

Investeringsramingen Zuiderzeelijn

Presentatie voor DACE op 21 september 2006

door ir. Arno H. Rol, sr. kostenconsultant

The logo for Movares, featuring the word "Movares" in white text on a dark blue background, with a stylized orange and white arc above the letters "o" and "v".
Movares

vormgeven
aan
bereikbaarheid

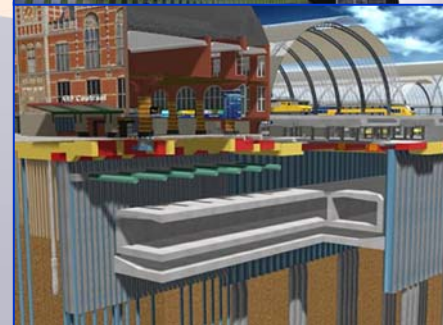
Movares:

‘Vormgeven aan bereikbaarheid’

Movares is een advies- en ingenieursbureau op het gebied van mobiliteit en infrastructuur.

Movares genereert oplossingen voor vraagstukken betreffende capaciteit, veiligheid en inpassing.

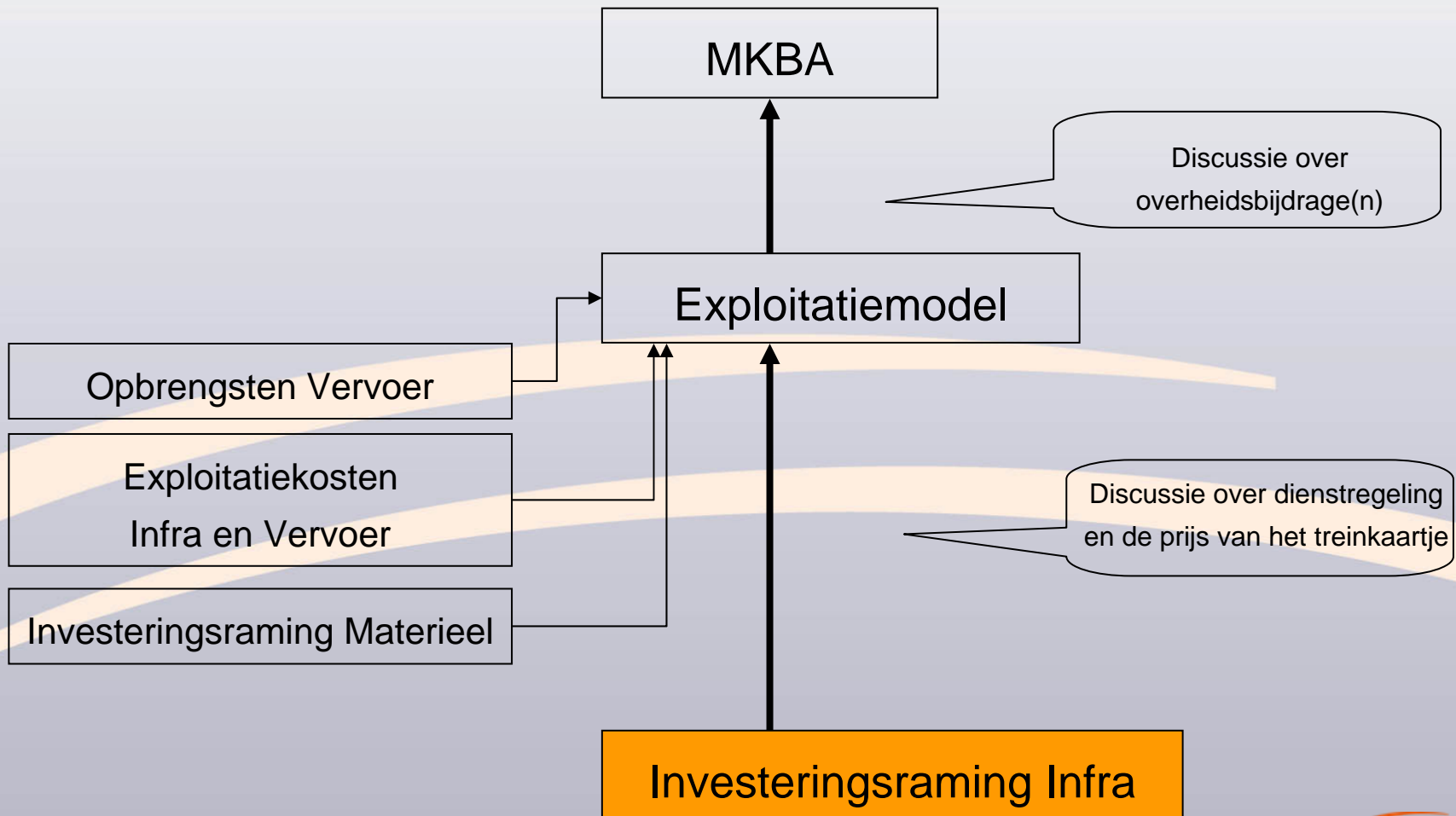
- Omzet 2005 ca. 140 miljoen euro, ca. 1300 fte werkzaam
- In Nederland
 - hoofdkantoor in Utrecht
 - regiokantoren in Eindhoven, Weesp, Zoetermeer en Zwolle
- In Europa
 - vestigingen in Duitsland, Polen en Portugal
 - projecten o.a. in Frankrijk, Slowakije, Slovenië en Spanje





Zuiderzeelijn

Afbakening van mijn onderwerp



Agenda

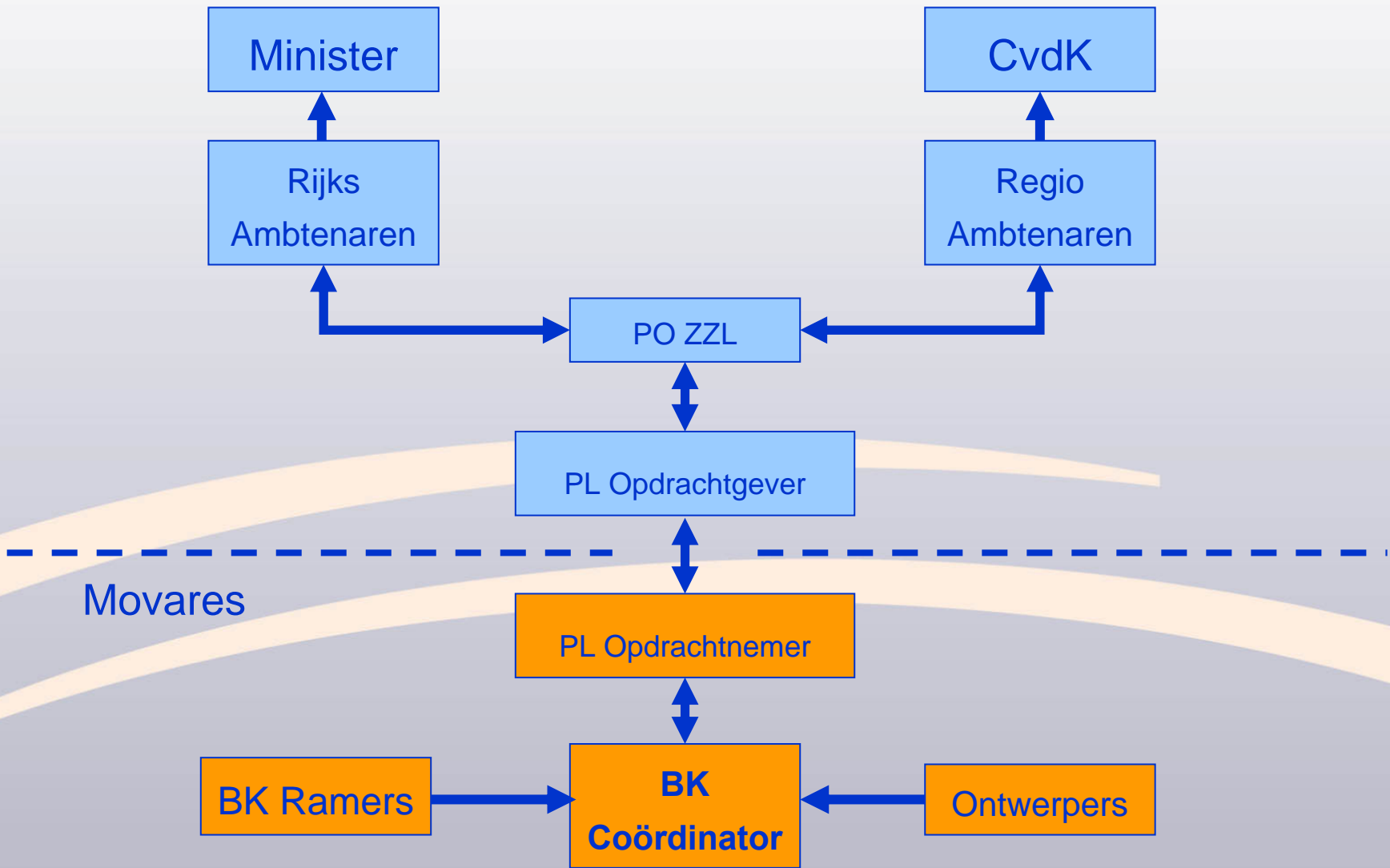
1. **Het ramingsproces van ZZL-Project**
2. **Opbouw van de Investeringsraming HST-1**
3. **Voornaamste kostendragers in HST-1**
4. **Inzoomen op Bouwdoos Kunstwerken**
5. **Onzekerheden en Risico's volgens SSK**
6. **Probabilistische analyse**
7. **Reference Class Forecasting door prof. Bent Flyvbjerg**

DACE-thema vandaag

- Uitdagingen voor de Cost Engineer

>>

Communicatie



MZB

HST

IC



Geraamde Varianten 2005/2006

- **Magneet zweefbaan MZB** 400 km/h
- **Hogesnelheidslijn HSL** 250 of 200 km/h (HST-1 en -2)
- **Intercity-lijn IC** 160 km/h
- **Hanzelijn HZL+** 160 of 200 km/h (via Zwolle)
- **HZL++** 200 km/h (via Zwolle)
- **Superbus** 250 km/h

Elk gesplitst in :

- **Traject Schiphol-Lelystad** (via Muiden of via Y-meer)
- **Traject Lelystad-Groningen** (met of zonder Verbinding Leeuwarden)

(Later ook nog varianten HST-3 en HZL+Noordlink)



superbus

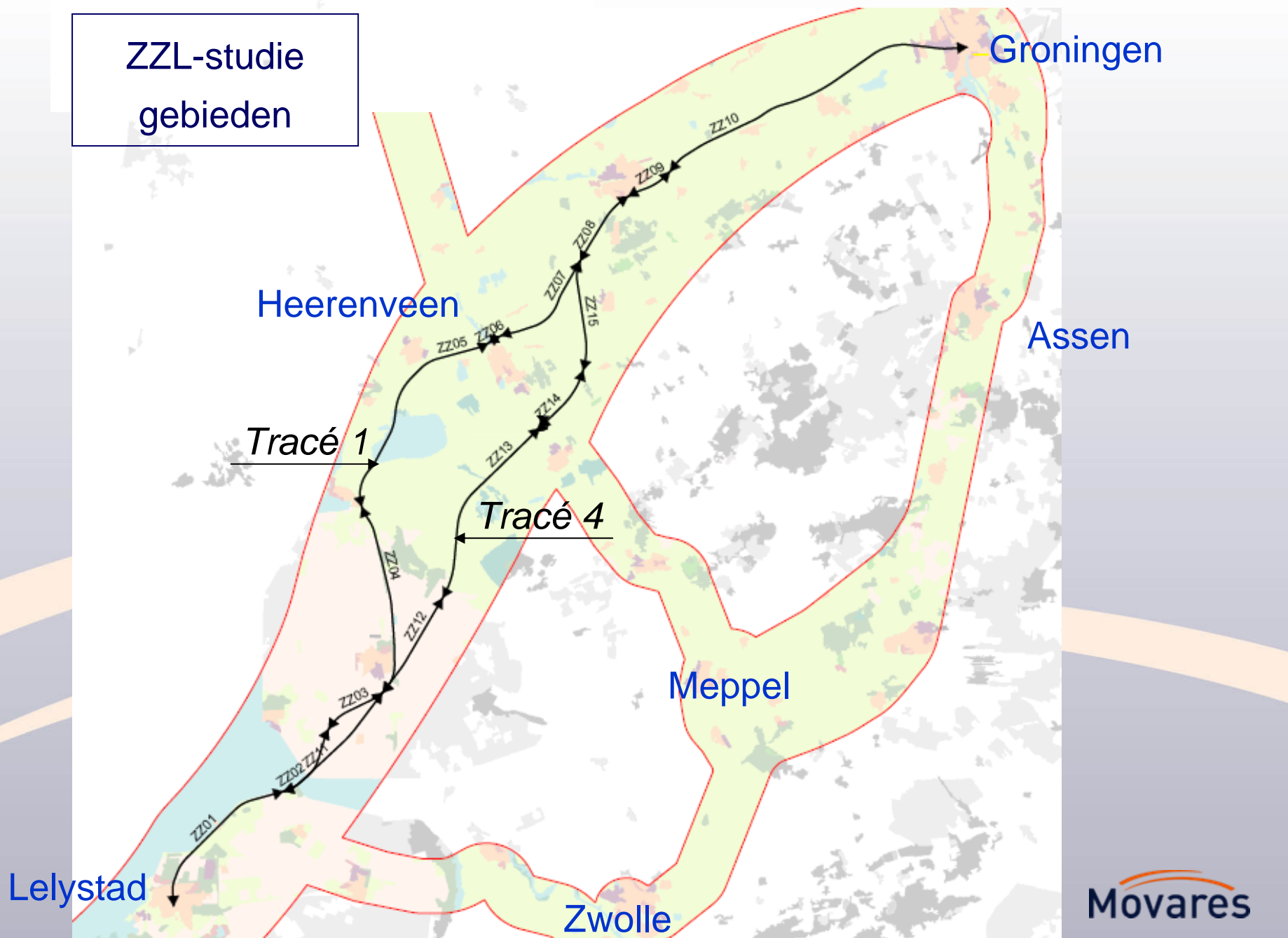
Werkdruk HST-1 (Lelystad-Groningen)

- **Ontwerp gestart September '05, geleverd Maart'06**
- **Raming gestart November'05,
conceptversie 1 (3074 mioE) geleverd 23 December'05**
- **Raming getoetst door Movares/OG en door RWS/ProRail in Januari'06**
- **Raming versie 2 (3807 mioE) geleverd 3 Februari'06**
- **SMB (MER 1e fase) afgerond April'06**
- **Errata Raming (+87 mioE) geleverd Mei'06**
- **Toetsrapport RWS/ProRail Juli'06**

Aanpak HST-1 Lelystad-Groningen

- **Tracé 123 km opgeknipt in 10 objecten (deeltracés)**
- **Tekening 1:25.000 (5 bladen A0) waarop het tracé en lengteprofiel**
- **6 dwarsprofielen, ter bepaling volumes (baan en ballast) en ruimtebeslag (grondverwerving)**
- **“Bouwdoos” met standaard kunstwerken**
- **Kengetallen voor “Specials” Kunstwerken, E-Installaties en Stations uit referentieprojecten**

ZZL-studie gebieden



Groningen

Heerenveen

Assen

Tracé 1

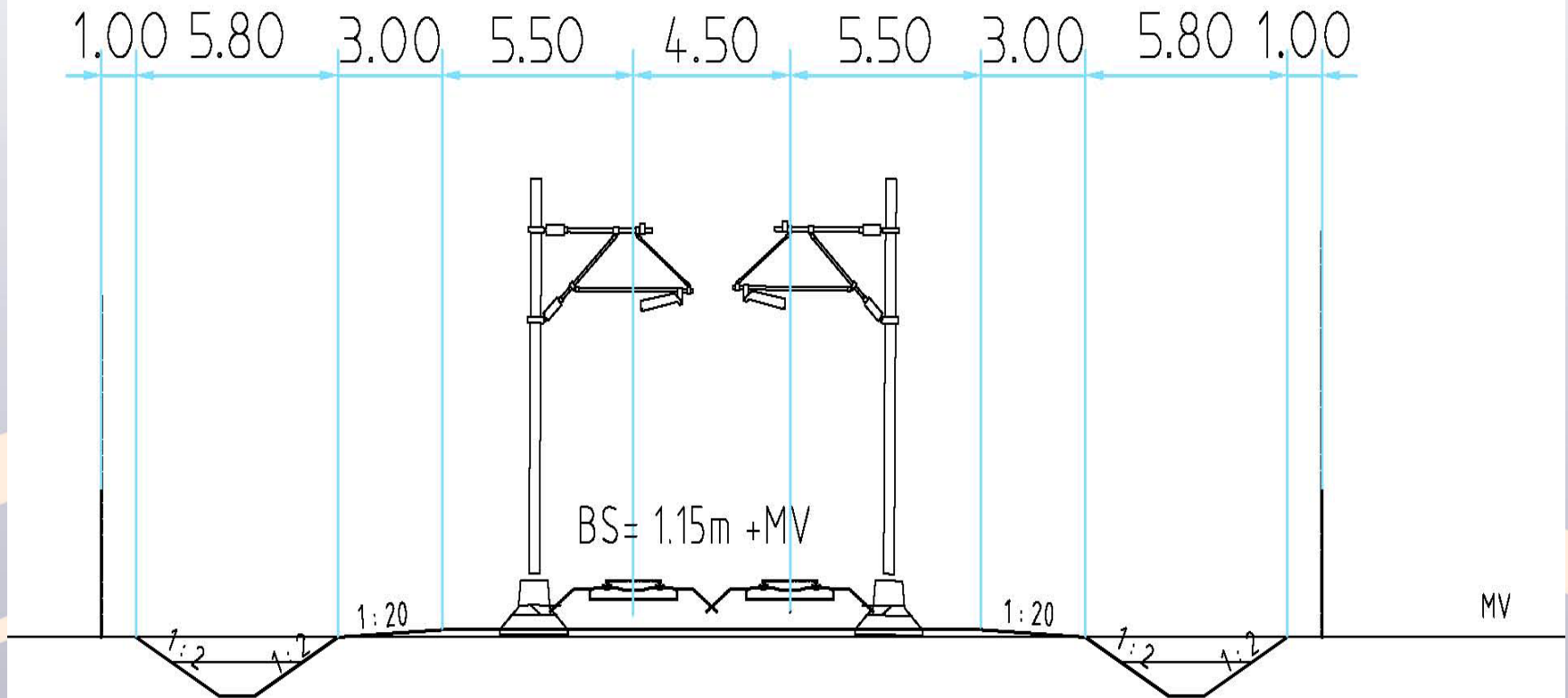
Tracé 4

Meppel

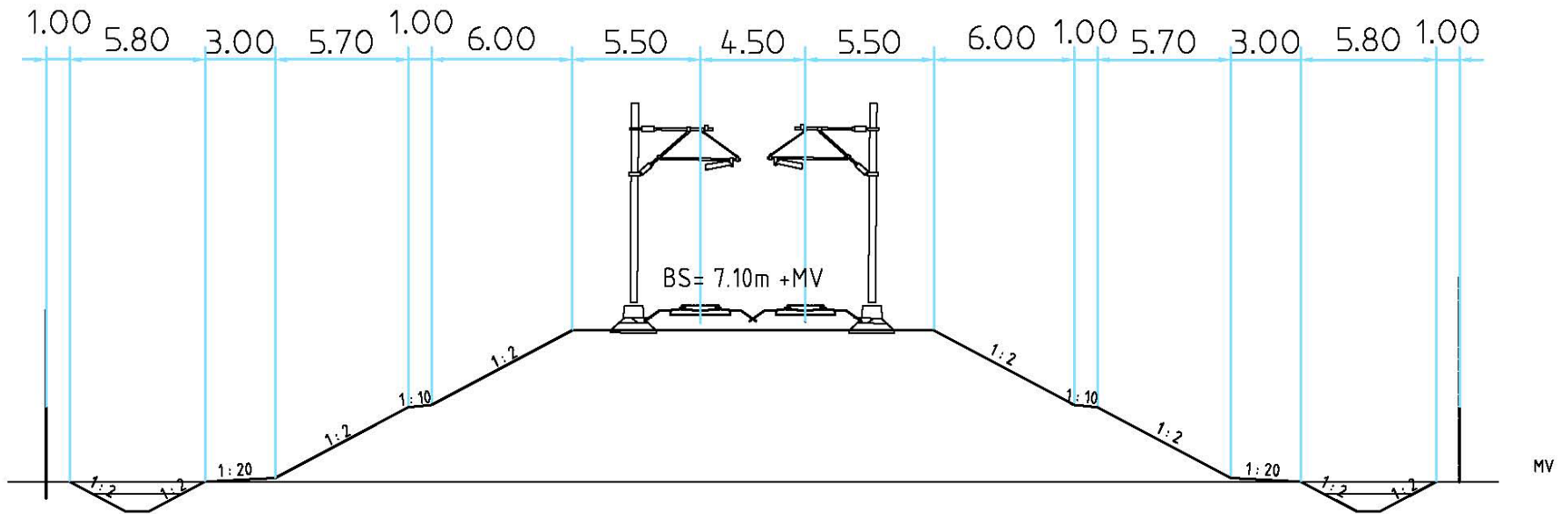
Lelystad

Zwolle

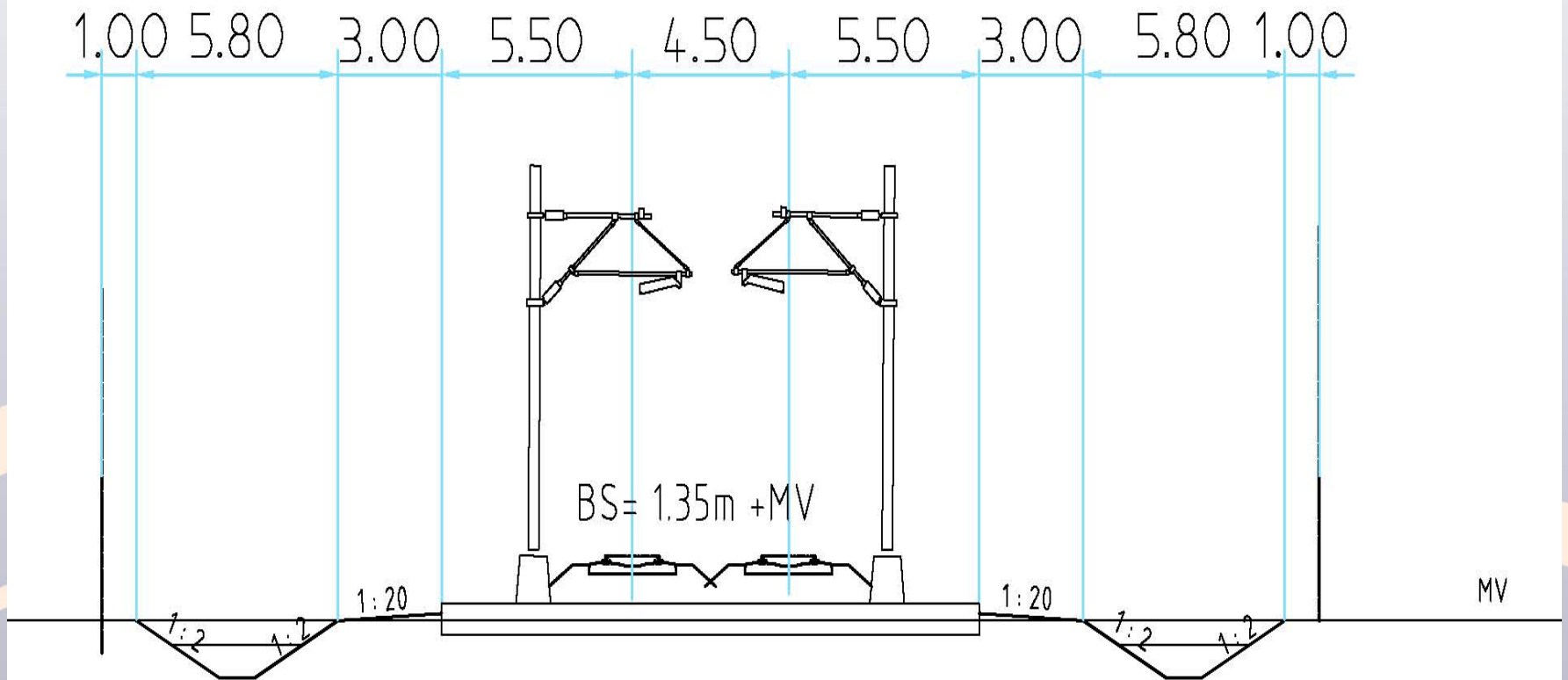
DWARSPROFIEL 5



DWARSPROFIEL 1



DWARSPROFIEL 6



Investeringskosten (Wat)

Bouwkosten

- + Vastgoedkosten (Baan en kruisende kunstwerken)
- + Engineering
- + Kosten Kabels en Leidingen Derden
- + Overige Bijkomende Kosten
- + Kosten Opdrachtgever

= TOTAL BASISRAMING

- + Project Onvoorzien

= TOTAAL INVESTERINGSKOSTEN

Opzet Kostenraming (Hoe)

- **Kostenraming is opgesteld conform de SSK-systematiek**
- **Excel werkblad “SSK Integraal” gekoppeld aan:**
 - Bouwkosten uit 9 werkbladen van Technische Disciplines
 - Overige kosten (6 werkbladen)
- **Bandbreedte per werkblad (door Discipline) bepaald en vervolgens gewogen gemiddelde bepaald**

9 Technische Disciplines in Bouwkosten

- **Baanbouw**
- **Spoorwerk & Perronbouw**
- **Kunstwerken**
- **Tractie Bovenleiding en Draagconstructie**
- **Tractie Energievoeding**
- **Beveiliging & Treinbeheersing**
- **Stations**
- **Geluidschermen & Hekwerken**
- **Landschappelijke inpassing**

6 Overige kosten in de Basisraming

- **Vastgoed (grondverwerving) Baan**
- **Vastgoed (grondverwerving) Kruisende Kunstwerken**
- **Engineering (incl. Administratie en Toezicht), % per Discipline**
- **Kabels en Leidingen Derden, per m1 baan**
- **Overige Bijkomende Kosten (bijv. leges, CAR, onderzoeken, PR)**
- **Kosten Opdrachtgeverorganisatie**

Kosten per Discipline

Bekende Directe Kosten per objectdeel (Hoeveelheid x Prijs)

- + Nader Te Detailleren (percentage)
- + Indirecte Kosten (eenmalige, uitvoeringskosten, AKWR)
- + Object Onvoorzien

= Totaal aan BOUWKOSTEN

De voornaamste kostendragers (1)

HST-1

INVESTERINGSKOSTEN **100**

Geraamd in Hoeveelheid x Prijs

- Bekende Directe Bouwkosten Kunstwerken **23**
- Bekende Directe Bouwkosten Overig **13**
- Grondverwerving **5**
- Kabels & leidingen Derden **5**

Geraamd als % van het voorgaande

- Overigen (o.a. NTD, Onvoorzien, Bijkomende K.) **54**

De voornaamste kostendragers (2)

HST-1

Bekende Directe Kosten Kunstwerken		bandbreedte
Zettingsvrije Plaat (78 km)	437 mio	-15/+25%
Bouwdoos Standaard Kunstwerken	167 mio	-15/+20%
Ketelmeer Brug (1,7 km)	75 mio	-15/+40%
Tjeukemeer Passage (4,5 km)	150 mio	-15/+40%
Overige "Specials" Kunstwerken	70 mio	-15/+25%

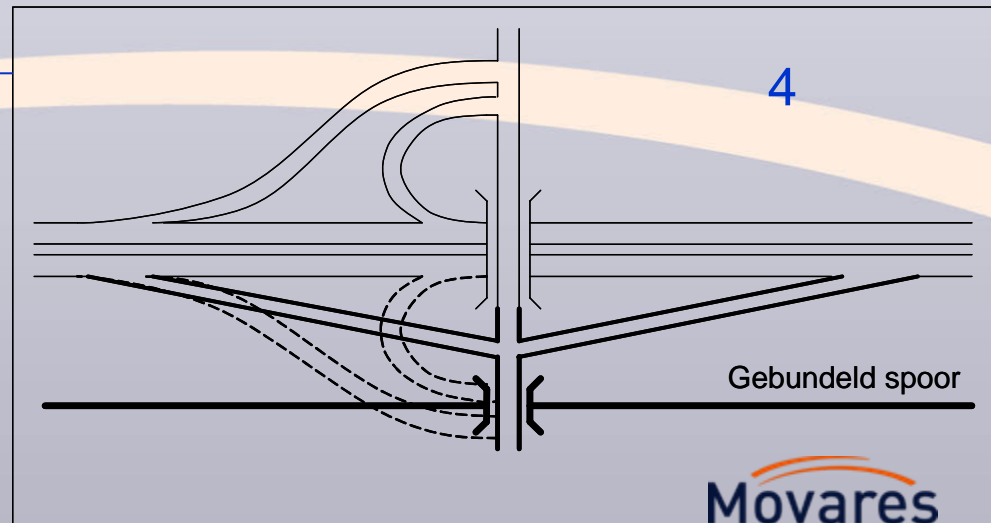
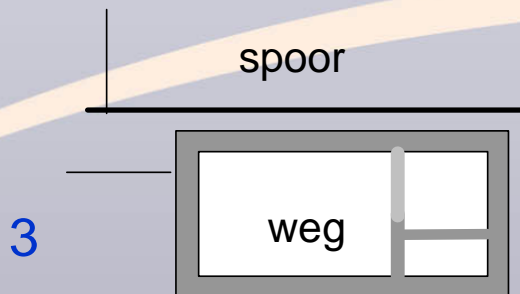
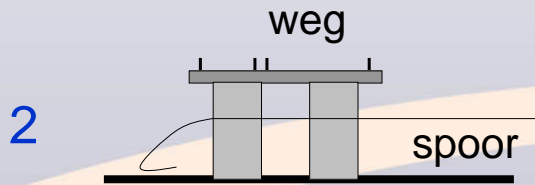
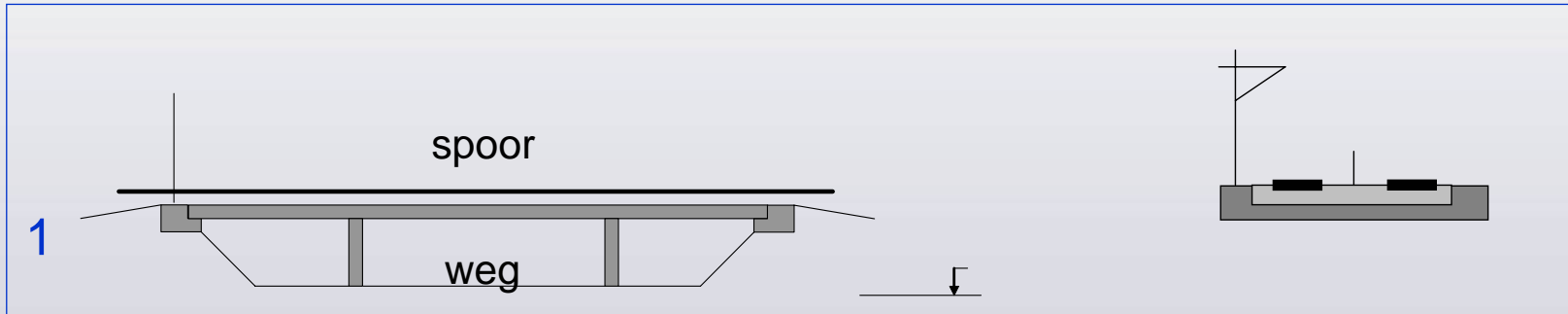
Ramingsmethode Kunstwerken

Deze objecten omvatten:

- **1 Doorgaand kunstwerk = ZVP = Zettingsvrije Plaat**
- **17 generieke kunstwerken uit een “Bouwdoos”**, elk gedefinieerd door:
 - Beschrijving van de kunstwerken (toepassing, type verkeer, geometrie, materiaal)
 - Eenheidsprijs van een kunstwerk
 - Toeslag % voor uitvoeringsconditie (locatie/omstandigheden)
- **“Specials”**, zoals :
 - Rivierkruisende brug
 - Aquaduct
 - Dive-Under
 - Beweegbare brug

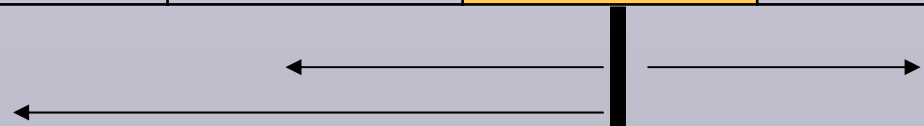
op basis van Referentie Projecten, bijv. HSL-Zuid.

Voorbeelden uit Bouwdoos



Voorbeeld Kostentabel Bouwdoos

		Hanzelijn-plus 160 & 200 km/u			HST-1 250 km/u
	Bouwdooselement	Nieuwbouw in bestaande baan	Vervanging in bestaande baan	Nieuwbouw in nieuwe baan (mio Euro)	Nieuwbouw in nieuwe baan
	Spoorviaduct	<i>afgeleid</i>	<i>afgeleid</i>	<u>BASIS</u>	<i>afgeleid</i>
1A	Kleine kruising	0,304	0,405	0,253	0,266
1B	Middelgrote kruising	0,691	0,861	0,576	0,605
1C	Grote kruising	1,340	1,621	1,117	1,173



Kostenraming per tracédeel

HST-1	KM	Kruising	Kunstwerk	Kosten Specials	Kosten Bouwdoos	Spoor- viaduct Type		
						1A	1B	1C
			Eenheidsprijs [mio Euro]			0,26 6	0,60 5	1,17 3
16.400	Op en afrit 12 A6	Spoorviaduct			1,173			1
16.600	Op en afrit 12 A6	Spoorviaduct			1,173			1
17.900	Ketelmeer	Special: brug 1,7 km	75,000					
19.400	Zuidermeertocht	Spoorviaduct			1,173			1
22.000	Op en afrit 13 A6	Knoopplossing 2			1,269			
22.300	Nagelervaart	Spoorviaduct			1,173			1
			Som	75,000	5,961	0	0	4
				Specials	Bouwdoos	1A	1B	1C
			Subtotaal directe kosten	80,961	Mio Euro			

Waar wel/niet een betonplaat?

Technische eisen versus Landschap

- **Droogleggings Eis : Spoor 1 m boven grondwater =**
 - Hoogste Polderpeil
 - + opbolling grondwaterspiegel tussen spoorsloten
 - + verwachte baanzetting in 30 jaar
- **Dynamica Eis: Dikte zandbaan 2 a 4 m,**
afhankelijk van treinsnelheid en dikte slappe grondlagen
- **Landschappelijke Inpassing Eis : Spoor niet hoger dan**
naastgelegen rijksweg

Compromis bepaalt ontwerpkeuze : Zandbaan of Betonplaat (ZVP)

Lengte profiel van HST-1 tracé leidt tot 78 km ZVP

Bandbreedte van de Investeringskosten HST-1 voornamelijk bepaald door:

- Kunstwerken -15 % ... + 27%
- Grondverwerving -10 % ... + 50%
- Kabels en Leidingen Derden -10 % ... + 50%

Onzekerheden en Risico's: indeling volgens de SSK

- **Beslisonzekerheden**
 - Variantenraming
- **Kennisonzekerheden**
 - Post NTD (Nader Te Detailleren) in Directe Kosten
 - Bandbreedte (>> advies tot Onzekerheidsreservering)
- **Toekomstonzekerheden**
 - Binnen Scope : Object Onvoorzien en Project Onvoorzien
 - Buiten Scope : Reserve Extern Onvoorzien

Onzekerheden en Risico's: Voorbeelden HST-1

- **Beslisonzekerheden**

- *Variantenraming*

Scenario's Ketelmeer kruising

- **Kennisonzekerheden**

- Post NTD
- Bandbreedte

Tegelpaden

Hoogteligging kruisend viaduct

- **Toekomstonzekerheden**

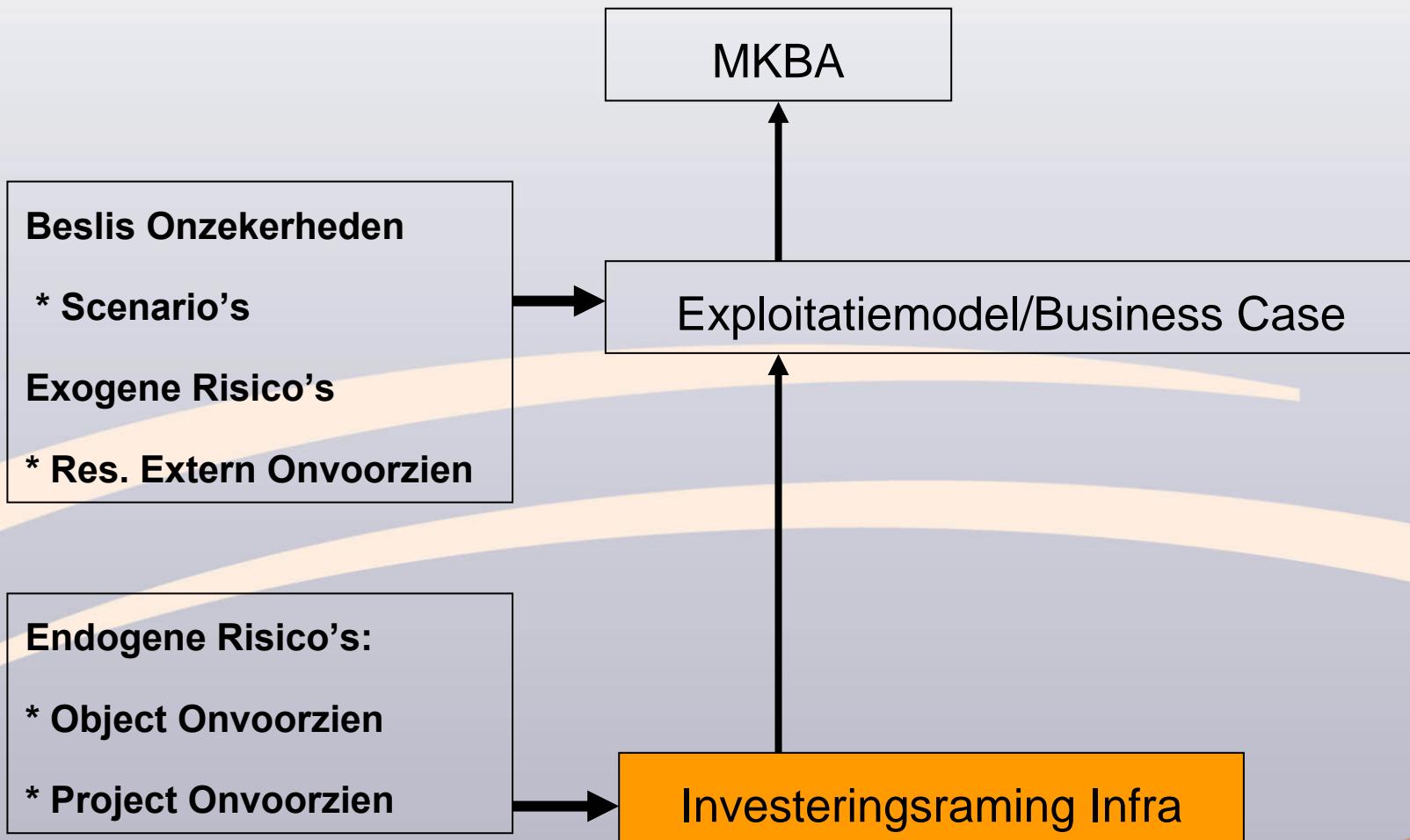
- Object Onvoorzien
- Project Onvoorzien
- *Reserve Extern Onvoorzien*

Grondgesteldheid

Vergunningsprocedures/eisen

Regelgeving m.b.t. Geluid

Plaats van de Risico's in de ZZL-ramingen



Probabilistische Analyse (1)

- Per Technische Discipline (9x) Bouwkosten geraamd met een deterministisch bepaalde bandbreedte (bij 70% betrouwbaarheid)
 - Idem voor de andere 6 kostencategorieën
 - Deterministisch: Gewogen gemiddelde bandbreedte
(-13% | +29% voor HST-1)
-
- OG wenst probabilistische analyse, d.i. berekening van Verwachtingswaarde en Standaardafwijking

Probabilistische Analyse (2)

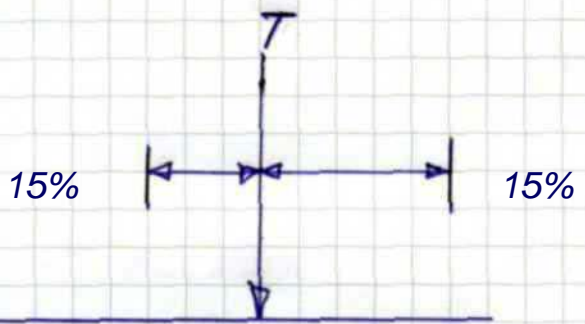
WENS

- Ministerie wenst Monte Carlo-analyse, met elke begrotingregel ingevoerd als L, T en U waarden van het geraamde bedrag.
- Software bijv. “Risico Raming 1.1.4” of “Cristal Ball”

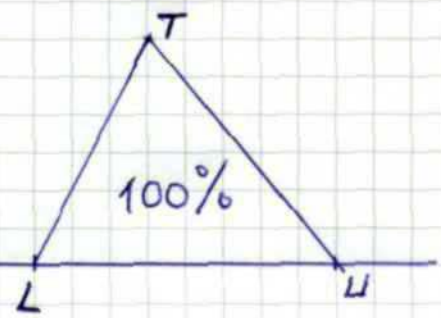
PRAKTIJK

- Veel varianten en versies (last minute wijzigingen in uitgangspunten) maakten een minder tijdrovende analyse noodzakelijk.
- Per discipline is uit raming en bandbreedte een Standaardafwijking (SA) en een Verwachtingswaarde bepaald (d.m.v. “de platgeslagen driehoek”)

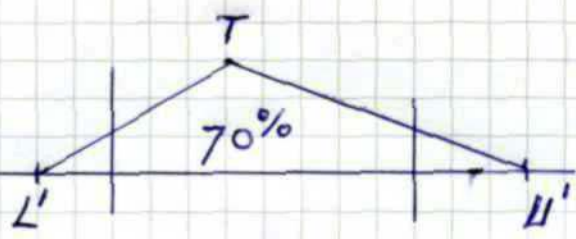
1 input



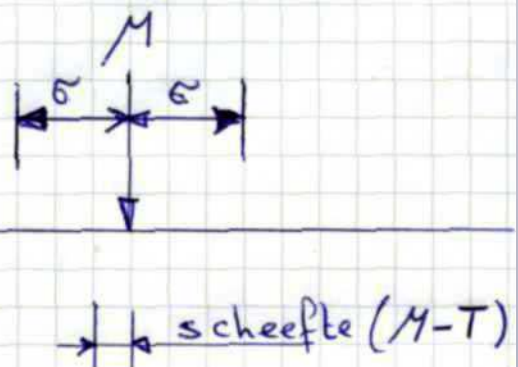
2 wens



3 formule



4 antwoord



Van Modale Waarde (T) en bandbreedte

naar

Verwachtingswaarde (μ) en

Standaardafwijking (σ)

De L'-waarde en de U'-waarde wordt aldus bepaald:

$$\begin{aligned}L' &= L - \alpha L * (U-L) \\U' &= U + \alpha U * (U-L)\end{aligned}$$

De benaderingsformule die ik gebruik is een parabool die door de drie punten wordt bepaald.

$$\alpha = A*x^2 + B*x + C$$

met $x = (T-L)/(U-L)$

x loopt van 0 tot 1.

Als $T=L$ dan is $x=0$,

Als $T=U$ dan is $x=1$

Als $T=(U+L)/2$ dan is $x=1/2$

$$\alpha L = -0,364682*x^2 + 0,784766*x + 0,304304$$

$$\alpha U = -0,364682*x^2 - 0,055403*x + 0,724388$$

In het voorbeeld (90-100-120) bedraagt $x = (10/30) = 0,333$

$$\alpha L = 0,525371 \rightarrow L' = 90 - \alpha L * 30 = 90 - 15,8 = 74,2$$

$$\alpha U = 0,665400 \rightarrow U' = 120 + \alpha U * 30 = 120 + 20,0 = 140,0$$

Merk op dat in dit voorbeeld de verwachtingswaarde $(L'+T+U')/3$ (ca. 1,4%) groter is dan $(L+T+U)/3$

$$\text{Verwachtingswaarde} = E = (L'+T+U')/3$$

Uitkomsten voor HST-1

- **Deterministisch met gewogen gemiddelde bandbreedte:**

Modale waarde = 3.807 mioE

Bandbreedte -13% en + 29% (asymmetrisch)

onderkant 3.296 mioE, bovenkant 4.904 mioE

(JBF scheefte = 8% >> JBF verwachtingswaarde 4.111 mioE)

- **Probabilistische Analyse:**

Verwachtingswaarde = 4.084 mioE (scheefte = 7%)

met Variatie Coëfficiënt:

+/- 18 % (volledige afhankelijke posten); bovenkant 4.819 mioE

+/- 7 % (volledig onafhankelijke posten); bovenkant 4.370 mioE

Uitkomsten voor HST-1

Welk bedrag wordt gecommuniceerd?

- Hoe?
- Aan wie?

> DACE-thema vandaag

Analyse van prof. Bent Flyvbjerg (RCF = Reference Class Forecasting)

Flyvbjerg vergelijkt de ZZL met 68 soortgelijke projecten uit zijn database van 258 infrastructuur projecten in de wereld.

HOE?

- 100% = prognose tijdens go-moment
- $100 + x\%$ = kosten bij eindafrekening
- Uit deze 68 data berekende hij de Kansverdeling van x :
Gemiddelde: $x = +39\%$ (met Standaard Afwijking $x = +/- 46\%$)
- Conclusie: Uitkomst ZZL = 1,39 * Raming ZZL (kans 50/50)
= 1,80 * Raming ZZL (kans 81/9)

Vergelijking prijs per km uit database prof. Flyvbjerg

- *Madrid-Leida, €9mio/km*
- TGV Atlantique, €10mio/km
- TGV Méditerranée, €23mio/km
- ICE Frankfurt-Köln, €32mio/km
- Shinkansen-Thoku, €35mio/km
- Shinkansen-Joetsu, €41mio/km
- TGV Korea, €42mio/km
- Napels-Rome, € 44mio/km
- Shinkansen Hokuriku, €45mio/km
- TGV Taiwan, €48mio/km
- HSL-Zuid, €48mio/km
- *Kanaaltunnel, €71mio/km*

HST-1: € 33 mio/km
(verwachtingswaarde 4.084 mioE)

Gemiddelde (zonder Madrid en Kanaaltunnel): €36 mio/km

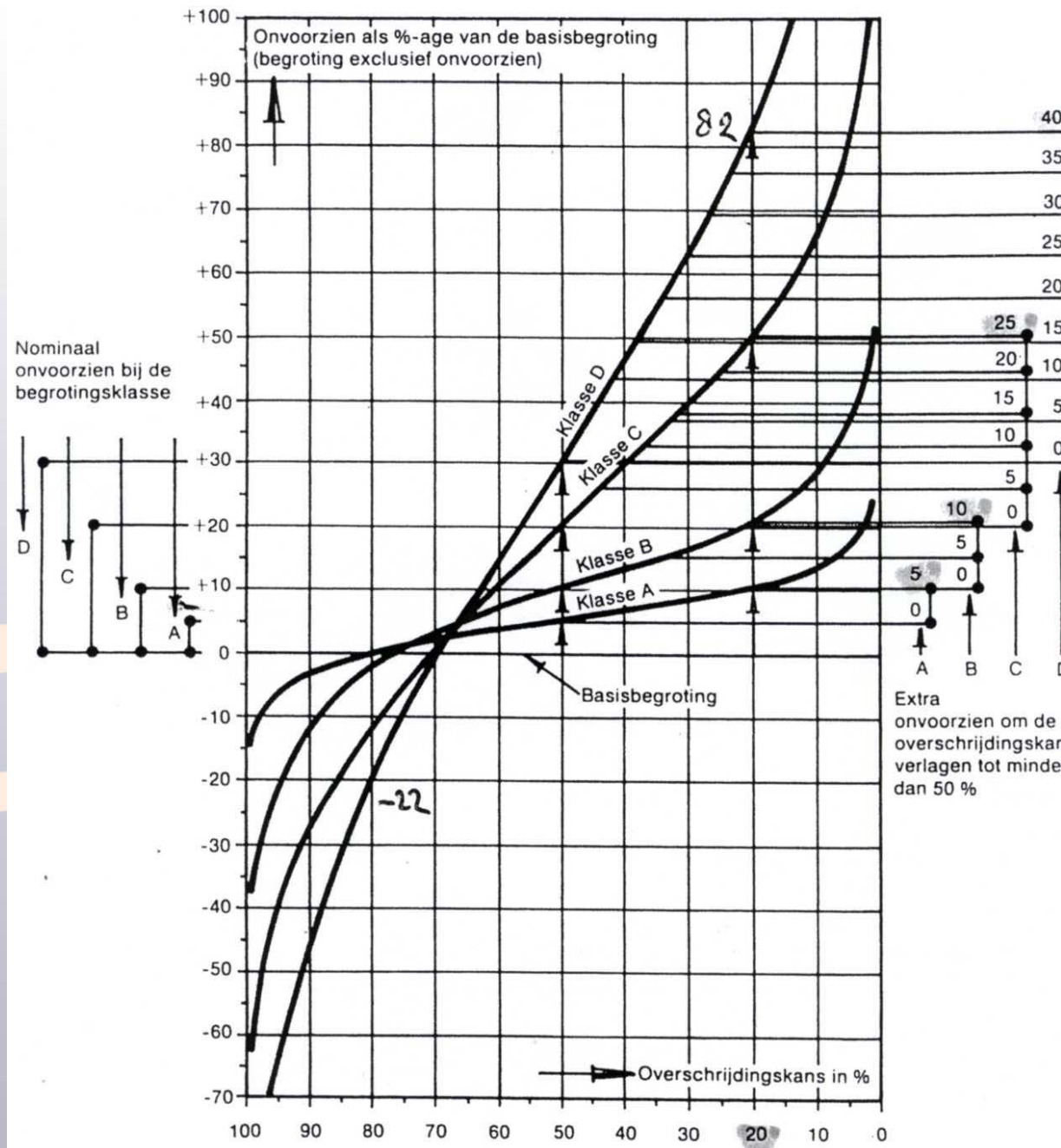
Flyvbjerg RCF-factor 1,39 is onafhankelijk van de uitkomst van de raming

- **Aanname Flyvbjerg:**
 - de ZZL-raming is niet van een andere kwaliteit dan de andere ramingen uit de database
 - zoals bij elk project in het verleden is er sprake van een **“Optimism Bias”**!
- **Feit: Flyvbjerg’s voorspelling is inclusief scope wijzigingen gedurende het project.**
- ***ZZL Investeringsraming is exclusief scope wijzigingen, maar ZZL Business Case houdt wel rekening met de Exogene risico’s (kans op wijzigingen).***
- ***Doel van de ZZL Structuurvisie studie was alles netjes, navolgbaar verantwoorden, zonder “Optimism Bias”***

Door de RCF factor 1,39 toe te passen op de ZZL raming dreigt er een **“Pessimism Bias”**?

RCF en DACE

- Flyvbjerg onderbouwt een deterministische bandbreedte
- Werkwijze is volledig vergelijkbaar met DACE Handboek Cost Engineer (1989)



Figuur 3. Onvoorzien en over-/onderschrijdingskans op basis van historische gegevens