

Veiligheid Nederland in kaart

VNK2

Tussenresultaten fase 1B

An aerial photograph showing a long, winding dike that separates a green agricultural landscape on the left from a large, brown, flooded area on the right. Several farm buildings are visible on the left side of the dike. The water in the flooded area is murky and has submerged some trees and structures.

VEILIGHEID NEDERLAND
IN KAART

**VNK2: TUSSENRESULTATEN
FASE 1B**

COLOFON

Dit is een publicatie van
Projectbureau VNK2

Document
HB 1729127

Datum
november 2012

Ontwerp
Laagland Communicatie

Oplage
500 exemplaren

INHOUD

SAMENVATTING	5	5	
1		TOEPASSINGSMOGELIJK-	
INLEIDING	6	HEDEN VNK2: BEWUST	
		BESCHERMEN, SLIM	
1.1 VNK2 IN HET KORT	6	INVESTEREN	26
1.2 DEZE PUBLICATIE	8		
2		BIJLAGE 1	
RISICOBENADERING	10	SYSTEEMWERKING	
		TUSSEN DIJKRINGEN	27
3		BIJLAGE 2	
OVERSTROMINGSRISICO'S		OVERZICHT PUBLICATIES	28
OP DIJKRINGNIVEAU	12		
3.1 KANSEN EN GEVOLGEN	12		
3.2 EEN GEDETAILLEERD GETALSMATIG BEELD	12		
3.3 EEN GEDETAILLEERD RUIMTELIJK BEELD	15		
4			
HET BELANG VAN DE			
VERSCHILLENDE			
FAALMECHANISMEN	22		
4.1 DOMINANTE FAALMECHANISMEN	22		
4.2 SAMENHANG FAALMECHANISMEN EN DE			
CONDITIE VAN DE KERING	24		

SAMENVATTING

Het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK2) brengt de huidige overstromingsrisico's in Nederland in kaart, door de dreiging die uitgaat van hoogwater, de sterkte en hoogte van de waterkeringen, de kansen op dijkdoorbraken en de mogelijke gevolgen van een overstroming in samenhang te analyseren. VNK2 is een initiatief van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Unie van Waterschappen en het Interprovinciaal Overleg. Rijkswaterstaat voert het project uit, in nauwe samenwerking met de waterkeringbeheerders, provincies, kennisinstituten en ingenieursbureaus.

Het project VNK2 is in een aantal uitvoeringsfasen onderverdeeld, waarbij steeds een aantal dijkringingen wordt geanalyseerd. Voorjaar 2011 zijn zes dijkringanalyses gepubliceerd. Inmiddels zijn de analyses van de volgende acht dijkringingen afgerond. Het project VNK2 is naar verwachting in 2014 afgerond. Dan zijn alle dijkringingen in Nederland geanalyseerd. In deze publicatie wordt een overzicht gegeven van de resultaten van de 14 analyses die in fase 1a en 1b zijn uitgevoerd.

De belangrijkste bevindingen van VNK2 zijn tot nu toe:

- dijken zijn eerder te smal dan te laag; een dijk bezwijkt eerder dan dat hij overloopt.
- de dreiging die uitgaat van hoogwater, de sterkte en hoogte van de waterkeringen en de kansen op dijkdoorbraken verschillen per dijkring. Ook de mogelijke gevolgen van een overstroming verschillen aanzienlijk tussen én binnen dijkringgebieden. Hierbij spelen gebiedsspecifieke kenmerken een rol, zoals de inrichting van het gebied, de maaiveldligging en de bevolkingsdichtheid.
- de resultaten van de risicoanalyses kunnen vervolgens op verschillende detailniveaus worden gepresenteerd; het vereiste detailniveau is afhankelijk van de toepassing.

De inzichten van VNK2 maken het mogelijk bewuster te beschermen en slimmer te investeren. Het wordt mogelijk gericht te investeren in de zwakste en/of risicobepalende onderdelen van waterkeringen. Op deze manier kan de kans op schade en slachtoffers door een overstroming zo efficiënt mogelijk worden verkleind.

VNK2-resultaten kunnen concreet worden gebruikt om:

- de doelmatigheid en kosteneffectiviteit van het nieuwe Hoogwaterbeschermingsprogramma (nHWBP) te verbeteren en bij de programmering rekening te houden met de kosten en baten van versterkingen;
- maatregelen in het kader van meerlaagsveiligheid onderling te beschouwen en af te wegen;
- de onderbouwing voor mogelijk nieuwe wettelijke veiligheidsnormen voor waterkeringen te leveren;
- toetsmethoden voor primaire waterkeringen te verbeteren en onderzoeksinspanningen beter te richten.

INLEIDING

1.1 VNK2 in het kort

In 2006 is het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK2) van start gegaan. Het primaire doel van VNK2 is het overstromingsrisico voor 55 dijkkringgebieden en 3 Maaskaden in beeld te brengen. Het project VNK2 is daarmee een onderdeel van een langjarig proces om een veiligheidsbenadering op grond van overstromingsrisico's mogelijk te maken. De basis hiervoor is gelegd door het werk van de eerste Deltacommissie die na de watersnoodramp van 1953 al uitging van een risicobenadering. Overstromingskansen en overstromingsrisico's konden destijds nog niet goed worden berekend. Inmiddels is daar verandering in gekomen. Met het toepassen van een innovatieve methode maakt het project VNK2 werk van de risicobenadering.

VNK2 is een initiatief van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Unie van Waterschappen en het Interprovinciaal Overleg. Rijkswaterstaat Waterdienst voert het project uit, in nauwe samenwerking met de waterkeringbeheerders, provincies, kennisinstituten en ingenieursbureaus. De samenwerking tussen deze partijen is essentieel om tot een hoogwaardig eindresultaat te komen.

Aanpak en resultaat

VNK2 stelt samenhangende analyses op van de kansen op en de mogelijke gevolgen van een overstroming. De dreiging die uitgaat van hoogwater, de sterkte en hoogte van de waterkeringen en de kansen op dijkdoorbraken verschillen per dijkkring. De mogelijke gevolgen van een overstroming zijn van veel gebiedsspecifieke factoren afhankelijk, zoals de inrichting van het gebied, de maaiveldligging en de bevolkingsdichtheid. VNK2 houdt met al deze aspecten rekening bij het berekenen van overstromingsrisico's. De resultaten van de risicoanalyses kunnen vervolgens op verschillende detailniveaus worden

gepresenteerd. Het vereiste detailniveau is afhankelijk van de toepassing: soms volstaan grove inschattingen of kentallen, maar soms ook niet.

Het project VNK2 geeft beheerders en provincies inzicht in de factoren die de hoogwaterveiligheid in hun gebied beïnvloeden. Het berekenen van overstromingskansen vergt een nieuwe manier van kijken en is niet altijd eenvoudig. Daarom wordt in VNK2 veel aandacht besteed aan het ontwikkelen en uitwisselen van 'best practices'. Het gaat daarbij vooral om de vraag hoe ruwe gegevens het beste kunnen worden omgezet in goede statistische beschrijvingen van de sterkte-eigenschappen van waterkeringen. De 'best practices' worden vastgelegd in handleidingen en ingebracht in andere onderzoeksprojecten. VNK2 heeft ook gezorgd voor de totstandkoming van samenwerkingsverbanden van deskundigen, beheerders en beleidsmakers op zowel regionaal als nationaal niveau.

Rol van VNK2 in het Nederlandse waterveiligheidsbeleid

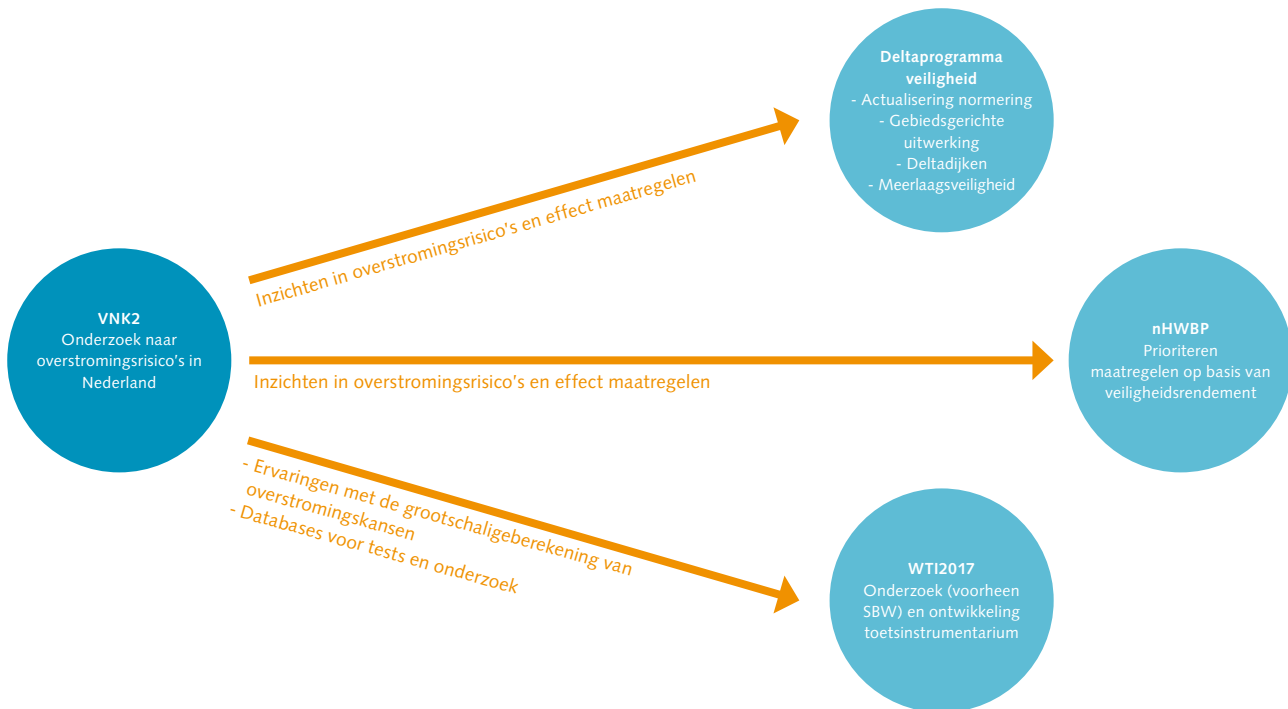
Gelet op het belang van waterveiligheid voor Nederland is het niet verwonderlijk dat in Nederland op diverse fronten onderzoek wordt gedaan en beleid wordt ontwikkeld. De belangrijkste relaties tussen VNK2 en andere lopende programma's zijn weergegeven in figuur 1.

De resultaten van VNK2 zijn vooral van belang voor:

- nHWBP: VNK2 levert een bijdrage aan het prioriteren van maatregelen door inzicht te geven in het veiligheidsrendement van maatregelen.
- WT12017 (Wettelijk Toetsinstrumentarium): VNK2 geeft inzicht in het belang van faalmechanismen, onzekerheden, etc. en draagt bij aan de ontwikkeling van het toets- en ontwerpinstrumentarium op basis van overstromingskansen.

- Deltaprogramma veiligheid: VNK2 ondersteunt de discussie over actualisering van de normering door informatie te verschaffen over schade- en slachtoffer risico's. Daarnaast kan VNK2 in de gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma bijdragen aan de gebiedsgerichte uitwerking van maatregelen en strategieën om overstromingsrisico's te beheersen. Ook kan VNK2 inzicht verschaffen in de effectiviteit van specifieke strategieën, zoals deltadijken en meerlaagsveiligheid.

Daarnaast bouwt het project VNK2 essentiële kennis en ervaring op over het op grote schaal uitvoeren van risicoberekeningen. Een neveneffect van VNK2 is dat het beheerders, provincies, ingenieursbureaus, beleidsmakers en andere stakeholders vertrouwd maakt met de werking en potentie van een op risicoanalyse gebaseerd beleid. Met deze risicobenadering wordt het mogelijk om Nederland nog gericht en doelmatiger te beschermen tegen overstromingen.



Figuur 1. Relaties tussen VNK2 en andere waterveiligheidsprogramma's

Gefaseerde uitvoering

De uitvoering van het project VNK2 vindt plaats in de periode 2006-2014. In een eerste fase van het project VNK2 is een systeemtoets uitgevoerd, waarbij vooral is gewerkt aan verbetering van het instrumentarium. Het vervolg van VNK2 is in een aantal uitvoeringsfasen verdeeld, waarbij steeds 6 tot 10 dijkringen werden geanalyseerd. Figuur 2 geeft per fase een overzicht van de dijkringen die VNK2 beschouwt.

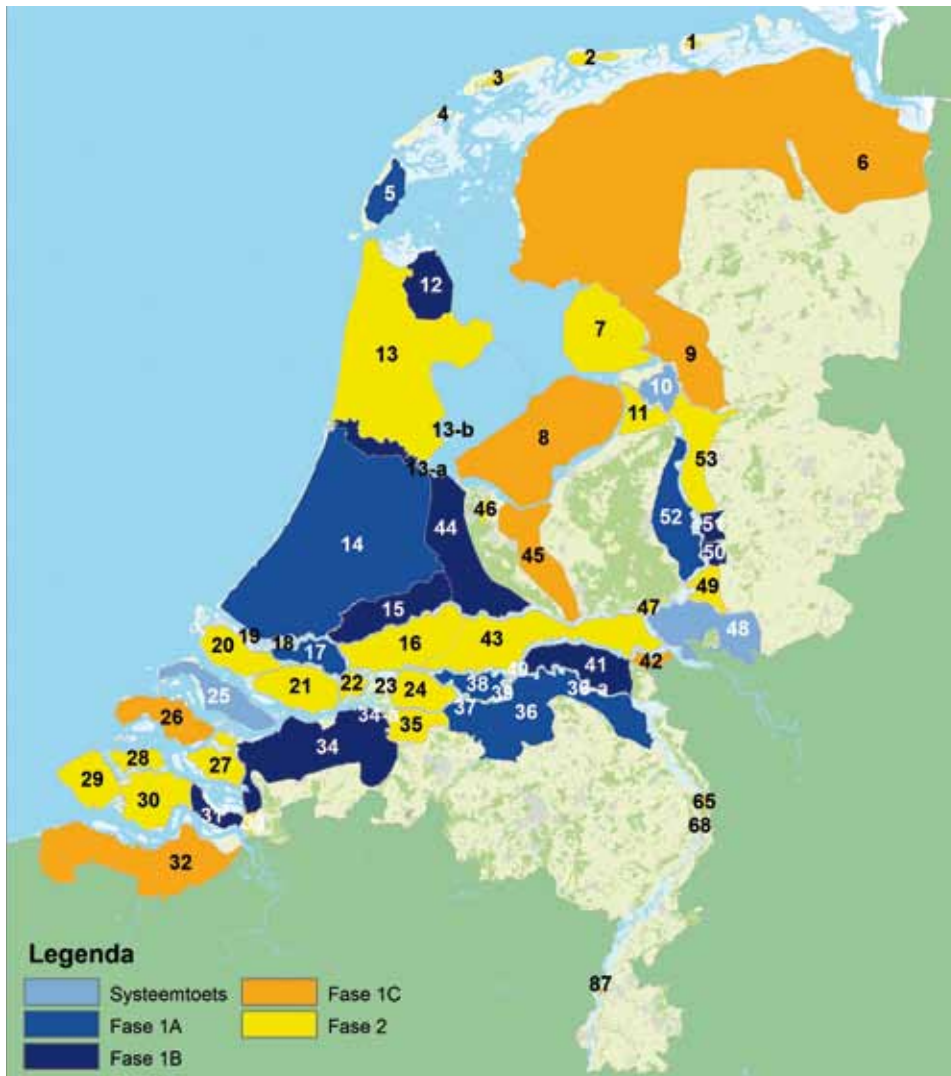
Tot op heden zijn voor de volgende dijkringen risicoanalyses uitgevoerd:

- Systeemtoets (2006-2009):
 - Dijkkring 10 - Mastenbroek
 - Dijkkring 25 - Goeree Overflakkee
 - Dijkkring 48 - Rijn en IJssel
- Uitvoeringsfase 1a (2010):
 - Dijkkring 5 - Texel
 - Dijkkring 14 - Zuid-Holland
 - Dijkkring 17 - IJsselmonde
 - Dijkkring 36 - Land van Heusden/de Maaskant
 - Dijkkring 38 - Bommelerwaard
 - Dijkkring 52 - Oost Veluwe
- Uitvoeringsfase 1b (2011):
 - Dijkkring 12 - Wieringen
 - Dijkkring 15 - Lopiker- en Krimpenerwaard
 - Dijkkring 31 - Zuid-Beveland (oost)
 - Dijkkring 34 - West-Brabant
 - Dijkkring 41 - Land van Maas en Waal
 - Dijkkring 44 - Kromme Rijn
 - Dijkkring 50 - Zutphen
 - Dijkkring 51 - Gorssel

1.2 Deze publicatie

Deze publicatie geeft een overzicht van de resultaten van alle geanalyseerde dijkringen in de uitvoeringsfasen 1a en 1b. Het is primair geschreven voor beleidsmakers, deskundigen en technisch-inhoudelijk geïnteresseerden op het gebied van waterveiligheid.

De publicatie behandelt een aantal onderwerpen. Hoofdstuk 2 gaat kort in op de risicobenadering. Daarna komt in hoofdstuk 3 algemene informatie op dijkkringniveau aan de orde. Meer gedetailleerde, gebiedsspecifieke informatie is opgenomen in de afzonderlijke dijkkringrapporten van VNK2. Hoofdstuk 4 beschrijft het belang van de verschillende faalmechanismen. Hoofdstuk 5 gaat in op de toepassingsmogelijkheden van de kennis en inzichten die zijn opgedaan in VNK2.



Figuur 2. Overzicht van dijkringen per uitvoeringsfase van VNK2

2

RISICOBENADERING

Het overstromingsrisico kan worden bepaald door de kansen op alle mogelijke overstromingsscenario's in een dijkkringgebied te combineren met de gevolgen van deze scenario's. Daartoe berekent VNK2 eerst per onderdeel van een dijkkring (dijkvak, duinvak of kunstwerk) wat de kans is op een doorbraak. Deze kansen worden vervolgens gecombineerd met de gevolgen die optreden als de waterkering bezwijkt. Het overstromingsrisico kan worden uitgedrukt in termen van economisch risico en slachtofferrisico.

Economisch risico

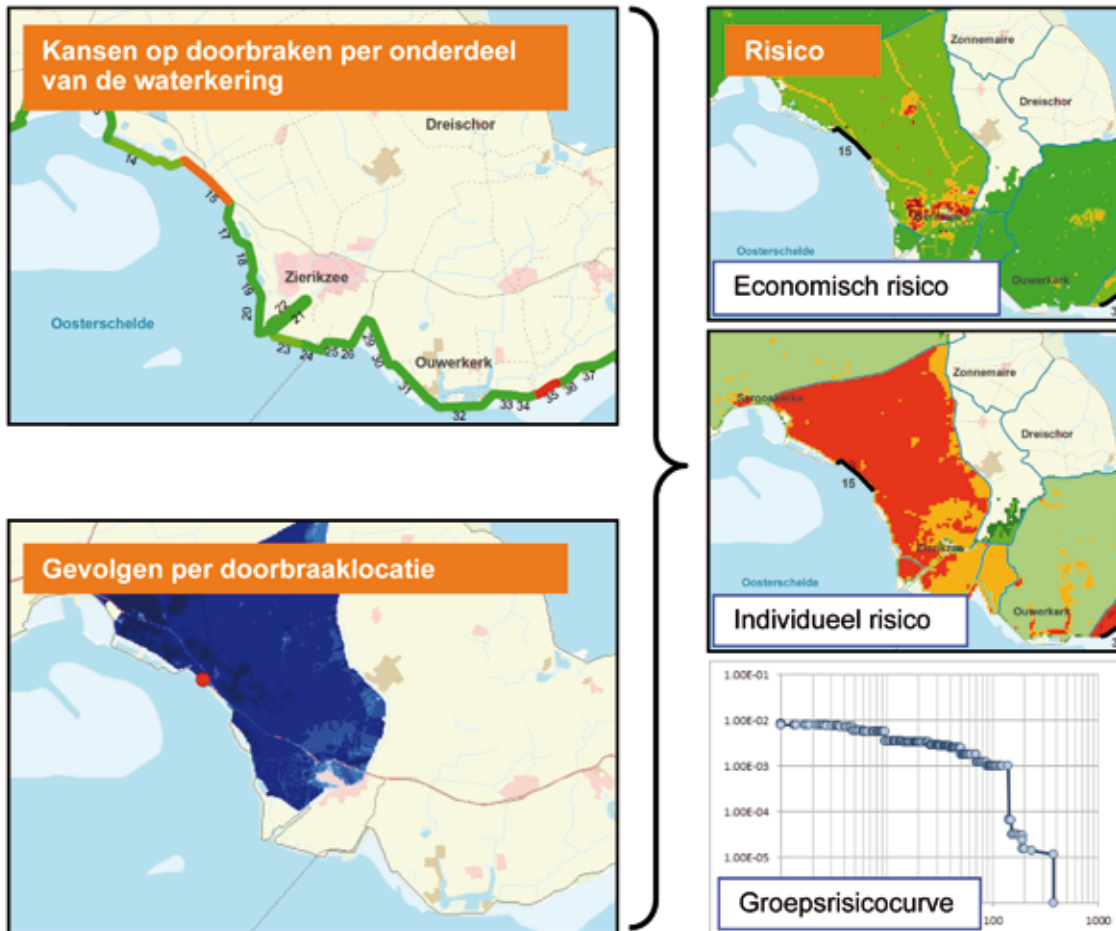
Het economisch risico wordt uitgedrukt in de verwachtingswaarde van de jaarlijks optredende economische schade. De verwachtingswaarde wordt berekend door de potentiële schades (die per overstromingsscenario anders kunnen zijn) met hun kansen van voorkomen te wegen en vervolgens op te tellen.

Lokaal Individueel Risico

Het Lokaal Individueel Risico (LIR) is een risicomaat waarmee een ruimtelijk beeld kan worden gegeven van het slachtofferrisico in een dijkkringgebied. Het LIR beschrijft de jaarlijkse kans dat een persoon op een bepaalde locatie binnen een dijkkring het slachtoffer wordt van een overstroming. Bij de bepaling van het LIR wordt rekening gehouden met de mogelijkheden van preventieve evacuatie. Dat leidt tot een verkleining van de kans dat een persoon door een overstroming wordt getroffen. Het is van belang te beseffen dat een LIR-kaart per locatie de kans laat zien dat iemand het slachtoffer wordt van een overstroming als daar ook daadwerkelijk iemand zou verblijven tot het moment van overstroming of evacuatie. De hoogte van het LIR is zodoende onafhankelijk van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen. Ook voor onbewoond gebied kan het LIR dus groter zijn dan nul.

Groepsrisico

Het groepsrisico geeft een beeld van de kansen op rampen die de maatschappij ernstig zouden ontwrichten. Het groepsrisico wordt bepaald door de kans op grote aantallen slachtoffers, bijvoorbeeld ten minste 10, 100, 1.000 of 10.000 slachtoffers.



Figuur 3. Schematische weergave van de berekening van het overstromingsrisico in VNK2. Voor een gedetailleerdere beschrijving van de methode en de risicomaten wordt verwezen naar de publicatie 'De methode van VNK2 nader verklaard'

OVERSTROMINGSRISICO'S OP DIJKRINGNIVEAU

De resultaten van VNK2 geven een nieuw beeld van de huidige waterveiligheid. Het project VNK2 kan op verschillende detailniveaus informatie verschaffen over overstromingsrisico's. Dat kan van heel globaal tot zeer gedetailleerd. Welk detailniveau nodig is, is afhankelijk van de vraag die moet worden beantwoord. In dit hoofdstuk worden de gegevens op drie detailniveaus gepresenteerd: eerst op een globaal niveau in termen van kansen en gevolgen per dijkkring, en vervolgens meer gedetailleerd aan de hand van een getalsmatig beeld en ook aan de hand van een ruimtelijk beeld.

3.1 Kansen en gevolgen

Een globaal beeld van de kansen op en gevolgen van overstromingen voor alle beschouwde dijkkringgebieden is opgenomen in Figuur 4. De combinatie van kansen en gevolgen geeft aan hoe groot het overstromingsrisico is: hoe groter de kans en hoe groter het gevolg, des te groter het risico. De dijkkringen rechts boven in de figuur, (dijkkring 15 en 31) hebben dus het grootste overstromingsrisico.

3.2 Een gedetailleerd getalsmatig beeld

Figuur 4 geeft een indruk van de onderlinge verschillen in overstromingsrisico van de dijkkringen. Toch kan er eigenlijk niet goed worden gesproken over 'de' overstromingskans van een dijkkringgebied en 'de' gevolgen van een overstroming. Voor een goed begrip van de kansen en risico's van overstromingen is het nodig om in meer detail te kijken naar de kansen op en de gevolgen van dijkdoorbraken in de verschillende dijkkringen. De gegevens die hiervoor zijn gepresenteerd zijn gebaseerd op een groot aantal berekeningen per dijkkring. Tabel 1 (zie pagina 16) geeft een overzicht van een aantal van deze berekeningsresultaten, namelijk:

1. De kans op een overstroming in de dijkkring;

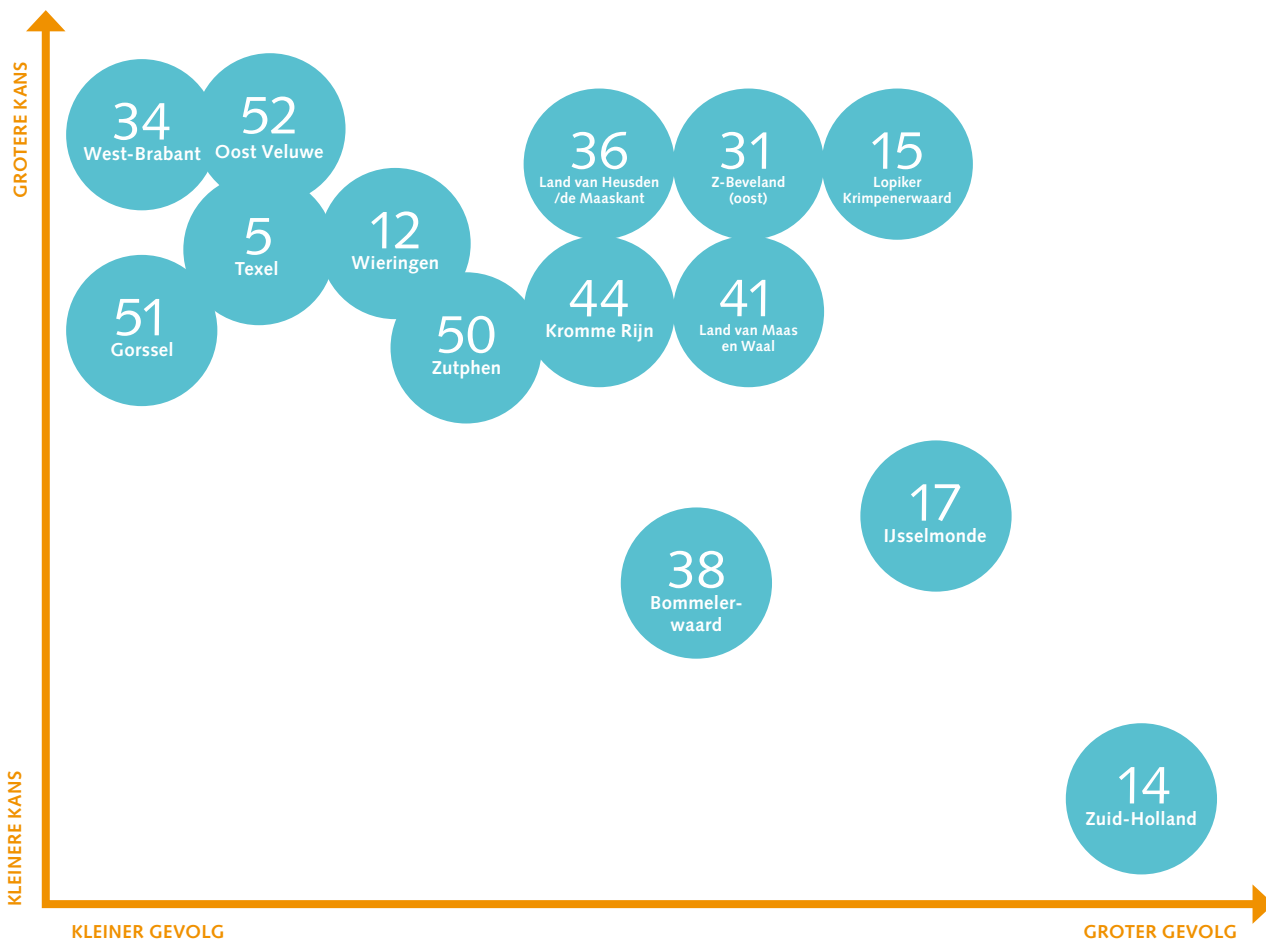
2. De economische schade en het economisch risico;
3. Het aantal slachtoffers;
4. De kansen op grote slachtofferaantallen.

1. De kans op een overstroming in een dijkkring

De overstromingskans van een dijkkring als geheel is de jaarlijkse kans dat ergens in de dijkkring een waterkering bezwijkt en daardoor een overstroming optreedt. Tabel 1 geeft de overstromingskans voor zowel de huidige situatie als voor een situatie waarin de 10 zwakste plekken in de waterkering zijn versterkt.

De berekeningen laten zien dat vijf dijkkringen een totale overstromingskans hebben die groter is dan 1/100 per jaar. Hierbij is geen rekening gehouden met de eventuele invloed van noodmaatregelen. Noodmaatregelen kunnen een relatief grote invloed hebben op de daadwerkelijke overstromingskans. De omstandigheden waaronder de noodmaatregelen moeten worden getroffen, zijn dan namelijk nog niet heel extreem. Er worden in Nederland vrij regelmatig zandzakken rond wellen gelegd om de uitstroming van zand uit de fundering van de dijken (piping) te stoppen. Bij berekende overstromingskansen van 1/1.000 per jaar of kleiner, wordt het echter twijfelachtig of er nog veel van noodmaatregelen verwacht mag worden. De maatregelen moeten dan worden getroffen in situaties die (ver) buiten het ervaringsgebied liggen. Ter illustratie: de Nederlandse waterkeringen in het bovenrivierengebied zouden waterstanden met overschrijdingskansen van 1/1.250 per jaar veilig moeten kunnen keren. Dergelijke waterstanden zijn nog nooit voorgekomen.

Dijkkring Zuid-Holland (dijkkring 14) heeft de kleinste berekende overstromingskans, namelijk 1/16.000 per jaar. Slechts enkele



Figuur 4. Overstromingskansen en gevolgen per dijkkring

Op de horizontale as staat een indicatie van de gevolgen op grond van het gemiddelde aantal slachtoffers bij een overstroming in het dijkkringgebied

andere dijkringen hebben een kans kleiner dan 1/1.000 per jaar. Voor de overige dijkringen is de kans groter dan 1/300 per jaar. De kleine overstromingskans die voor Zuid-Holland is berekend, is uitsluitend gebaseerd op de faalkansen van de keringen langs kust en de Nieuwe Maas (de categorie a-keringen). In Zuid-Holland zijn ook overstromingen mogelijk door het falen van categorie c-keringen, al dan niet als gevolg van het optreden van een overstroming in een aangrenzende dijkkring (systeemwerking). Meer informatie hierover is opgenomen in bijlage 1.

Er zijn aanzienlijke verschillen in de effecten van het elimineren van de 10 grootste bijdragen aan de overstromingskans door het treffen van maatregelen. Bij dijkkring Wieringen (dijkkring 12) is dit effect zeer groot (meer dan een factor 100). Dit duidt op de aanwezigheid van een beperkt aantal relatief zwakke plekken. Bij een aantal andere dijkringen treden verbeteringen op met een factor in de orde van grootte van 10, zoals de dijkringen Zuid-Beveland (oost) (dijkkring 31) Kromme Rijn (dijkkring 44) en Gorssel (dijkkring 51). Maar er zijn ook dijkringen waarbij de verbetering slechts een factor 3 bedraagt, zoals de dijkringen Land van Maas en Waal (dijkkring 41) Lopiker- en Krimpenerwaard (dijkkring 15) en West-Brabant (dijkkring 34). Als de sterkte van de dijken vrij uniform is of als er relatief veel zwakke plekken zijn, moet er een relatief groot aantal maatregelen getroffen worden om de overstromingskans met bijvoorbeeld een factor 10 te verkleinen.

2. De economische schade en het economisch risico

De minimale en de maximale economische schade betreft de schade die optreedt bij respectievelijk het lichtste en het zwaarste overstromingsscenario dat in beschouwing is genomen. De verwachtingswaarde van de economische

schade wordt berekend door de schades voor de mogelijke overstromingsscenario's eerst te wegen met de kansen op deze scenario's en ze vervolgens op te tellen. De gemiddelde schade bij een overstroming is de schade die gemiddeld genomen optreedt als er sprake is van een overstroming. Dit 'gemiddelde' kan worden bepaald door de verwachtingswaarde van de economische schade te delen door de overstromingskans. Het verschil tussen de minimale en de maximale economische schade wordt onder andere bepaald door de wijze waarop een dijkkringgebied volstroomt. Dit verschil is het kleinst voor de dijkringen die vrijwel geheel volstromen. Dit is bijvoorbeeld te zien bij de Bommelerwaard (dijkkring 38) en de Lopiker- en Krimpenerwaard (dijkkring 15). Paragraaf 3.3 geeft meer informatie over de verschillende manieren waarop dijkringen kunnen volstromen. Vijf dijkringen springen eruit met een relatief hoge verwachtingswaarde van de schade. Deze dijkringen (15, 31, 36, 41 en 44) kennen ook een relatief hoge waarde voor de overstromingskans. Bij dijkkring 15 en 36 blijft, ook na 10 verbeteringen, de overstromingskans en het overstromingsrisico relatief groot.

3. Het aantal slachtoffers

Het aantal slachtoffers wordt bepaald door de omvang van de bevolking in het overstromde gebied, de mogelijkheden voor evacuatie en de kenmerken van de overstroming (zoals waterdiepte, stijgsnelheid, stroomsnelheid). Op soortgelijke wijze als voor de economische schade kan zowel een verwachtingswaarde worden bepaald, als een gemiddelde in geval van een overstroming en een minimaal en maximaal aantal slachtoffers. Het gemiddeld aantal slachtoffers in geval van een overstroming is veruit het grootst in het dichtbevolkte Zuid-Holland (dijkkring 14). Maar door de zeer kleine kans op een overstroming is de verwachtingswaarde van het aantal

slachtoffers daar toch tamelijk beperkt. De dijkkringen 15 en 31 kennen een relatief hoge verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers.

4. De kansen op grote aantallen slachtoffers

De kans op grote aantallen slachtoffers wordt uitgedrukt in het groepsrisico. Het groepsrisico geeft een beeld van de kansen op rampen die de maatschappij ernstig zouden ontwrichten. Per dijkkring zijn de kansen berekend dat er ten minste 10, 100, 1.000 of 10.000 slachtoffers vallen. Alleen in gebieden met een grote bevolkingsomvang bestaat een reële kans dat meer dan 1.000 slachtoffers vallen. Dit speelt alleen in het dichtbevolkte Zuid-Holland (dijkkring 14). De kans dat hier meer dan 10.000 slachtoffers vallen is echter heel klein. In een aantal dijkkringen is het aantal personen dat is blootgesteld aan het overstromingsrisico zo klein dat de kans op ten minste 100 slachtoffers verwaarloosbaar klein is. Dit betreft Texel (dijkkring 5), West-Brabant (dijkkring 34), Gorssel (dijkkring 51) en Oost-Veluwe (dijkkring 52). In dijkkring 15 en 31 is de kans op ten minste (10, 100, 1.000) slachtoffers het grootst.

3.3 Een gedetailleerd ruimtelijk beeld

Tabel 1 (zie pagina 16) geeft een gedetailleerde, cijfermatige toelichting op het globale beeld van de kansen op en gevolgen van overstromingen voor alle beschouwde dijkkringgebieden dat is opgenomen in Figuur 4. Toch kan er eigenlijk niet goed worden gesproken over 'de' overstromingskans van een dijkkringgebied en 'de' gevolgen van een overstroming. Binnen een dijkkringgebied kunnen zich namelijk zeer veel verschillende soorten overstromingen voordoen, elk met een eigen kans. Het hierdoor getroffen gebied, de overstromingsdiepte en het overstromingsverloop zijn sterk afhankelijk van de breslocatie(s). De gevolgen van overstromingen worden

bovendien beïnvloed door de inrichting van het dijkkringgebied, zoals de aard en omvang van de aanwezige economische bedrijvigheid en de aanwezigheid van infrastructuur en bebouwing. Voor een goed begrip van de kansen en risico's van overstromingen is het daarom nodig om in meer detail te kijken naar de kansen op en de gevolgen van dijkdoorbraken op verschillende locaties. Voor een juiste interpretatie van de risico's, en zeker van de mogelijkheden om de risico's doelmatig te verkleinen, moet dus verder worden gekeken dan naar kentallen alleen.

VNK2 kan een gedetailleerd, ruimtelijk beeld geven van het overstromingsrisico. Hoe dat ruimtelijke beeld eruit ziet, hangt sterk af van het overstromingsgedrag en de kansen op dijkdoorbraken in de verschillende delen van de dijkkring. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van het LIR, de risicomaat die de kans van individuele blootstellingen inzichtelijk maakt.

Overstromingsgedrag

Met het overstromingsgedrag wordt bedoeld op de wijze waarop een dijkkringgebied volstroomt als ergens een dijkdoorbraak plaatsvindt. Er zijn op hoofdlijnen drie verschillende typen overstromingsgedrag te onderscheiden: 'badkuip', 'hellend vlak' en 'variabel'.

Een 'badkuip' zal, onafhankelijk van de breslocatie, altijd vrijwel geheel volstromen. Dit is onder meer aan de orde in de Bommelerwaard (dijkkring 38). De aard, omvang en de gevolgen van een overstroming zijn hier nauwelijks afhankelijk van de plaats waar de dijk doorbreekt.

Bij dijkkringgebieden die langs een rivier zijn gelegen, is vaak sprake van een 'hellend vlak': de hoogteligging van het maai-veld neemt dan geleidelijk af in de stroomrichting van de rivier.

FASE	DIJKRING		OVERSTROMINGSKANS* (KANS PER JAAR)		ECONOMISCH RISICO EN SCHADE			
	NR	NAAM	HUIDIGE SITUATIE	NA 10 MAATREGELEN	VER- WACHTING- WAARDE (M€/JAAR)	GEMIDDELD PER OVER- STROMING (M€)	MINIMAAL** (M€)	MAXIMAAL** (M€)
1a	5	Texel	1/130	1/1.300	0.5	60	50	500
1a	14	Zuid-Holland	1/16.000	1/110.000	0.3	5.000	1.000	30.000
1a	17	IJsselmonde	1/1.000	1/3.800	1	1.000	30	7.000
1a	36	Land van Heusden/ Maaskant	> 1/100	1/270	30	2.300	500	16.000
1a	38	Bommelerwaard	1/1.200	1/1.700	5	5.500	1.200	6.000
1a	52	Oost-Veluwe	> 1/100	1/400	10	330	30	750
1b	12	Wieringen	1/110	1/13.000	4	400	40	2.750
1b	15	Lopiker- en Krimpener- waard	> 1/100	1/350	75	3.200	2.400	11.000
1b	31	Zuid-Beveland (oost)	> 1/100	1/1.000	38	610	90	2.250
1b	34	West-Brabant	> 1/100	1/310	1	60	5	560
1b	41	Land van Maas en Waal	1/290	1/880	21	6.200	500	9.100
1b	44	Krommerijn	1/140	1/1.800	25	3.500	40	11.700
1b	50	Zutphen	1/260	1/1.500	3	810	1	1.800
1b	51	Gorssel	1/270	1/2.500	0.2	60	20	230

* De overstromingskans heeft betrekking op de huidige situatie. Alleen als dijkversterkingen besteksgereed waren, is van de versterkte situatie uitgegaan.

** De minimale en maximale waarden zijn de resultaten die horen bij respectievelijk het lichtste en zwaarste overstromingsscenario die in VNK2 zijn beschouwd in de risicoberekeningenversterkte situatie uitgegaan.

Tabel 1. Berekende kansen, gevolgen en risico's per dijkkring

AANTAL SLACHTOFFERS				GROEPSRISICO: KANS OP TENMINSTE N SLACHTOFFERS (KANS PER JAAR)			
VERWACH- TINGSWAARDE (# PER JAAR)	GEMIDDELD PER OVER- STROMING	MINIMAAL*	MAXIMAAL*	N = 10	N = 100	N = 1.000	N = 10.000
0.01	5	0	35	1/50.000	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein
0.1	1.500	10	30.000	1/16.000	1/20.000	1/60.000	1/900.000
0.2	240	1	3.500	1/1.500	1/7.000	1/60.000	Verwaarloosbaar klein
0.6	45	0	750	1/140	1/600	1/300.000	Verwaarloosbaar klein
0.1	120	24	630	1/1.200	1/8.000	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein
0.1	6	0	50	1/430	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein
0.1	10	0	185	1/700	1/3.300	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein
5	230	59	2.700	> 1/100	> 1/100	1/7.000	Verwaarloosbaar klein
10	160	3	2.250	> 1/100	> 1/100	1/1.800	Verwaarloosbaar klein
0.02	1	0	30	1/3.000	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein
0.5	145	0	1.145	1/320	1/720	1/36.000	Verwaarloosbaar klein
0.4	55	0	780	1/300	1/1.000	1/10.000	Verwaarloosbaar klein
0.08	21	0	210	1/500	1/5.000	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein
0.002	1 <	0	10	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein	Verwaarloosbaar klein

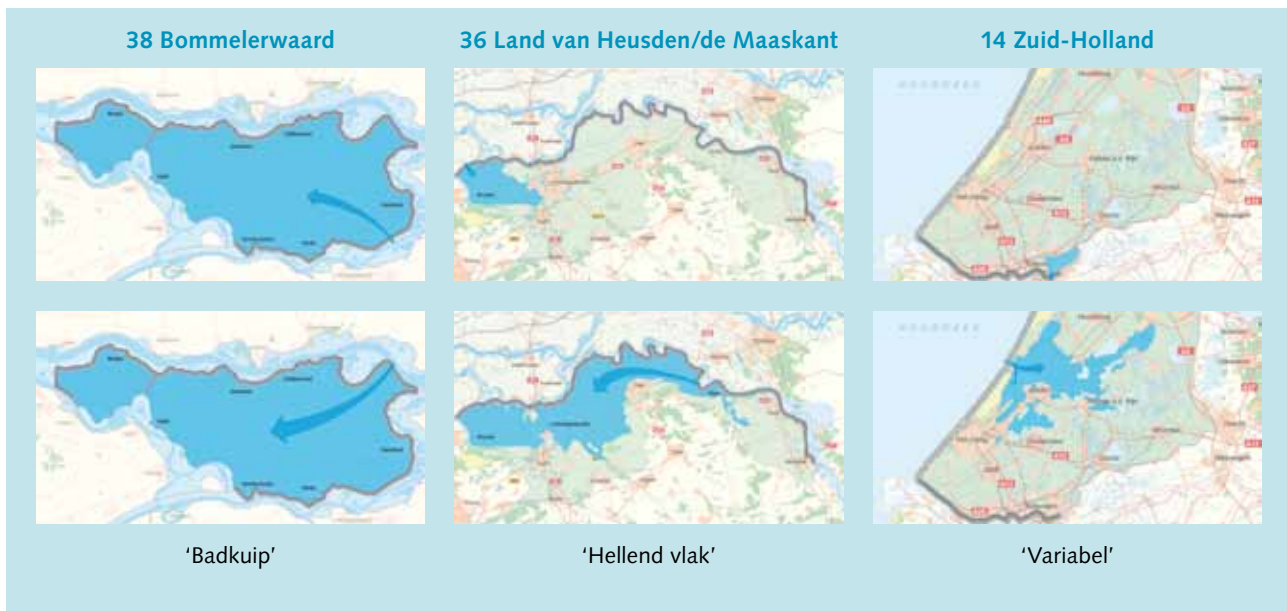
De aard, omvang en gevolgen van de optredende overstroming zijn dan afhankelijk van de ligging van de breslocatie meer stroomop- of stroomafwaarts. Een voorbeeld hiervan is het Land van Heusden/de Maaskant (dijkkring 36).

Er zijn ook dijkkringgebieden met een 'variabel' overstromingsgedrag, waar zeer uiteenlopende overstromingen kunnen optreden, afhankelijk van de breslocatie. Dit is bijvoorbeeld aan de orde in Zuid-Holland (dijkkring 14). Figuur 5 geeft een

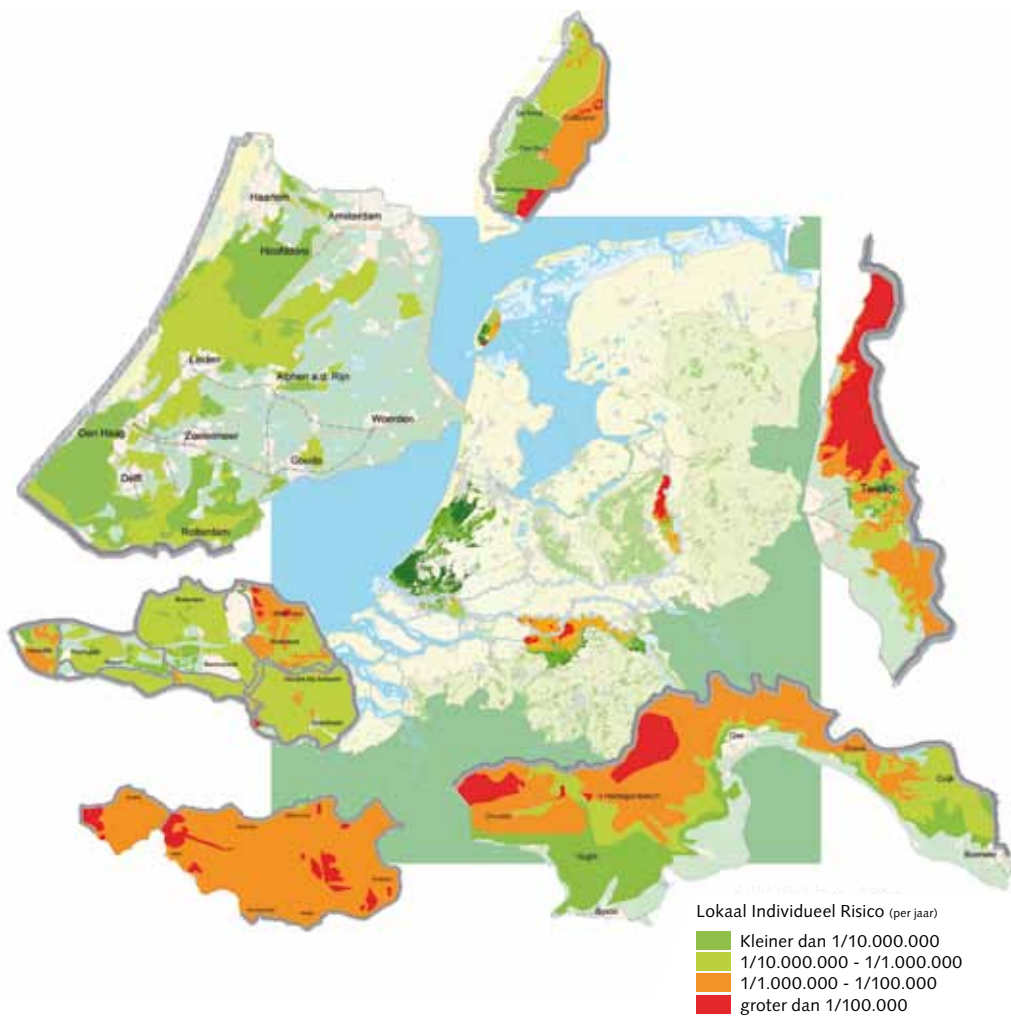
ruimtelijk beeld van de drie typen overstromingsgedrag.

LIR

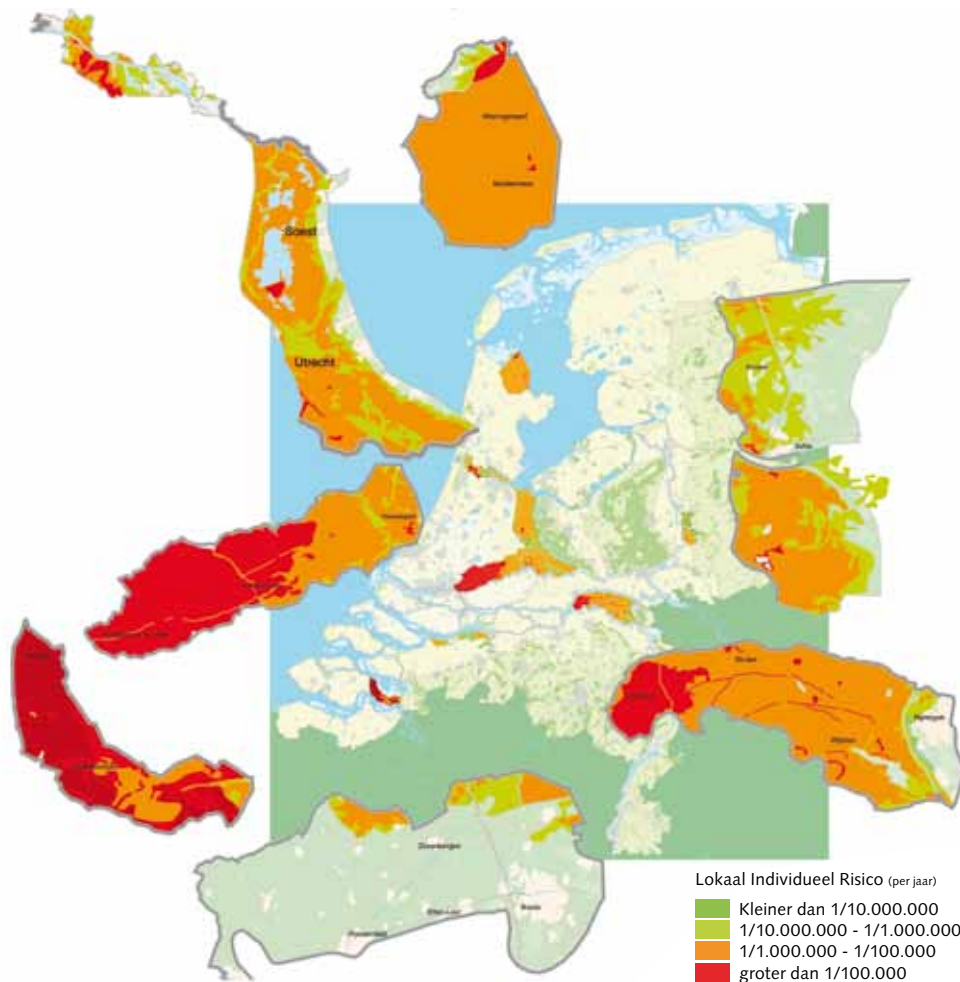
Figuren 5 en 6 geven een overzicht van het LIR voor de tot nu toe geanalyseerde dijkkringgebieden. De (donker)groene kleur geeft aan dat een gebied relatief weinig risicovol is. Gaande van oranje naar rood neemt het LIR toe. De donkerrode gebieden zijn het meest risicovol.



Figuur 5. Overstromingsgedrag van dijkkringgebieden



Figuur 6. Lokaal Individueel Risico van de dijkkringgebieden 5 (Texel), 14 (Zuid-Holland), 17 (IJsselmonde), 36 (Land van Heusden/de Maaskant), 38 (Bommelerwaard) en 52 (Oost Veluwe)



Figuur 7. Lokaal Individueel Risico van de dijkringgebieden 12 (Wieringen), 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard), 31 (Zuid-Beveland), 34 (West-Brabant), 41(Land van Maas en Waal), 44 (Kromme Rijn), 50 (Zutphen) en 51 (Gorssel)

De figuren 6 en 7 laten zien dat er grote verschillen bestaan in de berekende LIR-waarden, zowel binnen als tussen dijkkringsgebieden. Vrij kleine waarden worden bijvoorbeeld gevonden in de dijkkringen Zuid-Holland (dijkkring 14), IJsselmonde (dijkkring 17) en Gorssel (dijkkring 51). Relatief hoge LIR-waarden worden gevonden in de dijkkringen Lopiker- en Krimpenerwaard (dijkkring 15) en Zuid-Beveland (oost) (dijkkring 31).

De variatie in het LIR is sterk afhankelijk van het overstromingsgedrag. De Bommelwaard (dijkkring 38) gedraagt zich als een 'badkuip'. Dit leidt tot een gelijkmatige verdeling van het LIR. Dit geldt ook voor verreweg het grootste deel van dijkkring Wieringen (dijkkring 12). Het Land van Heusden/de Maaskant (dijkkring 36) is een 'hellend vlak': hierdoor neemt het LIR in stroomafwaartse richting toe. Dit gedrag is ook te zien in het Land van Maas en Waal (dijkkring 41). Voor de overige dijkkringsgebieden geldt een meer variabel overstromingsgedrag. Het LIR is daar ook meer variabel.

Relatief hoge LIR-waarden zijn dikwijls het gevolg van enkele zwakke plekken in de waterkering, waardoor de kans relatief groot is dat een bepaald gebied door een overstroming wordt getroffen. Zo wordt het relatief hoge LIR in Zuid-Beveland (oost) (dijkkring 31) veroorzaakt door de relatief grote kans op een dijkdoorbraak langs het Kanaal door Zuid-Beveland door opbarsten en piping. Daarnaast worden in 'hellend vlak'-dijkkringen in het benedenstroomse deel van een dijkkringsgebied, relatief hoge LIR-waarden gevonden.

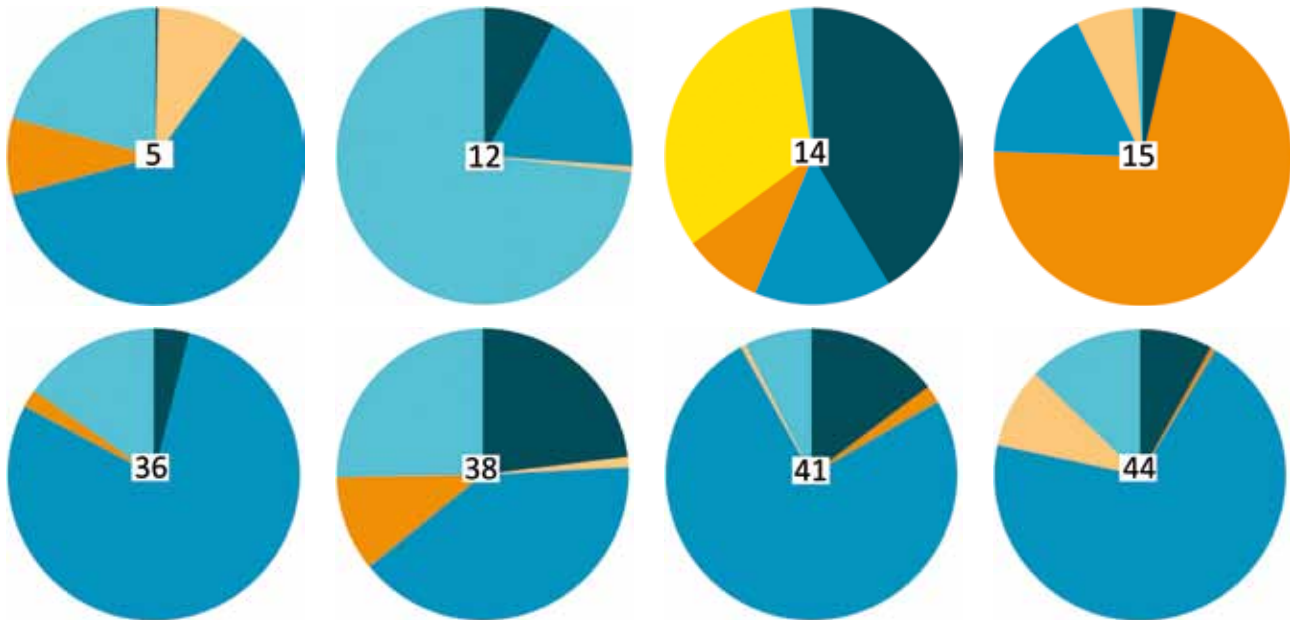
HET BELANG VAN DE VERSCHILLENDE FAALMECHANISMEN

4.1 Dominante faalmechanismen

Een waterkering kan door verschillende faalmechanismen bezwijken. Zo kan een dijk falen door golfoverslag, door een afschuiving van het binnentalud of door 'ondermijning' ten gevolge van piping. Door faalmechanismen zoals piping kan een dijk al falen voordat het water over de kruin slaat. Door VNK2 kan worden berekend wat de kans is dat een waterkering door een bepaalde oorzaak bezwijkt. Deze berekeningen laten zien dat de dijken in het algemeen eerder te smal dan te laag zijn. Er bestaan soms grote verschillen tussen de dijkeringen.

Figuur 8 laat de bijdrage van verschillende faalmechanismen

aan het bezwijken van de dijk zien. Hieruit wordt duidelijk dat opbarsten en piping een belangrijk faalmechanisme is; dit faalmechanisme levert vaak een grote bijdrage aan de kans op een overstroming. Dit kan voor een groot deel worden verklaard door het lengte-effect (dit is het verschijnsel dat de faalkans van een waterkering toeneemt met de lengte. Dit is het gevolg van het feit dat de kans dat zich ergens een zwakke plek bevindt groter wordt als er een grotere lengte wordt beschouwd), dat in de oude toets- en ontwerpregels niet duidelijk tot uitdrukking komt. Daardoor zijn de dijken vaak relatief smal ontworpen. Dit inzicht vormde aanleiding voor een aanvullend onderzoek



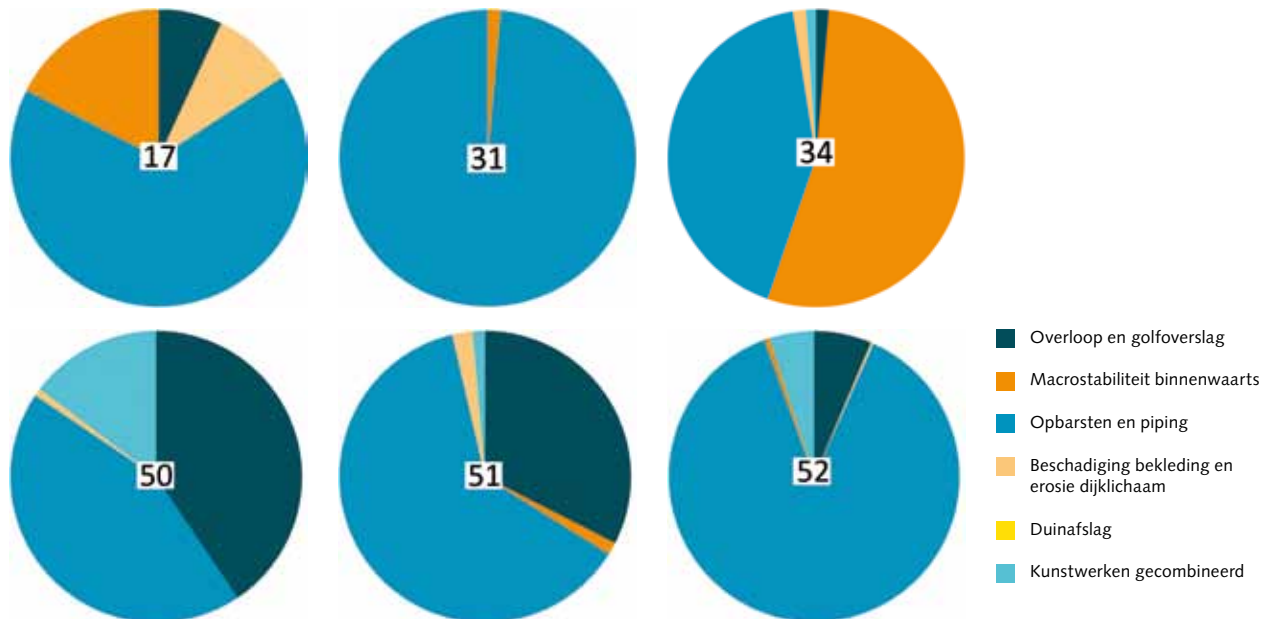
Figuur 8. De bijdrage van faalmechanismen voor de verschillende dijkeringen

door het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) dat heeft geresulteerd in het rapport "Piping, realiteit of rekenfout?". In het onderzoek is het belang van het mechanisme opbarsten en piping onderzocht en bevestigd. In dit licht worden naar verwachting ook de berekeningsmethoden betreffende dit faalmechanisme verder aangescherpt.

De figuur laat ook zien dat de kans op een overstroming door afschuiving van een binnentalud vaak relatief klein is. Er zijn ook enkele uitzonderingen. Het gaat in die gevallen om dijkringen waarin de dijken op enkele plaatsen een relatief

steil binnentalud hebben.

Het faalmechanisme beschadiging bekleding en erosie dijklichaam is voor de thans beschouwde dijkringen het minst van belang gebleken. Voor de meeste dijkringen is de bijdrage van dit faalmechanisme aan de overstromingskans zeer klein. Voor geen enkele dijkring is het aandeel groter dan ca. 15%. Dit komt mede omdat in VNK2 niet alleen wordt gekeken naar de kans dat een bekleding beschadigd raakt, maar ook naar de kans dat de dijk vervolgens doorbreekt.

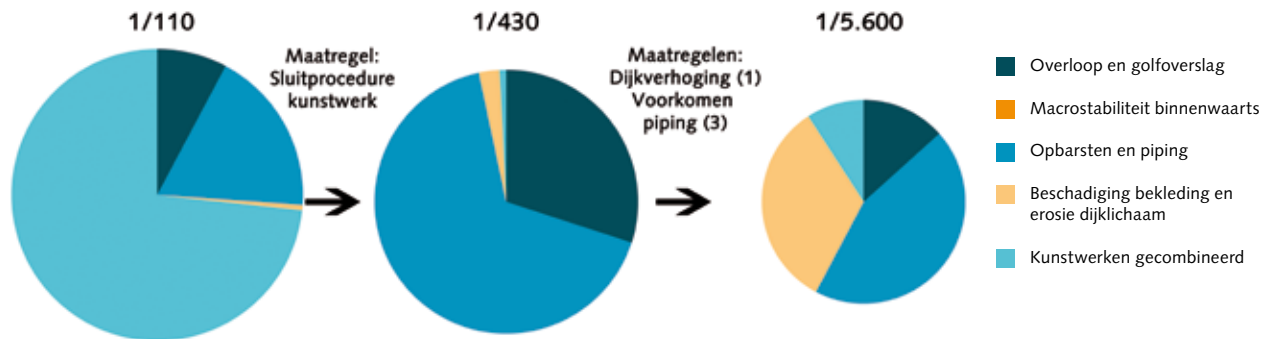


De bijdrage van het falen van kunstwerken aan de totale overstromingskans is voor slechts één dijkkring groter dan 50%, namelijk in dijkkring Wieringen (dijkkring 12). Voor een vijftal dijkkringen is sprake van een bijdrage van 10%-25%. Grofweg kan worden gesteld dat de kunstwerken ofwel in goede staat verkeren en een kleine faalkans hebben (wat meestal zo is), ofwel er slecht aan toe zijn en een grote faalkans hebben.

Dat waterkeringen veel vaker te smal dan te laag zijn, blijkt ook uit de over het algemeen vrij bescheiden bijdrage van het faalmechanisme overloop en golfoverslag. Voor geen enkele dijkkring is het aandeel groter dan 50% en slechts voor 3 van de 14 dijkkringen overschrijdt het aandeel van dit mechanisme de 25%. Alleen voor dijkkring Zuid-Holland (14) vormt dit faalmechanisme de belangrijkste bijdrage.

4.2 Samenhang faalmechanismen en de conditie van de kering

Bij de interpretatie van het bovenstaande is het van belang om te bedenken dat het relatieve belang van de verschillende faalmechanismen onderling sterk samenhangt met de huidige conditie van de waterkeringen en de aanwezigheid van eventuele zwakke plekken. Zo kan een zwakke plek het beeld sterk beïnvloeden. Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van dijkkring 12 (Wieringen). De kans op een overstroming in de dijkkring wordt bijna geheel bepaald door de kans dat een enkel kunstwerk, namelijk de coupure bij Den Oever, niet sluit bij een hoogwatersituatie. Indien de kans op het niet sluiten van dit kunstwerk wordt geëlimineerd door de sluitprocedure te verbeteren, neemt de overstromingskans van de dijkkring af van 1/110 tot 1/430 per jaar. Door deze maatregel veranderen de



Figuur 9. Het effect van maatregelen op de overstromingskans en de onderlinge verhouding tussen de bijdragen van de faalmechanismen voor dijkkring 12 (Wieringen)

onderlinge verhoudingen van de bijdragen van de verschillende faalmechanismen aan de overstromingskans ingrijpend. Met het treffen van een drietal maatregelen gericht op het voorkomen van opbarsten en piping en het verhogen van de dijk wordt de overstromingskans nog verder verkleind tot 1/5.600 per jaar. Voor deze sterk gereduceerde kans ontstaat vervolgens weer een geheel ander beeld van de relatieve bijdragen van de verschillende faalmechanismen. Figuur 9 geeft deze verschuivingen grafisch weer.

5

TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VNK2: BEWUST BESCHERMEN, SLIM INVESTEREN

De zeespiegel stijgt, de bodem daalt en door slijtage en zettingen neemt de sterkte van onze waterkeringen geleidelijk af. Daarnaast groeien de te beschermen waarden. De waterveiligheid van Nederland vraagt daarom onze continue aandacht. Jaarlijks worden honderden miljoenen euro's geïnvesteerd om de waterkeringen te onderhouden en te versterken. In de derde toetsronde zijn de dijken over meer dan 1.000 km afgekeurd, nog afgezien van de kunstwerken. In het kader van het nHWBP zullen daarom voor miljarden euro's aan versterkingen worden uitgevoerd. Maar waar te beginnen met versterken? En welke typen maatregelen zijn nodig om Nederland op de langere termijn te beschermen tegen overstromingen?

Om te bepalen welke waterkeringen als eerste voor versterking in aanmerking komen, kan onder meer worden gekeken naar het veiligheidsrendement van maatregelen. In veel industrieën is het gebruikelijk om veiligheidsmaatregelen te prioriteren op basis van hun rendement. De maatregelen die per euro de grootste veiligheidswinst opleveren, krijgen dan voorrang boven de maatregelen die minder kosteneffectief zijn. Zo kan er met een beperkt budget een maximale veiligheidswinst worden gerealiseerd. Ook op het gebied van waterveiligheid kan deze aanpak worden gevolgd.

Om het veiligheidsrendement van een dijkversterkingsmaatregel te bepalen kan gebruik worden gemaakt van de instrumenten en databases van VNK2. Hiermee kan worden bepaald wat het effect van de maatregel op het overstromingsrisico zou zijn. Door de afname van het overstromingsrisico vervolgens af te zetten tegen de investeringskosten kan het veiligheidsrendement worden berekend. Als alle maatregelen worden gesorteerd op basis

van hun baten-kostenratio's, komen de maatregelen met het hoogste veiligheidsrendement bovenaan te staan.

Met de risicobenadering van VNK2 kan het rendement van zeer uiteenlopende maatregelen worden bepaald. Een dijkversterking verkleint het overstromingsrisico, maar een rivierverbreding, een gebiedsophoging en een verbetering van een 'early-warning'-systeem doen dat ook. Voor elk van deze typen maatregelen kan worden ingeschat hoe zij het risico zouden beïnvloeden. Daarmee wordt het mogelijk om het veiligheidsrendement van een preventieve maatregel ('laag 1') te vergelijken met dat van een maatregel in de sfeer van de ruimtelijke ordening ('laag 2') en/of de rampenbestrijding ('laag 3'). De risicobenadering van VNK2 is dus bij uitstek geschikt om beslissingen op het gebied van meerlaagsveiligheid te ondersteunen.

Uiteraard draaien keuzes op het gebied van waterveiligheid niet alleen om doelmatigheid en geld. Ook solidariteit speelt een belangrijke rol, waaronder overwegingen ten aanzien van een basisveiligheidsniveau voor iedereen, en onze aversie tegen zeer grote gevolgen. Daarom wordt in VNK2 niet alleen gekeken naar de gemiddelde economische schade, maar worden ook andere risicomaten beschouwd, zoals het LIR en het groepsrisico. Van zeer uiteenlopende maatregelen (pakketten) kan met VNK2 worden bepaald hoe zij het overstromingsrisico beïnvloeden en hoe doelmatig zij zijn.

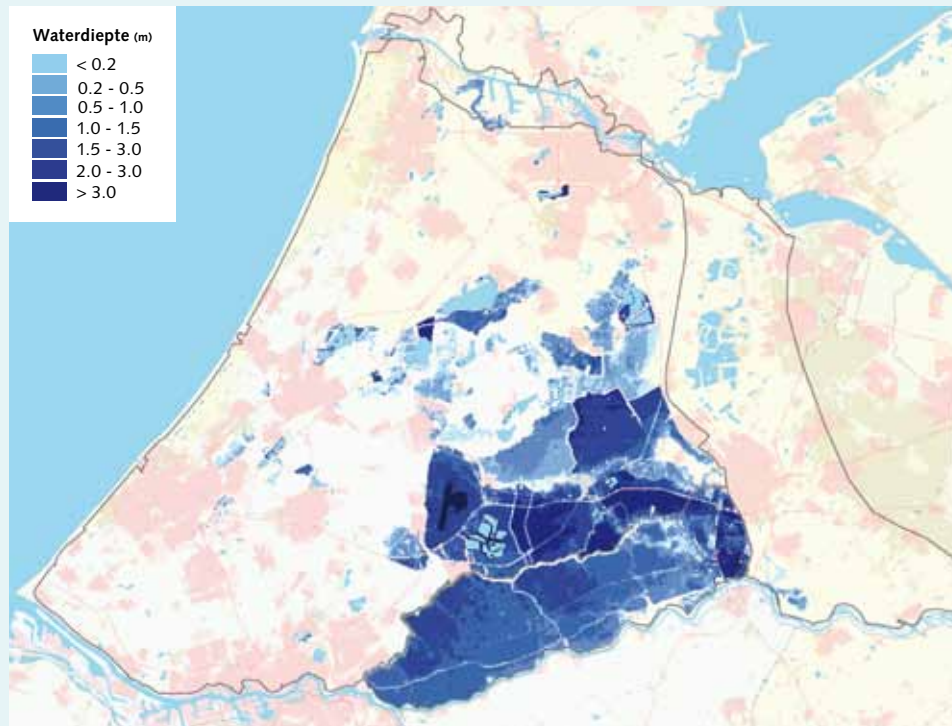
In een afzonderlijke publicatie van het Projectbureau VNK2 wordt nader ingegaan op de mogelijkheden om maatregelen te prioriteren op basis van hun veiligheidsrendement.

BIJLAGE 1

SYSTEEMWERKING TUSSEN DIJKRINGEN

In VNK2 worden normaal gesproken alleen de categorie a-keringen bekeken. Soms zijn echter ook de categorie c-keringen van belang. Zo kan een dijkdoorbraak in de Lopiker- en Krimpenerwaard (dijkkring 15) grote gevolgen hebben in het naastgelegen Zuid-Holland (dijkkring 14). Het water kan dan namelijk over de categorie c-keringen stromen die de dijkringen van elkaar scheiden. Onderstaande figuur geeft een beeld van de overstroming van Zuid-Holland vanuit de Lopiker en Krimpenerwaard in geval van een doorbraak van de Lekdijk bij Nieuwegein die optreedt bij toetspeil (een

waterstand met een overschrijdingskans van 1/2.000 per jaar). Ook zijn overstromingen in Zuid-Holland mogelijk door een dijkdoorbraak in een categorie c-kering langs de Hollandse IJssel, bijvoorbeeld omdat de voorgelegen stormvloedkering in de Hollandsche IJssel niet op tijd gesloten is. Dit soort effecten zijn onderzocht in een VNK2-studie naar het systeem dat wordt gevormd door de dijkringen Zuid-Holland (dijkkring 14), de Lopiker- en Krimpenerwaard (dijkkring 15) en Kromme Rijn (dijkkring 44).



Overstroming van dijkkring 14 (Zuid-Holland) vanuit dijkkring 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard) in geval van een doorbraak van de Lekdijk bij Nieuwegein.

BIJLAGE 2 OVERZICHT PUBLICATIES

VNK2 rapportages en activiteiten in uitvoeringsfase 1b

Naast de resultaten zoals opgenomen in de voorliggende publicatie zijn in het kader van de dijkringberekeningen in uitvoeringsfase 1b de volgende rapportages opgeleverd:

- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring Wieringen.
- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring Lopiker- en Krimpenerwaard.
- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring Zuid-Beveland (oost).
- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring West-Brabant.
- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring Land van Maas en Waal.
- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring Kromme Rijn.
- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring Zutphen.
- Hoofdrapport overstromingsrisico dijkkring Gorssel.
- Uitgebreide achtergrondrapporten voor elk van deze dijkringen waarin de uitgangspunten en aannamen van de risicoberekeningen in detail worden besproken.
- 71 kunstwerkrapporten.
- Per dijkkring is een overall kunstwerkrapportage opgesteld waarin een kort overzicht wordt gegeven van de kunstwerken in de dijkkring met de daarbij berekende faalkansen.
- In- en uitvoer databases voor elk van deze dijkringen. De invoerdatabases bevatten statistische gegevens voor meer dan 150 variabelen, voor alle dijkvakken en kunstwerken. Deze databases vormen een waardevolle basis voor beleidsstudies, gevoeligheidsanalyses, onderzoeksprojecten en de volgende toetsing.

Ten behoeve van de communicatie met de omgeving zijn gedurende de uitvoering van Fase 1b diverse activiteiten ontplooid en producten tot stand gebracht, zoals:

- Projectfolder Veiligheid Nederland in Kaart (VNK2).
- Projectfolder Flood risk in the Netherlands (VNK2).
- Factsheet Overschrijdingskans, Overstromingskans, Overstromingsrisico.
- Publicatie Prioriteren met VNK2.
- Publicatie De methode van VNK2 nader verklaard.
- Publicatie The method in brief
- Publicatie Overschrijdingskansen en overstromingskansen.
- Publicatie Systeemwerking tussen dijkringen 14, 15 en 44.
- Diverse memo's ten behoeve van beleidsondersteuning omtrent het nHWBP en de normeringsdiscussie.
- Een presentatie, poster en paper voor het 5th International Conference of Flood Risk Management (ICFM5), Tokio, Japan met als titel: "The VNK2 project: a fully probabilistic risk analysis for all major levee systems in the Netherlands".
- Diverse presentaties over de risicobenadering en VNK2 op zowel ambtelijk als bestuurlijk niveau voor waterschappen, provincies, Rijkswaterstaat en Delta-deelprogramma's.
- Een drietal VNK2-beraden met deskundigen van waterschappen, provincies en RWS-directies.
- Een drietal Nieuwsbrieven over de voortgang en resultaten van het project VNK2.
- Een workshop met toelichting op het VNK2-instrumentarium voor waterschappen, provincies en RWS-directies.

Reeds verschenen rapporten en publicaties:

- 9 hoofdrapporten en achtergrondrapporten van de overstromingsrisicos' van de dijkringen van de systeemtoets (10, 25, 48) en fase 1a (5, 14, 17, 36, 38, 52),
- Publicatie Tussenresultaten VNK2 (maart 2011).
- Publicatie De methode van VNK2 nader verklaard (maart 2011).

KIJK VOOR MEER INFORMATIE OP WWW.HELPDESKWATER.NL/VNK2 OF BEL 0800 - 6592837



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Interprovinciaal Overleg



 UNIE VAN WATERSCHAPPEN