

Assemblageprotocol WBI2017

Nadere uitwerking van het beoogde assemblageprotocol voor het wettelijke beoordelingsinstrumentarium



Assemblageprotocol WBI2017

Nadere uitwerking van het beoogde assemblageprotocol voor het wettelijke
beoordelingsinstrumentarium

Auteur(s)

Ferdinand Diermanse

Assemblageprotocol WBI2017

Nadere uitwerking van het beoogde assemblageprotocol voor het wettelijke beoordelingsinstrumentarium

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Marieke Hazelhoff
Referenties	-
Trefwoorden	Assembleren WBI2017 Assemblageprotocol

Documentgegevens

Versie	4.0
Datum	11-05-2021
Projectnummer	11205758-005
Document ID	11205758-005-GEO-0001
Pagina's	45
Status	definitief

Auteur(s)

	Ferdinand Diermanse Kin Sun Lam Han Knoeff	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
3.0	Ferdinand Diermanse Kin Sun Lam	Nadine Slootjes	Annemargreet de Leeuw	-
4.0	Ferdinand Diermanse Kin Sun Lam	Pieter van Geer	Goaitske de Vries	-

Samenvatting

Met behulp van het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium 2017 (WBI2017) beoordelen beheerders in hoeverre de waterkeringen voldoen aan de (nieuwe) waterveiligheidsnormen. Voor een efficiënte inrichting van het proces zijn verschillende typen toetsen opgesteld, uiteenlopend van een 'eenvoudige toets' tot een 'toets op maat' en een 'probabilistische toets per dijktraject'¹. Verschillende toetssporen en aspecten van de waterkering worden beoordeeld. De aard van het toetsresultaat en de daarmee verbonden informatie is afhankelijk van hoe het beoordelingsproces is doorlopen. Het toetsresultaat kan daardoor verschillende vormen aannemen. Voor het bepalen van een veiligheidsoordeel per dijktraject moet de verscheidenheid aan informatie over toetsresultaten (verstandig) worden gecombineerd. Dit proces van combineren wordt binnen het WBI 'assemblage' genoemd.

Om het proces van assembleren te begeleiden is een assemblageprotocol opgesteld. Het protocol dient om de toetsresultaten uit het WBI op eenduidige manier samen te vatten tot één veiligheidsoordeel per dijktraject.

Het assembleren resulteert uiteindelijk in:

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

In eerdere toetsronden werd het toetsoordeel van een dijkvak of dijkkring geduid in termen van 'voldoet' of 'voldoet niet'. In de eerste beoordelingsronde (LBO-1) wordt het oordeel geduid door de mate aan te geven waarin een dijkvak of het dijktraject wel of niet voldoet. Dit wordt geduid in termen van "afstand tot de norm".

Het assemblageprotocol is verwerkt in een rekeninstrument, de 'assemblagetool'. Deze tool maakt onderdeel uit van Riskeer, het formele instrument waarmee primaire waterkeringen volgens het WBI-2017 kunnen worden beoordeeld.

Het huidige rapport bevat een beschrijving van de essentie van het assemblageprotocol.

¹ Een 'probabilistische toets per dijktraject' is nog niet beschikbaar in het instrumentarium

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Probleemstelling	7
1.2	Doelstelling	7
1.3	Beoordelen op basis van de overstromingskans	7
1.4	Totstandkoming van dit rapport	8
1.4.1	Oplevering memo's, 22 maart 2016	8
1.4.2	Ministeriele regeling	8
1.4.3	Overleg coördinatiegroep; 5 april 2016	8
1.4.4	Overleg met vertegenwoordigers van de coördinatiegroep; 28 april 2016	8
1.4.5	Overleg met de coördinatiegroep; 17 mei 2016	9
1.4.6	Aanpassing 2020	9
1.5	Dit document	9
1.6	Inhoud	9
2	Assembleren	10
2.1	Het assemblageproces in een notendop	10
2.2	Weergave toetsoordeel met categorieën	12
2.2.1	Motivatie	12
2.2.2	Signaleringsnorm en ondergrenswaarde	12
2.2.3	Faalkansbegroting en lengte-effect	13
2.2.4	Categorieën per dijktraject	15
2.2.5	Categorieën per vak	15
3	Toetsoordeel per vak	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Groepering van toetssporen	19
3.3	Toetsoordeel eenvoudige toets	20
3.4	Toetsoordeel gedetailleerde toets per vak	21
3.4.1	Groep 1 - toetssporen met probabilistische analyse	21
3.4.2	Groep 2 - toetssporen met semi-probabilistische analyse en afstand tot de norm	21
3.4.3	Groep 3 - belastingdominante toetssporen met semi-probabilistische analyse	21
3.4.4	Groep 4 - toetssporen zonder afgeleide veiligheidsfactoren voor WBI2017	22
3.4.5	Groep 5 - indirecte toetssporen	22
3.5	Toetsoordeel gedetailleerde toets per dijktraject	22
3.6	Toetsoordeel toets op maat	22
4	Combineren van oordelen van toetsspoor-vakken	23
4.1	Inleiding	23
4.2	Verwerken van het lengte-effect binnen een vak	24
4.3	Stap [1] - combineren van vakken tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor	25
4.3.1	Inleiding	25
4.3.2	Stap [1a] – combineren van toetssporen waarvoor geen kansschatting beschikbaar is	26
4.3.3	Stap [1b] – combineren van toetssporen waarvoor een kansschatting beschikbaar is	26
4.4	Stap [2] - combineren van dijktrajectoordelen van toetssporen tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject	30
4.5	Stap [3] - combineren van vak-oordelen van toetssporen tot een gecombineerd toetsoordeel per vak	30

4.6	Samenvattend	31
5	Rekenvoorbeeld	32
5.1	Inleiding	32
5.2	Basisgegevens	32
5.3	Toetsresultaten per vak per toetsspoor	34
5.4	Combineren van oordelen	38
5.4.1	Verwerken van het lengte-effect binnen een vak	38
5.4.2	Stap [1] - combineren van vakken tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor	39
5.4.3	Stap [2] - combineren van dijktrajectoordelen van toetssporen tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject	40
5.4.4	Stap [3] - combineren van vak-oordelen van toetssporen tot een gecombineerd toetsoordeel per vak	40
6	Conclusies	43
7	Referenties	44

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Met behulp van het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium 2017 (WBI2017) kunnen beheerders beoordelen in hoeverre de waterkeringen voldoen aan de (nieuwe) waterveiligheidsnormen. Voor een efficiënte inrichting van het proces zijn verschillende typen toetsen opgesteld, uiteenlopend van een 'eenvoudige toets' tot een 'toets op maat' en een 'probabilistische toets per dijktraject'². Verschillende toetssporen en aspecten van de waterkering worden beoordeeld. De aard van het toetsresultaat en de daarmee verbonden informatie is afhankelijk van hoe het beoordelingsproces is doorlopen. Het toetsresultaat kan daardoor verschillende vormen aannemen. Voor het bepalen van een veiligheidsoordeel per dijktraject moet de verscheidenheid aan informatie over toetsresultaten (verstandig) worden gecombineerd. Dit proces van combineren wordt binnen het WBI2017 '*assemblage*' genoemd.

1.2 Doelstelling

Om het proces van assembleren te begeleiden is een assemblageprotocol opgesteld. Het protocol dient om de toetsresultaten uit het WBI op eenduidige manier samen te vatten tot één veiligheidsoordeel per dijktraject. De werking is daarmee vergelijkbaar met de ToetsRap-applicatie uit het oude instrumentarium (uit de derde toetsronde van 2006 tot 2011).

Het assembleren moet uiteindelijk resulteren in:

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

Door toepassing van het protocol moet inzicht worden verkregen in de mate van (niet) voldoen ("afstand tot de norm"). Het assemblageprotocol is verwerkt in een rekeninstrument, de 'assemblagetool'. Deze tool maakt onderdeel uit van Riskeer, het formele instrument waarmee primaire waterkeringen volgens het WBI2017 kunnen worden beoordeeld.

In dit document wordt volstaan met een beschrijvend protocol. Voor de details van de implementatie in het rekeninstrument wordt verwezen naar het functionele ontwerp van de assemblagetool (Deltares, 2017).

1.3 Beoordelen op basis van de overstromingskans

Het veiligheidsoordeel van een traject wordt bepaald op basis van de toetsoordelen van de verschillende toetssporen. Het toetsoordeel van een toetsspoor wordt bepaald op basis van de afzonderlijke toetsoordelen per vak van dat specifieke toetsspoor. Deze beide stappen maken onderdeel uit van het assemblageproces. Idealiter worden daarbij de faalkansen per vak met een volledig probabilistische rekenmethode gecombineerd tot een faalkans van een dijktraject. Een dergelijke probabilistische rekenmethode is echter niet voor alle toetssporen beschikbaar. Voor het assemblageprotocol is daarom een alternatieve, benaderende, methode opgesteld en geïmplementeerd in de assemblagetool.

De uitvoer van het assemblageprotocol is daarom niet een berekende overstromingskans van het dijktraject, maar een oordeel over de mate waarin wel of niet aan de norm wordt voldaan

² Een 'probabilistische toets per dijktraject' is nog niet beschikbaar in het instrumentarium

1.4 Totstandkoming van dit rapport

Uitwerking in 2016

In 2016 is een eerste versie van dit rapport opgeleverd door Deltares aan Rijkswaterstaat-WVL. De inhoud van dat rapport was samengesteld en geschreven door Ferdinand Diermanse, Kin Sun Lam en Han Knoeff. De formele review conform het Deltares kwaliteitssysteem was uitgevoerd door Nadine Slootjes. De projectleiding bij Deltares was in handen van Ferdinand Diermanse. De projectleiding bij RWS-WVL was eerst in handen van Harry Stefess en daarna in handen van Alessandra Bizzarri. Vanuit RWS-WVL is commentaar geleverd op eerdere conceptversies door Robert Slomp en Alessandra Bizzarri. Dit document is tot stand gekomen op basis van diverse bronnen en overlegondes, waarvan in de volgende paragrafen een overzicht wordt gegeven.

Update in 2020

In 2020 is vastgesteld dat het rapport uit 2016 niet meer volledig up-to-date was. Daarom is besloten het rapport aan te passen aan de meeste recente inzichten en afspraken. De aanpassing is uitgevoerd door Ferdinand Diermanse en Kin Sun Lam. De projectleiding was in handen van Pieter van Geer. De projectleiding bij RWS-WVL was in handen van Marieke Hazelhoff. De formele review conform het Deltares kwaliteitssysteem is uitgevoerd door Pieter van Geer. De reacties van Rijkswaterstaat zijn geleverd door Marieke Hazelhoff en Robert Slomp.

1.4.1 Oplevering memo's, 22 maart 2016

Op 22 maart 2016 is door Deltares aan RWS een eerste versie opgeleverd van het assemblageprotocol. Deze oplevering bestond uit drie documenten:

- [I] Een memo waarin een de principes zijn uitgewerkt van het indelen van het oordeel in categorieën;
- [II] Een memo waarin de grenswaarden van categorieën per toetspoot zijn gekwantificeerd; en
- [III] Een eerste opzet van het protocol met fictieve voorbeelden.

Voor alle drie de documenten geldt dat het eerste concepten/uitwerkingen zijn die verder geen "formele status" hebben, maar dienen als opzet en discussiestukken voor het vervolg, zoals verwoord in het huidige rapport.

1.4.2 Ministeriele regeling

In de 'Ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017), bijlage III – Sterkte en veiligheid' is een samenvatting beschreven van het assemblageprotocol. In die bijlage worden de toetsoordelen per dijktraject uitgedrukt in vijf categorieën, gerelateerd aan de afstand tot de norm.

1.4.3 Overleg coördinatiegroep; 5 april 2016

Op 5 april 2016 is een eerste uitwerking van het protocol gepresenteerd aan de coördinatiegroep. Tijdens dat overleg is afgesproken dat Deltares een rekenvoorbeeld zou uitwerken om meer inzicht te verschaffen over de methode. Dit rekenvoorbeeld wordt eerst besproken met twee vertegenwoordigers van de coördinatiegroep (Hans Waals en Hans van der Sande) en vervolgens teruggespeeld met de gehele coördinatiegroep.

1.4.4 Overleg met vertegenwoordigers van de coördinatiegroep; 28 april 2016

Deltares demonstreert tijdens dit overleg een rekenvoorbeeld voor het eiland van Dordrecht. Dit rekenvoorbeeld wordt ook beschreven in de huidige rapportage. Met dit rekenvoorbeeld kan direct inzichtelijk gemaakt worden hoe parameters zoals het lengte-effect en faalkansbegroting de uitkomsten van de categorieën beïnvloeden. Het overleg wordt hoofdzakelijk besteed aan een discussie over de wijze van combineren van toetsoordelen per toetspoot en vak tot een

beoordeling per dijktraject. Afsproken wordt dat Deltares de voorgestelde methode verder uitwerkt, rekening houdend met de besproken wensen van de vertegenwoordigers van de coördinatiegroep.

1.4.5 Overleg met de coördinatiegroep; 17 mei 2016

Op 17 mei wordt de methode, het rekenvoorbeeld en het de diverse onderliggende dilemma's gepresenteerd aan de hele coördinatiegroep. Voorafgaand is door Deltares de methode beschreven in een memo dat aan de leden van de coördinatiegroep is opgestuurd. Ook tijdens dit overleg ging de discussie vooral over de methode van combineren van toetsoordelen van vakken/toetssporen tot een dijktrajectoordeel. De meningen over de voorkeursmethode waren verdeeld.

1.4.6 Aanpassing 2020

Naar aanleiding van de eerste toepassingen in de eerste beoordelingsronde zijn diverse vragen over het assemblageprotocol binnengekomen bij de Helpdesk Water. Uit een inventarisatie bleek dat vooral over het onderwerp 'lengte-effect' verschillende teksten in omloop zijn die niet of deels op elkaar aansluiten. Verder is geconstateerd dat het in 2016 geschreven assemblageprotocol niet meer actueel was. In overleg met RWS en Deltares is daarom besloten om het assemblageprotocol op een aantal onderdelen aan te passen en uit te breiden.

1.5 Dit document

Het huidige document geeft een beschrijving van het assemblageprotocol dat wordt gebruikt in het WBI2017. Het is een aangepaste versie van het rapport dat eerder in 2016 door Deltares aan RWS-WVL is opgeleverd.

1.6 Inhoud

In Hoofdstuk 2 wordt het proces van assembleren 'in een notendop' beschreven. Daarbij wordt speciale aandacht geven aan het principe van het indelen van vak-oordelen en dijktrajectoordelen in verschillende categorieën. Hoofdstuk 3 beschrijft de principes waarmee voor elk individueel toetsspoor een beoordelingscategorie wordt toegekend. Voor de details van de wijze waarop dit voor alle toetssporen is geïmplementeerd wordt de geïnteresseerde lezer verwezen naar het functioneel ontwerp van de assemblage kernel (Deltares (2017)). In hoofdstuk 4 staat beschreven hoe de vak-oordelen gecombineerd kunnen worden tot een dijktrajectoordeel. Dat combineren gebeurt op basis van individuele kanswaarden indien deze beschikbaar zijn, of anders op basis van het principe van 'de slechtste score (categorie) is leidend'. Hoofdstuk 5 beschrijft een rekenvoorbeeld dat is uitgewerkt voor dijktraject 22-1, bij het eiland van Dordrecht. In dat voorbeeld wordt uitgewerkt hoe de vakken worden ingedeeld in beoordelingscategorieën en hoe de vakken en toetssporen worden gecombineerd tot een veiligheidsoordeel voor het dijktraject. In hoofdstuk 6 worden de belangrijkste conclusies verwoord.

2 Assembleren

2.1 Het assemblageproces in een notendop

Op hoofdlijnen bestaat het protocol om te komen tot een dijktrajectoordeel uit vier stappen zie *Figuur 2.1*. Het startpunt is een toetsresultaat per toetsspoor en per vak, beschikbaar vanuit het toetsproces.

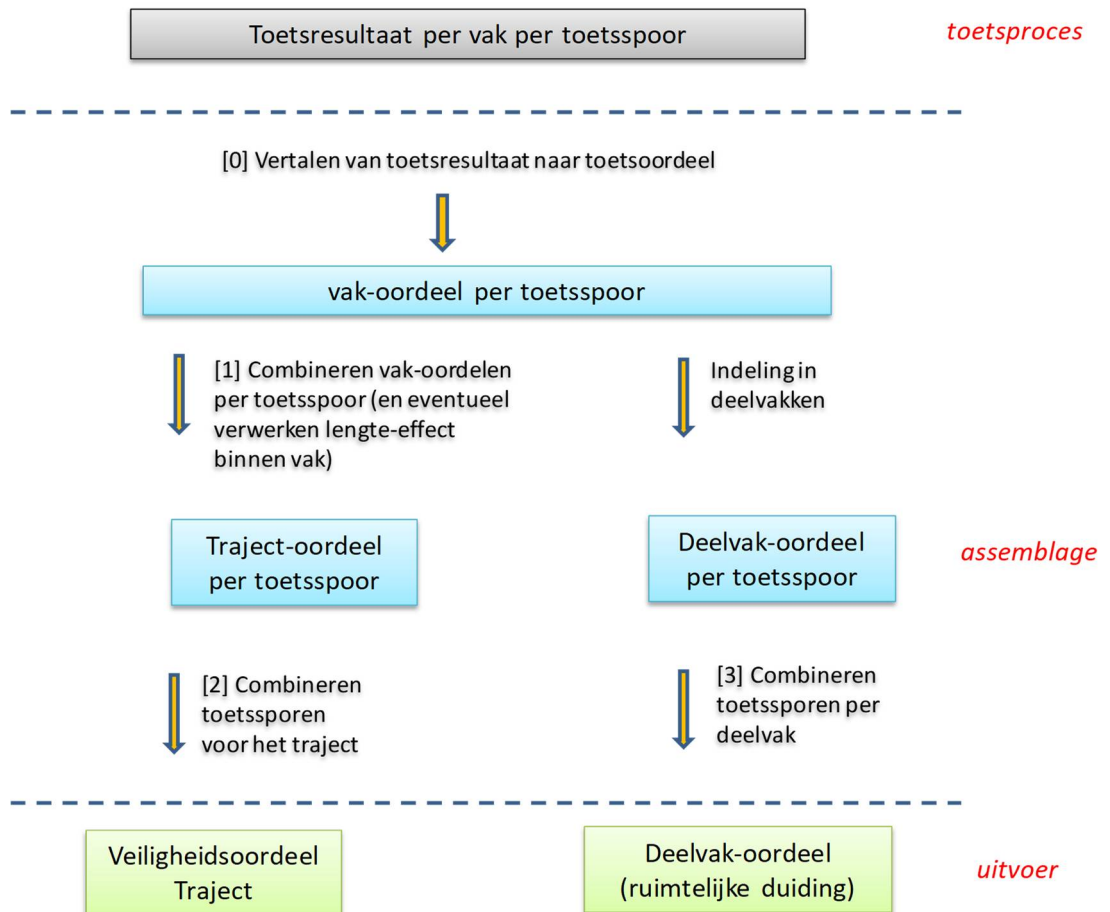
Het startpunt van het assembleren is een toetsresultaat per vak op basis van de beschikbare informatie uit de beoordeling. Omdat het in de beoordelingsperiode 2017-2023 niet mogelijk is om voor alle toetssporen een overstromingskans te berekenen, kan dit toetsresultaat verschillende vormen hebben afhankelijk van de gehanteerde toetsmethode. Om deze ongelijkvormige toetsresultaten te kunnen combineren moeten deze eerst gelijkvormig worden gemaakt. Dit wordt gedaan door een toetsoordeel (met eventueel bijbehorende faalkansbenadering) te bepalen op basis van het toetsresultaat. Dit toetsoordeel is altijd in de vorm van een beoordelingscategorie die gebaseerd is op de trajectnorm. Hiermee wordt duiding gegeven aan de mate waarin de kering wel of niet voldoet. Deze gelijkvormige toetsoordelen zijn wel met elkaar te combineren. Deze activiteit wordt geduid als **stap 0** in het assemblageproces, omdat dit een voorbereiding is.

In de beoordeling per vak wordt een toetsresultaat gegeven op basis van een toets op maat, een gedetailleerde toets of een eenvoudige toets. Een resultaat uit een toets op maat “overschrijft” het resultaat van de gedetailleerde toets en het resultaat van een gedetailleerde toets overschrijft het resultaat van de eenvoudige toets. Dat betekent dat in het assemblageprotocol per vak één toetsoordeel wordt gebruikt. De voorgaande bewerkingen om van toetsresultaten per vak te komen tot een toetsoordeel per vak is eveneens onderdeel van **stap 0** in het assemblageproces.

Opgemerkt wordt dat het toetsresultaat, en daarmee het toetsoordeel, feitelijk betrekking heeft op een representatieve *doorsnede* binnen het vak. De onderliggende aanname is dat de toetsresultaten van de representatieve doorsnede gelijk zijn aan toetsresultaten voor het vak en dat overstromingskansen per doorsnede gelijk zijn aan overstromingskansen per vak. Voor de toetssporen piping (STPH) en macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) is deze aanname echter in de regel niet geldig³. Om hier rekening mee te houden wordt in een voorbereiding voorafgaand aan **stap 1** hiervoor gecorrigeerd (zie verder paragraaf 4.2). Vervolgens worden in **stap 1** de toetsoordelen van de vakken gecombineerd tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor. In **stap 2** worden de toetsoordelen per traject van alle relevante toetssporen gecombineerd tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject. Behalve het bepalen van het veiligheidsoordeel is het ook relevant om een gecombineerd toetsoordeel per vak te hebben, omdat dat inzicht geeft waar zich de zwakste plekken binnen het dijktraject zich bevinden. Aangezien vakindelingen kunnen verschillen per toetsspoor, kan deze laatste stap alleen gedaan worden voor deelvakken die beschouwd kunnen worden als de grootste gemene deler van de vakindelingen van alle toetssporen die gecombineerd worden. Er worden daarom eerst deelvakken bepaald op basis van de diverse vakindelingen. Vervolgens worden in **stap 3** de toetssporen gecombineerd om tot een oordeel per deelvak te komen.

Figuur 2.1 toont een schematische weergave van het assemblageproces. Zoals beschreven begint het assemblageproces met het geven van een oordeel per vak op basis van de beschikbare informatie uit de beoordeling. Deze stap [0] wordt beschreven in hoofdstuk 3 van dit rapport. De stappen [1]-[3] van *Figuur 2.1* worden beschreven in hoofdstuk 4.

³ Dit komt door het grote lengte effect bij piping en macrostabiliteit.



Figuur 2.1 Schematische weergave van het assemblageproces. De invoer is afkomstig uit de diverse lagen van het toetsproces.

Per toetsspoor wordt een dijktraject onderverdeeld in vakken. Een kunstwerk wordt in het assemblageproces gelijkwaardig behandeld als een vak. De toetssporen die de indirecte toetssporen beschrijven, maken geen onderdeel uit van het assemblage-protocol (zie paragraaf 3.4.5).

De WBI-software (Riskeer) administreert de toetsresultaten. Dit is weergegeven in onderstaand voorbeeld uit Riskeer met verschillende toetsen (kolommen) en een variërend aantal vakken (rijen). De toetsresultaten zijn dus de invoer van het assemblageproces.

	Vak	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Gedetailleerde toets per vak faalkans	Toets op maat	Toets op maat faalkans
	Vak1	FV	Faalkans	1/196,376	<selecteer>	-
	Vak7	NVT	Faalkans	1/24	FV	1/196,376
	Vak6	VB	Faalkans	1/47	Faalkans	1/10,266,155
►	Vak5	VB	Faalkans	1/807	Faalkans	1/359,712
	Vak4	<selecteer>	Faalkans	1/2	Faalkans	1/120,048
	Vak3	VB	Faalkans	1/68	Faalkans	1/1,000,000
	Vak2	NVT	Faalkans	1/39	Faalkans	1/2,000

Figuur 2.2 Weergaven van administratie van toetsresultaten in Riskeer voor een toetsspoor

Uitgangspunt van het assemblageprotocol is dat voor elk toetsspoor een toetsresultaat beschikbaar is voor elk vak. Indien dat niet het geval is kan het assemblageprotocol niet voltooid worden.

2.2 Weergave toetsoordeel met categorieën

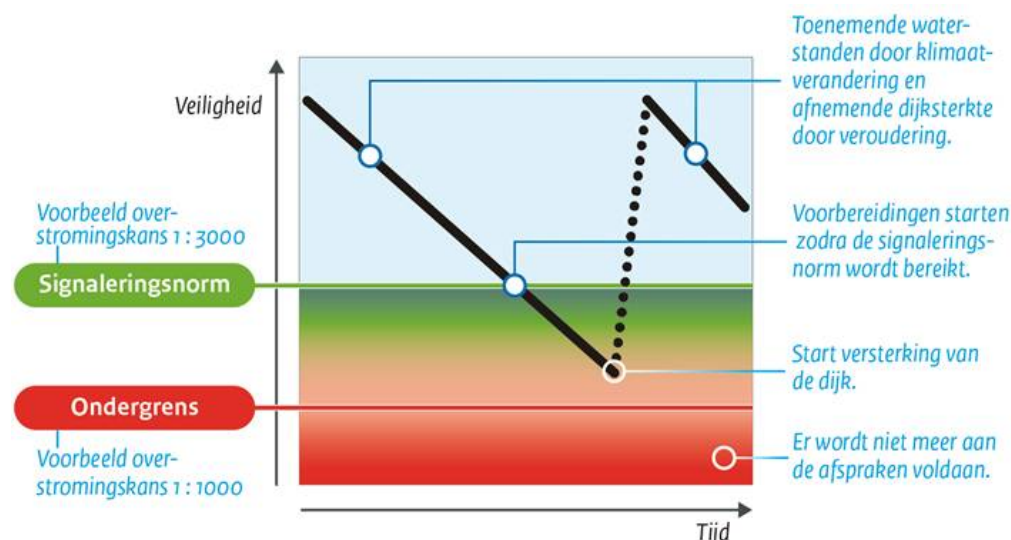
2.2.1 Motivatie

Sinds 2017 worden de primaire waterkeringen beoordeeld aan de hand van een norm die is uitgedrukt in termen van een toegestane overstromingskans. Echter, het zal tijdens de eerste beoordelingsronde (2017-2023) niet mogelijk zijn om voor alle toetssporen en vakken een overstromingskans te berekenen, zoals betoogd in paragraaf 1.3. De uitvoer van het assemblageprotocol is daarom niet een berekende overstromingskans van het dijktraject, maar een oordeel over de mate waarin (niet) aan de norm wordt voldaan.

Er zijn diverse categorieën gedefinieerd waarmee duiding gegeven kan worden aan de mate waarin de kering voldoet ("afstand tot de norm"). In het vervolg van dit document worden de diverse categorieën nader gespecificeerd.

2.2.2 Signaleringsnorm en ondergrenswaarde

Voor een goed begrip van de grenswaarden van de categorieën is het van belang bekend te zijn met de termen 'signaleringsnorm' (of: signaleringswaarde) en 'ondergrens'. Beide zijn overstromingskansen waaraan de kering getoetst wordt. De signaleringsnorm is de overstromingskans per jaar waarvan overschrijding wordt gemeld aan de Minister. Voor deze waarde geldt dat deze voor een periode overschreden mag worden. Het overschrijden van de signaleringsnorm is een 'signaal' dat de kering mogelijk binnen afzienbare tijd in aanmerking komt voor versterking⁴. De ondergrens is de faalkans per jaar waarop het dijktraject tenminste berekend moet zijn. De ondergrens is in de regel groter dan de signaleringsnorm. Dat klinkt wellicht tegenstrijdig, maar dat heeft te maken met het feit dat de term 'ondergrens' refereert aan het geboden veiligheidsniveau. De signaleringsnorm is voor veel dijktrajecten een factor 3 kleiner dan de ondergrens. Er zijn echter ook dijktrajecten waarvoor deze waarden aan elkaar gelijk zijn⁵.



Figuur 2.3 Schematische weergave signaleringsnorm en ondergrens.

⁴ Het proces van het versterken kost meestal zo'n 10 jaar. Daarom is de signaleringsnorm ingevoerd.

⁵ Dit kan het geval zijn bij de laatste norm klassen

2.2.3 Faalkansbegroting en lengte-effect

De faalkansbegroting en het lengte-effect zijn twee andere aspecten die van belang zijn voor een goed begrip van de grenswaarden van categorieën. We geven eerst een beknopte omschrijving van deze twee begrippen, gevolgd door een meer uitgebreide verhandeling over de rol van deze twee begrippen in het proces van assemblage

Faalkansbegroting: De faalkansbegroting beschrijft voor elk faalmechanisme de (kans)eis waaraan het mechanisme moet voldoen. Deze eisen zijn zó geformuleerd dat indien alle faalmechanismen voldoen aan de aldus toegewezen eis, automatisch ook aan de norm van het dijktraject wordt voldaan

Lengte-effect: Het lengte-effect is het verschil in de faalkans van één locatie (doorsnede) en de faalkans van een strekking met een bepaalde lengte. Over het algemeen neemt de faalkans toe als de lengte van de strekking toeneemt. Het lengte-effect verschilt per faalmechanisme.

De gedetailleerde toets per dijktraject is alleen beschikbaar voor een deelverzameling van toetssporen. Voor de meeste toetssporen kan daarom alleen een toets per vak worden uitgevoerd. De gedetailleerde toets per vak wordt, afhankelijk van het toetsspoor, probabilistisch of semi-probabilistisch uitgevoerd (zie hoofdstuk 3 voor het overzicht van toetssporen die (semi-) probabilistisch worden getoetst). In een semi-probabilistische toets worden geen overstromingskansen berekend; er wordt alleen bepaald of een kering voldoet aan een betrouwbaarheidseis. Dat betekent dat alleen wordt bepaald of wel/niet met voldoende zekerheid gesteld kan worden of de werkelijke overstromingskans kleiner is dan de gestelde eis, maar de overstromingskans zelf wordt niet bepaald. Er komt in de semi-probabilistische toets dus geen informatie beschikbaar over de overstromingskans per doorsnede, vak of dijktraject. Om toch iets te kunnen zeggen over de mate van veiligheid van het dijktraject wordt voor alle dijkvakken/dwarsdoorsneden in het dijktraject een faalkanseis gedefinieerd voor elk relevant toetsspoor. De faalkanseisen worden zó gedefinieerd dat, indien op basis van de semi-probabilistische toets wordt vastgesteld dat alle dijkvakken/dwarsdoorsneden hieraan voldoen, met voldoende zekerheid gesteld kan worden dat het dijktraject als geheel een faalkans heeft die kleiner is dan de norm. De afzonderlijke faalkanseisen per combinatie van dwarsdoornede en toetsspoor worden afgeleid uit de wettelijk vastgestelde veiligheidsnorm per dijktraject. Deze faalkanseisen dienen als uitgangspunt van de semi-probabilistische toets voor een doorsnede/dijkvak. Voor de toetssporen waarvoor een *probabilistische* toets per vak wordt uitgevoerd is dezelfde vertaalslag nodig in de faalkanseis.

De vertaalslag van de eis per dijktraject naar de eis per toetsspoor per doorsnede gebeurt in twee stappen:

Stap 1; verdeling norm-kans over de toetssporen

In de eerste stap wordt de norm-kans van het dijktraject verdeeld over de diverse toetssporen. Deze “faalkansbegroting” is binnen WBI2017 generiek opgesteld voor alle dijktrajecten, zie Tabel 2.1. Bijvoorbeeld voor het toetsspoor “piping” is 24% gereserveerd voor dijktrajecten. Indien het dijktraject een veiligheidsnorm van $1/1.000^e$ per jaar heeft, betekent dit dat aan het toetsspoor “piping” een faalkanseis van $0,24 \cdot 1/1.000 = 0,00024 \approx 1/4.000^e$ opgelegd wordt. Met andere woorden: de totale kans op een dijkdoorbraak in het dijktraject als gevolg van het toetsspoor “piping” moet kleiner zijn dan $1/4.000$, anders kan het dijktraject niet worden goedgekeurd voor dit toetsspoor. De faalkansbegroting is gebaseerd op ervaringen uit het verleden ten aanzien van het relatieve belang van toetssporen, en pragmatische keuzes. Een aanpassing van deze begroting wordt binnen het WBI2017 gezien als een toets op maat en wordt niet ondersteund door de assemblagetool.

Stap 2; vertaling faalkanseis dijktraject naar faalkanseis per doorsnede

In de tweede stap wordt, per toetsspoor, de faalkanseis van het dijktraject vertaald naar een faalkanseis per vak of per doorsnede. Deze vertaalslag wordt in het kader van het project WBI2017 generiek vastgesteld. De vertaalslag wordt vastgesteld op basis van ervaringen ten aanzien van het lengte-effect. Voor toetssporen waarvoor het lengte-effect klein is, betekent dit dat de faalkanseis per doorsnede relatief weinig verschilt van de faalkanseis per dijktraject. Omgekeerd, voor toetssporen met een relatief groot lengte-effect zal dit verschil groter zijn, hetgeen aanleiding geeft tot relatief strenge faalkanseisen per doorsnede. In de vertaalslag van dijktraject naar doorsnede wordt ook rekening gehouden met het feit dat sommige toetssporen normaal gesproken niet over het hele dijktraject kunnen plaatsvinden. Het lengte-effect wordt dan alleen toegepast op het “effectieve deel” van het dijktraject, d.w.z. het deel van het dijktraject waar het toetsspoor mogelijk kan optreden.

Tabel 2.1 Faalkansbegroting (bron: tabel 2.2. uit MinVenW, 2017)

Toetsspoor	Duinen	Dijken en dammen
Hoogte kunstwerk (HTKW) of*	0	0,24
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)		
Piping (STPH)	0	0,24
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	0	0,04
Gras Erosie Buitentalud (GEBU)	0	0,05
Overige bekledingen buitentalud	0	0,05
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)	0	0,04
Piping bij kunstwerk (PKW)	0	0,02
Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)	0	0,02
Duinafslag (DA)	0,70	0
Overige toetssporen	0,30	0,30

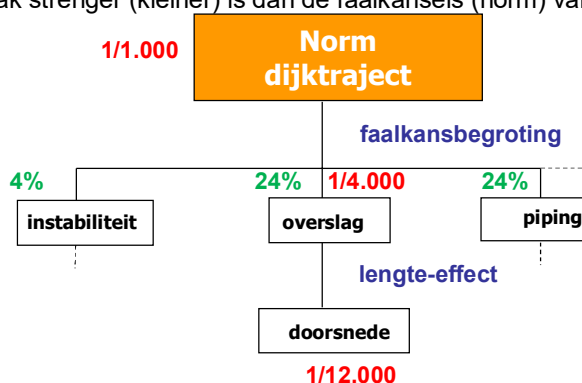
*Een vak bestaat uit een kunstwerk of grasbekleding

Samenvattend

De faalkanseis voor een vak, doorsnede of kunstwerk wordt bepaald door de norm per dijktraject te combineren met het toegewezen percentage van de faalkansbegroting (ω) en het lengte-effect (N):

$$P_{eis;vak} = \frac{\omega P_{eis;traject}}{N_{vak}} \quad (1)$$

De waarde van ω is kleiner dan of gelijk aan 1 en de waarde van N is groter dan of gelijk aan 1. Het gevolg van het toepassen van de faalkansbegroting en lengte-effect is daarom dat de faalkanseis voor een vak strenger (kleiner) is dan de faalkanseis (norm) van een dijktraject.



Figuur 2.4 Voorbeeld van omrekening van een veiligheidseis per dijktraject (norm) naar faalkanseis per doorsnede en toetsspoor.

2.2.4 Categorieën per dijktraject

In de 'Ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017), bijlage III - Sterkte en veiligheid' worden de toetsoordelen per dijktraject uitgedrukt in vijf categorieën, gerelateerd aan de afstand tot de norm. Tabel 2.2 geeft een omschrijving van de vijf categorieën, inclusief de grenswaarden. De categorieën in de Tabel zijn geordend van 'voldoet ruim' (categorie A+) tot 'voldoet ruim niet' (categorie D). In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe het oordeel van een dijktraject wordt bepaald uit de oordelen van de afzonderlijke vakken.

Tabel 2.2 Categorieën van toetsoordelen per dijktraject

Cat.	Aanduiding categorie veiligheidsoordeel	Begrenzing categorie
		P_{traject} Overstromingskans van het dijktraject [1/jaar]. $P_{\text{eis;sig}}$ Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar]. $P_{\text{eis;ond}}$ Ondergrens van het dijktraject [1/jaar].
A+	Overstromingskans van het dijktraject is veel kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet ruim aan de signaleringswaarde</i>	$P_{\text{traject}} < 1/30 * P_{\text{eis;sig}}$
A	Overstromingskans van het dijktraject is kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet aan de signaleringswaarde.</i>	$1/30 P_{\text{eis;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{eis;sig}}$
B	Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde, maar kleiner dan ondergrens. <i>Dijktraject voldoet aan de ondergrens, maar niet aan de signaleringswaarde.</i>	$P_{\text{eis;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{eis;ond}}$
C	Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet niet aan de signaleringswaarde en ook niet aan de ondergrens</i>	$P_{\text{eis;ond}} < P_{\text{traject}} < 30 * P_{\text{eis;ond}}$
D	Overstromingskans het dijktraject is veel groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens.</i>	$P_{\text{traject}} > 30 * P_{\text{eis;ond}}$

2.2.5 Categorieën per vak

Om te komen tot een veiligheidsoordeel voor een dijktraject worden de toetsoordelen per vak gecombineerd tot een toetsoordeel per traject per toetsspoor en vervolgens tot een veiligheidsoordeel voor het dijktraject. De categorieën van Tabel 2.2, zoals gedefinieerd voor dijktrajecten, kunnen niet zonder meer gebruikt worden voor het oordeel per dijkvak. Dit komt doordat aan dijkvakken strengere eisen worden gesteld dan aan dijktrajecten, als gevolg van lengte-effecten en de faalkansbegroting. Tabel 2.3 geeft een overzicht van de categoriegrenzen voor het toetsoordeel van een dijkvak. De categorieën zijn weergegeven met Romeinse cijfers om het onderscheid te maken met de hoofdletters van de categorieën per dijktraject. Tevens is het onderschrift 'v' toegevoegd om aan te duiden dat het een oordeel per dijkvak betreft en niet per dijktraject. Er is wel een verband tussen de categorieën per vak en de categorieën per dijktraject, zoals weergegeven in Tabel 2.4 en toegelicht in het vervolg van deze paragraaf.

Tabel 2.3 Categorieën van toetsoordelen per vak per toetsspoor

Cat.	Aanduiding categorie toetsoordeel per vak per toetsspoor	Begrenzing categorie
		$P_{f;dsn}$ Faalkans per vak (doorsnede of kunstwerk) [1/jaar]. $P_{eis;sig}$ Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar]. $P_{eis;ond}$ Ondergrens van het dijktraject [1/jaar]. $P_{eis;sig;dsn}$ Faalkanseis per doorsnede of kunstwerk [1/jaar]
I _v	voldoet ruim aan de signaleringswaarde	$P_{f;dsn} < \frac{1}{30} P_{eis;sig;dsn}$
II _v	voldoet aan de signaleringswaarde	$\frac{1}{30} P_{eis;sig;dsn} < P_{f;dsn} < P_{eis;sig;dsn}$
III _v	voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde	$P_{eis;sig;dsn} < P_{f;dsn} < P_{eis;ond;dsn}$
IV _v	voldoet mogelijk aan de ondergrens en/of aan de signaleringswaarde	$P_{eis;ond;dsn} < P_{f;dsn} < P_{eis;ond}$
V _v	voldoet niet aan de ondergrens	$P_{eis;ond} < P_{f;dsn} < 30 P_{eis;ond}$
VI _v	voldoet ruim niet aan de ondergrens	$P_{f;dsn} > 30 P_{eis;ond}$
VII _v	nog geen oordeel	

Tabel 2.4 Relatie tussen de categorie-indeling per vak en de categorie-indeling per dijktraject.

Categorie vak	Categorie dijktraject
I _v	A+
II _v	A
III _v	B
IV _v	-
V _v	C
VI _v	D
VII _v	-

De grenswaarde van categorie A+ (traject) is vergelijkbaar met de grenswaarde van categorie I_v (vak), namelijk $\frac{1}{30}$ * signaleringswaarde. Echter, voor categorie A+ betreft het de signaleringswaarde voor het *dijktraject*, voor categorie I_v betreft het de signaleringswaarde voor een *vak* (doorsnede). Deze grenzen verschillen onderling van waarde als gevolg van het feit dat in de signaleringswaarde van het vak rekening gehouden wordt met de faalkansbegroting en het lengte-effect. Op vergelijkbare wijze corresponderen de grenswaarden van categorie A en categorie II_v en de grenswaarden van categorie B en categorie III_v. De grenswaarde van categorie D komt *exact* overeen met de grenswaarde van de categorie VI_v, namelijk 30 * ondergrenswaarde. Het betreft hier in beide gevallen de ondergrenswaarde van het *dijktraject*, er wordt dus geen onderscheid meer gemaakt als gevolg van lengte-effect en faalkansbegroting. Op vergelijkbare wijze corresponderen de grenswaarden van categorie C en categorie V_v.

De grenswaarden van categorieën I_v , II_v en III_v zijn dus uitgedrukt als functie van signaleringswaarde *per vak*, terwijl de grenswaarden van categorieën V_v en VI_v zijn uitgedrukt als functie van ondergrenswaarde *per dijktraject*. De overgang wordt gemaakt bij categorie IV_v , waarvan de grenzen bestaan uit enerzijds de ondergrenswaarde *per vak* en anderzijds de ondergrenswaarde van het *dijktraject*. Er wordt dus een transitie gemaakt in de grenswaarden: grenswaarden uitgedrukt als functie van *vak*-eisen (categorieën I_v , II_v en III_v) versus uitgedrukt als functie van *dijktraject*-eisen (categorieën V_v en VI_v). De redenering achter deze keuze is als volgt:

Categorieën A en A+ geven aan dat het dijktraject voldoet aan beide normen. Categorie B geeft aan dat het traject voldoet aan de ondergrenswaarde. Er moet voorkomen worden dat het dijktraject ten onrechte wordt verondersteld aan de norm te voldoen. Om die reden worden aan categorieën I_v , II_v en III_v relatief strenge eisen opgelegd. Gevolg: indien alle toetsspoor-vakken voldoen aan de eisen van categorie I_v , kan met zekerheid gesteld worden dat per dijktraject voldaan wordt aan de eisen van categorie A+. Immers, elk vak voldoet dan aan de relatief strenge vak-eisen van categorie I_v waarin rekening is gehouden met het lengte-effect en de faalkansbegroting. Vanuit eenzelfde redenering kan gesteld worden dat als alle toetsspoor-vakken voldoen aan de eisen van categorie II_v , het dijktraject met zekerheid voldoet aan de eisen van categorie A. Idem voor categorie III_v en categorie B.

Categorieën C en D geven aan dat het dijktraject niet voldoet aan de geldende normen. Er moet voorkomen worden dat het dijktraject ten onrechte verondersteld wordt niet aan de normen te voldoen. Indien voor categorie V_v de relatief strenge vak-eisen opgelegd zouden worden, kan dat mogelijk *wel* ten onrechte tot deze conclusie leiden. Immers, het kan zijn dat één vak terecht komt categorie V_v , terwijl alle overige vakken terecht komen in een hogere categorie (I_v , II_v of III_v). Het is dan mogelijk dat de overstromingskans van dit dijktraject kleiner is dan de ondergrenswaarde (van het dijktraject) en dus in categorie B of zelfs A terecht komt. Als een individueel vak niet voldoet aan de ondergrenswaarde van het *vak*, kan dus niet met zekerheid gesteld worden dat het dijktraject niet voldoet aan de ondergrenswaarde van het *dijktraject* en dus thuis hoort in categorie C of D. Daarom wordt voor het vak in de categorieën V_v en VI_v de ondergrenswaarde van het *dijktraject* als grenswaarde gebruikt: als één vak niet voldoet aan de ondergrenswaarde van het dijktraject kan dan met zekerheid gesteld worden dat het dijktraject eveneens niet voldoet aan de ondergrenswaarde van het dijktraject en dus thuis hoort in categorie C of D.

Dus, om te voorkomen dat ten onrechte wordt verondersteld dat een dijktraject voldoet aan de normen wordt in categorieën I_v , II_v en III_v gewerkt met *vak*-eisen en om te voorkomen dat ten onrechte wordt verondersteld dat een dijktraject niet aan de normen voldoet wordt in categorie V_v en categorie VI_v gewerkt met *dijktraject*-eisen. De grenswaarden van deze categorieën zijn dus zo gekozen dat de categorie per vak zeggingskracht heeft ten aanzien van de categorie van het dijktraject. Een gevolg van deze “veilige” keuzen is wel dat de tussenliggende categorie, IV_v , relatief groot kan zijn, vooral voor toetssporen met een groot lengte-effect zoals macrostabiliteit binnenwaarts en piping. Voor deze toetssporen kan het verschil tussen een vak-eis en een dijktraject-eis oplopen tot een factor 100 of meer. In het meest extreme geval, voor het langste dijktraject en het toetsspoor macrostabiliteit binnenwaarts, is het verschil zelfs een factor 800.

Voor categorie IV_v kan geen uitspraak gedaan kan worden over het veiligheidsoordeel van het dijktraject. Het verschil tussen de ondergrens en bovengrens van categorie IV_v kan, zoals gezegd, groot zijn bij vooral de geotechnische toetssporen zoals “macrostabiliteit binnenwaarts” (STBI) en “piping” (STPH). Vooral voor STBI en STPH is er dus een relatief grote kans dat een vak wordt ingedeeld in categorie IV_v , waarvoor mogelijk geen uitspraak gedaan kan worden over het veiligheidsoordeel van het dijktraject. Dit is uiteraard ongewenst. Voor deze toetssporen (STBI en STPH) wordt gewerkt aan het implementeren van een probabilistische toets per vak en in de toekomst een probabilistische toets per dijktraject om voor deze gevallen een veiligheidsoordeel per vak en per dijktraject te kunnen vellen.

Voor de toetssporen STBI en STPH wordt de beheerder in voorkomende gevallen aanbevolen om een probabilistische toets per vak of een probabilistische toets per traject uit te (laten) voeren zodra de instrumentaria daarvoor beschikbaar zijn.

Aanvullend op de probabilistische toetsmethoden wordt in het assemblageprotocol voor onder andere deze twee toetssporen (STBI en STPH) een methode aangeboden waarmee op basis van de in de semi-probabilistische toetsing berekende veiligheidsfactoren een schatting wordt afgeleid van de overstromingskans van het dijkvak. De kansschatting van alle vakken in een dijktraject wordt vervolgens gebruikt om de overstromingskans van het dijktraject te schatten. Deze dijktrajectkans wordt gebruikt om (alsnog) een veiligheidsoordeel voor het dijktraject af te leiden. Deze methode wordt meer in detail besproken in hoofdstuk 4.

3 Toetsoordeel per vak

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft per toetsspoor voor de eenvoudige toets, gedetailleerde toets en toets op maat hoe het toetsoordeel van een vak kan worden geduid met een categorie. Dit is stap 0 van het assemblageproces, zoals eerder beschreven in paragraaf 2.1.

3.2 Groepering van toetssporen

In de 'Ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, bijlage III Sterkte en veiligheid, hoofdstuk 2)' is een overzicht gegeven van de toetssporen en de groepering van de toetssporen. De groepering is gerelateerd aan het type berekening (probabilistisch, semi-probabilistisch, etc.) en of het toetsspoor betrekking heeft op een 'direct' of 'indirect' toetsspoor. De methode voor het bepalen van het toetsoordeel per vak is afhankelijk van de groep waartoe het betreffende toetsspoor behoort. De volgende vijf groepen worden onderscheiden:

- Groep 1 *Toetssporen waarbij de gedetailleerde toets per vak met een probabilistische analyse wordt uitgevoerd.* Het betreft de toetssporen 'hoogte kunstwerk', 'betrouwbaarheid sluiting kunstwerk', 'sterkte en stabiliteit puntconstructie' en 'grasbekleding erosie kruin en binnentalud'.
- Groep 2 *Toetssporen waarbij in de gedetailleerde toets per vak een semi-probabilistische analyse wordt uitgevoerd die door extrapolatie een afstand tot de norm levert.* Het betreft de toetssporen 'macrostabiliteit binnenwaarts' en 'piping'.
- Groep 3 *Toetssporen waarbij in de gedetailleerde toets per vak een semi-probabilistische analyse wordt uitgevoerd.* De veiligheidsfactoren voor deze analyse zijn voor het WBI2017 opnieuw afgeleid. Er zijn aparte berekeningen nodig, met aangepaste hydraulische belastingen, om de afstand tot de norm te geven. Het betreft de toetssporen 'duinafslag', 'stabiliteit steenzetting', 'golfklappen op asfaltbekleding' en 'grasbekleding erosie buitentalud'.
- Groep 4 *Toetssporen waarvoor geen probabilistische berekening of semi-probabilistische berekening met veiligheidsfactoren die voor WBI 2017 is uitgevoerd.* Het betreft de toetssporen die niet zijn gewijzigd ten opzichte van het voorgaande toetsinstrumentarium danwel toetssporen waarvoor geen gedetailleerde toets beschikbaar is. Het gaat om de toetssporen 'microstabiliteit', 'wateroverdruk bij asfaltbekleding', 'grasbekleding afschuiven buitentalud', 'grasbekleding afschuiven binnentalud', 'piping bij kunstwerken', 'sterkte en stabiliteit langsconstructies', 'technische innovatie' en 'macrostabiliteit buitenwaarts'.
- Groep 5 *Toetssporen die de beoordeling van indirecte mechanismen beschrijven.* Een indirect mechanisme is een mechanisme dat niet direct leidt tot falen van de waterkering, maar de kans op falen door een vervolgmecanisme vergroot. Het betreft de toetssporen 'golfafslag voorland', 'afschuiving voorland', 'zettingsvloeiing voorland', 'havendammen' en 'niet waterkerende objecten' (bebouwing, begroeiing, kabels en leidingen en overige constructies).

In de onderstaande Tabel is per toetsspoor aangegeven in welke groep deze vallen en welke toets beschikbaar is.

Tabel 3.1 Overzicht van toetssporen en groepering

Toetssporen	Code	Groep	Eenvoudig	Gedetailleerd per vak	Gedetailleerd per dijktraject
Dijken en dammen					
Macrostabieliteit binnenwaarts	STBI	2	X	X	X
Macrostabieliteit buitenwaarts	STBU	4	X	X	
Piping	STPH	2	X	X	X
Microstabieliteit	STMI	4	X	X	
<i>(Bekledingen)</i>					
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	3	X	X	
Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	4	X		
Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU	3	X	X	
Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	4	X	X	
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	1	X	X	X
Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	4	X	X	
Stabiliteit steenzetting	ZST	3		X	
Duinwaterkering					
Duinafslag	DA	3		X	X
Kunstwerken					
Hoogte kunstwerk	HTKW	1	X	X	X
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	1	X	X	X
Piping bij kunstwerk	PKW	4	X	X	
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	1		X	X
Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	4	X		
Voorland					
Golfafslag voorland	VLGA	5	X		
Afschuiving voorland	VLAF	5	X	X	
Zettingsvloeiing voorland	VLZV	5	X	X	
Niet-waterkerende objecten					
Bebouwing	NWObe	5	X		
Begroeiing	NWObo	5	X		
Kabels en leidingen	NWOkI	5	X	X	
Overige constructies	NWOoc	5			
Havendammen	HAV	5	X	X	
Technische innovatie	INN	4	X		

3.3 Toetsoordeel eenvoudige toets

Bij de eenvoudige toets wordt er voor het bepalen van het toetsoordeel geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende groepen toetssporen. Als er wordt voldaan aan de eenvoudige toets wordt het vak ingedeeld in categorie I_v. Als er niet wordt voldaan wordt aan de eenvoudige toets dan dient de toets te worden vervolgd met een gedetailleerde toets of toets op maat. De indeling in categorie wordt dan dus bepaald door de uitkomst van de gedetailleerde toets of de toets op maat. De uitkomst van de eenvoudige toets is dus 'categorie I_v' (faalkans verwaarloosbaar) of 'nog geen oordeel'. Verder doorgaan in het beoordelingsproces is in het laatste geval noodzakelijk.

Hierbij wordt opgemerkt dat het toetsoordeel voor de toetssporen van groep 5 ('indirecte toetssporen') niet in het assembleren wordt meegenomen. Het toetsspoor leidt immers niet direct tot falen, maar indirecte toetssporen vergroten de kans op falen door een direct toetsspoor. Het toetsoordeel is wel van belang om te bepalen hoe de toets vervolgd moet worden. Het niet voldoen aan een eenvoudige toets voor een indirect mechanisme is in de praktijk vaak aanleiding

voor het definiëren van een extra scenario (of meerdere extra scenario's) voor een direct mechanisme.

3.4 Toetsoordeel gedetailleerde toets per vak

Bij de gedetailleerde toets per vak wordt bij het bepalen van het toetsoordeel onderscheid gemaakt in de vijf groepen toetssporen van paragraaf 3.2. Onderstaande subparagrafen beschrijven per groep hoe het toetsoordeel wordt vastgesteld. In Deltares (2017) is in meer detail per toetsspoor voor de gedetailleerde toets per vak aangegeven wat de mogelijke toetsoordelen, categorieën en toetseisen zijn.

3.4.1 Groep 1 - toetssporen met probabilistische analyse

Bij deze toetssporen wordt de gedetailleerde toets per vak met een probabilistische analyse uitgevoerd. De berekende faalkans per doorsnede wordt direct vergeleken met de faalkanseis (behorende bij de bovengrens of ondergrens) van de verschillende categorieën, waardoor het toetsoordeel en daarmee de categorie kan worden bepaald.

3.4.2 Groep 2 - toetssporen met semi-probabilistische analyse en afstand tot de norm

Bij deze toetssporen wordt de gedetailleerde toets per vak met een semi-probabilistische analyse uitgevoerd. Voor deze toetssporen wordt de norm van het dijktraject gebruikt voor het afleiden van de hydraulische belastingen.

Voor deze toetssporen is een relatie bekend tussen enerzijds de veiligheidsfactor en anderzijds de geschatte faalkans van een doorsnede. Op basis van deze relatie kan de faalkans van de doorsnede geschat worden uit de veiligheidsfactor die berekend is in de gedetailleerde toets per vak. Hiermee is het mogelijk om het toetsresultaat (een berekende veiligheidsfactor) te vergelijken met de grenzen van de verschillende categorieën van het assemblageprotocol, en daarmee de categorie te bepalen van het vak.

3.4.3 Groep 3 - belastingdominante toetssporen met semi-probabilistische analyse

Voor de toetssporen in groep 3 wordt de belasting gevarieerd om de afstand tot de norm te bepalen. Het betreft de toetssporen 'duinafslag', 'stabiliteit steenzetting', 'golfklappen op asfaltbekleding' en 'grasbekleding erosie buitentalud'. De belasting wordt 'opgevoerd' tot een grenswaarde wordt overschreden waarbij de semi-probabilistische toets aangeeft dat de kering naar verwachting deze belasting niet kan weerstaan. De overschrijdingsfrequentie van de waterstand waarbij deze grenswaarde wordt overschreden is dan bepalend voor de berekende afstand tot de norm.

Voor de toetssporen 'duinafslag' en 'grasbekleding erosie buitentalud' is deze aanpak in lijn met de methode waarvoor de gedetailleerde toets per vak wordt uitgevoerd. Voor deze twee toetssporen wordt de belasting gerelateerd aan de faalkanseis per doorsnede. Voor de toetssporen 'stabiliteit steenzetting' en 'golfklappen op asfaltbekleding' geldt dat de semi-probabilistische toets wordt uitgevoerd met een hydraulische belasting die correspondeert met de dijktrajectnorm. Voor deze twee toetssporen is het variëren van de belasting (afwijkend van de belasting die correspondeert met de dijktrajectnorm) dus formeel strijdig met de methode waarop de semi-probabilistische toets wordt uitgevoerd. Om dat te voorkomen zou een vergelijkbare methode toegepast moeten worden als voor groep 2 ('macrostabiliteit binnenwaarts' en 'piping'). Die methode is echter niet praktisch toepasbaar voor 'stabiliteit steenzetting' en 'golfklappen op asfaltbekleding', omdat deze toetssporen relatief belastingdominant zijn in vergelijking met 'macrostabiliteit binnenwaarts' en 'piping'. De 'afwijking' van de gedetailleerde toets per vak is daarom noodzakelijk om op zinnige wijze de indeling in categorieën mogelijk te maken.

Omdat de toetssporen in deze groep belastingdominant zijn, moet bij het bepalen van de categorie van een vak rekening gehouden worden met de hydraulische belastingen die

corresponderen met de grenswaarden van de categorieën voor de beoordeling van het vak. Dit betekent dat de toetsberekeningen bij verschillende hydraulische belastingen moet worden uitgevoerd om elk vak in te kunnen delen in een categorie. Dat geeft dus aanleiding tot (noodzakelijk) extra rekenwerk.

Het is mogelijk dat een vak terecht komt in categorie IV_v. Een dergelijke uitkomst geeft aan dat er feitelijk nog niet vastgesteld kan worden of het vak een faalkans heeft die kleiner is dan de faalkanseis. Dat betekent dat er verder getoetst moet worden in de gedetailleerde toets per dijktraject (immers, er is geen kansschatting op basis van een veiligheidsfactor beschikbaar). Voor de toetssporen 'grasbekleding erosie buitentalud', 'stabiliteit steenzetting' en 'golfklappen op asfaltbekleding' is geen gedetailleerde toets per dijktraject beschikbaar. Daarom wordt in het protocol een oordeel in de categorie IV_v bij het bepalen van het veiligheidsoordeel, gelijk gesteld aan categorie V_v.

3.4.4 Groep 4 - toetssporen zonder afgeleide veiligheidsfactoren voor WBI2017

Bij deze toetssporen is geen probabilistische berekening of semi-probabilistische berekening beschikbaar met veiligheidsfactoren die afgeleid zijn voor WBI2017. Voor deze toetssporen wordt (doorgaans) niet gerekend met de faalkanseis per doorsnede of constructie. Ook worden de faalkansbegroting en lengte-effect (veelal) niet in rekening gebracht. Voor het afleiden van de hydraulische belastingen wordt de norm van het dijktraject gebruikt.

Van de toetssporen in groep 4 kan per vak alleen het toetsoordeel categorie II_v (indien de kering volgens de beoordeling een faalkans heeft die kleiner is dan de norm) of categorie V_v (indien de kering volgens de beoordeling een faalkans heeft die groter is dan de norm) krijgen.

3.4.5 Groep 5 - indirecte toetssporen

Deze toetssporen hebben betrekking op indirecte toetssporen, waarvoor geen faalkanseis per doorsnede of kunstwerk geldt. Voor het afleiden van de hydraulische belastingen wordt de norm van het dijktraject gebruikt.

Deze toetssporen worden niet meegenomen in de assemblage. Er zal wel gerapporteerd worden of deze toetssporen voldoen aan de gedetailleerde toets (vergelijkbaar met categorie II_v) of bij de directe toetssporen rekening moet worden gehouden met de invloed van deze toetssporen. Dit gebeurt in een toets op maat, waarbij mogelijk het toetsoordeel van een direct toetsspoor wordt aangepast.

3.5 Toetsoordeel gedetailleerde toets per dijktraject

In een gedetailleerde toets per dijktraject wordt, indien beschikbaar voor een toetsspoor, per toetsspoor de faalkans afgeleid uit de faalkansen per vak. Deze faalkansen kan direct worden vergeleken met de grenzen van de verschillende categorieën, waardoor het toetsoordeel en daarmee de categorie kan worden bepaald voor het traject.

3.6 Toetsoordeel toets op maat

In de toets op maat kan per vak het toetsoordeel en categorie worden bepaald conform de beschrijving bij de eenvoudige toets, gedetailleerde toets per vak of gedetailleerde toets per dijktraject.

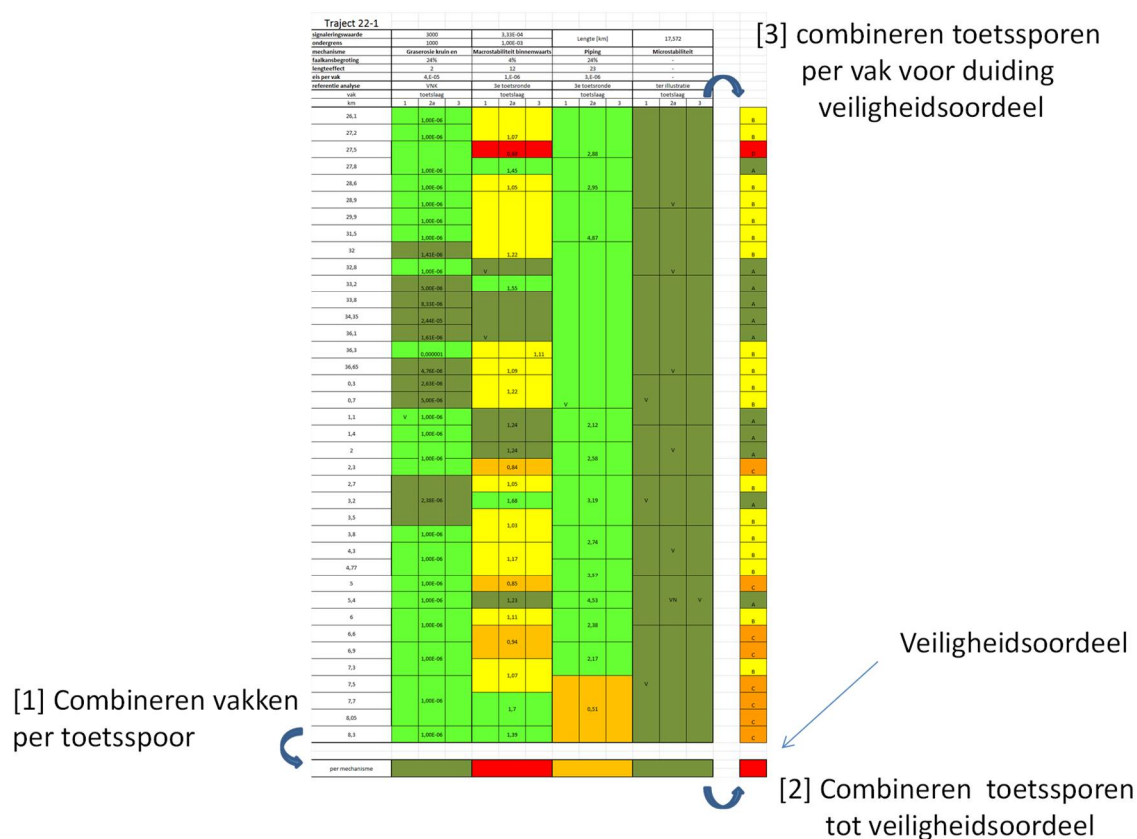
Een toetsoordeel uit een toets op maat moet in één van de categorieën vallen die beschreven zijn (en dus mogelijk zijn) voor het betreffende toetsspoor. Bijvoorbeeld als een toetsspoor bij de semi-probabilistische gedetailleerde toets alleen in categorie II_v of categorie V_v kan vallen, dan kan uit een toets op maat voor dit toetsspoor niet een andere categorie volgen dan categorie II_v of V_v. Een andere categorie kan in de assemblage naar veiligheidsoordeel mogelijk niet worden verwerkt.

4 Combineren van oordelen van toetsspoorvakken

4.1 Inleiding

Om te komen tot een veiligheidsoordeel voor een dijktraject worden de toetsoordelen per toetsspoor en per vak gecombineerd. Figuur 4.1 geeft een schematisch voorbeeld van een dijktraject met vakken (rijen) en toetssporen/toetssporen (kolommen). De pijlen geven de mogelijke richtingen aan waarover gecombineerd wordt. Om te komen tot een veiligheidsoordeel voor een dijktraject worden eerst per toetsspoor alle vakken gecombineerd tot een oordeel voor het toetsspoor per dijktraject (stap [1] in Figuur 4.1) en vervolgens worden de toetssporen gecombineerd tot een oordeel voor het dijktraject (stap [2] in Figuur 4.1).

Om tot een veiligheidsoordeel te komen is het alleen nodig om de toetssporen te combineren over het dijktraject en niet per vak. Echter, er is ook behoefte aan een ruimtelijke duiding van het veiligheidsoordeel te komen om te weten waar de “zwakste plekken” zitten in het dijktraject. Voor de ruimtelijke duiding van het veiligheidsoordeel worden daarom voor de “grootste gemene deler” van alle vakindelingen⁶ de oordelen van alle toetssporen gecombineerd (stap [3] in Figuur 4.1).



Figuur 4.1 Combineren van toetsoordelen

⁶ Het gebruik van de “grootste gemene deler” is noodzakelijk omdat de vakindeling per mechanisme kan verschillen.

In het kader van de assemblage zijn dus drie combinatie-stappen van belang:

- [1] combineren van vakken tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor;
- [2] combineren van toetsoordelen per traject van alle relevante toetssporen tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject;
- [3] combineren van vak-oordelen van alle relevante toetssporen tot een gecombineerd toetsoordeel per vak.

Deze drie stappen worden in het vervolg van dit hoofdstuk besproken. Voor twee toetssporen, macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) en Piping (STPH), wordt voorafgaand aan deze drie stappen eerst een voorbewerking uitgevoerd: verwerken van het lengte-effect binnen een vak.

4.2 Verwerken van het lengte-effect binnen een vak

Het startpunt van het assembleren is een toetsresultaat per vak op basis van de beschikbare informatie uit de beoordeling. Feitelijk is het een toetsresultaat en daarmee een toetsoordeel voor een representatieve *doorsnede* binnen het vak. De onderliggende aanname is dat overstromingskansen per doorsnede gelijk zijn aan overstromingskansen per vak. Voor de toetssporen piping (STPH) en macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) is deze aanname echter in de regel niet geldig. Het lengte-effect bij deze toetssporen is namelijk significant groter dan voor de andere toetssporen. Dat heeft tot gevolg dat de faalkans van een dijkvak voor deze faalmechanismen substantieel groter kan zijn dan de faalkans per doorsnede.

Om hier rekening mee te houden, wordt bij het assembleren voor deze twee toetssporen het lengte-effect binnen een vak in rekening gebracht. De formule voor het berekenen van het lengte-effect voor deze toetssporen is als volgt (zie MinlenW, 2017):

$$N_{ds} = 1 + \frac{a_l L_{traject}}{b_l} \quad (2)$$

Waarin:

N_{ds}	=	Lengte-effect factor van doorsnede naar traject (v.v.)
a_l	=	Mechanismegevoelige fractie van de dijktrajectlengte [-].
b_l	=	Lengtemaat die de intensiteit van het lengte-effect weergeeft binnen de mechanismegevoelige lengte van het dijktraject [m].
$L_{traject}$	=	Lengte van het dijktraject zoals ingevoerd door de gebruiker [m].

Formule (2) wordt in de praktijk vooral toegepast bij het bepalen van een faalkans-eis voor een doorsnede uit de trajectnorm. Tabel 4.1 toont de waarden van parameters a_l en b_l (MinlenW, 2017).

Tabel 4.1 Vastgestelde waarden van parameters a_l en b_l uit formule (2)

Toetsspoor	Watersysteem	a_l [-]	b_l [m]
Macrostabiliteit	Alle	0,033	50
Piping	Piping-gevoelige trajecten Bovenrivieren	0,9	300
Piping	Overige	0,4	300

In het assemblageprotocol wordt formule (2) ook toegepast voor de vertaalslag van de faalkans per doorsnede naar de faalkans voor een dijkvak, maar dan met invulling van de lengte van het dijkvak in plaats van de lengte van het traject:

$$N_{dv} = 1 + \frac{a_l L_{dijkvak}}{b_l} \quad (3)$$

Waarin:

N_{dv} = Lengte-effect factor voor een dijkvak
 $L_{dijkvak}$ = Lengte van het dijkvak [m].

De faalkans van een dijkvak wordt dus gelijk gesteld aan het product van N_{dv} en de faalkans van de doorsnede. We merken op dat formule (3) formeel een oneigenlijke vertaalslag is van formule (2). Parameter a_l in formule (2) is namelijk gebaseerd op de notie dat niet alle vakken in een dijktraject evenveel zullen bijdragen aan de faalkans van het dijktraject. Echter, binnen een dijkvak kan een dergelijke 'relaxatie' formeel niet worden toegepast omdat een dijkvak geacht wordt uniform te zijn. Uitgaande van de aanname van uniformiteit zou de volgende formule een betere inschatting geven van het lengte-effect binnen een dijkvak:

$$N_{dv} = \frac{1 - (1 - p_{ds})^{L_{dijkvak}/b_l}}{p_{ds}} \quad (4)$$

In deze formule is p_{ds} de berekende faalkans van een doorsnede. De reden dat er toch voor gekozen is om formule (3) toe te passen is dat in de praktijk de aanname van uniformiteit vaak niet van toepassing is op het dijkvak. Om allerlei praktische redenen wordt namelijk bij de beoordeling vaak een relatief ongunstige doorsnede gebruikt voor de doorsnedetoets, al dan niet in combinatie met een eveneens ongunstig ondergrondscenario. Dat kan leiden tot relatief grote doorsnedekansen. Toepassen van formule (4) zou die grote kansen nog verder "opblazen" bij de vertaalslag naar kansen per dijkvak en vervolgens naar de kansen per dijktraject.

In deze voorberwerking voorafgaand aan stap 1 van het assemblageprotocol wordt de berekende of geschatte faalkans op basis van het toetsresultaat, die dus feitelijk van toepassing is op een doorsnede, vermenigvuldigd met lengte-effect-factor N_{dv} op basis van formule (3) om te komen tot een geschatte faalkans voor het dijkvak.

Deze voorberwerking voorafgaand aan stap 1 is van belang voor de vervolgstappen waarin de berekende of geschatte faalkansen van de verschillende vakken in een traject worden gecombineerd. Het heeft echter *geen* invloed op het toetsoordeel per vak. Voor het toetsoordeel per vak moet immers de berekende of geschatte faalkans per doorsnede vergeleken worden met de eisen per doorsnede. De eisen per doorsnede zijn bepaald door rekening te houden met het lengte-effect voor het traject als geheel en gelden derhalve per doorsnede. Het in rekening brengen van het lengte-effect per vak heeft dus geen invloed op de toetsoordelen per vak.

4.3 Stap [1] - combineren van vakken tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor

4.3.1 Inleiding

Voor alle toetssporen die in de gedetailleerde toets per vak probabilistisch zijn doorgerekend is een faalkans per vak beschikbaar. Voor een deel van de toetssporen die in de gedetailleerde toets per vak *semi*-probabilistisch worden berekend kan een kans*schatting* worden afgeleid uit de berekende veiligheidsfactor. Voor alle overige toetssporen is een dergelijke kanswaarde niet beschikbaar en is alleen bekend (zie hoofdstuk 5) in welke beoordelingscategorie het vak terecht is gekomen.

De toetssporen kunnen dus ingedeeld worden in twee groepen: een groep waarvoor wel kanswaarden beschikbaar zijn en een groep waarvoor geen kanswaarden beschikbaar zijn. Voor beide groepen wordt een aparte methode toegepast om een oordeel per dijktraject af te leiden. De beide methoden worden toegelicht in de volgende paragrafen.

4.3.2 Stap [1a] – combineren van toetssporen waarvoor geen kansschatting beschikbaar is

Voor de groep van toetssporen zonder vakkansen wordt het principe gehanteerd van “het zwakste vak is leidend”. Voor het toetsspoor in kwestie wordt dan bepaald welk vak het “slechtste” oordeel heeft in termen van beoordelingscategorie. Deze slechtste score is vervolgens bepalend voor het dijktraject. Dus, bijvoorbeeld, als voor een gegeven toetsspoor alleen de vakscores I_v , II_v en III_v voorkomen, dan is het trajectoordeel voor dit toetsspoor categorie III_t . Merk op dat voor de trajectscore van een individueel toetsspoor het onderschrift ‘t’ wordt gebruikt. Indien één vak in categorie VI_v terecht komt, is de categorie van het traject voor dit toetsspoor automatisch gelijk aan VI_t .

4.3.3 Stap [1b] – combineren van toetssporen waarvoor een kansschatting beschikbaar is

De methode uit de vorige paragraaf kan in principe voor alle toetssporen worden toegepast. Die methode houdt echter geen rekening met het feit dat de combinatie van faalkansen groter kan zijn dan de grootste individuele faalkansen van de vakken/toetssporen. Dat kan tot gevolg hebben dat het dijktraject mogelijk in een andere categorie thuis hoort dan die van de ‘slechtst’ scorende combinatie van toetsspoor en vak. Voor toetssporen waarvoor wel een kansschatting beschikbaar is kunnen kansen gecombineerd worden en kan wel rekening gehouden worden met het feit dat de combinatie van faalkansen groter kan zijn dan de grootste individuele faalkansen van de vakken/toetssporen. Voor deze toetssporen geldt bovendien dat het gebruik van de methode uit de vorige paragraaf (‘zwakste vak is leidend’) het eindresultaat van de beoordeling het onbevredigende resultaat ‘nog geen oordeel’ kan zijn. Dit kan voorkomen worden door gebruik te maken van de beschikbare kansschattingen.

Deze methode wordt uitgewerkt in het vervolg van deze paragraaf. Voorafgaand worden eerst twee kanttekeningen geplaatst:

- In de gedetailleerde toets per vak wordt voor diverse toetssporen een semi-probabilistische berekening uitgevoerd. Voor deze toetssporen kan alleen een kansschatting worden afgeleid uit berekende veiligheidsfactoren, maar dit is geen formele kansberekening.
- De formele methode om faalkansen van vakken te combineren wordt in de toekomst toegepast in de gedetailleerde toets per dijktraject. Het combineren van kansen van vakken die in de gedetailleerde toets per vak zijn berekend is per definitie benaderend, ook voor toetssporen waarvoor in de gedetailleerde toets per vak een volledig probabilistische berekening is uitgevoerd.

Bij het berekenen van faalkansen van combinaties van dijkvakken moet rekening gehouden worden met onderlinge afhankelijkheid. Deze onderlinge afhankelijkheid wordt voor een belangrijk deel bepaald door het feit dat hoge (extreme) belastingen voor deze vakken optreden tijdens dezelfde gebeurtenissen. Voor geotechnische toetssporen is de onzekerheid in de belasting minder bepalend voor de faalkans van een dijkvak dan voor andere toetssporen. Voor geotechnische toetssporen kan de aanname van onderlinge onafhankelijkheid tussen dijkvakken functioneel zijn om zo op relatief eenvoudige wijze een redelijke benadering van de gecombineerde faalkans van vakken in een dijktraject af te leiden. Voor andere toetssporen, zoals ‘grasbekleding erosie kruin en binnentalud’ (GEBK) is de aanname van onderlinge onafhankelijkheid niet aanvaardbaar.

Verschillen in de mate van onderlinge afhankelijkheid tussen de vakken vragen om een hybride aanpak ter bepaling van de schatting van de overstromingskans van het dijktraject. Om toch tot

een generieke aanpak te komen worden de resultaten van de verschillende methoden samengevoegd. Dit wordt samengevat in de volgende drie stappen, die voor elk toetsspoor doorlopen worden:

- [1b-1] Schat de faalkans van het dijktraject, uitgaande van onderlinge onafhankelijkheid van de vakken;
- [1b-2] Schat de faalkans van het dijktraject op basis van de grootste faalkans van een vak en het geschatte lengte-effect;
- [1b-3] Kies het minimum van de geschatte faalkansen van de vorige twee stappen.

Deze drie stappen worden in het vervolg van deze paragraaf nader toegelicht.

Stap [1b-1]: Kansschatting op basis van onderlinge onafhankelijkheid van de vakken

Deze methode levert alleen een exact resultaat als de vakken daadwerkelijk 100% onafhankelijk zijn. In werkelijkheid is er altijd sprake van enige mate van afhankelijkheid. Dat betekent dat deze methode per definitie resulteert in een bovengrensbepaarding voor de faalkans van het dijktraject. Uitgaande van onderlinge onafhankelijkheid kan de faalkans als volgt berekend worden:

- 1 Bepaal de kans op falen van elk vak in het dijktraject;
- 2 Bepaal de kans op niet-falen van elk vak ($= 1 - \text{kans op falen}$);
- 3 Vermenigvuldig de kansen op niet-falen van alle vakken; het resultaat is de kans op niet-falen van het dijktraject;
- 4 Bepaal de kans op falen van het dijktraject ($= 1 - \text{kans op niet-falen van het dijktraject}$)

In formule:

$$P_{\text{traject}} = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_i) \quad (5)$$

Waarin:

P_{traject} = faalkans dijktraject

N = aantal vakken

P_i = faalkans van vak i , $i=1..N$

Stap [1b-2]: Kansschatting op basis van de grootste faalkans en het lengte-effect

Voor toetssporen met een relatief klein lengte-effect is de aanname van onderlinge onafhankelijkheid niet geschikt. Voor deze toetssporen stellen we daarom de volgende procedure voor:

- Bepaal binnen het dijktraject het vak met de grootste faalkans;
- Vermenigvuldig deze kans met het geschatte lengte-effect.

Voor alle toetssporen dient het lengte-effect in deze methode gelijk gekozen te worden aan de waarde die voor elk toetsspoor staat voorgeschreven in bijlage III van de ministeriële regeling (MinlenW, 2017). Uitzondering hierop zijn de toetssporen piping (STPH) en macrostabiliteit binnenwaarts (STBI). Voor deze toetssporen is immers al een deel van het lengte-effect in rekening gebracht bij de vertaalslag van de faalkans per doorsnede naar de faalkans per vak, zie paragraaf 4.2. Om dubbeltelling van het lengte-effect te voorkomen passen in deze stap voor deze twee toetssporen het lengte-effect toe op de *doorsnedekans* in plaats van de *vakkans*. De doorsnedekans wordt voor deze toetssporen vermenigvuldigd met de volgende lengte-effect factor:

$$N_{tr} = 1 + \frac{a_l L_{\text{traject}}}{b_l} \quad (6)$$

Stap [1b-3] minimum van stap 1 en stap 2

Stap [1b-1] geeft naar verwachting een goede kansschatting van het dijktraject voor geotechnische toetssporen als 'piping' en 'macrostabiliteit binnenwaarts', waarvoor het lengte-effect relatief groot is (uiteraard geldt dit alleen onder de aanname dat de onderliggende kansschattingen van de dijkvakken betrouwbaar zijn). Stap [1b-2] werkt juist goed voor toetssporen waarvoor het lengte-effect relatief klein is, zoals als 'grasbekleding erosie kruin en binnentalud' (GEKB). Toepassen van stap [1b-2] voor geotechnische toetssporen en toepassen van stap [1b-1] voor GEKB kan een significante fout introduceren. Daarbij geldt dat in beide

gevallen vooral het risico op een significante overschatting groot is. Dit lichten we toe aan de hand van twee eenvoudige rekenvoorbeelden.

Rekenvoorbeeld 1: 20 vakken met even grote faalkans

Stel dat een dijktraject bestaat uit 20 vakken die allemaal een faalkans hebben van $1/10.000$. In stap [1b-1] wordt voor dit dijktraject een faalkans berekend die bij benadering gelijk is aan $20 \cdot 1/10.000 = 1/500$. Het verschil in faalkans tussen dijktraject en dijkvak is dan een factor 20. Voor hoogte-gerelateerde toetssporen zoals GEKB is bepaald dat het lengte-effect maximaal gelijk is aan 3 (MinlenW, 2017). De faalkans van het dijktraject kan voor dit toetsspoor in het rekenvoorbeeld dus niet groter zijn dan $3 \cdot 1/10.000 = 1/3.333$. De berekende faalkans in stap [1b-1] op basis van onderlinge onafhankelijkheid ($1/500$) is in dit geval dus duidelijk een overschatting.

Rekenvoorbeeld 2: één dominant vak in het dijktraject

Stel dat een dijktraject bestaat uit 20 dijkvakken waarvan één dijkvak een relatief grote faalkans heeft en alle overige dijkvakken een verwaarloosbaar kleine faalkans hebben. In deze situatie is de werkelijke faalkans van het dijktraject bij benadering gelijk aan de faalkans van het vak met de grootste faalkans. Toepassing van stap [1b-2] resulteert in een dijktrajectkans die ' N ' keer groter is dan de grootste faalkans van het vak met de grootste faalkans, waarbij N gelijk is aan het lengte-effect. Voor geotechnische toetssporen kan de waarde van N relatief groot zijn en dus in dit voorbeeld leiden tot een (onterecht) groot verschil tussen de faalkans van het dijktraject en de faalkans van het vak met de grootste faalkans.

Uit deze rekenvoorbeelden blijkt dat bij het toepassen van stap [1b-1] op hoogte-gerelateerde toetssporen (meer generiek: toetssporen met een hoge ruimtelijke correlatie) en bij het toepassen van stap [1b-2] op geotechnische toetssporen (meer generiek: toetssporen met een lage ruimtelijke correlatie) het risico op een significante overschatting groot is. Een generieke rekenmethode die voor elk toetsspoor toepasbaar is, is om zowel de faalkans van het dijktraject te bepalen op basis van stap [1b-1] en stap [1b-2] en het minimum van de twee berekende kansen te kiezen. Met deze keuze wordt voorkomen dat bij het opschalen van vakkans naar dijktrajectkans een grove overschatting wordt geïntroduceerd.

Resultierend oordeel per toetsspoor voor het dijktraject

De berekende faalkans van het dijktraject voor één toetsspoor wordt gecombineerd met dijktraject-faalkansen van andere toetssporen, zie paragraaf 4.4. Het is daarom niet noodzakelijk om de kansschatting van het dijktraject voor een individueel toetsspoor te vertalen naar een beoordelingscategorie. Echter, het indelen in categorieën kan wel inzicht verschaffen. Voor de volledigheid geeft Tabel 4.2 daarom de categorie-indeling voor toetsspoor-trajecten.

Tabel 4.2 Categorieënindeling voor toetsspoor-trajecten

categorie	Aanduiding categorie toetsoordeel per traject	Begrenzing categorie
		$P_{f;traject}$ Faalkans per traject [1/jaar]. $P_{eis;sig}$ Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar]. $P_{eis;ond}$ Ondergrens van het dijktraject [1/jaar]. Ω Gecombineerde faalkansruimtefactor
I _t	voldoet ruim aan de signaleringswaarde	$P_{f;traject} < \frac{1}{30} \Omega P_{eis;sig}$
II _t	Voldoet aan de signaleringswaarde	$\frac{1}{30} \Omega P_{eis;sig} < P_{f;traject} < \Omega P_{eis;sig}$
III _t	Voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde	$\Omega P_{eis;sig} < P_{f;traject} < \Omega P_{eis;ond}$

IV _t	voldoet mogelijk aan de ondergrens	$\Omega P_{eis;ond} < P_{f;traject} < P_{eis;ond}$
V _t	voldoet niet aan de ondergrens	$P_{eis;ond} < P_{f;traject} < 30P_{eis;ond}$
VI _t	voldoet ruim niet aan de ondergrens	$P_{f;traject} > 30P_{eis;ond}$

4.4 Stap [2] - combineren van dijktrajectoordelen van toetssporen tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject

Voor het combineren van faalkansen van toetssporen per dijktraject wordt een vergelijkbaar hybride aanpak gehanteerd als in paragraaf 4.3 (combineren van vakken per dijktraject). De volgende stappen worden doorlopen:

- [2a] Combineer alle toetssporen waarvoor per dijktraject geen kansschattingen beschikbaar zijn. Ga daarbij uit van het principe van “het slechts scorende toetsspoor is leidend”.
- [2b] Combineer alle toetssporen waarvoor per dijktraject kansschattingen beschikbaar zijn (zoals berekend volgens de procedure van paragraaf 4.3). Ga bij het combineren uit van onderlinge onafhankelijkheid van de toetssporen. De resulterende kans voor het dijktraject wordt omgezet in een dijktrajectcategorie op basis van Tabel 2.2.
- [2c] Combineer de uitkomsten van stappen 2a en 2b. Neem daarbij de “slechtste score” van stappen 2a en 2b.

Deze hybride methode maakt dus gebruik van kansschattingen waar het kan en van categorie-indelingen waar het moet.

4.5 Stap [3] - combineren van vak-oordelen van toetssporen tot een gecombineerd toetsoordeel per vak

Bij het combineren van toetssporen per vak moet rekening gehouden worden met het feit dat vak-indelingen kunnen verschillen per toetsspoor. De eerste stap bij het combineren bestaat daarom uit het maken van een nieuwe vak-indeling die beschouwd kan worden als de “kleinste gemene deler” van de vak-indelingen van alle toetssporen waarover gecombineerd wordt. De vakgrenzen van deze gecombineerde vak-indeling bestaat uit de combinatie van alle vakgrenzen van alle toetssporen. Voor elk dijkvak, V , uit deze gecombineerde vak-indeling geldt het volgende:

- voor elk toetsspoor is er exact één vak, W , aan te wijzen waar V binnen valt. Er is dus geen overlap met een ander vak.
- V is kleiner dan of gelijk aan W .

De beoordelingscategorie van categorie V wordt verondersteld gelijk te zijn aan de beoordelingscategorie van vak W . Deze aanname wordt voor alle toetssporen toegepast. Vervolgend worden de toetssporen gecombineerd voor vak V volgens het principe van “het toetsspoor met de slechtste score is leidend”.

Deze methode is dus vergelijkbaar met de methode van het combineren van vakken voor toetssporen waarvoor geen faalkansschattingen beschikbaar zijn (zie paragraaf 4.3.2). In dit geval wordt de methode dus ook toegepast voor toetssporen waarvoor wel een kansschatting beschikbaar is. Er worden voor die toetssporen in dit geval dus geen faalkansen gecombineerd. De motivatie achter deze keuze is dat de faalkansen berekend zijn voor het vak (W) en niet voor het gecombineerde vak (V).

4.6 Samenvattend

Het assembleren bestaat uit de volgende stappen:

- [0] vertalen van toetsresultaten per vak naar een toetsoordeel per vak geduid met een categorie (zie hoofdstuk 3); voorbewerking waarin het lengte effect binnen een vak wordt verwerkt (voor de toetssporen macrostabiliteit binnenwaarts en piping);
- [1] combineren van vakken tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor;
- [2] combineren van toetsoordelen per traject van alle relevante toetssporen tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject;
- [3] combineren van toetsoordelen per vak van alle relevante toetssporen tot een gecombineerd toetsoordeel per (deel-)vak.

Er zijn twee methoden om te assembleren:

- Combinatie van faalkansbijdragen
- Zwakste vak is leidend

In Tabel 4.3 is per type toetsspoor en per stap aangegeven welke methode wordt toegepast.

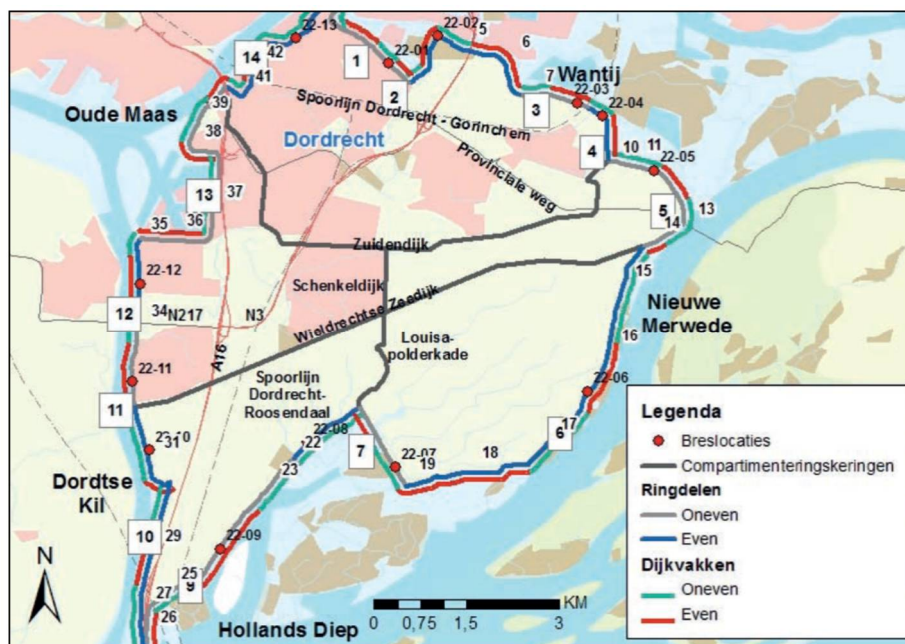
Tabel 4.3 Assembleren voor de verschillende typen toetssporen

Stap	Resultaat per stap	Toetssporen in groep 1 en 2	Toetssporen in groep 3 en 4
Stap [0]	toetsoordeel per vak	n.v.t.	
Stap [1]	Toetsoordeel per dijktraject voor een toetsspoor	Methode 'Combinatie van faalkansbijdragen'	Methode 'Het zwakste vak is leidend'
Stap [2]	Toetsoordeel van het dijktraject	Methode 'Combinatie van faalkansbijdragen'	Methode 'Het zwakste vak is leidend'
	Veiligheidsoordeel	Veiligheidsoordeel gelijk aan laagste categorie	
Stap [3]	Gecombineerde toetsoordeel per vak	Methode 'Het zwakste vak is leidend'	

5 Rekenvoorbeeld

5.1 Inleiding

Om meer gevoel te krijgen bij de werking van de procedure van het combineren van faalkansen en oordelen per vak naar een veiligheidsoordeel per dijktraject is een rekenvoorbeeld uitgewerkt voor het eiland van Dordrecht, dijktraject 22-1.



Figuur 5.1 Eiland van Dordrecht, dijktraject 22-1. Deze bestaat uit de Ringdelen 1 t/m 5 en 11 t/m 14 en Dijkvakken 1 t/m 14 en 32 t/m 46. Bron: VNK2

In dit rekenvoorbeeld zijn vier toetssporen beschouwd:

- Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEBK);
- Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI);
- Piping (STPH); en
- Microstabieliteit (STMI)

Het rekenvoorbeeld is uitgewerkt in MS-Excel. Daarmee kan direct inzichtelijk gemaakt worden hoe parameters zoals het lengte-effect en faalkansbegroting de uitkomsten van de categorieën beïnvloeden.

5.2 Basisgegevens

Faalkansen van dijkvakken

Voor 'piping' en 'macrostabieliteit binnenwaarts' zijn resultaten (stabieleitsfactoren en kwelweglengtes) van de tweede toetsronde gebruikt. Deze zijn aangeleverd door het Waterschap Hollandse Delta. De waarden zijn vervolgens omgezet in geschatte faalkansen op basis van relaties tussen faalkanseisen en veiligheidsfactoren zoals die in het kader van WBI2017 zijn afgeleid. Deze laatste relaties zijn eigenlijk niet zonder meer toepasbaar op afgeleide veiligheidsfactoren uit de tweede toetsronde, maar voor het huidige doel (opstellen van een realistisch rekenvoorbeeld) is deze aanpak acceptabel. Voor het toetsspoor 'grasbekleding erosie

kruin en binnentalud' ('overloop/overslag') zijn resultaten uit VNK overgenomen. Voor het toetsspoor microstabiliteit is fictieve data toegevoegd, waarin elk vak een toetsresultaat 'voldoet' krijgt.

Indeling in vakken

De indeling in vakken in het rekenvoorbeeld is overgenomen van dezelfde bronnen, d.w.z. de tweede toetsronde en VNK. De vakken die in VNK en de toetsronde zijn gebruikt zijn niet overal exact gelijk, waar nodig hebben we ten behoeve van het rekenvoorbeeld in enkele gevallen een vak toegevoegd. De vak-indeling verschilt per toetsspoor. Combineren van de verschillende vak-indelingen levert 38 (deel-)vakken op over een totale lengte van het dijktraject van 17,5 km.

Norm, lengte-effect en faalkansbegroting

De signaleringswaarde van het dijktraject is 1/3.000 per jaar, de ondergrenswaarde is 1/1.000 per jaar. De default faalkansbegroting van WBI is aangehouden bij het bepalen van de faalkanseis per doorsnede/vak. Voor het lengte-effect is een schatting gemaakt op basis van standaardwaarden van WBI2017. Het resultaat staat weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 *Faalkansbegroting, lengte-effect en faalkanseisen per vak*

Toetsspoor:	Grasbekleding erosie kruin en binnentalud GEKB	Macrostabiliteit binnenwaarts STBI	Piping STPH	Microstabiliteit STMI
faalkansbegroting	24%	4%	24%	-
lengte-effect	2	13	24	-
eis per vak	1/25.000	1/1.000.000	1/333.333	-

Grenswaarden per vak en dijktraject

Tabel 5.2 toont de ondergrenzen van de vijf categorieën voor het dijktraject. Tabel 5.3 toont de ondergrenzen van categorieën voor elk toetsspoor per dijktraject en per vak voor drie toetssporen. Deze grenswaarden zijn afgeleid door substitutie van de signaleringswaarde (1/3.000), de ondergrens (1/1.000) en de gegevens uit Tabel 5.1 in de formules van grenswaarden van Tabel 2.2, Tabel 2.3 en Tabel 4.2.

Tabel 5.2 *Ondergrenzen van categorieën per dijktraject*

Cat.	Ondergrens
A+	0
A	1.11E-05
B	3.33E-04
C	1.00E-03
D	3.00E-02

Tabel 5.3 Ondergrenzen van categorieën per toetsspoor per dijktraject en vak voor drie toetssporen

categorie	GEKB		STBI		STPH	
	vak	traject	vak	traject	vak	traject
I_v/I_t	0	0	0	0	0	0
II_v/II_t	1.33E-06	2.67E-06	3.54E-08	4.44E-07	1.09E-07	2.67E-06
III_v/III_t	4.00E-05	8.00E-05	1.06E-06	1.33E-05	3.28E-06	8.00E-05
IV_v/IV_t	1.20E-04	2.40E-04	3.18E-06	4.00E-05	9.85E-06	2.40E-04
V_v/V_t	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
VI_v/VI_t	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

5.3 Toetsresultaten per vak per toetsspoor

Tabel 5.4 geeft een overzicht van de toetsresultaten per doorsnede en per toetsspoor. Voor toetsspoor GEKB betreft het een berekende overstromingskans, voor STBI en STPH een berekende veiligheidsfactor. Voor toetsspoor STMI betreft het een oordeel 'V_v' (voldoet).

Voor STBI en STPH zijn de berekende veiligheidsfactoren vervolgens omgezet naar kansschattingen. Tabel 5.5 geeft het overzicht van de berekende kansschattingen per doorsnede voor de drie toetssporen STBI en STPH en GEKB.

Tabel 5.4 Overzicht toetsresultaten per doorsnede. Voor GEKB betreft het een berekende overstromingskans, voor STBI en STPH een berekende veiligheidsfactor. Voor toetsspoor STMI betreft het een oordeel 'V' (voldoet).

km	vak	GEKB			STBI			STPH			STMI		
		Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat
26.1	11		1.00E-06										
27.2	11		1.00E-06			1.07							
27.5	12					0.68			2.88				
27.8	12		1.00E-06			1.45							
28.6	12		1.00E-06			1.05			2.95				
28.9	13		1.00E-06									V	
29.9	13		1.00E-06										
31.5	13		1.00E-06						4.87				
32	13		1.41E-06			1.22							
32.8	13		1.00E-06		V							V	
33.2	13		5.00E-06			1.55							
33.8	14		8.33E-06										
34.35	14		2.44E-05										
36.1	14		1.61E-06		V								
36.3	1		1.00E-06				V _v						
36.65	1		4.76E-06			1.09						V	
0.3	1		2.63E-06			1.22							
0.7	1		5.00E-06					V			V		
1.1	2	V	1.00E-06			1.24			2.12				
1.4	2		1.00E-06										
2	2		1.00E-06			1.24			2.58			V	
2.3	2					0.84							
2.7	2					1.05							
3.2	2		2.38E-06			1.68			3.19		V		
3.5	2					1.03							
3.8	3		1.00E-06						2.74			V	
4.3	3		1.00E-06			1.17							
4.77	3								2.57				
5	4		1.00E-06			0.85							
5.4	4		1.00E-06			1.23			4.53			VN	V
6	5		1.00E-06			1.11			2.38				
6.6	5					0.94							
6.9	5		1.00E-06						2.17		V		
7.3	5					1.07							
7.5	5		1.00E-06						0.51				
7.7	5					1.7							

		GEKB			STBI			STPH			STMI		
km	vak	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets per vak	Toets op maat
8.05	5												
8.3	5		1.00E-06			1.39							
In deze Tabel staat 'V' voor 'voldoet' en 'VN' voor 'Voldoet Niet'													

Tabel 5.5 Overzicht berekende faalkansen per doorsnede voor toetssporen GEKB, STBI en STPH. Voor de lege vakken geldt dat in de beoordeling een uitkomst uit de eenvoudige toets of toets op maat is opgeleverd waar geen kansschatting aan verbonden is.

km	vak	GEKB	STBI	STPH
26.1	11	1.00E-06	8.16E-05	9.89E-12
27.2	11	1.00E-06		
27.5	12	1.00E-06	8.89E-02	6.33E-12
27.8	12		4.38E-10	
28.6	12	1.00E-06	1.33E-04	2.19E-16
28.9	13	1.00E-06	1.29E-06	
29.9	13	1.00E-06		
31.5	13	1.00E-06		
32	13	1.41E-06		
32.8	13	1.00E-06		
33.2	13	5.00E-06	7.31E-12	
33.8	14	8.33E-06		
34.35	14	2.44E-05		
36.1	14	1.61E-06		
36.3	1	1.00E-06		
36.65	1	4.76E-06	4.92E-05	
0.3	1	2.63E-06	1.29E-06	
0.7	1	5.00E-06		
1.1	2	1.00E-06	6.96E-07	2.06E-09
1.4	2	1.00E-06		
2	2	1.00E-06	6.96E-07	7.26E-11
2.3	2		9.60E-03	
2.7	2	2.38E-06	1.33E-04	1.43E-12
3.2	2		2.03E-14	
3.5	2	1.00E-06	2.14E-04	2.47E-11
3.8	3			
4.3	3	1.00E-06	5.63E-06	7.78E-11
4.77	3			
5	4	1.00E-06	8.11E-03	1.08E-15
5.4	4	1.00E-06	9.49E-07	
6	5	1.00E-06	2.93E-05	2.97E-10
6.6	5		1.52E-03	
6.9	5	1.00E-06	8.16E-05	1.40E-09
7.3	5			
7.5	5	1.00E-06	7.76E-15	2.12E-02
7.7	5			
8.05	5			
8.3	5	1.00E-06	4.26E-09	

5.4 Combineren van oordelen

5.4.1 Verwerken van het lengte-effect binnen een vak

In de voorbereiding voorafgaand aan stap 1 schalen we eerst de berekende doorsnedekansen op naar vakkansen voor de toetssporen STBI en STPH. We doen dit door toepassing van het lengte-effect volgens vgl. (3). De tabel bevat de volgende kolommen:

L = lengte dijkvak (km),

N_{dv} = het lengte-effect (-)

p_{ds} = de faalkans per doorsnede (1/jaar)

p_{vak} = de faalkans van het vak ($= N_{dv} * p_{ds}$) (1/jaar)

Tabel 5.6 Overzicht berekende faalkansen per vak voor toetssporen STBI en STPH. De faalkansen per vak zijn berekend uit de doorsnedekansen van Tabel 5.5 door toepassing van het lengte-effect volgens formule (3). L = lengte dijkvak (km), N_{dv} = het lengte-effect, p_{ds} = de faalkans per doorsnede en p_{vak} is de faalkans van het vak ($= N_{dv} * p_{ds}$).

km	vak	STBI				STPH			
		L	N_{dv}	p_{ds}	p_{vak}	L	N_{dv}	p_{ds}	p_{vak}
26.1	11	1.4	1.92	8.16E-05	1.57E-04	1.7	3.27	9.89E-12	3.23E-11
27.2	11								
27.5	12								
27.8	12								
28.6	12	0.3	1.20	1.33E-04	1.60E-04	1.1	2.47	6.33E-12	1.56E-11
28.9	13								
29.9	13								
31.5	13								
32	13	3.9	3.57	1.29E-06	4.61E-06	3.1	5.13	2.19E-16	1.13E-15
32.8	13								
33.2	13								
33.8	14								
34.35	14	0.6	1.40	7.31E-12	1.02E-11				
36.1	14								
36.3	1								
36.65	1								
0.3	1	0.8	1.53	1.29E-06	1.97E-06				
0.7	1								
1.1	2								
1.4	2								
2	2	0.9	1.59	6.96E-07	1.11E-06	0.9	2.20	2.06E-09	4.52E-09
2.3	2								
2.7	2								
3.2	2								
3.5	2	0.3	1.20	2.03E-14	2.43E-14	0.7	1.93	7.26E-11	1.40E-10
3.8	3								
4.3	3								
4.77	3								
5	4	0.8	1.53	2.14E-04	3.28E-04	1.1	2.47	1.43E-12	3.54E-12
5.4	4								
		0.7	1.46	5.63E-06	8.24E-06	0.97	2.29	2.47E-11	5.66E-11
		0.63	1.84	7.78E-11	1.43E-10	0.63	1.84	7.78E-11	1.43E-10
		0.6	1.80	1.08E-15	1.94E-15	0.6	1.80	1.08E-15	1.94E-15

		STBI				STPH			
km	vak	L	N _{dv}	p _{ds}	P _{vak}	L	N _{dv}	p _{ds}	P _{vak}
6	5	0.6	1.40	2.93E-05	4.09E-05	0.9	2.20	2.97E-10	6.52E-10
6.6	5	0.7	1.46	1.52E-03	2.23E-03				
6.9	5					0.6	1.80	1.40E-09	2.52E-09
7.3	5	0.4	1.26	8.16E-05	1.03E-04				
7.5	5					1.1	2.47	2.12E-02	5.24E-02
7.7	5	0.6	1.40	7.76E-15	1.08E-14				
8.05	5					0.3	1.20	4.26E-09	5.11E-09
8.3	5								

5.4.2

Stap [1] - combineren van vakken tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor

De methode voor het combineren van vakken tot een toetsoordeel per traject voor één toetsspoor is afhankelijk van het feit of er kansschattingen per vak beschikbaar zijn. Voor het toetsspoor STMI zijn geen kansschattingen beschikbaar en wordt methode [1a] toegepast (zie paragraaf 4.3.2). Dat is de methode waarbij het zwakste vak leidend is. Voor STMI geldt in dit rekenvoorbeeld dat alle vakken hetzelfde oordeel hebben gekregen in de gedetailleerde toets per vak, namelijk 'voldoende'. Zoals aangegeven in paragraaf 3.4.4 vertaalt zich dat voor elk vak in een oordeel 'categorie II_v' en het dijktrajectoordeel voor dit toetsspoor is dan categorie II_t.

Voor de overige drie toetssporen wordt methode [1b] uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 4.3.3. Tabel 5.7 toont de gecombineerde kansen van de vakken voor de drie toetssporen op basis van stappen [1b-1] t/m [1b-3]. De kansen van stap [1b-1] zijn verkregen door toepassing van formule (5) uit paragraaf 4.3.3 op de kansen van Tabel 5.6. De kansen van stap [1b-2] zijn verkregen door per toetsspoor de grootste vakkans te bepalen uit Tabel 5.5 en deze vervolgens te vermenigvuldigen met het lengte-effect van Tabel 5.1. De kansen van stap [1b-3] zijn verkregen door per toetsspoor het minimum te nemen van de resultaten van de stappen [1b-1] en [1b-2].

Tabel 5.7 Gecombineerde kansen voor drie toetssporen op basis van stappen [1b-1] t/m [1b-3]

Stap	Toetsspoor		
	GEKB	STBI	STPH
[1b-1]	1/11.500	1/8	1/19
[1b-2]	1/20.500	1	1
[1b-3]	1/20.500	1/8	1/19

Het resultaat van stap [1b-3] is uiteindelijk leidend voor het dijktrajectoordeel. Voor GEKB, STBI en STPH resulteert dat op basis van Tabel 5.3 in dijktrajectoordelen II_t, VI_t en VI_t. Tabel 5.8 geeft het overzicht van de dijktrajectoordelen per toetsspoor.

Tabel 5.8 Resultierend dijktraject-oordeel voor de vier toetssporen

GEKB	STBI	STPH	STMI
II _t	VI _t	VI _t	II _t

5.4.3 **Stap [2] - combineren van dijktrajectoordelen van toetssporen tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject**

In stap 2a worden de kansen gecombineerd van de alle toetssporen waarvoor per dijktraject geen kansschatting beschikbaar zijn. In dit rekenvoorbeeld is er maar één toetsspoor waarvoor dat geldt: STMI. Voor deze “groep” van toetssporen is het oordeel per dijktraject daarom gelijk aan categorie A.

Vervolgens worden in stap 2b de kansen gecombineerd van de toetssporen waarvoor wel een kansschatting beschikbaar is. Dit wordt gedaan door toepassing van formule (5) uit paragraaf 4.3.3 op de kansen van stap [1b-3] uit Tabel 5.8. De resulterende kans is 0,18. Deze relatief grote kans vertaalt zich op basis van Tabel 5.3 in een dijktrajectoordeel D.

Vervolgens worden in stap 2c de uitkomsten van stap 2a en 2b gecombineerd op basis van de “slechtste score”. In dit geval resulteert dat in een veiligheidsoordeel ‘categorie D’ voor het dijktraject.

5.4.4 **Stap [3] - combineren van vak-oordelen van toetssporen tot een gecombineerd toetsoordeel per vak**

Tabel 5.9 toont het overzicht toetsoordelen per vak. Uit deze tabel blijkt dat voor toetsspoor GEKB alle vakken in de categorieën I_v of II_v vallen en er dus geen sprake is van een hoogteprobleem. Voor STPH komen alle vakken terecht in de categorieën I_v (24 vakken) II_v (10 vakken) of V_v (4 vakken). Er zijn dus vier vakken die in de gedetailleerde toets per vak afgekeurd worden voor het toetsspoor STPH. Voor STBI komen alle categorieën voor. Bij STMI komt alleen categorie II_v voor.

Tabel 5.10 toont het overzicht toetsoordelen per deelvak (grootste gemene deler van vakindeling per toetsspoor). De laatste kolom van deze Tabel toont het oordeel per deelvak na combineren van de toetssporen. Bij het combineren van toetssporen is het principe van de “slechtste score is leidend” gehanteerd. Na combinatie van de toetssporen is er geen deelvak in categorie I_v. Alle overige categorieën komen wel voor.

Tabel 5.9 Overzicht toetsresultaten per vak

		Categorie				
km	deelvak	GEKB	STBI	STPH	STMI	
26.1	11	I _v	IV _v	I _v	II _v	
27.2	11	I _v				
27.5	12		VI _v			
27.8	12	I _v	I _v			
28.6	12	I _v	IV _v	I _v		
28.9	13	I _v	III _v	I _v	II _v	
29.9	13	I _v				
31.5	13	I _v				
32	13	II _v		II _v		II _v
32.8	13	I _v	II _v			
33.2	13	II _v	I _v			
33.8	14	II _v	II _v		II _v	
34.35	14	II _v				
36.1	14	II _v				
36.3	1	I _v	IV _v			
36.65	1	II _v	IV _v			
0.3	1	II _v	III _v			II _v
0.7	1	II _v				
1.1	2	I _v	II _v	I _v	II _v	
1.4	2	I _v				
2	2	I _v	II _v	I _v	II _v	
2.3	2	I _v	V _v			
2.7	2	II _v	IV _v	I _v	II _v	
3.2	2		I _v			
3.5	2		IV _v	I _v	II _v	
3.8	3	I _v	IV _v			
4.3	3	I _v	IV _v	I _v	II _v	
4.77	3		IV _v			
5	4	I _v	V _v	I _v	II _v	
5.4	4	I _v	II _v	I _v		
6	5	I _v	IV _v	I _v	II _v	
6.6	5		V _v			
6.9	5	I _v	IV _v	I _v	II _v	
7.3	5					
7.5	5	I _v	I _v	V _v		
7.7	5					
8.05	5	I _v	I _v			
8.3	5	I _v	I _v			

Tabel 5.10 Overzicht toetsresultaten per deelvak (kleinste gemene deler van vakindeling per toetsspoor)

km	deelvak	Categorie				
		GEKB	STBI	STPH	STMI	Gecombineerd
26.1	11	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
27.2	11	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
27.5	12	I _v	VI _v	I _v	II _v	VI _v
27.8	12	I _v	I _v	I _v	II _v	II _v
28.6	12	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
28.9	13	I _v	III _v	I _v	II _v	III _v
29.9	13	I _v	III _v	I _v	II _v	III _v
31.5	13	I _v	III _v	I _v	II _v	III _v
32	13	II _v	III _v	II _v	II _v	III _v
32.8	13	I _v	II _v	II _v	II _v	II _v
33.2	13	II _v	I _v	II _v	II _v	II _v
33.8	14	II _v	II _v	II _v	II _v	II _v
34.35	14	II _v	II _v	II _v	II _v	II _v
36.1	14	II _v	II _v	II _v	II _v	II _v
36.3	1	I _v	IV _v	II _v	II _v	IV _v
36.65	1	II _v	IV _v	II _v	II _v	IV _v
0.3	1	II _v	III _v	II _v	II _v	III _v
0.7	1	II _v	III _v	II _v	II _v	III _v
1.1	2	I _v	II _v	I _v	II _v	II _v
1.4	2	I _v	II _v	I _v	II _v	II _v
2	2	I _v	II _v	I _v	II _v	II _v
2.3	2	I _v	V _v	I _v	II _v	V _v
2.7	2	II _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
3.2	2	II _v	I _v	I _v	II _v	II _v
3.5	2	II _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
3.8	3	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
4.3	3	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
4.77	3	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
5	4	I _v	V _v	I _v	II _v	V _v
5.4	4	I _v	II _v	I _v	II _v	II _v
6	5	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
6.6	5	I _v	V _v	I _v	II _v	V _v
6.9	5	I _v	V _v	I _v	II _v	V _v
7.3	5	I _v	IV _v	I _v	II _v	IV _v
7.5	5	I _v	IV _v	V _v	II _v	V _v
7.7	5	I _v	I _v	V _v	II _v	V _v
8.05	5	I _v	I _v	V _v	II _v	V _v
8.3	5	I _v	I _v	V _v	II _v	V _v

6 Conclusies

De belangrijkste conclusies zijn:

- Het assemblageproces kan alleen voltooid worden voor (de combinatie van) toetssporen waarvoor voor elk vak in het dijktraject een toetsresultaat beschikbaar is.
- Het veiligheidsoordeel per dijktraject wordt afgeleid uit de toetsoordelen van alle combinaties van toetssporen en vakken door eerst vakken te combineren voor elk toetsspoor en vervolgens alle toetssporen te combineren per dijktraject.
Als hulp middel hiervoor zijn:
 - vijf categorieën gedefinieerd om het veiligheidsoordeel te duiden per dijktraject.
 - zeven categorieën gedefinieerd om het toetsoordeel te duiden per vak.

Meerdere dilemma's zijn pragmatisch opgelost:

- Om tot een ruimtelijke duiding van het veiligheidsoordeel te komen (waar zitten de “zwakste plekken” in het dijktraject) is tevens een methode ontwikkeld om toetssporen te combineren per (deel-)vak.
- In de combinatie-methoden is gekozen voor een hybride aanpak: combineren van berekende faalkansen waar deze beschikbaar zijn en uitgaan van de “slechtste categorie-score” per vak voor toetssporen waarvoor geen kansschatting beschikbaar is.

7 Referenties

Deltares, 2017: WBI 2017 assembleren; functioneel ontwerp rekenkern, Deltares in opdracht van RWS-WVL, auteur: Kin Sun Lam
MinlenW, 2017: Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017; bijlage iii , sterkte en veiligheid, ministerie van infrastructuur en milieu

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl