

Eisen aan faalkansen van B- keringen

Opzet en resultaten van een eenvoudige benadering



Eisen aan faalkansen van B- keringen

Opzet en resultaten van een eenvoudige benadering

Nienke Kramer
Herman van der Most

1209190-000

Titel

Eisen aan faalkansen van B-keringen

Opdrachtgever

RWS Water, Verkeer en
Leefomgeving

Project

1209190-000

Kenmerk

1209190-000-VEB-0002

Pagina's

103

Trefwoorden

Primaire keringen, risicobenadering, normen

Samenvatting

Binnen het deelprogramma veiligheid wordt gewerkt aan een nieuwe normeringsystematiek op basis van een risicobenadering. Dit rapport beschrijft de ontwikkelde vereenvoudigde methode om vanuit de risicobenadering te komen tot faalkans-eisen voor de b-keringen. De ontwikkelde methode is voor de 27 individuele b-keringen pragmatisch uitgewerkt. Voor alle b-keringen is een bandbreedte afgeleid voor de faalkans-eisen. Net als bij de a-keringen gaat het bij de faalkans-eis om een middenkans voor het zichtjaar 2050.

Aanpak ter bepaling faalkans-eis

Bij het bepalen van de faalkans-eis wordt uitgegaan van een integraal systeem: om het beschermingsniveau van het achterliggende gebied te verbeteren kunnen in beginsel zowel de voorliggende als achterliggende keringen worden versterkt. De lengte van de b-kering is doorgaans vele malen korter dan de gezamenlijke lengte van achterliggende a- en c-keringen. Het zal daarom veelal het meest doelmatig zijn om de b-kering zodanig te versterken dat deze slechts een verwaarloosbare bijdrage levert aan de hydraulische belasting op de achterliggende keringen. Dit zal vooral het geval zijn bij keringen met erachter een relatief klein oppervlakte water (categorie 1). Voor het afleiden van een faalkans-eis voor b-keringen in deze categorie wordt een zelfde benadering gevolgd als bij het afleiden van een economisch optimale overstromingskans voor de a-keringen. De faalkans-eis voor de b-kering volgt uit de afweging van de kosten van versterken en de gevolgen bij falen.

Het is niet altijd praktisch haalbaar om de faalkans-eis dusdanig te verkleinen dat deze een verwaarloosbare invloed heeft. Zo zit er bij beweegbare hoogwaterkeringen (categorie 2) vaak een beperking op de haalbare faalkans. Bij deze categorie moet de faalkans van de b-kering worden betrokken bij het vaststellen van hydraulische randvoorwaarden voor de achtergelegen primaire keringen.

Bij b-keringen met erachter een relatief groot buitenwater (categorie 3) kunnen de effecten van falen van b-keringen wordt gedempt door de bufferende werking van het oppervlaktewater tussen b- en a-keringen. De directe schade, welke gebruikt wordt in de benadering van categorie 1, kan hierdoor niet eenduidig worden vastgesteld. Concreet speelt deze situatie bij de Afsluitdijk met erachter het IJsselmeer en de Houtribdijk met erachter het Markermeer. Vanuit het hydraulisch functioneren van het systeem zijn voor beide keringen faalkans-eisen afgeleid. Deze eisen sluiten aan bij de faalkans-eisen, zoals afgeleid door het CPB uit een integrale analyse van economisch optimale overstromingskansen van voorliggende en achterliggende keringen.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec 2013	Nienke Kramer		Frank den Heijer		Cees van de Guchte	
		Herman van der Most					
	Mei 2014	Nienke Kramer		Frank den Heijer		Cees van de Guchte	

Status

definitief

Inhoud

1 Ten Geleide	1
2 Inleiding	3
2.1 Aanleiding	3
2.2 Functie van b-keringen	3
2.3 Ligging b-keringen	3
2.4 Opzet eisen b-keringen in licht van risicobenadering	4
2.5 Doel van deze studie	5
2.6 Indeling rapport	5
3 Aanpak om te komen tot een faalkans-eis binnen risicobenadering	7
3.1 Beperkingen huidige aanpak	7
3.1.1 Huidige methode normering b-keringen past niet bij risicobenadering	7
3.1.2 Huidige methode voor vaststellen belasting achterliggende kering is te optimistisch	8
3.1.3 Huidige toetsing van de b-kering past niet in de risico benadering	8
3.2 Ontwikkeling nieuwe normering vanuit een risicobenadering	9
3.3 Uitwerking aanpak in de praktijk	10
3.4 Betekenis van afgeleide faalkans-eis	11
3.5 Gebruik van afgeleide faalkans-eis	12
4 Categorie 1: b-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater	13
4.1 Kenmerken b-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater	13
4.2 Operationaliseren werkwijze voor categorie 1	14
4.3 Uitwerking voorgestelde methode	15
5 Categorie 2: Beweegbare hoogwaterkeringen	17
5.1 Kenmerken beweegbare hoogwaterkeringen	17
5.2 Operationaliseren werkwijze categorie 2	17
5.3 Uitwerking voorgestelde methode	18
6 Categorie 3: B-keringen met erachter een relatief groot oppervlaktewater	21
6.1 Kenmerken	21
6.2 Operationaliseren werkwijze voor categorie 3	21
6.3 Uitwerking voorgestelde methode	21
7 Implicaties van afgeleide faalkans-eisen	23
8 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	25
8.1 Samenvatting	25
8.2 Aanbevelingen en aandachtspunten	27
9 Literatuur	29

Deltares

1207834-012-VEB-0009, 14 maart 2014, definitief

Bijlage(n)

A	Factsheets B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater	A-1
A.1	Roggebotsluis	A-1
A.2	Nijkerkersluis	A-4
A.3	Sluizen IJmuiden	A-6
A.4	Afsluitdijk Andel en Wilhelminasluis	A-10
A.5	Brouwersdam	A-13
A.6	Grevelingendam	A-17
A.7	Hellegatsdam en Volkeraksluizen	A-19
A.8	Philipsdam	A-21
A.9	Oesterdam	A-22
A.10	Veersedam	A-24
A.11	Zandkreekdam	A-27
A.12	Sluizen kanaal door Zuid-Beveland	A-28
A.13	Zeedijk Paviljoenpolder	A-30
B	Factsheets rivierscheidingen	B-1
B.1	Spoldersluis	B-1
B.2	Heerewaardense Afsluitdijk	B-3
B.3	Biesboschsluis	B-7
C	Factsheets Beweegbare hoogwaterkeringen	C-1
C.1	Kadoelersluis	C-1
C.2	Maeslantkering en Europoortkering I	C-4
C.3	Europoortkering II / Hartelkering	C-7
C.4	Stormvloedkering Hollandsche IJssel	C-8
C.5	Haringvlietdam	C-15
C.6	Stormvloedkering Oosterschelde	C-17
C.7	Ramspolkering	C-20
C.8	Keersluis Heusdensch Kanaal en Bergse Maasdijk	C-23
D	Factsheets B-keringen met erachter een relatief groot oppervlaktewater	D-1
D.1	Afsluitdijk	D-1
D.2	Houtribdijk	D-3

1 Ten Geleide

Invulling geven aan de risicobenadering

Bij de actualisering van de waterveiligheidsnormen wordt uitgegaan van de risicobenadering. Zo wordt binnen het Deelprogramma Veiligheid van het Deltaprogramma (DPV) gewerkt aan een nieuwe normeringsystematiek voor de harde a-keringen (dijken langs de kust, grote rivieren en meren). In die systematiek worden eisen gesteld aan de toelaatbare overstromingskans van kering trajecten. De eisen aan de overstromingskans worden daarbij afgestemd op de omvang van de gevolgen.

Naast de harde a-keringen worden binnen DPV ook eisen afgeleid voor zachte keringen (duinen) en voorliggende keringen (b-keringen). De risicobenadering maakt een andere beoordeling van b-keringen noodzakelijk. De voorliggende categorie b-keringen moet dan worden beoordeeld als onderdeel van een integraal watersysteem.

Op zoek naar een werkbare aanpak

De afleiding van eisen voor de harde a-keringen wordt regelmatig complex genoemd. Wel nu, het afleiden van eisen aan b-keringen is duidelijk nog een slag complexer. Het vraagstuk vraagt feitelijk om een kosten-batenanalyse van het integrale systeem van voorliggende en achterliggende keringen, een kosten-batenanalyse ondersteund door een grondige risicoanalyse. Daarbij belangrijk te realiseren dat de beschikbare informatie om eisen af te leiden op dit moment nog beperkt is. Zo is van slechts weinig b-keringen bekend wat de huidige faalkans is. Een uitgebreide kosten-batenanalyse en risicoanalyse is ook eerder een kwestie van jaren dan maanden. Vandaar dat in de afgelopen projectfase gezocht is naar een vereenvoudigde aanpak om een faalkans-eis af te leiden. Aangezien de 27 b-keringen heel verschillend van karakter zijn en functioneren in sterk uiteenlopende omstandigheden, worden de b-keringen onderscheiden in een drietal categorieën, met een op deze categorie toegesneden aanpak.

Deze rapportage presenteert het resultaat van deze zoektocht naar een geschikte methode om eisen af te leiden voor de faalkans van b-keringen. De ontwikkelde methode is voor de individuele b-keringen pragmatisch uitgewerkt in de vorm van factsheets. Vervolgens is een ronde langs de beheerders gemaakt, deze gesprekken zijn gebruikt om de gebruikte uitgangspunten en aannamen te controleren en om draagvlak te creëren. In dit rapport is de aan de hand van de beschikbare informatie een bandbreedte voor een faalkans-eis afgeleid. Net als bij de a-keringen gaat het bij de faalkans-eis om een middenkans voor het zichtjaar 2050. Een grote bandbreedte, die soms zelfs over meerdere normklassen heen gaat, komt met name voort uit twee uiterste schattingen naar de gevolgen van het falen van de b-kering. Door verfijnde uitwerking van de kosten en gevolgen kan deze bandbreedte teruggebracht worden naar een smallere bandbreedte en zo naar een enkele faalkans-klasse. Ook is het aan te beven om de relatie tussen de middenkans en afkeurgrens nader te bekijken. Voor de a-keringen is aangenomen dat het in de praktijk enige tijd (circa 15-20 jaar) duurt voordat een dijk is verbeterd nadat deze is afgekeurd. Met name bij objecten met relatief grote vaste kosten van vervangen/aanpassen, zoals sluizen, kan dit afwijken. Deze verdere uitwerking zal worden uitgevoerd in een vervolgstudie.

2 Inleiding

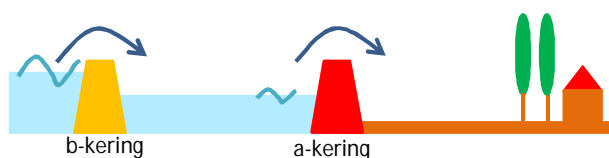
2.1 Aanleiding

Momenteel wordt door het deelprogramma veiligheid (DPV) gewerkt aan een nieuwe normeringssystematiek op basis van een risicobenadering. Hierin worden de eisen aan een a-kering afgestemd op de omvang van de gevolgen. De nieuwe normen worden uitgedrukt in maximaal toelaatbare overstromingskansen per dijkkringtraject. De basis voor de nieuwe normen is gelegd binnen het project Waterveiligheid 21^{ste} eeuw (WV21). In de maatschappelijke kosten baten analyse (MKBA) van WV21 zijn economisch optimale beschermingsniveaus en bijbehorende investeringen berekend met behulp van het model 'Optimalisering'.

Binnen DPV worden naast de harde a-keringen ook zachte keringen (duinen), voorliggende keringen (b-keringen) en de c-keringen (keringen rond een dijkkring, die niet direct buitenwater keren) gezien. In dit rapport wordt ingegaan op de faalkans-eisen van de b-keringen.

2.2 Functie van b-keringen

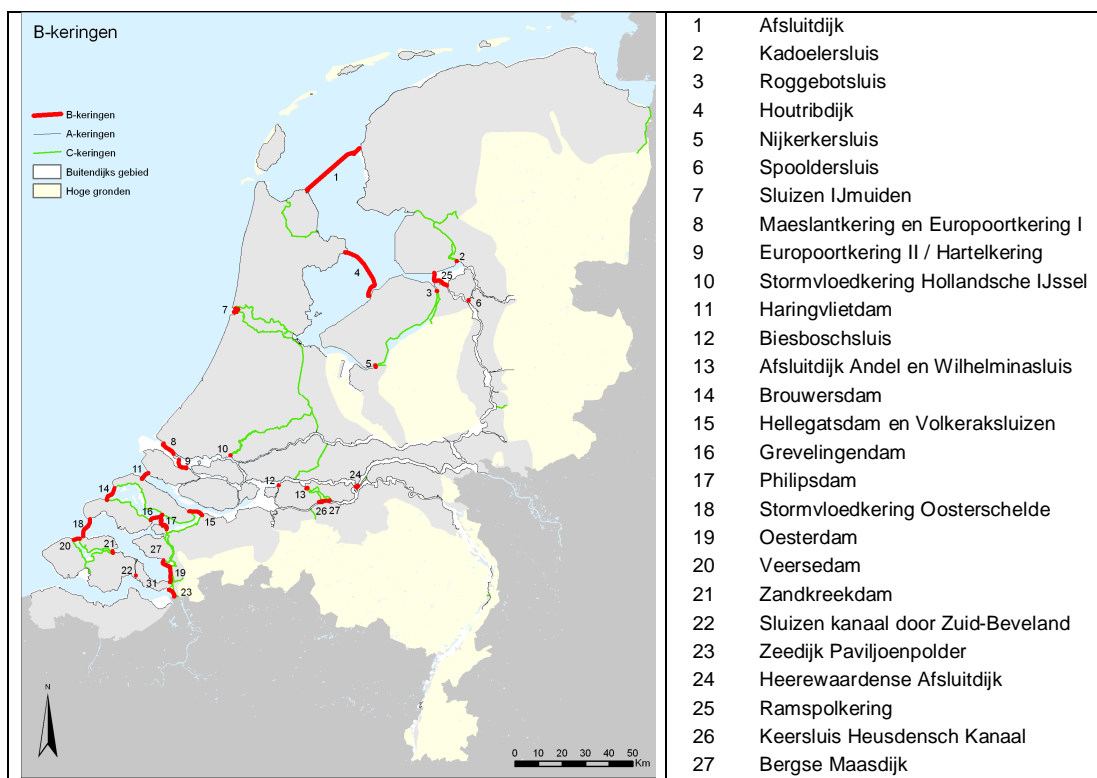
B-keringen of voorliggende keringen zijn bijzondere keringen. De keringen vormen een scheiding tussen watersystemen. De b-keringen zijn gebouwd om de dynamiek van het buitenwater af te toppen en zo de belasting op de achterliggende a- of c-keringen te verminderen; zie Figuur 2.1 voor een schets van de werking.



Figuur 2.1 Functie van b-keringen in bescherming tegen overstromingen.

2.3 Ligging b-keringen

De ligging van de b-keringen, die zijn opgenomen in het Randvoorwaardenboek HR2006, is getoond in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Categorie B-keringen in Nederland. De nummering komt overeen met de nummering uit het randvoorwaardenboek (2006).

2.4 Opzet eisen b-keringen in licht van risicobenadering

Voor de huidige eisen aan b-keringen is aansluiting gezocht bij de eisen aan de a-keringen. De eisen aan de achterliggende of naastliggende a-kering met het hoogste beschermingsniveau worden maatgevend gesteld. De huidige eisen aan een b-kering liggen vast in een normkans: een maximaal toelaatbare overschrijdingskans van de hydraulische belasting waarop de kering moet zijn berekend.

Bij de actualisering van de normering van de a-keringen worden trajecten genormeerd volgens drie criteria: basisveiligheid (individueel risico), groepsrisico en doelmatigheid van investeren (afgeleid aan de hand van een MKBA). De nieuwe de norm wordt uitgedrukt in een toelaatbare overstromingskans van een kering traject in plaats van een overschrijdingskans van maatgevende omstandigheden. De eisen aan keringen worden dus uitgedrukt in een ander type norm. Deze overgang naar een ander norm type zal ook implicaties moeten hebben voor de opzet en hoogte van de eisen aan de faalkans van b-keringen.

De risicobenadering maakt daarnaast een andere, meer rationele, aanpak mogelijk van de beoordeling van b-keringen. De voorliggende categorie b-kering kan als onderdeel van een integraal watersysteem beoordeeld en getoetst gaan worden en niet meer als object op zich. De faalkans van de b-kering en de sterkte van de a-keringen worden dan in samenhang beschouwd om te toetsen of voldaan wordt aan de gewenste overstromingskans per dijkkringdeel of kering traject.

Een dergelijke integrale benadering is evenwel een stuk complexer dan de huidige benadering en zal ook niet in elke situatie meerwaarde bieden. In de context van deze studie is de b-kering daarom toch als apart object beschouwd. De afgeleide faalkans-eis vormt dan

ook een *indicatieve* waarde aan de hand waarvan b-keringen kunnen worden getoetst. Wanneer uit toetsing blijkt dat de b-kering niet voldoet dan is de logisch volgende stap dat een volwaardige achterlandstudie en een kosten-batenanalyse / risicoanalyse wordt uitgevoerd met behulp waarvan samenhangende eisen kunnen worden afgeleid voor het systeem van voorliggende en achterliggende keringen.

2.5 Doel van deze studie

Dit rapport beschrijft de ontwikkelde vereenvoudigde methode om vanuit de risicobenadering te komen tot faalkans-eisen voor de b-keringen. De ontwikkelde methode is voor de 27 individuele b-keringen pragmatisch uitgewerkt. Voor alle b-keringen is een marge afgeleid voor de faalkans-eisen. De resultaten zijn gecontroleerd en afgestemd aan de hand van een ronde langs de beheerders.

2.6 Indeling rapport

In hoofdstuk 3 wordt eerste aanzet gegeven voor een eenvoudige benadering om te komen tot een faalkans-eis voor de b-keringen, waarbij de keringen opgedeeld worden in drie categorieën. In hoofdstuk 4, 5 en 6 worden opeenvolgend de categorieën 1, 2 en 3 besproken. Voor alle drie de hoofdstukken is de indeling gelijk. Eerst worden b-keringen in de betreffende categorie toegelicht, daarna wordt de methode om te komen tot een faalkans-eis worden besproken en vervolgens wordt de methode toegepast. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6. In de bijlage zijn alle 27 b-keringen uitgewerkt in factsheets. Deze dienen als achtergrond bij de hoofdstukken 4, 5 en 6.

3 Aanpak om te komen tot een faalkans-eis binnen risicobenadering

Dit hoofdstuk geeft een toelichting op de ontwikkelde methode om binnen de risicobenadering te komen tot een faalkans-eis van de b-kering. Eerst is gekeken in hoeverre de huidige aanpak zou voldoen. Geconstateerd is dat er beperkingen zitten in deze methode, zowel bij het afleiden van de faalkans-eisen, bij het vaststellen van de belasting op de achterliggende keringen als bij de toetsing van de b-keringen (paragraaf 3.1). De ideale aanpak is een integrale analyse van het systeem van b-kering en achterliggende keringen. Aan zo'n aanpak zitten echter enkele praktische beperkingen (paragraaf 3.2). Daarom is er een aantal aannamen gedaan om de ideale aanpak te vereenvoudigen tot een werkbare aanpak. De hoofdlijnen van deze aanpak worden toegelicht in paragraaf 3.3.

3.1 Beperkingen huidige aanpak

3.1.1 Huidige methode normering b-keringen past niet bij risicobenadering

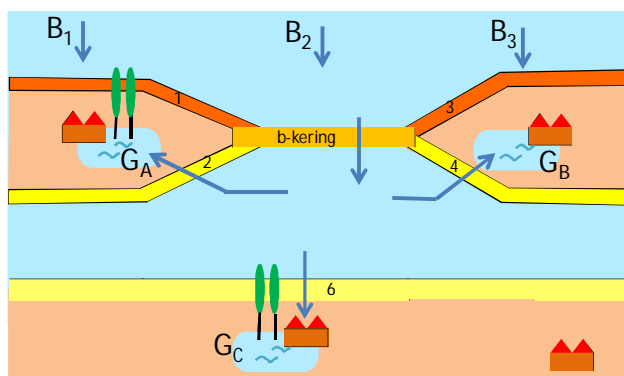
Voor de huidige eisen aan b-keringen is aansluiting gezocht bij de eisen aan de a-keringen. De eisen aan de achterliggende of naastliggende a-kering met het hoogste beschermingsniveau worden maatgevend gesteld. De eisen aan een b-kering liggen vast in een normkans: een maximaal toelaatbare overschrijdingskans van de hydraulische belasting waarop de kering moet zijn berekend. Deze huidige regel past feitelijk niet goed in een risicobenadering, omdat:

De getalswaarde van de norm van de b-kering is niet vergelijkbaar met de norm van de achterliggende kering, omdat de maatgevende gebeurtenis per locatie kan verschillen. Zo wordt de maatgevende situatie van de Wieringenmeerdijk voornamelijk bepaald door hoge meerpeilen en een wind uit het oosten. Bij deze belastingcombinatie zal de Afsluitdijk niet falen. Een Noordwester storm met een herhalingsstijd van 10.000 jaar zal de Afsluitdijk wel doen falen, echter bij een Noordwesterstorm is er bij de Wieringenmeerdijk juist sprake van afwaaiing. Er is dan nog ruimte over om extra belasting op te vangen. Zoals in dit voorbeeld geïllustreerd, is het in veel gevallen niet mogelijk om de getalswaarde van de norm van de achterliggende kering te vergelijken met de faalkans-eis van de b-kering.

De faalkans-eis van de b-kering is alleen betekenisvol te vergelijken met de norm van de naastliggende kering als de gevolgen grotendeels overlappen. Als bijvoorbeeld de b-kering een veel groter achterland beschermt dan de naastgelegen a-kering, dan kan dit een gefundeerde reden vormen om de norm strenger te kiezen dan de naastgelegen a-kering. In Figuur 3.1 is een voorbeeld gegeven. De gevolgen van doorbreken van de b-kering zijn gelijk aan $G_A + G_B + G_C$, terwijl de gevolgen van de naastgelegen kering enkel G_A bedragen.

De faalkans-eis van b-kering kan alleen vergeleken worden met de norm van de achter- of naastgelegen kering als er zowel bij de a- als b-kering geen sprake is van lengte-effecten, of als die een vergelijkbaar effect hebben.

In de risicobenadering behoort de faalkans van de b-kering en de sterkte van de a-keringen in samenhang beschouwd te worden om te toetsen of voldaan wordt aan de gewenste overstromingskans per dijkkringdeel of kering traject. Eigenlijk past het dan niet in de risicobenadering om voor b-keringen aparte eisen te willen stellen, want daarmee verdwijnt flexibiliteit bij het realiseren van het beoogde beschermingsniveau van het achterliggende gebied. Het apart normeren van b-keringen is eigenlijk een overblijfsel van de oude normeringssystematiek.



Figuur 3.1 Gevolgen bij een doorbraak van de b-kering.

- 3.1.2 Huidige methode voor vaststellen belasting achterliggende kering is te optimistisch
 Bij het bepalen van de belasting op de achterliggende a- of c-kering wordt in de huidige systematiek er vanuit gegaan dat de b-keringen een zeer kleine kans van falen hebben (c.q. niet falen). Uitzondering hierop zijn beweegbare keringen zoals de Maeslandkering/Hartelkering, en de Ramspolkering; de faalkans van deze keringen is verwerkt in de hydraulische randvoorwaarden (HR2006) en ook in de analyses van WV21. Voor b-keringen met een relatief grote faalkans is deze benadering te optimistisch. Voor de betreffende b-keringen geldt dat als er rekening gehouden wordt met de faalkans van de b-kering, de maatgevende belasting op de achterliggende keringen hoger zal uitvallen.
- 3.1.3 Huidige toetsing van de b-kering past niet in de risico benadering
 In de huidige toetsing wordt ook voor de b-keringen uitgegaan van een overschrijdingskansbenadering. De belasting (waterstand en golven) bij de normkans moet veilig kunnen worden gekeerd. Bij de toetsing worden verschillende faalmechanismen apart bekeken. De toets regels voor dammen, damaanzettingen en dijken staan beschreven in Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV 2006). Voor het toetsen van kunstwerken kan gebruik worden gemaakt van de Leidraad kunstwerken (LK, 2003 blz. 72). De Leidraad biedt regels die zijn opgesteld voor het ontwerp, maar waarop ook getoetst kan worden. Kortweg: de kans op 'niet sluiten' mag 0,1 maal de normkans zijn en de kans op constructief falen 0,01 maal de normkans.

Als niet voldaan wordt aan de norm, dan kunnen de effecten van falen van de b-kering met behulp van een achterlandstudie worden vastgesteld. Wanneer de effecten beperkt zijn kan de b-kering dan alsnog worden goedgekeurd.

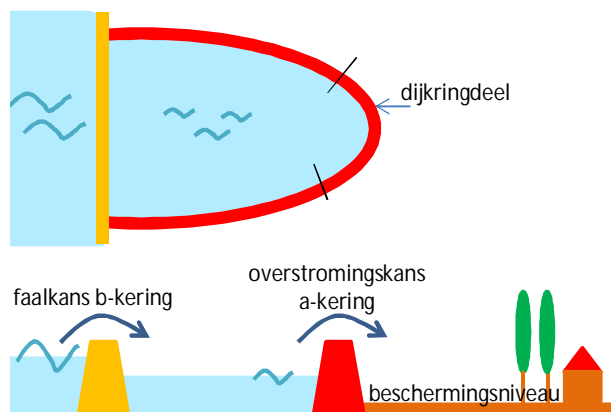
De huidige toets-methode past op een aantal onderdelen niet binnen de risicobenadering omdat:

- In de huidige methode wordt uitgegaan van overschrijdingskansen, terwijl de risicobenadering werkt met overstromingskansen. In de overschrijdingskansbenadering wordt per faalmechanisme getest of aan de kans-eis wordt voldaan. In de overstromingskansbenadering geldt dat de faalkans van alle onderdelen (dam, kunstwerk, aansluitconstructie) en alle faalmechanismen samen moeten voldoen aan de faalkans eis.

- In de Leidraad kunstwerken wordt een aanpak op drie niveaus gegeven, een eenvoudige, gedetailleerde en geavanceerde (zie blz. 79 LK). Voor de meer pragmatische methoden (eenvoudig en gedetailleerd) wordt via een gebeurtenissenboom elke gebeurtenis apart beoordeeld. Deze aanpak geeft alleen uitsluitel of de kering voldoet of niet. Bij een risico analyse gaat het om het vaststellen van de grootte van de kans op falen.
- In de huidige methode geldt de maximale kans op constructief falen ($0.01 \cdot \text{normkans}$) alleen voor waterstanden gelijk en lager dan het toets peil. De sluisdeur met een normkans van $1/2000$ per jaar hoeft dus niet in staat te zijn om een $1/200.000$ per jaar waterstand te keren. Wat de regel eigenlijk wil zeggen is, dat de maximale toelaatbare faalkans $1/200.000$ is bij een waterstand gelijk of lager dan het toets peil. Bij een risicobenadering is de kans van falen bij het hele bereik van waterstanden van belang.

3.2 Ontwikkeling nieuwe normering vanuit een risicobenadering

Binnen een risicobenadering moet de faalkans van de b-kering worden beschouwd in samenhang met de sterkte van de a-keringen om te beoordelen of voldaan wordt aan het beoogde beschermingsniveau van het achterliggende gebied (per dijkkringdeel) (zie Figuur 3.2). Zo kan een systeem van waterkeringen worden geoptimaliseerd naar effectiviteit van investeringen. De afweging hierbij is het verbeteren van de voorliggende kering of juist het investeren in het systeem van achterliggende waterkeringen.



Figuur 3.2 Overstromingskans benadering.

Om binnen de risico benadering een faalkans-eis van de betreffende b-kering te bepalen zal het systeem dus als één geheel beschouwd moeten worden. De optimale overstromingskans van een dijkkringdeel zou afgeleid moeten worden met behulp van een risicoanalyse, met als extra vrijheidsgraad de faalkans van de b-kering. Deze aanpak vergt een optimalisatie binnen een uitgebreide MKBA. Een dergelijke analyse is door het Centraal Plan Bureau uitgevoerd voor het bepalen van het optimale beschermingsniveau van de Afsluitdijk.

Het uitvoeren van een dergelijke MKBA vergt veel gegevens, zoals:

- De belasting op de dijk bij verschillende herhalingstijden en faalkansen van de b-keringen;
- Sterkte-eigenschappen van de dijk;
- Economische gevolgen, getroffen en slachtoffers;
- Kosten van versterken van de keringen.

Een deel van deze gegevens is eenvoudig beschikbaar, een ander deel vergt nader onderzoek. Het uitvoeren van een uitgebreide MKBA vergt hoe dan ook een grote inspanning; een grotere inspanning dan goed inpasbaar is binnen het Deltaprogramma.

Daar komt bij dat in het kader van het Deltaprogramma al wordt gewerkt aan het ontwikkelen van geactualiseerde normen voor a- en c-keringen. Een MKBA voor b-keringen met achterliggende a-keringen verliest hierdoor een vrijheidsgraad; de norm van de a-kering. Daarom wordt in deze studie de b-kering toch als apart object beschouwd. De afgeleide faalkans-eis heeft daarmee een *indicatieve* waarde aan de hand waarvan b-keringen kunnen worden getoetst. Wanneer uit toetsing blijkt dat de b-kering niet voldoet dan is de logisch volgende stap een kosten-batenanalyse / risicoanalyse van het integrale systeem (uitgebreide achterland studie).

3.3 Uitwerking aanpak in de praktijk

Zoals in de vorige paragrafen toegelicht, zitten er zowel beperkingen in het gebruik van de "simpele" huidige methode als in de uitgebreide integrale aanpak. Er is daarom gezocht naar een tussenvorm.

Aanpak afleiden faalkans-eis voor categorie 1, 2 en 3

Er wordt uitgegaan van een integraal systeem: om het beschermingsniveau van het achterliggende gebied te verbeteren kunnen in beginsel zowel de voorliggende als achterliggende keringen worden versterkt. De lengte van de b-kering is doorgaans vele malen korter dan de gezamenlijke lengte van achterliggende a- en c-keringen. Het zal daarom veelal het meest doelmatig zijn om de b-kering zodanig te versterken dat deze slechts een verwaarloosbare bijdrage levert aan de hydraulische belasting op de achterliggende keringen.

Dit zal vooral geval zijn bij *keringen met erachter een relatief klein oppervlakte water (categorie 1)*. De huidige regel dat de b-kering de strengste norm moet hebben van de achterliggende keringen voldoet als eerste benadering. De regel behoeft echter wel aanpassing, omdat de normen voor a-keringen niet langer in overschrijdingskansen, maar in overstromingskansen worden uitgedrukt. Voor het afleiden van een faalkans-eis voor b-keringen in deze categorie wordt een zelfde benadering ("directe methode") gevolgd als bij het afleiden van een economisch optimale overstromingskans voor de a-keringen. De faalkans-eis voor de b-kering volgt hierbij uit de afweging van de kosten van versterken en de gevolgen bij falen.

Maar het is niet altijd praktisch haalbaar om de faalkans-eis dusdanig te verkleinen dat deze een verwaarloosbare invloed heeft, zo zit er bij *beweegbare hoogwaterkeringen (categorie 2)* vaak een beperking op de maximaal haalbare faalkans. Bij deze categorie moet de faalkans van de b-kering worden betrokken bij het vaststellen van hydraulische randvoorwaarden voor de achtergelegen primaire keringen.

Bij *b-keringen met erachter een relatief groot buitenwater (categorie 3)* kunnen de effecten van falen van b-keringen wordt gedempt door de bufferende werking van het oppervlaktewater tussen b- en a-keringen. De directe schade, welke gebruikt wordt in de benadering van categorie 1, kan hierdoor niet eenduidig worden vastgesteld. Concreet speelt deze situatie bij de Afsluitdijk met erachter het IJsselmeer en de Houtribdijk met erachter het Markermeer. De faalkans-eisen voor beide keringen worden hier afgeleid vanuit het hydraulisch functioneren van het systeem. Daarnaast kunnen ze vergeleken worden met de faalkans-eisen, zoals afgeleid door het CPB uit een integrale analyse van economisch optimale overstromingskansen van voorliggende en achterliggende keringen.

Uitgangspunt klassen-indeling voor de eisen aan b-keringen

Voor het afleiden van eisen aan b-keringen op een kwalitatieve, semi-kwantitatieve manier wordt uitgegaan van de 1-3-10 klassenindeling zoals ook gehanteerd in andere delen van het Deelprogramma Veiligheid van het Deltaprogramma. Die klassenindeling wordt gekoppeld aan een set mogelijke faalkans-eisen aan de b-kering (zie Tabel 3.1). De opgave voor het afleiden van eisen aan b-keringen wordt hiermee toegespitst op de vraag welke klasse bij een bepaalde b-kering van toepassing moet zijn. Ook bij beweegbare hoogwaterkeringen wordt voor de kans op 'niet sluiten' een 1-3-10 klassenindeling gehanteerd. De kans op 'niet-sluiten' worden hier gegeven per sluitvraag in plaats van per jaar.

Tabel 3.1 *Klassenindeling faalkans-eisen b-keringen*

Faalkans-eis (1/jaar)
1/100
1/300
1/1000
1/3000
1/10.000
1/30.000
1/100.000

3.4 Betekenis van afgeleide faalkans-eis

De in dit rapport opgenomen faalkans-eis per b-kering geldt voor de b-kering als geheel, dat wil zeggen voor de combinatie van dammen en kunstwerken, die gezamenlijk de b-kering vormen.

Net als bij de a-keringen gaat het bij de faalkans-eis om een middenkans anno 2050. Bij de a-keringen is voor de middenkans gekozen om anticiperend te kunnen toetsen. Bij een gemiddelde dijk geldt dat de middenkans ongeveer 5 keer groter dan de ontwerpkans en ca. 2 keer kleiner dan de 'echte' maximaal toelaatbare overstromingskans (=afkeurkans). Indien de dijk op de middenkans afgekeurd wordt, dan duurt het nog circa 15-20 jaar voordat de werkelijke afkeurgrens bereikt is. Deze tijd kan gebruikt worden voor dijkverbetering.

Echter, in dit rapport wordt voor het merendeel van de keringen gebruik gemaakt van de "directe methode" om te komen tot een faalkans-eis. Deze modellering is primair voor dijktrajecten ontwikkeld en doet onvoldoende recht aan de realiteit/praktijk bij dit tamelijk unieke traject dat voor een belangrijk deel uit kunstwerken is opgebouwd. Met name bij objecten met relatief hoge vaste kosten van vervangen/aanpassen, zoals sluisen, kan de relatie tussen afkeurkans, middenkans en ontwerpkans afwijken. De relatie tussen middenkans en afkeurgrens zou nader onderzocht moeten worden.

De eisen voor betrouwbaarheid sluiting binnen dit rapport kunnen wel als afkeurgrenzen geïnterpreteerd worden.

3.5 Gebruik van afgeleide faalkans-eis

In de huidige werkwijze voor het toetsen van b-keringen zijn eisen aan b-keringen opgenomen in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) en Hydraulisch Randvoorwaardenboek (HR). Er wordt vanuit gegaan dat deze werkwijze wordt gecontinueerd.

Voor elke b-kering is in deze technisch inhoudelijke uitwerking een bandbreedte voor een faalkans-eis afgeleid. Een grote bandbreedte, die soms zelfs over meerdere normklassen heen gaat, komt met name voort uit twee uiterste schattingen naar de gevolgen van het falen van de b-kering. Door verfijnde uitwerking van de kosten en gevolgen kan deze bandbreedte teruggebracht worden naar een smallere bandbreedte en zo naar een enkele faalkans-klasse. Deze verdere uitwerking zal worden uitgevoerd in een vervolgstudie.

De afgeleide faalkans levert een eis aan de hand waarvan b-keringen kunnen worden getoetst. Wanneer uit toetsing blijkt dat de b-kering niet voldoet dan is de logisch volgende stap dat een volwaardige achterlandstudie dan wel een kosten-batenanalyse / risicoanalyse wordt uitgevoerd. Met zo'n analyse worden samenhangende eisen afgeleid voor het systeem van voorliggende en achterliggende keringen.

4 Categorie 1: b-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater

4.1 Kenmerken b-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater

Binnen de categorie 1 "b-keringen met in het achterland enkel c-keringen." vallen 16 keringen (zie Tabel 4.1). Kenmerkend aan deze categorie is dat het oppervlakte van het achterliggende water beperkt is. Het water vormt in zichzelf geen grote bedreiging voor het achterliggende keringen. Het achterliggende water heeft weinig bufferend vermogen. In geval van falen van de b-kering zal het achtergelegen water daardoor snel meestijgen met het water voor de b-kering en het achtergelegen gebied bedreigen. De schade is direct afhankelijk van de situatie in het achterliggende gebied (hoogte/sterkte van c-keringen, grondgebruik).

Een aparte groep binnen deze categorie zijn de rivierscheidende keringen (1B). Dit zijn b-keringen waarbij de waterstand aan beide zijden van de kering bij piekafvoeren fors kan verschillen. De rivierscheidingen beogen ongewenste systeemwerking (cascadewerking) tegen te gaan.

Tabel 4.1 Kenmerken b-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater.

cat.	nr. Rww boek	b-kering	b-kering			achterland			
			lengte dam m	lengte kunstwerk m	bedreiging uit	achterliggend water	oppervlakte achterliggend water km2	categorie achterliggende keringen	categorie nieuwe indeling (*niet definitief)
1A	3	Roggebotsluis	350	30	IJsselmeer	Randmeren	80	C	regionaal*
	5	Nijkerkersluis	800	144	Markermeer	Randmeren	80	C	regionaal*
	7	Sluizen IJmuiden	600	220	Noordzee	NZK	36	C	regionaal
	13	Afsluitdijk Andel en Wilhelminasluis	720	60	Waal	Afgedamde Maas	10	C	regionaal*
	14	Brouwersdam	5800	70	Noordzee	Grevelingen	110	C	primair
	15	Hellegatsdam en Volkeraksluizen	5300	250	Haringvliet	Volkerak-Zoommeer	60	C	primair
	16	Grevelingendam	4350	50	Oosterschelde	Grevelingen	110	C	primair
	17	Philipsdam	6800	600	Oosterschelde	Volkerak-Zoommeer	60	C	primair
	19	Oesterdam	11320	20	Oosterschelde	Volkerak-Zoommeer	60	C	primair
	20	Veersedam	2800	0	Noordzee	Veerse Meer	20	C	regionaal*
	21	Zandkreekdam	800	0	Oosterschelde	Veerse Meer	20	C	regionaal
	22	Sluizen kanaal door Zuid-Beveland	0	66	Westerschelde	Oosterschelde	350	A	primair
	23	Zeedijk Paviljoenpolder	4200	25	Westerschelde	Volkerak-Zoommeer	60	C	regionaal
1B	6	Spoldersluis	50	14	IJssel	Zwarte water	nvt	A	primair
	12	Biesboschluis	90	15	Merwede	Steurgat	nvt	A	primair
	24	Heerewaardense Afsluitdijk en schutsluis Andries	1570	15	Waal	Maas	nvt	A	primair

4.2 Operationaliseren werkwijze voor categorie 1

Benadering faalkans-eis

Voor het afleiden van een faalkans-eis voor b-keringen in deze categorie wordt waar mogelijk een zelfde benadering gevolgd als bij het afleiden van een economisch optimale overstromingskans voor de a-keringen. De faalkans-eis voor de b-kering volgt uit de "directe methode"; een afweging van de kosten van versterken en de gevolgen bij falen.

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40^1 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger})) \quad (1)$$

$$\text{Schade 2050} = \text{Economische schade 2050+ aantal slachtoffers} * \text{VOSL} \quad (2)$$

Waarbij:

- *Schade 2050 = Directe schade in het achterland door falen b-kering bij een buitenwaterstand gelijk aan de huidige toets peilen² voor het zichtjaar 2050 (in Miljoen Euro).*
- *Kosten factor 10 veiliger = kosten versterken van de b-kering tot een factor 10 kleinere faalkans (in Miljoen Euro).*
- *VOSL=6,7 Miljoen Euro, het bedrag per dodelijk slachtoffer (WV21-aanname).*

Klassenindeling

Voor het afleiden van eisen aan b-keringen op een kwalitatieve, semi-kwantitatieve manier wordt uitgegaan van de 1-3-10 klassenindeling zoals ook gehanteerd in het Deelprogramma Veiligheid. De opgave voor het afleiden van eisen aan b-keringen in deze categorie wordt daarmee toegespitst op de vraag welke klasse bij een bepaalde b-kering van toepassing moet zijn, gegeven de potentiële gevolgen van falen van de b-kering en de kosten die gemaakt moeten worden om de b-kering een orde te versterken. De veronderstelling hierbij is, dat met 'expert judgement', gevoed door beschikbare onderzoeksresultaten en kentallen, het mogelijk moet zijn een globale schatting te maken van gevolgen en kosten. Omdat onderscheidende klassen worden gehanteerd kan voor een eerste invulling van de eisen aan de faalkans worden volstaan met globale schattingen van gevolgen en kosten.

Bepalen van schade ten gevolge van falen b-kering

Falen van een b-kering bij hoge buitenwaterstanden kan leiden tot overstroming van het gebied dat grenst aan het achterliggende water. Bij voorkeur worden de verwachte gevolgen berekend rekening houdend met de kansen op extreme omstandigheden. Voor het afleiden van faalkansen van b-keringen vergt een dergelijke aanpak in deze fase echter te veel tijd en inspanning. Voor het operationaliseren van de aanpak is het nodig zoveel mogelijk gebruik te maken van de beschikbare uitkomsten van reeds uitgevoerde simulaties. Het gaat er in de ontwikkelde aanpak om *verschillen in* gevolgen goed in beeld te brengen. Een (veel) groter gevolg rechtvaardigt een (veel) scherpere eis. Consistentie in de wijze van bepalen van het gevolg is daarvoor een vereiste.

Verreweg de meest overstromingssimulaties zijn ontwikkeld in het kader van Deelprogramma Veiligheid (DPV, 6 januari 2014). Bij die projecten is de verwachte schade van overstromingen bepaald op basis van simulaties bij toets peil en toets peil plus een

¹ De factor 1/40 is een gemiddelde van de theoretische (1/42) en praktische factor (1/38) uit de formule van Eigenraam(2009a). De praktische factor is afgeleid uit de MKBA van WV21.

² Toetspeil=waterstand bij de huidige normfrequentie.

decimeringshoogte. DP-Veiligheid biedt een vrij complete set van overstromingssimulaties voor de harde a-keringen.

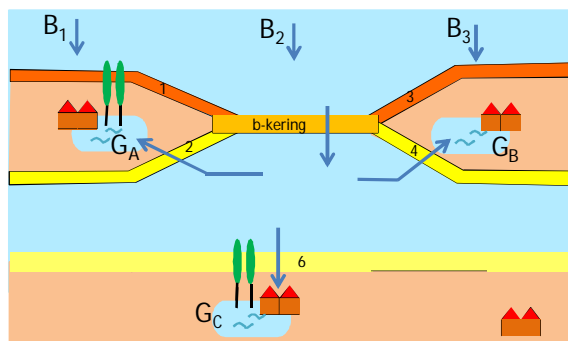
Voor b-keringen die functioneren als rivierscheiding is het belangrijk om ook de gevolgen mee te nemen ten gevolge van 'systeemwerking' of 'cascadewerking'. Door kortsluiting tussen rivieren kan de andere rivier (sterk) worden overbelast. In het kader van DP-Veiligheid zijn schattingen gemaakt van de extra schade ten gevolge van cascadewerking; deze schattingen worden hier benut.

Bepalen kosten van sterkere b-keringen

De b-keringen zijn opgebouwd uit dammen en kunstwerken (uitwateringssluizen en/of schutsluizen). De kosten van een orde veiliger / sterker zullen een functie zijn van de kenmerken van de dammen en de kunstwerken. Het gaat nadrukkelijk om een globale kostenschatting. Voor b-keringen met daarachter c-keringen is binnen WV21 (2011) op pragmatische wijze een kostenschatting gemaakt. Deze kostenschattingen worden in deze studie benut.

Inbedden eis in omgeving

Bij het vaststellen van de faalkans-eis dient rekening gehouden te worden met de inbedding van de b-kering in het totale waterhuishoudkundig systeem. De faalkans-eis van de b-kering moet in ieder geval worden gezien in de context van naastliggende keringen indien de gevolgen van overstromen grotendeels overlappen met de gevolgen van de naastgelegen dijkkringen. De b-kering mag dan geen zwakke schakel zijn in het geheel. Het is namelijk niet wenselijk dat een gebied via de achterdeur overstromt (zie Figuur 4.1).



Figuur 4.1 B-kering zwakker dan naastliggende keringen.

4.3 Uitwerking voorgestelde methode

In de factsheets in bijlage A en B is de werkwijze voor b-keringen in categorie 1A en 1B toegepast. Er is per b-kering een onder- en bovengrens afgeleid voor de faalkans-eis.

]

Tabel 4.2 Resultaten categorie 1A en 1B.

cat.	b-kering	schade bij doorbraak	Investeringskosten bij 1 dhk	norm naastgelegen kering		1/faalkans eis volgens 1-3-10 stramien	
		miljoen €	miljoen €	jaar	jaar	ondergrens (jaar)	bovengrens (jaar)
1A	Roggebotsluis	50 - 8000	5	3000	3000	1000	10000
	Nijkerkersluis	50 - 5000	5	300	100000	1000	10000
	Sluizen Ijmuiden	7000 - 22000	60	3000	10000	3000	10000
	Wilhelminasluis en Afsluitdijk Andel	1000-48000	5	30000	30000	10000	100000
	Brouwersdam	50-5000	90	1000	3000	100	3000
	Hellegatsdam en Volkeraksluizen	50-2500	39	300	300	100	3000
	Grevelingendam	50-700	10	10000	-	100	3000
	Philipsdam	50-2500	53	3000	-	100	3000
	Oesterdam	50-1200	38	10000	10000	100	3000
	Veersedam	100-5000	38	300	1000	300	10000
	Zandkreekdam	50-2500	10	1000	3000	100	3000
	Sluizen kanaal door Zuid-Beveland	500-10000	20	1000	30000	1000	10000
	Zeedijk Paviljoenpolder	50-2500	29	30000	-	100	3000
1B	Spoldersluis	15000	2	1000	10000	10000	100000
	Biesboschsluis	125-500	4	30000	-	1000	3000
	Heerewaardense Afsluitdijk en schutsluis Andries	11000	4-16	30000	30000	30000	30000

Bij een aantal b-keringen liggen de ondergrens en bovengrens sterk uit elkaar. Dit hangt samen met de grote bandbreedte in de geschatte schade. Op enkele b-keringen na, zijn er geen berekeningen beschikbaar van de gevolgen van het doorbreken van de betreffende b-kering. In deze gevallen is een minimale en maximale schade bepaald aan de hand van de gevolgen bij doorbreken van de achterliggende keringen.

Voor rivierscheidende keringen (1B) leidt de toepassing van de formule uit de redeneerlijn tot relatief strenge eisen. Zo zal bijvoorbeeld het doorbreken van de Heerewaardense Afsluitdijk leiden tot grote schade vanwege cascade-effecten naar de dijkkringen 36 en 38. De strenge faalkans-eis voor deze b-kering sluit aan bij de eis voor het naastliggende kering traject 40_1 uit de technisch-inhoudelijke uitwerking.

De Heerewaardense Afsluitdijk heeft op dit moment nog een dubbele status; het is zowel een a- als een b-kering. In de nieuwe normering op basis van een risicobenadering is een dubbele normering (norm voor a- en b-kering) niet meer nodig. In de nieuwe methode is het risico van het hele watersysteem al meegenomen.

Een grote bandbreedte, die soms zelfs over meerdere normklassen heen gaat, komt met name voort uit twee uiterste schattingen naar de gevolgen van het falen van de b-kering. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de Roggebotsluis en Nijkerkersluis. Door verfijnde uitwerking van de kosten en gevolgen kan deze bandbreedte teruggebracht worden naar een smallere bandbreedte en zo naar een enkele faalkans-klasse.

5 Categorie 2: Beweegbare hoogwaterkeringen

5.1 Kenmerken beweegbare hoogwaterkeringen

Beweegbare hoogwaterkeringen zijn keringen waarbij de dynamiek van het buitenwater gedeeltelijk wordt weggelaten door extreme omstandigheden af te toppen. Het voordeel van een open verbinding is dat afvoer en scheepvaart onder normale omstandigheden geen hinder ondervinden van de kering. Kenmerkend aan hoogwaterkeringen is dat de kans op 'niet sluiten' vaak groot is en ook lastig te verkleinen is. Er moet dus rekening gehouden worden met een grote faalkans. Een aantal kenmerken van de hoogwaterkeringen zijn samengevat in tabel 4.1.

Figuur 5.1 Kenmerken hoogwaterkeringen.

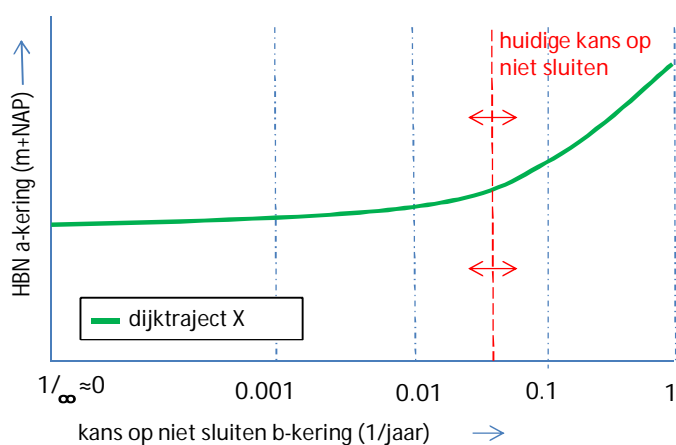
cat.	nr. Rvw boek	b-kering	b-kering				achterland			
			lengte dam	lengte kunstwerk	sluit-freque-tie	bedreiging uit	achterliggend water	categorie achter liggende keringen	categorie achterliggende kering - nieuwe indeling (*niet definitief)	Lengte dijken km
			m	m	1/jaar					
2	2	Kadoelersluis	80	26	1/10	Zwarte Meer/ IJsselmeer	Kadoelermeer Vollenhovermeer + kanaal	C	regionaal	23
	8	Maeslantkering/ Europoortkering I	6900	360	1/11	Noordzee	Rijn-Maas monding	A	primair	200
	9	Europoortkering II / Hartelkering	6200	320	1/11	Noordzee	Rijn-Maas monding	A	primair	200
	10	Stormvloedkering Hollandsche IJssel	200	150	5	Nieuwe Waterweg	Hollandse IJssel (tot aan Gouda)	C	primair	38
	11	Haringvlietdam	4000	1000	1/10	Noordzee	Rijn-Maas monding	A	primair	80
	18	Stormvloedkering Oosterschelde	7600	4000	1	Noordzee	Oosterschelde	A	primair	150
	25	Ramspolkering	9600	400	1/10	IJsselmeer	Vechtdelta	A	primair	80
	26 +27	Keersluis Heusdensch Kanaal en Bergsche Maasdijk	5000	130	1/10	Waal	Afgedamde Maas	C	regionaal*	30

5.2 Operationaliseren werkwijze categorie 2

Eis voor 'niet sluiten'

Bij een aantal keringen, vooral de beweegbare, is het niet haalbaar om de faalkans (vooral de kans op 'niet sluiten') dusdanig te verkleinen dat deze slechts een verwaarloosbaar effect heeft op het achterland. Het vaststellen van een eis aan de hand van kosten van versterken en gevolgen is hier dan ook niet nuttig aangezien die benadering tot onhaalbare eisen leidt. Bij deze categorie moet de faalkans van de b-kering worden betrokken bij het vaststellen van hydraulische randvoorwaarden voor de achtergelegen primaire keringen. En dat is voor een deel van de beweegbare keringen (onder meer Maeslantkering, Ramspolkering) ook de gangbare praktijk.

In geval de voorliggende kering of de achterliggende keringen worden afgekeurd, kan de kans op 'niet sluiten' verder worden geoptimaliseerd in samenhang met de hydraulische belasting op de achterliggende keringen (zie ook Figuur 5.3 voor het verband tussen de 'kans op 'niet sluiten' en de hydraulische belasting).



Figuur 5.3 Schematisch voorbeeld van invloed van faalkans van b-kering op hydraulisch belasting van achterliggende kering

Faalkans-eis overige mechanismen

In deze technisch inhoudelijke uitwerking wordt voor de beweegbare b-keringen de kans op 'niet sluiten', zoals momenteel toegepast in de HR van de achterliggende keringen, als faalkans-eis gehanteerd. Daarnaast wordt verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied. Aan deze voorwaarde wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied³ (conservatieve aanname). Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

Bij hoogwaterkeringen, waarbij de kans op "niet sluiten" niet meegenomen wordt in de HR, wordt afhankelijk van de grootte van het achterliggend water verwezen naar de methode in categorie 1 en 3.

5.3 Uitwerking voorgestelde methode

In de factsheets (bijlage C) zijn de keringen in categorie 2 uitgewerkt. In Tabel 4.2 is een samenvattend overzicht opgenomen van de afgeleide faalkans-eisen.

Voor 6 van de 8 beweegbare hoogwaterkeringen wordt de faalkans gedomineerd door de kans op 'niet sluiten'. Daar dient de kans op 'niet sluiten' meegenomen te worden in de hydraulische randvoorwaarden van de achterliggende keringen.

De overige 2 keringen zijn de Kadoelersluis en keersluis Heusdensch kanaal. Hier is 'niet sluiten' niet maatgevend en is de faalkans-eis afgeleid aan de hand van de formule uit de redeneerlijn van categorie 1. Uit gesprekken met de beheerders is namelijk gebleken dat het haalbaar is om de b-kering zodanig te versterken dat deze slechts een verwaarloosbare bijdrage levert aan de hydraulische belasting op de achterliggende keringen.

Tabel 5.1 Resultaten categorie 2.

³ De overstromingskansnorm van de a-kering mag je hier vergelijken met de faalkans-eis van de b-kering onder de aanname dat falen van de b-kering voornamelijk effect heeft op de faalmechanisme overloop en golfoverslag. Voor deze faalmechanismen geldt dat de lengte-effecten klein zijn, wat de vergelijking mogelijk maakt. Wel is gestelde regel conservatief omdat de oriëntatie van de achterliggende keringen niet altijd gelijk is aan de oriëntatie van de b-kering. Een belastingsituatie die de b-kering zal doen bezwijken zal niet altijd maatgevend zijn voor de achterliggende kering

cat.	b-kering	schade bij doorbraak	Investeringskosten bij 1 dhk	faalkans mee genomen in hr?	sluit frequentie	kans op niet sluiten	1/faalkans-eis overige faalmechanismen volgens 1-3-10 stramien	
		miljoen €	miljoen €		1/jaar	per sluitvraag	ondergrens (jaar)	bovengrens (jaar)
2	Kadoelersluis	20-500	5	Nee	1/10	volgt uit faalkanseis	100	3000
	Maeslantkering/ Europoortkering I	gedekt in HR	nvt	Ja	1/11	afhankelijk van zichtjaar en investering: 1/100 - 1/1000	verwaarloos- bare bijdrage aan HR achterland	
	Europoortkering II / Hartelkering	gedekt in HR	nvt	Ja	1/11	1/10		
	Stormvloedkering Hollandsche IJssel	gedekt in HR	nvt	Ja	5	afhankelijk van zichtjaar en investering: 1/30 - 1/1000		
	Haringvlietdam	gedekt in HR	nvt	Ja	1/10	afhankelijk faalsituatie		
	Stormvloedkering Oosterschelde	gedekt in HR	nvt	Ja	1	volgt uit ProBo		
	Ramspolkering	gedekt in HR	nvt	Ja	1/10	1/100		
	Keersluis Heusdensch Kanaal en Bergsche Maasdijk	500-18000	13-20	Nee	1/10	volgt uit faalkanseis	3000	10000

Voor beweegbare hoogwaterkeringen moeten de genoemde kansen op 'niet sluiten' worden opgevat als afkeurgrenzen, die rechtstreeks in de HR verwerkt kunnen worden. Een afkeurgrens is de maximaal toelaatbare faalkans. Er is dus geen sprake van anticiperend toetsen, zoals bij de middenkans wel het geval is. De overige faalkans-eisen in dit rapport zijn middenkans. In het concept middenkans ligt besloten dat deze enige tijd overschreden mag worden. Deze periode kan gebruikt worden om de kering te versterken na afkeuring.

De sluitfrequentie van de hoogwaterkeringen zal in de tijd toenemen door klimaatverandering. Dit zal effect hebben op de totale faalkans van de kering.

De Hollandsche IJsselkering kent een relatief grote berekende faalkans (1/30 per sluitvraag bij de derde toets ronde). Deze faalkans is tot nu toe niet meegenomen bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden van de achterliggende keringen. Het meenemen van de faalkans in de HR zal zorgen voor een toename van de HR langs de Hollandsche IJssel. Alvorens deze faalkans-eis wordt vastgelegd, is het aan te bevelen om het systeem integraal te bekijken. Er lopen versterkingsopgaves van de keringen langs de Hollandsche IJssel en daarnaast zijn er volgens de beheerder in beginsel goede mogelijkheden aanwezig voor het terugdringen van de faalkans die deels zijn uitgevoerd en deels worden voorbereid. Afhankelijk van de financiering, wordt verwacht dat in het jaar 2050 een faalkans van 1/500-1/1000 per sluitvraag haalbaar is. Het terugdringen van de faalkans(eis) zal naar verwachting economisch optimaal zijn, aangezien het verbeteren van de keringen langs de Hollandsche IJssel relatief duur is en verbetering van de kering het stijgen van ontwerpwaterstanden (en versterkingskosten) in het achterland kan beperken.

Bij het toetsen van de achterliggende keringen dient rekening gehouden met de huidige kans op 'niet sluiten' van de Hollandsche IJsselkering (1:30 per sluitvraag). Bij het ontwerpen moet worden bekeken wat de maatgevende situatie is. De huidige kans op 'niet sluiten' zonder klimaatveranderingen of de toekomstige kans op 'niet sluiten' met klimaatveranderingen.

Ook voor de Maeslantkering zijn er volgens de beheerder mogelijkheden om de kans op 'niet-sluiten' op termijn (extra investering, vervanging) terug te dringen van 1/100 naar maximaal 1/1000 per jaar. Terugdringen van de faalkans heeft een gunstige uitwerking op de HR in het

achterland, zodat verhoging daarvan voorlopig niet wordt verwacht. Dit is niet het geval voor de Hartelkering. De huidige faalkansprestatie van de Hartelkering is echter slechter, 1:19 per sluitvraag. Deugd (2005) heeft bepaald dat dit het verschil in kans op 'niet sluiten' tussen 1:19 en 1:100 per sluitvraag slechts een marginaal verschil oplevert in toets peil (max. 1 cm).

De kansen van de verschillende faalscenario's van de SVK Oosterschelde worden door ProBo (Probabilistisch Beheer en Onderhoud) twee keer per jaar vastgesteld met behulp van een foutenboom analyse. Het beheer en onderhoud wordt zo uitgevoerd dat de berekende prestatiepeilen, behorende bij de vastgestelde faalkansen, onder de huidige toets peilen blijven. Het ligt in de rede om deze methode voort te zetten en het instrument ook in te zetten bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden in het achterland. Eerdere berekeningen hebben laten zien dat de hydraulische randvoorwaarden niet toenemen wanneer met het falen van de b-kering rekening wordt gehouden.

Uit informatie van de beheerder van de Haringvlietdam volgt dat het meenemen van de faalkans op 'niet sluiten' van de Haringvlietsluizen leidt tot een toename van ongeveer 5 à 10 cm van de maatgevende hoogwaterstanden in het achterland. Deze toeslag zou moeten worden meegenomen bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden voor de achterliggende keringen. Daarnaast geldt dat de kans op 'niet openen' een bedreigende situatie kan vormen. Ook hier zou een toeslag voor meegenomen moeten worden. Een tweede mogelijkheid is om de ProBo systematiek van de Oosterschelde toe te passen voor de Haringvlietdam.

De Ramspolkering bestaat uit de balgstuw, de dijk Ramspol-IJsselmuiden en de Ganzensluis. In de tabel zijn enkel eisen voor de balgstuw meegenomen. De dijk Ramspol-IJsselmuiden is overslagbestendig en zorgt bij hoogwater voor ontlasting van Kampen. Deze dijk zal integraal met de eisen van de dijken rond Kampen bekeken moeten worden. Voor de faalkans van de Ganzensluis geldt dat deze een verwaarloosbare bijdrage zou moeten hebben aan de HR in het achterland, hier zou een aanpak volgens categorie 1 passen. Vanwege gebrek aan gegevens wordt hier de conservatieve aanname gehanteerd dat de eis gelijk is aan de strengste eis van de achterliggende keringen, in het geval van de Ganzensluis is dit 1/3000 per jaar.

6 Categorie 3: B-keringen met erachter een relatief groot oppervlaktewater

6.1 Kenmerken

Bij afsluitdammen van voormalige zeearmen is de dynamiek van de bedreiging (uit zee) voor 100% weggenomen. Binnen deze categorie keringen vallen de Afsluitdijk en Houtribdijk. De hydraulisch karakteristieken van het IJsselmeer en Markermeer zijn dusdanig dat het water ook bij een perfect functionerende b-kering (faalkans nul) nog een serieuze bedreiging vormt voor de primaire keringen die het achterliggende gebied beschermen. Dit maakt het systeem complex. Kenmerken van de Afsluitdijk en Houtribdijk worden gegeven in Tabel 6.1

Tabel 6.1 Kenmerken Afsluitdammen.

cat.	nr. Rww boek	b-kering	b-kering			achterland			
			dam	lengte kunstwerken	Lengte dijken	achterliggend water	oppervlakte achterliggend water	categorie achterliggende keringen	categorie nieuwe indeling (*niet definitief)
			km	km	km				
3	1	Afsluitdijk	32	0,328	200	IJsselmeer	1200	A	primair
	4	Houtribdijk	26	0,205	150	Markermeer	680	A	primair

6.2 Operationaliseren werkwijze voor categorie 3

Bij afsluitdammen met erachter buitenwater kunnen de effecten van falen van b-keringen worden gedempt door de bufferende werking van het oppervlaktewater tussen b- en a-keringen. De directe schade die nodig is voor de aanpak van categorie 1 kan hierdoor niet eenduidig worden vastgesteld.

Concreet speelt deze situatie bij de Afsluitdijk met erachter het IJsselmeer en de Houtribdijk met erachter het Markermeer. De faalkans-eisen voor beide keringen worden hier afgeleid vanuit het hydraulisch functioneren van het systeem. Daarnaast kunnen ze vergeleken worden met de faalkans-eisen, zoals afgeleid door het CPB uit een integrale analyse van economisch optimale overstromingskansen van voorliggende en achterliggende keringen.

6.3 Uitwerking voorgestelde methode

Vanuit het hydraulisch functioneren van het systeem is voor de Afsluitdijk een faalkans-eis afgeleid tussen de 1/3000 en 1/10.000 per jaar (zie Tabel 6.2). Deze eisen sluiten aan bij de faalkans-eisen, zoals afgeleid door het CPB uit een integrale analyse van economisch optimale overstromingskansen van voorliggende en achterliggende keringen.

De door het CPB gevonden faalkans-eis voor de Afsluitdijk is afhankelijk van de beheersmaatregelen in het IJsselmeer. Bij de variant 'pompen' is een pompcapaciteit van 2000 m³/s op de Afsluitdijk geïnstalleerd, de faalkans-eis komt dan uit op 1:9.200 per jaar. Bij de variant 'meestijgen' stijgt het streefpeil vanaf 2035 mee met de zeespiegelstijging, dan kan er volstaan worden met een soepelere eis van 1:2500 per jaar.

Het Deltaprogramma adviseert nu om tot 2050 het huidig peilbeheer te handhaven. Er wordt daarbij een beperkte pompcapaciteit toegevoegd waarbij voor de inzet geldt: 'spuien als het kan, pompen als het moet'. Deze beheerstrategie zal het dichtste liggen bij de variant 'meestijgen' aangezien de pompcapaciteit beperkt is. Voor de periode tot 2050 pleit dit voor een faalkans-eis voor de Afsluitdijk van 1:3000 per jaar. Aangezien de Afsluitdijk binnenkort versterkt wordt, de nieuwe levensduur minimaal 100 jaar is en het momenteel onduidelijk is

wat het beleid na 2050 zal zijn, wordt een conservatieve eis van 1:10.000 per jaar geadviseerd.

De Houtribdijk is in eerste instantie aangelegd om de Markerwaard te kunnen creëren. Echter, de keringen rond het Markermeer worden ook al beschermd tegen invloeden vanuit de Waddenzee door de Afsluitdijk. De belangrijkste functie van de Houtribdijk in termen van hoogwaterbescherming is het breken van strijklengtes. Bij afwezigheid van de Houtribdijk kunnen de lokale waterstanden van locaties rond het Markermeer onder maatgevende omstandigheden enkele meters toenemen door extra scheefstand. Zolang de Houtribdijk de functie van 'strijklengtebreker' behoudt, lijkt het niet nodig om de kering een strenge faalkans-eis mee te geven.

Een zwakke eis komt ook naar voren in de CPB studie. Voor de Houtribdijk berekent het CPB een optimale faalkans-eis van 1:200 per jaar voor de variant 'meestijgen/spuien'. Voor de variant 'pompen' komt naar voren dat tot het jaar 2300 het economisch niet rendabel is de Houtribdijk te verhogen.

Een faalkans-eis van de Houtribdijk van 1:300 per jaar (1-3-10-stramien) lijkt minimaal. Er zijn in ook redenen te noemen om deze eis strenger te stellen. De eerste reden is dat de kering zijn functie als strijklengte breker niet mag verliezen. De tweede reden is het wegvallen van de verkeersfunctie. Een derde reden life-cycle-costs. Bij een lage eis, zoals 1:300 per jaar, heeft de bekleding ook deze minimale eis. Na elke enigszins heftige storm zal de bekleding gerepareerd moeten worden, dit lijkt niet wenselijk.

Tabel 6.2 Resultaten categorie 2.

cat.	b-kering	1/faalkans-eis volgens 1-3-10 stramien		Opmerking bij faalkans-eis
		ondergrens (jaar)	bovengrens (jaar)	
3	Afsluitdijk	3000	10000	norm afhankelijk van beheersmaatregel. 'Meestijgen' stelt minder strenge eisen dan 'pompen'.
	Houtribdijk	300	300	vanwege de functie strijklengte-breker, life-cycle costs of wegvallen verkeersfunctie zou een strengere eis gekozen kunnen worden.

7 Implicaties van afgeleide faalkans-eisen

In deze technische uitwerking is voor de b-keringen een boven- en ondergrens afgeleid voor de eis aan de faalkans. Een nieuwe, andere normering van b-keringen kan invloed hebben op de benodigde sterkte van de b-kering zelf, alsook op de benodigde hoogte en sterkte van de achterliggende a-keringen. De mogelijke consequenties worden hieronder kort verkend.

Consequenties voor b-keringen zelf

Door het verschil in normtype kunnen de huidige en de nieuwe normen niet direct met elkaar vergeleken worden. Het algemene beeld is dat de 'huidige' normen betrekkelijk conservatief zijn vastgesteld; immers de eis aan de b-kering is afgestemd op de strengste eis van de achterliggende keringen (ook als die eis slechts een beperkt deel van het achterliggende gebied representeert). Bij het afleiden van de faalkans-eisen in deze technische uitwerking is gekeken naar de relatie tussen gevolgen in het gehele achterland en de kosten van versterken.

Voor de meeste b-keringen zullen de nieuwe eisen naar verwachting vergelijkbaar of minder streng blijken dan de oude eisen. Slechts enkele b-keringen waarbij de gevolgen erg groot zijn in verhouding tot de kosten van versterking, kunnen bij een nieuwe normering duidelijk strengere eisen meekrijgen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de Spoldersluis en de Heerewaardense Afsluitdijk. Uit het gesprek met de beheerder van de Spoldersluis kwam naar voren dat een strengere norm niet zal leiden tot afkeuren. Bij de Heerewaardense Afsluitdijk is dit niet bekend omdat de huidige faalkans onbekend is. Wel geldt dat de kosten van versterken relatief laag zijn. Grote financiële consequenties van een strenge(re) norm worden daarom niet verwacht.

Voor een goede vergelijking tussen de oude en nieuwe norm zouden de lengte-effecten per b-kering moeten worden vastgesteld. In eerste instantie lijken de lengte-effecten klein aangezien de kering vaak uniform belast wordt, en er vaak geen sprake is van piping. Als er meerdere kunstwerken aanwezig zijn, dan kan dit wel zorgen voor lengte-effecten bij het faalmechanisme betrouwbaarheid sluiting. Bij de Afsluitdijk zitten bijvoorbeeld meerdere spuisluizen, waarbij de individuele faalkans per sluis grotendeels onafhankelijk zijn. De kans dat een sluisdeur faalt wordt hierdoor groot. Echter, het falen van slechts een enkele sluis zal geen grote effecten hebben op de HR in het achterland. Pas als alle sluisdeuren tegelijk falen zal dit van invloed zijn op de HR.

Consequenties op achterliggende a-keringen

De benodigde hoogte en sterkte van de achterliggende a-keringen zal niet toenemen door een nieuwe norm voor de b-keringen met uitzondering van de Hollandsche IJsselkering.

- Voor de niet-beweegbare keringen (keringen met erachter een relatief klein en groot oppervlakte water) is aangenomen dat de b-kering een verwaarloosbare invloed heeft op de achterliggende hydraulische randvoorwaarden. Deze aanname is gelijk aan de huidige aannamen, zodat de hydraulische randvoorwaarden van de achterliggende a-kering niet wijzigen.
- Bij de beweegbare keringen Ramspolkering, Maeslant- en Hartelkering wordt de kans op 'niet sluiten' reeds meegenomen bij het bepalen van de vigerende hydraulische randvoorwaarden. Aangezien de kans op 'niet sluiten' bij een nieuwe normering bij deze keringen niet verandert, zal deze geen effect hebben op de hydraulische randvoorwaarden in het achterland.
- Vanuit een nieuwe normering wordt aanbevolen om bij de Oosterscheldekering, Haringvlietdam en de Hollandsche IJsselkering de faalkans mee te nemen in de hydraulische randvoorwaarden voor de achterliggende keringen. Voor de

- Oosterscheldekering heeft het PRoBo instrumentarium reeds aangetoond dat de hydraulische randvoorwaarden hierdoor niet zullen toenemen.
- Indien de faalkans van de Hollandsche IJsselkering meegenomen wordt bij het bepalen van de HR van de achterliggende keringen dan zullen HR sterk toenemen. Voor de c-keringen langs de Hollandse IJssel geldt dat deze onder de vigerende hydraulische randvoorwaarden al zijn afgekeurd en sowieso opgehoogd/versterkt moeten worden. Bij verbetering van deze keringen ligt een integrale analyse van voorliggende en achterliggende keringen in de rede.

8 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

8.1 Samenvatting

Aanpak bij het afleiden van faalkans-eisen

Bij het bepalen van de faalkans-eisen van b-keringen wordt uitgegaan van een integraal systeem: om het beschermingsniveau van het achterliggende gebied te verbeteren kunnen in beginsel zowel de voorliggende als achterliggende keringen worden versterkt. De lengte van de b-kering is doorgaans vele malen korter dan de gezamenlijke lengte van achterliggende a- en c-keringen. Het zal daarom veelal het meest doelmatig zijn om de b-kering zodanig te versterken dat deze slechts een verwaarloosbare bijdrage levert aan de hydraulische belasting op de achterliggende keringen. Maar niet altijd is dat praktisch haalbaar. Bij het opstellen van een aanpak is er dan ook onderscheid gemaakt in drie categorieën:

Categorie 1: keringen met erachter een relatief klein oppervlakte water

Bij de keringen in deze categorie zal het veelal doelmatig zijn om de b-kering dusdanig te versterken dat deze een verwaarloosbare invloed heeft. De huidige regel dat de b-kering de strengste norm moet hebben van de achterliggende keringen voldoet als eerste benadering. De regel behoeft echter wel aanpassing, omdat de normen voor a-keringen niet langer in overschrijdingskansen, maar in overstromingskansen worden uitgedrukt. Voor het afleiden van een faalkans-eis voor b-keringen in deze categorie wordt een zelfde benadering gevolgd als bij het afleiden van een economisch optimale overstromingskans voor de a-keringen. De faalkans-eis voor de b-kering volgt uit de afweging van de kosten van versterken en de gevolgen bij falen.

Categorie 2: beweegbare hoogwaterkeringen

Het is niet altijd praktisch haalbaar om de faalkans-eis dusdanig te verkleinen dat deze een verwaarloosbare invloed heeft, zo zit er bij beweegbare hoogwaterkeringen vaak een beperking op de maximaal haalbare faalkans. Bij deze categorie moet de faalkans van de b-kering worden betrokken bij het vaststellen van hydraulische randvoorwaarden voor de achtergelegen primaire keringen.

Categorie 3: b-keringen met erachter een relatief groot buitenwater

Bij b-keringen met erachter een relatief groot buitenwater kunnen de effecten van falen van b-keringen worden gedempt door de bufferende werking van het oppervlaktewater tussen b- en a-keringen. De directe schade, welke gebruikt wordt in de benadering van categorie 1, kan hierdoor niet eenduidig worden vastgesteld. Concreet speelt deze situatie bij de Afsluitdijk met erachter het IJsselmeer en de Houtribdijk met erachter het Markermeer. Vanuit het hydraulisch functioneren van het systeem zijn voor beide keringen faalkans-eisen afgeleid. Deze eisen sluiten aan bij de faalkans-eisen, zoals afgeleid door het CPB uit een integrale analyse van economisch optimale overstromingskansen van voorliggende en achterliggende keringen.

De ontwikkelde methode is voor de individuele b-keringen pragmatisch uitgewerkt in de vorm van factsheets. De inhoud van de factsheets weerspiegelt de beschikbare informatie per b-kering. De belangrijkste kenmerken van de b-keringen alsook de voorlopig afgeleide marges waarbinnen redelijke waarden voor de faalkans-eisen zullen liggen, zijn per categorie opgenomen in de verschillende hoofdstukken van het rapport.

Globaal overzicht van faalkans-eisen

Voor keersluizen en secundaire dammen in categorie 1 leidt de toepassing van de eenvoudige benadering, een enkele uitzondering daar gelaten, tot betrekkelijk soepele eisen aan de faalkans van de b-kering. De rivierscheidende keringen in deze categorie komen juist uit op een relatief strenge eis, aangezien de gevolgen groot zijn en het versterken van de b-keringen relatief goedkoop.

De kans op 'niet sluiten' is bij beweegbare hoogwaterkeringen veelal significant. De kans op 'niet sluiten' van de b-kering dient daarom in principe te worden meegenomen bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden van de a-keringen in het achterland. Dit is ook de vigerende werkwijze bij de Ramspolkering, Maeslantkering en Hartelkering. Voor de Oosterscheldekering is een methode ontwikkeld waarbij inzicht in de faalkansen van alle faalscenario's wordt benut bij de planning van het onderhoud van de kering. Het beheer en onderhoud wordt zo uitgevoerd dat de berekende prestatiepeilen, behorende bij de vastgestelde faalkansen, onder de huidige toets peilen blijven.

De faalkans-eis van de Afsluitdijk is in enige mate afhankelijk zijn van de beheerstrategie van het meerpeil in het IJsselmeer (pompen vs meestijgen/spuien). De Houtribdijk fungeert vooral als strijklengtebreker. De gevolgen bij een doorbraak zijn beperkt, wat resulteert in een betrekkelijk soepele faalkans-eis.

Betekenis van afgeleide faalkans-eis

De in dit rapport opgenomen faalkans-eis geldt voor de b-kering als geheel, dat wil zeggen voor de combinatie van dammen en kunstwerken, die gezamenlijk de b-kering vormen⁴. Net als bij de a-keringen gaat het bij de faalkans-eis om een middenkans anno 2050.

De faalkans-eisen voor de b-keringen in dit rapport zijn middenkansen. Dit is een belangrijk aandachtspunt voor toetsen en ontwerpen. In de huidige toets- en ontwerppraktijk wordt namelijk gewerkt met afkeurgrenzen. De middenkansen komen voort uit de aanpak van de a-keringen. Voor de a-keringen is aangenomen dat het in de praktijk enige tijd (circa 15-20 jaar) duurt voordat een dijk is verbeterd nadat deze is afgekeurd. Bij een optimaal ontwerp is de middenkans ongeveer 5 keer groter dan de ontwerpkans en ca. 2 keer kleiner dan de 'echte' maximaal toelaatbare overstromingskans (=afkeurkans). Met name bij objecten met relatief hoge vaste kosten van vervangen/aanpassen, zoals sluizen, kan dit afwijken. De relatie tussen middenkans en afkeurgrens zou bij b-keringen nader onderzocht moeten worden.

Gebruik van afgeleide faalkans-eis

In de huidige werkwijze voor het toetsen van b-keringen zijn eisen aan b-keringen opgenomen in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) en Hydraulisch Randvoorwaardenboek (HR). Er wordt vanuit gegaan dat deze werkwijze wordt gecontinueerd. Voor elke b-kering is in dit rapport een bandbreedte voor een faalkans-eis afgeleid. Een grote bandbreedte, die soms zelfs over meerdere normklassen heen gaat, komt met name voort uit twee uiterste schattingen naar de gevolgen van het falen van de b-kering. Door een meer verfijnde uitwerking van de kosten, gevolgen, afkeurgrenzen en middenkansen kan deze bandbreedte teruggebracht worden naar een smallere bandbreedte en zo naar een enkele faalkans-klasse. Deze verdere uitwerking zal worden uitgevoerd in een vervolgstudie.

⁴ Er kan hiervan worden afgeweken indien de gevolgen van doorbreken sterk verschillen, zie aanbevelingen.

De afgeleide faalkans levert een eis aan de hand waarvan b-keringen kunnen worden getoetst. Wanneer uit toetsing blijkt dat de b-kering niet voldoet dan is de logische volgende stap dat een volwaardige achterlandstudie dan wel een kosten-batenanalyse / risico-analyse wordt uitgevoerd. Met zo'n analyse kunnen samenhangende eisen worden afgeleid voor het systeem van voorliggende en achterliggende keringen.

8.2 Aanbevelingen en aandachtspunten

De faalkans-eisen voor de b-keringen in dit rapport zijn middenkansen. Met name bij objecten met relatief hoge vaste kosten van vervangen/aanpassen, zoals sluisen is het aan te bevelen om de relatie tussen afkeurkans en middenkans te bepalen. Binnen het KPP-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid wordt hiertoe een redeneerlijn opgezet en uitgewerkt voor het sluisencomplex van IJmuiden.

Bij een aantal b-keringen liggen de onder- en bovengrens sterk uit elkaar. Dit hangt samen met de grote bandbreedte in de geschatte schade. Op enkele b-keringen na, zijn er geen berekeningen beschikbaar van de gevolgen van het doorbreken van de betreffende b-kering. In deze gevallen is een minimale en maximale schade bepaald aan de hand van de gevolgen bij doorbreken van de achterliggende keringen.

Voorgesteld wordt om voor alle b-keringen simulaties te ontwikkelen om beter grip te krijgen op de omvang van potentiële gevolgen van het falen van b-keringen. Daarbij is ook nog aandacht nodig voor een aantal methodologische zaken. Voor a-keringen is er in de loop van de tijd (binnen WV21 en VNK2) een min of meer uitgekristalliseerde aanpak ontwikkeld voor overstromingssimulaties en gevolgbeoordeling, met onder meer bepaalde uitgangspunten voor bresontwikkeling. Voor b-keringen is zo'n aanpak er feitelijk nog niet. Dan gaat het bijvoorbeeld om de standzekerheid en het functioneren van de achterliggende keringen en om wel/niet rekening houden met mogelijke noodmaatregelen (met name bij sluisen) om de toestroom van water te beperken en het effect van dergelijke maatregelen op de omvang van de gevolgen. Aanbevolen wordt om de Roggebotsluis, Nijkerkersluis, sluisencomplex en IJmuiden als eerste op te pakken, aangezien hier de meeste winst te behalen valt in het verkleinen van de bandbreedte.

De kosten van het versterken van de b-keringen zijn op pragmatische wijze binnen WV21 bepaald. Aanbevolen wordt om de schatting gericht te verbeteren wanneer er een fors effect is op de faalkans-eis. Een onder- of overschatting van de kosten werkt 1 op 1 door in de faalkans-eis. Met name de keringen waarvan de kosten van een 10 maal sterkere kering zijn geschat op enkele miljoenen Euro's zullen hiervoor gevoelig zijn. Bij deze keringen is een verbeterde schatting zeker nuttig.

Veel b-keringen bestaan uit een kunstwerk (sluis) en een aanliggend stuk dam of dijk. De afgeleide faalkans-eis is vooral betrokken op het falen van het kunstwerk. De analyse moet mogelijk nog verbreed worden naar de aanliggende stukken dijk en dam om ook voor die delen een eis af te leiden. In het geval dat aanliggende dijken of dammen andere gevolgen hebben als het doorbreken van het kunstwerk in de b-kering, moet worden overwogen of ze apart behandeld moeten worden. Een eis dient in ieder geval een grondslag te geven voor het beheer en onderhoud van de betreffende delen van de kering.

In de factsheets (bijlage) zijn nog drie aandachtspunten naar voren gekomen:

- De dam die het Grevelingenmeer scheidt van het Volkerak-Zoommeer is in deze analyse niet meegenomen (dam ten noorden van Grevelingdam en Philipsdam).

- Het kaartje in de HR2006 van de ligging van de b-kering van IJmuiden is niet correct. De naastliggende dijktrajecten (14_0 en 13_10) behoren niet tot de b-keringen.
- De Heerewaardense Afsluitdijk heeft op dit moment nog een dubbele status; het is zowel een a- als een b-kering.
- Bij de norm van de Zeedijk Paviljoenpolder zou opgedeeld moeten worden in trajecten. De gevolgen van doorbreken van het noordelijke gedeelte zullen namelijk groter zijn dan het doorbreken van het zuidelijke gedeelte.

9 Literatuur

Algemeen b-keringen

DPV, 6 januari 2014

Op weg naar nieuwe normen, Technisch-inhoudelijke uitwerking DPV 2.0, hoofdrapport, Werkdocument Deelprogramma Veiligheid, Concept van 6 januari 2014.

Deugd, 2005

Memo: Effect Hartelkering op maatgevende hoogwateromstandigheden, H. de Deugd, 4 november 2005

LK,2003

Leidraad Kunstwerken, Technische Adviescommissie voor de waterkeringen (TAW), mei 2003.

HR 2006. (Randvoorwaardenboek 2006)

Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toets ronde 2006-2011 (HR 2006). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, augustus 2007.

HRC, 2006.

Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen categorie c voor de derde toets ronde 2006-2011 (HRC 2006). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006.

Slootjes, 2013

Memo: Positie en eisen aan categorie C-keringen (Concept), N. Slootjes, 1207830-008-VEB-0001, Deltares, 16 juli 2013

Stone, K. en van der Doef, M, 2013.

Eisen aan c-keringen van Volkerak-Zoommeer en Grevelingen bij inzet voor berging. Bepaling van eisen vanuit basisveiligheid en economische doelmatigheid. Deltares, 2013, 1208318-001.

Wojciechowska, 2013

Inventarisatie b-keringen, Wojciechowska, K., van Haaren, D., Stijnen, J. , HKV-IJin in Water, PR2584. 10 mei 2013.

WV21, 2011

Kosten van maatregelen, Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw, 1204144-003, Deltares, 2011, B, P. de Grave, G. Baarse (BB&C)

WV21, 2011b

Samenvatting van analyse van slachtofferrisico's en maatschappelijke kosten-batenanalyse, 1204144-003, Deltares, 2011, H. van der Most.

Afsluitdijk:

CPB, 2013

Economisch optimale waterveiligheid in het IJsselmeergebied. MKBA Waterveiligheid: Afsluitdijk, Houtribdijk, IJsselmeer, IJssel- en Vechtdelta en Markermeer. Zwaneveld, P., G. Verweij, Centraal Plan Bureau, 20 maart 2013.

Deltares, 2010

KEA normering Afsluitdijk, Beckers, J., Kramer, N., Gao, Q. en Harezlak, V, Deltares rapport 1203014-000, Augustus 2010.

Deltares, 2012

Toeleveringen aan het CPB; norm van de Afsluitdijk, Kramer, N., Beckers, J. Deltares, 1205162-000-ZWS-0009-r7.

Deltares, 2013

Memo: Afsluitdijk en Houtribdijk, N. Kramer, 21 juni 2013

Jongejan, 2014

Enkele gedachten ten aanzien van de faalkans-eis voor de Afsluitdijk, R. Jongejan, Notitie voor interne discussie, 07-02-2014

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005

Toetsing Afsluitdijk. Resultaten achterlandstudie. Samenvatting. 20 december 2005.

Oosterschelde:

Deltares, 2011

Veiligheidsmodellen voor de Oosterschelde in het deltamodel, Kramer N., Diermanse, F., Geerse, C, Roscoe, K, Deltares juni 2011, 12083803.

Manen Van, 2008

Prestatiepeilen Oosterschelde. Vervolg. Sipke van Manen. Rijkswaterstaat Bouwdienst, april 2008.

Saman, 2013a

memo Dominante kansen toets peil overschrijdingen locaties achter de SVK Oosterschelde, Saman, K., 8 juni 2013, Rijkswaterstaat zee en delta.

Saman, 2013b

memo Gevoeligheid prestatiepeilen falen Oosterscheldekering, Saman, K., 17 juni 2013, rijkswaterstaat zee en delta.

Ramspol

Wojciechowska et al., 2009a

K. Wojciechowska, C. Geerse, J. Stijnen, D. van Haaren, M. Duits en M. Kok, Betrouwbaarheidseis Ramspolkering, HKV Lijn in water, opdrachtgever: Waterschap Groot Salland, november 2009.

Wojciechowska et al., 2009b

K. Wojciechowska, M. Kok, Betrouwbaarheidseisen Ramspolkering, Samenvatting, HKV-rapport PR1549.30, Oktober 2009

Roggebotsluis

Wojciechowska et al. (2013c)

Memo Roggebotsluis, Karolina Wojciechowska, Chris Geerse, 30 augustus 2013, PR2644.10

Veiligheid Nederland in Kaart 2. *Overstromingsrisico dijkkringgebied 8: Flevoland*. Auteur: J.C. Bossenbroek, HB1838725, 26 november 2012.

Spoldersluis

Wojciechowska et al. (2013d)

Memo Spoldersluis, Karolina Wojciechowska, Chris Geerse, 28 augustus 2013, PR2644.10

VNK2. *Gevolgen analyse dijkkring 53 (presentatie)*. Veiligheid Nederland in Kaart. 2 april 2013.

IJmuiden

Deltares (2010)

Nadere verkenning Waterveiligheid Centraal Holland, Fase 1 gebiedspilot dijkkring 14, Marnix van der Vat, Peter de Grave, Rolf van Buren, Deltares, 1202129-012.

VNK2, 2011

Veiligheid Nederland in Kaart 2, Overstromingsrisico dijkkring 44 Kromme Rijn, HB 1555737, december 2011, C. Bisschop (Grontmij) en C.E. Huisman (Grontmij).

Nieuwjaar, 2013a

Analyse waterveiligheid voor de Deltastrategie regio Amsterdam. M. Nieuwjaar, 12 april 2013, Waternet

Nieuwjaar, 2013b

Memo 1: Nut en noodzaak compartimenterende werking huidige c-keringen. M. Nieuwjaar, 18 april 2013, Waternet

Nieuwjaar, 2013c

Memo 2: Eisen aan primaire c-kering Amsterdam. M. Nieuwjaar, 18 april 2013, Waternet

Nieuwjaar, 2013c

Memo 3: Waterkerende kunstwerken in de primaire c-kering Amsterdam. M. Nieuwjaar, 18 april 2013, Waternet

Udo, 2013

Memo: Aanpak effect c-keringen bij falen IJmuiden, HKV-lijn in water, 20 december 2013.

Hollandsche IJssel:

Balen, 2010

Wim van Balen, Nadine Slootjes, Dirk van Haaren, Elmi Vermeij, Faalkans-eis Hollandsche IJsselkering, PR1847, HKV-Lijn in Water, 2010.

Asselman, N., 2010. *Overstromingssimulatie Capelle a/d IJssel*. Memo van 11 januari 2011. Kenmerk 1204056-000-VEB-0003 aan Rob Taffijn van de Provincie Zuid-Holland. Deltares, Delft.

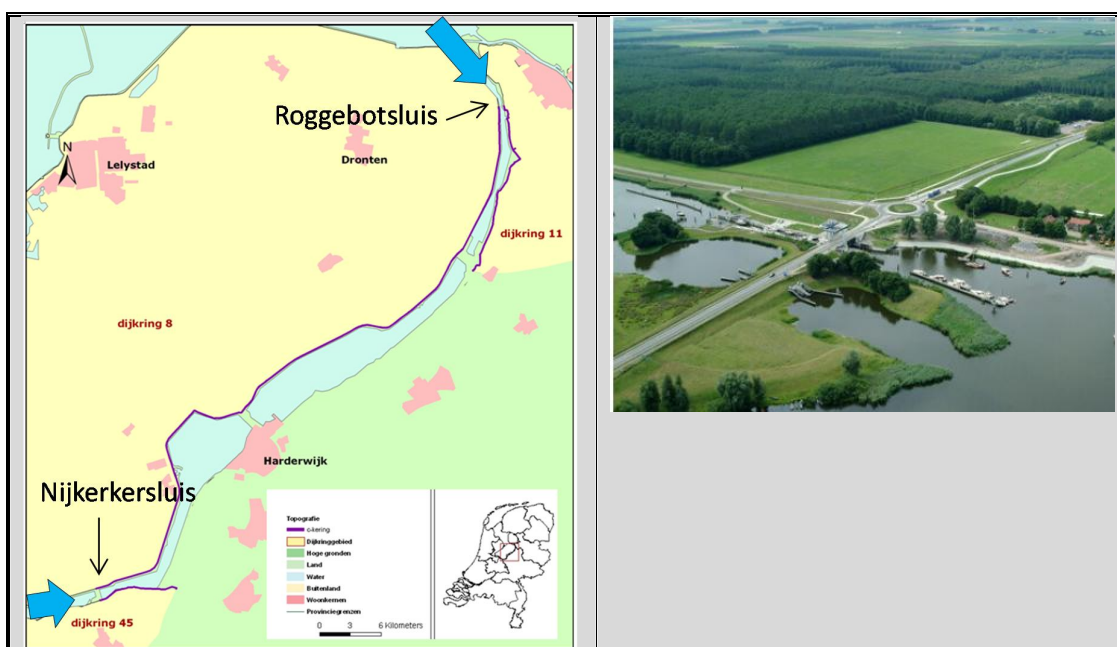
Asselman, N., 2011. *Doorbraak Hollandsche IJssel ter hoogte van Krimpen a/d IJssel*. Memo van 8 augustus 2011. Kenmerk 1204056-000-VEB-0005 aan Rob Taffijn en Leontien Barends van de Provincie Zuid-Holland. Deltares, Delft.

De Bruijn, K., 2012. *Overstromingsrisico's door doorbraken langs de Hollandse IJssel*. Deltares-memo 1206053-001-VEB-0001.

A B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater

A.1 Roggebotsluis

De Roggebotsluis (VWK 3) is een verbindende kering tussen de dijkringen 8 (Flevoland) en 11 (Overijssel). De Roggebotsluis en Nijkerkersluis samen zorgen ervoor dat de Veluwerandmeren afgesloten zijn en zo beschermd wordt tegen invloeden vanuit het IJsselmeer en Markermeer. Langs de Veluwerandmeren liggen c-keringen van de dijkringen 8,11 en 45. Aan de Harderwijk kant worden de Veluwerandmeren beschermd door hoge gronden.



Figuur A.1 : Links: De ligging van de c-keringen langs de Veluwerandmeren (paarse lijnen). Rechts: Roggebotsluis.

Tabel A.1 Kenmerken categorie c-keringen langs de Veluwe Randmeren.

Dkr	Naam	Overschrijdingskansnorm (per jaar)	Lengte (km)	Beheerder
8	Flevoland	1/4000	47	Waterschap Zuiderzeeland
11	IJsseldelta	1/2000	9,1	Waterschap Veluwe
11	IJsseldelta	1/2000	3,4	Waterschap Groot Salland
45	Gelderse Vallei	1/1250	4,8	Waterschap Vallei en Eem

Feiten

- De Roggebotsluis is normaliter gesloten en bestaat uit een schutsluis, een spuisluis en verbindende grondlichamen (dammen).
- Gehele kering is 350 m breed;
- Lengte achterliggende keringen: 65 km;
- Oppervlakte Veluwerandmeer: 80 km².

- Functies: scheepvaart, waterafvoer en veiligheid.
- De huidige norm van de Roggebotsluis is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Roggebotsluis valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Beschikbare informatie

In Wojciechowska et al. (2013c) is gekeken naar de effecten van falen van de Roggebot op de waterstanden in het Veluwerandmeer. In dit memo worden de volgende conclusies getrokken:

- Gezien het feit dat de Roggebotsluis recent is gerenoveerd, ligt de meest realistische waarde voor de huidige faalkans $1/\alpha$ ergens tussen 1/1000 en 1/10.000 jaar. Als locaties die grenzen aan hoge gronden worden weggelaten zijn voor dergelijke waarden van $1/\alpha$ de effecten van falen op de waterstanden en HBN's voor bresgrootte $B = 12$ m dan gering; voor $T = 10.000$ jaar resulteren maximale verschillen van enkele centimeters. Voor $B = 50$ m zijn deze verschillen aanmerkelijk groter (voor waterstanden maximaal 0.12 m en voor HBN's maximaal 0,41 m). N.B. Aannames over de breedte van de bres zijn dus cruciaal.

Tabel A.2 Maximale verschillen, in m, voor waterstanden (ws) en hydraulische belastingniveaus (HBN's); exclusief locaties op de hoge gronden Harderwijk en Killenbeek (Wojciechowska et al., 2013c).

B, m	α , per jaar	T = 100 jaar		T = 1000 jaar		T = 10.000 jaar		T = 100.000 jaar	
		Vershil ws	Vershil HBN	Vershil ws	Vershil HBN	Vershil ws	Vershil HBN	Vershil ws	Vershil HBN
12	1/100	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.06
	1/1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04
	1/10.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
	1/40.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
50	1/100	0.07	0.13	0.19	0.40	0.30	0.62	0.40	0.80
	1/1000	0.01	0.01	0.05	0.11	0.12	0.41	0.20	0.62
	1/10.000	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.13	0.07	0.41
	1/40.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.26

- Achter de Roggebotsluis bevinden zich primaire waterkeringen van de categorie c⁵. De toetspeilen voor de c-keringen in dijkkring 8 variëren tussen 0,7 en 2,4 m+NAP en de toetspeilen voor de c-keringen in dijkkring 11 variëren tussen 1,6 en 2,1 m+NAP (HRC2006).
- Naast een stijging van de hydraulische belastingen op de c-keringen zal het falen van de Roggebotsluis tot een tijdelijke uitval van de verkeersfunctie(s) leiden. Of de keringen in het achterland de extra belastingen kunnen keren is, onder andere, afhankelijk van de (over)sterkte en (over)hoogte van de keringen.
- In de 3^e toetsronde scoorden onderdelen van de primaire c-keringen in dijkkring 8 (40 km van 47 km) 'onvoldoende'. Deze dijken zijn vooral op de toetssporen bekleding en hoogte afgekeurd. De primaire c-keringen in dijkkring 11 scoorden 'onvoldoende' vooral op de toetssporen stabiliteit bekleding, macrostabiliteit binnenwaarts en hoogte.

⁵ Bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden voor c-keringen achter een b-kering, is het uitgangspunt dat de b-kering voldoet en niet faalt bij en beneden de normsituatie.

- Falen van de c-keringen, als gevolg van falen van de Roggebotsluis, zal tot overstromen van dijkkringgebieden 8 en/of 11 kunnen leiden. Aan de zijde van dijkkring 11 zitten beekmondingen, het water kan vanuit daar zijn weg gaan zoeken.

Gevolgen

Voor de Roggebotsluis zijn momenteel geen overstromingsberekeningen beschikbaar. De schade in dijkkringgebied 8 en 11 kan zeer groot zijn, en hangt daarnaast sterk af van het beschouwde overstromingsscenario. De schade-getallen van de dijktraject 8_3 en 11_2 zoals bepaald in Deelprogramma Veiligheid zijn respectievelijk 32 en 8 Miljard euro (zie Tabel A.3). Echter, er wordt niet verwacht dat de totale schades van dijktraject 8_3 en 11_2 zullen optreden bij het doorbreken van de Roggebotsluis. Volgens Wojciechowska et al. (2013c) is de waterstandstijging bij een 1/10.000 per jaar storm maximaal 3 cm wanneer de faalkans van de Roggebotsluis 1/10.000ste per jaar is en 13 cm als de faalkans 1/1000ste per jaar is. De waterstandsverhoging in het achterland is dus beperkt. Extra kans op overstromen van dijkkring 8 en 11 kan alleen ontstaan de weerstandsgeul bij Elburg het water tegenhoudt (extra waterstandsverhoging) of als er een bres optreedt als gevolg van toenemende stroomsnelheden.

Tabel A.3 Schade getallen bij een bres in de a-kering en buitenwaterstanden gelijk aan het toetspeil (DPV, 6 januari 2014).

keringtraject	lengte	Totale economische schade 2050
	(km)	(Miljoen €)
8_3	40,4	31.983
11_2	16,5	6.104

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken van de Roggebotsluis uit op ca. 5 miljoen Euro.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade slecht heel globaal geschat kan worden, zijn een aantal cases doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.4

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis (1-3-10)
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
1: nauwelijks schade	100	5	10	1/800	1/1000
2: beperkte schade	3.000	5	1200	1/12.000	1/10.000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende en achterliggende keringtrajecten zijn weergegeven in onderstaande tabel. Mogelijk kunnen de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen

overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Indien dit werkelijk het geval is, is het goed om de normen op elkaar af te stemmen.

Tabel A.5 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering		keringtraject	(strengste MKBA/LIR):	"Norm"
			Terugkeertijd (jaar)	[1-3-10] Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Flevoland	8_3	5100	3.000
	Vossemeerdijk	11_2	2000	3.000
Achterliggend	c-keringen	-	-	-

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Op basis van geschatte kosten van wordt verwacht dat de faalkans-eis zal komen te liggen tussen de 1/1000 en 1/10.000 per jaar. Dit sluit aan op de norm van de naastgelegen keringen (1/3000 per jaar). Voor een definitieve uitspraak zullen eerst nieuwe gevolgen berekeningen uitgevoerd moeten worden.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken. Bij de gevolgenberekeningen dient ook gekeken te worden naar stroomsnelheden. Hoge stroomsnelheden in de Randmeren kunnen zorgen voor bezwijken van aanliggende c-kering bezwijken, de dijk wordt als ware ontgraven.

A.2 Nijkerkersluis

De Nijkerkersluis (VWK 5) is een verbindende kering tussen de dijkeringen 8 en 11. De waterkering ligt tussen het Markermeer en het Veluwerandmeer.



Figuur A.2 Links: Nijkerkersluis, Rechts: ligging Nijkerksluis en Veluwerandmeren.

Feiten

- spuisluisen; lengte =134 m, drempel (NAP -4,5 m)
- 1 schutsluis, breedte 9,5 m;
- Lengte achterliggende keringen: 65 km;
- Oppervlakte Veluwerandmeer: 80 km².

- Functies: scheepvaart, waterafvoer en veiligheid.
- De huidige norm van de Nijkerkersluis is gelijk aan 1/4000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Nijkerkersluis valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Gevolgen

De Nijkerkersluis beschermt hetzelfde gebied als de Roggebotsluis. De belasting op de kering zal kleiner zijn dan de Roggebotsluis aangezien de kering beschut ligt en de kering wordt belast vanuit het Markermeer in plaats van het dynamischere IJsselmeer.

Voor het falen van de Nijkerkersluis zijn geen overstromingsberekeningen beschikbaar. De schade getallen vanuit Deelprogramma Veiligheid voor de naastgelegen dijktrajecten staan weergegeven in onderstaand tabel. Net als bij de Roggebotsluis wordt verwacht dat de waterstandstijging, en dus ook de schade, bij doorbreken van de Nijkerkersluis beperkt zal blijven.

Tabel A.6 Schade getallen bij een bres in de a-kering en buitenwaterstanden gelijk aan het toetspeil (DPV, 6 januari 2014).

keringtraject	lengte	Totale economische schade 2050
	(km)	(Miljoen €)
8_1	25,5	40.166
8_2	29,2	44.596
8_3	40,4	31.983
11_2	16,5	6.104
45_2	28,4	409

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken van de Nijkerkersluis uit op ca. 5 miljoen Euro.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade slecht heel globaal geschat kan worden, zijn twee varianten doorgerekend in Tabel A.7.

Tabel A.7

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
1: nauwelijks schade	100	5	10	1/800	1/1000
2: veel schade	2.000	5	400	1/16.000	1/10.000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in Tabel A.8. Verwacht wordt dat de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen niet overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Het is dan ook niet nodig om normen van de b-kering af te stemmen op de norm van de naastliggende kering.

Tabel A.8 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering		dijkringtraject	"Norm"
			[1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Flevoland	8_1	30.000
	Utrecht	45_2	300
Achterliggend	c-keringen		

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Verwacht wordt dat de waterstandstijging bij het doorbreken van de Nijkerkersluis beperkt is, dit zal dan ook niet leiden tot de totale schadebedragen van dijkkring 8 en 45. Afhankelijk van de schade zal de faalkans-eis zal tussen de 1/1000 en 1/10.000 per jaar komen te liggen. Voor een definitieve uitspraak zullen eerst nieuwe gevolgen berekeningen uitgevoerd moeten worden.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken. Net als bij de Roggebotsluis dient hier ook gekeken te worden naar de stroomsnelheden.

A.3 Sluizen IJmuiden

De sluizen van IJmuiden beschermen het Noordzeekanaal (NZK) tegen invloeden vanuit de zee. Langs het NZK liggen regionale keringen, met daarachter c-keringen (rode lijn in onderstaand figuur)



Figuur A.3 De rode en grijze lijnen geven de categorie c-keringen aan. Het Noordzeekanaal heeft slechts aan alleen aan de kant van dijkkring 14 een c-kering.

Feiten

- Functies: scheepvaart, waterafvoer en veiligheid.
- De huidige norm van het sluizencomplex is gelijk aan 1/10000 per jaar.
- Het sluizencomplex IJmuiden bevat 4 sluizen, 1 spuisluis en 1 gemaal (Tabel A.9)

In de tabel zijn ook de door VNK berekende faalkansen weergegeven. In het sluisencomplex zijn er meerdere midden eilanden aanwezig, echter in VNK2 is enkel voor het middensluis eiland de faalkans bepaald. Opvallend is dat de faalkans van het middensluis eiland groot is verwacht wordt dat deze, ongeacht de faalkans eis, versterkt zou moeten worden.

Tabel A.9 Kenmerken en berekende faalkansen sluisencomplex IJmuiden volgens VNK2 (2011)⁶.

Kunstwerk naam en type	kenmerken		Faalkans (per jaar)				
	Breedte (m)	Drempel diepte (m+NAP)	Overloop/ Golfoverslag	Niet sluiten	piping	Constructief falen	gecombineerd
Kleine sluis	12	-3,75	1/17.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	
Noordersluis	50	-15	1/58.600	<1/1.000.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	
Middensluis	25	-10,15	1/58.600	<1/1.000.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	
Zuidersluis	18	-7,85	1/12.200	<1/1.000.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	
Nieuwe sluis	65	-18					
Spuisluis	5,90 (*7kokers)	-9,70	1/11.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	
Dijk midden sluis eiland	60						1/2.100

Voorstel aanpak

Het sluisencomplex bij IJmuiden valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Gevolgen

In VNK2 (2011) is een doorbraak langs de kust bij IJmuiden (ringdeel 10) gesimuleerd. Bij een doorbraak bij IJmuiden is ervan uitgegaan dat de Noordersluis (de grootste zeesluis in IJmuiden) bezwijkt. Er is een berekening van een situatie met buitenwaterstand van 1/10.000 per jaar. Het water stroomt via de kades van het Noordzeekanaal in dijkkringgebied 44. Ten noorden van het Noordzeekanaal overstromen de gebieden van Wijkermeerpolder, gemeente Beverwijk, Zaandammerpolder, de Achtersluispolder en ook een deel van Amsterdam Noord. Ten zuiden van het Noordzeekanaal overstromen o.a. het recreatiegebied Spaarnwoude, de Houtrakpolder en het havengebied Westpoort. Via het Amsterdam-Rijnkanaal overstromen onder andere de Diemerdammerpolder, de Bloemendalerpolder, het stedelijk gebied bij Weesp, het gebied tussen Weesp en Nigtevegt en de polders ten zuiden van Houten (Figuur A.4).

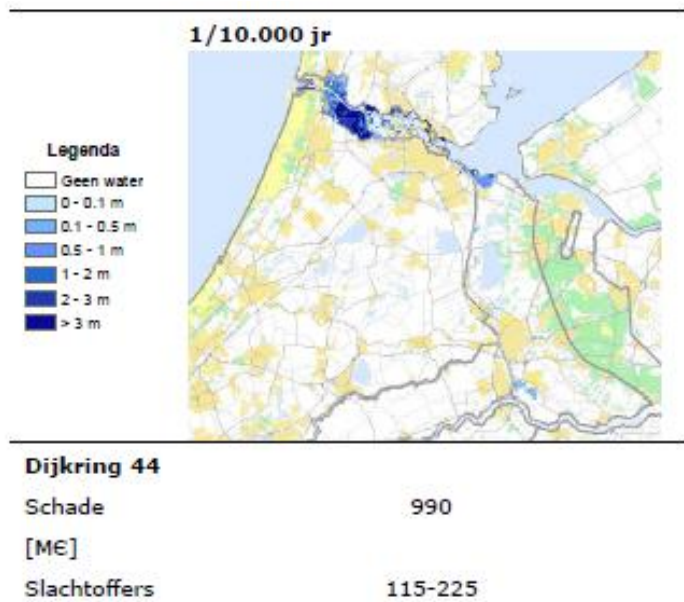
VNK2 (2011) heeft berekend dat de bijbehorende schade 990 miljoen Euro en 115 – 225 slachtoffers bedraagt (zichtjaar 2006). Vanuit het oogpunt van consistentie met de aanpak van de a-keringen moet de schade nog omgezet worden naar het zichtjaar 2050. Gebruik makend van de DPV-methode⁷ komt het bedrag uit op zo'n 7.000 Miljoen Euro.

⁶ De berekeningen van de overstromingskans van de dijkkring en de faalkansen van de dijkvakken en kunstwerken zijn uitgevoerd met behulp van het programma PC-Ring. De faalkansen voor het faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts zijn met behulp van aparte procedures buiten PC-Ring berekend.

⁷ $schade_{2000} = schade_{2006} / 1,02^6$

$schade_{2011} = schade_{2000} * 2,24 + \#slachtoffers * 1,05^6,7 + \#getroffenen * 1,05^0,0125$.

$schade_{2050} = schade_{2011} * 1,019^39$



Figuur A.4 Maximale waterdiepte en verwachte gevolgen voor schade en slachtoffers bij een doorbraak bij IJmuiden voor twee buitenwaterstanden (zichtjaar 2006).

Het genoemde schadebedrag zou nog verder toe kunnen nemen als rekening gehouden wordt met:

- Falen van de achterliggende c-keringen op sterkte. Als de dijk Spaarndammerdijk bij Zwanenburg faalt, dan kan Schiphol onderlopen. Als de historische sluisen in Amsterdam niet op tijd gesloten zijn, dan kan er in Amsterdam water op straat komen te staan (Udo, 2013).
- Doorbreken nieuwe sluis ipv Noordersluis: Voor het bepalen van de gevolgen van doorbreken wordt aangenomen dat er alleen de Noordersluis doorbreekt. De nieuwe sluis is 30% breder dan de Noordersluis, de schade zal hierdoor ook toenemen.
- Imagoschade bij overstroming.
- Regionaal wateroverlast doordat de regio zijn water niet kan lozen.
- Zoutindringing.
- Hindering scheepvaart bij kapotte sluisdeuren.
- Nieuwe inzichten: de schades uit de VNK2 berekeningen zijn aan de lage kant. In Udo (2013) wordt dit nader toegelicht.

De grootte van de extra schade is onbekend en tevens afhankelijk van eventuele noodmaatregelen die genomen worden.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken van de kunstwerken, aansluitconstructies en midden-eilanden uit op ca. 60 miljoen Euro.

Bij het bepalen van de kosten zijn de volgende aannamen gedaan:

- Bij sluisen is revisie mogelijk. De sluisen kunnen na einde levensduur ook gedeeltelijk versterkt worden en hoeven niet geheel vervangen te worden.

- De kering voldoet aan de norm. Over/onder sterkte en -hoogte worden niet meegenomen.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis } b\text{-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade } 2050 / \text{kosten factor } 10 \text{ veiliger}))$$

Voor de referentie-variant A komt de faalkans-eis uit op 1/3000 per jaar (zie Tabel A.10). Bij variant B t/m E is gekeken naar de gevoeligheid van het schadebedrag op de faalkans-eis. Extra schade zou kunnen optreden door water op straat in Amsterdam, imagoschade, regionale wateroverlast en verhinderde scheepvaart. Aangezien de grootte van de extra schade onbekend is, zijn er in de tabel verschillende waarden opgenomen. Afhankelijk van de grootte van de extra schade verandert de verhouding schade-kosten en hiermee ook de mate van aanscherping van de faalkans-eis. Uitgaande van het 1-3-10 stramien is de faalkans-eis weinig gevoelig voor verschil in schade tussen de 8 en 22 Miljard. Wanneer de schade in deze range ligt komt de faalkans-eis op 1/10.000 per jaar te liggen. Pas als de totale schade van zo'n 30 Miljard zou de faalkans-eis een categorie opschuiven naar 1/30.000 per jaar.

Tabel A.10 Berekende faalkans-eis op basis van overstromingskansen.

Variant	Schade 2050	Extra schade	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis (1-3-10)
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
Huidige situatie							
A	7.000	0	7.000	60	117	1/4667	1/3000
Gevoeligheids-analyse:							
B	7.000	2.000	9.000	60	150	1/6000	1/10000
C	7.000	10.000	17.000	60	283	1/11333	1/10000
D	7.000	15.000	22.000	60	367	1/14667	1/10000
E	7.000	24.000	30.000	60	500	1/20000	1/30000

Opgemerkt moet worden dat het gaat om een faalkans-eis voor het gehele sluzencomplex gezamenlijk en niet voor een sluis individueel. Stel voor het gemak dat de nieuwe sluis dezelfde kenmerken heeft als de Noordersluis, dan neemt de kans op falen toe met de extra sluis. Als de totale faalkans-eis gelijk blijft, dan kan de Noordersluis en nieuwe sluis alsnog een strengere individuele eis krijgen.

Afstemmen faalkans-eis op ontwerp nieuwe sluis

IJmuiden krijgt in 2019 een nieuwe sluis. Het bepalen van de faalkans-eis van deze nieuwe sluis zou afgestemd kunnen worden op de ontwerp-eis aan de hand van de volgende twee methoden:

- Bepaling grootste kans in levensduur, uitgaande van ontwerp-eis (o.b.v. VNK2-memo voor projectteam Zeetoeegang). Er wordt hier gesteld dat de nieuwe sluis niet afgekeurd mag worden tijdens zijn levensduur van 100 jaar. De nieuwe sluis wordt ontworpen op 1:10.000 per jaar⁸ aan het einde van zijn levensduur (rekening houden met klimaatveranderingen). Volgens dit criteria moet de faalkans-eis van de nieuwe sluis soepeler zijn dan 1:10.000 per jaar. Stel dat de andere vijf sluzen ook een faalkans van 1/10.000 per jaar hebben

⁸ de 1:10.000 per jaar ontwerp-eis van de nieuwe sluis is op moment van schrijven van dit rapport nog niet definitief.

en de faalkansen zijn totaal onafhankelijk. In dit uiterste geval komt de faalkans van de 6 sluizen dan samen uit op 1/1667 per jaar. (in werkelijkheid zullen ze niet totaal onafhankelijk zijn).

- Bepaling faalkans-eis op basis van eerstejaarsrendement. Hierbij wordt gekeken wanneer de baten van investeren opwegen tegen de kosten. De totale investeringskosten van de nieuwe sluis worden geschat op 800 miljoen Euro. De baten bestaan hier uit het voorkomen van overstromings-schade, welke op kan lopen tot 7 miljard (zie vorige paragraaf). Hieruit volgt een faalkans-eis van 1:10 per jaar. Deze vergelijking is eigenlijk niet eerlijk, de baten worden vooral in de scheepsvaart verwacht. Wel kan je concluderen dan een investering van 800 miljoen vanuit het veiligheidsoogpunt alleen nooit rendabel zal zijn.

Inbedding in de omgeving

De naastliggende a-keringen zijn duinen. In het werkdocument van Deelprogramma Veiligheid (6 januari 2014) krijgen deze naastgelegen duinen een norm van 1/3000 (Noord Holland) en 1/10.000 per jaar (Zuid Holland) te geven. Deze normen sluiten aan bij de gevonden faalkans-eis voor IJmuiden. Er moet wel bij gezegd worden dat vergelijking van de faalkans-eis met de norm van naastgelegen hier slechts beperkte toegevoegde waarde heeft, dit doordat bij een doorbraak de gevolgen slechts deels overlappen.

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Bij de sluizen van IJmuiden zijn zowel de schade als de kosten van versterken lastig in te schatten. Bij het inschatten van de schade is het wel of niet meenemen van de standvastigheid en hoogte van de achterliggende kering bepalend. Bij de kosten van versterken liggen er ook vragen. Is het mogelijk om de kering deels te versterken? Of moet de kering dan geheel vervangen worden? Aanbevolen wordt om de kosten van versterken en de schade berekeningen in meer detail te bekijken.

Gebruik makend van de hier besproken schaden en kosten getallen, komt de faalkans-eis van het gehele sluisencomplex uit tussen 1/3000 en 1/10.000 per jaar.

Let hierbij op dat de faalkans-eis geldt voor het gehele sluisencomplex. Dit betekent dat elke sluis individueel een strengere eis zal krijgen.

Acties op kort- en middellanger termijn

Bovenstaande pragmatische aanpak geeft een indicatie voor de faalkans-eis voor de sluizen van IJmuiden. Om de conclusie beter te onderbouwen zouden de volgende punten beter onderzocht kunnen worden:

- Het bepalen van de gevolgen bij een doorbraak van de nieuw te bouwen sluizen bij IJmuiden.
- Vaststellen van de kosten van het versterken van de sluizen bij IJmuiden.
- Effect en uitvoerbaarheid van noodmaatregelen om toestroming na falen te beperken.

Opmerking

Het kaartje in de HR2006 van de ligging van de b-keringen is niet correct. De naastliggende dijktrajecten (14_0 en 13_10) behoren niet tot de b-keringen.

A.4 Afsluitdijk Andel en Wilhelminasluis

De Afgedamde Maas wordt aan beide kanten afgesloten door een b-kering: aan de noordzijde de Afsluitdijk Andel en de Wilhelminasluis (gesloten) en aan de zuidzijde de

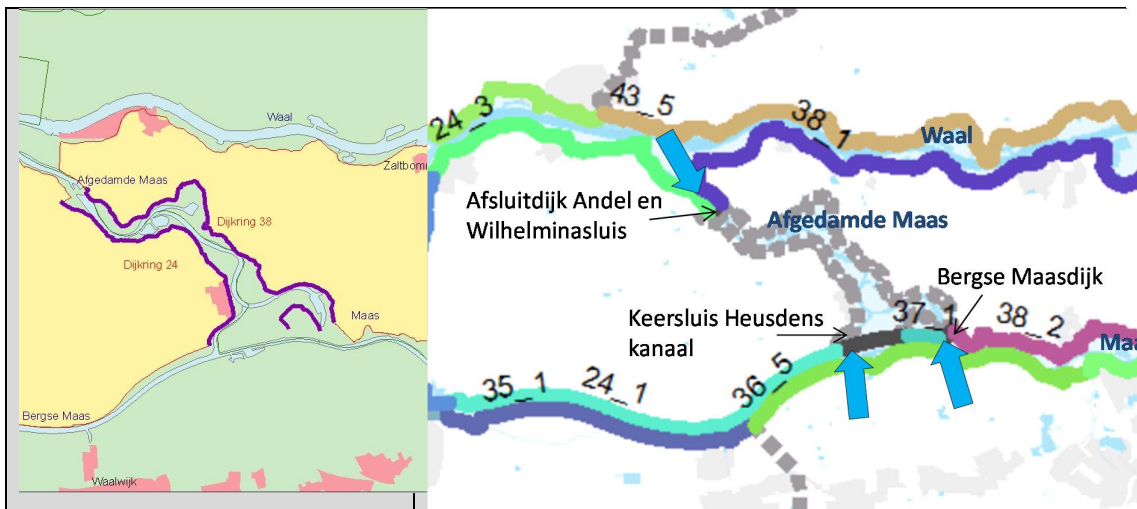
Keersluis Heusdens Kanaal (dagelijks open) en de Bergse Maas (gesloten). Dijkkring 37, Nederhemert, vormt ook onderdeel van de kering tussen de Maas en de Afgedamde Maas. Tabel A.11 geeft een aantal kenmerken van deze c-keringen.

Tabel A.11 Kenmerken categorie c-keringen langs de Afgedamde Maas.

Dkr	Naam	Overschrijdingskans-norm (per jaar)	Lengte (km)	Beheerder
24	Land van Altena	1/2.000	11,2	Waterschap Rivierenland
37	Nederhemert (Bernse dijk)	1/1.250	2,8	Waterschap Rivierenland
38	Bommelerwaard	1/1.250	15,7	Waterschap Rivierenland

In Figuur A.5 zijn de c-keringen met een paarse lijn aangegeven. De categorie c-kering van dijkkring 38 ligt aan de oostzijde van de Afgedamde Maas, die van dijkkring 24 aan de westzijde en dijkkring 37 aan de zuidzijde.

De c-keringen langs de Afgedamde Maas zouden ook een dijkkring scheidende werking kunnen hebben bij een overstroming uit de Waal in dijkkring 38, Bommelerwaard. Overstromingsberekeningen van VNK (Vergouwe en Bossenbroek, 2010) suggereren dat in dat geval de overstroming over de Afgedamde Maas dijkkring 24, Land van Altena, in loopt.



Figuur A.5 Ligging c-keringen langs de Afgedamde Maas

Feiten

De huidige norm van de Afsluitdijk Andel of Wilhelmina sluisen is gelijk aan 1/2.000 per jaar.

Voorstel aanpak

Afsluitdijk Andel en de Wilhelminasluis vallen in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Afsluitdijk Andel en de Wilhelminasluis uit op ca. 5 miljoen Euro.

Gevolgen

Als de Afsluitdijk Andel of Wilhelmina sluizen doorbreken dan kan er water van de Waal op de Afgedamde Maas stromen. Afhankelijk van de hoogte en sterkte van de c-keringen kunnen dijkkring 24 en 38 onderlopen. De toetspeilen op de Waal ten noorden van de Wilhelminasluis liggen rond NAP 6,3 m. Dit is bijna drie meter hoger dan de toetspeilen van de c-keringen langs de Afgedamde Maas, welke op NAP 3,5 m liggen. Aangezien de verschillen in toetspeil groot zijn, is te verwachten dat de c-keringen falen bij een doorbraak van de Wilhelminasluis. Een indicatie van de gevolgen wordt gegeven in Tabel A.12, in deze tabel zijn DP-Veiligheidsschade getallen opgenomen bij een doorbraak van a-keringen. Voor traject 38_1 is onderscheid gemaakt in de schade met en zonder cascade effecten. Met het cascade effect is meegenomen dat keringtraject 36_1 overstroomd.

Tabel A.12 Schade getallen bij een bres in de a-kering en buitenwaterstanden gelijk aan het toetspeil (DPV, 6 januari 2014). De keringtraject nummers zijn weergegeven in Figuur A.5.

dijkkring	lengte	Totale economische schade 2050
	km	Miljoen Euro
24_1	18,0	6731
24_3	15,3	13331
37_1	1,31	30
35_1	13,9	13056
36_5	17,0	11459
38_1 : zonder cascade effect	29,6	27193
38_1 : extra schade door cascade effect naar 36_5	29,6	(35396-27193=) 8203
38_2	20,2	12784

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade en kosten van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel. Omdat de schade aan dijkkring 38 snel oploopt, resulteert in strenge faalkans-eisen.

Tabel A.13 Faalkans-eis Afsluitdijk Andel en de Wilhelminasluis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A: Beperkte schade c-kering hoog genoeg	1.000	5	200	8000	10.000
B: schade 24_3	13.000	5	2600	104.000	100.000
C: schade 38_1 (zonder cascade)	27.000	5	5400	216.000	300.000
D: schade 24_3 en 38_1 (zonder cascade)	40.000	5	8000	320.000	300.000
E: schade 24_3 en 38_1 (met cascade)	48.500	5	9700	388.000	300.000
F: schade 24_3	13.000	20	650	26.000	30.000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in Tabel A.14. De strenge eisen die gevonden worden in Tabel A.13 sluiten aan bij de strenge eisen van de naastgelegen keringen

Tabel A.14 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De keringtraject nummers zijn weergegeven in Figuur A.5.

kering	Beschrijving	dijkringtraject	(strengeste MKBA/LIR):	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)	Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Dkr 24	24_3	38400	30.000
	Dkr 38	38_1	17700	30.000
Achterliggend	c-keringen	niet meegenomen		
	Cascade naar Dkr 24	24_1	8400	10.000
	Cascade naar DR 36	36_5	6300	10.000

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Aangezien de gevolgen van falen groot zijn en de kosten van versterken relatief laag, komt de faalkans-eis uit op een strenge norm tussen de 1/10.000 en 1/300.000 per jaar. In vergelijking met de naastgelegen keringen, die hetzelfde gebied beschermen lijkt een faalkans-eis van 1/300.000 onwaarschijnlijk hoog. Aanbevolen wordt om een faalkans-eis tussen de 1/10.000 en 1/100.000 per jaar te hanteren.

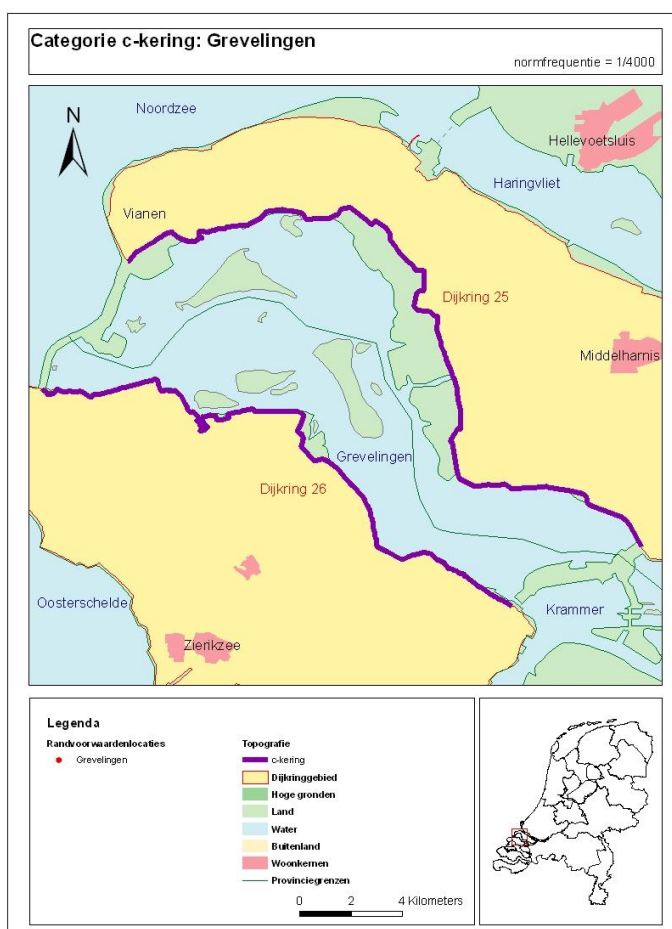
Bij het vaststellen van deze norm is aangenomen dat de keringen langs de Afgedamde Maas hun c-status behouden of regionale keringen worden. Echter, er is nog geen definitieve beslissing hierover genomen. In dit gebied geldt dat de gevolgen afhankelijk zijn van de standvastigheid en hoogte van de keringen langs de Afgedamde Maas. Als de situatie hier verandert zullen ook de faalkans-eisen opnieuw bepaald moeten worden. Kortom, dit gebied eist een integraal aanpak.

A.5 Brouwersdam

De Brouwersdam is een verbindende kering tussen de eilanden Goeree-Overflakkee (dijkring 25) en Schouwen-Duiveland (dijkring 26), op de grens van de provincies Zuid-Holland en Zeeland. De Brouwersdam (1971) en Grevelingendam (1965) zijn in het kader van de

Deltawerken aangelegd om een voormalige zeearm af te sluiten en zo het Grevelingenmeer te creëren.

Langs het Grevelingenmeer liggen de c-keringen van twee dijkkringen. De waterstand aan de noordkant van de Grevelingen kan bij storm door scheefstand en golfwerking ten opzichte van het beheerpeil (NAP -20 cm) relatief hoog opzetten. Het maximale toetspeil voor de keringen volgens de HR2006 langs de noordzijde is NAP +1,8 m. Voor de zuidzijde is het toetspeil veel lager, maximaal NAP +0,4 m. In Figuur A.6 zijn de c-keringen met een paarse lijn aangegeven. Tabel A.15 **Error! Reference source not found.** geeft een aantal kenmerken van deze c-keringen.



Figuur A.6 Ligging c-keringen langs de Grevelingen.

Tabel A.15 Kenmerken categorie c-keringen langs het Grevelingenmeer

Dkr	Naam	Overschrijdingskans-norm (per jaar)	Lengte (m)	Beheerder
25	Goeree-Overflakkee	1/4000	33,9	WS Hollandse Delta
26	Schouwen Duiveland	1/4000	24,6	WS Scheldestromen

Feiten

De huidige norm van de Brouwersdam is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

Het Brouwersdam valt in de categorie, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Brouwersdam uit op ca. 90 miljoen Euro.

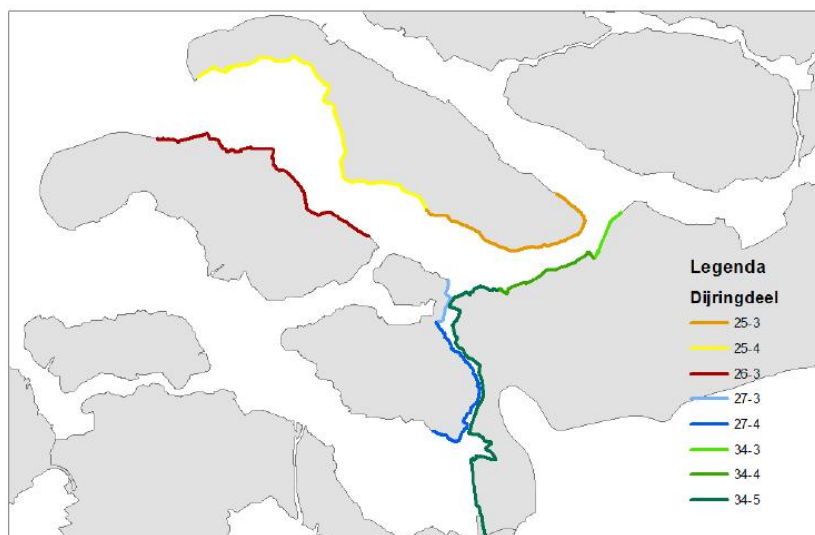
Gevolgen

De c-keringen rond het Grevelingen zijn grotendeels oude zeedijken. Er is dus een behoorlijk overdimensionering. De doorbraakkans en onderhoudskosten zullen relatief beperkt zijn. Hoe zich de verwachte gevolgen bij een doorbraak verhouden tot een doorbraak vanuit de noordzijde (Haringvliet) is onduidelijk. Nader onderzoek hiernaar wordt aangeraden.

Om toch iets te kunnen zeggen over de mogelijke gevolgen wordt in deze paragraaf gekeken naar gevolgen zoals berekend voor DP Zuidwestelijke Delta. Binnen DP Zuidwestelijke Delta wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een overstromingsmodel om overstromingen vanuit het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen te kunnen modelleren. De resultaten voor de dijktrajecten rond het Grevelingen (25_4 en 26_3) staan weergegeven in Tabel A.16. Het totaal van alle bressen samen komt uit op zo'n 2,5 Miljard Euro. Aangezien de dijken overhoogte hebben, is het niet waarschijnlijk dat alle bressen tegelijk optreden. Een mogelijke bres zal optreden waar de sterkte niet voldoende is. Aan de andere kant kan de schade ook hoger uitvallen. Bij de schade-berekeningen is uitgegaan van een waterstand gelijk aan het toetspeil, bij een doorbraak van de Brouwersdam zou de waterstand wel eens hoger kunnen zijn, wat de schade weer doet toenemen.

Tabel A.16 Schade getallen bij een/meerdere bres(sen) in het dijktraject en buitenwaterstanden gelijk aan toetspeil (Stone, 2013).

scenario	Totale economische schade 2050*
doorbraaklocatie	Miljoen Euro
Dkr 25_4, bres 1-6	670
Dkr 26_3, bres 1-10	1702
Totaal	2372



Figuur A.7 Overzicht dijkringdelen c-keringen Zuidwestelijke Delta

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.17 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050 (Miljoen €)	Kosten 10 x veiliger (Miljoen €)	Verhouding schade - kosten -	faalkans-eis (1/jaar)	faalkans-eis 1-3-10 (1/jaar)
A	50	90	1	22	30
B	500	90	5	222	300
C	2500	90	28	1111	1000
D	5000	90	56	2222	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Mogelijk, zullen de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Indien dit werkelijk het geval is, is het goed om de normen op elkaar af te stemmen.

Tabel A.18 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering	dijkringtraject	(strengste MKBA/LIR): Terugkeertijd (jaar)	"Norm" [1-3-10] Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	25_1	3400	3000
	26_1	2500	1000
Achterliggend	c-keringen		

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/100 en 1/3000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn

Aanbevolen wordt om de gevolgen en de kosten van versterken nauwkeuriger te bepalen.

A.6 Grevelingendam

De Grevelingendam ligt tussen dijkkring 25 en 26. De Grevelingendam beschermt het Grevelingenmeer voor belasting vanuit de Oosterschelde. Voor een beschrijving van het Grevelingenmeer wordt verwezen naar de factsheet van de Brouwersdam.



Figuur A.8 Ligging b-keringen in het gebied zuid-westelijke delta. De blauwe peil geeft aan waar de belasting vandaan komt.

Feiten

De huidige norm van de Grevelingendam is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Grevelingendam valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Grevelingendam uit op ca. 10 miljoen Euro.

Gevolgen

De c-keringen rond het Grevelingen zijn grotendeels oude zeedijken. Er is dus een behoorlijk overdimensionering. De doorbraakkans en onderhoudskosten zullen relatief beperkt zijn. Het is onduidelijk wat de kans op bresvorming is. Binnen DP Zuidwestelijke Delta is een overstromingsmodel ontwikkeld om overstromingen vanuit het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen te kunnen modelleren. De resultaten zijn weergegeven in Tabel A.16 in de factsheet van de Brouwersdam. Aangezien de Grevelingendam door zal breken bij een zuidwesten storm, wordt verwacht dat de schade voornamelijk zal optreden achter dijktraject 25_4. De bijbehorende schade is hier 670 Miljoen Euro.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis } b\text{-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade } 2050 / \text{kosten factor } 10 \text{ veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.19 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A: nauwelijks schade)	30	10	3	120	100
B: schade 25_4	670	10	67	2680	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Mogelijk, zullen de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringstraject. Indien dit werkelijk het geval is, is het goed om de normen op elkaar af te stemmen.

Tabel A.20 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering	Beschrijving	dijktraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Schouwen Duivenland	26_3	10.000
	Philipsdam	Zie factsheet Philipsdam	
Achterliggend	c-keringen	Niet meegenomen	

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/100 en 1/3000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken.

Opmerking

Het noordelijke deel van de Grevelingendam is in deze analyse niet meegenomen.

A.7 Hellegatsdam en Volkeraksluizen

De Hellegatsdam en Volkeraksluizen beschermen het Volkerak-zoommeer van invloeden vanaf buitenaf. Langs het Volkerak-Zoommeer liggen de c-keringen van verschillende dijkeringen. Tabel A.21 geeft een aantal kenmerken van deze c-keringen.

Tabel A.21 Kenmerken categorie c-keringen langs het Volkerak-Zoommeer

Dkr	Naam	Overschrijdingskans-norm (per jaar)	Lengte (km)	Beheerder
25	Goeree-Overflakkee	1/4000	17,9	WS Hollandse Delta
27	Tholen en St. Philipsland	1/4000	20,4	WS Scheldestromen
31	Zuid-Beveland Oost	1/4000	4,5	WS Scheldestromen
34	West-Brabant	1/2000	52,4	WS Brabantse Delta (47,8 km), WS Scheldestromen (4,6 km)

In onderstaand figuur zijn de c-keringen met een blauwe lijn aangegeven. De categorie c-keringen van dijkkring 33 en 34 liggen aan de oostzijde van het meer en lopen vanaf de hoge gronden zuidelijk van Bergen op Zoom naar het noorden tot het Hellegat. De categorie c-keringen van dijkkring 27 en 31 lopen langs de westkant van het meer en worden onderbroken door de Oesterdam. Aan de noordkant van het meer ligt de c-kering van dijkkring 25. De bedreiging van de c-keringen komt vanaf het Volkerak-Zoommeer zelf.



Figuur A.9 Ligging c-keringen langs het Volkerak-Zoommeer

Feiten

De huidige norm van de Hellegatsdam en Volkeraksluizen is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Nieuwe ontwikkelingen

Een van de delta-beslissingen is om bij een hoogwatersituaties in het benedenrivierengebied water te bergen op het Volkerak-Zoommeer. Dat betekent dat dat het Volkerak-Zoommeer het karakter krijgt van een buitenwater. De c-keringen langs het Volkerak-Zoommeer krijgen zo de status 'primair'.

Voorstel aanpak

Het Hellegatsdam en Volkeraksluizen vallen in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Hellegatsdam en Volkerarksluizen uit op ca. 44 miljoen Euro.

Gevolgen

De c-keringen rond het Volkerak-Zoommeer zijn grotendeels oude zeedijken. Er is dus een behoorlijk overdimensionering. De doorbraakkans en onderhoudskosten zullen relatief beperkt zijn. Het is onduidelijk wat de kans op bresvorming is. Binnen DP Zuidwestelijke Delta wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een overstromingsmodel om overstromingen vanuit het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen te kunnen modelleren. De eerste resultaten staan weergegeven in Tabel A.22. Bij de berekeningen is naar de gevolgen gekeken bij een bres in de c-kering. De maximale schade van alle bressen samen is ca. 2100 Miljoen Euro. De schade kan lager uitvallen aangezien de kans van het ontstaan van zo'n bres niet is meegenomen. De schade kan ook hoger uitvallen. Bij de schade-berekeningen is uitgegaan van een waterstand gelijk aan het toetspeil, bij een doorbraak van de Hellegatsdam of Volkeraksluizen zou de waterstand wel eens hoger kunnen zijn, wat de schade doet toenemen.

Tabel A.22 Schade getallen bij een/meerdere bres(sen) in het dijkttraject en buitenwaterstanden gelijk aan toetspeil (Stone, 2013).

scenario	Totale economische schade 2050*
doorbraaklocatie	Miljoen Euro
Dkr 25_3 bres 1-3	379
Dkr 27_3 bres 1	28
Dkr 27_4 bres 1-5	1381
Dkr 34_3 bres 6	106
Dkr 34_4 bres 2	15
Dkr 34_5 bres 3-6	225
Totaal:	2134

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.23 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A	50	39	1	51	100
B	500	39	13	513	300
C	2500	39	56	2272	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Verwacht wordt dat de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen slechts deels overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Het achterland van de b-kering is namelijk veel groter. Het is dan ook niet nodig om normen van de b-kering af te stemmen op de norm van de naastliggende kering.

Tabel A.24 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De dijkkringtrajecten staan weergegeven in Figuur A.8.

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Goeree overflakkee	25_2	300
	DR34	34_2	300
Achterliggend	c-keringen	Niet meegenomen	

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/100 en 1/3000 per jaar. De definitieve norm zal sterk afhangen van de sterkte en hoogte van de keringen langs het Volkerak-Zoommeer. Omdat in de toekomst het Volkerak-Zoommeer tijdens hoogwater ingezet kan worden als waterbergingsgebied, is enige sterkte te verwachten.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken

A.8 Philipsdam

De Philipsdam ligt tussen dijkkring 25 en 26. De dam beschermt het Volkerak-Zoommeer tegen belasting vanuit de Oosterschelde. (zie Figuur A.8)

Feiten

De huidige norm van de Philipsdam is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

Het Philipsdam valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Philipsdam uit op ca. 53 miljoen Euro.

Gevolgen

Voor de gevolgen wordt verwezen naar de factsheet van de Hellegatsdam en Volkeraksluizen.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis } b\text{-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade } 2050 / \text{kosten factor } 10 \text{ veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.25 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A	50	53	1	38	100
B	500	53	9	377	300
C	2500	53	47	1890	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Verwacht wordt dat de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen niet of slechts deels overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Het achterland van de b-kering is namelijk veel groter. Het is dan ook niet nodig om normen van de b-kering af te stemmen op de norm van de naastliggende kering.

Tabel A.26 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De dijkkringtrajecten staan weergegeven in Figuur A.8.

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Schouwen Duivenland	27_1	3000
	Grevelingendam	Zie factsheet	
Achterliggend	c-keringen	niet meegenomen	

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/100 en 1/3000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken

A.9 Oesterdam

De Oesterdam ligt tussen dijkkring 27 en 31. De dam beschermt het Bergsche diep tegen belasting vanuit de Oosterschelde. Het Bergsche diep staat in open verbinding met het Volkerak-zoommeer (zie Figuur A.8).

Feiten

De huidige norm van de Oesterdam is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Oesterdam valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Oesterdam uit op ca. 38 miljoen Euro.

Gevolgen

Voor de gevolgen wordt verwezen naar de factsheet van de Hellegatsdam en Volkeraksluizen.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.27 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A	50	38	1	53	100
B	500	38	13	526	300
C	2500	38	66	2631	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naast- en achterliggende keringen zijn weergegeven in Tabel A.28. Aangezien de gevolgen bij doorbreken niet overlappen, is aansluiting op de naastliggende normen niet noodzakelijk.

Tabel A.28 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De dijkkringtrajecten staan weergegeven in Figuur A.8.

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Tholen	27_2	10000
	Zuid Beveland	31_2	3000
Achterliggend	c-keringen	niet meegenomen	

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/100 en 1/3000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken

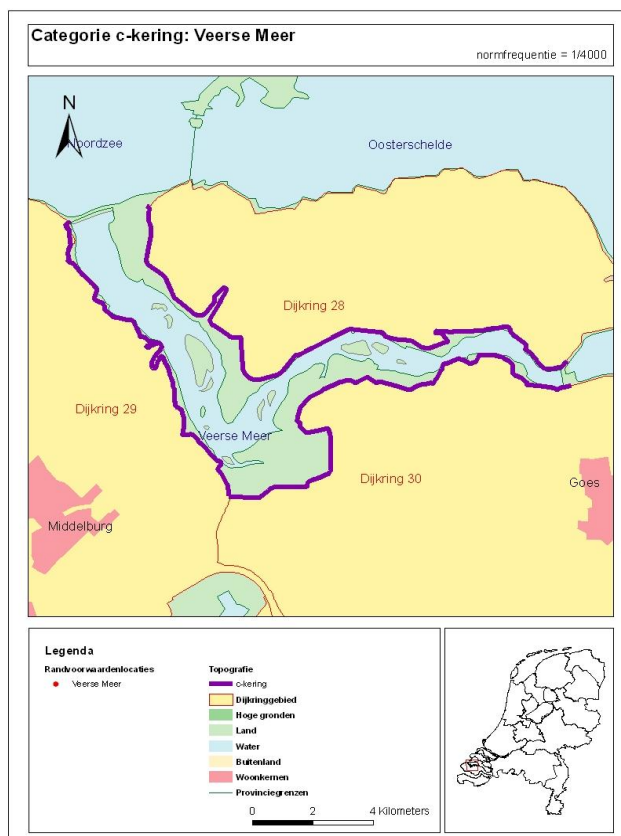
A.10 Veersedam

De Veersedam beschermt het Veerse meer voor invloeden vanaf zee. Langs het Veerse Meer liggen de c-keringen van drie dijkringen. Onderstaande tabel geeft een aantal kenmerken van deze c-keringen.

Tabel A.29 Kenmerken categorie c-keringen langs het Veerse Meer

Dkr	Naam	Norm	Lengte	Beheerder
28	Noord-Beveland	1/4000	22.4	Waterschap Zeeuwse Eilanden
29	Walcheren	1/4000	13.6	Waterschap Zeeuwse Eilanden
30	Zuid-Beveland west	1/4000	17.9	Waterschap Zeeuwse Eilanden

In Figuur A.7 zijn de c-keringen met een paarse lijn aangegeven. Het Veerse meer ligt ten zuiden van het eiland Noord-Beveland (dijkring 28) en ten noorden van Walcheren (dijkring 29) en Zuid-Beveland (dijkring 30). In het westen is het meer van de Noordzee afgesloten door de Veerse Gatdam die in 1961 werd gesloten. In het oosten is het meer tot 2004 van de Oosterschelde afgesloten geweest door de Zandkreekdam. De Katse Heule, het doorlaatmiddel in de Zandkreekdam, zorgt er sindsdien voor dat er een getij op het meer is van circa 14 centimeter. De diepte van het meer varieert fors en bedraagt maximaal 25 meter, met een gemiddelde van 5 meter. Het waterpeil wordt in de zomer hoog gehouden en in de winter laag. De totale wateroppervlakte bij NAP bedraagt 2030 hectare. In het meer bevinden zich 13 grote en kleine eilanden. De bedreiging van de c-keringen komt vanaf het Veerse Meer zelf.



Figuur A.10 Ligging c-keringen langs het Veerse Meer

Feiten

De huidige norm van de Veersedam is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

Het Veersedam valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Veersedam uit op ca. 38 miljoen Euro.

Gevolgen

Overstromingsberekeningen bij doorbraak van de c-keringen zijn niet beschikbaar. De verwachting is dat de faalkans van de Katse Heule klein is en dat bij een eventuele doorbraak uitgegaan mag worden dat deze kering is gesloten. De gevolgen bij doorbraak van de c-kering zijn lastig in te schatten. In ieder geval zullen de gevolgen niet boven regionaal zijn, maar voor de omliggende eilanden kan het wel substantieel zijn. Een eerste indruk van de inundatiediepte zou met een bakjesmodel kunnen worden verkregen.

Wel zijn schade getallen beschikbaar vanuit WV21 voor de omliggende dijkringen. Verwacht wordt dat deze getallen een overschatting geven aangezien bij WV21 uitgegaan is van een direct langs de Oosterschelde, Noordzee of Westerschelde.

Tabel A.30 Schadegetallen DPV (6 sept 2014).

dijkring	Belasting vanuit	lengte	Totale economische schade 2050
	km	km	Miljoen Euro
28_0	Noordzee	1,6	70
28_1	Oosterschelde	25,6	1039
29_1	Noordzee	13,8	6718
29_6	Westerschelde	14,9	39987
30_1	Oosterschelde	22,6	3680

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis } b\text{-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade } 2050 / \text{kosten factor } 10 \text{ veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.31 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050 (Miljoen €)	Kosten 10 x veiliger (Miljoen €)	Verhouding schade - kosten -	faalkans-eis (1/jaar)	faalkans-eis [1-3-10] (1/jaar)
A	500	38	13	526	300
B	1000	38	26	1050	1000
C	5000	38	132	5260	3000
D	10000	38	264	10520	10000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Mogelijk, zullen de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Indien dit werkelijk het geval is, is het goed om de normen op elkaar af te stemmen.

Tabel A.32 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De dijkkringtrajecten staan weergegeven in Figuur A.8.

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Noord-Beveland	28_0	10.000
	Zeezijde Walcheren	29_1	10.000
Achterliggend	c-keringen		

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/300 en 1/10.000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken.

A.11 Zandkreekdam

Voor een beschrijving wordt verwezen naar de factsheet van het Veerse Meer.

Feiten

De huidige norm van de Zandkreekdam is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Zandkreekdam valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Zandkreekdam uit op ca. 36 miljoen Euro.

Gevolgen

Bij het doorbreken van de Veerse dam wordt de schade tussen de 100 en 5000 miljoen Euro geschat (zie factsheet Veerse dam). Bij het doorbreken van de Zandkreekdam wordt verwacht dat schade kleiner is aangezien de bedreiging vanuit de Oosterschelde veel kleiner is dan vanuit de Noordzee zoals bij de Veerse dam het geval is. In een eerste schatting wordt aangenomen dat de schade een vierde bedraagt van de schade die optreedt bij doorbreken van de Veerse dam.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis } b\text{-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade } 2050 / \text{kosten factor } 10 \text{ veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.33 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis [1-3-10]
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A	125	36	3	139	100
B	2500	36	70	2777	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Mogelijk, zullen de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Indien dit werkelijk het geval is, is het goed om de normen op elkaar af te stemmen.

Tabel A.34 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De dijkkringtrajecten staan weergegeven in Figuur A.8.

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Noord-Beveland	28_1	1000
	Zuid Beveland	30_1	3000
Achterliggend	c-keringen	niet meegenomen	

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

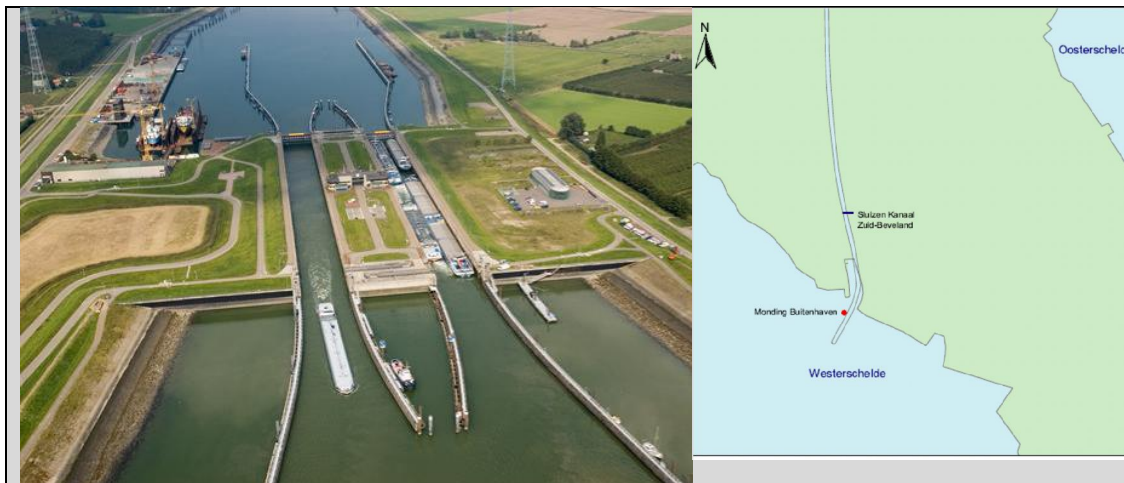
Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/100 en 1/3000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken.

A.12 Sluizen kanaal door Zuid-Beveland

Het Kanaal door Zuid-Beveland is een kanaal in Zeeland dat, in noord-zuidrichting, loopt van Wemeldinge naar Hansweert. Het kanaal is een verbindingsweg voor de scheepvaart tussen de Oosterschelde en de Westerschelde. Het kanaal zorgt ervoor dat het water uit de Westerschelde (open verbinding met de zee) niet naar de Oosterschelde kan stromen.



Feiten

- Het Kanaal door Zuid-Beveland is ca. 9 km lang.
- Eind 20e eeuw is het kanaal drastisch verbreed, zijn er nieuwe spoor- en verkeersbruggen gebouwd, zijn de sluizen bij Wemeldinge voor het scheepvaartverkeer komen te vervallen en is in Hansweert een nieuw sluizencomplex gebouwd met twee sluiskolken. Deze huidige oost- -en westsluis in Hansweert zijn 280 m lang en 24 m breed. De sluizen hebben roldeuren. (Wikipedia, okt 2013).
- De primaire functies van het sluizencomplex zijn veiligheid en scheepvaart.
- De huidige norm van het sluizenkanaal is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

Het Grevelingendam valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

Helaas is het sluizenkanaal niet meegenomen in de WV21 (2011) kostenschattingen bij een 10 keer sterkere b-kering. Als we het sluizencomplex vergelijken met andere sluizen, dan worden de totale kosten worden geschat op ca. 20 miljoen Euro.

Gevolgen

Bij het doorbreken van de sluizen kan water van de Westerschelde vrij naar de Oosterschelde stromen. Bij de monding van het sluizenkanaal (Westerschelde kant) is het toetspeil NAP 6,1 m. Aan het einde van het sluizenkanaal is het toetspeil gelijk aan NAP 3,6 m. Dit is een verschil van 2,5 meter.

Als de sluis faalt is het de vraag of de waterstand in het kanaal snel zal stijgen of dat het water zich verdeeld over het grote bekken van de Oosterschelde. Volgens de beheerder is het bekken is zo groot dat de stijging relatief beperkt zal zijn. Vooral de kanaaldijken (30_1 en 31_2) zullen extra belast worden, deze keringen zijn ook nog eens grotendeels afgekeurd in 3e ronde. Volgens de beheerder is de kans groot dat de kanaaldijken het begeven bij falen van de b-kering. De DPV (6 januari 2014) schadegetallen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel A.35 Schade getallen bij een bres in de a-kering en buitenwaterstanden gelijk aan het toetspeil (DPV, 6 januari 2014).

keringtraject	lengte	Totale economische schade 2050
	km	Miljoen Euro
30_1	22,6	3680
31_2	28,6	3732

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.36 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis [1-3-10]
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A	500	20	25	1000	1000
B	2000	20	100	4000	3000
C	5000	40	250	10000	10.000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Mogelijk kunnen de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Indien dit werkelijk het geval is, is het goed om de normen op elkaar af te stemmen.

Tabel A.37 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De dijkkringtrajecten staan weergegeven in Figuur A.8.

kering	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
		Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	30_2	1000
	31_1	30000
Achterliggend	31_2	3000
	30_1	3000

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/1000 en 1/10.000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken.

A.13 Zeedijk Paviljoenpolder

De Zeedijk Paviljoenpolder ligt tussen dijkkring 31 en België. De dam zorgt er voor dat er geen water het Bath's spuikanaal in kan stromen. Dit kanaal staat in open verbinding met het Volkerak-zoommeer. Doorbreken van de Zeedijk zal het Schelde-Rijnkanaal niet belasten aangezien de waterstanden hier hoger liggen (NAP +2 m).



Feiten

De huidige norm van de Zeedijk Paviljoenpolder is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Zeedijk valt in de categorie 1, B-keringen met erachter een relatief klein oppervlaktewater. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Zeedijk Paviljoenpolder uit op ca. 29 miljoen Euro.

Gevolgen

De gevolgen zijn onbekend. Aangezien het achtergelegen Bathse spuikanaal in open verbinding staat met het Volkerak-Zoommeer, wordt aangenomen dat de kosten van gevolgen overeenkomen met het doorbreken van de Oesterdam. Wel moet opgemerkt worden dat de gevolgen afhankelijk zijn van de locatie van een doorbraak. Alleen het doorbreken van het Noordelijke deel van de zeedijk, zal zorgen voor extra water richting het Volkerak-Zoommeer. De gevolgen van doorbreken van het zuidelijke gedeelte zullen minder groot zijn.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel A.38 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	(1/jaar)	(1/jaar)
A	50	29	69	100
B	500	29	690	1000
C	2500	29	3448	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Verwacht wordt dat de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen niet overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Het is dan ook niet nodig om normen van de b-kering af te stemmen op de norm van de naastliggende kering.

Tabel A.39 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De dijkkringtrajecten staan weergegeven in Figuur A.8.

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
	Zuid Beveland	31_1	30000
Achterliggend	c-keringen	niet meegenomen	

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de schade bij doorbraak komt de faalkans-eis uit tussen 1/100 en 1/3000 per jaar.

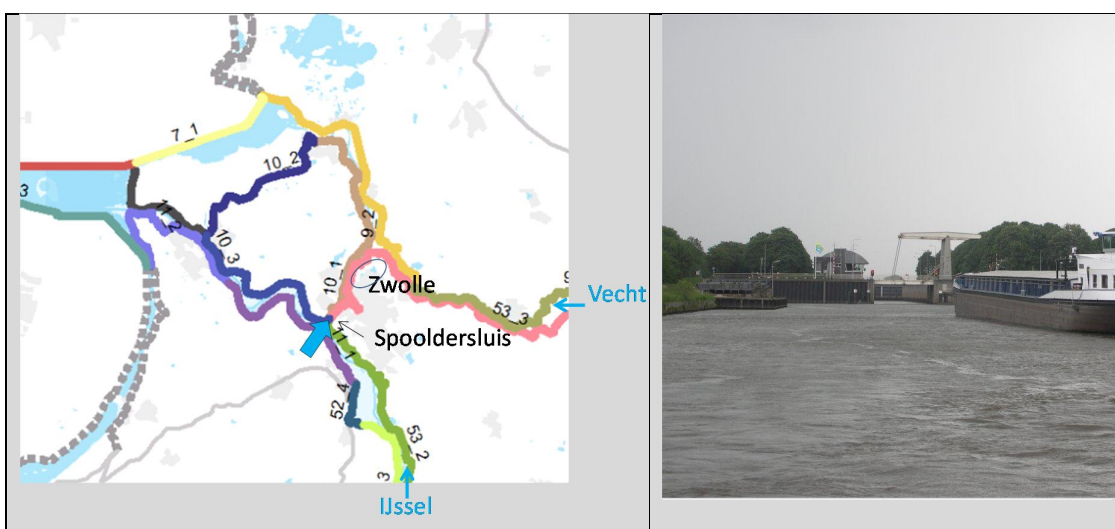
Opmerking

Bij de norm van de Zeedijk Paviljoenpolder zou opgedeeld moeten worden in trajecten. De gevolgen van doorbreken van het noordelijke gedeelte zullen namelijk groter zijn dan het doorbreken van het zuidelijke gedeelte.

B Factsheets rivierscheidingen

B.1 Spooldersluis

De Spooldersluis (VWK 6) is een verbindende kering tussen de dijkkringen 10 en 53. De waterkering scheidt de IJssel via het Zwolle-IJsselkanaal met het Zwarte Water. Tot het achterland van de Spooldersluis behoort het Zwarte Water met omliggende waterkeringen. De hoofdfunctie van de waterkering is om het achterland tegen extreme hydraulische belastingen op de IJssel te beschermen.



Figuur B.1 Ligging en zijaanzicht Spooldersluis.

Feiten

- Een schutsluis met één sluiscolk, aan beide zijden afgesloten door twee stalen puntdeuren.
- Breedte = 14 m.
- De huidige norm van de Spooldersluis is gelijk aan 1/2.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Spooldersluis valt in de categorie 1B, b-keringen als rivierscheidingen. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Beschikbare informatie

In Wojciechowska et al. (2013d) worden de volgende conclusies getrokken:

- De Spooldersluis is in de 3e toetsronde goedgekeurd, wat betekent dat deze volgens de huidige systematiek voldoet aan de norm van 1/2000 per jaar. Het is niet bekend wat de exacte faalkans van de b-kering is. Volgens de beheerder is de faalkans zeer klein aangezien de aanliggende landhoofden en kunstwerk zeer robuust is uitgevoerd.
- Er wordt verwacht dat als de Spooldersluis faalt, dat zal gebeuren bij (zeer) extreme IJsselafvoeren. Het toetspeil aan de IJsselzijde ligt namelijk circa 2.5 m hoger dan het toetspeil aan de Zwarte Water-zijde.

- Vanwege het geringe waterbergende vermogen achter de kering zal falen van de Spooldersluis waarschijnlijk meteen leiden tot overstromingen in het achterland, waarbij dan mogelijk in meerdere dijkringen tegelijk overstromingen optreden.
- Door het bezwijken van de Spooldersluis, kunnen bijvoorbeeld tegelijk dijkkring 10 en dijkkring 53 onderlopen. Of dat werkelijk gebeurt hangt af van de aanwezige hoogtes/sterktes van de achterliggende keringen. Wel moet worden bedacht dat overstromen van een dijkkring de tegenoverliggende dijkkring ontlast. Als bijvoorbeeld dijkkring 53 overstroomt, leidt dat tot gedeeltelijk ontlasten van dijkkring 10 ter plaatse van, en benedenstrooms van de bres, én tot enige afstand bovenstrooms daarvan; de mate van de ontlasting hangt sterk af van de precieze locatie van de bres.

Gevolgen

Voor de Roggebotsluis zijn momenteel geen overstromingsberekeningen beschikbaar. Wel zijn er DPV-schadegetallen beschikbaar van de achterliggende dijkringen, de getallen staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel B.1 Schade getallen bij een bres in de a-kering en buitenwaterstanden gelijk aan het toetspeil (DPV, 6 januari 2014).

keringtraject	lengte	Totale economische schade 2050
	km	Miljoen Euro
9_1	22,5	3290
9_2	24,4	1295
10_1	18,6	4855
53_3	36,4	12639

Op basis van bovenstaande conclusies wordt de schade van het doorbreken van de Spooldersluis geschat tussen de 1,5 en 15 miljard Euro.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken van de Spooldersuis uit op ca. 2 miljoen Euro.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

Aangezien het versterken relatief goedkoop is ten opzichte van de gevolgen, komt uit de formule een zeer strenge faalkans-eis (zie onderstaande tabel).

Tabel B.2 faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis [1-3-10]
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A	1500	5	300	12.000	10.000
B	10.000	5	2000	80.000	100.000
C	15.000	5	3000	120.000	100.000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende en achterliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Verwacht wordt dat de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen slechts deels overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Het achterland van de b-kering is namelijk veel groter. Het is dan ook niet nodig om normen van de b-kering af te stemmen op de norm van de naastliggende kering.

Tabel B.3 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De ligging van de keringtrajecten worden weergegeven in Figuur B.1

kering	Beschrijving	dijkringtraject	"Norm" [1-3-10] Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Masterbroek, IJsselzijde	10_3	10.000
	DR53, IJsselzijde	35_2	1000
Achterliggend	DR9, Vecht	9_1	1000
	DR9, Zwarte Water	9_2	3000
	Masterbroek, Zwarte Waterzijde	10_1	3000
	DR53, Vecht +Zwarte Water	53_3	10.000

Inbedding in omgeving

De faalkans-eis van de Spooldersluis komt strenger uit dan de norm naastliggende keringen. Dit lijkt verdedigbaar omdat de gevolgen van doorbreken naar verwachting ook groter zijn.

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

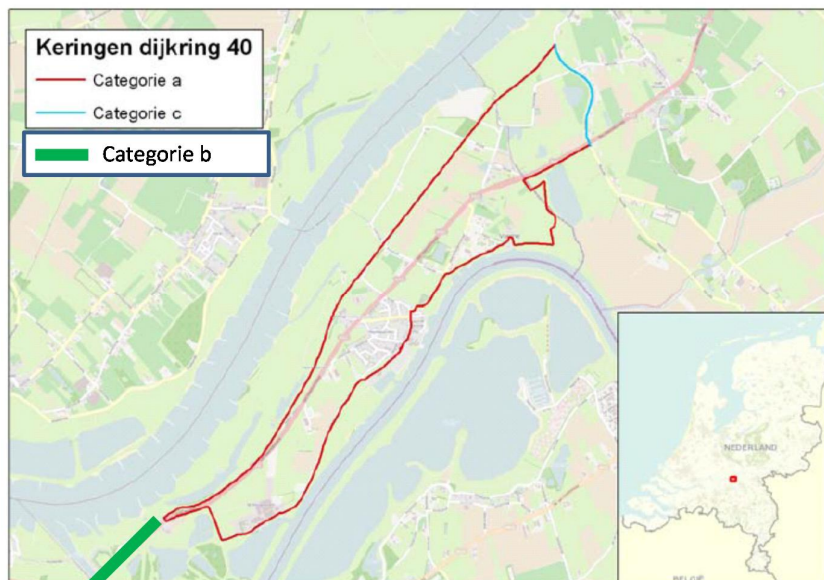
Afhankelijk van de werkelijke gevolgen komt de faalkans-eis voor de Spooldersluis uit tussen de 1/10.000 tot 1/100.000 per jaar.

Volgens de beheerder is de constructieve faalkans van de Spooldersluis minimaal. Mogelijk is dit ook het geval voor hoogte (komberging meenemend) en 'niet sluiten'. Dit zou betekenen dat de kering in de toetsing, onafhankelijk van de opgelegde faalkans-eis, goedgekeurd wordt. Hierdoor is het minder belangrijk of de faalkans-eis exact af te leiden. Wel is het van belang om eisen te stellen aan het beheer en onderhouden van de keringen.

B.2 Heerewaardense Afsluitdijk

De Heerewaardense Afsluitdijk en de schutsluis Sint Andries (VWK 24) vormen een primaire waterkering van de categorie b: een verbindende kering tussen de dijkringen 38 en 41. De waterkering ligt tussen de Waal en de Maas. De waterkering keert water van de Waal en voorkomt daarmee dat de keringen langs de Maas bij hoge waterstanden op de Waal ook belast worden. Tot het achterland behoort dus de Maas met omliggende waterkeringen.

De waterkering bestaat uit de dijkvakken Kloosterdijk aan de westzijde, de schutsluis Sint Andries en de Heerewaardense Afsluitdijk aan de oostzijde van de schutsluis (LRT, 2006) (zie Figuur B.2).



Figuur B.2 De categorie a-, b- en c-keringen van dijkkring 40.

Feiten

Kenmerkend voor dijkkring 40 is de aanwezigheid van twee verschillende normen voor de overschrijdingskans van het maatgevend hoogwater (MHW). De dijken langs de Waal (Heerewaardense Afsluitdijk) hebben een overschrijdingskansnorm van 1/2.000 per jaar, terwijl de dijken langs de Maas een norm kennen van 1/500 per jaar. Deze relatief strenge overschrijdingskansnorm van 1/2.000 per jaar voor de Heerewaardense Afsluitdijk is ingegeven door de functie die deze waterkering heeft als scheidend element tussen de Waal en de Maas.

Voorstel aanpak

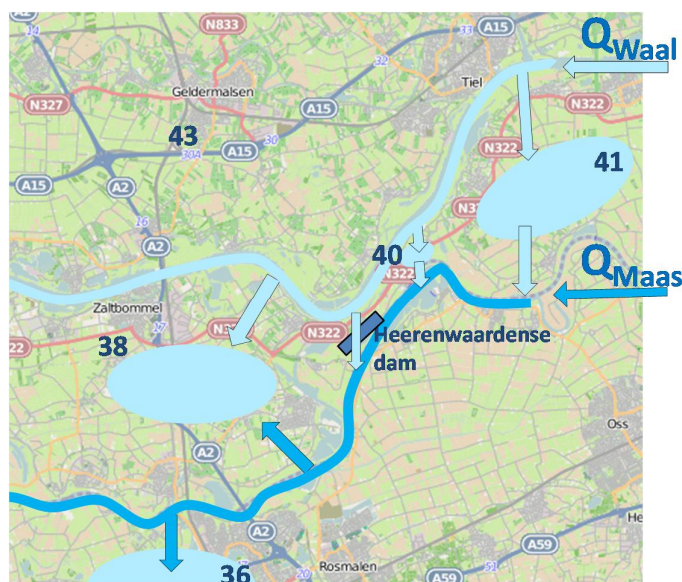
De Heerewaardense Afsluitdijk en de schutsluis Sint Andries vallen in de categorie 1B, B-keringen als rivierscheidingen. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Gevolgen door cascade effecten

Het bezwijken van de Heerewaardense Afsluitdijk en de schutsluis Sint Andries onder maatgevende Waal waterstanden leidt tot zeer grote verhogingen van maatgevende waterstanden op de Maas (tot 1 m waterstandstijging) doordat Waalwater naar de Maas stroomt (van Mierlo & van Buren, 2006). De a-keringen langs de Maas van de dijktringen 36 en 38 worden hier extra door belast (zie Figuur B.3). Naast de Heerewaardense Afsluitdijk hebben ook keringtraject 40_1 en 41_1 te maken met cascade effecten naar de Maas toe. De bijbehorende economische schade is voor deze twee dijktrajecten is weergegeven in onderstaande tabel. De gevolgen van het doorbreken van de Heerewaardense Afsluitdijk zullen gelijk zijn aan de cascade effecten van 40_1 alleen, dit komt uit op 11.000 miljoen Euro. Schade aan de b-kering zelf wordt hier verwaarloosd.

Tabel B.4 Schade getallen bij een bres in de a-kering en buitenwaterstanden gelijk aan het toetspeil (DPV, 6 januari 2014).

dijkkring	lengte	Totale economische schade 2050
	(km)	(Miljoen Euro)
40_1 : zonder cascade	5,3	493
40_1 : extra schade door cascade naar 36_4, 36_5 en 38_2	5,3	(13814-493)= 13321
41_1 : zonder cascade	5,3	38397
41_1 : extra schade door cascade naar 36_2, 36_3, 36_4, 36_5 en 38_2	13,2	(67576-38397)= 29197
41_2	27,5	61072



Figuur B.3 Cascade effecten vanuit de Waal bij een bres in dijkkring 40,41 en de Heerewaardense Afsluitdijk.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken van de Heerewaardense Afsluitdijk en schutsluis Andries uit op ca. 4 miljoen Euro. Bij de kostenberekening is rekening gehouden met het versterken van 1,6 km dijk en de schutsluis.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger}))$$

De faalkans-eis voor de Heerewaardense Afsluitdijk en schutsluis Andries komt volgens de formule uit op ca 1/100.000 per jaar.

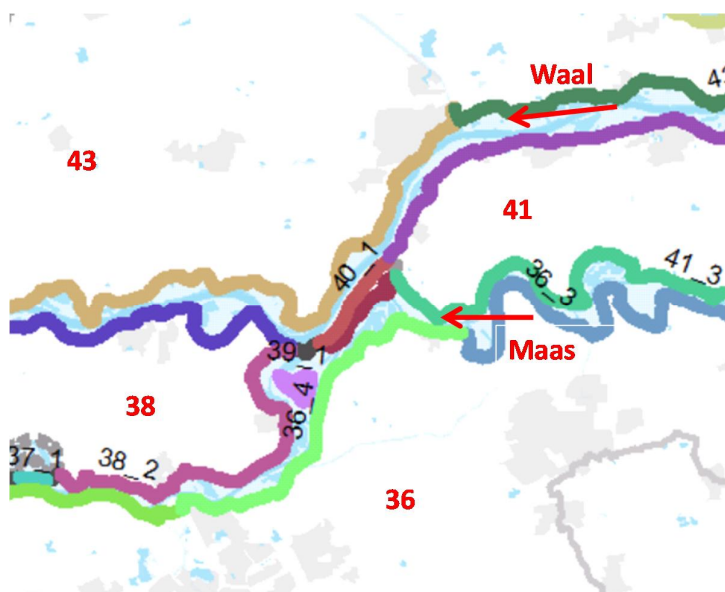
Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A	13.320	4	3332	133.290	100.000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De gevonden veiligheidsnorm van de kering is hoger dan de veiligheidsnormen van de aangrenzende dijkkringgebieden (1/1250 voor dijkkring 38 en 41).

Tabel B.5 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De ligging van de keringtrajecten wordt weergegeven in Figuur B.4

	keringtraject	Norm volgen 1-3-10
		stramien
		Terugkeertijd (jaar)
Aangrenzende keringen	38_1	30.000
	40_1	30.000
Achterliggende keringen	38_2	10.000
	40_2	1000
	36_4	10.000
	36_5	3000
	24_1	10.000
	35_1	10.000
Bovenstroomse keringen	41_2	10.000
	41_3	3000
	41_4	10.000



Figuur B.4 DPV- keringtrajecten.

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

In de vorige paragrafen hebben we gezien dat wanneer de cascade effecten meegenomen worden, dit al snel leidt tot strenge faalkans-eisen van de buitencategorie (1/100.000 per jaar). Deze strenge eis komt ook overeen met de norm die gevonden wordt voor de a-keringen van keringtraject 40_1 (1/30.000 per jaar volgens DPV, 6 januari 2014). Aangezien keringtraject 40_1 grotendeels samenvalt met de b-kering en de gevolgen van beide keringen geheel overlappen lijkt het logisch om zowel de a- als de b-kering dezelfde norm te geven. Er wordt dan ook aanbevolen om de faalkans-eis van de Heerewaardense Afsluitdijk gelijk te stellen aan 1/30.000 per jaar.

B.3 Biesboschsluis

De Biesboschsluis is een schutsluis met puntdeuren tussen de Nieuwe Merwede bij kilometerraai 962,3 en het Steurgat. De sluis ligt in de gemeente Werkendam.

Gewoonlijk staat het water aan de buitenkant - de kant van de Nieuwe Merwede - hoger dan aan de binnenkant. Het komt toch zo af en toe voor, dat het water aan de binnenkant hoger staat. Normaal gesproken zou er dan niet kunnen worden geschat, omdat de sluis geen dubbele deuren heeft. Maar deze sluis kan dan toch tegen het getij in schutten, mits het verval beperkt blijft tot enkele centimeters. Daarvoor dienen de grendels, waarmee zowel aan de binnenkant als aan de buitenkant de puntdeuren aan elkaar vast kunnen worden gezet en zo het openen van deze deuren door de druk van het water vanaf de hoge kant voorkomen.



Feiten

- De schutsluis is 61,95 m lang, en de breedte is 7 m. De minste drempeldiepte is aan beide zijden NAP -3,20 m.
- De huidige norm van het Biesboschsluis is gelijk aan 1/2.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Biesboschsluis in de categorie 1B, rivierscheidingen. De faalkans wordt berekend door de gevolgen af te wegen tegen de kosten van versterken van de b-kering.

Kosten

Helaas is de Biesboschluis niet meegenomen in de WV21 (2011) kostenschattingen bij een 10 keer sterkere b-kering. Verwacht wordt dat de kosten gelijk zijn aan die van de Spooldersluis en worden geschat op 4 miljoen Euro.

Gevolgen

Als de Biesboschluis doorbreekt dan kan er water van de Merwede in het Scheurgat stromen. Afhankelijk van de hoogte van de achterliggende keringen kunnen dijkkring 23 en 24 onderlopen.

Het toetspeil op de Merwede ten noorden van de Biesboschluis ligt op NAP 4,5 m. Dit is meer dan een meter hoger dan de toetspeilen in het Steurgat (NAP 3,3 m voor dkr 23 en 24). Er zijn geen schade getallen bekend van een doorbraak van de Biesbosch sluis onder hoogwater omstandigheden. Er wordt verwacht dat de a-keringen langs het Steurgat zullen falen aangezien de verschillen in toetspeil groot zijn. Ook krijgt dijkkring 34 te kampen met hogere waterstanden. Binnen Deelprogramma Veiligheid (DPV) zijn er wel schade getallen berekend voor het falen van dijkkring 24_2 (zie onderstaande tabel). Het dijktrajecten gelegen om de Biesbosch zelf (23_1) is binnen DPV niet meegenomen. Verwacht wordt dat de schade niet hoog is aangezien dit een natuurgebied betreft.

Tabel B.6 Schade getallen bij een bres in de a-kering en buitenwaterstanden gelijk aan het toetspeil (DPV, 6 januari 2014).

dijkkring	lengte	Totale economische schade 2050
	km	Miljoen Euro
24_2	12,9	124
34_a1	9,94	1753
34_1	24,66	884

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger})).$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel B.7 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	Verhouding schade - kosten	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	-	(1/jaar)	(1/jaar)
A: schade 24_2	125	4	31	1240	1000
B: schade 24_2 + Biesbosch+ 34_a1+34_1	500	4	125	5000	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in Tabel B.8 . Verwacht wordt dat de gevolgen bij doorbreken van de b-keringen niet overlappen met doorbreken van de naastgelegen keringen. Het is dan ook niet nodig om normen van de b-kering af te stemmen op de norm van de naastliggende kering.

Tabel B.8 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering	Beschrijving	dijkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Biesbosch	23_3	Niet beschikbaar
	DK24	24_3	30000
Achterliggend	DK24	24_2	300

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Afhankelijk van de werkelijke schade en kosten komt de faalkans-eis voor de Biesboschsluis uit tussen de 1/1000 tot 1/3.000 per jaar.

Acties op kort- en middellanger termijn.

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en kosten van versterken.

C Factsheets Beweegbare hoogwaterkeringen

C.1 Kadoelersluis

De Kadoelersluis (VWK2) beschermt de c-keringen langs het Kadoelermeer, het Vollenhovermeer en het Vollenhoverkanaal tegen hoge waterstanden op het Zwarte meer. (zie Figuur C.1). De keersluis staat onder normale omstandigheden open. Slechts bij een waterstand van NAP 0,80 m+NAP op het Zwarte Meer wordt begonnen met de gefaseerde sluiting. Bij 1 m+NAP moet de kering gesloten zijn. In de periode 1998-2014 is de kering 2 keer gesloten geweest.



Figuur C.1 De paarse lijn geeft de c-keringen langs Kadoelermeer, Vollenhovermeer en Vollenhoverkanaal. De rode lijn en de groene lijn zijn ook c-keringen. Echter deze staan niet in directe verbinding met het Vollenhovermeer.



Figuur C.2 Kadoelersluis.

Feiten

- 3 spuisluizen (breedte deuren = 5.5 m);
- 1 keersluis (breedte = 9.5 m)
- Gehele kering = 80 m breed.
- Lengte achterliggende keringen = ca. 23 km.
- Functies: scheepvaart, waterafvoer en veiligheid.

Tabel C.1 Kenmerken categorie c-keringen langs het Kadoelermeer, het Vollenhovermeer en het Vollenhoverkanaal.

Dkr	Naam	Norm	Lengte (km)	Beheerder
7	Noordoostpolder	1/4.000	10,7	Waterschap Zuiderzeeland
9	Vollenhove	1/1.250	12,4	Waterschap Reest en Wieden

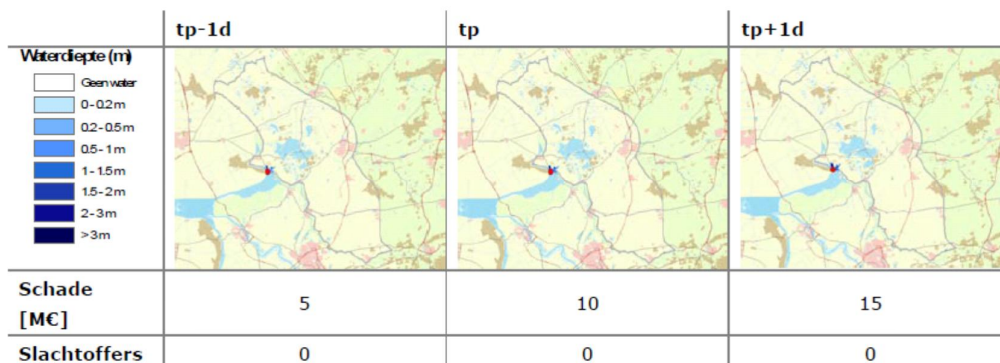
Voorstel aanpak

De Kadoelersluis valt in de categorie 2 “beweegbare hoogwaterkeringen”. De Kadoelersluis is in de afgelopen toetsing goedgekeurd, dit wil zeggen dat de kering een faalkans heeft kleiner dan 1/4000 per jaar. Ook de kans op ‘niet sluiten’ voldoet aan de eis. De kans op ‘niet sluiten’ legt hier dus geen beperkingen op. De kering kan dus behandeld worden als een kering uit categorie 1.

Gevolgen doorbraak Kadoelersluis

De gevolgen van falen van de Kadoelersluis zijn afhankelijk van de hoogte en sterkte van de achterliggende c-keringen. Als de c-keringen standvastig en voldoende hoog zijn, dan zal de schade beperkt blijven. Verwacht wordt dat de hoogte geen problemen op zal leveren aangezien de toetspeilen tussen het zwarte Meer en Vollenhovermeer klein zijn (Het toetspeil aan de Zwarte Water kant van de Kadoelersluis is 1,6 m+NAP en het toetspeil achter de kering 1,4 m+NAP.) Echter, als de sterkte van de c-keringen niet voldoende is, dan kunnen delen van dijkkring 7 en 9 onderlopen bij falen van de Kadoelersluis.

Binnen VNK2 is een doorbraak vanuit het Zwarte Meer op dijkkringdeel 9 onderzocht. De overstroming is bij alle buitenwaterstanden zeer beperkt. Dit wordt verklaard door de hoge omliggende gronden. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar zijn de gevolgen in schade circa 3 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar. Er zijn geen slachtoffers. (zie Figuur C.3).



Figuur C.3 Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Zwarte Meer voor drie buitenwaterstanden. (tp-1d= toetspeil – 1 decimeringshoogte). (bron VNK2, dijkkringrapport 9).

VNK2 heeft ook doorbraak berekeningen gedaan voor dijkkring 7. Een doorbraak vanuit het Zwarte Meer kan optreden bij een open of gesloten Ramspolkering. In principe sluit de Ramspolkering als de waterstand bij de kering NAP +0,5 m is en er sprake is van instroming van het Zwarte Meer. In een dergelijke situatie zal het volume water in het Zwarte Meer het dijkkringgebied instromen. Dit volume is kleiner dan het volume van het IJsselmeer en Ketelmeer. Bij een dergelijke situatie is de schade een factor 20 kleiner dan bij een doorbraak vanuit het IJsselmeer en Ketelmeer. Het aantal slachtoffers is een factor 60 kleiner. In onderstaande tabel zijn de VNK-schade-getallen weergegeven.

Tabel C.2 Schade getallen VNK2 (2012)

scenario	Totale economische schade 2006	Aandeel slachtoffer gerelateerde schade	Totale economische schade 2050*
doorbraaklocatie	Miljoen Euro	# slachtoffers	Miljoen Euro
Dk9: Kruiningendijkpolder	10	0	41
Dk7: Zwarte Meerdijk – dichte Ramspolkering	160	0-5	663-736
Dk7:Zwarte Meerdijk –open Ramspolkering	3625	60-290	15902-19273

* schade_2000=schade_2006/1,02^6, schade 2011=schade_2000*2,24 + #slachtoffers*1,05^6,7 + #getroffenen*1,05*0.0125., schade 2050=schade_2011*1,019^39

Er wordt niet verwacht dat de maximale schade uit de tabel zal optreden, aangezien de c-keringen eerst ook nog moeten falen. Pragmatisch wordt de schade van doorbreken geschat op 10 tot 600 Miljoen Euro.

Kosten

De kosten van het 10 keer veiligere kering worden geschat op circa 5 miljoen Euro. Dit is gebaseerd op pragmatische berekeningen in WV21(2011).

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis } b\text{-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade } 2050 / \text{kosten factor } 10 \text{ veiliger}))$$

Stel de schade bedraagt 10 miljoen (ondergrens), dan komt de faalkans-eis uit op ca. 1/160 per jaar. Stel dat (als bovengrens) de schade 600 miljoen bedraagt, dan komt de faalkans-eis op ca. 1/4800 per jaar. Volgens het 1-3-10 stramien komt de faalkans-eis te liggen tussen de 1/100 en 1/3000 per jaar.

Tabel C.3 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
	(Miljoen €)	(Miljoen €)	(1/jaar)	(1/jaar)
A: nauwelijks schade	10	5	80	100
B: Kruiningendijkpolder faalt	40	5	320	300
C: max. schade	600	5	4800	3000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen volgens Deelprogramma Veiligheid van de naastliggende keringen komen uit op 1/1000 en 1/3000 per jaar (zie Tabel C.4). De gevonden marge van de faalkans-eis van de b-kering (100 – 1/3000 per jaar) sluit hierbij aan.

Tabel C.4 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering		dijkringtraject	(strengste MKBA/LIR):	"Norm"
			Terugkeertijd (jaar)	[1-3-10] Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Noordoostpolder	7_1	1500	1000
	Zwarte Water	9_1	5400	3.000
Achterliggend	c-keringen	-	-	-

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Bij het vaststellen van de faalkans-eis van de b-kering wordt gebruik gemaakt van de relatie tussen schade bij doorbraak en de kosten van versterken. De gevolgen van falen van de Kadoelersluis zijn afhankelijk van de hoogte en sterkte van de achterliggende c-keringen. Als de c-keringen standvastig en voldoende hoog zijn, dan zal de schade beperkt blijven. In dit geval komt de faalkans-eis van 1/100 per jaar. Als de sterkte en hoogte van de c-keringen niet voldoende is, dan kunnen delen van dijkring 9 en 7 onderlopen bij falen van de Kadoelersluis. Deze schade meegenomen, dan komt de faalkans-eis uit op 1:3000 per jaar.

Aangezien de standvastigheid van de c-keringen niet gegarandeerd kan worden, wordt geadviseerd om uit te gaan van de strengste norm (1:3000 per jaar). Dit sluit tevens goed aan bij de nieuwe normen van de naastgelegen a-keringen. Volgens het 6 januari-2014 rapport krijgen naastgelegen dijk een norm van 1:3000 per jaar.

De Kadoelersluis is in de afgelopen toetsing goedgekeurd, dit wil zeggen dat de kering een faalkans heeft kleiner dan 1/4000 per jaar. Ook de kans op 'niet sluiten' voldoet aan de eis. Er wordt dan ook niet verwacht dat de voorgestelde faalkans-eis van 1/3000 per jaar consequenties oplevert.

Acties op kort- en middellange termijn

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en de kosten van versterken.

C.2 Maeslantkering en Europoortkering I

Nog in te vullen met informatie uit de achterlandstudies van de Maeslantkering.

Kenmerken

De stormvloedkering Nieuwe Waterweg/Europoortkering I (VWK 8) is een verbindende kering tussen de dijkringen 14 en 19. De stormvloedkering Nieuwe Waterweg wordt ook de Maeslantkering genoemd. De verbindende waterkering bestaat uit de Maeslantkering met de bijbehorende landhoofden en de Europoortkering I.

De Maeslantkering en Hartelkering maken beide deel uit van de Europoortkering. De keringen zijn gebouwd om de waterstanden bij Rotterdam en Dordrecht te beheersen. De beslissing om beide keringen te sluiten wordt genomen door het Beslis- en Ondersteunend Systeem. De keringen worden waarschijnlijk gesloten als de verwachte waterstand op tenminste één van twee locaties, namelijk Rotterdam en Dordrecht, boven het sluitpeil ligt. Op

dit moment zijn de sluitpeilen gelijk aan 3.00 m+NAP bij Rotterdam en 2.90 m+NAP bij Dordrecht. De huidige sluitfrequentie van beide keringen bedraagt 1/11 per jaar. (Wojciechowska, 2013)

Feiten

- Tot het achterland van de kering behoort de Rijn-Maasmonding met omliggende waterkeringen.
- De Maeslantkering bestaat uit twee sectordeuren. Onder stormcondities worden de deuren in drijvende toestand de Waterweg in gevaren en vervolgens afgezonken op een drempel.
- Type: waaierkering. 1 schuif 49,3m breed en 1 schuif 98m breed
- Lengte Europoortkering l=7,3 km.
- Dwarsdoorsnede Nieuwe Waterweg circa 17m (diep) x 150m (breed).
- De huidige norm van het Maeslantkering is gelijk aan 1/10.000 per jaar.
- Huidige faalkans-eis 'niet-sluiten': 1 op 100 per sluitvraag.
- Huidige faalkansprestatie (per 1-10-2013): 1 op 100.



Voorstel aanpak

De Maeslantkering valt in de categorie 2, hoogwaterkeringen.

Beschikbare informatie

Het falen van de Maeslantkering kan op drie manieren:

- 1 De Maeslantkering sluit niet bij een hoogwatersituatie;
- 2 de Maeslantkering kan constructief falen waardoor waterkeren onmogelijk is of wordt;
- 3 het dijklichaam van de aansluitconstructies kan falen waardoor water over de dijk heen stroomt of dat er een bres ontstaat.

Faalkans-eis voor 'niet sluiten' Maeslantkering

In Tabel C.3 is voor een drietal faalkansen het effect op de toetspeilen in het achterland weergegeven. In de tabel is te zien dat de faalkans sterk doorwerkt in de toetspeilen. Omdat de effecten groot zijn, is er voor gekozen om de faalkans mee te nemen bij het bepalen van de HR in het achterland. Er zijn verschillende achterlandstudies uitgevoerd om de faalkans-eis van de Maeslantkering te optimaliseren. De kans op 'niet sluiten' van de Maeslantkering is momenteel 1/100 per sluitvraag. De kering heeft een sluitfrequentie van ca. 1 keer in de 11 jaar. Volgens de beheerder in beginsel goede mogelijkheden aanwezig voor het terugdringen

van de kans op 'niet sluiten' die deels zijn uitgevoerd en deels worden voorbereid. (zie onderstaande tabel). De getallen in de tabel zijn afhankelijk van financiering.

Tabel C.3 Relatie faalkans B-keringen en MHW: (Duits, 2006).

Faalkans per sluitvraag	Toename toetspeil in meters tov faalkans van 1/1000 per sluitvraag		
	1/50	1/100	1/200
Nieuwe waterweg (Maeslantkering)-Nieuwe Maas (Krimpen a/d IJssel)	0,40	0,20	0,08
Oude Maas benedenstrooms van Heinoord en op Noord benedenstrooms Alblasserdam richting Nieuwe Maas	0,08-0,20	0,08	0,03
Overige deel	<0,04	0	0

Tabel C.4 Kans op 'niet sluiten' voor Maeslantkering voor verschillende zichtjaren. De gehanteerde marges in de tabel kunnen worden opgevat als de ruimte tussen een aantoonbaar haalbare eis (normering) tot realistische wens (inspanningsverplichting). (Bron=beheerder)

Zichtjaren	Faalkans-eis Maeslantkering (per sluitvraag)
Huidige prestatie	1:100
2017	1:100 (1:100 – 1:110)
2020	1:100 (1:100 – 1:110)
2030	1:100 - 1:200
2050	1:200 - 1:1000
2100	1:1000 (bij vervanging)

Eis overige faal mechanismen

Er wordt verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied. Aan deze voorwaarden wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied (conservatieve aanname). In het geval van de Maeslantkering is dit een eis van 1/100.000 per jaar (zie Tabel C.5). Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende en achterliggende keringen zijn weergegeven in Tabel C.5.

Tabel C.5 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering	Beschrijving	dijkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Zuid Holland	14_3	1000
	Rozenburg	19_1	30000
Achterliggend	Zuid Holland	14_1	30.000
	Zuid Holland	14_2	10.000
	Voorne Putten	20_3	10.000
	Dk15	15_2	3000
	Dk16	16_2	10000
	Dk17	17_1	3.000

	Dk17	17_2	3000
	Dk17	17_3	100.000
	Hoekse waard	21_1	3000
	Eiland van Dordrecht	22_1	300
	Eiland van Dordrecht	22_2	3000
	Biesbosch	23_1	-

Inbedding in de omgeving

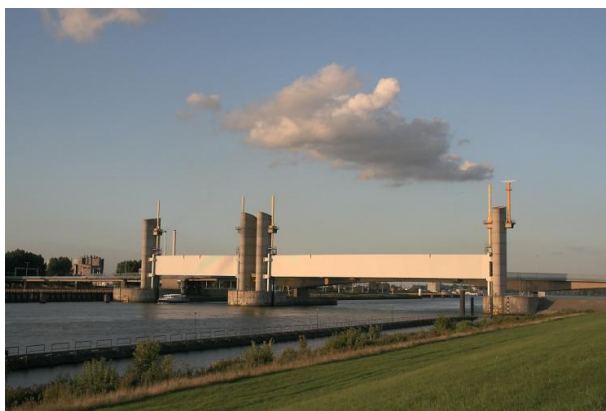
Het is niet noodzakelijk om de faalkans-eis van de Maeslantkering aan te laten sluiten op normen van de naastgelegen trajecten. Dit komt omdat de gevolgen van doorbreken een heel ander gebied omvatten. Het beschermingsgebied van de Maeslantkering betreft een groot deel van het benedenriviereengebied. En bij keringtraject 14_3 loopt slechts een deel van het Westland onder. 19_1 betreft slechts het eiland Rozenburg (Bij 19_1 zijn binnen WV21 geen cascade effecten meegenomen.)

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Op basis van de resultaten wordt geadviseerde om de huidige faalkans van 1/100 per sluitvraag te hanteren als faalkans-eis voor 'niet sluiten'. Hierbij is de voorwaarde dat deze faalkans meegenomen wordt in de HR van de keringen in het achterland. Verder wordt er verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied.

C.3 Europoortkering II / Hartelkering

De verbindende waterkering bestaat uit de Hartelkering met de bijbehorende landhoofden en de Europoortkering I. Het is een verbindende waterkering tussen de dijkkringen 19 en 20



Feiten

- Sluit Hartelkanaal af bij waterstanden >NAP+3,0m of NAP>2,9m bij Dordrecht
- Type: hefkering, 2 schuiven naast elkaar (breedte 49,3m, resp 98m)
- Hartelsluis maakt deel uit van de kering
- Huidige faalkans-eis: 1 op 19 per sluitvraag
- Huidige faalkansprestatie (per 1-10-2013): 1 op 19 per sluitvraag.
- De huidige norm van het Hartelkering is gelijk aan 1/10.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Hartelkering valt in de categorie 2, hoogwaterkeringen.

Beschikbare informatie

Momenteel wordt er bij het bepalen van de HR in het achterland rekening gehouden met een faalkans-eis van 1/100 per sluitvraag. De Hartelkering faalt hierbij parallel met de Maeslantkering. De huidige faalkansprestatie van de Hartelkering is echter, 1:19 per sluitvraag. Deugd (2005) heeft bepaald dat dit het verschil in kans op 'niet sluiten' tussen 1:19 en 1:100 per sluitvraag slechts een marginaal verschil oplevert in toetspeil (max. 1 cm).

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel. De normen van de achterliggende keringen zijn weergegeven in Tabel C.5.

Tabel C.6 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
naastliggend	Rozenburg	19_1	30000
	Voorne Putten	20_3	10.000

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Net als bij de Maeslantkering, is het niet haalbaar om de faalkans (vooral de kans op 'niet sluiten') dusdanig te verkleinen dat deze slechts een verwaarloosbaar effect heeft op het achterland. Het vaststellen van een eis aan de hand van kosten van versterken en gevolgen is hier dan ook niet nuttig aangezien die benadering tot onhaalbare eisen leidt. Bij deze categorie moet de faalkans (1:19 per sluitvraag) van de b-kering worden betrokken bij het vaststellen van hydraulische randvoorwaarden voor de achtergelegen primaire keringen.

Er wordt verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied. Aan deze voorwaarden wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied (conservatieve aanname). In het geval van de Hartelkering is dit een eis van 1/100.000 per jaar (zie Tabel C.5). Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

C.4 Stormvloedkering Hollandsche IJssel

Kenmerken

Omdat de Hollandsche IJssel een belangrijke scheepvaartroute is, kon deze niet worden afgesloten met een dam. Anderzijds zou door een afsluiting de drinkwatervoorziening in een groot deel van Zuid-Holland zekerder kunnen worden door minder instroom van zout water in de polders. Daarom werd gekozen voor een stormvloedkering met twee beweegbare schuiven die tussen betonnen torens hangen. Alleen in noodgevallen worden de schuiven neergelaten, waarmee de rivier volledig wordt afgesloten. Schepen kunnen dan nog passeren in een naastliggende sluis (Algerasluis).



Achterland

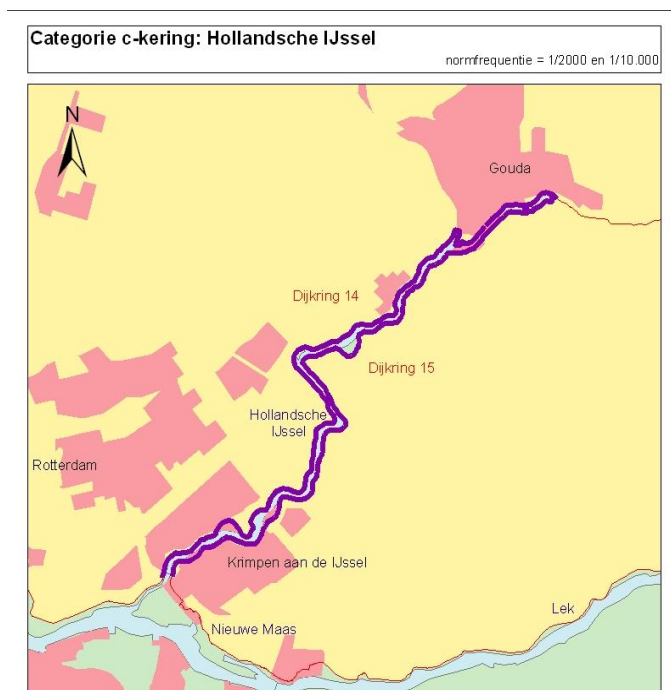
Achter de stormvloedkering, langs de Hollandsche IJssel liggen c-keringen. Tabel C.7 geeft een aantal kenmerken van deze c-keringen. In Figuur C.4 zijn de c-keringen met een paarse lijn aangegeven. De c-keringen lopen ongeveer vanaf Krimpen aan de IJssel tot aan Gouda.

Dijkring 15 is een grote diepe polder die zich gedraagt als een bak die volloopt. Het westen is lager dan het oosten. Het water stroomt dus naar het westen en stijgt dan.

Dijkring 14 is groot met heel veel compartimenteringsdijken, kades en andere obstructies (Gouwe-dijken, andere boezemkades, snelwegen, etc.). Het overstromingspatroon is door die kades en obstakels sterk afhankelijk van de breslocatie. De gebieden rond Gouda liggen zeer laag, waardoor de overstromingsdieptes zeer groot kunnen worden. Omdat het gebied ook dicht bevolkt is met plaatsen als Capelle aan de IJssel, Gouda, etc. zijn de gevolgen van een overstroming zeer ernstig.

Tabel C.7 Kenmerken categorie c-keringen langs de Hollandsche IJssel.

Dkr	Naam	Norm	Lengte (km)	Beheerder
14	Zuid-Holland	1/10.000	18,1	HHRS van Schieland en de Krimpenerwaard
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	1/2.000	19,4	HHRS van Schieland en de Krimpenerwaard



Figuur C.4 Ligging c-keringen langs de Getijde Hollandsche IJssel.

Feiten

- Type: hefkering 2 achter elkaar gelegen schuiven van meer dan 80 meter breed en 11 meter hoog.
- Algerasluis maakt deel uit van de kering
- Sluit Hollandsche IJssel af bij verwachte waterstanden $>2,25$ m +NAP bij Krimpen aan de IJssel. Kan ook sluiten voor bieden extra waterberging aan waterschappen
- De huidige norm van de Hollandsche IJsselkering is gelijk aan 1/10.000 per jaar.
- Huidige faalkans-eis 'niet sluiten': 1 op 47 per sluitvraag.
- Huidige faalkansprestatie (per 1-10-2013): 1 op 47 per sluitvraag.
- lengte achterliggende c-keringen: 38 km.

Voorstel aanpak

De Hollandsche IJsselkering valt in de categorie 2, hoogwaterkeringen.

Huidige faalkans

De afsluitbare Hollandsche IJsselkering heeft een faalkans van 1:30 per jaar (Van der Vat en Maarse, 2013), de huidige overstromingskans van de achterliggende c-keringen wordt geschat op 1/100 per jaar. De c-keringen zijn in de derde toetsronde grotendeels afgekeurd, voornamelijk vanwege de stabiliteit. (Wojciechowska, 2013).

Volgens de beheerder in beginsel goede mogelijkheden aanwezig voor het terugdringen van de kans op 'niet sluiten' die deels zijn uitgevoerd en deels worden voorbereid. (zie onderstaande tabel). De getallen in de tabel zijn afhankelijk van financiering.

Tabel C.7 Kans op 'niet sluiten' voor Hollandse IJsselkering voor verschillende zichtjaren. De gehanteerde marges in de tabel kunnen worden opgevat als de ruimte tussen een aantoonbaar haalbare eis (normering) tot realistische wens (inspanningsverplichting). (Bron=beheerder)

Zichtjaren	Faalkans-eis Hollandse IJsselkering (per sluitvraag)
Huidige prestatie	1:30 – 1:100
2017	1:100 - 1:200
2020	1:200 - 1:500
2030	1:500 - 1:1000
2050	1:500 - 1:1000
2100	1:1000 (bij vervanging)

Gevolgen bij falen Hollandse IJsselkering

In de Bruijn (2012) zijn overstromingspatronen bepaald bij een bres langs de Hollandse IJssel en een open Hollandse IJsselkering (Figuur C.5 t/m Figuur C.7). De bijbehorende kentallen staan in Tabel C.8. Op basis van de resultaten zijn de gewogen gevolgen bepaald horend bij een doorbraak in de dijken langs de Hollandse IJssel, zoals weergegeven in Tabel C.9. De schade kan oplopen tot ca. 100 Miljard Euro (Dkr 14+15). Of deze schade werkelijk optreedt is afhankelijk van de sterkte van de achterliggende c-keringen.

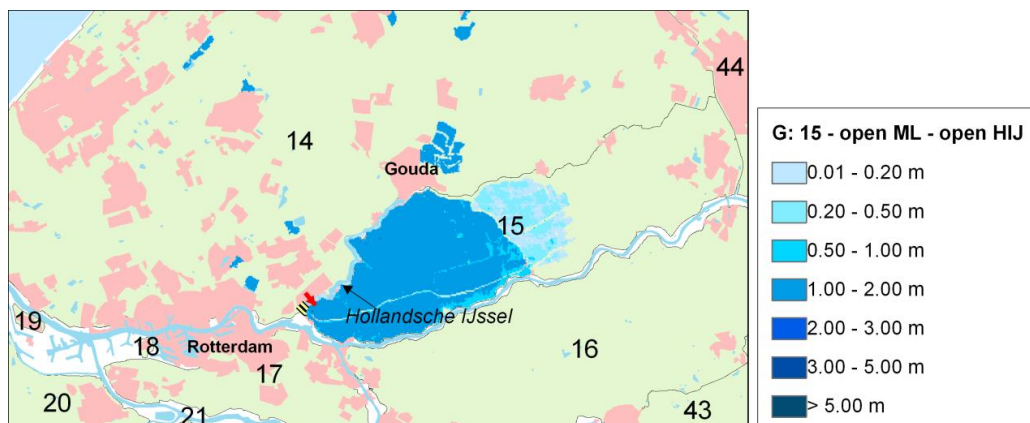
Tabel C.8 Gesimuleerde gevolgen per doorbraaksimulatie bij een open Hollandse IJsselkering

Bres locatie	Maeslantkering	Max. waterstand bij bres (m + NAP)	Schade (Miljard €)	Slachtoffers (zonder evacuatie)	Getroffenen
dkr14_SVK	Gesloten	2,96	12,8	1 213	204 552
dkr14_SVK	Open	3,68	13,7	1 355	215 249
Gouda	Gesloten	2,70	5,3	550	140000
Gouda	Open	3,43	5,4	570	141000
Dijkring 15	Gesloten	2,74	2,2	260	75000
Dijkring 15	Open	3,75	2,2	270	77000

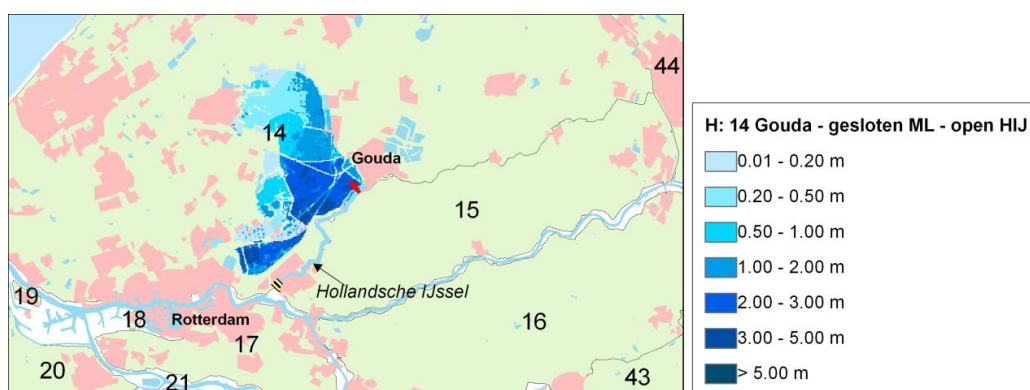
Tabel C.9 Gewogen gevolgen doorbraak c-kering en een open Hollandse IJsselkering (De Bruijn, 2012).

Dijkringdeel	Schades (prijsspeil=2012)	Getroffen	Slachtoffers	Totale schade (prijsspeil=2050)*
	Miljoen Euro	#	#	Miljoen Euro
14_Hij	10.000 (5.000-14.000)	200.000 (140.000-250.000)	1000 (550-1350)	68.882 (54.556-113.124)
15_Hij	2.200	75000	265	27.816

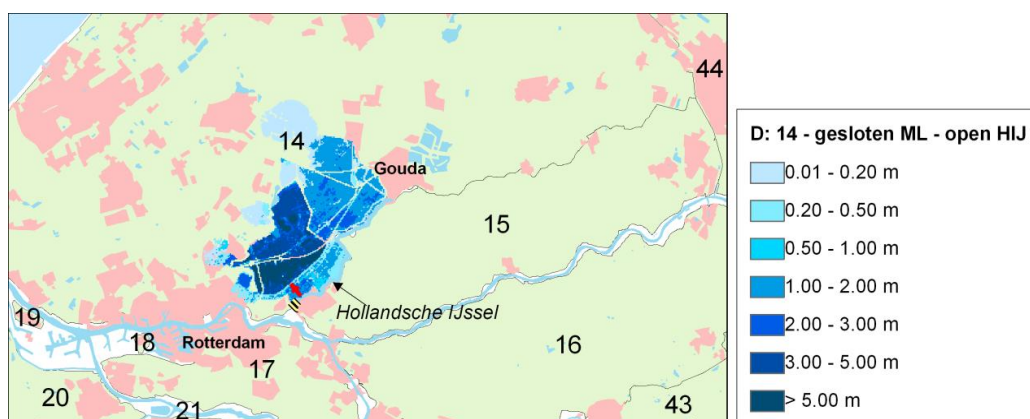
* schade 2011=schade_2012 + #slachtoffers*6,7 + #getroffenen*0.0125., schade 2050=schade_2011*1,019^39



Figuur C.5 Overstromingspatroon bij doorbraak aan de benedenstroomse zijde van dijkkring 15 van de dijken langs de Hollandsche IJssel (Maeslantkering open, een waterstand bij de Maasmond van 2,78 en een afvoergolf met 10.000 m³/s te Lobith) (De Bruijn, 2012)



Figuur C.6 Overstromingspatroon bij doorbraak te Gouda (Maeslantkering dicht, waterstand bij de Maasmond van 3,85 en een afvoergolf met 10.000 m³/s te Lobith) (De Bruijn, 2012)



Figuur C.7 Overstromingspatroon bij doorbraak bij de SVK in dijkkring 14 (Maeslantkering dicht, waterstand bij de Maasmond van 3,85 en een afvoergolf met 10.000 m³/s te Lobith) (De Bruijn, 2012)

In het verleden zijn de effecten van doorbraken van de Hollandsche-IJsseldijken berekend bij een gesloten Hollandsche IJsselkering. Asselman (2011) berekende voor een doorbraak op de Hollandsche IJssel in dijkkring 15 ter hoogte van Krimpen aan de IJssel bij een peil van 2,7 m boven NAP en gesloten Hollandsche IJsselkering een schade van 682 M€ (prijsspeil 2000) en 68 slachtoffers. Dit valt in het niet bij de schade die verwacht wordt bij een open Hollandsche IJsselkering. De berekende dieptes zijn bij de bres ongeveer een meter, maar liggen verder vrijwel overal rond de 0,2 tot 0,3 m. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het HIS-SSM bij deze geringe dieptes geen betrouwbare resultaten geeft en de schades waarschijnlijk overschat zijn.

Voor een doorbraak bij Capelle aan de IJssel bij een gesloten Hollandsche IJsselkering berekende Asselman (2010) een schade van 1,7 a 1,9 miljard euro. Dit is veel minder dan bij een open Hollandsche IJsselkering (ruim 14 miljard) maar nog steeds een zeer hoge schade. Het aantal slachtoffers dat zij vond was zo'n 140. Ook met een gesloten Hollandsche IJsselkering is een doorbraak van de dijken langs de Hollandsche IJssel in dijkkring 14 dus nog gevaarlijk.

Faalkans studie Balen (2010)

In Balen (2010) is onderzoek gedaan naar de faalkans-eis van de Hollandsche IJsselkering. In dit rapport worden de volgende conclusies getrokken:

Het is op basis van deze studie niet mogelijk gebleken om tot een afgewogen faalkans-eis te komen. Enerzijds is het modelinstrumentarium hiervan de oorzaak zoals in de vorige paragraaf is besproken. Anderzijds was het niet mogelijk om op basis van kosten kentallen een uitspraak te doen over de kosten voor dijkverbeteringen door stijging van de MHW bij een minder strenge faalkans van de Hollandsche IJsselkering. Het grootste deel van de dijken is in de toetsing afgekeurd op het onderdeel (macro)stabiliteit. Dat maakt dat de stijging van het MHW niet zonder meer is door te vertalen naar een verandering in het toetsoordeel. Ook kon geen gebruik worden gemaakt van kentallen, omdat deze niet beschikbaar zijn voor dit gebied vanwege de grote hoeveelheid maatwerk door het grote aandeel lintbebouwing langs de dijken. Tabel geeft de gemiddelde stijging van de MHW voor verschillende faalkansen voor scenario 1B: de vigerende bediening met polderlozingen. Ook geeft de tabel de geschatte, indicatieve investeringskosten voor verbetering van de Hollandsche IJsselkering.

Tabel C.10 Gemiddelde toename van het MHW bij verschillende faalkansen ten opzichte van het MHW bij faalkans 0.

Veiligheidsnorm	Faalkans	Verhoging MHW	Geschatte indicatieve investeringskosten
1/jaar	Per sluitvraag	m tov faalkans =0	Miljoen Euro
1/2000 (dkr. 15)	1/10.000	0.01	10 (geloten situatie)*
	1/1000	0.06	15 - 25
	1/500	0.13	10- 20
	1/250	0.22	onbekend
	1/100	0.34	0.5 – 1
	1/30	0.46	0 (huidige situatie)
1/2000 (dkr. 14)	1/10.000	0.02	10 (geloten situatie)*
	1/1000	0.22	15 - 25
	1/500	0.30	10- 20
	1/250	0.38	onbekend
	1/100	0.46	0.5 – 1
	1/30	0.56	0 (huidige situatie)

*exclusief extra kosten t.b.v. scheepsvaartvermindering.

Wanneer de faalkans van de Hollandsche IJsselkering meegenomen wordt, zal maximaal 7,6 km extra nieuwe dijkversterkingen uit de volgende toetsronde komen. Als uitgegaan wordt van de 'gemiddelde' verbeterkosten van 13.000 euro per strekkende meter, dan bedragen de extra kosten bijna 100 miljoen euro. Voor dit bedrag kan de faalkans van de kering aanzienlijk worden verkleind.

Als verbetering van slechts een klein deel van deze keringen voorkómen kan worden, is het al snel rendabel om te investeren in de verbetering van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering. Daarbij betekent het verbeteren van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering een verkleining van het risico voor het gehele achterliggende gebied. Het is dan nog steeds nodig om de waterkeringen die in de derde ronde toetsing zijn afgekeurd te verbeteren (eventueel aangevuld met nieuw afgekeurde keringtrajecten in de volgende ronde), maar investeren in verbetering van de faalkans kan dan toch kosteneffectief zijn omdat het risico verkleind wordt. Er kan onderscheid gemaakt worden in twee aspecten:

- Het voordeel van investeren in het verkleinen van de faalkans is dat op korte termijn het risico voor het achterliggende gebied verlaagd kan worden, doordat de MHW's dalen en doordat de gevolgen van een dijkdoorbraak minder is.
- Ook bestaat er een gereede kans dat de wijze van toetsing in de toekomst zal veranderen, waarbij niet meer op dijkvakniveau getoetst wordt, maar ook meer aandacht besteed zal worden aan het achterliggende gebied en de gevolgen bij overstromingen. Hierdoor kunnen de toetsoordelen anders uitpakken dan het geval is bij de huidige toetsingen. De faalkans wordt dan naar verwachting nog belangrijker omdat de gevolgen van overstroming in een situatie met open kering vele malen groter zijn dan bij een gesloten kering.

Samenvatting beschikbare studies

- De gevolgen van een doorbraak van de c-keringen zijn voor dijkkring 15 alleen groot wanneer de Hollandsche IJsselkering niet heeft kunnen sluiten. Voor dijkkring 14 zijn de gevolgen ook groot bij een gesloten Hollandsche IJsselkering.
- De gebieden rond Gouda liggen zeer laag, waardoor de overstromingsdieptes zeer groot kunnen worden. Omdat het gebied ook dicht bevolkt is met plaatsen als Capelle aan de IJssel, Gouda, etc. zijn de gevolgen van een overstroming zeer ernstig.
- Het is al snel rendabel om te investeren in de verbetering van de faalkans van de Hollandsche IJsselkering. Het zal daarbij nog steeds nodig om de waterkeringen die in de derde ronde toetsing zijn afgekeurd te verbeteren, maar investeren in verbetering van de faalkans kan dan toch kosteneffectief zijn omdat het risico verkleind wordt.

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel

Tabel C.10 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Zuid Holland	14_1	30000
	Dk15	15_2	3000
Achterliggend	c-keringen		

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

De Hollandsche IJsselkering kent een relatief grote faalkans (1/30 per sluitvraag). Deze faalkans is tot nu toe niet meegenomen bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden van de achterliggende keringen. Het zal bij de Hollandsche IJsselkering niet haalbaar zijn om de faalkans (vooral de kans op 'niet sluiten') dusdanig te verkleinen dat deze slechts een verwaarloosbaar effect heeft op het achterland. Er wordt dan ook aanbevolen om de faalkans mee te nemen in de HR van het achterland.

Het meenemen van de faalkans in de HR zal zorgen voor een toename van de HR langs de Hollandsche IJssel. Alvorens deze faalkans-eis wordt vastgelegd, is het aan te bevelen om het systeem integraal te bekijken. Er lopen versterkingsopgaves van de keringen langs de Hollandsche IJssel en daarnaast zijn er volgens de beheerder in beginsel goede mogelijkheden aanwezig voor het terugdringen van de faalkans die deels zijn uitgevoerd en deels worden voorbereid. Het terugdringen van de faalkans(eis) zal naar verwachting economisch optimaal zijn, aangezien het verbeteren van de keringen langs de Hollandsche IJssel relatief duur is en verbetering van de kering het stijgen van ontwerpwaterstanden (en versterkingskosten) in het achterland kan beperken.

Verder wordt er verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied. Aan deze voorwaarden wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied (conservatieve aanname). Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

Acties op kort- en middellanger termijn.

Integraal bekijken van de te hanteren faalkans-eis.

Aanbevelingen.

Onlangs is er een nieuwe versie Hydra-BS ontwikkeld, waarmee de relatie tussen faalkans en MHW in het achterland bepaald kan worden.

C.5 Haringvlietdam

De Haringvlietdam is het zesde bouwwerk van de Deltawerken. De dam sluit het Haringvliet af en ligt tussen Voorne-Putten (noord) en Goeree-Overflakkee (zuid) bij de monding van de Haringvliet in de Noordzee. Aan de zuidzijde van de Haringvlietdam ligt de Goereese sluis voor het scheepvaartverkeer.

Het Haringvliet kon niet zonder meer worden afgesloten, omdat de rivieren Rijn en Maas daarin uitkomen. Daarom werd gekozen voor de aanleg van een spuisluizencomplex met een lengte van ongeveer een kilometer, dat per seconde circa 25.000 kubieke meter water kan doorlaten.

Feiten

- De dam is 5 kilometer lang en 56 meter breed. Hij heeft in totaal 17 sluisen die ieder 56,5 meter breed zijn.
- De huidige norm van het Haringvlietdam is gelijk aan 1/4.000 per jaar.

Voorstel aanpak

Keersluis Haringvlietdam valt in de categorie 2, hoogwaterkeringen

Beschikbare informatie

De kans op het niet kunnen afvoeren van water (Openen, Spuien) dient te voldoen aan de faalkans E & I uit onderstaande tabel.

Tabel C.11 Faalkans 'niet openen'.

Scenario	Faalkans-eis
Niet openen van beide schuiven van 1 opening	5.00E-01
Niet openen van beide schuiven van 2 t/m 5 openingen Let wel: dit is de optelling van de kans op falen van 2 tot en met 5 poortjes	1.00E-01
Niet openen van beide schuiven van 6 t/m 10 openingen Let wel: dit is de optelling van de kans op falen van 6 tot en met 10 poortjes	1.00E-02
Niet openen van beide schuiven van 11 t/m 17 openingen Let wel: dit is de optelling van de kans op falen van 11 tot en met 17 poortjes	1.00E-04

De kans op het niet kunnen afsluiten van de doorlaatopeningen (Sluiten, Keren) dient te voldoen aan de faalkans E & I uit onderstaande tabel.

Tabel C.12 faalkans 'niet sluiten'

Scenario	Faalkans-eis
Niet sluiten van 1 opening	5,00E-03
Niet sluiten van 2 openingen	1,05E-03
Niet sluiten van 3 t/m 5 openingen Let wel: dit is de optelling van de kans op falen van 3 tot en met 5 poortjes	1,00E-04
Niet sluiten van 6 t/m 10 openingen Let wel: dit is de optelling van de kans op falen van 6 tot en met 10 poortjes	1,00E-05
Niet sluiten van 11 t/m 17 openingen Let wel: dit is de optelling van de kans op falen van 11 tot en met 17 poortjes	2,00E-04

De effecten van het falen van de Haringvlietsluizen zijn bekeken in Goederen (2013). Het meenemen van kans op 'niet sluiten' van 1:10.000 per sluitvraag heeft een effect van zo'n 7 cm ten opzichte van de situatie dat de faalkans niet is meegenomen (zie onderstaande tabel). Echter deze benadering is grof.

Tabel C.13 Effect faalkans Haringvlietsluizen ten opzichte van de huidige situatie (faalkans is oneindig klein). Het maximaal effect treedt op bij Hellevoetsluis, Moerdijk of Dordrecht. (Bron: Afleiding faalkans-eis Haringvlietsluizen, Goederen, 2013).

Object	Faalkans (per sluitvraag)	MHW-effect
Niet sluiten	1/10.000	7
	1/100.000	<1
Niet openen	1/10.000	5
	1/100.000	<1

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel C.14 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014).

kering	Beschrijving	dijkkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Voorne Putten (duin)	20_1	30000 (duin)
	Goeree overflakkee	25_1	3000 (duin)
Achterliggend	Goeree overflakkee	25_2	300
	Voorne Putten	20_4	1000
	Hoekse waard	21_2	300
	Eiland van Dordrecht	22_1	300
	Eiland van Dordrecht	22_2	3000
	DR34	34_1	1000
	DR34	34_2	300

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie?

Het niet haalbaar om de faalkans (vooral de kans op 'niet sluiten') dusdanig te verkleinen dat deze slechts een verwaarloosbaar effect heeft op het achterland. Het vaststellen van een eis aan de hand van kosten van versterken en gevolgen is hier dan ook niet nuttig aangezien die benadering tot onhaalbare eisen leidt. Bij deze categorie moet de faalkans van de b-kering worden betrokken bij het vaststellen van hydraulische randvoorwaarden voor de achtergelegen primaire keringen.

Voor de Haringvlietdam geldt dat ook de kans op 'niet openen' een bedreigende situatie kan vormen. Ook hiermee moet rekening gehouden worden bij het bepalen van de HR.

Er wordt verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied. Aan deze voorwaarden wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied (conservatieve aanname). In het geval van de Haringvlietdam is dit een eis van 1/3.000 per jaar (zie Tabel C.14). Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

Aangezien bij de Haringvlietdam partieel falen een rol speelt zou de ProBo systematiek van de Oosterschelde toegepast kunnen worden voor de Haringvlietdam.

C.6 Stormvloedkering Oosterschelde

De SVK Oosterschelde (VWK 18) is verbindende kering tussen de dijkringen 26 en 28. De waterkering vormt de scheiding tussen de Noordzee en de Oosterschelde. De kering gaat dicht bij een verwachte zeewaterstand van 3.00 m+NAP of meer; de kering wordt bij zware storm gesloten, zodat het hoogwater niet de Oosterschelde binnen kan stromen. De huidige sluitfrequentie van de kering bedraagt gemiddeld circa eens per jaar. Over de kering loopt de weg N57, die Schouwen-Duiveland en Noord-Beveland verbindt. Tot het achterland van deze kering behoort de Oosterschelde met omliggende waterkeringen.

Feiten

- De SVK Oosterschelde bestaat uit twee delen: een vast deel en een beweegbaar deel. Het beweegbare deel bestaat uit de pijlers met schuiven (62 schuiven) en dorpel- en bovenbalken in de drie stroomgeulen Roompot, Schaar en de Hammen, en de bodembescherming. Het vaste deel bestaat uit de damvakken (grondlichamen) op de eilanden Neeltje Jans en Roggenplaat, de overgangsconstructies (damaanzetten) aan de oevers van de drie stroomgaten en de Roompotsluis. De lengte van de kering is 11.6 km.
- Voor de waterkering is een veiligheidsnorm van 1/4,000 per jaar wettelijk vastgelegd voor belastingen vanuit de Noordzee; de norm is gelijk aan de veiligheidsnormen van dijkeringen 26 t/m 28, 30 en 31 (de strengste veiligheidsnorm in het achterland).

Voorstel aanpak

De SVK Oosterschelde valt in de categorie 2, beweegbare hoogwaterkeringen.

Beschikbare informatie

Als tijdens een storm de kering faalt, dan zal het zeewater de Oosterschelde binnen stromen. Tijdens deze storm worden de a-keringen rond de Oosterschelde extra belast, waardoor de kans op falen van de a-kering ook toeneemt. Bij een gefaalde a-kering kunnen Schouwen-Duiveland, Noord-Beveland, Tholen en Zuid-Beveland overstromen.

Het falen van de SVK Oosterschelde kan op verschillende manieren.

- 1 de kering sluit niet of partieel;
- 2 de kering kan constructief falen waardoor een bres ontstaat;
- 3 het grondlichaam kan falen waardoor een bres ontstaat.

Aangezien de faalkans-eisen van niet en partieel falen significant zijn wordt hier een aparte eis voor afgeleid. De algemene eis zegt iets over constructief falen en over falen van het grondlichaam.

1. Niet/partieel sluiten

De kansen van de verschillende faalscenario's van de SVK Oosterschelde worden door ProBo (Probabilistisch Beheer en Onderhoud) twee keer per jaar vastgesteld met behulp van een foutenboom analyse. Aan de hand van het prestatiepeilen model worden vervolgens de prestatiepeilen berekend. Het beheer en onderhoud wordt zo uitgevoerd dat de berekende prestatiepeilen, behorende bij de vastgestelde faalkansen, onder de huidige toetspeilen blijven.

De belasting op de dijken rond de Oosterschelde zal weinig veranderen bij toe of afname van de faalkansen van de sluitscenario's, mits deze veranderingen beperkt blijven (\leq factor 10). Bij significant grotere faalkansen ($>$ factor 10 toename) neemt de belasting op de dijken rond de Oosterschelde wel sterk toe. Er is dus nog ruimte beschikbaar om een toename van de faalkansen op te vangen. Uiteraard zou dat wel tot gevolg hebben dat er minder ruimte overblijft om andere invloeden op te vangen, zoals toekomstige klimaatveranderingen (Saman, 2013 a, b).

Op basis van de resultaten wordt geadviseerde om de huidige ProBo methode te gebruiken voor het vaststellen van de faalkans-eis voor 'niet sluiten'. De huidige faalkansen kunnen zo als eis worden opgelegd.

2. Algemene eis

De constructieve faalkans van de beweegbare kering en de Roompotsluis wordt momenteel geschat tussen de 1/4.000 en 1/400.000 per jaar. Ook het grondlichaam voldeed in de derde toets ronde aan de huidige norm van 1/4000 per jaar.

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel C.15 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV.

kering	dijkringtraject	"Norm" [1-3-10]
		Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	26_1	1000 (duin)
	28_1	1000
Achterliggend	26_2	3000
	26_3	10000
	27_1	3000
	27_2	10000
	31_2	3000
	30_1	3000



Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie

Op basis van de resultaten wordt geadviseerd om de huidige ProBo methode te gebruiken voor het vaststellen van de faalkans-eis voor 'niet sluiten'. De huidige faalkansen kan zo als eis worden opgelegd. De voorwaarde hierbij is dat deze faalkans meegenomen wordt in de HR van de achtergelegen keringtrajecten.

Er wordt verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied. Aan deze voorwaarden wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied (conservatieve aanname). In het geval van de SVK Oosterschelde is dit een eis van 1/10.000 per jaar (zie Tabel C.15).

Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

C.7 Ramspolkering

De Ramspolkering (VWK 25) is een verbindende kering tussen de dijkkringen 7 en 10. De waterkering ligt tussen het Ketelmeer en het Zwarte Meer. Tot het achterland van deze kering behoort de Vechtdelta met omliggende waterkeringen. De Ramspolkering bestaat uit de keersluis te Ramspol (de balgstuw), de dijk Ramspol-IJsselmuiden en de Ganzensluis.

De Balgstuw is bedoeld om de waterstanden in de Vechtdelta tijdens extreme stormen op het IJsselmeer te verlagen. De belangrijkste bijdrage is dat de verdere opstuwung van water in richting van het Vechtdelta wordt voorkomen. De kering is zo gemaakt dat er wel water over de dijk heen mag slaan. De balgstuw bestaat uit drie balgen, die kunnen worden opgeblazen en vervolgens gevuld met water. De balgstuw sluit op het moment dat de lokale waterstand het niveau 0.50 m +NAP overschrijdt en er tevens sprake van instroming (stroming van het Ketelmeer naar het Zwarte Meer). De huidige sluitfrequentie van de balgstuw bedraagt eens per jaar (Wojciechowska et al, 2009).



Opvallend is dat deze b-kering drie verschillende beheerders heeft. De Balgstuw in beheer bij Rijkswaterstaat, de dijk hoort bij het waterschap Groot-Salland en de Ganzensluis bij de provincie.



Figuur C.8 ligging dijkringdelen achter de balgstuw Ramspol

Normen naast- en achtergelegen keringen

- 3 balgstuwen, samen 400 meter breed.
- Dijk ramspol-IJsselmuiden lengte: 9.9 km;
- Voor de Balgstuw en de Ganzesluis is een veiligheidsnorm van 1/2000 per jaar wettelijk vastgelegd voor belastingen vanuit het Ketelmeer. De dijk Rampol-IJsselmuiden is een overslagbestendige dijk met hoogte gelijk aan een 1/500 per jaar waterstand. De dijk is lager dan de norm om zo de Kampen bij hoogwater te ontlasten.

Voorstel aanpak

De Ramspolkering valt in de categorie 2, hoogwaterkeringen

Gevolgen falen Ramspolkering

Als tijdens een storm de Balgstuw faalt, dan zal het water uit het Ketelmeer de Vechtdelta binnenstromen. Tijdens deze storm worden de a-keringen in het achterland extra belast, waardoor de kans op falen toeneemt. Bij een gefaalde a-kering kunnen Kampereiland, Masterbroek (dijkring 10), Noordoostpolder (dijkring 7), dijkkring 9 en dijkkring 53 overstroomd. Voornamelijk het onderlopen van Zwolle zal de grote schade met zich meebrengen.

De dijk Ramspol-IJsselmuiden is overslagbestendig gemaakt, bij extreme waterstanden zal er eerst door golfoverslag water over de dijk slaan. Als de waterstand in het Ketelmeer nog verder stijgt zal er water over de dijk heenlopen. Dit veroorzaakt overstromingen van Kampereiland, het water kan vervolgens ook doorstromen naar het Zwarte Meer en Zwarte Water. Ook als de dijk onder water ligt zal de dijk een reducerend effect hebben op de scheefstand.

Bij het doorbreken van de Ganzesluis kan water op het Ganzendiep stromen. Via het Ganzendiep zal het water via Kampereiland richting het Zwarte Meer en Zwarte Water stromen.

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen worden weergegeven in onderstaande tabel

Tabel C.16 Voorgestelde normen per keringtraject door DPV (6 januari 2014). De ligging van de keringtrajecten worden weergegeven in Figuur C.8.

kering	Beschrijving	dijkringtraject	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Masterbroek, IJsselzijde	10_3	10.000
	Noordoostpolder	7_2	3000
Achterliggend	Noordoostpolder	7_1	3000
	Masterbroek, Zwarte Waterzijde	10_2	3000
	DR9, Vecht	9_1	1000
	DR9, Zwarte Water	9_2	3000
	Masterbroek, Zwarte Waterzijde	10_1	3000
	DR53, Vecht +Zwarte Water	53_3	10.000

Wat kunnen we zeggen op basis van de beschikbare informatie?

Faalkans-eis voor 'niet sluiten' Balgstuw

Het niet haalbaar om de faalkans (vooral de kans op 'niet sluiten') dusdanig te verkleinen dat deze slechts een verwaarloosbaar effect heeft op het achterland. Het vaststellen van een eis aan de hand van kosten van versterken en gevolgen is hier dan ook niet nuttig aangezien die benadering tot onhaalbare eisen leidt. Bij deze categorie moet de faalkans van de b-kering wordt dan ook betrokken bij het vaststellen van hydraulische randvoorwaarden voor de achtergelegen primaire keringen.

Bij het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden 2006 en bij de overstromingskansen van WV21 is voor de Balgstuw van een faalkans van 1/286 per sluitvraag uitgegaan. Volgens de derde toetsronde is de werkelijke kans op 'niet sluiten' van de kering groter, en wel gelijk aan 1/151 per sluitvraag wanneer de kering binnen 2 uur sluit en 1/19 als de kering binnen 1 uur sluit. In de achterlandstudie van Wojciechowska (2009b) is geconcludeerd dat precieze faalkans van weinig belang is, zolang deze niet groter wordt dan 1/100 per sluitvraag. Ook blijkt dat een sluitduur van 2 uur ten opzichte van 1 uur geen veiligheidsproblemen zal opleveren. Deze effecten zijn van klimaatveranderingen en de nieuwe normen zijn niet meegenomen in deze studie.

Aangezien we gebruik maken van het 1-3-10 stramien wordt geadviseerde om de huidige faalkans van 1/100 per sluitvraag te hanteren als eis voor 'niet sluiten'. Hierbij is de voorwaarde dat de faalkans meegenomen wordt in de HR.

Overige faalmechanismen balgstuw

Er wordt verondersteld dat de faalkansen van de overige mechanismen (anders dan 'niet sluiten') geen wezenlijke consequenties mogen hebben op de overstromingskansen in het achterliggend gebied. Aan deze voorwaarden wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied (conservatieve aanname). In het geval van de balgstuw is dit een eis van 1/3.000 per jaar (zie Tabel C.16, hierbij wordt verondersteld dat 53_3 riviergedomineerd is). Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

De hoogte van de kering mag eventueel afwijken van de gestelde faalkans-eis. In de huidige modellen voor het bepalen van de HR is overloop over de Ramspolkering meegenomen. Overslag over de balgstuw zit niet in de modellen verwerkt.

Faalmechanismen mbt 'hoogte' de dijk Ramspol-IJsselmuiden

De kering is zo gemaakt dat de dijk bij een waterstand die 1 keer in de 500 jaar voorkomt overstroomt om zo de stad Kampen te ontzien. Bij het bepalen van HR van Kampen is rekening gehouden met deze ontlasting. De faalkans van de Ramspol-IJsselmuiden-dijk moet dus integraal worden bekeken met dijken rond Kampen.

Faalmechanismen mbt 'stabiliteit' de dijk Ramspol-IJsselmuiden

De dijk Ramspol-IJsselmuiden is overslagbestendig gemaakt. Ook in de nieuwe normering zal dit wenselijk zijn.

Ganzensluis

Aangezien de lengte van de b-kering is vele malen korter dan de gezamenlijke lengte van achterliggende c-keringen, zal het meest doelmatig zijn om de b-kering zodanig te versterken dat deze slechts een verwaarloosbare bijdrage levert aan de hydraulische belasting op de achterliggende keringen. Deze kering zou eigenlijk benaderd moeten worden als de keringen in categorie 1. Helaas ontbreken zowel gegevens over de kosten van versterken als de gevolgen van doorbreken. Aan de eis van een verwaarloosbare bijdrage wordt zeker voldaan als de eis gelijk is aan de strengste overstromingskansnorm in het achterliggend gebied (conservatieve aanname). In het geval van de Ganzensluis is dit een eis van 1/3.000 per jaar (zie Tabel C.16). Deze benadering past bij een bovengrens, indien deze regel tot afkeuren leidt, dient nader onderzoek plaats te vinden.

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie

Op basis van de resultaten wordt geadviseerde om de huidige faalkans van 1/150 per sluitvraag te hanteren als faalkans-eis voor 'niet sluiten'. Hierbij is de voorwaarde dat deze faalkans meegenomen wordt in de HR van de keringen in het achterland..

De algemene faalkans-eis komt uit op 1/3000 per jaar.

Acties op korte en langer termijn.

- Integraal bekijken faalkans-eis dijk Ramspol-IJsselmuiden en dijken rond Kampen
- Vaststellen kosten en gevolgen Ganzensluis

C.8 Keersluis Heusdensch Kanaal en Bergse Maasdijk

Keersluis Heusdensch Kanaal en de Bergse Maas (VWK 26 en 27) beschermen de Afgedamde Maas tegen hoogwater vanuit de Maas. Keersluis Heusdens staat onder dagelijkse omstandigheden open, de Bergse Maas is gesloten.

Feiten

De huidige norm van de keersluis Heusdensch Kanaal en de Bergse Maasdijk is gelijk aan 1/2.000 per jaar.

Voorstel aanpak

Keersluis Heusdensch Kanaal en de Bergse Maas vallen in de categorie 2, beweegbare hoogwaterkeringen. Beide b-keringen zijn in de afgelopen toetsing goedgekeurd, dit wil zeggen dat de kering een faalkans heeft kleiner dan 1/2000 per jaar. Ook de kans op 'niet sluiten' voldoet aan de eis. De kans op 'niet sluiten' legt hier dus geen beperkingen op. De kering kan dus behandeld worden als een kering uit categorie 1.

Kosten

In WV21 (2011) zijn schattingen gegeven van de kosten behorende bij een 10 keer sterkere b-kering. Volgens deze berekeningen komt het versterken de Keersluis Heusdensch uit op ca. 12 miljoen Euro. Volgens de beheerder is deze schatting aan de lage kant, een betere schatting zou 20 miljoen Euro zijn. De Bergse Maas is een goedkoper met ca. 1 miljoen Euro.

Gevolgen

Als de keersluis Heusdensch Kanaal of de Bergse Maas doorbreken dan kan er water van de Maas op de Afgedamde Maas stromen. Afhankelijk van de hoogte van de c-keringen kunnen dijkkring 24, 37 en 38 onderlopen. De toetspeilen op de Maas liggen op NAP 5,8 m. Dit is meer dan twee meter hoger dan de toetspeilen van de c-keringen langs de Afgedamde Maas, welke op NAP 3,5 m liggen. Er zijn geen schade getallen bekend, maar aangezien de verschillen in toetspeil groot zijn, is te verwachten dat de achterliggende c-keringen falen.

Een indicatie van de schade wordt gegeven in Tabel A.12 waarin Deelprogramma Veiligheid-schade getallen bij een doorbraak van de naastgelegen a-keringen zijn opgenomen (6500 miljoen voor dijktraject 24_1, 30 miljoen voor 37 en 12500 miljoen voor 38_1). Verwacht wordt dat niet de totale schade zal optreden bij falen van een van de b-keringen, omdat water via de zijkant binnenstroomt. Het water zal niet helemaal tot aan de uiteinden van dijktraject 24_1 of 38_1 stromen. De schade wordt geschat op ongeveer een derde van de Deelprogramma Veiligheid getallen.

Toepassing schattingsmethode ter bepaling faalkans-eis

In de schattingsmethode wordt de faalkans bepaald met behulp van de volgende formule:

$$\text{Faalkans-eis b-kering} \approx 1/(40 * (\text{schade 2050} / \text{kosten factor 10 veiliger})).$$

Aangezien de schade van doorbreken van de b-keringen onbekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend in onderstaande tabel.

Tabel C.17 Faalkans-eis voor verschillende varianten.

	Variant	Totale schade 2050	Kosten 10 x veiliger	faalkans-eis	faalkans-eis 1-3-10
		(Miljoen €)	(Miljoen €)	(1/jaar)	(1/jaar)
Bergse Maas dijk	A: 33% schade 24_1	2000	1	80.000	100.000
	B: 33% schade 38_2	4000	1	160.000	300.000
	C: 33% schade 24_1 en 38_2	000	1	240.000	300.000
Keersluis Heusdensch	A: 33% schade 24_1	3000	20	4000	3.000
	B: 33% schade 38_2	6000	20	8000	10.000
	C: 33% schade 24_1 en 38_2	8000	20	12000	10.000

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel C.18 Voorgestelde normen per kering traject door DPV (6 januari 2014).

kering	Dijkringtraject	"Norm" [1-3-10]
		Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	24_1	10.000
	37_1	100.000
	38_2	10.000
Achterliggend	c-keringen	

Inbedding in de omgeving

De faalkans-eis voor de meeste varianten in Tabel C.17 zijn vergelijkbaar met de voorgestelde eisen van de naastliggende keringen. Meer gedetailleerde gevolgen berekeningen moeten uitwijzen of dit een logisch resultaat is.

Het lijkt logisch om beide b-keringen en kering traject 37_1 dezelfde norm te geven aangezien ze allen belast worden vanuit de Bergse Maas en ze allen de Afgedamde Maas beschermen.

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie

Afhankelijk van de werkelijke gevolgen komt de faalkans-eis voor de keersluis Heusdensch Kanaal en de Bergse Maasdijk uit tussen de 1/3000 tot 1/10.000 per jaar.

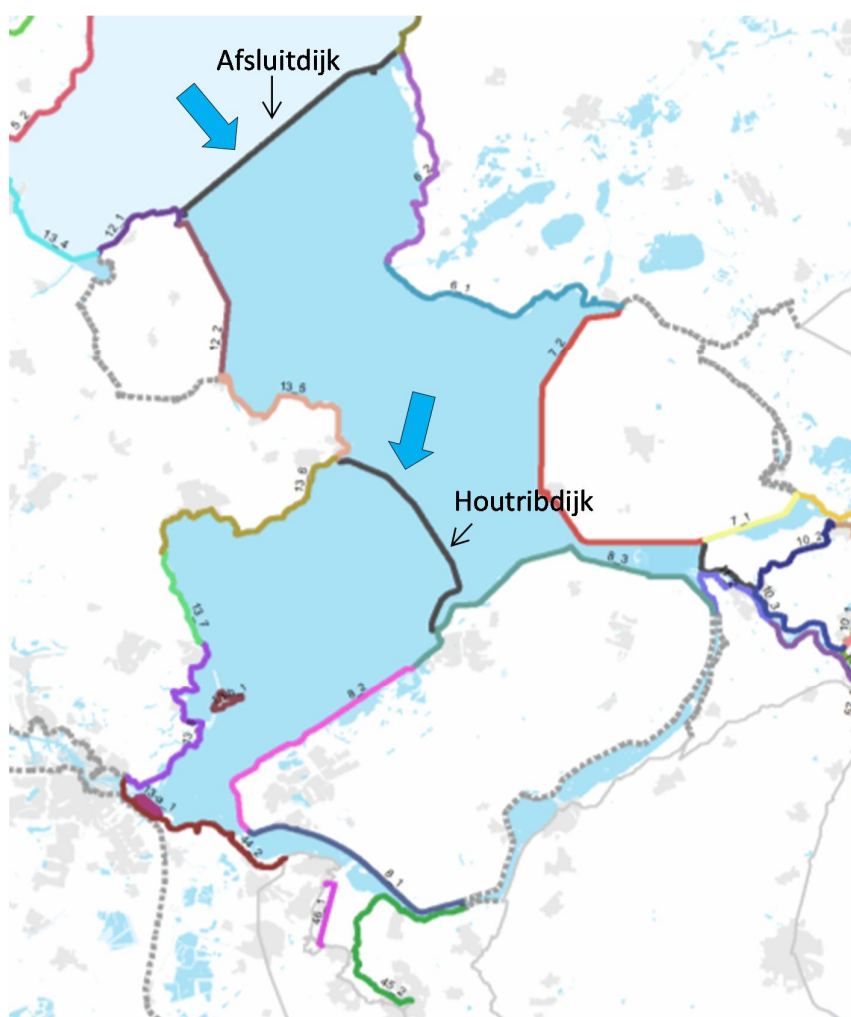
Acties op kort- en middellanger termijn.

Nauwkeuriger bepalen van de gevolgen en kosten van versterken.

D Factsheets B-keringen met erachter een relatief groot oppervlaktewater

D.1 Afsluitdijk

De Afsluitdijk (VWK 1) is een 32 kilometer lange waterkering die het IJsselmeer afsluit van de Waddenzee. De dijk is aangelegd om de dijkringen rondom de voormalige Zuiderzee te beschermen tegen stormen vanuit zee.



Figuur D.1 Kering traject nummers.

Huidige sterkte

De huidige sterkte van de kering is onbekend. Wat wel bekend is, is dat in de 3e toetsing de Afsluitdijk is afgekeurd: de kering voldoet niet aan de norm. Volgens Wojciechowska (2013) is de hoofdoorzaak van het oordeel de te lage kruinhoogte. Andere oorzaken zijn: onvoldoende sterkte bekledingen, onvoldoende sterkte en betrouwbaarheid sluiting kunstwerken. Stel dat de norm voor de Afsluitdijk gelijk blijft, dan betekent dit dat de dijk versterkt en verhoogd moet worden.

Gevolgen doorbreken

Als de Afsluitdijk faalt (falende spuisluizen, bres en golfoverslag) door een Noordwesterstorm met een herhalingsstijd van 10.000 jaar dan zal tijdens deze storm (tot 4 uur na de storm) het meerpeil met zo'n 20 cm stijgen. Na deze 4 uur zal het meerpeil verder meestijgen met de waterstand in de Waddenzee. Een tweede storm zou dan opnieuw voor extreme situaties kunnen zorgen.

Of het falen van de Afsluitdijk werkelijk tot overstromen van achterliggende a-keringen leidt, is van veel meer processen afhankelijk dan het falen van de Afsluitdijk alleen. Belangrijke elementen zijn onder ander de locatie in het meer (strijklengte, opstuwbaarheid), dijknormaal, dijkgeometrie, beheerstrategie IJsselmeer (pompen versus spuien/meestijgen), meteorologisch klimaat en het kans van voorkomen van een tweede storm. De gevolgen van een overstroming zijn ook weer afhankelijk van het locatie.

Al met al is het een complex systeem met veel vrijheidsgraden. Dit maakt het niet mogelijk om de gevolgen van het doorbreken van de Afsluitdijk eenvoudig vast te stellen.

Feiten

- 25 spuisluizen met breedte van 12 m en diepte NAP -4,4 m;
- 2 schutsluizen met een breedte van 14 m
- Totale lengte kunstwerken: 328 m.
- Lengte Afsluitdijk: 32 km
- Lengte achterliggende keringen: >200 km.
- Huidige norm is gelijk aan 1/10.000 per jaar.

Voorstel aanpak

De Afsluitdijk valt in de categorie 3, b-keringen met erachter een relatief groot oppervlaktewater.

Beschikbare informatie

Vanuit het hydraulisch functioneren van het systeem is voor de Afsluitdijk een faalkans-eisen afgeleid tussen de 1:3000 en 1:10.000 per jaar (Deltares, 2013 & Jongejan, 2014). Deze eisen sluiten aan bij de faalkans-eisen, zoals afgeleid door het CPB uit een integrale analyse van economisch optimale overstromingskansen van voorliggende en achterliggende keringen.

De door het CPB gevonden faalkans-eis voor de Afsluitdijk is afhankelijk van de beheersmaatregelen in het IJsselmeer. Bij de variant 'pompen' is een pompcapaciteit van 2000 m³/s op de Afsluitdijk geïnstalleerd, de faalkans-eis komt dan uit op 1:9.200 per jaar. Bij de variant 'meestijgen' stijgt het streefpeil vanaf 2035 mee met de zeespiegelstijging, dan kan er volstaan worden met een soepelere eis van 1:2500 per jaar.

De variant 'pompen' geeft een strengere eis dan 'meestijgen'. Dit komt doordat er bij de variant 'pompen' wordt uitgegaan van een zeer forse capaciteit aan pompen; hierdoor wordt extra veiligheid gecreëerd in het achterland, wat tot gevolg heeft dat de dijken in het achterland minder hoog hoeven te zijn dan bij de variant 'meestijgen'. Een mogelijke doorbraak van de Afsluitdijk leidt bij 'pompen' dan tot meer schade; dit leidt tot een strengere eis aan de Afsluitdijk.

Normen naast- en achtergelegen keringen

De nieuwe normen van de naastliggende keringen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel D.1 Voorgestelde normen per kering traject door DPV (6 januari 2014). De ligging van de kering trajecten is weergegeven in Figuur D1.

kering		kering traject	(strengste MKBA/LIR):	"Norm" [1-3-10]
			Terugkeertijd (jaar)	Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	Waddenzee, Wieringen	12-1	500	300
	IJsselmeer, Wieringen	12-2	12800	10.000
	Waddenzee, Friesland	6-3	2200	3000
	IJsselmeer, Friesland	6-2	5700	10.000
Achterliggend	Friesland	6_1	4200	3000
	Noordoostpolder	7_1	1500	1000
	Noordoostpolder	7_2	3500	3000
	Flevoland	8_3	6800	10.000
	Masterbroek, IJsselzijde	10_3	7100	10.000
	Vossemeer, IJssel	11_2	1500	1000
	Noord Holland	13_5	7600	10.000

Wat valt er te zeggen van de beschikbare info.

Het deltaprogramma adviseert nu om tot 2050 het huidig peilbeheer te handhaven. Er wordt daarbij een beperkte pompcapaciteit toegevoegd waarbij voor de inzet geldt: 'spuien als het kan, pompen als het moet'. Deze beheerstrategie zal het dichtste liggen bij de variant 'meestijgen' uit de CPB-studie aangezien de pompcapaciteit beperkt is. Mogelijk is voor de periode tot 2050 een faalkans-eis van 1:3000 per jaar voor de Afsluitdijk dus voldoende.

D.2 Houtribdijk

De Afsluitdijk (VWK 4) is een waterkering die het Markermeer afscheid van het IJsselmeer. De Houtribdijk is in eerste instantie aangelegd om de Markerwaard te kunnen creëren. De belangrijkste functie van de Houtribdijk in termen van hoogwaterbescherming is het breken van strijklengtes. Bij afwezigheid van de Houtribdijk kunnen de lokale waterstanden van locaties rond het Markermeer onder maatgevende omstandigheden enkele meters toenemen door extra scheefstand.

Feiten

- 26 km lang
- Lengte achterliggende keringen: >100 km.
- Functie: strijklengtebreker;
- Voor de Houtribdijk is een veiligheidsnorm van 1/10.000 per jaar wettelijk vastgelegd voor belastingen vanuit de IJsselmeer- en Markermeerzijde; de norm is gelijk aan de veiligheidsnorm van dijkkring 13 (de strengste veiligheidsnorm in het achterland).

Kunstwerken:

complex	sluizen	aantal	breedte (m)	drempel (M+NAP)
Houtribsluizen	schutsluizen	2	18	-4,5
	spuisluizen	6	18	-4,5
Krabbegatsluizen	schutsluizen	1	12	-4,5
	spuisluizen	2	18	-4,5
Naviduct	schutsluizen	1	12,5	-4,5
Totaal			204,5	

Voorstel aanpak

De Houtribdijk valt in de categorie 3, B-keringen met erachter een relatief groot oppervlaktewater. Er is door het Centraal Plan Bureau (CPB) een MKBA uitgevoerd.

Huidige sterkte

Volgens Wojciechowska (2013) is in de 3e toets ronde de waterkering afgekeurd: de kering voldoet niet aan de norm van 1/10.000 per jaar. De hoogte van de kering is voldoende, de bekledingen voldoen niet. De bekleding is voornamelijk afgekeurd aan de Markermeerkant. Bij de aanleg van de steenbekleding was indertijd uitgegaan van de aanleg van de Markerwaard, waardoor de bekledingen onder gedimensioneerd is.

Beschikbare informatie

De belangrijkste functie van de Houtribdijk in termen van hoogwaterbescherming is het breken van strijklengtes. Bij afwezigheid van de Houtribdijk kunnen de lokale waterstanden van locaties rond het Markermeer onder maatgevende omstandigheden enkele meters toenemen door extra scheefstand. Zolang de Houtribdijk de functie van 'strijklengtebreker' behoudt, lijkt het niet nodig om de kering een strenge faalkans-eis mee te geven.

Het CPB berekent een optimale faalkans-eis van 1:200 per jaar voor de variant 'meestijden/spuien'. Voor de variant 'pompen' komt naar voren dat tot het jaar 2300 het economisch niet rendabel is de Houtribdijk te verhogen. Gezien de aannames die in de berekeningen gedaan zijn, lijkt een grote faalkans-eis, zoals 1:200 per jaar, een logisch resultaat. Er zijn in ook redenen te noemen om deze eis strenger te stellen. De eerste reden is dat de kering zijn functie als strijklengte breker niet mag verliezen. De tweede reden is onderhoud technisch. Bij een lage eis, zoals 1:200 per jaar, heeft de bekleding ook deze minimale eis. Na elke enigszins heftige storm zal de bekleding gerepareerd moeten worden, dit lijkt niet wenselijk.

Normen naast- en achtergelegen keringen

In onderstaande tabel worden de voorgestelde normen door DPV weergegeven.

Tabel D.2 Voorgestelde normen per kering traject door DPV (6 januari 2014). De kering traject nummers worden weergegeven in D1.

	kering traject	locatie	(strengste MKBA/LIR):	"Norm"
			Terugkeertijd (jaar)	[1-3-10] Terugkeertijd (jaar)
Naastliggend	8_3	Flevoland	6800	10000
	13_5	NH, IJsselmeer	6600	10000
	13_6	NH, Markermeer	6000	10000
Achterliggend	8_1	Flevoland	46900	30000
	8_2	Flevoland	27000	30000
	13_7	NH	8500	10000
	13_8	NH	2400	3000
	44_2	Utrecht	15200	10000
	45_2	Utrecht	159600	100000
	46_1	Utrecht (Eem)	800	1000

Inbedding in de omgeving

De nieuwe normen van de dijtrajecten achter de Houtribdijk zijn streng. Voor dijkkring 8 worden zelfs normen tot 1/30.000 per jaar gevonden. Dit is vele malen strenger dan de norm

die hierboven wordt voorgesteld. Door de functie van de Houtribdijk (strijklengtebreker) is het dan niet noodzakelijk om de faalkans van de Houtribdijk af te stemmen op de achterliggende keringen. De Houtribdijk is slechts een tweede bescherming, de werkelijk veiligheid tegen invloeden vanaf zee wordt geboden door de Afsluitdijk.

Wat valt er te zeggen van de beschikbare informatie

Een faalkans-eis van de Houtribdijk van 1:300 per jaar (1-3-10 stramien) lijkt minimaal. Vanwege de functie 'strijkbreker, life cycle costs, wegvallen verkeersfunctie of onderhoud zou een strengere eis gekozen kunnen worden.