



**Royal  
HaskoningDHV**  
*Enhancing Society Together*

# Project excursie Waalfront Nijmegen

*KIVI & BPD*

RHDHV  
22 februari 2024

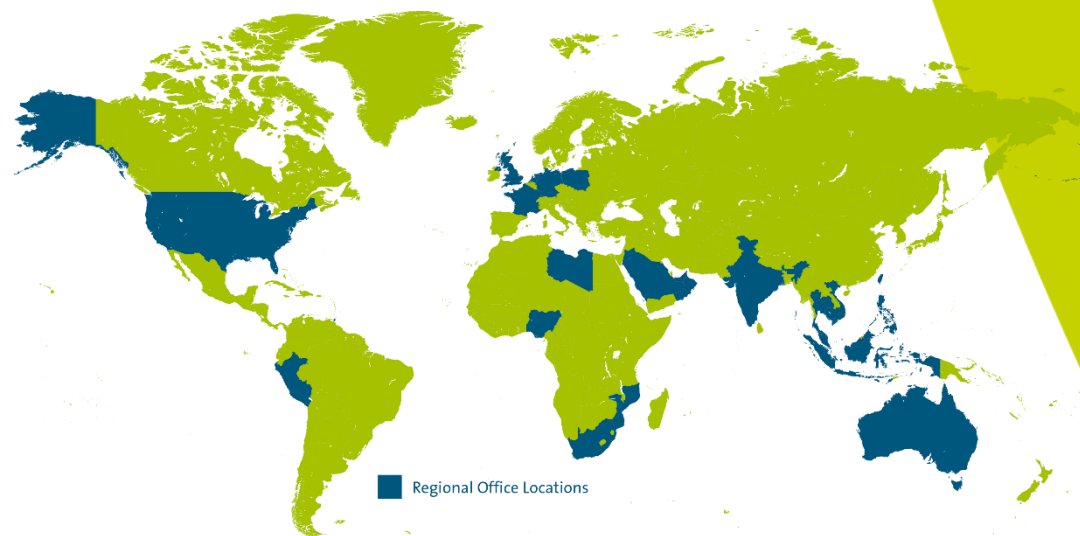
# Agenda

- Voorstellen
  - Royal HaskoningDHV
  - Team
- Oude waterkering
- Fort Kraaijenhoff
- Deelplan 4,5 en 6
  - Dubbelfunctie bebouwing
  - Oude kademuur (lage kade Waalhaven)
  - Pipingontwerp
- Rondvraag

# OVER ONS

Royal HaskoningDHV is een **onafhankelijk** bureau dat 140 jaar advies- en ingenieurskennis integreert met digitale technologie en software oplossingen.

Samen met klanten en partners werken we aan innovaties en slimme oplossingen voor een **duurzamere toekomst** en maken we de levens van grote groepen mensen wereldwijd gemakkelijker, gezonder en veiliger.  
*Enhancing Society Together!*

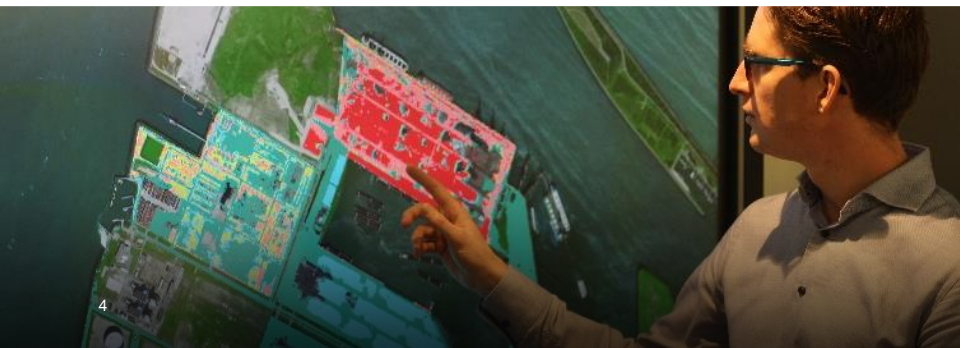


**6,000+**  
*Collega's*

Werken vanuit ongeveer  
**50**  
*vestigingen* wereldwijd

aan projecten in  
**100+**  
*landen*

**Top-3 ingenieursbureau** Nederland (Cobouw)  
**Wereldwijd #38** (Engineering News-Record magazine)



## ONZE WAARDEN

- Mensen op de eerste plaats
- Het (on)mogelijke onderzoeken
- Samen groeien
- Het goede voorbeeld geven

# WHERE WE LEAD



Aviation & Intermodal transport



Renewable energy and decarbonisation of industry



Climate resilience



Sustainable mobility



Data centres



Tunnels and structures



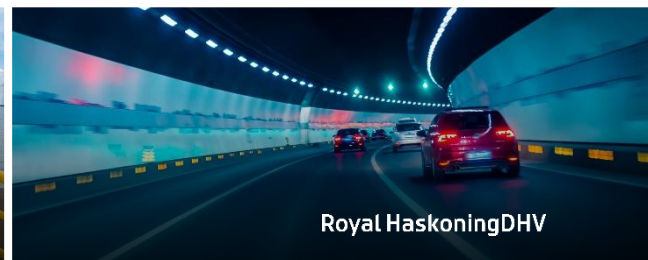
Light industry



Water technology



Maritime



Royal HaskoningDHV



# Voorstellen

## *Projectmanager: Karel Vis*



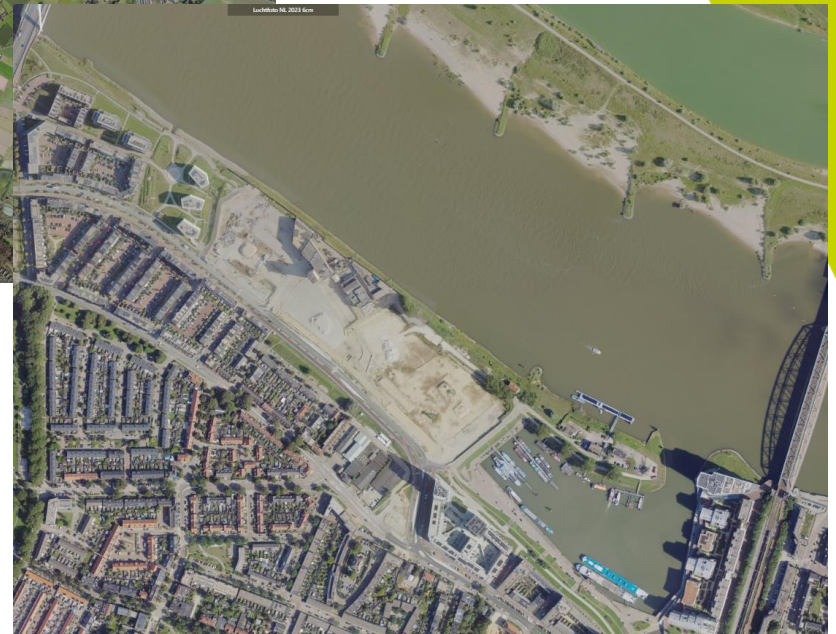
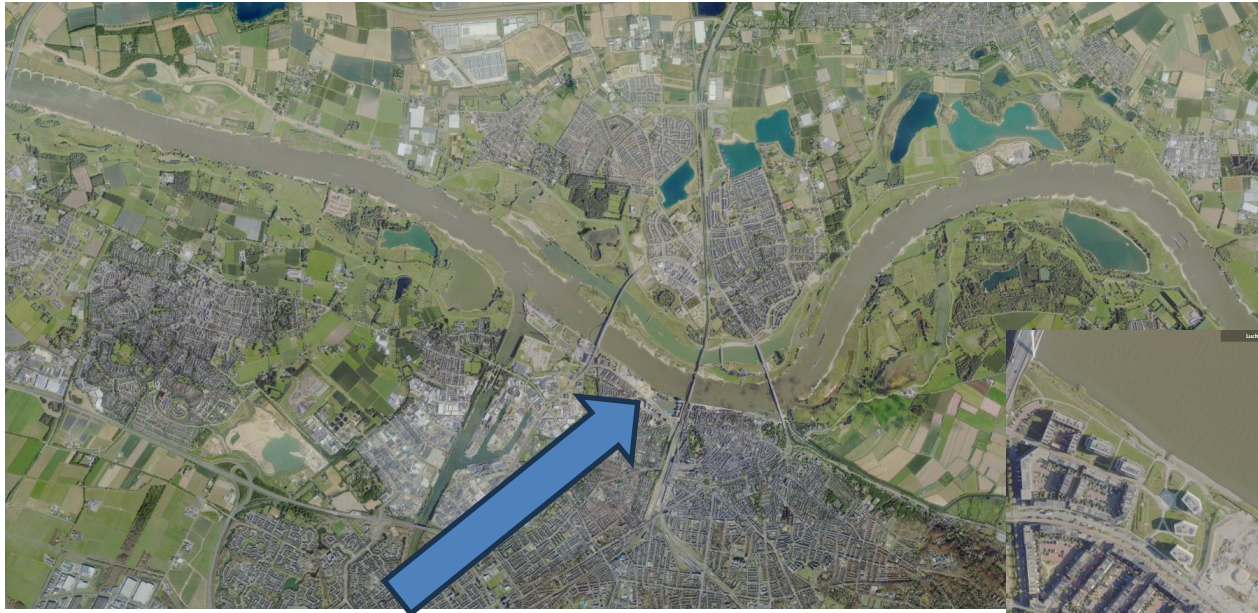
- Projectmanager vanuit de techniek
- Constructieve achtergrond
- Ruime ervaring met civiele kunstwerken: bruggen, sluizen, waterkeringen en dijkverbeteringen

## *Geotechnical lead: Thomas Viehofer*

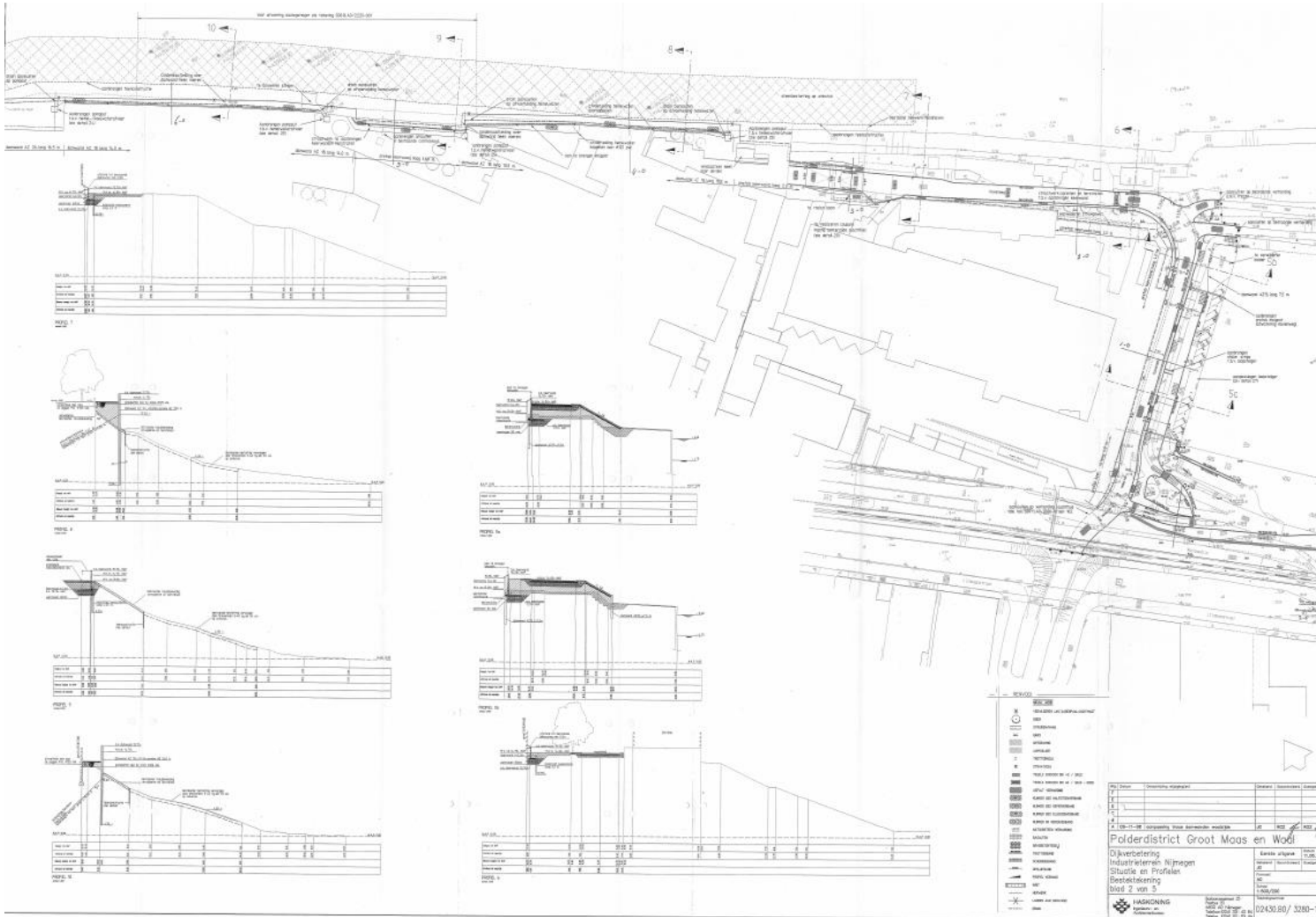


- Ontwerpleider dijken en geotechnisch adviseur
- Ruime ervaring met waterkeringen en dijkversterkingen
- Oog voor detail en kwaliteit
- Praktisch

# Locatie werkzaamheden



# Huidige situatie





# Overzicht werkzaamheden Waalfront





# Fort Kraaijenhoff





# Fort Kraaijenhoff





# Fort Kraaijenhoff





# Toelichting Waalkwartier bouwblokken 4, 5 en 6



- Huidige keringhoogte: NAP + 15,7 m
- Hoogst waterstand gemeten in 1995 is NAP + 13,6 m
- Toekomstig: PVVR hoogte nieuwe waterkering naar NAP + 16,7 m
- WBN\_PVVR is NAP + 16,2 m

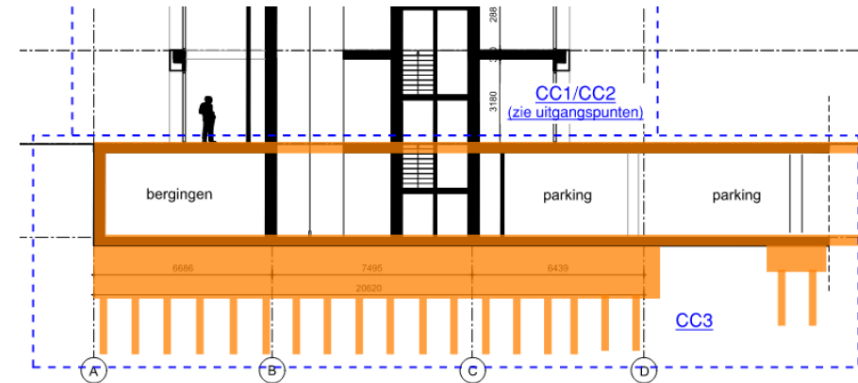


# Dubbelfunctie parkeerkelder onder woonblokken 4, 5 en 6



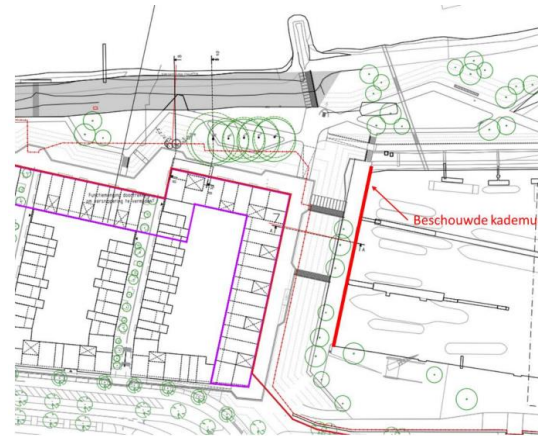
Figuur 1-1 Deel bebouwing Waalkwartier waarvoor dubbelfunctie (wonen en waterkeren) geldt (zie rood omlijnd gebied)

- Dubbelfunctie: wonen en waterkeren
- Vergelijking bouwbesluit – waterwet
- Groene versie WOWK (2018)
- Referentieperiode: 100 jaar
- MTK dijkkring 41-1: 1/10.000e per jaar
- Toetsspoor: macrostabiliteit binnenwaarts
- Faalkanseis op dsn-niveau -> vereiste  $\beta$
- Vereiste  $\beta$  -> CC3 Eurocode

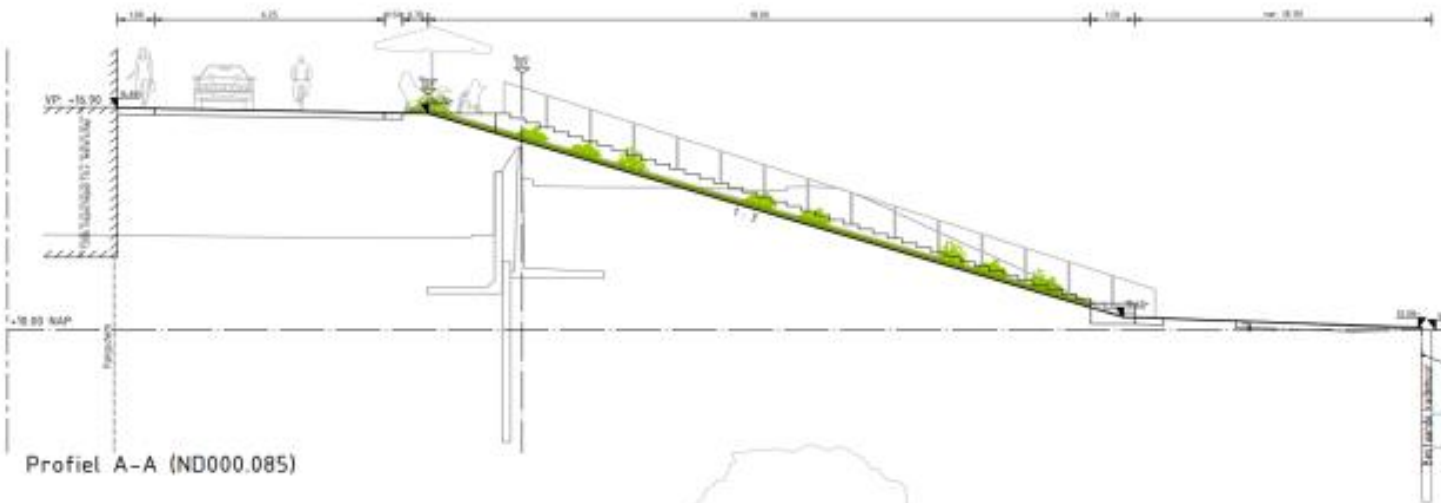


# Doorsnede waalhaven

- Huidige en toekomstige situatie
- Buitentalud nieuwe situatie 1:3 met groen aanzicht (grasbekleding)



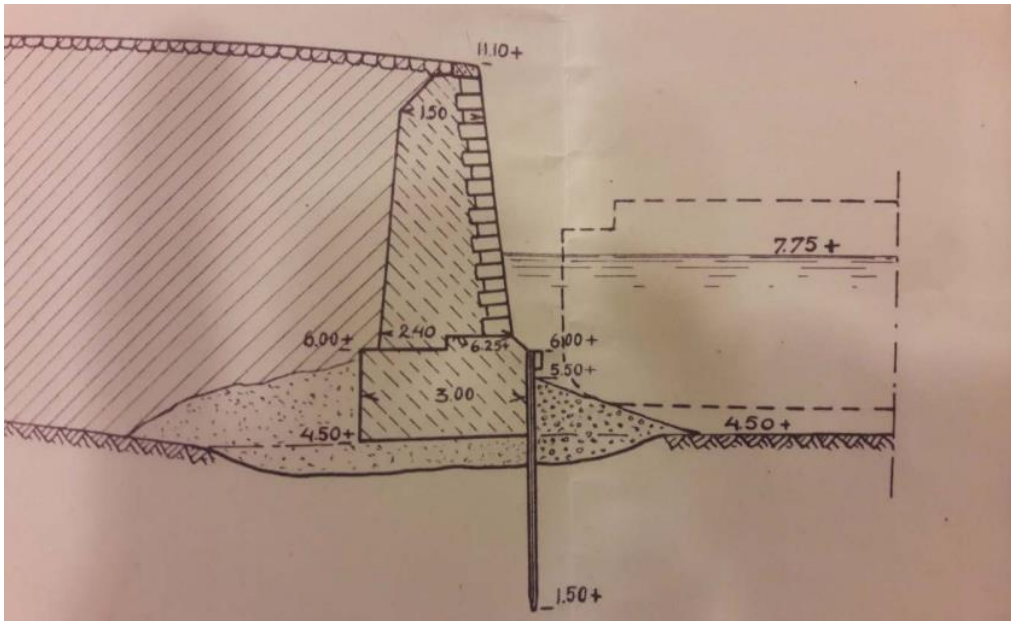
Figuur 2 Locatie beschouwde kademuur (rood)



Figuur 2 Dwarsdoorsnede van oude en nieuwe maaiveld met actieve grondwig ingetekend (lijn 1:3)

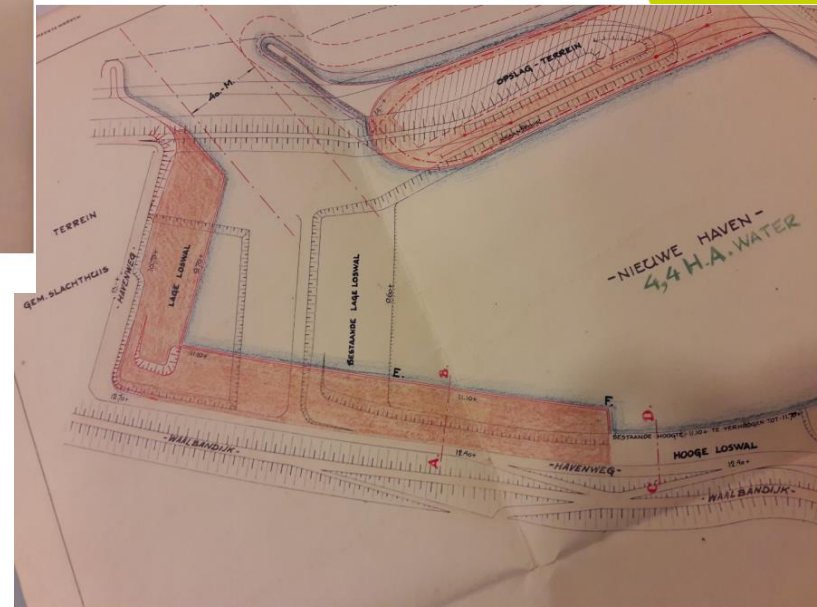


# Lage kademuur – bouwjaar 1926



Figuur 4 Dwarsdoorsnede kademuur Waalhaven

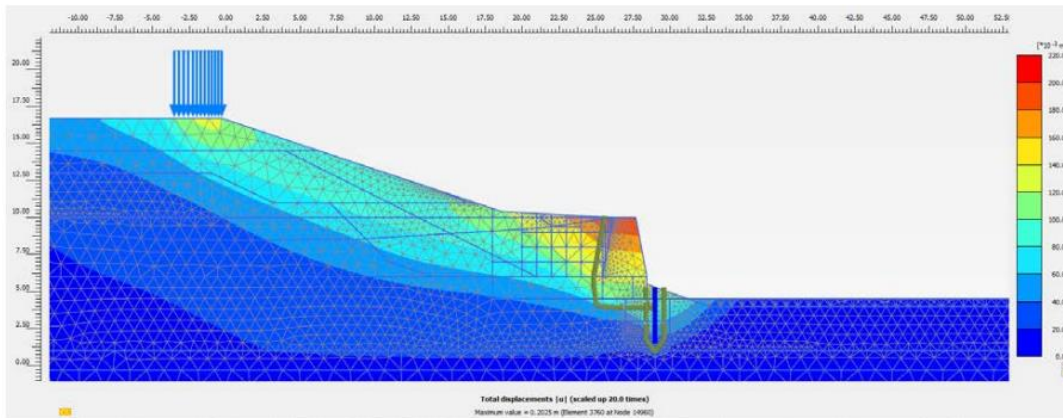
- Bestaande kademuur met beschermd stadsaanzicht
- Gewichtconstructie
- Houten damwand wordt vervangen door stalen damwand



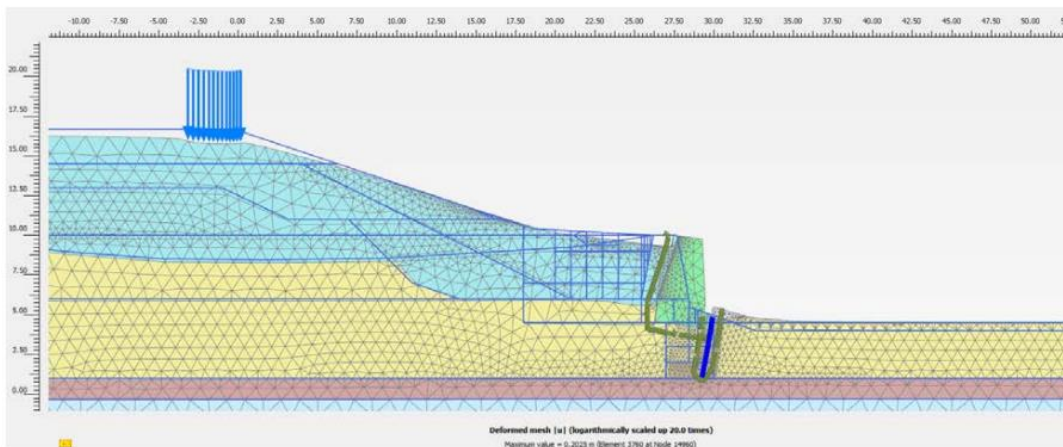
Figuur 5 Boveenaanzicht constructies Waalhaven



# Stabiliteit bestaande kademuur



Figuur 11 Maatgevende glijvlak

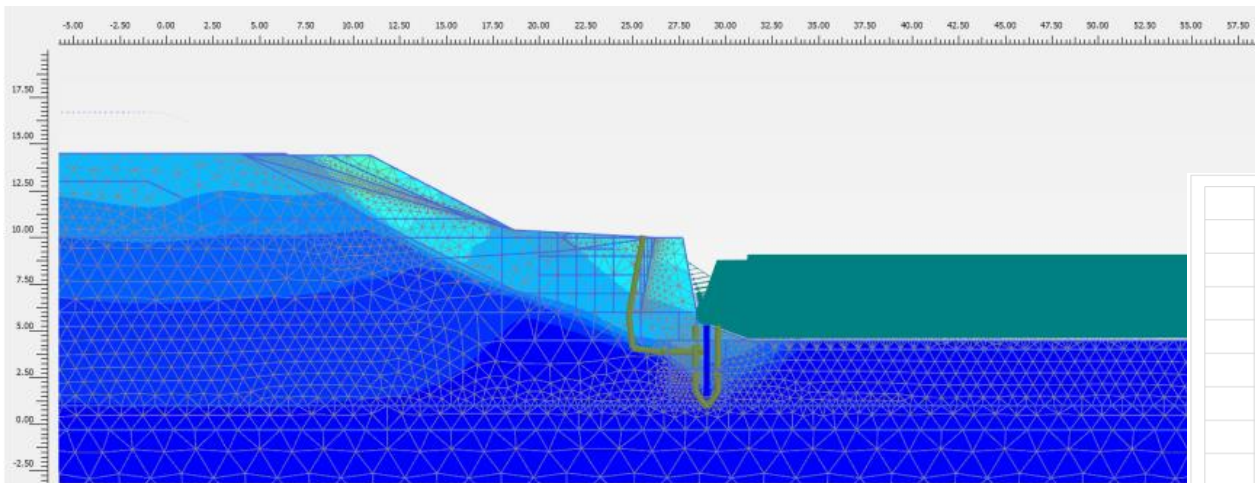


Figuur 12 Vervormde geometrie met gekantelde kademuur

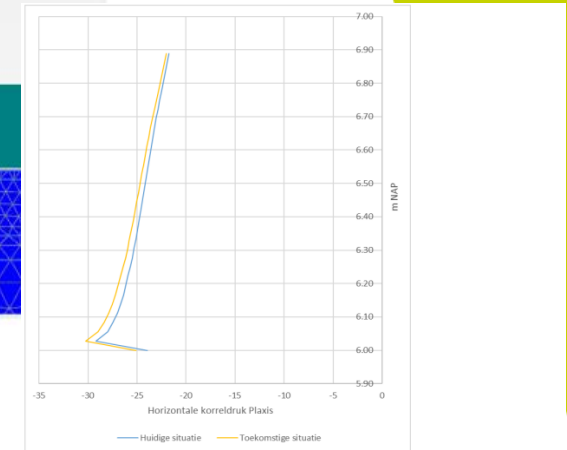
Conclusie Plaxis analyse:

- Onvoldoende stabiliteit conform huidige normen
- Kantelstabiliteit in UGT ontoereikend

# Spanningstoename op kadewand



Figuur 3 Maatgevende glijvlak



Figuur 4 Vergelijk horizontale korreldruk voor en na aanpassing maaiveld op interface

## ■ Conclusies:

- Spanningstoename op historische kademuur door voorziene aanpassingen waterkering verwaarloosbaar
- Stabiliteit onder BGT omstandigheden orde grootte vergelijkbaar
- Geen verslechting huidige situatie / bewezen sterkte / rechte verkregen niveau

# Kans op inundatie achterland uitgesloten

Conservatieve benadering afslag profiel na mogelijk bezwijken kademuur Waalhaven

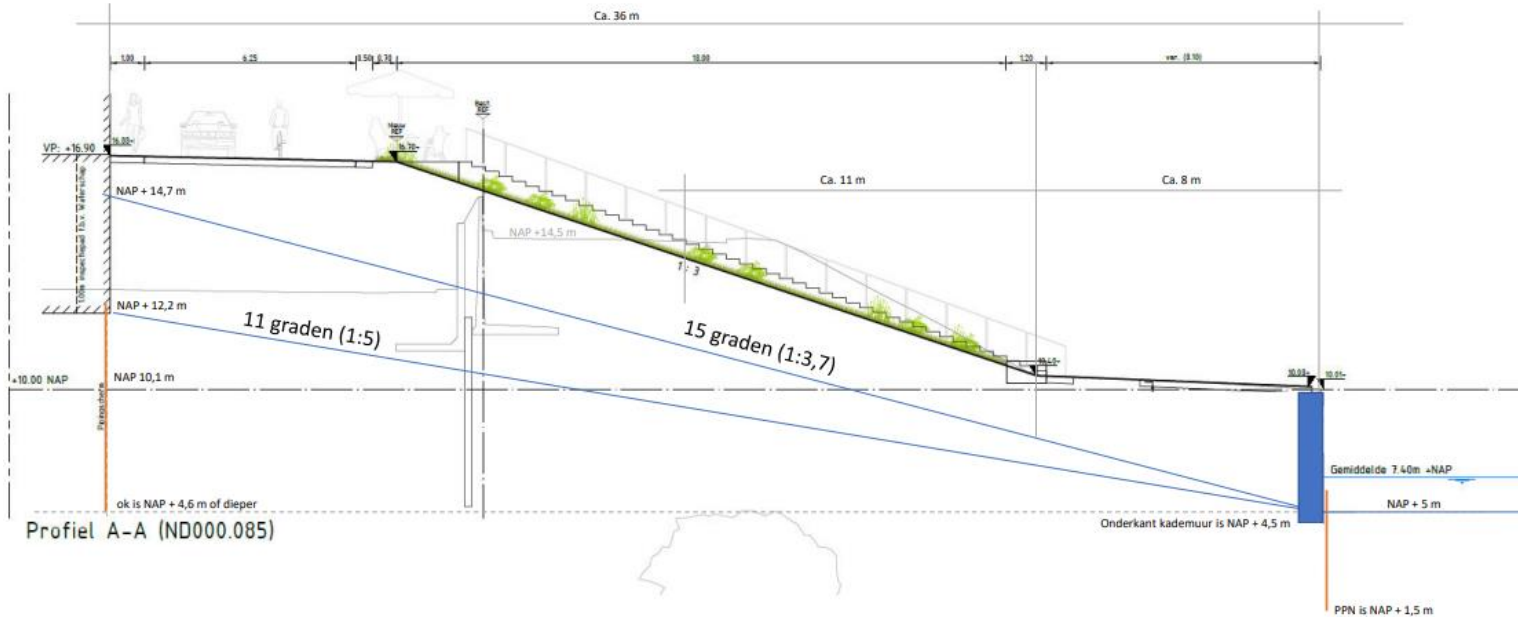


Table 1 Typical side slopes for various soil types: underwater slopes

Soil type	Side slope	
	Still water	Active water
Rock	Nearly vertical	Nearly vertical
Stiff clay	45°	45°
Firm clay	40°	35°
Sandy clay	25°	15°
Coarse sand	20°	10°
Fine sand	15°	5°
Mud and silt	10° to 1°	5° or less

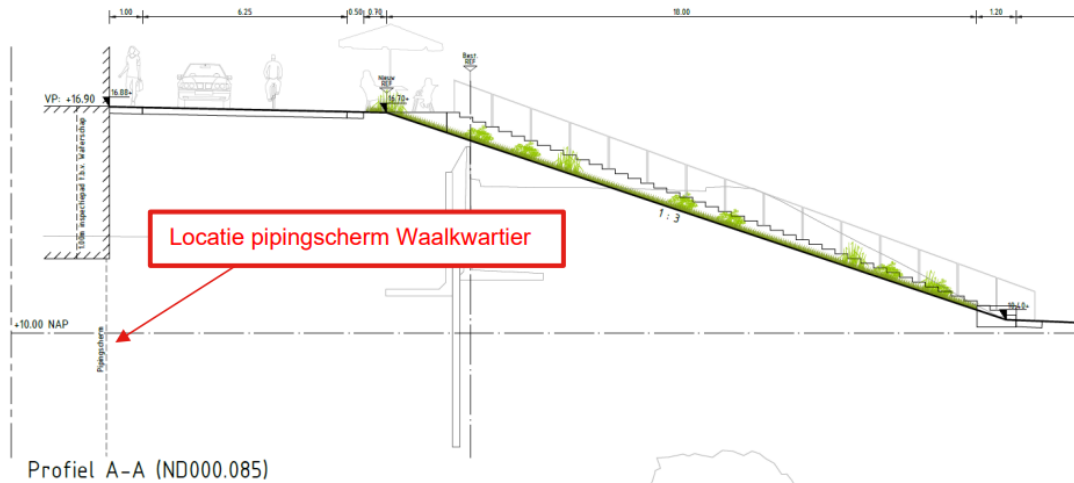
# Pipingontwerp



Figuur 2-1 Trajecten met afwijkende lengte en aanbrengniveau 's pipingscherm

Tabel 1 Ontwerp pipingscherm woonblokken 4, 5 en 6 Waalkwartier

Traject	Kleur	Onderkant Pipingscherm [m + NAP ]	Bovenkant Pipingscherm [m + NAP ]	Lengte pipingscherm [m]
A	Rood	+ 0,5	+13,0 <sup>1)</sup>	Ca. 12,5
B1	Blauw (donker)	+ 1,8	Keldervloer	Ca. 11 <sup>2)</sup>
B2	Blauw (middel)	+ 3,2	Keldervloer	Ca. 9,6 <sup>2)</sup>
B3	Blauw (licht)	+ 4,6	Keldervloer	Ca. 8,2 <sup>2)</sup>
C	Groen	+ 9,0	Keldervloer	Ca. 3,8 <sup>2)</sup>
D	Paars	Nog te bepalen	Nog te bepalen	Nog te bepalen

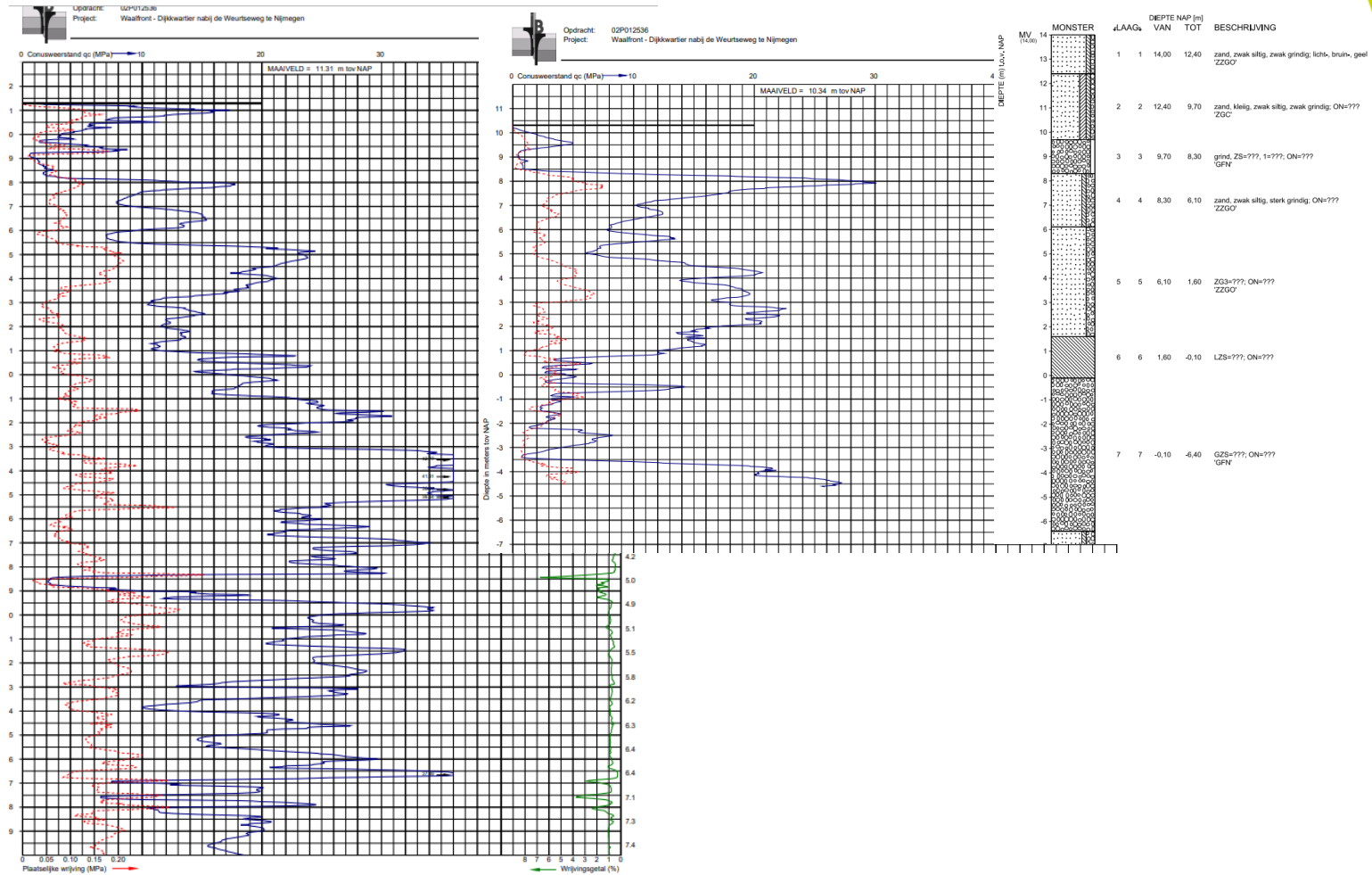


Profiel A-A (ND000.085)  
Figuur 2-2 Locatie verticaal pipingscherm in dwarsprofiel ND0.085

- Piping-/heavescherm: stalen damwand aansluitend op keldervloer
- K&L kruising met jetgroot-kolommen



# Typische sonderingen en boring



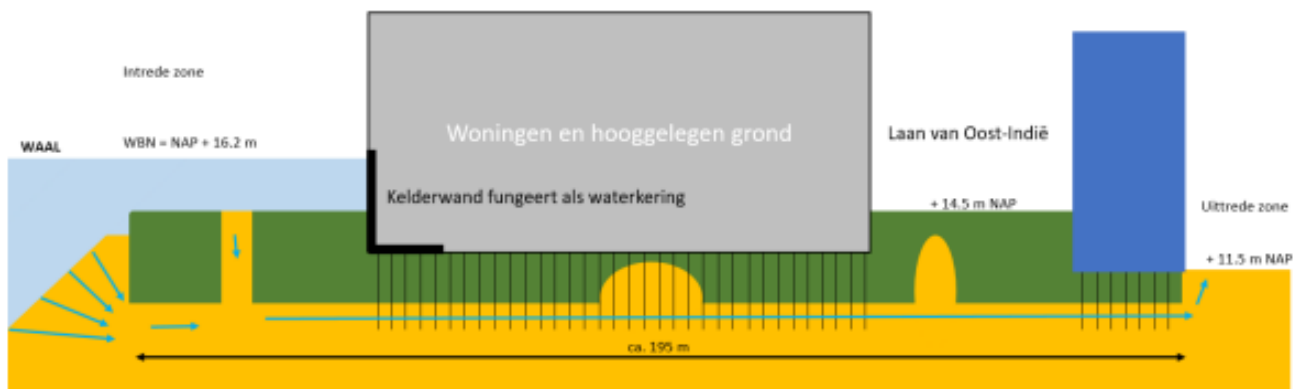
# Potentiële kwelwegen



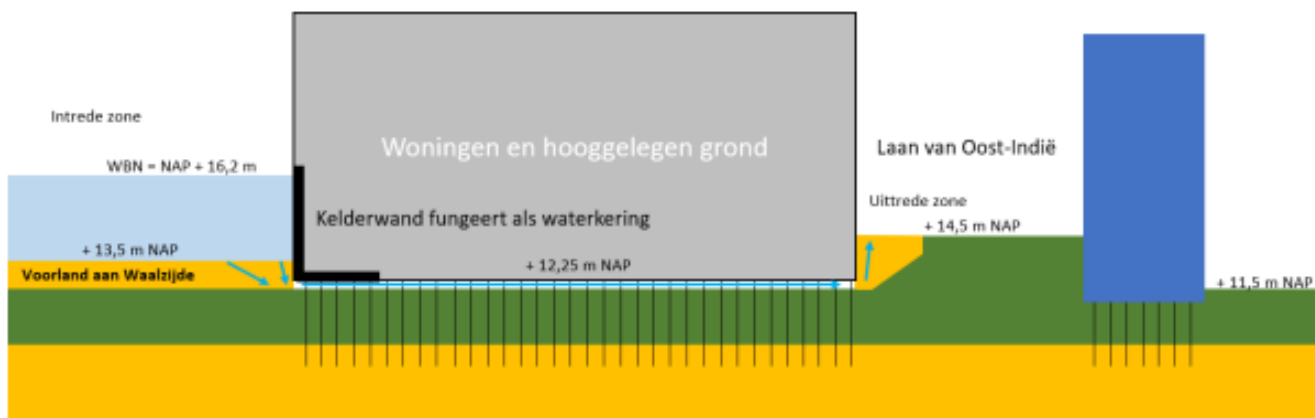
Figuur 1 Deeltrajecten piping-analyse Waalkwartier en maatgevende kwelwegen per deeltraject

Samenvattend kan worden gesteld dat er in totaal drie potentiële kwelwegen zijn te onderscheiden:

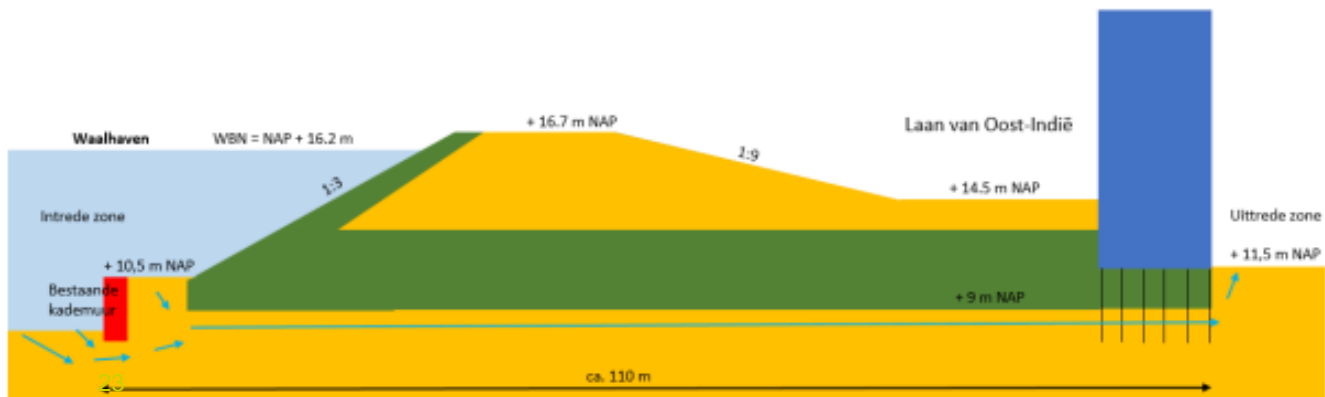
1. Traject A: vanuit Waal of ondergelopen hooggelegen voorland onder onderkant deklaag door naar het laaggelegen achterland
2. Traject A: vanuit ondergelopen hooggelegen voorland onder keldervloer bebouwing door naar de achterkant van de bebouwing en Laan van Oost Indië.
3. Traject B: vanuit Waalhaven of ondergelopen lage kade onder onderkant deklaag door naar het laaggelegen achterland



*Figuur 2 Potentiële kwelweg 1 - Traject A - onder deklaag naar laaggelegen achterland*



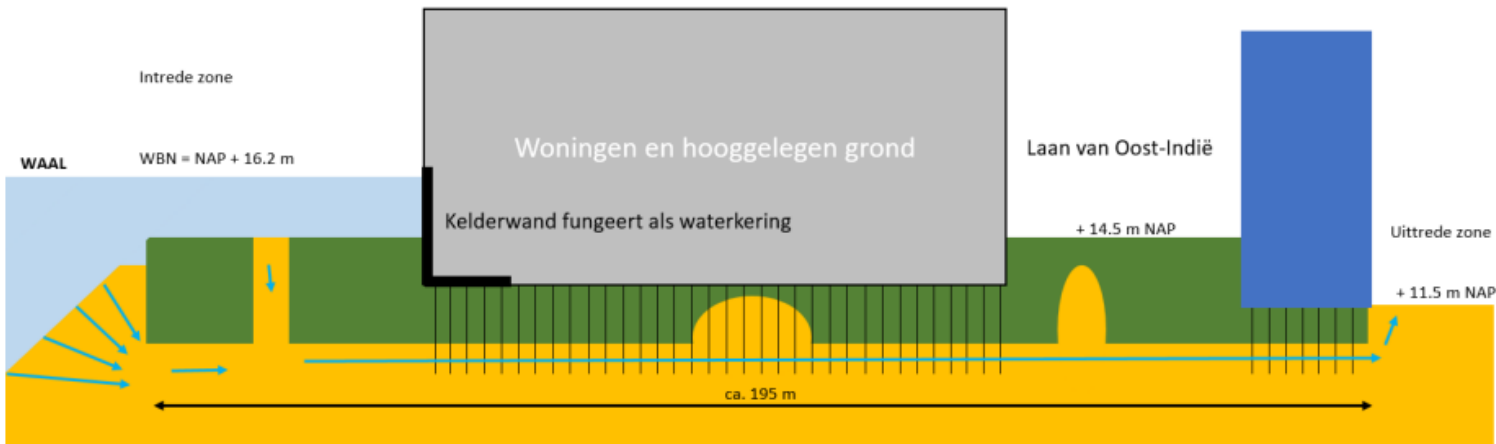
*Figuur 3 Potentiële kwelweg 2 - Traject A - onder bebouwing naar achterkant bebouwing en Laan van Oost Indië*



*Figuur 4 Potentiële kwelweg 3 - Traject B - onder deklaag naar laaggelegen achterland*

# Potentiële kwelwegen in dwarsprofiel

# Potentiële kwelweg vanuit Waal



Figuur 2 Potentiele kwelweg 1 - Traject A - onder deklaag naar laaggelegen achterland

## Toelichting scenario-analyse 'terugschrijdende erosie' voor kwelweg 1

De ongewisse uitgangspunten die als scenario zijn meegenomen in de gedetailleerde analyse van potentiële kwelweg 1 zijn:

1. Aanwezigheid van een deklaag in het achterland.
2. Dikte van het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket.
3. Aanwezige kwelweglengte (wel/geen intredepunt ter hoogte van hooggelegen voorland).



# Beschouwde scenario's terugschrijdende erosie (vlgS Sellmeijer)

Tabel 1 Scenario's analyse 'terugschrijdende erosie' volgens rekenregel van Sellmeijer voor potentiële kwelweg 1.

#	Scenario	Deklaag	Dikte wvp	Lengte kwelweg	Totaalkans
1	Geen deklaag, dun wvp, korte kwelweglengte	90%	60%	40%	21,6%
2	Geen deklaag, dun wvp, lange kwelweglengte	90%	60%	60%	32,4%
3	Geen deklaag, dik wvp, korte kwelweglengte	90%	40%	40%	14,4%
4	Geen deklaag, dik wvp, lange kwelweglengte	90%	40%	60%	21,6%
5	Wel deklaag, dun wvp, korte kwelweglengte	10%	60%	40%	2,4%
6	Wel deklaag, dun wvp, lange kwelweglengte	10%	60%	60%	3,6%
7	Wel deklaag, dik wvp, korte kwelweglengte	10%	40%	40%	1,6%
8	Wel deklaag, dik wvp, lange kwelweglengte	10%	40%	60%	2,4%
					100,0%

# Sellmeijer analyse horizontale kwelweglengte gebruik makend van scenario-analyse

Onderstaande Figuur: uitwerking knoop 5 o.b.v. verschillende scenario's conform aanpak WBI (TRAJECT A - potentiële kwelweg 1) - VOLDOET  
 Beta = 5.1 i.g.v. waterstand die hoort bij PVVR (= NAP + 16,2 m)  
 Beta = 5,6 i.g.v. waterstand die hoort bij 1/10.000e ondergrens en zichtjaar 2075 = NAP + 15,4 m

## Veiligheidsfactoren

Veiligheidsfactoren voor de basis-schematisatie

RD,m	n.v.t.	-	De invloed van de relatieve dichtheid is in de	
y,p	16	kN/m3	Volumegewicht zandkorrels onder water	Ref. 2
y,w	10	kN/m3	Volumegewicht van het water	Ref. 2

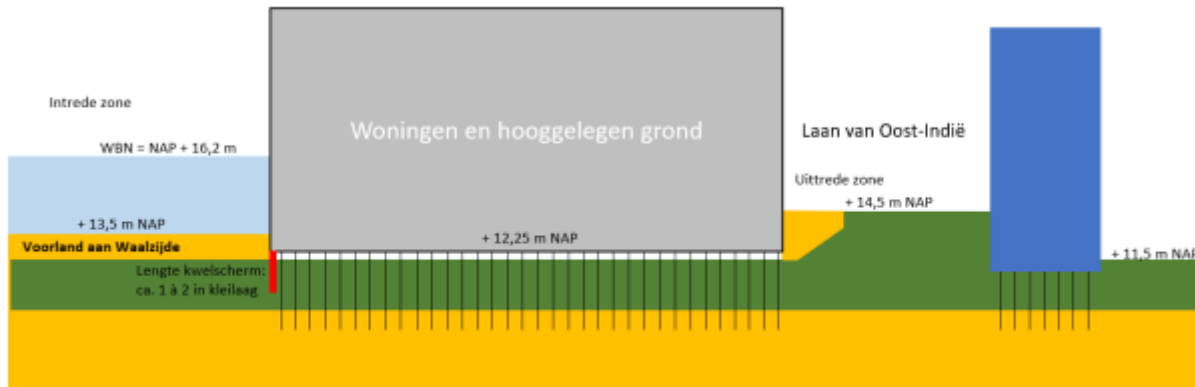
## Formule van Sellmeijer 2011

Situatie	MHW m NAP	h,p m NAP	DeltaH m	d m	D <sub>wvp</sub> m	xjntree	xjtree	k m/s	l <sub>h</sub> jaan m	k m/dag	yp kN/m3	yw kN/m3	rol n	d70 m	d70 μm	d70m [m]	kintr [-]	Fr [-]	Fs [-]	Fg [-]	yb -	ymp -	ΔH <sub>kritiek</sub> m	ΔH <sub>kritiek</sub> m	ΔH <sub>optr</sub> m	Deklaag %	Dikte wvp %	Lengte kwelweg %	Totaalkans %	90,0%	40,0%	10,0%
																														10,0%	60,0%	90,0%
1 Geen deklaag, dun wvp, korte kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	0,00	15,00	0,00	165,00	0,00093	165,00	80,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,09	1,6	1,0	1,26	7,07	5,59	4,7	90%	60%	40%	40%	21,6%	
2 Geen deklaag, dun wvp, lange kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	0,00	15,00	0,00	195,00	0,00093	195,00	80,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,08	1,7	1,0	1,26	8,23	6,51	4,7	90%	60%	60%	60%	32,4%	
3 Geen deklaag, dik wvp, korte kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	0,00	55,00	0,00	165,00	0,00071	170,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,1	1,2	1,0	1,26	5,90	4,67	4,7	90%	40%	40%	40%	14,4%	
4 Geen deklaag, dik wvp, lange kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	0,00	55,00	0,00	195,00	0,00071	195,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,09	1,2	1,0	1,26	6,66	5,27	4,7	90%	40%	60%	60%	21,6%	
5 Wel deklaag, dun wvp, korte kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	15,00	0,00	165,00	0,00093	165,00	80,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,09	1,6	1,0	1,26	7,07	5,59	4,4	10%	60%	40%	40%	2,4%	
6 Wel deklaag, dun wvp, lange kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	15,00	0,00	195,00	0,00093	195,00	80,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,08	1,7	1,0	1,26	8,23	6,51	4,4	10%	60%	60%	60%	3,6%	
7 Wel deklaag, dik wvp, korte kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	55,00	0,00	165,00	0,00071	165,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,1	1,2	1,0	1,26	5,75	4,55	4,4	10%	40%	40%	40%	1,6%	
8 Wel deklaag, dik wvp, lange kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	55,00	0,00	195,00	0,00071	195,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,09	1,2	1,0	1,26	6,66	5,27	4,4	10%	40%	60%	60%	2,4%	
9 Geen deklaag, dik wvp, korte kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	0,00	55,00	0,00	165,00	0,00071	170,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,1	1,2	1,0	1,26	5,90	4,67	4,7	90%	40%	40%	40%	14,4%	
4 Geen deklaag, dik wvp, lange kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	0,00	55,00	0,00	195,00	0,00071	195,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,09	1,2	1,0	1,26	6,66	5,27	4,7	90%	40%	60%	60%	21,6%	
5 Wel deklaag, dun wvp, korte kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	15,00	0,00	165,00	0,00093	165,00	80,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,09	1,6	1,0	1,26	7,07	5,59	4,4	10%	60%	40%	40%	2,4%	
6 Wel deklaag, dun wvp, lange kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	15,00	0,00	195,00	0,00093	195,00	80,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,08	1,7	1,0	1,26	8,23	6,51	4,4	10%	60%	60%	60%	3,6%	
7 Wel deklaag, dik wvp, korte kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	55,00	0,00	165,00	0,00071	165,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,1	1,2	1,0	1,26	5,75	4,55	4,4	10%	40%	40%	40%	1,6%	
8 Wel deklaag, dik wvp, lange kwelweglengte	16,20	11,50	4,7	1,00	55,00	0,00	195,00	0,00071	195,00	61,0	16,00	10,00	37	0,25	0,00030	300	0,00021	1E-10	0,3014	0,09	1,2	1,0	1,26	6,66	5,27	4,4	10%	40%	60%	60%	2,4%	

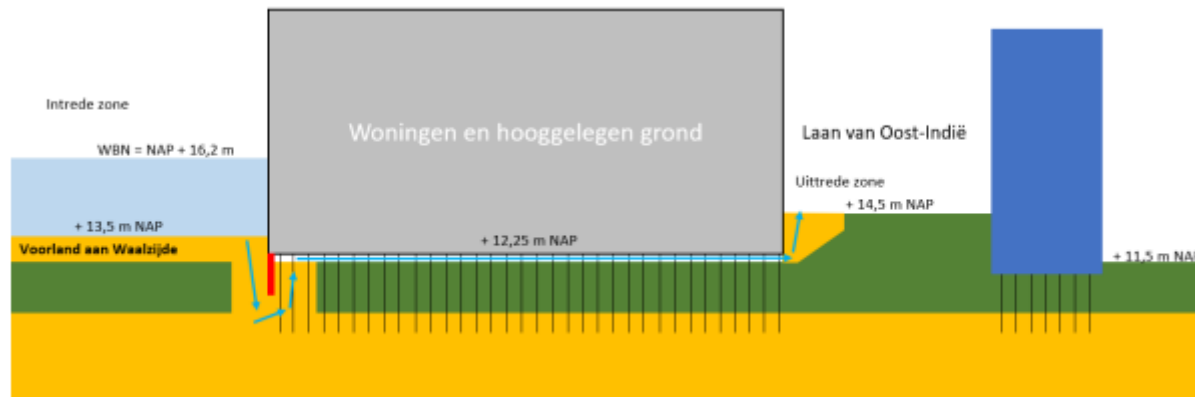
BetaNorm	3,72
Trajectlengte	12,6
N	38,80
FaalkanseisDoorsnede	6,19E-07
BetaEis	4,85

Fp	Beta	Faalkans	Product faalkans scenariokans	Som Faalkansen	FaalkansDoorsnede	Ucfaalkans	BetaSomFaalkansen	BetaEis	UCBeta	
1,50	5,32	5,18E-08		1,12E-08	1,46E-07	6,19E-07	0,24	5,13	4,85	0,95
1,75	5,73	5,05E-09		1,64E-09						
1,26	4,83	6,80E-07		9,80E-08						
1,42	5,16	1,25E-07		2,70E-08						
1,61	5,50	1,91E-08		4,59E-10						
1,87	5,91	1,74E-09		6,26E-11						
1,31	4,94	3,94E-07		6,31E-09						
1,51	5,34	4,76E-08		1,14E-09						

# Maatregel om kortsluiting onder bebouwing te voorkomen



Figuur 8 Maatregel om kortsluiting via spleet onder bebouwing te voorkomen – in geval van doorlopende deklaag



# Tot slot

- Behoud bestaande bomen
- Waar en onder welke omstandigheden zijn nieuwe bomen toegestaan
- Geen standaard werk
- Naast de nodige uitdagingen ook kansen benut tot optimalisatie ontwerp
- Goede afstemming tussen de verschillende partijen is key voor een gedragen en daarmee succesvol ontwerp



# Rondvraag

