

## MEMO

Aan : -  
Opgesteld door : Ruben Jongejan, Han Knoeff  
i.s.m. : Bob van Bree, Rob Delhez  
Gereviewd door : Marten Hoeksema  
Kopie aan : -  
Datum : 26-06-2017  
Versie : v4  
Onderwerp : Korte toelichting op schematiseringonzekerheid

**Kennisplatform  
Risicobenadering**  
Zuidersluis 1  
3439 LA Nieuwegein  
Postbus 2232  
3500 GE Utrecht  
[kpr@rws.nl](mailto:kpr@rws.nl)

### 1 Inleiding

Schematiseren is het vertalen van de complexe werkelijkheid naar de invoer van de modellen. Wat de juiste beschrijving van de werkelijke situatie is, is soms onzeker. Zo kan het onzeker zijn of een bepaalde zandbaan in verbinding staat met de rivier, of onder de dijk een bepaalde slappe laag aanwezig is en of een aangebrachte drainage naar behoren functioneert. Dit type onzekerheid wordt ook wel schematiseringonzekerheid genoemd.

Deze notitie is opgesteld omdat is gebleken dat er bij beheerders en ontwerpers vaak vragen zijn over de omgang met schematiseringonzekerheid in het algemeen en de schematiseringsfactor in het bijzonder. Schematiseringonzekerheid is echter niet nieuw. Het Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken (TRGS 2012) beschrijft hoe met een schematiseringsfactor de schematiseringonzekerheid rondom bodemopbouw en waterspanningen kan worden meegenomen bij toetsing en ontwerp. De theorie die in dit rapport beschreven staat, blijft onverkort van toepassing bij de overstap op de overstromingskansnormen.

In hoofdstuk 2 van dit memo wordt de schematiseringstheorie uit het TRGS 2012 bondig toegelicht. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe met schematiseringonzekerheid rondom bodemopbouw en waterspanningen kan worden omgegaan bij de toetsing en het ontwerp van waterkeringen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 voor andere onderdelen van de schematisering ingegaan op mogelijke schematiseringonzekerheden. In hoofdstuk 4 wordt uitgelegd hoe schematiseringonzekerheid in de praktijk verkleind kan worden. Ten slotte wordt in hoofdstuk 5 toegelicht hoe bij het ontwerp gebruik gemaakt kan worden van het SOS (Stochastische Ondergrond Schematisatie) dat voor het WBI2017 is ontwikkeld.

### 2 Hoe om te gaan met schematiseringonzekerheid?

#### 2.1 Theorie

Schematiseringonzekerheid kan worden beschreven door aan alle mogelijke schematiseringen kansen toe te kennen. De alternatieve schematiseringen worden ook wel scenario's genoemd. De kans dat een scenario de juiste is (de werkelijkheid goed beschrijft) heet een scenariokans. De verschillende scenario's moeten elkaar uitsluiten (geen overlap) en ze moeten gezamenlijk alle mogelijkheden beschrijven. De som van de scenariokansen moet dus gelijk zijn aan 1.

Stel we willen de kans op macroinstabiliteit berekenen maar zijn onzeker over de precieze ondergrondopbouw. Dan kunnen we als volgt te werk gaan:

1. definieer de mogelijke ondergrondopbouw/scenario's,
2. ken aan elk scenario een kans toe,
3. bereken voor elk scenario een faalkans,
4. weeg de faalkansen per scenario uit stap 3 met de scenariokansen uit stap 2,
5. tel de gewogen kansen uit stap 4 op: dit is de faalkans

Ter illustratie is in Tabel 1 een getallenvoorbeeld opgenomen.

**Tabel 1. Getallenvoorbeeld schematiseringtheorie. De berekende faalkans moet kleiner zijn dan de faalkanseis.**

Scenario nr.	Kans op scenario	Faalkans gegeven scenario (per jaar)	Scenariokans maal faalkans gegeven scenario (per jaar)
1	0,1	0,001	0,0001
2	0,9	0,01	0,009
Som	1	n.v.t.	<b>0,0091</b>

De kering voldoet als de aldus berekende faalkans (rechtsonder in Tabel 1) voldoende klein is.

## 2.2 Schematiseringonzekerheid in de praktijk

De voorgaande paragraaf geeft aan hoe een faalkans berekend kan worden als er sprake is van schematiseringonzekerheid. Bij het ontwerp worden echter geen faalkansberekeningen gemaakt maar wordt gerekend met representatieve waarden en veiligheidsfactoren. Dan kan op de volgende twee manieren met schematiseringonzekerheid worden omgegaan:

1. door de resultaten van berekeningen met veiligheidsfactoren om te werken naar veilige schattingen van faalkansen,
2. door te werken met een schematiseringfactor.

Beide methoden berusten op precies dezelfde theorie (zie paragraaf 2.1) en precies dezelfde basisgegevens (dezelfde scenario's en scenariokansen). Bij wettelijke beoordelingen met het WBI2017 zal worden uitgegaan van de eerste werkwijze. Bij het ontwerp kan de tweede werkwijze echter praktischer zijn. Uiteraard kan bij het ontwerp ook de eerste werkwijze worden gevolgd.

### Ad 1. Het omrekenen van veiligheidsfactoren naar veilige schattingen van faalkansen

Als de betrouwbaarheidsanalyses per scenario semi-probabilistisch worden uitgevoerd (met veiligheidsfactoren), dan kan per scenario een veilige schatting van de faalkans worden verkregen. Dat kan worden gedaan door gebruik te maken van de relatie tussen de veiligheidsfactor(en) en de betrouwbaarheidseis. Zo luidt de schadefactor voor CSSM-macrostabiele analyses:

$$\gamma_n = 0,15 \beta_{\text{eis,dsn}} + 0,41 \quad (1)$$

Waarin:

$\beta_{\text{eis,dsn}}$  Geëiste betrouwbaarheid op doorsnedeniveau

Het herschikken van termen geeft:

$$\beta_{\text{eis,dsn}} = (\gamma_n - 0,41) / 0,15 \quad (2)$$

Deze vergelijking geeft aan van welke betrouwbaarheid mag worden uitgegaan als een waterkering bij een bepaalde schadefactor net voldoet. Door per scenario te bekijken bij welke waarde van  $\gamma_n$  net het oordeel "voldoet" gegeven kan worden, kan per scenario met vergelijking (2) een schatting van de betrouwbaarheid worden verkregen. Een getallenvoorbeeld is gegeven in Tabel 2.

**Tabel 2. Getallenvoorbeeld schematiseringtheorie.**

Scenario nr.	Kans op scenario	Schadefactor ( $\gamma_n$ )	Betrouwbaarheidsindex ( $\beta$ )	Veilige schatting faalkans (per jaar)	Scenariokans maal schatting faalkans per scenario (per jaar)
1	0,9	1,1	4,60	2,1E-06	1,9E-06
2	0,1	1	3,93	4,2E-05	4,2E-06
Som	1	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	<b>6,1E-06</b>

### *Ad 2. Het toepassen van een schematiseringfactor*

Op grond van de theorie uit paragraaf 2.1 is in het Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken een rekenmethode uitgewerkt met een schematiseringfactor die toegepast kan worden bij een enkele basisschematisering (TRGS, Bijlage B). De rekenmethode voor de bepaling van een schematiseringfactor voor macrostabiliteitsanalyses is uitgewerkt in een Excel-sheet die kan worden gedownload op de site van de Helpdesk Water. Hierbij moet er wel op worden gelet dat de relatie tussen de schadefactor en de gewenste betrouwbaarheid in de sheet in lijn is met de laatste versie van het OI2014 en/of het WBI2017.

## **3 Schematiseringonzekerheden in de praktijk**

Belangrijke onderdelen van een schematisering zijn:

1. de geometrie
2. de bodemopbouw
3. de geohydrologische karakterisering

Elk van deze onderdelen kan aan schematiseringonzekerheid onderhevig zijn. In de navolgende paragrafen worden daar voorbeelden van gegeven.

### *3.1 Schematiseringonzekerheid en de geometrie*

Onder de geometrie van de waterkering worden de dimensies van de waterkering bedoeld. De afmetingen van bestaande waterkeringen zijn in de praktijk goed bekend. Bij de keuze van representatieve profielen wordt rekening gehouden met de variatie in geometrie. Wanneer deze variatie groot is wordt in de regel een fijnere vakindeling gehanteerd.

Het gebruik van scenario's en scenariokansen ligt alleen voor de hand als er een kans is op een grote verandering van de geometrie voorafgaand aan een belasting op de waterkering. Hierbij kan worden gedacht aan beschadiging van een dijk door een zettingsvloeiing. Er is een kans dat het profiel van de waterkering is aangetast door een zettingsvloeiing bij het optreden van een hoogwater, en een kans dat dit niet zo is. Deze kans is overigens niet alleen afhankelijk van de kans op een zettingsvloeiing, maar ook van de kans op tijdig herstel. De kans op een zettingsvloeiing kan via scenariokansen worden meegenomen bij de beoordeling van andere faalmechanismen. In de praktijk is het echter eenvoudiger om te controleren of de kans voldoende klein is dat een zettingsvloeiing tot aantasting van de dijk leidt.

### *3.2 Schematiseringonzekerheid en de ondergrond*

Belangrijke onzekerheden ten aanzien van de ondergrond betreffen:

1. de laagopbouw van de ondergrond
2. de materiaaleigenschappen van deze lagen

De laagopbouw van de ondergrond zou overal precies bekend zijn als we overal boringen en sonderingen zouden uitvoeren. Dit zou echter bijzonder kostbaar zijn. Daarom nemen we in de praktijk genoegen met een beperkt aantal sonderingen en boringen, aangevuld met kennis over de geologie. Op basis daarvan kunnen we per locatie de kansen op de verschillende mogelijke laagopbouwen inschatten. Hiervoor is in het kader van het WBI2017 een stochastisch ondergrondmodel opgesteld, dat ook bij het ontwerp als informatiebron gebruikt kan worden. De mogelijke ondergrondopbouwen kunnen als scenario's worden behandeld bij beoordelingen van bijvoorbeeld de stabiliteit of de kans op piping, zoals toegelicht in hoofdstuk 2.

De materiaaleigenschappen van ondergrondlagen, zoals de POP en de su-ratio, worden ingeschat door grondmonsters in laboratoria te beproeven. Omdat het hier gaat om een steekproef en omdat de uitkomst van een laboratoriumproef altijd met enige onzekerheid is omgegeven, zijn de materiaaleigenschappen nooit precies bekend. In theorie is het mogelijk om voor elke mogelijke materiaaleigenschap een aparte schematisatie op te stellen en de berekeningsresultaten per scenario met scenariokansen te wegen. Dat zou echter bijzonder bewerkelijk zijn. Het is dan ook gebruikelijk om de onzekerheden ten aanzien van de materiaaleigenschappen te beschrijven door kansverdelingen in plaats van door scenario's en scenariokansen. De (semi-)probabilistische voorschriften berusten op deze aanpak.

### 3.3 Schematiseringonzekerheid en de geohydrologische karakterisering

Met de geohydrologische karakterisering wordt gedoeld op de onzekerheden ten aanzien van de waterspanningen, stijghoogtes en/of de freatische lijn. Als het onzeker is of de stijghoogte in een bepaalde laag gevoelig is voor het buitenwater, dan kan dit worden meegenomen door scenario's te definiëren waarin dat wel en niet het geval is.

## 4 Hoe is schematiseringonzekerheid te verkleinen?

Schematiseringonzekerheid is te verkleinen door gericht onderzoek te doen. Zo kan door sonderingen of (hand)boringen uit te voeren meer zekerheid worden verkregen over de vraag of een bepaalde slappe laag ergens wel of niet aanwezig is. En door de waterspanningen over langere periodes te meten, kan de onzekerheid over de respons op het buitenwater worden gereduceerd. Soms kunnen ook beheersmaatregelen zorgen voor een kleine schematiseringonzekerheid. De kans dat bijvoorbeeld een drain verstopt blijkt te zijn tijdens hoogwater, kan worden beperkt door regelmatig te inspecteren en onderhoud uit te voeren.

## 5 Schematiseringonzekerheid en het SOS

In het kader van het WBI2017 is een Stochastische Ondergrond Schematisatie (SOS) ontwikkeld. Dit SOS beschrijft de kansen op het waarnemen van bepaalde laagopbouw. Het SOS kan worden gebruikt als informatiebron bij het definiëren van scenario's en hun scenariokansen. Ontwerpers zullen altijd zelf kritisch moeten beoordelen welke scenario's daadwerkelijk van belang zijn. Het SOS kan het beeld van de ondergrond verrijken en wijzen op scenario's die anders mogelijk waren vergeten. Het SOS is echter geen vervanging van lokale gegevens. Lokaal grondonderzoek blijft van groot belang.

*Het kennisplatform risicobenadering is opgericht ter ondersteuning van de keringbeheerder bij toepassen van de nieuwe normering en de risicobenadering. Adviezen en ondersteuning van het kennisplatform risicobenadering hebben een informele status en staan gelijk aan collegiaal advies.*