



Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijken

WBI 2017

Datum	1 december 2016
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Informatie	Helpdesk Water, www.helpdeskwater.nl
Contact	helpdeskwater@rws.nl
Uitgevoerd door	Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving
Datum	1 december 2016
Status	Definitief
Versienummer	2.0

Inhoud

Schematiseringshandleidingen en WBI 7

1. Inleiding Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen 9

- 1.1 Uitgangspunten 9
- 1.2 Afbakening 10
- 1.3 Opbouw 10

2. Stappenschema 11

- 2.1 Inleiding 11
- 2.2 Eenvoudige toets 11
- 2.3 Gedetailleerde toets 11
- 2.4 Toets op maat 16

3. Vakindeling 17

4. Schematiseren per vak 19

- 4.1 Schematisering dam 19
 - 4.1.1 Bepaal of een aanwezige dam geschematiseerd mag worden 19
 - 4.1.2 Schematiseer de dam 19
- 4.2 Schematisering voorland 20
 - 4.2.1 Bepaal of het voorland geschematiseerd mag worden 20
 - 4.2.2 Schematiseer het voorland 20
- 4.3 Controle betrouwbaarheid score 'voldoet' 21

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

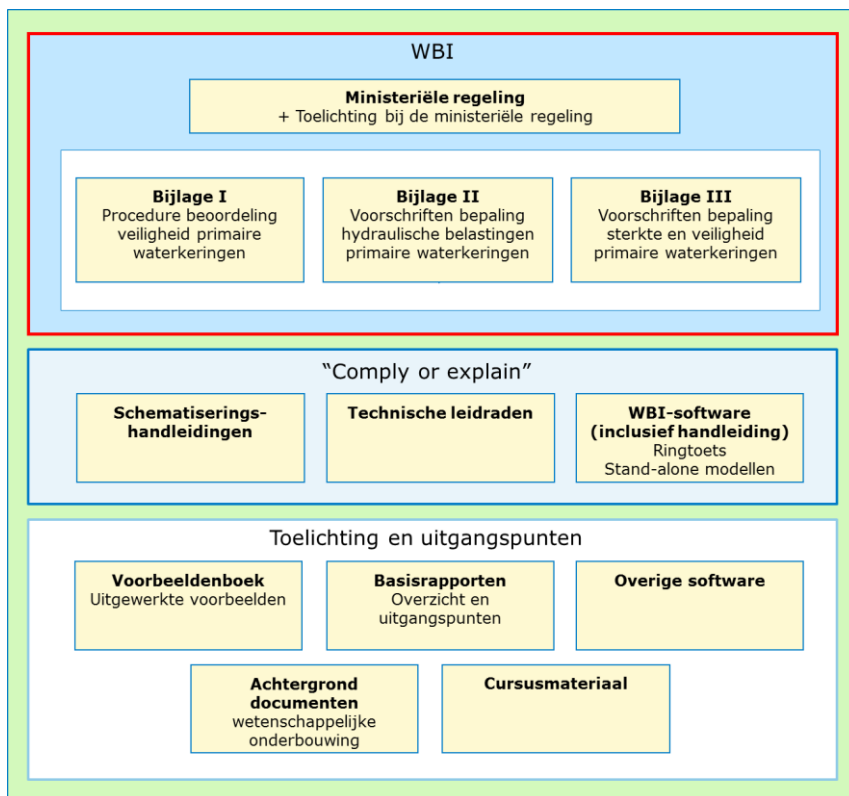
A Literatuur 27

Schematiseringshandleidingen en WBI

Deze schematiseringshandleiding is opgesteld in het kader van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (hierna: WBI 2017 of WBI). Het WBI voor de beoordelingsronde 2017-2023 bestaat uit de ministeriële regeling en 3 bijlagen. Die drie bijlagen zullen verder worden aangeduid als:

- *WBI 2017 Bijlage I Procedure.*
- *WBI 2017 Bijlage II Hydraulische belastingen.*
- *WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid.*

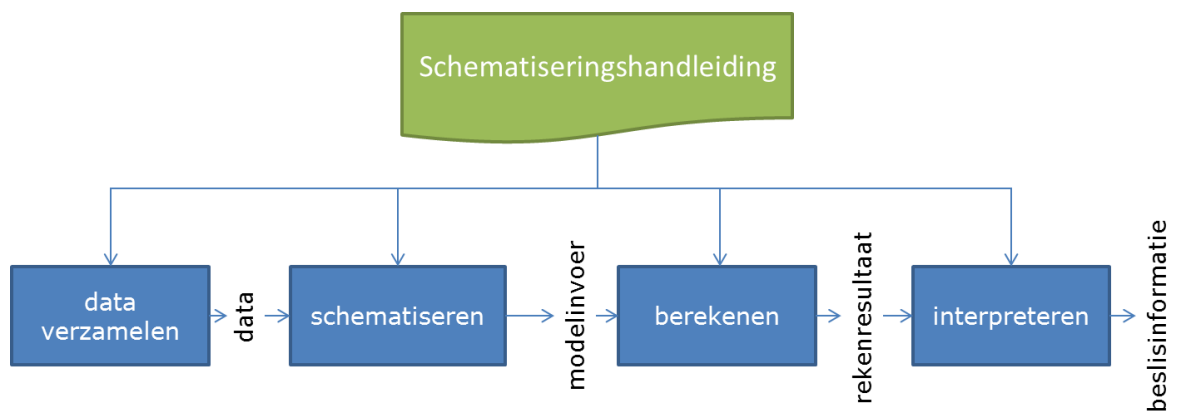
Het WBI bevat de voorschriften voor het uitvoeren van de beoordeling. In deze voorschriften wordt verwezen naar een aantal documenten en applicaties die de beheerder moet gebruiken bij het uitvoeren van de beoordeling, waaronder de schematiseringshandleidingen en de WBI software. Een overzicht van de structuur van het WBI en de daaraan gerelateerde documenten staat in Figuur 1.



Figuur 1 Het WBI 2017 en daaraan gerelateerde documenten

Doel

Het uitvoeren van een toets (eenvoudige toets, gedetailleerde toets per vak of toets op maat) voor het beoordelen van primaire waterkeringen bestaat op hoofdlijnen uit vier activiteiten, zie Figuur 2. In een schematiseringshandleiding wordt, gegeven een rekenmethode of model, de samenhang aangegeven tussen deze vier activiteiten: welke data benodigd is, hoe moet worden geschematiseerd, welke software hiervoor beschikbaar is en in sommige gevallen hoe de resultaten kunnen worden geïnterpreteerd.



Figuur 2 Activiteiten verbonden met een toets

De activiteit schematiseren wordt hier gedefinieerd als het vertalen van de gegevens over de waterkering naar invoer voor de methode (meestal een rekenmodel al dan niet in software) waarmee de toets wordt uitgevoerd. De gegevens kunnen meetgegevens zijn uit het veld of het laboratorium, ontwerp- of revisietekeningen zijn, maar kunnen ook kennis en ervaring betreffen. Bij het schematiseren speelt de beschikbare hoeveelheid gegevens en de kwaliteit ervan een grote rol. Bij weinig gegevens is de schematisering grof of globaal en met een grote onzekerheid. Naarmate er meer en betere gegevens beschikbaar zijn, wordt de schematisering fijner en preciezer.

Het doorlopen van de vier activiteiten is in veel gevallen een iteratief proces. Zeker als ervoor wordt gekozen om te starten met een grove schematisering. In de vierde activiteit wordt bekeken of door het inwinnen van extra gegevens en/of het verfijnen van de schematisering, het resultaat van de derde activiteiten kan worden aangescherpt. Het is uiteraard ook mogelijk om meteen te kiezen voor een gedetailleerde schematisering.

De schematiseringshandleiding geeft aanwijzingen voor het type en de benodigde hoeveelheid aan onderzoek om tot een goede schematisering te kunnen komen. Verder ondersteunt de schematiseringshandleiding gebruikers in het omzetten van (veld)gegevens naar de juiste rekenparameters en goede schematiseringen die in de toets kan worden toegepast. De wijze waarop gegevens ingewonnen moeten worden (bijvoorbeeld hoe veldonderzoek of laboratoriumonderzoek uitgevoerd wordt) wordt slechts summier behandeld.

Deze handleiding is specifiek opgesteld voor het beoordelen van primaire waterkeringen en kan daarom niet zomaar worden toegepast voor andere doeleinden (regionale keringen, ontwerp, et cetera). Onderdelen van de schematiseringshandleiding zijn mogelijk wel toepasbaar voor andere doeleinden, maar op punten zal deze handleiding niet van toepassing of onvolledig zijn.

Uitgangspunten

Voor alle schematiseringshandleidingen gelden de volgende uitgangspunten:

- Voor de gegevens die in het rekenmodel voor het toetsspoor worden ingevoerd wordt een format voorgeschreven. Het format sluit aan bij de Aquo standaard. Verdere informatie hierover is te vinden in de Handleiding datamanagement WBI [3].
- Deze schematiseringshandleiding ondersteunt gebruikers in het omzetten van (veld)gegevens naar de juiste rekenparameters en goede schematiseringen die in de beoordelingsmethoden kunnen worden toegepast.
- Deze schematiseringshandleiding geeft tevens aanwijzingen voor default waarden die voor parameters aangehouden kunnen worden als meetgegevens niet aanwezig zijn.

Doelgroep

De schematiseringshandleiding is geschreven voor een deskundig gebruiker die bekend is met de voorschriften en de (deel)faalmechanismen en modellen die van toepassing zijn voor deze schematiseringshandleiding.

1. Inleiding Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen

1.1 **Uitgangspunten**

Deze handleiding is een hulpmiddel bij het schematiseren van dammen en voorlanden in het kader van de beoordeling van primaire waterkeringen.

Bij de beoordeling 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 kan het verstandig zijn 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.

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.

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*:

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

Gemeenschappelijk kenmerk van deze toepassingen is de rol van golven. In toetssporen 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 toetssporen deze wordt gebruikt (mits de vakindeling voor de verschillende toetssporen voldoende overeenstemt, zie Hoofdstuk 3). Daarom is het veelal mogelijk dat één schematisering voor meerdere toetssporen gebruikt kan worden.

Onderhavige handleiding heeft betrekking op het schematiseren van een dam en/of voorland in de rekenmethode voor de verdiscontering in de *gedetailleerde toets* van bovengenoemde sporen. Deze rekenmethode 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.

Voor de rekenmethode voor het verdisconteren van het effect van een dam en/of voorland vormt de rekenmethode van het concept WTI2011 het uitgangspunt. Vanuit dit uitgangspunt is alleen de rekenmethode voor het voorland inhoudelijk aangepast: deze is vereenvoudigd. De te hanteren wijze van schematiseren komt nog wel grotendeels overeen met die voor het concept WTI2011.

1.2

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)¹.

1.3

Opbouw

De opbouw van de handleiding is als volgt:

Onderwerp	Locatie
Stappenplan	Hoofdstuk 2
Vakindeling	Hoofdstuk 3
Schematisering per vak	Hoofdstuk 4
Voorbeeld	Hoofdstuk 5

Het *stappenschema in hoofdstuk 2* vormt de basis van de schematiseringshandleiding. 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 schematiseringshandleiding 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*.

¹ *Bijvoorbeeld bij het toetsspoor stabiliteit steenbekleding moet - naast de in deze schematiseringshandleiding beschouwde voorlandsschematisering - een voorlandsschematisering gegeven worden die niet is bedoeld voor de transformatie van de hydraulische belastinginformatie van de uitvoerlocatie naar de dijkteen. Dergelijke voorlandsschematiseringen vallen buiten de scope van onderhavig document.*

2. Stappenschema

2.1 Inleiding

Voor het schematiseren van eventuele voorlanden en dammen ten behoeve van het bepalen van de hydraulische belasting is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is schematisch weergegeven in Figuur 2.1. Iedere genoemde stap is verder uitgewerkt in deze handleiding.

Binnen de *gedetailleerde toets* kan het effect van een dam en/of voorland alleen op sterk vereenvoudigde wijze in rekening worden gebracht. Zoals later (in paragraaf 2.3 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*. In paragraaf 2.4 wordt daar kort op ingegaan.

2.2 Eenvoudige toets

Voor de *eenvoudige toets* is schematisering van een dam of voorland uitsluitend aan de orde voor de toetssporen Grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI) en Microstabiliteit (STMI). De schematisatie geschiedt dan volgens de beschrijving in paragraaf **Error! Reference source not found.**

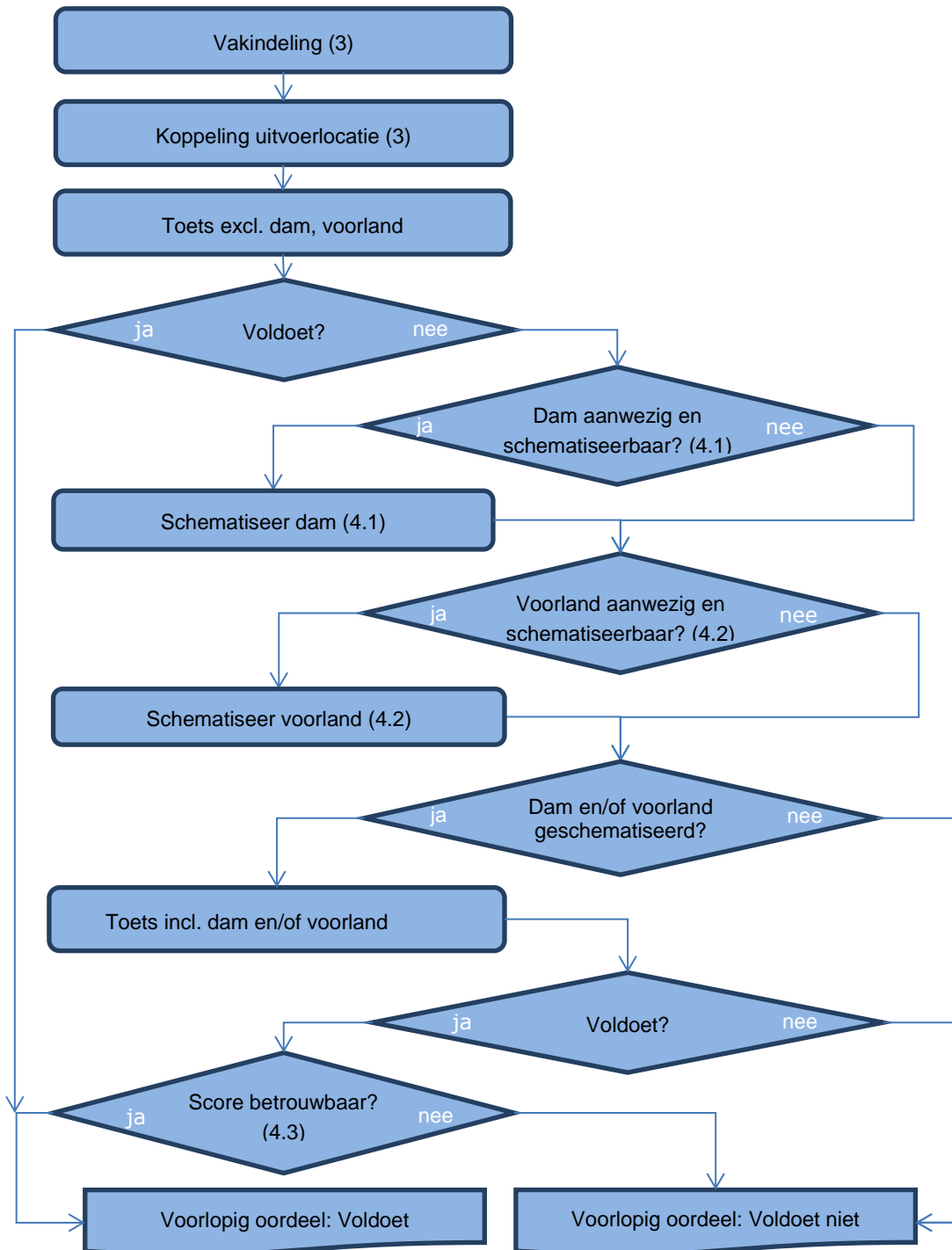
2.3 Gedetailleerde toets

In de *gedetailleerde toets* moet in principe rekening worden gehouden met het effect van een eventueel dam en/of voorland op de hydraulische belasting op de waterkering. Hierbij geldt een aantal uitzonderingen:

- Er hoeft geen rekening mee gehouden te worden indien het toetsoordeel zónder die dammen en voorlanden reeds 'voldoet' is.
- Er mag geen rekening mee gehouden worden indien de dam en/of het voorland niet standzeker is bij de normcondities.

Daarnaast bestaan er diverse gevallen waar het in rekening brengen - met de in de *gedetailleerde toets* 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.

Het bovenstaande komt ook tot uiting in het stappenplan voor de schematisering van dammen en voorlanden in de *gedetailleerde toets*, 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.



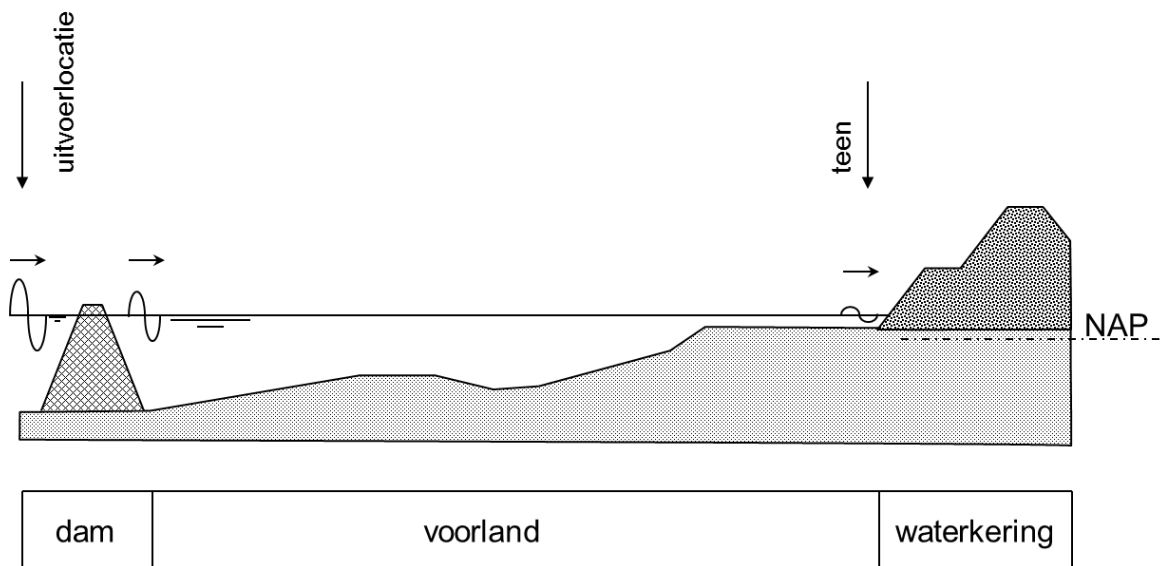
Figuur 2.1 Stappenschema: schematiseren voorlanden en dammen

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 maakt deel uit van de transformatie van hydraulische condities op de uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering binnen de *gedetailleerde toets*. Deze schematisering is potentieel van belang voor alle toets- en analyse-sporen waar golfcondities bij de teen een rol spelen.

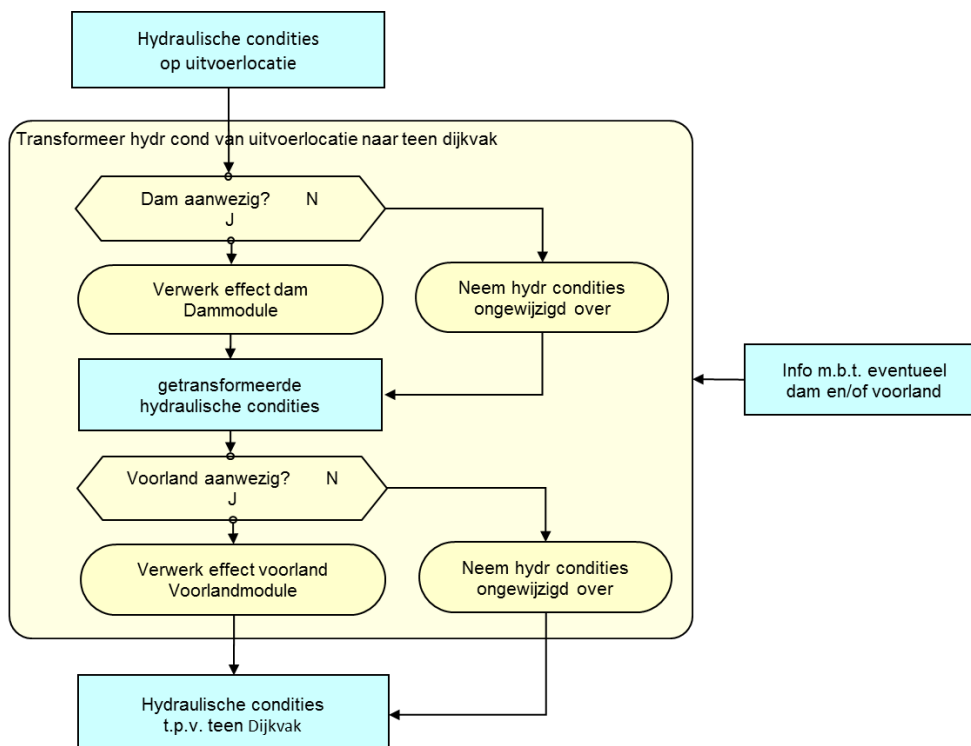
Voor het schematiseren zijn de begrippen 'uitvoerlocatie', 'teen van de dijk', 'dam' en 'voorland' de belangrijkste. Deze worden derhalve hieronder nader omschreven, zie ook Figuur 2.2.



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 in 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 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 waarin de betreffende bewerking is geïmplementeerd.

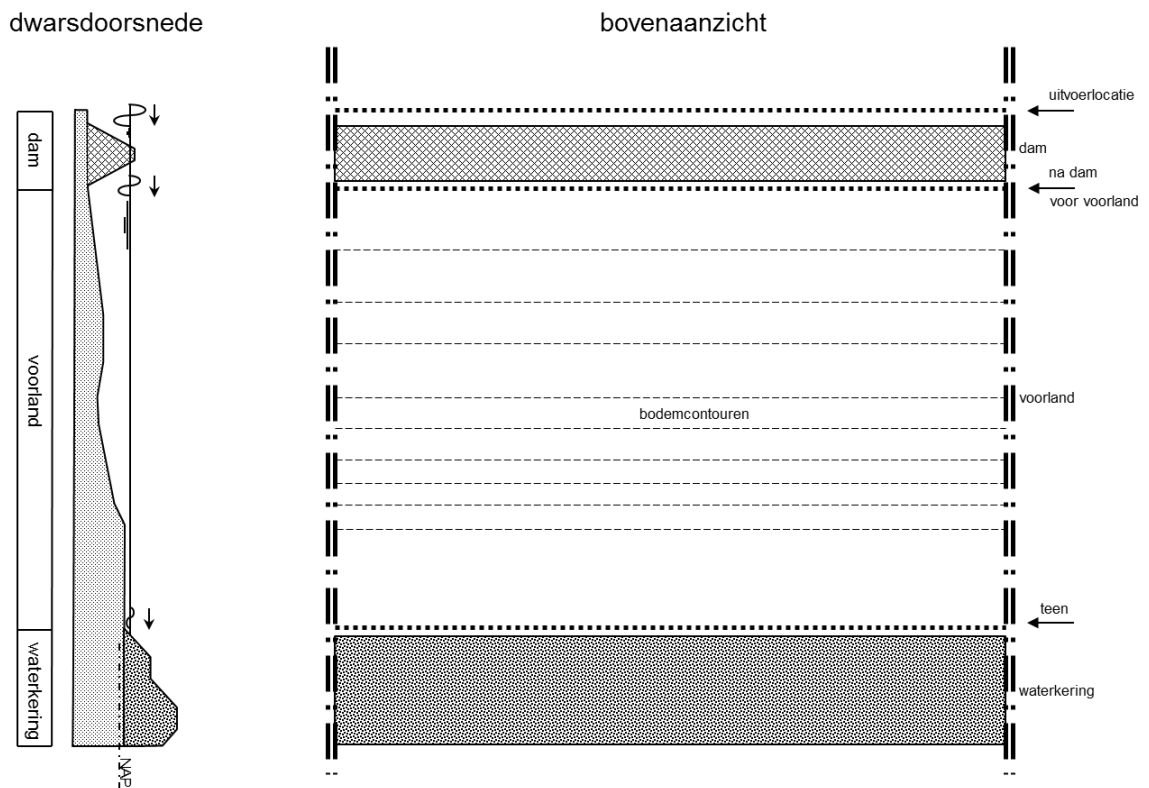
Tabel 2.1 geeft aan van welke hydraulische parameters de waarde kan veranderen in de gehanteerde rekenmethode door een dam en door een voorland. Hieruit blijkt ondermeer dat in de gehanteerde rekenmethode de waterstand hoe dan ook ongewijzigd blijft.

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
golfhoogte	ja	ja
golfperiode	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.



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 opening².
- 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.
- Een sterke golfreductie door een dam.

Andere beperkingen van de rekenmethode zijn:

² *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.*

- 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.

2.4

Toets op maat

In diverse gevallen - waaronder havenbekkens - zijn berekeningen met meer geavanceerde modellen nodig om de effecten van een dam en/of voorland te verdisconteren en daarmee een accurate beoordeling te krijgen. Dat is in de meeste gevallen werk voor specialisten. Deze rekenexercitie maakt deel uit van de *toets op maat*.

De verwachting is echter dat - met name in havens - dergelijke berekeningen zo zullen worden opgezet dat in feite binnen het havenbekken nieuwe uitvoerlocaties worden gedefinieerd. 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.

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 te werken (zie hiervoor ook de schematiseringshandleiding van het desbetreffende faalmechanisme c.q. toetsspoor):

- 1 Kies een vrij groot dijkvak, 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 belasting³ 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 gunstiger⁴ score bereikt worden.

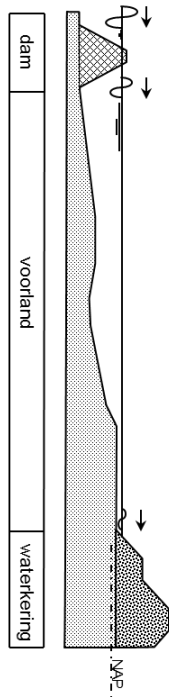
Bij het omgaan met een dam en/of voorland wordt aangesloten op bovenstaande gedachtengang. Dit betekent dat 'binnen' de gekozen dijkvakgrenzen afzonderlijke keuzes gemaakt kunnen worden voor de dijkdwarsdoorsnede, de uitvoerlocatie, de dam en het voorland. Deze vier onderdelen hoeven dus niet op één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

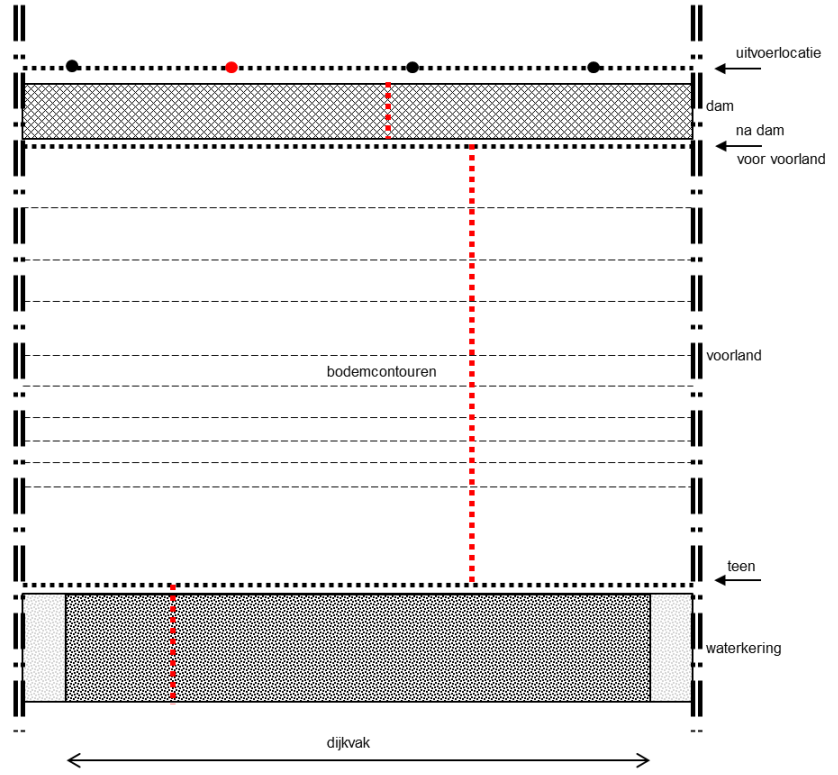
³ De hydraulische belasting per uitvoerlocatie is beschikbaar in de vorm van de marginale statistiek van respectievelijk waterstand, golfhoogte en golfperiode. Deze informatie kan overigens ook in Ringtoets opnieuw berekend worden.

⁴ 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

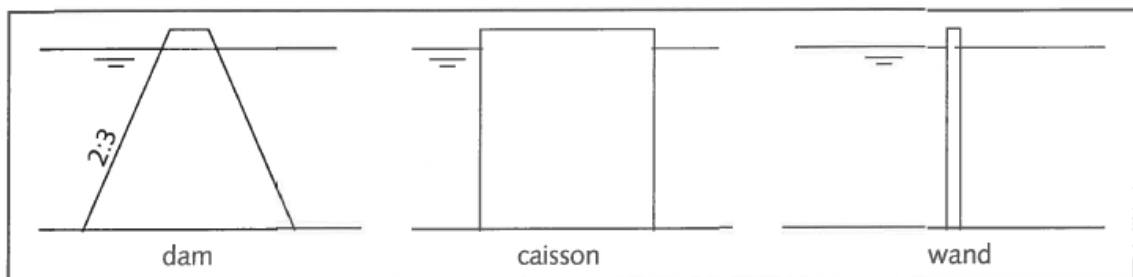
4.1 Schematisering dam

4.1.1 *Bepaal of een aanwezige dam geschematiseerd mag worden*

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

Indien er een dam aanwezig is dient men te bepalen of deze wel of niet geschematiseerd dient te worden. Hierbij gelden de volgende eisen:

1. De dam ligt tussen de uitvoerlocatie en de teen van de waterkering.
2. De dam dient als een trapeziumvormige dam, een caisson of een verticale wand te worden geschematiseerd, zie Figuur 4.1. De dam mag geen drijvende dam of drijvende golfbreker zijn.



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

3. 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.
4. 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. In geval van twijfel wordt aanbevolen de dam niet te schematiseren.
5. 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.
6. De dam is standzeker. Men dient na te gaan of de dam ook tijdens beschouwde extreme stormcondities in een zodanige staat aanwezig is dat dezelfde hydraulische respons valt te verwachten. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat de dam door een zware storm (golfaanval) bezwijkt en de golfreducerende functie verliest. In geval van twijfel over de standzekerheid van de dam, dan wordt aanbevolen de dam niet te schematiseren. 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 toetsing 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).

Het type dam dient geschematiseerd 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 toetsing, 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) kan wordt aanbevolen hier bij de toetsing rekening mee te houden.

4.2 Schematisering voorland

4.2.1 *Bepaal of het voorland geschematiseerd mag worden*

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

Indien er een voorland aanwezig is dient men te bepalen of dit wel of niet geschematiseerd dient te worden. Hierbij gelden de volgende eisen:

- 1 Het voorland is langer dan 50 m.
- 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.

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

- de hydraulische golfbelastingen van WBI 2017 met de Bretschneider golfmodellering zijn bepaald, èn
- 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 voorlandbodemprofiel in principe om een zo accuraat mogelijke weergave van de actuele situatie op het tijdstip van de toetsing, bij voorkeur gebaseerd op recente metingen. Alleen in bijzondere gevallen - zoals bij een zandstrandje aansluitend op het dijktalud - wordt aanbevolen in de bodemschematisering rekening te

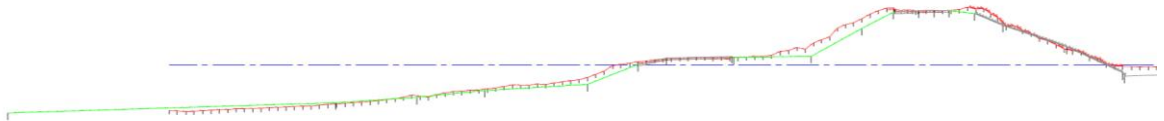
- 4) Bepaal met behulp van de golfgroeiformule van Bretschneider de golfhoogte H_b bij de dijkteen ten gevolge van lokale wind. Gebruik hierbij de eerder gevonden windsnelheid, effectieve strijklengte en waterdiepte (= waterstand - bodemniveau).
- 5) Vergelijk de schatting van de werkelijke golfhoogte bij de teen ($H_{tot} = \sqrt{H_a^2 + H_b^2}$) met de in de toetsing 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 toetssporen (zie paragraaf 1.1) *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 toetssporen 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 toetssporen het resultaat van de toets exclusief dam, voorland niet 'Voldoet' is. Nadat de schematisering is klaargezet voor de verschillende toetssporen en vakken kan per afzonderlijke combinatie van toetsspoor en vak de feitelijke toetsing 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.

5.3 Dam aanwezig en schematiseerbaar?

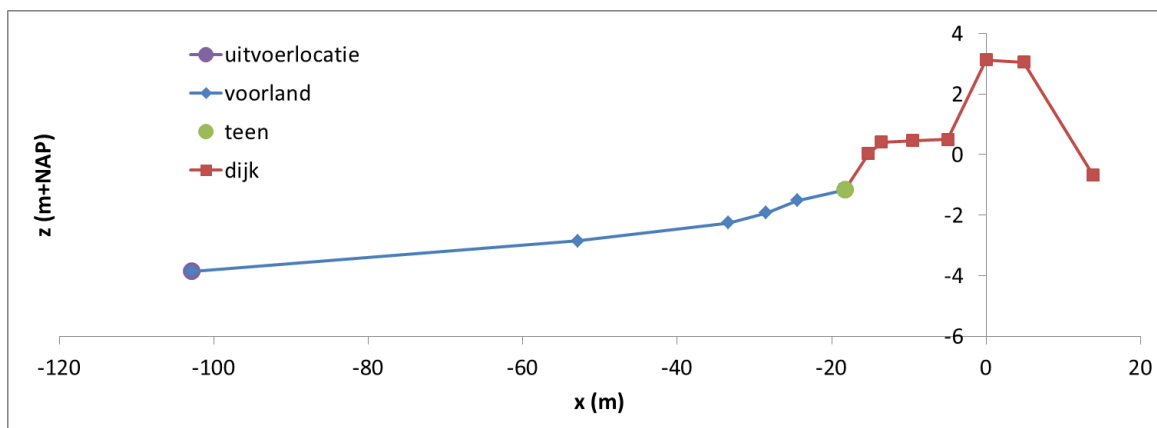
Nee: in dit voorbeeld is geen dam aanwezig en is een schematisering van een dam dus niet aan de orde.

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

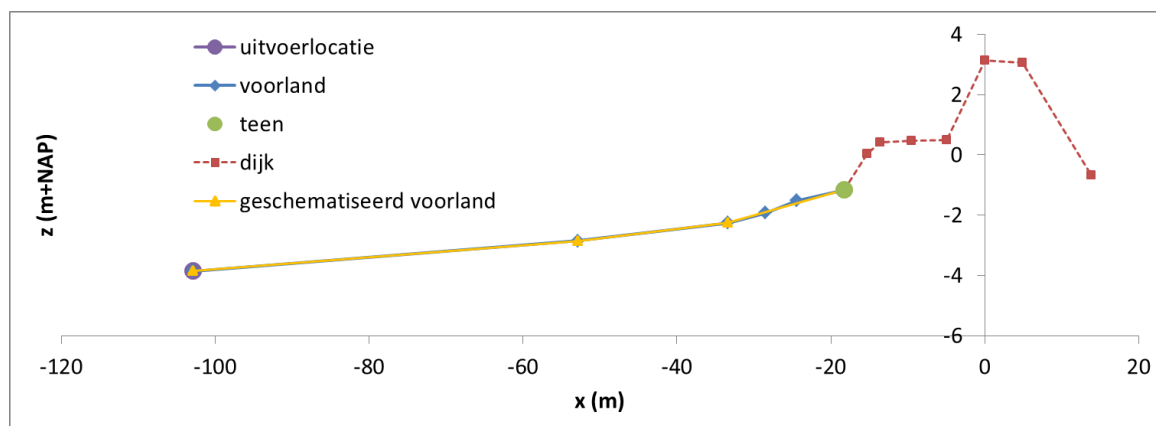
Allereerst wordt gecontroleerd of het voorland voldoet aan de eisen die zijn genoemd in Paragraaf 4.2.1. Dat aan de eerste vijf eisen wordt voldaan, kan worden afgeleid uit de brondata zoals gegeven in Tabel 5.1. De controle of aan de zesde eis wordt voldaan (de standzekerheid van het voorland) wordt 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 toetsing 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 brengen⁵ een toetsresultaat 'voldoet' wordt verkregen. In die gevallen is de toets inclusief het voorland niet meer nodig.

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.

⁵ Dat is een optie in RingToets, zie ook paragraaf 5.2.

Verantwoording

Deze *Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen* 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:

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

Review:

A.J. Smale (Deltares).
R. Slomp (RWS).
M. Bottema (RWS).

Eindredactie:

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

Eindcontrole:

R.M. Slomp (RWS).
J.G. Knoeff (Deltares).
M. Bottema (RWS).

A Literatuur

- [1] *Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied, Deelrapport 9 Modelleren 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 gebieden. 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. Golfoploop en golfoverslag, RWSOSMeren.* 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.