

aan	<b>Hoogheemraadschap van Delfland</b>
t.a.v.	ing. G.J. Kransse
van	ir. R.H. de Jong (adviseur), ir. R.P. van Oosten (collegiale controle)
datum	8 oktober 2014
projectnr.	NC14040112
kenmerk	N14.112
onderwerp	Stabiliteit waterbodem van de nieuw te graven watergang

### **Inleiding**

Het Hoogheemraadschap van Delfland (Delfland) is voornemens om naast het bestaande (oude) gemaal Akkerdijkse polder, een nieuw gemaal te realiseren. Onderdeel van de werkzaamheden betreft het verbreden van een watergang om de toevoer naar het gemaal te verbeteren.

Delfland heeft RPS gevraagd een analyse te maken van de bestaande situatie en te beoordelen in welke mate de voorgenomen verbreding effect heeft op de stabiliteit van de oever van de nieuwe watergang. Ook is gekeken naar de opdrijf- en opbarstveiligheid van de slootbodem.

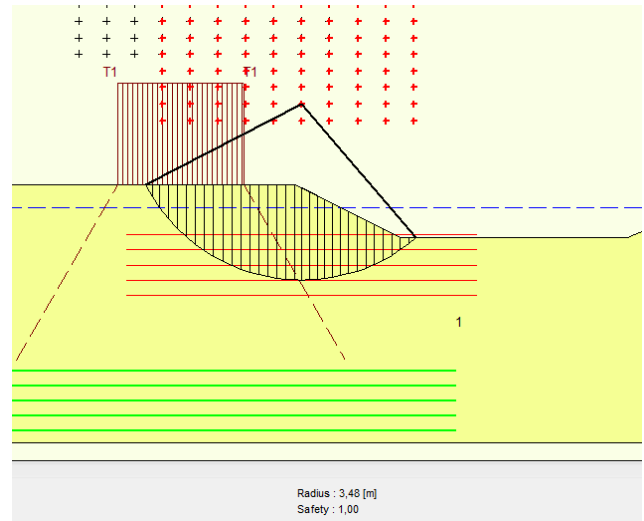
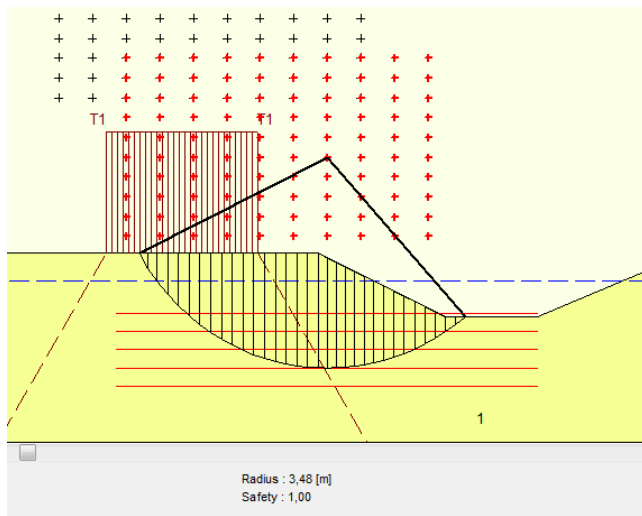
### **Uitgangspunten**

De bodem ter plaatse van de watergang bestaat over het algemeen uit een toplaag (0,0 - 0,5 m -mv) van afwisselend matig siltig, zwak humeus, zwak zandhoudend klei en zwak zandhoudend (kleiig) veen. Vanaf ca. 0,5 m -mv tot de maximale onderzoeksdiepte (ca. 1,5 m -mv), is donkerbruin veen aangetroffen. Veiligheidshalve is de bodemopbouw geschematiseerd, waarbij is aangenomen dat de ondergrond volledig uit veen bestaat. De sterkteparameters van veen zijn aangenomen op basis van tabel 2.b van Eurocode 7 (conservatief). De overige uitgangspunten zijn:

- De bovenbelasting bedraagt 15 kN/m<sup>2</sup> (landbouwvoertuig) over een breedte van 2,5 m;
- De bovenbelasting bevindt zich maximaal 1 m vanaf de insteek van de watergang;
- Het huidig maaiveldniveau ligt op NAP -2,90 m (bron AHN);
- De taludhelling van de watergang bedraagt 1:2;
- Er is rekening gehouden met het hoogste waterpeil in de polder (NAP -3,35m) in de watergang maar ook in het maaiveld;
- Er is een waterdiepte aangenomen van 0,70 m (leggerdiepte watergang + 0,10 m).

### **Berekeningsresultaten**

In totaal zijn er twee situaties beschouwd: (1) de huidige situatie met de actuele afmetingen van de watergang en (2) de toekomstige situatie waarbij rekening is gehouden met de nieuwe afmetingen van de watergang. Voor beide situaties zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. In figuur 1 en figuur 2 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.



Figuur 1 – Stabiliteit watergang huidige sit. (SF = 1,00)    Figuur 2 – Stabiliteit watergang nieuwe sit. (SF = 1,00)

**Opdrijf- en opbarstveiligheid slootbodem**

Door het verbreden van de slootbodem bestaat tevens gevaar dat de slootbodem gaat opbarsten. Het opbarsten of opdrijven kan ontstaan doordat de waterdruk in een watervoerende laag hoger is dan het gewicht van de bovenliggende laag. Voor het project ‘toetsing regionale keringen<sup>1</sup>, van Delfland zijn al veel gegevens bepaald die gebruikt kunnen worden voor het bepalen van het opbarsten of opdrijven van de waterbodem. Om dit te berekenen zijn de volgende aanvullende gegevens noodzakelijk:

- Diepte watervoerende laag: NAP -13,60 m
- Stijghoogte watervoerende laag NAP -1,50 m

Ook de bodemopbouw is overgenomen uit het geotechnisch lengteprofiel zoals dit bij de rapportage<sup>1</sup> is toegevoegd. Hierbij is de laag boven het eerste kleipakket als veen geschematiseerd (conservatief). De bodemopbouw is in onderstaande tabel geschematiseerd:

Tabel 1 – bodemopbouw en gewicht bodem

Bovenzijde	dikte	grondsoort	Soort. Gew.	Tot. Gew.
bodem (-2,90 m)	3,6 m	Veen	10,0 kN/m <sup>3</sup>	36,0
NAP -6,50 m	1,9 m	Klei	14,5 kN/m <sup>3</sup>	27,6
NAP -8,40 m	0,6 m	Veen	10,0 kN/m <sup>3</sup>	6,0
NAP -9,00 m	4,6 m	Klei	14,5 kN/m <sup>3</sup>	66,7
NAP -13,60 m	Nvt	Zand		<b>136,3 kN/m<sup>2</sup></b>

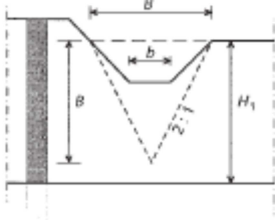
Het gewicht van de grond is gebaseerd op tabel 2.b van Eurocode 7. Dit is een conservatieve aanname.

Om opbarsten of opdrijven te voorkomen dient het gewicht van de deklaag groter te zijn dan de opwaartse druk.

Opbarst- of opdrijfveiligheid:  $F_{dek} / F_{opw} > 1,0$

<sup>1</sup> Gedetailleerde toetsing regionale keringen, Kade 5 Boezemkade Akkerdijksche polder langs Delfse Schie, RPS BCC + Witteveen en Bos, d.d. 03-05-2010, versie 02 Definitief, ref. NC9040218

Gezien de diepe ligging van het watervoerend pakket, is het mogelijk dat de watergang niet meegenomen hoeft te worden in de opdrijfsom. In de TRWG<sup>2</sup> staat beschreven dat, wanneer de waterremmende laag dikker is dan de slootbreedte(B) op het maaiveld, het bestaande maaiveld mag worden gebruikt bij het bepalen van opdrijven of opbarsten. In onderstaande figuur is dit visueel weergegeven.



Figuur 3 – bepaling effectieve laagdikte voor opbarsten bij sloot (TRWG<sup>2</sup>)

In dit geval is de breedte van sloot op maaiveldniveau: de bodembreedte + taluds. De taluds hebben een helling van 1:2. De breedte van de sloot bedraagt dus:  $4 \text{ m} + (2 \times (2 \times 1,05 \text{ m})) = 8,2 \text{ m}$ .

De watervoerende laag ligt op  $-2,90 - -13,6 = 10,7 \text{ m}$ .

De dikte van de waterremmende laag is dus groter dan de breedte van de sloot op maaiveldniveau. Het bestaande maaiveld mag dus worden gebruikt.

De opwaartse druk bedraagt  $(13,6 - 1,5) \times 10 = 121 \text{ kN/m}^2$

Uit tabel 1 blijkt dat het gewicht van de deklaag:  $136,3 \text{ kN/m}^2$  bedraagt.

Opdrijf- of opbarstveiligheid:  $136,3 / 121,0 = 1,13$

Hieruit blijkt dat de opwaartse druk net kleiner is dan de neerwaartse druk en de verwachting is dat de slootbodem dus niet zal opdrijven of opbarsten.

Indien de slootbodem wel wordt gebruikt blijkt de opdrijf- of opbarstveiligheid  $125,8 / 121 = 1,04$  te bedragen.

**Conclusie**

Uit de stabiliteitsanalyses volgt dat het verbreden van de watergang geen invloed heeft op de stabiliteit van de oever van de watergang. De reden is dat sprake is van een relatief ondiepe glijcirkel, waarbij de meest kritische glijcirkel ontstaat richting de insteek van de polderwatergang. Een voorwaarde dat er geen negatieve invloed op de stabiliteit ontstaat is dat de helling van de oever niet steiler wordt dan de huidige situatie. Daarnaast is het belangrijk dat er geen grondaanvullingen plaatsvinden, waardoor de stabiliteit negatief beïnvloed kan worden. Ook de opdrijf- of opbarstveiligheid blijkt nog steeds te voldoen na het verbreden van de watergang.

<sup>2</sup> Technisch rapport waterkerende grondconstructie, T.A.W., d.d. 2001, pag. 137 en 138