

Basisrapport WBI 2017

Versie 1.2



Basisrapport WBI 2017

Versie 1.2

Hans de Waal

Titel

Basisrapport WBI 2017

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving,
UTRECHT

Project

11202225-012

Kenmerk

11202225-012-0001

Pagina's

103

Trefwoorden

WBI, beoordeling, waterkeringen.

Samenvatting

Onderhavig basisrapport geeft op hoofdlijnen de technisch-inhoudelijke achtergronden bij het wettelijk instrumentarium voor de beoordeling van de primaire waterkeringen van Nederland. Het betreft het instrumentarium voor de eerste beoordeling op basis van overstromingskansen (2017-2023). Voor meer details en nadere achtergronden worden concrete verwijzingen gegeven naar andere documenten in de omvangrijke documentatie die ten grondslag ligt aan het WBI 2017. Onderhavige versie 1.2 is een update van versie 1.1 dd september 2016.

Summary

This report provides a broad background of the legal safety assessment method for the Dutch primary water defences. For more details and backgrounds per subject the reader is referred to specified other documents.

Referenties

KPP 2015 project WBI 2017 , KPP 2016 project WBI2017, KPP 2018 project WBI 2023.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	jan. 2016	J.P. de Waal		J.G. Knoeff		L. Voogt	
1.1	sept. 2016	J.P. de Waal		J.G. Knoeff		L. Voogt	
1.2	dec. 2018	J.P. de Waal		P.F.C. van Geer		L. Voogt	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Kader	1
1.2 Doelstelling van dit rapport	2
1.3 Scope	3
1.4 Status en gebruikte terminologie	3
1.5 Opbouw rapport	3
1.6 Totstandkoming	4
2 Beoordelen aan de wet en hulpmiddelen daarbij	7
2.1 Herinrichting borging waterveiligheid	7
2.1.1 Rol beoordelingsinstrumentarium bij borging waterveiligheid	7
2.1.2 Procesinstrumentarium, basisinstrumentarium en bouwstenen	8
2.1.3 Bouwstenen WBI 2017	9
2.2 Beschrijving samenhangende WBI 2017 producten op hoofdlijnen	12
2.2.1 Boomstructuur in WBI producten	12
2.2.2 Architectuur software	14
2.2.3 Gebruikersprofiel	14
2.3 Implementatie overstromingskansbenadering en nieuwe kennis	15
2.3.1 Beoordelen op overstromingskans	15
2.3.2 Afbakening belastingen en sterkte	17
2.3.3 Nieuwe normen	19
2.3.4 Peildatum toegepaste kennis	19
2.3.5 Het implementatieproces	20
2.4 Functioneel ontwerp WBI 2017	20
2.4.1 Inleiding	20
2.4.2 Technische uitwerking beoordelingsproces	23
2.4.3 De eenvoudige toets	25
2.4.4 De gedetailleerde toets per vak	26
2.4.5 De gedetailleerde toets voor een traject	27
2.4.6 De toets op maat	27
2.4.7 Assemblage tot een oordeel per traject	28
2.5 Historisch perspectief en toekomstperspectief	28
2.5.1 Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities	28
2.5.2 Vooruitblik	29
2.6 Puntsgewijze samenvatting	29
3 De probabilistische rekenmethode	31
4 Hydraulische belastingen	35
4.1 Inleiding	35
4.2 Parameters met betrekking tot de hydraulische belasting	35
4.3 Uitvoerlocaties	36
4.4 Omgaan met inherente onzekerheid rond lokale hydraulische belastingen	36
4.4.1 Inleiding	36
4.4.2 Watersystemen: gebieden met verschillende bronnen voor hoge hydraulische belasting	37
4.4.3 De basisstochasten	38

4.4.4	De fysische relatie tussen basisstochasten en lokale hydraulische belastingen	40
4.4.5	Statistiek basisstochasten	43
4.5	Kennisonzekerheden	44
4.5.1	Statistische onzekerheid	44
4.5.2	Modelonzekerheid	45
4.6	Hydraulische belasting parameters per toetsspoor en per toets	45
4.6.1	Overzichten	45
4.6.2	Rekenwaarden voor de parameters in eenvoudige toets en gedetailleerde toets per vak 'semi-probabilistisch'	46
4.6.3	Rekenwaarde voor de hydraulische belasting op dijkbekledingen op het buitentalud	46
4.7	Rol van de toetser	46
4.7.1	Koppeling van uitvoerlocatie aan keringvak	46
4.7.2	Hydraulische condities op uitvoerlocaties	47
4.7.3	Transformatie van uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering	47
4.7.4	Mogelijkheden in toets op maat	48
4.8	Historisch perspectief en toekomstperspectief	48
4.8.1	Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities	48
4.8.2	Ambities voor de toekomst	48
4.9	Overzicht belangrijke keuzes	49
5	Mechanismen en toetssporen	51
5.1	Inleiding	51
5.1.1	Grenstoestandfunctie en faaldefinitie	51
5.1.2	Afbakening sterkte-aspecten	51
5.1.3	Hiërarchie in keringeigenschappen tijdens beoordelingsproces	52
5.2	Uitgangspunten rekenmodellen uitwerking toetssporen (sterkte) - generiek	52
5.3	Mechanismenlijst	53
5.4	Historisch perspectief en toekomstperspectief	53
5.4.1	Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities	53
5.4.2	Ambities voor de toekomst	55
5.5	Overzicht belangrijke keuzes	55
6	Implementatie in software en data	57
6.1	Software	57
6.1.1	Modulaire opbouw waterveiligheid software	57
6.1.2	Software bouwplaat	58
6.1.3	Hiërarchische afhankelijkheid	60
6.1.4	Eisen aan gedeelde componenten	61
6.2	Data	62
6.2.1	Basisdata	62
6.2.2	Gebruikersdata	63
6.4	Historisch perspectief en toekomstperspectief	64
6.4.1	Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities	64
6.4.2	Ambities voor de toekomst	65
6.5	Overzicht belangrijke keuzes	65
7	Beheer, beschikbaarstelling en onderhoud van WBI producten en ondersteuning bij gebruik	67
7.1	Documenten	67

7.2	Software en data	67
7.3	Ondersteuning bij de toepassing van het WBI	68
7.4	Overzicht belangrijke keuzes	69
8	Effectanalyse	71
9	Discussie	75
10	Referenties	79
 Bijlage(n)		
A	Versie-informatie 'Basisrapport WBI 2017'	A-1
A.1	Versie 1.0	A-1
A.2	Versie 1.1	A-1
A.3	Versie 1.2	A-1
B	Globale indeling WBI onderdelen naar categorie en bron	B-1
C	Kenmerken type toetsen	C-1
D	Modellering hydrodynamisch gedrag watersysteem in probabilistisch model	D-1
E	Overzicht watersystemen	E-1
E.1	Watersystemen en watersysteemtypes	E-1
E.2	Overgangen tussen bovenrivieren en delta's	E-2
E.3	Basisstochasten	E-3
E.4	Waterlichamen en toegepaste modellen voor waterstand en golfcondities	E-4
F	Overzicht mechanismen, toetssporen	F-1
F.1	Toetssporen en toetsen	F-1
F.2	Toetssporen en bijbehorende documenten	F-2
G	Overzicht hydraulische belastingparameters voor de eenvoudige toets en gedetailleerde toets per vak semi-probabilistisch	G-1
H	Overzicht van WBI software	H-1
I	Eisen aan hardware voor WBI software	I-1
J	Overzicht van gebruikte applicaties voor beheer, onderhoud en ontwikkeling	J-1

1 Inleiding

1.1 Kader

Onderhavig rapport betreft het basisrapport bij het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium voor de beoordelingsperiode 2017-2023. Het basisrapport beschrijft de inhoudelijke uitgangspunten bij het beoordelingsinstrumentarium.

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (hierna: WBI 2017 of WBI) bevat zowel de voorschriften voor het bepalen van de hydraulische belastingen en de sterkte, als de procedurele voorschriften voor de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen. Het WBI bestaat uit een ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017) met de volgende bijlagen:

- Bijlage I Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen
(hierna: Bijlage I Procedure).
In deze bijlage staat de procedure die moet worden doorlopen voor de beoordeling en worden de rapportageverplichtingen beschreven. In deze bijlage is een begrippenlijst opgenomen met een uitleg van alle begrippen die in het WBI 2017 worden gebruikt.
- Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen (hierna: Bijlage II Hydraulische belastingen).
In deze bijlage wordt de methode beschreven om de hydraulische belastingen op de primaire waterkeringen te bepalen.
- Bijlage III Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen (hierna: Bijlage III Sterkte en veiligheid).
In deze bijlage staat op welke manier de primaire waterkering moet worden beoordeeld om te komen tot een oordeel over de veiligheid van de gehele kering.

Deze ministeriële regeling hoort bij de vernieuwde Waterwet, die sinds 1 januari 2017 van kracht is. De vernieuwde Waterwet bevat de specificatie van de dijktrajecten en de bijbehorende normen.

Bij de totstandkoming van het WBI zijn naast DGRW, waterschappen en Rijkswaterstaat nog veel andere organisaties betrokken (in verschillende rollen), waaronder Deltares, diverse ingenieursbureaus en ENW.

Met het WBI wordt beoordeeld in hoeverre een waterkering aan de norm voldoet. De rapportage van de beoordeling vindt periodiek plaats, zodat men spreekt van beoordelingsperiode. Voor elke beoordelingsperiode wordt het WBI geactualiseerd, zodat sprake is van opeenvolgende WBI edities. Deze edities worden aangeduid met het jaar van de start van de betreffende beoordelingsperiode. Dit basisrapport heeft betrekking op WBI 2017. In deze editie is sprake van een systeemsprong, door een ingrijpende wijziging in het beoordelingsproces, de veiligheidsfilosofie en de bijbehorende normen. Deze is vastgelegd in een wetswijziging.

In het WBI is de in Nederland beschikbare kennis over het borgen van de veiligheid tegen overstromen geïmplementeerd in een rekenmethode en handleidingen daarbij. Dit basisrapport beschrijft de rekenmethode op hoofdlijnen en beschrijft voor de diverse onderdelen beknopt de geselecteerde rekenmethode. Voor nadere details wordt verwezen

naar gespecificeerde achterliggende documentatie. Daarmee fungeert dit basisrapport als een portaal naar de (technisch-inhoudelijke) achtergronden bij het WBI 2017. Voor het uitvoeren van de beoordeling is kennis van dit basisrapport niet vereist, maar het kan daarvoor wel nuttig zijn.

1.2 Doelstelling van dit rapport

Doel wat betreft informatie-overdracht

Het basisrapport geeft op hoofdlijnen de technisch-inhoudelijke achtergronden bij het wettelijk beoordelingsinstrumentarium als geheel en geeft concrete literatuurverwijzingen voor verdere achtergronden bij deelaspecten. Het vormt de basis bij de volgende hoofdonderdelen¹ van het WBI 2017:

- Bijlage I Procedure
- Bijlage II Hydraulische belastingen
- Bijlage III Sterkte en veiligheid
- WBI software en data

Op veel onderdelen van de rekenmethode in het WBI moe(s)ten keuzes gemaakt worden uit meerdere methodes en interpretaties. De belangrijkste inhoudelijke keuzes en uitgangspunten worden in dit basisrapport benoemd.

Het basisrapport is bedoeld als zelfstandig leesbaar document. Er is getracht overzicht en samenhang te tonen over een grote breedte van het WBI. Het vervult een portaalfunctie tussen de (formele) hoofdproducten van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium en de grote verzameling achterliggende documenten, die in vrijwel alle gevallen alleen op deelaspecten ingaan. De (formele) hoofdproducten en de achtergronden zijn in de loop van de tijd tot stand gekomen. Eerdere achtergronddocumenten zijn daardoor niet volledig consistent met de hoofdproducten, omdat die toen nog in ontwikkeling waren. Daar waar de tekst in het basisrapport niet geheel overeenkomt met de voorschriften in Bijlage I, II en III, zijn de voorschriften leidend.

Daarnaast biedt het basisrapport aanknopingspunten voor:

- de inhoudelijke ondersteuning van het beoordelingsproces en eventueel de samenstelling van cursussen;
- de voorbereiding van de volgende WBI editie;
- de bouw van instrumentaria voor aanverwante processen zoals ontwerpen en beleidsverkenningen;
- de duiding van de WBI rekenresultaten in relatie tot resultaten uit rekenmethodes voor andere processen, zoals operationele berichtgeving.

Doelgroep

De doelgroep van dit basisrapport is vrij breed en bestaat onder meer uit:

- WBI gebruikers (Rijkswaterstaat, waterschappen, ingenieursbureaus);
- Toezichhouders (Inspectie voor Leefomgeving en Transport)
- Kenniswerkers op (onderdelen van) het WBI;
- Betrokkenen bij de ontwikkeling van instrumentaria voor processen binnen de borging van waterveiligheid anders dan beoordelen.

¹ In paragraaf 2.2.1 wordt de structuur van de documentatie bij WBI 2017 nader beschreven.

Veronderstelde voorkennis

De lezer van het basisrapport wordt verondersteld bekend te zijn met het beoordelingsproces zoals beschreven in Bijlage I Procedure.

1.3 Scope

De scope van dit basisrapport is primair gericht op het beschrijven van de wijze waarop de wet is vertaald in een rekenmethode - waarmee kan worden beoordeeld in hoeverre aan de wet wordt voldaan - en hoe deze is geïmplementeerd in toetshulpmiddelen die samen het wettelijk beoordelingsinstrumentarium vormen. De beschrijving hoort bij het WBI zoals het per eind 2018 beschikbaar is, met een doorkijk naar de toekomst.

Hierbij komen de volgende onderdelen niet (of hooguit alleen zeer globaal) aan de orde:

- Voorschriften en afspraken van waterkeringbeheerders en Ministerie van Infrastructuur en Milieu over de uitvoering van de beoordeling (zoals beoordelingsproces, draaiboek, rapportage)
- (Analytische) uitwerkingen en formules
- Locatie-specifieke data van waterkeringen
- Projectmatige afspraken
- De onderbouwing van keuzes (daarvoor wordt verwezen naar onderliggende documenten)

1.4 Status en gebruikte terminologie

Mede naar aanleiding van ervaringen in het gebruik kunnen sommige WBI producten in de loop van de tijd wijzigingen ondergaan. Dit geldt met name voor de WBI software (in laag 2) en de schematiseringshandleidingen. Een update van het basisrapport vindt echter niet plaats bij elke update van de WBI producten. Dit kan tot gevolg hebben dat (deze versie van) het basisrapport straks niet meer consistent met alle (andere) WBI producten is.

Daar waar de tekst in het basisrapport niet geheel overeenkomt met de voorschriften in Bijlage I, II en III, zijn de voorschriften leidend.

Voor de leesbaarheid van dit rapport worden de werknamen van de afzonderlijke software componenten gebruikt in plaats van alleen de verzamelnaam 'WBI software'.

Sinds de verschijning van de eerste versie van het WBI 2017 zijn enkele - in dit basisrapport genoemde - organisaties van naam veranderd, bijvoorbeeld: 'Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM)' is veranderd in 'Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW)'. Bij updates van het basisrapport is echter besloten de organisatienamen te blijven hanteren zoals die ten tijde van de verschijning van de eerste versie van het WBI 2017 waren.

1.5 Opbouw rapport

Dit basisrapport heeft de volgende opbouw:

In Hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de procesmatige kant van de uitwerking van de wet. Daarbij komt ook de werkwijze 'van grof naar fijn' aan de orde en de daaruit voortvloeiende indeling in drie (typen) toetsen.

De rest van het rapport zal meer ingaan op de technisch inhoudelijke kant van de uitwerking van de wet in het WBI 2017. De wettelijke norm betreft een kleine toelaatbare *kans per jaar* op *overstromen* van *dijktrajecten*.

In [Diermanse, 2016a] wordt de vertaling gemaakt van 'overstromen' naar 'falen' als verschil tussen (mogelijk) optredende *belasting* op en aanwezige *sterkte* van de waterkering. Tevens wordt toegelicht hoe de kansen op falen - via probabilistiek - worden afgeleid uit (expliciet gemaakte) *onzekerheden* en hoe kansen vertaald worden naar kansen per jaar. Daarbij zijn ook vereenvoudigingen mogelijk, en bij de gegeven stand van kennis op sommige onderdelen zelfs noodzakelijk. In Hoofdstuk 3 van dit basisrapport worden enkele belangrijke onderdelen uit dit 'omgaan met onzekerheden' beknopt beschreven.

Hoofdstuk 4 gaat dieper in op de belastingen op de waterkering, ondermeer door te beschrijven hoe de lokale hydraulische belastingen worden afgeleid uit achterliggende fenomenen, zoals hoge rivierafvoer en extreme wind. Daarbij komt de selectie van 'basisstochasten' en het onderscheid tussen watersystemen aan de orde. Ook wordt ingegaan op het verdisconteren van kennisonzekerheid met betrekking tot de lokale hydraulische belastingen.

Hoofdstuk 5 behandelt de sterkte van waterkeringen. Daarbij worden keringtypes onderscheiden met - afhankelijk van het keringtype - een verzameling relevante mechanismen, die in de beoordeling zijn verwerkt in de vorm van toetssporen.

De beoordeling volgens het WBI wordt gedeeltelijk ondersteund met software en bijbehorende data. In Hoofdstuk 6 wordt beschreven welke onderdelen met welke software en data wordt ondersteund.

Hoofdstuk 7 gaat kort in op het beheer en de ondersteuning bij het gebruik van het WBI.

In Hoofdstuk 8 wordt ingegaan op de schatting van de effecten van de (belangrijkste) doorgevoerde veranderingen op het veiligheidsbeeld.

Als slot geeft Hoofdstuk 9 ruimte aan enige kanttekeningen bij de huidige uitwerking van de wet in het WBI.

De meeste hoofdstukken bevatten een paragraaf met een positionering van de behandelde materie in de tijd, door in te gaan op de (belangrijkste) verschillen met verleden en de ambities voor toekomstige ontwikkelingen. De meeste hoofdstukken eindigen met een puntsgewijze samenvatting van de behandelde materie c.q. de belangrijkste gemaakte keuzen.

In diverse gevallen zijn vrij omvangrijke tabellen nodig om een enigszins compleet overzicht te geven. Dergelijke informatie is opgenomen in Bijlagen aan het einde van dit rapport.

1.6 Totstandkoming

Dit basisrapport is geschreven door Hans de Waal van Deltares. Daarbij heeft het brede 'WBI 2017 uitgangspuntendocument' (de Waal en Knoeff, 2014) als startpunt gefungeerd, maar inbreng van informatie uit recentere WBI 2017 documenten over meer specifieke onderwerpen en uit overleggen met de leden van het WBI-team van RWS en Deltares waren onmisbaar om tot een up-to-date, coherent en consistent geheel te komen. Het brede overzicht en de kennis-inbreng (inclusief feedback op concept versies) van met name Robert Slomp (RWS) en Han Knoeff (Deltares) is hierbij van grote waarde geweest.

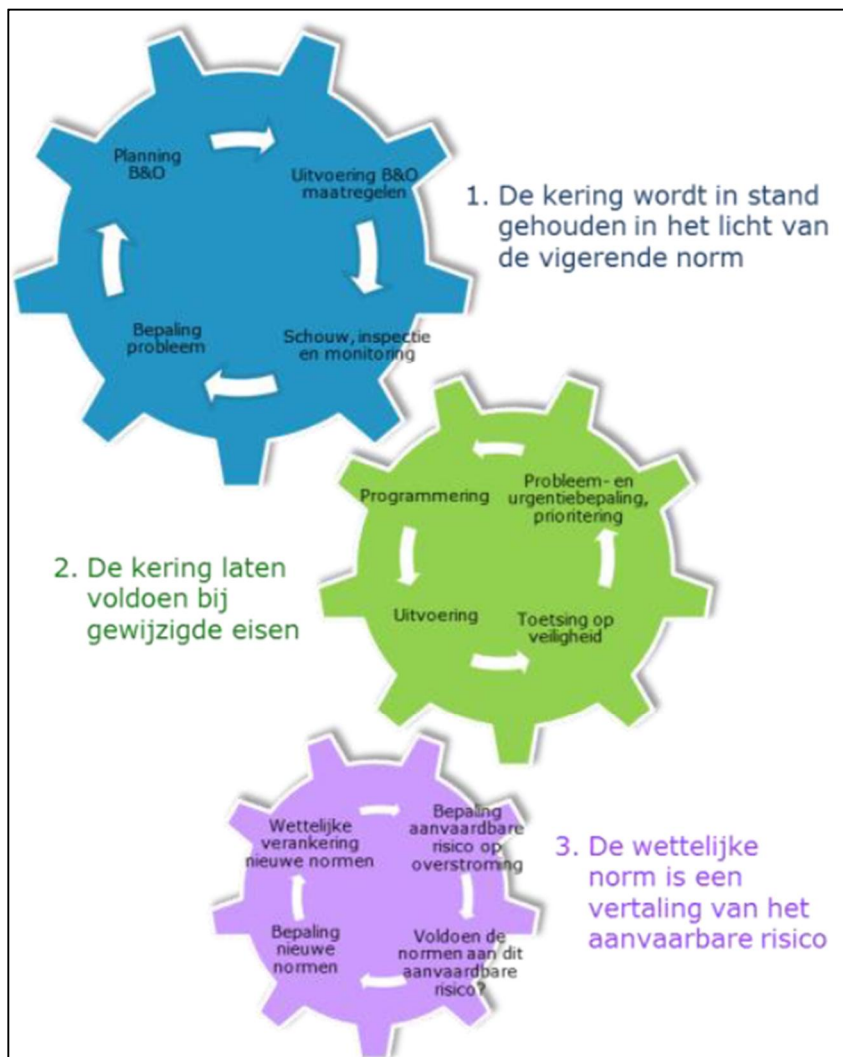
Voor informatie over de verschillende versies van het 'Basisrapport WBI 2017' wordt verwezen naar Bijlage A.

2 Beoordelen aan de wet en hulpmiddelen daarbij

2.1 Herinrichting borging waterveiligheid

2.1.1 Rol beoordelingsinstrumentarium bij borging waterveiligheid

De borging van de waterveiligheid kent drie cycli, zie Figuur 2.1:



Figuur 2.1 De drie cycli in de borging van de waterveiligheid.

- 1 De eerste cyclus richt zich op de instandhouding van het vigerende wettelijke veiligheidsniveau in het licht van de norm. Het in stand houden van het veiligheidsniveau is een continu proces en is de basis van de (actieve) zorgplicht van de beheerder.
- 2 De tweede cyclus richt zich op de beoordeling van de waterkering bij aanpassing van de norm of veranderde inzichten in de belasting op of sterkte van waterkeringen. Dit is de wettelijke beoordeling op waterveiligheid. Deze beoordeling wordt periodiek, minimaal eens per twaalf jaar uitgevoerd en de resultaten worden gerapporteerd aan de Eerste

en Tweede Kamer. Het resultaat van de beoordeling is het uitgangspunt voor het uitvoeren van verbetermaatregelen binnen het referentiekader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP);

- 3 De derde cyclus is de periodieke herziening van het doel, de norm en de wijze waarop deze worden afgeleid en toebedeeld. Deze herziening vindt plaats op basis van (geactualiseerde) maatschappelijk geaccepteerde risico's van overstroming.

De activiteiten binnen de eerste twee cycli moeten gezamenlijk borgen dat de keringen daadwerkelijk aan de norm voldoen en blijven voldoen die in de derde cyclus is bepaald.

Dat een kering niet meer voldoet aan deze norm kan komen doordat:

- er fysieke veranderingen zijn opgetreden in (onderdelen van) de kering, bijvoorbeeld schade of slijtage;
- de eisen die worden gesteld aan de kering zijn veranderd, bijvoorbeeld door een gewijzigde norm, nieuwe inzichten in de belasting op de kering of nieuwe kennis van faalmechanismen.

Het proces 'beoordelen' betreft een beoordeling van de primaire keringen in het licht van de norm. In de kern wordt onderzocht of het traject aan de norm voldoet. De beoordeling wordt periodiek, minimaal eens per twaalf jaar, uitgevoerd. De resultaten worden gerapporteerd aan de Eerste en Tweede Kamer, middels de landelijke rapportage beoordeling primaire waterkeringen.

De beoordeling wordt uitgevoerd volgens het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI). Dit instrumentarium wordt door de minister van IenM vastgesteld en de waterkeringbeheerder is wettelijk verplicht de beoordeling volgens dit instrumentarium uit te voeren. De toezichthouder op de primaire keringen, sinds 1 januari 2014 de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), ziet erop toe dat de beoordeling op de juiste manier wordt uitgevoerd, zodat er een betrouwbaar en landelijk consistent veiligheidsoordeel over de keringen wordt gegeven.

Indien op basis van de beoordeling wordt geconcludeerd dat de kering niet aan de norm voldoet, is de beheerder ervoor verantwoordelijk maatregelen te treffen. In het geval dat een maatregel nodig is vanwege wijziging van de veiligheidsnorm of inhoud van het beoordelingsinstrumentarium, kan de beheerder de maatregel aanmelden voor het Hoogwaterbeschermingsprogramma, waardoor de beheerder in beginsel recht krijgt op subsidiëring van de kosten. Binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma worden de maatregelen - mede op basis van urgentie – geprioriteerd en geprogrammeerd.

Een kering die aan de norm voldoet, moet dat ook blijven doen. Door middel van schouw, inspectie en monitoring beoordeelt de beheerder jaarlijks, of zo vaak als nodig wordt geacht, of er veranderingen in de kering of de omgeving van de kering zijn opgetreden die ertoe kunnen leiden dat deze niet meer aan de norm voldoet en maatregelen in het kader van beheer en onderhoud nodig zijn.

2.1.2 Procesinstrumentarium, basisinstrumentarium en bouwstenen

De veiligheid van de kering wordt bepaald door de sterkte van de kering in relatie tot de belasting op de kering. Het is dan ook belangrijk dat bij alle processen die gericht zijn op het behouden van de veiligheid van de kering, de sterkte van en de belasting op de waterkering

op een consistente manier worden bepaald. Het mag bijvoorbeeld niet voorkomen dat bij de beoordeling wordt geconcludeerd dat een kering niet voldoet aan de norm en er vervolgens bij het ontwerp van een verbetermaatregel wordt geconcludeerd dat er geen maatregelen nodig zijn.

Daarom is het streven dat voor alle processen eenzelfde 'basis' instrumentarium sterkte en belasting gebruikt wordt. Dit basisinstrumentarium bestaat onder andere uit de volgende bouwstenen:

- beschrijving van de faalmechanismen (ook aangeduid als mechanismen),
- beschrijving van de watersystemen,
- rekentechnieken,
- modellen,
- dataformaten,
- schematiseringshandleidingen en andere handleidingen en
- achtergronddocumenten (overkoepelende achtergrondrapporten en andere achtergrondrapporten, onderzoeksrapporten).

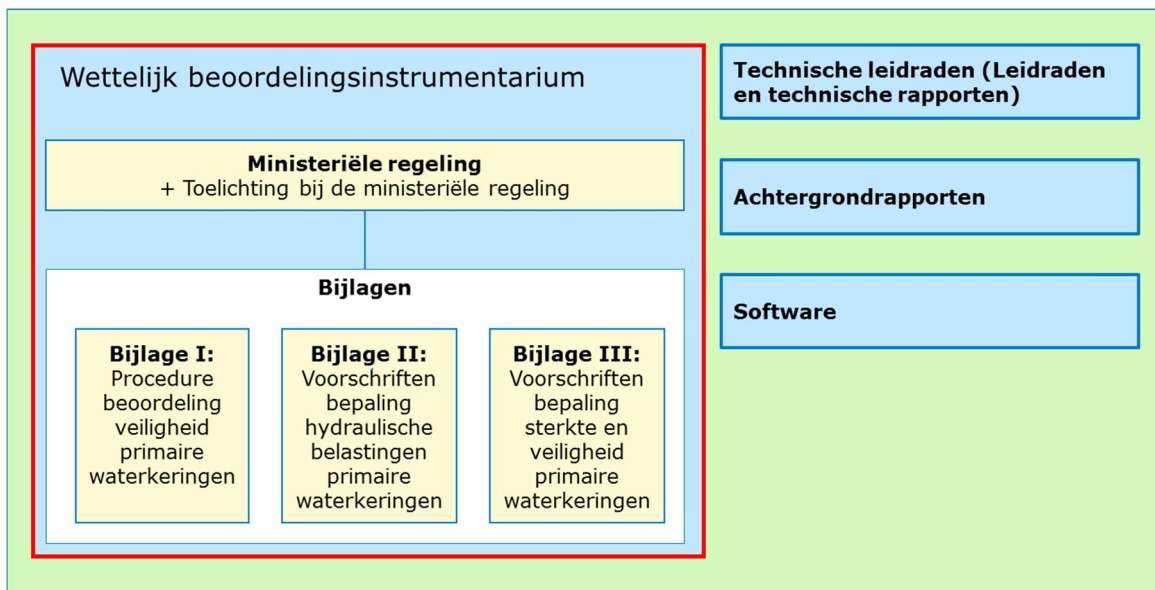
Het basisinstrumentarium wordt modulair opgebouwd. Sommige bouwstenen of modules worden in alle processen gebruikt, andere modules zijn alleen ontwikkeld voor specifieke processen. Modules die kenmerken of gedrag van keringen beschrijven zijn toepasbaar in alle processen. Dit betekent overigens niet dat ook alle gedragsmodellen in alle processen worden gebruikt. De modules die betrekking hebben op het omgaan met onzekerheden of rekentechnieken zijn vaker processpecifiek.

Het procesinstrumentarium beschrijft het proces en geeft de uitgangspunten voor het gebruik van het basisinstrumentarium: door wie, hoe en wanneer wordt dit gebruikt. Dit instrumentarium bestaat per proces uit:

- procesbeschrijving,
- handleiding voor het gebruik van het basisinstrumentarium, aangevuld met programma-, project- of organisatiespecifieke eisen en uitgangspunten.

2.1.3 Bouwstenen WBI 2017

Het WBI 2017 bevat de voorschriften voor het uitvoeren van de beoordeling. In Figuur 2.2 zijn deze weergegeven.



Figuur 2.2 Het WBI 2017 en voor de beoordeling te gebruiken documenten

In Bijlage I Procedure bij de ministeriële regeling wordt het proces voor de beoordeling van een waterkering beschreven. In Bijlage II Hydraulische belastingen worden de hydraulische belastingen beschreven. Bijlage III Sterkte en veiligheid geeft per toetsspoor² de schema's en methoden waarmee de beoordeling moet worden uitgevoerd. De bouwstenen in het rode kader zijn de formele onderdelen van het WBI 2017 en vormen met elkaar het procesinstrumentarium voor het beoordelen.

Vanuit het procesinstrumentarium worden een aantal bouwstenen uit het basisinstrumentarium voorgeschreven die de beheerder moet gebruiken bij het uitvoeren. De beheerder mag hiervan alleen onderbouwd afwijken. ILT ziet erop toe dat de onderbouwing correct is.

- Technische Leidraden: de diverse leidraden en technische rapporten die de minister ter beschikking stelt (artikel 2.6 van de Waterwet) waarin wordt beschreven hoe kan worden bepaald dat een kering faalt en de daarvoor te gebruiken modellen en rekenregels. De volgende bouwstenen uit het basisinstrumentarium vallen hieronder:
 - Mechanismebeschrivingen: Betreft beschrijving hoe een mechanisme tot doorbraak leidt.
 - Beschrijving watersysteem: Betreft (per watersysteem) achtergrondrapport met beschrijving watersysteem.
 - Mechanismemodellen: Betreft softwarebouwsteen, inclusief onderliggende documentatie.
 - Geavanceerde analyses: Betreft achtergrondrapporten met handvatten voor geavanceerde analyses voor toets op maat, zowel voor hydraulische belastingen als voor de mechanismen binnen de toetssporen.
 - Schematiseringshandleiding: Betreft (per toetsspoor) handleiding waarin staat beschreven hoe de werkelijkheid wordt geschematiseerd voor toepassing in een mechanismemodel.
 - Schematisaties watersystemen: Betreft software model inclusief documentatie waarin gebiedschematisaties zijn vastgelegd.

²Toetsspoor: de wijze waarop een mechanisme of een onderdeel van de waterkering wordt beoordeeld.

- Statistiek en Onzekerheden watersystemen.
- Software: er zijn verschillende software applicaties die de beheerder faciliteren bij het uitvoeren van de beoordeling. Het gebruik van deze applicaties wordt voorgeschreven vanuit Bijlage II Hydraulische belastingen en vanuit Bijlage III Sterkte en veiligheid. Naast Riskeer en standalone tools (voor diverse toetssporen) betreft dit de volgende bouwstenen:
 - Hydra-Ring/probabilistische modellen: Betreft softwaremodel inclusief documentatie waarin de belastingen uit belastingmodel worden vergeleken met de sterkte van de kering en waarmee de faalkans van een vak of traject wordt bepaald.
 - Hydra-Ring³/rekentechnieken: Betreft softwarebouwsteen van Riskeer, inclusief onderliggende documentatie.
 - Hydra-Ring/rekeninstellingen: Per watersysteem en per toetsspoor (mechanisme) worden de rekentechnieken en modellen afgeregeld, zodat de gebruiker hetzelfde antwoord heeft bij dezelfde som (uiteraard wel binnen rekenkundige grenzen).
 - Naast de voorgeschreven software is er aanvullende software. Dit betreft een aantal applicaties die gebruikt kunnen worden voor het uitvoeren van gedetailleerde en geavanceerde analyses binnen het kader van de toets op maat. Het gebruik van deze applicaties wordt niet voorgeschreven vanuit het WBI 2017.

Daarnaast zijn er ook een aantal bouwstenen die de beheerder ondersteunen bij het uitvoeren van de beoordeling en achtergrondinformatie bieden over de beoordeling en het proces:

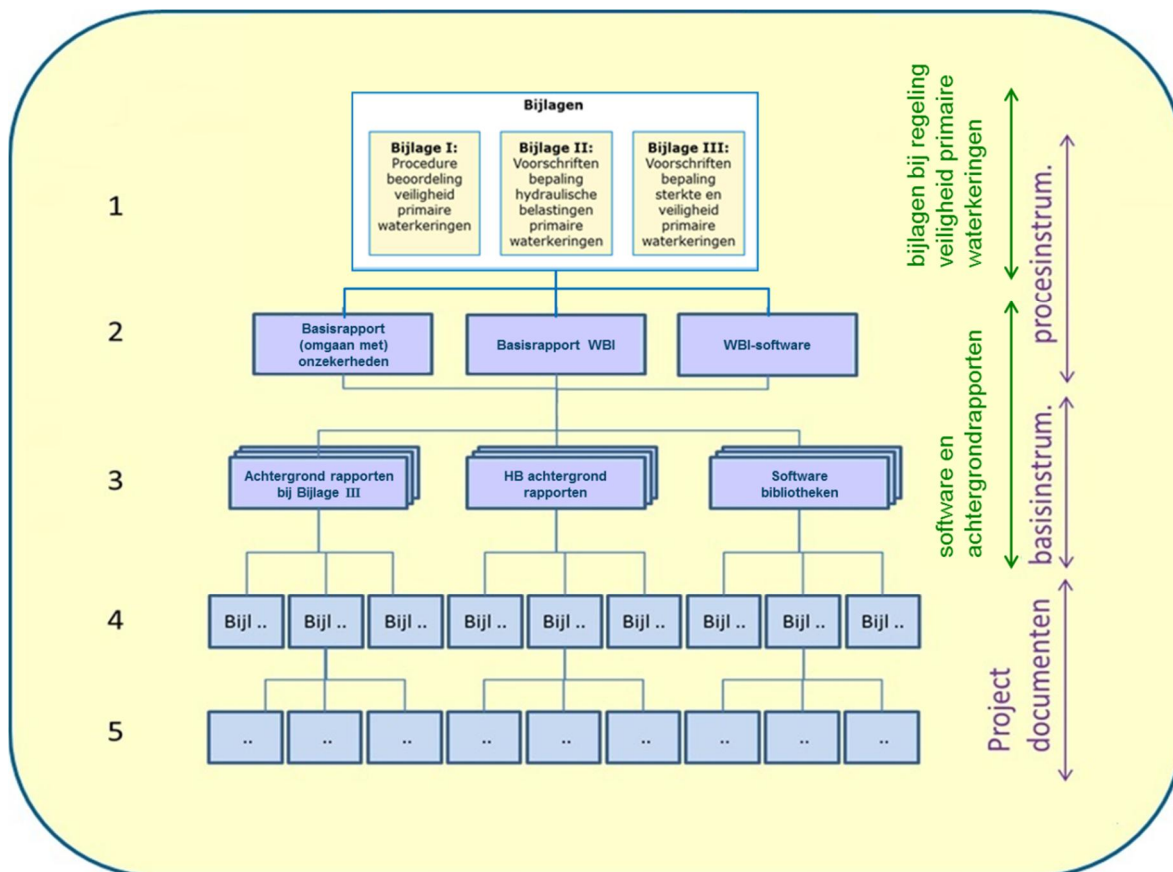
- Aanbiedingsbrief WBI 2017: de brief van de minister aan de keringbeheerders waarin de minister haar verwachtingen uitspreekt over de beoordelingsperiode.
- Draaiboek Eerste beoordeling primaire keringen op basis van overstromingskansen: het draaiboek voor de beoordelingsperiode 2017-2023 bevat het tijdpad en deadlines voor de uitvoering van de beoordeling. In het draaiboek worden onder andere de afspraken tussen beheerders onderling en met de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) en Directoraat-Generaal Ruimte en Water (DGRW) vastgelegd om te zorgen dat de werkbelasting voor de beheerders zelf en de ILT evenwichtig verdeeld wordt over de beoordelingsperiode.
- Waterveiligheidsportaal: het waterveiligheidsportaal wordt gehost door het Informatie Huis Water (IHW), biedt ondersteuning voor een uniforme rapportage en biedt mogelijkheden om gegevens uit te wisselen tussen beheerder en toezichthouder en beheerder en Hoogwaterbeschermingsprogramma. In het draaiboek worden de afspraken vastgelegd tussen de verschillende partijen over het gebruik van het waterveiligheidsportaal.
- Voorbeeldenboek: verzameling van uitgewerkte fictieve voorbeelden en praktijkvoorbeelden. Het voorbeeldenboek is in feite geen boek, maar een groeiende verzameling beschrijvingen van relevante cases op de Helpdesk Water website.
- Verschil- en consequentieanalyses WBI 2017.
- Achtergrondrapportages: de onderzoeksrapportages met de wetenschappelijke verantwoording per toetsspoor (mechanisme) en voor hydraulische belastingen.
- Kader Zorgplicht: beschrijft de activiteiten die de beheerder moet uitvoeren in het kader van de zorgplicht en de producten die behoren bij deze activiteiten.

³ Hydra-Ring is de naam van het probabilistische rekenhart van de WBI 2017 software applicatie Riskeer. Hydra-Ring is zelf niet zichtbaar als software applicatie voor eindgebruikers, maar speelt wel een cruciale rol in de WBI software.

2.2 Beschrijving samenhangende WBI 2017 producten op hoofdlijnen

2.2.1 Boomstructuur in WBI producten

Voor de inhoudelijke bouwstenen van het basis en proces instrumentarium van het WBI is een lagenstructuur voor documentatie (en software) ontwikkeld. Deze structuur kent vijf lagen en is in onderstaande figuur aangegeven.



Figuur 2.3 Gelaagde structuur documentatie van WBI 2017.

Laag 1 WBI 2017: de bijlagen bij de ministeriële regeling

De eerste laag betreft de bijlagen bij de regeling veiligheid primaire waterkeringen dat bestaat uit:

- Bijlage I Procedure
- Bijlage II Hydraulische belastingen
- Bijlage III Sterkte en veiligheid

Laag 1 wordt vastgesteld door de minister. De documenten in de overige lagen geven de achtergronden bij de technische delen van laag 1 en worden niet vastgesteld door de minister.

Laag 2 Basisrapport, WBI-software en Overzicht onzekerheden

De tweede laag bestaat uit:

- Het basisrapport WBI
- De WBI software applicaties en data, met bijbehorende gebruikershandleidingen

- Overzicht van belasting- en sterkteonzekerheden in het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium

Het basisrapport (onderhavig rapport) betreft een toelichting op het WBI 2017 instrumentarium. In het basisrapport worden de volgende aspecten beschreven:

- Algemene uitgangspunten WBI 2017 instrumentarium.
- Overzicht watersystemen en mechanismen.
- Overzicht software.
- Effectanalyse ten opzichte van WTI 2011.

De documenten uit laag 1 en 2 zijn onderdeel van het procesinstrumentarium, zie ook paragraaf 2.1.2.

Laag 3 Achtergrondrapporten en software bibliotheken

De achtergrondrapporten ondersteunen de uitvoering van de beoordeling. Onderscheid wordt gemaakt tussen achtergrondrapportages bij Bijlage II Hydraulische belastingen, achtergrondrapportages bij Bijlage III Sterkte en veiligheid en achtergrondrapportages bij softwareapplicaties.

Achtergrondrapportages bij Bijlage II Hydraulische belastingen bevatten een beschrijving van het watersysteem, ketenbeschrijvingen en werkwijze van bepalen hydraulische belastingen.

Achtergrondrapporten bij Bijlage III Sterkte en veiligheid bevatten mechanismebeschrijvingen, schematiseringshandleidingen, modelbeschrijvingen (Z functies c.q. grenstoestandfuncties) en beschrijvingen van geavanceerde analyses.

De softwarebibliotheken bevatten gedocumenteerde mechanismemodellen, HB Databases en bibliotheken met probabilistische rekentechnieken.

De documenten en software uit laag 3 zijn onderdeel van het basisinstrumentarium, zie ook paragraaf 2.1.2.

Laag 4 bijlagenrapporten

In de bijlagenrapporten is informatie beschikbaar die niet direct nodig is voor uitvoering van de beoordeling. Het betreft onder andere:

- Beschrijving van uitgevoerde berekeningen.
- Case studies.
- Uitgevoerde kalibraties, het afleiden van partiële veiligheidsfactoren.
- Documentatie bij software:
 - o Functioneel ontwerp
 - o Technisch ontwerp
 - o Systeemdokumentatie
 - o Testplan
 - o Testrapport
 - o (eventueel:) Case studies.
- Onderzoeksrapporten

Laag 5 Overige documentatie

Laag 5 bevat relevante documentatie voor het WBI 2017 die niet in laag 1 tot laag 4 wordt beschreven. Het betreft onder andere:

- Relevante notities (onder andere ENW, adviseursgroepen, Coördinatiegroep WTI, DGRW)
- Verslagen van overleggen
- Wetenschappelijke publicaties

De documenten in laag 5 zijn niet per definitie aan een watersysteem of mechanisme gekoppeld.

In laag 4 en 5 bevinden zich projectdocumenten, die niet terug te vinden zijn in het proces- of basisinstrumentarium, zoals beschreven in paragraaf 2.1.2.

Voertaal van documenten uit laag 1 tot en met 3 is Nederlands. Voertaal in de lagen 4 en 5 is Engels of Nederlands, afhankelijk van de toepassing. Als het voor de beoordeling wordt gebruikt zal gekozen worden voor Nederlands, als het voor wetenschappelijke exposure of internationale review wordt gebruikt zal gekozen worden voor Engels. Enkele documenten zijn in twee talen beschikbaar. Elk document heeft een Nederlandse en Engelse samenvatting.

2.2.2 Architectuur software

De uitgangspunten rondom softwareontwikkeling in het kader van WBI 2017 zijn vastgelegd in [de Waal en Knoeff, 2014].

De software binnen WBI is modulair opgebouwd. Ter ondersteuning van het WBI 2017 is een nieuwe applicatie (Riskeer) en een rekenhart voor probabilistische analyses (Hydra-Ring) ontwikkeld. Daarnaast zijn mechanismemodellen geüpdatet. Enkele daarvan zijn als standalone applicatie te gebruiken in combinatie met Riskeer. De combinatie Riskeer & Hydra-Ring maakt gebruik van uniforme data aansluitingen en bibliotheken met gedeelde componenten. De gedeelde componenten betreffen rekenfunctionaliteiten die voor meerdere toepassingen kunnen worden gebruikt. De opbouw van het software instrumentarium voor de borging van de waterveiligheid wordt behandeld in paragraaf 6.1.

De waterkeringbeheerder is verantwoordelijk voor het beheer van basisgegevens en schematisaties van de waterkeringen. Voor gebruik van deze gegevens gaat het instrumentarium uit van een standaard format.

In navolging van de opzet van Hydra-NL is het de intentie om het platform voor beoordelen (tenminste) 2 gebruikersmodi te geven: een basismodus (formeel onderdeel) die gebruikt wordt voor het uitvoeren van de beoordeling en een testmodus die gebruikt wordt voor de ontwikkeling van het instrumentarium en die in een later stadium door specialisten voor geavanceerde analyses kan worden gebruikt in een toets op maat. Op dit moment worden nog geen gebruikersmodi onderscheiden.

2.2.3 Gebruikersprofiel

De keringbeheerder is verantwoordelijk voor de beoordeling.

Het verzamelen en beheren van data en informatie van primaire keringen is geen onderdeel van het instrumentarium. De waterkeringbeheerder is verantwoordelijk voor het verzamelen van de voor de beoordeling benodigde gegevens. Datamanagement - het uniform, consistent

en herleidbaar gebruik en beheer van gegevens - wordt georganiseerd in de zorgplicht. In het WBI worden wel handvatten ontwikkeld voor het verzamelen en schematiseren van data.

De verwachte voorkennis voor verantwoord gebruik van het beoordelingsinstrumentarium en voor het begrijpen van de bijbehorende documentatie is een HBO+ opleiding in de waterbouw en/of geotechniek, aangevuld met een specifieke applicatie cursus.

Van de gebruiker wordt 5 jaar relevante werkervaring verwacht rondom beoordelen, ontwerpen en beheren van de verzameling {dijken & kunstwerken} of {duinen & hybride keringen}.

Rijkswaterstaat gaat er van uit dat de beoordeling zal worden uitgevoerd door *teams*, waarin per teamlid enige specialisatie heeft plaatsgevonden. Specifieke velden zijn hydraulische belastingen, datamanagement/ICT, duinen, dijken en kunstwerken.

2.3 Implementatie overstromingskansbenadering en nieuwe kennis

2.3.1 Beoordelen op overstromingskans

In de veiligheidsbenadering uit de eerste drie toetsronden dienen afzonderlijke dijkvakken een vastgestelde maatgevende belasting (waterstand of waterstands- en golfcombinaties) veilig te keren. De vastgestelde maatgevende belasting is daarbij een 'toetsbelasting': de belasting met een gegeven overschrijdingskans, gerelateerd aan de normfrequentie voor de dijkkring. Hiermee is de kans op een daadwerkelijke overstroming van een dijkkringgebied echter nog niet vastgesteld. De waterkering moet de toetswaterstand veilig kunnen keren. Een iets hogere belasting leidt in de praktijk echter niet in alle gevallen tot een doorbraak. Daarentegen is er ook een kleine kans dat een kering beneden de toetsbelasting doorbreekt.

Bovendien, doordat deze veiligheidsbenadering zich richt op afzonderlijke vakken, komt de samenhang tussen het falen van de verschillende vakken van het waterkeringstelsel niet in beeld. De kans op een overstroming van een dijkkringgebied is niet vanzelfsprekend gelijk aan de kans op het overschrijden van de toetsbelasting (de normfrequentie). Over de verhouding tussen die kansen zijn moeilijk generieke uitspraken te doen: Enerzijds wordt een grotere overstromingskans verwacht doordat lengte-effecten in de overschrijdingskansbenadering werden verwaarloosd⁴. Anderzijds zorgde de invulling (veilige aannames bij onzekerheden) van de overschrijdingskansbenadering en gekozen faaldefinities er juist voor dat overstromingskans nu kleiner is.

Het onderzoekprogramma Marsroute van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) en Rijkswaterstaat is gestart om de beperkingen van de huidige benadering te ondervangen en volwaardig invulling te geven aan de aanbevelingen van de eerste Deltacommissie. Voornaamste doelstelling van de Marsroute was te komen tot een veiligheidsbenadering op basis van overstromingsrisico's. Het belangrijkste verschil met de huidige veiligheidsbenadering zit in:

- de overgang van een dijkvak- naar een dijkkringbenadering⁵;
- het op gelijkwaardige wijze rekening houden met verschillende mechanismen; en

⁴ In de overschrijdingskansbenadering werd alleen voor de belastingen in de bovenrivieren en bij de toets op macrostabiliteit formeel rekening gehouden met een lengte-effect.

⁵ Dit is uitgewerkt per dijktraject in WBI 2017

- het op een systematische manier betrekken van onzekerheden in de berekening van de overstromingskans.

De Marsroute is via een aantal stappen uitgemond in de onderzoeksprojecten 'Veiligheid Nederland in Kaart' (VKN-1 en -2), 'Rampenbeheersing RBSO 2005' en 'WV21/DP-Veiligheid'. Binnen VKN is gewerkt aan het kwantificeren van de overstromingskansen, de overstromingsgevolgen en daarmee de overstromingsrisico's van de verschillende dijkeringen.

In het WBI 2017 zijn de inzichten vanuit Marsroute, WV21/DP-Veiligheid en VKN geïmplementeerd in de beoordeling op overstromingskansen. Daarbij gelden de volgende uitgangspunten:

Onzekerheden in de bepaling van de Hydraulische Belastingen en in de sterkte van waterkeringen worden systematisch⁶ betrokken in de berekening van de overstromingskans. De wijze waarop dit gebeurt, is beschreven in het overzichtsdocument onzekerheden [Diermanse, 2016a]. Mechanismen en watersystemen worden op een gelijkwaardige wijze betrokken.

Bij het beoordelen aan overstromingskans wordt falen gedefinieerd als het overschrijden van de grenstoestand. De grenstoestand wordt per mechanisme gespecificeerd en dient zo dicht mogelijk bij de grenstoestand voor doorbraak te liggen. Als de kennis nog ontoereikend is om de grenstoestand voor doorbraak te bepalen, wordt een strengere grenstoestand gehanteerd. In gevallen waar onvoldoende inzicht in reststerkte processen beschikbaar is, wordt in de praktijk de grenstoestand voor het optreden van een initiërend mechanisme gehanteerd.

Een beoordeling op overstromingskansen is vooralsnog alleen mogelijk voor een beperkte, specifieke verzameling toetssporen, zie Bijlage F. Voor de overige mechanismen wordt een deel van de faalkansruimte gereserveerd. Aangenomen wordt dat met de veiligheidsfactoren in de rekenregels van het WTI 2011 (die niet probabilistisch zijn afgeleid) wordt voldaan aan deze faalkansruimte-eis.

Voor beoordeling van de overstromingskans wordt - per toetsspoor - een traject opgedeeld in vakken. Op basis van een vaste faalkansverdeling kan per vak en toetsspoor worden beoordeeld of aan de norm wordt voldaan. Dit is mogelijk met een probabilistische of semi-probabilistische berekening. Een scherpere beoordeling is mogelijk zonder vaste faalkansruimteverdeling in een beoordeling per dijktraject.

Voor de beoordeling op basis van overstromingskansen kunnen vier niveaus worden onderscheiden:

- I. Semi-probabilistisch per vak en toetsspoor (vaste faalkansverdeling en vast lengte-effect)
- II. Probabilistisch per vak en toetsspoor (vaste faalkansverdeling en vast lengte-effect)
- III. Probabilistisch per traject en toetsspoor (vaste faalkansverdeling)
- IV. Probabilistisch per traject (flexibele faalkansverdeling)

Daarbij wordt opgemerkt dat niveau II, III en IV rekentechnisch dezelfde informatie en grotendeels dezelfde bewerkingen vraagt. In het beoordelingsproces zijn deze niveaus echter nieuw ten opzichte van het WTI 2011. Niveau I sluit aan op de praktijk uit de eerste 3

⁶ Bij de hydraulische belastingen worden pragmatische keuzen gemaakt omdat de zoete wateren en zoute wateren nog niet op uniforme manier worden doorgerekend. Dat zal vermoedelijk pas in 2023 mogelijk zijn.

toetsronden en bij calamiteitenbestrijding, beheer en onderhoud en ontwerpen. Analyses op dit niveau kunnen worden hergebruikt voor deze processen.

Voor alle niveaus worden dezelfde fysische en statistische modellen voorgeschreven. Voor niveau IV zijn in principe geen andere invoergegevens noodzakelijk ten opzichte van niveau I. De kwantiteit kan wel verschillen.

In het WBI wordt alleen onderscheid gemaakt tussen een toets op vak niveau (niveau I en II) en een toets op trajectniveau (niveau III en IV). De bouwstenen voor het uitvoeren van de toets op trajectniveau zijn echter per eind 2018 nog niet voldoende uitgekristalliseerd om breed te worden toegepast.

Om tot een oordeel voor een traject te komen moeten de resultaten voor de verschillende vakken en toetssporen binnen dat traject nog worden geassembleerd. Daartoe is een protocol opgesteld (Diermanse et al., 2016). De daarin beschreven methode is eerst beschikbaar gesteld in de vorm van een prototype in MS-Excel: de Assemblagetool. Per eind 2018 maakt de assemblage deel uit van de centrale beoordelingsapplicatie Riskeer. De Assemblagetool wordt daarom niet (meer) als apart product in de WBI software vermeld.

2.3.2 Afbakening belastingen en sterkte

Belastingen

In het WBI wordt beoordeeld of een traject voldoet aan de overstromingskansnormen die in de wet zijn vastgelegd. Een overstroming wordt veroorzaakt door belastingen op de kering. In het WBI wordt vooral rekening gehouden met hydraulische belastingen. De hydraulische belastingen worden gevormd door:

- Waterstanden⁷
- Windgolven.

In hoofdstuk 4 zijn de uitgangspunten rondom hydraulische belastingen beschreven.

Er wordt geen, of alleen bij bijzondere gevallen, rekening gehouden met:

- IJs en ijsdammen
- Verkeer.
- Aanvaringen.
- Hydraulische belasting als gevolg van scheepvaart.
- Aardbevingen en aardshokken.

IJs

In Nederland bestaat geen regelgeving omtrent de wijze waarop bij het ontwerpen en beoordelen van grondconstructies rekening moet worden gehouden met ijsbelasting. Bij constructies wordt kruierend ijs of drijvend ijs meegenomen als belasting. In de Leidraad kunstwerken is dit omschreven [TAW, 2003].

Verkeer

Verkeersbelasting wordt niet als toetsbelasting in rekening gebracht bij directe mechanismen zoals macrostabiliteit binnenwaarts⁸. Alleen bij de beoordeling van buitenwaartse

⁷ In slechts een enkel geval wordt ook expliciet aandacht besteed aan stroming.

⁸ Maar wel bij macrostabiliteit buitenwaarts.

macrostabiliteit wordt rekening gehouden met verkeersbelasting. Binnen de zorgplicht moet worden geregeld wanneer de dijk moet worden afgesloten voor zwaar verkeer en hoe in het geval van eventuele schade de dijk alsnog bereikbaar is.

Aanvaringen

Aanvaringen worden als toetsbelasting voor grondlichamen niet meegenomen, wel bij de beoordeling van afsluitmiddelen in kunstwerken (toetsspoor sterkte en stabiliteit (waterkerende) kunstwerken. Drijvend vuil en wrakhout zijn in het algemeen te klein om serieuze schade aan een grondlichaam of een bekleding te veroorzaken; beschadiging van een grasbekleding is wel mogelijk, maar wordt niet behandeld in het kader van de beoordeling.

Hydraulische belasting als gevolg van scheepvaart

In het algemeen zal een scheepsgeïnduceerde belasting geen rol spelen bij de beoordeling. Deze wordt derhalve niet meegenomen in de beoordeling. Het herstellen van eventuele schade door scheepsgeïnduceerde belastingen valt onder normaal beheer.

Aardbevingen en aardschokken

Voor delen van Nederland zijn natuurlijke en geïnduceerde aardbevingen niet uit te sluiten. Het kan overwogen worden dit aspect in een toets op maat mee te nemen. Aardbevingen maken nog geen deel uit van de gedetailleerde toets in het instrumentarium. Daarbij gelden de volgende overwegingen:

1. Bij primaire keringen is de kans op samenloop van een (bijna-) maatgevend hoogwater met een voldoende sterke aardbeving vermoedelijk zeer klein;
2. De gedetailleerde toets in Bijlage III Sterkte en veiligheid vraagt uitgekristalliseerde kennis en regelgeving, die in eenduidige beslis- en rekenregels is te vatten. Hiervan is nu nog geen sprake. Op het gebied van aardbevingen zijn zowel kennis als regelgeving nu nog sterk in beweging: inzichten rond maatgevende aardbevingsbelasting en de afbakening van aardbevingsgevoelige gebieden zijn elk (half)jaar grondig veranderd, en de NPR-NEN-Eurocode-regelgeving die hiervan gebruik maakt was nog niet voldoende rijp voor opname in WBI 2017.
3. Daarnaast zijn de kennisleemtes nog zeer groot, zowel op het gebied van aardbevingsbelasting, als van de respons van waterkeringen en hun ondergrond.

Wanneer gereede vermoedens bestaan en aangetoond kan worden dat de overstromingskans primair door aardbevingen wordt bepaald, dan kan hiermee in een toets op maat en (wanneer versterken meer kans op goedkeuring geeft dan kennisontwikkeling en onzekerheidsreductie) een versterkingsontwerp rekening worden gehouden.

Sterkte

In de beoordeling worden diverse onderdelen, die samen de sterkte van de waterkering bepalen, beoordeeld. Hierop wordt in hoofdstuk 5 verder ingegaan.

In de beoordelingsmethode wordt geen rekening gehouden met het eventueel nemen van noodmaatregelen in de aanloop naar of tijdens extreme belastingsituaties. (NB: Vastgestelde procedures rondom betrouwbaarheid sluiten van kunstwerken zijn geen noodmaatregelen).

In de beoordeling wordt wel rekening gehouden met omstandigheden die de sterkte van een waterkering negatief beïnvloeden. Het betreft het bezwijken van niet waterkerende objecten in en rondom de waterkering en het bezwijken van voorland. Deze bezwijkmechanismen worden aangeduid met de term indirecte mechanismen.

2.3.3 Nieuwe normen

De nieuwe normen zijn uitgedrukt in een overstromingskans per jaar per dijktraject. De specificatie van de dijktrajecten en hoogte van normen is gegeven in de vernieuwde Waterwet (zie ook paragraaf 1.1). De achtergronden daarbij staan beschreven in [Slootjes en van der Most, 2016a,b].

In de normen is informatie over het door de kering te beschermen gebied verwerkt, zoals de bij een overstroming verwachte economische schade en aantallen slachtoffers, het individueel risico en het groepsrisico. Dergelijke informatie speelt daarom bij de beoordeling van de kering aan de norm geen expliciete rol meer.

Voor elk afzonderlijk dijktraject geldt (vanuit normering):

- Het dijktraject heeft een unieke naam (code)
- Er is één verantwoordelijke waterkeringbeheerder (toetsers). Waar dit niet het geval is moeten afspraken tussen de waterkeringbeheerders worden gemaakt.
- Er geldt één norm⁹
- Er is sprake van één bedreigend watersysteem¹⁰
- Wat betreft keringtype(s) is sprake van:
 - o één of meer types uit de verzameling {dijken, kunstwerken} of
 - o één of meer types uit de verzameling {dijken, duinen}
 - o één of meer types uit de verzameling {duinen, hybride keringen}

In de nieuwe normering wordt geen onderscheid meer gemaakt tussen primaire keringen van de categorie a, b of c. De voormalige categorie d keringen zijn in het nieuwe systeem niet genormeerd en worden niet beoordeeld in het kader van de wettelijke beoordeling. Over het algemeen worden er gezamenlijke risico analyses met buurlanden uitgevoerd. Voor de voormalige dijkkring 42 en dijkkring 48 is dit in 2007 al eens uitgevoerd. In de periode 2017-2023 wordt dit naar verwachting herhaald.

Het wordt geaccepteerd dat de normen niet geheel op dezelfde gegevens en rekenmethodes zijn gebaseerd als die gebruikt worden bij de beoordeling. Enerzijds is dit inconsistent met de gedachte achter de ontwikkeling van het basisinstrumentarium sterkte en belasting (zie par 2.1.2). Anderzijds is dit acceptabel, omdat de normbepaling deel uitmaakt van de normeringcyclus. Die cyclus heeft een aanzienlijk langere omlooptijd dan de toets- en verbetercyclus.

2.3.4 Peildatum toegepaste kennis

Het instrumentarium houdt rekening met nieuwe inzichten (tot 2014) in de belasting op of sterkte van waterkeringen. In het WBI 2017 wordt rekening gehouden met nieuwe (reken) technieken.

Voor de ligging van de kering is uitgegaan van het basisbestand dijkkringlijn 4.0. Hierop zijn nog enkele correcties uitgevoerd.

⁹ In de praktijk bestaat deze norm per traject uit twee getallen: de signaleringswaarde en de ondergrens.

¹⁰ Dit blijkt in de praktijk toch niet voor alle trajecten te gelden, zie ook Hoofdstuk 9.

2.3.5 Het implementatieproces

De bouwstenen voor zowel het basisinstrumentarium als voor het procesinstrumentarium voor het proces beoordelen (WBI) zijn afkomstig uit verschillende projecten (zie ook Bijlage B), met verschillende timing en verschillende projectteams.

In diverse gevallen is het WBI programma afhankelijk van de inhoud of andere kenmerken van producten uit andere projecten. Bij de start van het WBI programma waren veel van deze kenmerken nog niet (of onvoldoende) bekend, en was het noodzakelijk om uit te gaan van veronderstellingen hierover of van voorlopige concept-producten om te kunnen starten met de werkzaamheden. In de loop der tijd moesten diverse van dergelijke uitgangspunten worden bijgesteld.

De bouwstenencatalogus is bovendien nog niet geheel (op de beoogde wijze) gevuld: er wordt nog verder aan gewerkt, in afzonderlijke projecten.

Dit betreft weliswaar organisatorische aspecten en dit zou om die reden niet tot de scope van dit basisrapport horen, maar wordt hier toch het vermelden waard geacht. Hierin ligt namelijk een deel van de verklaring voor de relatieve moeite die het kost om een compleet en duurzaam overzicht over het WBI te verkrijgen.

2.4 Functioneel ontwerp WBI 2017

2.4.1 Inleiding

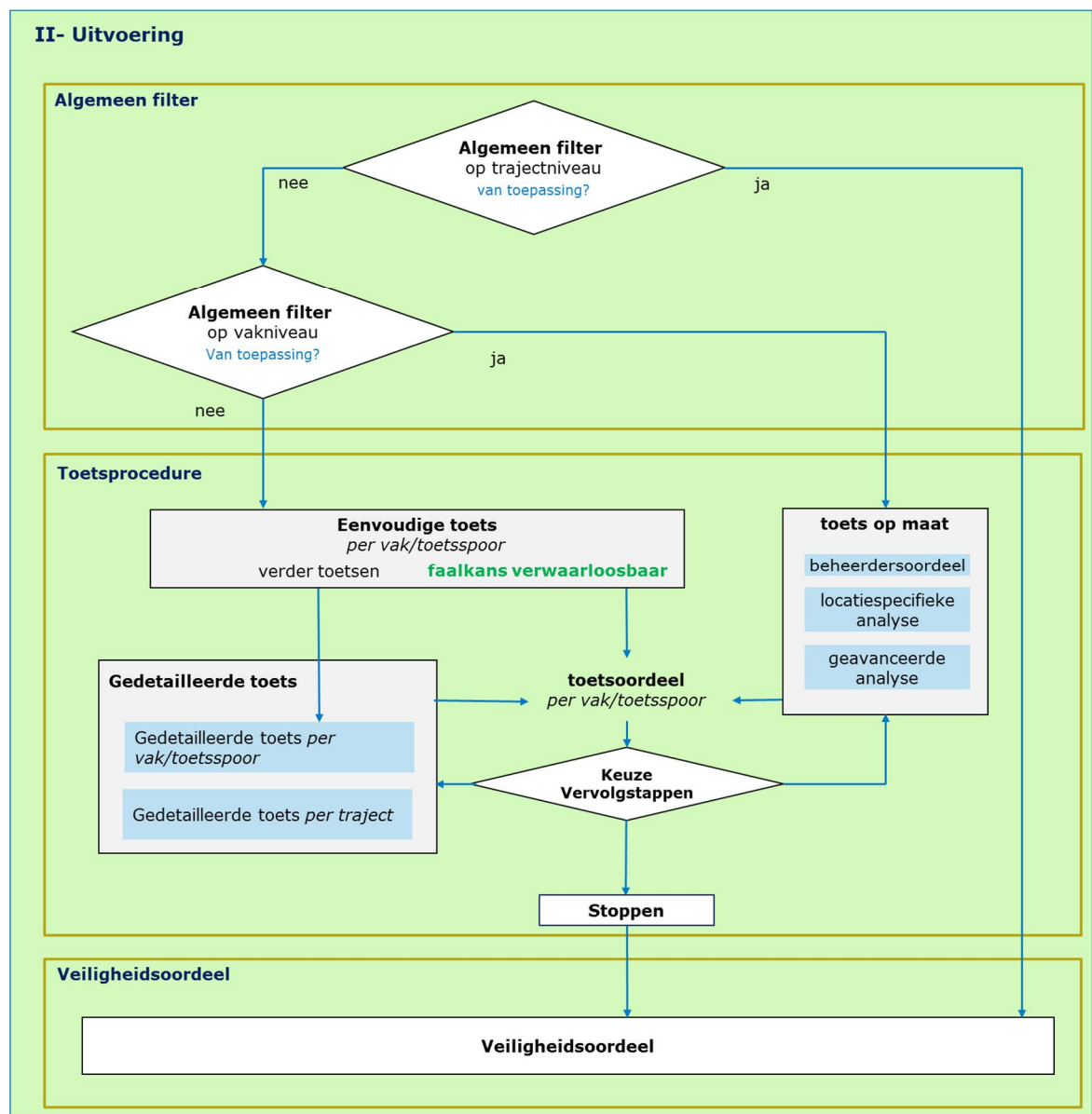
Het beoordelingsproces beschrijft de wijze waarop de kering wordt beoordeeld. Het beoordelingsinstrumentarium ondersteunt het beoordelingsproces. Deze paragraaf bevat een technische uitwerking van het beoordelingsproces. Deze uitwerking kan worden beschouwd als een functioneel ontwerp van het beoordelingsinstrumentarium / WBI 2017.

Het instrumentarium levert:

- ⇒ Een **veiligheidsoordeel per traject**. Omdat de norm in overstromingskansen per traject is gedefinieerd, kan alleen op trajectniveau worden aangegeven in hoeverre aan de norm wordt voldaan.
- ⇒ **Duiding van de bijdrage per vak/mechanisme**. De overstromingskans wordt veelal bepaald door een of enkele vakken. Informatie op vakniveau is noodzakelijk om het veiligheidsoordeel te kunnen duiden.

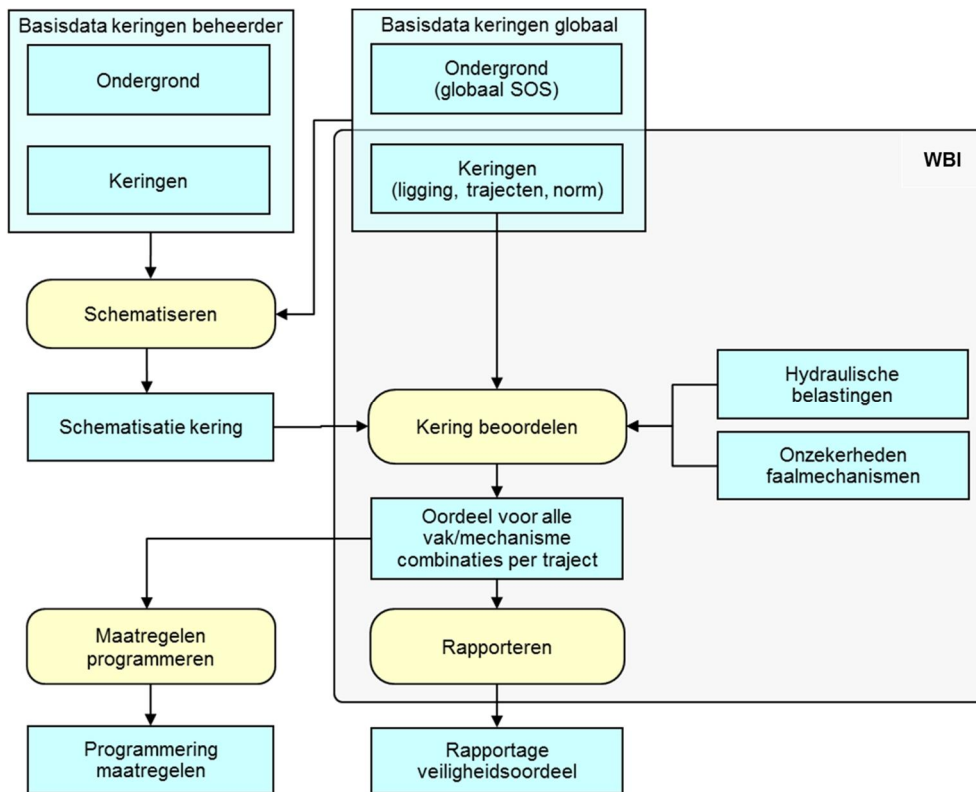
Deze informatie maakt deel uit van de rapportage van de beheerder aan de minister van I&M ten behoeve van de rapportage van het veiligheidsbeeld aan de Tweede Kamer, zoals is beschreven in Bijlage I Procedure. De informatie wordt gebruikt voor het prioriteren en programmeren van verbetermaatregelen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

De belangrijkste stappen van het beoordelingsproces dat tot deze informatie moet leiden zijn geschetst in het schema van Figuur 2.4, zie ook Bijlage I Procedure.



Figuur 2.4 Schematische weergave van de beoordeling op hoofdlijnen, uit Bijlage I Procedure.

Er zijn verschillende manieren om deze stappen nader uit te werken. Een uitwerking in de vorm van procesdiagrammen [Lam, 2016] vormt de basis voor de verdere implementatie in software die delen van het proces moet ondersteunen. Voor de nadere toelichting op de bouwstenen van het WBI zoals bedoeld in dit basisrapport is een iets andere technische uitwerking van het WBI op hoofdlijnen gegeven in Figuur 2.5.



Figuur 2.5 Technische uitwerking WBI 2017

Hieronder worden de onderdelen van dit schema kort nader beschreven.

Basisdata keringen globaal omvat de globale informatie over de ondergrond en keringen. Bij het *schematiseren* wordt deze informatie aangevuld met lokale detail-informatie uit de *Basisdata keringen beheerder*, zoals geometrie, eigenschappen bekledingen en nadere opbouw en samenstelling van de ondergrond. Hoewel het blok *schematiseren* in dit schema buiten het WBI kader staat, wordt dit proces in de praktijk toch deels door WBI onderdelen ondersteund, zoals door het instrument MorphAn voor duinen en D-Soil Model voor de ondergrond.

De *schematisatie kering* omvat per toetsspoor de indeling van het traject in vakken en vervolgens per vak en toetsspoor de specificatie van de relevante informatie, waaronder de koppeling met de locatie waar de hydraulische belasting informatie van gebruikt wordt. Bij diverse keringkenmerken bevat de schematisatie ook statistische informatie over de onzekerheid. Schematiseren is overigens een iteratief proces en gebeurt doorlopend: op basis van een schematisatie wordt een berekening uitgevoerd; analyse van het resultaat leert of nadere gegevensverzameling en update van de schematisatie nodig is.

De *hydraulische belastingen* bestaan in hoofdlijnen uit:

- de fysische relatie tussen enerzijds waterstanden en golven op een groot aantal locaties nabij de primaire waterkering en anderzijds de achterliggende aandrijfmechanismen zoals rivierafvoer en wind;
- de statistiek van de achterliggende aandrijfmechanismen;
- de statistiek van de kennisonzekerheden rond de hydraulische belastingen.

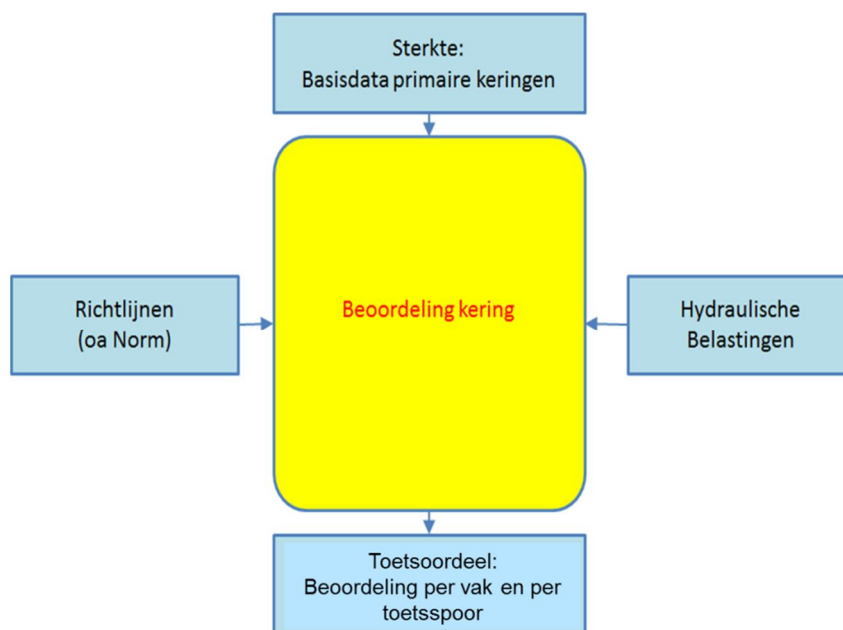
De uitgangspunten met betrekking tot de hydraulische belastingen worden in hoofdstuk 5 beschreven.

De *onzekerheden mechanismen* bevatten de statistische informatie over de kennisonzekerheden in de mechanisme-beschrijvingen die in een toetsspoor worden beoordeeld.

De *beoordeling kering* is de kern van de beoordeling. Hier wordt de hiervoor genoemde informatie verwerkt tot een *oordeel voor alle vak/toetsspoor combinaties per traject*. Deze informatie wordt verder verwerkt (o.a. geassembleerd tot een oordeel per traject) in de *rapportage veiligheidsoordeel*. Tevens kan deze informatie dienen als basis voor de *programmering maatregelen*.

Het grijze kader *WBI* geeft aan welke onderdelen deel uitmaken van het WBI. Hiermee wordt duidelijk dat het WBI niet alleen bestaat uit (beoordelings)*methoden*, maar ook uit *informatie*. Dit betekent ondermeer dat er sprake is van WBI-software (rekenmethoden) gecombineerd met WBI-data (de 'gebied-schematisatie'). Voor de beoordeling levert de toetser de specifieke kering-schematisatie als invoer-data.

Voor het vervolg van dit hoofdstuk geeft Figuur 2.6 een vereenvoudigd schema.



Figuur 2.6 Vereenvoudigd schema van de beoordeling.

2.4.2 Technische uitwerking beoordelingsproces

Het beoordelingsproces staat beschreven in Bijlage I Procedure. De beoordeling wordt per toetsspoor uitgevoerd, op basis van de getrapte procedure. De procedure bevat het uitvoeren van maximaal drie van de volgende toetsen om tot een oordeel te komen:

- Eenvoudige toets
- Gedetailleerde toets per vak
- Gedetailleerde toets per traject
- Toets op maat

In de eenvoudige toets wordt met beslisregels gecontroleerd of de kans op falen volgens een zeker mechanisme voldoende klein is. Indien dit niet het geval is wordt de beoordeling voortgezet met een gedetailleerde toets. In de gedetailleerde toets wordt met rekenregels gecontroleerd of aan de norm wordt voldaan. Dit kan per vak, op basis van een vaste faalkansruimteverdeling over alle toetssporen of per traject op basis van een vrije faalkansverdeling.

Na de bepaling van een eerste toetsoordeel (per vak/toetsspoor) voorziet het beoordelingsproces in een keuzemoment. De keringbeheerder beslist hoe de beoordeling wordt vervolgd:

- 1 direct naar veiligheidsoordeel,
- 2 een gedetailleerde toets per traject¹¹ of
- 3 een toets op maat.

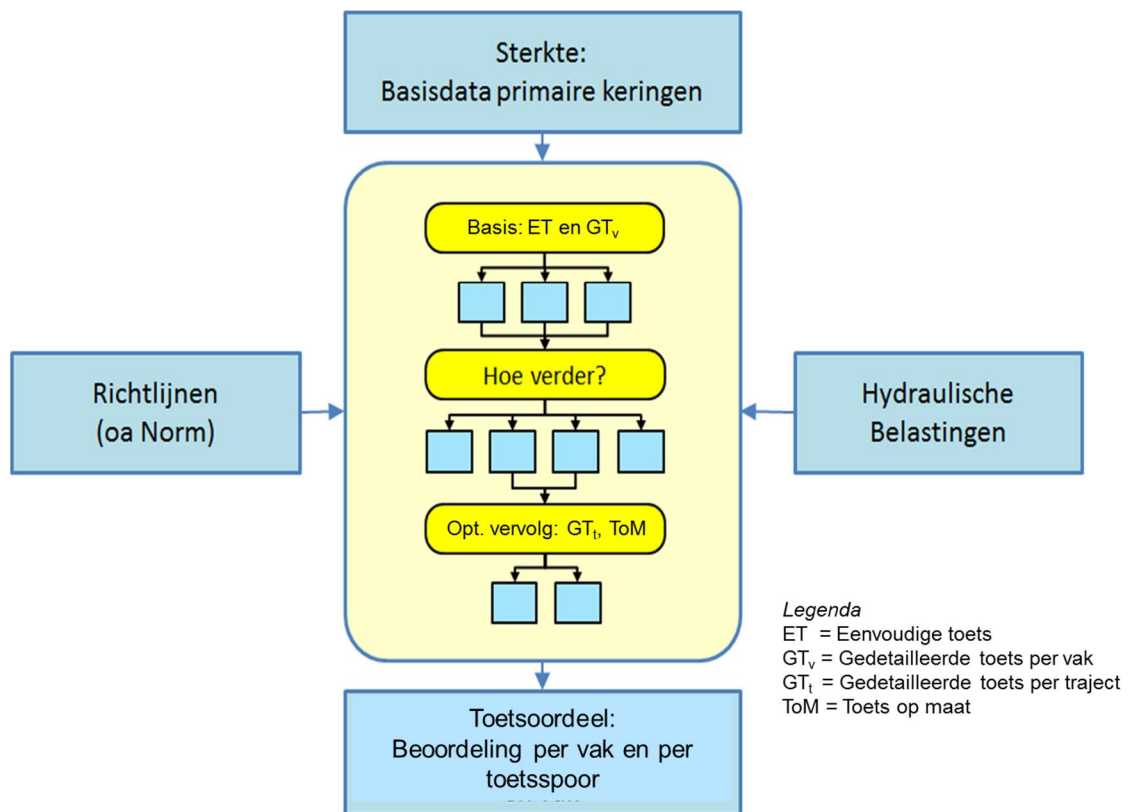
De technische uitwerking van dit beoordelingsproces op hoofdlijnen is weergegeven in Figuur 2.7.

In Bijlage III Sterkte en veiligheid worden de verschillende toetsen, met uitzondering van de toets op maat, met schema's beschreven.

De schema's bevatten geen loops. Dat wil zeggen dat vanuit een stap in een toets nooit naar een eerdere stap kan worden verwezen. Dit voorkomt dat men in een toets kan blijven hangen.

Hoe hoger het niveau (eenvoudige toets is lager dan gedetailleerde toets) hoe meer en gedetailleerdere informatie nodig is voor uitvoering van de beoordeling en hoe scherper de beoordeling.

¹¹ Deze toets is vooralsnog alleen voor experts beschikbaar.



Figuur 2.7 Technische uitwerking beoordelingsproces op hoofdlijnen

In de volgende paragrafen worden de toetsen nader besproken.

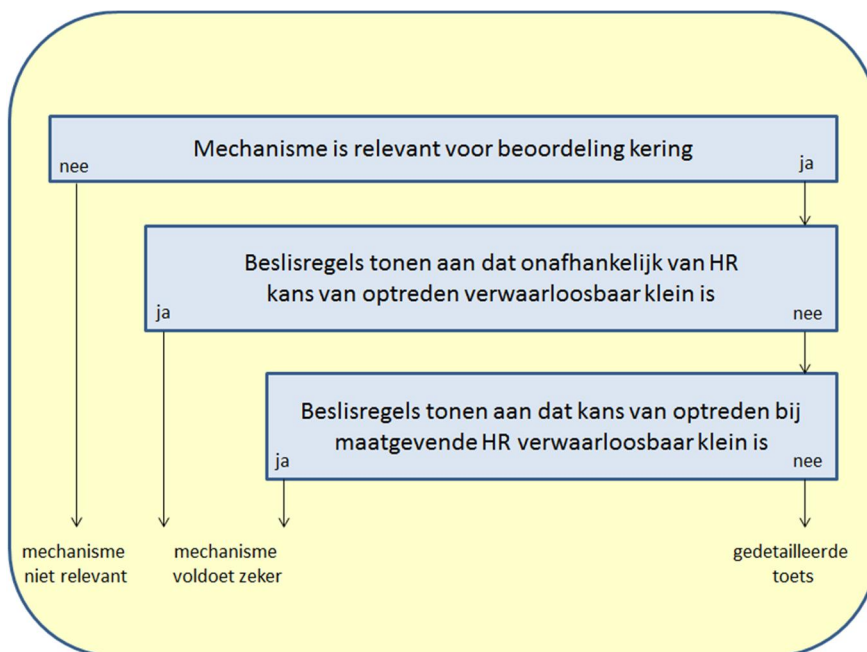
2.4.3 De eenvoudige toets

In de eenvoudige toets wordt met eenvoudige beslisregels gecontroleerd of de kans op falen volgens een zeker mechanisme voldoende klein is.

Resultaat van een beslisregel is de conclusie dat wel of niet aan de voorwaarde van voldoende kleine kans op falen wordt voldaan.

Eenvoudige regels zijn gebaseerd op makkelijk in te winnen gegevens. Beslisregels zijn gebaseerd op historische analyses, (gebieds) eigenschappen met betrekking tot de kering en eenvoudige relaties. Onderscheid wordt gemaakt in:

- Beslisregels die aangeven of mechanisme relevant is voor het betreffende type kering.
- Beslisregels die aangeven of de kans op een mechanisme onafhankelijk van Hydraulische Belastingen klein is.
- Beslisregels die aangeven of de kans op een mechanisme bij gegeven maatgevende Hydraulische Belastingen klein is.



Figuur 2.8 Verschillende typen beslisregels

De kans op optreden van het mechanisme is voldoende klein wanneer deze een verwaarloosbare¹² bijdrage aan de overstromingskans levert. De (verwaarloosbare) bijdrage aan de faalkans kan op basis van berekeningen of argumentatie worden onderbouwd. Beslisregels kunnen worden onderbouwd door theorie, probabilistische analyses of expert mening.

De opeenvolgende beslisregels vormen samen het schema voor de beoordeling met de eenvoudige toets. Dit schema wordt in Bijlage III Sterkte en veiligheid beschreven.

De beslisregels in de eenvoudige toets van het WTI 2011 voldoen aan bovenstaande uitgangspunten tenzij nieuwe inzichten aantonen dat dit onjuist of niet toepasbaar is voor het WBI 2017.

In Riskeer wordt geregistreerd of aan beslisregels wordt voldaan. Analyses worden buiten Riskeer uitgevoerd. Riskeer ondersteunt deze analyses door het aangeven van hydraulische belastingen.

2.4.4 De gedetailleerde toets per vak

De gedetailleerde toets per vak betreft een gedetailleerde toets per vak en toetsspoor. De rekenmethode is afhankelijk van het mechanisme semi-probabilistisch of probabilistisch (zie Hoofdstuk 3 en Bijlage C voor een nadere toelichting op deze termen).

In Bijlage III Sterkte en veiligheid wordt de foutenboom beschreven en de faaldefinitie gegeven. De faaldefinitie beschrijft het mechanisme dat wordt beoordeeld. Door de foutenboom te geven, krijgt de toets direct informatie die relevant is voor de toets op maat. Bijlage III Sterkte en veiligheid bevat verwijzingen naar andere bouwstenen waarin het mechanismemodel verder is uitgewerkt.

¹² 100 keer kleiner dan vereist

In de gedetailleerde toets wordt de waterstaatkundige toestand beoordeeld met generieke (landsdekkende) regels die zijn gebaseerd op een fysisch model. De kwaliteit en de toepasbaarheid van de rekenregels zijn aangetoond. Een model heeft een (beperkt) toepassingsgebied.

Voor semi-probabilistische rekenregels worden door het WBI 2017 programma partiële veiligheidsfactoren afgeleid. Voor de beoordeling op overstromingskansen zijn deze opnieuw afgeleid, gebaseerd op berekeningen van de overstromingskans van een dijktraject.

Voor het afleiden van de partiële veiligheidsfactoren wordt uitgegaan van een vooraf vastgelegde verdeling van de norm tussen de verschillende mechanismen en een voorgeschreven lengte-effect.

De waterkeringbeheerder is verantwoordelijk voor uitvoering van de gedetailleerde toets. De wijze van uitvoering, bijvoorbeeld de hoeveelheid (grond) onderzoek, wordt niet voorgeschreven. Het verzamelen van steeds gedetailleerdere gegevens is een werkwijze en geen voorschrift. De keringbeheerder is zelf verantwoordelijk voor het verzamelen en schematiseren van gegevens. De wijze waarop gegevens worden verzameld wordt niet voorgeschreven. Wel worden handreikingen gegeven.

Voor uitvoering van de gedetailleerde toets is een schematiseringshandleiding opgesteld (inclusief handleiding voor de vakindeling ten behoeve van de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets per vak).

De verhouding benodigde / aanwezige veiligheidsfactor of berekende / toelaatbare kans is een maat voor het wel of niet voldoen aan de norm. Deze maat wordt bovendien gebruikt voor het maken van onderscheid in zeven kwalitatieve oordeel-categorieën. (Het kwantitatieve resultaat gaat overigens niet verloren).

2.4.5 De gedetailleerde toets voor een traject

Deze toets betreft een beoordeling per traject. De wijze waarop deze toets moet worden uitgevoerd door eindgebruikers is nog in ontwikkeling; er zijn nog diverse stappen nodig, zie ook (Diermanse, 2017).

2.4.6 De toets op maat

De toets op maat is de derde toets van het beoordelingsinstrumentarium. In deze toets kunnen locatiespecifieke analyses worden uitgevoerd. Alleen het *proces* van deze toets wordt voorgeschreven. De bepaling van de exacte inhoud van de analyses is onderdeel van het proces. Het proces bestaat uit 3 stappen:

- Stap 1 inventariseren mogelijkheden nadere analyses.
- Stap 2 beoordelen effectiviteit analyses (kosten-baten analyse).
- Stap 3 uitvoeren nadere (locatie specifieke) analyse.

Nadere analyses in de toets op maat kunnen variëren van eenvoudig tot geavanceerd en van deterministisch tot probabilistisch. Door WBI 2017 worden achtergrondrapporten opgesteld met handvatten voor geavanceerde analyses. Ook bestaande technische rapporten en handreikingen bevatten handvatten voor nadere analyses.

De keringbeheerder is verantwoordelijk voor kwaliteitsborging van de beoordeling in de toets op maat. Veelal kan worden volstaan met verwijzing naar geaccepteerd rapport, zoals een Technisch Rapport (TR) of handreiking.

2.4.7 Assemblage tot een oordeel per traject

Het assemblageprotocol (Diermanse et al., 2016) dient om de toetsresultaten uit het WBI op eenduidige manier samen te vatten tot één veiligheidsoordeel per dijktraject. Het is een benaderende methode die nodig is zo lang een gedetailleerde (probabilistische) toets op trajectniveau nog niet (voor alle toetssporen) beschikbaar is. Het assembleren resulteert in:

- een veiligheidsoordeel per dijktraject;
- een duiding van de bijdrage aan dit oordeel van de verschillende combinaties van vakken en toetssporen.

Behalve een oordeel in termen van 'voldoet' of 'voldoet niet' wordt tevens de *mate* van wel of niet voldoen inzichtelijk gemaakt: de "afstand tot de norm".

Omdat het in de beoordelingsperiode 2017-2023 niet mogelijk is om voor alle toetssporen een overstromingskans te berekenen, wordt gewerkt met een toedeling van het beoordelingsresultaat in categorieën. Voor het oordeel over een traject zijn vijf categorieën gedefinieerd, gerelateerd aan de signaleringswaarde en de ondergrens voor het traject. Voor de onderliggende oordelen per combinatie van vak en toetsspoor zijn zeven categorieën gedefinieerd; op dit niveau speelt ook de doorsnede-eis een rol.

2.5 Historisch perspectief en toekomstperspectief

2.5.1 Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities

- Expliciete inbedding in processen en cycli t.b.v. waterveiligheid
- Borging samenhang via bouwstenen in basisinstrumentarium
- Nieuwe normen: trajecten met elk een eigen overstromingskansnorm i.p.v. dijkkringen met een overschrijdingskansnorm.
- Wegvallen onderscheid in categorieën keringen (a,b,c,d)
- Aantal toetssporen uit cyclus 2 overgeheveld naar cyclus 1 (instandhouding, zorgplicht)
- Het beoordelingsproces bevat een beslismoment 'hoe verder?'
- De gedetailleerde toets is voor eindgebruikers nader uitgesplitst in
 - semi-probabilistisch per vak en per toetsspoor;
 - probabilistisch per vak en per toetsspoor¹³
- De oordelen voor combinaties van vakken en toetssporen worden geassembleerd tot een oordeel per traject en tot een duiding van de bijdrage aan dit trajectoordeel van de verschillende combinaties van vakken en toetssporen. Daarbij worden oordeelcategorieën onderscheiden, gerelateerd aan de signaleringswaarde en de ondergrens (en voor vak-spoor combinaties ook aan de doorsnede-eis).

¹³ Een probabilistische aanpak per traject is per eind 2018 nog niet voor eindgebruikers beschikbaar.

2.5.2 Vooruitblik

Voor de brede beschikbaarstelling van de gedetailleerde toets per traject moeten nog een aantal stappen gezet worden, zie ook (Diermanse, 2017).

En meer algemeen:

- ervaring opdoen en uitwisselen, mogelijk verwerken in updates van de hulpmiddelen voor de beoordeling;
- versterking samenhang instrumenten (documenten, software, data) binnen cyclus 2 (beoordelen, ontwerpen);
- versterking samenhang met andere processen in andere cycli.

2.6 Puntsgewijze samenvatting

De borging van de waterveiligheid kent drie *cycli*:

- 1 de instandhoudingcyclus
- 2 de toets- en verbetercyclus
- 3 de normeringcyclus

Binnen elke cyclus worden *processen* onderscheiden.

Het *beoordelen van primaire waterkeringen* is een proces binnen de toets- en verbetercyclus.

Het *WBI* is specifiek bedoeld voor de beoordeling van primaire waterkeringen, niet voor andere processen zoals - bijvoorbeeld - het ontwerpen van verbeteringen.

Er wordt naar gestreefd dat alle processen die gericht zijn op het borgen van de waterveiligheid op een consistente manier de sterkte van en de belasting op de waterkering bepalen. Daarom is het streven dat voor alle processen hetzelfde *basisinstrumentarium sterkte en belasting* gebruikt wordt.

Naast het basisinstrumentarium is er - per proces - een *procesinstrumentarium*. Het procesinstrumentarium beschrijft het proces en geeft de uitgangspunten voor het gebruik van het basisinstrumentarium: door wie, hoe en wanneer wordt dit gebruikt.

Het WBI is opgebouwd uit bouwstenen. Beleidsmatige consequenties en toepasbaarheid van (nieuwe) bouwstenen in het beoordelingsinstrumentarium worden onderzocht in respectievelijk een effectanalyse en toepasbaarheidstoets. Een effectanalyse bevat een analyse van verschillen (inhoudelijk), gevolgen (invloed op veiligheidsbeeld) en consequenties.

Onderscheid wordt gemaakt tussen bouwstenen voor proces- en basisinstrumentarium. De bouwstenen van het procesinstrumentarium bevatten een op het beoogde proces afgestemde assemblage van bouwstenen uit het basisinstrumentarium.

Ook in de WBI 2017 onderdelen wordt onderscheid gemaakt tussen procesinstrumentarium en basisinstrumentarium. De Bijlagen bij de regeling veiligheid primaire waterkeringen, de software en de achtergrondrapporten zijn onderdeel van het procesinstrumentarium. De overige documenten zijn onderdeel van het basisinstrumentarium.

De opbouw uit bouwstenen is zowel herkenbaar in de documentatie als in de software. De documentatie van het WBI bestaat uit een groot aantal zelfstandige documenten, die onderling naar elkaar verwijzen waar dat zinvol is. Op vergelijkbare wijze bestaat de software voor een belangrijk deel uit modules - in veel gevallen gebundeld in bibliotheken - die elkaar aanroepen waar dat functioneel is.

De verschillende bouwstenen voor het WBI zijn in verschillende programma's en projecten ontwikkeld, in veel gevallen (deels) parallel in de tijd, door verschillende teams. Hetzelfde geldt voor de assemblage van de bouwstenen uit het basisinstrumentarium tot bouwstenen van het procesinstrumentarium.

De verwachte voorkennis voor verantwoord gebruik van het beoordelingsinstrumentarium is tenminste een HBO+ opleiding in de waterbouw en/of geotechniek, 5 jaar relevante werkervaring rondom beoordelen, ontwerpen en beheren van de verzameling {dijken & kunstwerken} of {duinen & hybride keringen}, aangevuld met een specifieke applicatie cursus.

De beoordelingsprocedure bevat maximaal drie van de volgende toetsen om tot een oordeel te komen:

- Eenvoudige toets
- Gedetailleerde toets per vak
- Gedetailleerde toets per traject
- Toets op maat

3 De probabilistische rekenmethode

De overstromingskansbenadering betekent dat een dijktraject beoordeeld moet worden op basis van de overstromingskans. Hierbij moet rekening gehouden worden met alle relevante onzekerheden. De koninklijke route voor de overstromingskansbenadering is de probabilistische benadering; deze berekent de overstromingskans en houdt evenwichtig rekening met onzekerheden. De probabilistische methode is echter nog niet voor elk toetsspoor rijp genoeg om breed uit te zetten. Mede daarom is op sommige onderdelen in WBI 2017 gekozen voor een semi-probabilistische benadering.

Een van de belangrijkste ambities voor de eerste beoordeling op basis van overstromingskansen is het expliciet en evenwichtig rekening houden met onzekerheden rond belastingen op en sterkte van waterkeringen.

De woorden expliciet en evenwichtig zijn hierbij van belang:

- In voorgaande toetsronden is wel degelijk ook rekening gehouden met onzekerheden. In de meeste toetssporen is dat echter *impliciet* gedaan, door “verborgen veiligheden” in te bouwen in de rekenregels, vooral aan de sterktekant. In de belastingen werd alleen rekening gehouden met natuurlijke variabiliteit en werden kennisonzekerheden niet in rekening gebracht. Het is daardoor waarschijnlijk dat in voorgaande toetsronden de onzekerheden aan de belastingkant in de regel zijn onderschat en de onzekerheden aan de sterktekant in de regel zijn overschat.
- Het woord 'evenwichtig' verwijst naar het *op gelijkwaardige wijze* verdisconteren van de *belangrijkste* onzekerheden.

In probabilistische analyses, die ten grondslag liggen aan de belangrijkste toetsinstrumenten van WBI 2017, worden aan alle mogelijke sterktes en belastingen kansen van voorkomen toegekend. Vervolgens wordt de kans bepaald op de verzameling combinaties van belasting en sterkte waarbij sprake is van falen: het overschrijden van de grenstoestand.

Onzekerheden en de statistische beschrijving daarvan staan aan de basis van faalkansberekeningen. Alle typen onzekerheden kunnen op gelijke wijze worden behandeld in faalkansberekeningen. De *mogelijkheid*¹⁴ om alle onzekerheden op een consistente wijze te behandelen is een belangrijk voordeel van de overstromingskansbenadering.

De nadere beschrijving van de probabilistische methode binnen WBI 2017 is dermate belangrijk en vraagt zo uitgebreide aandacht, dat besloten is hierover een apart rapport op te stellen: [Diermanse, 2016a]. In de boomstructuur van de WBI documentatie is dat rapport gepositioneerd náást onderhavig basisrapport, in laag 2. Daarom is besloten de behandeling van de probabilistische rekenmethode in onderhavig basisrapport (dit hoofdstuk) zeer beknopt te houden en verder te verwijzen naar [Diermanse, 2016a].

De ambitie om expliciet en evenwichtig rekening te houden met onzekerheden rond belastingen op en sterkte van waterkeringen vraagt om de systematische inzet van probabilistische rekenmethoden, de specificatie van een grenstoestandfunctie per toetsspoor en de expliciete specificatie van de onzekerheden (stochasten) daarin.

In de probabilistische aanpak binnen het WBI wordt onderscheid gemaakt tussen

¹⁴ In WBI 2017 is overigens nog geen sprake van volledige consistentie in de verwerking van onzekerheden.

- probabilistisch rekenen, leidend tot een resultaat in de vorm van een *kans*, hierbij staan verschillende rekentechnieken ter beschikking;
- semi-probabilistisch rekenen, in principe leidend tot een resultaat in de vorm van een toetsoordeelcategorie (géén kans)¹⁵, met behulp van rekenwaarden zowel voor de sterkte als voor de belasting, op basis van een vooraf uitgevoerde kalibratie.

Veel onzekerheden zijn goed te beschrijven als een continue stochast. Voorbeelden zijn de windsnelheid, de rivierafvoer en de zeewaterstand aan de belastingenkant en toelaatbaar overslagdebiet en doorlatendheid van de ondergrond aan de sterktekant. Voor dergelijke stochasten geldt overigens dat er niet een kans kan worden toegekend aan het optreden van een specifieke waarde (bijvoorbeeld aan het optreden van een windsnelheid van 25.28734... m/s). In plaats daarvan wordt de *kansdichtheid* gegeven. Daaruit kan de kans worden afgeleid dat de waarde van de stochast in een bepaald interval ligt of een bepaalde waarde overschrijdt.

Sommige vormen van onzekerheid zijn echter lastig te verwerken als continue stochast. In dergelijke gevallen is er voor gekozen de onzekerheid te beschrijven als discrete stochast. Dat betekent dat een eindig aantal mogelijke realisaties wordt beschouwd. Aan elk van deze realisaties wordt een kans toegekend en de som van deze kansen is gelijk aan 1. Voorbeelden van onzekerheden die als discrete stochast worden beschreven zijn de windrichting, het functioneren (c.q. falen) van een stormvloedkering, de opbouw en samenstelling van de ondergrond van de dijk en het optreden van indirecte mechanismen. Met name bij de laatste twee voorbeelden noemt men de verschillende discrete realisaties "scenario's".

In de rekenmethode wordt eerst per realisatie van de discrete stochasten een probabilistische berekening gemaakt op basis van alle continue stochasten. Vervolgens worden de berekende faalkansen samengesteld tot één faalkans, rekening houdend met de kans op de betreffende realisaties van de discrete stochasten.

In de rekenmethode is sprake van nog meer vormen van aggregatie, namelijk

- van de resultaten per 12-uurs periode naar een resultaat per jaar.
- van de resultaten per vak naar het resultaat per traject
- van faalkansbijdragen uit verschillende toetssporen (mechanismen) naar een totale faalkans

Binnen de toetsen wordt op verschillende wijze invulling gegeven aan de probabilistische aanpak, zie hiervoor Bijlage C.

In de rekenmethode wordt als volgt omgegaan met het tijd-aspect:

- De overstromingskans per jaar wordt gebaseerd op de overstromingskans in het winterhalfjaar; de bijdrage van het zomerhalfjaar aan de kans op een overstroming per geheel jaar wordt verwaarloosd.
- Binnen het winterhalfjaar wordt de statistiek van de stochasten als homogeen (stationair) beschouwd.
- Belasting-gebeurtenissen ('events') kunnen verschillende tijdschalen hebben, namelijk:
 - een 12-uurs periode ('snel') of
 - 1 danwel 2 maanden ('traag').

¹⁵ Voor sommige toetssporen - zoals macrostabiliteit binnenwaarts en piping - moeten de toetsoordeelcategorieën vanuit verschillende scenario's en/of deelsporen worden geaggregeerd. Ten behoeve van deze aggregatie worden de toetsoordeelcategorieën omgerekend naar benaderende faalkansen. Het geaggregeerde resultaat blijft in dit geval een (benaderende) faalkans. Deze wordt pas bij de assemblage teruggerekend naar een toetsoordeelcategorie.

- Stochasten met betrekking tot sterkte en kennisonzekerheden worden verondersteld niet te variëren binnen de periode van 1 jaar.

Bij ieder toetsspoor hoort een grenstoestandfunctie. De grenstoestandfunctie is de plaats in de berekening waar - per toetsspoor - de beschrijving van de relevante sterktekenmerken en de beschrijving van de relevante belastingkenmerken samenkomen.

Bij de beschrijving van de toetssporen komen gewoonlijk diverse kenmerken van de waterkering aan de orde, die heel specifiek relevant zijn voor het beschouwde toetsspoor en daardoor per toetsspoor verschillen. De in het toetsspoor benodigde belastingkenmerken zijn daarbij doorgaans beknopt beschreven en meer generiek van aard. Mede daarom wordt de beschrijving van de toetssporen gewoonlijk behandeld als onderdeel van de beschrijving van de sterkte van de waterkering en wordt de belasting apart van de sterkte en de toetssporen behandeld.

Deze 'knip' tussen belastingen en sterkte in de beschrijving van de toetssporen is ook zichtbaar in de scheiding tussen Bijlage II Hydraulische belastingen en Bijlage III Sterkte en veiligheid in laag 1 van de WBI documentatie, zie Figuur 2.3. Ook in onderhavig basisrapport wordt de knip op deze wijze gelegd: in hoofdstuk 4 worden eerst de belastingen beschouwd en vervolgens wordt in hoofdstuk 5 de sterkte beschouwd.

4 Hydraulische belastingen

4.1 Inleiding

Een belangrijk verschil tussen de belasting- en de sterkte-informatie bij de beoordeling van waterkeringen is dat de sterkte-informatie voor een belangrijk deel wordt aangeleverd door de toetser, terwijl de belasting-informatie voor het overgrote deel bij het instrumentarium wordt bijgeleverd; de toetser heeft daar relatief weinig invloed op¹⁶. Dit is een keuze van het rijk.

In dit hoofdstuk wordt op hoofdlijnen beschreven hoe in de rekenmethodiek van WBI 2017 de hydraulische belastingen zijn uitgewerkt. Daarbij worden de verbanden met de probabilistische rekenmethode, de toetssporen en de toetsen beschreven.

De hydraulische belastingen in het 'watersysteem' Duinen, voor het toetsspoor Duinafslag, vormen een aparte categorie, die in dit basisrapport niet afzonderlijk behandeld wordt. Voor nadere informatie over deze hydraulische belastingen in WBI 2017 wordt verwezen naar [Boers et al., 2014].

4.2 Parameters met betrekking tot de hydraulische belasting

De hydraulische belastingen bestaan uit waterstanden en golfcondities (hoogte, periode en richting) nabij de beschouwde waterkering.

Deze belastingparameters kennen een natuurlijke variabiliteit: er is sprake van inherente onzekerheid. Het omgaan met de inherente onzekerheid rond de hydraulische belastingen vormt een belangrijk onderdeel van de probabilistische rekenmethode binnen elke WBI editie: het is nodig de inherente onzekerheid rond de lokale waterstanden en golfcondities statistisch te kwantificeren.

In overeenstemming met de aanpak in voorgaande WTI edities wordt in generieke zin een hoge belasting primair geassocieerd met hoge waterstanden en/of hoge golven. Bij het kwantificeren van de statistiek gaat het dan specifiek om de waarden van de belastingparameters bij zeer kleine overschrijdingskansen per jaar. De focus op *overschrijdingskansen* impliceert dat in feite alleen *topwaarden* van de belastingparameters voor de veiligheidsbeschouwing van belang zijn, zowel wanneer een vaste periode van een jaar wordt beschouwd als wanneer specifieke belastinggebeurtenissen ('events') worden beschouwd.

Naast de topwaarden van de hydraulische belastingen is voor diverse toetssporen echter óók informatie nodig over:

- het verloop van de hydraulische belasting in de tijd, binnen een 'maatgevend' belasting-event;
- dagelijkse belastingomstandigheden, zoals gemiddeld laag water (GLW).

In aansluiting op de aanpak in voorgaande WBI edities is de beschrijving van de variatie van de hydraulische belasting parameters in de tijd binnen een event pragmatisch ingevuld: er is gekozen voor een (per regio verschillende) representatieve waterstandsverlooptlijn,

¹⁶ De rol van de toetser wordt nader beschreven in paragraaf 4.7.

gebaseerd op de invulling in WTI 2011 en HR2006. De onzekerheid rond het verloop van de belasting in de tijd wordt dus niet expliciet gemodelleerd.

Karakteristieke waarden voor dagelijkse omstandigheden met betrekking tot lokale waterstanden zijn afgeleid uit de 'waternormalen', zoals die in voorgaande toetsronden konden worden verkregen via de Helpdesk Water.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt de aandacht vooral gericht op de wijze waarop de statistiek van de lokale waterstanden en golfcondities wordt gekwantificeerd.

Deze kwantificering op zichzelf is voldoende voor de rekenmethode in de toetsen waarin sprake is van "probabilistische berekeningen": de gedetailleerde toets per vak 'probabilistisch' en gedetailleerde toets per traject. Voor de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets per vak 'semi-probabilistisch' moeten aanvullend *rekenwaarden* voor de lokale waterstanden en golfcondities worden bepaald. Daarop wordt in paragraaf 4.6 nader ingegaan.

4.3 Uitvoerlocaties

De kenmerken van de hydraulische belastingen zijn bepaald op een groot aantal 'uitvoerlocaties' die op enige afstand (orde 50 à 200 m) van de teen van de waterkering liggen. (Alleen in het geval van duinwaterkeringen liggen de uitvoerlocaties op grotere afstand, namelijk om en nabij de NAP-20m contourlijn).

In de beoordeling per vak en toetsspoor wordt altijd uitgegaan van (de hydraulische belastinggegevens op) één door de toetser te selecteren uitvoerlocatie. Er wordt dus niet geïnterpoleerd tussen de gegevens van twee of meer uitvoerlocaties.

Voor de uitvoerlocaties geldt dat in principe de WTI 2011 set van uitvoerlocaties gehandhaafd is, met uitzondering van de locaties waar dijkkringlijn is veranderd. Voor de specificatie van nieuwe locaties is dezelfde procedure gevolgd als voor WTI 2011. Bovendien zijn, in aanvulling op de WTI 2011 set, uitvoerlocaties gespecificeerd ten behoeve van de beoordeling van voorlanden.

4.4 Omgaan met inherente onzekerheid rond lokale hydraulische belastingen

4.4.1 Inleiding

Er is geen (meet-)informatie beschikbaar over de lokale waterstanden en golven bij alle waterkeringen, waaruit de statistiek zou kunnen worden afgeleid. In de praktijk wordt daarom die statistiek afgeleid uit:

- de *statistiek* van de belangrijkste *bronnen* voor hoge lokale hydraulische belastingen
- de *fysische relatie* tussen die bronnen en de lokale hydraulische belastingen.

Voorbeelden van bronnen zijn (hoge) afvoeren, windsnelheden en zeewaterstanden. De *bronnen* voor hoge lokale hydraulische belastingen worden verder 'basisstochasten' genoemd. Deze parameters zijn gekoppeld aan een (referentie-)locatie. Voorbeelden van basisstochasten zijn de rivierafvoer te Lobith en de wind bij Schiphol.

4.4.2 Watersystemen: gebieden met verschillende bronnen voor hoge hydraulische belasting

De wateren die een bedreiging vormen voor de primaire waterkeringen worden onderverdeeld in watersystemen¹⁷. Een watersysteem is een gebied waar de waterveiligheid bedreigd wordt door een *specifieke combinatie van basisstochasten*. In Bijlage E wordt een overzicht gegeven van de watersystemen en hun basisstochastcombinaties.

In het kader van WBI 2017 heeft een heroverweging plaatsgevonden van de selectie van basisstochasten (en de indeling in watersystemen), maar dit heeft niet geleid tot wezenlijke aanpassing ten opzichte van voorgaande WBI edities. Voor een nadere toelichting op de afwegingen ten aanzien van de gekozen stochasten wordt verwezen naar [de Waal et al., 2013].

Verscheidene basisstochasttypes zijn relevant, namelijk

- wind (snelheid en richting)
- rivierafvoer
- zeewaterstand
- meerpeil
- toestand van de stormvloedkering

Elk basisstochasttype heeft generieke kenmerken, zie verder paragraaf 4.4.3. Ook heeft elk basisstochasttype een vrij specifieke definitie, die samenhangt met de focus op topwaarden. Hier kan verwarring met dagelijks taalgebruik op de loer liggen. Zo is bijvoorbeeld de *stochast* 'zeewaterstand' gedefinieerd als het maximum van de waterstand in een getijperiode, en dat is toch echt iets anders dan de 'zeewaterstand' in dagelijks taalgebruik.

Uit Bijlage E blijkt ook dat er watersystemen zijn met eenzelfde *combinatie* van basisstochasttypes, bijvoorbeeld de combinatie van Wind en Meerpeil. Deze watersystemen worden beschouwd als exemplaar van een watersysteemtype, zie Tabel 4.1.

¹⁷ In het probabilistisch model Hydra-Ring wordt een watersysteem een 'regio' genoemd.

Basisstochasttype	Watersysteemtype						
	Rivier	Rivier_naar_zee_metSVK	Rivier_naar_meer_metSVK	Meer	Zee	Estuarium_metSVK	Duinen
Wind (richting en snelheid)	x	x	x	x	x	x	
Afvoer	x	x	x				
Zeewaterstand		x			x	x	x
Meerpeil			x	x			
Toestand Stormvloedkering(en)		x	x			x	

Tabel 4.1 Watersysteemtipes en hun stochasttypes¹⁸. SVK staat voor "stormvloedkering"

Ieder watersysteemtype heeft een specifieke combinatie van basisstochasttypes en daarmee samenhangend een eigen type events (definitie van bepalende hoogwatergebeurtenissen) en een eigen belastingmodel in de probabilistische modellering¹⁹.

4.4.3 De basisstochasten

4.4.3.1 Wind

Wind is de primaire opwekkende kracht achter golven en daarom is de wind in alle watersystemen van belang. Alleen bij de watersystemen die zijn gerelateerd aan het toetsspoor 'duinafslag' wordt niet de wind maar de statistiek van de zeewaterstand en daaraan via een deterministische relatie gelinkte golven gebruikt als stochast. In veel watersystemen is wind ook een belangrijke bron voor hoge waterstanden.

De stochast wind is een snelle stochast, dat wil zeggen een stochast waarvan de waarde relatief snel fluctueert in de tijd. De stochast bestaat uit twee componenten: de windrichting en de windsnelheid.

Windrichting

De windrichting wordt behandeld als een discrete stochast: de stochast heeft in de rekenmethode een beperkt aantal mogelijke realisaties. In de meeste watersystemen wordt standaard uitgegaan van de 16 windrichtingen: 22.5, 45.0, ..., 360.0 graden ten opzichte van Noord. Elders wordt gewerkt met 12 windrichtingen: 30, 60, ..., 360 graden ten opzichte van Noord.

¹⁸ Bij waterkeringen in open verbinding met de zee worden de lokale golfcondities mede bepaald door de golfcondities aan een open rand van het water. In de meeste gevallen wordt echter verondersteld dat deze golfcondities volledig gecorreleerd zijn aan de stochast wind. Alleen voor duinwaterkeringen worden in plaats van de wind juist de golven op de gebiedsrand als (bron achter de) hydraulische belastingen beschouwd. In onderhavig basisrapport worden deze golven verder niet als basisstochast behandeld.

¹⁹ In het probabilistisch model Hydra-Ring wordt de term 'watersysteemtype' niet gebruikt, maar wordt wel het daarmee samenhangende onderscheid in 'belastingmodellen' gemaakt.

Elk van deze windrichting-realisaties *representeert* de windrichtingsector rond de betreffende windrichting. De kans van voorkomen van elk van deze realisaties wordt gespecificeerd in een tabel.

Windsnelheid

De windsnelheid is een continue stochast. De (windrichtingsafhankelijke) overschrijdingskansen van de windsnelheid worden gespecificeerd voor een referentie locatie. Doorgaans is dit een KNMI meetstation, voor veel watersystemen wordt de statistiek gebruikt die is afgeleid voor KNMI meetstation Schiphol.

4.4.3.2 Zeewaterstand

Zeewaterstand is een snelle stochast. Het is nodig onderscheid te maken tussen de 'zeewaterstand op de gebiedsrand' en de 'zeewaterstand lokaal'.

Zeewaterstand op gebiedsrand

In Hydra-Ring wordt de stochast 'zeewaterstand op gebiedsrand' gebruikt voor de watersystemen Benedenrivieren en Oosterschelde.

De statistiek van de stochast zeewaterstand is in WBI gegeven in de vorm van een kansverdeling van de zeewaterstand bij gegeven windrichting. De kansverdelingen hebben betrekking op de maximale waterstanden gedurende een getijperiode.

Zeewaterstand lokaal

In de watersystemen van het watersysteemtype Zee wordt de statistiek van de lokale waterstand *niet* bepaald door de in paragraaf 4.4.1 genoemde combinatie van

- de *statistiek* van een basisstochast 'zeewaterstand op referentielocatie X' en
- de *fysische relatie* tussen deze basisstochast enerzijds en de lokale waterstand anderzijds.

In plaats daarvan wordt in het watersysteemtype Zee de statistiek van de lokale waterstand bepaald uit:

- triangulaire interpolatie van de *statistiek* van drie basisstochasten 'zeewaterstand op referentielocatie X', namelijk op referentielocaties X_1 , X_2 en X_3 .

Er valt wat voor te zeggen om de momenteel gangbare indeling in watersystemen van het type Zee zo te herzien dat voortaan iedere combinatie van referentielocaties X_1 , X_2 en X_3 een afzonderlijk watersysteem wordt genoemd. Maar dan nog blijft dit watersysteemtype een enigszins vreemde eend in de bijt, door het interpoleren van statistiek in plaats van gebruik maken van een fysische relatie.

4.4.3.3 Rivierafvoeren

Rivierafvoer is een trage stochast. De statistische informatie voor de afvoerstochasten bestaat uit overschrijdingsfrequenties en topduren.

De Maas wordt in twee watersystemen opgedeeld, met de scheiding ongeveer bij Boxmeer. Voor het bovenstroomse deel wordt de statistische informatie gebruikt van locatie Borgharen en voor het benedenstroomse deel die van locatie Lith. Achtergrond hiervan is het feit dat in

het traject bovenstrooms van Boxmeer de topvervlakking van de afvoergolf van belang is: in het traject tussen Borgharen en Boxmeer wordt de afvoergolfvorm geleidelijk vlakker en breder. De golfvorm verandert benedenstrooms van Boxmeer veel minder.

4.4.3.4 Meerpeil

Het meerpeil is de ruimtelijk gemiddelde waterstand in een meer en is daarmee een maat voor het volume water in het beschouwde meer. Het meerpeil is veelal een afgeleide van de combinatie van peilbeheer, aanvoer van water (uit bijvoorbeeld rivierafvoer en/of gemalen) en de mogelijkheden om water af te voeren (doorgaans beïnvloed door wind en zeewaterstand).

Het meerpeil is een trage stochast. Daarmee speelt de duur ook een rol.

De stochast IJsselmeerpeil is gerelateerd aan de afvoerstochast Olst, zowel in termen van statistische correlatie als in termen van schematisatie van het faseverschil tussen de twee golfvormen in het probabilistisch model. Deze correlatie is alleen relevant voor de watersystemen IJsseldelta en Vechtdelta, niet voor het IJsselmeer zelf.

4.4.3.5 Stormvloedkering

De toestand van de stormvloedkering is een snelle stochast. In Hydra-Ring worden de Europoortkering (dat is de combinatie van Maeslantkering en Hartelkering), de Ramspol kering en de Oosterschelde stormvloedkering behandeld als stochast Stormvloedkering.

Het is nadrukkelijk niet nodig om elke stormvloedkering als een stochast te behandelen, dat is alleen nodig als gemeend wordt dat de *onzekerheid over het functioneren* van de stormvloedkering in rekening gebracht moet worden.

De stochast stormvloedkering is een discrete stochast: het aantal mogelijke realisaties is in Hydra-Ring beperkt gehouden. In de Hydra-Ring beschrijving van de watersystemen benedenrivieren en Vechtdelta is een stochast Stormvloedkering beschikbaar met twee mogelijke realisaties: 'open' of 'gesloten (conform sluitprocedure)'. Voor de Oosterschelde stormvloedkering wordt rekening gehouden met aanzienlijk meer mogelijke realisaties.

De beschrijving van de statistiek van de stormvloedkering is vrij specifiek afgestemd op de momenteel aanwezige keringen en hun aansturing.

4.4.4 De fysische relatie tussen basisstochasten en lokale hydraulische belastingen

4.4.4.1 Productieberekeningen en databases fysica

Binnen de probabilistische modellering is een continue relatie gewenst tussen de basisstochasten enerzijds en de lokale hydraulische belastingen anderzijds. Voor deze relatie zijn berekeningen nodig die zeer veel rekentijd vergen. Daarom wordt in de WBI praktijk de fysische relatie eenmalig vooraf bepaald in een proces dat vaak wordt aangeduid met 'productieberekeningen (fysica)'. De resultaten hiervan worden in 'tabelvorm' aangeboden aan het probabilistisch model. Zie Bijlage D.

De tabel is in feite een database. Deze bevat voor een groot aantal uitvoerlocaties per combinatie van waarden voor de basisstochasten de lokale waterstanden en golfcondities die betrekking hebben op de lokale *topwaarden* binnen het betreffende belasting-event (hoogwatergebeurtenis). Elk belasting-event wordt dus gekarakteriseerd door een specifieke realisatie van de combinatie van stochasten van het watersysteem. Voor elk van deze combinaties (events) wordt met een hydrodynamisch model berekend wat de topwaarde is van de waterstand en golfparameters bij de HR-locaties.

4.4.4.2 Gedrag watersysteem

Bij de bepaling van de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen worden enkele algemene uitgangspunten gehanteerd. De belangrijkste daarvan worden hieronder behandeld. (Hierbij wordt gebruik gemaakt van de begrippen dijkkring en dijkkringgebied, omdat deze begrippen in de waterveiligheid nog steeds goed bruikbaar zijn in conceptuele zin; alleen in juridische zin hebben deze begrippen geen betekenis meer).

Onfeilbare dijkkringgebiedbeschermende keringen

Er wordt van uitgegaan dat al het water binnen het watersysteem blijft; er vindt géén overstroming van een dijkkringgebied vanuit het watersysteem plaats. Dit betekent dat - bij de betreffende berekeningen - impliciet wordt aangenomen dat de dijkkringgebiedbeschermende waterkeringen oneindig hoog en sterk zijn.

Hiermee hangt samen het uitgangspunt dat de feitelijke kenmerken van de kering (zoals keringtype, profiel, ruwheid, hoogte) geen invloed hebben op de fysische relatie tussen basisstochasten en lokale hydraulische belasting.

Merk op dat dit uitgangspunt wel ruimte laat voor het rekening houden met het effect van een overstroming die *buiten* het beschouwde watersysteem plaatsvindt. Maar daar moet dan wel expliciet toe besloten worden. Twee concrete gevallen waar dit wordt toegepast zijn:

- Het effect van overstromingen van de Maaskades in het bovenstroomse deel van de Maas wordt meegenomen bij het beschrijven van de afvoerstochast voor het benedenstroomse deel van de Maas (benedenstrooms van Boxmeer).
- Het effect van overstromingen in het buiten Nederland gelegen bovenstroomse gebied van de bovenrivieren wordt meegenomen bij het beschrijven van de afvoerstochast aan de bovenstroomse rand (op de landsgrens) van het watersysteem.

Varianten van feilbaarheid bij dijkkringverbindende keringen

Bij dijkkringverbindende keringen is de aanpak iets meer gedifferentieerd. Bij elke dijkkringverbindende kering wordt één van de volgende drie aanpakken gevolgd:

- 1 De kering wordt oneindig hoog en sterk verondersteld en vormt daarmee - net als dijkkringgebiedbeschermende keringen - een buitenrand van het watersysteem. Voorbeelden hiervan zijn de Afsluitdijk en de Houtribdijk.
- 2 De kering wordt oneindig sterk verondersteld, maar omdat de overstroombaarheid een relevante karakteristiek wordt geacht, wordt de correcte hoogte van de kering in de waterstandsmodellering in rekening gebracht. Een voorbeeld hiervan is de dijk Ramspol-IJsselmuiden.

- 3 De kering wordt zowel eindig hoog als eindig sterk (i.c. feilbaar) verondersteld. Deze aanpak wordt alleen toegepast bij enkele stormvloedkeringen, dat wil zeggen een beweegbaar deel van een dijkkringverbindende kering. Voorbeelden hiervan zijn de Balgstuw Ramspol, de Europoort kering en de Oosterschelde stormvloedkering.

4.4.4.3 Nieuwe berekeningen voor WBI 2017

Herberekening van de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen heeft alleen plaatsgevonden voor de rivieren, zie 'update database fysica' in Bijlage E. Voor de overige systemen is gebruik gemaakt van de rekenresultaten van WTI 2011 of ouder.

Uit de gehanteerde veronderstelling dat geen sprake is van forse normverzwaring volgt dat het bereik van basisstochastwaarden waarvoor de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen wordt beschreven niet wezenlijk verandert ten opzichte van die van WTI 2011. Voor watersystemen waar de fysische relatie niet wordt herberekend betekent dit dat de relatie uit WTI 2011 ook wat betreft het gedekte bereik kan worden hergebruikt.²⁰

4.4.4.4 Modellen

Wind

Voor de aansturing van de modellen voor waterstanden en golven is het nodig dat de waarde van de stochast wind (windrichting en topwaarde van de potentiële windsnelheid op de gekozen referentielocatie) wordt vertaald naar een wind-event: een windveld in ruimte en tijd op 10 m hoogte boven het open water van het beschouwde watersysteem. Deze vertaling wordt hier het 'windmodel' genoemd. Voor alle watersystemen is eenzelfde windmodel gehanteerd, conform WTI 2011 [de Waal, 2010].

Echter, in een vrij laat stadium van het WBI 2017 project ontstond de behoefte om de formulering van de winddrag aan te passen aan nieuwe inzichten. In principe zou een dergelijke aanpassing moeten worden verwerkt in de modellen voor zowel wind, als voor de waterstand als voor de golven bij de bepaling van de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen. Omdat dit praktisch niet tijdig haalbaar was, is besloten om de nieuwe inzichten slechts beperkt en dan nog benaderend (in de vorm van een work-around) te verwerken in de WBI 2017, namelijk:

- alléén in het IJsselmeergebied (omdat dat het gebied is waar de nieuwe inzichten in de winddrag het grootste effect hebben)²¹;
- door middel van aanpassing van de windstatistiek (in plaats van aanpassing van de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen).

²⁰ Dit blijkt in de praktijk toch geen houdbare redenering, zie ook Hoofdstuk 9.

²¹ Ook voor de kustgebieden kunnen deze inzichten relevant zijn, maar daar kunnen ze nog niet in de huidige rekenmethode voor de bepaling van de statistiek van waterstanden worden verwerkt, omdat daarbij geen gebruik wordt gemaakt van een fysische relatie maar van triangulaire interpolatie van statistiek, zie ook paragraaf 4.4.3.2.

Waterstand

Waterstandsberekeningen zijn uitgevoerd met WAQUA [www.helpdeskwater.nl/waqua] en 5^e generatie schematisaties. Bij de berekening van de waterstanden wordt geen rekening gehouden met de invloed van:

- (de variatie in ruimte en tijd in) luchtdruk
- golfenergietransport (wave setup)

Golven

Golfberekeningen zijn in de meeste gevallen uitgevoerd met SWAN [www.swan.tudelft.nl]. Voor de Bovenrivieren en zeer smalle wateren in het Benedenrivierengebied, Vecht- en IJsseldelta en Eemvallei wordt in plaats daarvan de golfgroeikromme van Bretschneider [TAW, 1989] nog geaccepteerd en toegepast, zie bijvoorbeeld [Camarena Calderon et al., 2015].

4.4.4.5 Gebiedschematisaties

De uitgangspunten voor de gebiedschematisaties staan beschreven in [de Waal et al., 2013]. Belangrijke uitgangspunten zijn:

- De begrenzing van het watersysteem sluit aan op de lijn die ligging van de primaire waterkeringen aangeeft (de dijkkringlijn).
- Alle Ruimte voor de Rivier (RvR) maatregelen, alle Maaswerken maatregelen en alle Vlaamse Maatregelen zijn meegenomen. Ten aanzien van de overige maatregelen geldt dat alle maatregelen zijn meegenomen waarvoor een MIRT3 besluit (of een vergelijkbaar investeringsbesluit) is genomen en waarvoor een Baseline maatregel beschikbaar was vóór 31 maart 2014. Een van die maatregelen is een Deltaprogramma project Ooij en Wansem langs de Maas.
- De bodemligging is gebaseerd op de meest recente beschikbare bodeminformatie.
- Voor vegetatie is het beeld van 1997 gebruikt. Dat vegetatiebeeld legt het beste de gewenste situatie van na het project Stroomlijn vast.

4.4.5 Statistiek basisstochasten

Uit de gehanteerde veronderstelling dat geen sprake is van forse normverzwaring volgt dat de herberekening van de statistiek van de basisstochasten beperkt is tot een update op basis van nieuwe inzichten en verlengde meetreeksen. Er heeft geen studie plaatsgevonden naar een uitbreiding van de statistiek naar nog kleinere overschrijdingskansen dan die in voorgaande WBI edities zijn beschouwd.

Uit de gehanteerde veronderstelling dat elk afzonderlijk dijktraject vanuit één watersysteem wordt bedreigd volgt dat geen rekening gehouden wordt met eventuele correlaties tussen stochasten van verschillende watersystemen.

Dit neemt niet weg dat er een tweetal aanpassingen hebben plaatsgevonden. De statistiek van de rivierafvoer bij Lobith en Borgharen is bepaald aan de hand van GRADE²², zie [Hegnauer et al., 2014]. Daarmee zijn, op basis van 30 jaar data, klimaatreeksen met

²² Generator of Rainfall And Discharge Extremes.

neerslag van 50.000 jaar bepaald, die vervolgens zijn vertaald in afvoerreeksen. Daarnaast is de windstatistiek aangepast. Dit laatste had vooral te maken met het feit dat met de vigerende windstatistiek geen statistische onzekerheden beschikbaar waren.

Naast marginale statistieken worden correlaties tussen basisstochasten onderling in rekening gebracht. Dit betreft de correlatie tussen meerpeil en rivierafvoer (van de Vecht en de IJssel), correlatie tussen IJssel- en Vechtafvoer, correlatie tussen Rijn- en Maasafvoer en de correlatie tussen wind en zeewaterstand.

Enkele aandachtspunten betreffende de statistische verdelingen van de verschillende basisstochasten zijn:

- Rijn- en Maasafvoer: Voor de bepaling van de statistiek van de Rijn- en de Maasafvoer is overgestapt van de extrapolatie van metingen naar gebruik van GRADE resultaten. Dit heeft alleen voor de Rijnaafvoerstatistiek geleid tot een forse afvlakking van de werklijn, als gevolg van het meenemen van overstromingen in Duitsland. Deze overstap is ook voor de Maas gemaakt, maar heeft niet tot dergelijk gedrag van de werklijn geleid.
- Vechtafvoer: De Vechtafvoer is hard afgekapt op $800 \text{ m}^3/\text{s}$, omdat bij dit soort afvoeren overstromingen langs de Vecht optreden in Duitsland.
- Zeewaterstand: Het verlengen van de meetreeks heeft een te verwaarlozen effect op de verwachtingswaarde van de zeewaterstand.
- Meerpeilstatistiek: Het verlengen van de meetreeks heeft geen effect op de werklijnen voor Markermeer en IJsselmeer.
- Windstatistiek: De windstatistiek is aangepast.

4.5 Kennisonzekerheden

4.5.1 Statistische onzekerheid

In de voorgaande WBI edities werden alleen inherente onzekerheden in de basisstochasten beschouwd en kon worden volstaan met alleen de verwachtingswaarde van de basisstochasten. In WBI 2017 is ook de betrouwbaarheidsband afgeleid voor de basisstochasten, zodat statistische onzekerheid kan worden meegenomen²³.

Statistische onzekerheden zijn het gevolg van de eindigheid van de meetreeks. De statistiek die is afgeleid op basis van deze meetreeks is sterk afhankelijk van de vaak beperkte verzameling hoogwatergebeurtenissen die in die tijd wel/niet zijn waargenomen. De factor toeval speelt hier dus een rol en dat uit zich in een (statistische) onzekerheid in de afgeleide statistiek. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Rijn- en Maasafvoer: De overstap op het gebruik van GRADE resultaten heeft alleen voor de Rijnaafvoerstatistiek geleid tot relatief smalle onzekerheidsbanden in vergelijking met voorgaande toetsronden.
- Zeewaterstand: De onzekerheidsbanden op basis van het basispeilenonderzoek zijn fors. In deze onzekerheid is geen rekening gehouden met fysische begrenzingen. Er zijn gegronde redenen om aan te nemen dat de onzekerheden in werkelijkheid kleiner

²³ Deze betrouwbaarheidsbanden zijn in vorige WBI-edities ook afgeleid, maar daar is destijds verder niets mee gedaan.

zijn en dat is bevestigd middels een analyse van een synthetische reeks van 3500 jaar windsnelheden. De uitkomsten van die analyse zijn gebruikt om nieuwe, smallere, onzekerheidsbanden af te leiden.

- Meerpeilstatistiek: De onzekerheidsbanden rond de meerpeilstatistiek zijn gebaseerd op de statistische verdeling en zijn beperkt in omvang.
- Windstatistiek: De onzekerheidsbanden in de windstatistiek zijn smal.

4.5.2 Modelonzekerheid

Met de modelonzekerheid rond de hydraulische belastingen wordt de onzekerheid in de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingparameters bedoeld.

De modelonzekerheden zijn als extra stochasten in de probabilistische modellering opgenomen, zie [Diermanse, 2016a] en [van Balen, 2016b]. Enkele belangrijke kenmerken hierbij zijn:

Een belangrijke vereenvoudigende aanname is dat de modelonzekerheid onafhankelijk is van de terugkeertijd, dus van de waarden van de basisstochasten²⁴.

De modelonzekerheid is wel afhankelijk van de locatie. In de huidige praktijk is de modelonzekerheid overigens niet per afzonderlijke locatie gekwantificeerd, maar voor clusters van locaties: deelgebieden binnen elk watersysteem.

De modelonzekerheid in lokale waterstand is per watersysteem gekwantificeerd. Hierbij is rekening gehouden met de hydraulische eigenschappen van watersystemen. Modelonzekerheid in de lokale waterstand is uitgedrukt in een standaarddeviatie. Voor de gemaakte schattingen voor modelonzekerheid in de lokale waterstand wordt verwezen naar [Chbab, 2016a].

De modelonzekerheden in de golfcondities zijn in alle gebieden uitgedrukt in termen van relatieve bias en relatieve standaardafwijking. Voor de schattingen van deze onzekerheidsparameters voor de golfhoogte en de golfperiodematen wordt verwezen naar [Chbab, 2016a].

Voor een meer uitgebreide toelichting op de modelonzekerheden rond de hydraulische belastingen wordt verwezen naar [Chbab, 2016a], [Chbab en Groeneweg, 2017] en de daarin de genoemde referenties.

4.6 Hydraulische belasting parameters per toetsspoor en per toets

4.6.1 Overzichten

In het overzicht van Bijlage C wordt aangegeven op welke wijze in de verschillende toetsen wordt omgegaan met onzekerheden in de Hydraulische belastingen.

²⁴ Hierop is één uitzondering: de waarde van de modelonzekerheid kan nog wel afhangen van de waarde (toestand) van de basisstochast 'Stormvloedkering' (open danwel gesloten).

In Bijlage G wordt een overzicht gegeven van de Hydraulische belastingen voor de diverse toetssporen voor de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets per vak 'semi-probabilistisch'.

4.6.2 Rekenwaarden voor de parameters in eenvoudige toets en gedetailleerde toets per vak 'semi-probabilistisch'

Bij de kalibratie van de semi-probabilistische rekenmethode in de gedetailleerde toets per vak is gebleken dat voor bijna alle toetssporen een bevredigende kalibratie gevonden kon worden voor de rekenwaarden aan de sterkte-kant als de rekenwaarde voor de belastingen eenvoudigweg gekozen wordt als de waarde met een overschrijdingskans gelijk aan de trajectnorm. Hierop zijn twee uitzonderingen: Graserosie buitentalud (GEBU) en Duinafslag (DA). Daar bleek het noodzakelijk om bij de keuze van de rekenwaarde van de belasting rekening te houden met de faalkansbegroting voor het betreffende toetsspoor en met het lengte-effect.

4.6.3 Rekenwaarde voor de hydraulische belasting op dijkbekledingen op het buitentalud

Bij grenstoestandfuncties (toetssporen) waar meer dan één belastingparameter een rol speelt is het lastig om een rekenwaarde voor de belasting te vinden, omdat de combinatie van parameter-waarden een bepaalde overschrijdingskans moet hebben. Voor dergelijke gevallen verdient de keuze voor alleen een probabilistische aanpak de voorkeur. Dit is bijvoorbeeld van toepassing voor de toetssporen Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB) en Sterkte en stabiliteit puntconstructies (STkwp) van kunstwerken.

Voor diverse bekledingen-toetssporen zou dit ook gelden, maar daar wordt de rekenmethode nog niet voldoende geschikt geacht voor probabilistisch rekenen in de beoordeling. Daar is dus wel een rekenwaarde voor de belasting nodig in gedetailleerde toets per vak 'semi-probabilistisch'. Daar komt bij dat de maatgevende belastingen voor de bekledingen niet alleen bepaald worden door topwaarden van de waterstand, maar dat bovendien de belastingduur (dus het verloop van de belasting in de tijd binnen een belasting-event) een belangrijke rol speelt. Om de vereiste informatie te genereren zijn diverse pragmatische keuzes gemaakt, die samen een wat gekunstelde indruk maken. Deze methode wordt wel aangeduid als de 'Q-variant' en is nog steeds gebaseerd op een tijdelijke, regionale oplossing uit 1999. Een beschrijving van de methode is gegeven in [van Nieuwenhuijzen et al., 2010] en de wijze waarop de methode in WBI 2017 is geïmplementeerd is beschreven in [van Balen, 2016b].

4.7 Rol van de toetser

4.7.1 Koppeling van uitvoerlocatie aan keringvak

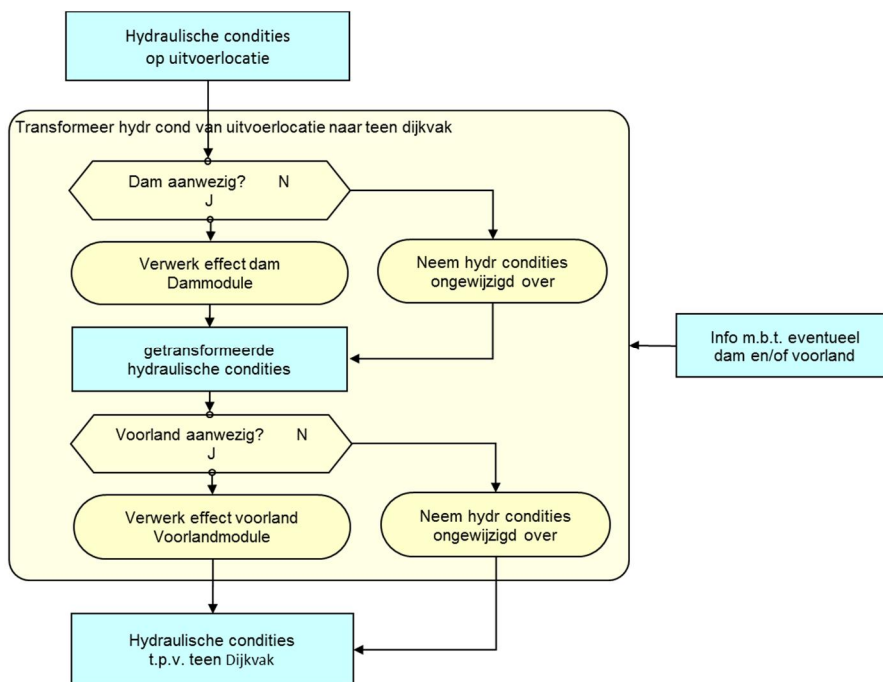
Per vak (dus ook per toetsspoor) kiest de toetser een uitvoerlocatie waarvan de hydraulische belasting informatie wordt gebruikt. Doorgaans is dit de uitvoerlocatie die het dichtst bij het beschouwde vak ligt. Zie ook de Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen, (MinlenM, 2016).

4.7.2 Hydraulische condities op uitvoerlocaties

De informatie over hydraulische belastingen op de uitvoerlocaties wordt vooraf bepaald en in de vorm van databases geleverd bij het WBI. De toetser heeft op deze informatie geen invloed in de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets per vak. Dit is een aanscherping ten opzichte van de voorgaande WBI edities, waar de toetser in sommige watersystemen de golfcondities op de uitvoerlocaties kon beïnvloeden door de striklengtes en bodemniveaus aan te passen die gebruikt werden in de golfgroei-kromme van Bretschneider²⁵.

4.7.3 Transformatie van uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering

Bij de vertaling van de hydraulische belastingen van de uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering kunnen de golfcondities (m.n. de hoogte en richting) veranderingen ondergaan onder invloed van lokale omstandigheden, bestaande uit een dam en/of een ondiep voorland. De toetser kan dergelijke informatie invoeren in de schematisatie van het profiel van de waterkering (dijk of kunstwerk)²⁶ en daarmee de hydraulische condities bij de teen beïnvloeden. Als de toetser niets invult, dan worden de hydraulische condities van de uitvoerlocatie ongewijzigd toegepast bij de teen. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 4.1. In Bijlage II Hydraulische belastingen wordt voorgeschreven om dit toe te passen.



Figuur 4.1 Stroomschema voor de transformatie van de hydraulische condities bij de uitvoerlocatie naar de dijkteen.

Er is nog geen formele rekenmethode beschikbaar om de invloed van vegetatie tussen de uitvoerlocatie en de teen van de waterkering te verdisconteren. Nieuwe onderzoeksresultaten kunnen in de toets op maat gebruikt worden.

²⁵ Uitsluitend voor gebruik in de Toets op Maat is deze optie tot beïnvloeding alsnog beschikbaar in Hydra-NL.

²⁶ Bij duinen hoort een dergelijke transformatie in de toets op maat.. Voor de Waddenzee is dit in WT12011 uitgewerkt.

4.7.4 Mogelijkheden in toets op maat

In sommige gevallen kan de toetser besluiten de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen opnieuw te (laten) berekenen met meer geavanceerde modellen en/of meer gedetailleerde gebiedsinformatie dan gebruikt voor het genereren van de WBI 2017 data. Deze werkwijze valt dan onder de toets op maat. Het verdient aanbeveling hierbij specialisten in te schakelen.

Deze werkwijze is bijvoorbeeld nodig voor waterkeringen die langs een havenbekken liggen. Bij de meeste havens is namelijk de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen alleen bepaald voor een locatie net buiten de havenmond. Voor de vertaling van deze relatie naar locaties nabij de teen van de waterkering binnen het havenbekken zijn aanvullende berekeningen nodig, resulterend in aanvullende data. Voor dit type berekeningen is overigens een generieke rekenmethode - deels ondersteund met software - in uitwerking.

Ook als in een deelgebied sprake is van hooggelegen gebieden die niet (of slechts beperkt) zijn meegenomen bij bepaling van de WBI 2017 data, kan besloten worden de golfcondities opnieuw te (laten) berekenen, als onderdeel van de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen. Ook dit is dan onderdeel van de toets op maat.

4.8 Historisch perspectief en toekomstperspectief

4.8.1 Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities

De belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities zijn:

- Specificatie stochasten met betrekking tot kennisonzekerheid (statistische onzekerheid en modelonzekerheid)
- Nieuwe/update fysica berekeningen voor de rivieren, zie 'update database fysica' in Bijlage E.
- De update van de statistiek van de basisstochasten, met ondermeer het gebruik van GRADE voor de afvoerstatistiek van Rijn en Maas.
- De toetser heeft in de eenvoudige en gedetailleerde toets geen invloed meer op de golfcondities op de uitvoerlocaties.

4.8.2 Ambities voor de toekomst

Voor de langere termijn bestaat de ambitie om beter rekening te houden met het verloop van de belasting in de tijd binnen belasting-events. Dit is ondermeer van belang bij de beschrijving van de hydraulische belasting op dijkbekledingen, zie ook Hoofdstuk 9.

Rijkswaterstaat wil een GRADE studie doen voor de Vecht inclusief het effect van overstromingen in Duitsland.

Voor de bepaling van de statistiek van de lokale waterstand in watersystemen van het type Zee wordt gestreefd naar een overstap van de triangulaire interpolatie van statistiek op drie referentielocaties naar een fysische relatie tussen basisstochasten en lokale hydraulische waterstand, zoals in de andere watersystemen gebruikelijk is.

De ambitie bestaat om lengte-effect in belastingen in de voorgeschreven probabilistische modellen expliciet te berekenen (in plaats van op te leggen). Hierbij dient overigens ook aandacht besteed te worden aan consistentie in terminologie, want in de begrippenlijst in Bijlage I Procedure wordt lengte-effect uitsluitend gerelateerd aan sterktekenmerken.

4.9 Overzicht belangrijke keuzes

De lokale hydraulische belasting parameters zijn de lokale waterstand, golfhoogte, golfperiode en golfrichting. Daarnaast is een locatie-afhankelijk representatief waterstandsverloop in de tijd (binnen een belasting-event) beschikbaar.

De behandeling van de inherente onzekerheden in de lokale hydraulische belastingen sluit in grote lijnen aan bij de behandeling in voorgaande WBI edities:

De statistiek van de lokale hydraulische belastingen wordt afgeleid uit:

- de *statistiek* van de belangrijkste *bronnen* voor hoge lokale hydraulische belastingen (de basisstochasten)
- de *fysische relatie* tussen die bronnen en de lokale hydraulische belastingen.

De fysische relatie tussen stochasten en lokale hydraulische parameters wordt niet binnen de probabilistische modellering berekend, maar wordt eenmalig vooraf bepaald in een proces dat vaak wordt aangeduid met 'productieberekeningen (fysica)'. De resultaten hiervan worden in 'tabelvorm' (database) aangeboden aan het probabilistisch model, zie Bijlage D.

Herberekening van de fysische relatie tussen de basisstochasten en de lokale hydraulische belastingen heeft alleen plaatsgevonden voor de rivieren, zie 'update database fysica' in Bijlage E.

De statistiek van de basisstochasten is geüpdatet.

Overzichten met betrekking tot de hydraulische belastingen in relatie tot watersystemen, toetssporen en toetsen zijn gegeven in Bijlagen C, E en G.

5 Mechanismen en toetssporen

5.1 Inleiding

5.1.1 Grenstoestandfunctie en faaldefinitie

In Hoofdstuk 3 is aangegeven dat de grenstoestandfunctie een centrale rol speelt in de faalkansberekening en daarmee de overstromingskansberekening. De grenstoestandfunctie hoort bij een mechanismemodel en elk mechanismemodel hoort bij een faaldefinitie. Per mechanisme is een definitie voor falen gekozen.

5.1.2 Afbakening sterkte-aspecten

Algemene afbakening

Voor aan algemene afbakening van de beschouwde sterkte aspecten wordt verwezen naar par 2.3.2.

Herverdeling toetssporen over beoordeling en zorgplicht

De nieuwe inrichting van de manier waarop de waterveiligheid is geborgd (gericht op continu inzicht in de veiligheid) samen met de overgang naar de overstromingskans, vraagt dat kritisch naar het WTI 2011 is gekeken of alle toetssporen die daarin zijn opgenomen ook daadwerkelijk onderdeel moeten zijn van de beoordeling of thuishoren in de 'beheer en onderhoud cyclus' (de eerste cyclus van de borging van waterveiligheid). Elementen die met het WTI 2011 worden beoordeeld en niet terugkomen in het WBI 2017 worden in principe beoordeeld in de zorgplicht.

In het BOA project 'beoordelingsproces' is nagegaan welke onderdelen van de beoordeling op veiligheid gezien hun aard onderdeel uit zouden moeten maken van de schouw, inspectie en monitoring. De toetssporen ZOI (overgangsconstructies, invloed op toplaaginstabiliteit), ZOB (stabiliteit steenbekleding overgangsconstructie), AMT (materiaal transport door asfaltbekleding bij aanwezigheid scheuren), AOC (stabiliteit bekleding asfalt kwaliteit overgangsconstructies en AES (asfaltbekledingen ernstige schade) maken in het WBI 2017 geen onderdeel meer uit van Bijlage III Sterkte en veiligheid. De beoordeling van deze mechanismen vereist een meer frequente controle dan eenmaal per 12 jaar. Deze beoordelingen vinden plaats op basis van (visuele) inspectie of monitoring. Het resultaat van deze beoordeling kan wel invloed hebben op de schematisatie van de waterkering.

Vervallen toetssporen

Het toetsspoor Winderosie bij Duinen is als zelfstandig toetsspoor komen te vervallen, er was geen adequate mechanismebesrijving. De toetssporen Hoge gronden en Behoud toestand 1996 hebben geen waarde meer en vervallen. Ook de overgangen naar hoge gronden vallen buiten de beoordeling.

Nieuwe toetssporen

In het WBI 2017 is een nieuw toetsspoor sterkte en stabiliteit langsconstructies (STKWI) opgenomen. Dit zijn damwanden in dijken; het betreft geen langsconstructies in rivierbed. Daarnaast is een nieuw toetsspoor Technische innovaties geïmplementeerd.

5.1.3 Hiërarchie in keringeigenschappen tijdens beoordelingsproces

De beoordeling vindt plaats per dijktraject. Vervolgens geldt:

- Een dijktraject kent een of meer keringtypes: (dijken, duinen, kunstwerken of hybride keringen)
- Elk keringtype kent een of meer toetssporen.
- Per toetsspoor wordt een traject onderverdeeld in verschillende vakken: vak per toetsspoor.
- Per vak per toetsspoor moeten een of meer toetsen worden uitgevoerd.

De eerste twee bullets worden niet geïmplementeerd in de methode: de toetsers werkt systematisch alle toetssporen af en deelt voor elk toetsspoor het dijktraject in vakken in. Voor sommige vakken is een toetsspoor niet van belang; dat leidt dan in de eenvoudige toets tot een oordeel 'voldoet'.

5.2 Uitgangspunten rekenmodellen uitwerking toetssporen (sterkte) - generiek

Kern van de beoordeling in het WBI is een bepaling van de kans op falen met gedragsmodellen. Het fysisch gedragsmodel is een beschrijving van een grenstoestandfunctie die aangeeft wanneer sprake is van falen. Van deze beschrijvingen is bekend welke onderdelen berusten op fysisch inzicht van het proces en welke op empirie. Indien het mechanisme in het toetsspoor tijdsafhankelijk is, wordt de minimale sterkte tijdens een 'event' gegeven.

De fysische modellen zijn zuiver ('unbiased'). Dat wil zeggen dat er geen, al dan niet verborgen, veiligheden in het model aanwezig zijn. Vooral bij empirische modellen, die oorspronkelijk zijn opgezet als ontwerpregels, zijn doorgaans wel impliciete veiligheidsmarges aanwezig. Voor toepassing binnen WBI is dan een schatting gemaakt van de grootte van deze marges, in termen van stochastische modelonzekerheidsfactoren.

De fysische modellen hebben een begrensd toepassingsgebied. Buiten dit toepassingsgebied dient de beoordeling in het WBI met andere modellen plaats te vinden of moeten de modellen op een afwijkende wijze worden toegepast.

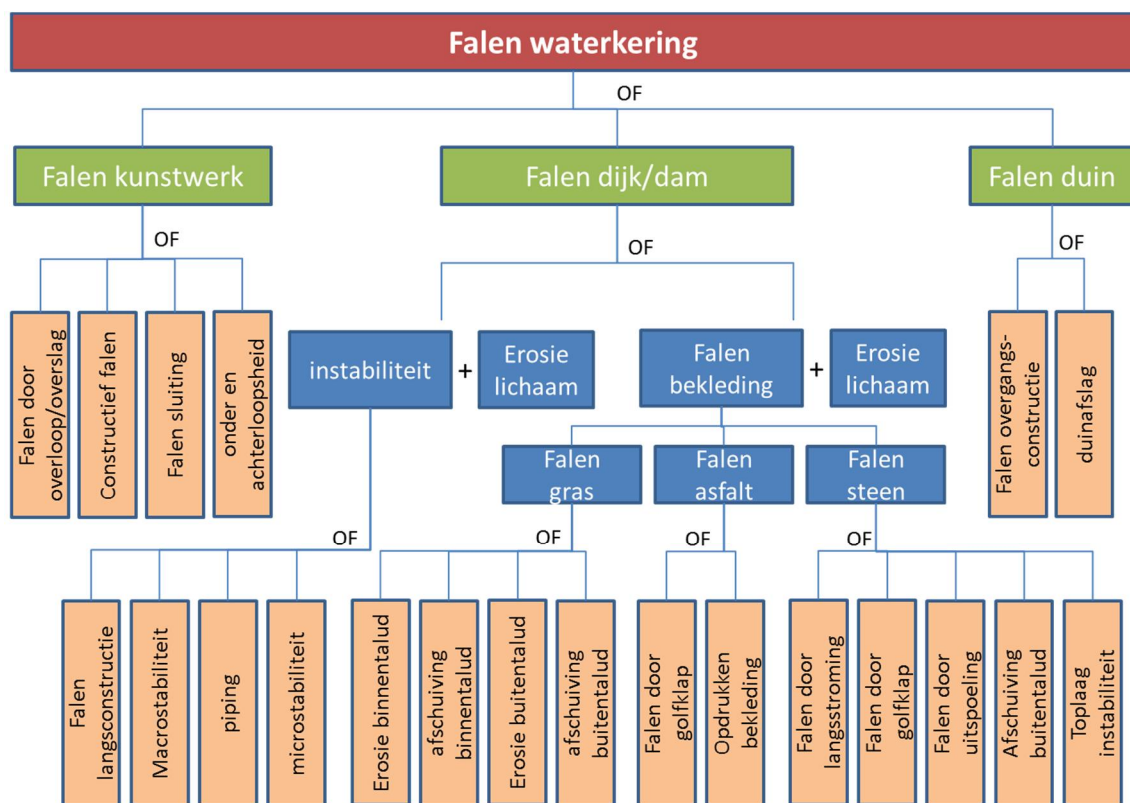
De geaccepteerde beschrijvingen worden - indien opportuun - geïmplementeerd in software, die vervolgens wordt opgenomen in de mechanismenbibliotheek van het software instrumentarium. Van het rekenmodel is bekend wat de gevalideerde geldigheidsgebieden zijn; daarbuiten wordt een waarschuwing gegeven. Bij de inbedding in de probabilistische modellering wordt er voor gezorgd dat in het totale rekendomein van het probabilistisch model een eenduidig en enkelvoudig resultaat wordt verkregen.

Experimentele of empirische (en soms ook wel theoretische) rekenmodellen kunnen in de formulering discontinuïteiten bevatten. Die kunnen om praktische redenen zijn ontstaan, bijvoorbeeld als gevolg van verschillend gekozen analytische formuleringen binnen verschillende delen van het geldigheidsgebied van (onderdelen van) het rekenmodel. Maar ook is denkbaar dat hieraan fysische discontinuïteiten ten grondslag liggen. In het eerste geval zal men voor toepassing in probabilistische analyses de voorkeur geven aan het continu maken of zelfs 'glad strijken' van het rekenmodel. Dit kan doorgaans wel zonder de representatie van de fysische werkelijkheid geweld aan te doen, althans niet meer dan het rekenmodel zelf ook al doet. In het laatste geval zou door het continu maken of 'glad strijken'

de representatie van de fysische werkelijkheid verstoord (kunnen) worden. Voor de probabilistische analyses houdt dit beperkingen in ten aanzien van bruikbaarheid van rekenmethoden en/of de statistische modelleringen.

5.3 Mechanismenlijst

Een overzicht van de mechanismen die kunnen leiden tot falen van een waterkering en hun belangrijkste kenmerken is gegeven in Bijlage F. In onderstaande figuur zijn de mechanismen schematisch weergegeven.



Figuur 5.1 Schematisch overzicht mechanismen.

5.4 Historisch perspectief en toekomstperspectief

5.4.1 Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities

Veranderingen die op meer dan één mechanisme betrekking hebben

- Het voormalige VTV is gesplitst in een proces deel (Bijlage I Procedure) en een technisch deel (Bijlage III Sterkte en veiligheid).
- Onzekerheden zijn expliciet gemaakt. Lengte-effecten worden in rekening gebracht. (Ze worden opgelegd).
- (Her)kalibratie van veiligheidsfactoren heeft plaatsgevonden in het licht van nieuwe normen, voor macrostabiliteit, piping, steenzetting, grasbekleding, asfaltbekleding en duinen. Hierbij is zo veel mogelijk aangesloten bij het veiligheidsformat uit 2006.

- Stochastisch ondergrond schematisatie wordt gefaciliteerd voor beoordeling piping, macrostabiliteit en zettingsvloeiing. Schematisatiefactor wordt niet geïmplementeerd.
- Een nieuw materiaalmodel (ongedraineerd rekenen) is geïmplementeerd bij de toetssporen macrostabiliteit binnenwaarts, afschuiving voorland en macrostabiliteit buitenwaarts.
- In het WBI 2017 wordt onderscheid gemaakt in directe mechanismen en indirecte mechanismen. Een 'direct mechanisme' leidt direct tot een verminderde sterkte van een waterkering. Een 'indirect mechanisme' vergroot de kans dat een direct mechanisme optreedt. Immers, als een stuk voorland of waterkering verdwijnt, is de breedte en/of hoogte van het dijklichaam kleiner. Dit heeft meestal nadelige invloed op de veiligheid van de waterkering. De gereduceerde waterkering kan via de toetsregels voor de 'directe mechanismen' worden beoordeeld.

Veranderingen met betrekking tot het mechanisme piping

- Een aangepast rekenmodel is toegepast voor terugschrijdende erosie (Sellmeijer). De regel van Bligh voor dijken is komen te vervallen. Een eenvoudig filter voor tijdsafhankelijkheid is geïmplementeerd.

Veranderingen met betrekking tot het mechanisme macrostabiliteit

- Verkeersbelasting vervalt, voor macrostabiliteit binnenwaarts.

Veranderingen met betrekking tot het mechanisme voor steenbekledingen

- Een reststerktefactor is geïmplementeerd in de gedetailleerde toets.

Veranderingen met betrekking tot de mechanismen voor grasbekledingen

- Een nieuw erosiemodel is toegepast voor de beoordeling van erosie buitentalud en erosie kruin en binnentalud. De aanpassing heeft geleid tot andere waarden voor het kritiek overslagdebiet.

Veranderingen met betrekking tot de mechanismen voor kunstwerken

- De probabilistische beoordelingsmethode van VNK2 is overgenomen als toetsmethode bij beoordeling falen door overloop/overslag, constructief falen en falen sluiting. Er is geen semi-probabilistische rekenmethode.

Veranderingen met betrekking tot het indirecte mechanisme zettingsvloeiing

- Er is een nieuw rekenmodel geïmplementeerd voor de gedetailleerde toets.

Verschilanalyses

Voor de belangrijkste wijzigingen zijn de verschillen uitgewerkt in verschilanalyses. Het betreft:

- Verschilanalyse impact aanpassing faalruimtefactor en kritiek overslagdebiet op dijkhoogte
- Verschilanalyse piping
- Verschilanalyse macrostabiliteit

Voor meer informatie over deze verschilanalyses wordt verwezen naar Hoofdstuk 8.

5.4.2 Ambities voor de toekomst

Voor de periode tot 2019 zijn er geen plannen voor implementatie van nieuwe kennis in WBI. Wel wordt de toets op trajectniveau verder ontsloten en wordt ook in bredere zin gewerkt aan gebruiksvriendelijkheid. Ervaringen worden verzameld in een voorbeeldenboek.

Meer in het algemeen is de ambitie te werken aan kennisontwikkeling ten behoeve van de reductie van de onzekerheden en de uitbreiding van het toepassingsgebied van de mechanismemodellen. Vernieuwde rekenmethodes zullen wellicht tussentijds beschikbaar komen voor toepassing in de toets op maat.

Een aantal toetssporen, niet aangepast in 2017, valt onder de 30% reservering van de faalkansruimte. Van deze toetssporen zullen enkele nader uitgewerkt moeten worden.

5.5 Overzicht belangrijke keuzes

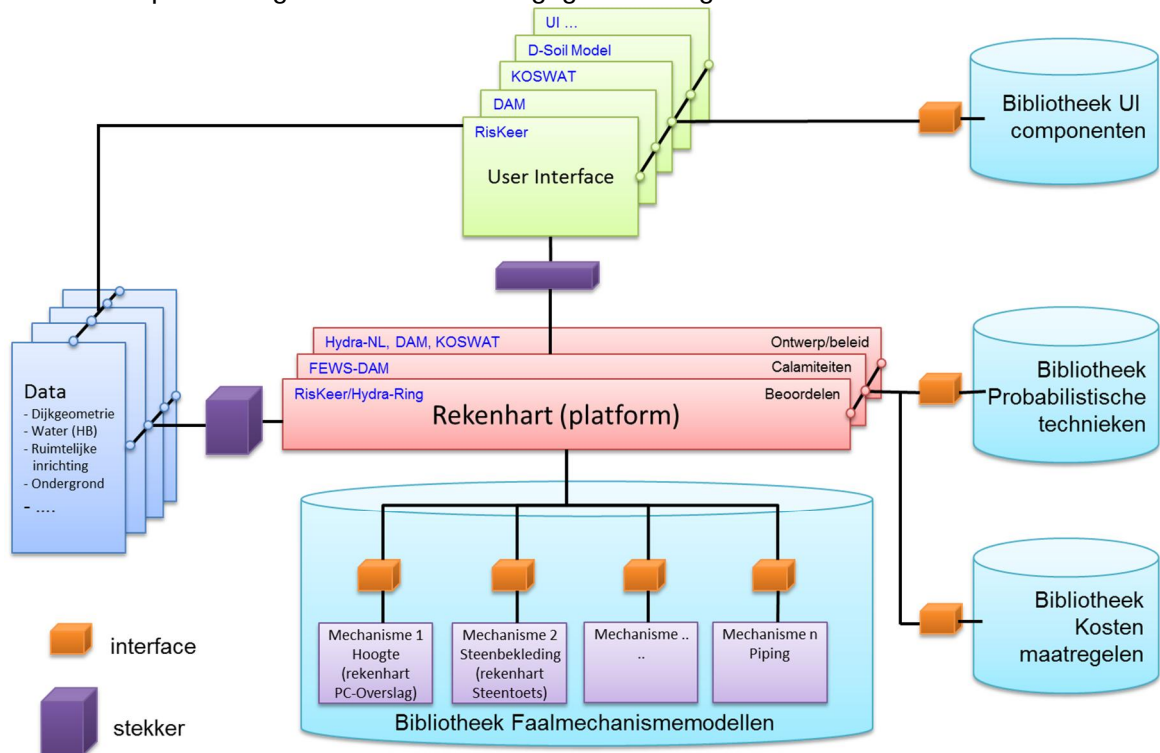
- De faaldefinities zijn vastgesteld;
- De mechanismebescriptions zijn geüpdatet;
- Onzekerheden zijn expliciet gemaakt;
- De kalibratie is uitgevoerd (niet voor alle toetssporen), in sommige gevallen met een probabilistisch prototype, in andere gevallen op basis van expert kennis;
- De verschillende type toetsen zijn ingevuld.
- Schematiseringshandleidingen zijn opgesteld;

6 Implementatie in software en data

6.1 Software

6.1.1 Modulaire opbouw waterveiligheid software

Voor het software instrumentarium voor de borging van de waterveiligheid wordt een modulaire opbouw nagestreefd zoals weergegeven in Figuur 6.1.



Figuur 6.1 Modulaire opbouw software instrumentarium voor de borging van de waterveiligheid.

Er wordt gestreefd naar een consistente verschijningsvorm (look and feel) voor de waterveiligheid software voor verschillende toepassingen (beoordeling, real-time voorspelling, ontwerp, beleidsstudie of leggerproductie) en ook voor zowel primaire als regionale keringen. Dit verlaagt de drempel voor gebruik. Hiertoe wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van een bibliotheek met gedeelde UI componenten. Deze praktijk reduceert bovendien de onderhoudsinspanning en zorgt er voor dat verbeteringen aan de UI voor alle applicaties ter beschikking komen.

Bij het ontwerp voor de WBI software is aangesloten op deze beoogde modulaire opbouw van de waterveiligheid software. Daarbij is aanvankelijk gekozen voor Delta Shell Light (DSL) als gemeenschappelijke basis. Gaandeweg bleek echter de beperkte schaalbaarheid van DSL een probleem te gaan vormen voor (het omvangrijke) Riskeer. Daarom is voor Riskeer inmiddels overgestapt op een nieuwe basis, een Riskeer-eigen doorontwikkeling van elementen uit Delta Shell. Het is de intentie om deze nieuwe basis om te zetten tot de gemeenschappelijke basis voor alle WBI software; het huidige gebruik van DSL in de overige WBI software zal worden uitgefaseerd.

6.1.2 Software bouwplaat

In Figuur 6.2 staan de verschillende software componenten van het WBI. In de figuur is ook de relatie tussen deze componenten aangegeven. De gebruiker zal niet alle onderdelen zoals in deze figuur geschetst als afzonderlijke entiteiten kunnen benaderen. Hieronder wordt nader ingegaan op de software onderdelen in Figuur 6.2.

Berekeningen

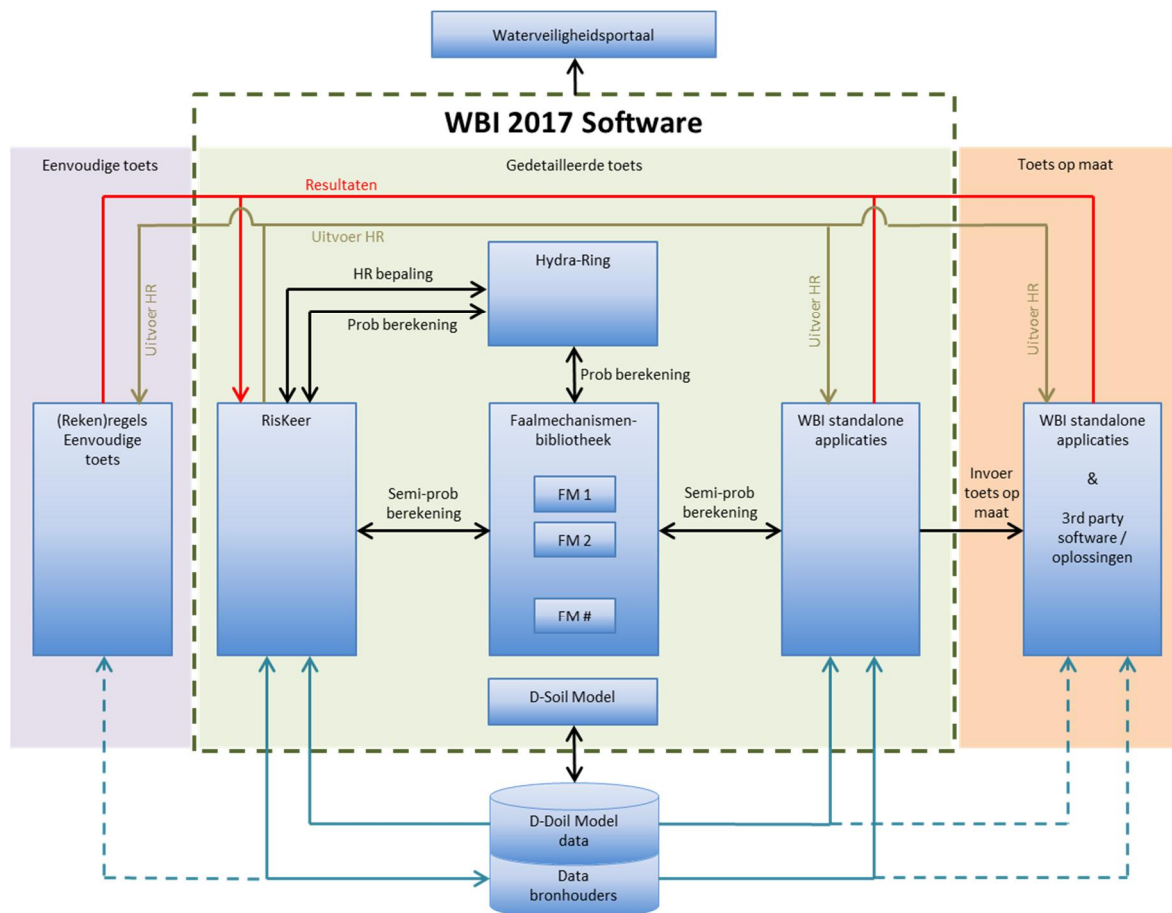
- *Faalmechanismenbibliotheek*. Centraal staat de faalmechanismenbibliotheek. Deze bibliotheek bevat modules waarin de technische berekeningen voor de verschillende mechanismen zijn geïmplementeerd. Ze kunnen zonder hulp niet door de eindgebruiker worden benaderd, maar worden aangesproken door standalone applicaties, Hydra-Ring en Riskeer.
- *Hydra-Ring*. Hydra-Ring is de rekenkernel waarin het doen van probabilistische berekeningen wordt gefaciliteerd²⁷. Daarnaast is hieraan ook een database gekoppeld met statistische gegevens over de belastingen voor verschillende gebieden. Deze database kan worden gebruikt voor het bepalen van hydraulische randvoorwaarden (zowel tijdens een probabilistische berekening als voor het afleiden van HB in een semi-probabilistische omgeving). Ook Hydra-Ring is voor de eindgebruiker niet zonder hulp te benaderen, maar zal worden ontsloten door de gebruikersinterface Riskeer.
- *Standalone applicaties*. Standalone applicaties zijn eenvoudige gebruikersschillen om de verschillende berekeningen in de faalmechanismenbibliotheek. Hiervan is de bedoeling dat de gebruiker eenvoudige berekeningen (van bijvoorbeeld één doorsnede) kan uitvoeren. Invoer voor deze berekeningen (als het gaat om HB) wordt geëxporteerd uit Riskeer. De uitvoer kan worden overgenomen in Riskeer om mee te nemen in het oordeel van een dijktraject. Een deel van de functionaliteit van deze standalone applicaties zal geleidelijk ondergebracht worden in Riskeer. In een latere fase moeten de standalone tools ook kunnen worden gebruikt voor het uitvoeren van berekeningen ter ondersteuning van een toets op maat.
- *Riskeer*. Riskeer is de gebruikersschil die door de eindgebruiker kan worden benaderd en gebruikt voor het uitvoeren van berekeningen ter ondersteuning van het toetsoordeel in de gedetailleerde toets per vak. Binnen Riskeer is een aansluiting gemaakt met rekenkernen voor de mechanismen piping, grasbekleding erosie kruin en binnentalud, kunstwerken (hoogte, constructief falen en betrouwbaarheid sluiten) en macrostabiliteit. Rekenresultaten voor andere toetssporen kunnen verkregen via de standalone tools en geïmporteerd worden in Riskeer. Hiermee kan in Riskeer voor alle toetssporen per vak²⁸ een oordeel geformuleerd worden. Vervolgens kunnen in Riskeer deze oordelen worden geassembleerd tot een oordeel per traject.

Schematisering

- *D-Soil Model*. In tegenstelling tot de andere software componenten in het schema ondersteunt D-Soil Model niet direct de berekeningen, maar het schematiseren van de ondergrond. Voor piping wordt een 1D ondergrondschematisatie ondersteund en voor macrostabiliteit wordt een 2D ondergrondschematisatie ondersteund.
- Voor bekledingenmodulen wordt samen met de beheerders nieuwe software ontwikkeld om het schematiseringsproces te ondersteunen.

²⁷ Hydra-Ring maakt hiervoor overigens gebruik van een probabilistische bibliotheek. Deze bibliotheek kan ook door andere kernels en applicaties worden gebruikt, maar is niet afzonderlijk in Figuur 6.2 genoemd.

²⁸ De indeling in vakken kan per toetsspoor verschillen.



Figuur 6.2 Samenhang en relatie tussen de verschillende software componenten van het WBI project

De volgende mechanisme kernels zijn opgenomen in de Faalmechanismebibliotheek:

- Overslag (toetsspoor Grasbekleding erosie kruin en binnentalud)
- Piping
- Macrostabieliteit binnenwaartsGrasbekleding erosie buitentalud - golfklap
- Grasbekleding erosie buitentalud - oploop
- Steenzetting
- Golfklappen op asfaltbekleding
- Kunstwerken golfoverslag
- Kunstwerken betrouwbaarheid sluiten
- Kunstwerken constructief falen
- Duinafslag (Duros+, D++)

De standalone tools hebben betrekking op:

- Golfoverslag bij dijken (beoogd)
- Piping (beoogd)
- Macrostabieliteit binnenwaarts
- Graserosie buitentalud
- Golfklap op asfalt
- Steenbekleding
- Duinafslag (MorphAn)
- Zettingsvloeiing (D-Flow Slide), voor de toets op maat.

De 'data bij de bronhouders' omvat alle kering-informatie, dus bij dijken ook informatie over bijvoorbeeld bekledingen, en naast informatie over dijken ook informatie over kunstwerken en duinen.

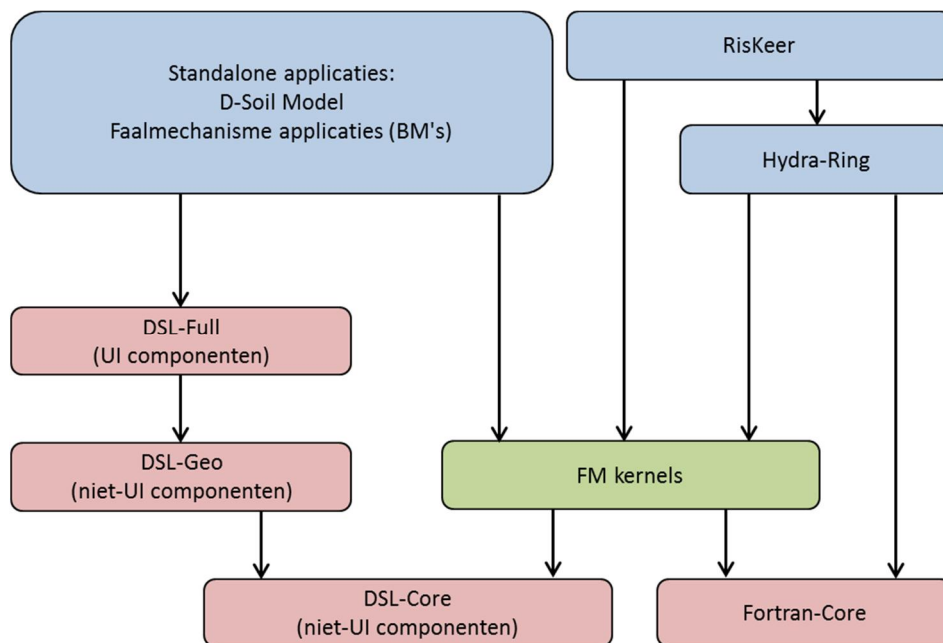
In het plaatje geven de pijltjes de datastromen aan. Vanuit Riskeer wordt in de tekening alleen expliciet de HB uitvoer naar de standalone tools getoond. Andere data (zoals de keringeigenschappen) zullen in een later stadium ook uitgevoerd kunnen worden. De gestippelde lijnen geven aan dat niet een expliciete koppeling voorzien is, maar dat de data wel toepasbaar zou kunnen zijn.

6.1.3 Hiërarchische afhankelijkheid

Vanuit software technisch perspectief is het belangrijk om te kijken naar de afhankelijkheid naar elkaar toe van de verschillende componenten en de gebruikte software bibliotheken.

Er zijn 3 lagen te onderscheiden.

- 1 Applicaties met een user interface. Dit is wat de gebruiker direct gebruikt. Hieronder vallen
 - Riskeer
 - D-Soil Model
 - Standalone tools voor mechanismen: de Basis Modules (BM)
- 2 Rekenkernels. Deze worden aangeroepen vanuit eenvoudige toets en gedetailleerde toetsen .
 - Hydra-Ring
 - Mechanismen
- 3 Software bibliotheken. Deze worden aangeroepen vanuit eenvoudige toets en gedetailleerde toets per vak voor de rekenkernels, alsmede vanuit de UI applicaties.
 - Fortran-Core
 - DSL-Core
 - DSL-Geo
 - DSL-Full (UI)



Figuur 6.3 Afhankelijkheden tussen software onderdelen.

De componenten hebben drie verschillende kleuren gekregen. Die geven een onderscheid aan wat betreft de breedte van het toepassingsgebied en daarmee het verschil in kader waarin de software wordt ontwikkeld, beheerd en onderhouden:

1. Blauw: software (vooralnog) specifiek voor WBI
2. Groen: componenten, generiek voor RWS software m.b.t. waterveiligheid (dus ook buiten WBI, denk bijvoorbeeld aan DAM en Koswat)
3. Rood: generieke componenten

6.1.4 Eisen aan gedeelde componenten

Het opzetten en gebruiken van software bibliotheken reduceert de onderhoudsinspanning voor elk van de applicaties. Bovendien komen verbeteringen in de bibliotheken voor alle applicaties ter beschikking. Aan de verschillende applicaties, bibliotheken en componenten worden wel de volgende eisen en randvoorwaarden gesteld.

De WBI applicaties worden standaard alleen uitgeleverd met een Nederlandstalige UI en met Nederlandstalige meldingen en rapportages. De UI en onderliggende bibliotheken en functies zijn voorbereid op later configureerbare meertaligheid, door middel van bestanden. Dit geldt ook voor de feedback functies.

Zodra een software component in een van de afzonderlijke lagen wordt gedeeld tussen twee of meer applicaties moet deze component in een bibliotheek worden ondergebracht. De componenten in bibliotheken mogen componenten uit andere bibliotheken aanroepen, zolang dit in een hiërarchische aanroepstructuur gebeurt.

Alle componenten binnen een bibliotheek retourneren foutcodes of gebruiken excepties om fouten door te geven. Om de bibliotheken te kunnen testen levert elke bibliotheek testsoftware mee in de vorm van unit tests.

De componenten in de schil, de UI laag, de IO laag en de onderliggende bibliotheken zijn uitsluitend gebaseerd op C#. De ondersteuning voor deze breed toegepaste taal is optimaal voor MS-Windows systemen, met de *mogelijkheid* om (via de mono compiler) ook naar Linux te poorten.

De rekenbibliotheken hebben hun entry point in C#, maar zijn mogelijk in Fortran geïmplementeerd. De rekenroutines zijn daardoor eenvoudig vanuit C# aan te roepen. Vanuit Fortran zal dit gebeuren met een C++-tussenlaag.

De interface van het rekenhart geeft toegang tot een aantal vaste functies:

- Informatie over de versie.
- Extern te definiëren feed back functies.
- Lezen en valideren van (delen van) de invoer, afhankelijk van de uit te voeren taak/taken. Het rekenhart doet zowel een “on-the-fly” validatie van invoerdata als een uiteindelijke check op consistentie en volledigheid, voorafgaand aan de berekening.
- Uitvoeren van geselecteerde taken en leveren van de uitvoer en voortgangs-meldingen).

De mechanismebibliotheek kan per mechanisme meerdere alternatieve modellen ondersteunen. Elk mechanismemodel is zo ontworpen dat thread-safety wordt verwacht, maar dit is niet met tests geverifieerd vanwege de daarvoor benodigde onevenredige testinspanning. De interface van de faalmechanismebibliotheek geeft per faalmechanismemodel toegang tot een aantal vaste functies:

- Informatie geven over de versie.
- Doorgeven van initiële invoerdata of van (deels) aangepaste invoerdata.
- Validatie van invoer data op volledigheid, begrenzingen en onderlinge verbanden.
- Uitvoeren van de berekening en genereren van resultaten. De resultaten worden in memory doorgegeven.

6.2 Data

6.2.1 Basisdata

Met WBI aan te leveren data aan toetser zijn:

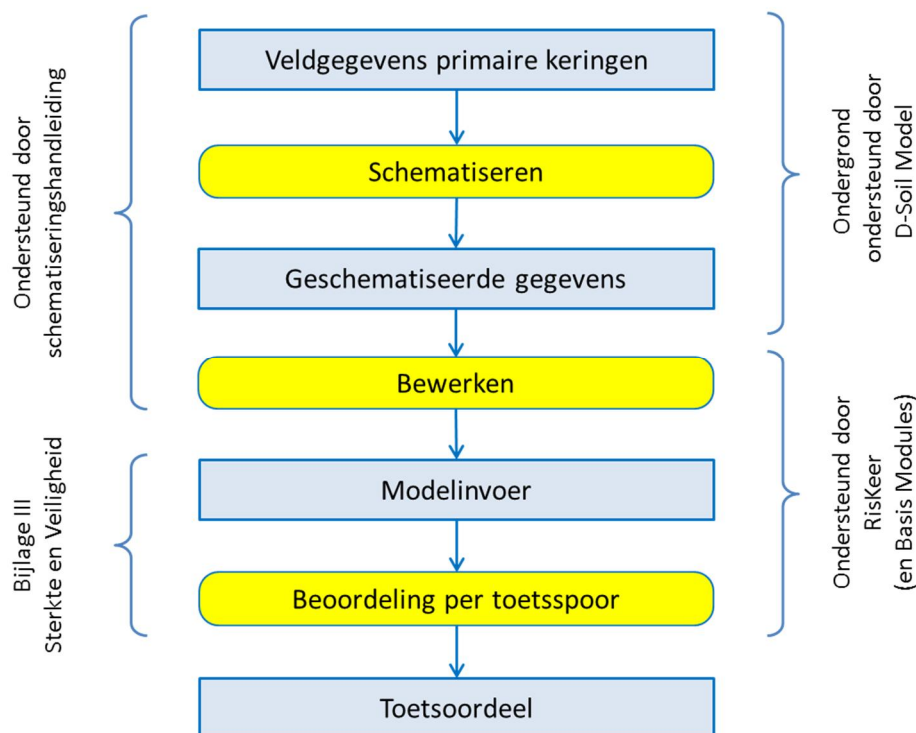
- Lijn die de ligging van de primaire waterkering aangeeft (de dijkkringlijn) trajecten coördinaten, normen
- Hydraulische belastingen data
 - fysische relatie tussen stochasten en hydraulische condities op uitvoerlocaties nabij de waterkering,
 - statistiek van belastingstochasten (basisstochasten en kennisonzekerheden).
 - voorberekende Hydraulische Belastingen op de uitvoerlocaties
- D-Soil Model data (Globaal SOS)
- Rekeninstellingen door experts vastgezet t.b.v. uniforme beoordeling

Net zoals dat voor de software gebeurt, geldt ook voor deze basisdata dat in de loop der tijd aangepaste versies kunnen worden uitgebracht waarin correcties of aanvullingen zijn opgenomen.

6.2.2 Gebruikersdata

Voor de beoordeling van mechanismen in de eenvoudige toets, de gedetailleerde toets per vak, en de gedetailleerde toets per traject, moeten gegevens worden verzameld, geschematiseerd en bewerkt. Het detailniveau neemt daarbij in de verschillende toetsen toe. Voor het schematiseren van de waterkering wordt in de WBI 2017 software meer dan in voorgaande WBI edities uitgegaan van op GIS gebaseerde gegevens.

Schematiseringshandleidingen ondersteunen het schematiseren van veldgegevens tot schematisaties en het bewerken van schematisaties tot modelinvoer. Riskeer leest schematisaties in en ondersteunt het bewerken van schematisaties tot modelinvoer en het uitvoeren van de beoordeling. D-Soil Model ondersteunt de schematisatie van de ondergrond (bodemopbouw en grondeigenschappen). Dit is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 6.4 Data verwerkingsstappen en ondersteuning daarbij.

Veldgegevens zijn de ruwe data van waterkeringen die nodig zijn om een beoordeling te kunnen uitvoeren. Deze gegevens worden beheerd door de waterkeringbeheerder. Onderscheid wordt gemaakt tussen:

- Geometrie;
- Bekledingseigenschappen;
- Ondergrond;
- Overige eigenschappen, waaronder Niet Waterkerende Objecten (NWO) en Bijzondere Constructies (BC);
- Kunstwerken.

De veldgegevens van de gebruiker worden vertaald naar schematisaties die in Riskeer kunnen worden ingelezen. Binnen Riskeer vindt een bewerking tot modelinvoer plaats. In het WBI 2017 programma wordt de databehoeftte op alle drie de niveaus (veldgegevens, schematisaties en modelinvoer) beschreven.

Schematiseren betreft het bewerken van veldgegevens voor gebruik in de beoordeling. Deze bewerking bevat tevens een analyse van indirecte mechanismen (NWO, voorland, macrostabiliteit binnenwaarts en havendammen). Indirecte mechanismen leiden tot een verandering van geometrie en / of belasting. Uit deze analyse volgen scenario's die moeten worden beoordeeld. Aan de scenario's wordt een kans toegekend.

Voor het lokaal schematiseren (door de toetser) van de ondergrond voor de gedetailleerde toets van macrostabiliteit en piping wordt (door het WBI 2017 programma) een globale ondergrondschematisatie ter beschikking gesteld.

Voor het uitvoeren van een probabilistische analyse is statistische informatie nodig van veldgegevens en schematisaties. Deze informatie is ook nodig voor het afleiden van representatieve parameters voor een semi probabilistische gedetailleerde toets per vak. Het gebruik van schematisaties uit VNK 2 wordt ondersteund, voor zover dat nuttig is voor de toepassing van het WBI 2017 instrument.

6.3 Standaard data-aansluitingen

De verschillende dijksterktesoftware (voor beoordeling, real-time voorspelling, ontwerp, beleidsstudie of leggerproductie) moet gebruik gaan maken van standaard data-aansluitingen. Daarmee wordt het voor de waterkeringbeheerder mogelijk om de gegevens met betrekking tot dijksterkte voor verschillende applicaties te gebruiken. Dit vergroot de efficiëntie en vermindert de kans op fouten. En het wordt mogelijk om de data op gestandaardiseerde wijze te delen met andere applicaties voor datavisualisatie en -bewerking, waaronder Excel (xlsx en csv bestanden) en GIS (shp bestanden).

Riskeer maakt gebruik van eenzelfde configureerbare aansluiting op de actuele databases met kerndata van de waterkeringbeheerder als DAM. Dat geldt voor zowel de gebiedsdata als de ondergronddata. Dit impliceert dat data die klaarstaat voor beoordeling ook direct kan worden gebruikt voor andere toepassingen (leggers, beleidsstudies, real time systemen) en omgekeerd. Daar waar mogelijk wordt aangesloten op de open standaard AQUO en wordt deze standaard ook uitgebreid.

De applicaties sluiten waar mogelijk aan op standaard databronnen zoals DINO. Daarin komt naar verwachting steeds meer ondergronddata beschikbaar in het kader van de wet "Basis Registratie Ondergrond" (BRO).

6.4 Historisch perspectief en toekomstperspectief

6.4.1 Belangrijkste verschillen met voorgaande WBI edities

Meer dan in het verleden is sprake van een visie op de samenhang in de software en data voor waterveiligheid c.q. dijksterkte. Belangrijke elementen in deze visie zijn

- de modulaire opbouw ten behoeve van meervoudig gebruik van functionaliteiten,

- consistente look & feel en
- standaard data-aansluitingen.

Dit vergt wel - meer dan in het verleden - strakkere regels waaraan de software en data onderdelen moeten voldoen.

6.4.2 Ambities voor de toekomst

Voor de brede beschikbaarstelling van de gedetailleerde toets per traject moeten nog een aantal stappen gezet worden. Mogelijk zullen daarbij ook nog ontwikkelingen nodig zijn om de rekentijd van de probabilistische berekeningen te verkorten.

Meer in het algemeen of voor de langere termijn kunnen de volgende voornemens genoemd worden:

- de aansluiting tussen Riskeer en de mechanisme-berekeningen in standalone applicaties versterken (mogelijk zelfs integreren in Riskeer);
- voor meer mechanismen de volledig probabilistische berekening ondersteunen.

6.5 Overzicht belangrijke keuzes

Architectuur:

- In de architectuur is expliciet aandacht besteed aan de vergroting van de samenhang in het gehele software instrumentarium voor waterveiligheid en als onderdeel daarvan aan de meervoudige bruikbaarheid van componenten.

Ontwikkelfilosofie:

- Selectie programmeertalen;
- Uniforme opbouw documentatie;
- Eén ontwikkelomgeving;
- Veel aandacht voor testen;
- De organisatie en inrichting van het versiebeheer is geüniformeerd en apart expliciet gedocumenteerd.

De oorspronkelijke ambitie was één platform voor het beoordelingsinstrumentarium. In de praktijk is gebleken dat dit op sommige onderdelen onpraktisch is en op andere onderdelen nog niet realiseerbaar. Daarom is in de WBI 2017 op de volgende punten afgeweken van de oorspronkelijke ambitie:

- Naast de centrale toetsapplicatie (Riskeer) is sprake van applicaties voor preprocessing (zoals GIS, D-Soil Model) en postprocessing (zoals voor rapportage).
- Sommige toetssporen worden niet in Riskeer zelf maar in aparte standalone applicaties ondersteund. (Deze applicaties wisselen wel informatie uit met Riskeer).
- Voor het centrale platform (Riskeer) wordt geen gebruik gemaakt van de generieke bibliotheek voor UI componenten, maar wordt gewerkt met een eigen doorontwikkeling van beschikbare generieke componenten.

7 Beheer, beschikbaarstelling en onderhoud van WBI producten en ondersteuning bij gebruik

7.1 Documenten

Veel documenten behorend bij het WBI worden vrij beschikbaar gesteld, in digitale vorm (in pdf format). De documenten van laag²⁹ 1 tot en met 3 zijn te downloaden van de website van de Helpdesk Water. De documenten van laag 4 kunnen worden opgevraagd via de Helpdesk Water.

7.2 Software en data

Beschikbaarstelling en toepasbaarheid applicatie

Toepassing van WBI applicaties en onderliggende bibliotheken is voor de gebruiker vrij van licentie-kosten.

WBI applicaties kunnen geïnstalleerd worden door een deskundige eindgebruiker. De vereiste hardware specificaties staan beschreven in Bijlage I.

Het is voor elke WBI applicatie mogelijk om deze naar keuze lokaal op MS-Windows systemen te installeren of op een MS-Windows netwerk server. Elke WBI applicatie werkt ook binnen een Citrix omgeving. Op het installatieplatform moet wel een '.NET' omgeving versie 4 of hoger geïnstalleerd zijn. Bijlage I geeft een meer gedetailleerd overzicht van de eisen aan de hardware en werkomgeving.

Beheer

De moederversie van de WBI software is beleidsmatig bepaald en zit altijd 'op slot'. Deze versie wordt beheerd door Deltares.

Het beheer van WBI 2017 software valt onder de SLA³⁰ tussen het ministerie van IenM (vertegenwoordigd door RWS-WVL) en Deltares. Voor het beheer hoort daar de volgende taakverdeling bij: Deltares is verantwoordelijk voor het technisch beheer en Rijkswaterstaat voor het functioneel beheer.

Voor de ontwikkeling en beheer van de WBI tools is een ontwikkelprocedure uitgewerkt. De ontwikkeling en het beheer van de software zal volgens deze ontwikkelprocedure worden uitgevoerd. Ook de richtlijnen in de ontwikkelprocedure met betrekking tot documentatie zullen gevolgd worden.

Deltares is verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van alle standalone tools voor mechanismen, de mechanismemodules en de bijbehorende documentatie. Derde partijen kunnen eventueel software-onderdelen en/of documentatie ontwikkelen of bestaande

²⁹ Zie paragraaf 2.2.1 voor een toelichting op deze lagen.

³⁰ Service Level Agreement met betrekking tot modelinstrumentarium en crisismanagement. Deze wordt per jaar vastgesteld, zie bijvoorbeeld [SLA, 2015].

producten aanvullen. Deltares blijft echter leidend in de technische architectuur en het formele ontwikkelproces in het kader van de WBI rondes en het ontwerp.

Deltares beheert ook de Hydraulische Belasting modellen, de Hydra-modellen. Daarvan is Hydra-NL de actuele variant. Voor categorie c keringen die primaire waterkering blijven en achter twee opeenvolgende stormvloedkeringen liggen zal tijdelijk nog gebruik gemaakt worden van Hydra-NL. Dit betreft de keringen langs het Volkerak-Zoommeer en langs de Hollandsche IJssel.

Rijkswaterstaat bepaalt welke productlijnen vervangen worden. Vervanging van belangrijke producten wordt altijd door RWS overlegd met DGRW.

Het uitbrengen van nieuwe productversies voor WBI software en onderliggende databases vindt in principe alleen plaats aan de start van nieuwe beoordelingsperiode. De levensduur van een productversie is dus minimaal de duur van een beoordelingsperiode. Tijdens de levensduur zal het echter wel noodzakelijk zijn om de onderliggende componenten te upgraden. Het zal bijvoorbeeld noodzakelijk zijn om tijdig te upgraden naar een hogere .NET versie. Na een dergelijke upgrade zal om aan te tonen dat de software nog naar behoren werkt een acceptatietest worden uitgevoerd waarmee aangetoond wordt dat de werking en met name de rekenresultaten van de software nog hetzelfde zijn als voor de upgrade.

Het versiebeheersysteem wordt standaard gebruikt voor zowel de code, als ook de bijbehorende testen, systeemdokumentatie en gebruikersdocumentatie.

Binnen het versiebeheersysteem bestaat per bibliotheek en per applicatie naast de productversie ook een ontwikkelversie, voor zowel de software als voor de bijbehorende systeemdokumentatie. In de productversie worden alleen foutverbeteringen aangebracht. In de ontwikkelversie (met vertakkingen voor los te testen deelontwikkelingen) wordt aangepaste of nieuwe functionaliteit of aanpassing op nieuwe technologie ingebracht. Geschikt gebleken modellen en methoden worden uiteindelijk opgenomen in de productversie voor de volgende beoordelingsperiode (of al eerder beschikbaar gesteld voor toets op maat en voor het ontwerp).

Het tijdens een beoordelingsperiode uitbrengen van eventueel noodzakelijke updates van productversies (software en/of data) vindt plaats onder verantwoordelijkheid en regie van Rijkswaterstaat. Alle geregistreerde gebruikers worden hiervan in kennis gesteld. De release notes bij updates geven aan wanneer en onder welke omstandigheden een update leidt tot andere toetsoordelen.

Beschikbaarheid code

WBI software is in principe open source, maar sommige bibliotheken zijn aangekocht. Daarmee is doorontwikkeling door universiteiten en bedrijven mogelijk. In Bijlage J wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelomgeving voor de WBI software.

7.3 Ondersteuning bij de toepassing van het WBI

Elementen

De ondersteuning bij de toepassing van het WBI omvat de volgende elementen:

- De laag 1 documenten en Schematiseringshandleidingen;
- Rol expert-groep in beoordelingsproces;

- Cursussen, opleidingen (worden door STOWA en Rijkswaterstaat georganiseerd);
- Ondersteuning datamanagement (vanuit IHW en Waterschapshuis);
- Documentatie in laag 2 t/m 4;
- Uitwisseling ervaringen in een gebruikersgroep, mogelijk ook in vorm van een on-line forum.

Ondersteuning bij het gebruik van de software en data

De Helpdesk Water organiseert primair de 1e lijns gebruikersondersteuning vanuit Rijkswaterstaat voor de WBI applicaties. Waar nodig biedt Deltares - conform de SLA - 2e lijns ondersteuning, op verzoek van de Helpdesk Water.

7.4 Overzicht belangrijke keuzes

- Vrije beschikbaarheid en toegankelijkheid van documenten, software en data.
- Er is veel aandacht voor ondersteuning van het beoordelingsproces.
 - Rijkswaterstaat en STOWA hebben het opleidingsprogramma 'Implementatie Nieuwe Normering Waterveiligheid (INNW)' ontwikkeld. Dit opleidingsprogramma bereidt waterkeringbeheerders voor op de nieuwe normering. Het programma is in 2015 gestart en loopt in ieder geval door tot eind 2018.
 - De ict-technische ondersteuning wordt door Deltares geleverd, via de Helpdesk Water
- Het functioneel beheer van de WBI software en data ligt bij RWS; het technisch beheer bij Deltares.

8 Effectanalyse

Selectie van onderzochte veranderingen

In WBI 2017 zijn op veel verschillende onderdelen veranderingen doorgevoerd ten opzichte van de wettelijke beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen in het verleden. Daarbij zou inzicht gewenst zijn de effecten van diverse afzonderlijke veranderingen en combinaties van veranderingen. Maar om de omvang van de analyses te beperken is een *selectie* gemaakt van de meest relevant geachte veranderingen, zie [Hordijk et al., 2014]:

- Hoogte (Grasbekleding erosie kruin en binnentalud):
 - Hanteren van een faalruimtefactor van 24%.
 - Verhoging toegestaan overslagdebiet.
- Piping:
 - Toepassen van de nieuwe Sellmeijer-formulering.
 - Toepassen van hogere veiligheidsfactoren (schematiserings- en modelfactoren).
 - In rekening brengen van onzekerheden van grondparameters.
- Macrostabieliteit:
 - Toepassen van een ongedraineerd materiaalmodel.
- Hydraulische Belastingen:
 - Toepassen van statistische onzekerheden en modelonzekerheden.
 - In rekening brengen van zeespiegelstijging als toeslag op de waterstandstatistiek voor kustwateren en diverse andere aanpassingen.

Verschilanalyses

Bij analyses van de verschillen ten opzichte van het verleden moeten diverse keuzes gemaakt worden, bijvoorbeeld met betrekking tot:

- de selectie van door te rekenen 'representatieve' locaties;
- het gebruik van 'representatieve' (veelal gestandaardiseerde) sterkte-kenmerken;
- het wel of niet meenemen van veranderingen in andere onderdelen van de rekenmethode (belastingen, normen).

Resultaten uit dergelijke analyses kunnen dan ook alleen als indicatief en globaal gemiddelde beschouwd worden: in de daadwerkelijke veranderingen ten opzichte van het verleden in de beoordeling per dijkvak kunnen de resultaten (sterk) afwijken van deze indicatie.

Verschilanalyse hoogte

De verschillen in de benodigde dijkhoogte ten opzichte van het verleden zijn geanalyseerd in [Diermanse, 2015]. Belangrijkste conclusies hieruit zijn:

- De afname van de faalruimtefactor resulteert in een verhoging van de benodigde kruinhoogte (HBN), een verhoging van het kritieke overslagdebiet zorgt daarentegen voor een afname van de benodigde kruinhoogte.
- Het HBN-verlagende effect van een toenemend kritiek overslagdebiet van 0,1 naar 1 l/s/m blijkt over het algemeen zwaarder te zijn dan het HBN-verhogend effect van de overstap op een strengere faalkansruimte (24%). De enige uitzonderingen hierop zijn de watersystemen 'bovenrivierengebied' en 'benedenrivierengebied' waar het netto effect resulteert in een net iets hoger HBN.
- Het netto effect op de benodigde kruinhoogte is het grootst langs de Noordzee. Hoe hoger de waarde van het nieuwe kritieke overslagdebiet, des te groter het verschil in (netto) effect met de andere watersystemen. Dit weerspiegelt het feit dat de invloed van

golfaanval voor kruinhoogte het dominante effect is voor locaties langs de Noordzeekust. Voor het rivierengebied zijn de effecten relatief het kleinst als gevolg van de beperkte golfaanval.

Verschilanalyse piping

De verschillen in de beoordeling van piping ten opzichte van het verleden zijn geanalyseerd in [de Lange, D.A., 2015] en [de Lange, D.A., 2016]. Belangrijkste conclusies hieruit zijn:

- Op basis van de benadering waarin alle ondergrondscenario's afzonderlijk zijn doorgerekend, kan worden geconcludeerd dat de revisie van de Sellmeijer-formule de grootste impact heeft: er werd 14% meer lengte afgekeurd ten opzichte van de situatie met de originele formule. Daarnaast hebben de aanpassingen van de sterktefactoren ook impact: respectievelijk werd er 9% en 10% meer lengte afgekeurd met de nieuwe sterktefactoren ten opzichte van de situatie met een constante (oude) factor gelijk aan 1,2. Beide veranderingen samen geven een toename in afgekeurde lengte van 21%. Het beeld voor de riviergedomineerde systemen lijkt overeen te komen met het totaalbeeld. De nieuwe normering heeft ook invloed op het aanwezige tekort aan weerstand (de afwijking van de actuele veiligheidsfactor ten opzichte van de vereiste veiligheidsfactor). Dit zal dan ook om andersoortige maatregelen vragen dan de meer traditionele maatregelen.
- Het effect van meenemen van het heave-criterium is verwaarloosbaar klein.
- De semi-probabilistische analyse conform WBI 2017 laat zien dat in het bovenrivierengebied de sterkste afwijkingen van de gestelde normen worden gevonden.
- De invloed van de aangepaste aanpak ter bepaling van de karakteristieke waarden van de doorlatendheid en de d_{70} op bovenstaande conclusies is gering (een afname van de afgekeurde lengte van 2 a 4%).

Verschilanalyse macrostabiliteit

De verschillen in de beoordeling van macrostabiliteit ten opzichte van het verleden zijn geanalyseerd in [van Duinen, 2016]. Belangrijkste conclusies hieruit zijn:

- Stabiliteitsanalyses met het nieuwe schuifsterkte model met ongedraineerde schuifsterkte kunnen zowel gunstiger (hogere stabiliteitsfactor) als ongunstiger uitvallen (lagere stabiliteitsfactor) dan analyses met het schuifsterkte model op basis van cohesie (c') en hoek van inwendige wrijving (φ').
- Doordat de macrostabiliteit afhankelijk is van een groot aantal aspecten is het moeilijk een algemeen beeld te geven van de consequenties van de nieuwe wijze van het bepalen van de schuifsterkte.
- Bij het toepassen van de ongedraineerde schuifsterkte in stabiliteitsanalyses blijkt de macrostabiliteit van dijktafsluitingen vaak beperkt gevoelig voor de buitenwaterstand; aanzienlijk minder gevoelig dan bij gedraineerde schuifsterkte analyses op basis van cohesie (c') en hoek van inwendige wrijving (φ').

Verschilanalyse hydraulische belastingen

De verschillen in de hydraulische belastingen ten opzichte van het verleden zijn eerst in een in een voorlopige landelijke analyse gerapporteerd in [Stijnen en Botterhuis, 2016]. Later is de geactualiseerde verschilanalyse gerapporteerd in deelrapporten per watersysteemtype en/of belastingaspect:

Waterstand, golfhoogte en HBN:

- Kust : [Groeneweg en den Bieman, 2016]
 - Meren : [Kramer et al., 2016a]
 - Vecht- en IJsseldelta : [Botterhuis et al., 2016]
 - Benedenrivieren : [Kramer et al., 2016b]
 - Europoort : [van Nieuwkoop, 2016]
 - Rijntakken en Maas : [Chbab et al., 2016]
- Golfbelasting op bekledingen : [den Bieman, 2016]

De resultaten uit deze analyses bevatten te veel diversiteit en nuanceringen (per deelregio, per belastingparameter, per doorgevoerde verandering) om hier samen te vatten. Daarom wordt hier volstaan met een verwijzing naar bovengenoemde rapporten.

Consequentieanalyse

De consequenties van de verschillende wijzigingen in het instrumentarium zijn in kaart gebracht in [Maaskant en Knoeff, 2016]. In deze analyse worden per watersysteem op hoofdlijnen de consequenties aangegeven wat betreft de benodigde hoogte (overslagdebiet) en sterkte (piping en macrostabiliteit) van de kering. Op basis van algemene kenmerken van het systeem en landelijke studies wordt een indicatie van omvang (percentage van het areaal) en mate (afstand tot de norm) van de veiligheidsopgave gepresenteerd en nader geduid met voorbeelden. De voorbeelden geven een eerste indruk van de versterkingsopgave. Voor de inhoudelijke resultaten van de analyse wordt verwezen naar [Maaskant en Knoeff, 2016].

9 Discussie

Met betrekking tot de huidige uitwerking van het WBI wordt hieronder op een aantal aspecten gereflecteerd.

Ambitieuus

Het ambitieniveau voor WBI 2017 was zeer hoog. Belangrijke elementen uit deze ambitie waren:

- nieuwe normen (type en waarden),
- nieuwe rekenmethode: expliciet en evenwichtig omgaan met onzekerheden
- inbedding in bredere context voor borging waterveiligheid (cycli, bouwstenen voor meerdere processen)
- afstemming en uniformering (standaarden voor data en software)
- uniformering belastingmodellen
- één overkoepelend beoordelingsinstrument voor alle watersystemen en toetssporen (gedetailleerde toets)

Er zijn goede stappen gemaakt, maar (nog) niet alle ambities zijn over de volle breedte gerealiseerd.

Complex, hybride

Het WBI is omvangrijk en kent veel 'dimensies', denk daarbij aan:

- watersystemen
- waterkeringtypes (dijken, duinen, kunstwerken, ...)
- faalmechanismen, toetssporen
- typen toetsen binnen elk toetsspoor (eenvoudig, gedetailleerd, op maat, ...)
- wel / geen ondersteuning in de vorm van software
- wel / geen ondersteuning probabilistisch rekenen
- probabilistische rekenmethodes (o.a. voor faalkansbepaling en opschaling naar een jaar)
- stochasttypes (mate van variatie in tijd en ruimte, behandeling als continu of discreet)
- methodes voor kalibratie semi-probabilistische aanpak
- timing (fasering) van vernieuwingen (update fysica watersystemen, beschikbaarstelling gedetailleerde toets per traject)

Ten opzichte van het voorgaande instrumentarium is het WBI 2017 een grote stap vooruit in interne consistentie. Het was echter niet mogelijk om alle onderdelen op hetzelfde niveau uit te werken. Daardoor heeft het WBI 2017 in veel van bovengenoemde opzichten nog een hybride karakter. Het is daardoor relatief moeilijk een goed overzicht te krijgen, c.q. te geven (uitlegbaarheid).

Veronderstellingen

Bij de implementatie van WBI 2017 zijn veel uitgangspunten gehanteerd. Diverse uitgangspunten waren in feite *veronderstellingen* of eigenlijk *werkhypothesen* die binnen de onduidelijke politiek bestuurlijke omgeving noodzakelijk waren om aan de slag te kunnen gaan met het WBI 2017 programma³¹, zie ook paragraaf 2.3.5. Sommige van deze

³¹ De werkzaamheden aan (bouwstenen van) het WBI 2017 programma zijn gestart in 2009.

veronderstellingen zijn in de loop van het project expliciet bijgesteld, andere blijken achteraf³² niet (of niet geheel) terecht.

Terminologie en naamgeving

Niet alleen bleken diverse uitgangspunten minder duurzaam dan beoogd, hetzelfde geldt voor delen van de terminologie en naamgeving. In een laat stadium van de uitvoering van het project is besloten om met ingang van deze systeemsprong in de borging van de waterveiligheid niet meer te spreken van 'toetsen' maar van 'beoordelen'. Daardoor moest ook 'WTI' vervangen worden door 'WBI'.

Een minder ingrijpende - maar nog wel vermeldenswaardige - terminologiewijziging is de vervanging van 'toetslagen' (met nummer) door 'typen toetsen' (zonder nummer).

Deze terminologiewijzigingen konden niet worden doorgevoerd in het grote deel van de onderliggende documentatie dat ten tijde van het wijzigingsbesluit al gereed was. Ook de aanpassing van de naamgeving van de software en bijbehorende documentatie is nog niet op alle onderdelen gereed. Hierdoor is soms sprake van inconsistentie in de documentatiestructuur zoals gegeven in Figuur 2.3.

Een gedeeld actueel overzicht van WBI 2017

Dit basisrapport beoogt een actueel overzicht te geven van het WBI 2017, en met het vastleggen in een document wordt dit overzicht direct ook deelbaar onder belanghebbenden. Op diverse plekken in dit basisrapport is echter expliciet danwel impliciet duidelijk geworden dat het samenstellen van zo'n actueel overzicht geen sinecure is, zie bijvoorbeeld paragraaf 1.6, paragraaf 2.3.5 en de voorgaande tussenkopjes in onderhavig hoofdstuk.

Tijdens de ontwikkelfase beoogde het 'WBI 2017 uitgangspuntendocument' het overzicht te geven van de specificaties van het te ontwikkelen product op hoofdlijnen, met daarin een belangrijke plaats voor de specificatie van ambities, veronderstellingen (werkhypothesen) en andere keuzes. Een eerste versie voor dit 'WBI 2017 uitgangspuntendocument' bestond in feite uit twee documenten, opgesteld in 2012. In 2014 zijn deze documenten samengevoegd en geüpdatet tot (de Waal en Knoeff, 2014). In het vervolg van de ontwikkeling zijn nog diverse keuzes bijgesteld. Dergelijke bijstellingen hebben echter niet meer geleid tot recentere updates van het 'WBI 2017 uitgangspuntendocument'. Daardoor was het beschikbare overzicht niet meer actueel en de wél actuele informatie was niet overzichtelijk (en dikwijls ook niet voldoende gedeeld). Dat hinderde de communicatie (zowel intern binnen het projectteam als extern met opdrachtgevers en eindgebruikers); het droeg bij aan het uiteenlopen van verwachtingen.

Het verdient daarom aanbeveling aan het begin van de ontwikkelfase van een volgende WBI editie een uitgangspuntendocument op te stellen en dit tijdens de ontwikkelfase up-to-date te houden. Bij afronding van de ontwikkelfase kan zo'n up-to-date uitgangspuntendocument dan naadloos overgaan in een basisrapport.

Enkele concrete voorbeelden van discrepantie tussen (de Waal en Knoeff, 2014) en de actuele WBI producten worden hieronder gegeven.

Voorbeelden van achterhaalde veronderstellingen:

³² Het beoordelingsproces uit Bijlage I Procedure ligt pas sinds eind 2015 redelijk vast.

- De veronderstelling dat er sprake is van één bedreigend watersysteem per traject geldt niet voor alle trajecten. Het geldt bijvoorbeeld niet voor traject 8-3. (Zie ook paragraaf 2.3.3).
- De veronderstelling dat een dijktraject kan worden beschreven met één aaneengesloten lijn geldt niet voor alle trajecten.
- De veronderstelling dat geen sprake is van significante normverzwaring is weliswaar redelijk wat betreft de faalkanseisen op trajectniveau, maar betekent in de praktijk niet dat het bereik van basisstochastwaarden waarbinnen het fysisch gedrag van de watersystemen wordt beschreven niet vergroot zou hoeven te worden ten opzichte van de eerdere WTI edities. In de beoordeling volgens WBI 2017 moet in veel gevallen namelijk gerekend worden met faalkanseisen op doorsnedeniveau, en die kansen zijn wél aanzienlijk kleiner dan die bij de faalkanseisen op trajectniveau. (Zie ook paragraaf 4.4.4.3).

Voorbeelden van nog niet gehaalde ambities:

- In de huidige WBI software wordt nog geen onderscheid gemaakt tussen verschillende gebruikersmodi, zie ook paragraaf 2.2.2.
- De gewenste toepassing van een gemeenschappelijke bibliotheek van UI componenten voor alle WBI applicaties is nog niet gerealiseerd, zie ook paragraaf 6.1.1.
- Sommige applicaties binnen de WBI 2017 software horen tot de categorie oude software, waarbij bovendien wordt afgeweken van de WBI 2017 voorkeursprogrammeertalen. (Zo hebben Hydra-NL en de Waterstandsverlopen presentatietool een gebruikersschil geschreven in Visual Basic en is Steentoets geïmplementeerd in MS Excel).

Focus op belastingtoppen

In aansluiting op voorgaande WTI edities richt de aandacht wat betreft de statistiek van de hydraulische belastingen in WBI 2017 zich op de topwaarden van de hydraulische belastingen. Bij aanvang van de implementatie van WBI 2017 is expliciet besloten om met betrekking tot de beschrijving van het verloop van de belasting in de tijd binnen een belasting-event nog geen verbetering na te streven³³ ten opzichte van de bestaande aanpak met waterstandsverlopen.

Voor veel mechanismen (en dus toetssporen) is dit tijdsaspect echter wel zeer relevant. Denk bijvoorbeeld aan:

- opbouw waterspanningen (piping, macrostabiliteit);
- vermoeiing (stabiliteit dijkbekledingen steenzetting, asfalt);
- erosie (piping, stabiliteit dijkbekledingen gras, reststerkte na falen toplaag dijkbekledingen);
- duinafslag.

Inhoudelijk gezien is de pragmatische behandeling in WBI 2017 van het verloop van de belasting in de tijd binnen een belasting-event dan ook niet in balans met de uitwerking van de overige onderdelen binnen WBI.

Na het verschijnen van versie 1.1 van dit basisrapport is dit onderwerp (weer) opgepakt. Dit heeft ondermeer geleid tot een nadere probleemverkenning (de Waal en Chbab, 2018). Enkele belangrijke conclusies uit de analyses en discussies zijn:

³³ De ambities voor WBI 2017 waren immers al erg hoog.

- Een wezenlijke verbetering van het omgaan met tijdsafhankelijkheid binnen een event vergt een lange adem (doorlooptijd), want het raakt fundamentele keuzes in de huidige probabilistische aanpak.
- Het anders omgaan met tijdsafhankelijkheid binnen een event vraagt ook - met name bij voortschrijdende aantasting van de sterkte - om meer expliciete keuzes ten aanzien van het (weer) op volledige sterkte zijn van de kering. In de huidige aanpak is namelijk de (impliciete) aanname dat de kering ieder event aanvangt met volledige sterkte.

Omgaan met onzekerheden

De generieke probabilistische aanpak maakt het mogelijk rekening te houden met alle onzekerheden. In de praktijk moet - uiteraard - een keuze gemaakt worden voor het meenemen van alleen de belangrijkste onzekerheden. Belangrijke vragen daarbij blijven:

- Wat moeten we (of kunnen we) met onbekende onzekerheden (black swans)³⁴?
- In hoeverre zouden de toetsresultaten en het veiligheidsoordeel veranderen als we niet-geselecteerde (maar wel bekende) onzekerheden alsnog zouden meenemen?

Het expliciet probabilistisch verdisconteren van *kennisonzekerheden* is - in dit toepassingsgebied - nieuw en vergt nog enige inwerktijd. In sommige gevallen kan de invloed van kennisonzekerheid op het rekenresultaat aanzienlijk zijn. Dat roept dan de vraag op of de aangehouden kwantificering van de kennisonzekerheidparameters wel juist is. Anderzijds zouden nieuwe kennis en inzichten moeten leiden tot reductie van de kennisonzekerheid. Maar in de praktijk komt het ook vaak voor dat nieuwe inzichten ons doen beseffen dat we de materie voorheen minder goed in de vingers hadden dan gedacht, zodat in veel van dergelijke gevallen geen sprake is van reductie van de *toegepaste* onzekerheid.

Implementatie

De toepasbaarheid van het WBI is getest en gerapporteerd in ondermeer [Mourik en Wojciechowska, 2016]. Bij de invoering van deze systeemsprong zal echter nog ervaring moeten worden opgebouwd met het toepassen van het WBI in de 'werkelijke' praktijk. Een eerste stap daartoe is eind 2016 gezet in de 'generale repetitie'. Vervolgstappen zijn gezet sinds de start van de beoordelingsronde, na verschijning van de eerste officiële versie van de WBI 2017 producten per 1 januari 2017. Belangrijke aandachtspunten blijken tot op heden op het vlak van de gebruiksvriendelijkheid te liggen, zoals bij de beschikbaarheid en herbruikbaarheid van de benodigde data, de rekensnelheid en de informatie-uitwisseling tussen de diverse applicaties.

Belangrijke gebruikerswensen zijn nog verwerkt in de Riskeer versie van november 2018. Hierdoor is de bruikbaarheid van de software verbeterd.

Naar WBI 2023

Hoewel dit basisrapport niet de aangewezen plaats is voor het specificeren van de plannen richting WBI 2023, zijn hier al wel enkele onderwerpen benoemd die in (de discussie over) dergelijke plannen zouden kunnen worden meegenomen.

³⁴ Naarmate de normen strenger worden moet intensiever nagedacht worden over 'onwaarschijnlijke gebeurtenissen'.

10 Referenties

- Boers, M., van Geer, P., Groeneweg, J., 2014. Methode voor het bepalen van HR Duinen voor WTI-2017. Deltares rapport 1209433.004.
- Botterhuis, T., den Bieman, J., Chbab, E.H., 2016. Hydraulische Belastingen Vecht- en IJsseldelta. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. Deltares rapport 1230087-005-HYE-0002, augustus 2016.
- Camarena Calderon, R.A., Smale, A.J., Van Nieuwkoop, J., 2015. Input database for the Bretschneider wave calculations for narrow river areas. In preparation for the WTI-2017 production runs. Deltares report 1209433-000-HYE-0013, December 2015.
- Chbab, E.H., 2016a. Achtergrondrapport Hydraulische Belastingen. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. Deltares concept rapport 1230087-008-HYE-000, augustus 2016.
- Chbab, E.H., den Bieman, J., Groeneweg, J., 2016. Hydraulische Belastingen Rijntakken en Maas. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium WBI-2017. Deltares rapport 1230087-003-HYE-0001, juli 2016.
- Chbab, E.H., Groeneweg, J., 2017. Modelonzekerheid belastingen. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium WBI-2017. Deltares rapport 1209433-008-HYE-0007, Versie 8, 9 juni 2017
- de Lange, D.A., 2015. WTI Verschilanalyse Piping. Deltares rapport 1220078-002-GEO-0003-ydh, december 2015.
- de Lange, D.A., 2016. Update verschilanalyse piping - invloed aangepaste standaardafwijking ter bepaling karakteristieke waarde doorlatendheid en d70. Deltares brief 1230086-005-GEO-0002, 17 mei 2016.
- de Waal, H., Spruyt, A., Smale, A., 2013. Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017. Aansturing, schematisaties en uitvoerlocaties. Deltares rapport 1207807-009-HYE-0006, oktober 2013.
- de Waal, J.P., 2010. Wind input to be used in HBC assessment, Deltares report 1200103-027-HYE, februari 2010.
- de Waal, J.P., Chbab, E.H., 2018. Tijdsafhankelijkheid Hydraulische Belastingen. Probleemanalyse en oplossingsrichtingen. Deltares rapport 11200580-000-HYE-0004, 13 maart 2018.
- de Waal, J.P., Knoeff, J.G., 2014. Uitgangspunten WTI 2017. Deltares rapport 1209429-001-GEO-0011-gbh, oktober 2014.
- den Bieman, J., 2016. Q-Variant - golfbelasting op bekledingen in Hydra-Ring. WBI-2017. Deltares rapport 1230087-000-HYE-0004, augustus 2016.
- Diermanse, F.L.M., 2015. Verschilanalyse impact aanpassing faalruimtefactor en kritiek overslagdebiet op dijkhoogte. Deltares rapport 1220080-009-ZWS-0002, december 2015.
- Diermanse, F.L.M., 2016a. WBI - Onzekerheden. Overzicht van belasting- en sterkteonzekerheden in het wettelijk beoordelingsinstrumentarium. Deltares rapport 1220080-001-ZWS-0004, augustus 2016.
- Diermanse, F.L.M., 2017. Plan van aanpak WBI trajecttoets. Deltares concept rapport 11200574-000-GEO-0017, 20 oktober 2017.
- Diermanse, F.L.M., Lam, K.S., Knoeff, H.K., 2016. Assemblageprotocol WBI2017. Nadere uitwerking van het beoogde assemblageprotocol voor het wettelijke beoordelingsinstrumentarium. Deltares rapport 120086-010-GEO-0001, 23 juni 2016.

- Groeneweg, J., den Bieman, J., 2016. Hydraulische Belastingen Kust. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. Deltares rapport 1230087-002-HYE-0001, juli 2016.
- Hegnauer, M., Beersma, J.J., van den Boogaard, H.F.P., Buishand, T.A., Passchier, R.H., 2014. Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins: Final report of GRADE 2.0. Deltares report 1209424-004-ZWS-0018, November 2014.
- Hordijk, D., de Vries, G., Knoeff, H., 2014. Verkenning impact WTI 2017 t.o.v. de concept nieuwe normering. Selectie nader te onderzoeken aspecten. Deltares rapport 1209429-001-GEO-0001-gbh, juni 2014.
- Kramer, N., Smale, A., den Bieman, J., Chbab, E.H., 2016b. Hydraulische Belastingen Benedenrivieren. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. Deltares rapport 1230087-004-HYE-0001, 2016.
- Kramer, N., Smale, A., den Bieman, J., Groeneweg, J., 2016a. Hydraulische Belastingen Meren. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. Deltares rapport 1230087-001-HYE-0001, juli 2016.
- Lam, K.S., 2016. Ondersteuning in het toetsproces door WTI. Deltares memo, 12 januari 2016.
- MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
- Maaskant, B., Knoeff, H., 2016. Consequentieanalyse Nieuwe Normering & WBI2017. RWS rapport, 25 april 2016.
- Mourik, G., Wojciechowska, K.A., 2016. Acceptatietestrapport. Deltares rapport 1230088-036-DSC-0005, september 2016.
- SLA Modelinstrumentarium en crisismanagement 2016. (NOK-KPP en SPA-opdrachten). Overeenkomst tussen Deltares en Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 19 december 2015.
- Slootjes, N., van der Most, H., 2016a. Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland. Hoofdrapport. Ministerie van I en M, 28 juni 2016.
- Slootjes, N., van der Most, H., 2016b. Technisch-inhoudelijke uitwerking van eisen aan primaire keringen. Bijlagen. Ministerie van I en M, 28 juni 2016.
- Stijnen, J., Botterhuis, T., 2016. Verschilanalyse Hydraulische Belastingen, Landelijk beeld verschilanalyse WBI2017. HKV Lijn in Water rapport PR3280.10. April 2016.
- TAW, 1989. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken. Deel 2 - Benedenrivierengebied, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, september 1989.
- TAW, 2003. Leidraad Kunstwerken. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, mei 2003.
- van Balen, W., 2016a. Hydra-Ring. Functional Design. Version 2.0. Deltares WTI2017 software documentation, August 2016.
- van Balen, W., 2016b. Hydra-Ring. Technical Reference Manual. Version 2.0. Deltares WTI2017 software documentation, August 2016.
- van Balen, W., 2016c. Hydra-Ring. Validation Document. Version 2.0. Deltares WTI2017 software documentation, August 2016.
- van Duinen, A., 2016. Verschilanalyse macrostabiliteit. Deltares memo 1230086-001-GEO-0001, 11 april 2016
- van Nieuwenhuijzen, L.W., Geerse, C.P.M., Bosters, R., 2010. Aansluiting Hydra's op VTV-tools voor bekledingen in WTI2011. Royal Haskoning rapport, 9V6063.A0, juli 2010.
- van Nieuwkoop, J., 2016. Hydra-ring resultaten Europort. Deltares memo 1230087-004-HYE-0002, 30 augustus 2016.

A Versie-informatie 'Basisrapport WBI 2017'

Deze bijlage geeft de belangrijkste informatie met betrekking tot de verschillende versies van het 'Basisrapport WBI 2017'. Dit overzicht beperkt zich tot de *gepubliceerde* versies. Deze hebben de status 'definitief'. De aan elk van deze definitieve versies voorafgaande concept versies zijn buiten dit overzicht gelaten.

A.1 Versie 1.0

Versie 1.0 is verschenen in januari 2016. Dit is de eerste 'definitieve' versie.

A.2 Versie 1.1

Versie 1.1 is verschenen in september 2016. Daarbij is geen apart overzicht gemaakt van de (belangrijkste) wijzigingen ten opzichte van versie 1.0. Omdat de meeste aandacht uitgaat naar de meest recente wijzigingen is besloten dat betreffende overzicht niet achteraf alsnog op te stellen.

A.3 Versie 1.2

Versie 1.2 is verschenen in september 2018. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van versie 1.1 zijn:

Er is een paragraaf toegevoegd over de totstandkoming van dit basisrapport.

Een figuur van de drie cycli in de borging van de waterveiligheid is toegevoegd.

De aankondiging dat op 1-1-2019 de probabilistische toets op trajectniveau voor eindgebruikers beschikbaar zou komen is verwijderd. De prioriteiten bij de doorontwikkeling van het instrumentarium in 2017 en 2018 zijn elders gelegd.

De assemblage is toegevoegd als onderdeel van het beoordelingsproces dat met het WBI wordt ondersteund. De term 'toetsscore' is vervangen door de term '(toets)oordeelcategorie' of kortweg 'toetsoordeel'.

De informatie over de software is geüpdatet:

- De naamgeving van de software is geüpdatet en consequenter doorgevoerd.
- De rol van van Delta Shell Light (DSL) en de uitfasering van die rol in de WBI software is vermeld.
- De werking onder Windows 8 en 10 wordt vermeld.

In het hoofdstuk 'Discussie' is sprake van diverse aanvullingen:

- Er is een aanvullende update gegeven over de rol van de tijdsafhankelijkheid in de beoordelingsmethode.

- Er is aandacht gegeven aan de relatie tussen het basisrapport en het uitgangspuntenrapport. Daarbij is ook opgemerkt dat het uitgangspuntenrapport enkele - later onjuist gebleken - veronderstellingen en - nog niet gerealiseerde - ambities bevat.
- Er wordt kort stilgestaan bij de rol van kennisonzekerheden.
- De gewenste verbetering van de gebruiksvriendelijkheid van het instrumentarium is beschreven.

Onderhavige bijlage over versies is toegevoegd, als Bijlage A. De oorspronkelijke Bijlage B is komen te vervallen: deze zou grondig moeten worden herzien in verband met de gewijzigde terminologie en rol van de assemblage naar toetsoordeelcategorieën. De oorspronkelijke Bijlage A is hernoemd tot Bijlage B. De overige bijlagen hebben hun positie (i.c. letter) behouden.

Wijzigingen in watersystemen binnen WBI 2017 (tabellen in Bijlage E):

- Voor de watersystemen Grevelingen en Veluwe-Randmeren wordt nu in Riskeer/Hydra-Ring gebruikt in plaats van Hydra-NL.
- De Diefdijk is weliswaar primaire kering, maar valt niet onder WBI 2017.
- Het Drongelens kanaal bedreigt geen primaire keringen en valt (daarom) niet onder WBI 2017.

Daarnaast is de consistentie in de terminologie en naamgeving verbeterd en zijn diverse tabellen en figuren geüpdatet.

B Globale indeling WBI onderdelen naar categorie en bron

Het wettelijk beoordelingsinstrumentarium bestaat uit een groot aantal onderdelen. Deze zijn onder te verdelen in verschillende categorieën, zoals type en status.

Bovendien zijn de WBI onderdelen in verschillende projectkaders tot stand gekomen (of nog in ontwikkeling). Dit laatste is relevant als achtergrond bij deze versie van het basisrapport. Zodra alle onderdelen definitief zijn en onderling in samenhang zijn gebracht, kan deze informatie uit het basisrapport worden verwijderd.

Onderstaand overzicht van indeling in categorieën en bron (projectmatige inbedding) is bedoeld ter indicatie. In diverse gevallen zouden nuanceringen op hun plaats zijn, maar dat voert voor onderhavig doel te ver.

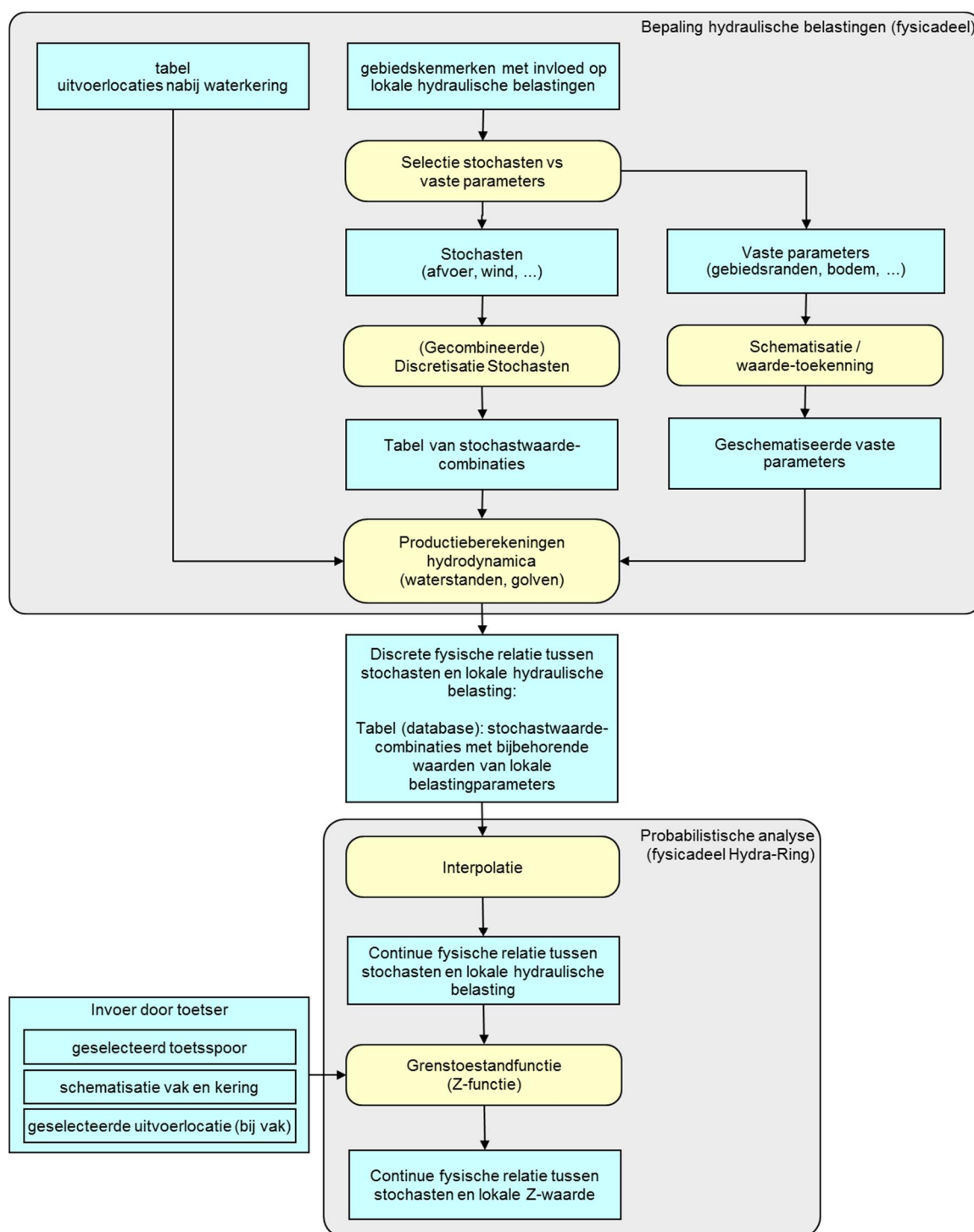
Onderdelen	Categorie			Inbedding				
	Proces- / Basis- instrumentarium	Formeel / Informeel	Document / Software / Informatie (data)	In scope WTI2017 programma Ja/Nee/Gedeeltelijk	BOA Toetsproces	Herstructurerend Leidraden en Technische rapporten	SLA software en schematisaties	Overig
Bijlage I Procedure	P	F	D	N	X			
Bijlage II Hydraulische belastingen	P	F	D	J				x ¹⁾
Bijlage III Sterkte en veiligheid	P	F	D	J				
WBI Aanbiedingsbrief WBI 2017	P	I	D	N				X
WBI Draaiboek	P	I	D	N				X
WBI Assemblage protocol, voor assemblage toetsresultaten naar oordeel per traject	P	I	D	N				X
WBI Data: trajecten, normen	P	F	I	N				x
WBI Data: HR, kennisonzekerheden, rekeninstellingen	P	I	I	J				x ¹⁾
WBI Software: bepaling en registratie toetsing per spoor en vak	P	I	S	J				x ¹⁾
WBI Software: ondersteuning assemblage toetsresultaten naar oordeel per traject	P	I	S	N				X
WBI Software: digitaal rapportage-instrument	P	I	S	N				X
Waterveiligheidsportaal	B	I	S	N				X
WBI Basisrapport	P	I	D	J				
WBI Overzichtrapport omgaan met onzekerheden	P	I	D	J				
Software: stand alone tools en prototypes	B	I	S	G			X	x ¹⁾
Cursussen	P	I	D	N				X
Schematiseringshandleidingen	B	I	D	J				
Leidraden en Technische Rapporten	B	I	D	N		X		
Achtergrondrapporten bij Bijlage II Hydraulische belastingen (w.o. Beschrijving van de watersystemen)	B	I	D	J				x ¹⁾
Achtergrondrapporten bij Bijlage III Sterkte en veiligheid (w.o. Beschrijving van de faalmechanismen)	B	I	D	J				
Software: bibliotheken met Rekentechnieken, Faalmechanisme-kernels	B	I	S	G			X	
Basisdata: ondergrond, gebiedschematisaties voor waterstand- en golfberekeningen	B	I	I	G			X	

¹⁾ Het betreft hier de geüpgradete categorie c-keringen.

C Kenmerken type toetsen

Type toets (per toetsspoor)		Eenvoudige toets		Gedetailleerde toets			Toets op maat	
				semi-probabilistisch	probabilistisch		per traject	
				per vak				
Behandeling mechanismen en vakken								
Faalmechanisme-model		Eenvoudig, conservatief c.q. beslissregel		Breed (landelijk) toepasbaar, met gespecificeerde modelonzekerheden				
Indeling in vakken (NB: per toetsspoor)		basis-vakindeling		eventueel verfijning van basis-vakindeling				
Aggregatieniveau				Uitgesplitst: per toetsspoor per vak		Geaggregeerd: alle toetssporen, alle vakken		
Omgaan met onzekerheden								
Sterkte, incl. mechanismebeschrjving		Rekenwaarde		Probabilistisch				
		Rekenwaarde eenvoudig	Rekenwaarde gedetailleerd, o.b.v. (gekalibreerde) Veiligheidsfactor					
		Belastingen		Rekenwaarde		Probabilistisch		
Belastingkans voor vak gelijk aan faalkansnorm traject (m.u.v. toetssporen GEBU en DA: daar wel rekening houden met faalkansbegroting en lengte-effect)								
		Rekenwaarde <u>waterstand</u> , golfhoogte, o.b.v. marginale statistiek, t.p.v. uitvoerlocatie	* Rekenwaarde <u>waterstand</u> o.b.v. marginale statistiek, * Rekenwaarde <u>golfcondities</u> bekledingen buitentalud o.b.v. Q-variant, t.p.v. teen					
Faalkansverdeling								
Over toetssporen		(impliciet)		Opgelegd		Vrij		
				Elk toetsspoor heeft eigen, vaste fractie van de normkans		Per toetsspoor berekenen en vervolgens sommeren		
Over vakken		(impliciet)		Opgelegd		Vrij		
				Elk vak (binnen traject) heeft dezelfde Betrouwbaarheidseis, die afhangt van het lengte-effect (toetsspoor), de trajectlengte en de trajectnorm		Per vak berekenen en vervolgens 'oprollen'		
Resultaat (per toetsspoor per vak)								
Tussere resultaat type		Oordeel		Factor of Safety		Kans		
Eindresultaat type				Oordeelcategorie (I - VII)				

D Modellingering hydrodynamisch gedrag watersysteem in probabilistisch model



E Overzicht watersystemen

E.1 Watersystemen en watersysteemtipes

In HR2006 / WTI2011	Watersysteemtipe							Status keringen			Nieuw / update			Prob model		In Hydra-Ring	
	Rivier	Rivier_naar_zee_metSVK	Rivier_naar_meer_metSVK	Meer	Zee	Estuarium_metSVK	Duinen	Overig	oud: categorie	nieuw: primair / regionaal	In WBI 2017?	Database fysica	Statistiek basisstochasten	kwantif. kennisonzekerheid	HydraRing	Hydra-NL	
Naam watersysteem																	Nr Naam watersysteem
Rijntakken	X								ab	p	X	X	X	X			1 Non-tidal river reaches Rhine
Maas - Borgharen	X								ab	p	X	X	X	X			2 Non-tidal river reaches Meuse I
Benedenrivieren - Rijndominant		X							ab	p	X	X	X	X			3 Tidal river reaches Rhine
Benedenrivieren - Maasdominant		X							ab	p	X	X	X	X			4 Tidal river reaches Meuse
IJsseldelta			X						ab	p	X	X	X	X			5 IJssel delta
Vechtdelta			X						ab	p	X	X	X	X			6 Vecht delta
IJsselmeer (incl Ketelmeer, Vossemeer)				X					ab	p	X	-	X	X			7 IJssel lake
Markermeer (incl Gooimeer, Eemmeer, Eem)				X					ab	p	X	-	X	X			8 Marker lake
Waddenzee - Oost					X				ab	p	X	-	X	X			9 Wadden sea East
Waddenzee - West					X				ab	p	X	-	X	X			10 Wadden sea West
Hollandse Kust - Noord					X				ab	p	X	-	X	X			11 Dutch coast North
Hollandse Kust - Midden					X				ab	p	X	-	X	X			12 Dutch coast Central
Hollandse Kust - Zuid					X				ab	p	X	-	X	X			13 Dutch coast South
Oosterschelde						X			ab	p	X	-	X	X			14 Eastern Scheldt
Westerschelde					X				ab	p	X	-	X	X			15 Western Scheldt
Duinen							X		ab	p	X	-	X	X			16 Dutch dune coast
Benedenrivieren - Buiten SVK		X							ab	p	X	X	X	X			17 Europoort
Maas - Lith	X								ab	p	X	X	X	X			18 Non-tidal river reaches Meuse h
Veluwe Randmeren				X					c	p	X	-	X	X			19 Grevelingen
Grevelingen				X					c	p	X	-	X	X			20 Veluwe Randmeren
Volkerak Zoommeer								X	c	p	X	X	X	X		X	
Hollandsche IJssel		X							c	p	X	-	X	X		X	
Dieldijklinie								X	c	p	-						
Drongelens kanaal								X	c	r	-						
Afgedamde Maas		X							c	r	-						
Kadoelermeer-Vollenhoverkanaal-Vollenhovermeer			X						c	r	-						
Veersemeer				X					c	r	-						
Wieringermeerpolder								X	c	r	-						
Noordzeekanaal								X	c	r	-						
Amsterdam-Rijnkanaal / Lekkanaal								X	c	r	-						
Gekanaliseerde Hollandsche IJssel								X	c	r	-						
Vollenhove / Noordoostpolder - Friesland								X	c	r	-						
Stroomkanaal van Hackfort								X	c	r	-						

E.2 Overgangen tussen bovenrivieren en delta's

De grens waar het Benedenrivierengebied en de IJsseldelta overgaan in het Bovenrivierengebied is niet hard en afhankelijk van het gebruikte criterium (waterstand of benodigde kruinhoogte). In de praktijk worden de grenzen aangehouden, zoals is weergegeven in onderstaande tabel. Deze grenzen zijn gebaseerd op waterstanden. De grenzen kunnen enkele tot tientallen kilometers stroomopwaarts verplaatsen ten gevolge van variërende waterstanden en golfcondities.

Waterlichaam	Locatie	Trajecten
IJssel	Rechteroever : km 981 (Spooldersluis)	53-2 en 206
	Linkeroever : km 972 (Wapenveld)	52-4 en 11-1
Waal	Rechteroever : km 955 (Gorinchem)	43-6 en 16-1
	Linkeroever : km 951 (Slot Loevestein)	38-1 en 213
Nederrijn-Lek	Rechteroever : km 949 (Lekkanaal)	44-1 en 15-1
	Linkeroever : km 943 (Diefdijk)	43-1 en 16-4
Maas	Rechteroever : km 229 (Andelse Maas)	37-1 en 24-1
	Linkeroever : km 235 (Waalwijk)	36-5 en 35-1

E.3 Basisstochasten

In HR2006 / WT12011		In Hydra-Ring		Stochast			
Naam watersysteem	Nr	Naam watersysteem	Wind	Afvoer	Zeewaterstand	Meerpeil	Keringtoestand
Rijntakken	1	Non-tidal river reaches Rhine	Deelen	Lobith	-	-	-
Maas - Borgharen	2	Non-tidal river reaches Meuse I	Deelen	Borgharen	-	-	-
Benedenrivieren - Rijndominant	3	Tidal river reaches Rhine	Schiphol	Lobith	Maasmond	-	Europoort
Benedenrivieren - Maasdominant	4	Tidal river reaches Meuse	Schiphol	Lith	Maasmond	-	Europoort
IJsseldelta	5	IJssel delta	Schiphol	Olst	-	IJsselmeer	-
Vechtdelta	6	Vecht delta	Schiphol	Dalfsen	-	IJsselmeer	Ramspol
IJsselmeer (incl Ketelmeer, Vossemeer)	7	IJssel lake	Schiphol	-	-	IJsselmeer	-
Markermeer (incl Gooimeer, Eemmeer, Eem)	8	Marker lake	Schiphol	-	-	Markermeer	-
Waddenzee - Oost	9	Wadden sea East	West-Terschelling	-	(zie aparte tabel)	-	-
Waddenzee - West	10	Wadden sea West	West-Terschelling	-	(zie aparte tabel)	-	-
Hollandse Kust - Noord	11	Dutch coast North	De Kooy	-	(zie aparte tabel)	-	-
Hollandse Kust - Midden	12	Dutch coast Central	IJmuiden	-	(zie aparte tabel)	-	-
Hollandse Kust - Zuid	13	Dutch coast South	Hoek van Holland	-	(zie aparte tabel)	-	-
Oosterschelde	14	Eastern Scheldt	Viissingen	-	OS11	-	Oosterschelde-stormvoedkering
Westerschelde	15	Western Scheldt	Viissingen	-	(zie aparte tabel)	-	-
Duinen	16	Dutch dune coast	-	-	(zie literatuur)	-	-
Benedenrivieren - Buiten SVK	17	Europoort	Schiphol	Lobith	Maasmond	-	Europoort gesloten
Maas - Lith	18	Non-tidal river reaches Meuse h	Deelen	Borgharen	-	-	-
Veluwe Randmeren	19	Grevelingen	Schiphol	-	-	Veluwe randmeer	-
Grevelingen	20	Veluwe Randmeren	Schiphol	-	-	Grevelingen	-
Volkerak Zoommeer			Schiphol	Lobith	Maasmond	(Volkerak-Zoommeer)	Europoort
Hollandsche IJssel			Schiphol	Lobith	Maasmond	-	Europoort, Algera

In HR2006 / WT12011			In HydraRing (2017)		Stochast zeewaterstand									
			Delzijl	Huibergat	Lauwersoog	Harlingen	West-Terschelling	Den Oever	Den Helder	IJmuiden	Hoek van Holland	Oosterschelde-buiten	Vlissingen	Hansweert
Naam watersysteem	Nr	Naam watersysteem												
Waddenzee - Oost	9	waddenzee_oost	x	x	x	x	x							
Waddenzee - West	10	waddenzee_west		x	x	x	x	x	x					
Hollandse Kust - Noord	11	hollandsekust_noord				x	x	x	x	x				
Hollandse Kust - Midden	12	hollandsekust_midden							x	x	x			
Hollandse Kust - Zuid	13	hollandsekust_zuid							x	x	x	x	x	
Westerschelde	15	westerschelde											x	x

E.4 Waterlichamen en toegepaste modellen voor waterstand en golfcondities

Watersysteemtype	Watersysteem	Waterlichaam	Waterstandsmodel				Golfmodel		
			Waqua	Sobek	Implic	(Triang. interp.)	SWAN	HISWA	Bretschneider
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Europoort	Calandkanaal	x				x		
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Europoort	Hartelkanaal	x				x		
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Europoort	Nieuwe Waterweg buiten Maeslantkering	x				x		
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Maas	Bergsche Maas	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	(ontpolderde) Biesbosch	x				x		
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Amer	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Amertak	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Beneden Merwede	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Boven Merwede	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Donge	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Dordtsche Kil	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Getijde Hollandse IJssel*		x					x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Haringvliet	x				x		
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Hollandsch Diep	x				x		
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Nieuwe Maas	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Nieuwe Merwede	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Nieuwe Waterweg binnen Maeslantkering	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Noord	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Oude Maas	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Spui	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Steurgat	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Volkerak-Zoommeer	x				x		
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Wantij	x						x
Benedenrivieren	Benedenrivieren - Rijn	Wilhelminakanaal	x						x
Bovenrivieren	Maas - Borgharen	Maas bovenstrooms	x						x
Bovenrivieren	Maas - Lith	Maas benedenstrooms	x						x
Bovenrivieren	Rijn(takken)	Afgedamde Maas (Waal zijde)	x						x
Bovenrivieren	Rijn(takken)	Boven-Rijn	x						x
Bovenrivieren	Rijn(takken)	IJssel bovenstrooms	x						x
Bovenrivieren	Rijn(takken)	Nederrijn-Lek	x						x
Bovenrivieren	Rijn(takken)	Oude IJssel	x						x
Bovenrivieren	Rijn(takken)	Pannerdensch Kanaal	x						x
Bovenrivieren	Rijn(takken)	Waal	x						x
Kustgebied	Hollandse kust - Midden	Noordzee (midden)				x	x		
Kustgebied	Hollandse kust - Noord	Noordzee (noord)				x	x		
Kustgebied	Hollandse kust - Zuid	Noordzee (zuid)				x	x		
Kustgebied	Waddenzee Oost	Eems-Dollard				x	x		
Kustgebied	Waddenzee Oost	Waddenzee oostelijk deel				x	x		
Kustgebied	Waddenzee West	Waddenzee westelijk deel				x	x		
Kustgebied	Westerschelde	Westerschelde				x	x		
Meren	Grevelingen	Grevelingen*	x				x		
Meren	IJsselmeer	IJsselmeer	x				x		
Meren	IJsselmeer	Ketelmeer	x				x		
Meren	IJsselmeer	Vossemeer	x				x		
Meren	Markermeer	Eem	x						x
Meren	Markermeer	Eemmeer	x					x	
Meren	Markermeer	Gooimeer	x					x	
Meren	Markermeer	IJmeer	x				x		
Meren	Markermeer	Markermeer	x					x	
Meren	Markermeer	Nijkerkernauw	x					x	
Meren	Veluwerandmeer	Veluwerandmeer	x						x
Oosterschelde	Oosterschelde	Oosterschelde			x		x		
Vecht- en IJsseldelta	Vecht- en IJsseldelta	IJssel benedenstrooms	x						x
Vecht- en IJsseldelta	Vecht- en IJsseldelta	Reevediep (fase 1)	x						x
Vecht- en IJsseldelta	Vecht- en IJsseldelta	Vecht	x						x
Vecht- en IJsseldelta	Vecht- en IJsseldelta	Zwarte Meer	x				x		
Vecht- en IJsseldelta	Vecht- en IJsseldelta	Zwarte Water	x						x

F Overzicht mechanismen, toetssporen

F.1 Toetssporen en toetsen

						Type toets aanwezig?			Uitwerking gedetailleerde toets					Software gedetailleerde toets		
						eenvoudige toets	gedetailleerde toets, per vak	gedetailleerde toets, per traject	nieuwe kennis?	in software?	per vak, semi-probabilistisch	per vak, probabilistisch (2017)	per traject (2019)	Kemel	In RingToets	Stand alone applicatie
			Toetsspoor	code	aggr	aggr										
Dijken en dammen																
			Grondlichaam			ST										
			Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI			x	x	x	x	x	x	-	x	x	x
			Piping	STPH			x	x	x	x	x	x	-	x	x	x
			Microstabiliteit	STMI			x	x	-	-	-	x	-	-	-	-
			Bekleding			STBK										
			Asfaltbekleding			STBKaf										
			Golfklappen op asfaltbekleding	AGK			x	x	-	x	x	x	-	-	x	x
			Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO			x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Grasbekleding			STBKgr										
			Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU			x	x	-	x	x	x	-	-	x	x
			Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU			x	x	-	-	-	x	-	-	-	-
			Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB			-	x	x	x	x	-	x	x	x	x
			Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI			x	x	-	-	-	x	-	-	-	-
			Steenzetting			STBKsz										
			Stabiliteit steenzetting	ZST			-	x	-	x	x	x	-	-	x	-
Duinwaterkering																
			Duinafslag	DA			-	x	x	-	x	x	-	x	x	-
Kunstwerken																
			Hoogte kunstwerk	HTKW			x	x	x	x	x	-	x	x	x	-
			Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW			x	x	x	x	x	-	x	x	x	-
			Piping bij kunstwerk	PKW			x	x	-	-	-	x	-	-	-	-
			Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp			-	x	x	x	x	-	x	x	x	-
			Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI			x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Innovatieve waterkeringen																
			Technische innovatie	INN			x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indirecte mechanismen																
			Grondlichaam dijk of dam													
			Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU			x	x	-	x	x	x	-	-	x	-
			Voorland			STVL										
			Golfaflslag	VLGA			x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Afschuiving	VLAF			x	x	-	-	-	x	-	-	-	-
			Zettingsvloeiing	VLZV			x	x	-	x	-	x	-	-	-	-
			Niet-waterkerende objecten			NWO										
			Bebouwing	NWObe			x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Begroeiing	NWObo			x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Kabels en leidingen	NWOkI			x	x	-	-	-	x	-	-	-	-
			Overige constructies	NWOoc			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Havendammen			HAV										
			Havendammen	HAV			x	x	-							

F.2 Toetssporen en bijbehorende documenten

De fenomenologische beschrijving van de verschillende faalmechanismen is beschreven in 't Hart, R., 2018. Fenomenologische beschrijving. Faalmechanismen WBI. Deltares rapport 11200574-007-GEO-0005, 16 mei 2018.

en de in WBI 2017 te hanteren toetsen voor alle te beschouwen faalmechanismen in Bijlage III Sterkte en veiligheid. Daarnaast kunnen per toetsspoor nog een schematiseringshandleiding, een kalibratierapport en een vershilanalyse beschikbaar zijn. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de referenties van deze documenten. (Ook kunnen per faalmechanisme één of meer factsheets beschikbaar zijn op de website van de Helpdesk Water, maar die documenten hebben geen eenduidige referentie en zijn daarom niet opgenomen in de tabel).

Toetsspoor	code	Onderwerp	Referentie
		Schematiseringshandleiding	
		Kalibratie	
		Vershilanalyse	
Dijken en dammen			
Grondlichaam			
Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding macrostabiliteit. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.1, 1 december 2016.
Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI	x	Kanning, W., Huber, M., van der Krogt, M. Schweckendiek, T. Martins Teixeira, A.C., 2015. Derivation of the semi-probabilistic safety assessment rule for inner slope stability. WTI 2017: Cluster C, macrostabiliteit. Deltares report 1220080-003-ZWS-0019, December 2015
Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI	x	van Duinen, A., 2016. Vershilanalyse macrostabiliteit. Deltares memo 1230086-001-GEO-0001, 11 april 2016
Piping	STPH	x	MinlenM, 2017. Schematiseringshandleiding piping. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.2, 2 januari 2017.
Piping	STPH	x	Martins Teixeira, A.C., Wojciechowska, K.A., ter Horst, W.L.A., 2016. Derivation of the semiprobabilistic safety assessment for piping, WTI 2017: Cluster C, piping failure mechanism. Deltares report 1220080-002-ZWS-0006 Version 4, February 2016.
Piping	STPH	x	de Lange, D.A., 2015. WTI Vershilanalyse Piping. Deltares rapport 1220078-002-GEO-0003-ydh, december 2015.
Piping	STPH	x	de Lange, D.A., 2016. Update vershilanalyse piping - invloed aangepaste standaardafwijking ter bepaling karakteristieke waarde doorlatendheid en d70. Deltares brief 1230086-005-GEO-0002, 17 mei 2016.
Microstabiliteit	STMI	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding microstabiliteit. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Bekleding			
Asfaltbekleding			
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding asfaltbekleding. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	x	Klerk, W.J., Kanning, W., 2014. Calibration of Safety Factors for wave impact on Hydraulic Asphalt Concrete Revetments, WTI Cluster C. Deltares report 1209431-010-ZWS-0002. Delft, December 2014.
Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding asfaltbekleding. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Grasbekleding			
Grasbekleding erosie buitentalud	GEPU	x	MinlenM, 2018. Schematiseringshandleiding grasbekleding. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 3.0, 17 april 2018.
Grasbekleding erosie buitentalud	GEPU	x	Klerk, W.J., Jongejan, R., 2015. Semi-probabilistic assessment of wave impact and runoff on grass revetments, WTI Product C.4. Deltares report 1220080-005-ZWS-0003. Delft, December 2015.
Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	x	MinlenM, 2018. Schematiseringshandleiding grasbekleding. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 3.0, 17 april 2018.
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	x	MinlenM, 2018. Schematiseringshandleiding grasbekleding. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 3.0, 17 april 2018.
Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	x	MinlenM, 2018. Schematiseringshandleiding grasbekleding. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 3.0, 17 april 2018.
Steenzetting			
Stabiliteit steenzetting	ZST	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding steenzetting. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Stabiliteit steenzetting	ZST	x	Jongejan, R.B. Klein Breteler, M., 2015. A semi-probabilistic assessment rule for the stability of block revetments under wave attack. Deltares report 1220080-004-ZWS-0002, August 2015.
Duinwaterkering			
Duinafslag	DA	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding duinafslag. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Duinafslag	DA	x	van Geer, P.F.C., Diemanse, F.L.M., 2015. Kalibratie van semi-probabilistisch toetsvoorschrift voor duinen. Deltares concept rapport 1220080-008-ZWS-0002, september 2015.
Kunstwerken			
Hoogte kunstwerk	HTKW	x	MinlenM, 2017. Schematiseringshandleiding hoogte kunstwerk. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 1.0, 2 januari 2017.
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	x	MinlenM, 2017. Schematiseringshandleiding betrouwbaarheid sluiting kunstwerk. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 1.0, 2 januari 2017.
Piping bij kunstwerk	PKW	x	MinlenM, 2017. Schematiseringshandleiding piping bij kunstwerk. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 1.0, 2 januari 2017.
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	x	MinlenM, 2017. Schematiseringshandleiding sterkte en stabiliteit kunstwerk. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 1.0, 2 januari 2017.
Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWl		
Innovatieve waterkeringen			
Technische innovatie	INN		
Indirecte mechanismen			
Grondlichaam dijk of dam			
Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding macrostabiliteit. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.1, 1 december 2016.
Voorland			
Golfafslag	VLGA	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding golfafslag voorland. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Afschuiving	VLAF	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding afschuiving voorland. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Zettingsvloeiing	VLZV	x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
Niet-waterkerende objecten			
Bebouwing	NWObe		
Begroeiing	NWObo		
Kabels en leidingen	NWOkl		
Overige constructies	NWOoc		
Havendammen			
Havendammen	HAV		
Schematiseringshandleidingen voor meerdere toetssporen			
		x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.
		x	MinlenM, 2016. Schematiseringshandleiding hoogte. WBI 2017. MinlenM rapport, versie 2.0, 1 december 2016.

G Overzicht hydraulische belastingparameters voor de eenvoudige toets en gedetailleerde toets per vak semi-probabilistisch

						Type toets aanwezig?				Uitwerking gedetailleerde toets				Hydraulische belastingen t.b.v. eenvoudige toets				Hydraulische belastingen t.b.v. gedetailleerde toets semi-probabilistisch					
									nieuwe kennis?	in software?	per vak, semi-probabilistisch	per vak, probabilistisch (2017)	per traject (2019)	Waterstand		Golf condities		Waterstand		Golf condities		Golf overslag debiet	
toetsnaam	code	aggr	aggr	eenvoudige toets	gedetailleerde toets, per vak	gedetailleerde toets, per traject	topwaarde	dagelijkse waarden						topwaarde	relatie met waterstand	topwaarde	verloop in de tijd binnen maatgevende event	dagelijkse waarden	topwaarde	relatie met waterstand	topwaarde		
Dijken en dammen																							
Grondlichaam			ST																				
Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI			x	x	x			x	x	x	-	x	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-
Piping	STPH			x	x	x			x	x	x	-	x	X	X	-	-	X	X	X	-	-	-
Microstabiliteit	STMI			x	x	-			-	-	x	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X
Bekleding			STBK																				
Asfaltbekleding			STBKaf																				
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK			x	x	-			x	x	x	-	-	X	-	X	-	X	X	-	-	X	-
Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO			x	-	-			-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Grasbekleding			STBKgr																				
Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU			x	x	-			x	x	x	-	-	X	X	X	-	X	X	-	-	X	-
Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU			x	x	-			-	-	x	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	X	-
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB			-	x	x			x	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI			x	x	-			-	-	x	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X
Steenzetting			STBKsz																				
Stabiliteit steenzetting	ZST			-	x	-			x	x	x	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-
Duinwaterkering																							
Duinafslag	DA			-	x	x			-	x	x	-	x	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-
Kunstwerken			KW																				
Hoogte kunstwerk	HTKW			x	x	x			x	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW			x	x	x			x	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piping bij kunstwerk	PKW			x	x	-			-	-	x	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp			-	x	x			x	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI			x	-	-			-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Innovatieve waterkeringen																							
Technische innovatie	INN			x	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indirecte mechanismen																							
Grondlichaam dijk of dam																							
Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU			x	x	-			x	x	x	-	-	X	X	-	-	X	X	X	-	-	-
Voorland			STVL																				
Golfafslag	VLGA			x	-	-			-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Afschuiving	VLAF			x	x	-			-	-	x	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-
Zettingsvoeiing	VLZV			x	x	-			x	-	x	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-
Niet-waterkerende objecten			NWO																				
Bebouwing	NWObe			x	-	-			-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Begroeiing	NWObo			x	-	-			-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Kabels en leidingen	NWOkl			x	x	-			-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Overige constructies	NWOoc			-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Havendammen			HAV																				
Havendammen	HAV			x	x	-																	

H Overzicht van WBI software

Positionering tool in WBI 2017		Kernfunctie	Oud/update/nieuw	Toepassingen
Applicatie				
Centrale applicatie:				
Riskeer		Ondersteuning toetsproces, administratie resultaten per traject	nieuw	Beoordeling
Preprocessing:				
[GIS applicatie(s)]		Gegevensbeheer, vakindeling	oud	Algemeen
DSOIL Model		Schematisatie ondergrond	nieuw	Algemeen
Stand alone tools, nodig naast Riskeer, voor toetslaag 2:				
BM Macrostabiliteit		Faalmechanismemodel stabiliteit grondlichaam	nieuw	Beoordeling, ontwerp
BM Gras Buitentalud		Faalmechanismemodel dijkbekleding gras (buitentalud)	nieuw	Beoordeling, ontwerp
Steentoets		Faalmechanismemodel dijkbekleding steenzetting grondlichaam	update	Beoordeling, ontwerp
BM Asfalt Golfklap		Faalmechanismemodel dijkbekleding asfalt golfklap	update	Beoordeling, ontwerp
MorphAn		Faalmechanismemodel duinafslag	update	Beoordeling, kustbeheer
Waterstandsverloop		Presentatie onderdeel hydraulische belastingen	update	Beoordeling
Postprocessing				
Assemblage tool		Samenstelling rekenresultaten	nieuw	Beoordeling
Rapportage tool		Rapportage rekenresultaten	update	Beoordeling
Waterniveausportaal		Ontsluiting rekenresultaten	nieuw	Beoordeling
Stand alone probabilistisch model (alleen voor experts)				
Hydra-Ring		Probabilistische berekening faalkans	nieuw	Beoordeling
Terugvaloptie probabilistisch model belastingen				
Hydra-NL		Probabilistische berekening hydraulische belastingen	update	Beoordeling*), ontwerp, advies, beheer
Opties voor de toets op maat:				
BM Piping		Faalmechanismemodel stabiliteit grondlichaam	nieuw	Beoordeling, ontwerp
PCOverslag		Berekening golfoverslag	update	Beoordeling, ontwerp
DFlowSlide		Faalmechanismemodel zettingsvloeiing	nieuw	Beoordeling, ontwerp
XBeach		Faalmechanismemodel duinafslag	update	Beoordeling, ontwerp
Golfbelasting in Havens		Transformatie golfcondities van buiten naar binnen een haven	update	Beoordeling, ontwerp
*)	Binnen WBI 2017 alleen voor voormalige categorie c keringen			

		Hoofdmodule										
		Piping	Macrostabiliteit	SteenToets	Golfklap / WaveImpact	Gras - klapzone	Gras - oploopzone	(Overloop en) Golfoploop en -overslag bij dijken	(Overloop en) Golfoverslag bij verticale wand (Z-functie)	Krachten op een verticale wand (Z-functie)	Betrouwbaarheid sluiten (Z-functie)	Duinafslag (Durost+, D++)
Toetsspoor												
Piping	STPH	x										
Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI		x									
Stabiliteit steenzetting	ZTG			x				(x)				
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK				x							
Grasbekleding erosie buitentalud - golfklap	GEBU					x						
Grasbekleding erosie buitentalud - golfoploop	GEBU						x	(x)				
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB							x				
Hoogte kunstwerk	HTKW								x			
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp									x		
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW										x	
Duinafslag	DA											x

Relaties tussen software functionaliteiten (modules) en toetssporen.

I Eisen aan hardware voor WBI software

Onderstaande tekst is een integrale kopie van de memo "Hardware specificaties Riskeer" van Rob Brinkman, versie 1.2, dd 7 september 2015. Kanttekeningen:

- De namen van de applicaties zijn consistent gemaakt met de naamgeving in de hoofdtekst van het basisrapport.
- Bij 'Operating systeem' staat vermeld: 'Nederlandstalige Windows 7 (64-bits) met meest recente service pack (geen Windows 8 of 10)'. Dit is achterhaald: de software is ook geschikt voor Windows 8 en 10.

Dit document beschrijft de hardware eisen voor het gebruik van WBI software.

Deltares levert WBI software op als desktop applicatie. De daarbij behorende eisen worden in deze paragraaf beschreven. De mogelijkheid bestaat dat de Riskeer onder Citrix gaat draaien. De consequenties daarvan worden in de desbetreffende paragraaf beschreven.

Bij de configuratie is er een keuze of de hydraulische databases op de desktop-machine worden geïnstalleerd of op een server. Dit onderscheid wordt gemaakt in de hieronder volgende specificaties.

Deze eisen gelden voor de oplevering in 2016, maar gelden in principe ook voor 2019. Alleen het operating systeem (Windows 7) en dotnet framework-versie kunnen tegen die tijd niet meer gebruikelijk zijn. Hoewel het tegen die tijd eerst getest moet worden, worden er geen problemen mee verwacht.

WBI als desktop applicatie

Deze paragraaf heeft betrekking op de client applicaties, te weten Riskeer, D-Soil Model, D-Flow Slide en MorphAn. Eventueel worden ook de hydraulische databases op de desktop geïnstalleerd.

Hieronder worden de geadviseerde en de minimaal vereiste specificaties vermeld:

Riskeer

<i>Kenmerk</i>	<i>Geadviseerd</i>	<i>Minimaal</i>
Processor	Intel Core i7 of beter	Intel Core i5
Kloksnelheid	2.4 GHz	2.4 GHz
Geheugen (RAM)	20 GB of meer	8 GB
Vrije harde schijfruimte indien hydraulische databases op server worden geïnstalleerd	20 GB of meer	10 GB
Vrije harde schijfruimte indien hydraulische databases lokaal worden geïnstalleerd	100 GB of meer	100 GB
Monitor	Twee keer 22 inch monitor, resolutie 1920x1080	Eén keer 22 inch monitor, resolutie 1920x1080

<i>Kenmerk</i>	<i>Geadviseerd</i>	<i>Minimaal</i>
Verbinding naar database server (indien van toepassing)	1 Gb/s	1 Gb/s
Operating systeem	Nederlandstalige Windows 7 (64-bits) met meest recente service pack (geen Windows 8 of 10).	
Toegangsrechten	Schrijfrechten op een door de gebruiker aan te wijzen directory voor projectfiles en logbestanden.	
Admin rechten	Alleen nodig voor installatie, indien gewenste installatie directory in Program Files is, hetgeen gebruikelijk is, maar kan dus ook op een andere locatie.	
Automatisch uitloggen / power shutdown	Mag niet gebeuren, in verband met langdurige berekeningen	
Microsoft DotNet framework	Versie 4.5	
Internet-verbinding	Afhankelijk van aantal gebruikers in netwerk, alleen nodig voor open street map verbinding, maar deze is niet strikt noodzakelijk. Indien niet aanwezig, dan moet na de installatie een shape file als achtergrond worden ingesteld.	

De hydraulische databases kunnen lokaal (op dezelfde machine als Riskeer) of op een server worden geïnstalleerd. De hydraulische databases zijn alleen nodig voor Riskeer. De hieronder volgende specificaties gelden bij installatie op een server.

De volgende specificaties worden als minimum gesteld:

<i>Kenmerk</i>	<i>Minimaal</i>
Processor	Intel Core i7
Kloksnelheid	2.4 GHz
Geheugen (RAM)	20 GB
Vrije harde schijfruimte	100 GB
Operating systeem	Windows Server 2012 (64-bits) (werkt dus ook met hogere versie)

D-SoilModel

<i>Kenmerk</i>	<i>Geadviseerd</i>	<i>Minimaal</i>
Processor	Intel Core i7 of beter	Intel Core i5
Kloksnelheid	2.4 GHz	2.4 GHz
Geheugen (RAM)	8 GB of meer	4 GB
Vrije harde schijfruimte	10 GB of meer	2 GB
Monitor	Twee keer 22 inch monitor, resolutie 1920x1080	Eén keer 22 inch monitor, resolutie 1920x1080
Operating systeem	Nederlandstalige Windows 7 (64-bits) met meest recente service pack (geen Windows 8 of 10)	
Toegangsrechten	Schrijfrechten op een door de gebruiker aan te wijzen directory voor databases.	
Admin rechten	Alleen nodig voor installatie, indien gewenste installatie directory in Program Files is, hetgeen gebruikelijk is, maar kan dus ook op een andere locatie.	
Microsoft DotNet framework	Versie 4.5	

<i>Kenmerk</i>	<i>Geadviseerd</i>	<i>Minimaal</i>
Internet-verbinding	Afhankelijk van aantal gebruikers in netwerk, alleen nodig voor open street map verbinding, maar deze is niet strikt noodzakelijk. Indien niet aanwezig, dan moet na de installatie een shape file als achtergrond worden ingesteld.	

D-Flow Slide

<i>Kenmerk</i>	<i>Geadviseerd</i>	<i>Minimaal</i>
Processor	Intel Core i7 of beter	Intel Core i5
Kloksnelheid	2.4 GHz	2.4 GHz
Geheugen (RAM)	8 GB of meer	4 GB
Vrije harde schijfruimte	2 GB of meer	1 GB
Monitor	Twee keer 22 inch monitor, resolutie 1920x1080	Eén keer 22 inch monitor, resolutie 1920x1080
Operating systeem	Nederlandstalige Windows 7 (64-bits) met meest recente service pack (geen Windows 8 of 10)	
Toegangsrechten	Schrijfrechten op een door de gebruiker aan te wijzen directory voor projectfiles en logbestanden.	
Admin rechten	Alleen nodig voor installatie, indien gewenste installatie directory in Program Files is, hetgeen gebruikelijk is, maar kan dus ook op een andere locatie.	
Microsoft DotNet framework	Versie 4.5	
Internet-verbinding	Niet nodig	

MorphAn

<i>Kenmerk</i>	<i>Geadviseerd</i>	<i>Minimaal</i>
Processor	I5 of hoger	Intel Pentium III of vergelijkbaar
Kloksnelheid	800 MHz of meer	800 MHz
Geheugen (RAM)	1 GB	256 MB
Vrije ruimte harde schijf	650 MB of meer	650 MB
Resolutie monitor	1024x768 of groter	1024x768
Benodigde rechten	Admin rechten	Installatie: Admin rechten Gebruik: Schrijfrechten in de installatiedirectory en %LOCALAPPDATA%\Deltares
.NET framework versie	4.0 of hoger	4.0
Internet verbinding	Ja, voor het tonen van een achtergrondkaart	Niet noodzakelijk

WBI onder Citrix

Zoals gezegd kan de WBI software (client applicaties) onder Citrix gaan draaien. Dit betekent het volgende:

- Alle eisen gesteld aan de desktop omgeving moeten nu worden vervuld door de virtuele omgeving, die de Citrix omgeving biedt. Afhankelijk van het aantal gelijktijdige gebruikers dient een Citrix server te worden ingericht met voldoende workers.
- De desktop omgeving van de gebruiker die via Citrix werkt, hoeft alleen te voldoen aan de eisen die de Citrix client stelt.

J Overzicht van gebruikte applicaties voor beheer, onderhoud en ontwikkeling

Documenten

- MS Office - Word
- LaTeX
- Doxygen

Software

- Programmeertalen : C# en Fortran
- Versiebeheer : Subversion (TortoiseSVN)
- Issue tracking : Jira
- Continuous Integration en QA : TeamCity
- Ontwikkelomgeving : MS Visual Studio (met Framework.NET)

Uitbreidingen op ontwikkelomgeving:

- Fortran compiler : Intel Visual Fortran
- Diverse bibliotheken, waarvan de belangrijkste zijn:
 - Delta Shell Light³⁵
 - Dev-Express
 - DotSpatial

Data

- ArcGIS
- PostGreSQL
- ETL tools
- MS Office - Excel
- [ascii - editors]

³⁵ Het gebruik van deze bibliotheek in de WBI software wordt uitgefaseerd.