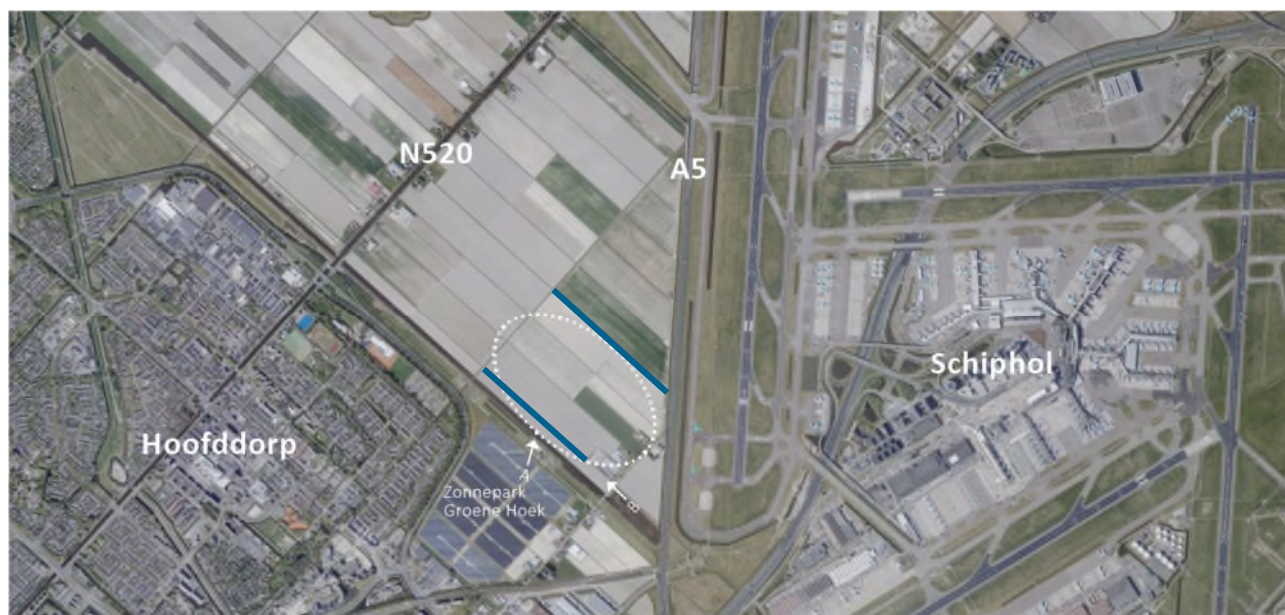


Memo

memonummer	472423.100 Opbarstberekeningen Zonnepark Haarlemmermeer	
datum	29 juli 2021	
aan	K. van Dijk	Vattenfall Duurzame Energie N.V.
van	V. Verdonk	Antea Group
gecontroleerd	M. Stark	Antea Group
	P. Leemans	Antea Group
vrijgave	E. Matla	Antea Group
project	Zonnepark Haarlemmermeer	
projectnr.	0472423.100	
betreft	Opbarstberekeningen watergangen	

1 Algemeen

Vattenfall en gemeente Haarlemmermeer zijn voornemens een zonnepark te realiseren in de Haarlemmermeerpolder ten noorden van de kern Hoofddorp zoals weergegeven in figuur 1-1. Voorgenomen is om de watergangen aan de zuidwestzijde en noordoostzijde te verbreden van ca. 2 m naar 4 m en om de watergangen te voorzien van rietoevers. De waterdiepte wordt daarbij vergroot van 0,1 m naar 0,25 m.



figuur 1-1: Projectlocatie zonneakker hoofddorp A5 in wit gestippeld, te verbreden watergangen met blauwe lijnen

1.1 Doel

Door het vergraven van de deklaag neemt de neerwaartse druk af en bestaat het gevaar dat bij gelijkblijvende opwaartse druk de waterbodem gaat opbarsten. Een opbarstberekening moet worden uitgevoerd om aan te tonen of opbarsten plaatsvindt. In een tijdelijke situatie is er ook een retourbemaling in deze omgeving, waardoor de stijghoogte in het watervoerende pakket tijdelijk hoger ligt. In deze memo worden meerdere opbarstberekeningen uitgevoerd waarna wordt ingegaan op de haalbaarheid van de voorgenomen graafwerkzaamheden. Hierbij wordt rekening gehouden met de aangerekte uitgangspunten van het hoogheemraadschap van Rijnland:

- Bij de berekening moet rekening worden gehouden met bronbemaling/infiltratie van project Hydepark.
- De waterdiepte van de te verbreden sloten is momenteel 0,1 meter diep, na verbreding moet de sloot een diepte van minimaal 0,25 m bedragen.

1.2 Raakvlakdocumenten voor deze memo

Deze memo sluit aan bij andere documentatie rondom dit project. Dit zijn:

- Landschappelijke inpassing (2021), Zonnepark Hoofddorp A5; Referentie: IND-0467135-02, 15-06-2021, CB5.
- CRUX Engineering (2020), Bemalingsadvies Hyde Park, Referentie: versie 2.
- NEN (2017), Geotechnisch Ontwerp van constructies- deel 1: Algemene regels, Referentie: NEN 9997-1+C2.
- TAW (1999), Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen.

Hiernaast is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- Legger Hoogheemraadschap van Rijnland
- Dinoloket

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor de opbarstberekeningen vermeld.

2.1 Algemene Uitgangspunten

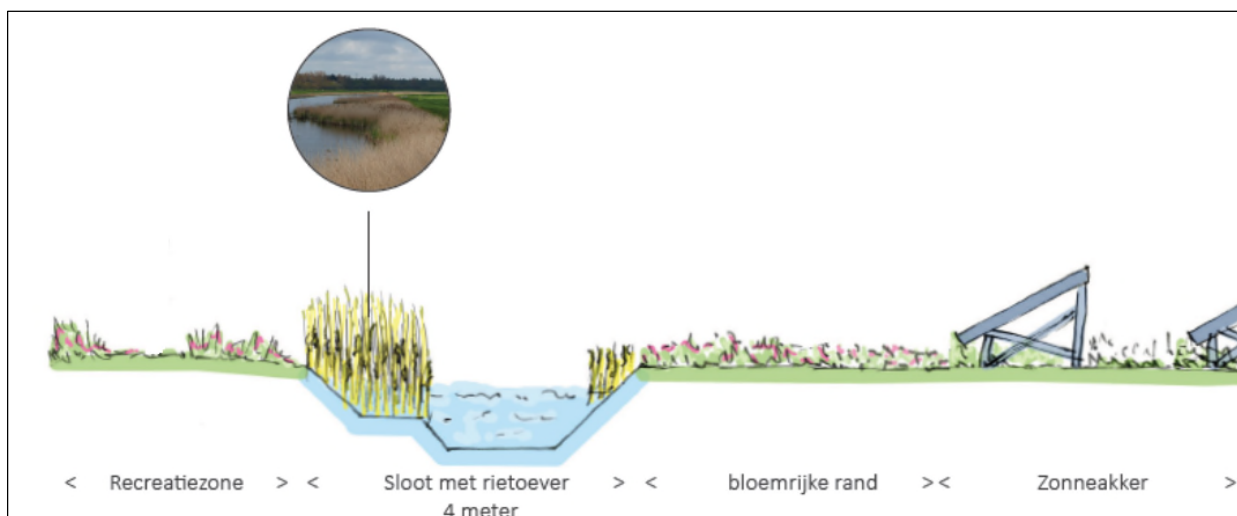
Het uitgangspunt van de berekeningen is dat de sloot een breedte heeft van 4 m zoals voorgenomen in het landschappelijke inpassingsdocument. Getoetst wordt of er sprake is van een aanvaardbaar opbarstrisico bij een waterdiepte van 0,25 m. Indien de bodem bij deze waterdiepte niet opbarst is bepaald bij welke dieper gelegen waterdiepte dit risico optreedt.

2.2 Geometrie

Door de opdrachtgever is een profiel aangeleverd waarin de beoogde situatie is weergegeven voor zowel de noordoost- als zuidwestzijde (zie figuur 2-1). De maaiveldhoogte op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3) varieert tussen de NAP -4,4 m en de NAP -4,8 m. De maximale ontgraving vindt plaats ter plekke van de oude watergangen waar een waterdiepte van 25 cm wordt gerealiseerd, hier wordt ontgraven van NAP -6,12 m tot een diepte van NAP -6,27 m. Uit de legger van het hoogheemraadschap van Rijnland en de aangeleverde profielgegevens zijn de breedte van de slootbodem, de taludhelling en het bodemniveau afgeleid voor de geometrie van de watergang, deze zijn opgenomen in tabel 2-1.

Tabel 2-1: De slootbodem, taludhelling, bodemniveau en het waterpeil in de sloot

Breedte slootbodem	Talud	Bodemniveau huidig	Bodemniveau beoogd	winterpeil
m		m NAP		
4	1:1	-6,12	-6,27	-6,02



figuur 2-1: Beoogd slootprofiel na verbreding en aanleg rietoever

2.3 Grondwaterstanden

2.3.1 Bodemkaart van Nederland

De bodem ter plaatse van het werkgebied bestaat uit kalkrijke poldervaaggronden van lichte zavel en klei. Op basis van de grondwatertrappenkaart is de noordelijke sloot gelegen in grondwatertrap 'VI'. Hier is de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) tussen de 0,4 en 0,8 m -mv. en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) meer dan 1,2 m -mv. Voor de zuidelijke sloot is een grondwatertrap 'VII' vastgesteld, hier is een GHG gedefinieerd tussen de 0,8 en 1,2 m -mv. Hierbij moet worden opgemerkt dat de bodemkaart gedateerd is en dat in de huidige situatie de grondwaterstanden anders kunnen zijn.

2.3.2 DINOlaket

Voor deze opbarstberekening zijn de beschikbare boringen en peilbuizen uit Dinolaket geraadpleegd om een analyse te doen van de bodemopbouw en de stijghoogten. Rond de tracédelen staan enkele peilbuizen. De extreme grondwaterstanden zijn samengevat in tabel 2-2.

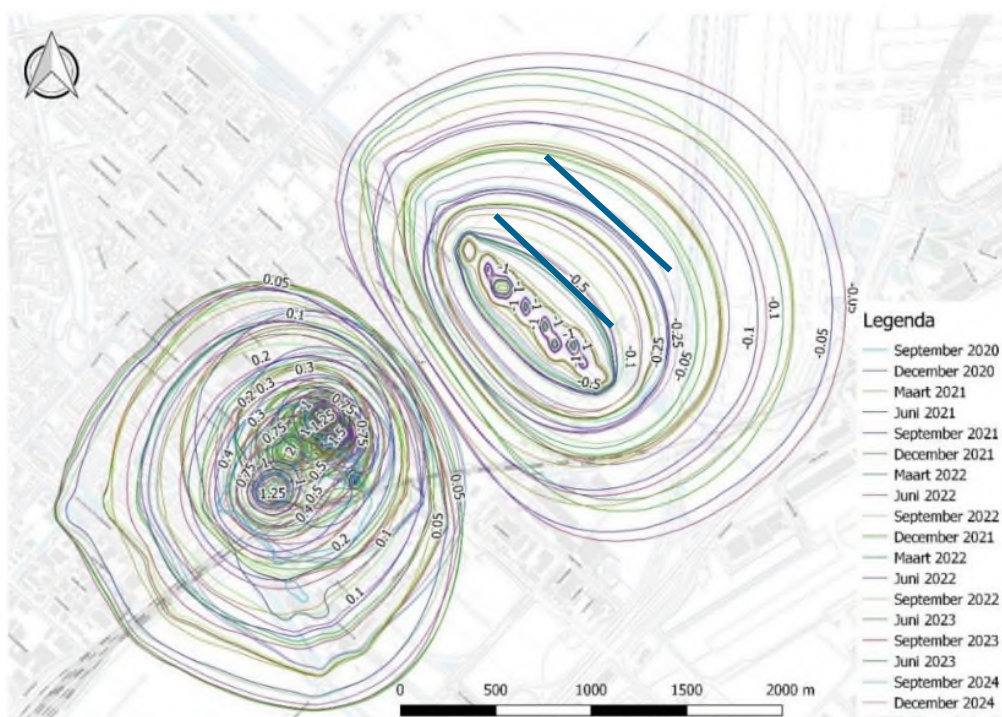
Tabel 2-2: Gemeten grondwaterstanden in de omgeving van het plangebied

Peilbuis	Filterdiepte	Maaiveld	GLG	GHG
	m- mv.		m NAP	
B25D0594001	-7,6 – -8,6	-4,0	-6,0	-4,9
		-4,1		
B25D0594002	-21,6 – -22,6	-4,0	-5,5	-4,6
		-4,1		
B25C0430001	-5,9 – -6,4	-4,4	-5,9	-5,4
B25C0293001	-6,0 – -7,0	-4,2	-5,9	-5,4
		-4,3		
B25C0293002	-33,2 – -34,2	-4,2	-6,0	-5,7
		-4,3		
B25C0293003	-58,2 – -59,2	-4,2	-6,0	-5,5
		-4,3		

Voor het watervoerende pakket kan dus op de locatie een maatgevende GHG van NAP -4.9 m worden aangehouden.

Bemaling Hyde Park

Voor de bemaling en retournering in het watervoerend pakket vanuit het nabijgelegen Hyde Park is in het beschikbaar gestelde bemalingsplan een invloedsgebied bepaald. De verlaging en verhoging van de stijghoogte gedurende de werkzaamheden ter plekke van het zonnepark zijn weergegeven in figuur 2-2. Hierbij zijn de westelijke lijnen verlaginglijnen door de bemaling. De oostelijke lijnen zijn verhogingen door de retournering van het bemalingswater. In verschillende fasen (september 2020 t/m december 2024) zijn verschillende verhogingslijnen van toepassing. Als gevolg van de voorgenomen werkzaamheden neemt de stijghoogte maximaal met circa 0,5 meter toe bij de zuidwestelijke watergang. Bij de noordoostelijke watergang is de verhoging van de stijghoogte veel kleiner, tussen 0,10 à 0,25 m (afhankelijk van de fase).



figuur 2-2: Verlagen en verhogen als gevolg van de bemaling en retourneren in het watervoerend pakket (bron: CRUX Engineering, 2020)

Als maatgevend is een 'worst case' verhoging van de stijghoogte van 0,8 m gehanteerd.

Conclusie grondwaterstanden

Meetpunten met peilbuizen geven een aanwijzing van de waargenomen grondwaterstand met de verwachte fluctuatie. Op basis van de afgeleide grondwaterstanden en de werkzaamheden bij het nabijgelegen Hyde Park zijn de volgende waarden voor deze rapportage afgeleid:

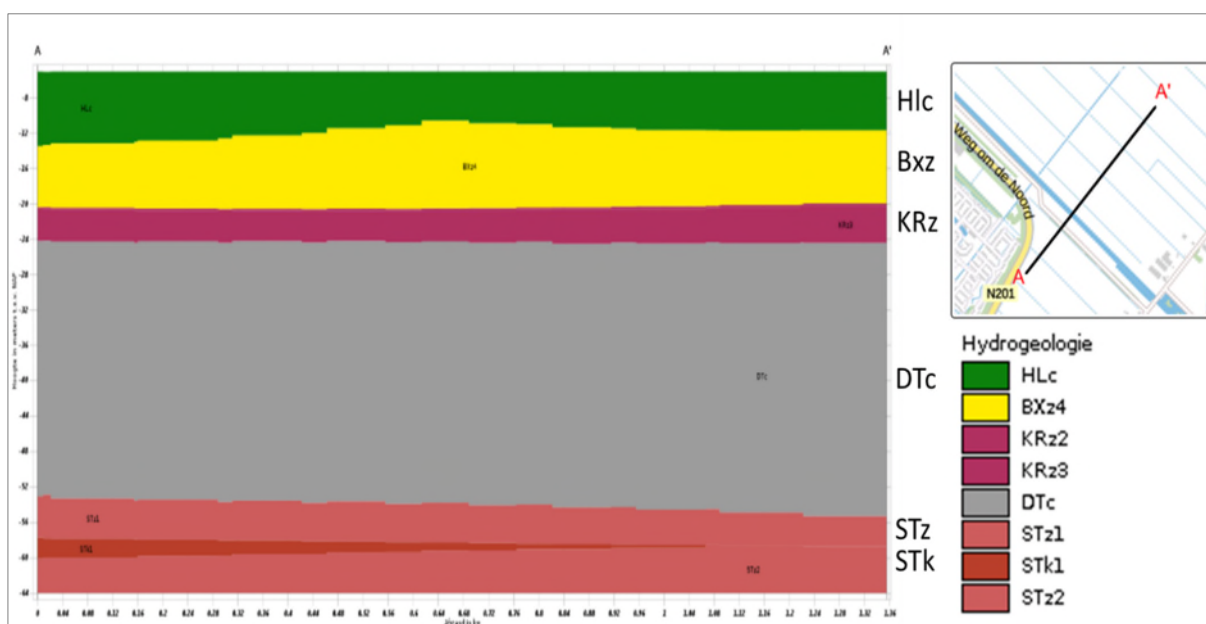
- GHG : NAP -4,1 m (worst case met retourbemaling)
: NAP -4,9 m (normale situatie)
- GLG : NAP -6,0 m

2.4 Bodemopbouw en (geo)hydrologie

2.4.1 Regionale bodemopbouw op basis van REGIS II (TNO)

De diepere bodemopbouw is in figuur 2-3 weergegeven als hydrogeologisch profiel volgens REGIS II v2.2. In dit profiel zijn de lagen aangeduid als de stratigrafische eenheid waartoe zij behoren en de aard van de afzettingen waaruit zij bestaan.

Voor de bovenste holocene deklaag zijn in REGIS geen parameterwaarden (c-waarden, k-waarden, k0-waarden) aanwezig. Voor de verschillende zandige formaties zijn in REGIS k_h -waarden en k_0 -waarden opgenomen. Voor de kleiige formaties zijn k_v -waarden en c-waarden vermeld.



Figuur 2-3: Geohydrologische bodemopbouw (bron: REGIS II)

In figuur 2-3 is te zien dat vanaf het maaiveld tot en met NAP –11 m tot NAP –13 m een holocene deklaag aanwezig is. Voor deze deklaag zijn geen doorlatendheden bekend zijn i.v.m. de afwisseling tussen zand-, klei- en veenlagen. De diepere ondergrond ter plaatse van de werklocatie bestaat uit zandlagen van de formaties Boxtel tot circa NAP –21 m en Kreftenheye tot circa NAP –24 m. Hieronder volgt een gestuwde afzetting tot circa NAP –54 m. Op basis van de regionale beschrijving van de bodemopbouw heeft de holocene deklaag een dikte van circa 4,7 m onder het beoogde slootpeil (NAP –6,27 m).

2.4.2 DINOLOKET

Om een beeld te krijgen van de diepere bodemopbouw is een maatgevende grondboring B25C0316 en een viertal sonderingen (CPT62869, CPT62870, CPT64468 en CPT64469) van het DINOLOKET geraadpleegd. Voor de opbarstberekeningen is uitgegaan van een volumegewicht van de deklaag voor veen van 12 kN/m³ en klei 17 kN/m³. Voor de grondlagen aan weerszijden van de sloot boven de ontgraving is als conservatieve benadering veen beschouwd conform grondboring B25C0316. Grondlagen zijn beschouwd tot het eerste watervoerende pakket en opgenomen in bijlage 1.

3 Opbarstberekeningen

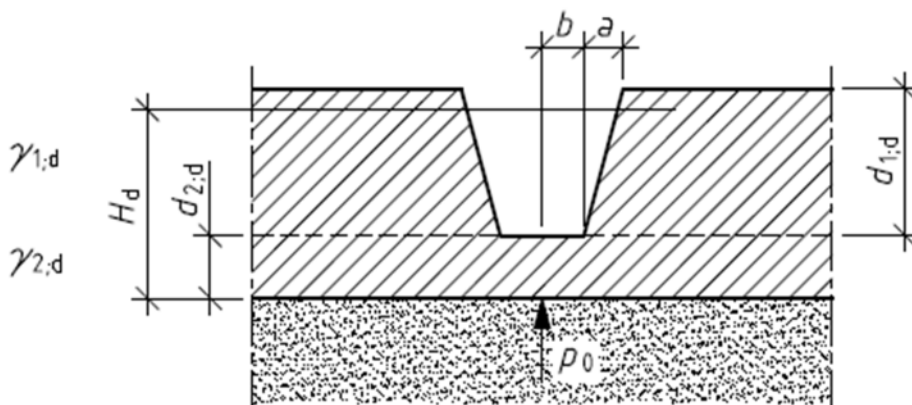
3.1 Berekeningsmethode

Gekozen is om de opbarstveiligheden te bepalen volgens de methode NEN 9997-1 met een belastingfactor $\gamma_{G;stb} = 0,90$ conform Tabel A.15 NEN-EN 9997-1. Hierdoor is het de invloed van de sloottaluds relatief eenvoudig te bepalen. In de volgende paragraaf wordt deze methode kort beschreven.

3.1.1 NEN 9997-1

In de NEN 9997-1 wordt in hoofdstuk 10 een methode beschreven voor het ontwerpen van veilige bouwputten tegen opbarsten. Bij sloten met beperkte bodembreedte (zie figuur 3-1) dragen de grondlagen aan weerszijden van de sloot bij tot een extra neerwaartse druk. Dit heeft een gunstig effect ten aanzien van de veiligheid tegen opbarstgevaar. De extra verticale tegendruk kan worden berekend met de theorie van Boussinesq of met de volgende formule:

$$u_{z;d} \leq \gamma_{2;d} * d_{2;d} + f * \gamma_{1;d} * d_{1;d}$$



figuur 3-1: Opbarsten van de bodem van een sloot volgens NEN 9997-2016

Waarbij:

$u_{z;d}$	is de rekenwaarde van de grondwaterdruk in de te bemaalen watervoerende laag juist onder de afsluitende laag op diepte z beneden de slootbodem	[kN/m ²]
d	is de laagdikte	[m]
$\gamma_{1;d}$	is de rekenwaarde van het volumegewicht van de grond van laag d_1 ,	[kN/m ³]
$\gamma_{2;d}$	is de rekenwaarde van het volumegewicht van de grond van laag d_2 ,	[kN/m ³]
f	factor	[-]
a	is de breedte van de helling	[m]
b	is de halve breedte van de bodem	[m]

3.2 Analyse opbarsten

Conform NEN-EN 9997-1 is een opbarstberekening uitgevoerd. Het gevaar van opbarsten wordt uitgedrukt in een veiligheidsfactor. Dit is de verhouding tussen de neerwaartse en opwaartse krachten. Bij een veiligheidsfactor groter dan 1 barst de waterbodem niet op. De berekende veiligheidscoëfficiënt, waarbij rekening is gehouden met de bijdrage van het talud en de neerwaartse waterdruk, is weergegeven in Tabel 3-1. Zowel de opwaartse waterdruk als de neerwaartse grondspanningen samen met de waterdruk op ontgravingsniveau zijn hierbij per locatie weergegeven. In bijlage 1 zijn voor alle vijf de beschouwde locaties, zoals genoemd in paragraaf 2.4.2, de berekeningen opgenomen.

Tabel 3-1: Gemeten grondwaterstanden inclusief bronbemaling/infiltratie van project Hydepark bij een stijghoogte van NAP -4,1 m

Boring/sondering	Opwaartse waterdruk	Gewicht deklaag en waterdruk	Veiligheid incl. talud	Maximale ontgraving
	kN/m ²	kN/m ²		m NAP
B25C0316	72	81	1,13	-6,8
CPT62869	76	84	1,10	-6,7
CPT62870	73	80	1,09	-6,6
CPT64468	74	84	1,13	-6,8
CPT64469	73	81	1,11	-6,7

Bij een ontgraving tot NAP -6,27 m is de neerwaartse druk (ca. 82 kN/m²) groter dan de opwaartse druk (ca. 73 kN/m²) vanuit het watervoerend pakket. Er is hierdoor geen risico op opbarsten. Ter indicatie is bepaald bij welke dieper gelegen waterdiepte risico van opbarsten optreedt. De aanvullende neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau is hierbij niet beschouwd. Resultaten tonen aan dat risico op opbarsten optreedt bij een ontgraving tot NAP -6,6 m. Dit is ruim 0,3 m dieper dan de voorgenomen ontgravingsdiepte.

Deze resultaten zijn bij de situatie inclusief retourbemaling van Hyde Park. In de normale situatie ligt de stijghoogte in het watervoerende pakket lager. De veiligheid tegen opbarsten is in de normale situatie dus groter.

4 Conclusie

De opbarstberekeningen zijn uitgevoerd voor de situatie waarbij de stijghoogte als gevolg van de (tijdelijke) retourbemaling van het project Hyde Park) met 0,8 m is verhoogd tot NAP -4,1 m. Verder is uitgegaan van een volumegewicht van de deklaag voor veen van 12 kN/m³ en klei 17 kN/m³, en een toekomstig waterpeil van NAP -6,02 m. In deze (worst case) situatie bedraagt de veiligheid tegen opbarsten minimaal 1,09. Dit is groter dan de vereiste factor van 1,0. In de situatie zonder retourbemaling is de veiligheid tegen opbarsten groter.

Geconcludeerd wordt dat op basis van de bekende gegevens de waterbodem niet opbarst als gevolg van de voorgenomen werkzaamheden.

Toetsing opbarsten bouwputbodem conform Eurocode 7 (NEN-EN 9997-1), par. 10.2

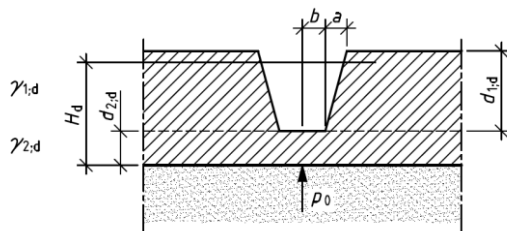
Algemene invoer

Maaiveldniveau	-4.80	[m NAP]	
Ontgravingsniveau	-6.27	[m NAP]	
Niveau bovenkant 1 ^e watervoerende grondlaag	-11.30	[m NAP]	
Stijghoogte in 1 ^e watervoerende grondlaag	-4.10	[m NAP]	= H_d
Grondwaterstand boven ontgravingsniveau?	Ja	->	-6.02 [m NAP]
Volumieke gewicht grondwater	10.00	[kN/m ³]	= γ_w
Partiële factoren voor belastingen	0.9	[-]	= $\gamma_{G,slb}$ Conform Tabel A.15 NEN-EN 9997-1
	1.0	[-]	= $\gamma_{G,dst}$

Grondlagen d_1	Van	Tot	$d_{1,j;d}$	$\gamma_{1,j}$	$\gamma_{1,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{1,j;d} \cdot d_{1,j;d} (= \sigma_{v1,d})$	u_1	$\sigma'_{v1,d}$
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
veen	-4.80	-6.27	1.47	12.00	10.80	15.88	2.50	13.38
	-6.27		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
Totalen			1.47 m			15.9 kN/m²	2.5 kN/m²	13.4 kN/m²
Grondlagen d_2	Van	Tot	$d_{2,j;d}$	$\gamma_{2,j}$	$\gamma_{2,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{2,j;d} \cdot d_{2,j;d} (= \sigma_{v2,d})$		
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]		
veen	-6.27	-6.40	0.13	12.00	10.80	1.40		
klei	-6.40	-11.30	4.90	17.00	15.30	76.37		
	-11.30		-		-	-		
	-		-		-	-		
Totalen			5.03 m			76.4 kN/m²		

$u_{z,d} = h_d \cdot \gamma_w$ (= opwaartse waterdruk in 1^e wvp)

72.0 kN/m²



Conform NEN 9997:2012, figuur 10.b - Opbarsten van de bodem van een bouwput

Exclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z,d} \leq (\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d})$

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d}) / u_{z,d} =$	76.4/72.0 =	1.06	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. op te barsten laag d_2 / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + u_{1,d}) / u_{z,d} =$	(76.4+0.9*2.5)/72.0 =	1.09	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk

Inclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z,d} \leq (\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma_{1,d} \cdot d_{1,d})$

Bepaling van invloedsfactor f

Vorm ontgraving	Strook				
b (= halve breedte bouwput)	4.00	[m]	$f_{strook} = \frac{2}{\pi} \cdot \left(\left(1 + \frac{b}{a} \right) \arctan \left(\frac{d_2}{a+b} \right) - \frac{b}{a} \arctan \left(\frac{d_2}{b} \right) \right) =$	0.20	[-]
i (= taludhelling X/1) (V:H)	1.00	[-]	$f_{vierkant} = \frac{d_2^2}{(d_2^2 + \frac{(a+b)^2}{\pi})^{\frac{3}{2}}}$	-	[-]
a (= breedte taludhelling)	1.47	[m]			

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma_{1,d} \cdot d_{1,d}) / u_{z,d} =$	(76.4+0.20*15.9)/72.0=	1.11	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. lagen d ₂ en d ₁ / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma_{1,d} \cdot d_{1,d} + u_{1,d}) / u_{z,d} =$	(76.4+0.20*13.4+0.9*2.5)/72.0=	1.13	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk
Neerwaartse grondspanning en waterdruk		81.353	[kN/m ²]	

Toetsing opbarsten bouwputbodem conform Eurocode 7 (NEN-EN 9997-1), par. 10.2

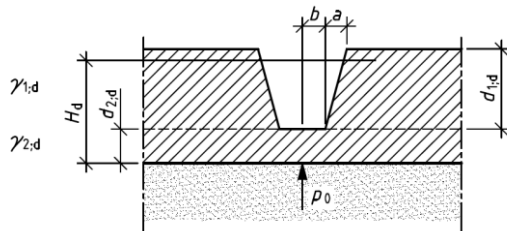
Algemene invoer

Maaiveldniveau	-4.80	[m NAP]	
Ontgravingsniveau	-6.27	[m NAP]	
Niveau bovenkant 1 ^e watervoerende grondlaag	-11.70	[m NAP]	
Stijghoogte in 1 ^e watervoerende grondlaag	-4.10	[m NAP]	= H_d
Grondwaterstand boven ontgravingsniveau?	Ja	->	-6.02 [m NAP]
Volumieke gewicht grondwater	10.00	[kN/m ³]	= γ_w
Partiële factoren voor belastingen	0.9	[-]	= $\gamma_{G,slb}$ Conform Tabel A.15 NEN-EN 9997-1
	1.0	[-]	= $\gamma_{G,dst}$

Grondlagen d_1	Van	Tot	$d_{1,j;d}$	$\gamma_{1,j}$	$\gamma_{1,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{1,j;d} \cdot d_{1,j;d} (= \sigma_{v1;d})$	u_1	$\sigma'_{v1;d}$
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
veen	-4.80	-6.27	1.47	12.00	10.80	15.88	2.50	13.38
	-6.27		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
Totalen			1.47 m			15.9 kN/m²	2.5 kN/m²	13.4 kN/m²
Grondlagen d_2	Van	Tot	$d_{2,j;d}$	$\gamma_{2,j}$	$\gamma_{2,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{2,j;d} \cdot d_{2,j;d} (= \sigma_{v2;d})$		
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]		
klei	-6.27	-10.70	4.43	17.00	15.30	67.78		
veen	-10.70	-11.70	1.00	12.00	10.80	78.58		
	-11.70		-		-	-		
	-		-		-	-		
Totalen			5.43 m			78.6 kN/m²		

$u_{z;d} = h_d \cdot \gamma_w$ (= opwaartse waterdruk in 1^e wvp)

76.0 kN/m²



Conform NEN 9997:2012, figuur 10.b - Opbarsten van de bodem van een bouwput

Exclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z;d} \leq (\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d})$

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d}) / u_{z;d} =$	78.6 / 76.0 =	1.03	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. op te barsten laag d_2 / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + u_{1;d}) / u_{z;d} =$	(78.6 + 0.9 * 2.5) / 76.0 =	1.06	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk

Inclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z;d} \leq (\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + f \cdot \gamma_{1;d} \cdot d_{1;d})$

Bepaling van invloedsfactor f

Vorm ontgraving	Strook				
b (= halve breedte bouwput)	4.00	[m]	$f_{strook} = \frac{2}{\pi} \cdot \left(\left(1 + \frac{b}{a} \right) \arctan \left(\frac{d_z}{a+b} \right) - \frac{b}{a} \arctan \left(\frac{d_z}{b} \right) \right) =$	0.23	[-]
i (= taludhelling X/1) (V:H)	1.00	[-]	$f_{vierkant} = \frac{d_z^2}{(d_z^2 + \frac{(a+z-b)^2}{\pi})^{\frac{3}{2}}}$	-	[-]
a (= breedte taludhelling)	1.47	[m]			

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + f \cdot \gamma_{1;d} \cdot d_{1;d}) / u_{z;d} =$	(78.6+0.23*15.9)/76.0=	1.08	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. lagen d ₂ en d ₁ / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + f \cdot \gamma'_{1;d} \cdot d_{1;d} + u_{1;d}) / u_{z;d} =$	(78.6+0.23*13.4+0.9*2.5)/76.0=	1.10	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk
Neerwaartse grondspanning en waterdruk		83.914	[kN/m ²]	

Toetsing opbarsten bouwputbodem conform Eurocode 7 (NEN-EN 9997-1), par. 10.2

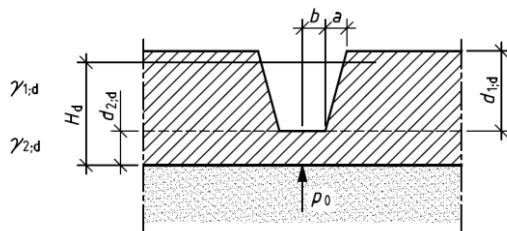
Algemene invoer

Maaiveldniveau	-4.80	[m NAP]	
Ontgravingsniveau	-6.27	[m NAP]	
Niveau bovenkant 1 ^e watervoerende grondlaag	-11.40	[m NAP]	
Stijghoogte in 1 ^e watervoerende grondlaag	-4.10	[m NAP]	= H_d
Grondwaterstand boven ontgravingsniveau?	Ja	->	-6.02 [m NAP]
Volumieke gewicht grondwater	10.00	[kN/m ³]	= γ_w
Partiële factoren voor belastingen	0.9	[-]	= $\gamma_{G,stb}$ Conform Tabel A.15 NEN-EN 9997-1
	1.0	[-]	= $\gamma_{G,dst}$

Grondlagen d_1	Van	Tot	$d_{1,j;d}$	$\gamma_{1,j}$	$\gamma_{1,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{1,j;d} \cdot d_{1,j;d} (= \sigma_{v1;d})$	u_1	$\sigma'_{v1;d}$
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
veen	-4.80	-6.27	1.47	12.00	10.80	15.88	2.50	13.38
	-6.27		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
Totalen			1.47 m			15.9 kN/m²	2.5 kN/m²	13.4 kN/m²
Grondlagen d_2	Van	Tot	$d_{2,j;d}$	$\gamma_{2,j}$	$\gamma_{2,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{2,j;d} \cdot d_{2,j;d} (= \sigma_{v2;d})$		
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]		
klei	-6.27	-10.50	4.23	17.00	15.30	64.72		
veen	-10.50	-11.40	0.90	12.00	10.80	74.44		
	-11.40		-		-	-		
	-		-		-	-		
Totalen			5.13 m			74.4 kN/m²		

$u_{z;d} = h_d \cdot \gamma_w$ (= opwaartse waterdruk in 1^e wvp)

73.0 kN/m²



Conform NEN 9997:2012, figuur 10.b - Opbarsten van de bodem van een bouwput

Exclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z;d} \leq (\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d})$

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d}) / u_{z;d} =$	74.4 / 73.0 =	1.02	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. op te barsten laag d_2 / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + u_{1,d}) / u_{z;d} =$	(74.4 + 0.9 * 2.5) / 73.0 =	1.05	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk

Inclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z;d} \leq (\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma_{1,d} \cdot d_{1,d})$

Bepaling van invloedsfactor f

Vorm ontgraving	Strook				
b (= halve breedte bouwput)	4.00	[m]	$f_{strook} = \frac{2}{\pi} \cdot \left(\left(1 + \frac{b}{a} \right) \arctan \left(\frac{d_2}{a+b} \right) - \frac{b}{a} \arctan \left(\frac{d_2}{b} \right) \right) =$	0.21	[-]
i (= taludhelling X/1) (V:H)	1.00	[-]	$f_{vierkant} = \frac{d_2^2}{(d_2^2 + \frac{(a+b)^2}{\pi})^{\frac{3}{2}}}$	-	[-]
a (= breedte taludhelling)	1.47	[m]			

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma_{1,d} \cdot d_{1,d}) / u_{z;d} =$	(74.4 + 0.21 * 15.9) / 73.0 =	1.07	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. lagen d ₂ en d ₁ / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma'_{1,d} \cdot d_{1,d} + u_{1,d}) / u_{z;d} =$	(74.4 + 0.21 * 13.4 + 0.9 * 2.5) / 73.0 =	1.09	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk
Neerwaartse grondspanning en waterdruk		79.508	[kN/m ²]	

Toetsing opbarsten bouwputbodem conform Eurocode 7 (NEN-EN 9997-1), par. 10.2

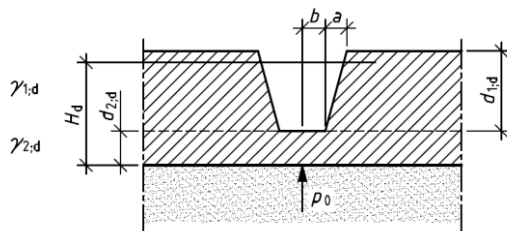
Algemene invoer

Maaiveldniveau	-4.80	[m NAP]	
Ontgravingsniveau	-6.27	[m NAP]	
Niveau bovenkant 1 ^e watervoerende grondlaag	-11.50	[m NAP]	
Stijghoogte in 1 ^e watervoerende grondlaag	-4.10	[m NAP]	= H_d
Grondwaterstand boven ontgravingsniveau?	Ja	->	-6.02 [m NAP]
Volumieke gewicht grondwater	10.00	[kN/m ³]	= γ_w
Partiële factoren voor belastingen	0.9	[-]	= $\gamma_{G,stb}$ Conform Tabel A.15 NEN-EN 9997-1
	1.0	[-]	= $\gamma_{G,dst}$

Grondlagen d_1	Van	Tot	$d_{1,j;d}$	$\gamma_{1,j}$	$\gamma_{1,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{1,j;d} \cdot d_{1,j;d} (= \sigma_{v1;d})$	u_1	$\sigma'_{v1;d}$
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
veen	-4.80	-6.27	1.47	12.00	10.80	15.88	2.50	13.38
	-6.27		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
Totalen			1.47 m			15.9 kN/m²	2.5 kN/m²	13.4 kN/m²
Grondlagen d_2	Van	Tot	$d_{2,j;d}$	$\gamma_{2,j}$	$\gamma_{2,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{2,j;d} \cdot d_{2,j;d} (= \sigma_{v2;d})$		
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]		
klei	-6.27	-11.20	4.93	17.00	15.30	75.43		
veen	-11.20	-11.50	0.30	12.00	10.80	78.67		
	-11.50		-		-	-		
	-		-		-	-		
Totalen			5.23 m			78.7 kN/m²		

$u_{z;d} = h_d \cdot \gamma_w$ (= opwaartse waterdruk in 1^e wvp)

74.0 kN/m²



Conform NEN 9997:2012, figuur 10.b - Opbarsten van de bodem van een bouwput

Exclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z;d} \leq (\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d})$

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d}) / u_{z;d} =$	78.7/74.0 =	1.06	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. op te barsten laag d_2 / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + u_{1;d}) / u_{z;d} =$	(78.7+0.9*2.5)/74.0 =	1.09	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk

Inclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z;d} \leq (\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + f \cdot \gamma_{1;d} \cdot d_{1;d})$

Bepaling van invloedsfactor f

Vorm ontgraving	Strook				
b (= halve breedte bouwput)	4.00	[m]	$f_{strook} = \frac{2}{\pi} \cdot \left(\left(1 + \frac{b}{a} \right) \arctan \left(\frac{d_z}{a+b} \right) - \frac{b}{a} \arctan \left(\frac{d_z}{b} \right) \right) =$	0.22	[-]
i (= taludhelling X/1) (V:H)	1.00	[-]	$f_{vierkant} = \frac{d_z^2}{\left(d_z^2 + \frac{(a+z-b)^2}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}}}$	-	[-]
a (= breedte taludhelling)	1.47	[m]			

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + f \cdot \gamma_{1;d} \cdot d_{1;d}) / u_{z;d} =$	(78.7+0.22*15.9)/74.0=	1.11	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. lagen d ₂ en d ₁ / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2;d} \cdot d_{2;d} + f \cdot \gamma_{1;d} \cdot d_{1;d} + u_{1;d}) / u_{z;d} =$	(78.7+0.22*13.4+0.9*2.5)/74.0=	1.13	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk
Neerwaartse grondspanning en waterdruk		83.827	[kN/m ²]	

Toetsing opbarsten bouwputbodem conform Eurocode 7 (NEN-EN 9997-1), par. 10.2

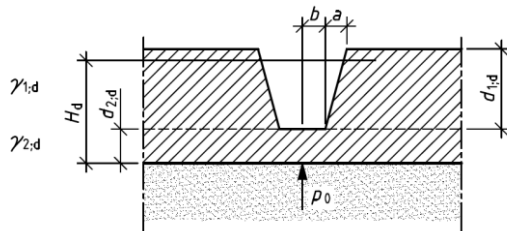
Algemene invoer

Maaiveldniveau	-4.80	[m NAP]	
Ontgravingsniveau	-6.27	[m NAP]	
Niveau bovenkant 1 ^e watervoerende grondlaag	-11.40	[m NAP]	
Stijghoogte in 1 ^e watervoerende grondlaag	-4.10	[m NAP]	= H_d
Grondwaterstand boven ontgravingsniveau?	Ja	->	-6.02 [m NAP]
Volumieke gewicht grondwater	10.00	[kN/m ³]	= γ_w
Partiële factoren voor belastingen	0.9	[-]	= $\gamma_{G,slb}$ Conform Tabel A.15 NEN-EN 9997-1
	1.0	[-]	= $\gamma_{G,dst}$

Grondlagen d_1	Van	Tot	$d_{1,j;d}$	$\gamma_{1,j}$	$\gamma_{1,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{1,j;d} \cdot d_{1,j;d} (= \sigma_{v1,d})$	u_1	$\sigma'_{v1,d}$
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
veen	-4.80	-6.27	1.47	12.00	10.80	15.88	2.50	13.38
	-6.27		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
	-		-		-	-	-	-
Totalen			1.47 m			15.9 kN/m²	2.5 kN/m²	13.4 kN/m²
Grondlagen d_2	Van	Tot	$d_{2,j;d}$	$\gamma_{2,j}$	$\gamma_{2,j;d}$	$\sum_{j=1}^n \gamma_{2,j;d} \cdot d_{2,j;d} (= \sigma_{v2,d})$		
	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]		
klei	-6.27	-10.80	4.53	17.00	15.30	69.31		
veen	-10.80	-11.40	0.60	12.00	10.80	75.79		
	-11.40		-		-	-		
	-		-		-	-		
Totalen			5.13 m			75.8 kN/m²		

$u_{z,d} = h_d \cdot \gamma_w$ (= opwaartse waterdruk in 1^e wvp)

73.0 kN/m²



Conform NEN 9997:2012, figuur 10.b - Opbarsten van de bodem van een bouwput

Exclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z,d} \leq (\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d})$

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d}) / u_{z,d} =$	75.8/73.0 =	1.04	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. op te barsten laag d_2 / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + u_{1,d}) / u_{z,d} =$	(75.8+0.9*2.5)/73.0 =	1.07	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk

Inclusief bijdrage van gewicht talud

Controle $u_{z,d} \leq (\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma_{1,d} \cdot d_{1,d})$

Bepaling van invloedsfactor f

Vorm ontgraving	Strook				
b (= halve breedte bouwput)	4.00	[m]	$f_{strook} = \frac{2}{\pi} \cdot \left(\left(1 + \frac{b}{a} \right) \arctan \left(\frac{d_2}{a+b} \right) - \frac{b}{a} \arctan \left(\frac{d_2}{b} \right) \right) =$	0.21	[-]
i (= taludhelling X/1) (V:H)	1.00	[-]	$f_{vierkant} = \frac{d_2^2}{(d_2^2 + \frac{(a+b)^2}{\pi})^{\frac{3}{2}}}$	-	[-]
a (= breedte taludhelling)	1.47	[m]			

Veiligheidscoëfficiënt:

$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma_{1,d} \cdot d_{1,d}) / u_{z,d} =$	(75.8+0.21*15.9)/73.0=	1.08	[-]	= neerwaartse grondspanning t.g.v. lagen d ₂ en d ₁ / opwaartse waterdruk
$(\gamma_{2,d} \cdot d_{2,d} + f \cdot \gamma'_{1,d} \cdot d_{1,d} + u_{1,d}) / u_{z,d} =$	(75.8+0.21*13.4+0.9*2.5)/73.0=	1.11	[-]	= (idem + neerwaartse waterdruk op ontgravingsniveau) / opwaartse waterdruk
Neerwaartse grondspanning en waterdruk		80.858	[kN/m ²]	