

**deBoer**

Civiele technieken deBoer bv

 **ARCADIS**

**AEBEL**

*Variaduct –  
Het onbepaalde viaduct*



# Variaduct - Het onbepaalde viaduct

**Modulair, demontabel & herbruikbaar**

Gestandaardiseerd met **ontwerpvrijheid**

**Directe** duurzaamheidswinst

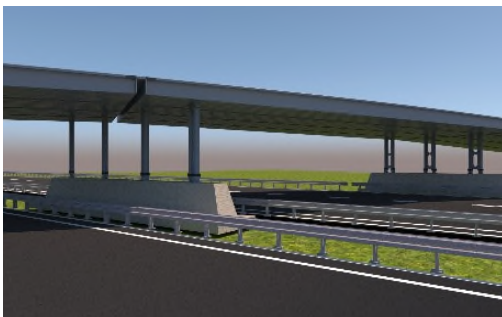
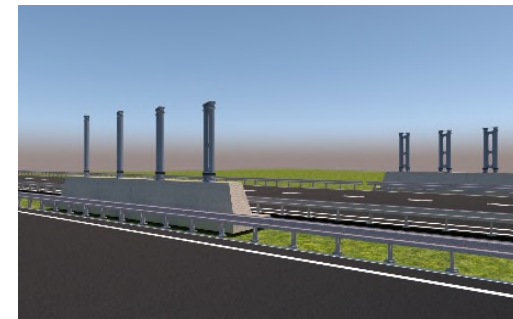
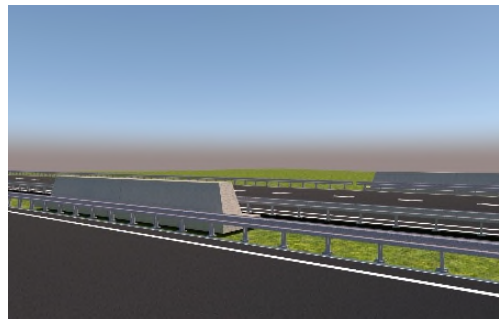
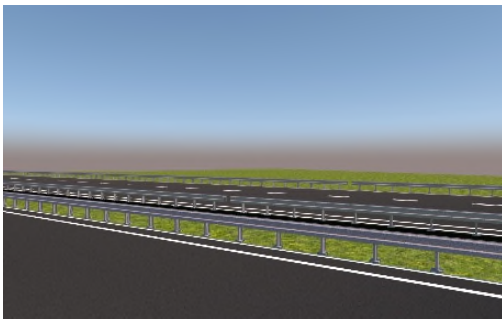
**Beperkt overlast** tijdens uitvoering

**73% minder materiaal** o.a. geen paalfundatie

**Duurzaam materiaalgebruik**

**Open source** beschikbaar

Toepasbaar bij **vervangingsopgave**



## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

### Doelstelling haalbaarheidsonderzoek

Het doel van de haalbaarheidsfase is om het schetsontwerp van het Variaduct verder te ontwikkelen tot een voorontwerp. Het voorontwerp is de basis om in fase 2 een prototype te ontwikkelen.

Ons haalbaarheidsonderzoek is gericht op vijf onderzoeksthema's met elk diverse onderzoeksvragen:

- Thema 1**      Berekening van de **milieu-impact** van het Variaduct en de **duurzaamheidswinst** die we behalen in vergelijking met die van een 'traditioneel' referentieontwerp
- Thema 2**      De haalbaarheid van "**funderen zonder palen**" en beheersing zettingsgedrag
- Thema 3**      Uitvoering van de **middenpijler**
- Thema 4**      Vaststellen haalbaarheid van de set aan benodigde **bouwelementen**
- Thema 5**      Uitwerking van het **businessmodel** zodat het concept breed wordt toegepast en intrinsieke prikkels bevat voor het sturen op hergebruik



## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

Tabel 1 - Acht innovatieve technologieën in onze onderzoeksvragen

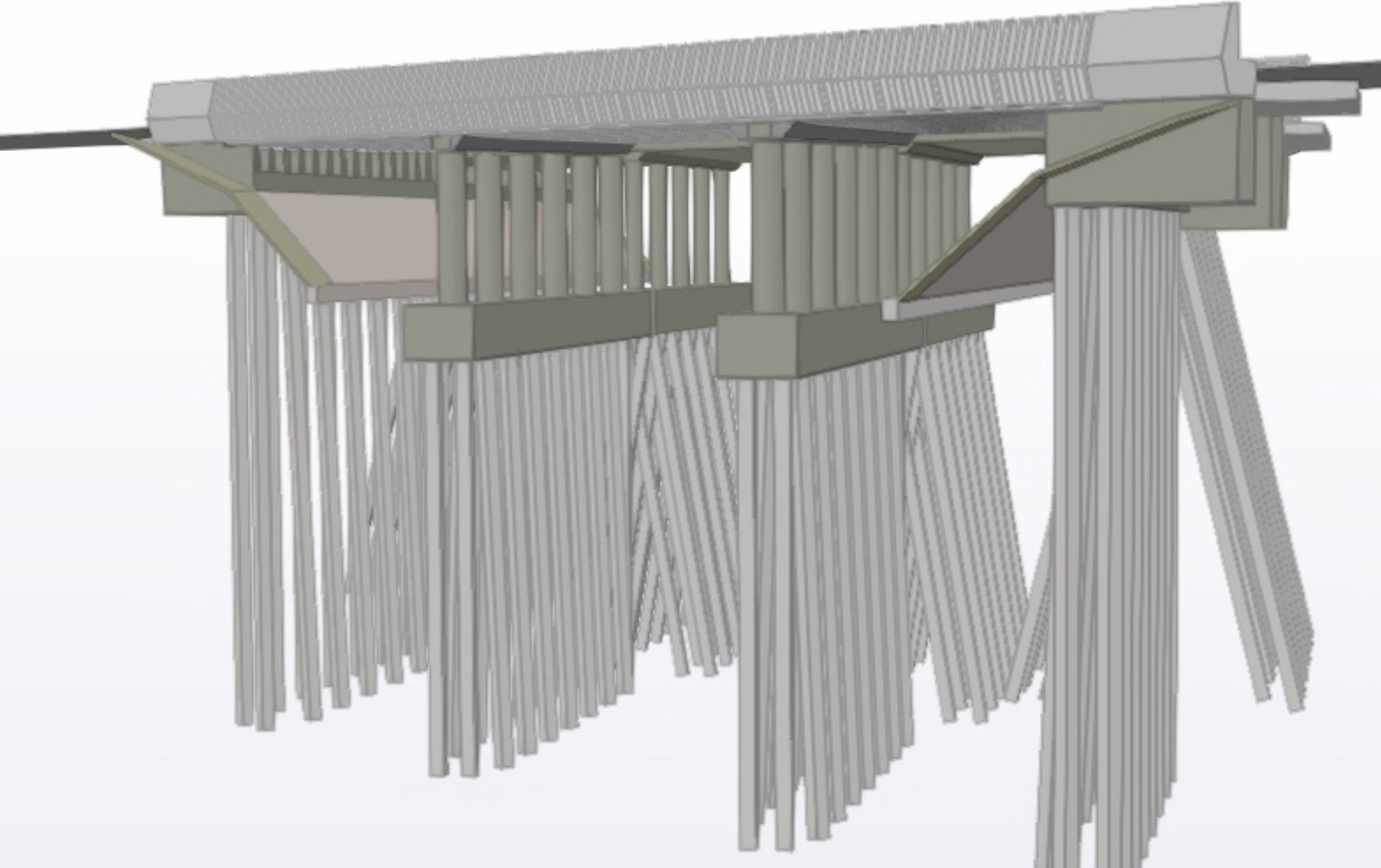
Technologieën (Onderzoeks-) thema's	1. Milieu-impact en duurzaamheidswinst	2. Fundering zonder palen en zettingsgedrag	3. Uitvoering middenpijler	4. Haalbaarheid bouwelementen	5. Uitwerking businessmodel
1.Funderen zonder palen	§ 3.2.1				
2.Modulaire stalen dekconstructie uit secties				§3.2.3	
3.Oplegsysteem met vijzelvoorzieningen			§3.2.2	§3.2.3	
4.Onderbouw van prefab betonelementen				§3.2.3	
5.Toepassing van hout als constructiemateriaal	§3.1				
6.Monitoring van gedrag en gebruik Variaduct			§3.2.2		
7.Reduceren van de constructiehoogte				§3.2.3	
8.Bouwen met minimale maatschappelijke kosten					§3.3

## Dia 4

---

**A36** het praatje gaat dan van de 5 thema's naar de 8 technologieën  
Auteur; 23-3-2021

**Variaduct - Het onbepaalde viaduct**



# Variaduct - Het onbepaalde viaduct

A37

## Variaduct

In de voorgaande fase presenteerden wij het onbepaalde viaduct, zie Figuur 1. Dit concept hebben we onder de naam **Variaduct** nader uitgewerkt tot een voorontwerp met de volgende innovatieve en onderscheidende elementen:

- Slanke stalen deksecties; waarmee we een grote gewichtsreductie bereiken.
- Fundering zonder palen; de lichte constructie maakt het mogelijk om paalfundaties in 9 van de 10 gevallen achterwege laten.
- Kolommen met vijzelvoorziening; een efficiënte mitigerende maatregel voor het risico van ongewenste verschilzettingen.
- Onderbouw van prefabbetonelementen; dit maakt de onderbouw volledig modulair en remontabel<sup>1</sup>.
- Toepassing hout; waar mogelijk gebruiken we hout en/of andere bio-based materialen.
- Reductie van de constructiehoogte; waardoor materiaal en uitstoot beperkt wordt.

De grootste voordelen op gebied van duurzaamheid van het Variaduct zijn:

- Directe duurzaamheidswinst door minder materiaalgebruik.
- Nog meer duurzaamheidswinst door herbruikbare bouwelementen.
- Volledig open source, met als belangrijk hulpmiddel hierbij de 'Catalogus met specificaties en bouwelementen'.
- Gestandaardiseerd maar met ontwerpvrijheden.
- Toepasbaar in de meeste situaties binnen het areaal van RWS maar ook daarbuiten.

Ons doel is om in 2023 het eerste Variaduct op te leveren en we werken daar vol enthousiasme naar toe!

## Dia 6

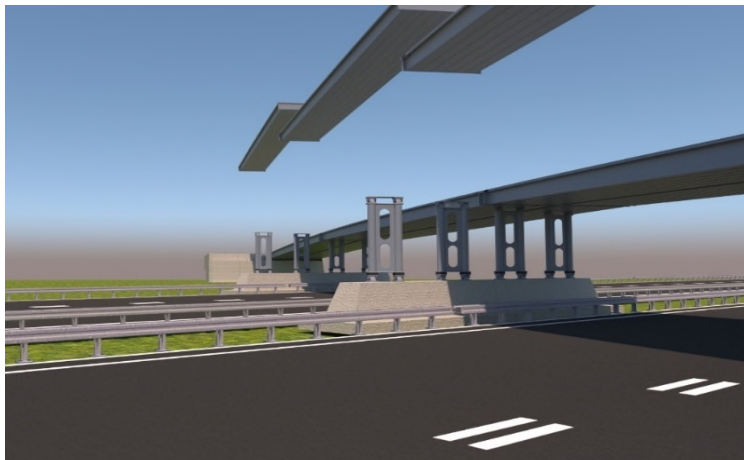
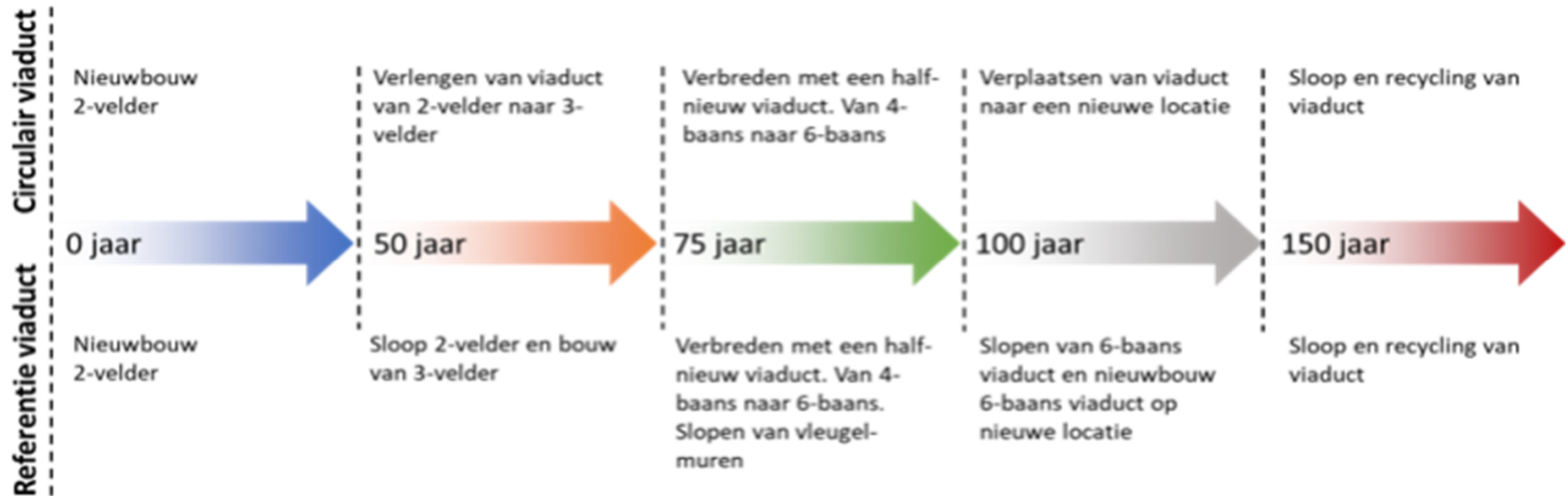
---

**A37** toevoegen dat we overtuiging hebben dat het past binnen de huidige wet en regelgeving (en dus ook de ROK)?

Auteur; 23-3-2021



## Variaduct - Het onbepaalde viaduct



Figuur 2 - Het Variaduct

## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

### 3.1.2 Uitgangspunten milieu-impact en circulariteit

Voor het bepalen van de impact vergelijken we het Variaduct met een 'traditioneel' betonnen referentieviaduct.<sup>3</sup> Hiervoor hebben we een bestaand ontwerp van een viaduct met een betonconstructie en fundering op palen opgeschaald. Beide viaducten gaan uit van gelijke overspanningen (24-33-24) en breedte van 12.90 m<sup>4</sup>. In Tabel 2 staan de belangrijkste uitgangspunten.

Tabel 2 - Vergelijking ontwerp traditioneel ontwerp en Variaduct

	Traditioneel ontwerp (3-v)	Het Variaduct (3-v)
<b>Recapitulatie massa viaduct:</b>		
- Brugdekken	1.750 ton	540 ton
- Randdetail	160 ton	12 ton
- Leuningen	4 ton	11 ton
- Landhoofden	970 ton	270 ton
- Stootplaten	160 ton	n.v.t.
- Pijlersloven	700 ton	105 ton
- Pijleropbouw	160 ton	16 ton
- Slijtlaag	276 ton	166 ton
<b>Totaal (circa)</b>	<b>4.180 ton</b>	<b>1.120 ton</b>
<b>Grondwerk opritten, Helling gem. 3%/ Talud 1:2</b>	33.600 m <sup>3</sup>	27.200 m <sup>3</sup>
<b>Footprint systeem viaduct Invloed dh = 0,60 m</b>	12.200 m <sup>2</sup>	10.700 m <sup>2</sup>
<b>Bouwtijd</b>	9 maanden	1 maand
<b>Verkeershinder</b>	3 maanden	54 uur

## Dia 8

---

**A38** hier in deze sheet slijtlaag verwijderen!, roept mogelijk vragen op waar geen antwoord op is.  
Auteur; 23-3-2021

## Variaduct - Het onbepaalde viaduct



## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

### Technische haalbaarheid (hoofdstuk 3.2)

#### **Fundering zonder palen**

Door een grote reductie van het eigen gewicht (73%) (t.o.v. het referentieviaduct) is een paalfundering niet noodzakelijk. Uit ons haalbaarheidsonderzoek blijkt dat voor 4 van de 6 standaard grondprofielen een eenvoudige fundering zonder palen haalbaar is. Voor grondprofielen met een slappe toplaag zijn maatregelen nodig, bijvoorbeeld toepassing van voorbelasting of grondverbetering.

#### **Middenpijler**

Met een fundering zonder palen kunnen verschilzettingen optreden. Hier hebben wij een oplossing voor gevonden: een geo-meetsysteem dat zettingsgedrag permanent volgt in combinatie met een vijzelvoorziening in de middenpijler. Het geo-meetsysteem bepaalt wanneer correcties moeten plaats vinden. Verschilzettingen worden gecorrigeerd m.b.v. een in de kolom gebouwde vijzelvoorziening. Door de oplegging van de deksecties op de pendelkolom wordt het Variaduct hiermee als geheel aangepast en komt het PVR niet in gevaar.

#### **Bouwelementen**

In deze haalbaarheidsstudie werken we 3 modulaire, remontabele en herbruikbare bouwelementen nader uit.

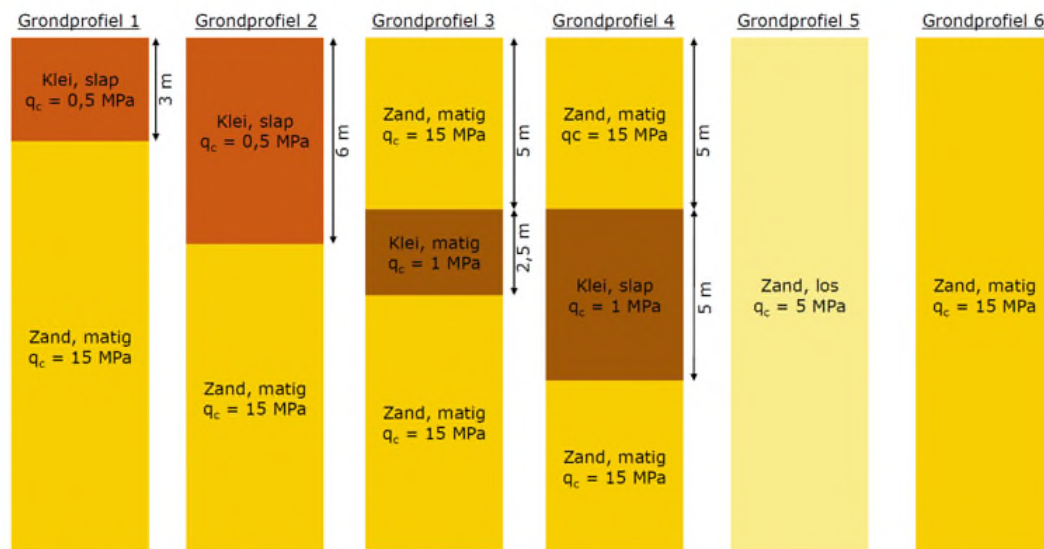


## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

Om vast te stellen in welke situaties het circulaire viaduct toegepast kan worden zijn 6 gestandaardiseerde grondprofielen met bijbehorende eigenschappen en randvoorwaarden beschouwd (zie Figuur 5). Hiervoor is het geotechnisch ontwerp van het Variaduct getoetst met de programma's D-foundations 19.1 en D-Settlements 18.2 voor de verschillende grondprofielen op:

- Sterkte: draagkracht, afschuiven, kantelen en macrostabiliteit (uiterste grenstoestand UGT)
- Vervorming: restzetting en verschilzetting (bruikbaarheidsgrenstoestand BGT)

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de NEN-EN 1997-1 en de aanvullende eisen uit de ROK.<sup>7</sup>



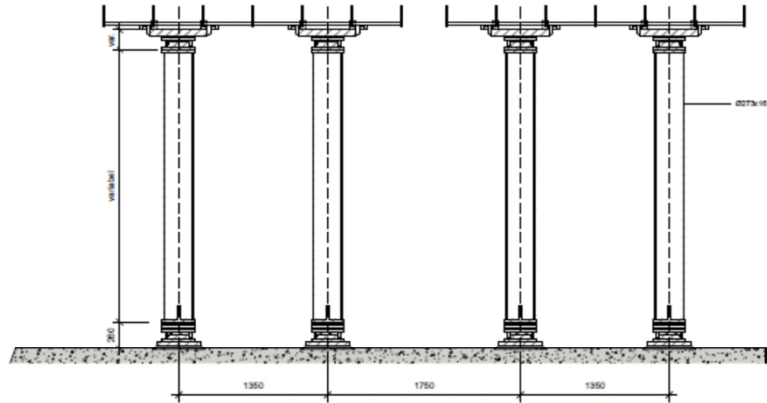
Figuur 5 - Gestandaardiseerde grondprofielen

Bij grondprofielen met een lage bedding en stabiliteit (grondprofiel 1 en 2) kan het Variaduct ook met aanvullende maatregelen worden gerealiseerd, zoals:

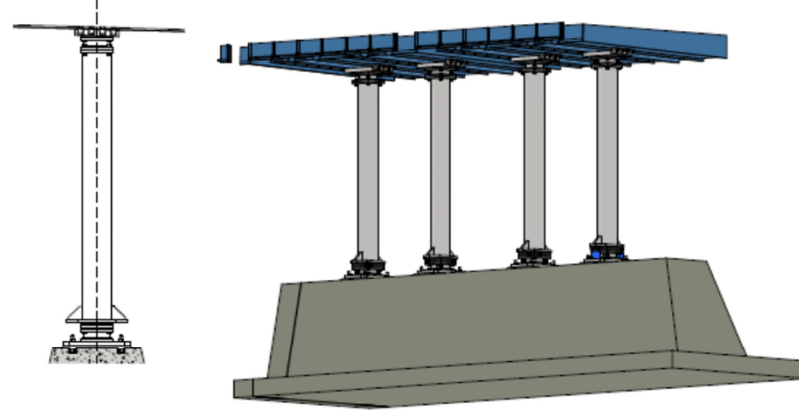
1. Voorbelasting;
2. Profilering aan onderzijde funderingselement tegen afschuiving;
3. Gewapende grond voor drukverdeling en versteviging van de baan of ondergrond;
4. Een palenmatras.

Hierdoor wordt het mogelijk om paalfundaties in **9 van de 10** situaties binnen en buiten het areaal van RWS achterwege te laten.

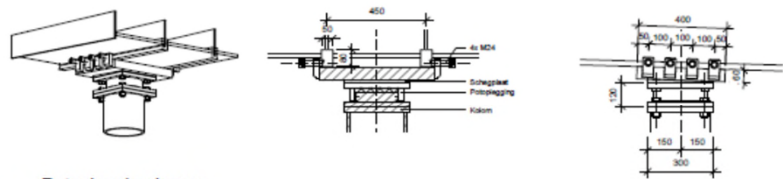
# Variaduct - Het onbepaalde viaduct



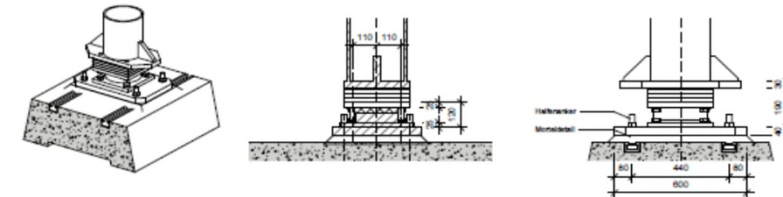
1 Langsdoorsnede pijler  
1 : 20



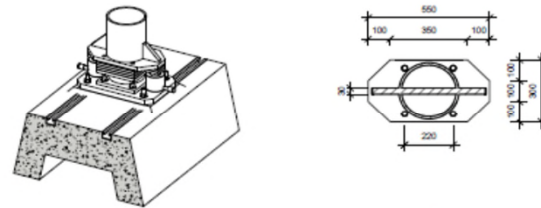
2 Pijler  
1 : 20



3 Potoplegging boven  
1 : 10



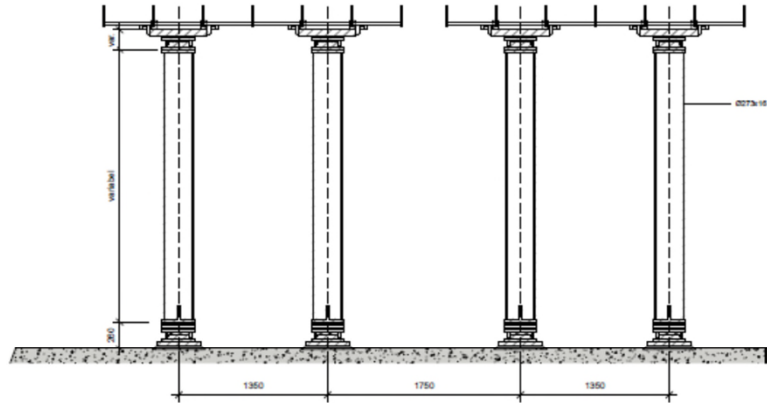
4 Potoplegging onder  
1 : 10



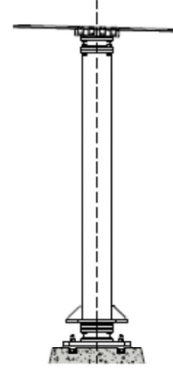
9 Vijzelpunt  
1 : 10

<b>Opmerkingen:</b>	
Meten in mm Tolgrammen in m.l.v. N.A.F. Wegz anders vermeld	
Revisie	
Soort	Uitvoering
<b>deBoer</b> deBoer - International bv	
Opdrachtgever: Rijkswaterstaat	
Object: Viaduct Het Onbepaalde Viaduct	
Onderaart: Pijler	Schaal: 1:10 1:20
Ontwerper: GSA	Document nr: 021-01AD-02
	Revisie: 0.1
© Civiele Techniek de Boer bv	
Formaat: A1	

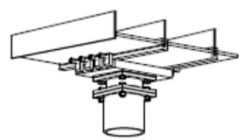
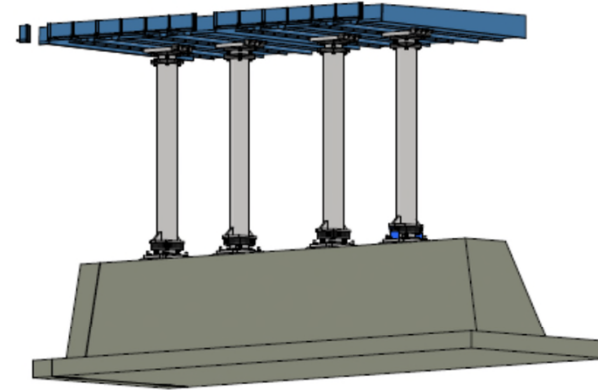
# Variaduct - Het onbepaalde viaduct



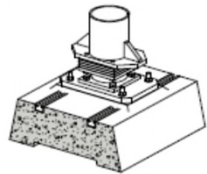
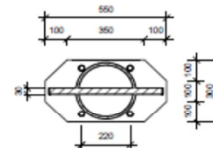
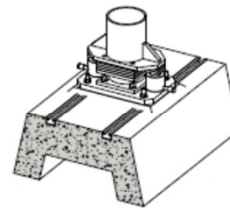
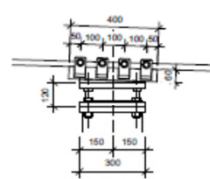
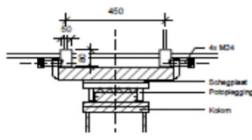
1 Langsdoorsnede pijler  
1 : 20



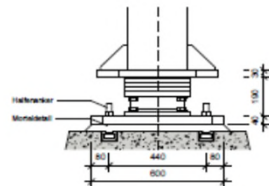
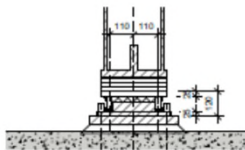
2 Pijler  
1 : 20



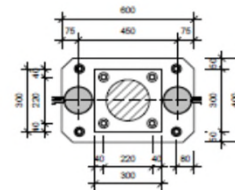
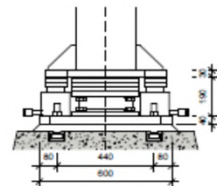
3 Potoplegging boven  
1 : 10



4 Potoplegging onder  
1 : 10



9 Vijzelpunt  
1 : 10



<b>Opmerkingen:</b>	
Meten in mm Tolgrammen in m.l.v. N.A.P. Weg anders vermeld	
Nieuw	
Soort	Ontwerp
<b>deBoer</b> deBoer - International bv	
Opdrachtgever: Rijkswaterstaat	
Object: Viaduct Het Onbepaalde Viaduct	
Onderaart: Pijler	Schaal: 1:10 1:20
Ontwerper: GSA	Document nr: 021-01AD-02
	Revisie: 0.1
© Civiele Techniek de Boer bv	
Formaat: A1	

## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

### Fase 2 (hoofdstuk 4)

De doelstelling van fase 2 is om onze innovatie te testen en te valideren, waarna het ontwerp uitgewerkt wordt tot catalogus. De volgende werkzaamheden gaan wij uitvoeren in fase 2:

- Fase 2a: Ontwikkelen en testen van het prototype
  - Economisch perspectief: opstellen van een hergebruikprotocol en stakeholderscommitment standaard
  - Definitief Ontwerp opstellen en Catalogus van Bouwelementen vastleggen
  - Milieu impact Variaduct (o.a. Duplexstaal en circulair beton)
  - Testen en Valideren - Virtuele testen / 4D simulatie
- Fase 2b: Valideren van het prototype
  - Testen en valideren - Praktijk testen en demonstratiemodel
  - Zettingen op diverse locaties
  - Testen van verbindingen
  - Oplevering catalogus Variaduct

Met deze open standaard kan RWS vrijwel direct na afronding van fase 2b met onze innovatie de markt gaan uitvragen!

## Variaduct - Het onbepaalde viaduct



*Figuur\_10 - Duplex is in opkomst als constructiemateriaal voor bruggen*



## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

### Leerlessen afgelopen periode:

- Laat je niet van je plan afbrengen door tegenslag(en), leer er van en gebruik die ervaringen om een beter product te maken.*
- Vertel meer, dat wat voor jou al gewoon is kan voor een ander spannend zijn.*
- Denk in dit soort SBIR uitvragen niet te klein, wees erop bedacht dat je snel moet kunnen opschalen*
- Stap af en toe eens een paar stappen terug en kijk naar de keuzes die gemaakt zijn, zijn ze nog valide?*
- Geniet van de energie die het kan brengen, en vooral van de aanstekelijke werking van positieve energie.*

## Variaduct - Het onbepaalde viaduct

