



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat



**Bijlage XXXIIB bij de artikelen 12.2b en 12.2c van deze  
regeling (Randvoorwaarden beoordeling primaire  
waterkeringen)**

**Concept**

5 juli 2022

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding 3</b>
1.1	Wettelijk kader: systematiek monitoring en beoordeling primaire waterkeringen 3
1.2	De Omgevingsregeling 4
1.3	Het Basisinstrumentarium 4
1.4	Leeswijzer 5
<b>2</b>	<b>Duiding overstromings- of faalkansen 6</b>
2.1	Kans op overstromen 6
2.2	Bepaling overstromings- of faalkansen 6
2.3	Peildatum 6
2.4	Menselijk ingrijpen 7
<b>3</b>	<b>Randvoorwaarden watersysteem 8</b>
3.1	Afvoerverdeling Rijntakken 8
3.2	Systeemwerking 8
3.3	Inzet van bergings- of afvoermaatregelen 9
3.4	Bodemligging watersysteem 9
3.5	Grenzen van het winterbed 9
3.6	Vegetatie 9
3.7	Toestroming zijrivieren 9
3.8	Meerpeilstatistiek 9
3.9	Voorliggende waterkeringen 9
3.10	Diefdijk 10
3.11	Voorlanden 10
3.12	Klimaat 10
<b>4</b>	<b>Analyse faalmechanismen 11</b>
4.1	Faalmechanisme 11
4.2	Lijst van initiële mechanismen 11
4.3	Langs- en overgangsconstructies 12
4.4	Technische innovaties 12
4.5	Indirecte mechanismen 12
4.6	Vakindeling 13
4.7	Schematisering 13
4.8	Lengte-effect 14
4.9	Belastingmodellen 14
<b>5</b>	<b>Onderbouwing overstromings- of faalkans 15</b>
5.1	Toepassing Basisinstrumentarium 15
5.2	Resultaat analyse relevante faalmechanismen 15
5.3	Resultaat analyse dominante faalpaden 15
5.4	Assembleren 16

# 1 Inleiding

## 1.1 **Wettelijk kader: systematiek monitoring en beoordeling primaire waterkeringen**

Met het in werking treden van de Omgevingswet en het Besluit kwaliteit leefomgeving, worden de omgevingswaarden van dijktrajecten en de 'andere parameters voor de signalering over de veiligheid van een dijktraject' (hierna: signaleringsparameters), opgenomen in het Besluit kwaliteit leefomgeving<sup>1</sup>, van kracht. Deze komen overeen met de waarden die in 2017 in de Waterwet zijn vastgelegd voor de ondergrens en signaleringswaarde van de dijktrajecten.

De Omgevingswet gaat over de fysieke leefomgeving, waar de primaire waterkeringen deel van uitmaken. Omgevingswaarden leggen de gewenste kwaliteit die de overheid wil bereiken voor de fysieke leefomgeving of een onderdeel daarvan vast. Voor de primaire waterkeringen is de omgevingswaarde vastgelegd in de vorm van een overstromingskans of faalkans. Een overstromingskans betreft de kans per jaar dat een overstroming optreedt in een dijktraject. De faalkans wordt gebruikt in die gevallen dat het falen van een dijktraject niet direct leidt tot een overstroming, maar tot een verhoging van de belasting op de achterliggende keringen.

Door monitoring wordt bewaakt dat de primaire waterkeringen voldoen aan de omgevingswaarde. Artikel 2.15, vierde lid, van de Omgevingswet bepaalt dat bij ministeriële regeling nadere regels worden gesteld voor de uitvoering van de monitoring, die bestaat uit het bepalen van de overstromings- of faalkans op basis van metingen, berekeningen en modellen. De metingen, berekeningen en modellen die worden ingezet om de overstromings- of faalkans te bepalen zijn voor elk dijktraject anders. Dit is afhankelijk van de lokale situatie (belasting, type keringen en de samenstelling en opbouw van de ondergrond) die bepaalt welke faalmechanismen bijdragen aan de overstromingskans en welke modellen toepasbaar zijn.

De overstromings- of faalkans is geen constante waarde, maar verandert in de tijd. Door klimaatverandering, bodemdaling en veroudering. Ook beleidswijzigingen, zoals de afvoerverdeling of het al dan niet treffen van noodmaatregelen in Duitsland, kunnen de overstromings- of faalkans beïnvloeden. Daarnaast leidt de ontwikkeling van nieuwe kennis over het gedrag van de kering tot andere inzichten in de overstromings- of faalkans. Tot slot kunnen ook veranderingen in het watersysteem of de kering zelf zorgen voor een aanpassing in de overstromings- of faalkans.

Het monitoren van de omgevingswaarde is daarmee een continu proces dat zowel bestaat uit het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans als het bepalen van de impact van veranderingen op de berekende overstromings- of faalkans en indien nodig aanpassen van de rekenkundig bepaalde kans.

Het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt de beoordeling genoemd. Om deze reden wordt naast het begrip 'monitoring' ook het begrip 'beoordeling' gebruikt, als het gaat om primaire waterkeringen. Deze beoordeling wordt ten minste eenmaal per twaalf jaar uitgevoerd volgens de regels die worden gesteld in de Omgevingsregeling en de bijlagen XXXIIA en XXXIIB bij die regeling. De resultaten van de beoordeling legt de keringbeheerder vast in de beoordelingsrapportage. Het bepalen van de impact van veranderingen is onderdeel van de taken die de keringbeheerder van primaire waterkeringen heeft volgens de algemene zorgplicht die de keringbeheerder heeft onder de Omgevingswet. Voor de

---

<sup>1</sup>[Besluit kwaliteit leefomgeving - Informatiepunt Leefomgeving \(iplo.nl\)](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/leefomgeving/overheidsbesluiten/besluit-kwaliteit-leefomgeving)

invulling hiervan hebben de keringbeheerders en het Rijk afspraken gemaakt en vastgelegd in het Kader Zorgplicht primaire waterkeringen<sup>2</sup> (hierna: Kader Zorgplicht).

De keringbeheerder van een primaire waterkering stelt elke twaalf jaar een verslag op over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen (artikel 11.15 van het Besluit kwaliteit leefomgeving). Onderdeel van dit verslag zijn de resultaten van de monitoring en de beoordelingsrapportage. Als blijkt dat niet wordt voldaan of zal worden voldaan aan de omgevingswaarde, wordt in het verslag ook een omschrijving opgenomen van de maatregelen die op een daarbij aangegeven termijn nodig worden geacht.

Op basis van het Kader Zorgplicht primaire waterkeringen wordt door de keringbeheerder jaarlijks een veiligheidsrapportage primaire waterkeringen<sup>3</sup> (hierna: veiligheidsrapportage) opgesteld die actuele informatie bevat over de veiligheid die de primaire keringen bieden tegen overstromingen in het beheergebied van de keringbeheerder. De veiligheidsrapportage geeft een actueel en integraal veiligheidsbeeld van de waterkeringen in het beheergebied van de keringbeheerder en bevat onder andere de resultaten van de beoordeling van de dijktrajecten, de actualiteit daarvan, de veiligheidsopgave en de maatregelen die vanuit de zorg voor de primaire waterkeringen worden uitgevoerd.

## **1.2 De Omgevingsregeling**

De Omgevingsregeling verwijst naar twee bijlagen waarin de regels over de uitvoering van de beoordeling zijn opgenomen:

Bijlage XXXIIA Procedure beoordeling primaire waterkeringen  
(hierna: bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling))  
Deze bijlage beschrijft de te volgen procedure in de beoordeling van een dijktraject en bevat de eisen die worden gesteld aan de rapportage.

Bijlage XXXIIB Randvoorwaarden beoordeling primaire waterkeringen  
(hierna: bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling)).  
Deze bijlage beschrijft de randvoorwaarden voor het bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject.

## **1.3 Het Basisinstrumentarium**

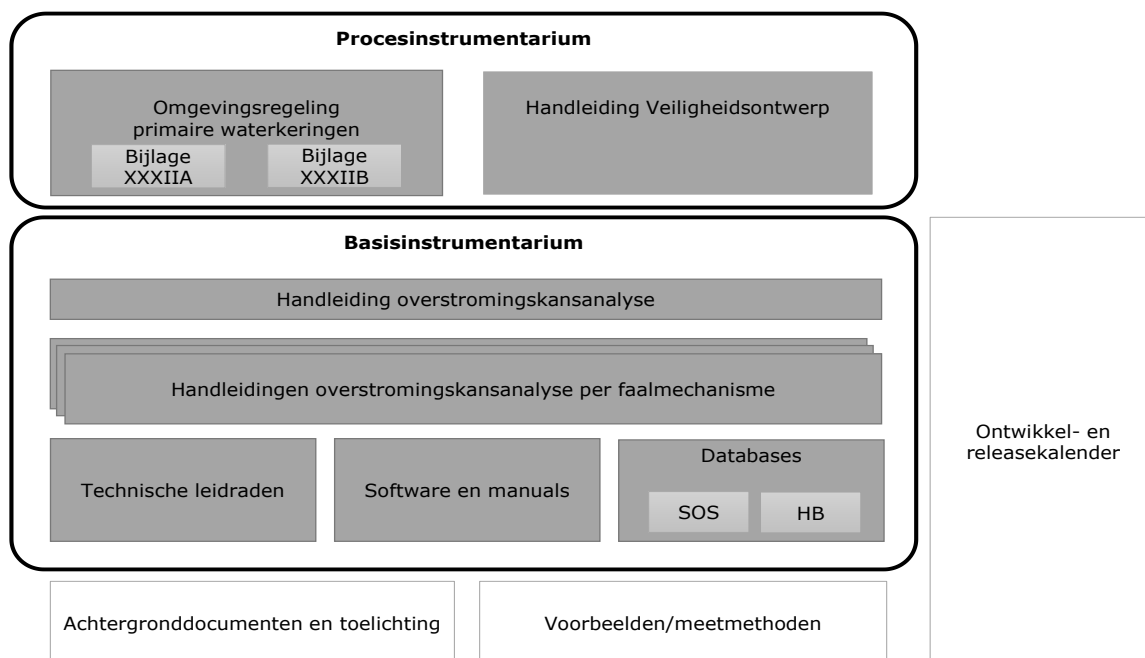
Naast de in de bijlagen bij de Omgevingsregeling opgenomen bepalingen, stelt de minister ook een Basisinstrumentarium<sup>4</sup> beschikbaar ter ondersteuning van de keringbeheerder bij de uitvoering van de beoordeling. Het Basisinstrumentarium voor het beoordelen en ontwerpen van primaire waterkeringen bevat onder andere handleidingen, technische leidraden, databases en applicaties (software).

---

<sup>2</sup>PM bron Kader Zorgplicht

<sup>3</sup>PM bron veiligheidsrapportage

<sup>4</sup>PM bron Basisinstrumentarium



Figuur 1.1: Schematische weergave van het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium (BOI). Het BOI bestaat uit een Procesinstrumentarium, een Basisinstrumentarium en overige documenten. De Omgevingsregeling is onderdeel van het Procesinstrumentarium en bevat bepalingen over de uitvoering van de beoordeling. De handleiding Veiligheidsontwerp ondersteunt het ontwerpproces en heeft in tegenstelling tot de Omgevingsregeling geen verplichtend karakter.

Het Basisinstrumentarium wordt geactualiseerd als er nieuwe kennis of inzichten zijn die van invloed op de belastingen op en sterkte van waterkeringen. Het actualiseren van het Basisinstrumentarium is een continu proces.

Het Basisinstrumentarium bevat generieke instrumenten voor de beoordeling van primaire waterkeringen. De eisen die worden gesteld aan de ontwikkeling van instrumenten uit het Basisinstrumentarium en aan andere instrumenten die hiervan geen deel uitmaken zijn opgenomen in paragraaf 6.3 van bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling).

#### 1.4 Leeswijzer

Naast regels over het uitvoeren van de beoordeling bevat deze bijlage ook toelichtende teksten. Toelichtende teksten zijn *cursief* weergegeven en hebben geen normatieve betekenis. Ook hoofdstuk 1 van deze bijlage heeft geen normatieve betekenis.

In hoofdstuk 2 wordt beschreven voor welke gebeurtenissen de overstromings- of faalkans wordt bepaald. De uitgangspunten voor de bijbehorende schematisering van het watersysteem staan in hoofdstuk 3.

De belangrijkste elementen van de overstromingskansanalyse zijn gedefinieerd in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 beschrijft de wijze waarop uit de analyse een overstromings- of faalkans wordt bepaald.

Een lijst van gehanteerde begrippen is opgenomen in het addendum van bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling).

## 2 Duiding overstromings- of faalkansen

Dit hoofdstuk bevat de beleidsmatige randvoorwaarden voor de beoordeling van Primaire waterkeringen die volgen uit de vertaling van de bestuurlijke en technische-inhoudelijke keuzes, die de basis zijn van de omgevingswaarden, naar randvoorwaarden voor het bepalen van de overstromings- of faalkansen bij de beoordeling van primaire waterkeringen.

*De omgevingswaarden en signaleringsparameters zijn het resultaat van een bestuurlijk en wetgevingsproces en gebaseerd op de beleidsmatige uitgangspunten van een basisbeschermingsniveau voor iedereen in Nederland en lokale differentiatie op basis van analyses van slachtofferrisico, maatschappelijke kosten-batenanalyse en groepsrisico. Bij de uitwerking van de omgevingswaarden zijn zowel bestuurlijke keuzes gemaakt en technische-inhoudelijke uitgangspunten gehanteerd.*

### 2.1 Kans op overstromen

Met de kans op overstromen wordt bedoeld de kans op verlies van waterkerend vermogen van een dijktraject waardoor het door het dijktraject beschermde gebied zodanig overstroomt dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade.

De overstromings- of faalkans wordt bepaald bij hoogwatersituaties die ontstaan door stormen en/of hoge rivierafvoeren. Bijzondere situaties, bijvoorbeeld ijssdammen, tsunami's en aardbevingen, worden alleen beschouwd als de keringbeheerder aanleiding heeft te veronderstellen dat deze bijdragen aan de overstromings- of faalkans.

Buistoten, buioscillaties en seiches zijn kortdurende waterstandveranderingen door zware buien en grote veranderingen of fluctuaties in de wind. Deze worden alleen meegenomen als de keringbeheerder aanleiding heeft te veronderstellen dat deze bijdragen aan de overstromings- of faalkans.

Bij een overstroming wordt verondersteld dat er een waterkering aanwezig is en ook een bezwijking van de waterkering plaatsvindt. Overlopen zonder bezwijken wordt alleen meegenomen als de keringbeheerder aanleiding heeft te veronderstellen dat dit bijdraagt aan de overstromings- of faalkans.

### 2.2 Bepaling overstromings- of faalkansen

Bij de bepaling van overstromings- of faalkansen gaat het om reële inschattingen en onderbouwde overstromings- of faalkansen. Onzekerheden worden daarbij expliciet meegenomen.

*Voorbeelden van onzekerheden zijn parameter- en scenario-onzekerheden, statistische onzekerheden, modelonzekerheden en kennisonzekerheden. In de handleiding Overstromingskansanalyse in het Basisinstrumentarium wordt aangegeven hoe met deze onzekerheden kan worden omgegaan.*

### 2.3 Peildatum

De bepaling van overstromings- of faalkansen vindt plaats voor de verwachte situatie aan het eind van een beoordelingsperiode, in dit geval op 31 december 2034.

Bij de bepaling van de verwachte situatie wordt:

- rekening gehouden met autonome ontwikkelingen van bodemdaling, morfologie, geomorfologie en hydrologie.

- ervan uitgegaan dat alle keringbeheerders van het watersysteem de nodige maatregelen treft, gericht op het inrichten en ingericht houden van het watersysteem overeenkomstig de in het Besluit kwaliteit leefomgeving vastgestelde omgevingswaarden, volgens de afspraken vastgelegd in het Kader Zorgplicht.
- ervan uitgegaan dat (groot) onderhoud volgens planning is uitgevoerd. Voor groot onderhoud dat in het peiljaar is gepland, wordt ervan uitgegaan dat dit groot onderhoud is uitgevoerd voor de peildatum.

Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat:

- voor de peildatum vergunde maatregelen in de rivier zijn uitgevoerd.
- het suppletieprogramma uit het vigerend kustbeleid wordt uitgevoerd.
- de legger waterstaatswerken van kracht blijft.

## **2.4 Menselijk ingrijpen**

Bij de bepaling van de overstromings- of faalkansen wordt alleen rekening gehouden met gepland menselijk ingrijpen.

*Er wordt van uitgegaan dat een waterkering eigenstandig water keert. Bij de bepaling van de overstromings- of faalkans wordt alleen rekening gehouden met - geplande noodmaatregelen. Er wordt geen rekening gehouden met ad hoc interventies die de overstromings- of faalkans verlagen. Evenmin wordt rekening gehouden met terroristische aanslagen (bijvoorbeeld in relatie met cyber security) die direct of indirect de overstromings- of faalkans verhogen. Wel wordt rekening gehouden met geplande maatregelen die in (calamiteiten)plannen zijn beschreven, zoals het sluiten van coupures of het opzetten van een slootpeil.*

### 3 Randvoorwaarden watersysteem

Dit hoofdstuk bevat beleidsmatige randvoorwaarden met betrekking tot het schematiseren van oppervlaktewaterlichamen en bergingsgebieden die zijn gehanteerd bij het in rekening brengen van hydraulische belastingen tijdens een beoordeling. Daarbij geldt in de basis dat de fysieke werkelijkheid zo goed mogelijk wordt benaderd.

*Het watersysteem is een samenhangend geheel van een of meer oppervlaktewaterlichamen en grondwaterlichamen, met bijbehorende bergingsgebieden, waterkeringen en ondersteunende kunstwerken. De specifieke combinatie van stochasten van oppervlaktewaterlichamen en bergingsgebieden (rivierafvoer, getijden, meerpeil, wind en toestand stormvloedkeringen), ofwel variabelen, bepalen de (variatie in) hydraulische belastingen van het watersysteem.*

De uitwerking van het beleid kan als gevolg van nieuwe kennis en inzichten, zoals nieuwe klimaatscenario's, wijzigen. De consequenties hiervan voor de instrumenten in Basisinstrumentarium waarmee hydraulische belastingen kunnen worden bepaald, worden beschreven in de releasekalender. Bij beleidswijzigingen zullen de Omgevingsregeling en het Basisinstrumentarium daaraan worden aangepast.

#### 3.1 Afvoerverdeling Rijntakken

Rondom de afvoerverdeling van de Rijn geldt de beleidslijn 'Lek Ontzien'<sup>5</sup>. Daarbij wordt uitgegaan van een realistische (fysiek verwachte) werking van de regelwerken bij hoge rivierafvoeren.

*Komende jaren wordt in het licht van de nieuwe klimaatscenario's onderzoek gedaan naar de toekomstige gewenste afvoerverdeling. Daarbij wordt de combinatie van afvoercapaciteit van de riviertakken en de instelling van de regelwerken binnen het Integraal Riviermanagement (IRM) programma beschouwd. Als dit leidt tot een andere instelling van de regelwerken, worden de instrumenten in het Basisinstrumentarium hieraan aangepast.*

#### 3.2 Systeemwerking

*Als een primaire waterkering overloopt, achterloopt raakt of doorbreekt, zal een deel van het rivierwater het gebied achter de dijk inlopen. De rivierafvoer neemt daardoor af, waardoor de belastingen in het benedenstrooms gelegen gebied lager worden. Er is dan sprake van positieve (gunstige) systeemwerking. Negatieve systeemwerking bestaat ook, bijvoorbeeld als de belastingen op de Maas toenemen door een dijkdoorbraak van de Heerewaardense Afsluitdijk langs de Waal.*

Met positieve systeemwerking vanuit Duitsland en België wordt rekening gehouden in de afvoerstatistiek van Rijn en Maas bij respectievelijk Lobith en Borgharen.

Binnen Nederland wordt voor de bepaling van de overstromings- of faalkans niet gerekend met systeemwerking. Uitzondering zijn het overstromen van Europoortkeringen, het overstromen van waterkeringen in de Maasvallei, voor de bepaling van de belastingen langs de bedijkte Maas, en de overstroming van de Rijntakken voor de beoordeling van de Diefdijk.

---

<sup>5</sup> PM Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier of [Beleidslijn grote rivieren - Rijkswaterstaat Rapportendatabank \(overheid.nl\)?](#)



### **3.3 Inzet van bergings- of afvoermaatregelen**

*In het Basisinstrumentarium staat de methode beschreven voor de beoordeling van dijktrajecten waarvoor, naast de 'maximaal toelaatbare overstromingskans per jaar', ook de 'maximaal toelaatbare overstromingskans per keer dat de afvoer- of bergingscapaciteit van een watersysteem wordt vergroot' als omgevingswaarde is vastgelegd (artikel 2.0c, tweede lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving)..*

### **3.4 Bodemligging watersysteem**

Het afleiden van de hydraulische belastingen gebeurt op basis van een schematisering van de bodem van de watersystemen. Peildatum voor de beoordeling is hierbij 31 december januari 2034.

*Door morfologische ontwikkelingen verandert de bodem van kust en estuaria. De bodem van de rivieren verandert regelmatig door maatregelen, baggerwerkzaamheden en natuurlijke processen als erosie en sedimentatie. In de instrumenten voor de bepaling van hydraulische belastingen in het Basisinstrumentarium is aangegeven welk bodemmodel is gebruikt. Riviermaatregelen waarvoor een vergunning is verleend, worden meegenomen in de schematisering van de bodem.*

### **3.5 Grenzen van het winterbed**

Voor de begrenzing van het winterbed wordt uitgegaan van de fysische begrenzing van het winterbed van de rivieren, ook als deze afwijkt van de begrenzing die in de legger waterstaatswerken staat.

*De grenzen van het winterbed, zoals vastgelegd in de Beleidslijn Grote Rivieren<sup>6</sup>, komen bij de Maas (in Limburg en een klein gedeelte van Noord-Brabant) en in veel mindere mate bij de Neder-Rijn (Utrechtse heuvelrug en Veluwe) en IJssel (Veluwe) niet meer geheel overeen met de fysische werkelijkheid bij hoge afvoeren.*

### **3.6 Vegetatie**

*Nationaal beleid rondom vegetatie in het rivierbed is in ontwikkeling. Dit wordt beschreven in de legger waterstaatswerken.*

### **3.7 Toestroming zijrivieren**

*Toestroming vanuit zijrivieren (laterale afvoeren) en lozingen door gemalen worden op realistische wijze meegenomen. In het Basisinstrumentarium zijn de uitgangspunten van de toestroming uit rivieren en lozingen door gemalen bij de hydraulische databases beschreven.*

### **3.8 Meerpeilstatistiek**

Er wordt uitgegaan van de peilbesluiten op de peildatum zoals genoemd in paragraaf 2.2.

*In het Basisinstrumentarium is voor de peildatum de statistiek vastgelegd die consistent is met de beleidsbeslissing en bijbehorende peilbesluiten.*

### **3.9 Voorliggende waterkeringen**

*Voorliggende waterkeringen zijn waterkeringen die een rivier- of zeearm geheel of onder speciale omstandigheden afsluiten en daarmee de kansen op extreme belastingen op achterliggende waterkeringen reduceren.*

*Verlies van waterkerend vermogen leidt bij voorliggende waterkeringen niet altijd tot een overstroming van het achterland, maar zorgt ervoor dat de*

---

<sup>6</sup>[Beleidslijn grote rivieren - Rijkswaterstaat Rapportendatabank \(overheid.nl\)](#)

*overstromingskans op achterliggende primaire waterkeringen zodanig wordt verhoogd dat voor de beheersing van overstromingsrisico's aanvullende maatregelen nodig zijn.*

*Stormvloedkeringen zijn voorliggende waterkeringen met beweegbare onderdelen. De waterkeringen worden alleen in extreme omstandigheden gesloten. Onder normale omstandigheden zijn deze open. Het niet-sluiten van de waterkering, op een moment dat de waterkering moet worden gesloten, heeft waterstandsverhoging in het achterliggende gebied tot gevolg.*

*Voor voorliggende waterkeringen zijn in het Besluit kwaliteit leefomgeving (artikel 2.0c, tweede lid) omgevingswaarden op basis van faalkansen vastgelegd.*

De bepaling van de faalkans per jaar van stormvloedkeringen heeft betrekking op de gesloten toestand.

Voor enkele stormvloedkeringen is in het Besluit kwaliteit leefomgeving (artikel 2.0c, vijfde lid) een aanvullende omgevingswaarde voor de betrouwbaarheid van de sluiting vastgelegd. Deze aanvullende omgevingswaarde is uitgedrukt in 'de kans op niet sluiten per keer dat sluiting noodzakelijk is' en is vertaald naar een eis voor de waterkering middels het prestatiepeil. Met de effect van de prestatie van de waterkering wordt rekening gehouden bij het vaststellen van de hydraulische belasting op achterliggende dijktrajecten.

### **3.10 Diefdijk**

*De Diefdijk is een achterliggende waterkering, die alleen wordt belast bij een doorbraak van een voorliggend dijktraject. Hierdoor is de omgevingswaarde uitgedrukt in overstromingskans per keer dat het dijktraject hydraulisch wordt belast. Dit betekent dat de waterstanden en golven die de Diefdijk belasten alleen kunnen worden bepaald als de overstromingskansen van de waterkeringen van de Betuwe-, Tiel- en Culemborgerwaarden bekend zijn en om die reden alleen door de beheerder kunnen worden afgeleid.*

### **3.11 Voorlanden**

De aanwezigheid van voorlanden of dammen is van invloed op de overstromings- of faalkans. Als de aanwezigheid van een dam of voorland een significante invloed heeft op de overstromings- of faalkans, moet deze worden meegenomen bij de analyse van de faalmechanismen.

*De golfcondities (met name de golfhoogte en -richting) kunnen veranderingen ondergaan door de aanwezigheid van een dam of een ondiep voorland. Ook heeft de aanwezigheid van een voorland invloed op de grondwaterlichamen.*

*Bij de instrumenten voor bepaling van hydraulische belastingen wordt in het Basisinstrumentarium aangegeven met welke dammen en voorlanden rekening is gehouden.*

### **3.12 Klimaat**

Door de minister wordt het toe te passen klimaatscenario voorgeschreven. Het klimaatscenario kan gedurende de beoordelingsperiode wijzigen.

*Een nieuw klimaatscenario wordt in 2023 verwacht. Zolang dit nog niet beschikbaar is, wordt uitgegaan van het KNMI 2006 scenario's. Nieuwe klimaatscenario's zijn van belang voor het ontwerp van versterkingen en hebben weinig invloed op de overstromingskans op 31 december 2034.*

## 4 Analyse faalmechanismen

Dit hoofdstuk bevat randvoorwaarden voor de analyse van faalmechanismen voor de bepaling van overstromings- of faalkansen. In dit hoofdstuk is een lijst van initiële en indirecte mechanismen opgenomen. Ter ondersteuning van de analyse van faalmechanismen zijn in het Basisinstrumentarium handleidingen voor de overstromingskansanalyse voor de verschillende faalmechanismen opgenomen.

### 4.1 Faalmechanisme

De overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt op basis van de analyse van faalmechanismen bepaald.

Een faalmechanisme betreft de combinatie van alle faalpaden met hetzelfde initieel mechanisme.

Een faalpad betreft een keten van opeenvolgende gebeurtenissen of mechanismen die samen leiden tot overstroming of falen van de waterkering. In deze faalpaden geven gebeurtenissen en mechanismen de verandering van een toestand van de waterkering naar een nieuwe, volgende toestand van de waterkering aan. Elke gebeurtenis geeft de stap in het faalpad aan. Mechanismen worden gebruikt om de fysica te beschrijven en kunnen een aaneenschakeling zijn van meerdere gebeurtenissen. Het initiële mechanisme betreft het eerste mechanisme in het faalpad.

### 4.2 Lijst van initiële mechanismen

Voor de bepaling van de overstromings- of faalkans van de relevante faalmechanismen worden de generieke faalmechanismen beschouwd. Deze staan beschreven in Tabel 5.1. De faalmechanismen zijn gebundeld rondom de initiële mechanismen. De keringbeheerder voegt specifieke faalmechanismen toe wanneer deze de overstromings- of faalkans van de waterkering beïnvloeden.

Tabel 5.1: Lijst initiële mechanismen

<b>Aanzet tot falen</b>	<b>Initiële mechanismen</b>
<b>De waterkering faalt door golfaanval op het buitentalud</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Falen asfaltbekleding door golfklappen</li><li>• Falen asfaltbekledingen door wateroverdruk</li><li>• Erosie van grasbekleding, met inbegrip van overgangsconstructies</li><li>• Afschuiving van grasbekleding</li><li>• Instabiliteit steenzetting</li></ul>
<b>De waterkering faalt door water dat over de waterkering stroomt</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Afschuiven grasbekleding<ul style="list-style-type: none"><li>• Erosie van kruin en binnentalud, met inbegrip van overgangsconstructies</li><li>• Binnenwaartse macro-instabiliteit, met inbegrip van afschuiving binnenbekleding bij overslag</li></ul></li></ul>
<b>De waterkering faalt door hoge waterspanningen in en onder de waterkering</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Piping</li><li>• Binnenwaartse macro-instabiliteit<ul style="list-style-type: none"><li>• Micro-instabiliteit, met inbegrip van opdrukken binnenbekleding</li></ul></li></ul>
<b>Het waterkerende kunstwerk faalt</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hoogte kunstwerk</li><li>• Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk</li><li>• Piping bij kunstwerk</li><li>• Sterkte en stabiliteit puntconstructies</li></ul>
<b>De zandige waterkering (duin) faalt</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Duinafslag</li></ul>

#### **4.3 Langs- en overgangsconstructies**

Langs- en overgangsconstructies worden als integraal onderdeel van de waterkering beschouwd en meegenomen bij de bepaling van de bijdrage aan de overstromings- of faalkans van de relevante faalmechanismen.

Het (constructief) falen van een langs- en overgangsconstructies wordt als een specifiek mechanisme beschouwd.

#### **4.4 Technische innovaties**

*Voor het reduceren van de kans op een of meer faalmechanismen worden bij dijkversterkingen (technische) innovaties toegepast. Technische innovaties zijn maatregelen waarvoor geldt dat voor de bepaling van overstromings- of faalkansen nog geen generieke instrumenten beschikbaar zijn.*

In de beoordeling worden de technische innovaties als een integraal onderdeel van de waterkering beschouwd en meegenomen bij de bepaling van de bijdrage aan de overstromings- of faalkans van de relevante faalmechanismen.

Het falen van de (technische) innovatie wordt, waar het een nieuw initieel mechanisme betreft, als specifiek faalmechanisme beschouwd.

Wanneer (i) de actuele situatie in de gebruikssituatie past binnen de berekende dimensies en marges die voor ontwikkeling, ontwerp en aanleg zijn bepaald, (ii) er geen nieuwe inzichten zijn over de innovatie en (iii) de hydraulische belastingen en overige randvoorwaarden niet significant<sup>7</sup> ongunstiger zijn dan in ontwerp aangenomen, kan de ontwerpanalyse worden gebruikt als resultaat voor de analyse van relevante faalmechanismen. Een verdere analyse van de innovatie is in dat geval niet nodig voor de beoordeling.

*De actuele situatie volgt uit monitoring van het gedrag van de innovatie.*

#### **4.5 Indirecte mechanismen**

Een indirect mechanisme leidt tot verzwakkende omstandigheden en vergroot de kans dat een of meer faalmechanismen tot een overstroming leiden. Tabel 5.2 bevat een lijst van indirecte mechanismen die van invloed kunnen zijn op de overstromings- of faalkans. De keringbeheerder voegt specifieke indirecte mechanismen toe wanneer deze de overstromings- of faalkans beïnvloeden.

Wanneer de indirecte mechanismen de overstromings- of faalkans beïnvloeden, worden deze met scenario's voor het optreden van initiële mechanismen in rekening gebracht. Een scenario beschrijft de geometrie van de waterkering die ontstaat na het optreden van een indirect mechanisme. De kans van een scenario wordt bepaald door de kans van optreden van het indirecte mechanisme en de kans dat schade wordt waargenomen en op tijd wordt hersteld. Met onderbouwing, is het mogelijk om een indirect mechanisme als specifiek faalmechanisme te definiëren.

*Onverwachte gebeurtenissen tijdens dagelijkse omstandigheden worden als indirect mechanisme in de beoordeling meegenomen.*

*Het Basisinstrumentarium bevat handleidingen ter ondersteuning bij het analyseren van scenario's en het bepalen van de overstromings- of faalkans.*

*Wanneer de kans op optreden van het indirecte mechanisme verwaarloosbaar is, hoeft hiermee geen rekening te worden gehouden bij de analyse van relevante faalmechanismen.*

---

<sup>7</sup> Significant wil zeggen dat de wijzigingen betekenen dat andere ontwerpkeuzes zouden zijn gemaakt.

Tabel 5.2: Lijst indirecte mechanismen

Type	Indirect mechanisme
<b>Niet-waterkerende objecten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mechanismen veroorzaakt door:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>bebouwing</i></li> <li>○ <i>begroeiing</i></li> <li>○ <i>kabels en leidingen</i></li> <li>○ <i>windmolens</i></li> </ul> </li> </ul>
<b>Voorland en havendammen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Afschuiving voorland</i></li> <li>• <i>Zettingsvloeiing</i></li> <li>• <i>Golfafslag van voorland</i></li> <li>• <i>Bezwijken havendammen</i></li> </ul>
<b>Overig</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Afschuiving buitentalud</i></li> <li>• <i>Graverij</i></li> </ul>

#### 4.6 Vakindeling

Voor de analyse van faalmechanismen wordt per initieel mechanisme een vakindeling gemaakt. Binnen elk afzonderlijk vak is sprake van bij benadering uniforme kenmerken. De analyse vindt plaats per kunstwerk of vak op een representatief dwarsprofiel binnen het vak.

*De vakindeling uit LBO1 kan als startpunt worden gebruikt bij de uitvoering van de beoordeling. Wanneer de variatie in een vak groot is, of vervolgmecanismen hiervoor aanleiding geven, kan ervoor worden gekozen om een vak te splitsen.*

#### 4.7 Schematisering

Voor de analyse van faalmechanismen wordt de werkelijkheid benaderd met een schematisering. Het schematiseringsproces is afhankelijk van de analysemethode (*bijvoorbeeld analytisch, eindige elementmethode*), de te gebruiken rekenmodellen (*die de fysica beschrijven*) en de te ondersteunen beslissing.

*Een schematisering heeft altijd betrekking op een gekozen deel van de waterkering en wordt op basis van technisch-inhoudelijke kennis van het gedrag en de opbouw van de waterkering opgesteld. De schematisering is een technisch-inhoudelijk onderbouwde vertaling van de verzamelde relevante informatie naar een invoer voor de analyse van een mechanisme. De handleidingen in het Basisinstrumentarium bieden handvatten voor het omgaan met onzekerheden en het op een objectieve en uniforme wijze komen tot een schematisering.*

Het proces van schematiseren is een iteratief proces, passend bij de werkwijze 'van grof naar fijn'. De meest recente schematisering uit beoordeling of ontwerp vormt het vertrekpunt. De schematisering wordt tijdens de gehele beoordeling verfijnd als dat nodig is om te komen tot een nauwkeurig oordeel (zie de kwaliteitsindicatoren in bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling)). Om de schematisering te verfijnen kunnen extra gegevens nodig zijn. Het iteratieve proces stopt wanneer wordt voldaan aan de kwaliteitseisen die bij de kwaliteitsindicatoren in het Draaiboek LBO2 zijn afgesproken.

*Bij het schematiseren werkt de keringbeheerder van grof naar fijn. Het is vaak niet nodig om een zeer verfijnde schematisering op te stellen. De keringbeheerder maakt op basis van technisch-inhoudelijke kennis een inschatting van het benodigde detailniveau van de schematisering. Ook kan de afweging worden gemaakt (1) om eerst met een beperkte inspanning grof te schematiseren en daarna met een gerichte inspanning de schematisering te verfijnen of (2) om direct een relatief grotere inspanning te leveren om te komen tot een verfijnde schematisering. Mocht*

*het in een vervolgstap noodzakelijk blijken meer informatie in te winnen, dan kan die informatie alsnog en gerichter worden ingewonnen.*

*Het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse kan de keringbeheerder helpen om te bepalen of verfijningen van delen van de schematisering of geschematiseerde eigenschappen van de waterkering nodig zijn.*

*De handleidingen in het Basisinstrumentarium bieden handvatten voor het opstellen van een schematisering voor de verschillende initiële mechanismen.*

Schematiseringskeuzes worden vastgelegd en worden onderbouwd op basis van de verzamelde informatie. Bij het schematiseren moet niet alleen rekening worden gehouden met de beschikbare informatie, maar ook met onzekerheden die ontstaan door het ontbreken van informatie.

#### **4.8 Lengte-effect**

Bij de bepaling van de bijdrage van een faalmechanisme aan de overstromings- of faalkans wordt rekening gehouden met het lengte-effect.

*Het lengte-effect wordt bepaald door de ruimtelijke variabiliteit binnen de beschouwde strekking van het dijktraject in samenhang met de keuzes die tijdens het schematiseren zijn gemaakt. De wijze waarop het lengte-effect door de keringbeheerder wordt bepaald, is afhankelijk van het faalmechanisme en staat beschreven in de handleidingen in het Basisinstrumentarium.*

#### **4.9 Belastingmodellen**

*Elk oppervlaktewaterlichaam en bergingsgebied kent een eigen wijze van vertaling van de basisstochasten naar de hydraulische belasting op de waterkering. De manier waarop deze vertaling plaatsvindt, heet het belastingmodel. De statistiek van de basisstochasten en de bijbehorende statistische onzekerheid, de correlatiemodellen en modelonzekerheden worden daarvoor via een probabilistisch model gecombineerd met: (i) een windmodel, (ii) een hydrodynamische waterbewegings- en (iii) golfmodel om de basisstochasten te vertalen in een hydraulische belasting nabij de waterkering.*

*De minister stelt belastingmodellen ter beschikking die door keringbeheerders kunnen worden gebruikt in de beoordeling. De belastingmodellen van de verschillende watersystemen staan in het Basinstrumentarium beschreven.*

*In de handleidingen in het Basisinstrumentarium staan de relevante hydraulische belastingen voor de verschillende mechanismen beschreven.*

*Het Basisinstrumentarium bevat instrumenten in de vorm van software en databases voor het afleiden van hydraulische belastingen. De databases zijn beschikbaar via de website van het Informatiepunt Leefomgeving*

## 5 Onderbouwing overstromings- of faalkans

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop uit de resultaten van de analyses van relevante faalmechanismen en dominante faalpaden de overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt samengesteld.

### 5.1 Toepassing Basisinstrumentarium

De instrumenten van het Basisinstrumentarium zijn toepasbaar voor de analyse van de initiële mechanismen van de relevante faalmechanismen.

*De uitgangspunten en data waarop de instrumenten in het Basisinstrumentarium zijn gebaseerd zijn niet per definitie geldig bij de analyse van vervolgmecanismen bij dominante faalpaden.*

De toepassing van instrumenten uit het Basisinstrumentarium voor de analyse van dominante faalpaden wordt door de beheerder onderbouwd.

*Met een hoekpuntenanalyse, waarbij wordt nagegaan hoe in het meest ongunstige of gunstige geval de overstromings- of faalkans verandert, kan rekening worden gehouden met de onzekerheid van nieuwe kennis die niet in het Basisinstrumentarium staat.*

### 5.2 Resultaat analyse relevante faalmechanismen

Het resultaat van de analyse van de relevante faalmechanismen is een overstromings- of faalkans per vak voor het faalmechanisme. Wanneer de overstromings- of faalkans per doorsnede is bepaald, wordt deze vertaald naar een overstromings- of faalkans per vak.

*In de handleidingen in het Basisinstrumentarium is aangegeven op welke wijze de overstromings- of faalkans per doorsnede wordt vertaald naar een kans per vak. Voor kunstwerken wordt met het Basisinstrumentarium direct een kans per vak bepaald.*

Waar geen kans kan worden bepaald, wordt een inschatting gemaakt van de afstand tot de omgevingswaarde en de signaleringsparameter.

*Bij de analyse van relevante faalpaden kan met de instrumenten uit het Basisinstrumentarium niet voor alle initiële mechanismen een faalkans worden berekend. De handleiding Overstromingskansanalyse uit het Basisinstrumentarium bevat een beschrijving van een methode voor de bepaling van de afstand tot de omgevingswaarde en signaleringsparameter en hoe deze te vertalen is naar een kans die in de verdere analyse kan worden meegenomen.*

Voor een initieel mechanisme, waar geen inschatting van de overstromings- of faalkans kan worden gedaan, wordt aangegeven of deze naar verwachting kleiner of groter is dan de signaleringsparameter. Wanneer het faalmechanisme één of meerdere dominante faalpaden kent, wordt bij de analyse van dominante faalpaden een overstromings- of faalkans bepaald. Initiële mechanismen waarvoor geen overstromings- of faalkans is bepaald, worden niet gebruikt bij het bepalen van de overstromings- of faalkans van het dijktraject.

### 5.3 Resultaat analyse dominante faalpaden

Het resultaat van de analyse van dominante faalpaden is een overstromings- of faalkans per vak voor het betreffende faalmechanisme. Dit is de combinatie van de overstromings- of faalkans van de dominante faalpaden met hetzelfde initiële

mechanisme. De resultaten van de analyses worden gecombineerd tot een overstromings- of faalkans voor het traject.

De analyse van dominante faalpaden kan ook bestaan uit een integrale analyse van meerdere vakken en initiële mechanismen. In dat geval vervangt deze de overstromings- of faalkans uit de analyse van de overstromings- of faalkans van alle vakken die integraal zijn beschouwd.

*In de handleiding Overstromingskansanalyse in het Basisinstrumentarium is aangegeven op welke wijze de overstromings- of faalkans per vak wordt bepaald.*

#### **5.4 Assembleren**

Het assembleren of combineren van de verschillende kansen tot een overstromings- of faalkans vindt plaats in twee stappen:

1. Van de overstromings- of faalkans per vak naar de overstromings- of faalkans per dijktraject per faalmechanisme.
2. Van de overstromings- of faalkans per dijktraject per faalmechanisme naar de overstromings- of faalkans van het dijktraject.

De stappen kunnen in willekeurige volgorde worden uitgevoerd.

*In de handleiding Overstromingskansanalyse in het Basisinstrumentarium wordt het assembleren toegelicht. Ook wordt hierin aangegeven hoe de resultaten van probabilistische analyses van meerdere vakken en faalpaden kunnen worden gecombineerd tot een overstromings- of faalkans. De stappen van de assemblage zijn uitgewerkt in een assemblageprotocol<sup>8</sup>.*

---

<sup>8</sup> PM vindplaats