|  |
| --- |
| Versie 1.0  1 juni 2025 |

|  |
| --- |
| Handleiding BOLuS  Beoordelingstool Stabiliteit |

Afbeelding met kunst, tekening, Acrylverf, Schilderverf

Door AI gegenereerde inhoud is mogelijk onjuist.

*Dijkweg bij Westkapelle - Jan Toorop 1910*

Inhoudsopgave

[1 Inleiding 2](#_Toc194068684)

[1.1 Functionaliteiten 2](#_Toc194068685)

[1.2 Versiebeheer 2](#_Toc194068686)

[1.3 Leeswijzer 2](#_Toc194068687)

[2 Installatie en gebruik 3](#_Toc194068688)

[2.1 Tool downloaden 3](#_Toc194068689)

[2.2 Virtual environment 3](#_Toc194068690)

[2.2.1 Installeren 4](#_Toc194068691)

[2.2.2 Activeren 4](#_Toc194068692)

[2.3 Gebruik 4](#_Toc194068693)

[3 Definities 5](#_Toc194068694)

[3.1 Geometrie 5](#_Toc194068695)

[3.1.1 Het L-coördinaat 5](#_Toc194068696)

[3.2 Bodemopbouw 5](#_Toc194068697)

[4 Opstellen invoerbestand 6](#_Toc194068698)

[4.1 Instellingen 6](#_Toc194068699)

[4.2 Dwarsprofielen 6](#_Toc194068700)

[4.3 Kar. punten 7](#_Toc194068701)

[4.4 Sterkteparameters 7](#_Toc194068702)

[4.5 Bodemprofielen 8](#_Toc194068703)

[4.6 Bodemopbouw 8](#_Toc194068704)

[4.7 Bekleding 9](#_Toc194068705)

[4.8 Belasting 9](#_Toc194068706)

[4.9 Waterspanningsschematisatie 9](#_Toc194068707)

[4.10 Gridinstellingen 9](#_Toc194068708)

[4.11 Berekeningen 9](#_Toc194068709)

[5 Technische documentatie 10](#_Toc194068710)

[5.1 Geometrie 10](#_Toc194068711)

[5.2 Bodemopbouw 10](#_Toc194068712)

[5.3 Waterspanningen 10](#_Toc194068713)

[5.4 State points 10](#_Toc194068714)

Bijlagen

[Bijlage 1. Bijlage](#_Toc194068715)

# Inleiding

Waterschap Scheldestromen maakt voor het ingenieurswerk aan de waterkeringen uitvoerig gebruik van automatisering. In de eerste helft van 2025 is het waterschap gestart met de ontwikkeling van de “Beoordelingstool Stabiliteit” (BOLuS). Deze tool heeft als doel het geautomatiseerd opstellen, doorrekenen en uitlezen van stabiliteitsberekeningen met D-Stability. De tool is geprogrammeerd in Python en wordt aangestuurd met behulp van een Excel invoerbestand. Voorliggend document bevat de technische documentatie en licht het gebruik van de tool toe.

## Functionaliteiten

In hoofdlijnen bevat de tool de onderstaande functionaliteiten met betrekking tot het opstellen, doorrekenen en uitlezen van D-Stability rekenbestanden:

* Toevoegen van geometrie
* Inlezen van karakteristieke punten (ten behoeve van de schematisering van diverse onderdelen).
* Toevoegen van sterkteparameters voor Mohr-Coulomb en Shansep inclusief probabilistische parameters.
* Toekennen van een state point met POP op basis van de grondsoort.
* Toevoegen van diverse 1D-bodemprofielen in een dwarsprofiel.
* Schematiseren van een bekleding op basis van karakteristieke punten. Meerdere type bekledingen zijn mogelijk (variatie van dikte en materiaal binnen een dwarsdoorsnede).
* Toevoegen van belastingen op basis van karakteristieke punten
* Toevoegen van waterspanningen (freatische lijn, stijghoogtelijnen en referentielijnen) op basis van harde invoer (door de gebruiker opgesteld).
* Toevoegen van gridinstellingen voor Uplift-Van Particle Swarm en Bishop Brute Force op basis van karakteristieke punten. Meerdere gridinstellingen mogelijk per scenario.
* Toevoegen van glijvlakrestricties op basis van karakteristieke punten.
* In batch opstellen van meerdere berekeningen met een aantal scenario’s en stages naar keuze. Per stage/scenario zijn de instellingen met betrekking tot al het bovenstaande te variëren.
* Parallel doorrekenen van D-Stability bestanden.
* Uitlezen van Bishop en Uplift-Van rekenresultaten. Zowel deterministisch als probabilistisch. Dimensies van het kritieke glijvlak worden eveneens uitgelezen.

## Versiebeheer

tabel 1.1: Versiebeheer

| **Versie** | **Toelichting** | **Datum** |
| --- | --- | --- |
| 0.1.0 | Eerste versie. Opstellen, doorrekenen en uitlezen van D-Stability berekeningen | 31-03-2025 |
| *0.2.0* | *Uitbreiding schematisering waterspanningen* | *02-06-2025* |

## Leeswijzer

**Hoofdstuk 2:** Installatie van de tool

**Hoofdstuk 3:** Gebruik van de tool

**Hoofdstuk 4:** Bevat een aantal definities die gebruikt worden in de volgende hoofdstukken.

**Hoofdstuk 5:** Toelichting op het invoerbestand

**Hoofdstuk 6:** Technische documentatie

# Installatie en gebruik

Deze instructie gaat ervan uit dat Python versie 3.13 is geïnstalleerd.

## Tool downloaden

De broncode van BOLuS is open-source en staat op de Github-pagina van Waterschap Scheldestromen: <https://github.com/scheldestromen/BOLuS>. In deze paragraaf wordt toegelicht hoe de tool via Github gedownload wordt. Als alternatief kan BOLuS met behulp van git worden gecloned.

* Ga naar <https://github.com/scheldestromen/BOLuS>
* Download de tool als zip-bestand:

Afbeelding met tekst, schermopname, nummer, Lettertype

Door AI gegenereerde inhoud is mogelijk onjuist.

* Plaats het zip-bestand op een locatie naar keuze en pak het hier uit. Deze locatie mag niet gesynchroniseerd worden met een cloudomgeving (OneDrive). Dit kan tot problemen leiden bij het doorrekenen van D-Stability berekeningen.

**Aandachtspunt:**

Zorg dat BOLuS niet op een locatie staat die gesynchroniseerd wordt met de cloud (OneDrive). Dit zorgt voor problemen bij het doorrekenen van de D-Stability berekeningen.

## Virtual environment

Voor het gebruik van de tool is het nodig een virtual environment op te zetten. Dit is een afgeschermde Python-omgeving waarin de voor de tool benodigde afhankelijkheden worden geïnstalleerd. In deze paragraaf is toegelicht hoe met behulp van Anaconda een virtual environment opgezet kan worden met behulp van het bestand “environment.yml”. Als alternatief kan de tool ook worden geïnstalleerd met behulp van pip en de “requirements.txt”. Dit is niet toegelicht.

### Installeren

* Navigeer in de verkenner naar de locatie waar de tool is geplaatst en open de map BOLuS-main. Kopieer het pad naar deze map.
* Open de Anaconda Prompt.
* Wijzig de locatie van de anaconda prompt met onderstaande commando (inclusief “”):

cd “pad\_naar\_bolus”

* Creëer een nieuwe conda environment met onderstaand commando:

conda env create -f environment.yml

### Activeren

Voor het gebruik van de tool moet de virtual environment geactiveerd worden. Doorloop hiervoor de onderstaande stappen:

* Open de Anaconda Prompt
* Type onderstaand commando om de environment te activeren:

conda activate venv\_bolus

* “venv\_bolus” is de naam van de virtual environment. Deze is gespecificeerd in de “environment.yml” en is toegekend aan de environment toen deze werd aangemaakt.

## Gebruik

* Vul het invoerbestand met de benodigde gegevens. De invoersheet heet “Invoer BOLuS.xlsx” en staat op de locatie BOLuS-main/excel\_tool. Het opstellen van het invoerbestand is toegelicht in hoofdstuk 4.
* Sluit het invoerbestand, anders kan deze niet worden uitgelezen.
* Open de anaconda prompt, navigeer naar BOLuS-main (paragraaf 2.2.1) en activeer de environment (paragraaf 2.2.2). De environment hoeft slechts eenmaal geïnstalleerd te worden (zolang de tool niet wijzigt). Als dit al is gedaan kan de environment direct geactiveerd worden.
* Run de tool met behulp van onderstaand commando:

python -m excel\_tool.main

# Definities

## Geometrie

### Het L-coördinaat

Het opstellen van een dwarsprofiel gebeurt veelal met behulp van het AHN in combinatie met een dwarsprofiellijn. Dit resulteert in een set aan punten met een X-, Y-, en Z-waarde. Waarbij de X en Y de RD‑coördinaten zijn en Z de hoogte is. Voor gebruik in D-Stability worden de X- en Y-coördinaten omgerekend naar coördinaten in de richting van het dwarsprofiel. Het resultaat wordt het L-coördinaat genoemd (lengte-coördinaat). Details over het berekenen en de richting van de L-as zijn gegeven in paragraaf 5.1.

## Bodemopbouw

* Bodemprofiel vs. bodemopbouw

# Opstellen invoerbestand

Ieder tabblad van het invoerbestand is in een aparte paragraaf toegelicht. Onderstaand zijn enkele algemene opmerkingen en aandachtspunten:

* De tool leest het invoerbestand uit op basis van de bestandsnaam, tabbladnamen en kolomtitels. Pas deze dus nooit aan.
* Het invoerbestand is ter ondersteuning van de gebruiker voorzien van voorwaardelijke opmaak en invoerbeperking. Het ‘slepen’ van cellen kan zorgen voor fouten in de opmaak. Zorg dat er nooit cellen gesleept worden. Verwijder geen regels en voeg geen regels in. Maak enkel gebruik van kopiëren en plakken als waarden.
* Sommige tabbladen hebben meerdere titelregels met informatie over de gevraagde invoer of een maximum aantal tekens. Dit zijn maximaal de onderstaande titelregels. Niet alle regels zijn in ieder tabblad aanwezig:
  1. Categorie (in hoofdletters);
  2. Kolomtitel
  3. Eenheid
  4. Korte toelichting

## Instellingen

In het tabblad “Instellingen” worden een aantal algemene instellingen opgegeven. De naam van de instelling staat in de kolom “Instelling”. Deze dient niet aangepast te worden. De aan te passen waarde staat in de kolom “Waarde”. De volgende instellingen worden opgegeven:

* **Dimensie geometrie** (2D/3D): De dwarsprofielen en karakteristieke punten worden opgegeven in de tabbladen “Dwarsprofielen” en “Kar. punten”. Hierbij worden X-, Y- en Z-coördinaten opgegeven. Indien gekozen is voor 3D dan worden de X-, en Y-coördinaten omgerekend naar een L-coördinaat. Deze omrekening is toegelicht in paragraaf 5.1. Wanneer gekozen wordt voor 2D dan wordt het X-coördinaat als L-coördinaat gehanteerd en wordt het Y-coördinaat genegeerd. Er vindt geen omrekening plaatst.
* **Minimale diepte ondergrond**: De bodemprofielen worden opgegeven in het tabblad “Bodemprofielen”. Per grondlaag wordt enkel de bovenkant opgegeven. De onderkant van iedere laag is gelijk aan de bovenkant van de laag daaronder. Zodoende heeft de onderste laag geen onderkant. Met deze instelling wordt aangegeven tot welke diepte de ondergrond minimaal is gedefinieerd. Ten alle tijden wordt een minimale laagdikte van 1,0 m gehanteerd. Zodoende kan de ondergrond ook tot dieper lopen.
* **Waterspanningen toepassen** (Ja/Nee):Bij “Ja” worden de stijghoogtelijnen en referentielijnen zoals opgegeven in het tabblad “Waterspanningsschematisatie” aan de berekeningen toegevoegd. Bij “Nee” wordt dit tabblad genegeerd.
* **Rekenen** (Ja/Nee): Bij “Ja” worden de gegenereerde berekeningen doorgerekend en worden de resultaten uitgelezen. Dit wordt weggeschreven naar de uitvoermap (zie volgende punt). Er wordt alleen gerekend indien er ook gridinstellingen zijn opgegeven (zie paragraaf 4.10 en 4.11).
* **Uitvoermap**: Pad naar de gewenste map voor de D-Stability rekenbestanden en eventuele rekenresultaten. Indien leeggelaten dan wordt de uitvoer naar “BOLuS-main/excel\_tool/Uitvoer” weggeschreven.

## Dwarsprofielen

Voor de invoer van de dwarsprofielen is het onderstaande van toepassing:

* Het format van dit tabblad is een veelvoorkomend format. Het wordt onder andere gebruik voor de software Riskeer en DAM. Daarnaast kan dit format gebruikt worden voor de software “qDAMEdit” (ook wel de “kliktool”) om de karakteristieke punten aan te geven.
* Elke regel stelt een dwarsprofiel voor.
* De kolom “LOCATIONID” bevat de naam van het dwarsprofiel.
* De opvolgende kolommen bevatten achtereenvolgend de X-, Y- en Z-coördinaten (X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2, …. enz. ).
* De coördinaten dienen in het X-Y-vlak in een rechte lijn te liggen. Zo niet dan leidt de berekening van het L-coördinaat tot een foutieve representatie van de geometrie.
* De coördinaten dienen volgordelijk te zijn. Anders geeft de tool een foutmelding.

## Kar. punten

Voor de invoer van de karakteristieke punten is het onderstaande van toepassing:

* Het format van dit tabblad is een veelvoorkomend format. Het wordt onder andere gebruik voor de software Riskeer en DAM. De karakteristieke punten kunnen opgesteld worden met behulp van de dwarsprofielen en de software “qDAMEdit” (ook wel de “kliktool”).
* De kolom “LOCATIONID” bevat de naam van het dwarsprofiel uit het tabblad “Dwarsprofielen” waartoe de karakteristieke punten behoren. Ieder dwarsprofiel moet een set karakteristieke punten hebben (en vice-versa).
* Een waarde van -1 voor zowel het X-, Y- als Z-coördinaat betekent dat het karakteristieke punt niet bestaat voor het betreffende dwarsprofiel. Dit is conform het qDAMEdit format.
* Wanneer in het tabblad “Instellingen” bij “Dimensie geometrie” is gekozen voor 3D dan dient minimaal het karakteristieke punt “Maaiveld binnenwaarts” opgegeven te worden. Deze is benodigd voor een consistentie oriëntatie van de 2D-profielen. Wanneer is gekozen voor 2D dan zijn alle punten optioneel. Uiteraard zijn de karakteristieke punten dan niet te gebruiken ter referentie in de andere tabbladen. De functionaliteit van de tool beperkt zich in dat geval tot de geometrie, bodemopbouw, sterkteparameters en de waterspanningsschematisatie.

## Sterkteparameters

* De sterkteparameters kunnen opgegeven worden voor de sterktemodellen Mohr-Coulomb en Shansep. Het is niet mogelijk om gebruik te maken van SU-tables of Sigma-Tau curves.
* In kolom “Naam grondsoort” wordt de naam van de grondsoort opgegeven. Kies voor iedere grondsoort een unieke naam.
* In de kolom “Probabilistische sterkteparameters” wordt aangegeven of de sterkeparameters probabilistisch zijn. Dit wordt toegepast op de D-Stability instelling welke in onderstaand figuur is aangeduid met ‘A’. Aanvullend dient in D-Stability per sterkteparameter (S, m of c, phi) aangegeven toe worden of de parameter stochastisch is. Dit wordt bepaald aan de hand van de ingevoerde standaardafwijking. Indien deze niet is ingevuld is, of gelijk is aan nul, dan wordt de invoer zoals onderstaand aangegeven met ‘B’ op ‘off’ gezet. Anders wordt deze op ‘on’ gezet.



figuur 4‑1: Invoer stochastische waarde sterkteparameters D-Stability

* In de opvolgende kolommen worden de gemiddelde waardes en standaardafwijkingen voor de sterkteparameters opgegeven. Indien een parameter niet als stochast is aangemerkt wordt het gemiddelde gebruik als deterministische rekenwaarde.
* De POP kan per grondsoort toegekend worden. Indien een waarde voor de POP is opgegeven dan wordt in iedere grondlaag van de grondsoort een “state point” toegevoegd met deze waarde voor de POP. Dit is verder toegelicht in paragraaf 5.4.
* In de kolom “Probabilistische POP” wordt opgegeven of de POP van de betreffende grondsoort een stochast is. Net zoals bij de sterkteparameters wordt de POP alleen daadwerkelijk als stochast behandeld als er een standaardafwijking is opgegeven.
* Het is niet mogelijk om POP-stochasten van verschillende grondsoorten aan elkaar te correleren.
* Het is alleen mogelijk om de POP op te geven. Het opgeven van de OCR of een Yield Stress (grensspanning) is niet mogelijk. Het opgeven van de grensspanning zou niet passen in deze methodiek waarbij de belastinggeschiedenis als grondeigenschap wordt behandeld.
* De POP wordt toegevoegd in een “state point”. Het is niet mogelijk te werken met “state lines”.
* Correlatie, consolidatie, kleur en patroon

## Bodemprofielen

De term “bodemprofiel” wordt in de tool en deze handleiding gebruikt voor een ééndimensionale bodemopbouw. In het tabblad “Bodemprofielen” kunnen meerdere bodemprofielen opgegeven worden. Voor de invoer geldt het onderstaande:

* Iedere regel stelt een grondlaag voor.
* De grondlagen behorende tot één bodemprofiel hebben alle dezelfde naam in de kolom “Naam bodemprofiel”. De tool herkent zo welke grondlagen bij elkaar horen.
* In de kolom “Grondsoort” wordt de grondsoort opgegeven. Er kan gekozen worden uit de grondsoorten zoals opgegeven in tabblad *‘Sterkteparameters’*. Wanneer de grondsoortnaam in het tabblad “Sterkteparameters” wordt aangepast, dient dit ook in het tabblad “Bodemprofielen aangepast te worden. Anders volgt er een foutmelding uit de tool.
* In de kolom “Bovenkant” wordt de bovenkant van de laag opgegeven. De onderkant van de laag wordt bepaald door de bovenkant van de onderliggende laag. De omgang met de onderste laag is toegelicht in paragraaf 4.1 bij de instelling “Minimale diepte ondergrond”.
* De grondlagen dienen per bodemprofiel van boven naar onder opgegeven te worden. Anders volgt er een foutmelding uit de tool

## Bodemopbouw

In het tabblad “Bodemopbouw” kunnen meerdere bodemprofielen gecombineerd worden tot één bodemopbouw. Dit kan door meerdere bodemprofielen uit het tabblad “Bodemprofielen” aan elkaar te ‘plakken’. Voor het opgeven van de bodemopbouw geldt het onderstaande:

* Iedere regel stelt een bodemopbouw voor.
* In de kolom “Naam bodemopbouw” wordt de naam van de bodemopbouw gegeven. Kies voor iedere regel een unieke naam.
* In de eerste kolom met de titel “Bodemprofiel” wordt het eerste bodemprofiel opgegeven. Er kan gekozen worden uit de bodemprofielen zoals opgegeven in het tabblad “Bodemprofielen”.

Deze start op het meest linker punt van het dwarsprofiel en loopt tot het eerstvolgende bodemprofiel.

* De overige kolommen zijn afwisselend “Bodemprofiel” en “L-coördinaat start”. In de kolommen “L‑coördinaat start” wordt opgegeven waar het bodemprofiel start. Het einde van het bodemprofiel wordt bepaald met behulp van het startpunt van het volgende bodemprofiel.
* Het laatste bodemprofiel eindigt bij het meest rechterpunt in het dwarsprofiel.

## Bekleding

In het tabblad “Bekledingen” kunnen bekledingsprofielen opgesteld worden. Binnen een bekledingsprofiel kunnen meerdere bekledingen worden gespecificeerd. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om in één bekledingsprofiel een steenbekleding op het buitentalud, een wegverharding op de kruin en een kleibekleding op het binnentalud te schematiseren. Voor de invoer geldt het onderstaande:

* Iedere regel stelt een stuk bekleding voor.
* In de kolom “Naam bekledingsprofiel” wordt de naam van het bekledingsprofiel opgegeven.
* De bekledingen behorende tot één bekledingsprofiel hebben alle dezelfde naam in de kolom “Naam bekledingsprofiel”. De tool herkent zo welke bekledingen bij elkaar horen.
* In de kolom “Van punt” en “Tot punt” worden de karakteristieke punten opgegeven waartussen de betreffende bekleding zich bevindt. De volgorde van de karakteristieke punten maakt niet uit.
* In de kolom “Dikte” wordt de dikte van de bekleding opgegeven. De dikte wordt haaks op het maaiveld toegepast.
* In de kolom “Grondsoort” wordt de grondsoort opgeven. Er kan gekozen worden uit de grondsoorten zoals opgegeven in het tabblad “Sterkteparameters”.

## Belasting

* Toelichten positie i.c.m. richting. Toevoegen figuur
* Niet geïmplementeerd: Offset zou nog mogelijk zijn (bv. rekening houdend met een wegberm)

## Waterspanningsschematisatie

## Gridinstellingen

## Berekeningen

# Technische documentatie

## Geometrie

* Berekenen l-coördinaat, hanteren nulpunt, buitenwater rechts/links

## Bodemopbouw

Plaatje van ondergrond en l-coördinaten

## Waterspanningen

## State points

* Plaatsing state points in geval dat zwaartepunt buiten de grondlaag valt (sloot)

1. Bijlage