

## Notitie

Referentienummer

Datum  
10 juni 2010

Kenmerk  
290827

Betreft  
Geotechnische analyse hoofdwatgang Cyclamenweg

### 1 Inleiding

In opdracht van het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard is door Grontmij een geotechnisch onderzoek uitgevoerd ter bepaling van de randvoorwaarden voor aanleg van de hoofdwatgang langs de Cyclamenweg in Bleiswijk. De resultaten van de uitgevoerde bodemkundige opnamen en de hierop gebaseerde adviezen zijn in deze notitie nader uitgewerkt.

### 2 Geotechnische inventarisatie

#### 2.1 Aanvullend geotechnisch veldonderzoek

Ten behoeve van de aanleg van de Cyclamenweg zijn in 2008 al de nodige onderzoeken uitgevoerd, waarvoor ook diverse boringen en sonderingen zijn verricht. Het merendeel van deze onderzoeken is echter uitgevoerd aan de westzijde van de HSL. Aan de oostzijde van de HSL zijn alleen ter plaatse van de duiker in de Petuniaweg twee sonderingen uitgevoerd.

Ter bepaling van de profielopbouw en ter beoordeling van de hydrologische situatie zijn, rekening houdende met de beschikbare bodemgegevens, zes aanvullende boringen tot een diepte van circa 7 tot 10 m - mv verricht. Deze boringen zijn in het hart van de te graven watgang gesitueerd. Bij vier boringen zijn peilbuizen geplaatst, waarvan één met de filter in het ondiepe grondwater en één met de filter op grotere diepte.

Van de bij de boringen vrijkomende grond is een beschrijving gemaakt van de specifieke bodemkenmerken zoals de textuur (lutumgehalte en zandgrofheid), het organische stofgehalte, de consistentie en de doorlatendheid van de te onderscheiden bodemlagen. Tevens is aan de hand van hydromorfe profielkenmerken (roest- en reductieverschijnselen) een schatting gemaakt van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

Een situatietekening, waarop ook de boorlocaties zijn weergegeven, is opgenomen in bijlage 1. De resultaten van de boringen zijn middels getekende boorprofielen weergegeven in bijlage 2.

#### 2.2 Bodembeschrijving

Het plangebied is gelegen in de Overbuurtsche Polder te Bleiswijk en behoort tot een gebied met zeekleigronden, vrijwel geheel bestaande uit eerdgronden<sup>1</sup>. Dit zijn gronden met een sterk ontwikkelde, zeer donkere humusrijke bovengrond, waarbij de mate waarin de zavel- en kleigronden de rijpingsprocessen hebben doorlopen van belang is voor de onderverdeling. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt in:

- gronden met een niet-gerijpte, matig slappe, minerale ondergrond, die binnen 0,80 m begint (tochteerdgronden);
- gronden met een rijpte minerale ondergrond (leek-/woudeerdgronden).

Voor beide gronden geldt dat binnen 50 cm diepte duidelijke roestvlekken aanwezig zijn en sprake is van een zogenaamde bonte C-horizont.

---

<sup>1</sup> Bodemkaart van Nederland, blad 37 Oost Rotterdam.

Op een dieper niveau worden al dan niet zandige kleipakketten verwacht, afgewisseld met Hollandveen en (delen van) de Stroomgordel van Gouderak, bestaande uit (matig grof) zand. Het plangebied heeft een grondwatertrap V/VI.

De bovengrond bestaat uit een circa 0,30 m dikke laag van een donkere bruingrijze, matig humeuze, sterk siltige klei. In de onderlaag is zwak zandige klei tot siltige, veelal roesthoudende humusarme klei aangetroffen. Alleen bij boring 5 is een laag van 1,60 m sterk siltig, zeer fijn zand aangeboord. De diepere ondergrond bestaat uit verschillende lagen van licht grijsbruine, humusarme, zandige tot siltige klei. In alle boringen is een veenlaag aangetroffen. Deze als zeer vast beoordeelde laag begint bij boring 1 op een diepte van circa 4,0 m -mv en zak vervolgens uit naar circa 6,0 m -mv. Ter plaatse van de boringen 1 t.m. 4 is deze laag nog circa 1,5 m dik, terwijl deze bij de boringen 5 en 6 niet meer bedraagt van 0,50 m.

Bij de boringen 2, 3 en 4 begint de zandondergrond op een diepte van ongeveer 8,0 m -mv. Het is beoordeeld als kleilig, zeer fijn zand, dat bij de boringen 3 en 4 al snel over gaat is uiterst grof zand.

### 2.3 Geotechnische schematisatie

De bodemschematisatie is bepaald op basis van het beschikbare grondonderzoek, tabel 1 uit NEN6740 en ervaring uit de omgeving. In tabel 2.1 is de maatgevende bodemschematisatie met bijbehorende grondparameters weergegeven.

**Tabel 2.1 Rekenwaarden stabiliteitsanalyse**

Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
Maaiveld = -5,0	Zand, matig <sup>1)</sup>	18	20	0,0	28,0
-5,9	Klei, siltig, gerijpt <sup>2)</sup>	15	15	0,7	19,0
-6,9	Klei, siltig, ongerijpt <sup>2)</sup>	15	15	0,7	19,0
-9,8	Veen	10	10	1,7	12,6
-11,2	Klei, siltig diep	15	15	0,0	19,0
-17,0	Klei, zandig	18	18	3,3	19,0
-19,6	Basisveen	12	12	3,3	12,6
-20,3	Zand, matig	18	20	0,0	28,0

Waarin:

- $\gamma$  aardvochtig volumegewicht;
- $\gamma_{\text{sat}}$  verzadigd volumegewicht;
- $c'$  rekenwaarde effectieve cohesie;
- $\phi'$  rekenwaarde effectieve hoek van inwendige wrijving;

- 1) verhardingsconstructie Cyclamenweg
- 2) sterkteparameters zijn gelijkwaardig, verschillen komen tot uiting in de samendrukkingsparameters en consolidatiecoëfficiënt

### 2.4 Grondwaterhuishouding

De basisgegevens van de geplaatste peilbuizen, alsmede de in de peilbuizen gemeten stijghoogten, zijn weergegeven in tabel 2.1. Uit de meetresultaten valt op te maken dat de stijghoogten in de diepere bodemlagen reikt tot NAP -5,60 m aan de westzijde (Landscheiding) en afloopt naar NAP -6,00 m aan de oostzijde (Eerste Tocht).

De freatische grondwaterstanden lopen, min of meer parallel aan het maaiveldverloop, op van circa NAP -6,30 m aan de westzijde tot NAP -5,80 m aan de oostzijde.

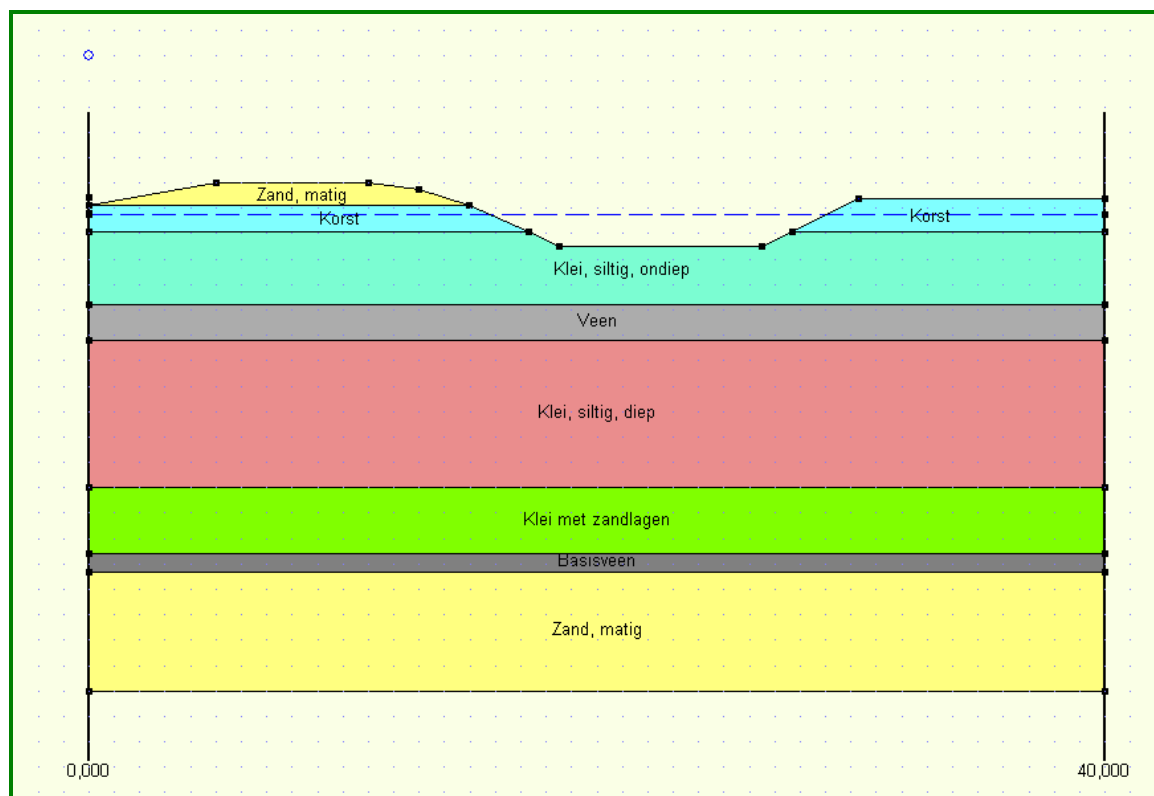
### 3 Geotechnische analyse

#### 3.1 Stabiliteitsanalyse

Om te toetsen of het ontwerp voldoet aan de vereiste veiligheid tegen afschuiven is een stabiliteitsanalyse uitgevoerd. De berekening is uitgevoerd met het computerprogramma MStab aan de hand van het model Bishop. Er wordt voldaan de veiligheidseis tegen afschuiven wanneer de veiligheidsfactor  $FS \geq 1,0$ .

Als uitgangspunt is een verkeersbelasting van 10 kN/m<sup>2</sup> aangehouden en een waterpeil van NAP -6.25 m. De controle op de stabiliteit is uitgevoerd op het dwarsprofiel zoals is weergegeven in figuur 3.1. De (statische) verkeersbelasting van 10 kN/m<sup>2</sup> komt overeen met een stilstaande volgeladen vrachtwagen van 40 ton. In Europa bedraagt het totaalgewicht van een vrachtwagen, afhankelijk van het aantal assen maximaal 40 ton.

De berekende veiligheidsfactor bedraagt FS 1,03, waarmee wordt voldaan aan de vereiste veiligheid tegen afschuiven. De resultaten van de berekeningen zijn opgenomen in bijlage 3.



Figuur 3.1: Dwarsprofiel voor stabiliteitsberekeningen (zie ook bijlage 3)

**Tabel 2.1 Meetgegevens Cyclamenweg Bleiswijk**

locatie	Meetpunt	coördinaten		filterdiepte (m t.o.v. NAP)	hoogte in m (m t.o.v. NAP)	grondwaterstanden		Opmerking
		X	Y			17-5-2010 m	MAP	
1	pb 01-1	94425,33	447369,53	-7,41 tot -8,41	-5,41	0,90	-6,31	
	pb 01-2	94425,31	447369,44	-14,45 tot -15,45	-5,55	0,06	-5,61	
	maaiveld				-5,78			
2	pb 02-1	94750,31	447270	-6,32 tot -7,62	-4,67	1,58	-6,25	
	pb 02-2	94750,34	447270	-13,98 tot -14,98	-4,73	1,11	-5,84	
	maaiveld				-5,02			
4	pb 04-1	95140,33	447152,23	-6,81 tot -7,81	-4,81	1,08	-5,89	
	pb 04-2	95140,35	447152,26	-13,52 tot -14,52	-4,87	1,05	-5,92	
	maaiveld				-5,26			
5	pb 05-1	95335,16	447093,94	-6,24 tot -7,24	-4,24	1,57	-5,81	
	pb 05-2	95335,1	447093,83	-10,28 tot -11,28	-4,28	1,80	-6,08	
	maaiveld				-4,79			
	waterpeil	94740,01	447274,23		-6,45			11m NW van pb 02
	waterpeil	95110,84	447171,32		-6,21			32m NW van pb 04

1) opnamen ten tijde van plaatsing peilbuizen

## 3.2 Toetsing opbarsten

### 3.2.1 Algemeen

Er is sprake van opbarstgevaar indien opwaarts gerichte waterdruk onder de deklaag groter wordt dan de neerwaartse druk als gevolg van de verticale grondspanning. Hoe dieper wordt ontgraven, hoe groter het gevaar van opbarsten wordt. De veiligheid tegen opbarsten wordt berekend uit het quotiënt van de neerwaartse verticale grondspanning op de onderkant van de afsluitende laag en de daar aanwezige opwaartse verticale waterdruk.

De berekeningen zijn uitgevoerd volgens NEN 6740. Er wordt voldaan aan de veiligheidseis tegen opbarsten indien de veiligheidsfactor  $FS \geq 1,1$ .

### 3.2.2 Berekening veiligheid opbarsten

Voor enkele (als maatgevend beoordeelde) meetpunten is de veiligheid tegen opbarsten van de bodem van de watergang gecontroleerd. Uitgangspunt is dat de opwaartse druk (waterkolom) aan de onderzijde van de aanwezige slecht doorlatende laag kleiner moet zijn dan de totale neerwaartse druk van de nog aanwezige slecht doorlatende lagen. Een overzicht van de per boring gehanteerde basisgegevens is weergegeven in tabel 3.1

Het bodemniveau van de te graven hoofdwatgang is bepaald op NAP - 7,50 m en het toekomstige waterpeil is vastgesteld op NAP - 6,25 m (waterdiepte 1,25 m)

**Tabel 3.1 Basisgegevens analyse opbarstrisico**

locatie	maaiveldhoogte	Stijghoogte	Dikte weerstandbiende laag <sup>1)</sup>	Equivalent volumegewicht weerstandbiende laag	Waterdruk	Gronddruk	FS <sup>2)</sup>
	(m t.o.v. NAP)	(m t.o.v. NAP)	m		kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	
S102	- 5,41	- 5,60	3,20	13,8	46	44,4	0,96
1	- 5,78	- 5,61	8,20	14,2	102	116	1,13
2	- 5,02	- 5,84	5,20	13,7	70	71,2	1,01
4	- 5,26	- 5,92	5,25	14,2	68	73,8	1,08
5	- 4,79	- 6,08	5,00	14,3	65	71,5	1,10

1) uitgaande van een ontgravingsdiepte tot NAP -7,50 m (bodemniveau watergang Cyclamenweg)

2) berekende veiligheid bij ontgraving in den droge

Uit de berekeningen blijkt vervolgens, dat bij ontgraving in den droge niet altijd aan het gewenste veiligheidsniveau wordt voldaan (berekende veiligheid variërend van  $F_{in} \approx 0,96$  tot 1,13). Vanwege de sterke variatie in profielopbouw wordt, teneinde de kans op het opbarsten van de bodem of het ontstaan van wellen te minimaliseren (berekende veiligheid  $F_{in} \approx 1,1$ ), geadviseerd om de veiligheid te vergroten door de gehele watergang gedeeltelijk in den natte te graven. Mede gebaseerd op de ervaringen bij aanleg van de duikers ter plaatse van de Petuniaweg verdient het de aanbeveling om ter vergroting van de tegendruk (tijdens uitvoering en in toekomstige situatie) minimaal een waterpeil van NAP - 7,00 m aan te houden.

## 4 Aanlegadviezen

Er zijn geen maatregelen noodzakelijk om de macrostabiliteit te garanderen. Het graven van de waterloop heeft geen effect op de aangrenzende weg en de onder de weg gelegen OCAP leiding.

Uit de analyses ter beoordeling van de bodemstabiliteit blijkt dat voor een veilige uitvoering van de werkzaamheden gekozen moet worden voor uitvoering in de natte. Er wordt voldaan aan een veiligheidscriterium van  $F_{in} \approx 1,1$  indien er ook ten tijde van de uitvoering een waterpeil wordt aangehouden van minimaal NAP - 7,00 m.

Rond de waterlijn bevinden zich vrij zandige kleilagen, dan wel kleilagen met diverse zandtussenlaagjes. Als gevolg van waterbewegingen / stroming zullen deze lagen gaan suspenderen en verspoelen, waardoor het talud op de waterlijn wordt uitgehold en na verloop van tijd zal inzakken. Zonder een afdoende bescherming op de waterlijn blijft dit proces zich herhalen. Daarom verdient het de aanbeveling om aan weerszijden van de watergang een taludbescherming aan te brengen. Er kan worden volstaan met een eenvoudige betuining (desgewenst in combinatie met een natuurvriendelijke oever). Andere opties zijn: het aanbrengen van een taludbekleding (die ertoe bijdraagt dat het talud rond de waterlijn wordt beschermd en er zich snel een gesloten vegetatie zal ontwikkelen waardoor er minder sprake zal zijn van taluderosie); het verflauwen van het talud tot een maximale taludhelling van 1:5 (biedt echter geen volledige bescherming tegen oevererosie).

**BIJLAGE 1    SITUATIETEKENING**

**BIJLAGE 2 BOORPROFIELEN EN SONDERING S102**

**BIJLAGE 3    RESULTATEN STABILITEITSBEREKENING**