



Erosie van kleibekleding met gras op boventalud van zeedijken

Mark Klein Breteler

Deltares

Waterschap NOORDERZIJLVEST



HWBP
voor sterke dijken

Overzicht presentatie

- Deltagootproeven
- Numerieke berekening (OpenFoam)
- Resultaten
- Software



Deltares

Waterschap NOORDERZIJVEST



Kleiblokken met gras steken op Waddenzeedijk



Locatie Blija



Klei-eigenschappen

Drie locaties:

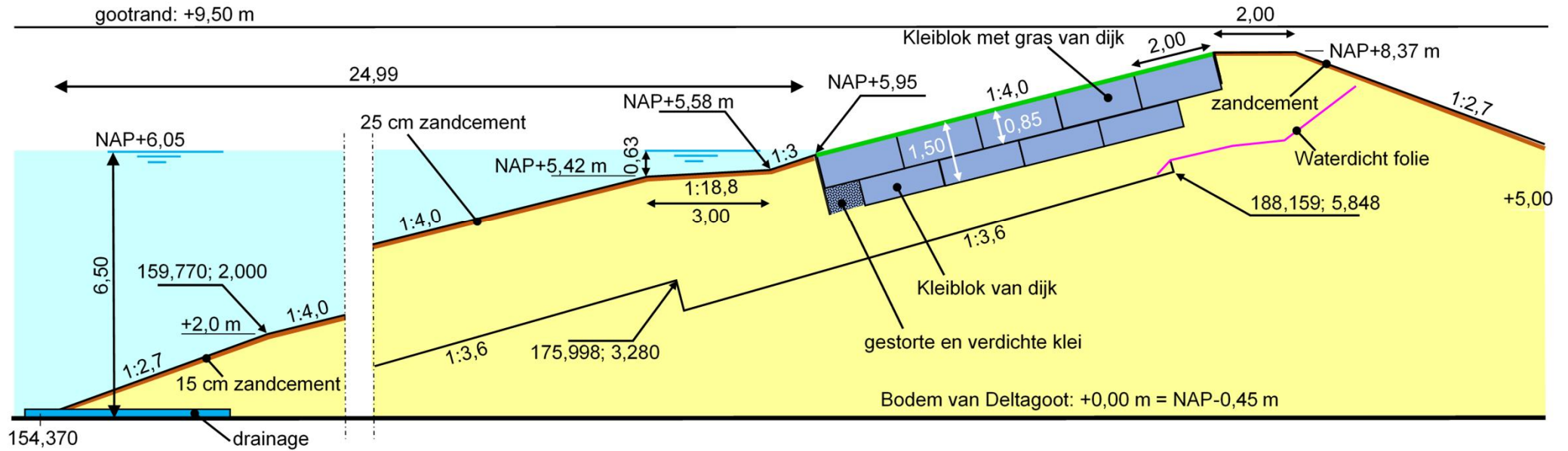
- Lauwersmeerdijk: schrale klei, categorie 3 (bijna 2)
- Holwerd: schrale klei, categorie 3 (bijna 2)
- Blija: stevige klei, categorie 1

	zand	Plasticiteitsindex	uitrolgrens	vloeigrens
Lauwersmeerdijk	40%	17%	22%	40%
Holwerd	31%	16%	19%	35%
Blija	14%	31%	24%	55%

Kleiblokken met gras plaatsen



Lauwersmeerdijk



Talud 1:4 (klei van Lauwersmeerdijk en Blija) en 1:5 (klei van Holwerd)

Proeven met $H_s = 2,0$ m



Resultaten

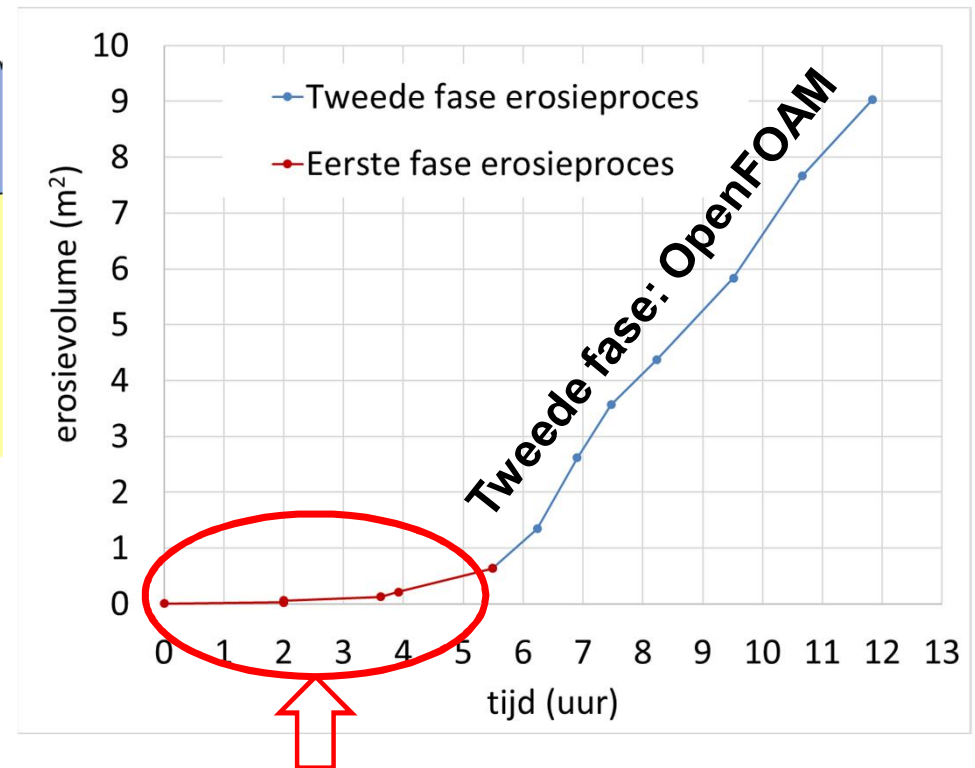
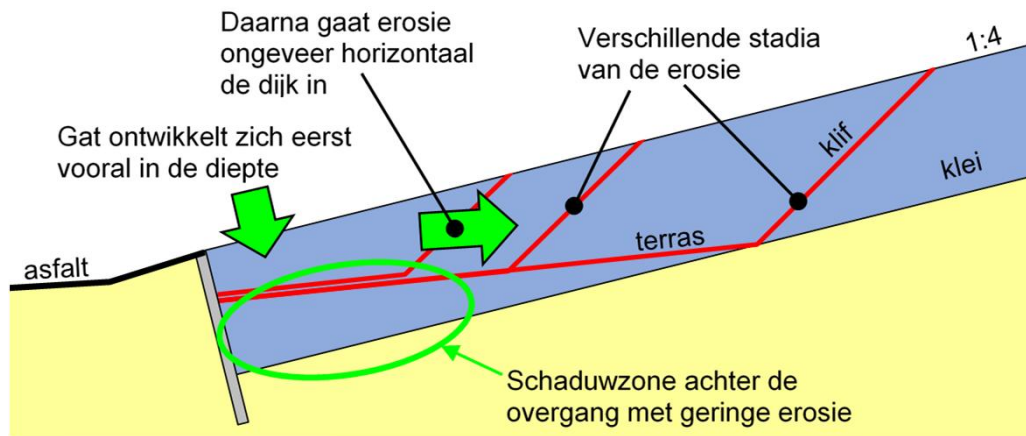
waterstand: +6,20 m, golfhoogte: $H_{m0} = 2$ m



Gras na extreem hete, droge, zomer

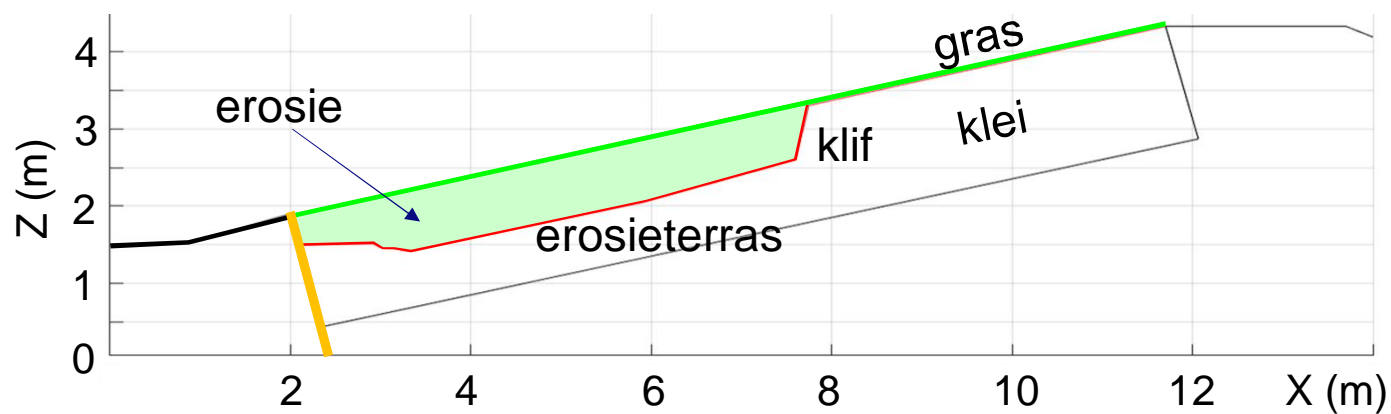
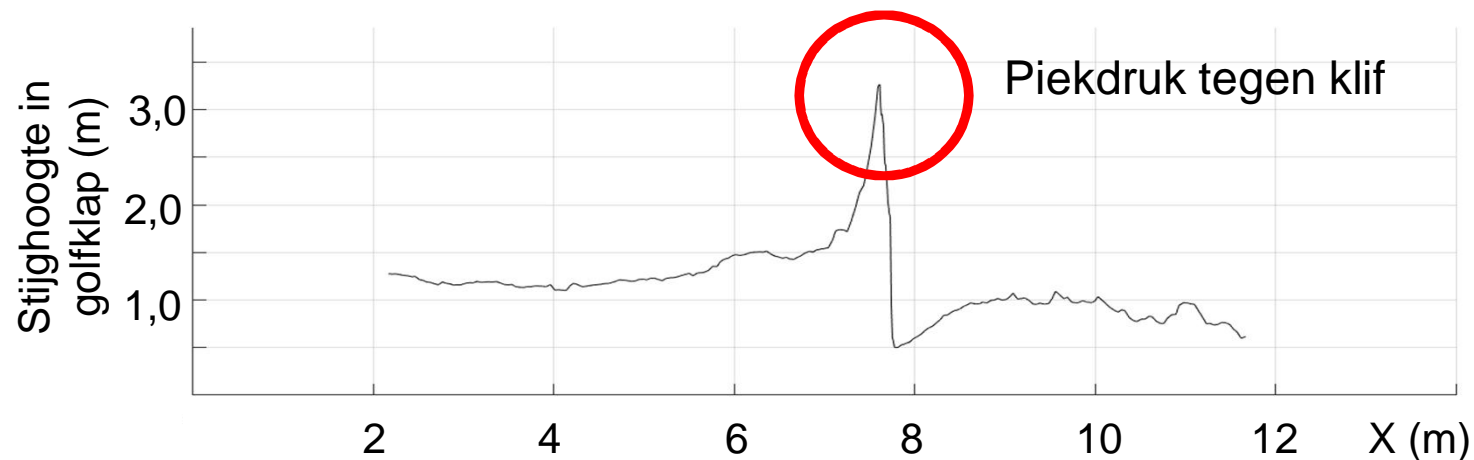


Twee fases in erosieproces



Eerste fase: aangepaste WBI-formules met f_{overgang}

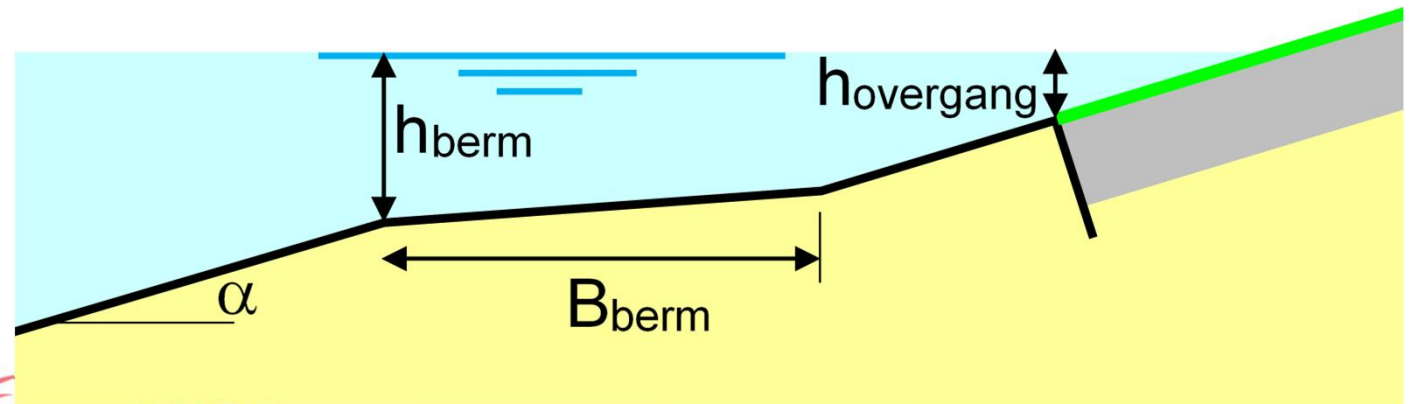
2^{de} fase: Numerieke berekeningen met OpenFOAM



Berekende invloed van geometrie en belasting

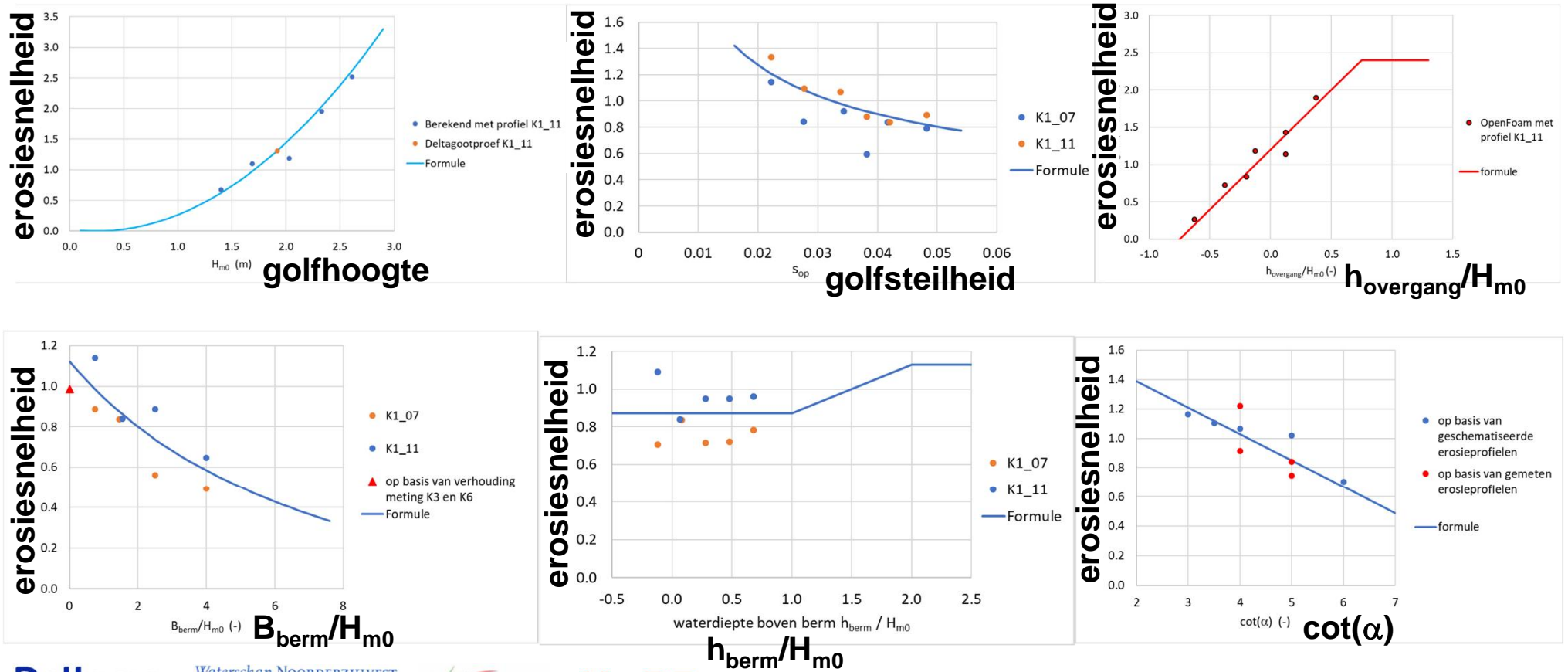
Invloed van belangrijkste aspecten brekend met OpenFoam:

- Golfhoogte (H_{m0})
- Golfsteilheid ($s_{op} = H_{m0} / \left(\frac{g}{2\pi} T_p^2 \right)$)
- Taludhelling ($\tan\alpha$)
- Niveau overgang ($h_{overgang}$)
- Bermbreedte (B_{berm})
- Bermniveau (h_{berm})



Numerieke berekeningen voor Lauwersmeerdijk

Kwantificering van diverse aspecten die van invloed zijn op de erosie



Resultierende formules voor Waddenzeedijken

- **Eerste fase van erosieproces:**

$$d_e = f_{\text{overgang}} \cdot c_d \cdot \max(0; H_{m0} - 0,5) (\tan \alpha)^{1,5} \cdot t_{\text{belast}}$$

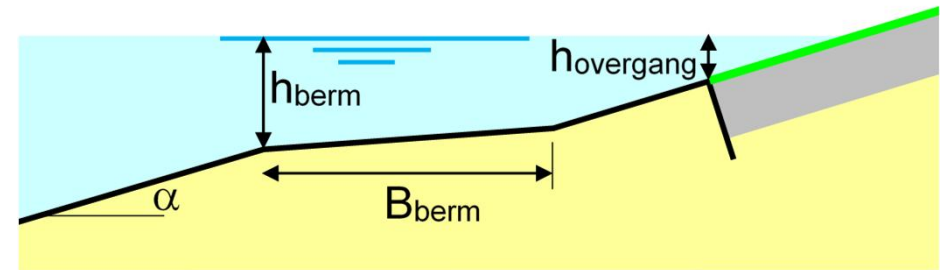
$$f_{\text{overgang}} = \max\left(0; \min\left(1; 0,44 \frac{h_{\text{overgang}}}{H_{m0}} + 0,66\right)\right)$$

- **Tweede fase van erosieproces:**

$$\frac{\partial V_e}{\partial t} = 0,070 \cdot \frac{(H_{m0} - 0,25)^2}{\sqrt{s_{op}}} \cdot \min\left(2,4; \max\left(0; 1,2 + 1,6 \cdot \frac{h_{\text{overgang}}}{H_{m0}}\right)\right) \cdot$$

$$\left[\frac{13}{\frac{B_{\text{berm}}}{H_{m0}} \cdot \min\left(1; \max\left(0; 2 - \frac{h_{\text{berm}}}{H_{m0}}\right)\right) + 8} - 0,5 \right] \cdot \left(1,75 - \frac{0,18}{\tan(\alpha)}\right)$$

- **Onzekerheden: stochastische modelcoëfficiënten in formules**



Software

- Faalkans kleibekleding met gras (probabilistische som)
- Doorontwikkeling van tool voor rivieren
- Waterstanden en golfcondities komen uit Hydra-Ring
- Voor Toets op Maat
- Planning: zomer 2022

The screenshot shows the GEBU Faalkans Tool interface with the following settings and data:

Modus: Normaal

Berekening: Berekeningstype: Toetsing **Toetsing / ontwerp**

HLCD bestandslocatie: C:\MKB\Gebu faalkanstool\GEBU_faalkans_versie20.2.0.935 - 8sept2021\hlcd.sqlite

Dijklocatie: 043-06_0009_1_WA_km0913 **Locatie**

Zichtjaar: 2023

Graskwaliteit: Gesloten zode **Graskwaliteit**

Kernmateriaal: Zand

Hoogwater: -1,23 [m]

Laagwater: 1,12 [m] **Hoog- en Laagwater**

Niveau overgang: 5,67 [m] **Niveau overgang**

Rekenen met hydraulische belastingen van: 1 maand (conform WBI2017) 1 storm

Geometrie:

Voorlandhelling: 0.01 [tan(α)]

Dijknormaal t.o.v. Noord: 50 [graden]

X-coördinaat bij teen: 0 [m]

Z-coördinaat bij teen: 0 [m+NAP] **Geometrie van dijk**

Kleidikte bij teen: 1 [m]

X Begin [m]	Z Begin [m+NAP]	Kleidikte Begin [m]	X Eind [m]	Z Eind [m+NAP]	Kleidikte Eind [m]	Helling [tan(α)]	Type
0	0	1	10	3.1	0.5	0.31	Buitentalud
10	3.1	0.511	15	4.2	0.8	0.22	Buitentalud
15	4.2	0.819	18	4.3	0.7	0.03	Berm/Kruin
18	4.3	0.683	21.5	5.1	0.6	0.23	Buitentalud

Meldingen rekenhart

Tijd	Bericht
10/5/2021 10:53:39 AM	Importeren van de HRD is gelukt.
10/5/2021 10:53:39 AM	Gegevens zijn geïmporteerd vanuit bestand 'C:\MKB\Gebu faalkanstool\GEBU_faalkans_versie20.2.0.935 - 8sept2021\WBI2017_Bovenrijn_43-6_v04.sqlite'.
10/5/2021 10:53:38 AM	Importeren van de HRD is gestart.
10/5/2021 10:44:04 AM	GEBU Faalkans Tool 20.2.0.945 is opgestart.

Vragen ?



Deltares

Waterschap NOORDERZIJVEST



HWBP
voor sterke dijken