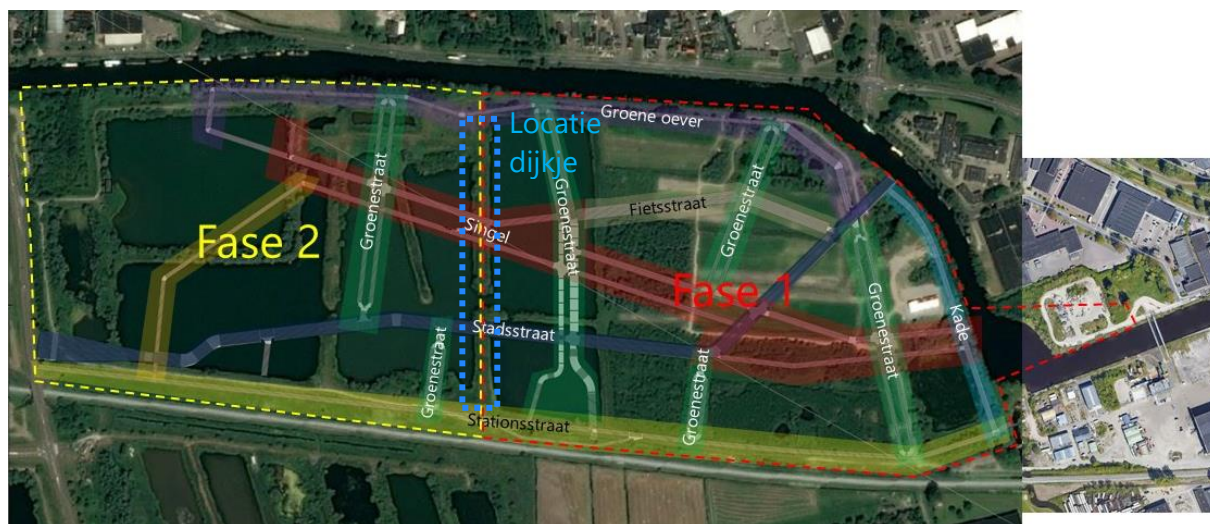


Suikerzijde Groningen

Aan: Gemeente Groningen
Van: Robbert Drieman
Gecontroleerd door: Harrie Wiltinge / Henk van der Velden
Datum: 25 mei 2021
Ref no.: 1320-182887.M06
Versie: 1.0
Onderwerp: Stabiliteitsanalyse dijkje tussen fase 1 en 2

1. Inleiding

De werkzaamheden voor het projectgebied 'Suikerzijde' deelgebied Noord zijn onderverdeeld in 2 fasen, zie Figuur 1.1. Op de scheiding tussen fase 1 en fase 2 bevindt zich een dijkje. De locatie van het dijkje is aangegeven met blauw in Figuur 1.1. Ten oosten van dit dijkje bevinden zich een aantal vloeivelden, welke in fase 1 zullen worden gedempt. In deze memo is de stabiliteit van de het dijkje beschouwd, in de situatie dat de vloeivelden in fase 1 gedempt worden / zijn, maar de vloeivelden in fase 2 nog niet gedempt zijn. Het betreft hier mogelijke maatgevende situaties die kunnen optreden tijdens het bouwproces.



Figuur 1.1: Onderverdeling van het projectgebied in fase 1 en fase 2.

Er zijn twee situaties beschouwd:

- Situatie 1: waterniveau vloeiveld zijde fase 2 op NAP +0,5 m, vloeiveld zijde fase 1 leeg (met water op bodemniveau, gelijk aan ca. NAP -2,5 m).

- Situatie 2: waterniveau vloeiveld zijde fase 2 op NAP +0,5 m, vloeiveld zijde fase 1 aangevuld met zand tot NAP +0,75 m (dat is incl. 0,4 m gewichts- en/of zettingscompensatie) en grondwaterstand op ca NAP -2,5 m.

In het vervolg van deze memo zal in geval van 'zijde fase 1' worden gesproken over de 'oostelijke vloeivelden' of 'oostzijde'. In geval van 'zijde fase 2' zal worden gesproken over 'westelijke vloeivelden' of 'westzijde'.

In Figuur 1.2 is een 360 graden foto weergegeven, die een impressie geeft van de huidige situatie.



Figuur 1.2: 360 gradenfoto, gemaakt door Fugro op 2-3-2021. Boven: locatie 360 graden foto. Onder: Foto 04.

2. Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor de analyse gegeven.

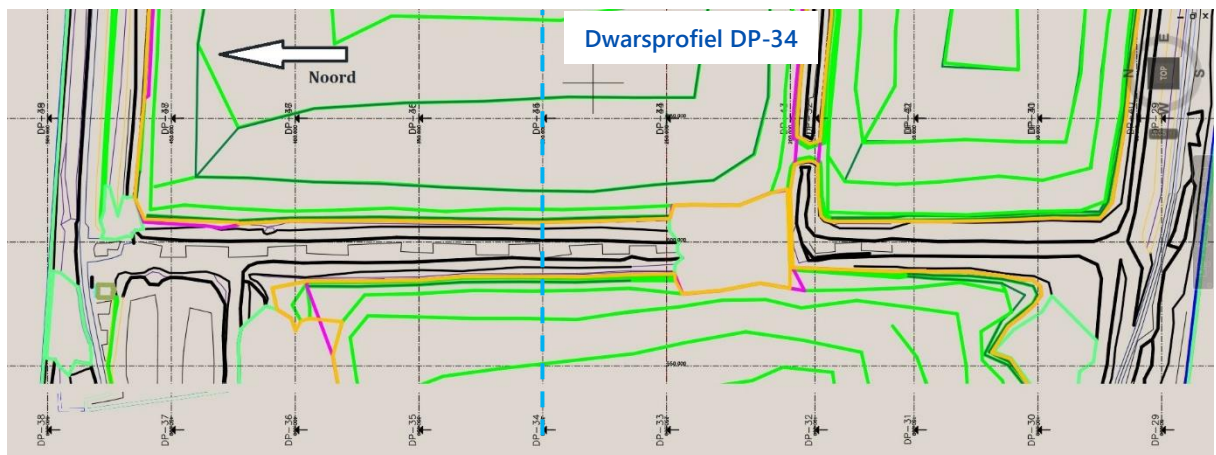
2.1 Geometrie

Als eerste stap is gekeken naar de hoogteligging van de kruin van het dijkje. Hiervoor is een langsprofiel gemaakt van het dijkje op het AHN2, zie Figuur 2.1. Uit dit langsprofiel is te concluderen dat het kruinniveau van het dijkje over de gehele lengte op ca. NAP +4,0 m ligt.



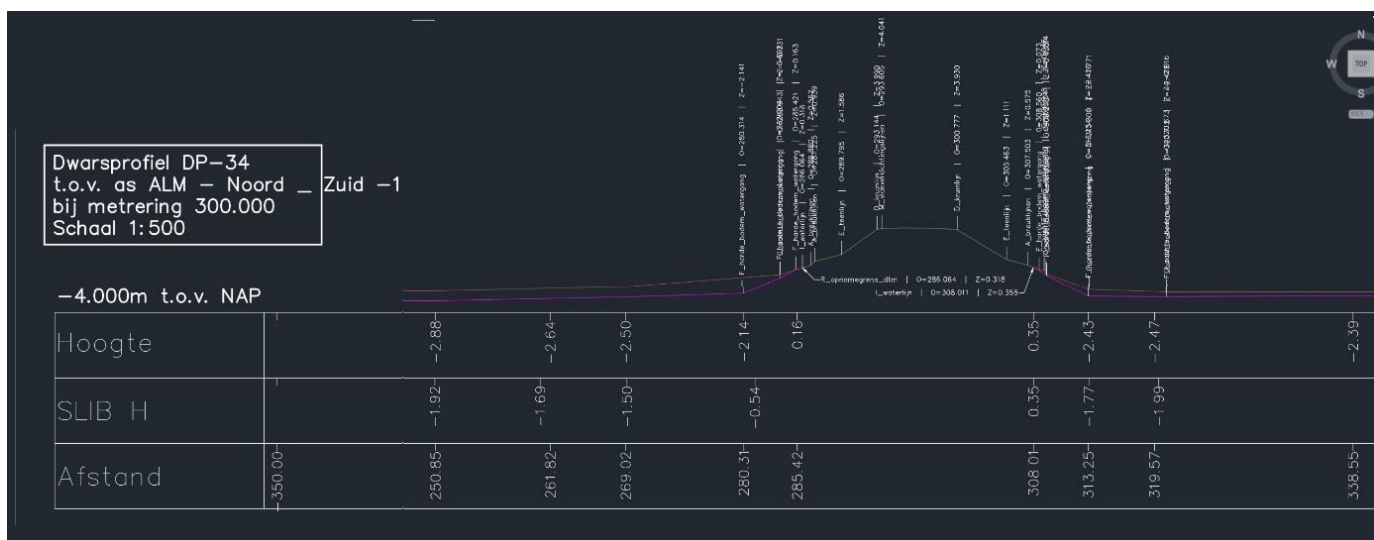
Figuur 2.1: Langsprofiel AHN dijkje tussen fase 1 en 2 (bron: AHN2, www.ahn.nl).

Door de Gemeente Groningen is een AutoCAD-bestand aangeleverd (Gemeente Groningen, ACAD-2013-20219418_190111_DTM AutoCad_2013.dwg), met hierop dwarsprofielen van het gehele projectgebied. De dwarsdoorsneden zijn genomen in noord-zuid en oost-west richting. In deze memo is de stabiliteit van de dijk op één maatgevende locatie beschouwd. De locatie van het beschouwde maatgevende dwarsprofiel DP-34 is weergegeven in Figuur 2.2. Dit maatgevende dwarsprofiel is geselecteerd op basis van de maximale diepteligging van de bodem van de vloeivelden.



Figuur 2.2: Overzicht locatie beschouwde dwarsprofiel (bron: Gemeente Groningen, AutoCAD bestand ACAD-2013-20219418_190111_DTM AutoCad_2013.dwg).

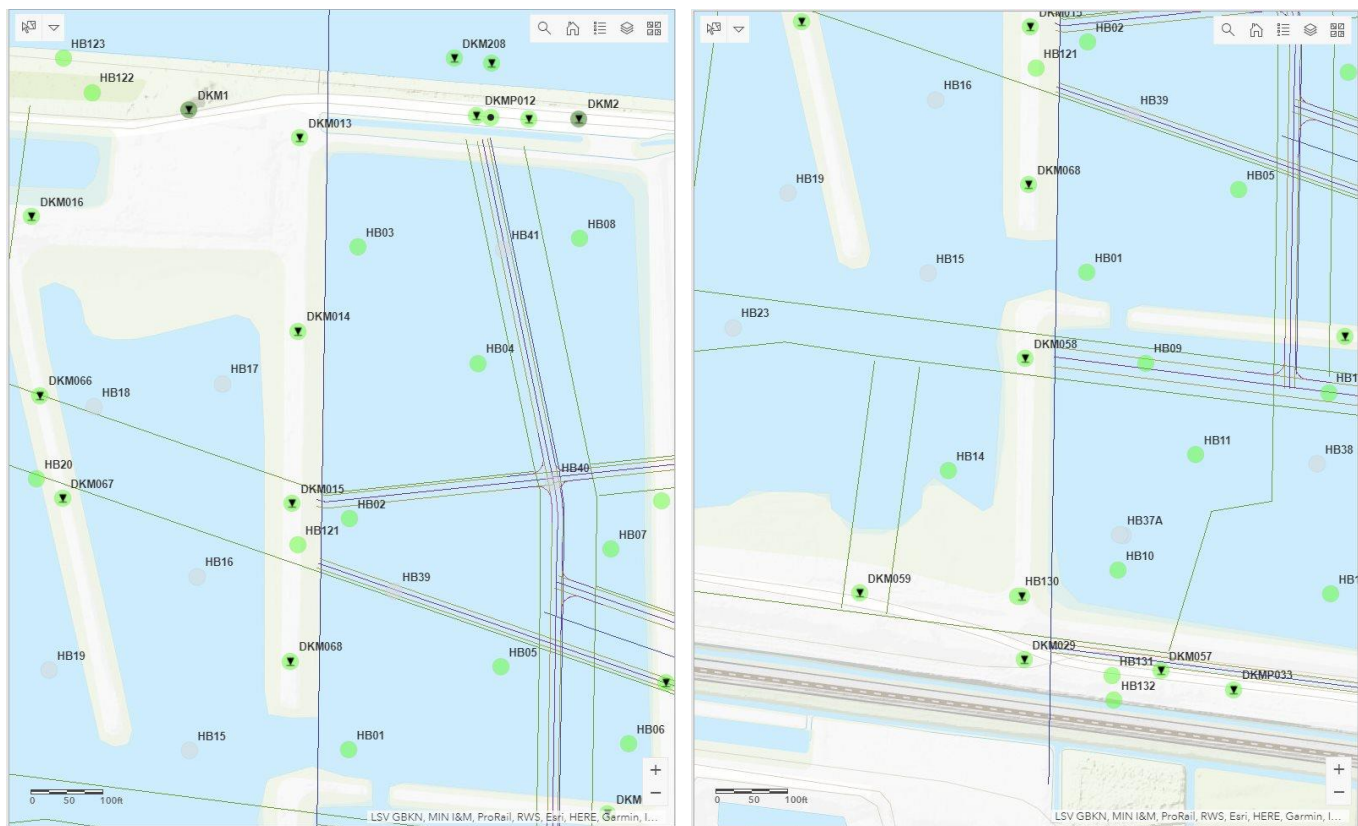
Het maatgevende dwarsprofiel DP-34 is weergegeven in Figuur 2.3.



Figuur 2.3: Het beschouwde dwarsprofiel DP-34 (bron: Gemeente Groningen, AutoCAD bestand ACAD-2013-20219418_190111_DTM AutoCad_2013.dwg).

2.2 Grondonderzoek en bodemopbouw

Het beschikbare grondonderzoek ter plaatse van het dijkje tussen fase 1 en 2 is weergegeven in Figuur 2.4.



Figuur 2.4: Beschikbaar grondonderzoek ter plaatse van het dijkje tussen fase 1 en fase 2. Links: noordzijde dijkje. Rechts: zuidzijde dijkje (bron: Gaia.Live portaal Suikerzijde, d.d. 3-5-2021).

2.3 Grondwaterstand en stijghoogte

Voor een uiteenzetting van ontwerpwaterstanden en -stijghoogten en een beschrijving van de polderpeilen in het projectgebied, wordt verwezen naar de memo met documentnummer 1320-182887.M07.

De in de berekeningen aangehouden waarden zijn beschreven in hoofdstuk 1.

2.4 Grondparameters

Op basis van de resultaten van het grond- en laboratoriumonderzoek, tabel 2b uit NEN9997-1 en ervaring zijn sterkte- en stijfheidsparementers voor de verschillende grondlagen afgeleid. In Tabel 2.1 zijn de gehanteerde sterkteparameters voor de stabiliteitsberekeningen van het maatgevende dwarsprofiel DP-34 gegeven.

De maatgevende bodemopbouw is aangehouden volgens sondering DKM13. Ter plaatse van deze sondering ligt de onderkant van het Holocene slappe lagenpakket het meest diep (op NAP -6,0 m). De onderzijde van het Holocene pakket bevindt zich niet overal ter plaatse van de dijk zo diep, ter plaatse van andere sonderingen (DKM015, -028 en -058) bevindt de onderzijde van het Holocene pakket zich rond NAP -3,5 m). Ter plaatse van sondering DKM13 wordt de basisveenlaag aangetroffen. De basisveenlaag is ter plaatse van de dijk echter niet overal aanwezig.

Tabel 2.1: Karakteristieke waarden sterkteparameters. Het bodemprofiel is aangehouden op basis van sondering DKM13.

Grondlaag	Niveau bovenkant laag [ca. m t.o.v. NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]
ZAND, toplaag, opgehoogd	+4,0	18,0	20,0	0,0	30,0
KLEI, doorsneden door zandlaagjes, opgehoogd	+3,0	16,0	16,0	5,0	22,5
KLEI	-1,0	15,0	15,0	5,0	20,0
basisVEEN	-5,5	10,0	10,0	2,5	15,0
ZAND (pleistoceen)	-6,0	18,0	20,0	0,0	32,5
ZAND (aanvulmateriaal)	-	18,0	20,0	0,0	30,0
γ γ_{sat} c' φ'	gemiddelde waarde van het volumiek gewicht van grond boven de grondwaterstand gemiddelde waarde volumiek gewicht van met water verzadigde grond effectieve cohesie effectieve hoek van inwendige wrijving				

2.5 Overige uitgangspunten

De volgende overige uitgangspunten zijn van toepassing bij de berekeningen:

- In de berekeningen is geen bovenbelasting meegenomen op de kruin van de dijk. Dit houdt in dat de aanname is gedaan dat er geen bouwverkeer over de dijk zal rijden.
- In de berekeningen is als aanvulling het materiaal zand aangehouden. Dit is een ongunstige benadering, in werkelijkheid zal alleen ter plaatse van toekomstige wegen zand als aanvulmateriaal worden gebruikt, het overige deel van het vloeiveld wordt opgevuld met gebiedseigen grond.

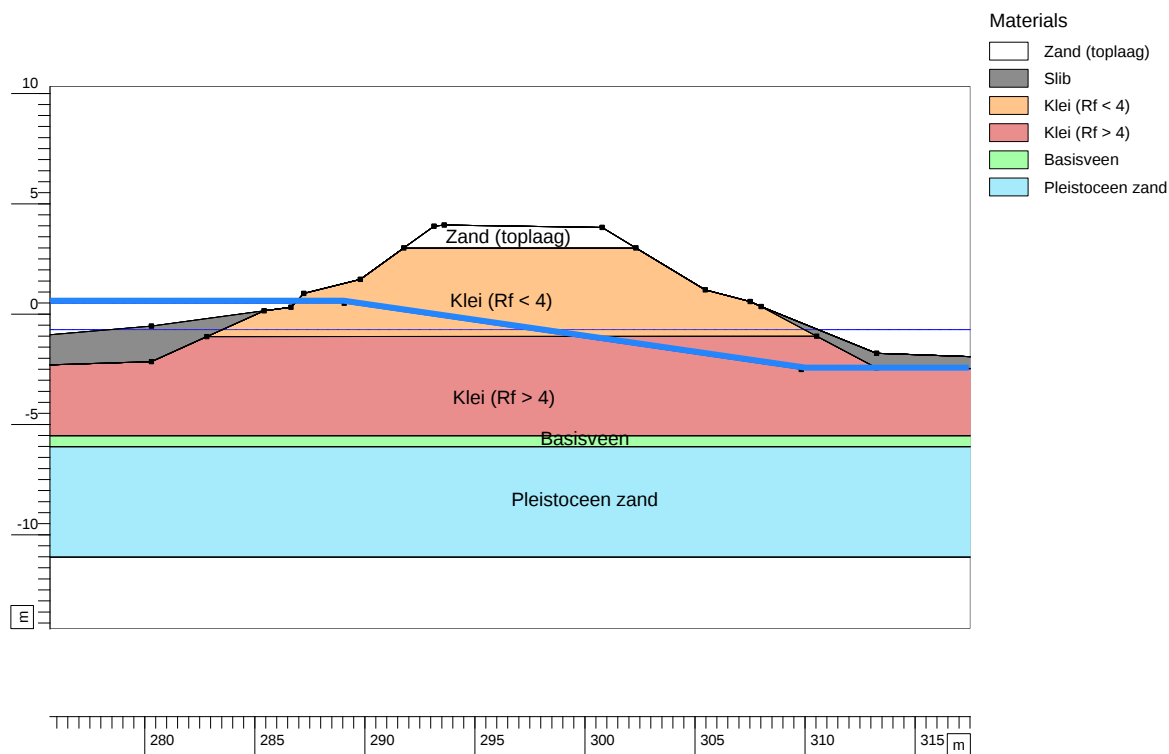
3. Stabiliteitsanalyse

In dit hoofdstuk, zijn de uitgevoerde stabiliteitsanalyses gepresenteerd. In paragraaf 3.1 is de ingevoerde geometrie per doorsnede gegeven. In paragraaf 3.2 zijn de berekeningsresultaten gepresenteerd.

3.1 Invoer dwarsdoorsneden

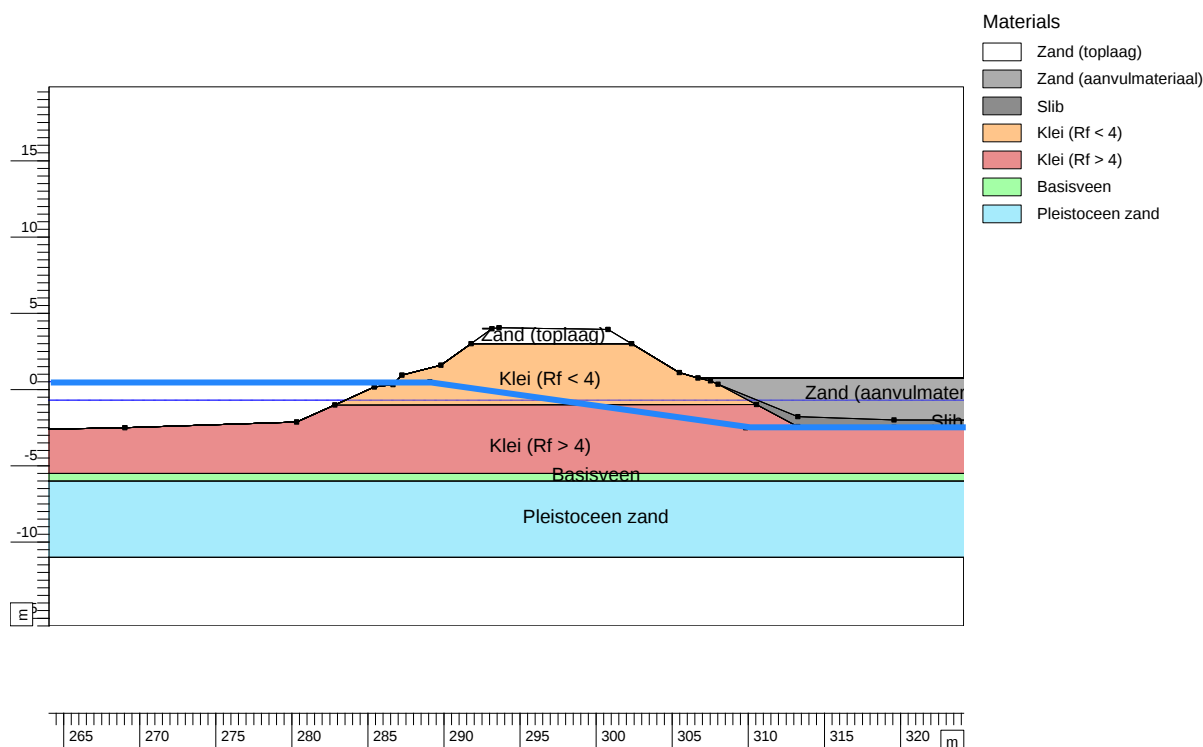
In de volgende figuren is bij de berekeningen gehanteerde geometrie gepresenteerd. In de figuren is de freatische grondwaterstand of open waterstand weergegeven met een doorgetrokken blauwe lijn.

In situatie 1 (oostelijke vloeivelden leeg), is het aangeleverde profiel DP-34 aangehouden, zie Figuur 3.1.



Figuur 3.1: Geometrie van dwarsprofiel DP-34, voor situatie 1.

In situatie 2 (oostelijke vloeivelden aangevuld met zand), is het westelijke vloeiveld opgeschoond tot een niveau van ca. NAP -2,5 m. Dit is voor deze situatie maatgevend, zie Figuur 3.1. Hierbij is in de oostelijke vloeivelden de grondwaterstand gelijk genomen aan het niveau van de bodem. Dit is een worst case scenario.



Figuur 3.2: Geometrie van dwarsprofiel DP-34, voor situatie 2.

3.2 Berekeningsresultaten

In deze paragraaf zijn de resultaten van de stabiliteitsberekeningen gegeven. De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma D-Geo Stability. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de uiterste grenstoestand (UGT). In onderstaande figuren zijn de maatgevende Bishop glijdcirkels weergegeven, per berekeningssituatie. In de figuren is de freatische grondwaterstand of open waterstand weergegeven met een doorgetrokken blauwe lijn. De berekende stabiliteitsfactor dient groter of gelijk te zijn aan 1.

3.2.1 Situatie 1 (oostelijke vloeivelden leeg)

Bij situatie 1, waarbij het vloeiveld aan oostzijde leeg is (met het waterniveau in dat vloeiveld op bodemniveau), zijn voor de taluds aan de west- en oostzijde de volgende stabiliteitsfactoren berekend.

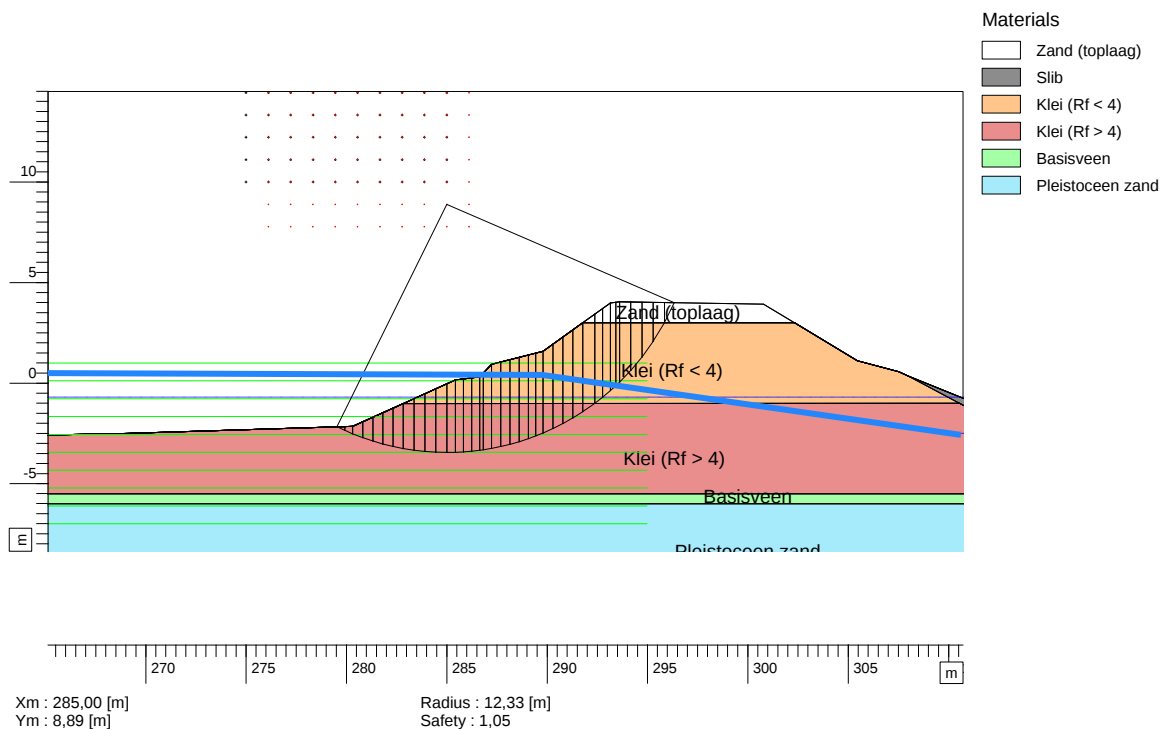
- Talud westzijde: stabiliteitsfactor = 1,05 > 1,0 --> voldoet (zie Figuur 3.3).
- Talud oostzijde: stabiliteitsfactor = 0,83 < 1,0 --> voldoet niet (zie Figuur 3.4).

Het talud aan de oostzijde voldoet niet. Een berekening met de open waterstand in het oostelijk vloeiveld op NAP -0,5 m (wat een veilige aanname betreft in relatie tot opbarstrisico), geeft de volgende stabiliteitsfactor:

- Talud oostzijde, waterstand oostelijk vloeiveld op NAP -0,5 m: stabiliteitsfactor = 0,93 < 1,0 --> voldoet niet (zie Figuur 3.5).

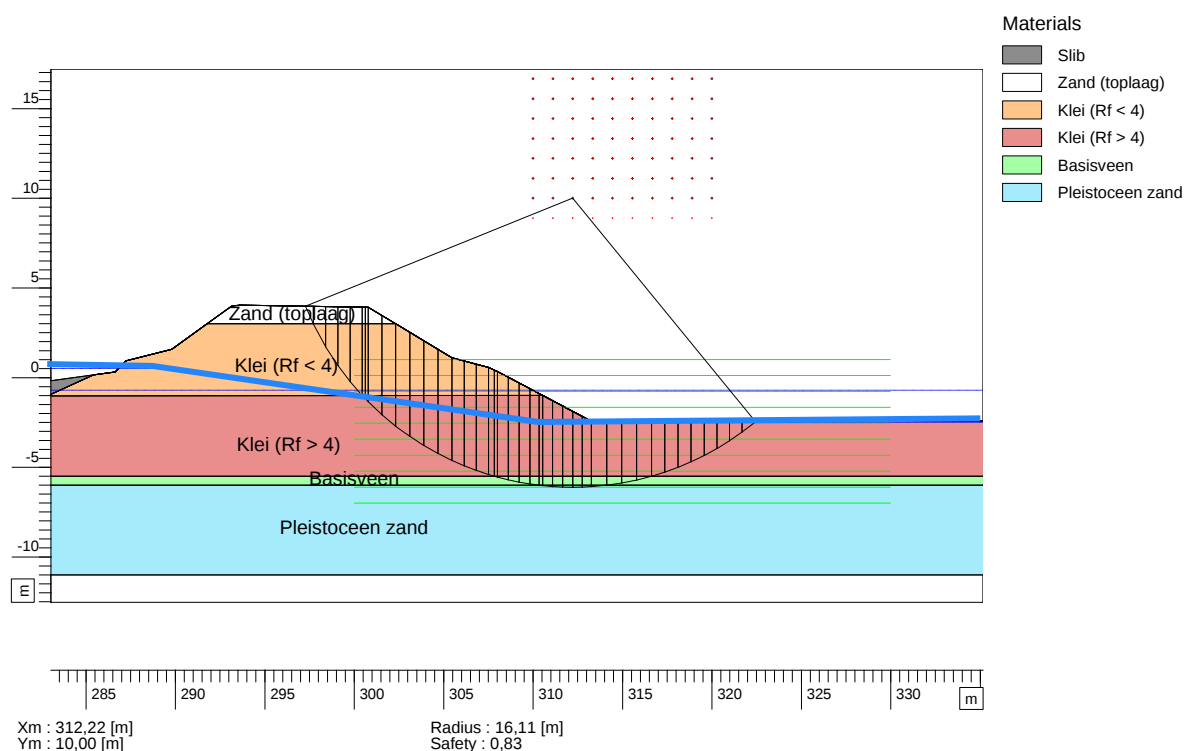
Een mogelijke oplossing voor het oostelijk talud in het geval waarbij de waterstand in het oostelijke vloeiveld wordt verlaagd is eerst een laag aanvulmateriaal aanbrengen (in de vorm van een steunberm) in het oostelijk vloeiveld, voordat de waterstand in het oostelijk vloeiveld wordt verlaagd. Een alternatief is het verlagen van de kruin van de dijk.

Critical Circle Bishop



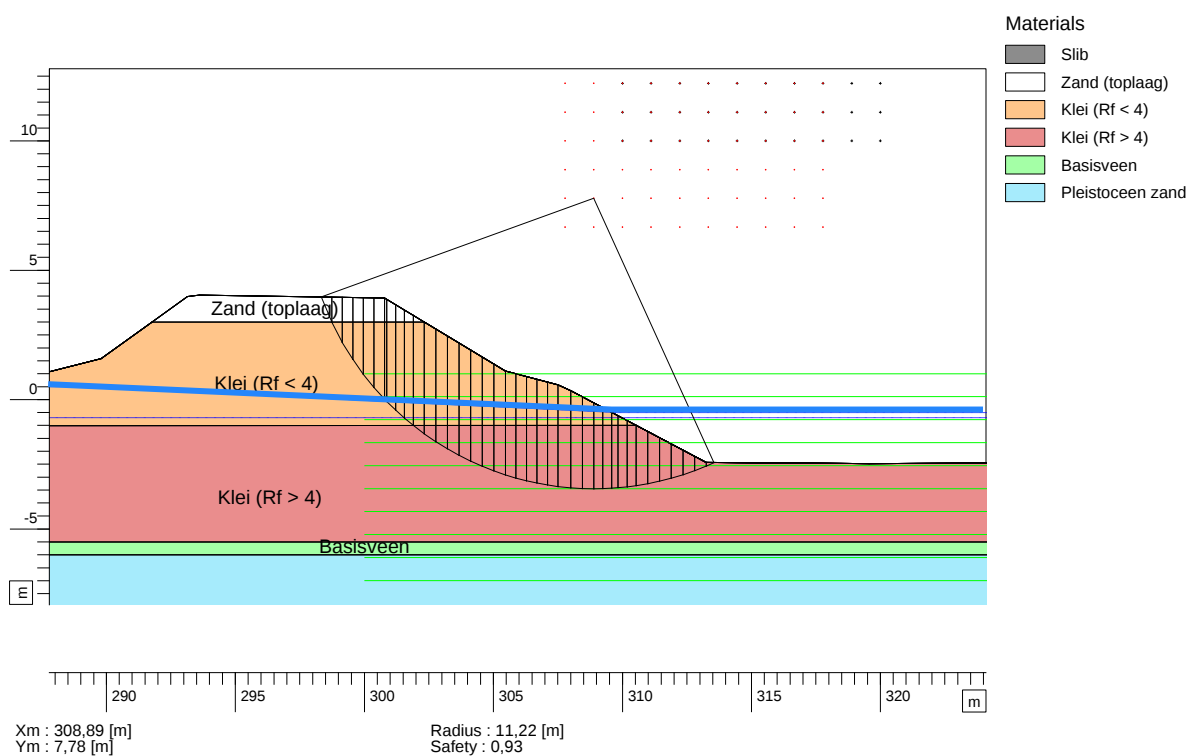
Figuur 3.3: Maatgevende glijdcirkel bij situatie 1, westzijde (bestand: Dijkje_DP-34_situatie1_talud westzijde_geen slib.sti).

Critical Circle Bishop



Figuur 3.4: Maatgevende glijdcirkel bij situatie 1, oostzijde (bestand: Dijkje_DP-34_situatie1_talud oostzijde_geen_slib.sti).

Critical Circle Bishop



Figuur 3.5: Maatgevende glijdcirkel bij situatie 1, oostzijde (bestand: Dijkje_DP-34_situatie1_talud oostzijde_geen_slib_GWS NAP -0,5 m.sti).

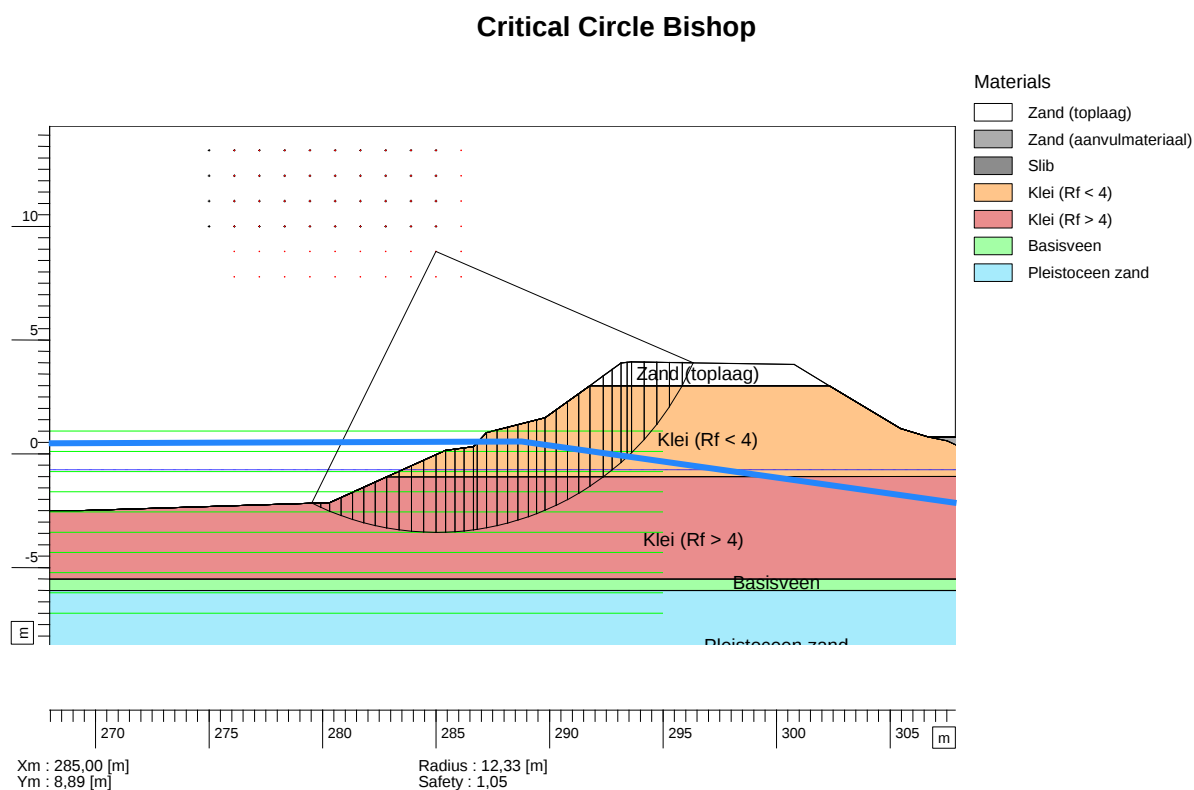
Er is tevens een berekening uitgevoerd met behulp van de optie 'Horizontal balance'. Hierbij wordt het horizontale evenwicht van de dijk beschouwd (bestand: Dijkje_DP-34_situatie1_horizontal balance.sti). Bij de berekening is een stabiliteitsfactor van 4.39 berekend. Deze waarde is groter dan 1, wat betekent dat de horizontale stabiliteit van de dijk is gewaarborgd.

3.2.2 Situatie 2 (oostelijke vloeivelden aangevuld met zand)

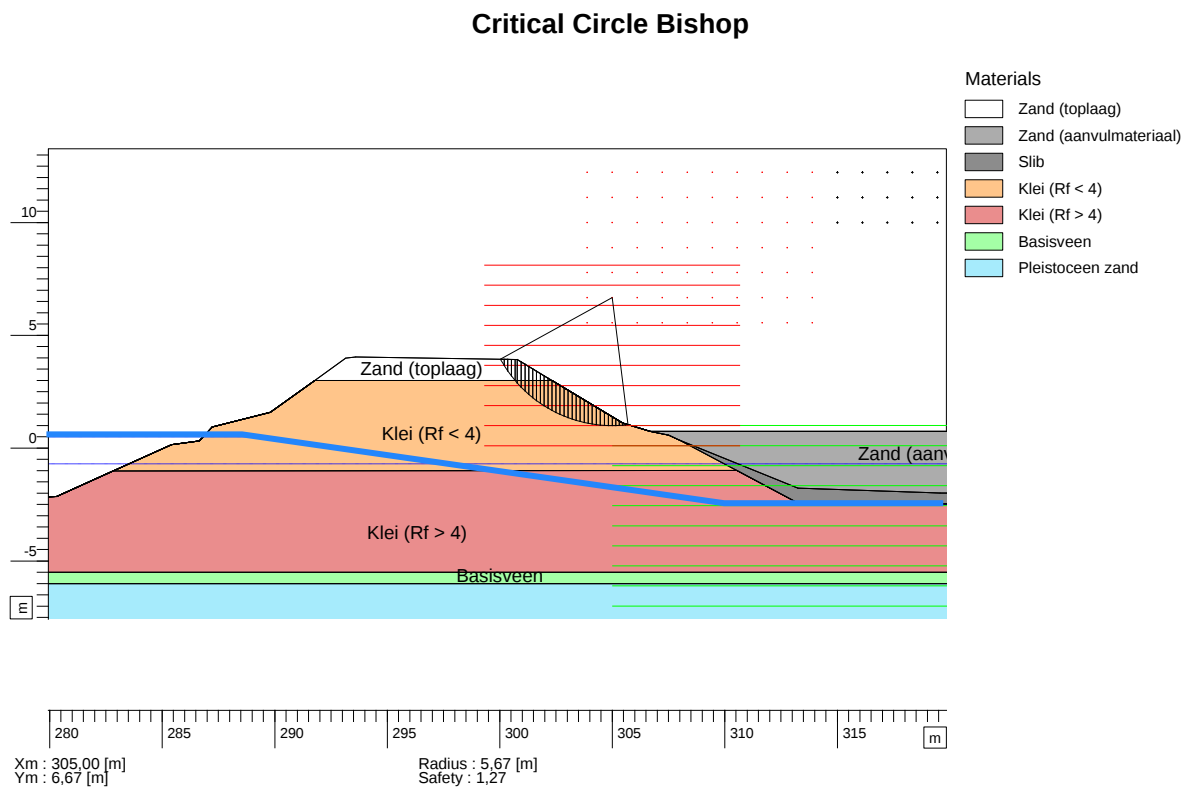
Bij situatie 2, waarbij het oostelijk vloeiveld aangevuld is met zand en het westelijke vloeiveld is opgeschoond tot ca. NAP -2,5 m, zijn de volgende stabiliteitsfactoren berekend. Zoals eerder beschreven, is de grondwaterstand in de oostelijke vloeivelden hierbij gelijk gehouden aan het bodemniveau, wat een worst case scenario betreft.

De aangehouden aanpassingsgraad in de slappe lagen ten gevolge van de zandaanvulling is aangehouden op 10%.

- Talud westzijde: stabiliteitsfactor = 1,05 > 1,0 --> voldoet (zie Figuur 3.6).
- Talud oostzijde: stabiliteitsfactor = 1,27 > 1,0 --> voldoet (zie Figuur 3.7).



Figuur 3.6: Maatgevende glijdcirkel bij situatie 2, westzijde (bestand: Dijkje_DP-34_situatie2_talud westzijde_WOS.sti).



Figuur 3.7: Maatgevende glijdcirkel bij situatie 2, oostzijde (bestand: Dijkje_DP-34_situatie2_talud westzijde_WOS.sti).

Er is tevens een berekening uitgevoerd met behulp van de optie 'Horizontal balance'. Hierbij wordt het horizontale evenwicht van de dijk beschouwd (bestand: Dijkje_DP-34_situatie2_talud westzijde_WOS_hor.balance.sti). Bij de berekening is een stabiliteitsfactor van 5,87 berekend. Deze waarde is groter dan 1, wat betekent dat de horizontale stabiliteit van de dijk is gewaarborgd.

4. Conclusie en aanbevelingen

4.1 Conclusie

Er zijn twee mogelijke maatgevende situaties doorgerekend welke kunnen optreden tijdens het voorbelasten / bouwrijp maken van het oostelijke terrein terwijl de westelijke vloeivelden aanwezig zijn.

De waterstand in het oostelijke vloeiveld kan zonder maatregelen niet onbeperkt verlaagd worden qua stabiliteit van het dijklichaam tussen het westelijke en oostelijke vloeiveld. Bij een UGT berekening voldoet de oostzijde van doorsnede DP-34, in geval van een waterstand in het oostelijk vloeiveld van NAP -0,5 m, net niet (veiligheidsfactor = 0,93). Het resultaat voldoet niet aan de veiligheidsfilosofie van de norm geotechniek NEN 9997-1.

Dit kan worden opgelost door eerst een steunberm van zand of gebiedseigen grond aan te brengen bij de teen van het oostelijk talud van de dijk. Een alternatief is het verlagen van de

kruin van de dijk. Hierna kan de waterstand worden verlaagd en kan de rest van het oostelijk vloeiveld worden aangebracht.

Het opvullen van het oostelijke veld tot NAP +0,75 m geeft zowel van het oostelijke als westelijke talud van het dijklichaam een veiligheidsfactor van 1,0 of hoger. Uitgangspunt in beide berekeningen is een waterstand van NAP +0,5 m in de westelijke vloeivelden.

Het kan nodig zijn om situaties die in ongunstige zin afwijken van bovenstaande beschouwde 2 situaties alsnog te beschouwen.

