



# Stochastische Ondergrond Schematisatie (SOS)

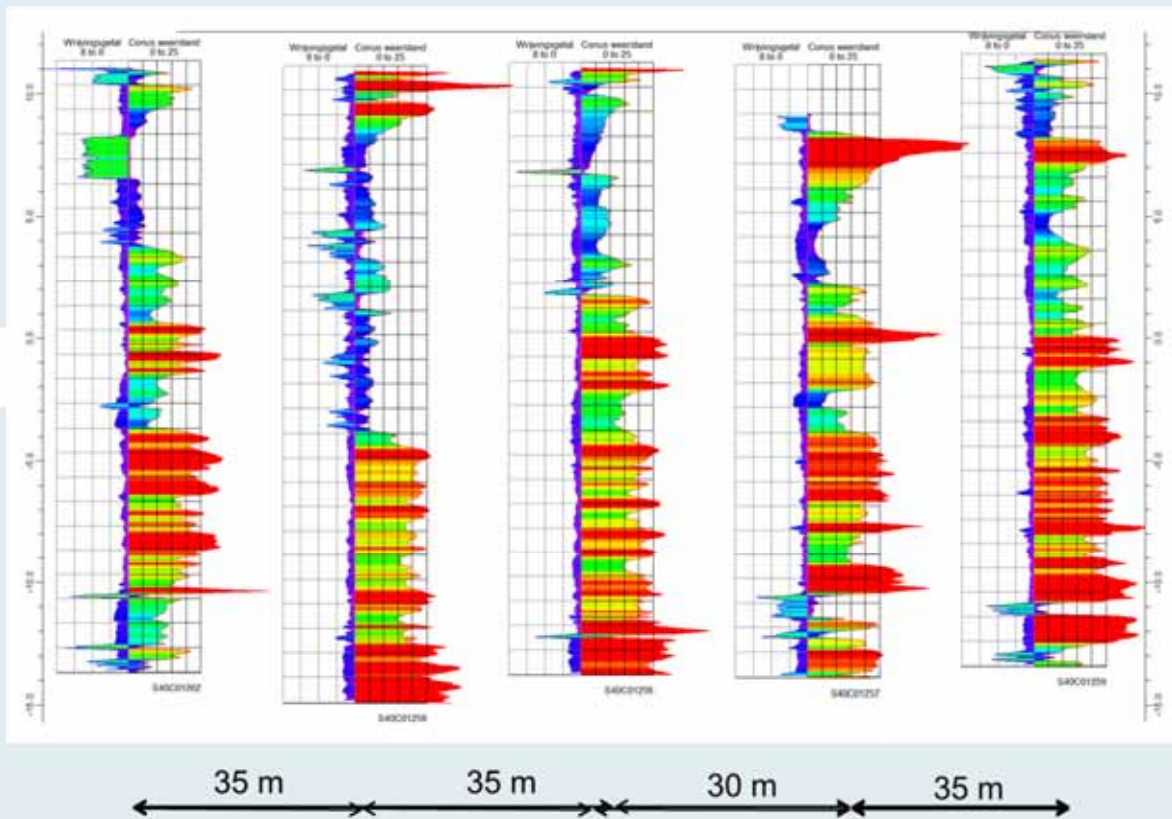
Bianca Hardeman  
RWS-WVL

Marc Hijma (Deltares)

Pilot-cursus Macrostabieliteit  
30 september 2016



## Veel variatie in de ondergrond





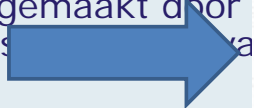
## Ondergrond en het beoordelen

- Ondergrond is complex, maar kent een geologische systematiek, een stochastisch patroon
- De ondergrond is een integraal onderdeel van de dijk
- Variaties in grondopbouw hebben invloed op dijkveiligheid
- De complex variatie wordt in de meeste gevallen door de bestaande datadichtheid en toetsmethode niet goed ondervangen
- Praktijk: per dijkvak wordt een maatgevend geacht scenario bepaald aan de hand van boringen/sonderingen en deterministisch getoetst
  - Wat is maatgevend?
  - Wie bepaalt dat?
  - Zijn de boringen/sonderingen wel representatief voor het maatgevend scenario?

## Stochastische Ondergrond Schematisatie (SOS)

- De variatie in de ondergrond wordt door een afstand tussen sonderingen en boringen van enkele honderden meters niet goed weergegeven
- Gezien de grote invloed van de ondergrond op de dijkveiligheid, is het noodzakelijk deze variatie wel goed mee te nemen
- Dit kan door de ondergrond mee te nemen als scenario's met een kans voorkomen. Dit wordt stochastisch schematiseren genoemd.
- Dit is voor WBI 2017 globaal gerealiseerd door het opstellen van SOS

- SOS is gemaakt door Geologisch



Het doel van het voorliggende 'Technisch Rapport Grondmechanische Schematisering bij Dijken' (TRGS) is om handvatten te geven waarmee adequate en voldoende veilige schematiseringen kunnen worden gemaakt van de opbouw van de ondergrond en de waterspanningen, ten behoeve van de controle van dijken op veiligheid tegen bezwijken.

Hiermee wordt beoogd dat schematiseringen voor grondmechanische ontwerp- en toetsanalyses op transparanter wijze tot stand komen dan tot nu toe gebruikelijk is. Daarbij worden onzekerheden die een rol spelen systematisch expliciet meegewogen bij de keuze van de schematiseringen die voor ontwerp- of toetsanalyses worden gebruikt. In het kader

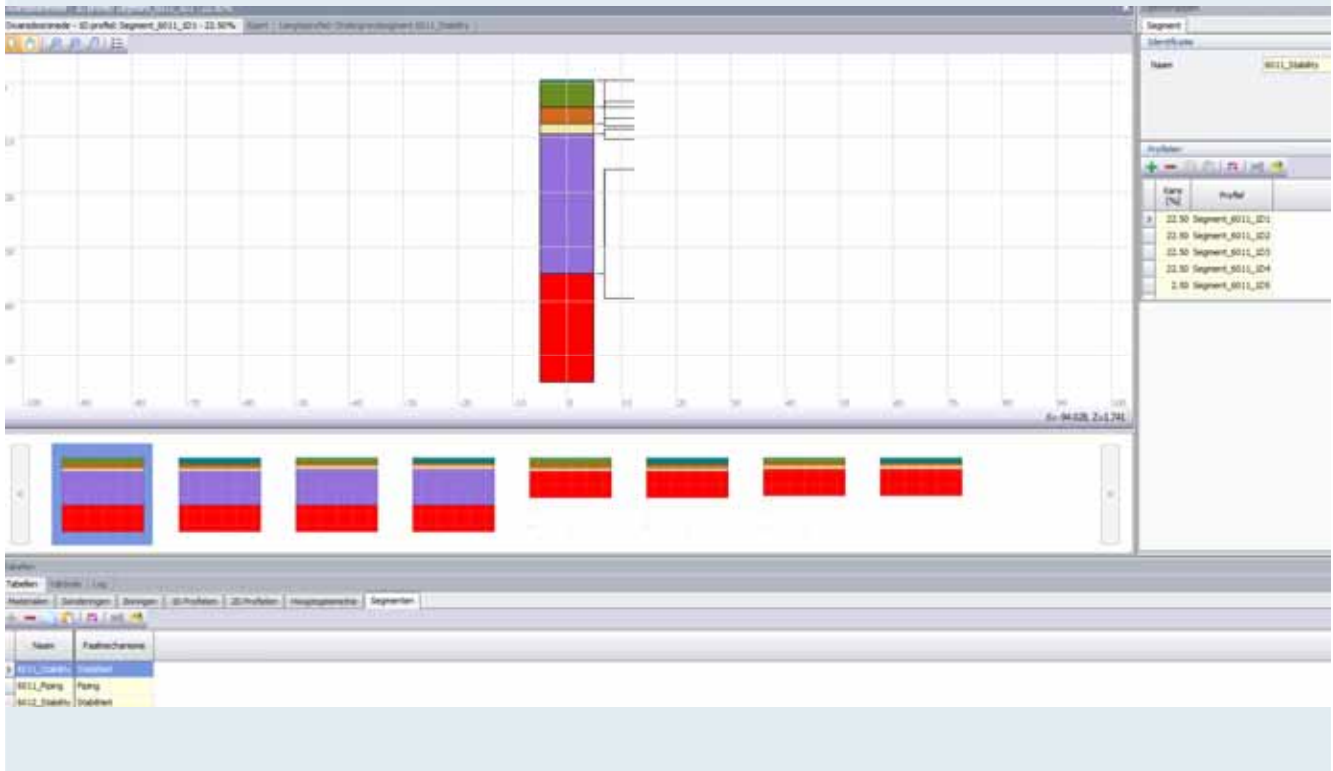
## Stochastische ondergrund schematisatie (SOS)



- 3500 km primaire kering
- 1081 segmenten (gem. 3.3 km)
- 5573 scenario's (gem. 5 per segment)
- Toepassingsonafhankelijke ondergrondscenario's
- 3 producten
  - Methodiek (rapport, handleiding)
  - Ondergrondschematisatie
  - Software



# Beschikbaar in D-Soft Model



# SOS: hoe is het gemaakt?



## Gebruikte data

- Actuele Dino-database met boringen en sonderingen
- Boorarchief van de Universiteit Utrecht (Berendsen dataset)
- 3D geologische modellen van TNO, Geologische Dienst van Nederland
  - NL3D
  - GeoTop
- Literatuur en geologische kaarten
- VNK2 kennis en data
- Expertkennis, zeer ervaren geologen TNO/Deltares met specifieke gebiedskennis

## SOS-eenheden op basis van eigenschappen

- Rivierafzettingen
- Kust- en getijdenafzettingen
- Windafzettingen
- Beekafzettingen
- Afzettingen tijdens ijstijden
- Pleistoceen/Holoceen

WTI-SOS code	Omschrijving	Kenmerken (geldend voor het vrije veld, op enige meters diep)	Formatie
H_Mg_zm	Matig fijn tot zeer grof getijdengeulzand	Zand, fijn en middel, kleilig (volgens NEN, soms zandige klei), met mm - cm dunne smalle (<~1 m) klei/siltlaagjes, gehalte fijne laagjes klei zeer variabel, met variatie tussen ca. 10 - 30 % met uitschieters tot 40 %, in 0.5 - 2 m dikke sublagen minder dan 30 m breed binnen één pakket, zeer los tot los, Rf ~ 0.5 - 1.5 %, conus 1 - ~20 MPa met fluctuaties over 1 - 2 m van 2 - 5 MPa	Naaldwijk
H_Mg_zf	Uiterst fijn tot matig fijn getijdengeulzand	Getijdengeul. Zand, fijn, kleilig, mm - cm dunne smalle (<~1 m) klei/siltlaagjes, gehalte fijne laagjes klei zeer variabel, met variatie tussen ca. 5 - 15 % met uitschieters tot 30 %, in 0.5 - 2 m dikke sublagen minder dan 30 m breed binnen één pakket, zeer los tot los, Rf ~ 1 - 2 %, conus 1 - 10 MPa met fluctuaties over 1 - 2 m van 1 - 2 MPa en met uitschieters naar 15 MPa	Naaldwijk
H_Mg_zk	Uiterst fijn tot matig fijn getijdengeulzand met dunne klei- en silt laagjes.	Getijdengeul. Zand, fijn, kleilig, mm - cm dunne smalle (<~1 m) klei/siltlaagjes, gehalte fijne laagjes klei zeer variabel, met variatie tussen ca. 10 - 30 % met uitschieters tot 40 %, in 0.5 - 2 m dikke sublagen minder dan 30 m breed binnen één pakket, zeer los tot los, Rf ~ 1 - 2 %, conus 1 - 10 MPa met fluctuaties over 1 - 2 m van 1 - 3 MPa en met uitschieters naar 15 MPa	Naaldwijk
H_Mp_zf	Zandige getijdenplaatafzettingen	Zand, fijn met zeer weinig dunne klei/silt laagjes, bestaat uit relatief schoon zand. Los tot dicht gepakt. Rf ca. 0.5-1.5%, conus 2-10 MPa	Naaldwijk
H_Mr_kz	Getijdenrestgeulopvulling	Afwisseling van zand en kleilagen met regelmatig organische klei- en veenlagen. De afzetting kent een grote variatie, Rf ca. 1-4% met uitschieters naar 6%, conus 1-5 MPa met soms uitschieters tot 10 MPa.	Naaldwijk
H_Mkw_z&k	Afzettingen van kleine getijdenplaat- en kweldergeulen	Klei, geen - weinig mm tot cm dikke zand/siltlaagjes, meest matig stevig, weinig plantenresten, Rf ca. 1.5 - 4 %, conus <~2 MPa, getijdeplaat afzetting, pakket wordt gekenmerkt door meerdere lagen met verschil in gehalte aan zandlaagjes	Naaldwijk
H_Mp_k	Kleilige getijdenplaat- en kwelderafzettingen	Klei, zacht tot matig stevig, vaak zandig, Rf ca. 2 - 5 %, conus <~1 MPa, plaatselijk tot 2 MPa, pakket bestaat soms uit lagen met meer en minder plantenresten	Naaldwijk
H_Mp_ko	Organisch rijke getijdenplaat- en kwelderafzettingen	Organische klei met regelmatig veenlagen Kan ook gyttjalagen bevatten. Zacht met veenlagen van 0.1- 0.4 m dik, Rf 4-8% met uitschieters naar 10%. conus meestal < 1 MPa.	Naaldwijk
H_Ml_ko	Lagunaire afzetting	Organische klei, zeer zacht. Kan ook gyttjalagen bevatten. Rf 2-4% met uitschieters naar 6%, conus meestal <1 MPa en vaak rond de 0.5 MPa.	Naaldwijk
H_Eg_zm	Matig fijn tot zeer grof estuarien getijdengeulzand	Zand en klei, met weinig fijne (cm) en soms dikkere (0.5 m) kleilaagjes. Verticaal komen er binnen 1-2 m en over afstanden van 2-20 m grote variaties voor in de hoeveelheid kleilagen en kleilaagjes, plaatselijk met organisch materiaal, conus tussen 5-15 MPa met uitschieters tot 20 MPa, Rf= 0.5-2 %	Naaldwijk
H_Eg_z&k	Uiterst fijn tot matig fijn estuarien getijdengeulzand	Zand en klei, met meest fijne (cm) en soms dikkere (0.5 m) kleilaagjes. Verticaal komen er binnen 1-2 m en over afstanden van 2-20 m grote variaties voor in de hoeveelheid kleilagen en kleilaagjes, plaatselijk met organisch materiaal, conus tussen 1-5 MPa met uitschieters tot 10 MPa, Rf= 0.5-2 %	Naaldwijk
H_Rg_zg	Zeer grof tot uiterst grof zandbeddingszand	Zand, middel tot grof, regelmatig met grindinsluitingen en fijne zandinsluitingen, conus >20 MPa. In combinatie met sublagen met grote verschillen in aardsoorten	Echteld

stowa



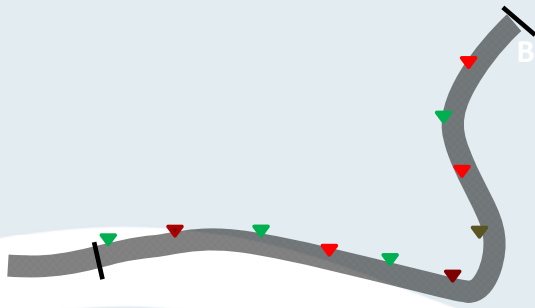
Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



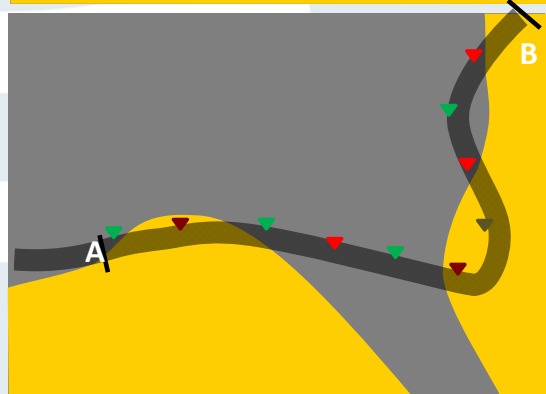
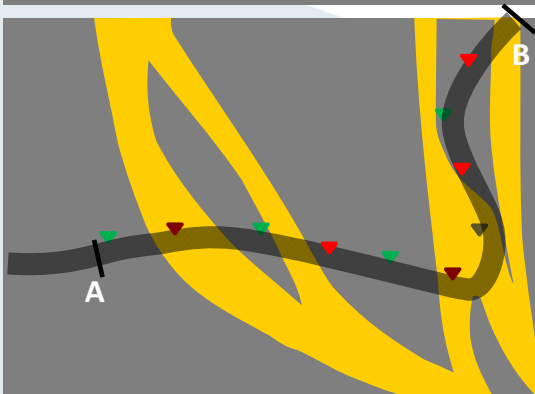
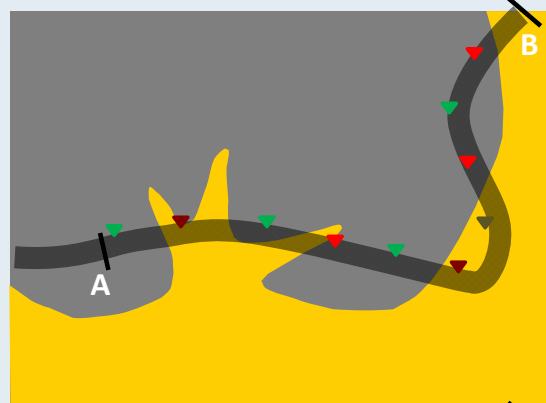
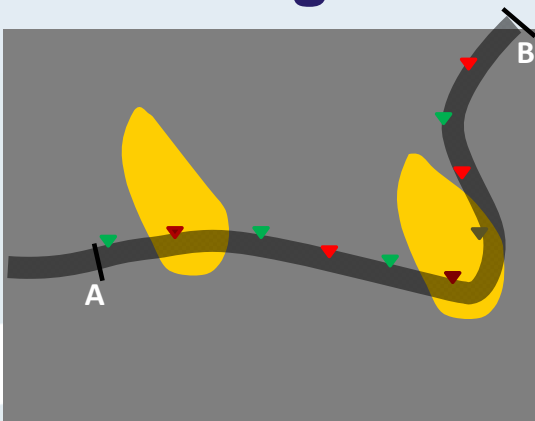
Code	Betekenis	Code	Betekenis	Code	Betekenis	Code	Betekenis
H	Holoceen	M	Marien	g	Geul	zg	Zeer en uiterst grof zand
				kw	Kwelder	zm	Matig fijn tot zeer grof zand
		E	Estuarien	l	Lagune	zf	Uiterst fijn tot matig fijn zand
				p	Getijdenplaat	z&s	Afwisseling zand/silt lagen
				r	Restgeul	z&k	Afwisseling zand/klei lagen
				k	Komgebied	zs	Siltig zand
		R	Rivier	o	Oeverwal/crevasse	zk	Kleilig zand
				bk	Beek	s	Silt
		V	Veen	bv	Basisveen	kz	Zandige klei
				hv	Hollandveen	k&s	Afwisseling klei en silt lagen
P	Pleistoceen en ouder	W	Wind	dz	Dekzand	k	Klei
				ls	Löss	ko	Organische klei
				rd	Rivierduin	k&v	Afwisseling klei en veenlagen
		G	Glaciaal	gs	Gestuwd	vk	Kleilig veen
				kl	Kelleem	v	Veen
				sh	Smeltwater en heiling	o&z	Afwisseling organische klei/zandlagen
		O	Overig	m	Meer	sd	Slecht doorlatend
				v	Variabel	ht	Antropogeen: heterogeen
		A	Aangebracht	a	Aangebracht		

# Afzettingmilieu/geometrie

Sondeerlocatie op 200 m (groen) en 100 m (rood en rood)

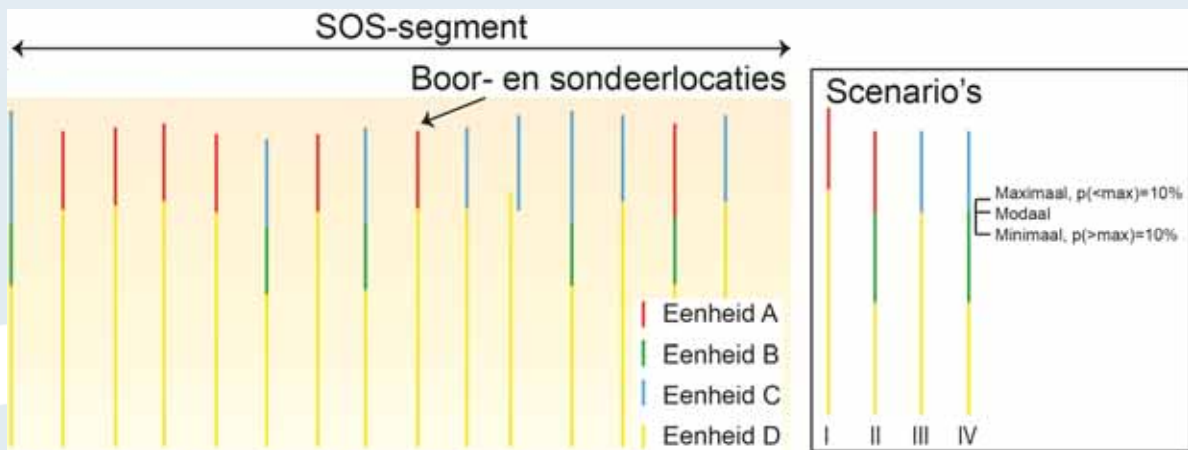


# Afzettingmilieu/geometrie



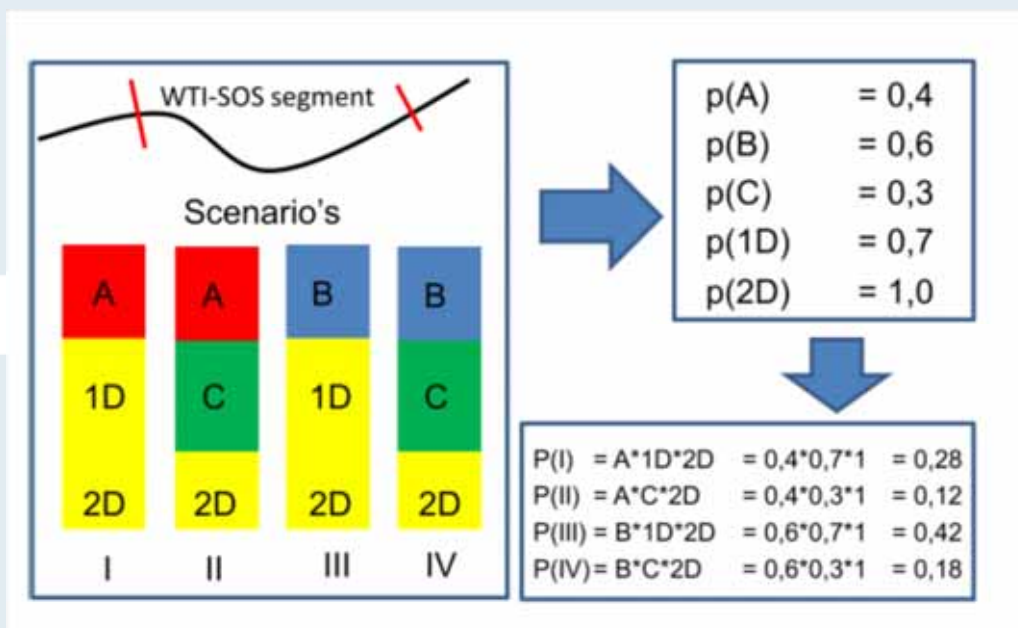


# Scenario's



- Elk scenario een eigen kans van aantreffen
- Minimale laagdikte 0.25 m
- Diepteligging van de top van elke eenheid: minimale, modale, maximale
- Geen materiaaleigenschappen, voor aantal variabelen defaultwaarden
- Opgesteld voor maaiveld binnenteen dijk
- Dijk zelf is niet geschematiseerd
- Geschematiseerd met de geotechnische toepassing in achterhoofd

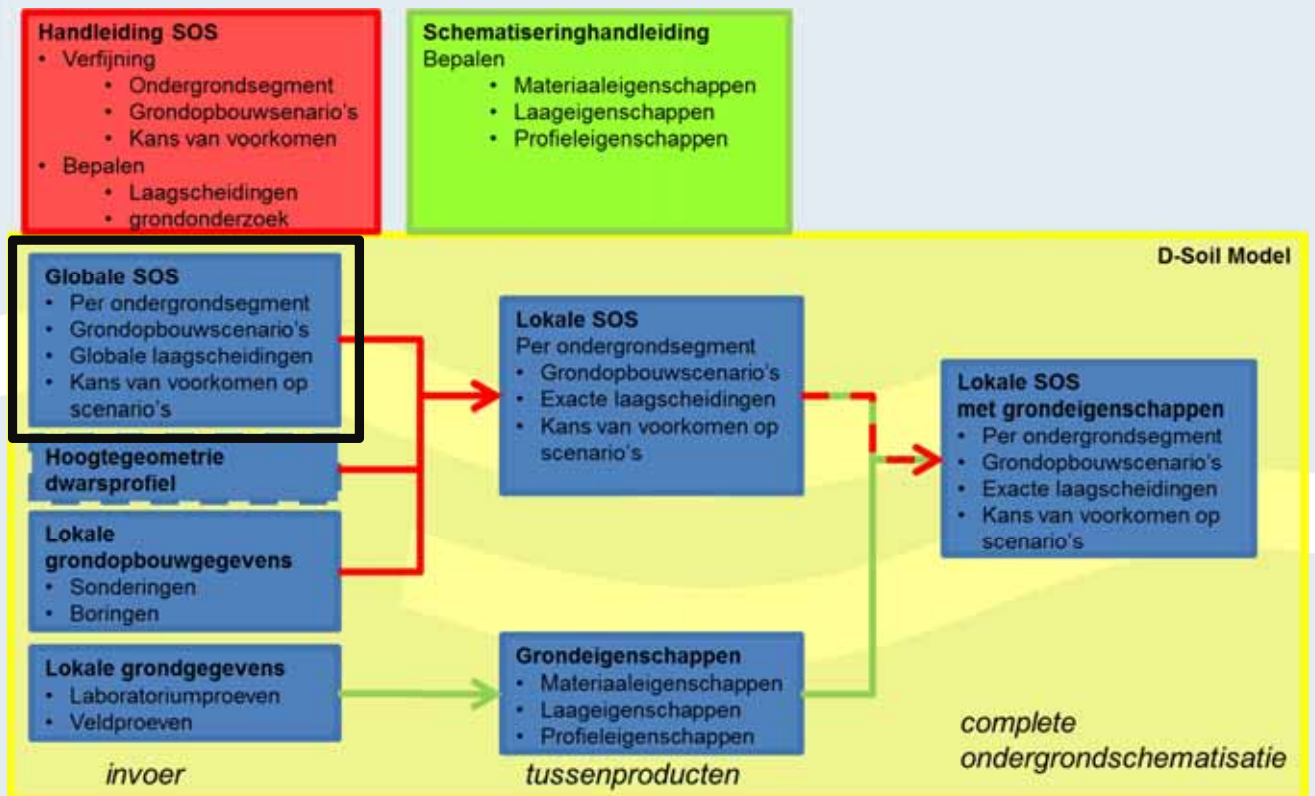
# Kansbepaling



# SOS: samengevat

- Opgezet om de onzekerheid die er bestaat over de opbouw van de ondergrond expliciet mee te nemen
- Geeft op een efficiënte en verantwoorde wijze benodigde informatie over de opbouw van de ondergrond.
- Grote meerwaarde: combineert data met expert kennis over het systeem in de ondergrond. Daardoor is het mogelijk kennis/inzicht/data samen te vatten in een beperkte set van regels.
- Startpunt voor lokale lagen schematisaties in scenario's die gebruikt

# Plaats binnen WBI





# Stochastische Ondergrond Schematisatie (SOS)

Van globaal naar lokaal



## Documentatie

Instructie SOS

Praktisch toepassen SOS binnen het WBI2017

En



# Globale informatie en lokale gegevens

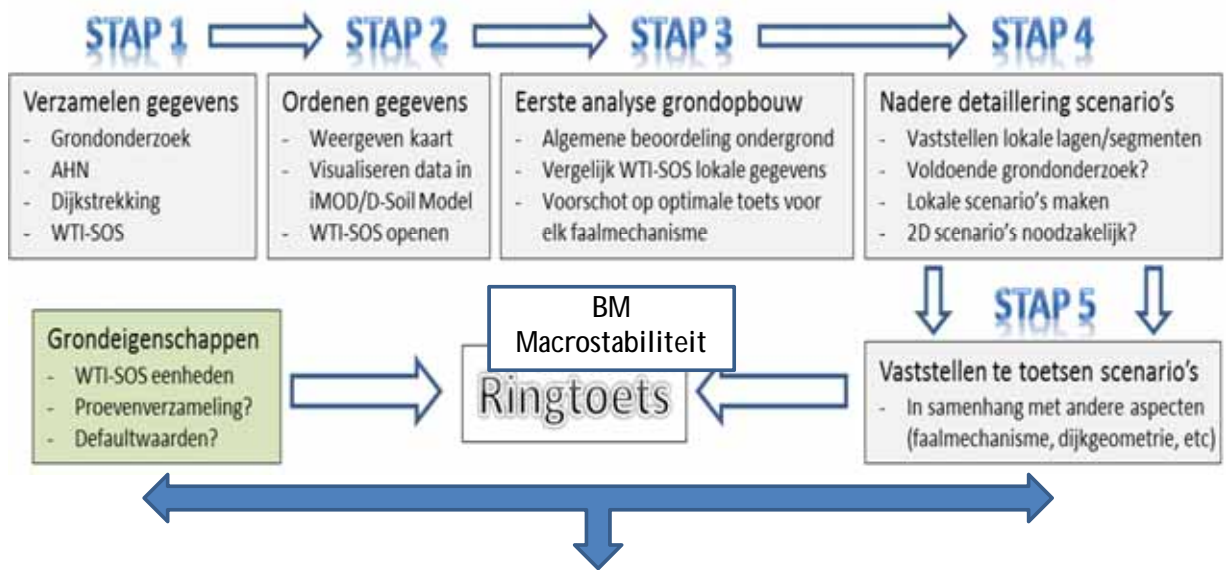
Wat heb je nodig om te schematiseren voor een toepassing bij het toetsen (Macrostabiliteit, Piping, Zettingsvloeiing)



Globale SOS geeft de grondopbouw in een strekking en wel:

- opbouw met globale grondsoorten
- hoofdlijnen van laagvolgorde en diepteligging

# Stappenplan



D-Soil Model

- Handleiding WTI-SOS: globaal naar lokaal
- Instructie SOS
- Schematiseringshandleidingen

## Stap 1: verzamelen gegevens

- Dijkgeometrie: Hoogte, taluds, bermen, aanpassingen grondlichaam
- Terreingegevens: maaiveld representatief/variatie, sloten, ontgravingen, ophogingen, bebouwing
- Maatgevende omstandigheden: waterpeilen, stijghoogtes, gewichtsbelasting op en bij de dijk, golven
- Toelaatbaar risico en faalkansen
- Grondonderzoek: boringen/sonderingen, grondwaterdrukken, lab-monsters, oude sti-files
- Globale SOS: opbouw met globale grondsoorten
  - Hoofdlijnen van laagvolgorde en diepteligging
  - Voor segmenten met een relevant andere variatie in opbouw

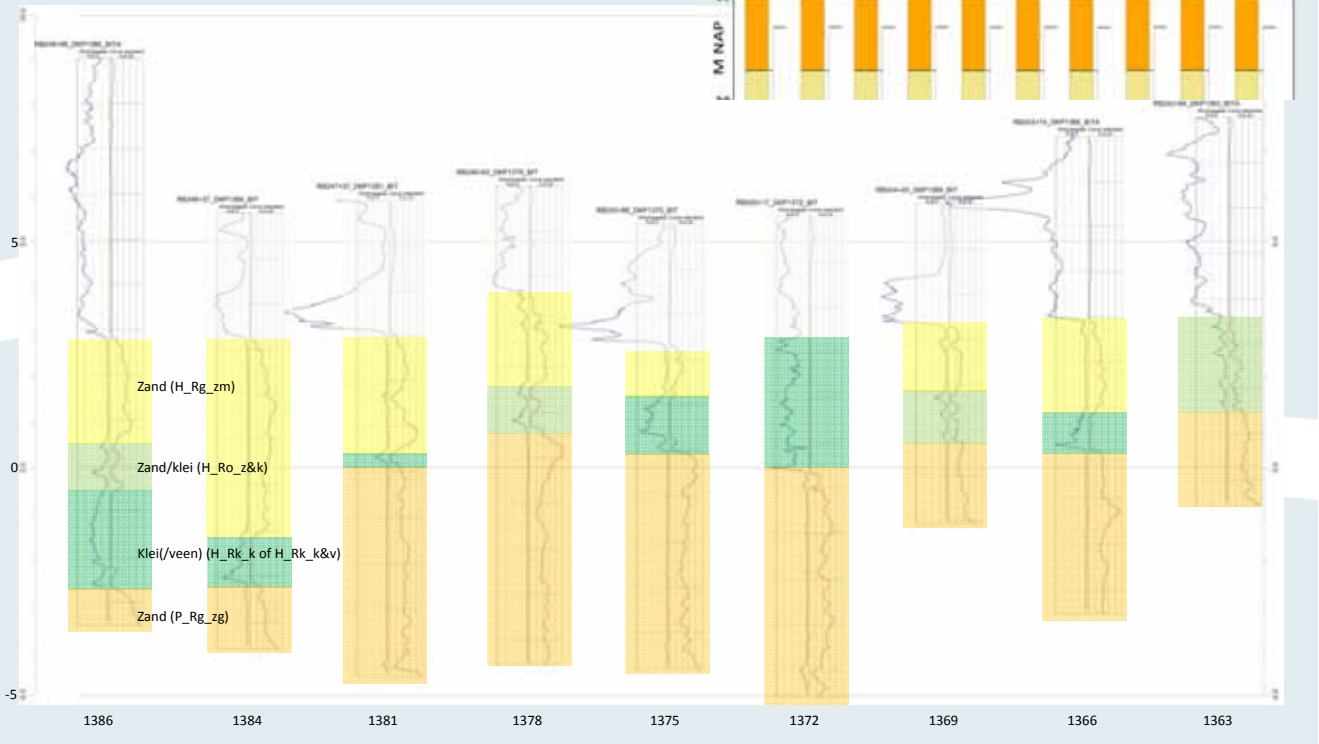
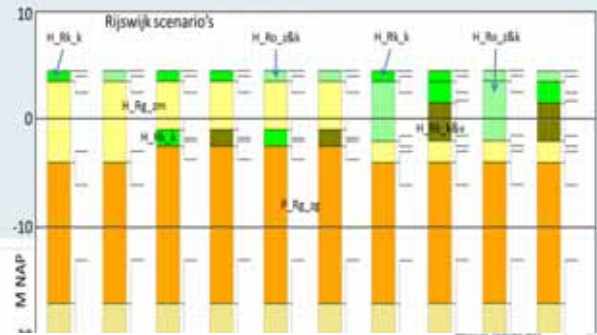
## Stap 2: ordenen gegevens

- Data in D-Soil Model en/of GIS bekijken, eventueel met AHN-hoogtekaarten
- Eventueel inlezen sti-files in D-Soil Model
- Weergeven boor/sondeerstaten: bijvoorbeeld in D-Soil Model, iMOD, papier

# Stap 3: Eerste analyse

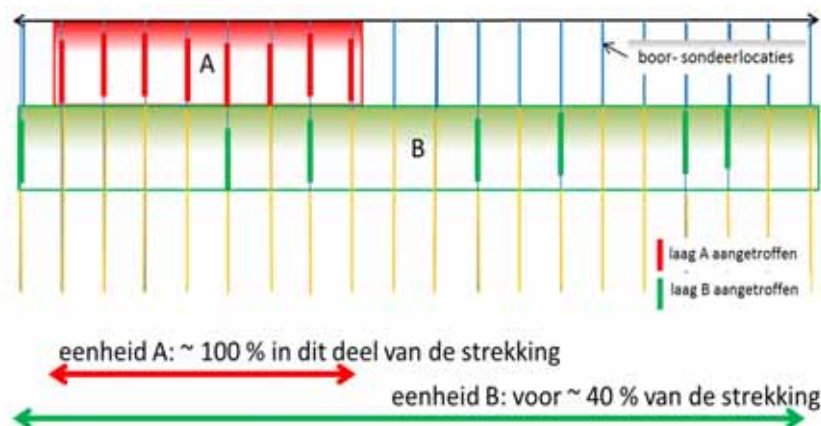
- Vaststellen ligging te onderzoeken strekking versus SOS segmenten
- Bekijken van de scenario's en de eenheden in de relevante segmenten
- Vaststellen hoe de SOS eenheden eruit zien in de grondgegevens
- Vaststellen of er aanzienlijke hoogteverschillen zijn tussen binnendijks en buitendijks, waar dit relevant zou zijn en waar een 2D-profiel nodig is
- Eerste inschatting van de effecten van de scenario's op de dijkveiligheid





## Stap 4: nadere detaillering scenario's

- Vaststellen of SOS scenario's uit te sluiten zijn
- Onderscheiden lokale lagen, bijvoorbeeld opsplitsen SOS eenheid met klei-veenlagen in aparte veen- en kleilagen.
- Eventueel opknippen segment



## Stap 4: nadere detaillering scenario's

- Vaststellen of er extra grondonderzoek nodig is (de handleiding geeft hier richtlijnen voor), bijvoorbeeld om scenario's uit te sluiten of te begrenzen
- Lokale scenario's vastleggen, kansen toekennen aan lagen, dieptes vastleggen
- Vastleggen bevindingen in rapport

## Afmetingen lagen en dichtheid grondonderzoek Wat kun je weten? Macrostabieleit

- 200 m
  - Indruk van de grondopbouw in algemene zin
  - Variatie (ruimtelijk) met grote spreiding in grondparameterwaarden en diepteligging
- 100 m
  - Gedetailleerde indruk van de grondopbouw langs een dijkstrekking
  - Onzekerheid over uitsluiten van aanwezigheid van (kritieke) lagen
  - Onzekerheid over vaststellen van alle voorkomens van (kritieke) lagen
- 50 m
  - alle voor macrostabieleit relevante laagvoorkomens in een strekking aangetroffen onder aanname dat de laag herkend wordt in boor- en sondeerstaten.
  - Voor een zeer gedetailleerde karakterisering is meetlocatieafstand van 50m langs de dijk voldoende
  - Ligging grenzen indien en waar nodig met < 50 m onderlinge afstand

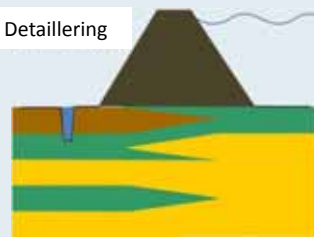


# Wanneer is 2D schematisatie nodig?

Combinaties van Scenario's

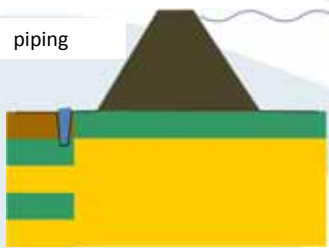


Detaillering

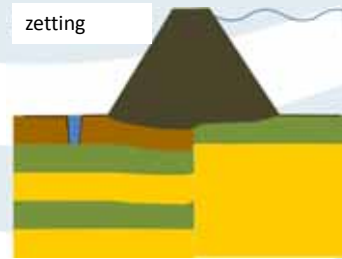


Bekend ?

pipng



zetting



# Toekennen grondeigenschappen

- Overige parameters: uit proevenverzamelingen of afgeleid uit de schematiseringshandleidingen
- Proevenverzamelingen zijn goed te koppelen aan SOS-eenheden

# Lokaal schematiseren: samengevat

- Globale SOS is toepassingsonafhankelijk, bij lokaal schematiseren maak je een schematisatie die gericht is op 1 specifiek faalmechanisme
- Vergelijk globale SOS met lokale data: welke scenario's en variatie zijn relevant?
- Parameters toekennen
- Doorsluizen naar BM Macrostabiliteit/RingToets

Discussie?

Vragen?



**Meer informatie**  
STOWA

[opleidingen@stowa.nl](mailto:opleidingen@stowa.nl)

[www.opleidingen.stowa.nl](http://www.opleidingen.stowa.nl)