



RWS INFORMATIE

## Handleiding voor het gebruik van de dam- en voorlandmodule ter bepaling van de hydraulische condities bij de dijkteen

WBI 2017

Datum	28 november 2019
Status	Versie 2.0



## Colofon

Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Informatie	Helpdesk Water, <a href="http://www.helpdeskwater.nl">www.helpdeskwater.nl</a>
Contact	<a href="mailto:helpdeskwater@rws.nl">helpdeskwater@rws.nl</a>
Uitgevoerd door	Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving
Datum	28 november 2019
Status	Definitief
Versienummer	2.0

Noot titel voorheen: Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen



# Inhoud

## Schematiseringshandleidingen en WBI 7

1. Inleiding 7
  - 1.1 Doel 7
  - 1.2 Achtergrond 7
  - 1.3 Afbakening 8
  - 1.4 Opbouw 9
  
2. Stappenschema 11
  - 2.1 Inleiding 11
  - 2.2 Kenmerken rekenmethode 12
  - 2.3 Wat als de rekenmethode niet goed toepasbaar is? 16
  
3. Vakindeling 17
  
4. Schematiseren per vak 19
  - 4.1 Schematisering dam 19
    - 4.1.1 Bepaal of een aanwezige dam geschematiseerd kan worden 19
    - 4.1.2 Schematiseer de dam 20
  - 4.2 Schematisering voorland 20
    - 4.2.1 Bepaal of het voorland geschematiseerd kan worden 20
    - 4.2.2 Schematiseer het voorland 21
  - 4.3 Controle betrouwbaarheid score 'voldoet' 22
  
5. Voorbeeld 23
  - 5.1 Inleiding 23
  - 5.2 Vakindeling, koppeling uitvoerlocatie en toets exclusief dam, voorland 23
  - 5.3 Dam aanwezig en schematiseerbaar? 23
  - 5.4 Voorland aanwezig en schematiseerbaar? 23
  - 5.5 Dam en/of voorland geschematiseerd? 25
  - 5.6 Toets inclusief dam, voorland 25
  - 5.7 Controle betrouwbaarheid score 25
  
- A Literatuur 27



# 1. Inleiding

## 1.1 Doel

Deze handleiding is een hulpmiddel bij het schematiseren van dammen en voorlanden, ten behoeve van het toepassen van de 'dam- en voorlandmodule' bij het doorlopen van diverse toetssporen in het kader van de beoordeling van primaire waterkeringen. Het gaat hierbij specifiek om de schematisatie die nodig is om het effect te verdisconteren van een dam en/of voorland op de golfcondities bij de teen van de te beoordelen waterkering. Deze handleiding betreft dus nadrukkelijk niet de schematisatie die nodig is voor het beoordelen van de sterkte en stabiliteit van een dam of een voorland zelf.

Deze handleiding geeft een invulling aan het dringende advies uit Bijlage II van de Ministeriele regeling om het effect van dammen en voorlanden mee te nemen in de beoordeling.

De dam- en voorlandmodule is een stuk software<sup>1</sup>, waarin een rekenmethode is geïmplementeerd voor de transformatie van hydraulische condities onder invloed van een dam en een voorland. Deze module is opgenomen in onder andere de applicatie Ringtoets c.q. Riskeer. De rekenmethode in de dam- en voorlandmodule bevat een aantal sterke vereenvoudigingen. Daardoor is de rekenmethode niet algemeen toepasbaar. In deze handleiding worden de belangrijkste beperkingen in de toepasbaarheid benoemd en toegelicht.

Dit is geen klassieke schematiseringshandleiding meer. Er zijn suggesties opgenomen voor de afleiding belastingen voor bekledingen.

## 1.2 Achtergrond

Bij de beoordeling van een waterkering wordt per toetsspoor een koppeling gelegd tussen een dijkvak (waar de sterkte wordt geschematiseerd) en een uitvoerlocatie (waar de hydraulische belasting informatie beschikbaar is). Voor de beoordeling is in het algemeen de hydraulische belasting informatie ter plaatse van de teen van de beschouwde waterkering nodig. De uitvoerlocaties liggen echter op enige afstand van de teen van de waterkering.

In veel gevallen is de belastinginformatie op de uitvoerlocatie - ondanks de afstand - voldoende representatief voor de belastinginformatie ter plaatse van teen van het beschouwde vak van de waterkering. Echter, wanneer tussen de uitvoerlocatie en de dijkteen een dam en/of voorland aanwezig is, dan is het verstandig het effect hiervan op de hydraulische belasting (en in het bijzonder de golven) in rekening te brengen. Het gaat hierbij nadrukkelijk uitsluitend om een dam die zich tussen de uitvoerlocatie en de dijkteen bevindt en/of het bodemprofiel voor zover zich dat tussen de uitvoerlocatie en de dijkteen bevindt. Noot: Het kan zijn dat de dam of voorland niet is gemodelleerd in de HISWA of SWAN schematisering. Bij smalle wateren in de rivieren (rekenmethode Bretschneider) zijn per definitie de voorlanden en dammen niet expliciet meegenomen.

Het verdisconteren van een dam en/of voorland betreft de transformatie van de hydraulische condities van de uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering. De parameters (waterstand, golfhoogte, golfperiode en golfrichting) blijven bij deze transformatie gelijk, maar de waarde van de parameters kan veranderen. Bij de huidige invulling van de transformatie kan overigens alleen de waarde van de golfhoogte en de golfrichting veranderen; de waarde van waterstand en de golfperiode verandert niet.

---

<sup>1</sup> De dam- en voorlandmodule is één module, die is opgebouwd uit twee zelfstandige modules: de dammodule en de voorlandmodule.

De verdiscontering van een dam en/of voorland is op zichzelf geen toetsspoor, maar de verdiscontering maakt onderdeel uit van de hydraulische belastingen voor de volgende toetssporen:

- Macrostabiliteit binnenwaarts (toets op maat in geval van significante golfoverslag).
- Microstabiliteit.
- Golfklappen op asfaltbekleding.
- Grasbekleding erosie buitentalud.
- Grasbekleding erosie kruin en binnentalud.
- Grasbekleding afschuiven binnentalud.
- Stabiliteit steenzetting.
- Hoogte kunstwerk.
- Sterkte en stabiliteit puntconstructies.
- Niet-waterkerende objecten, bebouwing.

Gemeenschappelijk kenmerk van deze toepassingen is de rol van golven. In toetsporen waar golven geen rol spelen - zoals piping en ook zettingsvloeiing - is het verdisconteren van effecten van een dam en/of voorland op de hydraulische condities niet aan de orde.

De schematisering van een dam en/of voorland hangt niet af van de vraag voor welk van bovengenoemde toetsporen deze wordt gebruikt (mits de vakindeling voor de verschillende toetsporen voldoende overeenstemt, zie Hoofdstuk 3). Daarom is het veelal mogelijk dat één schematisering voor meerdere toetsporen gebruikt kan worden.

Voor de rekenmethode voor het verdisconteren van het effect van een dam en/of voorland vormt de rekenmethode van het concept WT12011<sup>2</sup> het uitgangspunt. Vanuit dit uitgangspunt is alleen de rekenmethode voor het voorland inhoudelijk aangepast: deze is vereenvoudigd er treed geen golfgroei meer op over het voorland. De golfgroei over het voorland wordt nu verwaarloosd. De te hanteren wijze van schematiseren komt nog wel grotendeels overeen met die voor het concept WT12011.

### 1.3 Afbakening

Buiten de scope van deze handleiding valt:

- De selectie van een uitvoerlocatie bij de koppeling van het te beoordelen dijkvak aan een uitvoerlocatie;
- Het schematiseren van een dam ten behoeve van de toets van de standzekerheid van de dam zelf (hiervoor wordt verwezen naar het toetsspoor havendammen uit WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid);
- Het schematiseren van het voorland ten behoeve van de toets van de standzekerheid van het voorland zelf met betrekking tot golfafslag, afschuiving of zettingsvloeiing (hiervoor wordt verwezen naar het WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid);
- Het schematiseren van een voorland als onderdeel van de schematisering van de waterkering ten behoeve van een specifiek toetsspoor (bij gegeven combinatie van waterstand, golfhoogte, golfperiode en golfrichting bij de teen van de waterkering)<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Concept WT12011 omdat producten uit 2011 pas in 2017 een formele status kregen. Er is geen formele WT12011.

<sup>3</sup> Bijvoorbeeld bij het toetsspoor stabiliteit steenbekleding moet - naast de in deze schematiseringshandleiding beschouwde voorlandschematisering - een voorlandschematisering gegeven worden die niet is bedoeld voor de transformatie van de hydraulische belastinginformatie van de uitvoerlocatie naar de dijkteen. Dergelijke voorlandschematiseringen vallen buiten de scope van onderhavig document.



#### 1.4

#### Opbouw

De opbouw van de handleiding is als volgt:

<i>Onderwerp</i>	<i>Locatie</i>
<i>Stappenplan</i>	<i>Hoofdstuk 2</i>
<i>Vakindeling</i>	<i>Hoofdstuk 3</i>
<i>Schematisering per vak</i>	<i>Hoofdstuk 4</i>
<i>Voorbeeld</i>	<i>Hoofdstuk 5</i>

Het stappenschema in hoofdstuk 2 vormt de basis van de handleiding. Dit stappenschema geeft een overzicht van de te volgen stappen voor het schematiseren. Voor veel stappen wordt een verwijzing gegeven naar een paragraaf of hoofdstuk van deze handleiding waarin de betreffende stap verder wordt uitgewerkt. Het hoofdstuk 2 kan dus als leeswijzer of leidraad voor het toepassen van dit rapport worden gebruikt.

Voor een omschrijving van begrippen wordt verwezen naar de begrippenlijst die is opgenomen als Appendix B van WBI 2017 Bijlage I Procedure.



## 2. Stappenschema

### 2.1 Inleiding

Voor het toepassen van de dam- en voorlandmodule bij het doorlopen van een toetsspoor is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is schematisch weergegeven in Figuur 2.1. Iedere genoemde stap is verder uitgewerkt in deze handleiding.

Met de dam- en voorlandmodule kan het effect van een dam en/of voorland alleen op sterk vereenvoudigde wijze in rekening worden gebracht. Zoals later (in paragraaf 2.2 en hoofdstuk 3 en 4) zal blijken, is de rekenmethode vooral toepasbaar in geval van lange langsdammen en - al of niet door dammen begrensde - buitendijkse verhoogde gebieden, zoals bijvoorbeeld natuur- of recreatiegebieden.

De rekenmethode is in de meeste gevallen niet of nauwelijks geschikt voor situaties met havendammen. Voor deze laatste categorie zal men in veel gevallen aangewezen zijn op andere rekenmethodes, die vooralsnog deel uitmaken van de toets op maat binnen de beoordeling. In paragraaf 2.3, wordt daar kort op ingegaan.

Bij elk toetsspoor waarin golfbelasting een rol speelt moet rekening<sup>4</sup> worden gehouden met het effect van een eventueel dam en/of voorland op de hydraulische belasting op de waterkering. Hierbij geldt een uitzondering:

- Er hoeft geen rekening mee gehouden te worden indien het toetsoordeel zónder die dammen en voorlanden reeds 'voldoet' is. Het is verstandig een aantal gevoeligheidsberekeningen te maken voordat echt met de beoordeling begonnen wordt om de impact van voorlanden op de primaire faalmechanismen in beeld te krijgen. Dit proces wordt ook besproken bij het verhaal van de dijk, zie de handreiking deskundigen oordeel, Toets op Maat (TOM)

Riskeer gaat uit van het gebruik van scenario's van voorlanden bij de directe mechanismen.

- Indien de dam en/of het voorland niet standzeker is bij de normcondities dienen ten aanzien van het niet-standzekere onderdeel (dam cq voorland) verschillende scenario's te worden beschouwd. Eén van die scenario's kan dan zijn dat in het geheel geen rekening gehouden wordt met het effect van het niet-standzekere onderdeel.

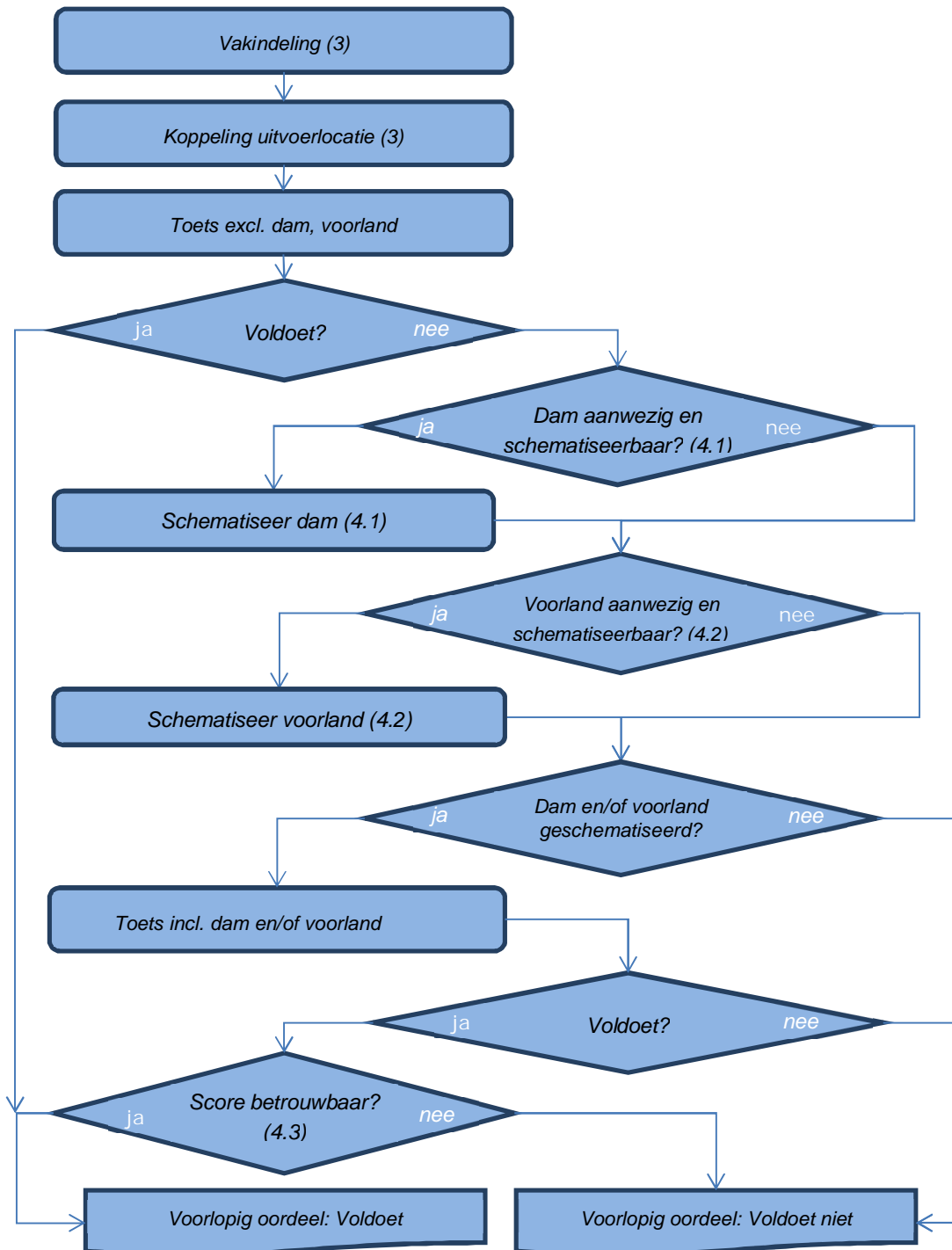
Daarnaast bestaan er diverse gevallen waar het in rekening brengen - met de in de dam- en voorlandmodule ingebouwde eenvoudige methode - niet voldoende betrouwbaar kán. Een deel van die gevallen kan vooraf uitgefilterd worden, maar een ander deel niet. Daarom dient ook achteraf nog een controle plaats te vinden op de betrouwbaarheid van het rekenresultaat<sup>5</sup>. In de gevallen waarin redelijkerwijs effect van een dam en/of voorland te verwachten is, maar waarvoor de rekenmethode van de dam- en voorlandmodule niet voldoende betrouwbaar is, dient een toets op maat uitgevoerd te worden.

Het bovenstaande komt ook tot uiting in het stappenplan voor de schematisering van dammen en voorlanden, zie Figuur 2.1. Na het stappenplan zijn enkele kenmerken van de gehanteerde rekenmethode beschreven die van belang zijn bij het toepassen van de methode en daarmee ook het schematiseren.

---

<sup>4</sup> De uitzondering hierop wordt hieronder gespecificeerd

<sup>5</sup> De gebruiker hoort bij complexe gevallen te beoordelen of de beoogde reductie is bereikt. De voorland module zorgt voor een reductie van de golfhoogte en golfperiode en voor en verandering van de golfrichting. De dam module zorgt voor een reductie van de golfhoogte.



Figuur 2.1 Stappenschema: inbedding van het schematiseren van voorlanden en dammen bij het doorlopen van een toetspoor voor de te beoordelen waterkering

## 2.2

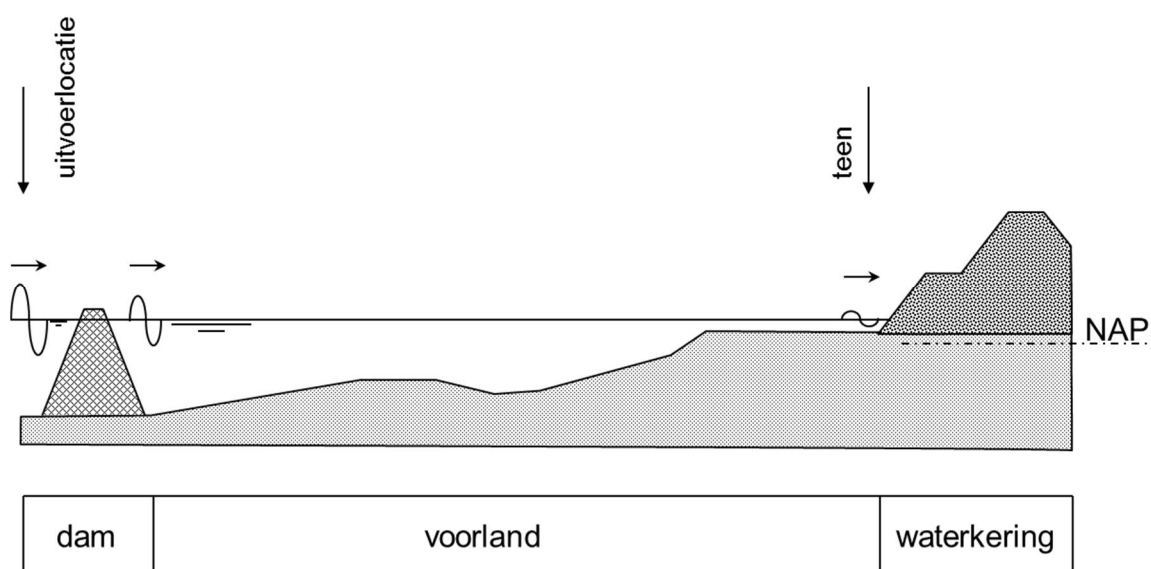
### Kenmerken rekenmethode

In deze paragraaf worden enkele kenmerken van de gehanteerde rekenmethode beschreven die van belang zijn bij het toepassen van de methode en daarmee ook het schematiseren. Voor meer

technisch-inhoudelijke achtergronden van de rekenmethode en de beperkingen ervan wordt verwezen naar [5].

De dam- en voorlandschematisering wordt gebruikt voor de transformatie van hydraulische condities op de uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering in zowel Ringtoets/Riskeer en Hydra-NL. Deze schematisering is potentieel van belang voor alle toets- en analyse-sporen waar golfcondities bij de teen een rol spelen.

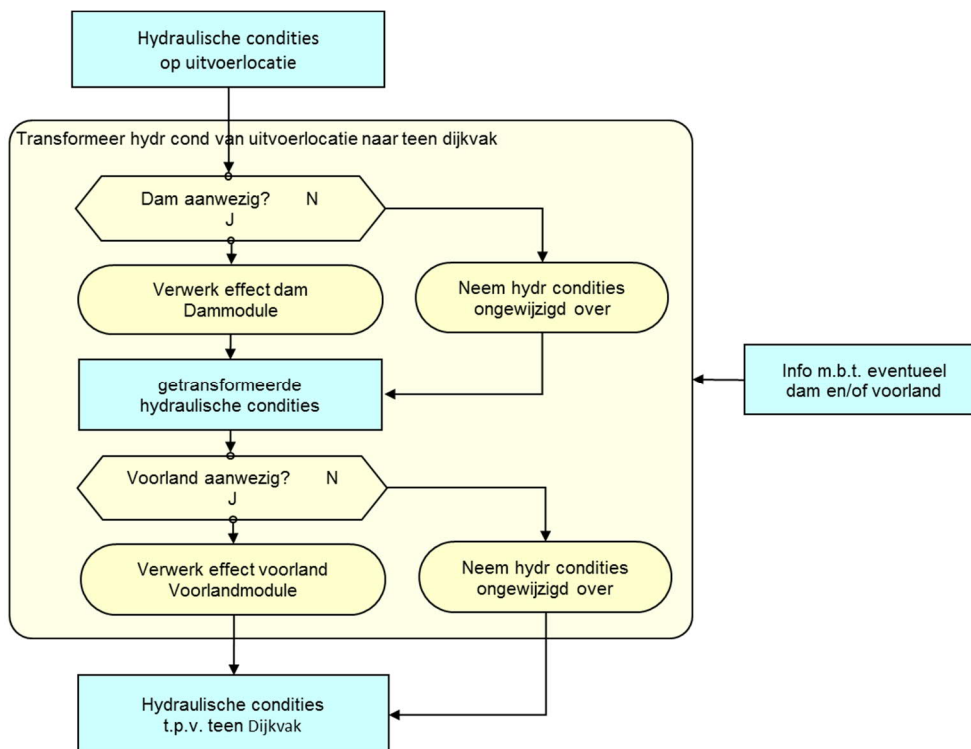
Voor het schematiseren zijn de begrippen 'uitvoerlocatie', 'teen van de dijk', 'dam' en 'voorland' de belangrijkste. Deze worden derhalve hieronder nader omschreven, zie ook Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Definities in het schematiseringsproces dam en voorland

Dam	Constructie met aan beide zijden water, tussen de uitvoerlocatie en de teen van de dijk, in hoofdlijn evenwijdig aan de dijk. Het doel of effect van de dam is dat de golfhoogte wordt gereduceerd.
Voorland	Relatief hoog bodemprofiel tussen de dam en de teen van de waterkering (indien dam aanwezig), of: Relatief hoog bodemprofiel tussen de uitvoerlocatie en de teen van de waterkering (indien geen dam aanwezig).
Uitvoerlocatie	Locatie waar de hydraulische belastingen (waterstand, golfcondities) bekend zijn vanuit modellen voor het watersysteem als geheel.
Teen	Locatie waar de constructie van de dijk (waterkering) eindigt en overgaat in voorland of bodem, vaak ook dijkteen genoemd.

Figuur 2.3 geeft in een stroomschema weer op welke wijze de informatie over een dam en/of voorland binnen de gehanteerde rekenmethode wordt verwerkt. Hieruit blijkt ondermeer dat, wanneer geen dam en geen voorland wordt opgegeven, de hydraulische condities van de uitvoerlocatie ongewijzigd aanwezig worden verondersteld bij de teen van de waterkering.



Figuur 2.3 Stroomschema<sup>6</sup> van de gehanteerde rekenmethode voor de transformatie van de hydraulische condities bij de uitvoerlocaties naar de dijkteen. De termen 'Dammodule' en 'Voorlandmodule' verwijzen naar de software module (DaF<sup>7</sup>) waarin de betreffende bewerking is geïmplementeerd.

Tabel 2.1 geeft aan van welke hydraulische parameters de waarde kan veranderen in de gehanteerde rekenmethode door een dam en door een voorland. Hieruit blijkt ondermeer dat in de gehanteerde rekenmethode de waterstand hoe dan ook ongewijzigd blijft.

Tabel 2.1 Overzicht van de (mogelijke) invloed van een dam en voorland op de waarde van de hydraulische parameters in de gehanteerde rekenmethode.

parameter	verandert in rekenmethode o.i.v.	
	dam	voorland
waterstand	nee	nee
golfhoopte	ja	ja
golpperiode	nee	nee
golfrichting	nee	ja

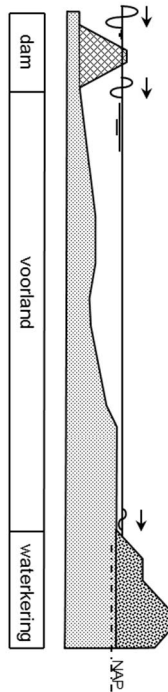
Men dient zich bewust te zijn dat men bij het schematiseren 'de werkelijkheid' vertaalt (i.c. vereenvoudigt) naar een model. Twee van de - voor het schematiseren opvallendste en belangrijkste - kenmerken van de gehanteerde rekenmethode zijn:

- 1 De situatie wordt als 1-dimensionaal beschouwd ("1D").
- 2 De invloed van wind op de transformatie wordt verwaarloosd.

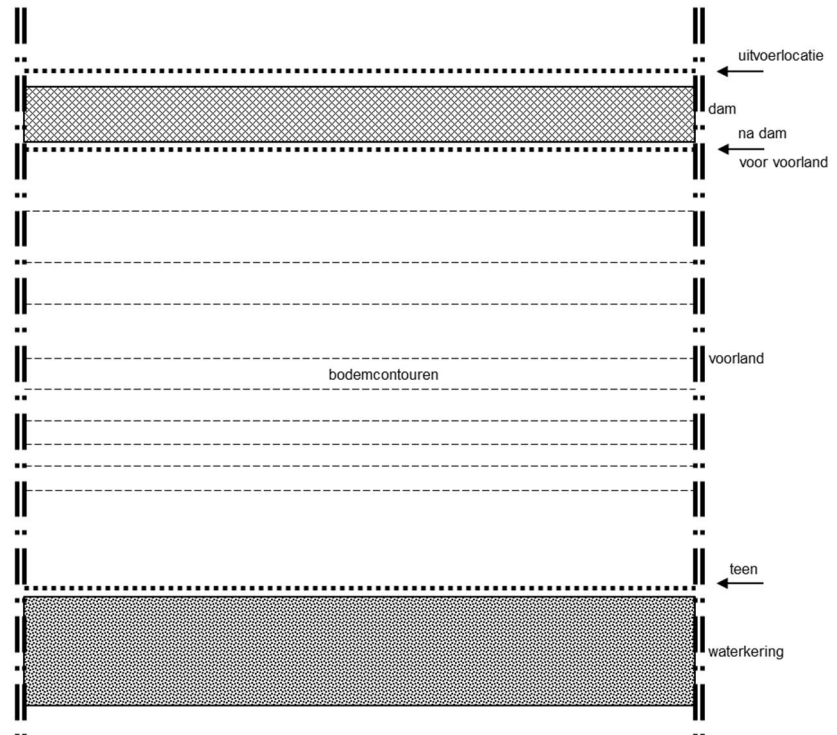
<sup>6</sup> Dit schema betreft stappen *binnen* de DaF module.

<sup>7</sup> Dam and Foreshore

dwarsdoorsnede



bovenaanzicht



Figuur 2.4 Grafische weergave van de 1D schematisering

De 1D benadering (zie ook Figuur 2.4) maakt de rekenmethode minder geschikt voor de volgende situaties:

- Een dam met een nabijgelegen uiteinde of opening<sup>8</sup>.
- Een dam met variërende kruinhoogte.
- Een dam die niet parallel aan de waterkering ligt.
- Een voorland met bodemcontouren die niet parallel aan de waterkering lopen.

NB: de 1D benadering betekent niet dat de golven alleen loodrecht zouden kunnen invallen: de rekenmethode kan namelijk wel degelijk omgaan met verschillende golfrichtingen. De 1D benadering betekent vooral dat in langsrichting de situatie als uniform wordt beschouwd (zie ook Figuur 2.4).

De beperkingen die voortvloeien uit de verwaarlozing van het windeffect laten zich minder eenvoudig verwoorden. Wel is duidelijk dat de rekenmethode minder geschikt is voor situaties waar sprake is van (een combinatie van) de volgende aspecten:

- Een grote rol van (aanlandige) wind in de hydraulische belasting.
- Een grote afstand (ruwe indicatie: honderden meters) tussen uitvoerlocatie en dijkteen<sup>9</sup>.
- Een sterke golfreductie door een dam.

Andere beperkingen van de rekenmethode zijn:

<sup>8</sup> Grove indicatie (zie [2]): Voorzichtigheid is geboden wanneer de afstand (vanaf de interesselocatie bij de dijkteen) tot openingen of uiteinden van een dam minder dan orde 10x de kortste afstand van de interesselocatie tot de dam bedraagt.

<sup>9</sup> Dit is sinds de concept WT12011 alleen standaard nog bij het Markermeer het geval.

- Niet-lineaire invloeden, verandering van de golfperiode en verandering van de waterstand worden niet berekend.
- Er worden slechts drie standaard types dammen ondersteund (namelijk rechte wand, havendam, caisson), in de vorm van een empirische formule voor golftransmissie.
- Er wordt gebruik gemaakt van een standaard bodemruwheid van het voorland. Vegetatie op het voorland kan niet worden gemodelleerd.

Op de implicaties van de in deze paragraaf beschreven beperkingen van de rekenmethode voor de schematisering wordt later in deze handleiding nog teruggekomen.

### 2.3 Wat als de rekenmethode niet goed toepasbaar is?

In gevallen waarbij de rekenmethode van de dam- en voorlandmodule tot een voorlopig oordeel 'voldoet niet' leidt doordat de rekenmethode niet geschikt is cq het resultaat niet betrouwbaar is/likt, zijn berekeningen met meer geavanceerde modellen vereist om de effecten van een dam en/of voorland te verdisconteren en daarmee een accurate beoordeling te krijgen<sup>10</sup>. Dat is in de meeste gevallen werk voor specialisten. Bij de beoordeling van een waterkering maakt een dergelijke rekenexercitie deel uit van de toets op maat.

Instrumenten om met specialisten nieuwe hydraulische belastingen in havens af te leiden zijn op te vragen via de helpdeskwater.

De verwachting is overigens dat - met name in havens - dergelijke berekeningen zo zullen worden opgezet dat in feite binnen het havenbekken nieuwe uitvoerlocaties worden gedefinieerd, nabij de teen van de te beoordelen waterkering. De rekenresultaten voor die nieuwe uitvoerlocaties kunnen in databases beschikbaar worden gesteld, net als de rekenresultaten voor de huidige uitvoerlocaties. In feite komen hiermee dus in de loop der tijd meer uitvoerlocaties beschikbaar, die vervolgens (voor andere toetssporen of latere beoordelingen) in de eenvoudige en de gedetailleerde toets kunnen worden toegepast.

Het combineren van de beoordelingsresultaten in Riskeer van deze haven uitvoerlocaties (van wege de aparte databases) met de reguliere BOI databases kan nu alleen handmatig.

---

<sup>10</sup> In gevallen waarin de rekenmethode voor voorland en dam wél betrouwbaar kon worden toegepast en (toch) een voorlopig oordeel 'voldoet niet' wordt verkregen, is een toets op maat nodig van het beschouwde faalmechanisme.



### 3. Vakindeling

De indeling in dijkvakken kan per toetsspoor verschillen. Vakgrenzen worden in de eerste plaats bepaald door veranderingen in de voor dat toetsspoor relevante sterkte-kenmerken van de waterkering. Een tweede bepalende factor voor de specificatie is een verandering in de voor dat toetsspoor relevante hydraulische belastingen bij de dijkteen. Daarbij spelen uiteraard veranderingen in (aard of aanwezigheid van) dam en/of voorland tussen de uitvoerlocaties en de dijkteen ook een belangrijke rol.

Als de sterkte- en/of belastingkenmerken ruimtelijk weinig variëren, dan wordt aanbevolen van grof naar fijn<sup>11</sup> te werken (zie hiervoor ook de schematiseringshandleiding van het desbetreffende faalmechanisme c.q. toetsspoor):

- 1 Kies een vrij groot dijkvak<sup>12</sup>, oftewel een relatief grote afstand tussen vakgrenzen.
- 2 Kies binnen dit dijkvak een dwarsdoorsnede met een (voor dit toetsspoor) relatief geringe sterkte als representatieve dwarsdoorsnede voor het gehele vak.
- 3 Kies uit de nabijgelegen uitvoerlocaties een uitvoerlocatie met (voor dit toetsspoor) relatief zware hydraulische belasting<sup>13</sup> als representatieve uitvoerlocatie voor het gehele vak.
- 4 Doorloop het toetsspoor.
- 5 Indien de score is 'voldoet', dan is men klaar. Is de score echter niet 'voldoet', dan kan men teruggaan naar stap 1 en de vakgrenzen en bijbehorende uitvoerlocaties scherper kiezen. Daarmee kan wellicht voor delen van het oorspronkelijke dijkvak (en misschien zelfs voor het gehele oorspronkelijke dijkvak) een gunstiger<sup>14</sup> score bereikt worden.

Bij het omgaan met een dam en/of voorland wordt aangesloten op bovenstaande gedachtengang. Dit betekent dat 'binnen' de gekozen dijkvakgrenzen afzonderlijke keuzes gemaakt kunnen worden voor de dijkdwarsdoorsnede, de uitvoerlocatie, de dam en het voorland. Deze vier onderdelen hoeven dus niet op één lijn te liggen. Zie ook Figuur 3.1.

Wel is het hoogstwaarschijnlijk zo dat in de brondata het dwarsprofiel van de waterkering en het dwarsprofiel van het voorland samen één geheel vormen. Bij de selectie van de brondata voor het representatief dwarsprofiel van de waterkering ligt dan meteen ook de selectie van de brondata voor het representatief dwarsprofiel van het voorland vast. Bij het schematiseren van het voorland kan men echter alsnog afwijken van deze brondata. Hierbij zou geen sprake moeten zijn van grote afwijkingen, anders wordt kennelijk niet voldaan aan de eis dat de situatie voor het dijkvak met een 1D schematisering benaderd mag worden.

---

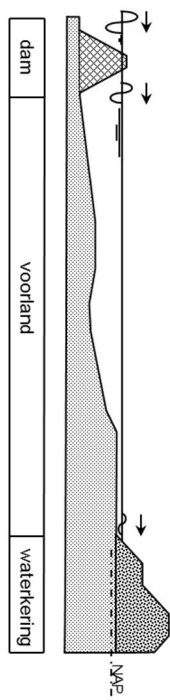
<sup>11</sup> Sommige waterschappen kiezen op basis van een aantal gevoeligheidsanalyses vooraf per faalmechanisme een standaard vak grote per faalmechanisme. Hierdoor is het werk minder iteratief en dus kan het veel efficiënter zijn.

<sup>12</sup> Extreem grote vakgrenzen (van 1 km) bij geotechnisch faalmechanismen leiden bij de assemblage (bij gebruik van de excel ) tot foutieve assemblage door het lengte effect bij deze mechanismen. Bij Riskeer wordt dit gecorrigeerd

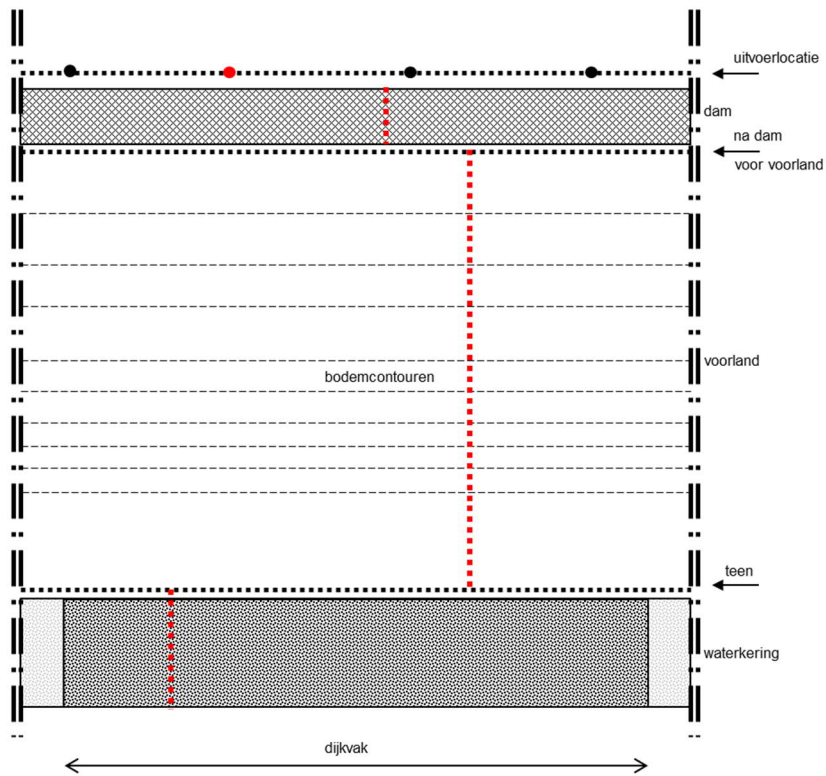
<sup>13</sup> Met Ringtoets/Riskeer kan de hydraulische belasting per uitvoerlocatie bepaald worden in de vorm van de marginale statistiek van respectievelijk waterstand, golfhoogte en golfperiode.

<sup>14</sup> De score wordt doorgaans gunstiger omdat de golfhoogte - en daarmee de belasting - doorgaans gereduceerd wordt. Heel soms is echter sprake van shoaling die niet wordt afgevangen door breking. In die zeer specifieke gevallen neemt de golfhoogte iets toe en is juist sprake van een ongunstiger score.

dwarsdoorsnede



bovenaanzicht



Figuur 3.1 Voorbeeld van een mogelijke keuze van representatieve dijkdwarsdoorsnede, de uitvoerlocatie, de dam en het voorland (elk in rood aangegeven).

## 4. Schematiseren per vak

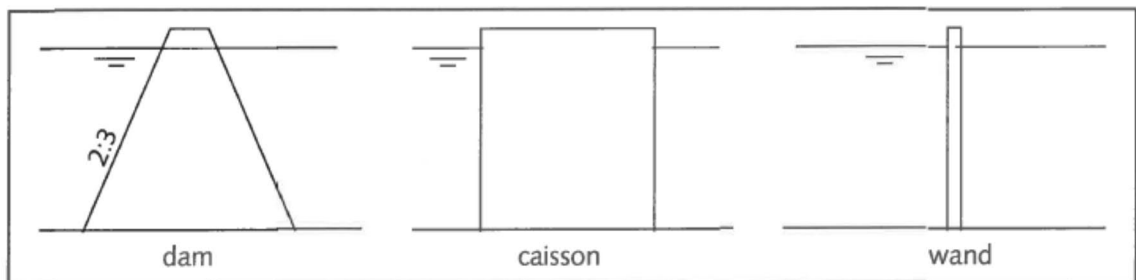
### 4.1 Schematisering dam

#### 4.1.1 Bepaal of een aanwezige dam geschematiseerd kan worden

Deze paragraaf behandelt de vraag "Dam aanwezig en schematiseerbaar?" in het schema van Figuur 2.1.

Indien er een dam aanwezig is tussen de uitvoerlocatie en de teen van de waterkering, dient men te bepalen of deze wel of niet geschematiseerd kan worden voor de rekenmethode van de gedetailleerde toets. Hierbij gelden de volgende eisen:

1. De dam dient als een trapeziumvormige dam, een caisson of een verticale wand te worden geschematiseerd, zie Figuur 4.1. De rekenmethode is niet geschikt voor een drijvende dam of drijvende golfbreker.



Figuur 4.1 Keuze uit drie damtypen: (1) dam, (2) caisson en (3) wand (bron: De Waal, 1999 [1])

2. Het bassin achter de dam is in zoverre open dat de waterstand achter de dam en voor de dam te allen tijde gelijk mag worden verondersteld.
3. Er zijn geen zodanige openingen in of naast de dam dat daar golfdoordringing door kan optreden die een significant aandeel kan vormen in de golfbelasting op het beschouwde dijkvak. Dan zal gebruik gemaakt moeten worden van de speciale instrumenten voor havens zie paragraaf 2.3 .
4. Er is geen voorland tussen de uitvoerlocatie en de dam aanwezig. Een voorland tussen de uitvoerlocatie (zie 4.2.1) en de dam kan niet in de gehanteerde rekenmethode worden verdisconteerd. De eventuele effecten van dit voorland op de golven (verandering in golfhoogte en -richting) worden dus niet in rekening gebracht.
5. De dam is standzeker (in het beschouwde scenario). De rekenmethode zelf houdt geen rekening met de mogelijkheid dat de dam onder zware golfbelasting vervormt of bezwijkt en daardoor de golfreducerende functie geheel of gedeeltelijk verliest. Men dient daarom als beoordelaar zelf na te gaan of de dam ook tijdens beschouwde extreme stormcondities in een zodanige staat aanwezig is dat dezelfde hydraulische respons valt te verwachten. In geval van twijfel over de standzekerheid van de dam wordt aanbevolen verschillende scenario's te beschouwen, waarbij in één van die scenario's geen rekening wordt gehouden met de dam. Voor het controleren van de standzekerheid van de dam wordt verwezen naar het WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid.

Het is gewenst om een dam die in de beoordeling wordt meegenomen ook in de legger vast te leggen.

#### 4.1.2 Schematiseer de dam

De dam dient geschematiseerd te worden met behulp van twee parameters: het type dam en de hoogte van de dam (preciezer: het niveau van de kruin van de dam).

Bij het type dam bestaat de keuze uit een trapeziumvormige dam, een caisson of een verticale wand. Een overzicht hiervan is gegeven in Figuur 4.1. Indien het niet helder is met welk type de dam geschematiseerd dient te worden dient een conservatieve keuze gemaakt te worden. Bij een kruin onder de verwachte maatgevende waterspiegel is de meest conservatieve keuze het type 'wand'. Bij een kruin boven de verwachte waterspiegel is de meest conservatieve keuze het type 'dam'.

De hoogte van de dam dient opgegeven te worden in m + NAP. In geval van variërende kruinhoogte dient de laagste waarde gehanteerd te worden. Het gaat bij de kruinhoogte in principe om een zo accuraat mogelijke weergave van de actuele situatie op het tijdstip van de beoordeling, bij voorkeur gebaseerd op recente metingen. Alleen als op korte termijn significante verandering verwacht wordt (door zetting of klink, zoals het geval kan zijn bij een zeer recent gebouwde dam) dan wordt aanbevolen hier bij de beoordeling rekening mee te houden.

#### 4.2 Schematisering voorland

##### 4.2.1 Bepaal of het voorland geschematiseerd kan worden

Deze paragraaf behandelt de vraag "Voorland aanwezig en schematiseerbaar?" in het schema van Figuur 2.1.

Indien er een voorland aanwezig is tussen de uitvoerlocatie en de teen van de waterkering, dient men te bepalen of dit wel of niet geschematiseerd kan worden voor de rekenmethode van de gedetailleerde toets. Hierbij gelden de volgende eisen:

- 1 Het voorland is langer dan ongeveer 50 m langs grote open wateren zoals de kust of langer dan ongeveer 10 m langs relatief smalle wateren zoals rivieren. Voor wateren met tussenliggende omvang (grootte van de strijk lengtes), kan een tussenliggende waarde voor de minimale voorlandlengte gehanteerd worden.
- 2 Het maximale bodemniveau van het voorland ligt significant hoger dan het bodemniveau ter plaatse van de gekozen representatieve uitvoerlocatie.
- 3 De bodemcontouren van het voorland lopen (ongeveer) parallel aan de waterkering.
- 4 De bodemhelling van het voorland is nergens steiler dan 1:10. Een negatieve helling (flauwer dan 1:10) is toegestaan.
- 5 Het minimale bodemniveau van het voorland ligt niet lager dan het bodemniveau van de gekozen representatieve uitvoerlocatie.
- 6 Het voorland is standzeker (in het beschouwde scenario).  
De rekenmethode zelf houdt geen rekening met de mogelijkheid dat het voorland vervormt of bezwijkt en daardoor de golfreducerende functie geheel of gedeeltelijk verliest. Men dient daarom als beoordelaar zelf na te gaan of het voorland ook tijdens beschouwde extreme stormcondities in een zodanige staat aanwezig is dat dezelfde hydraulische respons valt te verwachten<sup>15</sup>. In geval van twijfel over de standzekerheid van het voorland wordt aanbevolen verschillende scenario's te beschouwen, waarbij in één van die scenario's geen rekening wordt gehouden met het voorland. Voor het controleren van de standzekerheid van het voorland wordt verwezen naar het WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid.

<sup>15</sup> Als voorlanden honderden meters breed zijn en maar kleine delen niet standzeker zijn in de periode relevant voor de beoordeling of het ontwerp is het niet noodzakelijk een zeer zware analyse naar de standzekerheid te doen. Belangrijke gegevens voor een dergelijke analyse zijn observaties in het veld naar erosiesnelheden en opgetreden afschuivingen in het gebied.

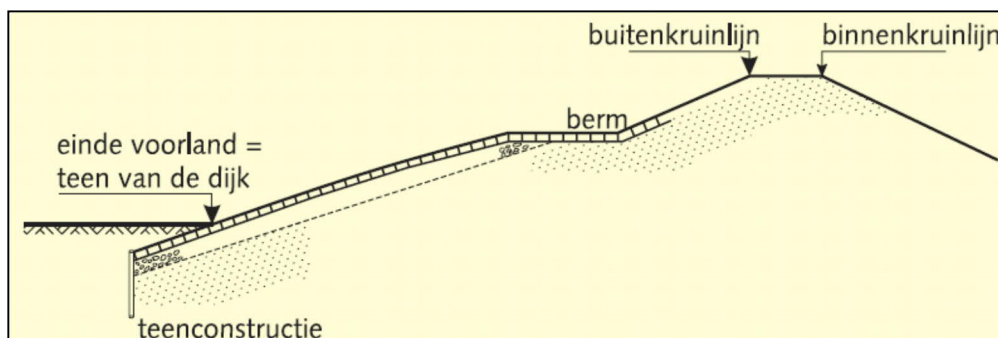
Eis 2 is niet van toepassing bij gebruik van uitvoerlocaties waar:

- de hydraulische golfbelastingen van WBI 2017 met de Bretschneider golfmodellering zijn bepaald, en
- het bodemniveau significant hoger is dan het gemiddelde bodemniveau over de langste strijklengteraaien naar deze uitvoerlocatie.

#### 4.2.2 Schematiseer het voorland

Bij het schematiseren dienen - naast de eisen in paragraaf 4.2.1 - de volgende regels in acht te worden genomen:

1. Het bodemprofiel van het voorland wordt geschematiseerd in de vorm van een reeks x,z punten die onderling zijn verbonden met rechte lijnen. De x-as ligt loodrecht op de dijkas (en daarmee tevens ongeveer loodrecht op de bodemcontourlijnen, zie paragraaf 4.2.1). De z-waarden worden opgegeven in m + NAP.
2. Het gaat bij het geschematiseerde voorlandbodempfiel in principe om een zo accuraat mogelijke weergave van de actuele situatie op het tijdstip van de beoordeling, bij voorkeur gebaseerd op recente metingen. Alleen in bijzondere gevallen - zoals bij een zandstrandje aansluitend op het dijktafval - wordt aanbevolen in de bodemschematisering rekening te houden met lokale bodemerosie tijdens de extreme situaties die bij beoordeling aan de orde zijn.
3. In geval van kleine variatie in het bodemprofiel voor het beschouwde dijkvak dienen binnen deze variatie de lage bodemniveau-waarden gehanteerd te worden in de voorlandschematisering.
4. De horizontale afstand tussen twee opeenvolgende punten is tenminste 10 m.
5. Het bodemniveau van het buitenste punt van het voorland sluit aan bij het bodemniveau van de gekozen representatieve uitvoerlocatie.
6. Als een dam geschematiseerd is, dan vervalt voorgaande regel, maar dan mag dit buitenste bodemniveau niet hoger zijn dan de kruin van de dam. Hierbij dient men erop bedacht te zijn dat de refractie in dit geval niet goed wordt berekend. Dus wanneer in zo'n geval de maatgevende situatie gekenmerkt wordt door zeer scheef invallende golven, dan is het rekenresultaat niet betrouwbaar.
7. Het minimale bodemniveau van het voorland ligt niet lager dan het bodemniveau van het buitenste punt van het voorland.
8. Het binnenste punt van het voorland sluit aan op de waterkering en vormt de teen, zie Figuur 4.2.



Figuur 4.2 Definitie van de teen van de dijk (bron: TRGG [6])

Indien men de indruk heeft dat het niet mogelijk is om een profiel te schematiseren dat aan de regels voldoet, dan mag het voorland niet worden geschematiseerd.

#### 4.3 Controle betrouwbaarheid score 'voldoet'

Indien zonder dam en/of voorland een toetsscore 'voldoet niet' wordt verkregen en met dam en/of voorland een toetsscore 'voldoet', dan dient een controle uitgevoerd te worden of die laatste score wel betrouwbaar is. Het gaat hierbij specifiek om de vraag of de toename van golfenergie door wind tussen een geschematiseerde dam en de dijkteen wel of niet verwaarloosd mag worden.

De controle bestaat uit de volgende stappen:

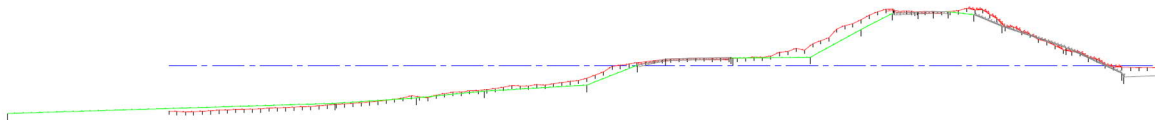
- 1) Bepaal de volgende kenmerken van de voor de beoordeling maatgevende condities:
  - a) windrichting
  - b) windsnelheid
  - c) waterstand
  - d) golfhoogte  $H_a$  bij de dijkteen
- 2) Bepaal de effectieve strijklengte tussen de dam en de dijkteen bij de maatgevende windrichting
- 3) Bepaal een representatief bodemniveau: het gemiddelde niveau tussen de dam en de dijkteen
- 4) Bepaal met behulp van de golfgroeiformule van Bretschneider de golfhoogte  $H_b$  bij de dijkteen ten gevolge van lokale wind. Gebruik hierbij de eerder gevonden windsnelheid, effectieve strijklengte en waterdiepte (= waterstand - bodemniveau).
- 5) Vergelijk de schatting van de werkelijke golfhoogte bij de teen ( $H_{tot} = \sqrt{H_a^2 + H_b^2}$ ) met de in de beoordeling gebruikte golfhoogte ( $H_a$ ). Indien men inschat dat dit verschil een andere toetsscore (d.w.z. 'voldoet niet') zou kunnen opleveren, dan moet de gevonden score 'voldoet' als onbetrouwbaar bestempeld worden.

De laatste stap kan ook gebruikt worden om te verifiëren dat de "extra" golfhoogte ten gevolge van damuiteinden of damopeningen de toetsscore niet beïnvloedt. De "extra" golfhoogte kan worden bepaald met diffractieformules en –diagrammen uit de vakliteratuur, zie bijvoorbeeld [2].

## 5. Voorbeeld

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een eenvoudig fictief voorbeeld gegeven van het schematiseren van een voorland. In dit voorbeeld is geen dam aanwezig. Een indruk van het gecombineerde profiel van de dijk en het voorland is gegeven in Figuur 5.1. Hoewel dit niet in deze figuur is aangegeven loopt het voorland aan de linkerzijde verder door.



Figuur 5.1 Impressie profiel van dijk met voorland

In de volgende paragrafen worden de stappen van de te doorlopen procedure (Figuur 2.1) behandeld.

### 5.2 Vakindeling, koppeling uitvoerlocatie en toets exclusief dam, voorland

Het schematiseren van het voorland - met alle afwegingen en controles die daarbij gemaakt moeten worden - dient strikt genomen voor alle relevante toetsporen (zie paragraaf Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.) afzonderlijk uitgevoerd te worden. Voor diverse dijkstrekkingen kan in de praktijk echter ingeschat worden dat de combinatie van:

- specificatie van een dijkvak (met representatieve dwarsdoorsnede daarin),
- koppeling van het dijkvak aan een uitvoerlocatie en
- schematisering van het voorland

voor meerdere toetsporen gebruikt kan worden. Dat is ook in dit voorbeeld het geval: de kenmerken van de dijk (oriëntatie, profiel, bekleding) en het voorland variëren nauwelijks in langsricting. De variatie in langsricting in de hydraulische condities op de uitvoerlocaties is echter niet verwaarloosbaar. Dit blijkt uit de marginale statistiek van de waterstand en de golfhoogte op de reeks uitvoerlocaties voor de dijkstrekking. De indeling in dijkvakken wordt in dit geval daarom bepaald door de ligging van de uitvoerlocaties, die bij deze dijkstrekking een tussenafstand van 100 m hebben.

In dit voorbeeld wordt besloten rekening te houden met de mogelijkheid dat voor tenminste één van de relevante toetsporen het resultaat van de toets exclusief dam, voorland niet 'Voldoet' is. Nadat de schematisering is klaargezet voor de verschillende toetsporen en vakken kan per afzonderlijke combinatie van toetsspoor en vak de feitelijke beoordeling worden doorlopen. Daarbij kan in de gedetailleerde toets alsnog eerst de 'Toets exclusief dam, voorland' uitgevoerd worden: daartoe kan in Ringtoets een rekenscenario gespecificeerd worden. Voor geotechnische mechanismen is deze functionaliteit al in Riskeer aanwezig, voor andere mechanismen zoals GEKB en Kunstwerken moet dit nog gerealiseerd worden.

### 5.3 Dam aanwezig en schematiseerbaar?

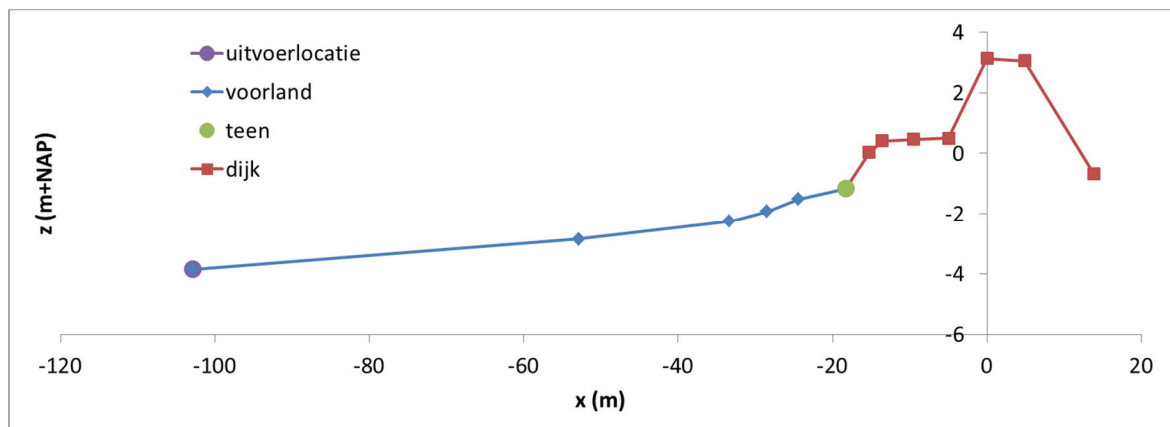
Nee: in dit voorbeeld is geen dam aanwezig en is een schematisering van een dam dus niet aan de orde.

### 5.4 Voorland aanwezig en schematiseerbaar?

Ja, er is een voorland aanwezig. De brondata voor het profiel van de dijk en het voorland zijn gegeven in Tabel 5.1 en Figuur 5.2.

Tabel 5.1: Brondata profiel dijk en voorland

x [m]	z [m+NAP]	Punt	Volgend profieldeel	1:m, m=	dx [m]
-102,89	-3,85	uitvoerpunt	voorland	50,00	50
-52,89	-2,85	voorlandprofielpunt	voorland	32,60	19,56
-33,33	-2,25	voorlandprofielpunt	voorland	14,76	4,87
-28,46	-1,92	voorlandprofielpunt	voorland	10,08	4,03
-24,43	-1,52	voorlandprofielpunt	voorland	17,06	6,14
-18,29	-1,16	teen	dijk	2,55	3,03
-15,26	0,03	dijkprofielpunt	dijk	4,47	1,7
-13,56	0,41	dijkprofielpunt	dijk	80,00	4
-9,56	0,46	dijkprofielpunt	dijk	115,50	4,62
-4,94	0,5	dijkprofielpunt	dijk	1,88	4,94
0,00	3,13	dijkprofielpunt	dijk	-60,75	4,86
4,86	3,05	dijkprofielpunt	dijk	-2,41	8,96
13,82	-0,67	dijkprofielpunt			



Figuur 5.2 Dwarsprofiel op basis van brondata dijk met voorland

Allereerst wordt gecontroleerd of het voorland voldoet aan de eisen die zijn genoemd in Paragraaf 4.2.1. Dat aan de eerste vijf eisen wordt voldaan, kan worden afgeleid uit de brondata zoals gegeven in Tabel 5.1. De controle of aan de zesde eis wordt voldaan (de standzekerheid van het voorland) wordt in dit voorbeeld niet behandeld. Hiervoor moet gebruik gemaakt worden van het WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid.

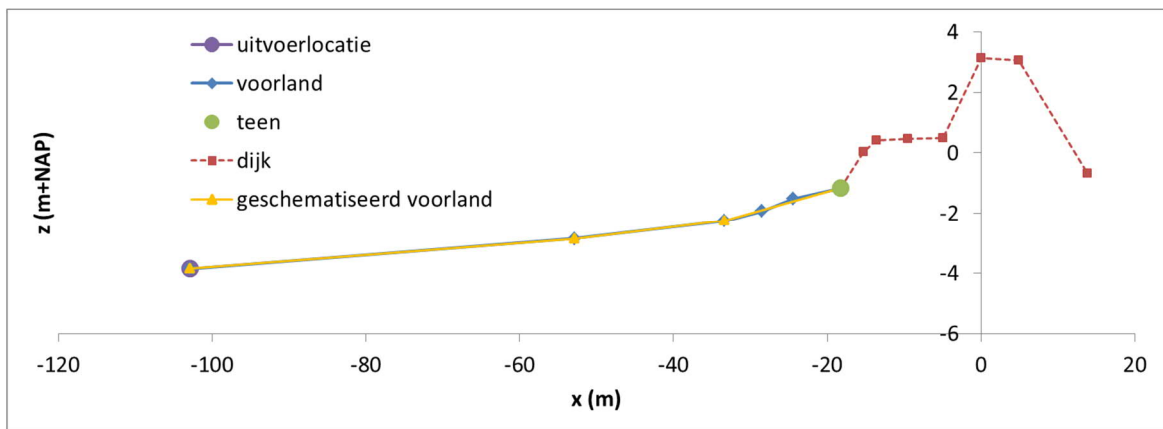
Het blijkt dat aan alle eisen uit Paragraaf 4.2.1 wordt voldaan. Vervolgens kan het voorland worden geschematiseerd, zoals beschreven in Paragraaf 4.2.2.

De schematisering is in dit geval relatief eenvoudig. De brondata is als representatief verondersteld. Indien de brondata (x-z waarden) geheel worden overgenomen is er echter een conflict met de tweede eis in Paragraaf 4.2.2 ('horizontale afstand tussen twee opeenvolgende punten is tenminste 10 m'). Om die reden zijn twee datapunten ( $x = -28.46$  m en  $x = -24.43$  m) verwijderd. Dit blijkt mogelijk zonder de vorm van het voorland geweld aan te doen. Zie Tabel 5.2 en Figuur 5.3.

Tabel 5.2: Geschematiseerd voorland

x [m]	z [m+NAP]	Punt	Volgend profieldeel	1:m, m=	dx [m]
-102,89	-3,85	uitvoerpunt	voorland	50,00	50
-52,89	-2,85	voorlandprofielpunt	voorland	32,60	19,56
-33,33	-2,25	voorlandprofielpunt	voorland	13,80	15,04
-18,29	-1,16	teen			





Figuur 5.3 Dwarsprofiel met geschematiseerd voorland

Het geschematiseerde voorland is nogmaals gecontroleerd aan de hand van de acht eisen welke zijn beschreven in Paragraaf 4.2.2 en voldoet hieraan.

5.5 Dam en/of voorland geschematiseerd?  
Ja, er is een voorland geschematiseerd.

5.6 Toets inclusief dam, voorland  
De schematisering van het voorland is nu beschikbaar. Zoals in paragraaf 5.2 is beschreven, kan deze schematisering in dit voorbeeld voor meerdere toetssporen en vakken gebruikt worden. De feitelijke beoordeling dient nog steeds wel per toetsspoor en dijkvak afzonderlijk uitgevoerd te worden door het stappenplan van Figuur 2.1 te doorlopen. Daarbij kan het zijn dat al zonder het voorland in rekening te brengen<sup>16</sup> een toetsresultaat 'voldoet' wordt verkregen. In die gevallen is de toets inclusief het voorland niet meer nodig.

Let op dat bij Hydra-NL dam, voorland en dijklichaam in een schematisering zitten en bij Riskeer in twee schematiseringen zitten. Het format is bijna gelijk. Dit kan verwarring opleveren. Via de profielgenerator op github kunnen de profielen vertaald worden

5.7 Controle betrouwbaarheid score  
Voor de controle van de betrouwbaarheid van de toetsscore zijn alleen handvatten beschikbaar indien sprake is van een geschematiseerde dam (zie paragraaf 4.3). Dat is in onderhavig voorbeeld niet van toepassing.

<sup>16</sup> Dat is een optie in RingToets, zie ook paragraaf 5.2.

## Verantwoording

Deze handleiding is in opdracht van Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving opgesteld door Deltares. Dit document is als onderdeel van het WBI 2017 besproken met keringbeheerders in de WBI-coördinatiegroep en beoordeeld door de ENW Voorbereidingsgroep WBI 2017.

Schrijver:

J.P. de Waal (Deltares).

Regie 2016:

J. van der Hammen (RWS).  
K.S. Lam (Deltares).  
M.M. de Visser (Arcadis).

Eindredactie 2016:

R. 't Hart (Deltares).  
A. Bizzarri (RWS).  
M. Hazelhoff (RWS).

Review 2019:

R. Slomp (RWS).  
M. Bottema (RWS).  
Jan Jaap Heerema (RWS)  
D. de Bake (RWS)

Eindcontrole 2019:

R.M. Slomp (RWS).  
D. de Bake (RWS)

## A Literatuur

- [1] Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied, Deelrapport 9 Modelling dammen, voorlanden en golfoploop. J.P. de Waal. Rijkswaterstaat-RIZA, rapport 99.046, ISBN-90-369-5270-0. Lelystad, 25 maart 1999.
- [2] Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied. Een gedetailleerde methode voor het bepalen van golfbelastingen voor het toetsen van waterkeringen. Rijkswaterstaat-RIKZ, rapport 2004.001, 15 februari 2004.
- [3] Handleiding datamanagement WBI 2017. Rijkswaterstaat - Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.
- [4] Handreiking schematisatie dijkprofielen, voorlanden en dammen. Golfoverloop en golfoverslag, RWsOSMer. P. van Steeg, A.S. Smale, Deltares, 12008217-000-HYE-0004, versie 1, definitief. Delft, september 2013.
- [5] Software Package: DaF module. Dam and Foreshore module, Theoretical Documentation. J. Kramer, Deltares. Delft, 2016.
- [6] Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken. (TRGG) Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. Uitgave Rijkswaterstaat-DWW. Delft, mei 2002.