

Opdrachtgever:
Rijkswaterstaat RIZA

Als het tóch misgaat: Overstromingsscenario's voor rampenplannen

Betooglijn

Auteurs: B. Kolen
R. Geerts



Samenvatting

Als het tóch misgaat: Overstromingsscenario's voor rampenplannen. Deze betooglijn levert realistische scenario's op voor de 'Agenda voor de toekomst' zoals deze tijdens de conferentie 'Katrina Lessons learned' zijn gepresenteerd. In deze betooglijn is beschreven welke omvang een 'worst credible flood', hier ook 'maatgevend overstromingsscenario' genoemd, kan hebben.

Gezocht is naar een bovengrens van mogelijke scenario's die nog enigszins reëel geacht worden en waarop voorbereiding mogelijk noodzakelijk is. Beseft wordt dat er ernstigere scenario's mogelijk zijn maar de kans daarop wordt dermate klein geacht dat voorbereiding hierop minder zinvol is. Beseft wordt ook dat er vele andere scenario's denkbaar zijn die leiden tot minder grote, zij het nog steeds ernstige, gevolgen.

Er zijn oneindig veel verschillende en mogelijke overstromingsscenario's. Het begrip maatgevend kan op diverse manieren worden geïnterpreteerd. In deze betooglijn hebben we primair gekeken naar het aantal getroffen en vervolgens naar de omvang en het aantal verwachte (dodelijke) slachtoffers. Voor de term 'maatgevend scenario' wordt in dit rapport ook de term 'worst credible flood' gebruikt.

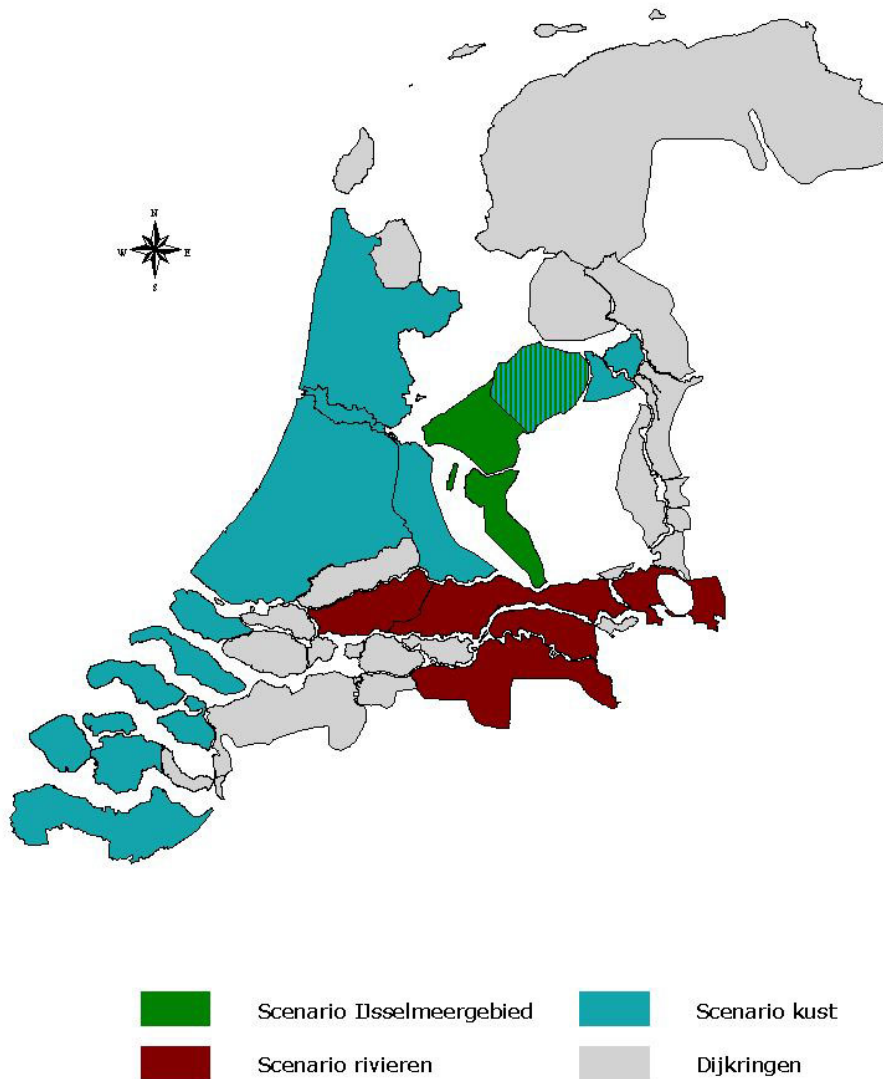
Voor de afweging wat we onder een 'worst credible flood' verstaan is een vergelijking gemaakt met het vakgebied van de externe veiligheid. Alhoewel er duidelijke verschillen zijn in de overstromingsproblematiek en de externe veiligheid is gebleken dat juist voor de onderbouwing van scenario's voor de rampenbestrijding eenzelfde aanpak kan worden gevolgd. Onderkend wordt dat er weinig informatie beschikbaar is over de omvang van extremen. Belangrijk voor de bovengrens in scenario's voor de rampenbestrijding is consensus onder experts die kan worden onderbouwd op basis van de beschikbare informatie. Deze aanpak is dan ook gevolgd bij het opstellen van de maatgevende scenario's in deze betooglijn.

In deze betooglijn zijn maatgevende scenario's voor het kustgebied, het IJsselmeergebied en het rivierengebied uitgewerkt. Het kustscenario is vervolgens beschouwd als algemeen maatgevend scenario voor rampenplannen omdat dit scenario, van de maatgevende scenario's, tot de grootste overstromingsgevolgen leidt. We hebben ook een onderscheid gemaakt tussen de huidige sterkte van de waterkeringen en de verwachte sterkte na de versterkingprogramma's 'Ruimte voor de Rivier' en 'Zwakke Schakels kust' na 2015.

Voor de bepaling van de scenario's is gebruik gemaakt van bestaande kennis en van inschattingen van experts. Rekening is gehouden met de waterstandstatistieken, toetsingsresultaten van waterkeringen, gebiedskarakteristieken, het fysisch maximum van de rivieren en de kennis van bezwijkmechanismen uit Veiligheid Nederland in Kaart. Uiteindelijk is de omvang van de maatgevende scenario's gebaseerd op:

- hydraulische belasting; het gaat hierbij om de hoogte en de duur van de waterstand op de zee, rivier of meer. Er is uitgegaan van een factor 10 ten opzichte van het beschermingsniveau van de waterkeringen (dus bijvoorbeeld een stormvloed voor de kust bij Den Haag met een 1/100.000 per jaar kans).
- omvang van de overstroming; het gaat er hierbij om hoeveel dijkringen tijdens dezelfde hoogwatergebeurtenis door een overstroming worden getroffen.

De omvang van de maatgevende scenario's is gepresenteerd in onderstaande figuur. Hierbij wordt opgemerkt dat er in het kustscenario, op basis van het aandrijvend mechanisme van dit scenario, ook problemen zijn in het IJsselmeergebied. Het noordoostelijke deel van de Flevopolder behoort zowel tot het scenario voor de kust als het IJsselmeergebied.



Voor de uitwerking van het overstromingspatroon van het vastgestelde scenario is gebruik gemaakt van de overstromingsmodellen van de provincies en enkele waterschappen¹. Deze modellen zijn ontwikkeld op basis van de afspraken in het Nationaal Bestuursakkoord Water. Voor de berekening van de gevolgen is gebruik gemaakt van het HIS instrumentarium van Rijkswaterstaat DWW. Het aantal getroffen en het aantal slachtoffers zijn berekend met de

¹ Voor het rivierengebied zijn geen overstromingsberekeningen gebruikt. Hiervoor zijn inschattingen gebruikt zoals gemaakt in 'Risico's in bedijkte termen' door het RIVM (2004).

Schade en Slachtoffermodule van HIS-SSM. In onderstaande tabel is een samenvatting opgenomen van de gevolgen.

We hebben rekening gehouden met het uitvoeren van een evacuatie naar gebieden buiten het overstroomd gebied. We zijn hierbij uitgegaan van de inschattingen zoals die zijn gemaakt in 'Risico's in bedijkte termen' omdat duidelijke plannen in Nederland hiervoor nog ontbreken. We hebben dan ook nog geen rekening gehouden met evacuatie naar hiervoor ingerichte droge gronden en hoge gebouwen binnen het gebied. Een dergelijke opvang- en evacuatiestrategie kan nog meer (dodelijke) slachtoffers voorkomen.

	Kust		IJsselmeergebied		Rivierengebied	
	huidig	2015	huidig	2015	huidig	2015
Omvang na 8 uur [km ²]	2.000	1.300	390	400	-	-
Omvang na een dag [km ²]	3.470	2.500	840	800	-	-
Maximale omvang [km ²]	4.340	3.300	1.050	1.000	2.320	2.320
Getroffenen [personen]	2.269.000	1.488.000	276.000	266.000	1.299.000	1.299.000
Dodelijke slachtoffers [personen]	10.300	5.400	950	950	2.780	2.780
Oppervlak met < 1 meter waterdiepte [km ²]	1.000 (23%)	1.200 (36%)	50 (5%)	50 (5%)	-	-
Oppervlak met > 3 meter waterdiepte [km ²]	1.200 (28%)	900 (28%)	700 (66%)	700 (68%)	-	-

De invulling van de rampenbestrijding op basis van de onderhavige scenario's is de volgende stap. Als de scenario's in detail worden bekeken, dan blijkt dat er nog een duidelijk handelingsperspectief voor overheid, hulpdienst en burgers is. Zo is bijvoorbeeld geconstateerd:

- na een doorbraak staat niet gelijk alles onder water: sommige gebieden overstroomden pas na enkele uren of dagen. Daarnaast is het niet altijd zo dat een dijkkring in zijn geheel zal overstroomden;
- de waterdiepte is niet overal even groot: afhankelijk van het scenario staat niet overal meerdere meters water, in grote delen staat ook minder dan één meter water.
- de stijgsnelheid van het water is niet overal levensgevaarlijk;
- extreme waterstanden kunnen vooraf worden voorspeld: enkele uren van te voren als gevolg van stormvloed en dagen van te voren als gevolg van extreme rivierafvoer.

Echter bij de invulling van het handelingsperspectief zal ook rekening gehouden moeten worden met:

- de enorme omvang van de overstroming;
- de weersomstandigheden: langs de kust en bij het IJsselmeergebied is er naar verwachting sprake van een orkaan, in het rivierengebied waarschijnlijk van lage temperaturen;
- keteneffecten: door de overstroming kunnen ook buiten het overstroomd gebied voorzieningen uitvallen;
- voorafgaand aan de overstroming zal naar verwachting op basis van een voorspelling een evacuatiebesluit worden genomen. De locaties van de doorbraken zijn dan nog niet bekend. Dit besluit zal dan ook worden genomen voor een 'mogelijk te overstroomd gebied' dat naar verwachting (veel) groter zal zijn.

Inhoud

Samenvatting	i
Lijst van tabellen	vii
Lijst van figuren.....	vii
1 Inleiding	1-1
1.1 Achtergrond van deze betooglijn	1-1
1.2 Doelstelling.....	1-4
1.3 Aanpak van de werkzaamheden	1-4
1.4 Uitgangspunten en randvoorwaarden	1-4
1.5 Begrippenkader	1-5
1.6 Leeswijzer	1-7
2 Waarom maatgevende overstromingsscenario's?	2-1
2.1 Wat is een maatgevend overstromingsscenario?	2-1
2.2 Gebruik van maatgevende overstromingsscenario's	2-1
3 Leren van Externe Veiligheid	3-1
3.1 Inleiding	3-1
3.2 Wat is externe veiligheid	3-1
3.2.1 Toepassingsgebied	3-4
3.2.2 Aanvullend beleid	3-4
3.2.3 Begrippenkader van de normstelling	3-5
3.3 Analogie en verschillen tussen externe veiligheidsrisico's en overstromingsrisico's	3-5
3.4 Risico's en de voorbereiding op de rampbestrijding	3-9
4 Omvang 'Worst Credible Flood'	4-1
4.1 Afbakening en gebiedsindeling	4-1
4.2 Hydraulische Belasting	4-2
4.2.1 Hoogte van de waterstand.....	4-3
4.2.2 Duur van de waterstand.....	4-5
4.3 Omvang van de overstroming	4-6
5 Gevolgen 'Worst Credible Floods'	5-1
5.1 Veronderstellingen aan de basis van de scenario's	5-1
5.1.1 Overstromingspatroon	5-1
5.1.2 Rampenbestrijding	5-2
5.2 Kustgebied	5-4
5.2.1 Drijvende kracht overstroming in het kustgebied.....	5-4
5.2.2 'Worst credible flood' kustgebied	5-6
5.2.3 Overstromingsgevolgen	5-10
5.3 Rivierengebied	5-13
5.3.1 Drijvende kracht overstroming in het Rivierengebied	5-13
5.3.2 'Worst credible flood' Rivierengebied.....	5-13
5.3.3 Overstromingsgevolgen	5-16

5.4	IJsselmeergebied	5-17
5.4.1	Drijvende kracht overstroming in het IJsselmeergebied	5-17
5.4.2	'Worst credible flood' IJsselmeergebied	5-18
5.4.3	Overstromingsgevolgen	5-19
5.5	Beschouwing gevolgen van een overstroming	5-22
5.5.1	Verspreiding van gevaarlijke stoffen	5-22
5.5.2	Keteneffecten buiten overstroomd gebied	5-22
5.5.3	Functioneren van het regionale watersysteem na een overstroming	5-23
5.5.4	Buitendijkse gebieden en kustzone	5-23
5.5.5	Herstel en schoonmaak	5-23
5.6	Algemeen maatgevend scenario	5-23
6	Toekomst: 2015 na versterking waterkeringen	6-1
6.1	Versterkingprogramma's	6-1
6.1.1	Zwakke schakels	6-1
6.1.2	Ruimte voor de rivier	6-2
6.2	Kustgebied	6-2
6.3	Rivierengebied	6-5
6.4	IJsselmeergebied	6-6
7	Kaarten	7-1
7.1	Huidige situatie	7-3
7.1.1	Scenario Kust	7-13
7.1.2	Scenario IJsselmeergebied	7-17
7.2	Na versterking waterkeringen, 2015	7-33
7.2.1	Scenario Kust	7-33
7.2.2	Scenario IJsselmeergebied	7-149
8	Referenties	8-1
	Bijlage A: Stormen sinds 1910	A-1
	Bijlage B: Beschikbare tijd per faalmechanisme	B-1
	Bijlage C Naam en nummering dijkringen	C-1
	Bijlage D: Schaal van Beaufort	D-1
	Bijlage E: Externe veiligheid	E-1

Lijst van tabellen

Tabel 3-1 Verschillen en overeenkomsten externe veiligheid en overstromingen	3-7
Tabel 5-1 Overstromingsgevolgen scenario kust	5-11
Tabel 5-2 Klassen waterdieptes overstroomd kust	5-11
Tabel 5-3 Klassen stijgsnelheid overstroomd kust	5-12
Tabel 5-4 Overstromingsgevolgen scenario rivieren (eindsituatie)	5-16
Tabel 5-5 Overstromingsgevolgen scenario IJsselmeergebied	5-20
Tabel 5-6 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied	5-20
Tabel 5-7 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied	5-21
Tabel 5-8 Maatgevende scenario	5-24
Tabel 6-1 Overstromingsgevolgen scenario kust, 2015	6-4
Tabel 6-2 Klassen waterdieptes overstroomd gebied kust, 2015	6-4
Tabel 6-3 Klassen stijgsnelheid overstroomd kust, 2015	6-5
Tabel 6-4 Overstromingsgevolgen scenario IJsselmeergebied, 2015	6-6
Tabel 6-5 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied, 2015	6-7
Tabel 6-6 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied, 2015	6-7

Lijst van figuren

Figuur 1-1 Overstroomd gebied New Orleans in relatie tot stad Amsterdam	1-2
Figuur 1-2 Veiligheidsketen	1-2
Figuur 3-1 Relatie overlijdenskans als functie van de afstand tot de risicobron	3-2
Figuur 3-2 Principe risicobeheersing externe veiligheid	3-3
Figuur 4-1 Gebiedsindeling	4-2
Figuur 4-2 Illustratie onderscheid in hoogte en duur van een belasting (wind gedomineerde situatie met getijde)	4-3
Figuur 4-4 Faalmechanismen	4-6
Figuur 5-1 Beschikbare en benodigde tijd	5-2
Figuur 5-2 Omvang kustscenario	5-6
Figuur 5-4 Omvang Rivierenscenario	5-15
Figuur 5-5 Omvang merenscenario	5-19
Figuur 6-1 Zwakke schakels langs de kust	6-2

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van deze betooglijn

Aanleiding

De directe aanleiding van dit project zijn de overstromingen in New Orleans als gevolg van Katrina. De bewindslieden van Binnenlandse Zaken en Verkeer en Waterstaat hebben de vraag gesteld of Nederland voldoende goed is voorbereid op dergelijke grootschalige overstromingen. Geconcludeerd werd dat dit (wellicht) niet het geval was². Deze conclusie blijkt ook uit de studie RBSO (COT et al, 2005) waarin gesteld is dat het functioneren van de bestuurlijke en functionele kolom verbetering behoeft. Hiermee wordt ook de conclusie uit het RIVM onderzoek 'Risico's in bedijkte termen' (2004) onderschreven waarin staat dat Nederland nog niet goed voorbereid is op overstromingen.

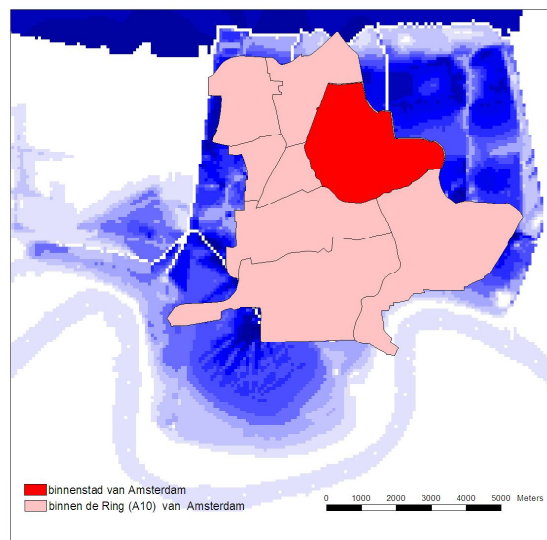
Hiervoor is wel inzicht nodig in de omvang van de calamiteiten die zouden kunnen optreden. Dit inzicht kan worden gegeven middels scenario's van overstromingen die maatgevend zijn voor de op te stellen calamiteiten(bestrijdings)plannen.

De maatgevende overstromingsscenario's worden opgesteld als onderdeel van het project 'Landelijk draaiboek hoogwater- en stormvloedcrises'. Het eindresultaat van dit gehele project is een landelijk draaiboek waar alle taken en verantwoordelijkheden van Rijkswaterstaat (feitelijk: het ministerie V&W) bij (de dreiging van) overstroming in staan. Voor de begeleiding van dit project is in een projectgroep geformeerd waarin, naast verschillende onderdelen van het ministerie V&W (RWS, DG Water en DCC), ook waterschappen en het ministerie van BZK zijn vertegenwoordigd.

Lessen van New Orleans

In New Orleans leidden dijkdoorbraken tot ongekende gevolgen. Katrina werd de grootste ramp uit de Amerikaanse geschiedenis. Ook in Nederland zou (of beter gezegd zal) een overstroming kunnen leiden tot zeer grote gevolgen. Denk hierbij aan zowel de omvang van de overstroming zelf die naar verwachting nog veel groter zal zijn dan in New Orleans. In Figuur 1-1 is het overstroomd gebied in New Orleans op dezelfde schaal gepresenteerd als de stad Amsterdam. Denk hierbij ook aan de omvang van de veroorzaakte schade en het aantal (dodelijke) slachtoffers.

² Op 31 mei 2006 is hiervoor een speciale bestuurlijke conferentie georganiseerd: 'Lessons learned New Orleans – als het tóch gebeurt'.

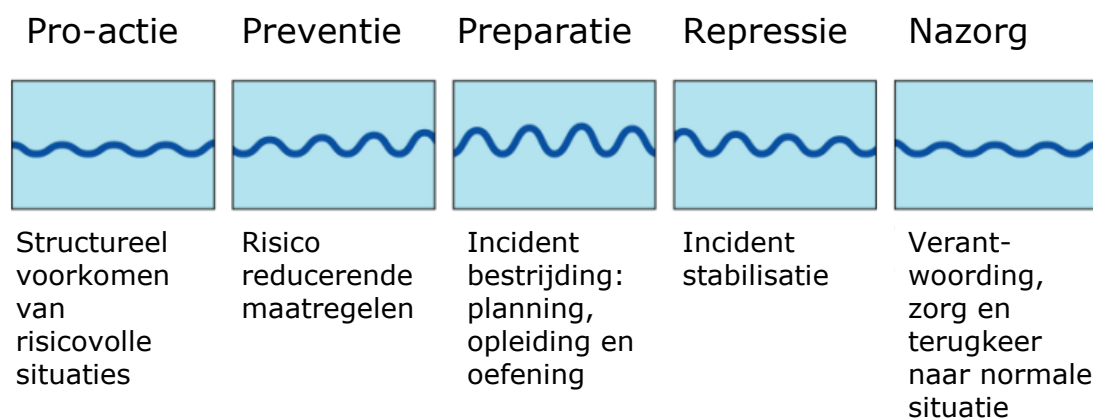


Figuur 1-1 Overstroomd gebied New Orleans in relatie tot stad Amsterdam³

Ondanks deze enorme gevolgen betekent dat echter niet dat er geen handelingsperspectief is voor overheid, hulpdiensten en burgers. De overheid en de hulpdiensten beschrijven de werkwijze die ze dan volgen tijdens dergelijke situaties in calamiteiten(bestrijdings)plannen die ze vervolgens ook kunnen oefenen. Hierin kan beschreven worden welke acties worden uitgevoerd en welke maatregelen worden genomen. Ook de burger kan zich vervolgens voorbereiden.

Maatgevende scenario's

Het woord 'maatgevend' heeft hier betrekking op de omvang van overstromingsscenario's waar de calamiteiten(bestrijdings)plannen vanuit zouden moeten gaan. Er is geen verband met de definitie van maatgevende condities voor waterkeringen. Integendeel: deze maatgevende condities verwijzen naar de hoogwater- en stormvloedstanden die de waterkeringen volgens de normen in de wet zeker veilig moeten kunnen keren. De maatgevende overstromingsscenario's hebben betrekking op planvorming voor situaties dat de waterkeringen het water niet langer veilig kunnen keren: het restrisico dus. In Figuur 1-2 is dit weergegeven in de veiligheidsketen, de scenario's kunnen worden gebruikt voor de preparatiefase.



Figuur 1-2 Veiligheidsketen

³ Bron: Rijkswaterstaat DWW

De overstromingsscenario's die horen bij dat restrisico hebben zeer kleine kansen van optreden maar wel zeer grote gevolgen als zij optreden. Het gaat om grootschalige overstromingen met een omvang die gelijk is aan grote delen van de Nederlandse kust, het rivierengebied of het merengebied. Dat betekent in waterhuishoudkundige termen dat er sprake is van een overstroming in meerdere dijkkringen⁴.

Vorbereiding op nationale schaal

De maatgevende scenario's zijn opgesteld voor de verdere planvorbereiding op nationale schaal. Het gaat hierbij om inzichten in de omvang die een overstroming kan aannemen. De voorbereiding op nationale schaal en voorbereiding op regionale schaal kan hiermee worden afgestemd.

Verskillende scenario's

Bij de voorbereiding op overstromingen is een belangrijke vraag waarop voorbereid moet worden. Er bestaat geen bovengrens van de maximale waterstand die op kan treden. Voor het ontwerpen van waterkeringen wordt uitgegaan van een maatgevende hoogwaterstand. De kans op overschrijding van deze waterstand is als norm vastgelegd in de Wet op de Waterkering.

Het ligt niet voor de hand om deze waterstand, horende bij de norm, als uitgangspunt voor het maatgevende overstromingsscenario te gebruiken. Een landelijk draaiboek voor hoogwater- en stormvloedcrises richt zich immer op het bereik van het restrisico en dat zijn omstandigheden die extremer zijn dan die waar de waterkeringen op zijn ontworpen. De vraag is dan vervolgens welk uitgangspunt wel te gebruiken is en hoe deze overstromingen er dan uitzien. Een scenario waarbij half Nederland onder water staat is weer té extreem en té onwaarschijnlijk. In de onderhavige betooglijnen zijn scenario's opgesteld en uitgewerkt voor overstromingen waarvan deskundigen zeggen dat zij weliswaar extreem zijn (en dus een kleine kans van optreden hebben) maar dat zij desondanks toch niet ondenkbaar zijn. Aansluitend op de begrippen die bij de externe veiligheid voor potentiële rampen worden gehanteerd, hanteren wij hier het begrip 'Worst Credible Flood' (ergst denkbare overstroming). Deze 'Worst Credible Floods' zijn uitgewerkt voor het:

- Kustgebied;
- IJsselmeergebied;
- Rivierengebied.

Daarnaast is uit deze scenario's de 'worst credible flood' gekozen die voor rampenplannen als algemeen maatgevend kan gelden voor de overstromingsdreiging in Nederland bij extreme omstandigheden. Ook is aandacht besteed aan het verschil tussen de huidige situatie van de waterkeringen en aan de situatie in 2015 als de versterkingsprogramma's (Zwakke Schakels en Ruimte voor de Rivier) zijn afgerond.

Bij de verantwoording van de keuze van de scenario's is gebruik gemaakt van de expertise op het gebied van externe veiligheid: ook bij andere ramptypen dan overstromingen worden scenario's ontwikkeld die als basis dienen voor calamiteiten(bestrijdings)plannen.

⁴ In de Wet op de Waterkering zijn de beschermingsniveaus voor overstroming van zee, rivier en meer vastgelegd. Een stelsel van dijken, duinen en kunstwerken vormt primaire waterkeringen. De hoogte van de keringen is afhankelijk van de overschrijdingskans van de waterstand horende bij de norm (beschermingsniveau). De primaire waterkeringen vormen, tezamen met hoge gronden dijkkringen rondom een gebied. Deze gebiedsindeling is opgenomen in Figuur 4-1. In Bijlage C: Naam en nummering dijkkringen is een overzicht opgenomen van de naamgeving van de genummerde dijkkringen.

1.2 Doelstelling

De doelstelling is het opstellen van een op heldere uitgangspunten gebaseerde **'betooglijn voor maatgevende overstromingsscenario's'** voor de huidige situatie en voor de situatie na afronding van de dijkversterkingprogramma's (2015) en het uitwerken van deze scenario's voor:

- kustgebied;
- IJsselmeergebied;
- rivierengebied;
- algemeen scenario dat niet gekoppeld is aan een specifieke bron.

De keuzes binnen de betooglijn zijn mede gebaseerd op ervaringen uit het vakgebied van de externe veiligheid.

1.3 Aanpak van de werkzaamheden

Het onderzoek is uitgevoerd in vier stappen:

1. Leerpunten externe veiligheid; in deze stap is verkend in hoeverre we bij 'het gesteld staan voor overstromingen' gebruik kunnen maken van de kennis van het vakgebied van de externe veiligheid.
2. Vaststelling scenario's; met behulp van experts zijn voor de deelgebieden Kust, Rivieren en IJsselmeergebied mogelijke 'credible floods' bepaald en is vervolgens een 'worst credible flood' vastgesteld.
3. Uitwerking 'worst credible floods'; de in de voorgaande stap bepaalde scenario's zijn met behulp van bestaande overstromingsmodellen verder uitgewerkt. Hierbij is de omvang van de overstroming bepaald en is vervolgens berekend hoeveel mensen (dodelijk) worden getroffen.

De scenario's zijn concreet ingevuld in overleg met de provincies als beheerders van de overstromingsmodellen en hun rol bij de toetsing van de primaire waterkeringen. We maken hierbij onderscheid in twee situaties:

- de huidige situatie van de waterkeringen;
 - de situatie na afronding van de versterkingprogramma's voor de waterkeringen (gesteld op 2015).
4. Opstellen betooglijn; op basis van de voorgaande stappen is onderliggende betooglijn opgesteld. Hierin is ook een 'worst credible flood' vastgesteld die voor rampenplannen als maatgevend kan gelden voor de overstromingsdreiging in Nederland bij extreme omstandigheden.

1.4 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Het onderzoek is uitgevoerd op basis van enkele uitgangspunten en randvoorwaarden. Deze zijn hieronder beschreven.

- Voor de hydraulische belastingen van de waterkeringen hebben we gebruik gemaakt van de kennis omtrent waterstandstatistiek en golfverloop zoals die worden gebruikt voor de nieuwste ontwerpinzichten van waterkeringen en kennis gebruikt voor de toetsing van de waterkeringen.
- De inschatting van de omvang van een overstroming die mogelijk is, is voornamelijk gebaseerd op de inschatting van experts op het gebied van waterkeringen en overstromingsgevolgen.
- Voor de bepaling van de gevolgen van een overstromingen hebben we gebruik gemaakt van bestaande twee dimensionale overstromingsmodellen (Sobek 1D2D en Delft FLS) van de verschillende dijkkringen. Deze modellen zijn ter beschikking gesteld door de provincies en in sommige gevallen door waterschappen.
- Voor de berekeningen van het aantal getroffen en dodelijke slachtoffers is gebruik gemaakt van de schade en slachtoffermodule uit het hoogwater informatie systeem (HIS-SSM) van Rijkswaterstaat DWW.

1.5 Begrippenkader

Overstromingsscenario

Onder een overstromingsscenario wordt verstaan een verloop van een overstroming, dit wordt bepaald door doorbraaklocatie(s), tijdstip van doorbra(a)k(en), verloop van wind, en buitenwaterstand (hydraulische randvoorwaarden), de bresgroei, etc.

Een scenario wordt in dit verband gezien als een mogelijk enkel- of meervoudige dijkdoorbraak, met zijn gevolgen.

Maatgevend Overstromingsscenario

Een maatgevend overstromingsscenario heeft geen directe relatie met de maatgevende situatie, of het beschermingsniveau, waarop de waterkeringen zijn gedimensioneerd. Het begrip maatgevend is gerelateerd aan het gesteld staan voor calamiteiten. Het gaat hierbij om een situatie die extremer is dan het beschermingsniveau waarop de keringen zijn gedimensioneerd.

Kentallen waarmee in dit rapport de maatgevende overstromingen worden gekarakteriseerd, zijn de omvang van de overstroming, het aantal getroffen, het aantal slachtoffers maar ook de mate van verrassing en de snelheid van optreden.

Worst credible flood

Onder een 'worst credible flood' wordt verstaan een overstroming die het gevolg is van een mogelijke (denkbare) extreme situatie.

Het gaat hierbij niet om een situatie die uiterst onwaarschijnlijk is. De kans op een bepaalde gebeurtenis, en een vergelijking met de kans van andere rampen speelt hierbij een belangrijke rol (relatie met externe veiligheid). Het begrip 'worst credible flood' en maatgevend overstromingsscenario kunnen in dit rapport door elkaar worden gebruikt.

Omvang van een overstroming

De omvang van de overstroming wordt bepaald door het aantal overstroomde hectares. De gevolgen van de overstroming kunnen ook in een groter gebied merkbaar zijn door uitval van levensvoorzieningen. Denk hierbij aan grootschalige uitval van nutsvoorzieningen (gas water en licht), ICT, drinkwater, transportvoorzieningen enzovoort.

Deze gevolgen zijn echter niet inzichtelijk gemaakt alhoewel deze wel relevant zullen zijn voor de rampenbestrijding.

Bedreigd gebied

Het bedreigd gebied is afhankelijk van de plaats en het aantal doorbraken. Alhoewel een kritieke waterstand enige tijd van tevoren kan worden voorspeld kan niet worden voorspeld waar, wanneer en hoeveel dijkdoorbraken optreden.

Het bedreigd gebied is dan ook afhankelijk van de beschikbare kennis op het moment waarop de omvang van dit gebied wordt vastgesteld. Als de doorbraaklocatie(s) eenmaal bekend zijn en er ook geen meer bijkomen dat kan het bedreigd gebied vrij nauwkeurig worden bepaald. Als de doorbraaklocaties nog niet bekend zijn dan zal het bedreigd gebied worden samengesteld uit de combinatie van gevolgen van allemaal mogelijke en afzonderlijke doorbraken. Deze omvang zal (veel) groter zijn dan het gebied dat uiteindelijk zal overstromen.

Het overstroomd gebied dat is uitgewerkt is gebaseerd op keuzen van doorbraaklocatie(s) en belastingen.

Getroffenen

Onder een getroffene wordt verstaan een persoon die binnen het overstroomde gebied aanwezig is en geen bescherming heeft tegen het overstromingswater. Deze persoon is een potentieel slachtoffer.

Het succes van een evacuatie is bepalend voor het aantal getroffenen. Door tijdig te besluiten tot een evacuatie kunnen meer mensen een veilig gebied bereiken. Ook kunnen opvangmogelijkheden binnen een gebied worden onderzocht, zoals lokale hoogten of gebouwen. Hiervoor is goede regionale en nationale planvoorbereiding noodzakelijk door overheid en hulpdiensten. Door risico- en crisiscommunicatie kan de zelfredzame rol van de burger worden vergroot.

Het invullen van passende evacuatiestrategieën en het invullen van de (grote) rol van overheid en hulpdiensten om enige zelfredzaamheid mogelijk te maken is de vervolgstap die gemaakt kan worden op basis van deze betooglijn. Op basis hiervan kan het aantal getroffenen worden verminderd, en vervolgens ook het aantal (dodelijke) slachtoffers. Belangrijk aandachtspunt bij het invullen van deze strategie zijn de weersomstandigheden.

Vooralsnog zijn we bij het bepalen van het aantal getroffenen uitgegaan van verwachtingen op basis van de huidige situatie wat betreft infrastructuur, opvangmogelijkheden e.d.

Slachtoffers

Voor de slachtoffers wordt onderscheid gemaakt in dodelijke slachtoffers en gewonden. In termen van de rampenbestrijding zijn met name het aantal gewonden relevant.

- Dodelijke slachtoffers; personen die komen te overlijden als gevolg van een overstromingsramp. Overlijden kan door verdrinking (stroomsnelheid, waterdiepte of te snel stijgend water) of bijvoorbeeld de gevolgen van onderkoeling. Het aantal dodelijke slachtoffers is in deze studie berekend met HIS-SSM.
- Gewonden; als gevolg van een overstroming zullen geen directe lichamelijke gebreken optreden. Op termijn kunnen getroffenen, die niet zijn overleden, wel sterven door met name onderkoeling, uitblijven van medische voorziening voor hulpbehoevenden en in het uiterste geval ondervoeding of uitdroging. Uitbreken van ziekten wordt niet waarschijnlijk geacht omdat de omstandigheden hiervoor niet goed zijn. Zo is de temperatuur waarschijnlijk laag.
De rampenbestrijding zal zich richten op het evacueren van alle achtergeblevenen binnen een overstroomd gebied naast het verzorgen van de opvang buiten het gebied.

Bij de berekening van het aantal dodelijke slachtoffers is uitgegaan van alleen de waterstanden die optreden. Hierdoor kunnen, bij bepaalde omstandigheden, extra dodelijke slachtoffers vallen. Er is geen rekening gehouden met de stijgsnelheid of de stroomsnelheid van water. Deze parameters zijn zeer lokaal van aard, echter hebben een grote invloed op de gevolgen. Daarnaast is de bijbehorende bescherming ook lokaal van aard. Deze extremen zijn (zeer) lokaal van aard. Verondersteld is dat mensen in het gebied zodanig handelen dat ze hierdoor niet worden getroffen, mede ook door een waarschuwing vooraf dat elders de dijk is gebroken. Lokaal, zeker nabij een bres in de primaire waterkeringen of een regionale waterkering, kunnen echter wel degelijk slachtoffers vallen als gevolg van hoge stroomsnelheden en stijgsnelheden.

1.6 Leeswijzer

In het eerste hoofdstuk is de inleiding van het onderzoek beschreven. Ook zijn hier de uitgangspunten en randvoorwaarden van de uitvoering benoemd.

In het tweede hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag wat nu maatgevende scenario's zijn. Waarom worden deze opgesteld en hoe worden deze gebruikt?

In het vakgebied van de externe veiligheid wordt ook een afweging gemaakt in 'het omgaan met risico's'. Het derde hoofdstuk wordt gekeken naar leerpunten in de voorbereiding op het gesteld staan voor overstromingen. Onderscheid wordt gemaakt in het stellen van normen en rampenbestrijding.

Het vierde hoofdstuk bevat de aanpak die is gebruikt om de maatgevende overstromingsscenario samen te stellen. Onderscheid wordt gemaakt in een hydraulische belasting en een omvang van de overstroming.

De scenario's zijn voor de huidige situatie uitgewerkt in hoofdstuk 5. Hierbij zijn ook nog andere mogelijke scenario's benoemd die tijdens de expertsessies als mogelijk 'worst credible' zijn benoemd. De laatste paragraaf van dit hoofdstuk bevat de uitwerking van een algemeen scenario voor calamiteitenplannen. Hierbij is gebruik gemaakt van het zwaarste 'worst credible flood' scenario.

In het zesde hoofdstuk zijn de scenario's uitgewerkt waarin is uitgegaan van de sterkte van de waterkeringen na afronding van de dijkversterkingprogramma's (zichtjaar 2015).

Het kaartmateriaal horende bij de scenario's is opgenomen in hoofdstuk 7. Dit kaartmateriaal is ook in een aparte GIS-rapportage beschikbaar.

2 Waarom maatgevende overstromingsscenario's?

Deze betooglijn levert realistische scenario's op voor de 'Agenda voor de toekomst' zoals deze tijdens de conferentie 'Katrina Lessons learned' zijn gepresenteerd. In deze betooglijn is beschreven welke omvang een 'worst credible flood' of een 'maatgevend overstromingsscenario' kan hebben.

Het gaat in deze betooglijn om de inzichten in de omvang en de gevolgen van een dergelijke gebeurtenis. Het gaat ook om de inzichten in aannames en veronderstellingen die ten grondslag liggen aan deze scenario's, wetende dat er vele andere scenario's mogelijk zijn. Benadrukt wordt dat het om omstandigheden gaat die extremer zijn dan de hydraulische belastingen waarop de waterkeringen zijn ontworpen.

2.1 Wat is een maatgevend overstromingsscenario?

Er zijn oneindig veel verschillende en mogelijke overstromingsscenario's. Gevarieerd kan worden met de waterstanden en afvoergolven, het aantal doorbraken, de grootte van een doorbraak, het functioneren van interne waterkeringen enzovoort. Ook kunnen andere oorzaken dan extreme afvoer of een stormvloed leiden tot overstromingen. Zeer onwaarschijnlijke oorzaken, die zouden leiden tot grootschalige overstromingen, laten we hier buiten beschouwing. Denk hierbij aan een inslag van een meteoriet in de Noordzee of de gevolgen van een aardbeving.

In de betooglijn zijn de maatgevende overstromingsscenario's opgesteld vanuit het perspectief van het gesteld staan voor overstromingen. In termen van de veiligheidsketen betekent dit dat we niet kijken naar de bescherming tegen overstromingen (dus pro-actie en preventie) maar naar de gevolgen van als het toch mis gaat (preparatie en respons). In deze betooglijn is primair gekeken naar het aantal getroffen en vervolgens naar de omvang en het aantal verwachte (dodelijke) slachtoffers.

De uitgewerkte scenario's, een combinatie van een waterstandverloop en doorbraaklocaties, geven een beeld van de omvang van de gevolgen van een overstroming.

2.2 Gebruik van maatgevende overstromingsscenario's

Met de inzichten in de omvang van een maatgevende overstroming in het Kustgebied, het Rivierengebied en het IJsselmeergebied kan een volgende stap worden gezet in de hoogwatergevolgbestrijding.

Op basis van de maatgevende scenario's kunnen de hulpverleningsstrategieën worden ingevuld. Hiermee kunnen de benodigde activiteiten worden uitgewerkt die overheden en hulpdiensten hebben binnen hun taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden. Deze activiteiten hebben betrekking op:

- de preventieve fase als er al sprake is van een (hoge) dreiging;
- moment van de dijkdoorbraak waarin de hulpverlening kan worden beperkt door de weersomstandigheden;

- in de periode na de dijkdoorbraak vanaf het continueren van de evacuatie, het redden van mensen en dieren tot en met het herstellen van het overstroomd gebied.

De beoogde zelfredzaamheid van de burger kan ook verder worden ingevuld. Bepaald kan worden in hoeverre de overheid en de hulpdiensten hierin moeten faciliteren om deze zelfredzame rol in te kunnen vullen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het begaanbaar houden van vluchtroutes en evacuatiewegen, goede voorlichting en voedselvoorziening. Denk hierbij ook aan de mogelijkheid dat besloten wordt om juist geen preventieve evacuatie uit te voeren.

Op (langere) termijn kunnen op basis van de scenario's mogelijk ook verbanden worden gelegd met andere beleidsvelden voor het vraagstuk 'gesteld staan voor overstromingen'. Denk hier bijvoorbeeld aan ruimtelijke ordening, ICT en infrastructuur.

3 Leren van Externe Veiligheid

3.1 Inleiding

Wat kunnen we leren van de externe veiligheid? Om deze vraag te beantwoorden moeten we ons realiseren dat leren van een aanpak of benadering op een ander vakgebied inhoudt dat goed nagegaan moet worden wat de overeenkomsten zijn met het eigen vakgebied. Bepaalde instrumenten werken vanuit een bepaalde probleembenadering die berust op specifieke kenmerken van het vakgebied. Zo ook bij de externe veiligheid. Gekeken is dan ook naar de overeenkomsten en verschillen tussen de risicosituatie van de externe veiligheid en die van overstromingen.

De vraag "wat is externe veiligheid?" heeft verschillende antwoorden. Het antwoord hangt af van de invalshoek die wordt gekozen. Externe veiligheid wordt hier gekarakteriseerd vanuit de beleidsmatige beheersing van risico's. De rol van de rampbestrijding hierbij zal apart worden aangegeven.

3.2 Wat is externe veiligheid

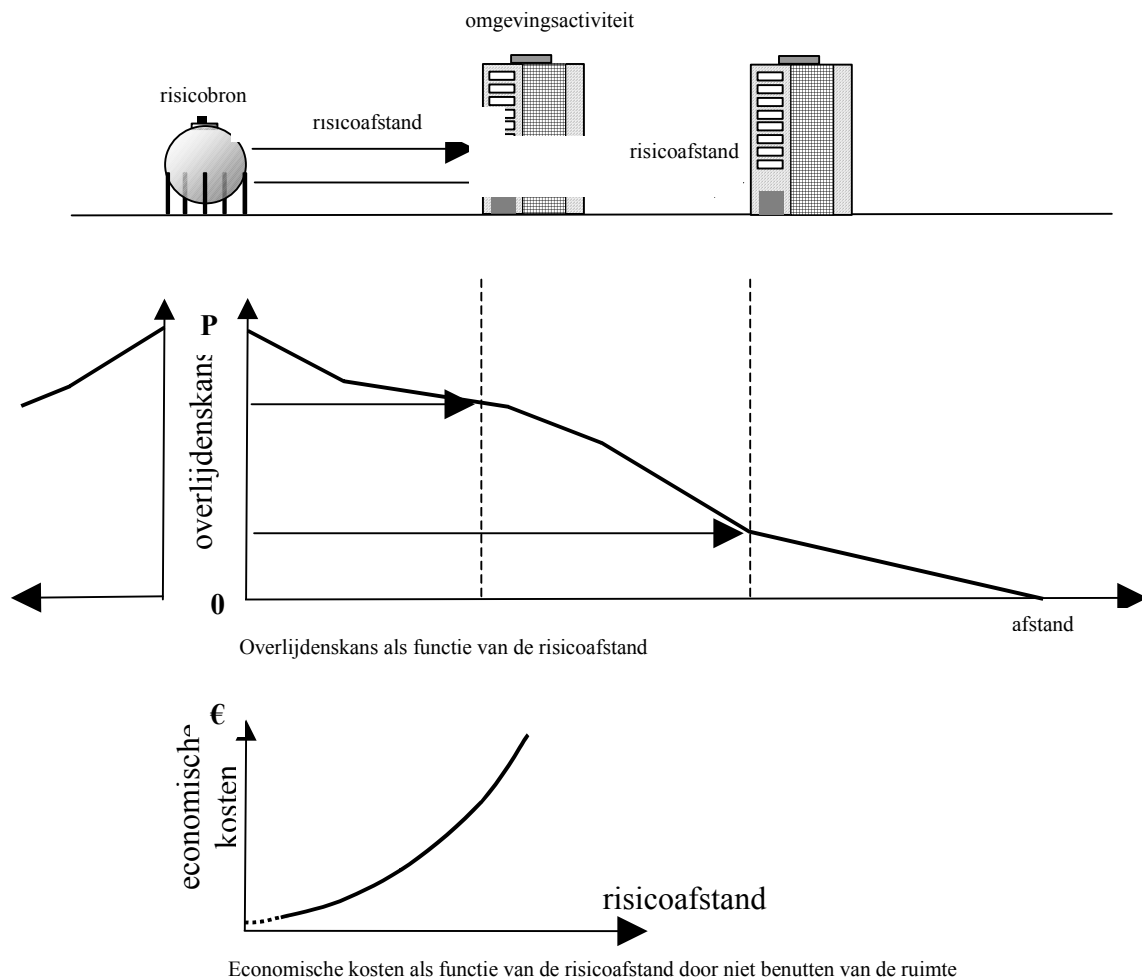
De externe veiligheid richt zich op industriële activiteiten met gevaarlijke stoffen die risico's inhouden voor de ruimtelijke omgeving waarin zij plaatsvinden en op ruimtelijke activiteiten – anders dan met gevaarlijke stoffen – in de nabijheid van genoemde industriële activiteiten. Het beheersen van de risico's die hierbij voor de burger in de omgeving ontstaan is het centrale thema van de externe veiligheid. Deze beheersing vindt plaats door:

- de risico's te kwantificeren en kwantitatieve normen te gebruiken waaraan de risicosituatie wordt getoetst op aanvaardbaarheid;
- een afgewogen oordeel te geven op basis van enkele kenmerken van de risicosituatie over de aanvaardbaarheid.

Beide onderdelen zijn wettelijk verankerd⁵. De beheersing van de risico's is gebaseerd op het volgende principe dat deels empirisch, deels theoretisch is onderbouwd. Algemeen geldt:

- hoe groter de afstand tot de risicobron hoe kleiner de kans op overlijden door de risicobron. Het risico kan worden voorgesteld als een overlijdenskans die een monotoon dalende functie is van de afstand (zie Figuur 3-1).
- hoe verder concentraties van mensen in de omgeving verwijderd zijn van de risicobron des te kleiner de omvang van een ramp als een calamiteit zou ontstaan bij de risicobron.

⁵ AMvB Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) 2004



Figuur 3-1 Relatie overlijdenskans als functie van de afstand tot de risicobron

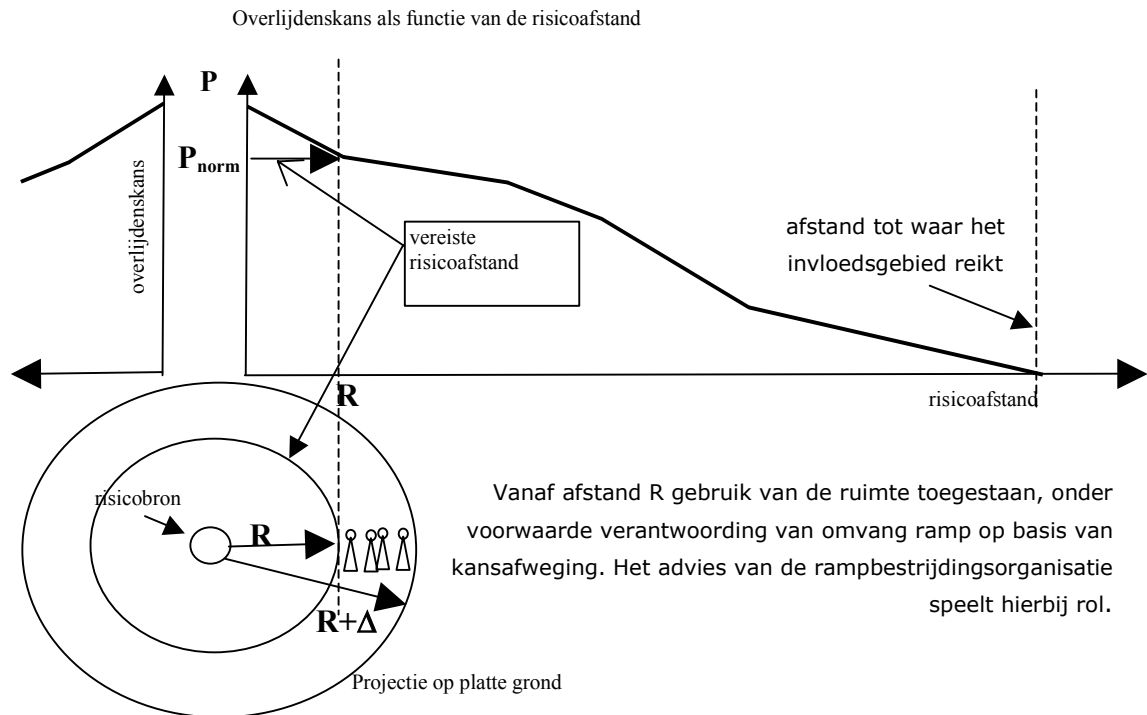
Uitgaande van dit principe dienen zich de volgende centrale beheersvraagstukken aan.

1. Hoe ver moet de afstand gekozen worden?
2. Gegeven de gekozen afstand: hoeveel mensen kunnen we vervolgens op een bepaalde afstand toestaan die zijn blootgesteld aan het risico van een activiteit met gevaarlijke stoffen opdat de risicosituatie aanvaardbaar geacht kan worden in het licht van de sociaal-economische belangen die daarmee gemoeid zijn?

De uitwerking van deze vragen leidt tot diverse afgeleide deelvraagstukken die allemaal zijn terug te voeren tot de kernvraag hoe ver de risicobeheersing dient te gaan waar omgevingsactiviteiten plaatsvinden in wisselwerking met andere omgevingsactiviteiten die bedrijvigheden met gevaarlijke stoffen inhouden.

Risicoberekening

Er wordt uitgegaan van een minimaal vereiste risicoafstand tussen de risicobron en zijn omgeving. Deze wordt met een risicoberekening bepaald zoals geïllustreerd is in Figuur 3-2.



Figuur 3-2 Principe risicobeheersing externe veiligheid

Er zijn diverse conventies en afspraken ontwikkeld waaraan de risicoberekening moet voldoen. Deze komen voort uit verschillende behoeften. De behoefte aan voldoende eenduidige resultaten (uniformiteit) heeft geleid tot consensus over de uitvoering van de risicoberekeningen. De behoefte aan praktische uitvoerbaarheid (vanwege kosten beheersing) heeft geleid tot consensus over de vereenvoudiging van de risicoberekeningen. Elke risicobron is uniek en heeft daarom zijn eigen unieke afstand waarop de specifieke risiconorm wordt bereikt. De diversiteit van de individuele risicobronnen is teruggebracht tot een diversiteit van groepen of categorieën van risicobronnen. De behoefte aan praktische uitvoerbaarheid heeft eveneens geleid tot consensus over een definitie van het risicobegrip waarop de norm is gebaseerd. Dit risicobegrip is het plaatsgebonden risico: een abstracte grootheid die een indirect verband heeft met de werkelijk aanwezige overlijdenskans van mensen in de omgeving van de risicobron, door die risicobron. In Bijlage E: Externe veiligheid wordt op het begrip verder ingegaan.

De minimaal vereiste risicoafstand wordt gebaseerd op het plaatsgebonden risico. De vereiste afweging van de aanvaardbaarheid (zogenoeten verantwoordingsplicht) is beleidsmatig ingevuld door uit te gaan van een kwantitatieve beschrijving van de omvang van de gevolgen van het risico en de kans daarop. Hiervoor is het begrip groepsrisico geïntroduceerd. Deze grootheid brengt tot uitdrukking met welke kans een ramp van bepaalde omvang kan optreden in het gebied dat blootstaat aan het risico. Hoeveel mensen kunnen worden toegestaan op een bepaalde afstand die slachtoffer kunnen worden van een ongeval met een gevaarlijke stof is *niet* vastgelegd door een milieukwaliteitseis die wettelijk is verankerd. Het is aan het lokale bevoegde gezag overgelaten hier een gemotiveerde afweging voor te maken. Bij de afweging wordt in de praktijk gebruik gemaakt van een zogeheten oriëntatiewaarde als referentiekader. Deze oriëntatiewaarde geeft de grens aan van de kans op een bepaald aantal doden, die wordt opgevat als bovengrens die bij voorkeur niet moet worden overschreden. De lokale economische

belangen die in het spel zijn, kunnen er toe leiden dat afgeweken kan worden van de oriëntatiewaarde.

Uitbreiding naar rampenbestrijding

In de loop der tijd is de beheersing van het externe veiligheidsrisico uitgebreid door aanvullend beleid. Dit betreft de rampbestrijding en het informeren van de bevolking over de risico's waaraan men blootstaat. Dit laatste kan gezien worden als uitvloeisel van de ontwikkeling van de overheidsvisie dat de burger een eigen verantwoordelijkheid draagt. Het geïnformeerd zijn over de aanwezige risico's is een minimum voorwaarde om invulling te kunnen geven aan het beginsel van eigen verantwoordelijkheid. Voor de betooglijn is de plaats van de rampenbestrijding binnen het externe veiligheidsbeleid van belang. Hierop zal nog worden ingegaan.

3.2.1 Toepassingsgebied

Het externe veiligheidsbeleid wordt als volgt toegepast.

1. Bij de vergunningverlening van bedrijven die met gevaarlijke stoffen werken. Er moet voor gezorgd worden dat de vereiste minimale afstand in de ruimtelijke ordening wordt gerealiseerd. Voorgaande geldt ook voor het transport van gevaarlijke stoffen.
2. Bij het vaststellen van bestemmingsplannen. Er moet voor gezorgd worden dat bij de realisatie van het bestemmingsplan mensen op voldoende afstand verblijven in gebouwen of in bepaalde gebiedsfuncties.
3. Tenslotte vindt de uitwerking van het beleid plaats door een afweging te maken of het aantal mensen dat op een bepaalde afstand verblijft niet leidt tot een onverantwoord hoge kans op een ramp.

Het externe veiligheidsbeleid moet niet opgevat worden als beleid dat primair gericht is op het sturen van de technische ontwerpisen van de bedrijvigheden die de risicobron vormen. Dit zogeheten brongerichte beleid dient zich aan bij situaties waarin sprake is van overschrijding van de afstandsnorm. Het gaat hierbij om saneringsproblematiek, waar in bepaalde gevallen door technische maatregelen (bronmaatregelen dus) de kans op ongevallen verkleind wordt zodat aan de risiconorm voor de vereiste afstand kan worden voldaan. Bij LPG-tankstations zijn in de loop der jaren de technische veiligheidsmaatregelen toegenomen en zijn door wat voortschrijdend inzicht in de risico's heet, de vereiste risicoafstanden aangepast. Hierbij is de winst aan risicobeheersing (kansreductie op het optreden van ongevallen) door genoemde ontwikkelingen in belangrijke mate ingeleverd door toe te staan om op kortere afstand dan voorheen de omgeving te gebruiken voor ruimtelijke activiteiten.

3.2.2 Aanvullend beleid

Buiten de minimaal aan te houden risicoafstand is de invulling van de ruimte (via bestemmingsplannen) in principe vrij in het vakgebied van de externe veiligheid. Dit houdt in dat binnen het invloedsgebied van de risicobron gebouwen worden gerealiseerd en dus personen kans lopen te overlijden. De minimale risicoafstand is dus een veiligheidsmaatregel die rampen niet uitsluit.

De rampbestrijding heeft geen invloed op de minimaal vereiste risicoafstand. Het is een gegeven waarvan de rampbestrijding moet uitgaan. Daarom moet het risico op een ramp afzonderlijk, door specialisten, worden beoordeeld op zijn aanvaardbaarheid. Onderdeel van deze beoordeling is o.a. het aspect van de rampbestrijding en hulpverlening. Binnen de externe veiligheid moet de rampenbestrijdingsorganisatie (wettelijk voorgeschreven) in de gelegenheid

worden gesteld via advisering zijn visie te geven over de risicosituatie. De voorbereiding op de rampbestrijding wordt evenwel niet getoetst aan een kwantitatieve externe veiligheidsnorm.

De rampbestrijding is niet gebaseerd op een (externe) veiligheidsnorm. De rampbestrijding stelt zelf vast welke rampen 'maatgevend' zijn voor de voorbereiding. Hiervoor worden eigen ongevalsscenario's opgesteld. Op basis van deze scenario's kunnen vervolgens door de rampenbestrijders adviezen worden opgesteld voor de pro-actie en preventiefase.

De rampbestrijding als aanvullend beleid vindt plaats op lokaal niveau. Dit wordt gerealiseerd door een betere voorbereiding op de bestrijding van ongevallen (de pro-actie, preventie en preparatie van de rampbestrijding) en oog te hebben voor het realiseren van voorzieningen en maatregelen die de zelfredzaamheid van personen bevorderen. De rampbestrijding gaat uit van een eigen normatiek om vast te stellen welke rampen maatgevend zijn voor genoemde voorbereiding. In Bijlage E: Externe veiligheid is hier meer informatie over opgenomen.

3.2.3 Begrippenkader van de normstelling

Hierna zijn de definities gegeven van enkele begrippen van de externe veiligheid. Een verdere uitleg van de definities is gegeven in Bijlage E: Externe veiligheid.

- Externe Veiligheid: De beheersing van de risico's die ontstaan door activiteiten met gevaarlijke stoffen (de risicobronnen) voor de omgeving waarin die activiteiten plaats hebben en daarnaast door activiteiten te ontwikkelen binnen het invloedsgebied van de risicobron.
- Plaatsgebonden risico: de theoretisch maximale overlijdenskans per jaar die aanwezig is op een bepaalde afstand van een risicobron. In de praktijk zal de werkelijke overlijdenskans beduidend kleiner zijn. Een en ander hangt af van een aantal factoren zoals de aard van de risicobron, de synchroniciteit tussen het kunnen ontstaan van het ongeval en de aanwezigheid van personen, de bescherming die gebouwen kunnen bieden. De wettelijke norm voor het plaatsgebonden risico (PR) is 10^{-6} .
- Groepsrisico: De presentatie van de mogelijke omvang van een ramp uitgedrukt in doden en de kans daarop, die een risicobron voor zijn omgeving heeft.
- Invloedsgebied: Het gebied rond of langs de risicobron waarbinnen het nog mogelijk is dat doden kunnen vallen. Het groepsrisico heeft logischerwijs betrekking op het invloedsgebied.

3.3 Analogie en verschillen tussen externe veiligheidsrisico's en overstromingsrisico's

Een risicosituatie laat zich op verschillende manieren karakteriseren. Risicoaspecten kunnen de actoren betreffen die bij het risico zijn betrokken, kunnen de activiteiten zelf betreffen, kunnen de omvang en kans betreffen en kunnen de wijze waarop de risicobeheersing is georganiseerd betreffen, om een aantal aspecten te noemen. In het volgende zal een aantal aspecten worden aangegeven waarin de risicosituaties van de externe veiligheid en het overstromingsrisico verschillen.

Het karakter van de risico's verschilt in diverse opzichten. De wijze waarop de risico's worden beheerst door veiligheidsmaatregelen eveneens.

Analogie

Bij de externe veiligheid is de risicobron de activiteit met gevaarlijke stoffen. Bij het overstromingsrisico is de risicobron de rivier, het meer of de zee. De EV-risicobron kan door het vrijkomen van een gevaarlijke stof levensbedreigend gevaar veroorzaken voor mensen in de omgeving. De zee, het meer of de rivier veroorzaakt dat gevaar door een te hoge waterstand waarbij de dijken bezwijken (op bepaalde plaatsen). Bij beide typen risico's is er een bepaalde kleine kans dat gevaar optreedt voor de bevolking. Bij de EV-risicobron is deze kans grosso modo kleiner dan 1 op de 100.000 per jaar. Bij het overstromingsrisico is deze kans gelijk aan of kleiner dan 1 op de 1.250 per jaar bij de rivieren en 1 op de 10.000 per jaar voor de dijkeringen Zuid- en Noord-Holland, ervan uitgaande dat de waterkeringen aan de wettelijke norm voldoen.

Bij de externe veiligheid is de primaire en genormeerde veiligheidsmaatregel *de veiligheidsafstand* tussen risicobron en de omgeving. Bij het overstromingsrisico is de genormeerde veiligheidsmaatregel *de waterstand bij de dijk*. Zowel veiligheidsafstand als de hoogte van de dijk zijn gebaseerd op de "ontstaanskans" van het gevaar c.q. het stuk gaan van een installatie die gevaarlijke stoffen bevat respectievelijk het bereiken van een bepaalde hoogwaterstand en hydraulische belasting die de dijk laat bezwijken.

Verschillen

Tabel 3-1 geeft verder een overzicht van diverse verschillen tussen de risicosituatie van de externe veiligheid en van het overstromingsrisico. In het vervolg zijn aspecten nader toegelicht.

risicosituatie van de externe veiligheid	Risicosituatie van het overstromingsgevaar
Het gevaar treedt onverwacht op.	Het gevaar kondigt zich enige tijd van te voren aan.
De directe gevolgen zijn niet stuurbaar.	Door het systeem van dijken kunnen gevolgen principe en binnen grenzen beïnvloed worden.
Direct gewonden kunnen talrijk zijn. Gewonden met levenslang letsel zijn geen uitzondering.	Onderkoeling kan na verloop van tijd optreden. Gewonden met levenslang lichamelijk letsel zijn een uitzondering.
Het getroffen gebied met materiële schade is relatief beperkt (maximale grootte is grosso modo 5 km ²).	Het getroffen gebied is vele, vele malen groter.
Maatschappelijk sociale ontwrichting is lokaal.	Maatschappelijk sociale ontwrichting kan nationaal zijn bij grote overstroming.
Economische schade is relatief beperkt.	Economische schade is vele malen groter.
Zelfredzaamheid van burgers is veel beperkter.	Zelfredzaamheid is in principe meer mogelijk. Hierin heeft de overheid wel een belangrijke faciliterende rol.
Het ontwikkelen van externe veiligheidsactiviteiten (als risicobron) zijn economische activiteiten die rechtstreeks in het bbp tot uitdrukking komen. De EV-veiligheidsmaatregelen zijn een voorwaarde waaronder de bijdrage aan de economische groei kan plaatsvinden. De kosten daarvan zijn niet zichtbaar in het	Het aanleggen en onderhouden van dijken zijn investeringen –dus kosten– die als zodanig tot uitdrukking komen. Een dijk is een beschermingsmaatregel en draagt indirect bij aan de totale economische groei als algehele maatschappelijke randvoorwaarde om bijv. EV-activiteiten te

risicosituatie van de externe veiligheid	Risicosituatie van het overstromingsgevaar
bbp.	kunnen laten ontwikkelen.
Heeft betrekking op een diffuse verscheidenheid van risicobronnen, die elk op zich beheerst moeten worden.	Heeft betrekking op één of enkele risicobronnen (zee, meer en rivieren) die door een samenhangend systeem van dijken beheerst moeten worden.
De omvang van de ramp is lokaal te beïnvloeden door de ruimtelijke ordening en dient beoordeeld te worden. Het invloedsgebied waar slachtoffers kunnen vallen is naar verhouding beperkt.	De omvang van de ramp is in praktisch opzicht alleen op nationale schaal te beïnvloeden door de ruimtelijke ordening. Het overstroomde gebied (invloedsgebied) is groot.

Tabel 3-1 Verschillen en overeenkomsten externe veiligheid en overstromingen

Bescherming

De beleidskeuze van de risicoafstand in de externe veiligheid is primair gebaseerd op economische overwegingen, gegeven de kleine kans door de aanwezige technische veiligheidsmaatregelen dat bij de risicobron een zwaar ongeval plaatsvindt met effecten voor de omgeving. Zoveel mogelijk gebruik van de ruimte is uitgangspunt. Vandaar dat het bevoegd gezag zich dient te verantwoorden over dat gebruik bij ruimtelijke besluiten. De beleidskeuze van de hoogte van de dijken is, na 1953, eveneens gebaseerd geweest op economische overwegingen (Deltacommissie). Echter in de Wet op Waterkering zijn vervolgens veiligheidsklasse opgenomen gerelateerd aan de overschrijdingskans van de waterstand op zee, meer of rivier. De (veranderende) ruimtelijke inrichting is hierdoor niet meer aan de orde bij de beheersing van het overstromingsrisico. De gedachtelijn is niet: Gegeven de hoogte van de dijk welk gebruik van de ruimte achter de dijk is verantwoord gegeven de risico's.

Rampenbestrijding

Bij de externe veiligheid risicobron moeten verschillende ongevalsscenario's (grote kans - kleine effecten tot en met kleine kans - grote effecten) worden beschouwd in relatie tot de veiligheidsafstand. Bij de externe veiligheid is *de omvang* van de ramp niet primair afhankelijk van de aangehouden veiligheidsafstand, maar *de inrichting van de ruimte buiten deze afstand*. Hoe groter de afstand tussen de risicobron en de concentratie van mensen in de omgeving des te kleiner de rampomvang. De veiligheidsafstand maakt de kans op een ramp kleiner.

Bij het overstromingsrisico wordt uitgegaan van de statistische kans op extreme waterstanden (weliswaar veelal probabilistisch bepaald) om de veiligheidsmaatregel (dijken) te dimensioneren. Verschillende overstromingsscenario's spelen geen rol bij de dimensionering van de dijk. Bij het overstromingsrisico is *de omvang* van de ramp niet afhankelijk van de hoogte van de dijk, alleen de kans op de ramp wordt daarmee kleiner. De omvang van de ramp is afhankelijk van de inrichting van de ruimte achter de dijk.

Ook in deze betooglijn zijn we op zoek naar een enkel scenario voor de kust, het rivierengebied en het IJsselmeergebied. Weliswaar zijn we op zoek naar een bovengrens in wat nog acceptabel wordt geacht maar tegelijkertijd beseffen we dat er nog vele andere scenario's mogelijk zijn. Deze andere scenario's worden niet uitgewerkt.

(Dodelijke) slachtoffers

De aard van de verwondingen is bij de slachtoffers van een overstroming anders dan bij de externe veiligheid. Het aantal doden dat bij een externe veiligheidsramp kan vallen, correleert positief met een veelvoud aan gewonden. Bij een overstroming geldt deze relatie niet direct.

Ook de aard van de verwondingen is anders dan bij overstromingen. Zwaar gewonden bij een externe veiligheidsramp behoeven snel hulp om het dodental te beperken. Na het ongeval zal het aantal gewonden niet meer toenemen. Daarnaast zullen vele gewonden, lichamelijk, mogelijk niet meer herstellen na een externe veiligheidsramp maar blijvend invalide zijn.

Bij overstromingen in Nederland zullen, zeker in verhouding tot het aantal doden, niet direct een groot aantal gewonden vallen, maar na enige tijd kan dit aantal toenemen (onderkoeling en verdrinking)⁶. Het aantal blijvend lichamelijke invaliden is wellicht beperkt, de psychische schade is echter wel groot. Dit is een ander aspect dat niet speelt bij de externe veiligheid. Als niet op tijd hulp kan worden geboden zullen hierdoor op termijn meer doden vallen. De factor tijd –zeer belangrijk bij georganiseerde hulpverlening- heeft bij overstromingsrisico's andere invloedsaspecten op de gevolgen dan bij de externe veiligheid. Hierbij is er voor de voorspeltijd ook nog een groot onderscheid in het rivierengebied (veel) en het kustgebied (weinig).

Voorspelling en zelfredzaamheid

Ongevallen met gevaarlijke stoffen en hun gevolgen treden onverwacht, onaangekondigd op. De kans op een overstroming kondigt zich in meer of mindere mate aan. Hierdoor krijgt het aspect van zelfredzaamheid andere dimensies dan bij de externe veiligheid. De preparatie op de rampbestrijding bij het overstromingsrisico kan zich dus baseren op een bepaalde voorbereidingstijd. De omvang van het aantal slachtoffers bij het 'worst case scenario' van het overstromingsrisico is daarentegen veel groter dan bij de externe veiligheid (afgezien van mogelijke extremiteiten als een 'Nacht van Hengelo' syndroom⁷ zoals beschreven in Bijlage E: Externe veiligheid). De repressieve rampbestrijding wordt daardoor met andere problemen geconfronteerd dan bij de externe veiligheid.

Omvang van het rampgebied

Bij het overstromingsrisico kan ook de infrastructuur in het geding zijn, die essentieel is voor de uitvoering van de rampbestrijding. Deze complicerende factor speelt bij de externe veiligheid in het algemeen nauwelijks een rol. Uitzonderingen zijn natuurlijk op lokale schaal altijd aanwezig. Ziekenhuizen of EHBO-posten waar gewonden geholpen zouden kunnen worden bij een overstroming kunnen onbereikbaar of niet te gebruiken zijn omdat deze eveneens getroffen zijn of omdat de medische hulpverleners ten dele zelf slachtoffers zijn van de overstroming, dan wel de locaties niet kunnen bereiken.

Vaststellen van scenario's

De rampenorganisatie als onderdeel van de risicobeheersing van de externe veiligheidsactiviteiten heeft in zeer beperkte mate een sturende rol bij de risicosituaties die getolereerd worden. De rampenorganisatie kan in principe invloed hebben op de inrichting van de ruimte vanwege haar wettelijke bevoegdheid advies uit te brengen. Het groepsrisico is geen risicomaat waarvan de rampenorganisatie uitgaat bij de voorbereiding op de bestrijding van een ramp. Dat vindt plaats op basis van eigen relevant geachte ongevalsscenario's. De rol die de kans op deze ongevalsscenario's speelt is van ondergeschikt belang.

⁶ In dit rapport is uitgegaan van dodelijke slachtoffers

⁷ Het nacht van Hengelo syndroom is een gebeurtenis met zeer extreme gevolgen. Onderkend wordt dat deze gebeurtenis mogelijk is maar tegelijkertijd dat de kans van voorkomen uiterst klein is (en omdat deze zo klein is is het risico ook niet bepaald). Deze gebeurtenis kan alleen optreden bij een combinatie van extremen. In vergelijking met een overstromingsramp kan deze gebeurtenis worden gezien als bijvoorbeeld een inslag van een meteoriet in de Noordzee met een tsunami tot gevolg.

3.4 Risico's en de voorbereiding op de rampbestrijding

Risico's zijn meer dan een getal. Dit is het centrale thema dat is uitgewerkt in het advies van de gezondheidsraad (gezondheidsraad, 1994). Ook in 'Risico's in bedijkte termen' is reeds aandacht besteed aan het nuchter omgaan met risico's (RIVM, 2004). Dit betekent dat we behoedzaam moeten zijn als we risico's van verschillende activiteiten of gevaren die ons bedreigen onderling willen vergelijken. In paragraaf 3.3 zijn verschillen en overeenkomsten aangegeven. Belangrijk is dat aangegeven wordt met welk doel de risico's worden vergeleken. Vanuit de invalshoek van risicobeheersing kan het vergelijken van risico's zinvol zijn. Het zegt iets over de specifieke karakteristieken van de risicobeheersing die betrekking hebben op verschillende risicosituaties.

Consensus over maatgevende ongevalsscenario's die de rampenbestrijdingorganisatie hanteert en die het bevoegd gezag hanteert bij de beoordeling van risicoactiviteiten is een voorwaarde om tot een goede beheersing van de risicosituatie te komen.

Bescherming door normen

Als alleen het criterium van de kans op overlijden relevant geacht wordt en eventueel ook de omvang van een ramp, zijn risico's eenvoudig te vergelijken. Het zal duidelijk zijn dat een dergelijke vergelijking geen rechtvaardiging biedt voor de aanvaardbaarheid van een bepaald risico. Het risico is immers het resultaat van de maatschappelijke preferenties en mogelijkheden van beheersing van het risico. Dit hangt samen met tal van kenmerken van de activiteit waar het risico aan kleefst en de aard van het risico of gevaar zelf. Het omgaan met de beheersing van risico's is gebaseerd op wat Geerts (2006) preferente rationaliteiten noemt. Zij vormen tevens de legitimering van de betrokken maatschappelijke actor om tot een oordeel te komen over de aanvaardbaarheid van een risico, gegeven de maatregelen (technisch, organisatorisch, juridisch) waarmee de risico's worden beheerst. Binnen het netwerk van actoren, dat zich rond de beheersing van een risico vormt, zullen verschillende opvattingen bestaan hoe de risico's maatschappelijk moeten worden beheerst. Dat houdt ook in dat verschillend gedacht zal worden over de wijze waarop de rampenbestrijdingorganisatie hierin een rol moet spelen. De verschillende opvattingen zullen op elkaar moeten worden afgestemd om voldoende consensus te krijgen. Men is immers wederzijds van elkaar afhankelijk om de risico's tot een bepaald gewenst niveau te beheersen als de rampbestrijding gezien wordt als aspect van de risicobeheersing.

De gefragmenteerde verantwoordelijkheden die elk van de maatschappelijke actoren heeft om tot beheersing van de risico's te komen, zijn geïnstitutionaliseerd. Bij de externe veiligheid heeft dit geleid tot de in paragraaf 3.1 beschreven benadering en de rol die de rampenorganisatie speelt in het proces van de risicobeheersing (zie ook Geerts 2006).

Rampenbestrijding

De vergelijking tussen de externe veiligheid en het overstromingsgevaar die wel gemaakt kan worden, is dat het bereiken van consensus over wat nog relevante ongevalsscenario's zijn om de risicobeheersing op te baseren in beide beleidsterreinen dezelfde problematiek kent. Zowel bij de externe veiligheid als bij het overstromingsrisico worden kwantitatieve normen van belang geacht. Die normen hebben evenwel een verschillende grondslag en verschillende functie en zijn niet afhankelijk van eventuele beperkingen in de beheersbaarheid van risico's door de rampenbestrijdingsorganisatie.

Bij beide vakgebieden gaat men uit van scenario's die maatgevend zijn om besluiten op te baseren. Bij de externe veiligheid dienen die om via de kwantitatieve risicoanalyse de vereiste risicoafstand tussen risicobron en omgeving te kunnen vaststellen en om tot een oordeel te kunnen komen over het accepteren van de risicosituatie die daarbij desondanks ontstaat. Daarnaast worden ongevalsscenario's gebruikt door de rampenbestrijdingsorganisatie om besluiten op te baseren van de rampbestrijding. Bij het overstromingsrisico worden overstromingsscenario's gebruikt om na te kunnen gaan hoe de beheersing van de gevolgen vorm dient te krijgen door de rampbestrijding of crisisbeheersing.

Belang van overeenstemming over scenario's en omgaan met deze scenario's

Ook de rampenorganisatie gaat uit van ongevalsscenario's bij de risicobron. Zij gebruikt andere criteria voor de berekening van de gevolgen dan bij de berekening van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. In bepaalde gevallen gaat zij ook uit van andere ongevalsscenario's dan die waarop het plaatsgebonden en groepsrisico zijn gebaseerd. De scenarioanalyses dienen niet alleen om rampbestrijdingsplannen op te baseren. De ontwikkeling tekent zich af dat de rampenorganisatie, vanuit haar specifieke rol bij de risicobeheersing, tevens scenarioanalyses uitvoert op grond waarvan aanvullende veiligheidseisen in het ontwerp van systemen worden verlangd.

De basisgedachte hierbij is dat het aantal slachtoffers zoveel mogelijk beperkt moeten worden en dat mogelijkheden van zelfredzaamheid in de ontwerpplannen van de omgevingsactiviteiten moeten worden gerealiseerd. Het zal duidelijk zijn dat de scenarioanalyses, die bedoeld zijn om het ontwerpplan vanuit de risicobeheersingsoptiek van de rampenorganisatie te beoordelen, moeten plaatsvinden als het ontwerpproces nog in gang is. Betrokken partijen moeten het dus met elkaar eens worden welke ongevalsscenario's maatgevend zijn voor de beoordeling of de risicobeheersing beantwoordt aan wat men wil.

De 'worst credible flood' kan worden gelegitimeerd als het scenario dat nog reëel wordt geacht door te redeneren vanuit een overstroming. Analooq aan de externe veiligheid zullen experts consensus moeten bereiken over een dergelijke scenario omdat de uiterste extremen bij de risicoberekeningen bewust buiten beschouwing worden gelaten of omdat deze situaties op basis van de huidige inzichten niet worden (h)erkend. Uit de externe veiligheid leren we ook dat de rampenbestrijding rekening moet houden met andere, kleinere, overstromingsscenario's.

4 Omvang 'Worst Credible Flood'

4.1 Afbakening en gebiedsindeling

Het niveau voor bescherming tegen overstromingen is in Nederland vastgelegd in de Wet op de Waterkeringen (1996). Primaire waterkeringen (duinen, dijken en kunstwerken) en hoger gelegen gronden bieden gebieden bescherming tegen overstroming.

Tot de waterstand horende bij het beschermingsniveau wordt verondersteld dat de waterkeringen voldoende hoog en standvastig zijn (Wet op Waterkeringen). Overschrijden van deze waterstand wil niet zeggen dat een overstroming ook werkelijk voor zal komen. Dit is afhankelijk van aanwezige reststerkte. Ook is het mogelijk dat een waterkering zal bezwijken voordat de maatgevende ontwerpcondities voor de waterkering zijn bereikt. De werkelijke overstromingskans wordt bepaald in het traject Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) (DWW, 2005). In onderhavig onderzoek zijn we uitgegaan van overschrijdingskansen.

Het niveau van de bescherming van Zuid-Holland en Noord-Holland (dijkring 13 en 14) is het hoogst: de waterkeringen zijn gedimensioneerd op een waterstand die gemiddeld eens in de 10.000 jaar wordt overschreden. Andere dijkringen hebben een lager beschermingsniveau. Het verschil in beschermingsniveaus hangt samen met de grotere economische belangen, bevolkingsdichtheid en de aard van de dreiging (voorspeltijd en zoet of zout water). Een overzicht van de primaire keringen en de verschillende dijkringen is opgenomen in Figuur 4-1. In Bijlage C: Naam en nummering dijkringen is de naamgeving van deze dijkringen opgenomen.

Bepaling 'worst credible'

De dijkringen vormen de basis voor de gebiedsindeling die is gehanteerd in de betooglijn. De inschatting van de 'worst credible flood' is gemaakt met behulp van experts op het gebied van waterkeringen en overstromingen.

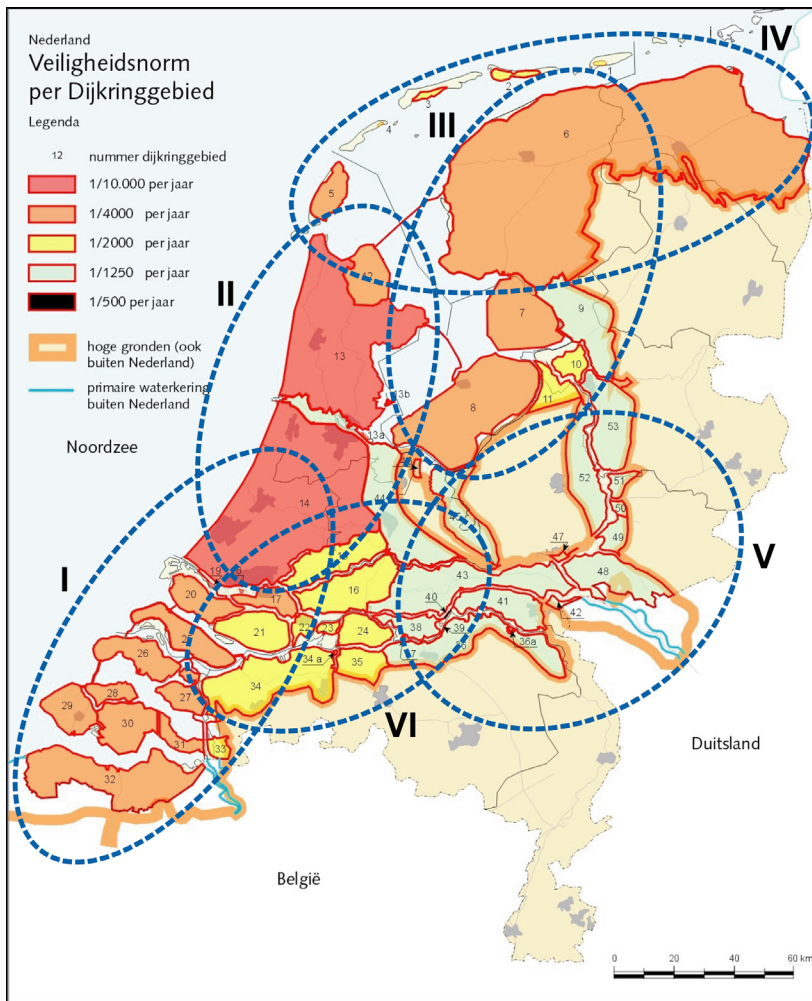
De verschillende dijkringen uit de Wet op Waterkering zijn in eerste instantie geaggregeerd tot zeven gebieden. Hierbij zijn gebeurtenissen en scenario's bepaald die kunnen leiden tot overstromingen in deze gebieden. Op basis van de mogelijke gebeurtenissen is het 'worst credible flood' bepaald voor het kustgebied, het rivierengebied en het IJsselmeergebied. Deze gebeurtenissen bestaan uit een hydraulische belasting en een omvang van de overstroming.

Deze overstromingen overschrijden vrijwel direct de grenzen van bestuurlijke eenheden als gemeentegrenzen, waterschapsgrenzen, provinciegrenzen, grenzen van veiligheidsregio's en regionale diensten van rijkswaterstaat.

Deze gebiedsindeling is ook opgenomen in Figuur 4-1, de volgende gebieden zijn benoemd:

- I Zuidelijke kustgebied
- II Midden kustgebied
- III Meren
- IV Noordelijke kustgebied
- V Bovenrivierengebied⁸
- VI Benedenrivierengebied

⁸ De maaskaden zijn buiten beschouwing gelaten, in het rivierenscenario is overlast hier niet uitgesloten.



Figuur 4-1 Gebiedsindeling

Internationaal perspectief

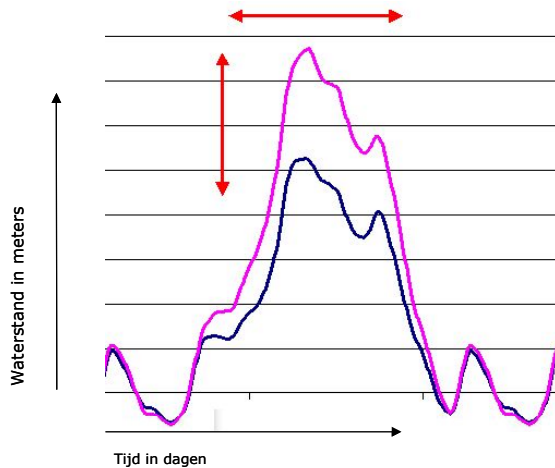
De scenario's zoals gepresenteerd zijn gebaseerd op dreigingen extremer dan waarop de waterkeringen zijn gedimensioneerd. Het gaat hierbij om natuurverschijnselen. Dat betekent dat in de omliggende landen er (mogelijk) ook hoogwaterproblematiek is. Bij de verdere invulling van de rampenbestrijding is dit een aspect waar rekening mee gehouden moet worden.

In meer detail betekent dit voor het rivierengebied dat ook in Duitsland en mogelijk België sprake zal zijn van grootschalige overstromingen. Voor het kustscenario zal de stormvloed ook voor andere landen overlast kunnen geven⁹.

4.2 Hydraulische Belasting

Voor de belasting van een waterkering kan onderscheid worden gemaakt in de hoogte en de duur. Dit is geïllustreerd in Figuur 4-2.

⁹ In 1953 betrof het naast Nederland ook België en Engeland



Figuur 4-2 Illustratie onderscheid in hoogte en duur van een belasting (wind gedomineerde situatie met getijde)

4.2.1 Hoogte van de waterstand

Over de relatie tussen de waterstand op zee, meer en rivier en de terugkeertijd is veel informatie beschikbaar. Op basis van de nu bekende belastingen van waterkeringen (hydraulische randvoorwaarden) is de hoogte van de maximale waterstand vastgesteld voor de 'worst credible flood'. Deze hoogte is hoger dan de maatgevende belasting waarop de keringen nu zijn gedimensioneerd.

Uniforme factor ten opzichte van het beschermingsniveau

De hoogte van de belasting in het maatgevende overstromingsscenario is met een factor gerelateerd aan het beschermingsniveau van de waterkeringen. Deze factor is gekoppeld aan de zogenaamde decimeringshoogte. De decimeringshoogte is een maat van de toename (of afname) van de waterstand als gevolg van een afname (of toename) van de frequentie met een factor 10.

In overleg met experts is gekozen voor de factor 'één maal de decimeringshoogte, kortweg 10'. Dit is als volgt gemotiveerd:

- Beschikbare waterstandstatistiek; statistieken van nog extremere situaties worden onbetrouwbaarder, de bekende waterstandstatistiek is primair opgesteld voor het toetsen van de waterkeringen aan het beschermingsniveau in de wet. Daarnaast zijn de waterstandstatistieken gebaseerd op situaties zonder dijkdoorbraken.
- Andere faalmechanismen dan overlopen die bij grotere belasting dominant worden; door de extremere belasting (hogere waterstand en/of de langere duur) bezwijken waterkeringen grootschalig op stabiliteit. Immers de waterkeringen zijn veelal op min meer dezelfde wijze ontworpen.

De factor 10 wordt in deze betooglijn gehanteerd voor alle dijkkringen in Nederland. Dat betekent dat er een relatie met het beschermingsniveau overal gelijk is. Consequentie is dat deze factor afhankelijk van de locatie op zee, rivier of meer kan leiden tot een andere stijging van de waterstand. Immers, de relatie tussen de waterstand en de terugkeertijd is niet overal gelijk. Langs de kust zal de piekwaterstand voor het maatgevend overstromingsscenario t.o.v. de ontwerpnormen van de waterkeringen met circa 70 cm toenemen, in het benedenrivierengebied met circa 10 cm. De toename van de duur van de afvoer (en dus duur

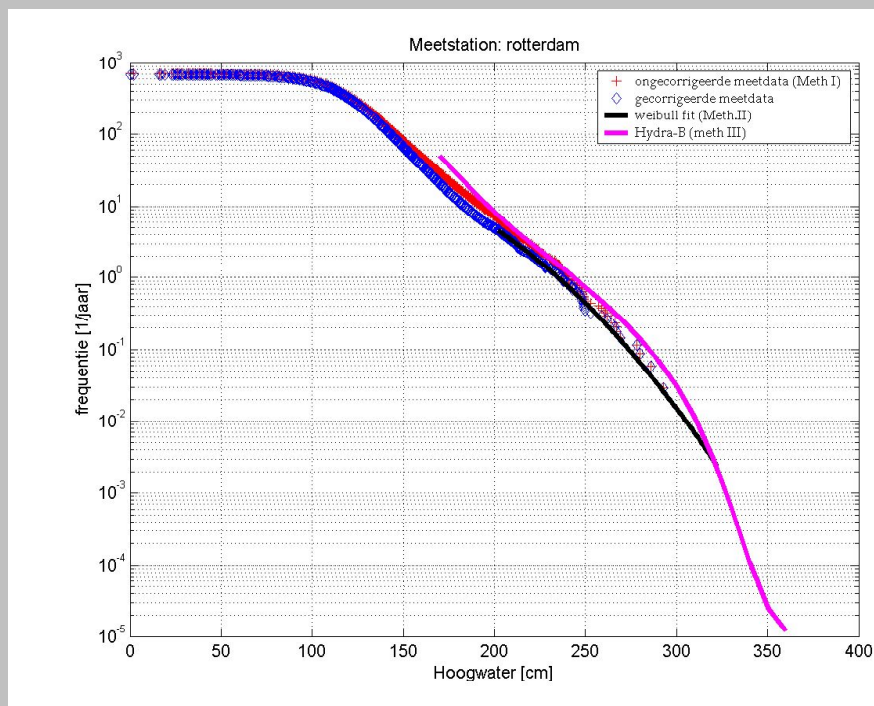
van extreme waterstanden) in het bovenrivierengebied wordt beïnvloedt door het fysisch maximum van de Rijn en de Maas.

Waarom geen ruimtelijke differentiatie in deze factor?

Een ruimtelijke differentiatie van deze factor is niet toegepast. Dit zou leiden tot een mate van willekeur en mogelijk grote ruimtelijke differentiatie ten opzichte van het beschermingsniveau. Dit is toegelicht aan de hand van de beschikbare waterstandstatistiek voor de meetlocatie 'Rotterdam' en de decimeringshoogte langs de kust.

De waterkeringen rondom Rotterdam zijn gedimensioneerd op een situatie zonder Maeslantkering, waarin dus rekening is gehouden met stormvloed. In Figuur 4-3 is de huidige beschikbare waterstandstatistiek (dus met Measlantkering) voor de meetlocatie Rotterdam gepresenteerd, van dagelijkse waterstanden tot en met extremen (RIZA, 2006). In deze figuur zijn ook de waterstandstatistieken opgenomen zoals deze worden gebruikt voor de toetsing op waterkeringen (instrument Hydra-B) (Duits, 2004). De toename van de waterstand bij een overschrijdingsfrequentie 1/100.000 jaar ten opzichte van 1/10.000 jaar is ongeveer 10 cm. Indien de factor gekoppeld was aan bijvoorbeeld twee maal de decimeringshoogte dan zou (op basis van extrapolatie) de stijging van de waterstand nog altijd maar orde 20 cm zijn. Deze waterstand zal naar verwachting niet leiden tot bezwijken van de waterkeringen vanwege de invloed van de Maeslantkering.

De decimeringshoogte langs de Nederlandse kust is orde grootte 70 cm. Eenzelfde stijging van de waterstand toepassen in het benedenrivierengebied betekent dat hier een veel extremere situatie zou worden gebruikt als maatgevend.



Figuur 4-3 Waterstandstatistiek Rotterdam

4.2.2 Duur van de waterstand

Naast een bepaalde hoogte bestaat de belasting van de waterkering uit een duur. Deze duur vertalen we in een golfvorm waarbij gebruik is gemaakt van gangbare verlopen zoals die gebruikt worden bij het toetsen van waterkeringen.

Kustgebied

In het kustgebied wordt de duur van de waterstand bepaald door de lengte van de storm en door het getijde. Er is onder experts momenteel enige discussie over de keuze voor de lengte van de storm bij het toetsen op waterkeringen. Standaard is nu een duur van 29 uur langs de kust, echter er zijn ook redenen om deze duur te verlengen naar 33 uur.

Voor de scenario's in de betooglijn is een conservatieve aanpak gevolgd waarbij we aansluiten bij het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV). Immers de scenario's zijn opgesteld als 'worst credible flood'. In de VTV wordt een duur van 35 uur voorgeschreven voor een 'gladde kust', voor de waddenzee wordt een duur van 45 uur voorgeschreven (Verkeer en Waterstaat, 2004).

Omdat wij spreken over bovenmaatgevende omstandigheden gaan we uit van een langere stormduur, 45 uur. Dat betekent dat de duur van de extreme waterstand één getijde langer is.

Rivierengebied

De duur van de hoge waterstanden worden in het rivierengebied bepaald door de lengte van de afvoergolf. De afvoeren van de Rijn, Maas en Overijsselsche Vecht hebben een bovengrens, het fysische maximum. Met andere woorden, uitgaande van het beschermingsniveau in Duitsland en België is er een bovengrens aan de maximale hoeveelheid water per tijdseenheid die Nederland door de rivieren kan bereiken. Het huidige fysische maximum, bij binnenkomst in Nederland, van de Rijn is 17.000 m³/s, voor de Maas is het 4.600 m³/s (RIZA, 2005). Dit maximum is beschreven in de studie Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas.

Pas na dijkversterking in het buitenland kan er meer water door de rivier naar Nederland stromen. Met het huidige veiligheidsniveaus in het buitenland zal het water bij uiterst extreme omstandigheden leiden tot (grootschalige) overstromingen in deze landen. De afvoer naar Nederland zal naar verwachting niet stijgen boven het fysisch maximum. Wel zal de afvoergolf langer worden, immers het overstromingswater uit Duitsland en België moet ook worden afgevoerd.

Grotere afvoeren dan de huidige veronderstelde afvoeren op de rivieren zijn echter wel mogelijk door een andere afvoerverdeling over de Waal, Lek en IJssel. Dit kan ook leiden tot grootschalige overstromingen maar niet tot het niveau van een 'worst credible flood'.

In het onderzoek is voor de rivieren ingezoomd op de Rijn en de Maas. De Overijsselse Vecht, en ook de Eem en de Schelde, zijn buiten beschouwing gelaten omdat de afvoer van deze rivieren significant minder is, en dus ook de overstromingsgevolgen minder groot zijn dan langs de Rijn en de Maas.

IJsselmeergebied

Het IJsselmeergebied heeft een specifiek karakter. Het wateraanbod op het IJsselmeergebied is in zekere mate beperkt¹⁰. Echter het aantal doorbraken (en dus ook de snelheid van de overstroming) is wel weer afhankelijk van de storm.

¹⁰ Hierbij gaan we uit van functioneren van de Afsluitdijk en de Houtribdijk.

De meren en de diepe polders (de Noordoostpolder en de Flevopolder) kunnen worden beschouwd als communicerende vaten. De uiteindelijke waterstand in de polder en de omvang van de overstroming hangen niet af van de tijdelijke piekbelasting op de waterkeringen tijdens de storm maar van de het gemiddelde meerpeil over een periode van meerdere dagen. Het aantal dijkdoorbraken en vervolgens ook de snelheid waarmee de polder onder water lopen zijn juist wel afhankelijk van de extreme waterstanden tijdens de storm.

Voor een dijkdoorbraak langs de hoger gelegen gebieden (dus niet de diepe droogmakerijen) is de storm bepalend voor het gebied dat zal overstromen. Dat komt omdat het maaiveld ten opzichte van het meerpeil hier veelal hoger is. Als de storm gaat liggen en de waterstand weer zakt dan zal er nog nauwelijks water door de bressen naar binnen stromen.

Voor het IJsselmeergebied gaan we uit van een gelijke stormduur als langs de kust, 45 uur.

4.3 Omvang van de overstroming

Voor de maatgevende overstromingsscenario's zijn gebeurtenissen verondersteld die leiden tot extreme en langer aanhoudende waterstanden dan waarop de waterkeringen zijn gedimensioneerd. Dat betekent dat er op grote schaal waterkeringen zwaarder worden belast dan waarvoor deze zijn ontworpen. We gaan er hierbij vanuit dat waterkeringen bezwijken op basis van diverse faalmechanismen. Welke mechanismen dat zijn is voor de 'Maatgevende Overstromingsscenario's' geen interessante vraag. Een overzicht van de mogelijke faalmechanismen is opgenomen in Figuur 4-4 (Verkeer en Waterstaat, 2005).

Voor dijken zijn vier faalmechanismen van belang:

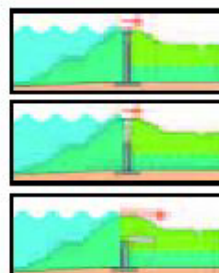
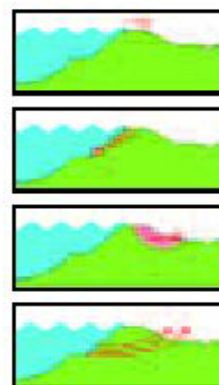
- | | |
|---------------------------------|--|
| overloop en golfoverslag | de waterstand of de golven zijn hoger dan de hoogte van de dijk, het water stroomt over de dijk heen; daarmee begint de erosie van het binnentalud |
| beschadiging bekleding | de dijkbekleding raakt door golven beschadigd waarna een deel van de dijk wegspoelt |
| afschuiving binnentalud | de landzijde van de dijk wordt instabiel en zakt weg |
| opbarsten en piping | het water vormt pijpvormige ruimten onder de dijk door en ondergraaft op die manier de dijk |

Duinen kunnen bezwijken door:

- | | |
|-------------------|---|
| duinafslag | tijdens storm slaat een groot deel van het duin weg, de zee breekt erdoorheen |
|-------------------|---|

Ook kunstwerken in de dijken, zoals sluizen, kunnen bezwijken en een overstroming in de dijkkring veroorzaken. Voor kunstwerken zijn drie faalmechanismen van belang:

- | | |
|---------------------------------|---|
| overloop en golfoverslag | de waterstand is hoger dan de hoogte van het kunstwerk, het water stroomt over het kunstwerk heen |
| niet-sluiten | het kunstwerk sluit niet tijdig of niet volledig, het water stroomt erdoorheen |
| constructief falen | de constructie bezwijkt |



Figuur 4-4 Faalmechanismen

De omvang van de overstroming is ingevuld door te bepalen hoeveel dijkringen tegelijkertijd overstromen. Door de extreme belasting is het zeer waarschijnlijk dat er zowel langs de kust, als in het rivierengebied als in het IJsselmeergebied meerdere dijkdoorbraken zijn.

Hierbij spelen twee begrippen een cruciale rol: systeemwerking en cascade-effecten. In hoeverre systeemwerking en cascade-effecten optreden, is afhankelijk van de fysica van het systeem.

- *Systeemwerking*; als gevolg van een dijkdoorbraak daalt de waterstand in delen van het watersysteem. Daar waar de waterstand daalt neemt de kans op een dijkdoorbraak sterk af¹¹.
- *Cascade-effect*; overstromingswater kan door een dijkkring over een primaire waterkering, of over hoge gronden stromen waardoor vervolgens een andere dijkkring overstroomt. Dit proces wordt cascade-effect genoemd of ook wel achterloopsheid genoemd.

Kustgebied

Een doorbraak langs de kust zal nagenoeg niet leiden tot ontlasting van de kust op andere plaatsen. Het wateraanbod is dermate groot en de storm dermate heftig dat de waterstand nauwelijks zal dalen. Systeemwerking zal dan ook nauwelijks plaatsvinden. Ook cascade-effecten zijn niet waarschijnlijk. Langs de kust liggen veelal diepe polders of eilanden. De duur van de instroom is beperkt waardoor de dijkringen niet dermate vol lopen dat deze aan de overzijde weer overlopen.

Rivierengebied en IJsselmeergebied

In het rivierengebied, en mindere mate het IJsselmeergebied, zal een doorbraak wel leiden tot een ontlasting. De (benedenstroomse) waterstand wordt dermate verlaagd door de doorbraak bovenstrooms dat het uiterst onwaarschijnlijk is dat hier nog een doorbraak zal plaatsvinden. Ook bij een combinatie van afvoer en wind op de rivier zal de waterstand naar verwachting dermate dalen dat een nieuwe doorbraak onwaarschijnlijk is. Bovenstrooms echter raakt het effect van de doorbraak steeds verder uitgewerkt (verhanglijn). Hier zijn dan nog wel nieuwe doorbraken mogelijk.

Er is nagenoeg geen informatie beschikbaar over de omvang van een overstroming in termen van het aantal dijkringen dat tegelijkertijd kan worden getroffen. Door experts zijn scenario's benoemd en is de omvang bepaald die 'worst credible' is. Alhoewel hierbij consensus is bereikt over de 'worst credible flood' zijn tegelijkertijd door de experts wel kanttekeningen geplaatst aangaande hun eigen specifieke expertise en de consequenties van de koppeling hiervan met overstromingsgevolgen en rampenbestrijding. De experts kunnen worden verdeeld in grofweg drie groepen:

- 1) Hydraulische belastingen; kenners op het gebied van het bepalen van hydraulische belastingen. Het gaat veelal om experts van specialistische diensten van Rijkswaterstaat. Veelal is deze kennis verdeeld over de typen watersystemen.

¹¹ Overigens kan bij een te snelle daling van de waterstand de waterkering instabiel worden. Met spreekt dan over snelle val (Thonus, 2006). Dit is echter buiten beschouwing gelaten.

- 2) Overstromingsgevolgen; kenners op het gebied van overstromingsgevolgen. Het gaat hierbij veelal om experts van waterschappen en provincies. Gebiedskennis is veelal beperkt tot de eigen regio.
- 3) Overige specialismen; kenners op het gebied van weersomstandigheden, geotechnologie, rampenbestrijding enzovoort.

5 Gevolgen 'Worst Credible Floods'

5.1 Veronderstellingen aan de basis van de scenario's

Aan de basis van de uitwerking van de scenario's als 'worst credible floods' staan een aantal algemene veronderstellingen over de bepaling van het overstromingspatroon en de rampenbestrijding. Deze veronderstellingen zijn toegelicht in dit hoofdstuk.

5.1.1 Overstromingspatroon

Overstromingsmodellen

Het overstromingspatroon is berekend met bestaande overstromingsmodellen die zijn opgesteld onder regie van de provincies. Deze modellen zijn veelal getoetst door overstromingenexperts en gebiedsdeskundigen. Voor deze modellen zijn geen metingen als verificatiemateriaal beschikbaar. Dat wil zeggen dat de rekenresultaten niet met metingen vergeleken kunnen worden om zodoende te bepalen of het model de werkelijkheid weergeeft. Wel kunnen met de modellen scenario's worden gemaakt om inzicht te krijgen in de omvang van de overstroming, schade en slachtoffers.

Invloed van wind op verspreiding overstromingswater

Wind heeft invloed op de waterstand. Voor de zee en meren is wind zelfs de dominante factor voor waterstanden die kunnen leiden tot grootschalige overstromingen. De invloed van wind is dat ook verwerkt in de hydraulische belasting. Ook op de rivier kan een gematigde wind leiden tot dijkdoorbraken in combinatie met extreme afvoeren.

Voor de verspreiding van het water in het overstromingsgebied zelf is geen rekening gehouden met de invloed van wind¹².

Functioneren van regionale waterkeringen

We gaan uit van standvastigheid van waterkeringen binnen een dijkkring. Dat betekent dat, tenzij anders aangegeven, we veronderstellen dat deze niet bezwijken maar wel kunnen overstromen. Denk hierbij aan boezemkaden, compartimenteringsdijken en polderkaden, denk hierbij ook aan hoge wegen en spoorlijnen die in de modellen zijn opgenomen.

In de werkelijkheid zullen dergelijke waterkeringen wel (grootschalig) bezwijken na overlopen of op basis van stabiliteit. De locaties waar dit zal gebeuren zijn echter niet nauwkeurig te bepalen.

Een andere modellering van bezwijken van deze waterkeringen zal leiden tot een ander overstromingspatroon. Daar waar de kering bezwijkt, zal een gebied eerder overstromen. Elders zal hierdoor dan echter ontlasting optreden.

¹² De keuze voor een windveld zou arbitrair zijn en geen extra informatie opleveren, voor een periode van 1 tot 2 weken zou een windveld bepaald en opgelegd moeten worden.

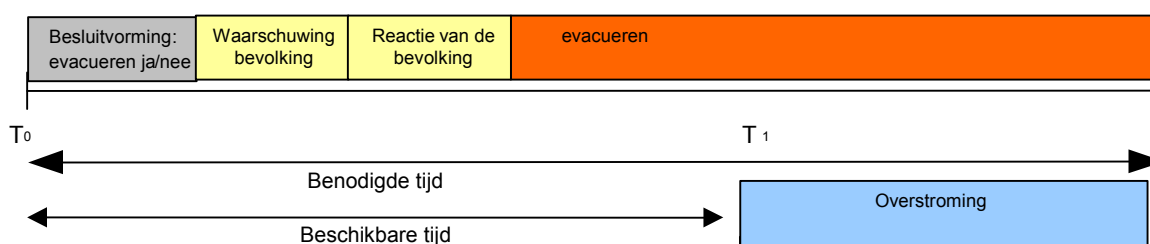
5.1.2 Rampenbestrijding

De organisatie van de rampenbestrijding heeft invloed op het aantal dodelijke slachtoffers en op het aantal mensen dat niet tijdig het rampgebied heeft kunnen verlaten.

Voorspeltijd van een overstroming

De *beschikbare tijd* is de tijd vanaf het moment dat de verantwoordelijken aangeven dat de waterkeringen het water mogelijk niet langer meer kunnen keren tot het daadwerkelijk bezwijken van 1 of meer waterkeringen. De *benodigde tijd* is de tijd die men nodig heeft voor de besluitvorming, voor het in gang zetten van de evacuatie en het transport naar veilig gebied.

Het in gang zetten van de evacuatie bestaat uit het waarschuwen van de bevolking, de reactie van de bevolking op de waarschuwingsboodschap en vervolgens de voorbereiding van de bevolking op het vertrek. De benodigde tijd kan (veel) langer zijn dan de beschikbare tijd.



Figuur 5-1 Beschikbare en benodigde tijd

Voor gebeurtenissen zoals beschreven in deze betooglijn is er ook sprake van enige voorspeltijd. Deze beschikbare tijd kan (en zal) worden benut waardoor het aantal potentiële slachtoffers kleiner wordt. Over de invulling van deze tijd en de invulling van de resterende tijd tussen de doorbraak en het moment van overstromen op een willekeurige locatie, is nog nauwelijks informatie beschikbaar. Dit zal nog nadere uitwerking behoeven.

Op basis van de weersverwachting van het KNMI wordt door Rijkswaterstaat een voorspelling gegeven van de te verwachten maximale waterstanden en het tijdstip waarop deze optreden:

- de Stormvloedwaarschuwingdienst (SVSD) voor de kust en het benedenrivierengebied;
- Info centrum binnenwateren (RIZA Berichtencentrum) voor de bovenrivieren;
- Waarschuwingdienst Dijken IJsselmeergebied (WDIJ) voor de meren.

De waterstand, en ook de hoogte van de golven als gevolg van wind, kunnen goed worden voorspeld. Een waterkering kan ook bezwijken door andere faalmechanismen dan overloop (zie Figuur 4-4 waarin diverse faalmechanismen zijn beschreven).

Door de DWW is in 2004 onderzoek gedaan naar de voorspeltijd van een 'kritieke belasting' op een waterkering. Op basis van deze inzichten is de gemiddelde beschikbare tijd uitgewerkt voor de scenario's uit de betooglijn (Noortwijk en Barendregt, 2004), hierbij zijn we uitgegaan van het faalmechanisme overloop waarbij de *gemiddelde* voorspeltijd¹³ hieronder is opgenomen:

- Kust: 15 uur
- Rivieren: 60 uur
- IJsselmeergebied: 18 uur

¹³ Deze voorspeltijd kan dus ook meer of minder zijn. Ook kan de voorspeltijd bij andere faalmechanismen groter zijn, echter voor de maatgevende overstromingen als beschreven in dit rapport is wel een extreme belasting noodzakelijk.

In Bijlage B: Beschikbare tijd per faalmechanisme is per faalmechanisme voor diverse locaties langs de kust, meren en rivieren een indicatie opgenomen van de beschikbare tijd. Deze indicatie is opgesteld op basis van het raadplegen van experts (Barendregt & Noortwijk, 2004).

Opvang en evacuatie

Een opvang- en evacuatiestrategie is erop gericht om mensen (en dieren) uit een bedreigd gebied naar een hiervoor ingerichte 'veilige plaats' te brengen. Het doel is het verminderen van het aantal mogelijke (dodelijke) slachtoffers. Als de doorbraaklocatie(s) nog niet bekend zijn dan zal er bij het bepalen van het bedreigd gebied rekening moeten worden gehouden dat doorbraken op meer plaatsen, in allerlei combinaties, mogelijk zijn.

Vooralsnog veronderstellen we dat de evacuatie is gericht op gebieden buiten het overstroomd gebied. Een veilige plaats kan echter ook liggen binnen het overstroomd gebied, bijvoorbeeld een hoger gelegen gebied of een (vooraf ingerichte) shelter of opvanglocatie. Gebruik van deze veilige plaatsen is mogelijk omdat de waterstand en de stroomsnelheid niet overal direct levensbedreigend is. Na verloop van tijd¹⁴, door uitval van alle voorzieningen en door uitblijven van medische hulp, is het naar verwachting niet leefbaar in deze gebieden (en kunnen dus alsnog slachtoffers vallen) maar door juiste invulling van rampenbestrijding kunnen na de overstroming mensen van levensbehoefte worden voorzien en vervolgens worden geëvacueerd. Daarnaast kan natuurlijk door preventieve maatregelen van overheid, bedrijven en burgers schade worden beperkt en het herstel worden bespoedigd.

Op basis van de huidige inzichten en calamiteitenplannen is er nog geen inzicht in het aantal mensen dat tijdig kan worden geëvacueerd. Wel is er in Nederland enige ervaring met (de dreiging van) overstromingen, recent in 1995 en in een verder verleden in 1953. Ook bestaan er instrumenten om evacuatietijden (HIS-EC) te berekenen: deze kunnen de basis zijn voor hierop volgende planvorming. Deze zijn toegepast voor dijkkring 14 in VNK (Doef en Cappendijk, 2006) en voor de agenda van de toekomst (Kolen, 2006).

De scenario's beschreven in de betooglijn vormen de basis voor de verdere uitwerking van de rampenbestrijding op nationale schaal waarin bovengenoemde aspecten verder kunnen worden uitgewerkt. Hiermee kan worden aangesloten op de regionale voorbereiding.

(Dodelijke) slachtoffers

Voor de bepaling van het aantal getroffen en dodelijke slachtoffers is een bovengrensscenario en een meer reëel scenario uitgewerkt. Zoals gezegd veronderstellen we dat de evacuatie hierbij gericht is op het bereiken van een gebied buiten het overstroomde gebied. We sluiten hiermee aan op de aannames zoals die zijn gemaakt in de evaluatie van het waterbeleid zoals die is gedaan door het RIVM in 'Risico's in bedijkte termen' (RIVM, 2004):

- Bovengrens, hierbij heeft er geheel geen evacuatie plaatsgevonden. We gaan er vanuit dat alle inwoners van een gebied worden getroffen door de overstroming. Dit scenario is een conservatieve aanpak.

¹⁴ De term 'na verloop van tijd' is niet voor alle personen gelijk. Een gezonde burger kan zichzelf langer onderhouden dan bijvoorbeeld een nierdialyse patiënt. Met name voor mensen die thuis wonen maar wel aangewezen zijn op medische voorzieningen is snelle hulpverlening noodzakelijk.

- Reële schatting, hierbij heeft er een evacuatie plaatsgevonden. We gaan hierbij uit van de gebiedsgemiddelde inschattingen voor evacuatie als gemaakt in 'Risico's in bedijkte termen' (RIVM, 2004):
 - Scenario kust: 1% evacuatie
 - Scenario IJsselmeergebied: 50% evacuatie
 - Scenario Rivierengebied 99% evacuatie¹⁵

Bij de berekening van het aantal dodelijke slachtoffers is uitgegaan van de waterstand. Er is geen rekening gehouden met de stijgsnelheid, of de stroomsnelheid van water. Hierdoor kunnen, bij bepaalde omstandigheden, extra dodelijke slachtoffers vallen. Deze extremen zijn (zeer) lokaal van aard. Verondersteld is dat mensen in het gebied zodanig handelen dat ze hierdoor niet worden getroffen, mede ook door een waarschuwing vooraf dat elders de dijk is gebroken. Lokaal, zeker nabij een bres in de primaire waterkeringen of een regionale waterkering, kunnen echter wel degelijk slachtoffers vallen als gevolg van hoge stroomsnelheden en stijgsnelheden. Verondersteld is dat mensen zodanig handelen dat deze, ook lokaal, bescherming zoeken tegen deze stroomsnelheden en stijgsnelheden.

Slachtoffers als gevolg van evacuatie en slachtoffers buiten het overstroomd gebied (als gevolg van wind) zijn niet meegenomen.

Dichten van bressen en (nood)maatregelen

Er is vanuit gegaan dat de bressen die zijn gesimuleerd in de waterkeringen niet worden gedicht. Reeds in RBSO is geconstateerd dat er met de huidige technische mogelijkheden het snel dichten van een bres niet mogelijk is. Alleen als tijdig een bres wordt gesignaleerd, en deze nog beperkt is qua omvang, dan kan deze mogelijk snel worden gedicht. Hierbij worden kanttekeningen gemaakt over de beperkte beschikbaarheid van materieel en een grote kans op falen (RBSO, 2005).

De combinatie van meervoudige doorbraken en extreme belasting maakt dat het zeker voor scenario's als een 'worst credible flood' niet reëel is te veronderstellen dat bressen worden gedicht gedurende de eerste dagen na een dijkdoorbraak. Door de meervoudige doorbraken, verspreid over een groot deel van Nederland lijkt er al snel onvoldoende capaciteit voorhanden te zijn. Hydraulisch is de belasting dan ook groter: hogere waterstanden, een groter wateraanbod en hogere stroomsnelheden. Daarnaast zal dichten van de bres niet leiden tot een ontlasting van het watersysteem waardoor de locatie van de doorbraak mogelijk alleen wordt verplaatst. Zo is er in de betooglijn ook geen aandacht besteed aan beschermingsmaatregelen om een overstroming te voorkomen.

5.2 Kustgebied

5.2.1 Drijvende kracht overstroming in het kustgebied

De waterkeringen langs de zee en estuaria worden belast door waterstanden, windgolven, buistoten, bui-oscillaties en seiches. Sterke stormen, uit noordwestelijke richting hebben duidelijk effect op de waterstanden langs de kust. Naarmate de storm langer aanhoudt, kan er meer water worden opgestuwd tegen de duinen en de dijken.

¹⁵ . In 1995 is reeds bewezen dat binnen de beschikbare tijd een evacuatie kan plaatsvinden in tamelijk goede orde. We veronderstellen dat er altijd enige achterblijvers zijn.

De watersnood van 1 februari 1953 hoorde als enige in de 20e eeuw tot hoge stormvloeden voor Zuidwest-Nederland: bij Hoek van Holland werd 385 cm boven Normaal Amsterdams Peil (NAP) gemeten, terwijl dit voor het astronomisch getij 80 cm bedroeg. De extra verhoging door de storm was dus 305 cm. Bij Vlissingen kwam het water tot +455 cm. Van recenter datum zijn middelbare stormvloeden op 3 januari 1976 (bij Vlissingen +394 cm), 27 februari 1990 (+384 cm), 28 januari 1994 (+387 cm). Op 17 februari 1962 beleefde Delfzijl een middelbare stormvloed met in Noord-Duitsland uitgebreide overstromingen. (bron www.knmi.nl).

Met de huidige hoogte en sterkte van de waterkeringen levert een storm als in 1953 geen problemen meer op.

De windkracht kan worden uitgedrukt in de schaal van Beaufort. Hieraan is ook een beschrijving gekoppeld van waarnemingen. De schaal van Beaufort is opgenomen in Bijlage D: Schaal van Beaufort.

Vertaald in wind zou in het huidige klimaat volgens modelberekeningen eens in de 10.000 jaar gemiddeld over 12 uur op een hoogte van ongeveer 2 kilometer een windsnelheid worden bereikt van 170 km/uur, een superstorm van orkaankracht die boven de Noordzee nog nooit gemeten is. In Bijlage A: Stormen sinds 1910 is een overzicht opgenomen van de windsnelheden die zijn gemeten door het KNMI sinds 1910. Een orkaan (windkracht 12) op zichzelf is al levensgevaarlijk. Door de extreme wind zal er van alles door de lucht vliegen en kunnen wegen gestremd raken, bruggen zijn onbegaanbaar, bovenleidingen van treinen omvallen of breken en kan er niet of nauwelijks gebruik worden gemaakt van vaarwegen.

Voorspelling

Het KNMI kan een depressie van tevoren dermate nauwkeurig bepalen dat in een vroeg stadium bekend is of er een stormvloed in aantocht is. Het KNMI geeft stormwaarschuwingen uit en berekent ook de verwachte waterstanden voor de kust.

Als deze waterstanden bepaalde waarden overschrijden, wordt de Stormvloed Waarschuwingdienst van Rijkswaterstaat (SVSD) ingelicht. Dit gebeurt veelal 10 uur voor het bereiken van deze waterstanden. De SVSD stelt verwachtingen op van de kritieke hoogwaters en geeft tijdig waarschuwingen uit naar de beherende instanties die vervolgens maatregelen kunnen nemen. Door de SVSD wordt er naar gestreefd dat minimaal 6 uur voor het bereiken van de piekwaterstanden de beheerders worden geïnformeerd of gealarmeerd (bron www.svsd.nl).

Momenteel wordt er door de SVSD onderzoek gedaan naar het vergroten van de voorspeltijd tot meerdere dagen. Hiermee komt er voor de beheerders meer tijd beschikbaar voor het nemen van maatregelen (waaronder evacuatie).

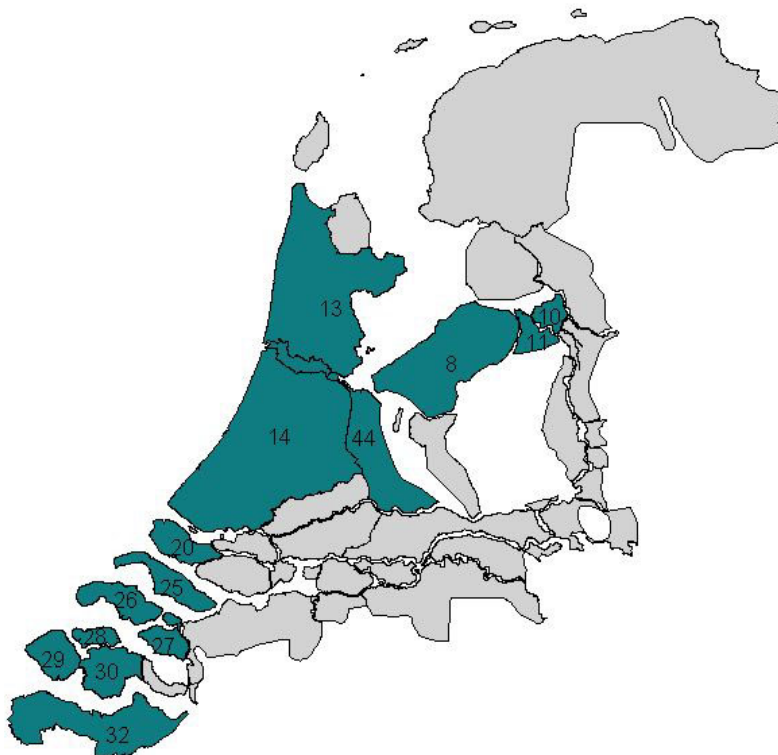
5.2.2 'Worst credible flood' kustgebied

Omvang

Op basis van mogelijke scenario's in het kustgebied zijn met experts de volgende scenario's opgesteld die allen in aanmerking komen als 'credible' binnen de context van de maatgevende overstromingsscenario's.

- Overstroming als gevolg van een stormvloed van 'Midden kustgebied', gebied II;
- Overstroming als gevolg van een stormvloed van 'Zuidelijke kustgebied, gebied I;
- Overstroming als gevolg van een stormvloed van 'Noordelijke kustgebied, gebied IV;
- Overstroming als gevolg van een stormvloed van 'Zuidelijke (I) & Noordelijke (IV) kustgebied' en als gevolg van hoogwater in het Rivierengebied;
- Overstroming als gevolg van een stormvloed van 'Noordelijke kustgebied (IV) en het IJsselmeergebied (III) als gevolg van een doorbraak van de afsluitdijk;
- Overstroming als gevolg van een stormvloed van 'Zuidelijke kustgebied, gebied I en een doorbraak van de Maeslantkering met overstromingen in het benedenrivierengebied (VI);

Het scenario waarin een overstroming optreedt als gevolg van een stormvloed van 'Zuidelijke (I) en Midden (II) kustgebied inclusief overstroming in de IJsseldelta en Noord-Oost Flevoland¹⁶ als gevolg van de storm is als 'worst credible' vastgesteld. De dijkringen, waarvan in dit scenario delen overstromen, zijn opgenomen in Figuur 5-2.



Figuur 5-2 Omvang kustscenario

¹⁶ In de IJsseldelta en langs de Flevopolders zal een vergelijkbare combinatie van meerpeil en wind leiden tot bezwijken van waterkeringen.

Detaillering scenario

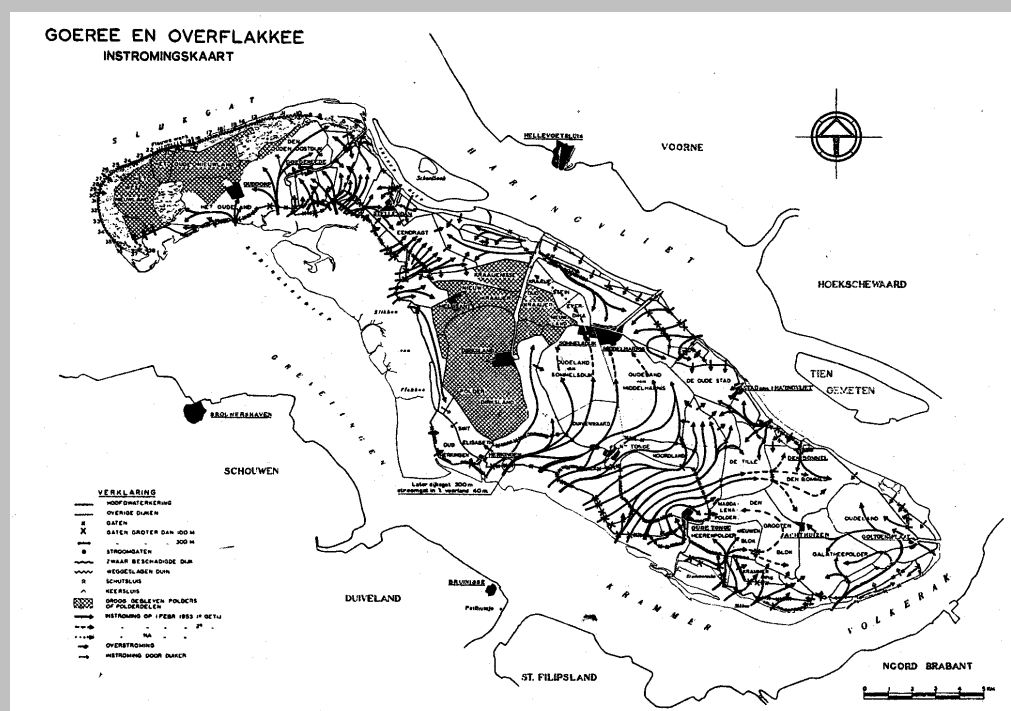
Het scenario is verder uitgewerkt door het vaststellen van de locaties van de dijkdoorbraken. Dit is gedaan op basis van de beschikbare kennis uit de toetsing van de waterkeringen, inzichten in zwakke plekken, en op basis van overstromingsmodellen samen met de provincie Zeeland, Zuid-Holland, Noord-Holland en Overijssel. Voor de berekening van de gevolgen is ook gebruik gemaakt van deze modellen.

Leren van 1953

De inzichten in het aantal dijkdoorbraken en de afmetingen hiervan, zoals opgetreden in 1953, zijn gebruikt als referentiekader voor het invullen van het scenario voor de kust. In Figuur 5-3 is een overzicht opgenomen van de locaties van dijkdoorbraken op het eiland Goeree in 1953. Het gaat hier om een lengte die overeen komt met 10% van de totale lengte van de waterkeringen die buitenwater keren, binnenbressen zijn buiten beschouwing gelaten. In het kader zijn enkele kentallen opgesomd.

In 1953 woedde op 31 januari en 1 februari een zware noordwesterstorm. Door de combinatie van de lange duur van de storm en een springvloed werd het water in het zuidelijke deel van de Noorzee hoog opgestuwd. Rond het eiland Goeree Overflakkee varieerde de topwaterstand tussen NAP +4,10 m en NAP +4,60 m.

De dijken bleken niet tegen deze waterstanden bestand. Vrijwel alle dijken bleken te laag, met name aan de zuidzijde van de dijkkring ontstonden vele bressen. Na het eerste hoogwater stond, op enkele polders na, de hele dijkkring onder water. De waterstand daalde daarna echter niet veel, waardoor bij de tweede vloed de waterstand nog hoger werd. Alleen de polders Dirksland, Melissant, Nieuwe- en oud Kraaijer bleven gespaard, evenals het hoger gelegen deel in het westen. In Figuur 5-3 zijn de droog gebleven delen donker weergegeven. Tevens staat in het figuur weergegeven hoe het instroompatroon is geweest (Wouters, 2005).



Figuur 5-3 Doorbraken Goeree in 1953

Totaal aantal bressen:	145 stuks
Gemiddelde bresbreedte:	75 meter
Maximale bresbreedte:	800 meter
Som alle bresbreedtes	12.000 meter
Lengte waterkering	95.500 meter
Percentage weggeslagen t.o.v. omtrek	11,5%

Echter ten opzichte van 1953 zijn ook duidelijk verbeteringen aangebracht aan de waterkeringen die ook van invloed zijn op de detaillering van het scenario. Zo zijn de dijken en duinen sterk verbeterd. Een stormvloed zoals van 1953 zal niet leiden tot een overstroming met de huidige sterkte van de waterkeringen. Alleen nóg extreme belastingen kunnen leiden tot een overstroming. Dat betekent dat ook het drukverschil over de bres groter zal zijn en dus dat er

mogelijk een grotere bres zal ontstaan tijdens een doorbraak. Bij de verbetering van de dijken zijn ook het aantal overgangen in grond en bekleding (vanouds relatief zwakke plekken) verminderd.

Doorbraaklocaties

De doorbraaklocaties zijn geselecteerd op basis van de aanwezige zwakke plekken en de aanwezige overgangen van zand naar steen (dit zijn relatief zwakke locaties bij extreme omstandigheden). Bij grote duingebieden is aangenomen dat daar geen doorbraak plaats zal vinden. Bij zwakkere plekken is daarentegen aangenomen dat er meerdere dijkdoorbraken optreden. De volgende doorbraaklocaties, per dijkkring, zijn opgenomen:

- Dijkkring 32 Zeeuws Vlaanderen
 - Cadzand gemaal/uitwateringssluys (3 doorbraken)
 - Sluizen van Terneuzen (3 doorbraken)
 - In het oosten van de Westerschelde, nabij Ossensisse (3 doorbraken)
- Dijkkring 29 Walcheren¹⁷
 - Boulevard Vlissingen (Nolledijk)
 - Ten zuiden van Westkapelle (zeedijk)
 - Zoutelande
- Dijkkring 30 Zuid Beveland West
 - Hoedenkenskerke (3 doorbraken)
 - Borsele/Ellewoutsdijk (3 doorbraken)
 - Sloehaven (3 doorbraken)
- Dijkkring 31 Zuid Beveland Oost
 - Kruiningen (3 doorbraken)
 - Bath (3 doorbraken)
- Dijkkring 26 Schouwen
 - Renesse (2 doorbraken)
 - Westenschouwen (1 doorbraken)
- Dijkkring 27 Tholen
 - Stavenisse (2 doorbraken)
 - Tholen (2 doorbraken)
 - St Philipsland (1 doorbraken)
- Dijkkring 25 Goeree Overflakkee
 - Flauwe Werk (2 doorbraken)
- Dijkkring 20 Voorne Putten
 - zwakke schakels aan de zeezijde van Voorne (3 doorbraken)
- Dijkkring 14 Zuid Holland
 - Delflandse kust (6 doorbraken)
 - Scheveningen haven (1 doorbraak)
 - Katwijk (2 doorbraken)
 - Noortwijk (2 doorbraken)
- Dijkkring 44 Kromme Rijn
 - Spui en maalcomplex IJmuiden (doorbraak grote spuisluis)

¹⁷ Van dit gebied bestaat geen overstromingsmodel, deze dijkkring is verder niet meegenomen

- Dijkkring 13 Noord Holland¹⁸
 - Zwakke plek Helderse Zeewering (3 doorbraken)
 - Zwakke plek Den Helder - Callantsoog 1(2 doorbraken)
 - Zwakke plek Pettemer en Hondsbossche zeewering(2 doorbraken)
- Dijkkring 10 Mastenbroek
 - Zalk (1 doorbraak)
 - Hasselt (1 doorbraak)
- Dijkkring 11 IJsseldelta
 - Ten zuiden van Kampen (1 doorbraak)
 - Zalk (1 doorbraak)
- Dijkkring 8 Flevoland
 - Lelystad (2 doorbraken)

Uitgegaan is van een constante bresgrootte van 150 meter.

Buitendijkse gebieden

Daarnaast is wateroverlast voorzien in buitendijkse gebieden. Van deze gebieden bestaan geen modellen om het overstromingspatroon te berekenen. Denk hierbij aan:

- Buitendijkse gebied bij Zuid Beveland West, hier ligt diverse industrie
- Maasvlakte nabij Rotterdam, hier ligt diverse industrie
- Bebouwing in de kuststrook; in het duingebied zelf wonen diverse mensen, ook liggen delen van badplaatsen buitendijks¹⁹.
- Kampereiland in de IJsseldelta, de waterkeringen rondom het Kampereiland zijn gedimensioneerd op een overschrijdingskans van de waterstand van 1/500 jaar. De dijken zijn als overstroombare dijken ontworpen.

We gaan er vanuit dat in deze gebieden geen slachtoffers vallen. Het aantal getroffen en zal hierbij gelijk zijn aan het aantal inwoners er vanuit gaande dat deze gebieden overstromen. Deze aantallen zijn, evenals de schade, niet gekwantificeerd.

5.2.3 Overstromingsgevolgen

De overstromingsgevolgen zijn opgenomen in Tabel 5-1. In hoofdstuk 7 zijn kaarten opgenomen van het overstromingsverloop (waterstanden), stijgsnelheden en aantal dodelijke slachtoffers.

¹⁸ Van Noord-Holland is nog geen overstromingsmodel beschikbaar waarmee de gevolgen van een doorbraak uit zee kunnen worden berekend. Daarom is binnen dit project een globaal model opgesteld om een indruk te krijgen van de gevolgen. Dit globale model bestaat uit een combinatie van de hoogtekaart (AHN), de ligging van de boezemwaterkeringen, een gemiddelde hoogte voor deze keringen en de ligging van de boezemwatergangen waarbij is uitgegaan van een standaard profiel. De resultaten van dit scenario zijn indicatief.

¹⁹ gemeenten hebben hiervoor rampenplannen opgesteld waarin duidelijke faseringen en zoneringen zijn opgenomen voor het evacueren en verplaatsen van mensen. Het gaat hier om het gebied dat buitendijks ligt.

Tijdsduur	Omvang overstroming	Getroffenen	Dodelijke slachtoffers zonder evacuatie	Dodelijke slachtoffers met 1% evacuatie	Schade
[uren]	[km ²]	[personen]	[personen]	[personen]	[Miljard euro's]
1	470	260.000	1.000	1.000	10
4	1.240	706.000	3.400	3.400	36
8	2.000	1.092.000	5.000	5.000	55
12	2.480	1.334.000	5.700	5.600	64
16	2.840	1.573.000	6.700	6.600	75
24	3.470	1.818.000	7.700	7.600	92
48	3.940	2.018.000	8.500	8.400	105
168 (week)	4.330	2.290.000	10.100	10.000	121
Maximum	4.340	2.269.000	10.400	10.300	121

Tabel 5-1 Overstromingsgevolgen scenario kust

Omvang overstroming

De omvang van de overstroming is ruim 4300 km². Deze omvang wordt zeer snel bereikt: 8 uur na de doorbraak is bijna 50% van het gebied al overstroomd. 1 dag na de doorbraak is ruim 80% overstroomd en een dag later 90%.

Opvallend is dat, ondanks de extreme belasting, dijkeringen niet geheel overstroomd. De grote dijkeringen langs de kust overstroomd niet geheel, denk hierbij aan Zuid-Holland en Noord-Holland maar ook aan de Kromme Rijn. Ook de kleinere dijkeringen overstroomd niet geheel.

Langs de kust is de instroom van water een beperkende factor. Als de storm weer is gaan liggen stroomt er nagenoeg geen water het gebied meer in. Ook de interne waterkeringen en hoge(re) gronden voorkomen dat het water zich verder verspreidt en de rest van de dijkkring overstroomt.

Het noordoostelijk deel van de Flevopolder overstroomt wel geheel omdat de maaiveldhoogte in deze polder lager ligt dan het gemiddelde meerpeil. Als de bres eenmaal is ontstaan dan lopen de meren als het ware leeg in de polders.

Daarnaast valt op dat de waterdiepte in het overstroomd gebied sterk varieert. Niet overal is sprake van een waterdiepte van meerdere meters. In ruim 50% van het gebied is de maximale waterdiepte minder dan 2 meter, in slechts 28% meer dan drie meter (hoogte eerste verdiepingvloer eengezinswoning). In Tabel 5-2 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de waterdiepte.

Klasse waterdiepte	Areaal (totaal 4.340 km ²)
0,01 – 1 meter	23%
1 – 2 meter	29%
2 – 3 meter	20%
3 – 4 meter	16%
> 4 meter	12%

Tabel 5-2 Klassen waterdieptes overstroomd kust

Stijgsnelheid

De stijgsnelheid is zoals de verwachting het grootst nabij de doorbraaklocaties. Daarnaast valt de invloed van waterkeringen binnen de verschillende dijkringen op. Door de aanwezigheid van deze keringen stijgt het water hier sneller. Lokaal kunnen dan ook gevaarlijke stijgsnelheden optreden. In het merendeel van het gebied is de stijgsnelheid minder dan 0,5 meter per uur.

In Tabel 5-3 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de stroomsnelheid. Hieruit blijkt dat maar in 16% van het gebied de stijgsnelheid van het water groter is dan 1 meter per uur. In 77% van het gebied is de stijgsnelheid kleiner dan 0,5 meter per uur.

Klasse stijgsnelheid	Areaal (totaal 4.340 km ²)
< 0,5 m/uur	77%
0,5 – 1 m/uur	7%
1 – 1,5 m/uur	4%
1,5 – 2 m/uur	3%
> 2 m/uur	9%

Tabel 5-3 Klassen stijgsnelheid overstroomd kust

Getroffenen en dodelijke slachtoffers

Het aantal getroffen, binnen de dijkringen is groot: 2,3 miljoen mensen. Het aantal dodelijke slachtoffers is de verwachting boven de 10.000 personen, dit is 0,45% van het totaal aantal getroffen (zonder evacuatie is dit slechtst ligt hoger 0,46%).

Het percentage dat kan worden geëvacueerd is gebaseerd op de inschatting dat alle evacués naar buiten het overstroomd gebied gaan. Daarnaast zal het evacuatiebesluit betrekking hebben op een groter gebied dan het overstroomd gebied, immers het evacuatiebesluit wordt genomen op basis van een voorspelling van de waterstand. Dan zijn de locaties van de doorbraken nog niet bekend. Slachtoffers als gevolg van de stijgsnelheid, evacuatie, en slachtoffers buiten het overstroomd gebied (als gevolg van wind) zijn niet meegenomen.

Als rekening gehouden wordt met de stijgsnelheid van het water dan stijgt het aantal dodelijke slachtoffers naar verwachting een factor 5.4 tot 55.700 personen zonder evacuatie en 55.200 personen rekening houdend met 1% evacuatie. Een mortaliteitspercentage van respectievelijk 2,5 en 2,4%.

Speciale objecten en infrastructuur

Binnen het overstroomde gebied liggen diverse snelwegen en speciale objecten. Uiteindelijk zullen deze overstromen of in ieder geval ontoegankelijk worden. Onder andere Schiphol zal overstromen, evenals de toevoerende wegen naar de luchthaven. Ook Den Haag zal overstromen, zelfs het centrum van Den Haag, al blijven de waterdieptes relatief beperkt.

De snelwegen in het overstroomd gebied zijn ontoegankelijk of zullen overstromen. De A7, A9, A5, A4, A44, A13, A20, A12 en A59 zullen lokaal overstromen. Niet onderzocht is of de snelwegen werkelijk onder water staan. Lokaal zal dat zeker het geval zijn. Echter delen van snelwegen liggen ook weer verhoogd in het maaiveld. Wel kan worden geconcludeerd dat doorgaand verkeer niet meer mogelijk zal zijn. Ook kunnen de uitvalswegen niet meer worden benut: deze staan vrijwel zeker onder water.

5.3 Rivierengebied

5.3.1 Drijvende kracht overstroming in het Rivierengebied

Het rivierengebied kan worden onderverdeeld in vier deelgebieden:

- Bovenrivierengebied; De bedreiging van de waterkeringen in het bovenrivierengebied wordt voornamelijk gevormd door de waterstanden. Hoge waterstanden komen voort uit een hoge afvoer. Harde wind kan alleen in combinatie met relatief hoge afvoeren leiden tot bezwijken van waterkeringen.
- Benedenrivierengebied; De bedreiging van de waterkeringen in het benedenrivierengebied wordt gevormd door een combinatie van hoge afvoeren én hoge waterstanden op zee die worden veroorzaakt door stormen. Deze wind heeft ook lokaal effect. De waterstand wordt daarnaast beïnvloedt door de stormvloedkeringen (Nieuwe Waterweg en de Hartelkering).
- IJsseldelta; De waterkeringen in de IJsseldelta worden bedreigd door hoge waterstanden als gevolg van hoge afvoeren van de IJssel²⁰, hoge waterstanden op het Ketelmeer of een combinatie van beide. Hoge waterstanden op het Ketelmeer komen weer voort uit combinaties van hoge meerpeilen op het IJsselmeer en harde wind.
- Vechtdelta; De bedreiging van de waterkeringen in de Vechtdelta bestaat uit een combinatie van bedreigingen. In het Zwarte Water en het Zwarte Meer worden grote belastingen op de waterkeringen veroorzaakt door hoge afvoeren van de Vecht of hoge waterstanden op het Ketelmeer of een combinatie daarvan. Ook de wind boven het Zwarte Water en het Zwarte Meer is van belang. Bovendien speelt de aanwezigheid en het beheer van de Ramspolkering een belangrijke rol. Langs de Vecht zijn de hoge waterstanden het gevolg van een hoge rivierafvoer.

Voorspelling

Een omvang van een 'maatgevende' overstroming zoals besproken in deze betooglijn kan alleen worden bereikt bij extreme afvoeren. Een situatie met extreme afvoer kan op basis van verwachte en gevallen neerslag en smelten van sneeuw dagen van te voren worden voorspeld. Deze voorspelling, voor het bovenrivierengebied, wordt via het Info Centrum Binnenwateren van Rijkswaterstaat RIZA verspreid.

De voorspelling van de IJsseldelta en de Vechtdelta wordt afgegeven door de Waarschuwingsdienst Dijken IJsselmeer (WDIJ). De voorspelling in het benedenrivierengebied door de Stormvloedwaarschuwingsdienst (SVSD).

5.3.2 'Worst credible flood' Rivierengebied

Omvang

Op basis van mogelijke scenario's in het kustgebied zijn met experts de volgende scenario's opgesteld die allen in aanmerking komen als 'credible' binnen de context van de maatgevende overstromingsscenario's.

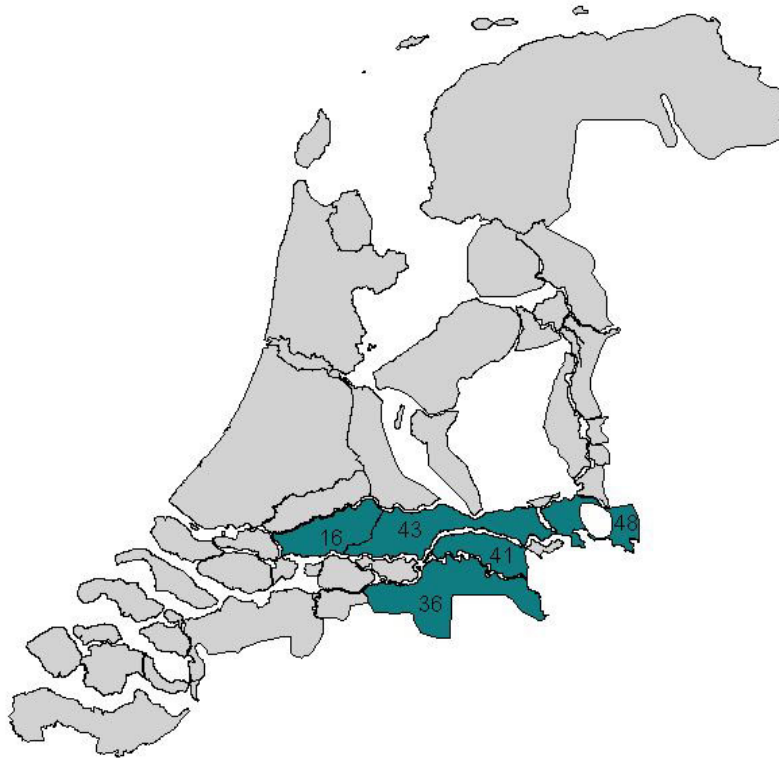
²⁰ De afvoer van de IJssel is gerelateerd aan de Rijn.

- dijkdoorbraak Noorderlekdijs richting Zuid-Holland (dijkkring 14), en Lopiker en Krimpenerwaard (dijkkring 15);
- dijkdoorbraak Betuwer-, Tieler- en Culemborgerwaarden (dijkkring 43), doorbraak van de Diefdijk waardoor ook de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden (dijkkring 16) overstromen en een doorbraak in de Bovenrijn (dijkkring 48);
- dijkdoorbraak Ooijpolder (Ooij en Millingen, dijkkring 42) en nabij Emmerich (Rijn en IJssel, dijkkring 48) met cascaderoute;
- dijkdoorbraak bij normale afvoerverdeling bij Ooij en Millingen (dijkkring 41) en Betuwer-, Tieler- en Culemborgerwaarden (dijkkring 43);
- dijkdoorbraak Emmerich (Rijn en IJssel, dijkkring 48) bij normale afvoerverdeling inclusief cascaderoute van dijkkring 48 tot en met 53 (IJssel);
- dijkdoorbraak Land van Heusden en de Maaskant (dijkkring 36) en Land van Maas en Waal (dijkkring 41);

Uiteindelijk is geconcludeerd dat het 'worst credible flood' één cascade-effect moet bevatten, richting Brabant of richting de IJssel. Alhoewel uit overstromingsscenario's blijkt dat een cascade-effect naar de IJssel mogelijk is, is het cascade-effect naar Brabant maatgevend. Bij het cascade-effect richting Brabant worden potentieel 1,3 miljoen mensen getroffen. Het aantal getroffen is groter dan bij een cascade-effect richting de IJssel. Als 'worst credible flood' is op basis van de detailuitwerking met de betrokken provincies vastgesteld (Figuur 5-4):

- dijkkring 16 (Alblasserwaard en Vijfheerenlanden); We gaan uit van een doorbraak langs de rivier. De Diefdijk is gesloten²¹ en functioneert;
- dijkkring 41 (Land van Maas en Waal) met een cascade-effect naar dijkkringgebied 36 (Land van Heusden). Op het moment dat water via het land van Maas en Waal naar de Maas stroomt, dan levert dit extra water problemen op voor de Maas, we gaan uit van een dermate grote afvoer dat deze in combinatie met het overstromingswater leidt tot doorbraak van dijkkring 36;
- dijkkring 43 (Betuwer-, Tieler- en Culemborgerwaarden); we gaan er vanuit dat de aflatwerken die een onderdeel zijn van de Lingewerken functioneren. Dat betekent dat de Diefdijk niet zal overlopen en er geen cascade-effect zal optreden naar dijkkring 16;
- dijkkring 48 (Rijn en IJssel); een doorbraak bij Bisslich zonder een cascade-effect (of achterloopsheid) naar de IJssel. Dit cascadeeffect is in dit scenario niet meegenomen omdat dijkkring 48 pas zal bezwijken aan het eind van hoogwatergolf. De hoeveelheid instromend water is (relatief) beperkt.

²¹ Dat betekent dat ook de A2 (Utrecht – Den Bosch) is afgesloten bij de Diefdijk.



Figuur 5-4 Omvang Rivierenscenario

Detallering scenario

Het scenario is verder uitgewerkt door het vaststellen van de locaties van de dijkdoorbraken. Hierbij is rekening gehouden met:

- systeemwerking op de rivieren; door een doorbraak bovenstrooms zal er benedenstrooms verlichting optreden. Door de doorbraken eerst benedenstrooms te laten plaatsvinden, is er geen verlichting bovenstrooms. Door de experts wordt de mogelijk omvang van de uiteindelijke overstroming als 'credible' beschouwd. Dat betekent dat de doorbraak bij dijkkring 16 aan het begin van de afvoergolf zal plaatsvinden. De doorbraak bij Bisslich (dijkkring 48) zal relatief op het eind van de hoogwatergolf plaatsvinden.
- fysische maximum van de afvoer en de bovenmaatgevende omstandigheden; De hoogte van de afvoergolf is begrensd tot het fysisch maximum, de duur is wel langer. Hierdoor is de belasting op de keringen langer aanwezig dan voorzien waardoor deze met name op stabiliteit op diverse plaatsen bezwijken.

Op basis van bovenstaande beschouwing kan het maatgevende overstromingsscenario worden opgesteld op basis van combineren van bestaande overstromingsscenario's zoals reeds opgesteld door de provincies Gelderland en Brabant. In deze bestaande scenario's zijn doorbraken afzonderlijk van elkaar beschouwd, ook is hierbij uitgegaan van het fysische maximum van de Rijn en de Maas. Hierbij wordt opgemerkt dat de snelheid waarmee dijkringen vollopen mogelijk wordt overschat door het combineren van de scenario's. Deze snelheid, zoals reeds is berekend, is gebaseerd op een situatie zonder doorbraken elders langs de rivier.

5.3.3 Overstromingsgevolgen

De bestaande overstromingsscenario's, waar in voorgaande paragraaf naar is verwezen, waren niet beschikbaar voor onderhavig onderzoek. Voor de inschatting van de overstromingsgevolgen is dan ook gebruik gemaakt van de gemaakte inschattingen in 'Risico's in bedijkte termen'.

De overstromingsgevolgen zijn opgenomen in Tabel 5-1. In hoofdstuk 7 zijn kaarten opgenomen van het overstromingsverloop (waterstanden), stijgsnelheden en aantal dodelijke slachtoffers.

Dijkring (nummer)	Maximale Omvang overstroming [km ²]	Inwoners (maximaal aantal getroffenen) [personen]	Dodelijke slachtoffers zonder evacuatie [personen]	Dodelijke slachtoffers met 99% evacuatie [personen]
Land van Heusden/de Maaskant (36)	737	196.500	2.500	100
Land van Maas en Waal (41)	279	405.500	660	60
Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden (43)	626	243.500	6.400	70
Rijn en IJssel (48)	287	298.000	690	50
Alblasserwaard en Vijfheerenlanden (16)	391	155.500	10.900	2.500
Totaal	2.320	1.299.000	21.150	2.780

Tabel 5-4 Overstromingsgevolgen scenario rivieren (eindsituatie)

Omvang overstroming

Uit reeds gemaakte VNK scenario's voor het rivierengebied blijkt dat de dijkringen hier geheel volstromen na een dijkdoorbraak. Het maaiveld in de dijkringen is hellend, dat betekent dat de grootste waterdiepte (meerdere meters) benedenstrooms zijn te verwachten, de waterdiepte zal in bovenstroomse richting afnemen. De waterdiepte hangt hierbij af van het verloop van het maaiveld.

In dijkkring 43 liggen de Lingewerken, een stelsel van dijken en aflatens. Door inzet van de Lingewerken kan worden voorkomen dat de Diefdijk (tussen dijkkring 43 en 16) zal overlopen. Het water wordt dan benedenstrooms in dijkkring 43 bij Gorinchem teruggeleid naar de rivier. Hier zal dit overstromingswater een extra belasting vormen voor de rivier. Deze overlaten kunnen pas worden gebruikt als de waterstand op de rivier lager is dan de waterstand in de overstroomde polder.

De dijkringen 16, 43, 41 en 48 zullen achtereenvolgens overstromen direct vanuit de rivier. Dijkkring 36 zal pas overstromen nadat het overstromingswater uit door dijkkring 41 in de Maas (over of door de dijken) stroomt, het cascade-effect. Verondersteld is dat hierdoor de Maas wordt overbelast en dat de waterkering bij dijkkring 36 bezwijkt.

Of er voldoende water is, rekening houdend met systeemwerking en rekening houdend met een uiterst lange afvoergolf gelijk aan orde grootte het fysisch maximum kan worden berekend op basis van modelberekeningen.

Getroffenen en dodelijke slachtoffers

Voor de inschatting van het aantal dodelijke slachtoffers is gebruik gemaakt van 'Risico's in bedijkte termen'. Hierbij worden de volgende opmerkingen gemaakt:

- De dijkdoorbraken treden niet tegelijkertijd op, hetgeen betekent dat inwoners (en ook achterblijvers) van andere nog niet getroffen dijkringen mogelijk (waarschijnlijk) maatregelen zullen nemen.
- De dijkringen die overstromen als gevolg van een cascade-effect hebben naar verwachting nog meer voorbereidingstijd. Slachtoffers lijken onwaarschijnlijk omdat hier voldoende tijd aanwezig is.

Het maximaal aantal getroffen en, binnen de dijkringen is 1,3 miljoen mensen. Rekening houden met een uitgevoerde evacuatie zijn orde grootte 2.700 (exclusief dijkkring 36) dodelijke slachtoffers te verwachten. Dat is 0,21% van het totaal aantal getroffen en. Een situatie zonder evacuatie lijkt niet reëel. Als hier wel vanuit wordt gegaan dan wordt het aantal dodelijke slachtoffers geraamd op 18.700 (exclusief dijkkring 36) wat overeenkomt met 1,44% van het aantal getroffen en.

Slachtoffers als gevolg van evacuatie, en slachtoffers buiten het overstroomd gebied (als gevolg van wind) zijn niet meegenomen.

Speciale objecten en infrastructuur

De snelwegen in het overstroomd gebied zijn ontoegankelijk zijn en zullen vrijwel geheel overstromen. De A2 wordt zelfs fysiek afgesloten door het sluiten van de Diefdijk. Andere snelwegen die overstromen zijn de A15, A27, A59, A50 en de A73. Ook de Betuwelijn zal overstromen.

5.4 IJsselmeergebied

5.4.1 Drijvende kracht overstroming in het IJsselmeergebied

De waterkeringen langs de meren worden belast als gevolg van hoge meerpeilen of harde wind of een combinatie daarvan. De waterstanden op de meren worden ook beïnvloed door de afvoer naar de meren toe en de spuimogelijkheden naar zee.

De gevolgen van een overstroming hangen, naast de extreme belasting tijdens de piek van de storm, ook af van het gemiddelde meerpeil. Met name de Flevopolder en de Noordoostpolder liggen enkele meters onder dit gemiddelde meerpeil. Als er een bres in de waterkering ontstaat dan zal uiteindelijk evenwicht ontstaan tussen de waterstand in het meer en de waterstand in de polder.

In de minder diepe polders (kortweg het 'oude land') is de situatie anders, het gemiddelde meerpeil is niet van belang. De instroom tijdens de storm (met de verhoogde waterstand) is bepalend voor de omvang van de overstroming.

Voorspelling

De Waarschuwingsdienst Dijken IJsselmeergebied (WDIJ) treedt in werking in geval van (dreigend) hoogwater op IJsselmeer, Markermeer, IJssel en Vecht. De WDIJ heeft als taak te waarschuwen als kritieke waarden tijdens een storm overschreden worden of dreigen te

overschrijden. De waterstanden en golven op ondiepe meren als het IJsselmeer en Markermeer (en daarmee bedreigde dijkvakken) zijn erg gevoelig voor de wind.

5.4.2 'Worst credible flood' IJsselmeergebied

Omvang

Op basis van mogelijke scenario's in het kustgebied zijn met experts de volgende scenario's opgesteld die allen in aanmerking komen als 'credible' binnen de context van de maatgevende overstromingsscenario's.

- storm en doorbraak van dijkkring Wieringen (dijkkring 12) en Noord Holland (dijkkring 13);
- storm en doorbraak van de Noordoostpolder (dijkkring 7) en IJsseldelta (dijkkring 11);
- storm en doorbraak van Fryslan en Groningen (dijkkring 6), Flevopolder (dijkkring 8), Gelderse Vallei (45) en de Eempolder (46);
- storm en doorbraak van Noordoostpolder (dijkkring 7) en oostelijk deel van de Flevopolder (dijkkring 8 ten westen van de Knardijk);
- storm en doorbraak van een enkele dijkkring.

Als 'worst credible flood' is tijdens de expertsessie vastgesteld (Figuur 5-5):

- doorbraak van de Flevopolder (dijkkring 8);
- doorbraak van de Gelderse Vallei (dijkkring 45);
- gevolgen buitendijks gebied tussen Gelderse Vallei (dijkkring 45) en de Eempolder (dijkkring 46²²).

Een doorbraak van de Flevopolder en de Noordoostpolder vrijwel tegelijk wordt in termen van de maatgevende scenario's niet als 'worst credible' beschouwd omdat het wateraanbod in de meren relatief beperkt is.

²² Een doorbraak van de Eempolder is bij de detailuitwerking met gebiedsdeskundigen niet waarschijnlijk geacht vanwege de sterkte van de waterkering en de ligging van het buitendijkse gebied.



Figuur 5-5 Omvang merenscenario

Doorbraaklocaties

We gaan uit van de volgende doorbraaklocaties:

- Flevopolder
 - Almere (Markermeer) (2 doorbraken);
 - Lelystad (IJsselmeer) (2 doorbraken);
- Gelderse vallei
 - Goover Gracht;
 - Eemmond;
 - Oude Pol;
 - Spakenburg;
 - Wielse Sluis.

Uitgegaan is van een constante bresgrootte van 150 meter.

Daarnaast is rekening gehouden met de mogelijke overlast in het buitendijks gebied langs de Eem. Hierdoor zal er in Amersfoort wateroverlast optreden. We gaan niet uit van dijkdoorbraken vanuit het buitendijkse gebied richting de Gelderse Vallei²³.

5.4.3 Overstromingsgevolgen

De overstromingsgevolgen zijn opgenomen in Tabel 5-1. In hoofdstuk 7 zijn kaarten opgenomen van het overstromingsverloop (waterstanden), stijgsnelheden en aantal dodelijke slachtoffers.

²³ Dijkdoorbraken op dit traject zijn wel mogelijk. Deze leiden tot een overstroming van een voornamelijk graslandpolder en een ontlasting van Amersfoort.

Tijdsduur	Omvang overstroming	Getroffenen	Dodelijke slachtoffers zonder evacuatie	Dodelijke slachtoffers met 50% evacuatie	Schade
[uren]	[km ²]	[personen]	[personen]	[personen]	[Miljard euro's]
1	50	9.000	10	5	0.200
4	210	59.000	100	50	1
8	390	102.000	300	150	3
12	540	159.000	400	200	5
16	650	192.000	600	300	6
24	840	226.000	700	350	9
48	1.010	266.000	1.000	500	12
168 (week)	1.050	276.000	1.900	950	19
Maximum	1.050	276.000	1.900	950	19

Tabel 5-5 Overstromingsgevolgen scenario IJsselmeergebied

Omvang overstroming

De omvang van de overstroming is ruim 1.000 km². Deze omvang wordt na vrijwel 2 dagen bereikt. 8 uur na de doorbraak is bijna 37% van het gebied al overstroomd. 1 dag na de doorbraak is ruim 80% overstroomd. Het water stijgt na deze tijd wel verder door zoals blijkt uit de schade en het aantal (dodelijke) slachtoffers.

De Flevopolder overstroomt uiteindelijk vrijwel geheel. Het maaiveld in de polder ligt aanzienlijk lager dan het meerpeil. De Gelderse Vallei overstroomt maar voor een klein deel. Dit komt enerzijds door de hoogte van het maaiveld die de instroom van water uit het meer voorkomt als de storm weer gaat liggen en anderzijds door het maaiveldverloop in de dijkkring. Via de Eem bereikt het water Amersfoort. Dit veroorzaakt voornamelijk schade maar geen levensbedreigende situaties vanwege de geringe waterstand.

Daarnaast valt op dat de waterdiepte minder varieert dan in het kustscenario. In ruim 60% van het gebied is de waterdiepte meer dan 3 meter. Slechts in 15% procent is de waterdiepte minder dan twee meter. Hierbij kan een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de Flevopolder en de Gelderse Vallei. De waterstanden in de Gelderse Vallei zijn duidelijk lager dan de waterstanden in de Flevopolder. In Tabel 5-2 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de waterdiepte.

Klasse waterdiepte	Areaal (totaal 1.050 km ²)
0 – 1 meter	5%
1 – 2 meter	10%
2 – 3 meter	19%
3 – 4 meter	49%
> 4 meter	17%

Tabel 5-6 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied

Stijgsnelheid

De stijgsnelheid is zoals verwacht het grootst nabij de doorbraaklocaties. Daarnaast valt de invloed van waterkeringen binnen de verschillende dijkringen op. Door de aanwezigheid van deze keringen stijgt het water hier sneller. Lokaal kunnen dan ook gevaarlijke stijgsnelheden optreden. In het merendeel van het gebied is de stijgsnelheid minder dan 0,5 meter per uur.

In Tabel 5-3 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de stroomsnelheid. Hieruit blijkt dat maar in 6% van het gebied de stijgsnelheid van het water groter is dan 1 meter per uur. In 85% van het gebied is de stijgsnelheid kleiner dan 0,5 meter per uur.

Klasse stijgsnelheid	Areaal (totaal 1.050 km ²)
< 0,5 m/uur	85%
0,5 – 1 m/uur	8%
1 – 1,5 m/uur	2%
1,5 – 2 m/uur	1%
> 2 m/uur	3%

Tabel 5-7 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied

Getroffenen en dodelijke slachtoffers

Het aantal getroffenen, binnen de dijkringen is 276.000 mensen. Naar verwachting vallen 950 dodelijke slachtoffers er vanuit gaande dat 50% is geëvacueerd. Dit komt overeen met 0,34% van het totaal aantal getroffenen. Zonder evacuatie komt dit percentage uit op 0,69%.

Ook in het IJsselmeergebied (net als bij de kust) kunnen door gebruik te maken van hiervoor ingerichte droge gronden en hoge gebouwen evacuatiemogelijkheden binnen het gebied nog worden benut. In de Flevopolder zal dit beperkt zijn tot hoge gebouwen. Hier is nog niet vanuit gegaan. Slachtoffers als gevolg van de stijgsnelheid, evacuatie, en slachtoffers buiten het overstroomd gebied (als gevolg van wind) zijn niet meegenomen.

Als rekening gehouden wordt met de stijgsnelheid van het water dan stijgt het aantal dodelijke slachtoffers naar verwachting een factor 3.0 tot 5.750 personen zonder evacuatie en 2.900 personen rekening houdend met 1% evacuatie. Een mortaliteitspercentage van respectievelijk 2,1 en 1,0%.

Speciale objecten en infrastructuur

De snelwegen in het overstroomd gebied zijn ontoegankelijk of zullen overstromen. De A27, A6, in de Flevopolder overstromen al enkele uren na de doorbraken. Ook de A1 en de A28 in de Gelderse Vallei liggen in het overstroomd gebied. Niet onderzocht is of de snelwegen werkelijk onder water staan. Juist in de Gelderse vallei blijven de snelwegen mogelijk nog (grotendeels) beschikbaar vanwege de (op veel plaatsen) verhoogde ligging in het landschap. Toe- en afvoerwegen overstromen naar verwachting wel.

5.5 Beschouwing gevolgen van een overstroming

5.5.1 Verspreiding van gevaarlijke stoffen

Als gevolg van een overstroming kunnen opgeslagen gevaarlijke stoffen vrijkomen. Deze stoffen kunnen zich mengen met water, neerslaan of ook reageren met water. Mogelijk kan deze verontreiniging leiden tot extra slachtoffers, ook zal deze verontreiniging invloed hebben op de herstelperiode na de overstroming.

In New Orleans was in beginsel in de pers sprake van een 'toxic soup'. Later werden deze berichten genuanceerd. Bedrijven bleken, zelfstandig, stoffen veilig opgeslagen te hebben, voldoende beschermd te hebben (voldoende hoog, eigen waterkeringen). Daarnaast speelde verdunning een rol door de grote hoeveelheid water.

In hoeverre het vrijkomen van deze gevaarlijke stoffen bij een overstroming in Nederland op kan treden is niet bekend. Wel kunnen enkele kanttekeningen worden gemaakt:

- de opslag van deze stoffen is al aan strenge regels gebonden;
- de grote industriecomplexen (maasvlakte bijvoorbeeld) liggen veelal buitendijks maar zijn wel opgehoogd, veelal zodanig dat bij MHW op de zee of rivier geen wateroverlast optreedt;
- de vergunde hoeveelheid opslag aan bedrijven is gebaseerd op de maximale noodzakelijke hoeveelheid: gedurende de normale bedrijfsvoering is deze opslag veelal relatief beperkt;
- de enorme hoeveelheid overstromingswater zal leiden tot verdunning.

5.5.2 Keteneffecten buiten overstroomd gebied

Het overstromingswater zal leiden tot grote verwoesting binnen het overstroomde gebied. De mate van verwoesting is sterk afhankelijk van de snelheid waarmee het gebied overstroomt en van de uiteindelijke maximale waterdiepte.

Door deze verwoesting kunnen ook buiten het overstroomd gebied gevolgen optreden, men spreekt dan over keteneffecten. Het gaat dan met name om nutsvoorzieningen en netwerken:

- afvalwaterketen, functioneren riolen en zuiveringen;
- ICT voorzieningen;
- gas- en elektriciteitsvoorziening;
- drinkwater;
- regionale of nationale waterhuishouding;
- transport mogelijkheden door Nederland en achterlandverbindingen met Europa;
- luchtverkeer bij uitval van Schiphol.

Deze keteneffecten kunnen ook zeer grote invloed hebben op de rampenbestrijding. Het gaat hierbij niet alleen om de vitale infrastructuur maar ook om meer lokale gevolgen die van invloed zijn op de rampenbestrijding. De inzichten in de keteneffecten zijn nog relatief beperkt. Er is enig inzicht in een classificatie van objecten op nationale schaal (zie bovenstaande opsomming). Echter keteneffecten met regionale of lokale gevolgen zijn niet bekend, ook ontbreekt nog kennis of deze keteneffecten werkelijk wel optreden.

5.5.3 Functioneren van het regionale watersysteem na een overstroming

Als gevolg van de overstroming is het de verwachting dat het regionale en lokale watersysteem niet meer zal functioneren. Denk hierbij aan:

- regionale waterkeringen zullen bezwijken; dat betekent dat boezemstelsels niet meer functioneren;
- poldergemalen zullen niet meer werken doordat ze kapot zijn of doordat de energie (brandstof) op is; dat betekent dat regenwater niet meer weggepompt kan worden en deze pompen niet meer kunnen worden gebruikt voor het wegpompen van het overstromingswater;
- stremming sloten en watergangen; door omgewaaide bomen of meegesleept vuil of zand zullen watergangen dichtslibben of gestremd raken;
- stedelijke waterlopen zullen niet meer functioneren en riolen lopen vol met slib met gevolgen voor de afvalwaterketen.

De mate waarin dit optreedt, en de locatie waar dit optreedt zijn wederom sterk afhankelijk van de lokale situatie.

5.5.4 Buitendijkse gebieden en kustzone

In het onderzoek zijn de overstromingsgevolgen bepaald voor verschillende dijkdoorbraken van primaire waterkeringen. Er zijn wonen ook diverse mensen in zogenaamd buitendijks gebieden. Dat zijn gebieden die niet zijn beschermd door primaire dijken maar wel kunnen overstromen. Voorbeelden zijn de Maasvlakte, de gehele kustzone (delen van badplaatsen als Katwijk en Noortwijk²⁴) en de Kop van Zuid van Rotterdam.

5.5.5 Herstel en schoonmaak

Na een overstroming zal een gebied weer watervrij, schoongemaakt en hersteld moeten worden. De benodigde periode voor het watervrij maken is, naast de hoeveelheid water die het gebied is ingestroomd, sterk afhankelijk van de mate waarin het water op vrij verval weer weg kan stromen of weggepompt moet worden. Aandachtspunt hierbij zijn lokale laagtes of kleine barrières die tijdens het droogmaken komen vormen en zelfstandig leeggepompt moeten worden. Een ander aandachtspunt is het (slecht of niet) functioneren van het regionale watersysteem.

De schoonmaak en herstel hoeven niet overal op eenzelfde tijdstip te beginnen. Afhankelijk van de ligging kunnen enkele gebieden als snel droog zijn. Echter bij andere gebieden kan dit maanden of mogelijk jaren duren. Hierna kan de schoonmaak- en herstelfase aanvangen. In hoeverre herstel mogelijk is of nieuwbouw noodzakelijk zal zijn, zal ook afhangen van de lokale situatie.

5.6 Algemeen maatgevend scenario

Op basis van de maatgevende scenario's voor kust, rivieren en IJsselmeergebied is het algemene maatgevende scenario bepaald dat gebruikt kan worden als in calamiteitenplannen.

²⁴ Deze gemeenten beschikken wel over evacuatieplannen voor deze buitendijkse gebieden

De overeenkomsten en de verschillen van de afzonderlijke scenario's zijn op basis van de eindsituatie opgenomen in Tabel 5-8.

	Kustscenario	IJsselmeergebied	Rivierengebied
Omvang overstroomd gebied [km ²]	4.340	1.050	2.320
Getroffen personen [personen]	2.269.000	276.000	1.299.000
Dodelijke slachtoffers met evacuatie [personen]	10.300	950	2.780
Schade [Miljard euro]	121	19	-

Tabel 5-8 Maatgevende scenario

De gevolgen van het kustscenario zijn in termen van omvang, aantal getroffen en, snelheid van de overstroming, evacuatieproblematiek en ook schade het grootst. Het kustscenario geldt dan ook als algemeen maatgevend overstromingsscenario. Voor een beschrijving van dit scenario wordt verwezen naar de toelichting van het kustscenario.

6 Toekomst: 2015 na versterking waterkeringen

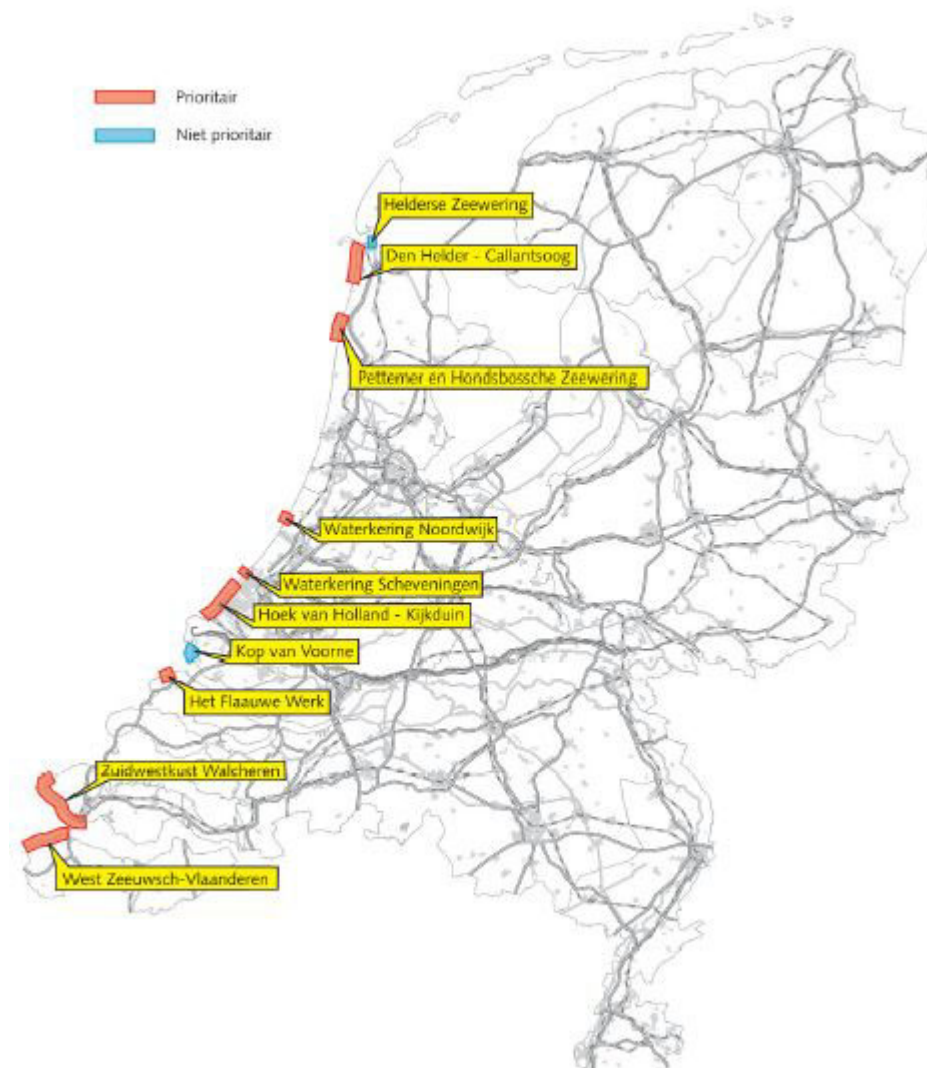
6.1 Versterkingprogramma's

Op dit moment lopen er twee trajecten gericht op het versterken van de primaire waterkeringen. Verwacht wordt dat de waterkeringen, na realisatie van deze trajecten, in 2015 voldoen aan de huidige gestelde eisen in de Wet op Waterkering. Deze trajecten zijn:

- Zwakke schakels langs de kust;
- Ruimte voor de rivier.

6.1.1 Zwakke schakels

2003 bracht nieuwe inzichten in een mogelijk sterkere golfbelasting op de kust. Dit gaf aanleiding om de waterschappen opnieuw te vragen om te kijken naar de sterkte van de zeeweringen, de zogenaamde aanvullende beheerdersoordelen. Deze hebben inmiddels geleid tot het treffen van enkele tijdelijke maatregelen zoals diverse zandsuppleties. Daarnaast is er gesignaleerd dat er op 10 locaties langs de kust zogenoemde zwakke schakels zijn, waarvoor binnen een periode van 20 jaar versterking nodig is. Op 8 van deze 10 locaties ligt tevens een opgave tot verbetering van de ruimtelijke kwaliteit, de zogenaamde prioritaire zwakke schakels (Figuur 6-1). Voor deze prioritaire zwakke schakels worden onder regie van de provincies integrale planstudies uitgevoerd. Voor alle zwakke schakels wordt door de waterkeringbeheerder een versterkingsplan opgesteld. Voor de maatgevende scenario's in 2015 gaan we er vanuit dat de zwakke schakels zijn hersteld.



Figuur 6-1 Zwakke schakels langs de kust

6.1.2 Ruimte voor de rivier

Ruimte voor de rivier betreft de waterkeringen in het rivierengebied. Op diverse locaties worden maatregelen uitgevoerd om de veiligheid in de toekomst te borgen.

Veiligheid en ruimtelijke kwaliteit zijn de belangrijkste doelstellingen van Ruimte voor de Rivier. Naast het nemen van maatregelen om het rivierengebied veiliger te maken, is het streven er op gericht de omgeving zo goed en aangenaam mogelijk in te richten. Duurzame oplossingen én inspelen op lange termijn ontwikkelingen, kenmerken de aanpak van het project.

6.2 Kustgebied

Door de versterkte waterkeringen zal het aantal bressen, bij extreme belasting, verminderen. Denk bij die versterking aan het op hoogte brengen van de waterkeringen en het verbeteren van de bekleding van de waterkeringen.

Het maatgevende scenario voor de kust in 2015 is ingevuld met als vertrekpunt het huidige maatgevende scenario. Hierbij is aangenomen dat door de versterkingen op de benoemde

zwakke plekken minder doorbraken zullen optreden. Gemiddeld is uitgegaan van een afname van het aantal doorbraken met een factor 3.

We gaan uit van de volgende doorbraaklocaties:

- Dijkkring 32, Zeeuws Vlaanderen
 - Cadzand gemaal/uitwateringssluis
 - Sluizen van Terneuzen
 - In het oosten van de Westerschelde, nabij Ossensisse
- Dijkkring 29 Walcheren²⁵
 - Boulevard Vlissingen (Nolledijk)
 - Ten zuiden van Westkapelle (zeedijk)
 - Zoutelande
- Dijkkring 30 Zuid Beveland West
 - Hoedenkenskerke
 - Borssele/Ellewoutsdijk
 - Sloehaven
- Dijkkring 31 Zuid Beveland Oost
 - Kruiningen
 - Bath
- Dijkkring 26 Schouwen
 - Renesse
 - Westenschouwen
- Dijkkring 27 Tholen
 - Stavenisse
 - Tholen
 - St Philipsland
- Dijkkring 25 Goeree Overflakkee
 - Flauwe Werk
- Dijkkring 20 Voorne Putten
 - zwakke schakels aan de zeezijde van Voorne (1 doorbraak)
- Dijkkring 14 Zuid Holland
 - Delflandse kust (2 doorbraken)
 - Katwijk
 - Noortwijk
- Dijkkring 44 Kromme Rijn
 - Spui en maalcomplex IJmuiden (doorbraak grote spuisluis)
- Dijkkring 13 Noord Holland²⁶
 - Zwakke plek Helderse Zeewering
 - Zwakke plek Pettemer en Hondsbossche zeewering
- Dijkkring 10 Mastenbroek
 - Zalk
- Dijkkring 11 IJsseldelta
 - Ten zuiden van Kampen
- Dijkkring 8 Flevoland
 - Lelystad (2 doorbraken)

²⁵ Van dit gebied bestaat geen overstromingsmodel, deze dijkkring is verder niet meegenomen

²⁶ Van Noord-Holland is nog geen overstromingsmodel beschikbaar waarmee de gevolgen van een doorbraak uit zee kunnen worden berekend. Daarom is binnen dit project een globaal model opgesteld om een indruk te krijgen van de gevolgen. Dit globale model bestaat uit een combinatie van de hoogtekaart (AHN), de ligging van de boezemwaterkeringen, een gemiddelde hoogte voor deze keringen en de ligging van de boezemwatergangen waarbij is uitgegaan van een standaard profiel. De resultaten van dit scenario zijn indicatief.

De overstromingsgevolgen zijn opgenomen in Tabel 5-1. In hoofdstuk 7 zijn kaarten opgenomen van het overstromingsverloop (waterstanden), stijgsnelheden en dodelijke slachtoffers.

Tijdsduur	Omvang overstroming	Getroffenen	Dodelijke slachtoffers zonder evacuatie	Dodelijke slachtoffers met 1% evacuatie	Schade
[uren]	[km ²]	[personen]	[personen]	[personen]	[Miljard euro's]
1	300	97.000	500	500	3
4	800	257.000	1.100	1.100	10
8	1.300	489.000	1.700	1.700	17
12	1.700	678.000	2.200	2.200	23
16	2.000	835.000	2.700	2.700	29
24	2.500	1.032.000	3.100	3.100	35
48	2.900	1.246.000	3.700	3.700	43
168 (week)	3.300	1.451.000	5.100	5.000	58
Maximum	3.300	1.488.000	5.500	5.400	62

Tabel 6-1 Overstromingsgevolgen scenario kust, 2015

Omvang overstroming

De omvang van de overstroming is ruim 3.300 km². Deze omvang is 1.000 km² kleiner dan in de huidige situatie. Ook de snelheid van de overstroming is kleiner. Na 8 uur is in het scenario 2015 'slechts' 39% van het gebied overstroomt. In de huidige situatie (scenario 2006) is dat bijna 50%. Na één dag is in het scenario 2015 75% van het gebied overstroomt, na 2 dagen 88%. De verschillen tussen de scenario's voor beide jaartallen kunnen worden verklaard door het kleinere aantal dijkdoorbraken in 2015.

In Tabel 5-2 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de waterdiepte. In een derde deel (1.200 km²) van het overstroomd gebied is de waterstand kleiner dan 1 meter. In de situatie 2006 is het overstroomd gebied met een waterdiepte kleiner dan 1 meter kleiner, ongeveer 1.000 km², overeenkomend met 23% van het overstroomd gebied.

In het scenario 2015 is in 28% van het overstroomd gebied de waterdiepte groter dan 3 meter. In vergelijking met de situatie 2006 is deze verhouding (areaal met een waterdiepte groter dan 3 meter) vrijwel gelijk. Absoluut is de afname 300 km².

Klasse waterdiepte	Areaal (totaal 3.300 km ²)	Toename ten opzichte van de huidige situatie (4.340 km ²)
0 – 1 meter	36%	13%
1 – 2 meter	24%	-5%
2 – 3 meter	13%	-7%
3 – 4 meter	18%	1%
> 4 meter	10%	-2%

Tabel 6-2 Klassen waterdieptes overstroomd gebied kust, 2015

Stijgsnelheid

In Tabel 5-3 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de stroomsnelheid. Hieruit blijkt dat maar in 9% van het gebied de stijgsnelheid van het water groter is dan 1 meter per uur. In 87% van het gebied is de stijgsnelheid kleiner dan 0,5 meter per uur.

Klasse stijgsnelheid	Areaal (totaal 3.300 km ²)
< 0,5 m/uur	87%
0,5 – 1 m/uur	5%
1 – 1,5 m/uur	3%
1,5 – 2 m/uur	2%
> 2 m/uur	4%

Tabel 6-3 Klassen stijgsnelheid overstroomd kust, 2015

Getroffenen en dodelijke slachtoffers

Het aantal getroffenen, binnen de dijkringen is groot: 1,5 miljoen mensen. Dit is bijna 800.000 mensen minder als in de huidige situatie. Het aantal dodelijke slachtoffers, rekening houden met evacuatie, is geraamd op een aantal van 5.400 mensen, dit is 0,36% van het totaal aantal getroffenen (zonder evacuatie is dit 0,37%). Ten opzichte van de huidige situatie is dat een afname van 0,09%. Ook dit kan worden verklaard door de verbeteringen in de waterkeringen waardoor het aantal doorbraken verminderd. Slachtoffers als gevolg van de stijgsnelheid, evacuatie, en slachtoffers buiten het overstroomd gebied (als gevolg van wind) zijn niet meegenomen.

Als rekening gehouden wordt met de stijgsnelheid van het water dan stijgt het aantal dodelijke slachtoffers naar verwachting een factor 3.5 tot 19.200 personen zonder evacuatie en 19.000 personen rekening houdend met 1% evacuatie. Een mortaliteitspercentage van respectievelijk 1,29 en 1,28%.

6.3 Rivierengebied

In het rivierengebied zullen door het Programma Ruimte voor de Rivier de waterkeringen worden verbeterd zodat deze voldoen aan de gestelde eisen in de wet. We gaan er vanuit dat in Duitsland en België de waterkeringen niet worden versterkt (en dat er geen strengere normen worden gesteld).

Dit betekent voor het maatgevende overstromingsscenario, waarin we uitgaan van een bovenmaatgevende belasting, dat er geen aanleiding is om het scenario bij te stellen. De waterkeringen voldoen aan de gestelde eisen in de Wet op de Waterkering. Doordat de duur van de belasting in het scenario langer is dan waarop dijken zijn ontworpen en getoetst, bezwijken de waterkeringen op stabiliteit. Het maatgevende scenario voor 2015 is dan ook gelijk aan het maatgevende scenario voor 2006.

6.4 IJsselmeergebied

De waterkeringen langs de Flevopolder zijn onlangs versterkt zodat deze voldoen aan de eisen die worden gesteld volgens de Wet op de Waterkering. Tot 2015 zijn geen nieuwe versterkingen voorzien aan deze keringen.

Voor de waterkeringen langs de Gelderse Vallei speelt de eventuele aanleg van een keersluis bij de Stichtse of de Hollandse Brug. Hierdoor zouden de hydraulische randvoorwaarden sterk verlaagd worden. Wordt deze keersluis niet aangelegd dan worden op termijn de dijken versterkt omdat ze nu niet voldoen.

Dit betekent voor het maatgevende overstromingsscenario, waarin is uitgegaan van een bovenmaatgevende belasting dat:

- voor de Flevopolder het scenario 2006 gelijk is aan het scenario 2015;
- voor de Gelderse Vallei er vanuit wordt gegaan dat de waterkeringen op sterkte worden gebracht. 3 van de 5 doorbraken treden in het scenario 2015 nog op.

Doorbraaklocaties

We gaan uit van de volgende doorbraaklocaties:

- Flevopolder
 - Almere (Markermeer) (2 doorbraaklocaties)
 - Lelystad (IJsselmeer) (2 doorbraaklocaties)
- Gelderse vallei
 - Goover Gracht
 - Eempolder
 - Oude Pol

De overstromingsgevolgen zijn opgenomen in Tabel 5-1. In hoofdstuk 7 zijn kaarten opgenomen van het overstromingsverloop (waterstanden), stijgsnelheden en dodelijke slachtoffers.

Tijdsduur	Omvang overstroming	Getroffenen	Dodelijke slachtoffers zonder evacuatie	Dodelijke slachtoffers met 50% evacuatie	Schade
[uren]	[km ²]	[personen]	[personen]	[personen]	[Miljard euro's]
1	0	8.000	0	0	0
4	200	53.000	100	100	1
8	400	89.000	200	100	3
12	500	147.000	400	200	4
16	600	180.000	500	250	6
24	800	215.000	700	350	8
48	1.000	256.000	1.000	500	11
168 (week)	1.000	266.000	1.900	950	18
Maximum	1.000	266.000	1.900	950	18

Tabel 6-4 Overstromingsgevolgen scenario IJsselmeergebied, 2015

Omvang overstroming

Over het gehele overstromingsscenario bezien is de ontwikkeling van de overstroming in 2015 vergelijkbaar met de situatie 2006. In detail bekeken zijn de gevolgen in de Gelderse Vallei minder groot (omvang en snelheid).

De omvang van de overstroming wijzigt alleen in de Gelderse Vallei. In de Flevopolder voldoen de waterkeringen inmiddels aan de vereiste sterkte en zijn tot 2015 geen versterkingen voorzien. De omvang van de overstroming in het scenario 2015 is in de Flevopolder dan ook gelijk aan die voor 2006.

In Tabel 5-2 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de waterdiepte. Ook uit deze tabel kan worden opgemaakt dat de omvang van de overstroming in de Gelderse Vallei kleiner is. Procentueel neemt het aandeel van gebieden met waterdieptes van meer dan 2 meter toe. In absolute zin neemt deze omvang nauwelijks toe.

Klasse waterdiepte	Areaal (totaal 1.000 km ²)	Toename ten opzichte van de huidige situatie (1.050 km ²)
0 – 1 meter	5%	0%
1 – 2 meter	7%	-3%
2 – 3 meter	20%	1%
3 – 4 meter	50%	2%
> 4 meter	18%	1%

Tabel 6-5 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied, 2015

Stijgsnelheid

In Tabel 5-3 is het overstroomd gebied onderverdeeld in klassen op basis van de stroomsnelheid. Hieruit blijkt dat maar in 6% van het gebied de stijgsnelheid van het water groter is dan 1 meter per uur. In 85% van het gebied is de stijgsnelheid kleiner dan 0,5 meter per uur.

Klasse stijgsnelheid	Areaal (totaal 1.000 km ²)
< 0,5 m/uur	85%
0,5 – 1 m/uur	9%
1 – 1,5 m/uur	2%
1,5 – 2 m/uur	1%
> 2 m/uur	3%

Tabel 6-6 Klassen waterdieptes overstroomd IJsselmeergebied, 2015

Getroffenen en dodelijke slachtoffers

In totaal worden in het scenario 2015 vergeleken met 2006 10.000 mensen minder getroffen door het overstromingswater. Het aantal dodelijke slachtoffers wijzigt echter niet. Deze slachtoffers vallen met name in de Flevopolder waar de waterdiepte het grootst is.

7 Kaarten

Voor het scenario van de kust en het IJsselmeergebied zijn in dit hoofdstuk kaarten opgenomen waarin het scenario is gepresenteerd. Per scenario zijn de volgende kaarten opgenomen:

- overstroomd gebied en waterdiepte 4 uur na de doorbraak;
- overstroomd gebied en waterdiepte 12 uur na de doorbraak;
- overstroomd gebied en waterdiepte 24 (1 dag) uur na de doorbraak;
- overstroomd gebied en waterdiepte 168 uur (1 week) na de doorbraak;
- maximale waterdiepte en omvang;
- dodelijke slachtoffers;
- maximale stijgsnelheid van het overstromingswater.

Deze kaarten zijn ook opgenomen in een GIS rapportage. In deze GIS rapportage zijn ook kaarten opgenomen van het aantal getroffen en de waterdiepten op de tijdstippen van 1, 8, 16 en 48 uur na de doorbraak.

7.1 Huidige situatie

7.1.1 Scenario Kust

7.1.2 Scenario IJsselmeergebied

7.2 Na versterking waterkeringen, 2015

7.2.1 Scenario Kust

7.2.2 Scenario IJsselmeergebied

8 Referenties

- COT et al, 2005. RBSO rapportage Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas
Achtergrondrapportage organisatorische en fysieke (nood)maatregelen. COT, Twijnstra en
Gudde en Royal Haskoning in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en
Koninkrijksrelaties en Rijkswaterstaat RIZA.
- Doef en Cappendijk, 2006. Veiligheid Nederland in Kaart - modellering en analyse van
evacuatie. Rijkswaterstaat DWW.
- DWW, 2005. hoofdrapport onderzoek overstromingsrisico's. DWW-2005-0081
- Geerts, 2006. Risicobeheersing als maatschappelijk proces van veranderende visies, Essay
opgesteld als bijdrage aan de Betooglijn Maatgevend overstromingsscenario. AVIV BV.
- Gezondheidsraad, 1994. Risico, meer dan een getal. Handreiking voor een verdere ontwikkeling
van de risicobenadering in het milieubeleid. *Publicatie 1996/3 Gezondheidsraad, Den Haag*
- Kolen, 2006. Overstromingsscenario Katwijk, Monster en Alexanderpolder voor de conferentie
'Lessons learned New Orleans 'Als het tóch gebeurt' in opdracht van het NIBRA en het
Bestuurlijk Netwerk Crisisbeheersing.
- Noortwijk & Barendregt, 2004. Bepalen beschikbare en benodigde tijd voor evacuatie bij
dreigende overstroming. PR742.10 HKV lijn in water in opdracht van Rijkswaterstaat DWW.
- PKB, 2005. Kabinetsstandpunt van 22 december 2005, deel 3 PKB Ruimte voor de Rivier.
- RBSO, 2005. Verslag workshop Verkenning (on)mogelijkheden fysieke noodmaatregelen bij
dijkdoorbraak. Royal Haskoning in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en
Koninkrijksrelaties.
- RIVM, 2004. Risico's in bedijkte termen.
- RIZA 2006. Bepaling van waterstandsfrequenties voor de Rijn-Maasmonding. HKV LIJN IN WATER.
C.J van Veen 2006, opdrachtgever: RWS RIZA.
- RIZA, 2005. RBSO rapportage Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas -
Achtergrondrapportage Veiligheid en rivierkunde, RIZA rapport 2005.024.
- Thonus, 2006. Waterstandsverlopen en snelle val indicatie - Fase 1: onderzoek methode, invoer
en gevoeligheid en Fase 2: uitvoeren van definitieve berekeningen voor
Benedenrivierengebied. HKV lijn in water in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.
- Verkeer en Waterstaat, 2004. Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland,
voorschrift toetsen op veiligheid voor de 2^e toetsronde 2001 – 2006. Ministerie van Verkeer
en Waterstaat, DG Water.
- Verkeer en Waterstaat, 2005. Veiligheid Nederland in Kaart, tussenstand onderzoek
overstromingsrisico's. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG Water.
- Wouters, 2005. Overstromingsmodel Goeree Overflakkee, inclusief stormvloed 1953. HKV lijn in
water in opdracht van de provincie Zuid-Holland en het waterschap Goeree Overflakkee.

Bijlagen

Bijlage A: Stormen sinds 1910

Nr.	Jaar	Datum	windsnelheid hoogste uurgemiddelde 24,5 m/s of hoger			Zwaarste windstoot		Plaats
			Bft	m/s	km/h	m/s	km/h	
1	1911	30 sep/1 okt	11	30	108	38	137	Hoek van Holland
2	1912	27-Aug	10	27	97	41	148	Hoek van Holland
3	1913	26/27 dec	10	28	101			Vlissingen
4	1914	12-Aug	10	26	94			Den Helder
5	1914	11-Nov	10	26	94			Vlissingen
6	1914	28/29 dec	11	32	115	42	151	Vlissingen/Hoek v Holland
7	1916	13-Jan	10	27	97	42	151	Hoek van Holland
8	1916	23-Dec	10	27	97			Vlissingen
9	1920	11-Jan	10	28	101			Vlissingen
10	1921	06-Nov	11	32	115	45	162	Hoek van Holland
11	1922	8 mrt	10	27	97			Vlissingen
12	1925	9/10 feb	10	26	94	39	140	Vlissingen
13	1928	16/17 nov	10	26	94	38	137	Den Helder
14	1928	23-Nov	10	25	90	38	137	Vlissingen
15	1928	25-Nov	10	28	101	37	133	Vlissingen
16	1938	3/4 okt	10	27	97	38	137	Vlissingen
17	1940	13/14 nov	10	26	94	38	137	Vlissingen
18	1943	07-Apr	10	28	101	35	126	Den Helder
19	1943	19-Dec	10	26	94			Vlissingen
20	1944	23-Jan	10	26	94			Vlissingen
21	1944	07-Sep	12	35	122			Vlissingen
22	1949	1 mrt	11	29	104	39	140	Den Helder
23	1953	31 jan/1 feb	11	29	104	40	144	Leeuwarden/Den Helder
24	1953	30-Apr	10	25	90			Schiphol
25	1954	21-Dec	10	28	101			Leeuwarden
26	1960	20-Jan	10	27	97	41	148	Den Helder
27	1962	12-Feb	10	25	90			Schiphol
28	1967	17 okt	10	27	97	40	144	IJmuiden
29	1971	21-Nov	10	25	90			Terschelling
30	1972	13-Nov	11	31	112	42	151	IJmuiden/Terschelling
31	1973	02-Apr	11	31	112	43	155	Terschelling/IJmuiden
32	1973	13-Dec	10	26	94			Terschelling
33	1974	16/17 jan	10	25	90	32	114	Vlissingen/Terschelling
34	1976	2/3 jan	11	32	114	40	144	IJmuiden/Vlissingen
35	1977	12-Nov	10	26	94	34	122	IJmuiden/De Kooy
36	1977	14-Nov	10	25	90	32	114	IJmuiden/Hoek v Holland
37	1977	24-Dec	10	26	94	37	133	Houtrib
38	1978	03-Jan	10	26	94	37	133	IJmuiden
39	1978	16-Feb	11	29	104	33	119	Houtrib
40	1983	01-Feb	10	27	97	39	140	IJmuiden/Terschelling
41	1983	27-Nov	10	28	101	40	144	Vlissingen
42	1984	13/14 jan	10	26	94	38	137	IJmuiden/Terschelling
43	1986	19-Dec	10	25	90	32	114	IJmuiden
44	1987	16 okt	10	27	97	39	140	IJmuiden
45	1990	25-Jan	11	30	108	44	158	IJmuiden/Schiphol

46	1990	26-Feb	10	26	94	40	144	IJmuiden/Vlissingen
47	1993	13-Jan	10	26	94	38	137	IJmuiden/Terschelling
48	1993	8/9 dec	10	25	90	35	126	Vlissingen
49	1994	01-Apr	10	25	90	35	126	IJmuiden
50	1995	3 mrt	10	25	90	31	112	IJmuiden
51	1998	04-Jan	10	26	94	35	126	IJmuiden
52	1999	03-Dec	10	25	90	33	119	Vlieland
53	2000	28 mei	10	25	90	35	126	IJmuiden/Vlissingen
54	2000	29 okt	10	26	94	35	126	IJmuiden/Vlieland
55	2002	26-Feb	10	25	90	34	122	Vlieland/Vlissingen
56	2002	9 mrt	10	25	90	33	119	IJmuiden
57	2002	27 okt	10	28	101	41	148	IJmuiden/Vlissingen

Bron: www.knmi.nl

Bijlage B: Beschikbare tijd per faalmechanisme

Faalmechanisme	Beschikbare tijd (uren)											
	overslag/ overloop			pijping en opbarsten			Afschuiven			erosie dijklichaam		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%
Type bedreiging	35	60	147	30	54	147	35	60	87	86	120	154
Bovenrivieren	46	60	147	41	54	147	46	60	87	93	120	154
Maas	35	60	103	36	60	103	28	52	77	69	96	130
Benedenrivieren	15	24	61	19	24	61	11	16	27	47	60	86
Rijntakken Lek Hagestein	13	22	59	17	22	59	9	14	25	45	58	84
Rijntakken Waal Werkendam	22	36	74	24	36	74	16	28	41	55	72	99
Rotterdam	15	24	61	19	24	61	11	16	27	47	60	86
Maas Lith	19	36	74	14	30	74	19	36	53	53	72	99
Maas Dordrecht	12	24	62	8	18	62	12	24	41	45	60	87
IJsseldelta Hattem	12	21	58	9	15	58	12	21	36	44	57	83
IJsseldelta IJssel- Ketelmeer	12	24	62	8	18	62	12	24	41	45	60	87
Vechtdelta Dalfsen	9	18	62	12	21	62	7	16	29	45	60	87
Vechtdelta Rampolkering	9	18	62	12	21	62	7	16	29	45	60	87
IJsselmeer	10	15	58	16	21	33	20	33	59	32	45	60
Markermeer	10	15	58	16	21	33	20	33	59	32	45	60
Noordzee	10	15	58	16	21	33	20	33	59	32	45	60
Waddenzee	10	15	58	16	21	33	20	33	59	32	45	60
Westerschelde	10	15	58	16	21	33	20	33	59	32	45	60

Let op: de waarden vermeld in de tabel zijn een indicatie

Schatting van de beschikbare tijd voor preventieve evacuatie per faalmechanisme en watersysteem (in uren). Beschikbare tijd = voorspeltijd + bezwijktijd

(Barendregt en Noortwijk, 2004)

Bijlage C: Naam en nummering dijkringen

Nummer dijkring	Naam dijkring	Beschermingsniveau [1/x per jaar]	Oppervlak [km ²]
1	Schiermonnikoog	2000	8
2	Ameland	2000	32
3	Terschelling	2000	19
4	Vlieland	2000	0
5	Texel	1250	127
6	Friesland en Groningen	4000	4938
7	Noordoostpolder	4000	494
8	Flevoland	4000	974
9	Vollenhove	1250	506
10	Mastenbroek	2000	94
11	Ijsseldelta	2000	116
12	Wieringen	4000	223
13	Noord-Holland	10000	1531
13-a	IJburg	1250	2
13-b	Marken	10000	2
14	Zuid-Holland	10000	2226
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	2000	318
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	2000	391
17	IJsselmonde	4000	125
18	Pernis	10000	2
19	Rozenburg	10000	3
20	Voorne-Putten	4000	195
21	Hoekse Waard	2000	245
22	Eiland van Dordrecht	2000	49
23	Biesbosch	2000	21
24	Land van Altena	2000	163
25	Goeree-Overflakkee	4000	224
26	Schouwen Duivenland	4000	221
27	Tholen en St. Philipsland	4000	139
28	Noord-Beveland	4000	78
29	Walcheren	4000	201
30	Zuid-Beveland	4000	261
31	Zuid-Beveland	4000	75
32	Zeeuwsch Vlaanderen	4000	719
33	Kreekrakpolder	9999	14
34	West-Brabant	2000	737
34-a	Geertruidenberg	2000	4
35	Donge	2000	126
36	Land van Heusden/de Maaskant	1250	737
36-a	Keent	1250	1

Nummer dijkring	Naam dijkkring	Beschermingsniveau [1/x per jaar]	Oppervlak [km ²]
37	Nederhemert	1250	1
38	Bommelerwaard	1250	109
39	Alem	1250	1
40	Heerewaarden	500	2
41	Land van Maas en Waal	1250	279
42	Ooij en Millingen	1250	34
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	1250	626
44	Kromme Rijn	1250	635
45	Gelderse Vallei	1250	325
46	Eempolder	1250	12
47	Arnhemse- en Velpsebroek	1250	20
48	Rijn en IJssel	1250	287
49	IJsselland	1250	86
50	Zutphen	1250	41
51	Gorssel	1250	47
52	Oost Veluwe	1250	308
53	Salland	1250	279

Bijlage D: Schaal van Beaufort

kracht	snelheid in km/h*	uitwerking boven land en bij mens	uitwerking boven zee
0	0-1	rook stijgt recht of bijna recht omhoog	spiegelglad
1	1-5	windrichting goed af te leiden uit rookpluimen	kleine golfjes, geschubd oppervlak
2	6-11	wind voelbaar in gezicht, weerhanen tonen nu juiste richting, blad ritselt	kleine, korte golven
3	12-19	opwaaiend stof, vlaggen wapperen, spinnen lopen niet meer	kleine golven, breken, schuimkopjes
4	20-28	papier waait op, haar raakt verward, geen last van muggen meer	golven iets langer, veel schuimkoppen
5	29-38	bladeren van bomen ruisen, gekuifde golven op meren en kanalen, vuilcontainers waaien om	matige golven, overal schuimkoppen, af en toe opwaaiend schuim
6	39-49	problemen met paraplu's en hoeden waaien af	grotere golven, schuimplekken, vrij veel opwaaiend schuim
7	50-61	het is lastig tegen de wind in te lopen of te fietsen	golven worden hoger, beginnende schuimstrepen
8	62-74	twijgen breken van bomen, voortbewegen zeer moeilijk	matig hoge golven, schuimstrepen
9	75-88	schoorsteenkappen en dakpannen waaien weg, kinderen waaien om, takken breken af, alleen zwaluwen en eenden vliegen nog	hoge golven, rollers, zicht wordt slechter door schuimvlagen
10	89-102	grote schade aan gebouwen, volwassenen waaien om, bomen raken ontworteld, vogels blijven aan de grond	zeer hoge golven, zee wordt wit van het schuim, overslaande rollers, verminderd zicht
11	103-117	grote schade aan bossen	extreem hoge golven, zee geheel bedekt met schuim, sterk verminderd zicht
12	>117	verwoestingen	lucht is vol met verwaaid water en schuim, zee volkomen wit, vrijwel geen zicht meer

www.knmi.nl

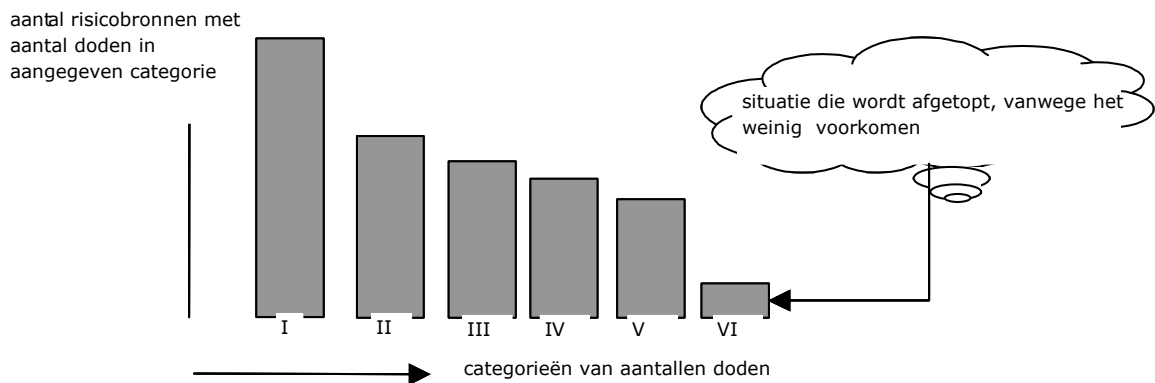
Bijlage E: Externe veiligheid

Systematiek beoordeling benodigde hulpverlening (op regionaal niveau) bij bestrijding rampen

Onderdeel van de beheersing van maatschappelijke risico's is de rampbestrijding. Bij de externe veiligheid is de rol van de rampenorganisaties de afgelopen vijf jaar veranderd en ontwikkelt die zich nog steeds. Het vraagstuk welke van de mogelijke rampen in een regio maatgevend moeten zijn voor de organisatie van de rampbestrijding is expliciet als beleidsvraag naar voren gekomen. Voor de ramptypen die kenmerkend zijn voor de externe veiligheid geldt inmiddels het uitgangspunt dat de rampenorganisatie per (veiligheids)regio hierop "gedimensioneerd" wordt. Dat houdt in dat het inzetbare hulpaanbod (beschikbare mensen en materieel en de omvang daarvan) wordt vastgesteld. Hiervoor is het risicoprofiel van de externe veiligheid binnen de regio maatgevend.

De wijze waarop het risicoprofiel wordt opgesteld is methodisch gedefinieerd door de zogeheten leidraad Maatramp. Het risicoprofiel bestaat uit een overzicht van de mogelijke rampen, dat als histogram is gepresenteerd. Het aantal aanwezige risicobronnen N_i , per categorie van rampomvang per ramptype vormt het histogram. Ramprisico-situaties die verhoudingsgewijs weinig voorkomen vormen niet de maat om te komen tot de genoemde "dimensionering", maar wel risicosituaties die verhoudingsgewijs nog veel voorkomen. Men topt dus het spectrum aan rampomvangen (uitgedrukt in aantallen doden) af.

De Leidraad Operationele prestaties wordt vervolgens gebruikt om de gewenste dimensionering in termen van prestaties bij de rampbestrijding te concretiseren. In de volgende figuur is het principe weergegeven van de maatramp.



Risicoprofiel in een regio op basis van aantallen risicobronnen van een bepaald type (bv brandbaar explosief gassen) gerangschikt naar risico-omvang

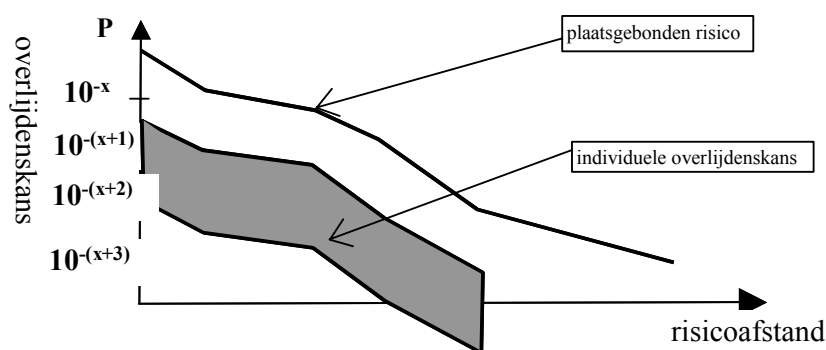
De praktische waarde van genoemde methodieken en instrumenten is gericht op een geobjectiverde en landelijk geüniformeerde benadering van het vraagstuk welke ramp (van een bepaald ramptype) maatgevend is qua omvang (en qua kans) om via de voorbereiding daarop, deze zo goed mogelijk te kunnen beheersen.

Rampen die groter zijn dan waarop de rampenorganisatie binnen de (veiligheids)regio zich gedimensioneerd heeft, worden beheersbaar geacht door bovenregionale opschaling. Dit betekent dat de capaciteit van andere regionale rampenorganisaties wordt ingezet. Gegeven de vaststelling van de capaciteit of het vermogen van de rampenorganisatie een ramptype van bepaalde omvang repressief beheersbaar te kunnen hanteren, worden rampbestrijdingsplannen ontwikkeld voor concrete risicobronnen die naar hun aard, omvang en plaats voorzienbaar zijn. Het opstellen van ongevalsscenario's vormt de basis.

Achtergrond risicobegrippen

Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico is een abstracte risicomaat. Daarvoor is gekozen om de risicoberekening praktisch te houden. Zou men de individuele overlijdenskansen als risicomaat hebben gekozen dan zou -om dit te kunnen vaststellen- het nodig zijn de mobiliteit van personen in de omgeving te beschouwen en de beschermende omstandigheden voor de uitwerking van effecten die ontstaan als een gevaarlijke stof door een ongeval vrijkomt.



Plaatsgebonden risico (theoretisch maximale overlijdenskans) vergeleken met werkelijke individuele overlijdenskans. Het grijze gebied geeft aan dat de werkelijke overlijdenskans een spreiding vertoont afhankelijk van factoren die de werkelijke overlijdenskans beïnvloeden (tijd van aanwezig zijn, bescherming gebouwen, etc).

Hiervan is dus afgezien bij het plaatsgebonden risico. Er wordt nu bij de berekening van dit risico(!) geen rekening gehouden met de daadwerkelijke aanwezigheid van personen in de omgeving. In plaats daarvan wordt denkbeeldig aangenomen dat zich permanent een individu onbeschermd en zich passief gedragend (dus geen zelfredzaamheid of vluchtgedrag) bevindt in de omgeving. Wat met het plaatsgebonden risico wordt berekend is daarom de theoretisch maximale overlijdenskans die aanwezig is op een bepaalde afstand. In de praktijk zal de werkelijke overlijdenskans beduidend kleiner zijn. Een en ander hangt af van een aantal factoren zoals de aard van de risicobron, de synchroniciteit tussen het kunnen ontstaan van het ongeval en de aanwezigheid van personen, de bescherming die gebouwen kunnen bieden.

De wettelijke norm voor het plaatsgebonden risico (PR) is 10^{-6} . Deze kans is gebaseerd op een periode van een jaar. Het PR is zoals gezegd de theoretisch maximaal mogelijke overlijdenskans. Het plaatsgebonden risico is het resultaat van het optellen van kansen van

allerlei ongevalscenario's voor het vrijkomen van een gevaarlijke stof en de mogelijke schadelijke effecten die kunnen optreden. Hierbij zijn ongevalscenario's in het spel met relatief hoge kansen maar beperkte effectafstanden tot ongevalscenario's met kleine kansen en grote effectafstanden.

In de praktijk werkt dit als volgt uit. De vereiste risicoafstand, gebaseerd op de norm van het plaatsgebonden risico, is voornamelijk het gevolg van de ongevalscenario's met de relatief hoge kansen en beperkte effectafstanden. Men situeert dus op relatief korte afstand ten opzichte van de maximaal mogelijke effectafstand de ruimtelijke activiteiten rond de risicobron en omgekeerd. Vandaar dat de afweging relevant is welke ramprisco men verantwoord acht, gegeven de belangen van de ruimtelijke activiteiten.

Bij het overstromingsrisico zijn ook scenario's in het spel van enkelvoudige dijkdoorbraken met beperkte effectgebieden en gevolgen en meervoudige dijkdoorbraken met grote effectgebieden en gevolgen. De grootte van de hydraulische belasting die in het scenario wordt aangenomen is daarnaast een factor die bepalend is voor het effectgebied dat ontstaat. Het effectgebied is hier het gebied dat onderloopt en het hydraulische gedrag van het water op bepaalde locaties (gebied) achter de dijken waardoor levensgevaar optreedt voor de mensen ter plaatse.

Het plaatsgebonden risico is de grootte die bepaald welke afstand minimaal tussen risicobron en de omgeving aangehouden moet worden. Het begrip leent zich niet zondermeer om te gebruiken bij het overstromingsrisico. Enerzijds door de berekeningsgrondslag die uitgaat van een individu die zich volstrekt passief gedraagt in het geval het gevaar zich manifesteert op een bepaalde plaats binnen het invloedsgebied van de risicobron. Anderzijds omdat bij de externe veiligheid de mogelijkheid aanwezig is de veiligheid van de individuele burger te realiseren door een relatief korte afstand als risicozone aan te houden, waarbinnen de burger niet mag verblijven. Bij het beheersen van het overstromingsrisico wordt hier niet van uit gegaan. De veiligheid is niet bereikt door uit te gaan van een risicozone achter de dijken waar geen mensen mogen verblijven.

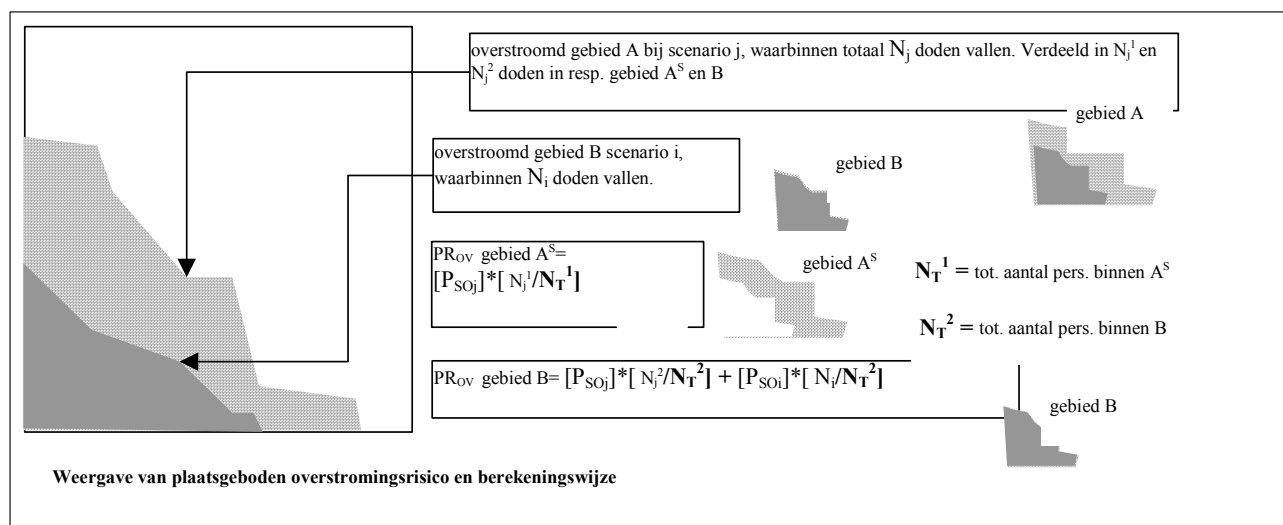
Bij het overstromingsrisico zijn ook scenario's in het spel van enkelvoudige dijkdoorbraken met beperkte effectgebieden en gevolgen en meervoudige dijkdoorbraken met grote effectgebieden en gevolgen. De grootte van de hydraulische belasting die in het scenario wordt aangenomen is daarnaast een factor die bepalend is voor het effectgebied dat ontstaat. Het effectgebied is hier het gebied dat onderloopt en het hydraulische gedrag van het water op bepaalde locaties (gebied) achter de dijken waardoor levensgevaar optreedt voor de mensen ter plaatse.

Aangenomen dat zich een persoon bevindt op een bepaalde plaats op maaiveldniveau, binnen de locatie die onder water loopt of overstroomd wordt, dan zou in principe de overlijdenskans kunnen worden bepaald (Schade en Slachtoffermodule van het Hoog Water Informatiesysteem van Rijkswaterstaat DWW). Op deze wijze wordt in analogie met de externe veiligheid, het plaatsgebonden risico bepaald van het overstromingsrisico. Het zal duidelijk zijn dat deze berekeningswijze voor het overstromingsrisico ingewikkeld is en noodzakelijkerwijs vereenvoudigingen vergt om de berekening praktisch te houden. Er zal bijvoorbeeld rekening moeten worden gehouden met de vraag wat mensen gaan doen in de periode dat het water stijgt. Een aspect waar bij het plaatsgebonden risico niet van wordt uitgegaan.

Een indicatieve vergelijking is mogelijk door uit te gaan van het aantal dodelijke slachtoffers dat bij een bepaald overstromingsscenario kan optreden. Het aantal personen N_T dat gemiddeld verblijft binnen het overstroomde gebied waar nog doden kunnen vallen –welk gebied we in

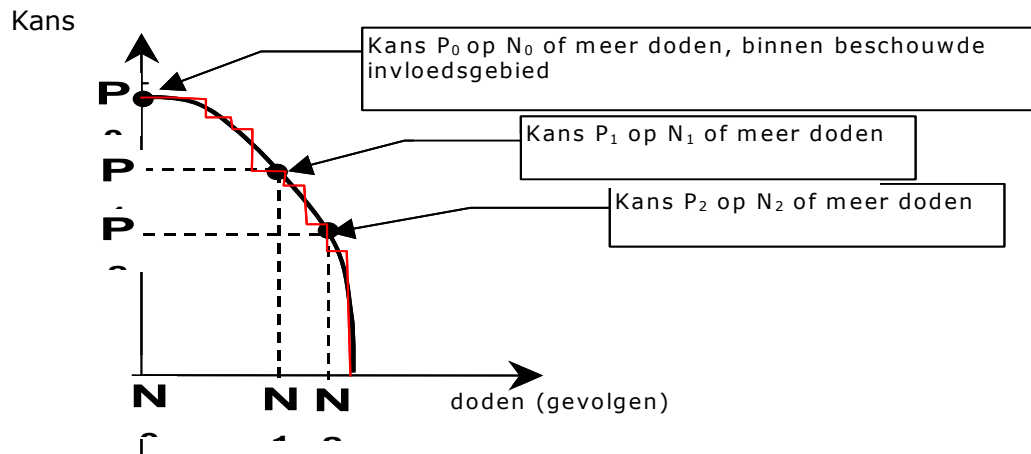
analogie met de externe veiligheid het invloedsgebied zouden kunnen noemen- vormt dan de zogeheten risicopopulatie (population at risk). De kans op een bepaald overstromingsscenario i , $[P_{SOi}]$, vermenigvuldigd met de fractie $[N_i / N_{Ti}]$, waarbij $[N_i]$ het aantal doden is dat bij overstromingsscenario i valt, vormt dan bij benadering het plaatsgebonden overlijdensrisico voor het overstromingsrisico PR_{OV} betrokken op een scenario gerelateerd overstroomd gebied i . Langs deze weg kunnen op een kaart gebieden worden aangegeven waarbinnen een bepaalde PR_{OV} aanwezig is.

$$PR_{OV} = \sum P_{SOi} \cdot [N_i / N_{Ti}]$$



Groepsrisico

Het groepsrisico is de risicomaat waarmee in beeld wordt gebracht wat het gevolg kan zijn als een bepaalde hoeveelheid mensen op een bepaalde afstand van de risicobron wonen of werken cq regelmatig daar verblijven (Figuur 3-2). Het gevolg wordt beschreven door het aantal doden dat kan vallen. Omdat verschillende ongevalsscenario's worden beschouwd van ongevallen met relatief hoge kans en beperkte gevolgen tot en met ongevallen met kleine kansen en grote gevolgen zal het groepsrisico bestaan uit een spectrum van kansen met bijbehorende aantallen doden. Door de kansen op te tellen en dit resultaat in een grafiek weer te geven ontstaat de zogeheten groepsrisicocurve of ook wel FN-curve geheten omdat de kansen als frequentie worden weergegeven. Getalsmatig zijn de kansen gelijk aan de frequenties. De grafiek laat zich als volgt lezen. Verticaal is de kans (of frequentie) uitgezet op X of meer doden langs de horizontale as. Het is van belang zich te realiseren dat de groepsrisicocurve betrekking heeft op het gebied rond de risicobron waarbinnen nog dodelijke slachtoffers kunnen vallen. Dit gebied wordt het invloedsgebied genoemd. Ook voor transport wordt op dezelfde wijze het groepsrisico weergegeven. Hierbij geldt de conventie dat het invloedsgebied –dat parallel loopt aan de transportroute- betrekking heeft op één kilometer transportlengte.



Karakteristieke grafiek van het groepsrisico

In de praktijk vertoont de grafiek allerlei kleine en grotere discontinue sprongen in de kans. Dit is het gevolg van het discretiseren van het continuüm van mogelijke ongevalsscenario's. In figuur 4 is het groepsrisico als resultaat van het discretiseren als de getrapte lijn weergegeven.

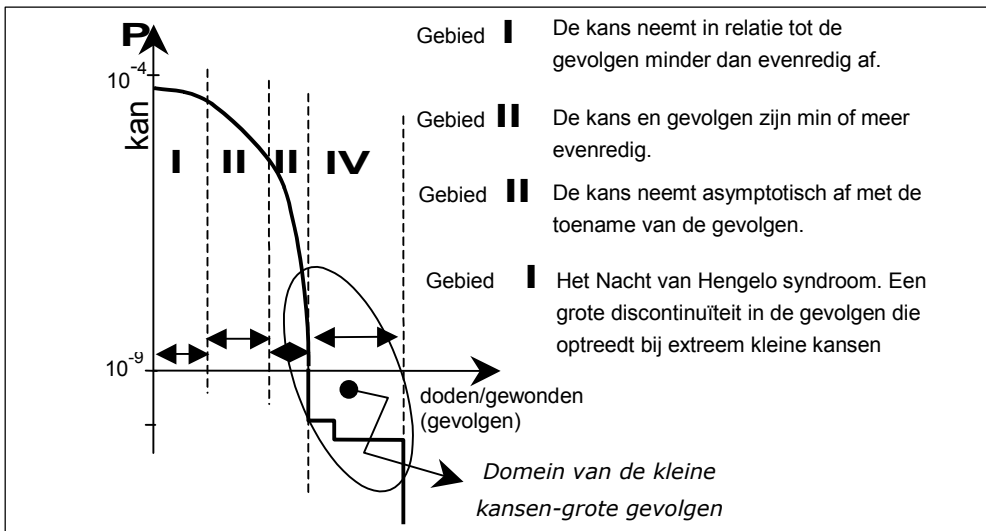
In het onderzoek "Risico's in bedijkte termen" is reeds een eerste uitwerking opgenomen van het groepsrisico van overstromingen. Hierbij is gebruik gemaakt van expert judgement schattingen en van een boven- en een ondergrensbenadering (RIVM, 2004).

Invloedsgebied

Het invloedsgebied is hiervoor al eerder beschreven. Voor stationaire risicobronnen is het invloedsgebied altijd een cirkel rond de risicobron. De straal van het invloedsgebied wordt bepaald door de afstand waarop 1% van de blootgestelden aan het effect, statistisch gezien, komt te overlijden. Deze 1% letaliteitgrens wordt opgevat als demarcatie tussen het risico om nog te kunnen overlijden en het risico om niet te kunnen overlijden. In Figuur 3-2 is de afstand van het invloedsgebied rondom de bron weergegeven in de grafiek.

Het Nacht van Hengelo syndroom

Karakteristiek voor de ongevalsscenario's van de externe veiligheid is dat de schadeomvang in relatie tot de kans in principe vier gebieden kent zoals gepresenteerd in de hieronder gepresenteerde figuur (gebieden I, II, III en IV). Het externe veiligheidsbeleid gaat er expliciet van uit dat kansen op een ramp met een kans kleiner dan 10^{-9} (op jaarbasis) of wel één op de miljard, niet meer relevant zijn om beleidsafwegingen op te baseren. Er is sprake van een kansafkapcriterium bij de risicobeheersing (Besluit externe veiligheid inrichtingen: art. 12 en art. 13). Het externe veiligheidsbeleid houdt zich bezig met de gebieden I, II en III.



Karakteristieke kans-gevolg relatie externe veiligheidsrisico's

Het syndroom van de Nacht van Hengelo staat voor het grootst denkbare ongeval dat in Nederland kan optreden, per definitie onder uitzonderlijke omstandigheden, cq met een extreem kleine kans. De naamgeving is ontleend aan de volgende situatie. In Hengelo stond tot medio 2006 een chloorfabriek van AKZO-NOBEL. De risicoanalyse van de chloorfabriek geeft aan dat het invloedsgebied rond de fabriek tot op vele kilometers in de omtrek Hengelo reikt. Het zwaarste ongevalscenario voor het vrijkomen van chloor is het bezwijken van een spoorketelwagen, waarbij in korte tijd de inhoud vrijkomt.

De risicoanalyse laat zien dat met een kans van 10^{-9} circa 1300 doden bij dit ongeval kunnen vallen. Eén maal per jaar vindt in Hengelo de Nacht van Hengelo plaats. Dit is een evenement dat ruim 15.000 á 20.000 mensen op de been brengt in het centrum van de stad (Een profwielerronde is één van de evenementen, naast kermisattracties en horeca-initiatieven). Het centrum ligt hemelsbreed op circa 1,5 kilometer van de spoorketelwagens met chloor die op het fabrieksterrein staan.

Als ten tijde van de Nacht van Hengelo het genoemde ongeval zou plaatsvinden en de wind richting centrum stad zou waaien, dan zouden er vele duizenden doden en gewonden vallen (het ongeval zou proporties van het dramatische Bophal-ongeval²⁷⁾ hebben aangenomen). De kans op deze ramp ligt circa 3 orde-groottes (decades) onder het kansafkaps criterium. Op basis van een deterministische scenariomethodiek zou het Nacht van Hengelo syndroom in tegenstelling tot de probabilistische methodiek als ongevalscenario wellicht in beeld zijn gekomen en de grens weergegeven van de maximaal denkbare gevolgen/schade.

Nacht van Hengelo syndromen worden gevormd door zomerevenementen, de zaterdagmarkt, de FBK atletiekgames e.d. kortom situaties waar een groot aantal mensen op een bepaalde plaats verblijven gedurende enkele keren per jaar. Het punt is dat in het kans-gevolgen vlak van de risico's markante discontinue sprongen optreden die het gebied IV onderscheiden van gebied III. Het restrisico dat betrekking heeft op de sociale ontwrichting door een ramp wordt bij de externe veiligheid weergegeven door een lijn in de kans-gevolgen ruimte die voldoet aan

²⁷ Het tot dusver grootste externe veiligheidsongeval in de geschiedenis dat in India plaatsvond door het vrijkomen van het giftige gas methylisocyanat.

de relatie van $10^{-3}/N^2$ waarbij N het aantal doden is ²⁸⁾. Is de kans op een ramp van omvang N kleiner dan de gegeven relatie, dan wordt het risico opgevat als restrisico. In de praktijk blijkt de grens voor het restrisico in de meeste gevallen ergens in gebied II te worden overschreden, in het geval er sprake is van een overschrijding van het restrisico. De voorbereiding op de bestrijding van rampen baseert zich op het groepsrisico dat aanvaardbaar wordt geacht op basis van de voorgeschreven specifieke afweging die bij het besluit moet worden genomen. Dat kan dus het restrisico zijn maar dat hoeft niet als de overschrijding van de oriëntatiewaarde aanvaardbaar wordt geacht.

²⁸⁾ Deze relatie geldt voor productie- en opslagsystemen van gevaarlijke stoffen. Voor transportsystemen (weg, water, rail buisleidingen) geldt de volgende relatie $10^{-2}/N^2$. De reden dat een ander restrisico geldt voor transportsystemen is dat de berekeningswijze van het risico afwijkt van de zogenoemde stationaire systemen.