

Handleiding bij methode Spencer-Van der Meij

Macrostabieleit in DGeoStability



Handleiding bij methode Spencer- Van der Meij

Macrostabieliteit in DGeoStability

ir. R van der Meij

1209607-000

Titel

Handleiding bij methode Spencer-Van der Meij

Opdrachtgever

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
STOWA

Project

1209607-000

Kenmerk

1209607-000-GEO-0004

Pagina's

24

Trefwoorden

Macrostabieleit, WTI, Spencer, Spencer-Van der Meij, genetisch algoritme

Samenvatting

De methode Spencer-Van der Meij is een nieuw glijvlak model waardoor er weinig ervaring is met het vinden van het juiste glijvlak. Deze handleiding legt uit hoe snel een berekening te maken en hoe deze initiële berekening te verbeteren als hier behoefte aan is.

Een eerste berekening wordt gemaakt met ongeveer 10 punten langs de boven- en ondergrens van de zoekruimte. De meeste punten moeten in het actieve deel van het glijvlak zitten. Mocht deze eerste opzet een vlak opleveren waar de gebruiker aan twijfelt, dan kunnen verschillende opties van het genetisch algoritme gebruikt worden voor een beter resultaat.

Relatief kleine verschillen tussen Spencer-Van der Meij en de traditionele methodes kunnen altijd blijven bestaan. Deze verschillen zijn te verklaren op basis van de verschillende uitgangspunten van de methodes. Wanneer de verschillen verklaarbaar zijn, heeft het Spencer-Van der Meij resultaat de voorkeur omdat het een rigoureuze evenwichtsbeschouwing betreft met een vrij glijvlak.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	mei 2014	ir. R. van der Meij		ing. T.A. van Duinen		dr.ir. M.S. Sule	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Definitie van de zoekruimte	3
2.1 Algemeen	3
2.2 Optimaal aantal punten langs een glijvlak	4
2.3 Het verdelen van de punten langs het glijvlak	5
3 Snel opzetten van een standaard berekening	7
3.1 Eerste aanzet aan de hand van een Bishop berekening	7
3.2 Definitie zoekgebied	7
3.3 Controle glijvlak	9
4 Controleren van de berekening	11
4.1 Ad 1: logisch glijvlak	11
4.2 Ad 2: randvoorwaarden	11
4.3 Ad 3: waarde veiligheidsfactor	12
4.4 Ad 4: de druklijn	12
5 Het genetisch algoritme	15
5.1 Zeer korte beschrijving van het algoritme	15
5.2 Toepassing bij glijvlakken	15
5.3 Standaard settings	18
6 Verbeteren van een standaard zoekresultaat	19
6.1 Mogelijke redenen voor een significant verschil met Bishop	19
6.2 Meer precisie	21
6.3 Ander glijvlak	22
6.4 Niet tevreden over de druklijn	22
7 Samenvatting	23
7.1 Algemene tips voor een goed glijvlak	23
7.2 Gedetailleerd stappenplan voor de gevorderde gebruiker	23

1 Inleiding

De methode Spencer-Van der Meij is een veiligheidsbeschouwing voor grondlichamen geïmplementeerd in DGeoStability. De methode combineert een evenwichtsbeschouwing volgens Spencer met een genetisch algoritme voor het vinden van het maatgevende glijvlak. Dit laatste maakt de methode uniek, maar in eerste instantie lastig in gebruik omdat er weinig ervaring met de methode is. Dit rapport helpt de DGeoStability gebruiker op weg voor het maken van een goede Spencer-Van der Meij analyse.

Het eerste gedeelte van dit rapport is een snelle handleiding om aan de slag te gaan. De volgende drie secties (“Definitie van de zoekruimte”, “Een standaard berekening” en “Controle van een berekening”) beschrijven hoe snel een zoekruimte te definiëren en wat hiervan het resultaat is. Deze methodiek volstaat in het overgrote deel van alle berekeningen. In dit rapport wordt beschreven hoe te bepalen of een berekening juist is en wat te doen bij de gevallen dat de berekeningsresultaten niet betrouwbaar lijken te zijn.

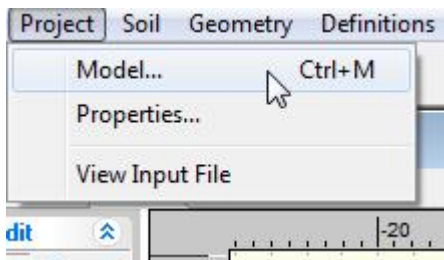
Wanneer deze snelle start niet direct tot het gewenste antwoord leidt, heeft de gebruiker veel knoppen om aan te draaien. Om deze knoppen te kunnen begrijpen, moet eerst het genetisch algoritme nader verklaard worden. Dit gebeurt in de sectie “Het genetisch algoritme”. De daarop volgende sectie beschrijft hoe de geavanceerde parameters gebruikt kunnen worden om het initiële zoekresultaat te kunnen verbeteren.

De bewuste module werkt vanaf DGeoStability versie 10.1, build nummer 10.1.3.2. Deze release is van 12 februari 2013. Het is af te raden deze module te gebruiken uit eerdere testversies omdat deze mogelijk tot foutieve antwoorden kunnen leiden.

2 Definitie van de zoekruimte

2.1 Algemeen

De methode Spencer eist geen voorgeschreven vorm van een glijvlak zoals bijvoorbeeld bij Bishop en Lift-Van. Langs ieder glijvlak kan een evenwichtsfactor berekend worden. Om dit model te activeren moet het modelvenster geopend worden door in de menubalk Project/Model te kiezen, zie Figuur 2.1. Kies bij model voor 'Spencer'.



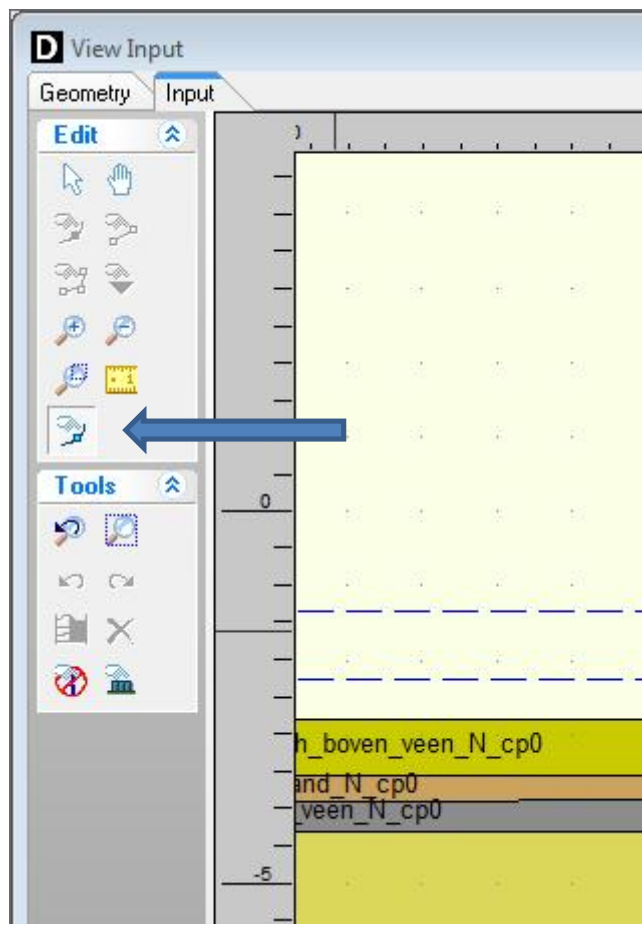
Figuur 2.1 Openen model venster

Een Spencer glijvlak kan gedefinieerd worden met de “add slip plane” button onder het input tabblad, zie Figuur 2.2.

Wanneer de gebruiker één glijvlak in een geometrie tekent, zal langs dit glijvlak de veiligheidsfactor berekend worden. Wanneer de gebruiker twee vlakken tekent, gaat het programma op zoek naar de weg van de minste weerstand tussen deze twee vlakken. Deze laatste methode betreft de methode Spencer-Van der Meij.

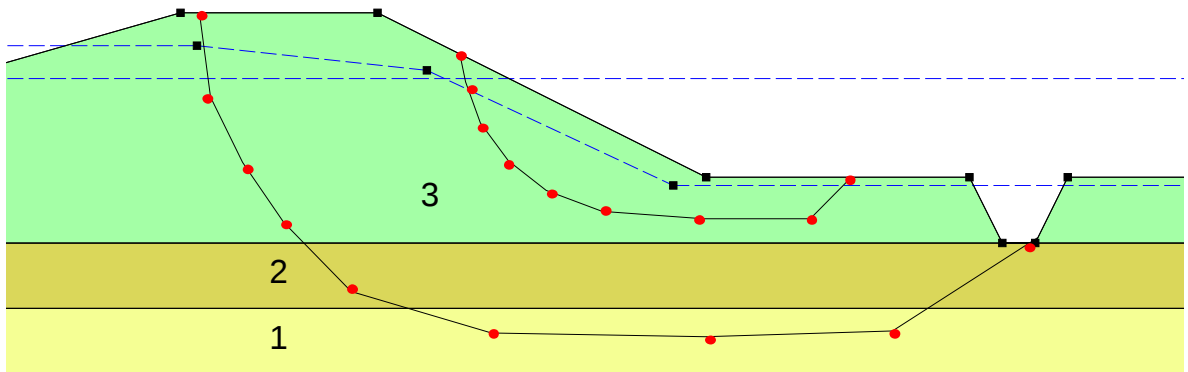
Deze twee “slip planes” vormen de boven- en ondergrens van de zoekruimte waartussen het glijvlak gevonden gaat worden. Een goede

keuze voor de boven- en ondergrens zorgt voor snelle en correcte convergentie naar het juiste glijvlak. In eerste instantie wordt een snelle aanzet gegeven die meestal direct een correct antwoord geeft. In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe een berekening te controleren en op basis van deze bevindingen de initiële zoekruimte aan te passen.



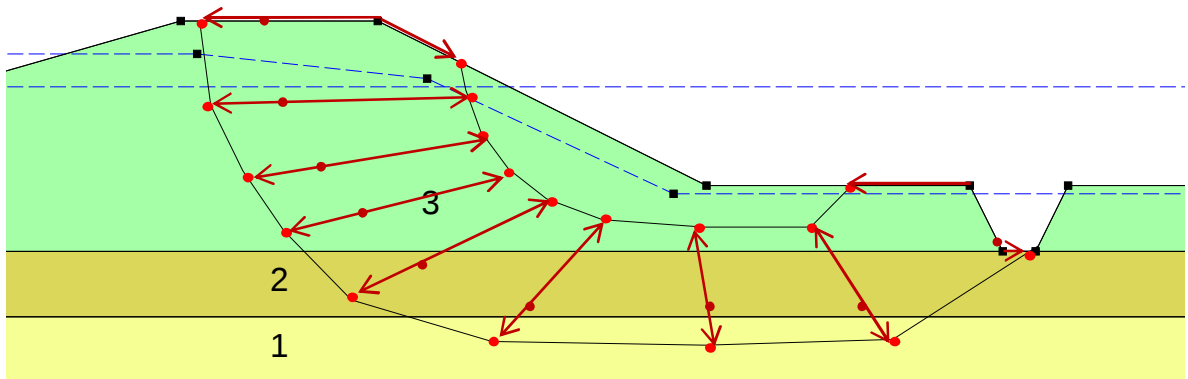
Figuur 2.2 Insert slip plane

Figuur 2.3 toont een realistische boven- en ondergrens voor een Spencer-Van der Meij zoekruimte. Door te dubbelklikken wordt het definiëren van het de grens afgesloten ter hoogte van het maaiveld. De andere grens moet per definitie evenveel punten bevatten. Het klikken van de bovengrens stopt automatisch wanneer evenveel punten gedefinieerd zijn als op de andere grens. De grenspunten kunnen eventueel verplaatst worden door deze te verslepen.



Figuur 2.3 Klikken van een boven- en ondergrens

De boven- en ondergrens worden ter plaatse van de geklikte punten verbonden met elkaar zoals weergegeven in Figuur 2.4. Langs iedere transverse lijn kan een glijvlakpunt schuiven. Het vlak door deze glijvlakpunten definieert het Spencer-Van der Meij glijvlak. Spencer-Van der Meij varieert de ligging van deze glijvlakpunten en daarmee het glijvlak totdat het optimum gevonden is.



Figuur 2.4 Verbindingen tussen de punten waarlangs het glijvlak gedefinieerd wordt

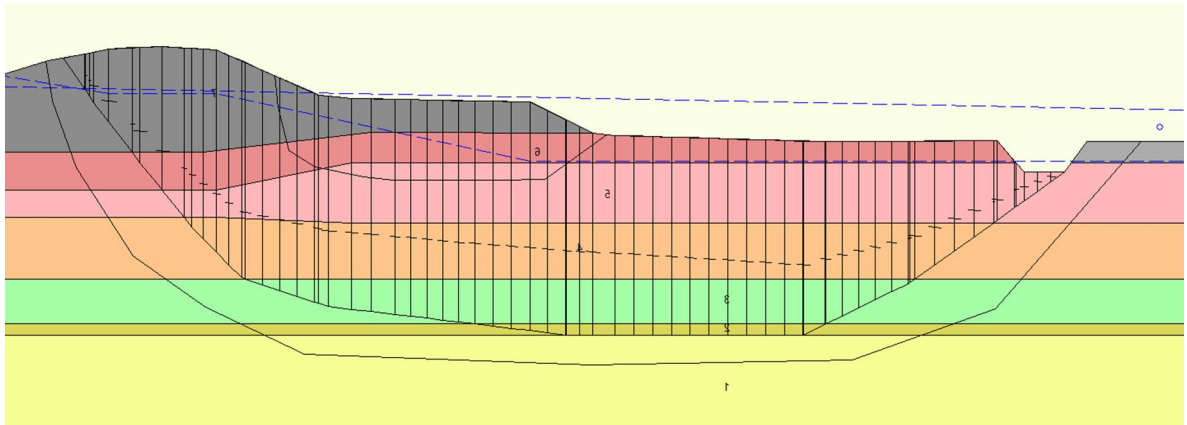
Het verdient de voorkeur dat de geklikte punten (m.u.v. de maailveldpunten) elkaar kunnen "zien". Dat wil zeggen dat er bij voorkeur geen obstakels zoals een sloot of hoek in de randvoorwaarde tussen de twee verbonden transverse punten ligt. Dit kan leiden tot irreële glijvlakken en dus minder precisie in de uitkomst.

2.2 Optimaal aantal punten langs een glijvlak

Een zoekruimte mag niet te groot gekozen worden. Dit gaat ten kosten van de rekentijd of de precisie van het resultaat. Het ideale aantal punten langs een glijvlak voor een Spencer-Van der Meij analyse is ongeveer 10. 5 punten is te weinig om een glijvlak correct te kunnen beschrijven en 20 punten vereist een lange zoektijd en zal met de standaard parameters niet tot een precies antwoord leiden. Tussen de 7 en 12 punten glijvlakpunten levert over het algemeen een correcte veiligheidsfactor op. Meer of minder punten kan resulteren in een hogere veiligheidsfactor bij dezelfde overige instellingen.

2.3 Het verdelen van de punten langs het glijvlak

Het zoekalgoritme geeft over het algemeen een glijvlak dat cirkelvormig begint. Het middengedeelte is vaak enigszins horizontaal en het glijvlak treedt vaak uit door middel van een wig. Figuur 2.5 toont een dergelijk glijvlak.



Figuur 2.5 Een berekend glijvlak met Spencer-Van der Meij

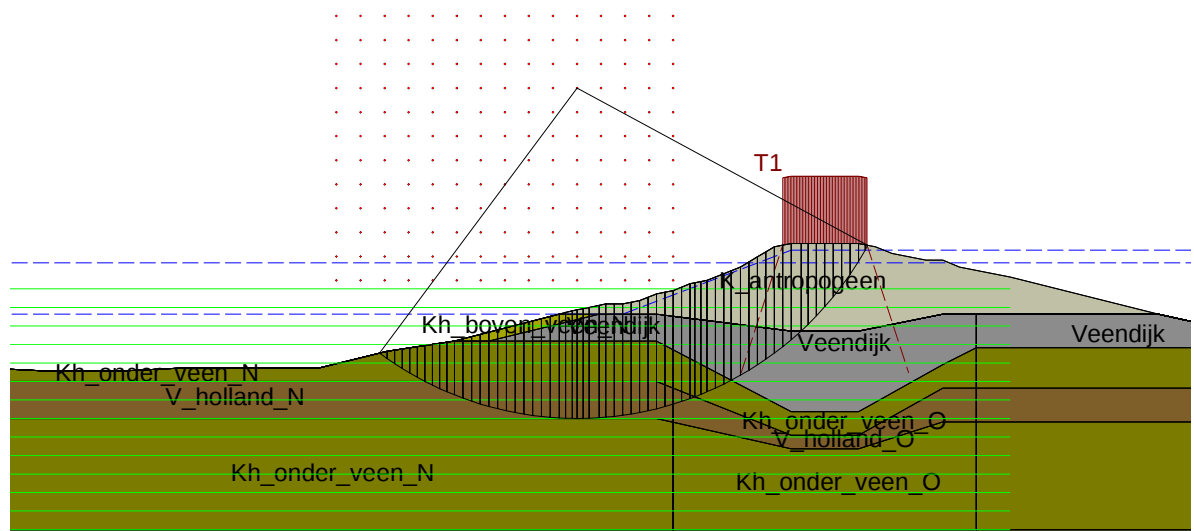
Omdat het actieve gedeelte cirkelvormig is, zijn hier relatief veel punten nodig om de vorm correct te beschrijven. Voor het horizontale middengedeelte en de uittredende wig zijn minder punten nodig omdat het vlak daar rechter is. Door bij de distributie van de punten langs het glijvlak hier rekening mee te houden, kan met minder punten het vlak correct beschreven worden.

Een eenmaal getekende grenslijn van de zoekruimte is aanpasbaar doordat de punten versleept kunnen worden. Het aantal punten is echter niet meer veranderbaar. Om het aantal punten van de grenslijnen te wijzigen, moeten nieuwe grenslijnen worden gedefinieerd.

3 Snel opzetten van een standaard berekening

3.1 Eerste aanzet aan de hand van een Bishop berekening

Wanneer een eerste berekening gemaakt wordt, is het verstandig eerst aan de hand van een Bishop analyse¹ te kijken welk glijvlak verwacht wordt. DGeoStability gebruikers zijn ervaren met deze methode en deze ervaring moet gebruikt worden om het Spencer-Van der Meij resultaat te kunnen duiden. Figuur 3.1 geeft een voorbeeld van een dergelijk Bishop resultaat.

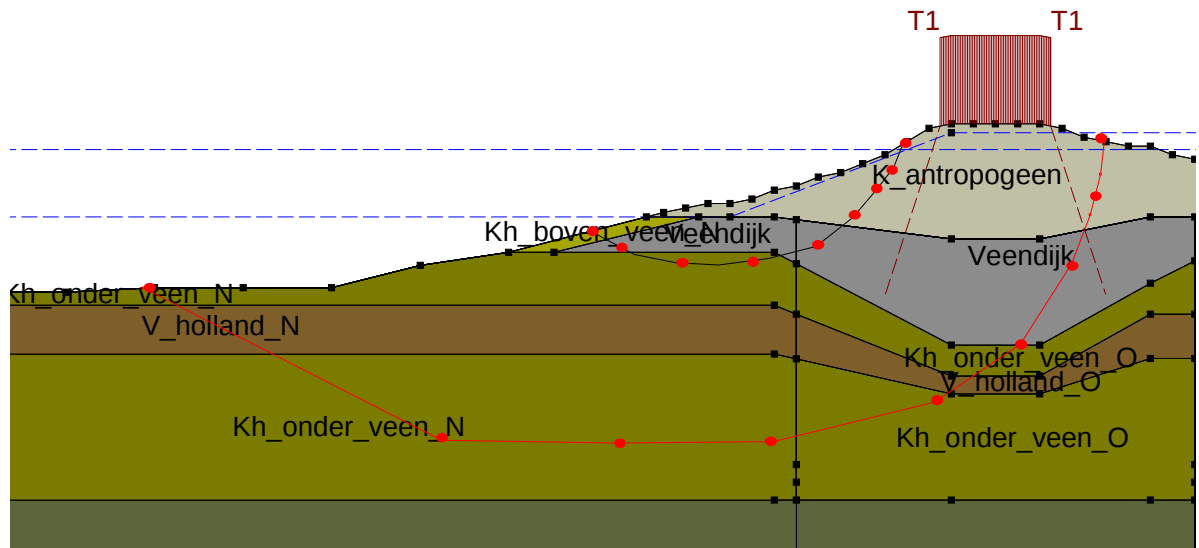


Figuur 3.1 Bishop resultaat van een stabiliteitsanalyse $F_s=0,80$

3.2 Definitie zoekgebied

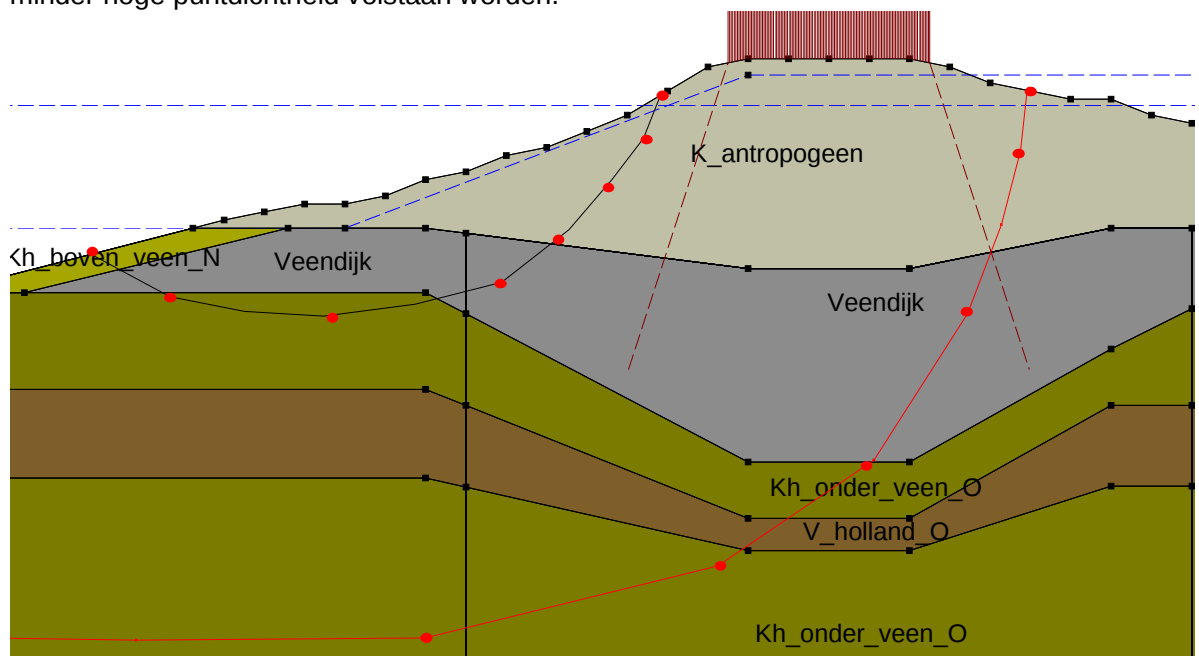
Nu een beeld is verkregen van de verwachte ligging van het glijvlak (locatie, diepte) kunnen de randvoorwaarden neergelegd worden. Figuur 3.2 toont de onder- en bovengrens en de punten waaruit deze zijn opgemaakt.

¹ In dit rapport wordt een Bishop berekening als voorbeeld genomen om het principe van de Spencer-Van der Meij methode uit te leggen. Dit had op gelijke wijze met een LiftVan berekening gedaan kunnen worden omdat Lift-Van op dezelfde vergelijkingen gebaseerd is.

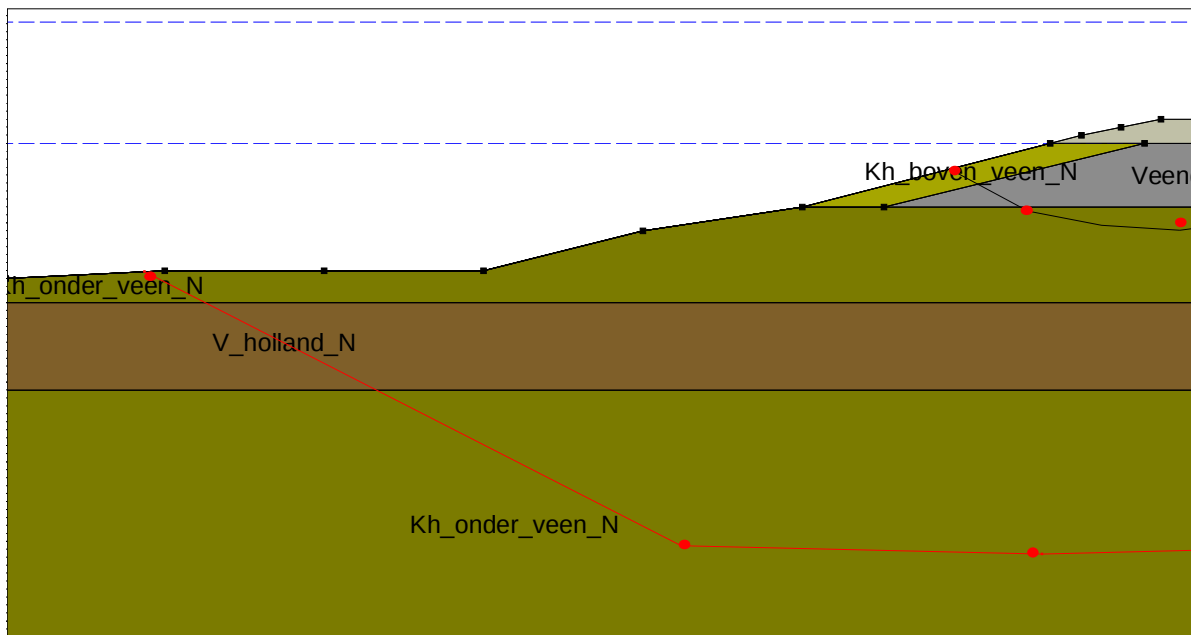


Figuur 3.2 Randvoorwaarden Spencer-Van der Meij

Figuur 3.3 en Figuur 3.4 tonen een reële verdeling van het aantal punten aan de actieve en passieve kant van het glijvlak. Aan de actieve, meestal cirkelvormige, kant van het glijvlak moet ongeveer 3/2 van alle punten op de grenslijn liggen. Aan de passieve kant kan met een minder hoge punt dichtheid volstaan worden.



Figuur 3.3 Actieve gedeelte van het glijvlak

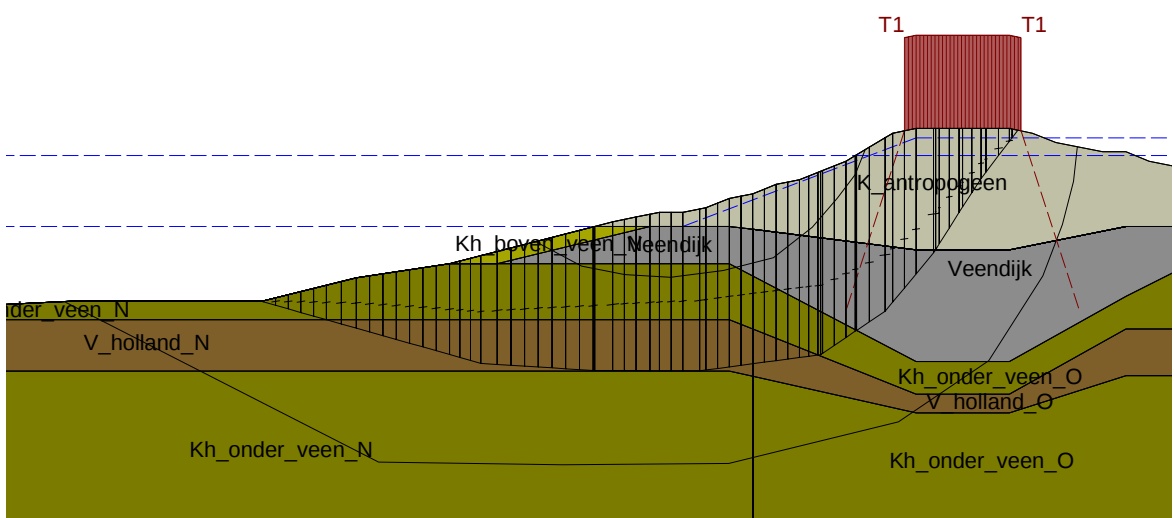


Figuur 3.4 Passieve gedeelte van het glijvlak

Onnodig veel punten in het passieve gebied zorgt voor veel meer mogelijke oplossingen. Dit maakt de zoekruimte waarin gezocht moet worden veel complexer. Omdat de oplossing meer complex is, gaat dit ten koste van de precisie. Gebruikt dus niet meer punten dan noodzakelijk voor het beschrijven van het glijvlak.

3.3 Controle glijvlak

Na het definiëren van het zoekgebied kan de berekening uitgevoerd worden. Het rekenresultaat behorende bij Figuur 3.2 is weergegeven in Figuur 3.5.



Figuur 3.5 Rekenresultaat standaard berekening $F_s = 0,76$

Het maatgevende glijvlak wordt weergegeven door de ondergrens van de lamellen. In de lamellen is een druklijn getekend, deze wordt verder toegelicht in hoofdstuk 4.4.

4 Controleren van de berekening

De gebruiker moet zichzelf de volgende vier vragen stellen om zich ervan te vergewissen dat een goed glijvlak is gevonden.

- 1 Is het een logisch glijvlak?
- 2 Botst het glijvlak niet tegen de randvoorwaarden?
- 3 Is de veiligheidsfactor in perspectief te zetten met andere modellen?
- 4 Levert Spencer-Van der Meij een reële druklijn?

Deze vragen worden nagelopen aan de hand van het resultaat uit Figuur 3.5

4.1 Ad 1: logisch glijvlak

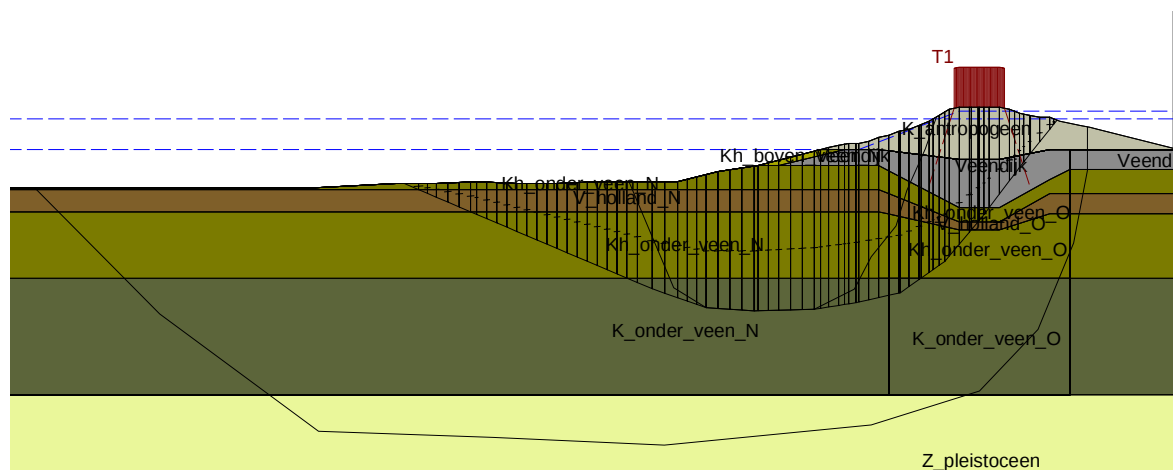
Bij het doen van een glijvlakanalyse is het van belang dat de gebruiker een beeld heeft waar hij naar op zoek is. Komt het glijvlak overeen met de verwachting van de gebruiker? Het glijvlak heeft zelfde diepte en intredepunt als het Bishop glijvlak. Het glijvlak vakt aan de onderkant horizontaal af en treedt wigvormig uit. Dit is gewoonlijk bij een Spencer-Van der Meij analyse.

Het vlak lijkt zeer plausibel. Er zitten geen onverwachte knikken in het glijvlak. Het glijvlak is fysisch (kinematisch) niet volledig mogelijk omdat het vlak niet perfect cirkelvormig is. Een afschuiving kan alleen plaatsvinden wanneer in het afschuivende lichaam plastische vervormingen plaatsvinden. De vorm is echter goed en representatief voor het dijkkfalen.

Glijvlakken met knikken erin kunnen plaatsvinden bij een $c=\phi=0$ analyse omdat er dan niets te optimaliseren valt. Dit hoeft dus nog geen foutief antwoord te zijn.

4.2 Ad 2: randvoorwaarden

Het glijvlak botst nergens tegen een randvoorwaarde. Het minimum is ingesloten. Bij hogere waterdrukken in het diepe zand ontstaat mogelijk een dieper glijvlak. Dit moet ook onderzocht worden. Hiervoor wordt voor de zekerheid een alternatieve Spencer-Van der Meij berekening uitgevoerd, waarbij de bovenste randvoorwaarde dieper getrokken wordt, zie Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Mogelijk diep glijvlak, rekenresultaat berekening $F_s = 1,18$

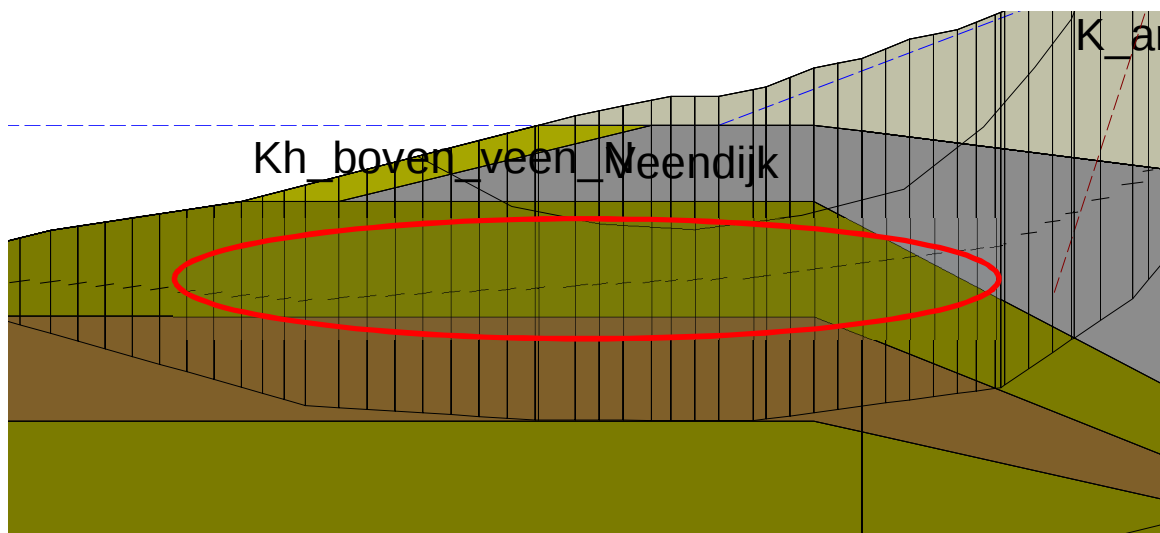
Uit Figuur 4.1 blijkt dat een diep glijvlak niet maatgevend is. Er is zelfs geen diep lokaal minimum en het maatgevende glijvlak botst tegen de bovenste randvoorwaarde. De randvoorwaarden zijn goed gekozen.

4.3 Ad 3: waarde veiligheidsfactor

De waarde van de Bishop veiligheidsfactor bedraagt 0,80. Voor Spencer-Van der Meij 0,76. Dit verschil kan volledig verklaard worden door de betere vorm van het glijvlak, zie Tabel 6.1. Het verschil met Bishop kan in de praktijk oplopen tot 0,1 en met Lift-Van tot circa 0,05.

4.4 Ad 4: de druklijn

Uniek aan de methode Spencer-Van der Meij is dat de horizontale krachten van de ene lamel op de andere lamel worden berekend. Het aangrijpingspunt van deze krachten is een vrijheidsgraad die door het programma berekend moet worden. Omdat het een vrijheidsgraad is, kunnen er onrealistische antwoorden berekend worden. Om dit te controleren worden de aangrijpingspunten van deze kracht op iedere lamel getekend, zie de streepjes in de ovaal van Figuur 4.2. Alle aangrijpingspunten achter elkaar is de zogenaamde druklijn in het grondlichaam. In een grondmoot is het niet gewoonlijk dat een druklijn buiten deze moot valt. Bij voorkeur valt de druklijn netjes binnen het grondlichaam. De beschouwde berekening heeft een nette druklijn.



Figuur 4.2 Aangrijpingspunt van de horizontale kracht op iedere lamel.

Nabij de kruin van de kering kan de druklijn over gaan in trek. Op dit punt kan een asymptoot ontstaan in de druklijn die lokaal buiten het grondlichaam treedt. Dit heeft geen invloed op de berekende veiligheidsfactor en is geen reden om de berekening af te keuren.

Er zijn gevallen mogelijk waar het zoekalgoritme een irreële Spencer oplossing vindt. Dit uit zich altijd in een te lage evenwichtsfactor en een irreële druklijn. Een druklijn is irreëel als er meer dan 1 asymptoot is en de druklijn langdurig buiten het glijvlak treedt. In dit geval moet het Spencer-Van der Meij resultaat als niet geldig beschouwd worden. Twee oplossingen zijn in dit geval mogelijk. Door minder goed te zoeken, bijvoorbeeld een kleinere initiële populatie, bestaat de kans dat de (zeldzame) irreële oplossing niet gevonden wordt. Zie sectie 6.4. Als dit geen gewenst resultaat oplevert, zal terug gevallen moeten worden op een andere evenwichtsbeschouwing.

Een $c=\phi=0$ berekening geeft ook vaak een irreële druklijn omdat binnen dat gebied geen reële oplossing bestaat. In dit geval betekent het niet dat de oplossing ongeldig is, maar is een vergelijk met Bishop wel altijd noodzakelijk.

5 Het genetisch algoritme

Ieder zoekalgoritme heeft parameters nodig om tot een oplossing te komen. Bij een grid methode is dit bijvoorbeeld de ligging van het grid, het aantal gridpunten en de tangentiën. Om de parameters van het genetisch algoritme te kunnen begrijpen, is wat achtergrondinformatie met betrekking tot dit algoritme nodig.

5.1 Zeer korte beschrijving van het algoritme

Het genetisch algoritme² is gebaseerd op de theorie van Darwin, te weten de *Survival of the fittest*, oftewel het overleven van de best aan de omgeving aangepaste. Figuur 5.1 toont de stappen die het algoritme doorloopt om tot een optimale oplossing te komen.

Creëer initiële populatie	
Gedurende een aantal generaties	
Creëer kinderen door het DNA van ouders te combineren	
Voeg eventueel een mutatie toe aan een kind	
Voeg eventueel de elite uit de vorige generatie toe aan de nieuwe generatie	
Laat de kinderen "vechten" waarbij alleen de sterkste overleeft totdat de originele populatiegrootte over is.	
Presenteer het "sterkste" individu	

Figuur 5.1 Programma structuur diagram van het genetisch algoritme

Het "vechten" vindt plaats aan de hand van de DGeoStability berekening. Het glijvlak met de laagste veiligheidsfactor is het "sterkst" en gaat dus door naar de volgende generatie.

DGeoStability doet, nadat het sterkste individu gevonden is, nog een extra optimalisatie stap. Met de gradiënt gebaseerde optimalisatiemethode Levenberg-Marquardt wordt het "sterkste" individu geoptimaliseerd. Dit betekent in de praktijk dat het gevonden glijvlak gladgetrokken wordt zodat een betere vorm en een iets lagere veiligheidsfactor gevonden wordt.

5.2 Toepassing bij glijvlakken

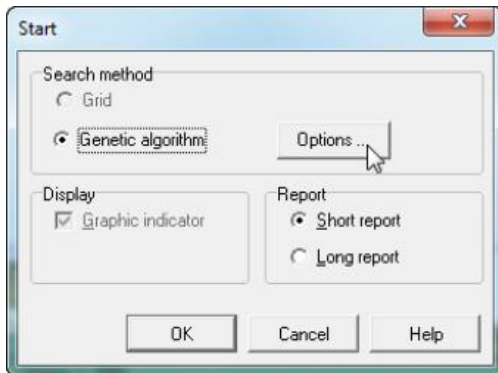
Een individu bevat DNA ter codering van zijn eigenschappen. Voor een Bishop glijcirkel is een lijst met drie eigenschappen voldoende, te weten de x- en y-coördinaat van het middelpunt van de cirkel, en de straal van de cirkel. Kinderen worden gecreëerd door willekeurig de x, y en r waarde van de ouders met elkaar te combineren. Het vechten gebeurt door de veiligheidsfactor uit te rekenen. Het individu met de laatste veiligheidsfactor "wint".

Het individu bij Spencer-Van der Meij bestaat uit een lijst die een lengte heeft gelijk aan het aantal punten langs het glijvlak. Deze lijst bevat waardes tussen de 0 en 1 die aangeven hoe ver het glijvlakpunt bij de onderrand verwijderd is. Nul is op de onderrand, 0,5 is halverwege en 1 is op de bovenrand. Kinderen worden gecreëerd aan de hand van een "single point-" of "double point cross-over". Single point betekent dat het begin van één glijvlak (vader) wordt gecombineerd met het einde van een ander glijvlak (moeder). Double point betekent dat het begin en eind van een vlak wordt gecombineerd met het midden van een ander vlak. Een dubbel point cross-over wordt grafisch verduidelijkt in Figuur 5.4.

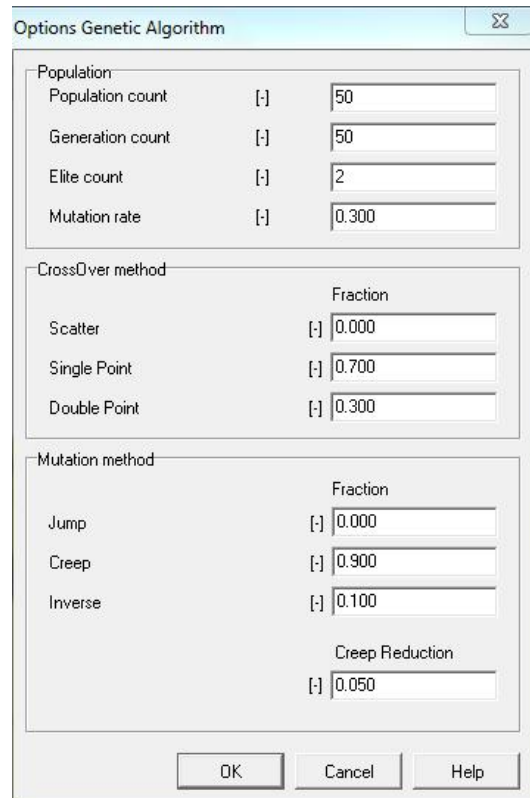
² Veel meer informatie over dit algoritme is te vinden in literatuur en op internet

Geavanceerde parameters binnen DGeoStability

De vorige twee secties geven globaal inzicht in geavanceerde parameters van het genetisch algoritme. Deze parameters kunnen in DGeoStability aangepast worden om een zoekresultaat te verbeteren. Door bij Calculation/start of F9_op 'Options' te klikken (Figuur 5.2) opent het venster met de Genetic Algorithm (GA) parameters (Figuur 5.3).



Figuur 5.2 Calculation/start

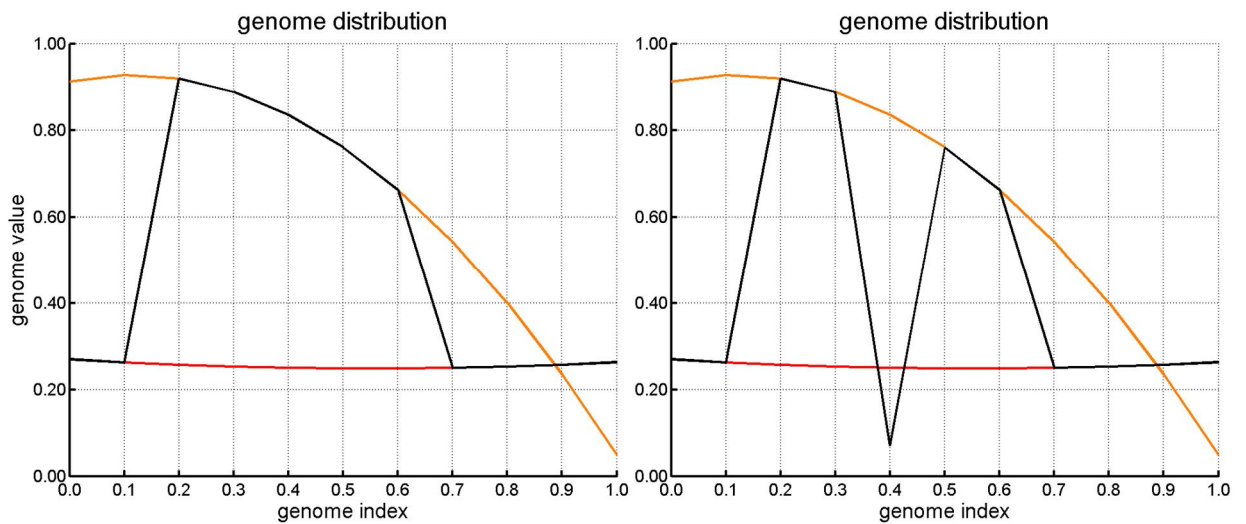


Figuur 5.3 Geavanceerde GA parameter

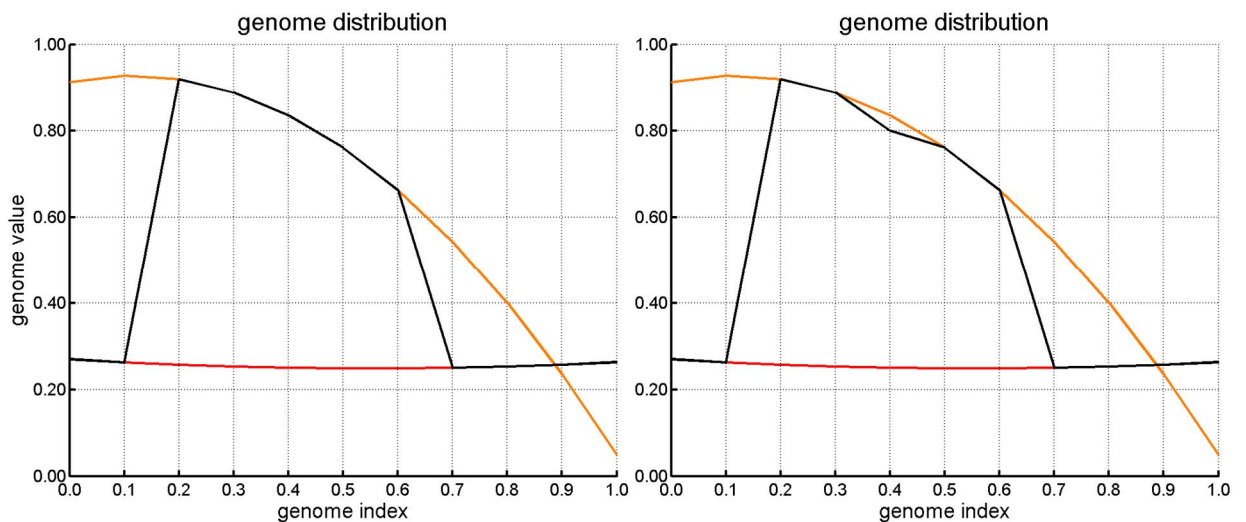
De populatie- en generatie count geeft aan hoe breed (populatie) en lang (generatie) gezocht wordt. Dit is analoog aan het aantal gridpunten in x en y richting in een grid optimalisatie. De elite count is het aantal beste individuen die direct doorgaan naar de volgende generatie. Dit voorkomt dat het beste individu toevallig geen fitte kinderen krijg en daardoor verloren gaat. Een waarde van 1 of 2 volstaat hier altijd. De mutatie rate is het percentage kinderen dat een willekeurige verandering toebedeeld krijgt.

De onderste sectie van de geavanceerde opties specificeert deze mutaties. Een jump vervangt een waarde door een willekeurige andere. Een creep veroorzaakt een kleine verandering van maximaal de creep reduction factor (0.05 in voorbeeld). Een inversie vervangt het glijvlak zijn tegenovergestelde. Tezamen dienen ze uiteraard op 1 uit te komen, dit verzorgt DGeoStability automatisch.

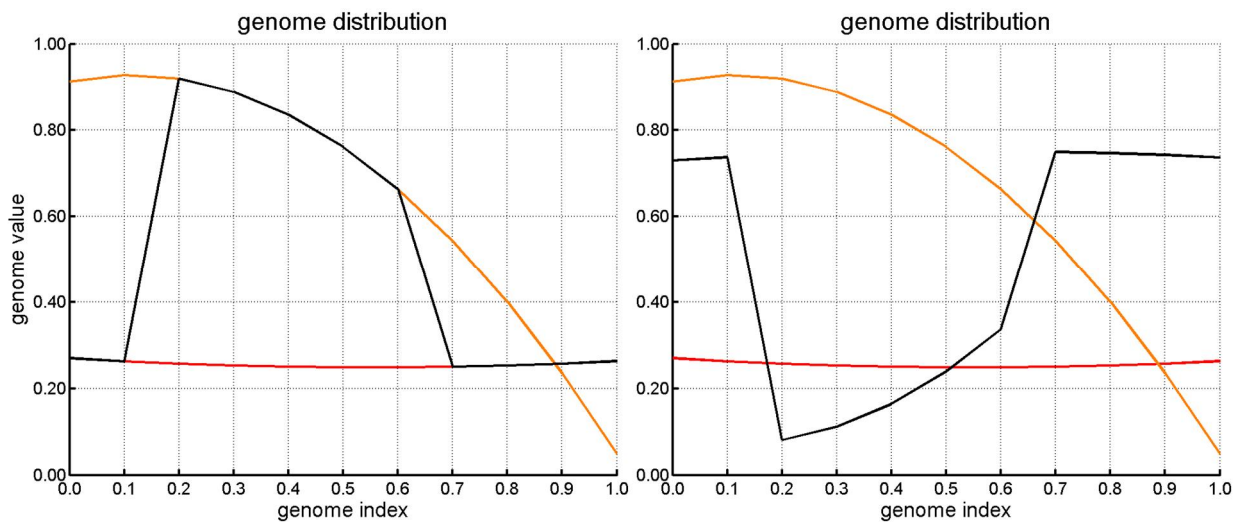
Eerder is uitgelegd dat twee Spencer-Van der Meij glijvlakken gecombineerd worden aan de hand van een single- of double point cross-over. Onderstaande figuren tonen grafisch een double point cross-over. Figuur 5.4 toont een jump mutatie na de cross over. Figuur 5.5 toont een creep mutatie na de cross-over en Figuur 5.6 toont een inversie na de bewuste cross-over.



Figuur 5.4 Double point cross-over (links) en ditzelfde kind met een jump mutatie op index 0,4



Figuur 5.5 Double point cross-over (links) en ditzelfde kind met een creep mutatie op index 0,4



Figuur 5.6 Double point cross-over (links) en ditzelfde kind met een inverse mutatie

5.3 Standaard settings

De geavanceerde genetisch algoritme settings worden default gekozen aan de hand van het gekozen glijvlakmodel. Bishop, Lift-Van en Spencer-Van der Meij hebben allen hun eigen default geavanceerde settings, die tot een snelle en accurate convergentie moeten leiden bij een niet al te groot zoekgebied.

Van deze default settings moet afgeweken worden wanneer het zoekgebied te groot wordt en/of wanneer het algoritme mogelijk in een lokaal minimum terecht is gekomen. Er kan in deze gevallen langer en/ of meer chaotisch gezocht worden.

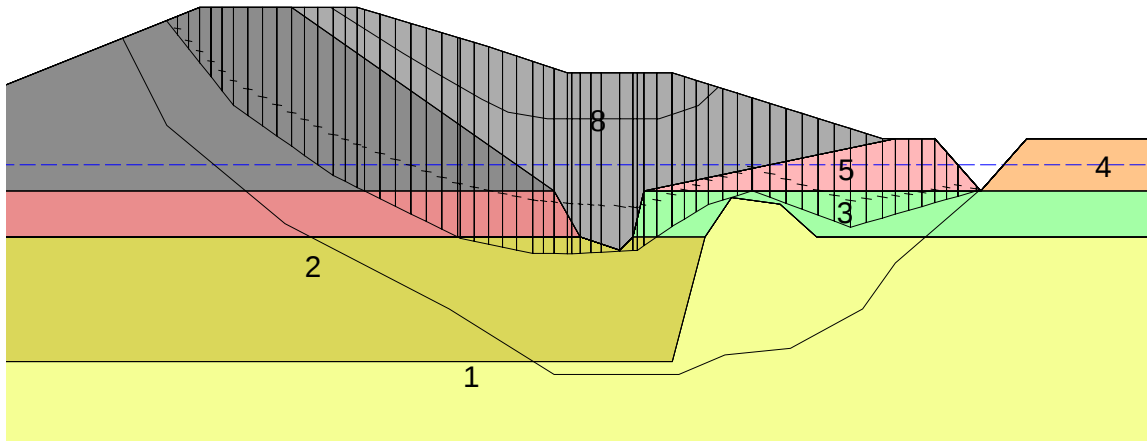
6 Verbeteren van een standaard zoekresultaat

6.1 Mogelijke redenen voor een significant verschil met Bishop

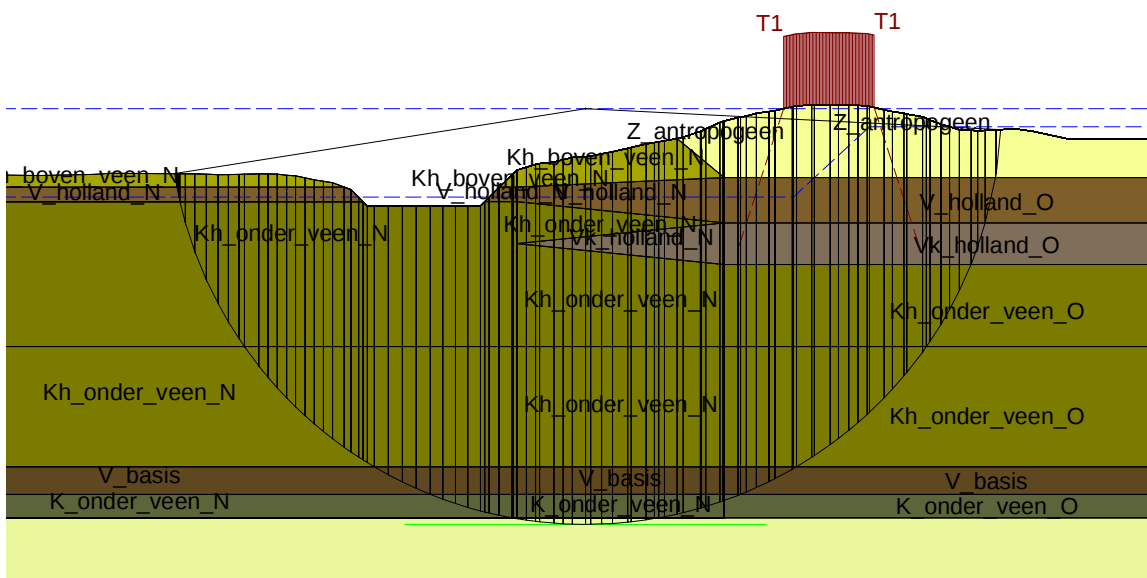
Er zijn vier redenen waardoor de methode Spencer-Van der Meij een significant ander antwoord kan geven als de methode Bishop en Lift-Van. Deze redenen met bijbehorende consequentie voor de evenwichtsfactor staan in Tabel 6.1.

Reden	Consequentie
Andere vorm van het glijvlak	Door Bishop's rigide definitie van het glijvlak bestaat de mogelijkheid dat deze niet maatgevend is. Spencer-Van der Meij kan daardoor een lagere veiligheidsfactor vinden (verschil in orde van 0,10). Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 6.1.
Afsnuiten	Bij steil uittredende glijvlakken snuit de methode Bishop de maximaal te mobiliseren sterkte af. Spencer legt geen glijvlak en hoeft daarom niet een geforceerd glijvlak af te snuiten. Hierdoor kan Spencer-Van der Meij een hogere veiligheidsfactor vinden. Een voorbeeld van een dergelijke cirkel is gegeven in Figuur 6.2.
Invloed horizontaal evenwicht	Bishop brengt het horizontale evenwicht niet in balans waardoor de gevonden veiligheidsfactor te hoog kan zijn. De voorgeschreven methode "Horizontal Balance" kijkt wel naar het horizontale evenwicht, maar is te conservatief daar het de andere evenwichten niet beschouwd. De methode Spencer-Van der Meij geeft in deze gevallen gewoonlijk een veiligheidsfactor hier tussenin. Lift-Van beschouwt uitsluitend het evenwicht tussen de drie losse moten. Een voorbeeld van een glijvlak waar het horizontale evenwicht dominant is, is gegeven in Figuur 6.3.
Geen geldige Spencer-Van der Meij oplossing	De methode Spencer heeft bij sommige geometrieën moeite met convergeren. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen bij een $c = \varphi = 0$ schematisatie met een erg lage veiligheidsfactor, maar ook bij een steil buitentalud of bij een steile veenkade. Een eerste indicator voor een foutieve Spencer berekening is een irreëel glijvlak, bijvoorbeeld een vlak met rare, scherpe hoeken. Soms, zoals weergegeven in Figuur 6.4, is het glijvlak reëel, maar valt de druklijn over een significant gedeelte buiten het grondlichaam. In dit geval wordt de betrouwbaarheid van de analyse minder en moet meer vertrouwd worden op het Bishop resultaat.

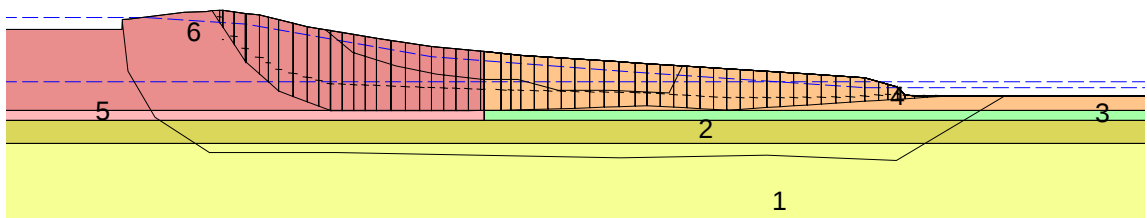
Tabel 6.1 Redenen en consequenties voor verschillen in veiligheidsfactoren



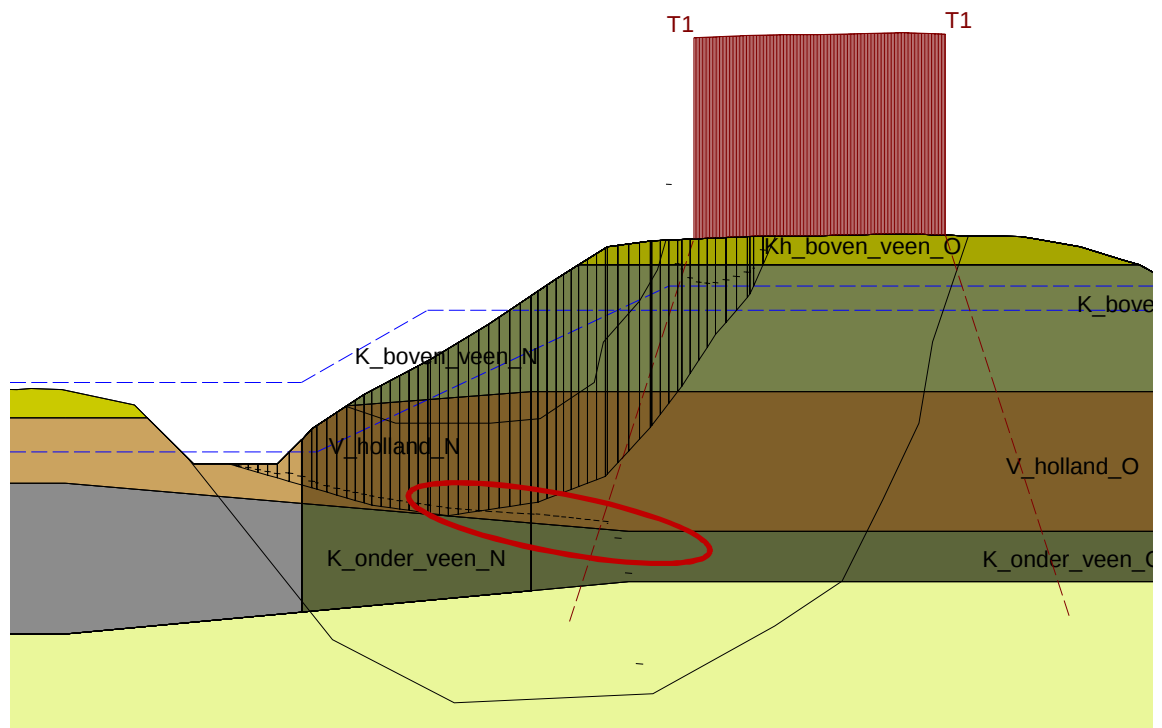
Figuur 6.1 Bij niet-cirkelvormige glijvlakken kan Spencer een significant lagere evenwichtsfactor vinden dan Bishop



Figuur 6.2 Bij diepe, steil uittredende glijvlakken snuit Bishop veel sterkte af. Spencer doet dit niet waardoor Spencer een hogere veiligheidsfactor kan vinden



Figuur 6.3 Bij flauwe, lichte kades die veel meter water keren, is de invloed van de horizontale krachten relatief groot. Spencer geeft hier een lagere veiligheidsfactor dan Bishop en Lift-Van. De veiligheidsfactor is over het algemeen hoger dan voor Horizontal Balance wanneer Horizontal balance maatgevend is



Figuur 6.4 Wanneer de druklijn langere tijd buiten het grondlichaam treedt, wordt de berekening minder betrouwbaar. Extra alertheid bij de gebruiker is op dit moment vereist

Bij het constateren van een verschil tussen Bishop, Lift-Van en Spencer, heeft de gebruiker een aantal opties om de het Spencer resultaat te verfijnen. Er kan op zoek gegaan worden naar meer precessie, een ander glijvlak of naar een betere druklijn. Deze drie opties worden in de volgende secties behandeld.

6.2 Meer precisie

Meer precisie wordt bereikt door de populatie en het aantal generaties te vergroten, zie

Figuur 5.3. Voor een “breder” zoekresultaat (voorkomen van lokale minima) wordt aangeraden de populatie te vergroten. Voor een meer nauwkeurig resultaat kan het aantal generaties vergroot worden. Dit laatste is relatief weinig effectief omdat het genetisch algoritme altijd gevolgd wordt door een extra optimalisatieslag ter verhoging van de precisie.

Het risico bestaat dat het genetisch algoritme in een lokaal minimum eindigt. Dit risico is met name groot wanneer er veel lagen in een geometrie zitten. Wanneer er 10 horizontale lagen zijn, kan verwacht worden dat er veel lokale minima zijn. In dit geval wordt aangeraden met een grotere populatie te rekenen van bijvoorbeeld 100.

Het genetisch zoekalgoritme volgt geen vast stramien. Een kleine verandering van randvoorwaarde (bijvoorbeeld een shift van 1 mm in het bovenste glijvlak) zorgt ervoor dat een ander pad naar het optimum doorlopen wordt. Dit kan een ander antwoord tot gevolg hebben, afhankelijk van de precisie van de berekening. Stel, de instellingen van het algoritme staan dusdanig dat het op twee procent nauwkeurig is, dan kan een extreem kleine verandering een twee procent andere uitkomst geven.

6.3 Ander glijvlak

Een betere manier om een ander glijvlak te vinden dan het vergroten van de populatie is het beperken van de randvoorwaardes. Met name het naar beneden trekken van de bovenste randvoorwaarde beperkt de zoekruimte significant en zorgt voor het vinden van diepere (lokale) minima.

6.4 Niet tevreden over de druklijn

Het kan voorkomen dat de gebruiker niet tevreden is over de druklijn bij een reëel en bij een irreëel glijvlak. Bij een reëel glijvlak zoals weergegeven in Figuur 6.4 zijn er niet veel bijstuurmogelijkheden. Doordat er geen passieve sterkte geleverd kan worden ($c=\phi=0$), lukt het het model niet om een reële druklijn te produceren. In dit geval kan terug gevallen worden op bijvoorbeeld een Bishop berekening. Bij Bishop wordt de druklijn niet bepaald en valt het dus ook niet op dat het resultaat mechanisch niet reëel is.

Bij een irreëel glijvlak zijn de bijstuurmogelijkheden beperkt omdat dit nou eenmaal wiskundig de weg van de minste weerstand is. Door minder goed te zoeken bestaat de kans dat dit irreële glijvlak niet gevonden wordt. Beperken van populatie of het aantal generaties kan een oplossing zijn. Met name het beperken van de zoekruimte kan ongewenste glijvlakken voorkomen. In het uiterste geval kan een enkel glijvlak opgelegd worden om daarlangs de veiligheidsfactor te bepalen. Mochten bovengenoemde opties niet werken dan moet worden terug gevallen op de methode Bishop of Lift-Van. Dit is het geval bij een zeer klein percentage van de berekeningen.

7 Samenvatting

7.1 Algemene tips voor een goed glijvlak

Gebruikt de volgende richtlijnen om snel een goede zoekruimte te definiëren.

- Gebruik ongeveer 10 (7 tot 12) punten voor het glijvlak.
- Leg de meerderheid (2/3) van de punten in het actieve deel van het glijvlak.
- Beperk de zoekruimte voor voldoende precisie. Leg de bovenste grens niet te hoog en de onderste grens niet te laag. Bij een grote zoekruimte (bijvoorbeeld veel glijvlakpunten en/ of veel lagen tussen de grenzen) moeten de geavanceerde parameters aangepast worden.

7.2 Gedetailleerd stappenplan voor de gevorderde gebruiker

Wanneer de gebruiker met wat meer zorg een glijvlak wil zoeken, kunnen de onderstaande tips gebruikt worden om het zoekresultaat te verbeteren.

Onderste randvoorwaarde:

- Begin het onderste glijvlak achter de verkeersbelasting zodat deze belasting binnen het zoekgebied valt.
- Ga met een kwart cirkel in 6 klikken naar de zandlaag (of andere sterke laag) waarboven het glijvlak zal lopen.
- Leg ongeveer 3 punten in de betreffende zandlaag. Wanneer een lang glijvlak verwacht wordt wegens opdrijven mogen deze punten relatief ver uit elkaar liggen.
- Ga in het slootje in twee klikken terug naar het maaiveld. Wanneer het slootje weinig invloed heeft op de stabiliteit, zoals bij opdrijven, gebeurt dit pas na het slootje.

Bovenste randvoorwaarde:

- Begin daar waar het glijvlak nog invloed heeft op dijkfalen, bijvoorbeeld halverwege het talud.
- Daal in ongeveer 5 klikken tot een minimale diepte die je van het glijvlak vereist.
- Verdeel je overige klikken in gelijkmatige stappen tot het minimaal vereiste uittredepunt van je cirkel, bijvoorbeeld de teen van de dijk.

Geavanceerde opties:

- Verdubbel de populatie wanneer er een kans is dat een lokaal minimum gevonden is bij bijvoorbeeld meer dan 10 horizontale laagscheidingen.

Wanneer er een significante afwijking is tussen de Spencer-Van der Meij veiligheidsfactor en de factor volgens Bishop en/ of Lift-Van, worden de volgende stappen aanbevolen:

- Zorg door het beperken van de zoekruimte dat zoveel mogelijk hetzelfde glijvlak gevonden wordt.
- Draai de Spencer-Van der Meij analyse nogmaals met een dubbel zo grote populatie.

- Zien zowel de Bishop als het Spencer glijvlak er reëel uit? Bij een niet reëel Spencer glijvlak wordt aangeraden terug te vallen op een ander model (bijvoorbeeld in situaties met $c' = \phi' = 0$). Wanneer het Spencer vlak een reële vorm heeft is het verschil waarschijnlijk te verklaren door fundamentele verschillen tussen de methodes:
 - Invloed horizontaal evenwicht.
 - Andere vorm van het glijvlak.
 - Niet afsnuiten bij de methode Spencer.

In dat geval is het Spencer resultaat betrouwbaar.

Let tenslotte op dat er altijd wordt gerekend met minimaal DGeoStability versie 10.1, build nummer 10.1.3.2. Oudere versies zoeken minder goed en kunnen bij de default instellingen mogelijk het maatgevende glijvlak niet vinden.