

# memorandum

**PR2144.10**

Project : Beheer en onderhoud Promotor  
Datum : 6 maart 2012  
Onderwerp : Betrouwbaarheid van resultaat  
Van : HKV  
Aan : Stowa

---

## 1 Inleiding

Om een goede uitspraak over de veiligheid van de regionale keringen te doen is noodzakelijk over betrouwbare gegevens te beschikken. Promotor (PRObabilistisch Model Toetspeilen Regionale waterkeringen) is een softwarepakket waarmee voor regionale keringen op probabilistisch wijze toetshoogtes worden afgeleid. De betrouwbaarheid van het resultaat is afhankelijk van de betrouwbaarheid van de invoerdata.

Het doel van dit memo is een overzicht van het effect van de betrouwbaarheid van informatie op de nauwkeurigheid van het resultaat van Promotor te geven.

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht en uitwerking van de benodigde informatie voor Promotor en is uitgewerkt in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 geeft aan op welke wijze informatie bij beheerders beschikbaar zijn en geeft een indicatie van het effect van de betrouwbaarheid van de invoerdata op de betrouwbaarheid van het eindresultaat. Tot slot geeft hoofdstuk 4 conclusies en aanbevelingen

Benadrukt wordt een gebruiker 'slim en efficiënt' om kan gaan bij gegevensverzameling. Indien een positief toetsresultaat verkregen kan worden op basis van algemene en conservatieve aannames voor niet beschikbare invoerdata, dan is niet noodzakelijk om informatie meer nauwkeurig te verzamelen.

## 2 Benodigde informatie

Dit hoofdstuk geeft aan welke data noodzakelijk zijn om toetshoogtes met Promotor te bepalen. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de benodigde informatie. Vervolgens volgt een beschrijving per item.

<b>Informatie</b>
1. Bodemhoogte
2. Dijknormaal
3. Toetslocaties
4. Waterstandstatistiek
5. Scheefstand
6. Ruwheid landschap
7. Kadeprofiel
8. Ruwheid kadebekleding
9. Veiligheidsklasse

Tabel 2-1: Benodigde invoerdata voor Promotor berekeningen

### **1. Bodemhoogte**

Per toetslocatie geeft de gebruiker in Promotor 16 bodemhoogtes op. Dit zijn gemiddelde dieptes, per windrichting, over de hele strijklengte van het aanliggende watervlak.

### **2. Dijknormaal**

In Promotor wordt de dijknormaal berekend aan de hand van een vlakkenbestand (deze kan direct ingeladen worden in Promotor). Het vlakkenbestand dient het gehele buitendijkse gebied te beslaan, met langs de randen de regionale keringen. De toetslocaties dienen binnen het vlakkenbestand te liggen.

### **3. Toetslocaties**

Toetslocaties worden opgegeven als XY coördinaten in PROMOTOR en dienen voorzien te worden van een unieke naam.

### **4. Waterstandstatistiek**

Waterstandstatistiek wordt door de gebruiker per toetslocatie ingevoerd in Promotor voor de herhalingstijden 10, 30, 100, 300 en 1000 jaar. Het betreft waterstanden als gevolg van neerslag-afvoer (niet windopzet).

### **5. Scheefstand**

Scheefstand berekeningen dienen per toetslocatie bekend te zijn voor 16 windrichtingen en 42 windsnelheden (van 0 tot en met 42 m/s). De waarden voor scheefstand, dienen als positieve waarden te worden ingevoerd in Promotor. Dit resulteert in 672 waarden per toetslocatie.

### **6. Ruwheid landschap**

De ruwheid van het landschap wordt in Promotor gebruikt voor de reductie van windsnelheden bij het berekenen van scheefstand en dwarsopwaaiing. Voor scheefstand moet de gebruiker de algehele ruwheid van het landschap in en om het systeem opgeven. Voor dwarsopwaaiing geeft de gebruiker de lokale ruwheid van het landschap op. De ruwheden behorende bij scheefstand en dwarsopwaaiing worden onafhankelijk ingevoerd in Promotor.

## 7. Kadeprofiel

Een kadeprofiel in Promotor kan bestaan uit voorland, een dwarsprofiel met één of meerdere taluddelen of een verticale wand.

Kadeprofielen in Promotor moeten voldoen aan de volgende voorwaarden:

1. De afstandskoördinaten moeten oplopen, gezien vanaf de teen naar de kruin van de dijk.
2. De hoogtescoördinaten moeten oplopen, gezien vanaf de teen naar de kruin van de dijk.
3. Het eerste en het laatste taluddeel moeten steiler zijn dan 1 op 8.
4. Taluddelen mogen niet steiler zijn dan 1 op 1 (dus bijna verticale hellingen of verticale wanden zijn niet toegestaan).

## 8. Ruwheid kadebekleding

Een ruwheid van 0,5 tot 1 kan opgegeven worden op basis van het type kadebekleding. Het betreft feitelijk de mate van 'gladheid' van de bekleding, hoe kleiner het getal in Tabel 2-2 des te ruwer is het bekledingstype.

Code	Bekledingstype	Bekledingsruwheid
1	Asfaltbeton	1,00
2	Mastiek	1,00
3	Dicht steenasfalt	1,00
4	Open geprefabriceerde steenasfaltmatten	0,90
5	Open steenasfalt	0,90
6	Zandasfalt	1,00
7	Breuksteen gepenetreerd met asfalt	0,80
8	Baksteen/betonsteen gepenetreerd met asfalt	1,00
9	Breuksteen met patroonpenetratie van asfalt	0,70
10	Betonblokken met gaten erin	0,90
11	Betonblokken zonder openingen	1,00
12	Open blokkenmatten	0,90
13	Blokkenmatten zonder openingen	0,95
14	Betonplaten van cementbeton	1,00
15	Colloïdaal, beton	1,00
16	Betonplaten (prefab)	1,00
17	Doorgroeisteen beton	0,95
18	Breuksteen gepenetreerd met cement	0,80
19	Breuksteen met patroonpenetratie van cement	0,70
20	Gras, gezaaid	1,00
21	Gras, zoden of gezaaid in kunststofmatten	1,00
22	Grof grind	0,80
23	Grove granulaire materialen	0,70
24	Fijne granulaire materialen	0,90
25	Breuksteen	0,55
26	Basalt, gezet	0,90
27	Betonzuilen, gezet	0,95
28	Natuursteen, gezet	0,75

Tabel 2-2: Ruwheidswaarden voor verschillende bekledingstypes (van der Meer, 2002).

## 9. Veiligheidsklasse

De veiligheidsklasse geeft aan welke normfrequentie er geldt voor de locatie. De veiligheidsklasse kan de waarden 1, 2, 3, 4 en 5 aannemen, welke overeenkomen met een normfrequentie van eens in de 10, 30, 100, 300 en 1000 jaar respectievelijk. Om de toetshoogte bij de normklasse van de kering te bepalen is het noodzakelijk dat de gebruiker de veiligheidsklasse per kadevak opgeeft. (De toetshoogtes kunnen ook apart bepaald worden aan opgegeven herhalingstijden, onafhankelijk van veiligheidsklasse).

## 3 Betrouwbaarheid informatie en effect op Promotor-resultaat

Dit hoofdstuk geeft de bruikbaarheid van diverse informatietypen aan voor Promotor. Hierbij is op basis van expert judgement een inschatting gegeven van de betrouwbaarheid van de invoerdata en het effect op de betrouwbaarheid van het resultaat van Promotor.

## 1. Bodemhoogte

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Legger	Als bodemhoogte wordt de leggerdiepte gehanteerd	Redelijk	+/- tot 1dm
2. Dwarsprofielen	Dwarsprofielen van de vaste waterbodem worden gebruikt voor het bepalen van de gemiddelde bodemhoogte.	groot	+/- enkele cm's
3. Echolodngen	Echolodngen geven een vlakdekkende bodemhoogte. Per windrichting wordt de gemiddelde bodemhoogte over de strijklengte worden bepaald.	Zeer groot	+/- cm

## 2. Dijknormaal

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Watervlakken	De dijknormaal wordt in Promotor automatisch bepaald aan de hand van een watervlakkenbestand. Hierbij wordt aangenomen dat de kades parallel aan de watervlakken lopen (dit kan visueel gecontroleerd worden).	Beperkt	+/- tot 1dm
2. Keringen	Op basis van een kadevakkenbestand (lijnen) kan een vlakkenbestand gemaakt worden van het buitendijks gebied. Op basis hiervan worden dijknormalen in PROMOTOR automatisch bepaald	groot	+/- cm's

## 3. Toetslocaties

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata*	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Automatisch	Toetslocaties kunnen, bijvoorbeeld met behulp van GIS, automatisch gegenereerd worden in het midden van een kadevak of met een constante tussenliggende afstand.	groot	+/- cm's tot enkele dm's

2. Handmatig	Gericht definiëren van toetslocaties op basis van kade en omgevingskenmerken. Een indeling wordt gemaakt op basis van de in PROMOTOR gebruikte parameters (oriëntatie, landschapsruwheid, watergang breedte, watergang diepte, voorland, talud etc).	Zeer groot	+/- cm's
--------------	--	------------	----------

\* Het betreft hier niet zozeer de betrouwbaarheid maar in hoeverre een toetslocatie representatief is voor een bepaald kadetraject.

#### 4. Waterstandstatistiek

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Beheerdersoordeel	Waterstandstatistiek wordt ingeschat door de beheerder. Dit kan bijvoorbeeld aan de hand van streefpeil en maalstoppeil.	Beperkt	+/- enkele dm's
2. Meetreeks	Met een historische meetreeks kan de waterstandstatistiek bepaald worden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het systeem gedurende de meetreeks onveranderd is gebleven.	Redelijk	+/- enkele cm's tot enkele dm's
3. Reeksberekening	Waterstandstatistiek wordt berekend met een model (bijvoorbeeld Sobek RR CF) aan de hand van een (groot) aantal doorgerekende neerslaggebeurtenissen.	Groot	+/- cm's tot dm
4. Stochasteberekening	Waterstandstatistiek berekeningen worden uitgevoerd met een model (Sobek RR CF) waarbij, behalve neerslag hoeveelheden en -verloop, ook factoren als bodemcondities en afvoermogelijkheden (buitenwaterstanden) meegenomen worden in het bepalen van waterstandstatistiek.	Groot	+/- cm's tot dm

\*De betrouwbaarheid is sterk afhankelijk van watersysteemkenmerken zoals de complexiteit ervan en wijze waarop sturing plaats vindt / kan vinden.. Bij de inschatting van de betrouwbaarheid is ervan uitgegaan dat bij het afleiden van de waterstandstatistiek rekening is gehouden met de karakteristieken van het systeem onder extreme omstandigheden (maalstops,maalbeperkingen, afvoer boezemland, overstromingen lage kades, inzet berging, operationeel waterbeheer) en eventueel hoe een model hiermee omgaat.

## 5. Scheefstand

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Beheerdersoordeel	Scheefstand kan ingeschat worden door de beheerder op basis van ervaring, metingen en een simpele berekening (TAW, 1989). Deze gegevens kunnen vervolgens worden geïnterpoleerd en/of geëxtrapoleerd.	Beperkt	+/- enkele dm's
2. Statische berekening	Scheefstand wordt berekend met een model (Sobek CF), waarbij geen aan- en afvoer plaatsvindt. Dit leidt vrijwel altijd tot een overschatting vaneenscheefstand bij afwaterende randen van het systeem.	Redelijk	+/- enkele cm's tot enkele dm's
3. Dynamische berekening	Scheefstand wordt berekend met een model (Sobek RR CF) waarbij een stationaire aan- en afvoer plaatsvindt. Scheefstand kan (deels) gecompenseerd worden met afwatering naar buiten.	Groot	+/- cm's tot dm
4. Stochastische berekening	Scheefstand berekeningen worden uitgevoerd met een dynamisch model (Sobek RR CF) waarbij afvoermogelijkheden (buitenwaterstanden) als stochast meegenomen worden.	Zeer groot	+/- cm's tot dm

\*Bij de inschatting van de mate van betrouwbaarheid bij het gebruik van een model is ervan uitgegaan dat rekening is gehouden met de kalibratie voor wind (het gebruik van een ruweheidsfactor), mogelijke lokale droogval van waterlopen en de beperking van afwateringsmogelijkheden (spuien) aan de randen van het model als gevolg van windopzet op buitenwater.

## 6. Ruwheid landschap

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Ruwheid bepalen adv LGN/top10	Aan de hand van het landschap wordt elke toetslocatie geclassificeerd en wordt een bijbehorende ruwheid toegekend.	Redelijk	+/- tot enkele dm's
2. Landschapsruwheid kalibreren adv metingen	Verschillen worden gemeten tussen de potentiële wind en de resulterende wind. Aan de hand van deze berekeningen kan per landschapstype een windreductiefactor en ruwheid afgeleid worden.	Groot	+/- cm's tot dm

3. Ruwheid meten per toetslocatie	Per toetslocatie wordt de windsnelheid gemeten en vergeleken met de potentiële windsnelheid. Hiermee kan de windreductiefactor en ruwheid afgeleid worden.	Zeer groot	+/- cm's
-----------------------------------	--	------------	----------

## 7. Kadeprofiel

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Beheerdersoordeel	Het talud wordt per toetslocatie ingeschat op basis van een beheerdersoordeel.	Redelijk	+/- tot enkele dm's
2. Hoogtedata	Het kadeprofiel wordt bepaald aan de hand van laseraltimetrie (AHN).	Groot	+/- cm's tot dm
3. Inmeting	Een ingemeten dwarsprofiel is per toetslocatie beschikbaar	Zeer groot	+/- cm's

## 8. Ruwheid kadebekleding

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. "eenvoudig"	Per toetslocatie is het bekledingstype en bijbehorende ruwheid boven de waterlijn beschikbaar.	Groot	+/- cm's tot dm
2. "nauwkeurig"	Per taluddeel is de bekleding en bijbehorende ruwheid beschikbaar, zowel onder als boven de waterlijn.	Zeer groot	+/- cm's

## 9. Normklasse

Methode	Beschrijving	Betrouwbaarheid invoerdata	Betrouwbaarheid Promotor-resultaat
1. Standaard	De veiligheidsklasse is een randvoorwaarde bij het berekenen van de toetshoogte. Deze is vastgelegd in de norm	Zeer groot	0cm



## 4 Conclusies en aanbevelingen

### Conclusie

Er zijn verschillende manieren om de benodigde gegevens voor Promotor te bepalen. De betrouwbaarheid van de gegevens zijn afhankelijk van de methode waarop de gegevens zijn bepaald. Het effect van onzekere gegevens heeft weer invloed op de onzekerheid en daarmee de betrouwbaarheid van het resultaat.

De hoeveelheid benodigde gegevens voor het uitvoeren van een veiligheidstoetsing is met gebruik van Promotor niet groter dan zonder. Promotor helpt het werkproces van gegevensverzameling voor de toetsing te standaardiseren en hierin te prioriteren. Indien een keringbeheerder nog niet beschikt over alle (extern) berekende of gemeten gegevens kan hiervan een inschatting gemaakt worden om inzicht te krijgen in het eindresultaat, maar ook in de opbouw van het resultaat (aandeel golven, scheefstand, dwarsopwaaiing en effect door neerslag). Op deze wijze kan nut en noodzaak afgewogen worden om meer betrouwbare gegevens te verzamelen.

### Aanbeveling

#### Gevoeligheidsanalyse

Bij berekenen van een toetshoogtes is aan te bevelen om de betrouwbaarheid van het resultaat te bepalen aan de hand van een gevoeligheidsanalyse op de invoerdata. Een bodemhoogte is bijvoorbeeld bekend met een betrouwbaarheid van 10cm. Wanneer een Promotor-berekening wordt uitgevoerd bij de ingeschatte bodemhoogtes plus en min 10 cm dan is bekend wat de gevoeligheid van de bodem op het resultaat. Een dergelijke analyse biedt tevens veel inzicht in het systeem en kan op een eenvoudige en eenduidige manier met Promotor worden uitgevoerd.

#### Inschatting betrouwbaarheid resultaat

Bij het toepassen van Promotor wordt gebruik gemaakt van invoerparameters die verschillen per gebied of locatie en op verschillende wijzen bepaald kunnen zijn. De wijze waarop deze gegevens met bijbehorende onzekerheid zijn bepaald geven weinig inzicht in de resulterende betrouwbaarheid van het resultaat. Bovendien kan de betrouwbaarheid per locatie verschillen en is een onderling vergelijk niet mogelijk. Het opgeven van onzekerheden van invoerparameters zou uitkomst kunnen bieden. In de huidige versie van Promotor is dit nog niet mogelijk.

Waterstandstatistiek en windreductie zouden bijvoorbeeld hiervoor in aanmerking komen. Met een opgave van de onzekerheid bij de invoer kan de betrouwbaarheid van het Promotor-resultaat worden bepaald.