

TNO-rapport**TNO-2020-R11322****Gebruikershandleiding Hydra-Ring tool****Buildings, Infrastructure &
Maritime**Stieltjesweg 1
2628 CK Delft
Postbus 155
2600 AD Delftwww.tno.nlT +31 88 866 20 00
F +31 88 866 06 30

Datum	19 oktober 2020
Auteur(s)	Ir. R. de Vries Ir. H.M.G.M. Steenbergen
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	24 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat WVL Contact: Arnaud Castelijm Zuiderwagenplein 2 8224 AD Lelystad
Projectnaam	Nieuwe tool voor toetsen op maat
Projectnummer	060.38933

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2020 TNO

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Installatie	4
2.1	Uitpakken ZIP-bestand	4
2.2	Beschrijving inhoud.....	4
3	Opzetten van berekening	5
3.1	Nieuw project starten	5
3.2	Stijl van de cellen	5
3.3	Algemene instellingen.....	6
4	Invoer van het mechanisme	9
4.1	Foutenboom.....	9
4.2	Submechanismen	10
4.3	Rekenmethode	11
4.4	Variabelen.....	12
4.5	Variabelen per submechanisme	13
5	Schematisering van de locatie	14
5.1	Wind.....	14
5.2	Profiel.....	14
6	Invoer grenstoestandsfuncties	16
6.1	Excel	16
6.2	TCP/IP	16
6.3	ExprTk	18
7	Resultaten	21
7.1	Faalkansberekening	21
7.2	Ontwerpen	22
8	Referenties	23
9	Ondertekening	24

1 Inleiding

Dit rapport bevat de gebruikershandleiding voor de nieuwe 2020-versie van de Hydra-Ring gebruikersschil genaamd 'Hydra-Ring tool'. TNO heeft in 2018 binnen het kader van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken in samenwerking met Rijkswaterstaat de eerste versie van de Hydra-Ring tool ontwikkeld. Hiermee kon een mechanisme met één zelf gedefinieerde Z-functie (submechanisme) worden berekend. Ten opzichte van de 2018-versie is het nu mogelijk om:

- Meerdere Z-functies (submechanismen) te gebruiken.
- De submechanismen te combineren in een door de gebruiker zelf in te voeren foutenboom.
- Een voorland en/of dam te definiëren.
- De mogelijkheid om met een factor de golfhoogte te reduceren per windrichting.
- Ontwerpmogelijkheden zoals beschikbaar in Hydra-Ring te benutten.

De tool maakt gebruik van de rekenkern Hydra-Ring en deze wordt ook met de tool meegeleverd. Riskeer (Deltares, 2019) is niet benodigd voor het uitvoeren van een berekening met de tool. Het gebruik van Riskeer is wel handig om het identificatienummer van een locatie op te zoeken. Voor algemene informatie over Hydra-Ring wordt de gebruiker verwezen naar Deltares (2016). Wetenschappelijke achtergronden kunnen worden teruggevonden in Deltares (2013).

2 Installatie

2.1 Uitpakken ZIP-bestand

Om de Hydra-Ring tool te installeren dient een ZIP-bestand te worden uitgepakt. In het ZIP-bestand zijn alle benodigde onderdelen van de tool meegeleverd. De inhoud van het bestand moet worden uitgepakt naar een map waarin de gebruiker lees-, schrijf- en uitvoerrechten heeft. Een geschikte locatie is hiervoor bijvoorbeeld de *Mijn documenten* map van de gebruiker.

Let op: In sommige gevallen kan een vorm van antivirusbeveiliging de installatie van de Hydra-Ring tool bemoeilijken. Indien het ZIP-bestand door Windows is aangemerkt als 'potentieel gevaarlijk', dan dient het bestand eerst te worden ontgrendeld. Dit kan door met de rechter muisknop op het ZIP-bestand te klikken om de eigenschappen te bekijken. Hier kan de blokkering worden opgeheven.

2.2 Beschrijving inhoud

Na het uitpakken verschijnen een aantal mappen. Al deze mappen maken samen de 'Hydra-Ring tool'. Een korte beschrijving van de mappen volgt:

- **Database:** Gedownload databases met regionale informatie. Wanneer benodigd kunnen in deze map extra databases worden toegevoegd.
- **Hydra-Ring 19.1:** De rekenkern Hydra-Ring met de functionaliteit tot het uitvoeren van de berekening met zelf opgegeven faalmechanismen.
- **Library:** Locatie van de speciaal voor de Hydra-Ring tool ontwikkelde bibliotheken.
- **Project 1 Leeg:** Een lege projectmap welke kan worden ingevuld voor een willekeurig doeleinde.
- **Project 2 Eigen faalmechanismen:** Een voorbeeldproject waarin gebruik wordt gemaakt van een eigen foutenboom en faalmechanismen.
- **Project 3 Overschrijdingslijn:** Een voorbeeldproject voor het bepalen van de waterstand-overschrijdingslijn.
- **Project 4 Piping:** Een voorbeeldproject waarin de kans op het optreden van piping wordt bepaald aan de hand van de modellen van Lane en Bligh.
- **Project 5 Falen sluiting:** Een voorbeeldproject waarbij het falen van het sluiten van een verdronken koker is uitgewerkt.
- **Server MATLAB:** Een voorbeeldscript waarmee MATLAB kan worden gebruikt in combinatie met de TCP/IP-functionaliteit.
- **Server Python:** Een voorbeeldscript waarmee Python kan worden gebruikt in combinatie met de TCP/IP-functionaliteit.

3 Opzetten van berekening

3.1 Nieuw project starten

Het starten van een nieuwe berekening (project) is het gemakkelijkst door het maken van een kopie van één van de meegeleverde projectmappen. Let op; alle verwijzingen zijn relatief aan de hoofdmap, dus het verplaatsen van een projectmap naar een ander niveau zal problemen opleveren.

In de nieuwe projectmap kunnen alle bestanden behalve het Excel-bestand (.xslm) worden verwijderd. Daarna kan men de aanpassingen maken welke benodigd zijn voor het nieuwe project. Het is niet noodzakelijk om de bestandsnaam en/of projectnaam te wijzigen, maar wel verstandig.

3.2 Stijl van de cellen

In de Hydra-Ring tool wordt er zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de standaard in Excel aanwezige stijlen voor cellen. De stijl van de cel maakt duidelijk waarvoor deze gebruikt wordt: invoer, berekening of uitvoer (figuur 3.1).

Ontwerpen	
Methode	2: Waarde gegeven faalkans
Variabele ID	1
Variabele naam	Kerende hoogte
Minimum	0.2
Maximum	2.4
Stapgrootte	0.2
Betrouw. index (β)	4.3

Betrouwbaarheid	
Index (β)	4.5667
Faalkans (P_f)	2.48E-06
Referentieperiode	1 jaar
Herhalingsperiode	403663 jaar

Figuur 3.1: Voorbeeld van de verschillende stijlen voor een cel.

Sommige cellen bevatten een keuzemenu – te zien aan het pijltje naar beneden dat rechts verschijnt wanneer de cel wordt geselecteerd. Het is dan alleen mogelijk om van te voren gedefinieerde opties te kiezen (figuur 3.2). Wanneer er waarden worden ingelezen van de configuratie, dan verschijnt er alleen een getal en mist de omschrijving (de tekst na de dubbele punt). Dit is geen probleem, de tool heeft namelijk genoeg aan het getal.

2: Waarde gegeven faalkans
1: Geen (bereken faalkans)
2: Waarde gegeven faalkans
3: Tabel (bereken faalkansen)

Figuur 3.2: Voorbeeld van een keuzemenu.

3.3 Algemene instellingen

Op het tabblad *Algemeen* kunnen de projecteigenschappen en algemene instellingen worden ingevoerd (figuur 3.3). Rechtsboven staat de knop *Start berekening* welke pas dient te worden ingedrukt wanneer de gegevens op alle tabbladen in orde zijn.

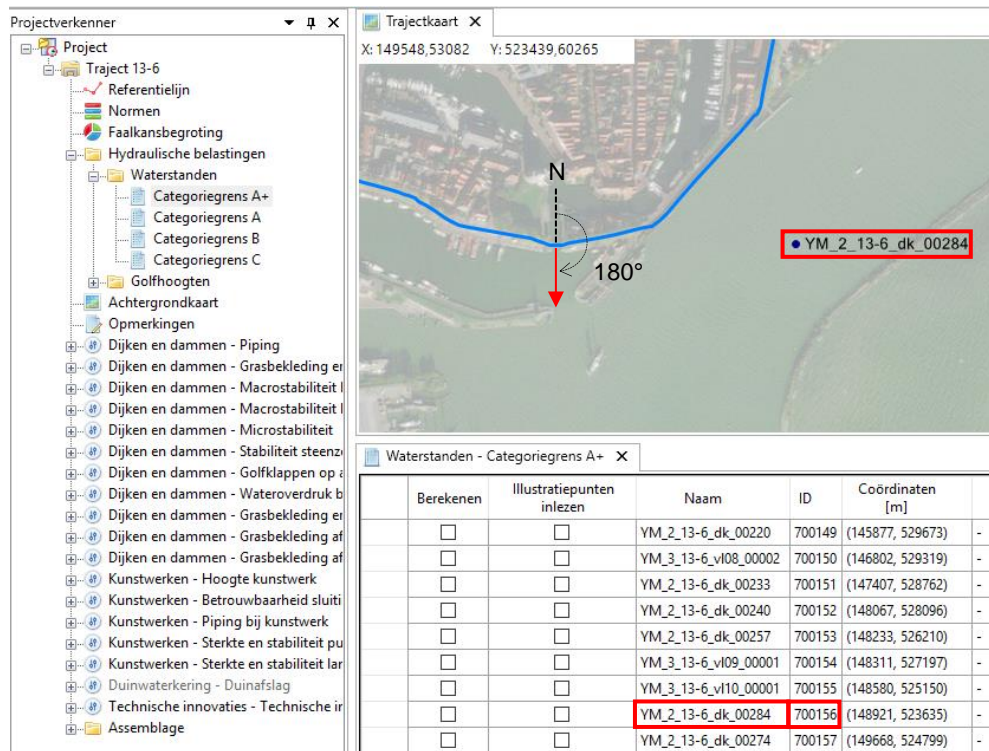
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Algemeen															
2	Project naam	Project 2						Start berekening								
3	Database locatie	..\Database\WBI2017_IJsselmeer_13-6_v02														
4	Library locatie	..\Library														
5	Hydra-Ring locatie	..\Hydra-Ring 19.1														
6	Trajectinformatie: https://waterveiligheidsportaal.nl/#/nss/nss/norm															
7	Regio databases: https://fbwvl.stackstorage.com/s/cQJwECwRv88jqsc															
8	StationId	700156						Op te zoeken via Riskeer (kies traject en laad HRD)								
9	Normaal	180						Normaal van dijk/kunstwerk t.o.v. het noorden [*]								
10																
11	Belasting															
12	Waterstand	h						Lokale waterstand [m + NAP]								
13	Sign. golfhoogte	H_s						Bij benadering geldt $H_{max} = 2.3 \times H_s$ [m]								
14	Golfperiode	T						De tijd die verloopt tussen twee golven [s]								
15	Golfrichting	phi						Richting van de golven t.o.v. het Noorden [* of rad]								
16	Hoek van golfinval	beta						Uitgerekend a.d.h.v. normaal en golfrichting [* of rad]								
17	Hoekenheid	Radialen						Eenheid gebruikt voor golfrichting en hoek van golfinval								
18																
19	Berekening															
20	Tijdsintegratie	3: Numerieke tijdsintegratie (NTI)						Lees tijdsintegratiemethode locatie								
21	Onzekerheden	1: Inbegrepen						Type berekening								
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32	Uitvoer															
33	Log niveau	Basis						De hoeveelheid informatie weergegeven in het log								
34	Log doel	Scherm en bestand						Waar het log wordt weergegeven								
35	Resultaten	SQLite						Hoe resultaten worden opgeslagen (SQLite is het snelst)								
36																
37	Ontwerpen															
38	Methode	1: Geen (bereken faalkans)						Methode waarmee mee wordt ontworpen								
39	Variabele ID	1						De variabele welke wordt gevarieerd (CoV aanbevolen voor stochast)								
40	Variabele naam	Kerende hoogte						Naam van de geselecteerde variabele								
41	Minimum	0.2						Minimum waarde voor eerste iteratie of beginwaarde tabel								
42	Maximum	2.4						Maximum waarde voor eerste iteratie of eindwaarde tabel								
43	Stapgrootte	0.2						Stapgrootte voor het opstellen van tabel								
44	Betrouwv. index (β)	0.3						Iteraties vinden plaats tot ingevoerde betrouwbaarheid is bereikt								
45																

Figuur 3.3: Schermafbeelding van het tabblad *Algemeen*.

3.3.1 Locatie en database

Er kan alleen voor vaste locaties langs de dijktrajecten in Nederland een berekening worden gemaakt. Het identificatienummer van de locatie en het corresponderende dijktrajectnummer kunnen als volgt worden opgezocht:

1. Het dijktrajectnummer (bijvoorbeeld 13-6) kan worden gevonden door het dijktraject op de kaart van het Waterveiligheidsportaal op te zoeken: <https://waterveiligheidsportaal.nl/#/nss/nss/norm>
2. Met deze informatie kan de bijbehorende database worden gedownload via de volgende link (in map *Toets eenvoudig t/m gedetailleerd*): <https://fbwvl.stackstorage.com/s/cQJwECwRv88jqsc>
3. Het identificatienummer van de locatie (*StationId*) kan worden gevonden door het dijktraject in Riskeer te laden en een waterstandsberekening te doen. Het identificatienummer (ID) dat hoort bij de naam zoals weergegeven op de kaart verschijnt in het overzicht (figuur 3.4).
4. Op deze kaart kan men ook de normaal van het kunstwerk achterhalen, welke dient te worden opgegeven in graden ten opzichte van het noorden.



Figuur 3.4: Schermafbeelding van Riskeer bij het opzoeken van het ID van de locatie.

3.3.2 Belastingparameters

In de zelf gedefinieerde grenstoestandsfuncties (Z-functies) worden voor de parameters symbolen gebruikt. Deze symbolen, of namen, kunnen worden ingevoerd op het tabblad *Algemeen*. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van de *ExprTk* of *TCP/IP* methode voor een Z-functie zijn de symbolen noodzakelijk. Als er gebruik wordt gemaakt van de *Excel* methode voor alle grenstoestandsfuncties zijn de symbolen optioneel.

De hoek van golfval, in het voorbeeld *beta* genoemd, is een afgeleide parameter en wordt berekend aan de hand van de normaal van het kunstwerk en de golfrichting. Er kan worden gekozen of de waarden van de golfrichting en hoek van golfval worden gegeven in graden of radialen. (In *ExprTk* kan ook gebruik worden gemaakt van de functies *deg2rad* en *rad2deg* voor de conversie.)

3.3.3 Berekening

De eerste optie beschrijft de methode waarop de tijdsintegratie wordt uitgevoerd, ook wel het 'oprollen in de tijd' genoemd. Simpel gesteld levert methode 3 (NTI) altijd een goed resultaat maar heeft een lange rekentijd. Methode 1 (FBC) is sneller, maar levert op sommige locaties geen goed resultaat. Welke methode van toepassing is voor een locatie in combinatie met het type constructie kan worden uitgelezen uit het *config*-bestand dat is geleverd bij de regionale database voor het dijktraject. Dit kan worden gedaan door het type berekening te selecteren in de lijst rechts van de knop *Lees tijdsintegratie-methode locatie* en vervolgens de knop zelf in te drukken.

Ook kan er worden aangegeven of onzekerheden moeten worden meegenomen in de berekening, en zo ja welke. Een berekening wordt normaliter uitgevoerd met alle

onzekerheden inbegrepen, alleen wanneer er zich problemen voordoen in de uitkomst kan het soms inzichtelijk zijn om deze even niet te beschouwen.

3.3.4 *Uitvoer*

Voor de uitvoer betreffende de voortgang van de berekening en eventuele fouten kan het niveau worden gekozen. De gekozen optie heeft geen invloed op het berekeningsresultaat. Daarnaast kan er gekozen worden om de uitvoer alleen in het Hydra-Ring venster te tonen of ook naar een bestand weg te schrijven (<Project naam>.log).

Het opslaan van de resultaten kan alleen in een SQLite database-bestand, of ook in een tekstbestand. De tekstuitvoer komt met name van pas indien er zich problemen voordoen tijdens de berekening. In het tekstbestand worden de stappen en bijbehorende tussenresultaten inzichtelijk gemaakt. Het tekstbestand wordt opgeslagen in de map van het project (<Project naam>-output.txt). Door het produceren van het tekstbestand kost de berekening wel aanzienlijk meer tijd.

3.3.5 *Ontwerpen*

Behalve het uitrekenen van een faalkans, kan Hydra-Ring ook voor ontwerpdoeleinden worden ingezet. De ontwerpfunctionaliteit heeft betrekking op één vrij te kiezen weerstandsvariabele. Het ID van de variabele correspondeert met de invoer op het tabblad *Variabelen*. De variabele kan een deterministische waarde zijn of een stochast. De waarde van *Param1* wordt bij een ontwerpberekening gevarieerd, dit is bij een stochast de gemiddelde waarde. Er zijn drie methodes met betrekking tot het ontwerpen:

1. **Geen:** Er wordt een faalkans berekend, ontwerpfuncties niet actief.
2. **Waarde gegeven faalkans:** Er wordt gezocht naar een waarde voor de gekozen parameter waarbij de vooraf ingevoerde faalkans (in de vorm van een betrouwbaarheidsindex β) wordt bepaald.
3. **Tabel:** Voor een aantal waarden van de gekozen parameter wordt de faalkans bepaald. De waarden worden aangegeven via de velden *Minimum* en *Maximum* met een bijbehorende *Stapgrootte*.

In het geval van methode 2 is de berekening iteratief. Om de procedure te starten dient er een aannemelijk bereik ingevoerd te worden voor de betrouwbaarheidsindex via de velden *Minimum* en *Maximum*.

Let op: De gevonden waarden zijn geen 'ontwerpwaarden' zoals aangeduid in de literatuur omtrent probabilistisch beoordelen. Het gaat hier puur om het vinden van een waarde van *Param1* welke resulteert in een bepaalde faalkans.

3.3.6 *ID definitie (geavanceerd)*

Op het tabblad algemeen zijn rijen 22 t/m 30 verborgen. Wanneer ze zichtbaar worden gemaakt dan verschijnen een aantal velden waar identificatienummers (IDs) kunnen worden opgegeven. De ingevulde IDs komen overeen met de beoordeling van sterkte en stabiliteit van een kunstwerk (puntconstructie).

4 Invoer van het mechanisme

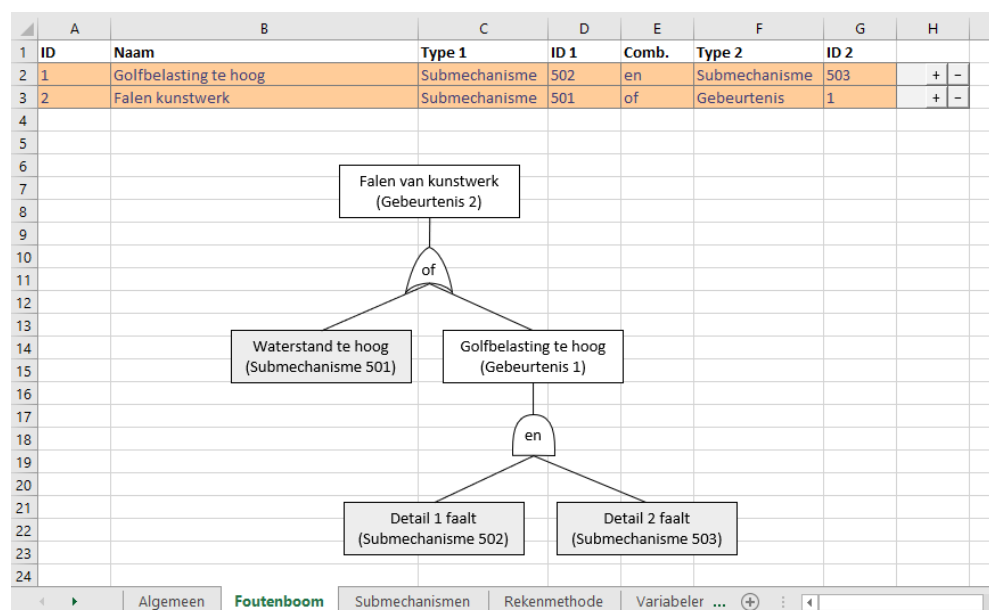
4.1 Foutenboom

Op het tabblad *Foutenboom* kan de foutenboom (of gebeurtenissenboom) van het mechanisme worden ingevoerd. Een foutenboom is opgebouwd uit gebeurtenissen welke een combinatie-actie uitvoeren. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de gedefinieerde submechanismen op het tabblad *Submechanismen*. Iedere regel relateert aan één gebeurtenis met een combinatie-actie (en/of) zoals wordt uitgevoerd door Hydra-Ring. Een combinatie kan in plaats van een submechanisme ook refereren aan een andere gebeurtenis.

Men is vrij om zelf de IDs te definiëren, deze hebben geen invloed op het resultaat. Bij het wijzigen van de ID hoeven er geen verwijzingen op andere tabbladen worden aangepast, alleen de eventuele verwijzingen in andere gebeurtenissen.

Let op: De gebeurtenissen worden geëvalueerd in de volgorde van de IDs. Het is dus van belang dat wanneer er in een gebeurtenis wordt gerefereerd naar een andere gebeurtenis, deze dus al eerder berekend is. De gebeurtenis aan welke wordt refereert dient er dus ergens boven te staan. Praktisch komt dit er op neer dat een foutenboom veelal van onderen naar boven wordt doorgewerkt.

In figuur 4.1 is een voorbeeld gegeven van de mogelijke invoer, de getekende boom onder de invoervelden is alleen ter verduidelijking.



Figuur 4.1: Schermafbeelding van het tabblad *Foutenboom*.

Er kan een nieuwe gebeurtenis (regel) worden toegevoegd door op de '+' knop te drukken. Hiermee wordt er een regel toegevoegd onder de desbetreffende regel. Wanneer op de '-' knop wordt gedrukt dan wordt de regel verwijderd. In het geval dat dit de laatste regel betreft, dan wordt alleen de invoer gewist. Iedere gebeurtenis dient een uniek identificatienummer (ID) te hebben, deze wordt automatisch gegenereerd wanneer op de '+' knop wordt gedrukt.

De foutenboom is onnodig wanneer er maar één submechanisme is gedefinieerd. In dit geval kunnen alle regels worden verwijderd, behalve de eerste. De eerste regel kan vervolgens leeg gemaakt worden.

4.2 Submechanismen

Het falen van het mechanisme wordt beschreven door de foutenboom. De submechanismen zijn onderdeel van het totale mechanisme. Ieder submechanisme is gedefinieerd door de Z-functie en een aantal eigenschappen welke kunnen worden ingevoerd op het tabblad *Submechanismen* (figuur 4.2).

Het invoeren van de submechanismen gaat op vergelijkbare wijze als de foutenboom. Door op de '+' knop te drukken wordt er een regel toegevoegd onder de desbetreffende regel. Wanneer op de '-' knop wordt gedrukt dan wordt de regel verwijderd. In het geval dat dit de laatste regel betreft, dan wordt alleen de invoer gewist. Ieder submechanisme dient een uniek ID te hebben, deze wordt automatisch gegeneerd wanneer op de '+' knop wordt gedrukt. Bovendien dient het ID hoger te zijn dan 500. Bij het toevoegen van een nieuwe regel wordt ook automatisch een nieuw tabblad voor de Z-functie toegevoegd. Deze tabbladen beginnen met de letter Z met daaropvolgend het ID van het submechanisme.

	A	B	C	M	N	O	P	Q
1	ID	Naam	Hydraulische belasting					
2	501	Waterstand te hoog	4: Piek (T_p)	+	-			
3	502	Detail 1 faalt	4: Piek (T_p)	+	-			
4	503	Detail 2 faalt	4: Piek (T_p)	+	-			
5								
6	Laat het ID van de submechanismen hoger zijn dan 500							
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Figuur 4.2: Schermafbeelding van het tabblad *Submechanismen*.

Tip: Het wijzigen van het ID van een submechanisme naar een door de gebruiker gekozen waarde is mogelijk. Daartoe dient het ID op het tabblad *Submechanismen* te worden gewijzigd, vervolgens ook de naam van het tabblad van de Z-functie (Z...) en ook de verwijzingen op het tabblad *Foutenboom*. Eventueel kan de TCP/IP poort worden gewijzigd van de Z-functie (wanneer hier gebruik van wordt gemaakt).

Er kan per submechanisme worden aangegeven welke *Hydraulische belasting* er van toepassing is. Indien er helemaal geen gebruik wordt gemaakt van belasting-parameters zoals waterstand, golfhoogte, etc. dan kan er voor de optie *0: Geen* worden gekozen. In het geval alleen de waterstand van belang is voor *1: Alleen waterstand*. Als naast de waterstand ook golfparameters benodigd zijn, dan kan er voor de overige opties worden geselecteerd. Via deze opties wordt er gekozen

welke golfperiode-definitie er wordt gehanteerd. Welke van toepassing is hangt af van hoe de Z-functie is gedefinieerd. Er is hierbij geen 'standaard' of aanbevolen waarde, maar in veel gevallen wordt er gebruik van de zogenaamde piekperiode (T_p).

Indien gewenst kunnen de kolommen D t/m L worden weergegeven. Maar voor het gebruik van een Z-functie gedefinieerd via de Hydra-Ring tool worden de velden normaliter leeg gelaten. Via deze kolommen zou men ook handmatig een (32-bit) DLL met Z-functie(s) kunnen aanroepen. Daarnaast kunnen er een aantal geavanceerde eigenschappen van de Z-functie worden aangepast.

4.3 Rekenmethode

Per submechanisme dient een rekenmethode te worden gekozen. Wanneer er voor de First Order Reliability Method (FORM) wordt gekozen kan ook de start methode worden gekozen. Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende reken- en startmethoden wordt verwezen naar Deltares (2013) en Deltares (2016).

Welke rekenmethode het meest geschikt is hangt af van het type Z-functie, de locatie en het betrouwbaarheidsniveau. Wanneer het type Z-functie en de locatie bekend zijn, kunnen de geadviseerde waarden worden opgehaald uit het configuratie-bestand (*.config.sqlite) dat is meegeleverd met de database. Er kan een keuze worden gemaakt uit de submechanisme IDs welke worden gebruikt door Riskeer, zoals gegeven op het tabblad *Rekenmethode* (figuur 4.3). Door vervolgens op de knop *Lees instellingen* te drukken worden de waarden opgehaald en in de uitvoer cellen eronder weergegeven. Ze kunnen daarna worden overgenomen als invoer bij de erboven gedefinieerde submechanismen.

	A	B	C	D	R	S
1	ID	Naam	Rekenmethode	FORM start methode		
2	501	Waterstand te hoog	11: First FORM then DIRS	4: Ray search		
3	502	Detail 1 faalt	11: First FORM then DIRS	4: Ray search		
4	503	Detail 2 faalt	11: First FORM then DIRS	4: Ray search		
5						
6						
7			Aanbevolen waarden uit configuratie lezen			
8			Submechanisme ID	430		
9				Lees instellingen		
10			Waarden verschijnen hieronder			
11						
12						
13	<i>Het submechanisme ID voor het uitlezen van de aanbevolen waarden uit de configuratie (*.config.sqlite) is</i>					
14	<i>overeenkomstig met de in Hydra-Ring aangehouden IDs. Een (onvolledige) lijst van mogelijke waarden volgt:</i>					
15	421	Bezwijken bodembescherming achter kunstwerk				
16	422	Bezwijken kunstwerk als gevolg van erosie bodem				
17	423	Overschrijden bergend vermogen (t.g.v. overtopping)				
18	424	Overschrijden bergend vermogen (t.g.v. niet sluiten)				
19	425	Bezwijken bodembescherming achter kunstwerk				
20	426	Falen sluitproces				
21	427	Falen herstel achteraf				
22	430	Constructief falen door hydraulische belasting				
23	431	Falen van restauratie of reparatie				
24	432	Aanvaarenergie groter dan kritieke waarde				
25	433	Kans op aanvaring tweede keermiddel				
26	434	Falen sluiting eerste keermiddel				
27	435	Instabiliteit constructie en grondlichaam				
28						

Figuur 4.3: Schermafbeelding van het tabblad *Rekenmethode*.

Geavanceerde instellingen kunnen worden gewijzigd door het weergeven van de kolommen E t/m Q. Daarbij kunnen parameters zoals het maximum aantal iteraties,

afbreekcriteria en andere instellingen per rekenmethode worden ingevoerd. Voor een beschrijving wordt verwezen naar Deltares (2013) en Deltares (2016). Als de velden leeg worden gelaten dan worden de standaard waarden gebruikt.

4.4 Variabelen

De variabelen gebruikt om de weerstandzijde van het mechanisme te beschrijven kunnen worden ingevoerd op het tabblad *Variabelen* (figuur 4.4). Net als op de eerdere tabbladen kunnen de knoppen '+' en '-' worden gebruikt om regels met invoer toe te voegen of te verwijderen. Iedere variabele dient een uniek ID te worden gegeven en wanneer de Z-functie gebruik maakt van de *ExprTk* of *TCP/IP* functionaliteit ook een uniek symbool.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	N	P
1	ID	Naam	Symbool	Type	Param1	Param2	Param3	Param4	V	Unit	
2	1	Kerende hoogte	h_k	2: Normaal	3.25	0.1				m	+ -
3	2	Sterkte detail 1	R_1	4: Lognormaal	12				0.1		+ -
4	3	Sterkte detail 2	R_2	4: Lognormaal	12.5				0.15		+ -
5	4	Modelonzekerheid sterkte detail 1	m_R1	2: Normaal	1	0.05					+ -
6	5	Modelonzekerheid sterkte detail 2	m_R2	2: Normaal	1	0.05					+ -
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											

Figuur 4.4: Schermafbeelding van het tabblad *Variabelen*.

Per variabele kan worden gekozen of deze deterministisch is of een stochast met een bepaalde verdelingsfunctie. De waarde van de kolommen *Param1* t/m *Param4* hangt af van de gekozen verdelingsfunctie:

- **Deterministisch:** *Param1* is de waarde (gebruikt voor een constante).
- **Normaal:** *Param1* is het gemiddelde en *Param2* is de standaard deviatie.
- **Lognormaal:** *Param1* is het gemiddelde en *Param2* is de standaard deviatie. Met *Param3* kan eventueel ook een verschuiving worden opgegeven.
- **Afgekapt normaal:** *Param1* is het gemiddelde, *Param2* is de standaard deviatie, *Param3* de minimale waarde en *Param4* de maximale waarde.

Als alternatief voor de standaarddeviatie kan er een variatiecoëfficiënt worden ingevoerd via kolom *V*. Bij de ontwerpfunctie, waarbij alleen *Param1* wordt gevarieerd, blijft via de definitie van een variatiecoëfficiënt de relatieve spreiding intact. Ten slotte kan het handig zijn om een eenheid op te geven in de kolom *Unit*. Deze heeft echter geen invloed op de berekening. Wel wordt eenheid weergegeven in de tekstuitvoer (als deze optie is ingeschakeld op tabblad *Algemeen*).

Tip: Wanneer er een ander type verdeling is gewenst voor de variabele, dan kan er een standaard normaal verdeelde stochast gedefinieerd worden (gemiddelde 0 en

standaarddeviatie 1) met een eigen transformatie binnen de Z-functie (zie ook sectie 6.3).

4.5 Variabelen per submechanisme

Omdat niet voor ieder submechanisme alle variabelen van toepassing hoeven te zijn, kan er per submechanisme worden aangegeven welke variabelen er worden gebruikt. De invoer geschiedt via een tabel op het tabblad *SubmVar* (figuur 4.5). De kolommen nemen de namen aan van de gedefinieerde variabelen. De rijen geven de IDs van de submechanismen. Wanneer de variabele van toepassing is op een submechanisme kan dit worden aangegeven met de waarde 1. Als er in de cel 0 wordt ingevoerd of deze leeg gelaten wordt, dan wordt de variabele niet meegenomen in de berekening.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Subm\Var	h_k	R_1	R_2	m_R1	m_R2						
2	501	1										
3	502		1		1							
4	503			1		1						
5												
6	<i>In de bovenstaande tabel wordt er voor ieder submechanisme aangegeven welke</i>											
7	<i>variabele(n) van toepassing zijn met de waarde 1. Als er in een cel 0 staat of deze</i>											
8	<i>leeg is, dan wordt de variabele niet meegenomen in de berekening.</i>											
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

Figuur 4.5: Schermafbeelding van het tabblad *SubmVar*.

5 Schematisering van de locatie

5.1 Wind

Een locatie kan specifieke kenmerken hebben waardoor falen in een bepaalde windrichting niet van toepassing is of de golfhoogte gereduceerd moet worden. Op het tabblad *Wind* (figuur 5.1) wordt de mogelijkheid hiertoe gegeven.

Let op: Het aantal windrichtingen hangt af van de regio waarin de locatie zich bevindt. Eerst dient het *StationId* van de locatie op het tabblad *Algemeen* te worden ingevuld, gevolgd door een klik op de knop 'Lees windrichtingen voor locatie'. Op deze manier wordt de lijst met windrichtingen geüpdatet voor de locatie.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ID	Richting	Gebruikt	Factor								
2	1	0	1	1		Lees windrichtingen voor locatie						
3	2	22.5	1	1								
4	3	45	1	1								
5	4	67.5	1	1		Alvorens de tabel in te vullen dient eerst op tabblad Algemeen de StationId van de locatie te worden ingevuld. Vervolgens kan op bovenstaande knop gedrukt worden om de windrichtingen uit te lezen.						
6	5	90	1	1								
7	6	112.5	1	1								
8	7	135	1	1								
9	8	157.5	1	1								
10	9	180	1	1		Om een windrichting te negeren dient er een 0 geplaatst te worden in de kolom Gebruikt. Wanneer er niets is ingevuld dan wordt de standaard waarde 1 aangenomen.						
11	10	202.5	1	1								
12	11	225	1	1								
13	12	247.5	1	1								
14	13	270	1	1		Om een reductie toe te passen op de golfhoogte kan de factor in een bepaalde windrichting verlaagd worden. De waarde is multiplicatief op de golfhoogte en dient tussen 0 en 1 te zijn.						
15	14	292.5	1	1								
16	15	315	1	1								
17	16	337.5	1	1								
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

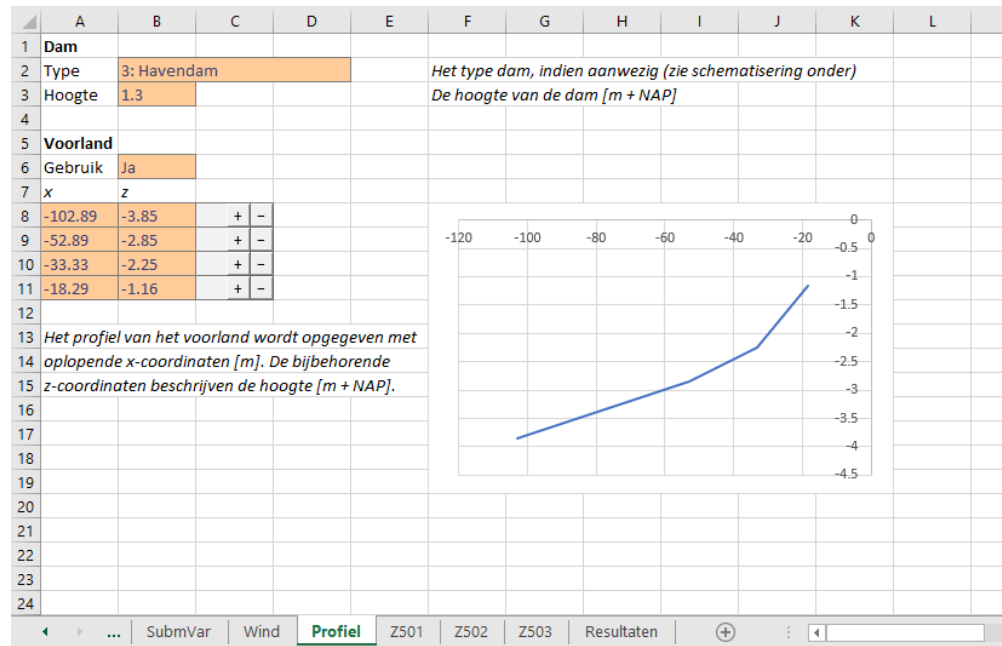
Figuur 5.1: Schermafbeelding van het tabblad *Wind*.

Indien een windrichting niet van toepassing is (oftewel de windrichting kan worden overgeslagen in de berekening), dan kan een 0 worden geplaatst in de kolom *Gebruikt*. Wanneer er niets is ingevuld dan wordt de standaard waarde 1 aangehouden. (Dit wijkt af van de werking op tabblad *SubmVar*.)

In de kolom *Factor* dient een (drijvende komma) waarde tussen 0 en 1 ingevuld te worden. De significant golfhoogte (H_s) wordt vermenigvuldigd met de ingevulde factor. Een waarde 1 betekent dat er geen reductie is en een waarde van 0 heeft een totale reductie tot gevolg. Wanneer er niets is ingevuld dan wordt de standaard waarde 1 aangehouden.

5.2 Profiel

De Hydra-Ring database bestanden bevatten informatie over de hydraulische belasting, maar hierbij is geen rekening gehouden met de lokale kust- of oevercondities. Het profiel van het zogenaamde voorland kan een grote invloed hebben op de belastingen en daarmee de betrouwbaarheidsindex. Daarnaast kan er ook een dam aanwezig welke het resultaat beïnvloedt.



Figuur 5.2: Schermafbeelding van het tabblad *Profiel*.

6 Invoer grenstoestandsfuncties

6.1 Excel

Wanneer voor *Methode* de optie *Excel* wordt geselecteerd, dan kan de Z-functie worden gedefinieerd in de cel rechts van *Grenstoestand*, Z. Er kan hierbij gebruik worden gemaakt van de belasting- en de zelf gedefinieerde sterktevariabelen. Tijdens de Hydra-Ring berekening wordt de waarde van iedere variabele in de kolom *Waarde* ingevuld. Een voorbeeld van de invoer van de simpele grenstoestand-functie $Z = h_k - h$ is gegeven in figuur 6.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Z-functie										
2	Methode	Excel									
14											
15	Belasting	Symbool	Waarde								
16	Waterstand	h									
17	Sign. golfhoogte	H_s									
18	Golfperiode	T									
19	Golfrichting	phi									
20	Hoek van golfinval	beta									
21											
22	Sterkte	Symbool	Waarde								
23	Kerende hoogte	h_k									
24	Sterkte detail 1	R_1									
25	Sterkte detail 2	R_2									
26	Modelonzekerheid	m_R1									
27	Modelonzekerheid	m_R2									
28											
29	Grenstoestand	Z	=C23-C16								
30											
31											
32											
33											
34											
35											

Figuur 6.1: Schermafbeelding van het tabblad Z501 met de *Excel* methode.

De gebruiker is vrij om de ruimte onder de invoer van de grenstoestandfunctie te gebruiken om tussenvariabelen uit te rekenen of andere zaken op te nemen. In het geval er een sterktevariabele wordt toegevoegd, dan schuiven alle rijen op naar beneden. Hierbij blijven de onderlinge relaties tussen cellen intact.

Let op: Een nadeel van het gebruik van de Excel-methode om een Z-functie in te voeren is de rekentijd, welke sterk kan toenemen in dit geval.

6.2 TCP/IP

De definitie van een Z-functie via het TCP/IP communicatie protocol is een zeer veelzijdige optie. Op deze wijze kan er verschillende software worden gebruikt om de Z-functie te implementeren, onder andere Matlab en Python.

Dit is hetzelfde protocol waarvan gebruik wordt gemaakt wanneer er met een browser een internetpagina bekeken wordt. De browser is in dat geval de 'client' en de computer met de internetpagina de 'server'. Bij het gebruik van de optie *TCP/IP* voor een Z-functie vervuld de rekenkern Hydra-Ring de functie client en dient de gebruiker een server op te zetten voor de Z-functie.

Een server heeft een IP-adres (of naam) en poortnummer. In het geval van een internetpagina is het adres bijvoorbeeld 216.58.211.99 (of www.google.nl). Het poortnummer gebruikt door de webserver is vaak 80 of 8080. De gebruiker van een browser hoeft zich hier niet mee bezig te houden omdat de naam automatisch vertaald wordt naar een adres en er standaard poortnummers worden gebruikt.

Wanneer voor de Hydra-Ring tool een Z-functie wordt geïmplementeerd met een lokale server, dan is de computer naast client ook server. De eigen computer heeft een speciaal adres: 127.0.0.1. (Het is dus ook mogelijk een andere computer te gebruiken voor de Z-functie door het adres aan te passen.) Voor het poortnummer is het handig om het submechanisme ID te gebruiken – tenzij deze poort al in gebruik is (figuur 6.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Z-functie										
2	Methode	TCP/IP									
3											
4	Adres	127.0.0.1									
5	Poort	501									
152											
153											
154											
155											
156											
157											
158											
159											
160											
161											
162											
163											
164											
165											
166											
167											
168											
169											
170											

Figuur 6.2: Schermafbeelding van het tabblad Z501 met de TCP/IP methode.

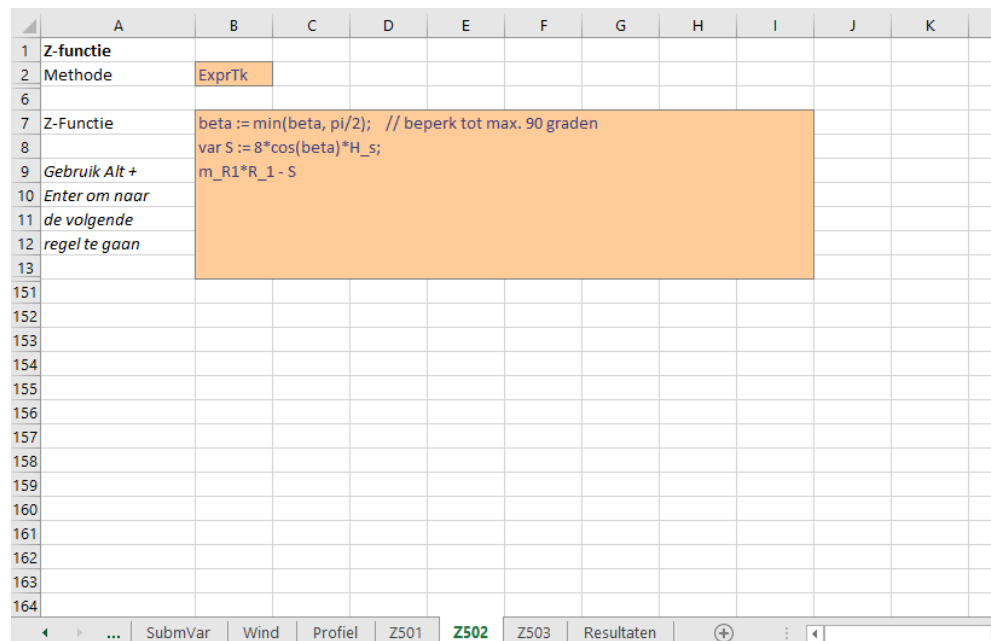
Er zijn bij de Hydra-Ring tool twee mappen meegeleverd met daarin voorbeelden van een server in Matlab en Python. De werking van beide is hetzelfde; eerst wordt er een server gestart, daarna volgt er een lus waarin iedere aanvraag afgehandeld wordt. De variabelen worden als platte tekst naar de server gestuurd. Het symbool van de variabele wordt gescheiden met het '=' teken van de bijbehorende waarde. Iedere 'symbool=waarde' combinatie bevindt zich op een nieuwe regel. Na het berekenen van de Z-functie dient de numerieke waarde van Z als platte tekst teruggestuurd te worden naar de client (Hydra-Ring).

Let op: Een server dient gestart te worden voordat met de berekening met Hydra-Ring wordt begonnen. Indien er meerdere Z-functies worden geïmplementeerd met behulp van de TCP/IP functionaliteit dient er voor iedere Z-functie een aparte server te worden gestart. Er zullen dus meerdere instanties van bijvoorbeeld Python of Matlab naast elkaar moeten draaien.

6.3 ExprTk

6.3.1 Invoer

Om de invoer van de Z-functie toch gemakkelijk via Excel te laten verlopen en de rekentijd beperkt te houden, is er ook een methode *ExprTk* toegevoegd. Er wordt dan gebruik gemaakt van de Mathematical Expression Library Toolkit (Partow, 2020a; Partow, 2020b). De invoer geschiedt via een aantal samengevoegde cellen welke samen een tekstvak vormen (figuur 6.3).



Figuur 6.3: Schermafbeelding van het tabblad Z502 met de *ExprTk* methode.

ExprTk kan eigenlijk worden gezien als een kleine programmeertaal waarin niet slechts één expressie kan worden geëvalueerd maar meerdere. Dit is te zien in het bovenstaande voorbeeld. Iedere expressie eindigt met een puntkomma (;) en de uitkomst kan worden opgeslagen in een tussenvariabele. Er kan ook commentaar worden opgenomen, vooraf gegaan met dubbele naar voren hangende strepen (//). De laatste expressie is de uiteindelijke waarde en hoeft niet te worden gevolgd door een puntkomma.

Tip: In Excel kan er naar een volgende regel worden gegaan binnen een cel door op de combinatie Alt + Enter te drukken. Het is ook mogelijk om in een eigen code-editor te werken (bijvoorbeeld Notepad++) en vervolgens de tekst naar het tekstvak te kopiëren.

Voor de manier waarop de expressies dienen te worden ingevoerd wordt verwezen naar de website (Partow, 2020a) en de handleiding te vinden op GitHub (Partow, 2020b). In de expressies kan gebruik worden gemaakt van alle belasting- (tabblad *Algemeen*) en sterktevariabelen (tabblad *Variabelen*) – mits deze zijn ingeschakeld voor het submechanisme (tabblad *SubmVar*).

6.3.2 Voorbeeld

Er wordt hier stap-voor-stap door het voorbeeld in figuur 6.3 gelopen. Eerst wordt de waarde van de hoek van golfinval β (gedefinieerd op tabblad *Algemeen*) gelimiteerd van $[0, \pi]$ naar $[0, \pi/2]$. De gedachte hierachter is dat golven welke van achter het kunstwerk komen geen bijdrage leveren aan de golfbelasting.

```
beta := min(beta, pi/2); // beperk tot max. 90 graden
```

Daarna wordt een nieuwe variabele S geïntroduceerd met een expressie welke de significante golfhoogte H_s reduceert aan de hand van de hoek van golfinval.

```
var S := 8*cos(beta)*H_s;
```

Als laatste wordt de waarde van de Z -functie in de klassieke vorm $Z = R - S$ berekend aan de hand van:

```
m_R1*R_1 - S
```

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de modelfactor voor de sterktevariabele van detail 1 (m_{R1}) en ook de variabele (R_1) zelf. Merk op; er wordt niets toegewezen aan een variabele, de expressie wordt geëvalueerd en het resultaat is de waarde Z .

6.3.3 Uitgebreide mogelijkheden

De ExprTk bevat een groot aantal mogelijkheden welke het evalueren van expressies ontstijgt. Met name de beslissing-structuren en lussen kunnen in sommige gevallen uitkomst bieden. Hieronder wordt de golfbelasting afhankelijk van de waterstand uitgerekend:

```
beta := min(beta, pi/2); // beperk tot max. 90 graden
```

```
var S;
```

```
if (h > 1.5)
```

```
{
```

```
    S := 8*cos(beta)*H_s;
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
    S := 2*cos(beta)*H_s;
```

```
};
```

```
// vergeet de afsluitende puntkomma niet!
```

```
m_R1*R_1 - S;
```

Naast de standaard functionaliteit beschikbaar in de ExprTk is er voor de Hydra-Ring functionaliteit toegevoegd. Dit betreft de constante π en een aantal verdelingsfuncties.

Let op: Omdat er vaak met hoeken gewerkt wordt is de wiskundige constante π (π) toegevoegd. Daardoor is het niet mogelijk om een belasting- of sterktevariabele π te noemen.

De volgende verdelingsfuncties zijn toegevoegd om het gebruik van stochasten welke geen normale of lognormale verdeling volgen toch te kunnen beschrijven:

```
exponential_pdf(x, lambda) // probability density function
exponential_cdf(x, lambda) // cumulative density function
exponential_quantile(F, lambda) // inverse of the CDF
```

```
gumbel_max_pdf(x, mu, beta)
gumbel_max_cdf(x, mu, beta)
gumbel_max_quantile(F, mu, beta)
```

```
gumbel_min_pdf(x, mu, beta)
gumbel_min_cdf(x, mu, beta)
gumbel_min_quantile(F, mu, beta)
```

```
lognormal_pdf(x, mu, sigma)
lognormal_cdf(x, mu, sigma)
lognormal_quantile(F, mu, sigma)
```

```
normal_pdf(x, mu, sigma)
normal_cdf(x, mu, sigma)
normal_quantile(F, mu, sigma)
```

```
uniform_pdf(x, a, b)
uniform_cdf(x, a, b)
uniform_quantile(F, a, b)
```

```
weibull_pdf(x, lambda, k)
weibull_cdf(x, lambda, k)
weibull_quantile(F, lambda, k)
```

Met behulp van de bovenstaande verdelingsfuncties kan er bijvoorbeeld een stochast Q met een Weibull-verdeling worden gebruikt. Hiertoe dient eerst een standaard normaal verdeelde hulpvariabele U_Q te worden gedefinieerd op het tabblad *Variabelen*. Vervolgens kan met behulp van de volgende code de echte waarde van Q worden berekend:

```
var lambda_Q := 12.5;
var k_Q := 1.5;
var F_Q := normal_cdf(U_Q, 0.0, 1.0);
var Q := weibull_quantile(F_Q, lambda_Q, k_Q);
```

In bovenstaande code worden eerst de constante parameters van de verdeling toegewezen aan variabelen. Er kan ook voor worden gekozen om de parameters als deterministische variabelen te definiëren op het tabblad *Variabelen*. Vervolgens wordt de waarde van de hulpvariabele naar de bijbehorende onderschrijdingskans F_Q vertaald. Aan de hand van deze waarde wordt de overeenkomstige waarde van de Weibullverdeling berekend via de kwantiefunctie.

In een submechanisme met constante faalkans P_f wordt de normaalverdeling toegepast bij de omrekening naar een betrouwbaarheidsindex via $\beta = -\Phi^{-1}(P_f)$. Men kan dan de faalkans op het tabblad *Variabelen* invoeren en gebruiken in een Z-functie waarbij ook weer gebruik wordt gemaakt van een standaard normaal verdeelde hulpvariabele:

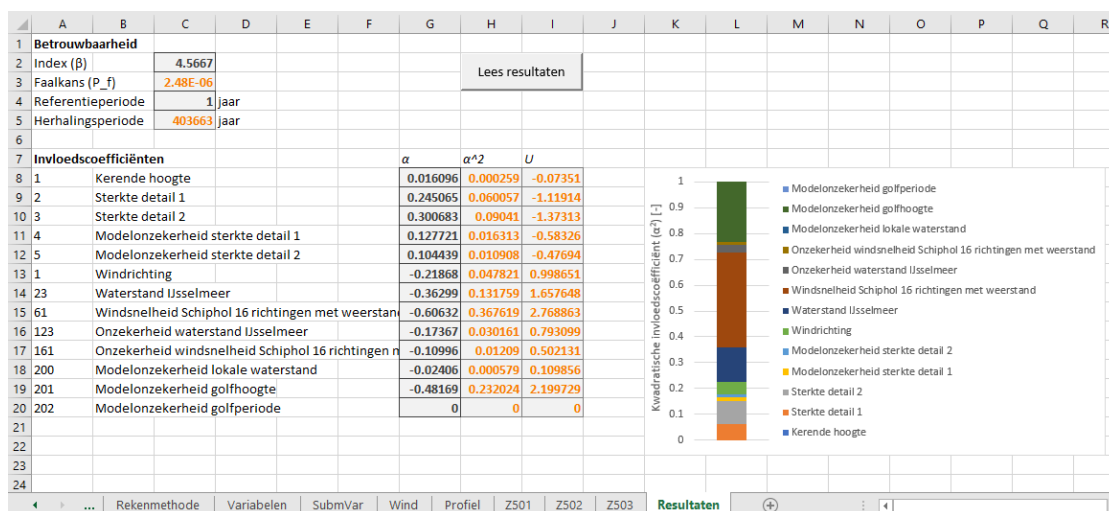
```
var beta_X = -normal_quantile(P_f_X, 0.0, 1.0);
beta_X - U_X
```

Let op: De faalkans kan niet precies gelijk aan 0 of 1 zijn, dit levert namelijk een oneindige waarde op voor de betrouwbaarheidsindex. Ook kan de naam beta niet gebruikt worden voor de variabele omdat deze gewoonlijk wordt gebruikt voor de hoek van golfval (zie tabblad *Algemeen*).

7 Resultaten

7.1 Faalkansberekening

Een berekening met Hydra-Ring levert de betrouwbaarheidsindex op van een mechanisme. In het geval er een foutenboom is opgegeven en meerdere submechanismen, dan betreft het de betrouwbaarheidsindex van het systeem. Aan de hand van deze waarde wordt de faalkans uitgerekend op het tabblad *Resultaten*. De bijbehorende referentieperiode is altijd 1 jaar. Met deze wetenschap kan ook de herhalingsijd worden uitgerekend (figuur 7.1). Dit is slechts een andere manier om de betrouwbaarheidsindex of faalkans uit te drukken.



Figuur 7.1: Schermafbeelding van het tabblad *Resultaten* met voorbeeld.

Er worden door de berekening ook invloedscoëfficiënten gegeven behorend bij het (totale) mechanisme. In de lijst die wordt weergegeven op het tabblad *Resultaten* worden eerst de coëfficiënten voor de sterktevariabelen gegeven en vervolgens die voor de belastingvariabelen. Welke belastingvariabelen hier verschijnen hangt af van de gekozen locatie. Voor alle invloedscoëfficiënten wordt het kwadraat uitgerekend, welke tezamen de waarde 1 moet opleveren. Daarnaast is de overeenkomstige waarde voor een standaard normaal verdeelde stochast gegeven. In de grafiek rechts van de lijst zijn de kwadraten van de invloedscoëfficiënten visueel weergegeven.

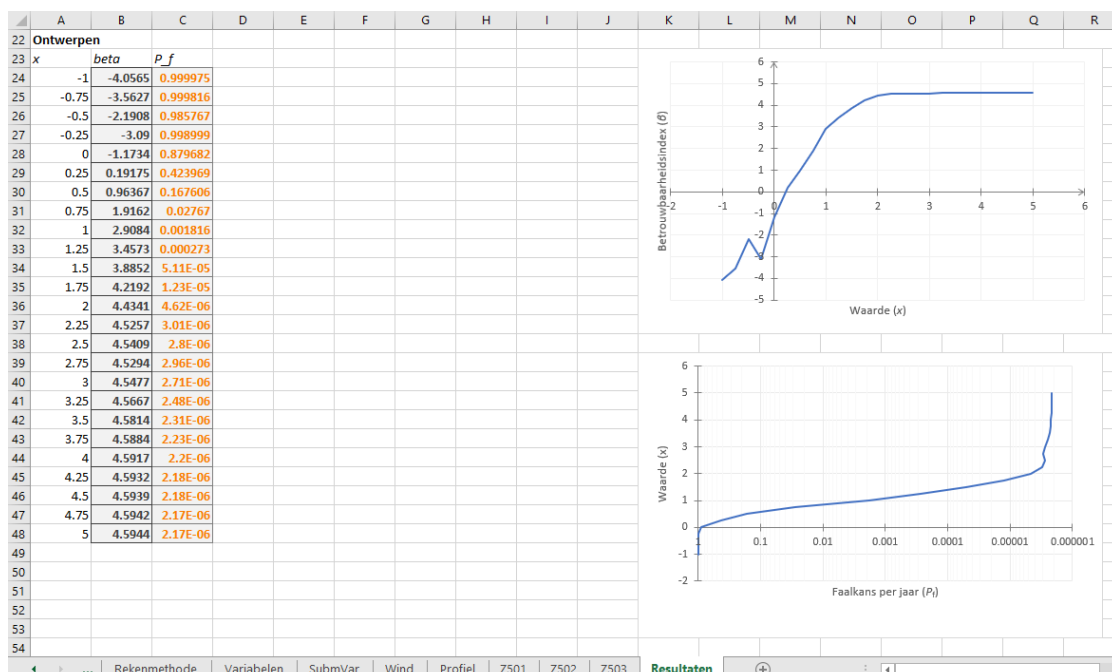
Let op: De gegeven invloedscoëfficiënten zijn indicatief en kunnen niet direct gebruikt worden om ontwerpwaarden te bepalen in probabilistische zin. De coëfficiënten zijn alleen per submechanisme en per windrichting accuraat. Door het tijdsintegratieproces van stochasten met afwijkende referentieperioden en het combineren van de submechanismen in de foutenboom wordt de nauwkeurigheid kleiner. De geproduceerde faalkans is daarentegen wel nauwkeurig. De resultaten per submechanisme en per windrichting kunnen worden teruggevonden in de tekstuitvoer, mits ingeschakeld (zie paragraaf 3.3.4).

Tip: Er worden bij een berekening met Hydra-Ring SQLite database bestanden gebruikt. Ook de resultaten worden opgeslagen in een database bestand. De SQLite bestanden kunnen worden uitgelezen met de gratis software 'DB Browser for SQLite' (Piacentini, 2020).

7.2 Ontwerpen

Indien er voor één van de ontwerpopties wordt gekozen (zie paragraaf 3.3.5), dan wordt het gedetailleerde resultaat (zoals in de vorige paragraaf omschreven) alleen weergegeven van de laatst uitgevoerde berekening.

Onder het gedetailleerde resultaat wordt een lijst weergegeven met alle waarden van de ontwerpparameter en de berekende betrouwbaarheidsindex. In het voorbeeld van figuur 7.2 is de uitvoer gegeven van een tabel ontwerpberekening. Aan de rechterzijde worden twee grafieken getoond welke het ontwerpresultaat weergeven. Deze kunnen gebruikt worden om de betrouwbaarheidsindex gegeven een waarde van de ontwerpparameter af te lezen, of de waarde welke behoort bij een bepaalde faalkans per jaar.



Figuur 7.2: Schermafbeelding van het tabblad *Resultaten* met tabel ontwerpvoorbeeld.

8 Referenties

Deltares. (2013). *Hydra Ring Scientific Documentation*. Achtergronddocument van de Hydra-Ring software. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat.

Deltares. (2016). *Hydra-Ring – Technical Reference Manual*. Gebruikershandleiding van de Hydra-Ring software. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat.

Deltares. (2019). *Riskeer – Gebruikershandleiding, Beoordelings- en OntwerpInstrumentarium (BOI)*. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat.

Partow, A. (2020a). *C++ Mathematical Expression Library*. Homepage: <http://www.partow.net/programming/exprtk/index.html>. Bezocht op 02-09-2020.

Partow, A. (2020b). *C++ Mathematical Expression Library*. GitHub repository: <https://github.com/ArashPartow/exprtk>. Bezocht op 02-09-2020.

Piacentini, M. (2020). *DB Browser for SQLite*. Homepage: <https://sqlitebrowser.org/>. Bezocht op 02-09-2020.

9 Ondertekening

Delft, 19 oktober 2020

TNO

Dr. P.C. Rasker
Afdelingshoofd

Drs. B.L. Lassing-van der Spek
Projectleider