

CPT en Nkt tools

Beschrijving en handleiding



CPT en Nkt tools

Beschrijving en handleiding

Mark van der Krogt
Ana Teixeira

11202225-005

Titel

CPT en Nkt tools

Opdrachtgever

Harm Rinkel,
Rijkswaterstaat - Water,
Verkeer en Leefomgeving

Project

11202225-005

Kenmerk

11202225-005-GEO-0002

Pagina's

24

Trefwoorden

macrostabiliteit, ongedraineerde schuifsterkte, veldproeven, laboratoriumproeven, transformatiemodel

Samenvatting

In 2017 zijn in opdracht van Rijkswaterstaat twee Matlab-tools ontwikkeld. Met een grafische user interface voor de analyse van sonderingen maken deze Matlab-tools het werkproces voor de afleiding van de ongedraineerde schuifsterkte en grensspanning uit sonderingen eenvoudiger (zoals beschreven in de WBI 2017 schematiserings-handleiding macrostabiliteit en de Dijken op Veen documenten).

Dit document beschrijft de volgende tools (beschikbaar sinds januari 2018):

- De **N_{kt}-tool** (v 1.1): Fitten van de empirische correlatiefactor N_{kt} op twee verschillende wijzen (lineaire regressie en minimalisatie van de variatiecoëfficiënt) en ondersteunen van de statistiek voor de fit;
- De **CPT-tool** (v 1.0): Ondersteunen van het proces van het interpreteren van sonderingen op basis van GEF bestanden, ondersteunen bij de berekening van statistiek (verwachtingswaarden, karakteristieke waarden en variatiecoëfficiënten voor de grensspanning) en het exporteren van de resultaten per laag.

In dit document zijn de installatiehandleiding en de handleiding voor het gebruik van de tools ook verweven.

De bovengenoemde tools zijn projectsoftware en hebben geen officiële software-status zoals Deltares software, of WBI software. De CPT en N_{kt} tools zijn wel getest met benchmarks door interne kwaliteitsborging. Het gebruik van de software en de verkregen gegevens middels deze tools is dus voor risico van de gebruiker. De gebruiker heeft geen recht op garantie, onderhoud en ondersteuning bij het gebruik maken van deze tools.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
3	mei 2018	Mark van der Krogt		A. van Duinen		M. Sule	
		Ana Teixeira					

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding en doel	1
1.2 CPT Tool	2
1.3 Nkt-Tool	2
1.4 Leeswijzer	2
2 Installatie	3
2.1 Introductie	3
2.2 Methode 1: Installatie via "MyAppInstaller"	3
2.3 Methode 2: Handmatige installatie	7
3 Functionaliteitsbeschrijving	8
3.1 CPT-Tool	8
3.1.1 Hoofdscherm	8
3.1.2 Taakbalk	9
3.1.3 Invoer hoofdscherm	11
3.1.4 Invoer metingen scherm	13
3.1.5 Grafische uitvoer (hoofdscherm) na inlezen sondering	14
3.1.6 Standaardberekeningen	14
3.1.7 Uitvoer: Su analyse (DOV-methode)	16
3.1.8 Uitvoer: Grensspanningsanalyse (WBI methode)	18
3.1.9 Overige functies	21
3.2 N _{kt} -Tool	23
3.2.1 Hoofdscherm	23
3.2.2 Taakbalk	23
3.2.3 Invoer	24
3.2.4 Berekening	24
3.2.5 Uitvoer	26
4 Referenties	27

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Op 1 januari 2017 is het Wettelijk Beoordeling Instrumentarium (WBI 2017) in werking getreden. Voor het faalmechanisme macrostabiliteit betekent dit de overstap naar het toepassen van het SHANSEP¹ model voor het bepalen van de ongedraineerde schuifsterke van de slecht doorlatende grondlagen. Om het werkproces voor de afleiding van de ongedraineerde schuifsterkte en grensspanning uit sonderingen eenvoudiger te maken is in diverse Deltares projecten gewerkt aan Excel- en Matlab-tools. Gaandeweg heeft dit geleid tot een gebruikersvriendelijke Matlab-tool met grafische user interface voor de analyse van sonderingen. Vervolgens is in opdracht van RWS deze CPT-Tool aangepast aan de WBI 2017 schematiserings-handleiding macrostabiliteit en de Dijken op Veen methode voor ongedraineerde schuifsterkte om beter aan te sluiten bij de werkwijze voor WBI en is de CPT-Tool beschikbaar gekomen voor gebruikers van het WBI.

Daarnaast is er een tool gemaakt om te ondersteunen bij de statistiek bij het afleiden van de empirische N_{kt} factor voor de correlatie tussen de ongedraineerde schuifsterkte uit laboratorium testen en de gemeten conusweerstand. Dit is opgenomen in de N_{kt} -Tool.

In opdracht van Rijkswaterstaat zijn beide tools verder ontwikkeld, zodat deze ook door derden kunnen worden gebruikt. Voor dat doel is tevens deze handleiding gemaakt en is door Deltares een interne kwaliteitscontrole uitgevoerd. De functionaliteit van de tools is afgestemd met Rijkswaterstaat en externe gebruikers. De gemaakte tools hebben tot doel om de uniformiteit in projecten en tussen projecten voor macrostabiliteit te bevorderen en om het maken van fouten bij gebruik van spreadsheets te voorkomen. Het ligt in de bedoeling om in de komende jaren de functionaliteit en gebruikersvriendelijkheid van beide tools verder te verbeteren. Dit op basis van gebruikerservaringen en -wensen. Wellicht dat de tools over enige tijd kunnen worden omgevormd tot officiële software.

De tools zijn projectsoftware en hebben geen officiële software-status zoals Deltares software, of WBI software. De tools zijn wel getest met benchmarks door interne kwaliteitsborging van Deltares (zie Van der Krogt en Teixeira (2017)). Het gebruik van de software en de verkregen gegevens middels deze tools is voor risico van de gebruiker. De gebruiker heeft geen recht op garantie, onderhoud en ondersteuning bij het gebruik maken van deze tools.

¹ Het SHANSEP model (Stress History and Normalized Soil Engineering Properties) wordt gebruikt voor het modelleren van ongedraineerde schuifsterkte van bepaalde kleigronden (Ladd en Foott, 1974).

1.2 CPT Tool

Korte beschrijving van de tool:

- Ondersteunen bij het interpreteren van sonderingen op basis van GEF bestanden:
 - o Ondersteunen bij de schematisering van de laagindeling (o.b.v. wrijvingsgetal R_f , wateroverspanningsindex B_q en Robertson classificatie)
 - o Ondersteunen bij de schematisering van het waterspanningsverloop over de diepte
 - o toekennen parameters aan ongedraineerde grondlagen (γ_n , γ_d , S , m , N_{kt} , $VC(N_{kt})$)
 - o Berekenen ongedraineerde sterkte s_u (o.b.v. N_{kt})
 - o Terugrekenen van OCR, grensspanning en POP
 - o Berekenen van karakteristieke waarden o.b.v. $VC(N_{kt})$
- Ondersteunen bij de berekening van statistiek (voor de grensspanning en schuifsterkte), namelijk:
 - o verwachtingswaarden
 - o karakteristieke waarden
 - o en variatiecoëfficiënten
- Resultaten van schuifsterkte en grensspanning uit laboratoriumproeven kunnen worden gekoppeld aan een sondering en worden geplot bij de analyse.
- Exporteren van resultaten per laag: grafisch en naar een spreadsheet.

1.3 Nkt-Tool

Korte beschrijving van de tool:

- Fitten van de empirische correlatiefactor N_{kt} op twee verschillende wijzen (lineaire regressie en minimalisatie van de variatiecoëfficiënt).
- Ondersteunen van de statistiek voor de N_{kt} fit.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de installatiehandleiding voor beide tools. In hoofdstuk 3 wordt de functionaliteit van beide tools beschreven. De handleiding voor het gebruik van de tools is hierin verweven, paragraaf 3.1 voor CPT-tool en 3.2 voor N_{kt} -tool.

2 Installatie


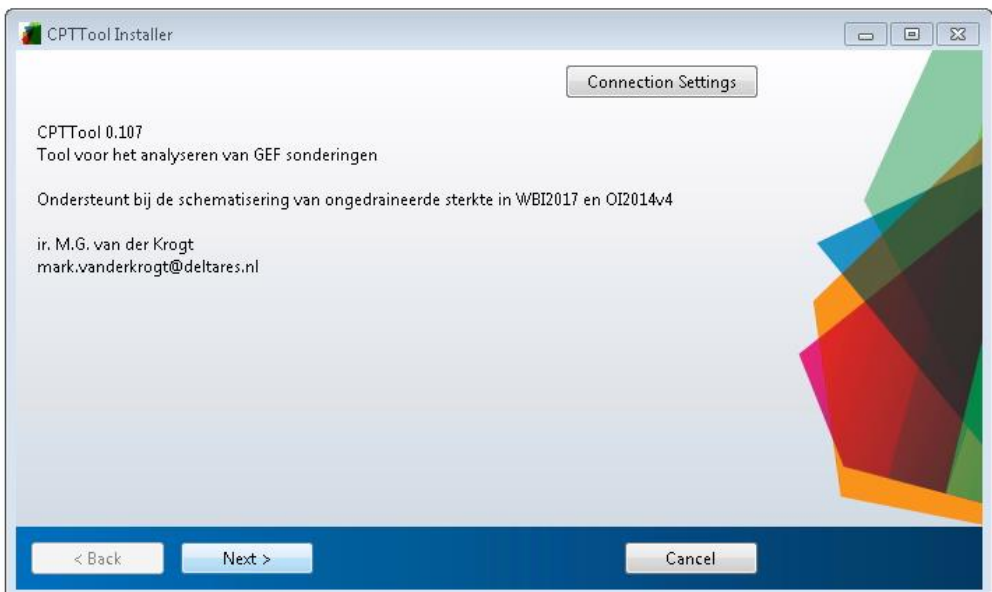
2.1 Introductie

Beide tools (CPT Tool en N_{kt} Tool) zijn geprogrammeerd met MATLAB versie R2016a_64 en gecompileerd tot een uitvoerbaar bestand (executable *.exe). Voor het uitvoeren van gecompileerde MATLAB bestanden zijn alleen MATLAB Runtime bestanden benodigd. Deze zijn kosteloos beschikbaar en vrij te gebruiken. De eindgebruiker heeft dus geen MATLAB licentie nodig.

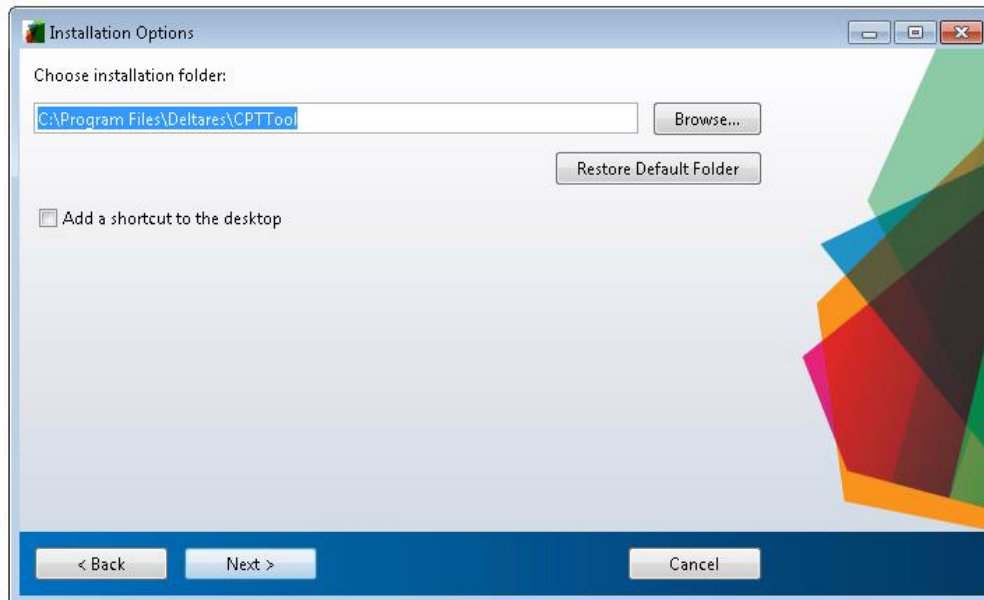
De installatie van de MATLAB Runtime bestanden kan op twee manieren. Beide worden onderstaand beschreven.

- Methode 1: via de MyAppInstaller (werkende internet verbinding nodig) – zie paragraaf 2.2.
- Methode 2: handmatig via de website van MATLAB – zie paragraaf 2.3.

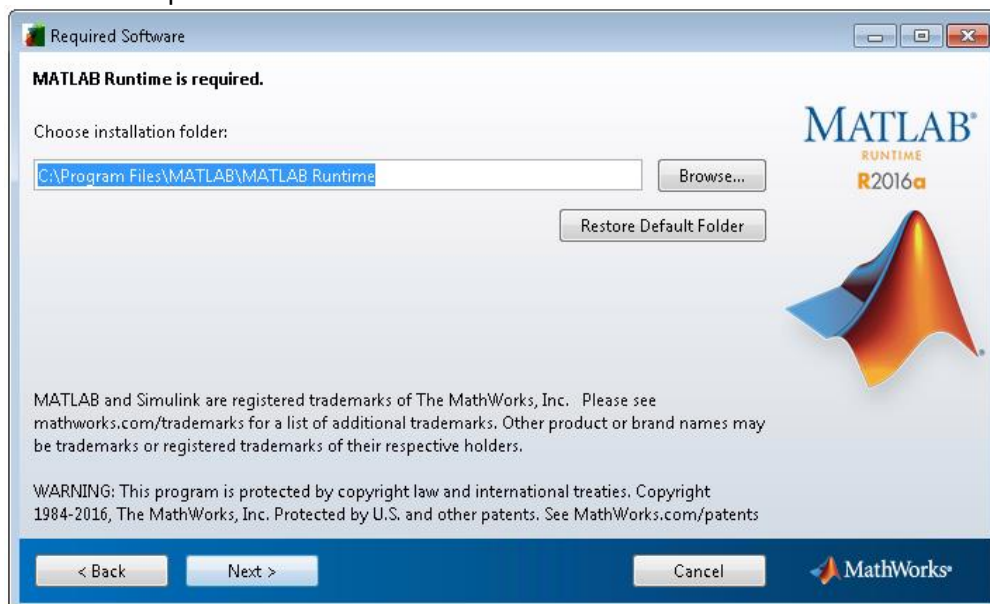
2.2 Methode 1: Installatie via “MyAppInstaller”

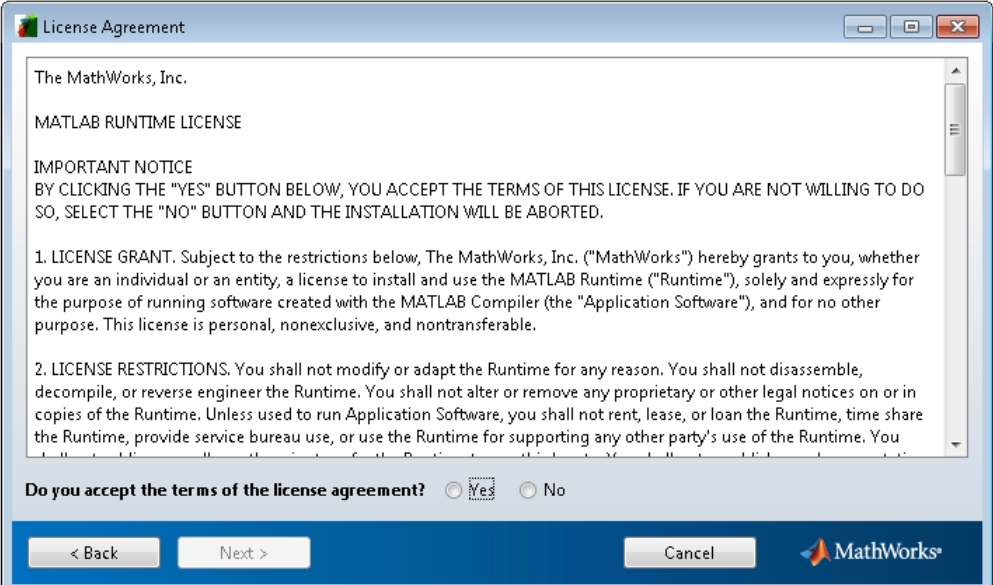
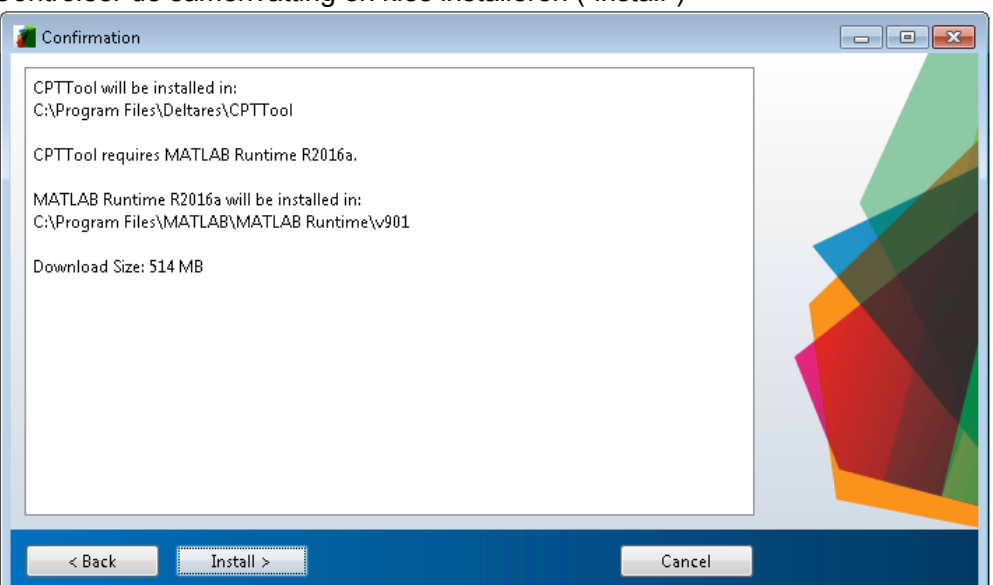
1	<p>Start het installatieprogramma via de icoon “MyAppInstaller_web”. Het installatieprogramma is beschikbaar in het gedownloade zip-bestand met CPT-Tool bestanden.</p> 
2	<p>Klik op volgende (“next”) in het welkomstvenster</p> 

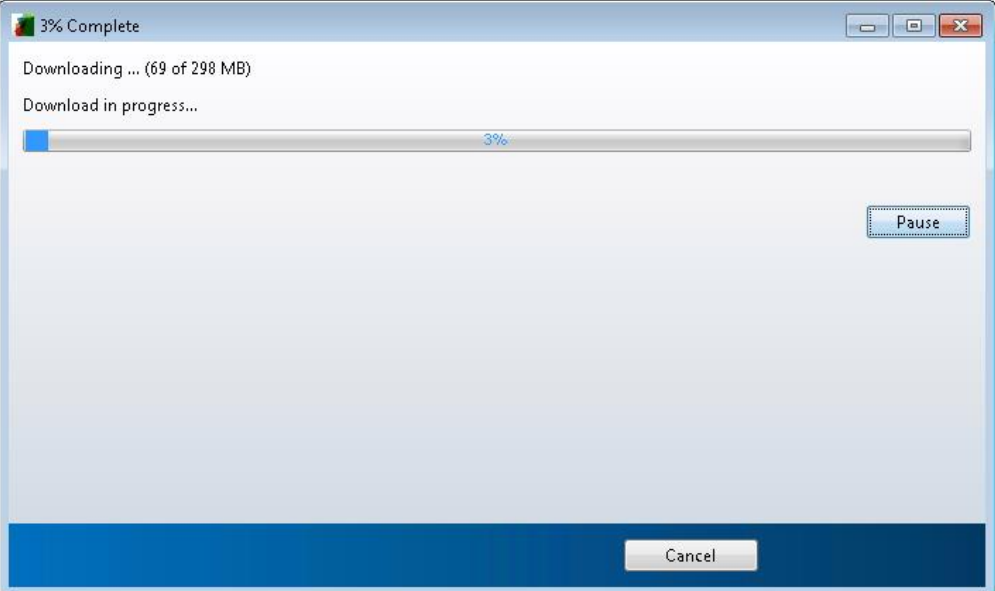
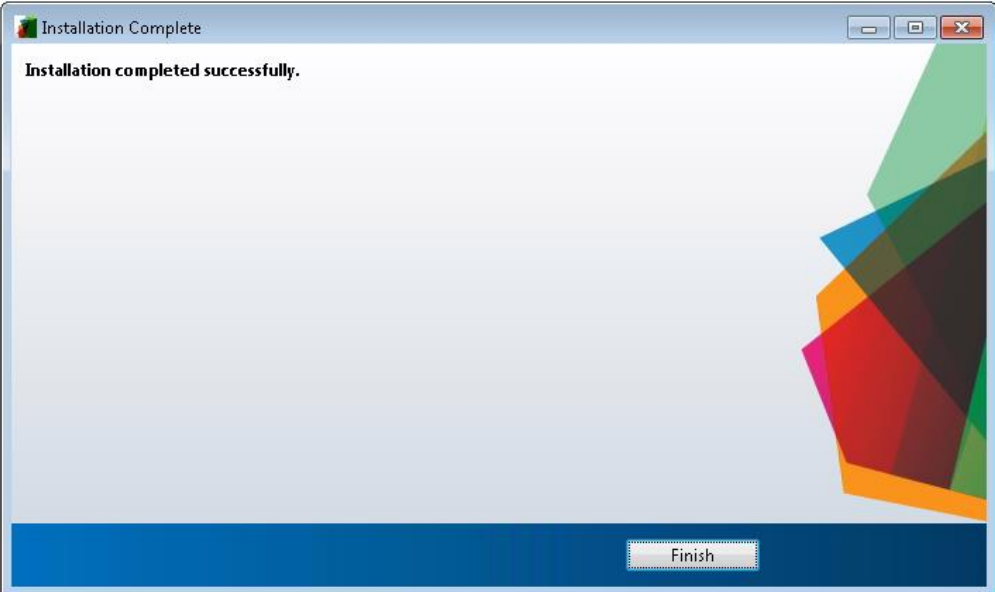

- 3 Kies de plaats voor de installatie map van de CPT Tool. Let hierbij op dat er schrijfrechten zijn op de gekozen locatie. Eventueel kan een snelkoppeling op het bureaublad worden geplaatst.



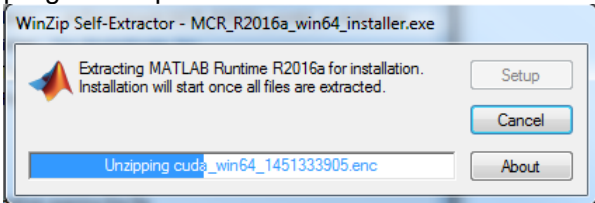

























- 4 De setup zoekt of MATLAB Runtime bestanden beschikbaar zijn op de computer, of dat deze moeten worden geïnstalleerd. Voor het installeren van de MATLAB Runtime bestanden is een werkende internet verbinding benodigd. Kies de plaats voor de installatie map van de MATLAB Runtime bestanden.



5	<p>Accepteer de licentie overeenkomst voor (gratis) gebruik van de MATLAB Runtime bestanden.</p> 
6	<p>Controleer de samenvatting en kies installeren ("install")</p> 

7	<p>Tijdens het downloaden en de installatie is de voortgang zichtbaar.</p> 
8	<p>Het installeren is voltooid. Klik op afsluiten "Finish" om het installatieprogramma af te sluiten.</p> 
9	<p>Start de applicatie via het icoon op het bureaublad of via het *.exe bestand.</p> 

2.3 Methode 2: Handmatige installatie

1	Download de benodigde versie van de MATLAB Runtime bestanden via de website van MATLAB: https://nl.mathworks.com/products/compiler/mcr.html . Kies de juiste versie: R2016a (9.0.1)																																				
2	Open het installatieprogramma door dubbel te klikken en op “Run” te klikken. Het programma pakt nu de bestanden uit. 																																				
4	Volg de instructies in de installatie wizard om de MATLAB Runtime bestanden te installeren.																																				
5	Kopieer de benodigde bestanden van de CPT Tool naar de gewenste plaats op de computer. Eventueel kan een snelkoppeling naar de applicatie gemaakt worden. <table><thead><tr><th>Name</th><th>Date modified</th><th>Type</th><th>Size</th></tr></thead><tbody><tr><td> CPTAnalysis100</td><td>5/8/2014 12:16 PM</td><td>XML Document</td><td>589 KB</td></tr><tr><td> CPTAnalysis100_tree.mat</td><td>2/15/2017 6:47 PM</td><td>MAT File</td><td>96 KB</td></tr><tr><td> CPTAnalysis100_tree_s.mat</td><td>2/15/2017 6:47 PM</td><td>MAT File</td><td>95 KB</td></tr><tr><td> CPTTool</td><td>6/1/2017 11:02 AM</td><td>Application</td><td>3,598 KB</td></tr><tr><td> default_icon</td><td>6/20/2013 9:02 AM</td><td>Icon</td><td>47 KB</td></tr><tr><td> readme</td><td>6/1/2017 11:02 AM</td><td>Text Document</td><td>2 KB</td></tr><tr><td> Robertson</td><td>3/31/2017 1:44 PM</td><td>PNG image</td><td>52 KB</td></tr><tr><td> splash</td><td>6/1/2017 10:31 AM</td><td>PNG image</td><td>234 KB</td></tr></tbody></table>	Name	Date modified	Type	Size	 CPTAnalysis100	5/8/2014 12:16 PM	XML Document	589 KB	 CPTAnalysis100_tree.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	96 KB	 CPTAnalysis100_tree_s.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	95 KB	 CPTTool	6/1/2017 11:02 AM	Application	3,598 KB	 default_icon	6/20/2013 9:02 AM	Icon	47 KB	 readme	6/1/2017 11:02 AM	Text Document	2 KB	 Robertson	3/31/2017 1:44 PM	PNG image	52 KB	 splash	6/1/2017 10:31 AM	PNG image	234 KB
Name	Date modified	Type	Size																																		
 CPTAnalysis100	5/8/2014 12:16 PM	XML Document	589 KB																																		
 CPTAnalysis100_tree.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	96 KB																																		
 CPTAnalysis100_tree_s.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	95 KB																																		
 CPTTool	6/1/2017 11:02 AM	Application	3,598 KB																																		
 default_icon	6/20/2013 9:02 AM	Icon	47 KB																																		
 readme	6/1/2017 11:02 AM	Text Document	2 KB																																		
 Robertson	3/31/2017 1:44 PM	PNG image	52 KB																																		
 splash	6/1/2017 10:31 AM	PNG image	234 KB																																		
6	Start de applicatie via het icoon op het bureaublad of via het *.exe bestand. 																																				

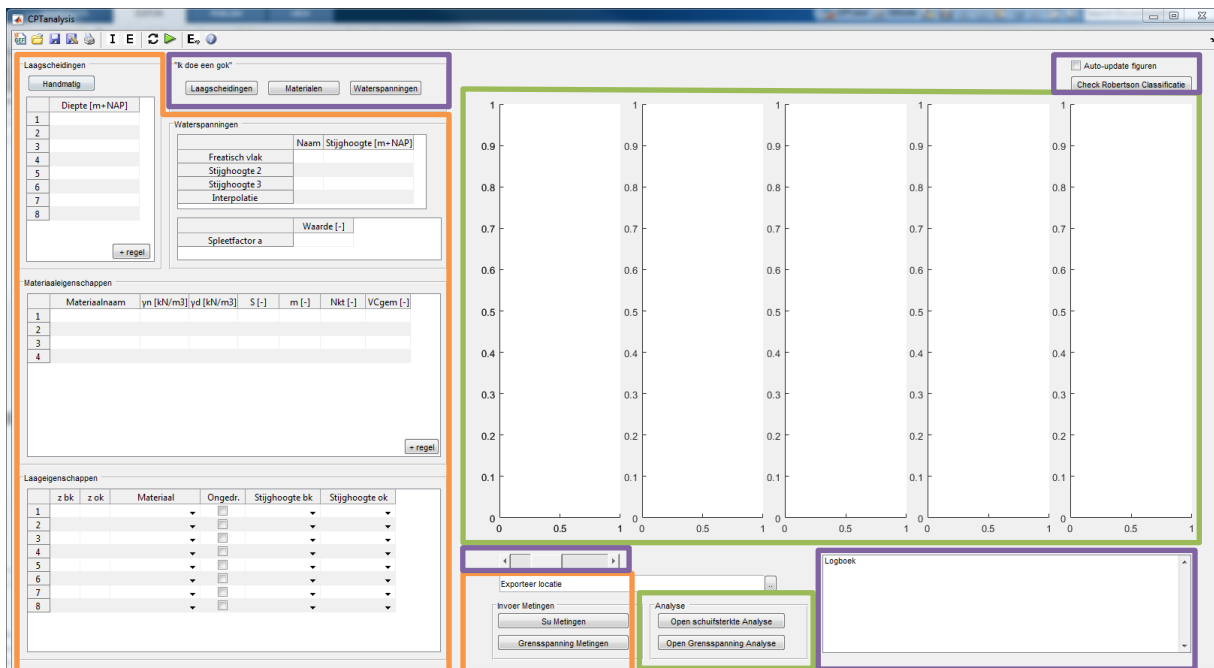
3 Functionaliteitsbeschrijving

3.1 CPT-Tool

Deze paragraaf beschrijft het hoofdscherm van de CPT-Tool (v1.1).

3.1.1 Hoofdscherm

Het hoofdscherm van de CPT-Tool bevat in één venster de invoer, uitvoer en bedieningsknoppen. Onderstaand zijn deze kort samengevat.



Figuur 3.1 Hoofdscherm van CPT-tool v1.1

Invoer:

- Laagscheidingen (handmatig via klikken in de sondeergrafiek of handmatig opgeven via tabel)
- Stijghoogten en stijghoogteverloop over de grondlagen
- Materiaaleigenschappen
- Spleetfactor (a-factor) van de gebruikte sondeerconus (automatisch ingelezen vanuit .GEF bestand of handmatig ingevuld)
- Laageigenschappen (koppelen materiaaleigenschappen en stijghoogteverloop aan de grondlagen)
- Exporteerlocatie voor uitvoerbestanden
- Proefresultaten schuifsterkte en grensspanning gekoppeld aan een sondering (maximaal 15 laboratorium resultaten per parameter)

Uitvoer:












- Grafieken voor de sondeerparameters conusweerstand, wrijving en wrijvingsgetal. Grafieken voor de totaal-, water- en korrelspanning en afgeleide parameters water-overspanningsindex en grondsoortclassificatieindex
- Schuifsterkte analyse
- Grensspanning analyse

Overig:

- Schaalbalk voor CPT (q_c) grafiek
- Logboek voor aantekeningen
- Knoppen voor:
 - o Schatting ("ik doe een gok") voor laagscheiding, materialen en waterspanning
 - o Robertson classificatie diagram
- Check-box om auto-update voor de figuren aan te zetten (waarschuwing: is trager en wordt afgeraden als nog niet alle gegevens zijn ingevuld).

3.1.2 Taakbalk

De taakbalk van de CPT-Tool bevat de volgende functionaliteiten.

	Nieuwe CPT sondering openen (.GEF bestand)
	CPT-Tool analyse bestand openen (.ctp bestand)
	CPT-Tool analyse bestand opslaan
	CPT-Tool analyse bestand opslaan als
	Een afdruk van het hoofdscherm van de CPT-Tool exporteren als pdf
	Importeren van een materiaaleigenschappentabel (.cts bestand)
	Exporteren van een materiaaleigenschappentabel (.cts bestand)
	Update de grafieken in het hoofdscherm handmatig
	Start de berekening van spanningen, sondeerrelaties en sterkte
	Exporteer geanalyseerde gegevens naar een spreadsheet (.xls bestand)
	Toon de huidige versie van de CPT-Tool

3.1.2.1**Nieuwe GEF sondering**

Opent een dialoog venster waarmee een sondering (GEF bestand) ingelezen kan worden. Het programma leest (indien aanwezig) de volgende meetgegevens in:

- maaiveldhoogte
- startdiepte
- spleetfactor (a-factor)
- sondeerklasse
- sondeerlengte
- conusweerstand (q_c)
- wrijving (f_s)
- weerstandsgetal (R_f)
- gemeten waterspanning (u_2)

Opmerkingen:

- Het inlezen gebeurt met de STREAM bibliotheek, waardoor de gegevens onafhankelijk van de opzet van het GEF bestand kunnen worden ingelezen. (Deltares public wiki, STREAM library). Voor de meeste GEF bestanden worden alle meetgegevens ingelezen. Hiervoor kan bij het eerste gebruik door de CPT-Tool gevraagd worden om een projectdefinitiebestand op te geven. In dat geval kan de gebruiker het bestand handmatig lokaliseren. Het projectdefinitiebestand is bijgeleverd met de tools en betreft het volgende XML-document: CPTAnalysis100.xml

- Echter, de spleetfactor (a-factor) kan bij GEF bestanden van verschillende bedrijven op een andere plek of met een andere naam zijn opgeslagen, waardoor de spleetfactor niet altijd ingelezen wordt. In dat geval kan de spleetfactor handmatig worden ingevuld.
- Na het inlezen wordt de sondeerklassse getoond, zoals in de hieronder voorbeeld/figuur:



Figuur 3.2 sondeerklassse informatie (Informatie dialoog scherm) CPT-tool v1.1

3.1.2.2 Open project bestand

Opent een dialoog venster waarmee een CPT-Tool Projectbestand (.ctp bestand) geopend kan worden. Het bestand heeft een MATLAB bestandsindeling (.mat bestand)

3.1.2.3 Opslaan project bestand

Overschrijft het huidige CPT-Tool Projectbestand (.ctp bestand)

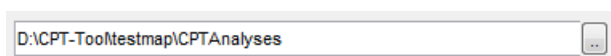
3.1.2.4 Opslaan als project bestand

Opent een dialoog venster waarmee een geanalyseerde sondering opgeslagen kan worden als projectbestand (.ctp bestand). De volgende gegevens worden opgeslagen:

- Sondeergegevens (diepte, q_c , f_s , R_f , u_2)
- Laagscheidingentabel
- Materiaaleigenschappentabel
- Waterspanningen
 - o Stijghoogtetabel
 - o Spleetfactor
- Laageigenschappentabel(connectie tussen info uit Laagscheidingentabel, Materiaaleigenschappentabel en Waterspanningen)
- Opgegeven laboratoriumgegevens
- Berekende schuifsterkte s_u en belastinggeschiedenis parameters OCR, POP, grensspanning
- Logboekgegevens

3.1.2.5 Exporteer grafieken

Maakt een pdf afdruk van de uitvoergrafieken in het hoofdscherm van de CPT-Tool en slaat deze op in de map die aangegeven staat als exporteerlocatie. Als het invoerveld (nog) leeg is, wordt in een dialoog venster gevraagd om de opslaglocatie te kiezen.



3.1.2.6 Importeer materiaaltabel

Opent een dialoog venster waarmee een materiaaleigenschappentabel bestand (.cts bestand) geopend kan worden. Dit bestand heeft een MATLAB-bestandsindeling (.mat) welke alleen met MATLAB te openen is.

3.1.2.7 *Exporteer materiaaltabel*

Opent een dialoog venster waarmee een materiaaleigenschappentabel bestand (.cts bestand) opgeslagen kan worden.

3.1.2.8 *Update grafieken handmatig*

Update de grafieken in het hoofdscherm met de ingevoerde informatie over laageigenschappen.

3.1.2.9 *Start de berekening van spanningen, sondeerrelaties en sterkte*

Voor de berekening wordt verwezen naar de paragrafen 3.1.6, 3.1.7 en 3.1.8.

3.1.2.10 *Exporteer geanalyseerde gegevens naar een spreadsheet*

Deze functie exporteert alle gemeten en berekende gegevens naar een Excel spreadsheet: (q_c [MPa], f_s [MPa], diepte [m+NAP], R_f [%], u_2 [MPa], ongedraineerd (1/0), S [-], m [-], N_{kt} [-], VC s_u [-], σ_v [MPa], u_0 [MPa], σ_{eff} [MPa], q_t [MPa], q_{net} [MPa], B_q [-], F_r [%], Q_t [MPa], I_c Robertson1990 [-], I_c JefferiesDavies [-], I_c BeenJefferies [-], n [-], Q_{tn} [MPa], s_u [kPa], OCR [-], Grensspanning [kPa], POP [kPa])

Voor de uitleg van de parameters wordt verwezen naar paragraaf 3.1.6.1 en/of de Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit (REF).

3.1.2.11 *Toon de huidige versie van de CPT-Tool*

Opent een venster met het informatie over de huidige versie van de CPT-Tool die gebruikt wordt.

3.1.3 Invoer hoofdscherm

3.1.3.1 *Laagscheidingen*

De invoer van laagscheidingen [m + NAP] kan op twee manieren:

1. Invoer in de tabel
 - Getallen kunnen ingevuld worden en worden automatisch op diepte gesorteerd.
 - Indien meer laagscheidingen nodig zijn, kunnen extra invoerregels worden gemaakt met "+regel".
 - Getalsmatig dubbele waarden worden samengevoegd.
 - Foutieve waarden (zoals letters of NaN waarden) worden verwijderd. Op deze manier kunnen foutieve laagscheidingen worden verwijderd.
2. Grafische invoer via de knop "Handmatig"
 - Een nieuw venster opent, waar de sondeerwaarden worden weergegeven. Het venster kan gemaximaliseerd worden. Met de muis (draadkruis) kan op de diepte geklikt worden waar een laagscheiding geplaatst moet worden. De laagscheiding wordt vervolgens aangegeven met een horizontale lijn. Als alle lagen aangeklikt zijn, moet worden afgesloten met "Enter". Hierna worden alle laagscheidingen in de tabel geplaatst. Als gekozen wordt voor de grafische invoer van laagscheidingen via de knop "Handmatig", zullen alle eerder aangemaakte laagscheidingen worden verwijderd. Alle laagscheidingen zullen dus opnieuw moeten worden aangemaakt. Het (later) toevoegen en aanpassen van laagscheidingen aan al bestaande laagscheidingen kan alleen via de tabel

3.1.3.2 Waterspanningen

Waterspanningen kunnen gemodelleerd worden met maximaal drie stijghoogte niveaus [m + NAP]. In de praktijk kan hier meestal een voldoende gedetailleerd waterspanningsverloop mee gemodelleerd worden:

1. Freatisch vlak (Stijghoogte 1*)
2. Stijghoogte 2*
3. Stijghoogte 3*

*) De nummers van de stijghoogtelijnen hebben geen vaste betekenis (of relatie met veelgebruikte terminologie PL1, PL2, PL3). De gebruiker kan de opgegeven stijghoogteniveaus 1, 2 en 3 vrij koppelen aan laagscheidingen.

De stijghoogten worden in het menu Laageigenschappen gekoppeld aan laagscheidingen. Tussen twee stijghoogten wordt het waterspanningsverloop lineair geïnterpoleerd. Interpolatie wordt aangegeven met "99". Dit is geen stijghoogte, dus er kan ook geen stijghoogte in dit veld worden ingevuld.

In het invoerveld spleetfactor kan de conusfactor a [-] handmatig worden ingevuld, indien deze niet beschikbaar is in het GEF-bestand van de sondering.

3.1.3.3 Materiaaleigenschappen

Per materiaal bestaat de invoer uit:

- Materiaalnaam
- Verzadigd volumiek gewicht γ_n [kN/m³]
- Onverzadigd volumiek gewicht γ_d [kN/m³]
- Normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkte ratio S [-]
- Sterkte toename exponent m [-]
- Sondeerfactor N_{kt} [-] (eventueel kan hier voor bolsonderingen N_b gebruikt worden)
- De variatiecoëfficiënt van de laaggemiddelde ongedraineerde schuifsterkte VC_{gem} [-]

Er is een standaard materiaaleigenschappen tabel aanwezig, met alle standaard parameter waarden conform de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

3.1.3.4 Laageigenschappen

Grondlaagscheidingen (z_{bk} [m+NAP] (bovenkant) en z_{ok} [m+NAP] (onderkant)) worden gedefinieerd op:

- Maaiveldhoogte (automatisch door de tool)
- Startdiepte en einddiepte sondering (automatisch door de tool)
- Laagscheidingen uit de laagscheidingentabel (keuze gebruiker)

Per laag moet worden opgegeven:

- Materiaal: Keuzemenu met alle materialen uit de tabel Materiaaleigenschappen
- Ongedraineerd: Checkbox met keuze of ongedraineerde sterkte analyse gemaakt moet worden. Indien aangevinkt, moeten ongedraineerde parameters S , m , N_{kt} en VC_{gem} zijn opgegeven in de materiaaltabel.
- Stijghoogte bk : Verticale stijghoogteverloop. Keuzemenu voor stijghoogte bovenkant laag
- Stijghoogte ok : Verticale stijghoogteverloop. Keuzemenu voor stijghoogte onderkant laag

3.1.4 Invoer metingen scherm

De volgende tabel kan worden gebruikt om proefresultaten van schuifsterkte (s_u waardes) uit laboratoriumproeven in te voeren (knop “Su metingen”):

	Naam	Materiaal	Diepte[m+NAP]	Hoogte monster[cm]	s_u [kN/m ²]	$q_{net, gem}$ [MPa]	lab info1	lab info2	$\sigma'_{v, cons}$ [kPa]
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

Figuur 3.3 Invoerscherm voor gemeten lab data (su metingen) CPT-tool v1.1

Invoer in de tabel “Su metingen”, één regel betreft één monster:

- Naam/info van het monster
- Materiaal van het beproefde monster, een drop-down lijst van materiaalsoorten uit de materiaaltabel is weergegeven. Diepte van het monster (midden) [m+NAP]
- Hoogte van het monster [cm]
- Gemeten schuifsterkte s_u [kPa]
- $q_{net, gem}$ wordt automatisch ingevuld wanneer de gebruiker de tabel afsluit doormiddel van de knop “Opslaan en sluiten” [MPa]
- Lab info 1: triaxiaalproef of direct simple shear-proef (DSS)
- Lab info 2: normaal geconsolideerd (NC) of overconsolideerd (OC)
- $\sigma'_{v, cons}$ is de effectieve verticale spanning bij het einde van de consolidatiefase van de proef [kPa]

De volgende tabel kan worden gebruikt om proefresultaten van grensspanningen uit laboratoriumproeven in te voeren:

	Naam	Materiaal	Diepte [m+NAP]	Hoogte monster [cm]	Grensspanning [kPa]	lab info	$\sigma'_{v,insitu}$ [kPa]
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Figuur 3.4 Invoerscherm voor gemeten lab data (grensspanningen metingen) CPT-tool v1.1

Invoer in de tabel “Grensspanning metingen”, één regel betreft één monster:

- Naam/info van het monster
- Materiaal van het beproefde monster, een drop-down lijst van materiaalsoorten uit de materiaaltabel is weergegeven. Diepte van het monster (midden) [m+NAP]
- Hoogte van het monster [cm]
- Gemeten Grensspanning [kPa]
- Lab info: samendrukkingproef of constant rate of strain-proef (CRS)
- $\sigma'_{v,insitu}$ wordt automatisch ingevuld wanneer de gebruiker de tabel “Opslaan en sluiten” [kPa]

3.1.5 Grafische uitvoer (hoofdscherm) na inlezen sondering

Na het inlezen van een sondering (GEF bestand), bestaat de uitvoer in de grafieken in het hoofdscherm uit:

Grafiek 1

q_c : gemeten conusweerstand [MPa]

f_s : gemeten wrijvingsweerstand [MPa] (mantelwrijving)

Grafiek 2

R_f : wrijvingsgetal [%]


Grafiek 3

u_2 : gemeten waterspanning u_2 [kPa]

Laagscheidingen worden weergegeven met horizontale magenta lijnen.

3.1.6 Standaardberekeningen

3.1.6.1 Berekening

Met de opgegeven informatie (materialen en stijghoogtes per laag) kan (door te klikken op starten berekening ) voor ieder sondeerpoint worden uitgerekend:

- Totaalspanning σ_v

- Waterspanning u_0
- Effectieve spanning $\sigma_{v,eff}$
- Conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten q_t
- Conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning q_{net}
- Wateroverspanningsindex B_q
- Genormaliseerde wrijving F_r Robertson (2016)*
- Genormaliseerde sondeerweerstand Q_t Robertson (2016)*
- Grondsoortclassificatieindex I_c Robertson (1990)*
- Grondsoortclassificatieindex I_c Jefferies & Davis (1991)*
- Grondsoortclassificatieindex I_c Been & Jefferies (1992)*
- Genormaliseerde sondeerweerstand Q_{tn} Robertson (2016)*

De afgeleide sondeerparameters met een * aangegeven zijn resultaten van tussenberekeningen en worden niet geplot. Voor de compleetheid worden de tussenparameters wel geëxporteerd met de export functie, zie paragraaf 3.1.2.10.

Voor sondeerwaarden in lagen welke als ongedraineerd zijn aangevinkt, wordt uitgerekend:

- Ongedraineerde schuiftsterkte s_u
- Overconsolidatie ratio OCR
- Grensspanning $\sigma'_{v,y}$
- Pre overburden pressure POP

Voor de formules voor de sondeerparameters, wordt verwezen naar de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit (Rijkswaterstaat, 2016). Voor de juiste implementatie van de formules, wordt verwezen naar Van der Krogt en Teixeira (2017).

Opmerking: indien de berekende grensspanning lager is dan de verticale effectieve terreinspanning ($\sigma'_{v,y} < \sigma_{v,eff}$), wordt de grensspanning gelijk gezet aan de effectieve terreinspanning ($\sigma'_{v,y} = \sigma_{v,eff}$, POP = 0). Dit wordt later kenbaar gemaakt door rode punten in de uitvoer grafieken.

3.1.6.2 Grafische uitvoer (hoofdscherm)

In het hoofdscherm worden dan de volgende gegevens grafisch weergegeven.

Grafiek 1

q_c : gemeten conusweerstand [MPa]

f_s : gemeten wrijvingsweerstand [MPa] (mantelwrijving) [MPa]

q_t : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten [MPa]

q_{net} : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning [MPa]

Grafiek 2

R_f : wrijvingsgetal [%]

Grafiek 3

u_2 : gemeten waterspanning u_2 (tijdens sonderen) [kPa]

u_0 : geschematiseerde stationaire waterspanning [kPa]

σ_v : geschematiseerde verticale totale grondspanning [kPa]

$\sigma_{v,eff}$: geschematiseerde verticale effectieve spanning [kPa]

Grafiek 4

B_q : Wateroverspanningsindex [-]

Grafiek 5

I_c : Grondclassificatie index Been & Jefferies (1992) [-]

Robertson 2016 classificatie (knop)

Deze functie plot de reeks geanalyseerde sondeerpunten in het classificatie diagram van Robertson (2016). Iedere grondlaag wordt met een eigen kleur weergegeven. In het diagram zijn de lijnen voor zand, overgang (transitional) en klei en contractant en dilatant (CC, CD, TC, TD, SC, SD) weergegeven. Verder wordt verwezen naar de publicatie Robertson (2016). Het venster met het figuur is te schalen. Echter, het wordt sterk afgeraden om de zoom en pan functie in de grafiek te gebruiken, omdat de achtergrondafbeelding dan niet meebeweegt.

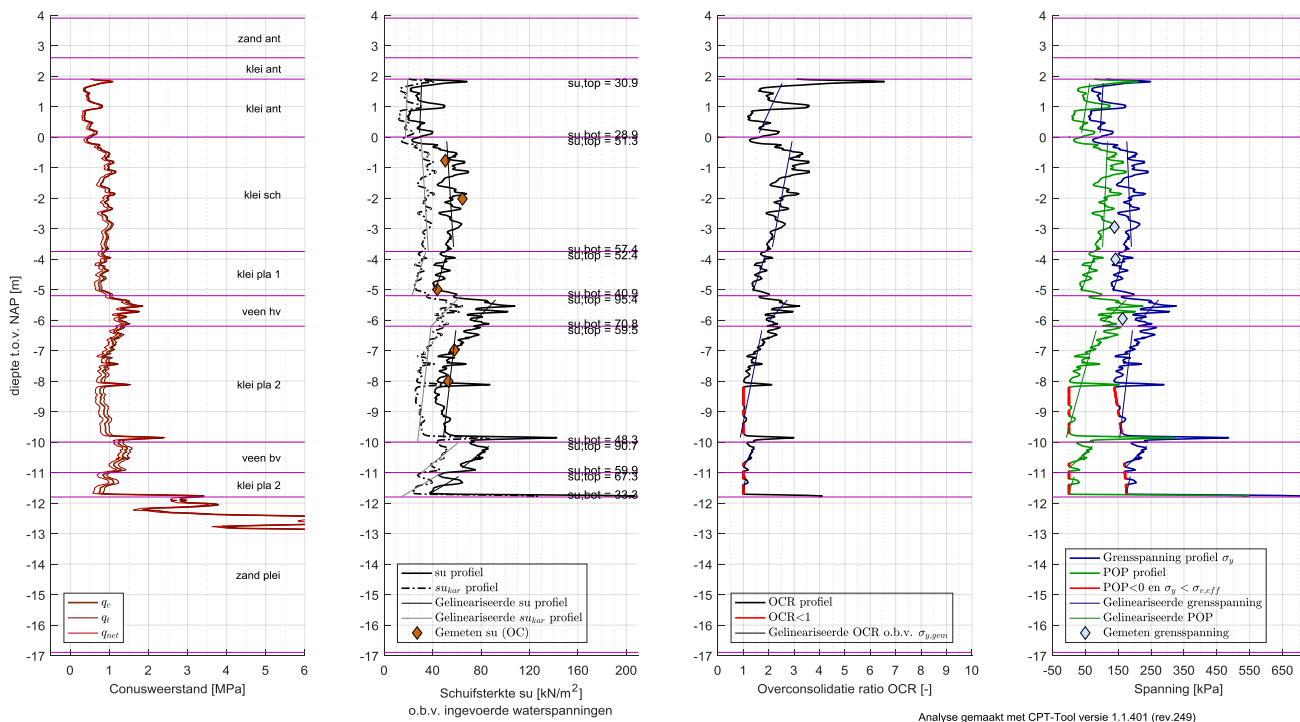
3.1.7 Uitvoer: Su analyse (DOV-methode)

3.1.7.1 Berekening

Uit de standaardberekening volgt het schuifsterkte profiel over de diepte. Dit profiel wordt berekend op basis van de ingevulde waterspanningscondities (dagelijks). Met dit ongedraineerde schuifsterkteprofiel zijn de OCR, grensspanning en POP teruggerekend op basis van de parameters S en m uit de materiaaleigenschappentabel. Met het uitvoeren van de su analyse, worden de profielen voor ongedraineerde schuifsterkte, OCR, grensspanning en POP gelineariseerd over de laagdikte. Hiervoor wordt een lineaire regressie gedaan op alle datapunten in een laag, met uitzondering van 15 centimeter boven en onder de laagscheidingen. Dit is een aanname voor de zone rond de conus waar invloed van de boven- en onderliggende grondlaag wordt gevoeld.

3.1.7.2 Grafische uitvoer (Su analyse)

De grafische uitvoer bestaat uit een figuur met vier grafieken:



Figuur 3.5 Su analyse, CPT-tool v1.1

Grafiek 1

q_c : gemeten conusweerstand [MPa]

q_t : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten [MPa]

q_{net} : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning [MPa]

Grafiek 2

s_u : ongedraineerde schuifsterkte (verwachtings- en karakteristieke waarde) profiel en linearisatie over de metingen van de laag, exclusief de bovenste en onderste 15 centimeter (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt) [kPa]

s_u top en bottom (verwachtingswaarde) per laag, geextrapoleerd naar de laagscheiding op basis van de bovengenoemde linearisatie [kPa]

s_u metingen (OC) uit laboratoriumproeven (indien door gebruiker opgegeven) [kPa]

Grafiek 3

OCR: teruggerekende overconsolidatie ratio (verwachtingswaarde) en linearisatie (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt) [-]

Opmerkingen:

- De punten met een $OCR < 1$ zijn rood gekleurd maar niet aangepast.
- Verder is in de figuur met een doorgetrokken lijn aangegeven hoe de OCR in D-GeoStability en BM-Macrostabieliteit geschematiseerd wordt, gebaseerd op het gebruik van grensspanningspunten.

Grafiek 4

σ_y : teruggerekende grensspanning (verwachtingswaarde) en linearisatie (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt) [kPa]

POP: teruggerekende pre overburden pressure (verwachtingswaarde, alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt) [kPa]

Grensspanning metingen uit laboratoriumproeven (indien door gebruiker opgegeven) [kPa]

Opmerkingen:

- Datapunten waarvoor de berekende grensspanning kleiner is dan de effectieve spanning, zijn teruggezet op de effectieve spanning. Deze punten zijn rood gekleurd (grafiek 4).
- De punten met een negatieve POP, en $OCR < 1$, zijn ook rood gekleurd, maar niet aangepast (grafiek 3 and 4)

3.1.7.3 Getalsmatige uitvoer

Bij het openen van de figuur wordt de figuur ook opgeslagen in de opgegeven map met de naam van de sondering en achtervoegsel (" $\langle \text{naam_gef} \rangle_su_Figures.pdf$ "). Daarnaast wordt een uitvoerbestand in Excel formaat opgeslagen (" $\langle \text{naam_gef} \rangle_su_Statistics.xls$ ") met de volgende informatie:

Per laag:

- Laagnummer
- Materiaalnaam
- Z coördinaat bovenkant, midden, onderkant laag: z_{top} , z_{bot} , z_{mid} [m+NAP] Variatiecoëfficiënt van de grensspanning (VC_grens) [-]
- Effectieve verticale spanning (σ_{v_eff}) [kPa]

- S_u [kPa]
 - o Verwachtingswaarde van het gelineariseerde profiel ter plaatse van bovenkant, onderkant en midden van de laag (top_gem, bot_gem, gem).
 - o Gradiënt van het gelineariseerde profiel over de laag (std.dev)
 - o Standaardafwijking en variatiecoëfficiënt van de regressie (VC)
 - o Karakteristieke waarde van het gelineariseerde profiel ter plaatse van bovenkant, onderkant en midden van de laag (top_kar, bot_kar, kar).
- OCR [-], Grensspanning [kPa] en POP [kPa]
 - o Verwachtingswaarde van het gelineariseerde profiel ter plaatse van midden van de laag.
 - o Gradiënt van het gelineariseerde profiel over de laag
 - o Standaardafwijking en variatiecoëfficiënt van de regressie (std.dev en VC)

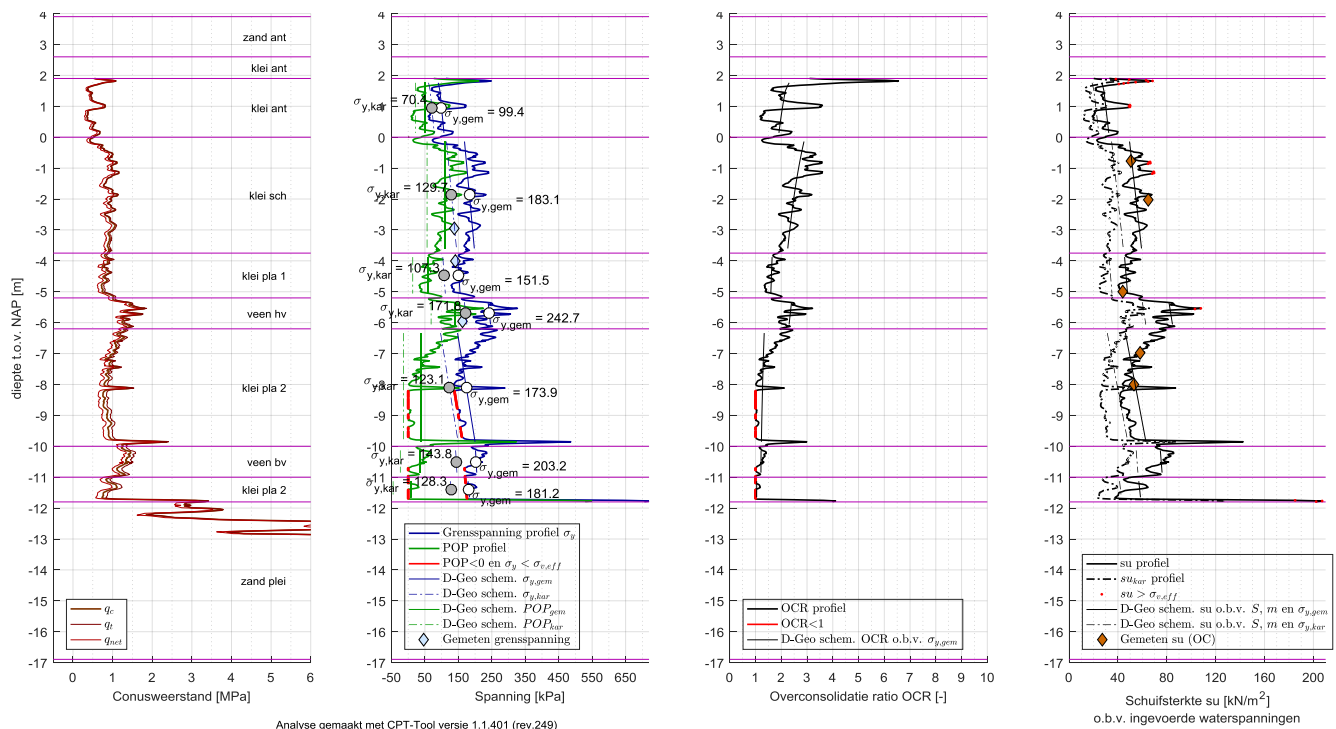
3.1.8 Uitvoer: Grensspanningsanalyse (WBI methode)

3.1.8.1 Berekening

Uit de standaardberekening volgt het ongedraineerde schuifsterkte profiel over de diepte. Met dit ongedraineerde schuifsterkteprofiel zijn voor de punten in het midden van de grondlagen de OCR, grensspanning en POP teruggerekend op basis van de parameters uit de materiaaleigenschappentabel. Met het uitvoeren van de grensspanningsanalyse, wordt de gemiddelde grensspanning (met uitzondering van 15 centimeter boven en onder de laagscheidingen) voor het midden van iedere laag uitgerekend. Vervolgens wordt de karakteristieke waarde van de grensspanning berekend, op basis van de opgegeven variatiecoëfficiënt van de schuifsterkte (zie paragraaf 3.2.4). De aanname voor de $VC_{\text{grensspanning}} = 0,85 VC_{su}$ uit de WBI schematiseringshandleiding macrostabiliteit is hierbij in de tool geïmplementeerd.

3.1.8.2 Grafische uitvoer (Grensspanningsanalyse)

De grafische uitvoer bestaat uit een figuur met vier grafieken:



Figuur 3.6 Grensspanningen analyse, CPT-tool v1.1

Grafiek 1

q_c : gemeten conusweerstand [MPa]

q_t : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten [MPa]

q_{net} : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning [MPa]

Grafiek 2

σ_y en POP: teruggerekende (verwachtings- en karakteristieke waarden, alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt) [kPa]

σ_y : D-Geo Stability schematisering met grensspanningspunten (verwachtings- en karakteristieke waarden) [kPa]. Zowel de gemiddelde waarde als de karakteristieke waarde van het grensspanningspunt in het midden van de grondlaag zijn getoond.

Grensspanningen metingen uit laboratoriumproeven (indien door gebruiker opgegeven) [kPa]

Verder is in de figuur met doorgetrokken lijnen aangegeven hoe de extrapolatie van grensspanningen en POP in D-Geo Stability en BM-Macrostabiliteit gebeurt (versies 2017, waar de invoer is een grensspanningspunt in het midden van de grondlaag).

In D-Geo Stability (versie 17) en BM-Macrostabiliteit (release 17.1.3) wordt de berekende gemiddelde POP bij gemeten (dagelijkse) omstandigheden op het grensspanningspunt constant over de hele laag verondersteld (dunne groene lijn: D-Geo schem. POP). Hiermee wordt op iedere plaats in de verticaal de grensspanning berekend door de POP(dagelijks) bij de effectieve spanning (dagelijks) op te tellen (dunne blauwe lijn: D-Geo schem. σ_y). Dit is tevens voor de karakteristieke waarde weergegeven (gestreepte lijnen).

Opmerkingen:

- Datapunten waarvoor de grensspanning kleiner is dan de effectieve spanning, zijn grafisch teruggezet op de effectieve spanning. Deze punten zijn rood gekleurd.

- Doordat de berekende waarde van de grensspanning niet gecorrigeerd wordt als deze lager is dan de effectieve spanning, kan de berekende gemiddelde waarde van de grensspanning in uitzonderlijke gevallen lager worden berekend dan de effectieve spanning.
- Doordat de karakteristieke waarde van de grensspanning wordt berekend aan de hand van de variatiecoëfficiënt op s_u , kan de karakteristieke waarde lager worden berekend dan de effectieve spanning.
- De punten met een negatieve POP zijn ook rood gekleurd, maar niet aangepast aan nul.
- De karakteristieke waarde van de POP wordt berekend als de karakteristieke waarde van de grensspanning minus de effectieve spanning, waardoor de karakteristieke waarde van de POP ook lager dan 0 berekend zou kunnen worden. In al deze gevallen is het aan de ingenieur om te oordelen over het gebruik van de resultaten.

Grafiek 3

OCR: teruggerekende overconsolidatie ratio (verwachtingswaarde) en linearisatie (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt) [-]

Opmerkingen:

- De punten met een $OCR < 1$ zijn rood gekleurd maar niet aangepast. Verder is in de figuur met een doorgetrokken lijn aangegeven hoe de OCR in D-GeoStability en BM-Macrostabieliteit (versies 2017) geschematiseerd wordt, gebaseerd op het gebruik van grensspanningspunten.

Grafiek 4

s_u : teruggerekende ongedraineerde schuifsterke (verwachtings- en karakteristieke waarde) profiel op basis van de sondering (dikke doorgetrokken zwarte lijn). De punten waarvoor de schuifsterkte groter is dan de verticale in situ spanning (zie WBI Schematiseringshandleiding macrostabieliteit) zijn rood gekleurd. [kPa]

s_u metingen (OC) uit laboratoriumproeven (indien door gebruiker opgegeven) [kPa]

Verder is in de figuur met een dunne doorgetrokken zwarte lijn aangegeven hoe de verwachtingswaarde van de ongedraineerde schuifsterkte in D-GeoStability en BM-Macrostabieliteit (versies 2017) geschematiseerd wordt, gebaseerd op het gebruik van grensspanningspunten. Dit is gedaan op basis van de verwachtingswaarden van S , m , σ'_{vi} en σ'_{vy} (doorgetrokken lijn) en voor de verwachtingswaarden van S , m , σ'_{vi} en de karakteristieke waarde van σ'_{vy} (gestreepte lijn).

3.1.8.3 Getalsmatige uitvoer

Bij het openen van de figuur wordt de figuur ook opgeslagen in de opgegeven map met de naam van de sondering en achtervoegsel (" \langle naam_gef \rangle _Grensspanning_Figures.pdf") Daarnaast wordt een uitvoerbestand in Excel formaat opgeslagen (" \langle naam_gef \rangle _Grensspanning_Statistics.pdf") met de volgende informatie:

Per laag:

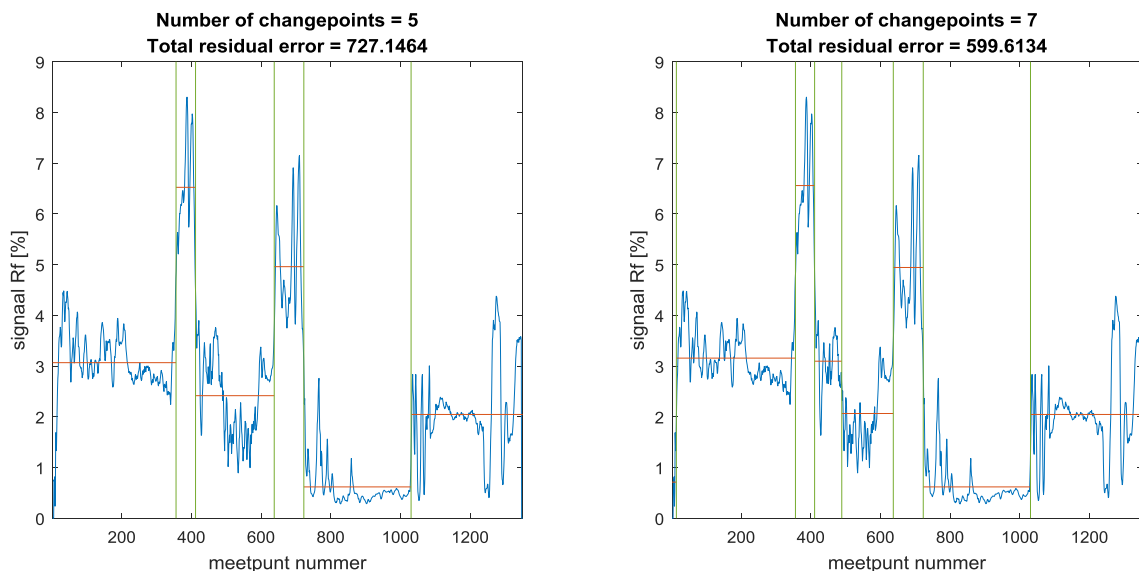
- Laagnummer
- Materiaalnaam
- Z coördinaat bovenkant, midden, onderkant laag: z_{top} , z_{bot} , z_{mid} [m+NAP]
- Variatiecoëfficiënt van de grensspanning (VC_grens) [-]
- Verticale totaalspanning en effectieve spanning (σ_v en σ_v_{eff}) [kPa]

- Grensspanning en POP:
 - o Gemiddelde waarde midden van de laag
 - o Karakteristieke waarde midden van de laag
-

3.1.9 Overige functies

3.1.9.1 Ik doe een gok – Laagscheidingen

Het programma doet een statistische analyse op het signaal van het wrijvingsgetal. Er wordt gezocht naar zogenaamde change points, waartussen het signaal relatief constant is. De change points geven dan laagscheidingen aan. De indeling is indicatief, omdat niet iedere laag een constant wrijvingsgetal heeft, en omdat de statistische methode (sterk) afhankelijk is van de gestelde criteria (bijvoorbeeld de verhouding van het maximum aantal lagen en de verbetering in totale residuele fout). Een voorbeeld is onderstaand weergegeven voor 5 lagen en 7 lagen (Figuur 3.7).

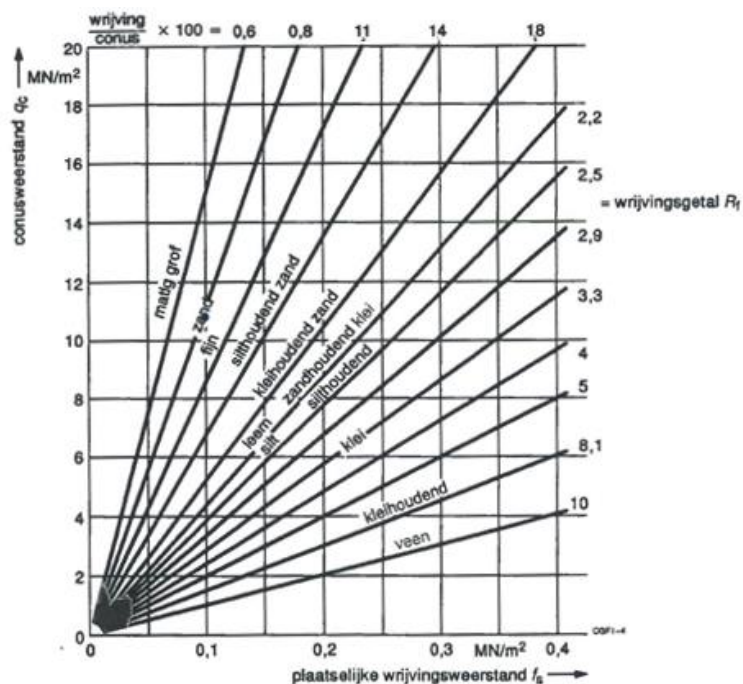


Figuur 3.7 Statistische analyse op het signaal van het wrijvingsgetal, CPT-tool v1.1

3.1.9.2 Ik doe een gok – Materialen

Op basis van het gemiddelde wrijvingsgetal R_f wordt een inschatting gemaakt welk default materiaal (uit de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit) overeenkomt. De volgende indeling is gemaakt op basis van het Begemann classificatie diagram (Begemann, 1965). Het wrijvingsgetal is slechts een indicatie van de grondsoort en klopt niet altijd met de werkelijk aanwezige grondsoort.

Rf [%]	Default materiaal Schematiserings- handleiding
<2,5	Zand
2,5 – 4,0	Klei zandig en siltig
4,0 – 5,0	Klei
5,0 – 8,1	Klei weinig / klei organisch
>8,1	Veen mineraalarm



Figuur 3.8 relatie tussen wrijvingsgetal en grondsoort, CPT-tool v1.1

3.1.9.3 Ik doe een gok – Waterspanningen

Voor de ligging van het freatisch vlak wordt een gok gedaan op basis van de u_2 waterspanningsmeting. De laagste diepte waarvoor het lopend gemiddelde over 50 meetpunten niet meer negatief is, wordt als inschatting gebruikt voor het freatisch vlak (stijghoogte 1).

Opmerking: doordat de conus vaak eerst door een onverzadigde zone heen wordt gedrukt, sluit er vaak lucht in de waterspanningsmeter. Hierdoor zijn de metingen op de eerste meters nog niet betrouwbaar en is de inschatting voor het freatisch vlak niet altijd betrouwbaar.

Voor de stijghoogte 2 (PL2) in de watervoerende laag wordt de gemiddelde stijghoogte in de onderste laag berekend volgens:

$$\varphi_2 = h + \frac{p}{\rho g} = \text{mean}(h_{\text{onderste laag}}) + \frac{\text{mean}(u_{2\text{onderste laag}}) * 10^3}{9,81}$$

3.2 N_{kt}-Tool

Deze paragraaf beschrijft het hoofdscherm van de N_{kt}-Tool

3.2.1 Hoofdscherm

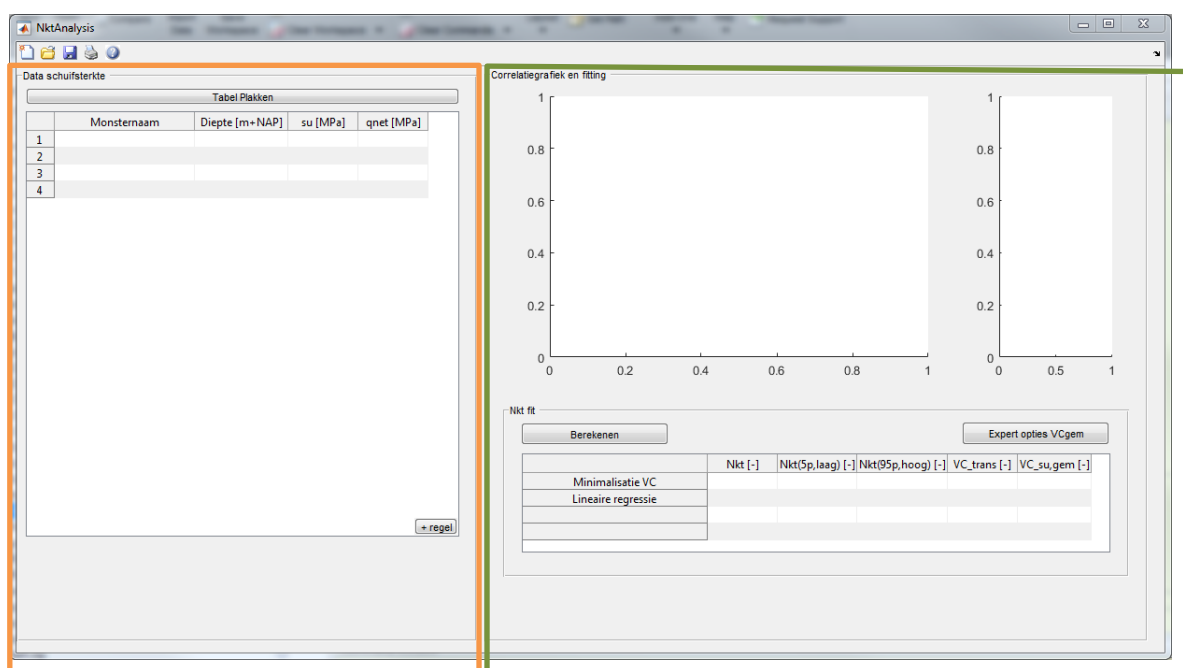
Het hoofdscherm van de N_{kt}-Tool bevat in één venster de invoer, uitvoer en bedieningsknoppen. Onderstaand zijn deze kort samengevat.

Invoer:

- Monsternaam
- Diepte (midden) monster [m+NAP]
- Gemeten schuifsterkte laboratorium [MPa]
- Gemeten netto conusweerstand op monsterdiepte [MPa]

Uitvoer:

- Correlatiegrafiek voor netto conusweerstand, en gemeten schuifsterkte
- Analyse voor de fit van N_{kt}
- Berekening van VC_{gem} voor ongedraineerde schuifsterkte








Figuur 3.9 Hoofdscherm van N_{kt}-tool v1.1

3.2.2 Taakbalk

De taakbalk van de N_{kt}-Tool bevat de volgende functionaliteiten.

	Nieuw project aanmaken
	N _{kt} -Tool analyse bestand openen (.ntp bestand)
	N _{kt} -Tool analyse bestand opslaan
	Een afdruk van het hoofdscherm van de N _{kt} -Tool exporteren als pdf
	Toon de huidige versie van de N _{kt} -Tool

- 3.2.2.1  *Nieuw project aanmaken*
Wist alle huidige gegevens. Let op: er wordt niet gevraagd om het huidige project op te slaan.
- 3.2.2.2  *Open project bestand*
Opent een dialoog venster waarmee een projectbestand (*.ntp) geopend kan worden.
- 3.2.2.3  *Opslaan project bestand*
Opent een dialoog venster waarmee de N_{kt} analyse opgeslagen kan worden als projectbestand (*.ntp). Vervolgens worden alle meetgegevens (invoertabel) opgeslagen.
- 3.2.2.4  *Exporteer grafieken*
Maakt een pdf afdruk van het hoofdscherm van de N_{kt} -Tool en slaat deze op, op de door de gebruiker aangegeven locatie.
- 3.2.2.5  *Toon de huidige versie van de N_{kt} -Tool*
Opent een venster met het *splash-screen* met de informatie over de huidige versie van de N_{kt} -Tool die gebruikt wordt.

3.2.3 Invoer

De invoer voor de N_{kt} tool bestaat uit:

- Monsternaam
- Diepte monster [m+NAP]
- Gemeten schuifsterkte s_u in het laboratorium [MPa]
- Gemeten netto conusweerstand q_{net} op monsterdiepte [MPa]

Zodra meetgegevens worden ingevuld, worden deze geplot in de grafiek.

Er zijn drie manieren om gegevens in te vullen:

- Handmatig in de tabel
- Via kopiëren en plakken vanuit Excel, of Notepad.
 - o Door te klikken op de knop "Tabel plakken"
 - o Door de toetsen combinatie Ctrl+V

Let op: voor het kopiëren van invoergegevens is een matrix van vier kolommen benodigd, gescheiden door tabs. Matlab wil invoer met punten als decimaal teken. De tool maakt echter automatisch de conversie als gegevens met komma's worden geplakt.

3.2.4 Berekening

3.2.4.1 *Correlatiefactor N_{kt}*

De N_{kt} -Tool fit een N_{kt} door de data voor s_u en q_{net} . Hiervoor zijn twee methoden gebruikelijk. Het verschil tussen de twee methoden wordt onderstaand uitgelegd.

- Lineaire regressie (kleinste kwadraten methode, standaard Excel functionaliteit)
- Minimalisatie VC (DOV- en WBI-methode)

Wanneer de kleinste kwadratenmethode in Excel wordt toegepast, wordt door Excel een regressielijn berekend, waarbij uitgangspunt is dat de variantie rondom de gefitte lijn gemiddeld genomen niet toe- of afneemt voor het hele bereik van de onafhankelijke X-variabele. De uitwerking in de schematiseringshandleiding gaat uit van het berekenen van een regressielijn door de waarnemingen, waarbij de variatiecoëfficiënt wordt geminimaliseerd. Bij een toenemende waarde van de X-variabele mogen de Y-waarden dan relatief verder van

de berekende regressielijn lijn af liggen. Deze uitwerking sluit aan bij de waarneming dat bij hogere q_{net} waarden de range van s_u waarden groter is. Bij wat kleinere datasets kan het ook gebeuren dat de 5%- en 95%-onder- en bovengrenslijnen bij het toepassen van de kleinste kwadratenmethode wat minder netjes liggen ten opzichte van de waarnemingen dan bij toepassen van het minimaliseren van de variatiecoëfficiënt.

Beide methoden worden door het programma berekend. De berekening wordt gestart door op de knop “Berekenen” te klikken.

3.2.4.2 Variatiecoëfficiënt VC

Vervolgens wordt met de variatiecoëfficiënt van de gefitte N_{kt} berekend. Het betreft hier de transformatieonzekerheid VC_{trans} , volgens:

$$VC_{trans} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{s_{u,i} - \frac{q_{net,i}}{N_{kt}}}{\frac{q_{net,i}}{N_{kt}}} \right)^2}{n-1}}$$

De karakteristieke 5% en 95% waarde van de N_{kt} zijn dan:

$$N_{kt,5/95} = \frac{N_{kt,gem}}{1 \pm 1,65 \cdot VC_{trans}}$$

Vervolgens kan de variatiecoëfficiënt van de schuifsterkte ($VC_{su,gem}$) worden berekend. Voor deze berekening worden defaults uit DOV en de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit gebruikt. De gebruikte waarden kunnen worden ingezien en veranderd met behulp van de knop “Expert opties $VC_{su,gem}$ ”. Hiermee opent een nieuw venster met de invoergegevens. Onderstaand zijn de defaults weergegeven, alsmede de gebruikte formules.

Transformatie onzekerheid	Default	Bron
$VC(N_{kt})$	n/a	Uit fit
$N_{m,dsn}$	n/a	Aantal opgegeven punten
R_{sys}	0,75	DOV
Ruimtelijke onzekerheid		
VC_{reg}	0,14	DOV
$N_{m,reg}$	99	Schematiseringshandleiding
α_v	0,73	DOV
D_v	0,30	Schematiseringshandleiding
D_{laag}	1,0	Schematiseringshandleiding

$$VC_{su,gem} = \sqrt{VC_{trans,gem}^2 + VC_{ruimt,gem}^2}$$

$$VC_{trans,gem} = \sqrt{r_{sys} + \frac{1}{n_{m,dsn}}} \cdot VC_{trans}$$

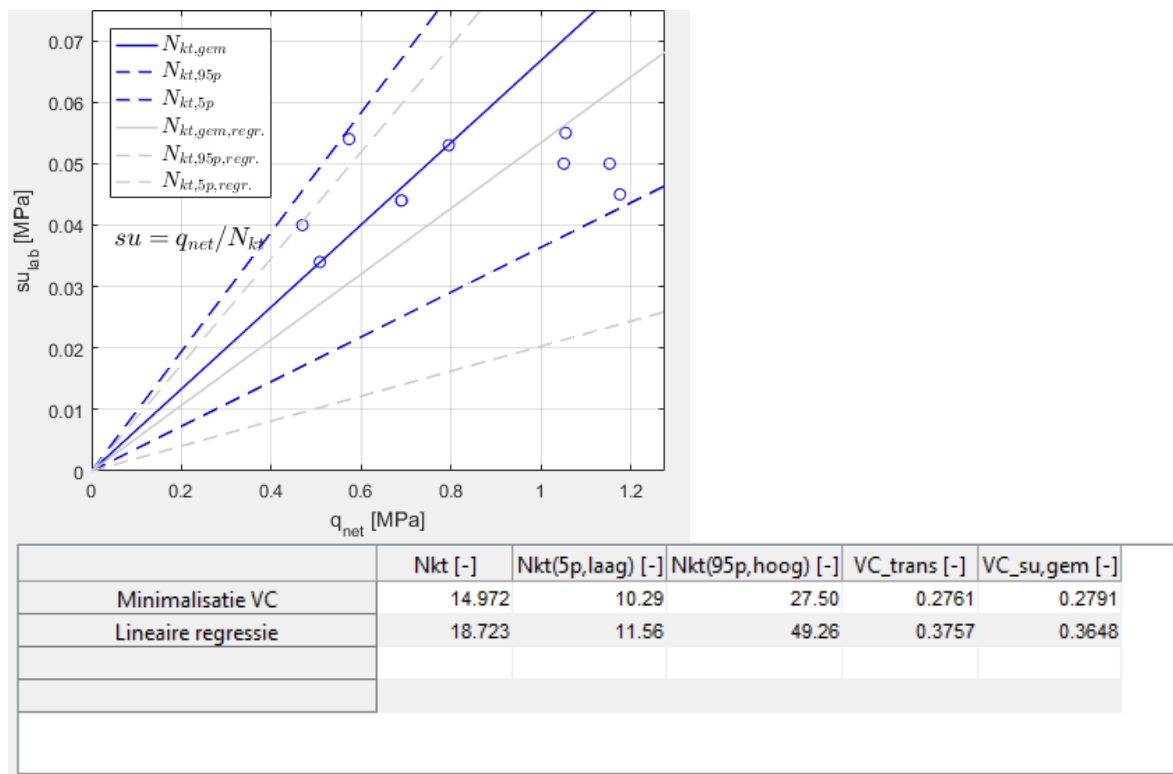
$$VC_{ruimt,gem} = \sqrt{\frac{1}{n_{m,reg}} + \Gamma^2 + \gamma_v \cdot (1 - \Gamma^2) \cdot VC_{ruimt}} \quad \text{met} \quad \Gamma^2 \approx 1 - \alpha_v \quad \text{en} \quad \gamma_v \approx \min\left(\frac{\sqrt{\pi} \cdot D_v}{d_{laag}}, 1\right)$$

3.2.5 Uitvoer

Voor beide methoden zijn er vijf uitvoeren beschikbaar:

- Gemiddelde waarde N_{kt} (N_{kt})
- Karakteristieke 5% waarde N_{kt} ($N_{kt,5p,laag}$)
- Karakteristieke 95% waarde N_{kt} ($N_{kt,95,hoog}$)
- Transformatieonzekerheid: variatiecoëfficiënt van de N_{kt} (VC_{trans})
- Variatiecoëfficiënt van de ongedraineerde schuifsterkte s_u ($VC_{su,gem}$)

De resultaten worden getoond in de tabel en de grafiek.



Figuur 3.10 Hoofdscherm van N_{kt} -tool v1.1, met resultaten voorbeeld

4 Referenties

Been, K. en Jefferies, M.G. 1992. Towards systematic CPT interpretation. In Proceedings of the Wroth Symposium, Oxford, U.K. pp. 44–55.

Begemann, H.K.S., 1965. The friction jacket cone as an aid in determining the soil profile, Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, ICSMFE, Montreal, pp. 17-20.

Deltares public wiki. STREAM library.

<https://publicwiki.deltares.nl/display/STREAM/STREAM+Library>

Ladd, C. C. en Foott, R. 1974. New design procedure for stability of soft clays, Journal of Geotechnical Engineering Division, 100 (7), pp.763-786.

Robertson, P.K., 1990. Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 27, pp. 151-158.

Robertson, P.K., 2016. Cone penetration test (CPT)-based soil behaviour type (SBT) classification system — an update. Canadian Geotechnical Journal, 53, pp.1910-1927.

Rijkswaterstaat, 2016. Schematiseringshandleiding macrostabiliteit WBI 2017, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.

Van der Krogt, M. en Teixeira, A. 2017. Benchmark en code review CPT en Nkt Tools. Deltares memo 11200575-025-GEO-0003-m.