

aan	<b>Hoogheemraadschap van Delfland</b>
t.a.v.	Chris Woltering
van	Yoeri Jongerius, Reinoud van Oosten
datum	17 januari 2017
referentie	1603196A00-N17-003
onderwerp	Toetsing kadetraject 213 - inzake leggerwijziging

## Inleiding

Ter plaatse van kadetraject 213, nabij de Pieter Bregmanlaan te Pijnacker (zie figuur 1.1) wordt buitengewoon onderhoud uitgevoerd (ophogen van de kade). Vanwege de lokale aanwezigheid van bebouwing, is tijdens het ontwerp van de geplande onderhoudsmaatregelen in overleg met Delfland besloten de kade te verleggen. Door het tracé van de kade aan te passen, is het onderhoud van de kade ook in de toekomst beter uit te voeren. Voor de nieuwe ligging van de kade (gestippelde lijn in figuur 1.1) is een leggerwijziging noodzakelijk. Als onderdeel van de leggerwijzigingen dient gecontroleerd te worden of het aanwezige kadeprofiel voldoet aan de IPO-norm. In deze notitie worden twee representatieve toetsprofielen van het nieuwe tracé getoetst op de IPO-norm en stabiliteitsfactoren. Tevens wordt een vergelijking gemaakt tussen de veiligheidsfactoren van de profielen door de stabiliteitsberekeningen uit te voeren met zowel de oorspronkelijke proevenverzameling (met de bijbehorende Sigma-Tau Curves) als de nieuwe proevenverzameling.



figuur 1.1 : Ligging traject 213 (bron: Google Maps)

## Brondocumenten

- Lit. 1 Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen, STOWA, 2015.
- Lit. 2 Toetsing 'Meest risicovolle kaden - traject 1: Katwijkerlaan', RPS, juni 2016, 1500383A12.
- Lit. 3 Proevenverzameling 2.0 Gebruikershandleiding, Delfland, versie 1, april 2016.
- Lit. 4 Grondonderzoek RPS advies- en ingenieursbureau traject 213, RPS, 2017.

## Algemene uitgangspunten

De toetsing is uitgevoerd op basis van de 'Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen, LTVRW [Lit. 1]'. In overleg met Delfland is besloten om de uitgangspunten aan te houden conform een (recent)voorgaand project: 'toetsing meest risicovolle kaden' [Lit. 2]. De Proevenverzameling van Delfland is gebruikt voor de toetsing van de ontwerpprofielen [Lit. 3]. In 2016 is een nieuwe

proevenverzameling tot stand gekomen (Proevenverzameling 2.0 [Lit. 3]). Op basis van deze nieuwe proevenverzameling is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om het effect op de berekende stabiliteitsfactor in beeld te brengen. (hoofdstuk 6).

### Uitgevoerd en maatgevend grondonderzoek

Voor deze toetsing is grondonderzoek uitgevoerd [Lit. 4] ter plaatse van twee onderzoeksraaien. Per onderzoeksraai zijn twee handboringen uitgevoerd in de kruin en de teen van het kadelichaam, inclusief het steken van ongeroerde monsters ter bevordering van het bepalen van volumegewichten. Eveneens zijn twee sonderingen uitgevoerd om ook een volledig beeld te krijgen van de diepere bodemopbouw. In tabel 1.1 is een samenvatting opgenomen van het uitgevoerde grondonderzoek.

tabel 1.1: uitgevoerd grondonderzoek per dwarsprofiel

Dwarsprofiel	Kruinboring	Teenboring	Sondering	Boormonsters
615	B01	B02	S2	B01.1, B01.2, B01.3, B02.1, B02.2, B02.3, B02.4
616	B03	B04	S1	B03.1, B03.2, B03.3, B04.1, B04.2, B04.3

De bepaalde volumegewichten zijn in de stabiliteitsberekeningen gebruikt. Als ophoogmateriaal is gerekend met Dijksmateriaal Nieuw / `KLEI\_16.5-21.0' uit de proevenverzameling 2.0. Het grondonderzoek is opgenomen in Bijlage 1 van deze projectnotitie.

### Bodemopbouw

Ter plaatse van de (toets-) dwarsprofielen 615 en 616, is lokaal de bodemopbouw bepaald. In onderstaande tabellen is de bodemopbouw weergegeven ter plaatse van de kruin. De bodemopbouw ter plaatse van de teen is vrijwel gelijk en derhalve niet uitgewerkt in onderstaande tabellen. Naast het volumiek gewicht is tevens het watergehalte bepaald.

tabel 1.2: bodemopbouw dwarsprofiel 615 (kruin)

Bovenkant grondlaag [m + NAP]	Grondlaag [-]	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]
-1,96	Klei 16.5-21.0	17,90
-2,09	Klei 13.5-15.5	15,47
-3,08	Klei 12.0-13.5	12,39
-5,09	Klei 13.5-15.5	14,30
-7,00	Klei 13.5-15.5	14,40
-15,30	Pleistoceen zand	18,00

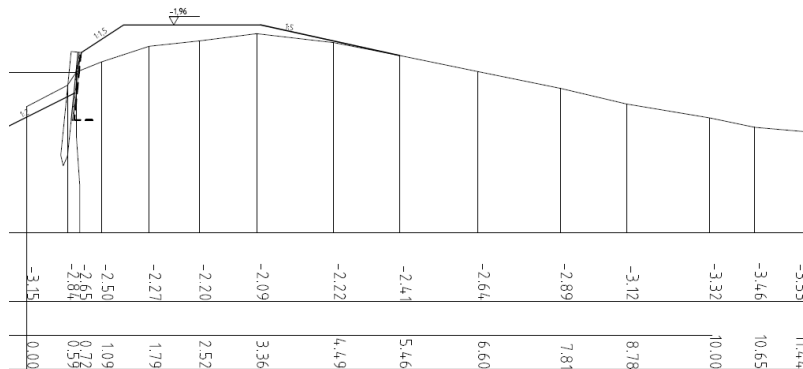
tabel 1.3: bodemopbouw dwarsprofiel 616 (kruin)

Bovenkant grondlaag [m + NAP]	Grondlaag [-]	Volumiek gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]
-1,96	Klei 16.5-21.0	17,90
-2,22	Klei 15.5-16.5	15,51
-3,20	Klei 16.5-21.0	16,60
-5,19	Klei 13.5-15.5	14,70
-7,00	Klei 13.5-15.5	14,40
-15,30	Pleistoceen zand	18,00

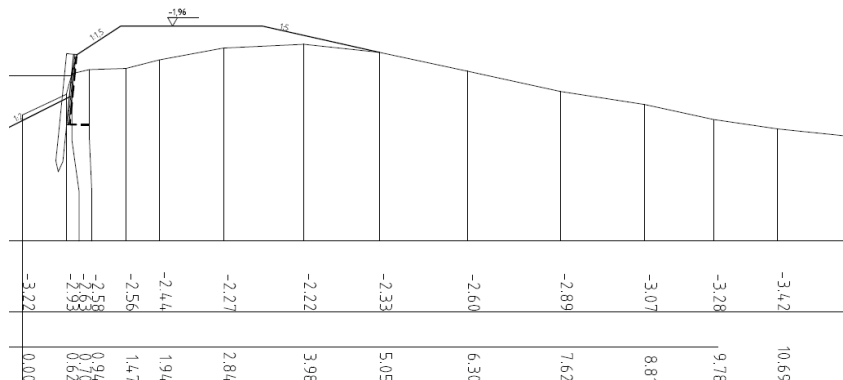
Uit bovenstaande tabellen volgt dat de kadelichamen en de ondergrond hoofdzakelijk uit bestaan uit klei tot een niveau van NAP -15,30 m. Er is geen sprake van aanwezigheid van tussenzandlagen en/of (droogtegevoelige) veenlagen.

**Nieuwe geometrie**

Ter plaatse van de (toets-) dwarsprofielen 615 en 616 is lokaal de geometrie van het kadelichaam bepaald. In onderstaande figuren zijn de dwarsprofielen afgebeeld, waarbij de nieuwe kruinbreedte is verwerkt. In de uitgevoerde toetsing wordt uitgegaan van de nieuwe geometrie.



figuur 1.2 : Geometrie profiel 615



figuur 1.2 : Geometrie profiel 616

**IPO-kadeklasse en stabiliteitsfactor**

De kade is getoetst als zijnde een kering met IPO-kadeklasse III (schadefactor van 0,90). Hier hoort een overschrijdingsfrequentie van 1/100 jaar bij. Voor de schematiseringsfactor is conform [Lit 1] in eerste instantie een (conservatieve) waarde van 1,2 gehanteerd. Deze factor neemt onzekerheden in bodemschematiseringen en waterspanningen mee. De vereiste stabiliteitsfactor wordt dan als volgt samengesteld:

$$\gamma_{eis} = \gamma_n \gamma_d \gamma_s = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 1,08$$

Hierin is:

- $\gamma_n$       modelfactor                      [-]
- $\gamma_d$       schadefactor                              [-]
- $\gamma_m$       schematiseringsfactor                [-]

### Beschouwde beoordelingssporen

Uit de lokale bodemopbouw volgt dat er geen tussenzandlagen en/of (droogtegevoelige) veenlagen zijn aangetroffen. Een aantal toetsporen zijn derhalve niet relevant. In de beoordeling van de ontwerpprofielen is één beoordelingsspoor beschouwd, te weten: Binnenwaartse stabiliteit (STBI). Enkel de extreem natte situatie is beschouwd, aangezien de kade niet als droogtegevoelig kan worden aangemerkt (geen veenlagen aangetroffen en geen gevaar voor opdrijven).

De niet beschouwde beoordelingssporen zijn:

- Hoogte: de kade wordt opgehoogd conform de eisen van Delfland en voldoet derhalve na realisatie van het buitengewoon onderhoud.
- Bekledingen: de toetsing is niet relevant vanwege het kleine overslagdebiet (< 0,10 l/m/s).
- Buitenwaartse macrostabiliteit: dit faalmechanisme is niet relevant, in C2.1 van [Lit 1] genoemde oorzaken treden namelijk niet op (peilval, zwaar verkeer, etc).
- Stabiliteit voorland: de toetsing is niet relevant aangezien er geen geul aanwezig is.
- Piping: niet relevant want er is geen tussenzandlaag aanwezig.
- Microstabiliteit: dijk is geheel van ondoorlatend materiaal (klei), dus niet relevant.
- NWO's: geen objecten langs de kade aanwezig, dus niet relevant. Wel is tijdens het veldbezoek geconstateerd dat er jonge bomen zijn aangeplant op het binnentalud. Hoewel deze bomen op dit moment geen risico vormen voor de waterveiligheid wordt aanbevolen de bomen te verplanten richting het achterland. Zodoende vormen de bomen in de toekomst geen risico wordt windworp en het ontstaan van ontgrondingskuilen binnen het leggerprofiel.

### Hydrologische uitgangspunten

De freatische lijn is conform project 'toetsing meest risicovolle kaden' geschematiseerd en loopt van toetspeil naar streefpeil onder de binnenkruin en vervolgens naar maaiveld bij de dijkteen.



figuur 1.2 : schematisatie freatische lijn

Overige uitgangspunten zijn ook grotendeels overgenomen uit [Lit. 2] Zie onderstaande tabel.

tabel 1.4: hydraulische peilen en stijghoogtes

Peil	Hoogte [m + NAP]	Referentie:
Streefpeil	- 2,66	Bijlage 10 – tabel leggerprofiel
Toetspeil	- 2,25	[Lit. 2]
Stijghoogte pleistoceen	- 4,05	[Lit. 2]

### Verkeersbelasting

De kruin van de kade heeft een breedte van 2 meter, dit maakt de aanwezigheid van een inspectievoertuig mogelijk. Daarom is in de berekeningen een verkeersbelasting van 5 kN/m<sup>2</sup> over een werkende breedte van 2,0 m, conform [Lit. 1] in rekening gebracht. Dit betreft een conservatief /veilig uitgangspunt, aangezien Delfland voor 'groene kaden' doorgaans geen verkeersbelasting in rekening brengt.

### Berekeningsresultaten STBI

Er is geen tussenzandlaag aanwezig. Hierdoor kan toetsing op hydraulische kortsluiting buiten beschouwing worden gelaten (uitgesloten). De berekeningsresultaten zijn weergegeven in tabel 1.5. In de tabel is ook een vergelijking gemaakt tussen de veiligheidsfactoren voortvloeiend uit de stabiliteitsberekeningen met grondparameters uit de oorspronkelijke proevenverzameling en de nieuwe proevenverzameling. Beide profielen krijgen het oordeel 'voldoende' voor STBI. In bijlage 2 zijn de berekeningsresultaten STBI opgenomen conform de nieuwe proevenverzameling. In bijlage 3 zijn de resultaten opgenomen conform de bestaande (oorspronkelijke) proevenverzameling (sigma-tau relaties).

tabel 1.5: berekeningsresultaten STBI

Profiel	Eis:	Bishop (oorspronkelijke proevenverzameling):	Bishop (nieuwe proevenverzameling):	Oordeel STBI:
615	1,08	1,57	2,05	Voldoende
616	1,08	1,38	1,82	Voldoende

### Conclusie

Het nieuwe kadeprofiel langs traject 213 voldoet (methodisch/rekenkundig) aan de veiligheidsnorm. Eventueel wordt bij het ophogen van de kade, de kruin enigszins polderwaarts verschoven waarbij ook het binnentalud wordt aangevuld. Aangezien dit geen consequenties heeft voor de geometrie en de bodemopbouw van de nieuwe kade heeft dit geen invloed op het veiligheidsoordeel.

**BIJLAGE**

---

1 Grondonderzoek

**BIJLAGE**

---

2 Berekeningsresultaat STBI

3 Berekeningsresultaat STBI (oude proevenverzameling)