

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat RIZA

Advies technische aspecten Hydra-Zoet

Auteurs: Matthijs Duits
Abe Hoekstra

Inhoud

Lijst van figuren	ii
1 Inleiding	1
2 Verschillen Hydra-B en Hydra-VIJ.....	2
3 Veranderingen Hydra's voor Hydra-Zoet.....	6
3.1 Fundamentele aspecten voor Hydra-Zoet	6
3.2 Aanpassingen user interface.....	7
3.3 Voorkomen dubbele code.....	10
3.4 Aanpassingen rekenkernen	12
4 Rekenschema's Hydra-Zoet	15
4.1 Hoofdstructuur Hydra-Zoet	15
4.2 Rekenschema invoer rekenkern	16
4.3 Rekenschema Rekenen.....	17
4.3.1 Berekenen belastingniveaus	17
4.3.2 Bekenen frequentie verschillende hydraulische belastingniveaus	19
4.3.3 Rekenschema illustratiepunten	24
5 Referenties	25

Lijst van figuren

Figuur 4-1	Hoofdstructuur Hydra-Zoet met communicatie tussen user interface en rekenkern(en)	15
Figuur 4-2	Rekenschema invoerroutine	16
Figuur 4-3	Rekenschema Rekenen	17
Figuur 4-4	Rekenschema Berekenen belastingniveaus	18
Figuur 4-5	Rekenschema Berekenen overschrijdingsfrequentie voor hulpdijkhoogten	19
Figuur 4-6	Rekenschema berekenen overschrijdingsfrequentie	20
Figuur 4-7	Rekenschema voor het berekenen van de overschrijdingskansen gegeven een combinatie van de trage stochasten (bij Hydra-B alleen de afvoer, bij Hydra-VIJ de afvoer en het meerpeil)	21
Figuur 4-8	Rekenschema voor berekenen overschrijdingskans van een blok.....	23
Figuur 4-9	Rekenschema voor illustratiepunten	24

1 Inleiding

Conform de Wet op de Waterkering publiceert de minister van Verkeer en Waterstaat iedere vijf jaar de Hydraulische Randvoorwaarden, waarmee de primaire waterkeringen in Nederland getoetst moeten worden. De vigerende versie van de Hydraulische Randvoorwaarden dateert uit 2001 [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001] en bestaat uit een boek en enkele computerprogramma's. Het boek bevat de belangrijkste Hydraulische Randvoorwaarden voor alle waterkeringen. De computerprogramma's (de Hydra-modellen) maken op probabilistische wijze gebruik van grote databases van hydraulische condities en bieden in veel gevallen aanzienlijk meer informatie dan het boek. In 2006 zullen de nieuwe Hydraulische Randvoorwaarden gepubliceerd worden.

Voor de zoete wateren in Nederland bestaan verschillende Hydra-modellen. Zo is er een apart Hydra-model voor het merengebied (Hydra-M), een apart Hydra-model voor het Benedenrivierengebied (Hydra-B) en een apart Hydra-model voor de IJssel- en Vechtdelta (Hydra-VIJ). Deze Hydra-modellen hebben de nodige gemeenschappelijke functionaliteit en overeenkomstige programmacode. Daarom wordt aan één Hydra-model voor alle zoete wateren van Nederland gedacht: Hydra-Zoet. Bij Hydra-Zoet is alle functionaliteit dan slechts enkelvoudig aanwezig en is er geen dubbele programmacode. Na ontwikkeling kunnen dan met Hydra-Zoet de hydraulische randvoorwaarden berekend worden voor het Hydraulische Randvoorwaardenboek 2011 voor alle zoete wateren waar hydraulische randvoorwaarden voor berekend moeten worden. Het gebied bestaat uit alle zoete wateren van Nederland: de Rijntakken vanaf Lobith tot de Noordzee en het IJsselmeer, de Maas vanaf Eijsden tot de Noordzee inclusief het Hollandsch Diep en Haringvliet, de Vechtdelta vanaf Dalfsen, het IJssel- en Markermeer.

Van Hydra-Zoet is eerst een prototype gemaakt bestaande uit de combinatie van Hydra-B met Hydra-VIJ. Dit prototype heeft met name als functie om de mogelijkheden en de technische en inhoudelijke obstakels van Hydra-Zoet in beeld te krijgen. Bij dit prototype hebben we onderhavig advies over de technische aspecten van Hydra-Zoet geschreven. Dit advies is te gebruiken bij het schrijven van het Functioneel Ontwerp.

Bij de overgang van losse Hydra-modellen naar Hydra-Zoet doen zich kansen voor om aanpassingen door te voeren, die een aanzienlijke impact hebben op de Hydra-modellen. In hoofdstuk 2 beschrijven we de verschillen tussen Hydra-B en Hydra-VIJ, die ons inziens binnen Hydra-Zoet geüniformeerd kunnen worden. Ook beschrijven we in hoofdstuk 2 de verschillen tussen Hydra-B en Hydra-VIJ, die niet geüniformeerd kunnen worden. In hoofdstuk 3 stellen we veranderingen aan de huidige opzet van Hydra-B en Hydra-VIJ voor, die we als verbeteringen zien. Hierbij brengen we ook zuivere IT onderdelen ter sprake. In hoofdstuk 4 komen de adviezen uit de vorige hoofdstukken samen en geven we met rekenschema's de opbouw van Hydra-Zoet.

2 Verschillen Hydra-B en Hydra-VIJ

In dit hoofdstuk beschrijven we de verschillen tussen Hydra-B en Hydra-VIJ. Deze verschillen zijn in te delen in twee categorieën: verschillen, die geüniformeerd kunnen worden en inherente verschillen. In dit hoofdstuk beschrijven we beide. Hydra-B en Hydra-VIJ hebben overeenkomstig dat beide probabilistische modellen zijn voor een Nederlandse rivierdelta. Hydra-B voor de monding van de Waal, Lek en Maas in de Noordzee en Hydra-VIJ voor de monding van de IJssel en de Overijsselse Vecht in het IJsselmeer.

Hydra-B en Hydra-VIJ verschillen voor wat betreft de gebruikte stochastische variabelen.

Hydra-B heeft als stochastische variabelen [Geerse, 2003a]:

- Afvoer (Rijn bij Lobith en Maas bij Lith).
- Zeewaterstand te Maasmond.
- Windsnelheid boven het gebied (statistiek van Schiphol).
- Windrichting boven het gebied (statistiek van Schiphol).
- Beheersituatie van de Maeslant- en Hartelkering (beide geopend of beide gesloten).
- Voorspelling van de zeewaterstand te Hoek van Holland.

Hydra-VIJ heeft de volgende stochastische variabelen [Geerse, 2003b]:

- Afvoer (IJssel bij Olst en Vecht bij Dalfsen).
- Gemiddeld IJsselmeerpeil.
- Windsnelheid boven het gebied (statistiek van Schiphol).
- Windrichting boven het gebied (statistiek van Schiphol).
- Stormduur (duur van verhoging van het gemiddelde IJsselmeerpeil).
- Toestand van de Ramspolkering (geopend of gesloten).

De verschillen tussen Hydra-B en Hydra-VIJ volgen voor een groot gedeelte uit bovenstaande opsommingen. Eén verschil is misschien minder groot dan dat het in eerste instantie lijkt: in Hydra-B zijn twee keringen en in Hydra-VIJ is maar één kering. De keringen in Hydra-B zijn echter gekoppeld en daardoor als één kering te beschouwen.

Inherente verschillen Hydra-B en Hydra-VIJ

Een grootste verschil tussen Hydra-B en Hydra-VIJ is het ontbreken van voorspellingen in Hydra-VIJ. Dit geeft grote verschillen in de uitwerking van de overschrijdingsfrequentie van een hydraulisch belastingniveau tussen Hydra-B en Hydra-VIJ. Een ander groot verschil tussen Hydra-B en Hydra-VIJ betreft tijdaspecten. Hydra-B kent één trage stochast (afvoer) en Hydra-VIJ kent twee trage stochasten (afvoer en meerpeil). De tegenhanger van het meerpeil bij Hydra-VIJ is in Hydra-B de zeewaterstand. De zeewaterstand is echter een snelle stochast.

Bij Hydra-VIJ zijn het meerpeil en de afvoer gecorreleerd, is het meerpeil enigszins gecorreleerd met de windrichting en verschillen de overschrijdingskansen van de windsnelheid per windrichting. Bij Hydra-B is de zeewaterstand gecorreleerd met de wind (richting en snelheid). Verder is in Hydra-VIJ de stormduur aanwezig en bij Hydra-B niet. Voor meer informatie over Hydra-VIJ, bijvoorbeeld op het gebied van de correlaties, verwijzen we naar [Geerse, 2003b] en voor meer informatie over Hydra-B naar [Geerse, 2003a].

Te uniformeren verschillen Hydra-B en Hydra-VIJ

Een verschil tussen Hydra-B en Hydra-VIJ, dat wel te uniformeren is, is de wijze waarop de trage stochasten gemodelleerd worden. In Hydra-B wordt de afvoer (de enige trage stochast)

behoorlijk anders gemodelleerd dan de trage stochasten in Hydra-VIJ. In Hydra-VIJ worden de trage stochasten (afvoer en meerpeil) gemodelleerd middels trapezia. In Hydra-B is voor de afvoer een grenswaarde aanwezig. Beneden deze grens wordt de afvoer gemodelleerd middels permanenties (de zogenaamde deltamethode), boven deze grens wordt de afvoer gemodelleerd met echte afvoergolven. We adviseren dan ook om de grenswaarde uit Hydra-B te verwijderen en de afvoer met trapezia te modelleren. De uitkomsten van Hydra-B worden hierdoor slechts beperkt door beïnvloed. Uit [Duits, 2002] blijkt bijvoorbeeld dat de momentane overschrijdingskansen van de afvoer uitstekend te benaderen zijn met trapeziumvormige afvoergolven en een bodemwerklijn. Uit [Duits, 2006] volgt dat maximaal een verschil van 3.7 cm gevonden wordt tussen enerzijds een berekening van Hydra-B met grenswaarde en echte afvoergolven en anderzijds een berekening met trapeziumvormige afvoergolven.

Een aandachtspunt bij trapeziumvormige afvoergolven in Hydra-B is nog wel dat voor retentie / noodoverloop echte afvoergolven noodzakelijk zouden kunnen zijn. Dit is niet onderzocht. Voor Hydra-VIJ geldt mogelijk hetzelfde. Het effect van retentie is met de trapeziumvormige afvoergolven mogelijk niet goed na te gaan.

Windrichtingen

Voor zowel Hydra-B als Hydra-VIJ wordt de windroos opgedeeld in 16 windrichtingen. Bij Hydra-B zijn dit de windrichtingen 0 graden, 22.5 graden enzovoorts tot 337.5 graden. Bij Hydra-VIJ zijn dit de windrichtingen 22.5 graden, 45 graden enzovoorts tot 360 graden. Dit verschil komt voort uit de RAND2001-database, waarop Hydra-B is gebaseerd. Geadviseerd wordt om de opdeling van de windroos te uniformeren. Binnen de Hydra-modellen is de windroos opgedeeld in een oostsector en een westsector. De oostsector bevat de windrichtingen NNO t/m ZZW. De westsector bevat de andere windrichtingen (ZW t/m N). Om de windrichtingen te groeperen in windsectoren adviseren we de opdeling van de windroos volgens Hydra-VIJ: eerst de oostsector (22.5 t/m 202.5 graden) en daarna de westsector (225 graden t/m 360 graden).

Windsnelheid 0 m/s

In de RAND2001-databases van Hydra-B en Hydra-VIJ is windsnelheid 0 m/s op verschillende manieren aanwezig. Bij Hydra-B is windsnelheid 0 m/s voor zowel de oostsector (bij windrichting 90 graden) als de westsector (bij windrichting 270 graden) aanwezig. Bij Hydra-VIJ is windsnelheid 0 m/s voor maar 1 windrichting aanwezig. Er zijn databases waarbij deze windrichting 225 graden is en er zijn databases waarbij deze windrichting 112.5 graden is. Voorgesteld wordt om dit verschil tussen Hydra-B en Hydra-VIJ te handhaven. We zullen nu uitleggen dat de windsnelheid van 0 m/s bij Hydra-B bij zowel een oostelijke als een westelijke windrichting nodig is. Bij wind uit de oostsector is binnen Hydra-B aangenomen dat de zeewaterstand niet verhoogd kan zijn. Voor de oostsector wordt de zeewaterstand bij springtij gebruikt. Bij de westsector zijn hoge zeewaterstanden wel mogelijk. Voor verschillende zeewaterstanden zijn bij de westsector waterstandsberekeningen gemaakt. Bij deze berekeningen ontbreekt veelal springtij. Dit maakt dat de waterstanden voor de combinatie windsnelheid is 0 m/s en springtij niet aanwezig zijn in de RAND2001-database. Omdat deze informatie toch nodig is binnen Hydra-B is voor een tweede windrichting windsnelheid 0 m/s in de RAND2001-database aanwezig. Bij Hydra-VIJ speelt dit probleem niet omdat er geen substantieel verschil is tussen de oostsector en de westsector. Hierdoor volstaat één windrichting met windsnelheid 0 m/s.

Keringen

Een verschil tussen Hydra-B en Hydra-VIJ, dat al genoemd is bij de inherente verschillen, is het gebruik van voorspellingen bij Hydra-B voor het sluiten van de keringen. Hydra-VIJ werkt niet

met voorspellingen voor het sluiten van de keringen. Het al of niet sluiten van de keringen is bij Hydra-B zelfs beschreven middels een kansverdeling. Doordat Hydra-B en Hydra-VIJ de keringen anders behandelen zijn er meer verschillen aan te geven met betrekking tot de keringen:

- De database van Hydra-B bevat eigenlijk twee typen berekeningen: berekeningen bij geopende keringen en berekeningen bij gesloten keringen. Hydra-VIJ daarentegen bevat berekeningen bij een correct werkende kering (geopend als deze geopend moet zijn en gesloten als deze gesloten moet zijn) en een falende kering (altijd geopend).
- Informatie omtrent het geopend dan wel gesloten zijn van de kering is bij Hydra-VIJ opgenomen in de RAND2001-database. Bij Hydra-B is deze informatie opgenomen in een aparte database, de zogenaamde sluitpeilendatabase.

Aangeraden wordt om Hydra-B en Hydra-VIJ ten behoeve van Hydra-Zoet op dit laatste punt te uniformeren: neem de sluitpeilen van Hydra-B op in een aparte tabel in de RAND2001-database.

Ten aanzien van de RAND2001-database hebben we nog meer veranderingen in gedachten, maar hier komen we in hoofdstuk 3 op terug. Hier willen we nog opmerken dat er ten aanzien van Hydra-B ideeën zijn om deze uit te breiden met extra keringen (Haringvlietsluizen en Volkerak-Zoommeer sluisen). Nagegaan zal moeten worden, hoe deze keringen wiskundig in Hydra-B ingebouwd moeten worden. Hierbij kunnen de keringen zowel met voorspellingen (conform Hydra-B) ingebouwd worden of zonder de voorspellingen (conform Hydra-VIJ).

Wellicht ten overvloede merken we op dat de wiskundige formulering zonder voorspellingen voor het sluiten van de kering eenvoudiger is dan met de voorspellingen. Hierdoor is de situatie zonder de voorspellingen voor het sluiten van de keringen implementatietechnisch eenvoudiger dan met de voorspellingen. Ook de rekentijd is zonder de voorspellingen voor de keringen korter dan met de voorspelling. Als de voorspellingen voor het sluiten van de keringen uit Hydra-B verwijderd zouden kunnen worden, is dit dus aan alle kanten een groot voordeel, maar we denken dat dit niet mogelijk is. Het verwijderen van de voorspelling voor het sluiten van de keringen geeft in ieder geval een model dat de werkelijkheid minder goed benadert. De mate waarop dit de berekeningsresultaten beïnvloedt, is ons onbekend. Dit is wel na te gaan door berekeningen te maken met en zonder onzekerheid in de voorspelling (een positieve waarde voor de standaarddeviatie van de voorspelling voor het sluiten van de keringen vergelijken met een standaarddeviatie, die praktisch nul is).

Transformatietabel in correlatiemodel

Hydra-VIJ bevat een correlatiemodel voor de afvoer en het meerpeil. Dit correlatiemodel bevat een transformatietabel. Deze transformatietabel wordt binnen Hydra-VIJ berekend. Hydra-B bevat eveneens een correlatiemodel, maar dan voor de zeewaterstand en de windsnelheid. De bijbehorende transformatietabel wordt binnen Hydra-B niet berekend, maar is invoer van Hydra-B. Bij Hydra-Zoet kan overwogen worden om Hydra-B op dit punt aan te passen, zodat deze berekening gelijk wordt aan dit van Hydra-VIJ: laat Hydra-B de transformatietabel binnen het correlatiemodel van de zeewaterstand en de wind zelf uitrekenen. Dit geeft namelijk meer vrijheid. Een nadeel is wel dat de berekening van de transformatietabel vrij rekenintensief is. Bij Hydra-VIJ is hoeft deze tabel slechts eenmalig te worden bepaald. Bij Hydra-B moet deze tabel dan voor elke westelijke windrichting worden uitgerekend (7 stuks).

Afvoerstations

Binnen Hydra-B wordt voor de Maasstation Lith gebruikt. In een experimentele versie van Hydra-B (Hydra-BT) kan voor de Maasstation Borgharen gebruikt worden. Aangeraden wordt

om dit binnen Hydra-Zoet over te nemen. Evenzo wordt aangeraden om het Hydra-VIJ gedeelte van Hydra-Zoet voor de IJssel / Rijn geschikt te maken voor station Olst langs de IJssel en station Lobith langs de Rijn.

Visualisatie berekeningsresultaten

Hydra-B bevat momenteel veel meer mogelijkheden om tussenresultaten te visualiseren dan Hydra-VIJ. De gebruikte term voor het visualiseren van tussenresultaten is grafieken. Alle grafieken van Hydra-VIJ zijn informatief. Hydra-B bevat ook een aantal grafieken, die bij het implementeren gediend hebben voor controledoelinden. Voor Hydra-Zoet wordt geadviseerd om alleen functionele grafieken op te nemen. Hydra-Zoet kan ook zo opgezet worden dat een gebruiker voor het starten van een berekening aangeeft, welke grafieken hij na de berekening beschikbaar wil hebben. Hoe meer grafieken de gebruiker wenst, des te langer duurt de berekening en des te meer schijfruimte wordt voor een berekening gebruikt.

3 Veranderingen Hydra's voor Hydra-Zoet

Bij de overgang van losse Hydra-modellen naar Hydra-Zoet doen zich kansen voor om aanpassingen door te voeren, die een aanzienlijke impact hebben op de Hydra-modellen. Op alle onderdelen van de Hydra-modellen zijn wel aanpassingen mogelijk. Dit hoofdstuk geeft hiervan een overzicht. We hebben hierbij een onderverdeling gemaakt in functionele aspecten (§3.1), aanpassingen aan de user interface (§3.2) en aanpassingen aan de rekenkernen (§3.3 en §3.4). In paragraaf 3.3 gaan we in op het samenvoegen van de rekenkernen van Hydra-B en Hydra-VIJ en het voorkomen van dubbele code. Andere wijzigingen voor de rekenkernen – die minder te maken hebben met het samenvoegen van de rekenkernen – beschrijven we in paragraaf 3.4. Het zal helder zijn dat er aanpassingen in het user interface zijn, die hun invloed hebben op de rekenkernen. We hebben deze aanpassingen maar één keer beschreven en telkens hebben we een keuze gemaakt voor de paragraaf waarin we de aanpassing beschrijven.

3.1 Fundamentele aspecten voor Hydra-Zoet

Onder functionele aspecten van Hydra-Zoet rekenen we onder andere het type applicatie en de ontwikkelomgeving.

Web-applicatie of stand-alone applicatie

Hydra-Zoet kan ontwikkeld worden als stand-alone applicatie of als web-applicatie. Momenteel zijn Hydra-B en Hydra-VIJ stand-alone applicaties. Een web-applicatie is een applicatie die door de gebruiker wordt benaderd vanaf een server over een netwerk (internet of intranet). De applicatie wordt met de browser (bv. Internet Explorer) benaderd. Het voordeel hiervan is dat de applicatie eenvoudig kan worden gedistribueerd en onderhouden zonder de verstoring van cd's. Een gebruiker kan nog wel kiezen voor de versie waar hij mee wil rekenen. Dit doet ons adviseren om Hydra-Zoet te bouwen als web-applicatie.

Ontwikkelomgeving

Een van de keuzes die moet worden gemaakt bij de implementatie van Hydra-Zoet is het ontwikkelplatform. Dit lijkt op dit moment een voor de hand liggende keuze, namelijk de Microsoft .Net ontwikkelomgeving. Voor de programmering van het user-iterface is C# (C-sharp) de meest aangewezen programmeertaal. De user interfaces van Hydra-B en Hydra-VIJ zijn overigens momenteel in Visual Basic geschreven, maar Microsoft gaat stoppen met de ondersteuning hiervan. Voor de rekenkernen blijft Fortran de meest geschikte taal. De nieuwe Intel Fortran compiler zit nu ook helemaal geïntegreerd in de Microsoft .Net ontwikkelomgeving.

Database keuze

De huidige versies van Hydra-B en Hydra-VIJ werken met MS Access databases. RIKZ heeft voor de opslag van berekeningsresultaten gekozen voor MySQL. MySQL is een open source relationele database (RDB), die gebruik maakt van SQL. Het lijkt dan ook verstandig, mede gelet op de al bestaande databases, om in Hydra-Zoet geschikt te maken voor beide typen databases.

Gedistribueerd rekenen

Omdat met de Hydra-modellen soms vele, van elkaar onafhankelijke, berekeningen moeten worden gemaakt, verdient het aanbeveling om ook eens te kijken naar de mogelijkheden van gedistribueerd rekenen. Dit betekent dat de sommen op meerdere computers in een netwerk worden uitgerekend.

3.2 Aanpassingen user interface

In deze paragraaf geven we voorstellen voor aanpassingen aan de user interface van Hydra-Zoet in vergelijking met Hydra-B en Hydra-VIJ. We beginnen hierbij bij de zogehete RAND2001-database.

RAND2001-database

Voor Hydra-B en Hydra-VIJ is gekozen om gebruikt te maken van de zogeheten RAND2001-databases. Voor Hydra-Zoet adviseren we om deze keuzes te heroverwegen. De opbouw van deze databases kent namelijk enkele minpunten als deze gebruikt worden in de Hydra-modellen. Een RAND2001-database heeft 6 tabellen: *Attributen*, *KolomBetekenis*, *Locatie*, *Modelberekening*, *Repro* en *Resultaat*. De Hydra-modellen gebruiken er hiervan slechts 3: *KolomBetekenis*, *Locatie* en *Resultaat*. De andere drie worden niet door de Hydra-modellen gebruikt en zouden dus uit de database verwijderd kunnen worden. Overigens nemen deze tabellen weinig ruimte in. Voor de tabellen *KolomBetekenis* en *Locatie* stellen we geen wijzigingen voor; voor tabel *Resultaat* wel. Deze tabel heeft 10 invoervelden en 30 uitvoervelden voor bijvoorbeeld waterstanden en golfparameters. Van de 30 uitvoervelden is er voor Hydra-B maar 1 noodzakelijk (de waterstand als resultaat van een waterbewegingsmodel (bijvoorbeeld SOBEK of WAQUA)) en voor Hydra-VIJ zijn dat er 2. Hydra-B en Hydra-VIJ gebruiken wel meer velden, maar noodzakelijk zijn die niet. Als het aantal uitvoervelden beperkt wordt tot 2, dan wordt de database ruim een factor 2 kleiner. We beschrijven eerst details voor Hydra-B en vervolgens voor Hydra-VIJ.

Hydra-B

De uitvoervelden van de tabel *Resultaat* van de database worden bijvoorbeeld gebruikt voor de effectieve strijklengte en de gemiddelde bodemhoogte over de strijkraaien. Een oostelijke windrichting komt 27¹ voor in de database en een westelijke windrichting 432². Bij elke regel in de database staan deze strijklengtes en bodemhoogtes. Dit is dus veel dubbele informatie. In de database kan eenvoudigweg een tabel worden toegevoegd met per windrichting de effectieve strijklengte en de gemiddelde bodemhoogte over de strijkraai.

Ook worden de uitvoervelden van de tabel *Resultaat* gebruikt voor het doorgeven van de golfparameters. Als de golfparameters uitgerekend worden met golfgroeiformules (Bretschneider, Young en Verhagen of Wilson) dan kan dit eenvoudig in de rekenkern plaats vinden en niet zoals nu in het user interface. Dan zijn geen velden in de database nodig voor het doorgeven van golfparameters. Er is echter één uitzondering. Dat is als de golfparameters berekend zijn met een golfgroeimodel (bijvoorbeeld HISWA of SWAN). De methode, die gevolgd wordt bij het vullen van de database met golfparameters uit een golfgroeimodel is momenteel op z'n zachts gezegd ongelukkig. Dit lichten we eerst toe en daarna beschrijven een betere methode.

Met een golfgroeimodel worden golfparameters berekend bij gegeven waterstand, windrichting en windsnelheid. Dit geeft een lijst met resultaten. In de database staan aan de uitvoerkant waterstanden. De database wordt gevuld met golfparameters, die door interpolatie uit de lijst met resultaten verkregen zijn. Hierbij wordt niet alleen in de waterstand geïnterpoleerd, maar ook in de windsnelheden. Veelal is de stapgrootte in de windsnelheden groter in de database, dan doorgerekend met het golfgroeimodel. Dit betekent dat informatie verloren gaat. Makkelijker is een nieuwe tabel aan de database toe te voegen, waarin de lijst met resultaten

¹ Windrichting 90 graden vormt hier een uitzondering op. Deze komt 36 keer voor.

² Windrichting 270 graden vormt hier een uitzondering op. Deze komt 540 keer voor.

uit het golfgroeimodel wordt opgenomen. De interpolatie vindt dan pas in de rekenkernen plaats, waar overigens al een interpolatie plaatsvindt.

Hydra-B verwacht ook een database met sluitpeilen. Dit zijn zeewaterstanden waarbij de kering dicht zou moeten gaan, omdat anders de waterstand bij Rotterdam en/of Dordrecht te hoog wordt. Deze sluitpeilen behoren bij de waterstanden, die in de database zijn opgenomen. Dan lijkt het een duidelijke verbetering als de sluitpeilen als losse tabel in de database met waterstanden wordt opgenomen. De sluitpeilen hangen af van waterstanden bij Rotterdam en Dordrecht. Deze twee sluitwaterstanden zijn in de database met sluitpeilen opgenomen, maar wel overdreven vaak. Deze twee sluitwaterstanden kunnen eenvoudig eenmalig in een losse tabel worden opgenomen in de database.

Hydra-VIJ

Voor Hydra-VIJ zijn twee uitvoervelden noodzakelijk. Dit zijn de waterstand en de windsnelheid waarbij de kering sluit. Beide zijn resultaten van een waterbewegingsmodel. Het besprokene bij Hydra-B is ook van toepassing op Hydra-VIJ, voor wat betreft de effectieve strijklengte, de gemiddelde bodemhoogte over een strijkraai en de golfparameters. De sluitpeilen vanuit Hydra-B zijn niet van toepassing op Hydra-VIJ. Hydra-VIJ werkt met sluitwindsnelheden. Dit is één van de wel noodzakelijke uitvoervelden in de database.

Nadelen

Het afstappen van de RAND2001-databases voor Hydra-Zoet heeft ook negatieve kanten. Om te komen tot de RAND2001-databases zijn enorme inspanningen geleverd. Er is veel tijd gaan zitten in het uitdenken van deze databases. Dit kan dan als verloren beschouwd worden. Bij de RAND2001-databases zijn ook verschillende programma's geschreven. Om de resultaten uit een waterbewegingsmodel in een RAND2001-database te krijgen, worden fif's (flexibele interface files) gebruikt. Als de resultaten in fif's zitten, dan worden deze resultaten met het programma RAND2001 in een database ingevoerd. Met hetzelfde programma (RAND2001) zijn de resultaten in de database op allerlei manieren te controleren. Aanpassen van de database maakt het onmogelijk om de controlemogelijkheden van het programma RAND2001 te blijven gebruiken, tenzij het programma RAND2001 ook wordt aangepast. Overigens kunnen de controlemogelijkheden ook in Hydra-Zoet worden ingebouwd. Het kan zelfs een idee zijn om in Hydra-Zoet de functionaliteit in te bouwen om een database te vullen vanuit fif's.

Menustructuur

Voor Hydra-Zoet stellen we een wijziging in de menustructuur voor in vergelijking met Hydra-B en Hydra-VIJ. De twee laatste Hydra-modellen hebben een menu *parameters* en een menu *berekeningen*. Het is logischer dat het parametersmenu een optioneel deel uit maakt en van het starten van berekeningen. Voor het starten van een berekening kan een gebruiker de parameters wijzigen.

ODBC-koppelingen

Hydra-B en Hydra-VIJ lezen gegevens uit de RAND2001-database. Voor dit uitlezen worden ODBC-koppelingen gelegd. Deze ODBC-koppelingen worden in het user interface gelegd. We adviseren voor Hydra-Zoet om de ODBC-koppelingen te leggen in de rekenkern. Hierdoor wordt het aantal manieren waarop de rekenkern invoer krijgt verminderd. Dit is met name voor het ontwikkelen van Hydra-Zoet en de foutopsporing erg prettig.

Te gebruiken stochasten

In het prototype van Hydra-Zoet hebben we een invoerblad gecreëerd, waar een gebruiker kan aanvinken met welke stochasten hij wenst te rekenen. Als een gebruiker in het Hydra-B gedeelte bijvoorbeeld berekeningen wil maken voor een afvoergedomineerde locatie dan hoeft de zeewaterstand niet als stochast te worden meegenomen. Toch kan het zijn dat in de gebruikte RAND2001-database wel de zeewaterstand als stochast aanwezig is. De gebruiker zal hierbij dan moeten aangeven, welke waarde voor de zeewaterstand hij wenst te gebruiken. Dit kan bijvoorbeeld de gemiddelde zeewaterstand zijn of springtij of gemiddeld hoogwater of nog iets anders. In het genoemde invoerblad zullen hiervoor velden toegevoegd moeten worden, waar de gebruiker zijn keuzes in opgeeft.

Uitsplitsingen

Afhankelijk van het doel waar een Hydra-model voor gebruikt wordt, zijn uitsplitsingen van belang. Als Hydra-B bijvoorbeeld gebruikt wordt in een studie naar de stormvloedkeringen, dan geeft een uitsplitsing naar de zeewaterstand waardevolle informatie. Bij een studie in het Bovenrivierengebied zijn uitsplitsingen naar de afvoer weer veel informatiever. Voor Hydra-Zoet vinden we het daarom een goed idee om een invoermogelijkheid te maken waarin een gebruiker kan aangeven welke uitsplitsingen hij wenst. Hierbij kan bijvoorbeeld ook gedacht worden aan het opgeven van een windrichting waarvoor uitsplitsingen gewenst zijn. Hiermee is de hoeveelheid data van berekeningen te beperken.

Uitvoerbestand

Alle uitvoer van een Hydra-berekening wordt momenteel in één bestand geplaatst. Als gekozen is voor veel terugkeertijden, voor veel uitsplitsingen en voor veel illustratiepunten wordt het uitvoerbestand groot en complex. Voor Hydra-Zoet kan het daarom een idee zijn om de uitvoer over meerdere bestanden te verdelen. Ook kan het een idee zijn dat aan de uitvoer een soort inhoudsopgave wordt toegevoegd, van waaruit eenvoudig met hyperlinks naar het gezochte gedeelte gesprongen kan worden.

Dijkprofielen

Hydra-B bevat een methode om de maatgevende golfparameters te berekenen voor het toetsen van bekledingen. Dit maakt dat de profielbestanden bij Hydra-B anders zijn opgebouwd dan de profielbestanden van Hydra-VIJ. Ooit is afgesproken dat het format waarin het profiel van Hydra-M is opgeslagen tot de standaard wordt verheven. De reden achter een standaard voor de profielen is helder: Voor de verschillende toetsapplicatie moet het maar één keer nodig zijn voor bijvoorbeeld dijkbeheerders om profielen te schematiseren. Hydra-VIJ volgt deze opbouw. PC-Toets doet dit bijvoorbeeld ook. Bij Hydra-B zijn er om precies te zijn twee profielbestanden. Eén profielbestand volgt de standaard van Hydra-M en één is uitgebreid met informatie over de bekledingen. Bij Hydra-B is voor de profielen dus dubbele informatie aanwezig. Dit is eigenlijk ongewenst. Het is wellicht een idee om de profielen in een database op te nemen. Hydra-K doet dit bijvoorbeeld.

Een wens, die bij Hydra-Zoet naar voren zal komen, is dat oude werkmappen gebruikt moeten blijven kunnen worden. Dit zou de vrijheid kunnen beperken. Maar het is ons inziens altijd mogelijk om conversiesoftware te maken.

Inverse berekening

Voor Hydra-Zoet adviseren we het toevoegen van de inverse berekening: berekening van de overschrijdingsfrequentie bij gegeven dijkhoogte. In dit geval is er geen sprake van hulpdijkhoogten. De berekening wordt daarmee razend snel. We noemen deze uitbreiding

omdat dit een belangrijk punt is om rekening mee te houden bij het schrijven van het Functioneel Ontwerp van Hydra-Zoet.

Deterministische berekening

Een andere rekenfunctionaliteit, die we adviseren voor Hydra-Zoet is de deterministische berekening. In de volksmond is dit de Hydra-O functionaliteit. Bij gegeven combinatie van de stochastische variabelen worden de verschillende modules van de Hydra-modellen doorlopen. Dit zijn o.a. de golfgroeiformules, de dammodule, de voorlandmodule en de dijkmodule.

Parameterscherm voor berekeningen

Het invoerscherm voor de geavanceerde gebruiker is bij Hydra-B inmiddels vrij omvangrijk. Er zijn ook de nodige events: als een gebruiker voor een bepaalde optie kiest moeten invoervelden verschijnen en verdwijnen. Momenteel gaat dit in Hydra-B met veel if's en else's. Beter is om een grote functie te maken, die na elke actie van de gebruiker bekijkt, welke keuzes de gebruiker op dat moment heeft gemaakt en daar het invoerscherm op aanpast. Om deze functie te maken, moet uitgeschreven worden onder welke condities welke velden zichtbaar moeten zijn en welke niet. Dit uitschrijven mag ons inziens bij het schrijven van het Functioneel Ontwerp van Hydra-Zoet niet ontbreken.

3.3 Voorkomen dubbele code

Een nu al veel gehoorde kreet voor Hydra-Zoet is: geen dubbele code. Geen dubbele code is voor Hydra-Zoet op twee punten relevant. In de eerste plaats worden Hydra-B en Hydra-VIJ samengevoegd. Bij dit samenvoegen zal de code gecombineerd moeten worden. In de tweede plaats is binnen Hydra-B en Hydra-VIJ al dubbele code aanwezig. Deze zou bij Hydra-Zoet verwijderd moeten worden. Op beide punten van dubbele code gaat deze paragraaf in. Uiteraard zijn we een groot voorstander van het vermijden van dubbele code. Bij enkelvoudige code hoeven wijzigingen immers slechts op één plaats aangebracht te worden.

Wat betekent geen dubbele code voor Hydra-Zoet? Betekent dit bijvoorbeeld dat de hele code van Hydra-Zoet doorvlochten wordt met de if-then-else constructie: als Hydra-VIJ dan A anders B. Of wordt Hydra-Zoet opgezet met heel veel kleine routines waarin slechts weinig gebeurt. Uitgangspunt zal ons inziens altijd moeten zijn dat de code inzichtelijk en begrijpelijk is. Wij denken dat korte routines ervoor zorgen dat een inzichtelijke en begrijpelijke code ontstaat. Bij het samenvoegen van twee routines, met overeenkomstige code staat ons de volgende procedure voor ogen: creëer drie nieuwe routines: één routine met het gezamenlijke gedeelte, die twee routines aanroept met de delen waarin de twee oorspronkelijke routines verschillen.

Het samenvoegen van routines is vooral een kwestie van zien waar dubbele code aanwezig is. In de rekenkernen moet gekeken worden naar functies die in meer dan één rekenkern voorkomen. Deze functies moeten worden onderkend en kunnen ondergebracht worden in libraries. Voorbeelden van bestaande libraries zijn de dam-, voorland- en dijkmodule. De libraries mogen alleen gebruik maken van standaard datatypen.

Bij het samenvoegen van code neemt het abstractieniveau toe. Dit is niet erg: een programma als MATLAB heeft dit ook. Met een goede beschrijving van de in- en uitvoer is duidelijk hoe de routine gebruikt moet worden. De interpolatieroutines van Hydra-B en Hydra-VIJ zijn momenteel precies dezelfde, maar staan nog wel twee keer in de code. Hier is de code dus zonder

meer te halveren. De interpolatieroutines hebben inmiddels een hoog abstractieniveau, maar bevatten toch nog wel dubbele code. Bijvoorbeeld voor het gedeelte dat de invoer controleert.

Voorbeelden van samenvoegen programmacode

Bekledingen

Met Hydra-B kunnen dijkhoogtes en dijkbekledingen berekend worden. Bij het implementeren van de dijkbekledingen is een kopie gemaakt van de dijkhoogte-code. Het gekopieerde gedeelte is voor het voor bekledingen relevante gedeelte aangepast. Dit is een voorbeeld dat dubbele code binnen Hydra-B aanwezig is.

Maximum

Binnen de code van Hydra-B en Hydra-VIJ wordt een aantal keer het maximum van een vector bepaald. Hiervoor kan een (abstracte) routine geschreven worden. Ook wordt een aantal keer het maximum van een matrix bepaald. Dit kan ook middels een (abstracte) routine. De routine voor het bepalen van het maximum van een matrix kan weer gebruik maken van de routine voor het bepalen van een vector. Ook kunnen abstracte routines geschreven worden voor het maximum van hogere orde matrices.

Andere voorbeelden

Wat voor het maximum geldt ook voor het minimum, de sommatie en het product. Bij sommatie kan nog onderscheid gemaakt worden voor het optellen van de elementen van een vector of matrix of het elementsgewijs optellen van twee vectoren of matrices. Bij het elementsgewijs optellen van vectoren kunnen ook (abstracte) routines geschreven worden voor het elementsgewijs optellen van meer dan twee vectoren. De grote vraag in deze is natuurlijk waar je stopt met het schrijven van (abstracte) routines en waar je wel enige dubbele code toestaat.

Andere bewerkingen

Andere bewerkingen in Hydra-B en Hydra-VIJ waar de nodige dubbele code bij aanwezig is, zijn het toepassen van de trapeziumregel, het integreren van een kansverdeling (= oppervlaktebepaling onder een functievoorschrift) en het differentieren van een kansverdeling (=raaklijn aan een functievoorschrift).

Inleesroutine voor invoerbestand

De rekenkernen van Hydra-B en Hydra-VIJ hebben elk een eigen routine voor het inlezen van het invoerbestand. Deze inleesroutines verschillen, maar hebben ook een groot overeenkomstig gedeelte. De uitvoer van de inleesroutine is een structure. Momenteel verschillen deze structures, omdat de inleesroutines verschillen. De structures hebben overeenkomstige elementen en verschillende elementen. De verschillen hebben betrekking op de verschillen tussen Hydra-B en Hydra-VIJ. De structure voor Hydra-B bevat bijvoorbeeld informatie over de zeewaterstand en de structure voor Hydra-VIJ bevat bijvoorbeeld informatie over het meerpeil. Als de inleesroutines van Hydra-B en Hydra-VIJ worden samengevoegd, dan wordt de structure voor Hydra-B en Hydra-VIJ hetzelfde. Deze structure bevat voor Hydra-B en Hydra-VIJ dan wel altijd te veel velden. De velden, die voor Hydra-B niet van belang zijn (de Hydra-VIJ velden) zijn bij Hydra-B berekeningen gewoon leeg. Voor Hydra-VIJ geldt hetzelfde maar dan omgekeerd. Het is overigens geen probleem dat de structure ongebruikte velden bevat. Het samenvoegen van de inleesroutines heeft onze voorkeur.

Rekenkernen

Momenteel bestaat Hydra-B uit drie rekenkernen en Hydra-VIJ uit één rekenkern. Hydra-B heeft meer rekenkernen dan Hydra-VIJ omdat Hydra-B verder is doorontwikkeld dan Hydra-VIJ. Bij

het voorkomen van dubbele code zullen de rekenkernen uit dezelfde source code gegenereerd moeten worden.

Hydra-B en Hydra-VIJ bevatten beide een rekenkern voor de zogenaamde reguliere hydraulische belastingniveau berekening. Voor een dijkvak wordt bij opgegeven terugkeertijd het hydraulisch belastingniveau bepaald. Hydra-B kan naast dijkvakberekeningen ook dijkkringberekeningen uitvoeren. Hiervoor bevat Hydra-B een rekenkern voor het berekenen van de effectieve belasting van een dijkkring. Hier is indertijd een aparte rekenkern voor gemaakt omdat de rekentijden van Hydra-B erg groot waren. Inmiddels is de rekentijd van Hydra-B spectaculair teruggebracht (ca. factor 15), waardoor het berekenen van de effectieve belasting niet veel tijd meer vraagt. Bovendien is de reguliere berekening van Hydra-BT (een experimentele versie van Hydra-B) uitgebreid met de berekening van de effectieve belasting van een dijkkring. Dit maakt dat voor Hydra-Zoet de rekenkern voor het berekenen van de effectieve belasting in een dijkkring samengevoegd kan worden met de reguliere rekenkern.

De derde rekenkern, die binnen Hydra-B aanwezig is, is de zogenaamde omkeervariant. Hierbij wordt voor het faalmechanisme golfoverslag het overslagdebiet berekend dat bij gegeven dijkhoogte en gegeven terugkeertijd optreedt. De reguliere versie van Hydra-B doet berekeningen voor verschillende hoogtes en de omkeervariant doet berekeningen bij verschillende overslagdebieten. Vermoedelijk kunnen deze twee berekeningstypen wel samengevoegd worden, waardoor één rekenkern resulteert. De omkeervariant van Hydra-B is overigens implementatietechnisch nog wel voor verbetering vatbaar. In de huidige opzet worden veel tussenresultaten weggelaten, die vervolgens weer worden ingelezen en gebruikt. De bestanden met tussenresultaten worden vervolgens weer verwijderd.

Ook denken we dat de rekenkernen van Hydra-B en Hydra-VIJ samen te voegen zijn. Een voordeel hiervan is dat bij wijzigingen in de code altijd maar één nieuwe rekenkern gemaakt en uitgeleverd hoeft te worden. Nadelen zijn misschien dat de code erg ondoorzichtig wordt met veel if-then-else constructies en dat wijzigingen in de code ook op andere plekken veranderingen tot gevolg hebben, waar niet aangedacht is en waar ze ongewenst zijn. Dit betekent dat altijd uitgebreid getest moet worden. Een testbank kan hierbij helpen. Beide nadelen zijn wellicht ook aanwezig als meerdere rekenkernen gegenereerd worden uit dezelfde source-code. De mogelijkheid voor het creëren van één rekenkern moet nog verder uitgezocht worden, maar als dit mogelijk is, heeft dit duidelijk onze voorkeur.

3.4 Aanpassingen rekenkernen

In deze paragraaf beschrijven we verbeteringen voor de rekenkernen, die we momenteel voorzien en nog niet bij het voorkomen van dubbele code hebben genoemd.

Hulpdijkhoogtes

Hydra-B en Hydra-VIJ hebben een lijst met hulpdijkhoogten als invoer. Deze lijst moet voorafgaand aan de berekening worden opgegeven. Voor de hulpdijken wordt de overschrijdingsfrequentie berekend. Met interpolatie wordt bij de opgegeven terugkeertijd (de reciproke van de overschrijdingsfrequentie) het gezochte hydraulische belastingniveau bepaald. Voor Hydra-Zoet stellen we een rekenmethode voor, die zelfstandig het hydraulische belastingniveau berekend bij de opgegeven terugkeertijd zonder gebruik te maken van de vooraf ingevoerde hulpdijkhoogten. Voor de voorgestelde rekenmethode zijn nog verschillende mogelijkheden:

- Eerst wordt voor een beperkt aantal hulpdijkhoogten de overschrijdingsfrequentie bepaald. Deze hulpdijkhoogten liggen op een grof rooster. Gedacht kan worden aan een stapgrootte van één meter of zelfs vijf meter. De berekeningen met dit grove rooster leveren de range voor de hulpdijkhoogten om een nauwkeurige interpolatie uit te voeren. Met deze informatie creëren we een fijn rooster van hulpdijkhoogten. Voor dit fijne rooster berekenen we overschrijdingsfrequenties en het gewenste hydraulische belastingniveau bepalen we door interpolatie.
- Bovenstaande recept kan ook in drie stappen worden toegepast. Of met zelfs nog meer stappen.
- Ook is het een mogelijkheid om eerst een ondergrens voor de hulpdijkhoogten te bepalen. Vervolgens een bovengrens voor de hulpdijkhoogten te bepalen. Met deze onder- en bovengrens kan dan een fijn rooster van hulpdijkhoogten gemaakt worden, waarvoor de overschrijdingsfrequentie berekend wordt, waaruit het gezochte hydraulische belastingniveau met interpolatie wordt bepaald.

De methode waarbij *niet* vooraf een lijst met hulpdijkhoogten wordt ingevoerd duiden we aan als de "hulpdijken iteratiemethode". Voor ontwikkeldoeleinden en korte berekeningen, waarbij het antwoord min of meer bekend is, is het ook handig dat de methode met de vooraf opgeven lijst met hulpdijkhoogten behouden blijft. Voor het Functioneel Ontwerp van Hydra-Zoet is dit een punt om rekening mee te houden.

De omkeervariant van Hydra-B berekent voor het faalmechanisme golfoverslag het debiet dat overschreden wordt bij gegeven terugkeertijd en dijkhoogte. Hierbij wordt voor verschillende overslagdebieten de overschrijdingsfrequentie berekend. Het gezochte overslagdebiet bij gegeven terugkeertijd wordt hieruit door middel van interpolatie berekend. De overslagdebieten waarbij de overschrijdingsfrequentie wordt berekend, zijn invoer van de berekeningen. Deze overslagdebieten worden middels een lijst ingevoerd. Naast deze lijst hoeft ons inziens geen iteratiemethode gemaakt te worden, zoals bij de reguliere berekening. Dit komt omdat het overslagdebiet zich alleen tussen 0.1 l/s/m en 100 l/s/m kan bevinden. Voor het hydraulische belastingniveau zijn de grenzen veel minder scherp te stellen. De dijkhoogte kan wel variëren tussen 2.6 m+NAP (Moerdijk) en 18 m+NAP (Lobith) of zelfs 50 m+NAP (Eijsden).

Discretisatie van afvoergolven

Hydra-B

Binnen Hydra-B is een getijperiode een essentiële tijdsduur. In deze tijdsperiode neemt de zeewaterstand een maximum aan en voor de wind wordt bijvoorbeeld aangenomen dat de richting over deze periode constant is. Daarnaast is een getijperiode de discretisatiestap waarmee de afvoer wordt gediscretiseerd. Voor Hydra-Zoet valt te overwegen om af te stappen van de getijperiode als discretisatiestap voor de afvoer. De discretisatiestap de afvoer is dan instelbaar door de gebruiker. De formules veranderen slechts beperkt. Formule (5.34) van [Geerse, 2003a] luidt:

$$P(H > h | k) = 1 - \prod_{j=1}^n [1 - P(H > h | q(j))]$$

met n het aantal blokken ter lengte van een getijperiode waarin de afvoergolf wordt gediscretiseerd. De overbelastingkans voor een afvoergolf, met een fijnere discretisatie wordt:

$$\tilde{P}(H > h | k) = 1 - \prod_{j=1}^{n \cdot m} [1 - P(H > h | q(j))]^{1/m} .$$

met m het aantal blokken, waarin een blok ter lengte van een getijperiode wordt opgedeeld.

Hydra-VIJ

In Hydra-VIJ is de duur van de windblokken (default 12 uur) tevens de discretisatiestap waarmee afvoer en meerpeilen worden gediscrètiseerd. Wanneer erg kleine topduren van afvoer- en meerpeiltrapezia worden beschouwd, leidt de defaultwaarde van 12 uur tot onnauwkeurige resultaten. De defaultwaarde kan kleiner gekozen, maar dat betekent wel dat de 12-uursstatistiek van de wind wordt herschaald naar de nieuwe kleinere tijdstap. Dat wordt minder wenselijk geacht. Voor het Hydra-VIJ deel van Hydra-Zoet adviseren we dat naast de duur van de windblokken ook de discretisatiestap voor de afvoer- en meerpeiltrapezia in de tijd instelbaar is.

Hydra-B in het Bovenrivierengebied

Als Hydra-B gebruikt wordt in het Bovenrivierengebied dan zou je verwachten dat de discretisatie van de zeewaterstand geen invloed heeft op de berekeningsresultaten. Immers bij elke zeewaterstand resulteren dezelfde waterstanden. Toch is dit bij Hydra-B niet het geval, zeker bij de faalmechanismen oploop en overslag. Dit komt omdat de wind en de zeewaterstand in Hydra-B gecorreleerd zijn. Veranderingen in de discretisatie van de zeewaterstand werken door in de wind. Veranderingen in de wind hebben wel invloed op de berekeningsresultaten, zeker bij de faalmechanismen oploop en overslag.

Naarmate de stochasten fijner gediscrètiseerd worden, wordt de overschrijdingsfrequentie nauwkeuriger berekend. Uiteindelijk hebben nog fijnere discretisaties geen invloed meer op de berekende overschrijdingsfrequentie. In het Bovenrivierengebied heeft door het beschreven mechanisme van correlatie tussen wind en zeewaterstand een fijnere discretisatie van zeewaterstand geen invloed meer op de berekende overschrijdingsfrequentie als de zeewaterstand al vrij fijn gediscrètiseerd is. Dit is ons inziens een vrij ongewenste situatie, maar hier valt eigenlijk niets aan te doen. Het enige wat hiervoor helpt, is de zeewaterstand uit Hydra-B te verwijderen en dit model te gebruiken voor berekeningen in het Bovenrivierengebied.

Globale variabelen

In de rekenkernen van Hydra-B en Hydra-VIJ is er voor gekozen om alle parameters door te geven via parametervoorschriften. Hierdoor kunnen de parametervoorschriften behoorlijk lang worden. Voor onveranderbare gegevens, zoals de invoer en de inhoud van statistiekbestanden, raden we aan om gebruik te maken van globale variabelen. De parameters hoeven dan dus niet langer alleen via parametervoorschriften doorgegeven te worden.

Dubbele precisie

We adviseren voor Hydra-Zoet om te rekenen in dubbele precisie. Hydra-B en Hydra-VIJ rekenen in enkele precisie. Onderzoek heeft uitgewezen dat de toename in de rekentijd bij dubbele precisie beperkt is. Wel hebben we enige terughoudendheid voor wat betreft het geheugen gebruik. Bij het implementeren moet rekening gehouden worden dat rekenen in dubbele precisie twee keer zoveel geheugen vraagt als enkele precisie.

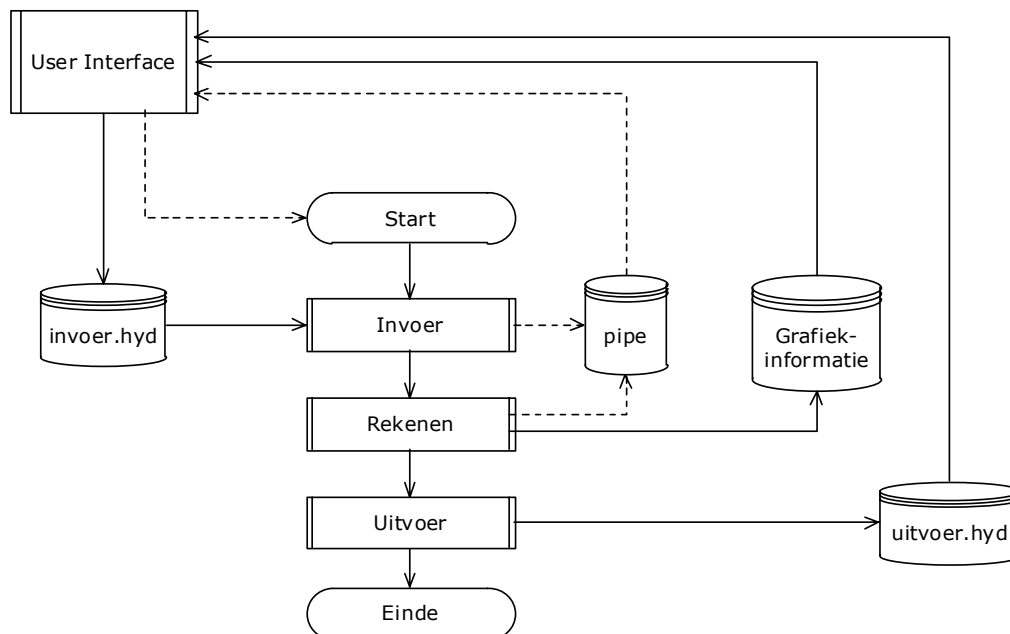
4 Rekenschema's Hydra-Zoet

4.1 Hoofdstructuur Hydra-Zoet

Voor de opzet van Hydra-Zoet volgen we de opzet van Hydra-B en Hydra-VIJ: een los user interface en (een) losse rekenkern(en). Het user interface stuurt de berekening van de rekenkernen en leest de tussen- en eindresultaten van de rekenkernen. Voor de hoofdstructuur van de rekenkernen stellen we de volgende opbouw voor:

- invoer,
- rekenen,
- uitvoer.

In Figuur 4-1 is de hoofdstructuur van Hydra-Zoet weergegeven en de communicatie tussen de user interface en de rekenkernen. De hoofdstructuur van de rekenkern is ook in Figuur 4-1 weergegeven. De verschillende onderdelen van de rekenkernen hebben naast de weergegeven invoer nog andere invoer, maar deze is niet in Figuur 4-1 weergegeven. Deze invoer is weergegeven bij de uitwerking van de routine invoer. Een kleine toelichting op Figuur 4-1 volgt onder deze figuur.



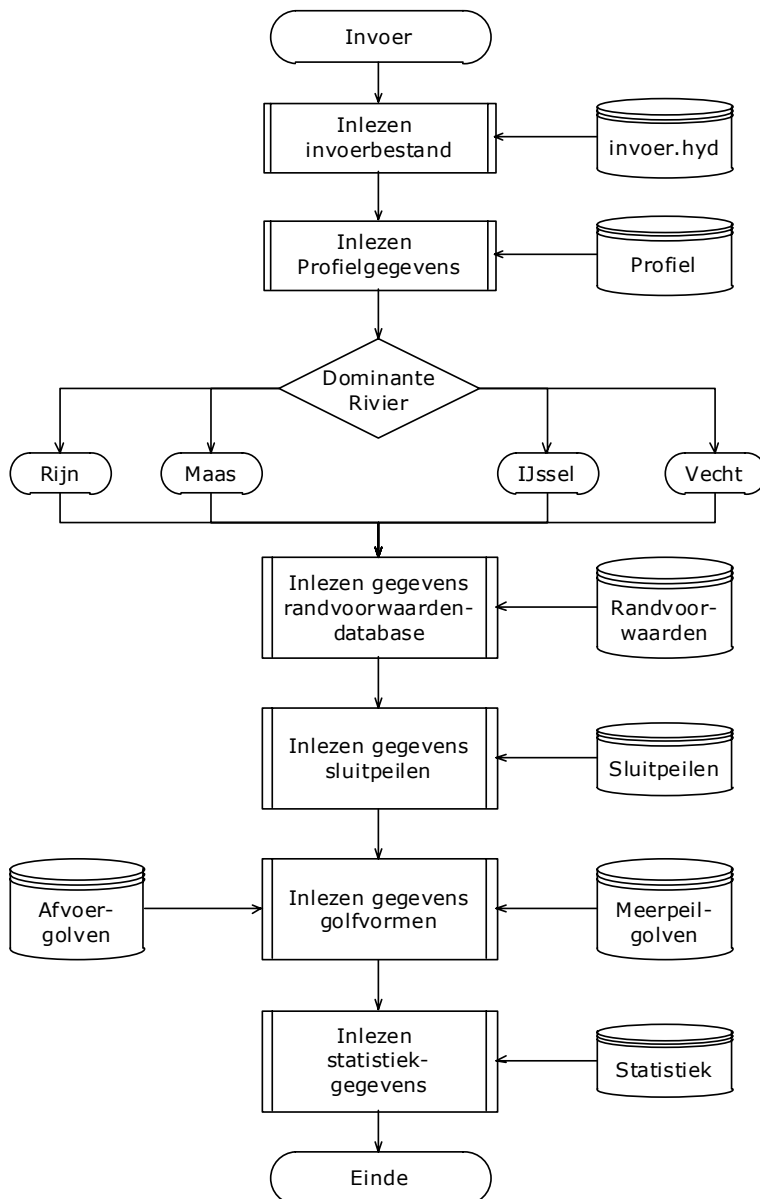
Figuur 4-1 Hoofdstructuur Hydra-Zoet met communicatie tussen user interface en rekenkern(en)

Als een berekening wordt gestart, maakt het user interface het invoerbestand *invoer.hyd* en start de berekening. Hierbij wordt de informatie uit het bestand *invoer.hyd* gelezen door het invoergedeelte de rekenkern. De voortgang van deze berekening wordt met behulp van een pipe weergegeven in het user interface. Tijdens het rekenen worden bestanden geschreven, waarvan – na de berekening – grafieken in de user interface gemaakt kunnen worden. Het uitvoerdeel van de rekenkern schrijft het uitvoerbestand *uitvoer.hyd* met daarin de berekeningsresultaten. Dit uitvoerbestand wordt door het user interface ingeladen en gepresenteerd.

De rekenschema's voor de invoer en het rekenen van de rekenkern werken we verder uit. Het uitschrijven van de uitvoer werken we niet verder uit.

4.2 Rekenschema invoer rekenkern

In Figuur 4-2 is het rekenschema voor de inleesroutine van Hydra-Zoet gegeven. In deze routine wordt enkel en alleen informatie uit bestanden gelezen en geplaatst in structures zodat deze bij het rekenen gebruikt kunnen worden. Het invoerbestand *invoer.hyd* bevat informatie over het watersysteem en de dominante rivier (Rijn, Maas, IJssel of Vecht). Afhankelijk van het watersysteem zijn er bijvoorbeeld wel of geen meerpeilen. Bij de IJssel- en Vechtdelta is informatie over het sluiten van de Ramspol bijvoorbeeld in de Randvoorwaardendatabase aanwezig, terwijl bij het Benedenriviereengebied de sluitpeilen in een aparte database zitten.

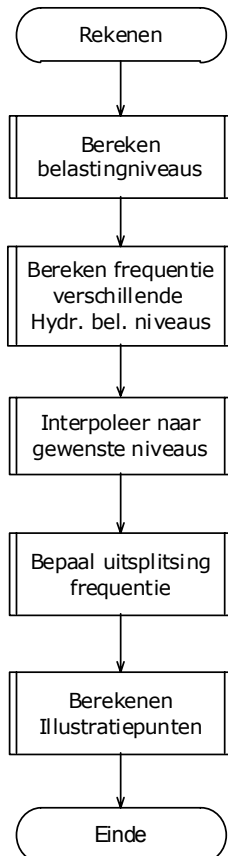


Figuur 4-2 Rekenschema invoerroutine

4.3 Rekenschema Rekenen

In Figuur 4-3 is het rekenschema voor het onderdeel *rekenen* van de rekenkern weergegeven. Dit rekenschema bestaat uit 5 onderdelen:

- Berekenen belastingniveaus.
- Bepalen van de overschrijdingsfrequentie voor opgegeven hydraulische belastingniveaus.
- Interpolatie van het hydraulische belastingniveau bij de gewenste overschrijdingsfrequentie.
- Bepaling van de uitsplitsing van de overschrijdingsfrequentie over de gewenste parameters.
- Bepaling van de illustratiepunten.



Figuur 4-3 Rekenschema Rekenen

Het onderdeel *berekenen van de belastingniveaus* werken we in paragraaf 4.3.1 uit en het onderdeel *Berekenen van de frequentie van verschillende hydraulische belastingniveaus* werken we in paragraaf 4.3.2 uit. De onderdelen *Interpoleer naar gewenste niveaus* en *Bepaal uitsplitsing frequentie* beschrijven we hier niet verder. Het interpoleren spreekt voor zich. Het uitsplitsten van de overschrijdingsfrequentie is ook recht toe recht aan. Voor het *berekenen van de illustratiepunten* hebben we in paragraaf 4.3.3 een rekenschema weergegeven.

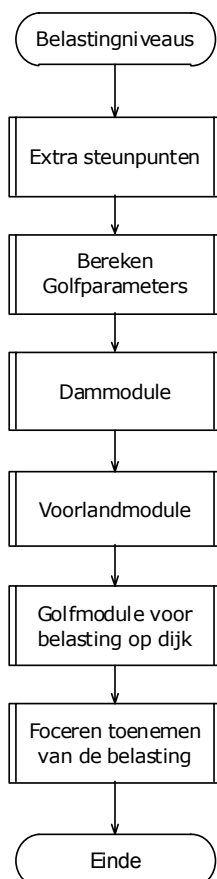
4.3.1 Berekenen belastingniveaus

De uitgangsgegevens voor het berekenen van de belastingniveaus zijn afkomstig uit de randvoorwaardendatabase. Voor een beperkt aantal combinaties van bijvoorbeeld afvoer, wind en keringsituaties staan hierin de waterstanden. In de routine voor het berekenen van de belastingniveaus kunnen deze combinaties als het totaal aantal te gebruiken combinaties gebruikt worden of de combinaties kunnen worden uitgebreid. Dit uitbreiden kan zowel uit interpoleren als extrapoleren bestaan. In beide gevallen spreken we over extra steunpunten.

Voor de gekozen combinaties van invoergegevens worden de golfparameters berekend met een golfgroeimodule. Hiervoor kan bijvoorbeeld Bretschneider worden gebruikt. Deze golfparameters kunnen overigens ook uit de randvoorwaardendatabase komen. Vervolgens worden eventueel de dam en voorlandmodule doorlopen. Dan kunnen de belastingniveaus berekend worden. Als het faalmechanisme waterstandsoverloop is, is het belastingniveau gelijk aan de waterstand. Als het faalmechanisme golfploop of golfoverslag is, is het belastingniveau gelijk aan het niveau dat door de golfmodule (bv. PC-Overslag) wordt berekend. Als de bekleding wordt beschouwd is het belastingniveau weer iets anders.

Tot het berekenen van de belastingniveaus behoort ook het forceren dat het belastingniveau toeneemt als de randvoorwaarden toenemen. Dit forceren is in het verleden *Repareren* genoemd. Met toenemende belastingniveaus bij toenemende randvoorwaarden kunnen de overschrijdingsfrequenties berekend worden bij een ingevoerd hydraulisch belastingniveau.

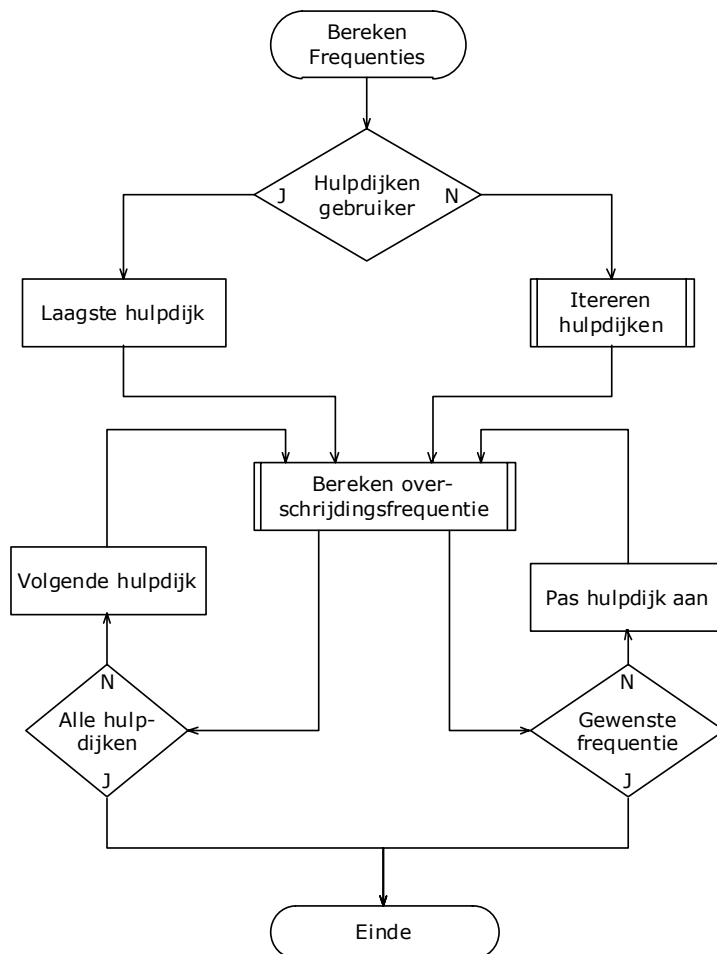
In Figuur 4-4 is bovenstaande in een rekenschema uitgewerkt. In dit rekenschema zijn alleen de bewerkingen weergegeven, niet de keuzes van de bewerkingen. Als het faalmechanisme waterstandsoverloop is, is alleen het forceren nodig. De extra steunpunten, het berekenen van de golfparameters, de dammodule, de voorlandmodule en de golfmodule zijn allemaal niet nodig.



Figuur 4-4 Rekenschema Berekenen belastingniveaus

4.3.2 Berekenen frequentie verschillende hydraulische belastingniveaus

In het verleden is bij Hydra-B en Hydra-VIJ de overschrijdingsfrequentie altijd berekend bij vooraf opgegeven hulpdijkhoogten. Voor Hydra-Zoet wordt voorgesteld om dit uit te breiden met een automatische hulpdijkhoogten bepaalmodule, die als het ware om de module zit die de overschrijdingsfrequentie berekend bij opgegeven hulpdijken. Binnen deze module moet ervoor gezorgd worden dat er niet geëxtrapoleerd wordt. Voor de geavanceerde gebruiker moet het mogelijk blijven om zelfstandig de hulpdijkhoogten op te geven. Dit is bijvoorbeeld om korte berekeningen te maken. In Figuur 4-5 is dit uitgewerkt.



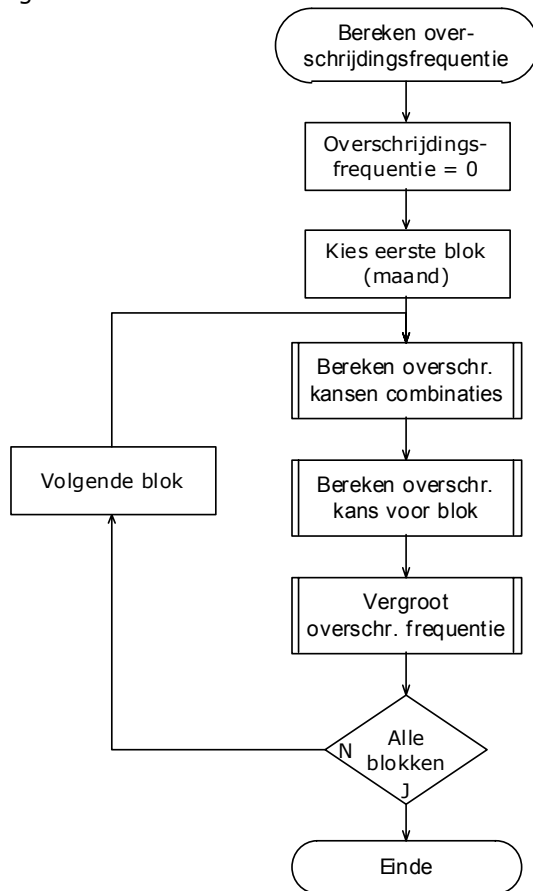
Figuur 4-5 Rekenschema Berekenen overschrijdingsfrequentie voor hulpdijkhoogten

Het berekenen van de overschrijdingsfrequentie bij gegeven hulpdijk is een berekening voor de periode van een (winterhalf)jaar. Het winterhalfjaar wordt onderverdeeld in periodes (blokken). Elk blok heeft precies de duur waarin de "trage" stochasten middels trapezia³ worden gemodelleerd. Het betreft hier de basisduur van de trapezia. Per blok wordt de overschrijdingskans van de hulpdijk berekend ($P_B(h)$) en de overschrijdingsfrequentie van de hulpdijk is de sommatie over blokken:

$$\Psi_H(h) = \sum_{i=1}^K P_{B_i}(h)$$

³ Binnen Hydra-B is alleen de afvoer een "trage" stochast, die als trapezium wordt gemodelleerd. Bij Hydra-VIJ zijn de afvoer en het meerpeil trage stochasten.

De lus over de blokken, waarmee het winterhalfjaar wordt opgevuld, is weergegeven in Figuur 4-6.

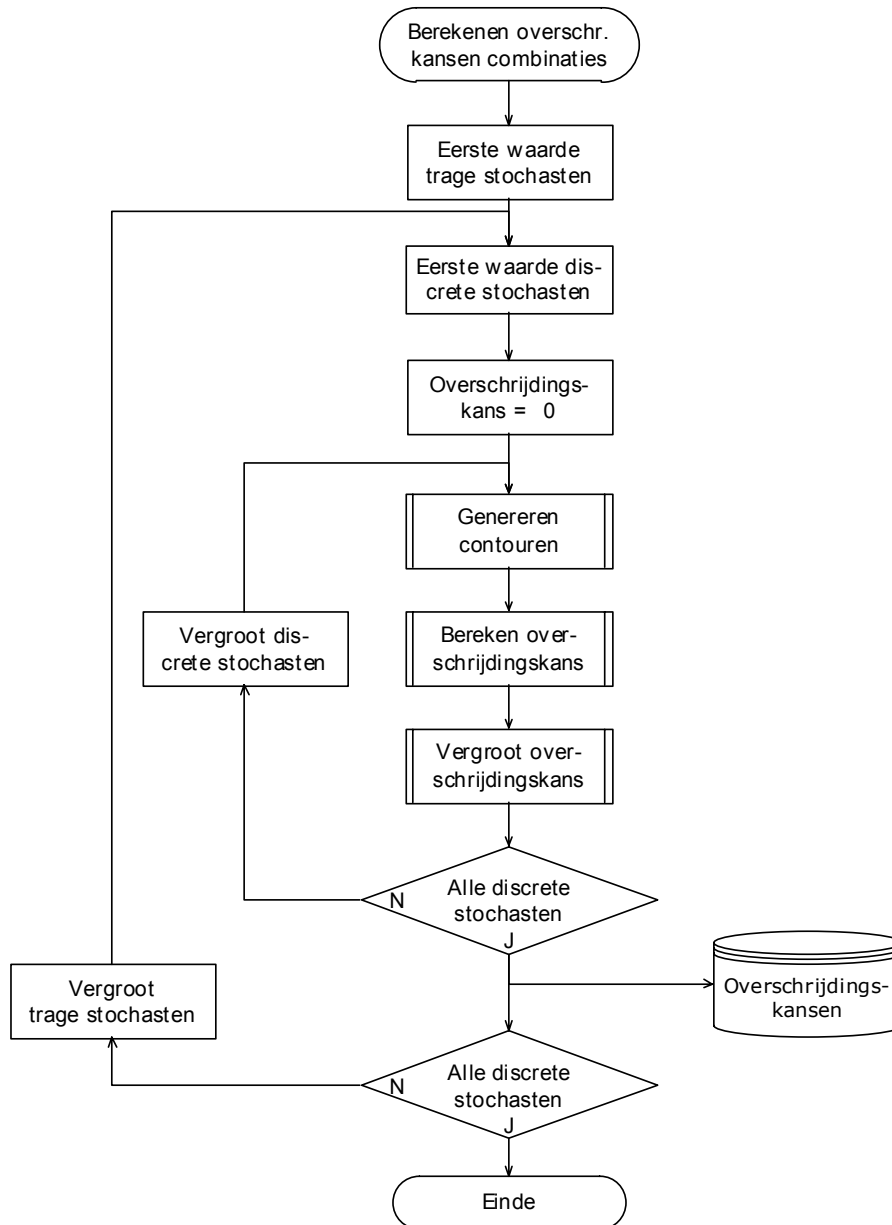


Figuur 4-6 Rekenschema berekenen overschrijdingsfrequentie

Per blok vindt de berekening van de overschrijdingskans plaats in twee stappen: Eerst wordt bij gegeven combinatie van de trage stochasten de overschrijdingskans uitgerekend. Deze overschrijdingskansen worden vervolgens voor de trapezia gecombineerd en opgeteld tot de overschrijdingskans bij de hulpdijk (Figuur 4-6). De berekening van de overschrijdingskans bij gegeven combinatie van de trage stochasten is uitgewerkt in het rekenschema van Figuur 4-7. Het combineren van de berekende overschrijdingskansen tot overschrijdingskansen van de trapezia (oftewel voor één blok) is uitgewerkt in het rekenschema van Figuur 4-8.

In deze rekenschema's wordt op een aantal niveaus de berekening van de overschrijdingskans genoemd. Dit zijn telkens andere overschrijdingskansen. Het betreft telkenmale conditionele overschrijdingskansen, waarbij de conditie anders is. In de begeleidende tekst maken we duidelijk welke conditionele overschrijdingskans we bedoelen. De rekenschema's zijn daardoor niet geheel zelfstandig te lezen. Ter verduidelijking van de rekenschema's geven we per rekenschema de uitgewerkte formules van Hydra-B en Hydra-VIJ. Voor de gebruikte notatie in deze formules verwijzen we naar [Geerse, 2003a]. De rekenschema's zijn zodanig opgezet dat ze zowel Hydra-B als Hydra-VIJ beschrijven.

In Figuur 4-7 is het rekenschema weergegeven voor de berekening van de overschrijdingskans voor combinaties van de stochasten, die middels een trapezium worden gemodelleerd.



Figuur 4-7 Rekenschema voor het berekenen van de overschrijdingskansen gegeven een combinatie van de trage stochasten (bij Hydra-B alleen de afvoer, bij Hydra-VIJ de afvoer en het meerpeil)

Voor Hydra-VIJ zijn in Figuur 4-7 de volgende formules in het rekenschema weergegeven:

$$P(H > h | q, m) = \sum_{r=1}^{16} \sum_{d=1}^3 (P(d)P(r | m)P(H > h | q, m, r, d)) \text{ en}$$

$$P(H > h | q, m, r, d) = \alpha \int_{u: H(q, m, u, r, d, O) > h} g(u | r) du + (1 - \alpha) \int_{u: H(q, m, u, r, d, D) > h} g(u | r) du .$$

Voor Hydra-B betreft het de volgende formules:

$$P(H > h | q) = \sum_{r=1}^9 g(r)P_{Oost}(H > h | q, r, O) + \sum_{r=10}^{16} g(r)(P_{West}(H > h | q, r, O) + P_{West}(H > h | q, r, D))$$

met

$$P_{Oost}(H > h | q, r, O) = \int_{u: H(q, m_0, u, r, O) > h} g(u | r) du, \text{ en}$$

$$P_{West}(H > h | q, r, \omega) = \int_0^\infty \left[\int_{u: H(q, m, u, r, \omega) > h} g(u | m, r) p(\omega | q, u, m, r) du \right] g(m | r) du.$$

In het rekenschema van Figuur 4-7 spreken we over de discrete stochasten. Bij Hydra-B betreft het de windrichting en bij Hydra-VIJ gaat het om de windrichting en de stormduur. De berekening van de overschrijdingskans in het midden van Figuur 4-7 is de verwerking van de snelle stochasten. Bij Hydra-B zijn dit de windsnelheid, de zeewaterstand en de stormvloedkeringen ($P_{Oost}(H > h | q, r, O)$ en $P_{West}(H > h | q, r, \omega)$) en bij Hydra-VIJ is dit de windsnelheid en de toestand van de balgstuw bij Ramspol ($P(H > h | q, m, r, d)$). Het rekenschema van Figuur 4-7 toont dat de overschrijdingskansen naar een bestand worden weggeschreven. Dit is slechts ter verduidelijking gedaan dat deze waarden elders (Figuur 4-8) weer gebruikt worden. In werkelijkheid wordt dit in een tijdelijke variabele opgeslagen. Het gaat hier om $P(H > h | q)$ bij Hydra-B en $P(H > h | q, m)$ van Hydra-VIJ.

Het uitrekenen van de overschrijdingskans in het midden van Figuur 4-7 is een conditionele overschrijdingskans van de windsnelheid gegeven de windrichting (bij Hydra-VIJ en de oostelijke windrichtingen van Hydra-B) of gegeven de windrichting en de zeewaterstand (bij de westelijke windrichtingen van Hydra-B). Zie hiervoor ook de formules, die een integraal laten zien over $g(u | r)$ en $g(u | m, r)$. Voor deze overschrijdingskansen is de windsnelheid nodig, waarbij bij overschrijden overbelasting optreedt. Deze (karakteristieke) windsnelheid bepalen we door de het genereren van contouren.

In Figuur 4-8 worden de overschrijdingskansen voor een blok van het winterhalfjaar berekend. Hiertoe wordt eerst per combinatie van de trage stochasten de overschrijdingskans bepaald en vervolgens worden deze overschrijdingskans gecombineerd tot overschrijdingskansen in het blok. De formules die bij deze twee stappen horen luiden voor Hydra-VIJ en Hydra-B respectievelijk:

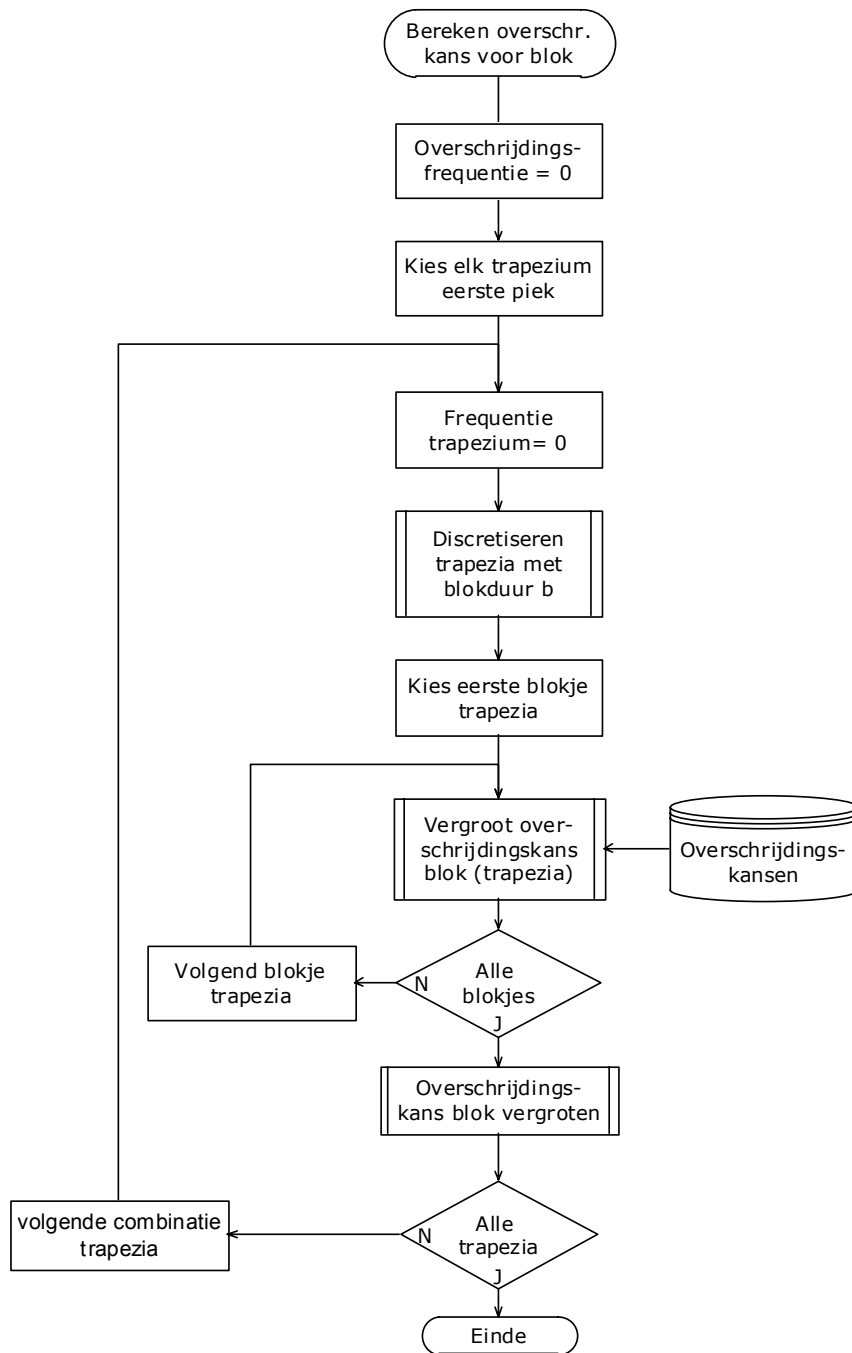
$$P_B(h) = \int g(k, s) P_B(F | k, s) dk ds \text{ met } P_B(F | k, s) = 1 - \prod_{j=1}^{n(B)} [1 - P(H > h | q(j), m(j))]$$

en

$$P_B(h) = \int_0^\infty g(k) P_B(F | k) dk \text{ met } P_B(F | k) = 1 - \prod_{j=1}^n [1 - P(H > h | q(j))].$$

De overschrijdingskansen in een blok zijn $P_B(h)$. De overschrijdingskansen per combinatie van de trage stochasten zijn $P_B(F | k)$ voor Hydra-B en $P_B(F | k, s)$ voor Hydra-VIJ.

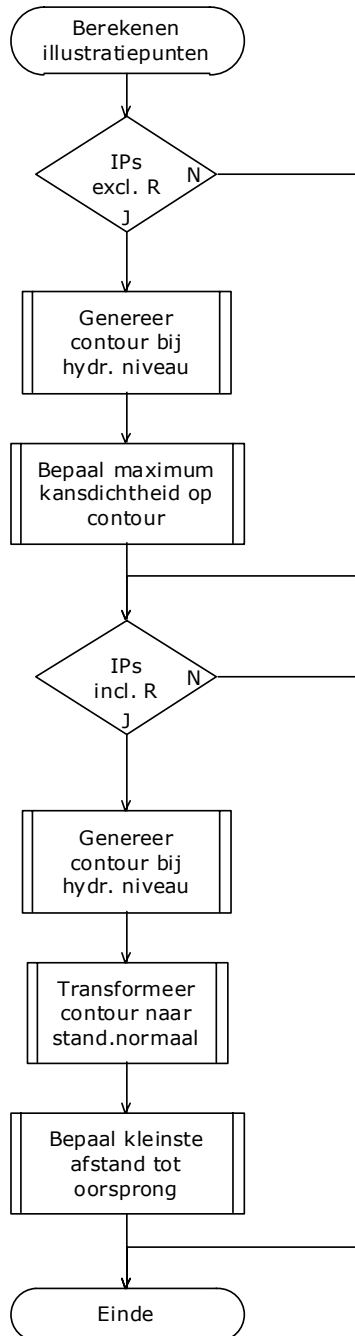
Ook in Figuur 4-8 spreken we over blokken. Dit zijn andere blokken dan de blokken waarmee we het winterhalfjaar opvullen met trapezia. De blokken van Figuur 4-8 is een opdeling van de trapezia in kleinere blokken, waarin we de snelle stochasten constant mogen veronderstellen. Voor Hydra-B is een logische maat voor deze laatste blokduur de getijperiode (12.42 uur).



Figuur 4-8 Rekenschema voor berekenen overschrijdingskans van een blok

4.3.3 Rekenschema illustratiepunten

In onderstaande figuur is het rekenschema van de illustratiepunten (IPs) schematisch weer-gegeven.



Figuur 4-9 Rekenschema voor illustratiepunten

In bovenstaande figuur staat R voor Rosenblatt-transformatie. Illustratiepunten kunnen dus zowel met als zonder de Rosenblatt-transformatie berekend worden.

5 Referenties

[Duits, 2002]

Trapeziumvormige afvoergolven – Vooronderzoek [*HKV-rapport PR551*]. M.T. Duits. HKV LIJN IN WATER. Lelystad, november 2002.

[Duits, 2006]

Prototype Hydra-Zoet – Testrapport – Versie 0.1 (concept) [*HKV-rapport PR1071*]. M.T. Duits. HKV LIJN IN WATER. Lelystad, januari 2006.

[Geerse, 2003a]

Probabilistisch model hydraulische randvoorwaarden Benedenrivierengebied [*RIZA-werkdocument 2003.128x*]. C.P.M. Geerse. Rijkswaterstaat RIZA. Lelystad, december 2003.

[Geerse, 2003b]

Probabilistisch model hydraulische randvoorwaarden IJssel- en Vechtdelta. [*RIZA-werkdocument 2003.129x*]. C.P.M. Geerse. Rijkswaterstaat RIZA. Lelystad, september 2003.

[Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001]

Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat – Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat RIKZ, DWW, RIZA. Den Haag, december 2001.