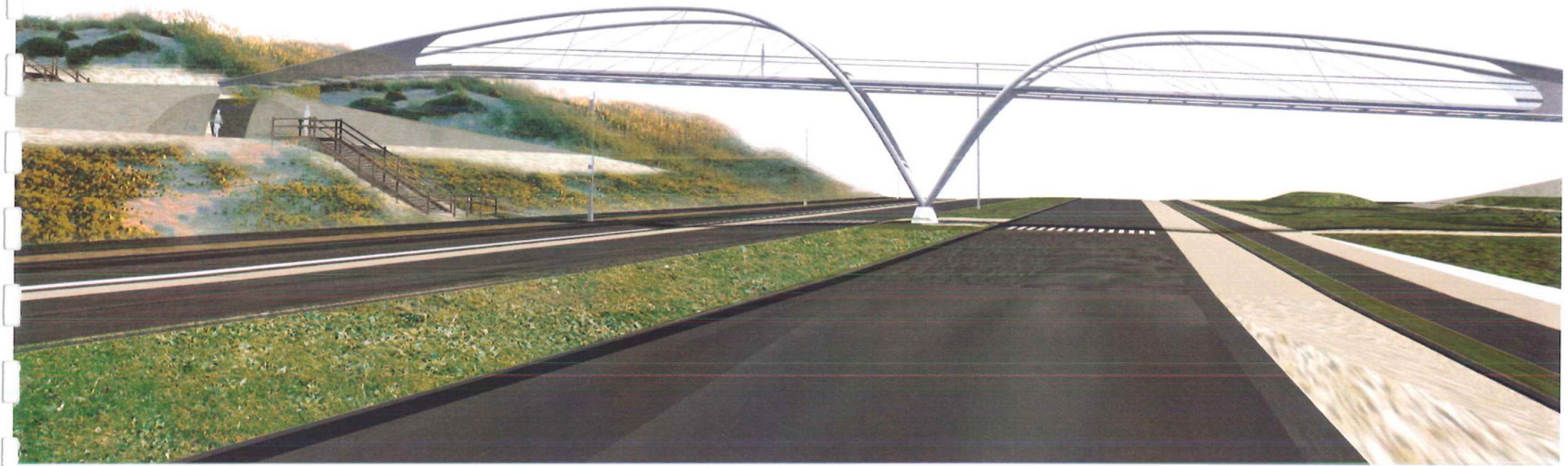




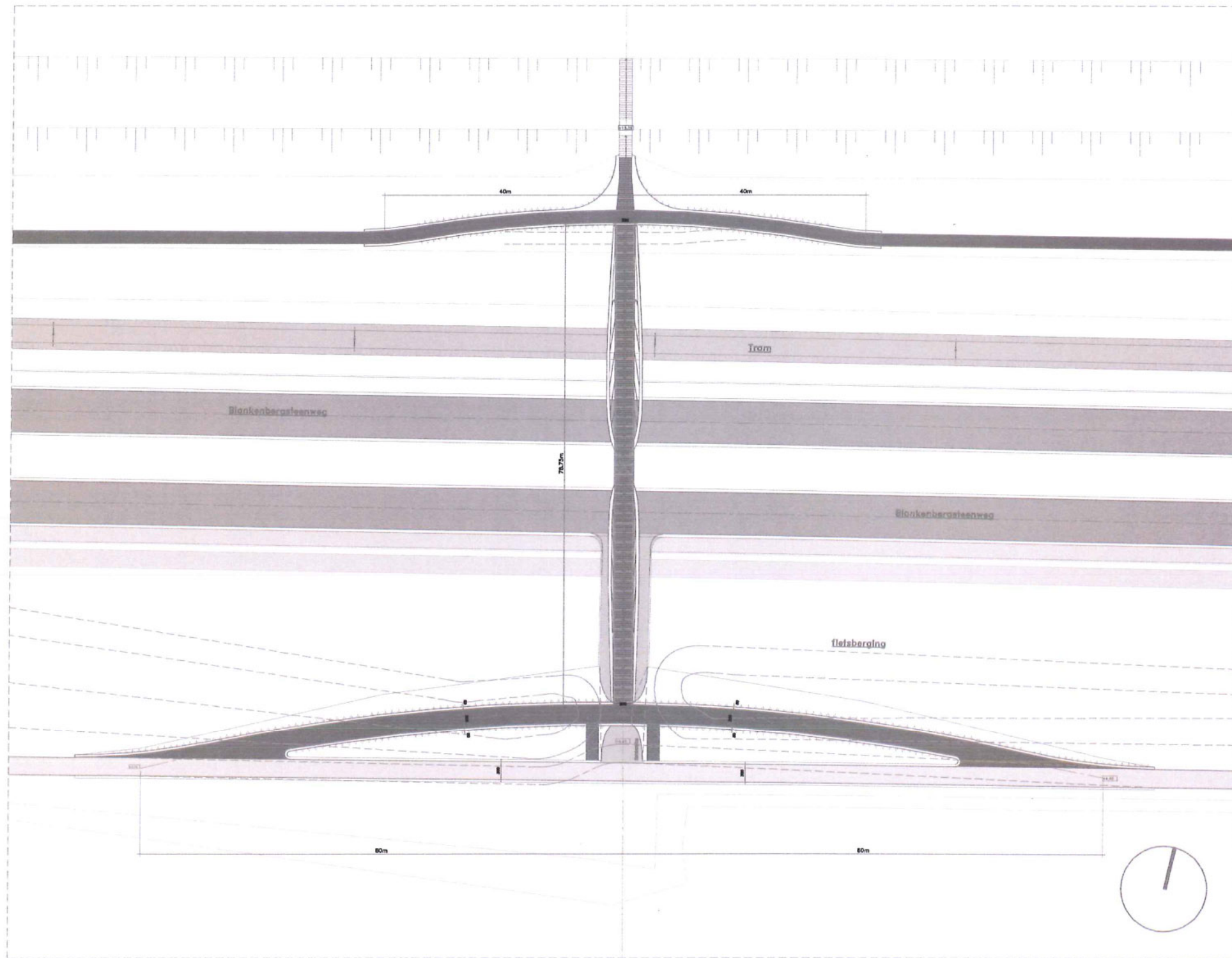


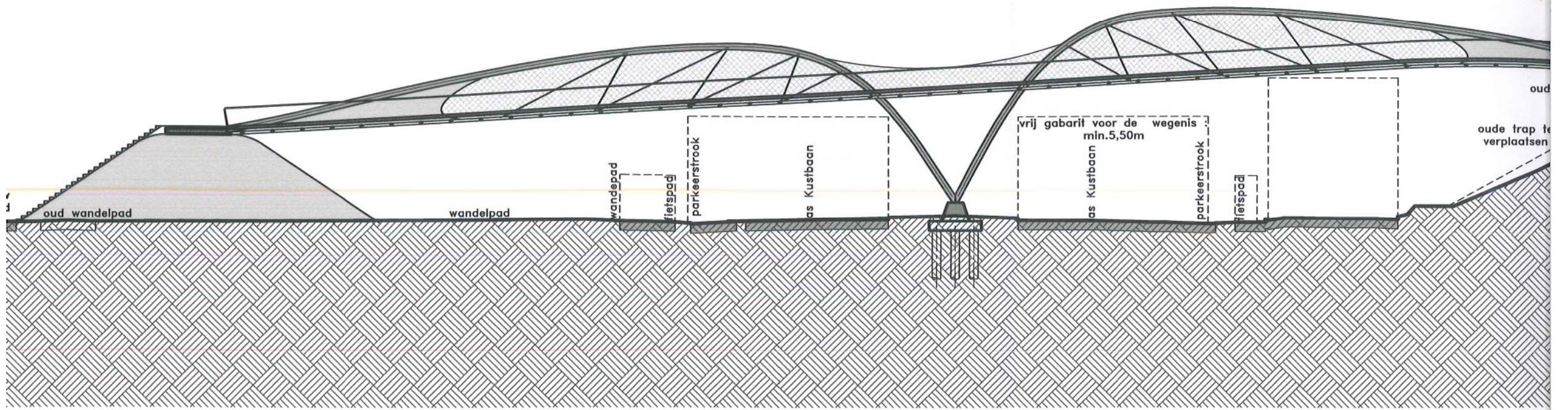


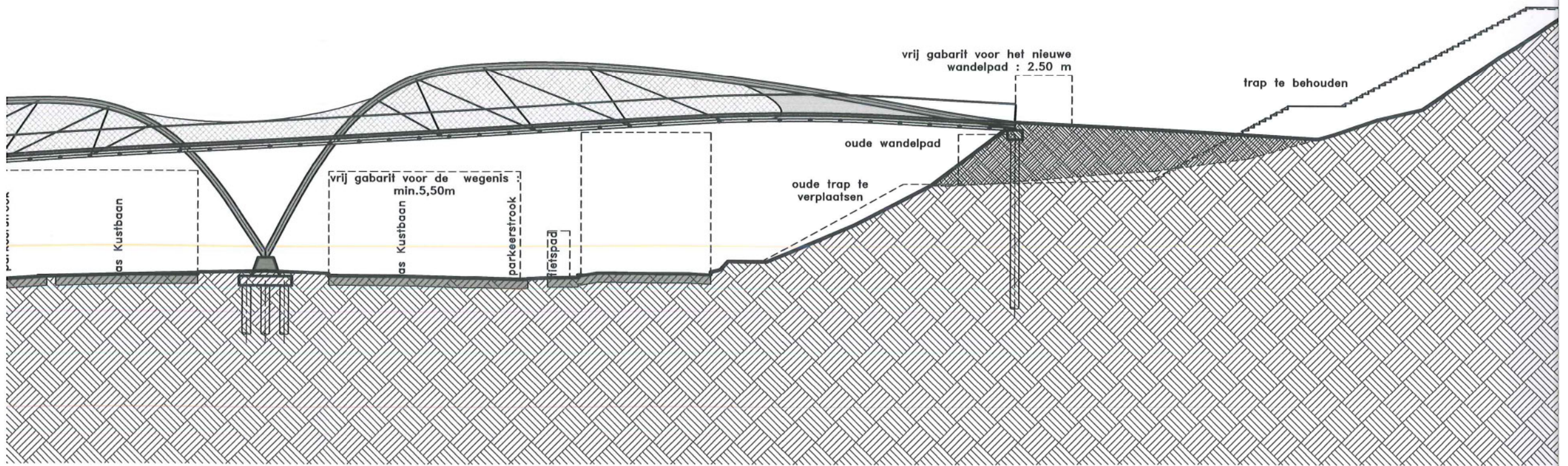














Deze visie op het ontwerp van de Duinenbrug werd opgemaakt in maart 2005 door :

Ir Laurent Ney  
Dr Ir Sigrig Adriaenssens  
Ir Eric Bodarwé  
Ir Matthieu Mallié  
Bart Vanden Heede, 3D-development  
Ir arch. Dries Vande Velde



**ney & partners, nv**  
**structural engineering**  
**[www.ney.be](http://www.ney.be)**



