



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Water

Waterveiligheid 21e eeuw

Kengetallen Kosten-batenanalyse



Kengetallen Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw

1 september 2008

Kengetallen Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw

1 september 2008

Colofon

Uitgegeven door:	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
In opdracht van:	Directoraat - Generaal Water
Informatie:	Jarl Kind
Telefoon:	06 53426987
Email	jarl.kind@deltares.nl
Uitgevoerd door:	Jarl Kind (RWS/Waterdienst)
Met medewerking van:	Johan Gauderis (Rebelgroup) Emiel van Velzen (Deltares) Wim Silva (RWS/Waterdienst)
Tekstadvies:	Tekstbureau Met Andere Woorden, Arnhem
Rapportnummer:	WD 2008.044

Bron: Golfroverslagfoto: HR Wallingford en andere foto's beeldbank Rijkswaterstaat

Colofon 3

Samenvatting 7

1. Inleiding 15

- 1.1 Over dit hoofdstuk 15
- 1.2 Aanleiding 15
- 1.3 Doel van de kosten-batenanalyse 16
- 1.4 Afbakening 17
- 1.5 Verantwoording 18
- 1.6 Proces 19
- 1.7 Leeswijzer 20

2. Methoden, definities en uitgangspunten 21

- 2.1 Over dit hoofdstuk 21
- 2.2 Verschillende zienswijze op veiligheidsnormen 21
- 2.3 Uitgangspunten en veronderstellingen over de methode 21
- 2.4 Definities van veiligheidsnormen 23
- 2.5 Mogelijke vertrekpunten, voor- en nadelen 26
- 2.6 Stappenplan voor de KKBA 29

3. Basisgegevens 31

- 3.1 Over dit hoofdstuk 31
- 3.2 Dijkringen, dijkkringdelen en trajecten 31
- 3.3 Overstromingskansen en klimaatscenario's 32
- 3.4 Schade, slachtoffers en socio-economische scenario's 33
- 3.5 Kosten 33
- 3.6 Ontbrekende gegevens 34

4. Waarderen van overstromingsrisico's 37

- 4.1 Over dit hoofdstuk 37
- 4.2 Overzicht van schadeposten 37
- 4.3 Tekortkomingen in de geprijsde schade 39
 - 4.3.1. Directe schade aan waterkeringen 39
 - 4.3.2. Kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg 40
 - 4.3.3. Schade aan bedrijven 41
- 4.4 Niet-geprijsde schade 46
 - 4.4.1. Slachtoffers 46
 - 4.4.2. Schade aan LNC-waarden 48
 - 4.4.3. Doorsnijding lifelines 50
 - 4.4.4. Imagoschade 51
- 4.5 Overzicht van schadeaanpassingen 51
- 4.6 Risicoaversie 52
- 4.7 Discontovoet en risico-opslag 56

5. Indicatieve optimale veiligheidsniveaus 59

- 5.1 Over dit hoofdstuk 59
- 5.2 Werkwijze 59

-
- 5.3 Optimale overstromingskansen 66
 - 5.3.1. Noord-Nederland 66
 - 5.3.2. Rivierengebied 67
 - 5.3.3. Zuidwest-Nederland 68
 - 5.4 Optimale overschrijdingskansen 69
 - 5.4.1. Noord-Nederland 69
 - 5.4.2. Rivierengebied 70
 - 5.4.3. Zuidwest-Nederland 71
 - 5.5 Cross check resultaten 72
 - 5.6 Resultaten van de varianten en gevoeligheidsanalyses 74
 - 5.7 Conclusies van dit hoofdstuk 76

6. Financiële consequenties 79

- 6.1 Over dit hoofdstuk 79
- 6.2 Benodigde investeringen in normaanpassing 79
 - 6.2.1. Basisvariant en variant 1 79
 - 6.2.2. Bandbreedte 81
 - 6.2.3. Gevoeligheidsanalyse ten aanzien van maatregelen in de ruimtelijke ordening 82

7. Traject naar de KBA WV21 83

- 7.1 Over dit hoofdstuk 83
- 7.2 Uitgangspunten en scope 83
- 7.3 Kennisonzekerheden 83
- 7.4 Inherente onzekerheden 84

Referenties 85

Bijlage A Belangrijkste aannames en uitgangspunten 90

Bijlage B Samenvatting van de invoergegevens 92

Bijlage C Voorbeeld uitwerking vertrekpunt hoofdstuk 2 96

Bijlage D Kansgrafieken van een aantal dijkringen 99

Bijlage E Overschrijdingskans en overstromingskans 110

Bijlage F Gedetailleerde uitkomsten 117

Bijlage G Methode raming investeringen in normaanpassing 125

Bijlage H Investeringen tot 2050 in de basisvariant 129

Bijlage I Vergelijking met de resultaten van de Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen 131

Bijlage J Totale investeringsbehoefte 132

Bijlage K Spreidingsrisico's in de KKBA WV21: Discussie 134

Aanleiding en doel

In de wet staan normen voor de bescherming van grote delen van Nederland tegen overstromingen. Deze normen zijn gebaseerd op omstandigheden en berekeningen uit de jaren zestig van de vorige eeuw. Sinds die tijd zijn de mogelijke gevolgen van een overstroming fors toegenomen: de economische waarde achter de dijken is gestegen en de bevolking is gegroeid. Ook is de methode van de berekeningen verbeterd. In het project Waterveiligheid 21e eeuw onderzoekt het ministerie van Verkeer en Waterstaat of de wettelijke normen nog voldoen. Onderdeel van het project is een kosten-batenanalyse, die antwoord moet geven op twee vragen:

1. Wat zijn de economisch optimale veiligheidsniveaus per dijkkring of deel daarvan?
2. Welke kosten zijn daaraan verbonden?

De kosten-batenanalyse komt in twee fasen tot stand. De eerste fase bestaat uit een globale, kengetallen kosten-batenanalyse (KKBA). De KKBA levert een globale indicatie van optimale veiligheidsniveaus en een schatting van de kosten op. Maar vooral maakt de KKBA duidelijk welke parameters met name bepalend zijn voor de optimale veiligheidsniveaus en welke informatie ontbreekt voor een volwaardige kosten-batenanalyse. Dit rapport geeft de resultaten van de KKBA. Als tweede fase volgt in 2010 de volwaardige kosten-batenanalyse WV21.

De KKBA is tot stand gekomen onder begeleiding van een commissie waarin de ministeries van BZK, EZ, Financiën, VROM en V&W en IPO, UnW en VNG vertegenwoordigd waren. Een eindconcept is voor een second opinion voorgelegd aan het Centraal Planbureau (CPB).

Definitie van optimale veiligheidsniveaus en normen

De kosten-batenanalyse is een zoektocht naar een investeringsstrategie voor de lange termijn die de laagste combinatie van kosten voor preventieve maatregelen en schade door overstromingen oplevert. Het veiligheidsniveau dat daarbij hoort, noemen we het economisch optimale veiligheidsniveau. Andere overwegingen die van belang kunnen zijn voor het te kiezen veiligheidsniveau, zoals groepsrisico of basisveiligheid, blijven hier dus buiten beschouwing.

De norm voor het optimale veiligheidsniveau is een zogenaamde 'middenkans': de norm bevindt zich tussen de ontwerpnorm en de maximaal toelaatbare overstromingskans in. Als blijkt dat de veiligheid niet meer aan de middenkans voldoet, is er nog enige tijd om aanvullende maatregelen te treffen voordat de maximaal toelaatbare overstromingskans wordt overschreden. De keuze voor de middenkans

in de KKBA komt overeen met de huidige praktijk van ontwerpen, toetsen en aanpassen, in die zin dat er in het concept van de middenkans expliciet rekening gehouden wordt met de 'besteltijd' van waterveiligheid.

Uitgangspunten

Systeem op orde in 2015

De analyse start met de situatie in 2015. De aanname is dat de waterkeringen op dat moment precies aan de wettelijke norm en leidraden voldoen. Het voordeel van dit uitgangspunt is dat de kosten voor preventieve maatregelen vanaf dat jaar alleen nodig zijn voor het in stand houden en eventueel verhogen van de norm, en niet voor het wegwerken van achterstallig onderhoud. Dat maakt de discussie over de hoogte van de norm transparant en zuiverder. Het nadeel is dat er wellicht te veel kosten voor het bereiken van een hogere norm in beeld zijn gebracht, omdat er op bepaalde trajecten sprake kan zijn van overhoogte.

Alleen categorie A-keringen

Vanwege het ontbreken van informatie konden zowel de B- als de C-keringen niet in de KKBA worden meegenomen. Hierdoor zijn de kosten wellicht te laag ingeschat. In de KKBA is verondersteld dat deze wegvallen tegenover de overschatting van de kosten door het weglaten van de overhoogte.

Aanvullende preventie door dijkversterkingen

Aangenomen is dat een hoger veiligheidsniveau tot stand komt door dijkversterkingen. De investeringen zijn daarop gebaseerd. Bij keuze voor ruimtelijke maatregelen zullen de kosten hoger uitvallen, maar daar staan dan ook andere typen baten tegenover.

Duinversterkingen niet nodig

Aangenomen is dat bij een hogere norm geen extra investeringen nodig zijn om de duinen te versterken. Het huidige suppletiebeleid, bedoeld om de kustlijn in stand te houden, leidt nu al tot zeer kleine overstromingskansen.

Normen per dijkringdeel

Sommige dijkringen zijn heel groot of worden vanaf verschillende kanten bedreigd (bijvoorbeeld vanuit de zee en de rivier). Ook is het mogelijk dat de gevolgen heel sterk afhangen van de locatie van een doorbraak. In een aantal gevallen zijn de optimale veiligheidsniveaus daarom per dijkringdeel berekend.

Berekening van overstromingsschade

Uitbreiding van schadeposten

De kosten van de overstromingsschade zijn gebaseerd op de schade- en slachtoffermodule van het Hoogwaterinformatiesysteem (HIS-SSM). Deze module geeft echter geen volledig beeld van de totale schade. In de KKBA zijn enkele schadeposten uitgebreid of toegevoegd, meestal

via een procentuele opslag op de uitkomst van HIS-SSM. Het gaat daarbij met name om de kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg, om directe en indirecte schade aan bedrijven, de effecten van het uitvallen van infrastructuur, imagoschade en schade aan LNC-waarden. In totaal bedragen de geraamde opslagen 50 tot 100 procent op de schade die berekend wordt met het HIS SSM. Ook immateriële schadeposten, zoals slachtoffers en leed, zijn in de KKBA zoveel mogelijk in geld uitgedrukt. Opslagen en andere toevoegingen zijn gebaseerd op ervaringen met vergelijkbare rampen in andere landen en literatuuronderzoek.

Discussie over risicoaversie

Door het treffen van preventieve maatregelen neemt de verwachte schade (risico; kans maal schade) van een overstroming af.

Uitgangspunt van de KKBA is dat de hoeveelheid geld die Nederlanders bereid zijn te betalen voor de laatste eenheid preventie maximaal gelijk is aan de afname van de verwachte schade door deze laatste eenheid. Maar door investeringen neemt niet alleen de verwachte schade af, maar over het algemeen ook de spreiding van de verwachte schade. In de praktijk blijken mensen ook geld over te hebben voor het verminderen van die spreiding, zeker wanneer men niet in staat is om de gevolgen individueel te dragen. Dat gedrag wordt risicoaversie genoemd. Huishoudens betalen om die reden voor hun brandverzekering meer dan de verwachte schade.

De vraag is of in de kosten-batenanalyse WV21 rekening moet houden met risicoaversie en daarvoor een risicopremie op de verwachte schade in rekening moet brengen waardoor de berekende economisch optimale veiligheidsniveaus hoger uit zouden vallen. Er zijn redenen om dat wel te doen, maar ook om dat niet te doen. In de KKBA is er uiteindelijk voor gekozen om geen premie in rekening te brengen, maar bij deze keuze hoort dan wel de expliciete veronderstelling dat zo veel mogelijk van de overstromingsschade zal worden vergoed (via de overheid dan wel via verzekeringen) en de gevolgen van een overstroming derhalve over alle ingezetenen zullen worden gespreid. Bij de definitieve kosten-batenanalyse verdient dit onderwerp heroverweging.

De disconteringsvoet

Omdat de schade toeneemt en het klimaat verandert, zullen investeringen in hoogwaterbescherming in de toekomst altijd nodig blijven. Het is niet mogelijk (noch efficiënt) om vandaag alle investeringen te doen die nodig zijn om Nederland voor de eeuwigheid te beschermen. Voordeliger is het om vandaag alleen te investeren in de bescherming voor de eerstkomende periode en de hoogwaterbescherming daarna regelmatig op te waarderen. Zo ontstaat een optimaal investeringspad.

Bij de berekening van het optimale investeringspad speelt de discontovoet een belangrijke rol. De discontovoet is te zien als het vereiste rendement op de investering. Het rendement op een overheidsproject moet tenminste even groot zijn als het rendement dat

risicovrij te behalen is in de markt. Hiervoor wordt de reële risicovrije discontovoet vastgesteld, die op dit moment 2,5% bedraagt. Deze discontovoet is van toepassing op de kosten én de baten (vermeden schade) van de investeringen.

Maar het rendement is niet helemaal risicovrij. Een deel van de schade hangt af van onzekere macro-economische ontwikkelingen. Het CPB heeft daarom geadviseerd in de KKBA een opslag van 1,5% op de discontovoet voor de schade te hanteren. Het is echter de vraag of dat ook voor alle toekomstige investeringen redelijk is, als er nog volledige keuzevrijheid is welke maatregelen op langere termijn uitgevoerd zullen worden. Het CPB zal het advies heroverwegen voor de volwaardige kosten-batenanalyse die in 2010 gereedkomt.

Indicatieve optimale veiligheidsniveaus

Werkwijze

Zoals uit het bovenstaande blijkt, is de waarde van een aantal parameters niet met zekerheid vast te stellen. In de KKBA is daar als volgt mee omgegaan. Eerst is een basisvariant opgesteld, waarin de parameters de waarde hebben die het meest voor de hand lijkt te liggen. Vervolgens zijn tien varianten opgesteld waarin steeds één parameter uit de basisvariant is gevarieerd. Met een model zijn de optimale veiligheidsniveaus berekend, eerst voor de basisvariant en daarna voor de tien andere varianten. Zo is een bandbreedte rond het optimale veiligheidsniveau ontstaan.

Resultaten per gebied

Let op: de optimale veiligheidsniveaus die hieronder staan zijn indicatief. Ze zijn berekend met een model dat nog niet foutloos werkt en waaraan aannamen ten grondslag liggen die met grote onzekerheden omgeven zijn.

Noord-Nederland (Noord-Holland, IJsselmeer, Waddeneilanden, Friesland/Groningen): Wanneer het systeem op orde is, worden in dit deel van het land de optimale veiligheidsniveaus ruimschoots gehaald. Met systeem op orde bedoelen we dat de keringen ontworpen zijn conform de leidraden en voldoen aan de huidige overschrijdingskansen (1/2000 tot 1/10000 per jaar). Een verhoging van de veiligheidsnorm op basis van de resultaten van de KKBA ligt in dit deel van Nederland niet in de rede.

Rivierengebied: Wanneer het systeem op orde is, komt de veiligheid in dit deel van het land niet overal overeen met de optimale veiligheid die volgt uit de KKBA. Langs de IJssel is de optimale overschrijdingskans circa 1/2000 per jaar (nu een norm van 1/1250 per jaar) en langs de Nederrijn-Lek en in het benedenrivierengebied circa 1/2000 of 1/4000 per jaar (nu 1/1250 tot 1/2000 per jaar). Hier ligt op basis van de resultaten van de KKBA een verhoging met één of twee normklassen in de rede.

Zuidwest-Nederland: Wanneer het systeem op orde is, is het veiligheidsniveau in dit deel van het land niet overal optimaal. Een

overschrijdingskans van ongeveer 1/20000 per jaar ligt in de rede voor delen van Centraal Holland (dijkkring 14; nu 1/10000 per jaar) en wellicht ook voor Voorne-Putten (dijkkring 20; nu 1/4000 per jaar). Voor de overige dijkringen ligt een hoger veiligheidsniveau niet voor de hand.

Voorzichtige conclusie

Op basis van deze indicatieve getallen is de conclusie dat overstappen naar een economisch optimaal veiligheidsniveau niet tot grootschalige aanpassingen in de normhoogte hoeft te leiden. De bandbreedte rond de optimale overstromings- en overschrijdingskansen is echter groot. Deze bedraagt minimaal één maar vaak ook twee of meer normklassen.

Benodigde investeringen

De investeringen die nodig zijn om de veiligheid te verhogen tot het optimale veiligheidsniveau bestaan uit twee delen: een eenmalige investeringsimpuls van 2 miljard euro voor normaanpassing van een aantal dijkringen in bijvoorbeeld de periode 2015-2020 en daarna een bedrag van 50 miljoen euro per jaar om ook de andere dijkringen aan te passen. De totale investering voor de periode 2015-2050 komt daarmee op 3,5 miljard euro. Net als rond de optimale veiligheidsniveaus is ook de bandbreedte rond de investeringen groot: het totale bedrag tot 2050 varieert van 1,7 tot 7 miljard euro.

De genoemde investeringen betreffen alleen de kosten om de veiligheid op een hoger niveau te brengen en te handhaven, ook bij toename van de economische schade. Eventuele kosten voor klimaatveranderingen zijn hier niet in begrepen, want die zijn ook nodig bij het handhaven van de bestaande normen.

Als alle nieuwbouw in de toekomst hoogwatervrij gebouwd wordt, zijn minder investeringen nodig om de toename van de schade te compenseren. Door middel van een gevoeligheidsanalyse is berekend hoeveel besparingen dat op zou leveren op de kosten van preventieve maatregelen. Hieruit blijkt dat iedere nieuwbouwwoning die zonder toename van het schadepotentieel gebouwd wordt, een besparing van 400 tot 1000 euro voor preventieve maatregelen oplevert. Dat is een gering bedrag; onderzocht zou moeten worden hoe dit zich verhoudt tot de extra kosten van hoogwatervrij bouwen.

Vervolg

Als vervolg op deze kengetallen kosten-batenanalyse komt in 2010 een volwaardige kosten-batenanalyse tot stand. Daarvoor zijn de volgende activiteiten noodzakelijk:

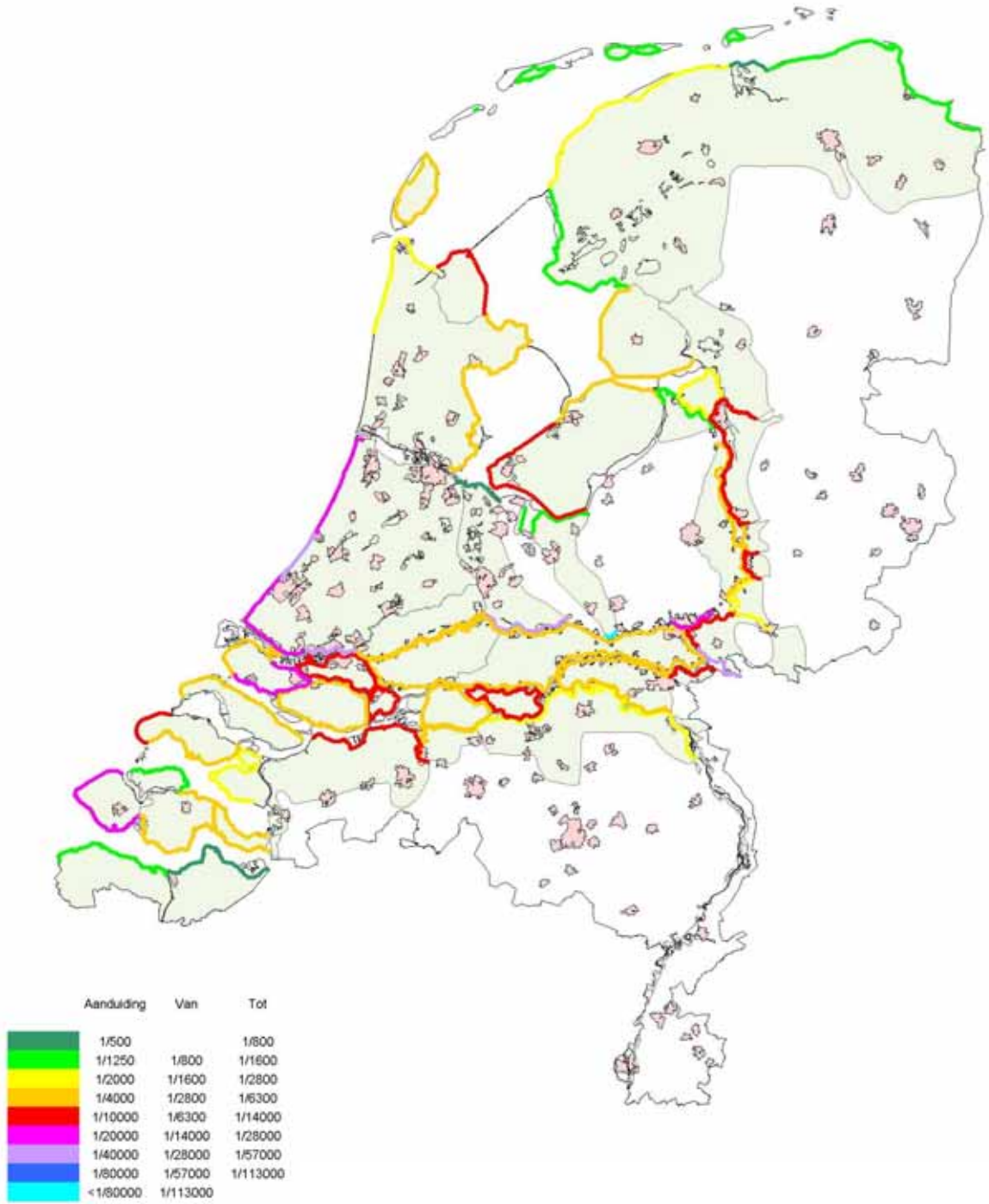
- nieuwe afweging over een aantal uitgangspunten en aannamen;
- aanvullend onderzoek naar onder meer de omvang van de economische schade bij een overstroming, de waarde van immateriële schade en risicoaversie;

-
- een consistent denkmodel voor het omgaan met macro-economische onzekerheden en de risicopremie op de discontovoet;
 - verbetering van het model OptimaliseRing.

Ondanks deze verbeteringen zullen ook de resultaten van de volwaardige kosten-batenanalyse met grote onzekerheden omgeven zijn. De politiek zal daar op een zorgvuldige manier mee om moeten gaan bij de keuze van nieuwe veiligheidsniveaus.

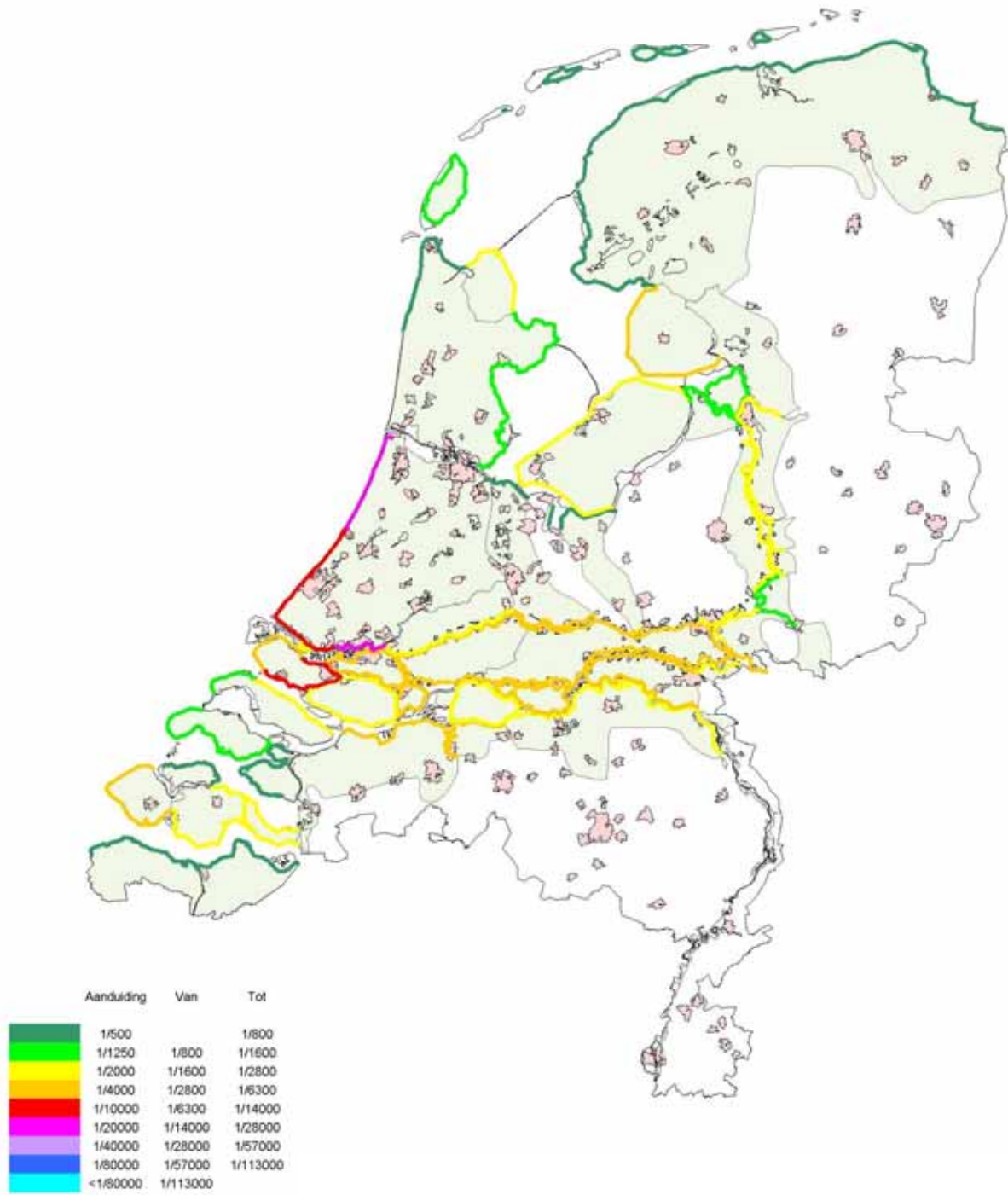
Figuur 1

Optimale overstromingskansen per jaar



Figuur 2

Optimale overschrijdingskansen per jaar
(bij kritiek overslagdebiet van 1 l/s/m)



1. Inleiding

1.1 Over dit hoofdstuk

In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens aan de orde de reden voor het uitvoeren van deze studie, de onderzoeksvragen die daarin beantwoord worden, de verantwoording voor de inhoud, het gebruik van de resultaten en het proces. Het hoofdstuk sluit af met een leeswijzer die duidelijk maakt welke informatie op welke plaats in het rapport te vinden is.

1.2 Aanleiding

Waterkeringen langs de grote wateren moeten voldoen aan wettelijke veiligheidsnormen. De onderbouwing van de huidige veiligheidsnormen gaat terug naar de jaren zestig van de vorige eeuw. Na de februari-ramp van 1953, die een groot deel van Zuidwest-Nederland onder water zette, zijn op advies van de Deltacommissie (1960) veiligheidsnormen vastgesteld voor gebieden langs de kust. Later hebben diverse commissies ook veiligheidsnormen voor overige gebieden in Nederland vastgesteld. De hoogte van deze veiligheidsnormen berust niet op een *gedegen* kosten-batenanalyse. Zelfs voor de hoogte van de huidige norm voor de waterkeringen van dijkkring 14 (Centraal Holland) ontbreekt een *gedegen* kosten-batenanalyse, in tegenstelling tot wat wel eens beweerd wordt (zie RIVM, 2004, p107). We zullen daar later op terug komen.

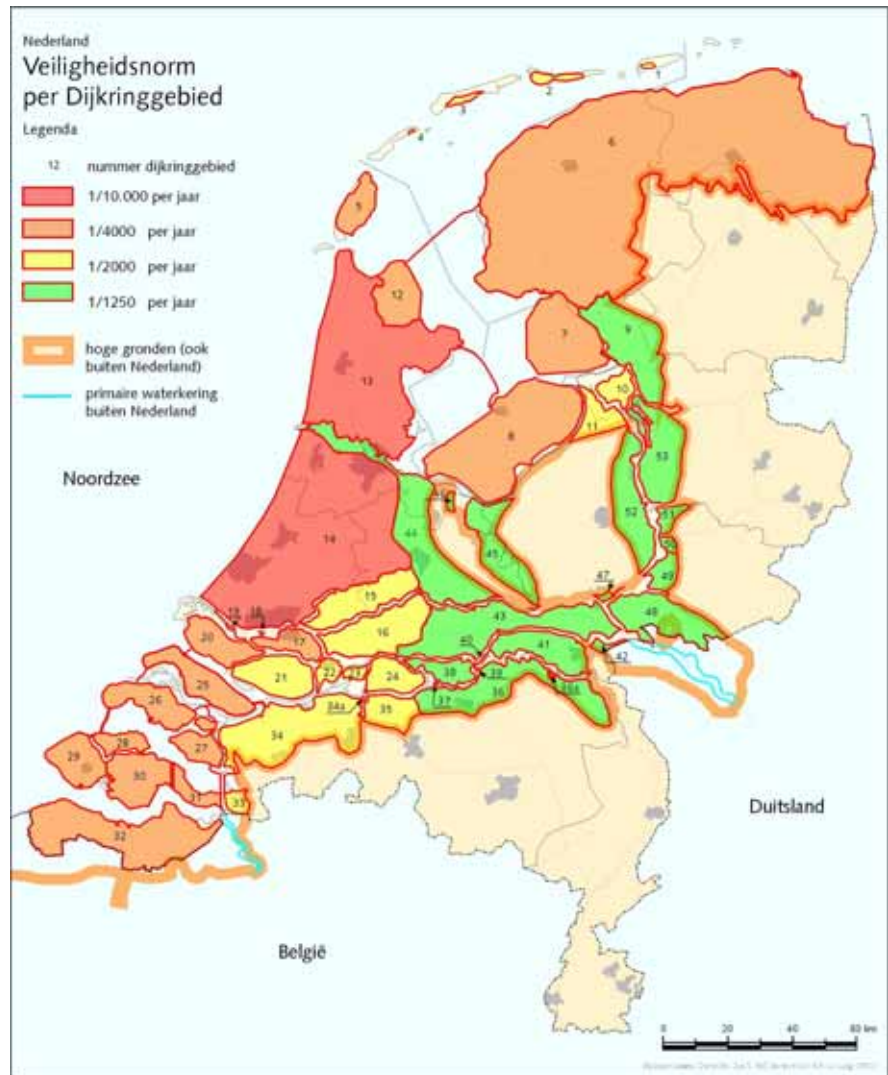
Sinds de jaren zestig is de economie met een factor 4 gegroeid.¹ De bevolking is met ongeveer de helft toegenomen, van 11 miljoen in 1960 tot 16 miljoen op dit moment. Dit betekent dat de gevolgen van een eventuele overstroming fors zijn toegenomen.

De sterk toegenomen gevolgen van een overstroming en nieuwe inzichten in overstromingsrisico's uit het project Veiligheid Nederland in Kaart vormen in het kort de aanleiding voor het project Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21). De centrale vraag in WV21 is of het huidige beleid voor bescherming tegen overstromingen en de wettelijke verankering daarvan nog voldoende. Deze vraag wordt binnen WV21 breed ingevuld. Zo worden er onder meer onderzoeken uitgevoerd naar de hoogte en de vorm van een nieuwe norm, een bijpassende wettelijke systematiek van ontwerpen en toetsen, maatregelen die de gevolgen van een overstroming beperken, bewustwording, verantwoordelijkheden, verzekerbaarheid en financiering. In het najaar van 2008 rapporteert het kabinet over de resultaten van WV21.

¹ CBS, nationale rekeningen.

Figuur 3

De huidige veiligheidsnorm per dijkkringgebied



1.3 Doel van de kosten-batenanalyse

Onderdeel van het project Waterveiligheid 21^e Eeuw is een kosten-batenanalyse van nieuwe normen voor de veiligheid. De kosten-batenanalyse geeft antwoord op twee hoofdvragen (plan van aanpak voor de kosten-batenanalyse WV21, versie 7 oktober 2007):

1. Wat zijn de economisch efficiënte (of, anders gezegd, optimale) veiligheidsniveaus per dijkring of dijkringdeel?
2. Welke kosten zijn verbonden aan het behalen van deze optimale veiligheidsniveaus?

Deze vragen worden beantwoord door de kosten en baten van preventieve maatregelen te bepalen (dijk- en duinversterkingen).

De kosten-batenanalyse komt in twee fasen tot stand:

Fase 1 (2008): Kengetallen KBA (KKBA)

Een kengetallen KBA is in principe een globale analyse die zich baseert op informatie die voorhanden is. De doelen van de kengetallen kosten-batenanalyse WV21 zijn driedelig:

1. een globale indicatie geven van de hoogte van efficiënte veiligheidsniveaus;
2. duidelijk maken van welke informatie deze optimale veiligheidsniveaus het meest afhankelijk zijn;
3. een eerste schatting geven van de mogelijke financiële consequenties van een efficiënte bijstelling van de veiligheidsniveaus.

De KKBA gaat uit van de huidige wijze van dijkversterking. Op dit moment loopt er nog een onderzoek naar innovatieve wijzen van dijkversterkingen, waaronder de aanleg van “doorbraakvrije” dijken. Omdat dit onderzoek nog niet is afgerond, zijn deze vormen van dijkversterking niet in de KKBA meegenomen.

Dit rapport geeft de resultaten van de KKBA.

2010: Volwaardige KBA

In 2010 zal een volwaardige kosten-batenanalyse een volledig en nauwkeuriger antwoord geven worden op de bovengestelde vragen.

1.4 Afbakening

Categorie keringen

De dijkeringen worden beschermd door primaire waterkeringen. In totaal betreft het circa 3600 km keringen. Deze worden in drie categorieën ingedeeld:

- Categorie A: dit zijn de primaire keringen die behoren tot stelsels die dijkkringgebieden – al dan niet met hoge gronden – omsluiten en direct buitenwater keren. Het betreft hier het merendeel van de primaire waterkeringen (circa 2700 kilometer);
- Categorie B: primaire waterkeringen die voor de dijkkringgebieden gelegen zijn en buitenwater keren. Voorbeelden zijn de Afsluitdijk, de Houtribdijk en de stormvloedkeringen. Het gaat hier om circa 150 kilometer;
- Categorie C: deze liggen tussen dijkeringen met verschillende veiligheidsnormen in en keren niet direct buitenwater. Voorbeelden zijn de Diefdijk (tussen dijkkringringen 16 en 43) en de dijken langs de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal (tussen dijkeringen 44, 14 en 15). Het betreft hier circa 700 kilometer keringen.

In principe richt de KKBA zich op alle drie de categorieën keringen. In de praktijk bleek het echter alleen mogelijk om voor de analyse te baseren op gegevens van de categorie A keringen. In het rapport wordt daar later op terug gekomen.

Naast de primaire waterkeringen worden er ook nog secundaire of regionale waterkeringen onderscheiden. Voor deze keringen bestaan

geen wettelijke veiligheidsniveaus. Deze zijn geen onderdeel van de KKBA.

Alleen dijk- en duinversterking

In de KKBA en KBA wordt in principe uitgegaan van dijk- en duinversterking voor het bepalen van optimale veiligheidsniveaus. Dit zijn financieel gezien veelal de goedkoopste preventieve maatregelen om een bepaald veiligheidsniveau te behalen. In deze kosten zijn de kosten van (kleinere) kunstwerken meegenomen. Omdat in WV21 de landsdekkende discussie over de veiligheidsnorm centraal staat, kijkt de KBA niet naar de kosten en baten van ruimtelijke alternatieven (zoals rivierverruiming) die een benadering op een lager niveau vragen. De aanname is dat de veiligheidsniveaus die berekend worden op basis van dijk- en duinversterking ook optimaal zijn bij toepassing van andere, duurdere maatregelen die naast veiligheid ook andere baten meebrengen. Op deze wijze wordt een ingewikkelde discussie over de monetaire waardering van natuur en ruimtelijke kwaliteit binnen de (K)KBA WV21 vermeden.

Schadebeperkende maatregelen, zoals sturing in de ruimtelijke ordening (op andere locaties bouwen) of het stimuleren van andere bouwvormen, zijn evenmin als alternatief meegenomen. De reden is dat deze maatregelen over het algemeen pas op de langere termijn tot een substantiële vermindering van de overstromingsrisico's leiden (zie ook MNP 2007), terwijl de vraag van WV21 is wat op dit moment efficiënte normen zijn. Onderdeel van de KKBA is wel een gevoeligheidsanalyse die aangeeft in welke mate hoogwatervrij bouwen leidt tot besparingen op preventieve maatregelen.

Deltares brengt in 2008 aparte kengetallen kosten-batenanalyses over compartimentering uit. De KBA die in 2010 gereedkomt, behandelt compartimentering en normering in samenhang.

Op dit moment wordt ook onderzoek uitgevoerd naar 'doorbraakvrije' dijken. De resultaten daarvan waren voor deze KKBA nog niet beschikbaar. Ook deze zullen in de KBA in 2010 worden meegenomen.

Geen kosten van klimaatsverandering

De KBA doet geen uitspraak over de kosten en baten van het (sec) in stand houden van de huidige norm en de kosten die gemaakt moeten worden voor het compenseren van de effecten van klimaatverandering. De effecten van klimaatverandering zijn wel meegenomen in het gebruikte rekenmodel, omdat dit model zoekt naar een efficiënte investeringsstrategie rekening houdend met mogelijke ontwikkelingen van het klimaat en de economie.

1.5 Verantwoording

Bij het ramen van de kansen op en gevolgen van overstromingen zijn per definitie veel onzekerheden in het spel. Het gaat immers om gebeurtenissen met een zeer kleine kans maar met potentieel zeer grote gevolgen. Gelukkig hebben we in Nederland maar relatief weinig

ervaring met dergelijke overstromingen, maar dat betekent ook dat er weinig relevante informatie beschikbaar is.

In de KKBA hebben we ons zoveel mogelijk gebaseerd op centrale schattingen van kansen, schades en kosten (middenschattingen). De bijbehorende bandbreedten zijn echter aanzienlijk en conclusies kunnen dan ook drastisch veranderen als we uitgaan van minimale of maximale schattingen in plaats van de centrale schattingen. De onzekerheid rondom de uitkomsten van dit soort analyses is dus groot en moeilijk te reduceren. Anderzijds is deze analyse gebaseerd op meer kennis en informatie dan veel belangrijke beslissingen met betrekking tot investeringen in hoogwaterbescherming in het verleden, zoals beslissingen over de Deltawerken, de Maaswerken en Ruimte voor de Rivier.

In de KKBA bestaan de baten van een hoger veiligheidsniveau in principe uit de afname van de hoeveelheid schade en slachtoffers die statistisch te verwachten zijn. Deze verwachtingswaarde van schade en slachtoffers kent door de kleine kansen en grote gevolgen een zeer grote spreiding in de mogelijke reële uitkomsten.

Slachtoffers en andere immateriële schades zijn in geld uitgedrukt en bij de materiële schade opgeteld. Zoals we later in dit rapport zullen zien, is de materiële schade uiteindelijk van doorslaggevend belang voor de uitkomsten van de kosten-batenanalyse. Dit staat echter in een schril contrast tot de maatschappelijke beleving van veiligheid: veel burgers en bestuurders hechten juist een groter belang aan het voorkomen van slachtoffers. Voor de volledigheid van de politieke discussie kan het wenselijk zijn om naast de rekenkundige benadering van de KKBA ook andere invalshoeken voor de beoordeling van normen uit te werken. Hierbij denken we aan invalshoeken als basisveiligheid, plaatsgebonden risico en groepsrisico. Deze andere invalshoeken en de integratie daarvan met de rekenkundige benadering zijn geen onderdeel van dit rapport.

Rest ons om nogmaals te wijzen op het karakter van de KKBA. De kengetallen KBA is gebaseerd op beschikbare (basis)informatie en heeft een indicatief karakter. Voor de KKBA is bijvoorbeeld het model OptimaliseRing 1.1 gebruikt, dat nog in ontwikkeling is. Het is bekend dat dit model niet in alle situaties exact het economisch optimale veiligheidsniveau vindt.

De uitgebreidere KBA WV21, die voorzien is voor 2010, is geschikt als basis voor feitelijke besluitvorming.

1.6 Proces

De KKBA is uitgevoerd door Rijkswaterstaat/Waterdienst in opdracht van het Directoraat Generaal Water (DGW). De totstandkoming van de KKBA is begeleid door een interbestuurlijke begeleidingscommissie met vertegenwoordigers van de ministeries van BZK, EZ, Fin, V&W en VROM en van IPO, UvW en VNG. Een eindconcept van de KKBA is voor een *second opinion* voorgelegd aan het Centraal Planbureau.

1.7 Leeswijzer

Na deze inleiding is dit rapport als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 geeft het algemene theoretische kader waarbinnen de KKBA is uitgevoerd. Uit dit hoofdstuk valt op te maken dat er meerdere manieren zijn om de hoogte van normen economisch te onderbouwen. Hoofdstuk 3 behandelt in het kort de basisgegevens die gebruikt zijn en de ontbrekende gegevens. In Hoofdstuk 4 gaan we nader in op het concept overstromingsschade. We vullen dit concept zo goed mogelijk aan en stellen ons de vraag of en in hoeverre risico inderdaad kans maal gevolg is. In hoofdstuk 5 presenteren we de indicatieve optimale veiligheidsniveaus en trekken we voorlopige conclusies. In Hoofdstuk 6 geven we een raming van de kosten die nodig zijn voor een efficiënte bijstelling van de veiligheidsniveaus. Hoofdstuk 7 tenslotte schetst het traject naar de volwaardige KBA in 2010.

Gedetailleerde informatie over de berekeningen staat in de bijlagen:

- Bijlage A: een lijst met de belangrijkste aannames en uitgangspunten;
- Bijlage B: een kwantitatieve samenvatting van de invoergegevens;
- Bijlage C: de mogelijke gevolgen van verschillende vertrekpunten voor de KKBA;
- Bijlage D: de correcties die na een controle op de modeluitkomsten zijn uitgevoerd;
- Bijlage E: de relatie tussen overstromingskansen en overschrijdingskansen;
- Bijlage F: de gedetailleerde uitkomsten van de berekende optimale veiligheidsniveaus;
- Bijlage H, I, en J: financiële informatie;
- Bijlage K: mogelijke benaderingen voor spreidingsrisico's, die relevant zijn voor het vervolg van de KBA.

Meer informatie is ook te vinden in de achtergrondrapporten die bij deze KKBA horen. We noemen in ieder geval de documentatie over het rekenprogramma OptimaliseRing dat in het kader van WV21 ontwikkeld is. Aparte rapporten en memo's geven inzicht in de basisinformatie. Een literatuurlijst staat achter in het rapport, na hoofdstuk 7.

2. Methoden, definities en uitgangspunten

2.1 Over dit hoofdstuk

In dit hoofdstuk behandelen we het theoretische kader en de mogelijke uitgangssituaties voor de KKBA. Aan het eind van het hoofdstuk schetsen we het totale stappenplan voor deze KKBA.

2.2 Verschillende zienswijze op veiligheidsnormen

Er bestaan verschillende visies op veiligheidsnormen. Eijgenraam (2008) noemt de volgende drie:

1. De eerste manier is om de norm te zien als een soort 'los getal' voor veiligheid, zoals de norm voor plaatsgebonden risico bij externe veiligheid of groepsrisico. Deze benadering geeft veel aandacht aan het effect en de rechtvaardigheid en weinig aan de economische onderbouwing van de norm en de hoogte van het restrisico.
2. Bij de tweede manier is de norm het resultaat van een kosten-batenanalyse. De norm wordt afgeleid uit de investeringsstrategie voor de lange termijn waarbij de som van kosten en schade het laagst is. De norm kan wettelijk worden vastgelegd.
3. In het derde geval wordt de veiligheidsnorm niet expliciet vastgesteld. De maatregel die maatschappelijk nog net rendabel is, bepaalt het veiligheidsniveau. Het is niet nodig dat veiligheidsniveau in de wet vast te leggen. Dat is waarschijnlijk ook niet wenselijk omdat het veiligheidsniveau in de loop van de tijd kan fluctueren (zie ook Eijgenraam 2008), zeker wanneer in eerste instantie veel veiligheid te behalen is tegen lage kosten. De disconteringsvoet die het kabinet heeft vastgesteld (thans 2,5%) volstaat als norm om te bepalen of een maatregel wel of niet maatschappelijk rendabel is.

Conform het plan van aanpak, gaan we in de KKBA WV21 uit van de tweede visie op veiligheidsnormen. We gaan dus op zoek naar een efficiënte investeringsstrategie voor de langere termijn.

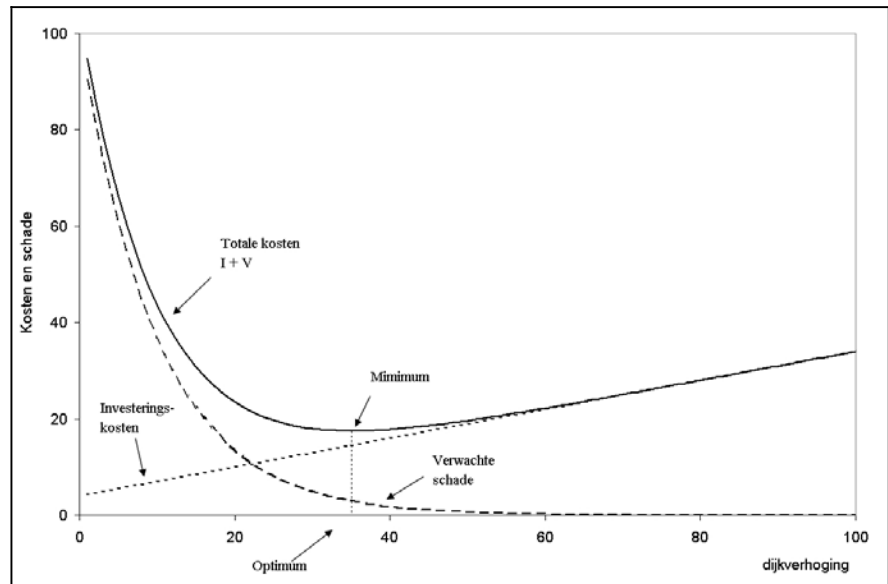
2.3 Uitgangspunten en veronderstellingen over de methode

Het zoeken naar een efficiënte langetermijnstrategie voor het afleiden van veiligheidsnormen sluit aan bij eerdere KBA's voor de bescherming tegen overstromen (zie o.a. Van Dantzig 1960, Eijgenraam 2005). Deze

KBA's zijn gebaseerd op het minimaliseren van de totale kosten van enerzijds investeren in (preventieve) veiligheidsmaatregelen en anderzijds verwachte overstromingsschade. Vanuit het punt waarin de totale kosten minimaal zijn, wegen extra investeringen in preventieve maatregelen niet meer op tegen de daarmee bereikte verdere reductie van de overstromingsschade (zie figuur 4). Op dat punt zijn de dijk- of duinhoogte² en het bijbehorende veiligheidsniveau optimaal.

Figuur 4

Algemeen principe van de KKBA



Toelichting bij de figuur

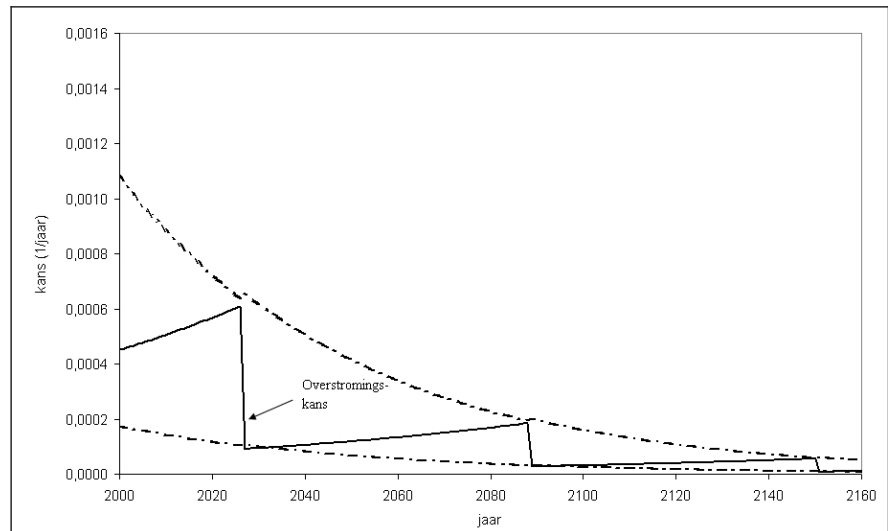
De figuur laat investeringskosten zien die bestaan uit een vast deel (onafhankelijk van de hoogte, zie aanvang van de curve op de y-as) en variabel deel (afhankelijk van de hoogte). Bij dijkverhoging nemen de kosten toe, maar de verwachte schade (kans maal schade) daalt. In dit voorbeeld nemen de totale kosten (investering + verwachte schade) eerst af. De minimale kosten van ongeveer 20 miljoen euro ontstaan bij een dijkverhoging van 35 cm. Bij verdere verhoging stijgen de totale kosten weer.

In de KKBA is het model gebruikt dat Eijgenraam heeft beschreven (2005a, 2006) en dat later in opdracht van RWS Waterdienst is vastgelegd in software met de naam OptimaliseRing (versie 1.1, zie Duits 2007abc). Dit model gaat ervan uit dat klimaatverandering en economische groei leiden tot opeenvolgende rondes van veiligheidsmaatregelen. Daardoor vertoont de veiligheid, uitgedrukt als overstromingskans, in de loop van de tijd een zaagtandpatroon (zie figuur 5).

² In feite gaat het hier niet alleen om hoogte maar ook om sterkte.

Figuur 5

Verloop overstromingskansen per jaar bij herhaald investeren



Toelichting bij de figuur

In deze figuur neemt de overstromingskans (doorgetrokken lijn) toe als gevolg van klimaatverandering, totdat een bepaalde maximaal toelaatbare overstromingskans is bereikt (bovenste lijn). Op dat moment wordt geïnvesteerd zodat we een hoog veiligheidsniveau behalen. De omvang van deze investering wordt bepaald door de verhouding tussen vaste en variabele kosten: bij relatief veel vaste kosten zal een grotere investering gedaan worden. Vervolgens neemt de overstromingskans weer toe totdat circa 70 jaar later opnieuw een maximum is bereikt. Dit keer wordt echter al bij een lager maximum ingegrepen omdat de waarde in de dijkkring is toegenomen.³ Het model berekent de onder- en bovengrenzen van de overstromingskansen. Het model berekent de optimale omvang van de investering, het moment van investeren en de momenten en omvang van de volgende investeringen. Daaruit leidt het model een maximaal toelaatbare overstromingskans (afkeurnorm, bovenste lijn) en een ontwerpnorm (onderste lijn) af. Beide zijn echter niet direct bruikbaar als wettelijke toetsnorm (zie Eijgenraam 2008).

2.4 Definities van veiligheidsnormen

De KKBA moet een indicatieve uitspraak doen over de mogelijke hoogte van nieuwe optimale veiligheidsnormen van primaire waterkeringen in Nederland. Welke vorm de veiligheidsnorm krijgt, is nog niet besloten. De beleidsnota Waterveiligheid, die naar verwachting in het najaar van 2008 verschijnt, zal voorstellen bevatten. Bij het opstellen van de KKBA waren de volgende vragen nog onbeantwoord:

- Geeft de norm een overschrijdingskans of een overstromingskans weer?⁴
- Is de norm een toetsnorm, een ontwerpnorm of nog iets anders?
- Op welk gebied is de norm van toepassing? Zijn dat de huidige dijkeringen of is een fijnere of grovere indeling in dijkringdelen gewenst?
- Hoe lang geldt de nieuwe norm, hoe vaak wordt deze herzien?

³ Tenzij de kosten per eenheid veiligheid sneller zijn toegenomen dan de waarde in de dijkkring.

⁴ Overstromingsrisico als norm is niet waarschijnlijk.

De huidige norm is een overschrijdingskans die als toetsnorm en in een aantal gevallen ook als ontwerpnorm wordt gebruikt (zie Kok 2008). In de huidige praktijk kan het echter een flinke tijd duren voordat maatregelen zijn genomen om de overschrijdingen van de veiligheidsnorm te repareren (10 tot 20 jaar). In die periode kan de overschrijdingskans nog verder toenemen. De wettelijke norm is dus niet de absolute ondergrens.

.....

Tekstbox 1

Overschrijdingskansen en overstromingskansen

In de Wet op de Waterkering staan veiligheidsnormen waaraan primaire waterkeringen dienen te voldoen. Deze veiligheidsnormen zijn uitgedrukt in overschrijdingskansen: de kans dat een waterstand bereikt of overschreden wordt waarbij de waterkering nog juist stand moet houden.

De overstromingskans is de kans dat een gebied daadwerkelijk overstroomt, doordat de waterkering rondom dat gebied op één of meer plaatsen faalt.

Het verschil tussen deze twee kansen is dat een overschrijding van de maatgevende waterstand niet direct hoeft te leiden tot een overstroming. Dit komt onder meer doordat dijken een waakhoogte krijgen en daardoor waterstanden hoger dan de maatgevende waterstanden in zekere mate kunnen keren. Andersom is het ook mogelijk dat een overstroming optreedt voordat een maatgevende afvoer wordt bereikt, bijvoorbeeld doordat als gevolg van golven meer water over de dijk slaat dan waarop deze ontworpen is.

Het bepalen van de overstromingskans is een complexe aangelegenheid. In het kader van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) wordt hiervoor een methode ontwikkeld. In WV21 is een afgeleide methode toegepast die lijkt op die van VNK. Daarbij is, conform de methode uit RBSO, verondersteld dat de kunstwerken op orde zijn en niet falen en dat de zwakke plekken in dijken en duinen (m.n. pipinggevoelige plekken) in het Hoogwaterbeschermingsprogramma zijn aangepakt.

Meer informatie over de wijze waarop de overstromingskansen in WV21 zijn bepaald, staat in de achtergrondrapportage van Van Velzen (2008).

In de KKBA zijn we uitgegaan van een norm die de middenkans weergeeft, in aansluiting bij het voorstel en de definitie van Eijgenraam (2008). Eigenraam laat zien dat de (optimale of efficiënte) middenkans berekend kan worden door de kosten van een standaard verbetering op jaarbasis te delen door de schade door overstromen op een bepaald tijdstip.

$$\text{middenkans} = \frac{\text{kosten standaard verbetering op jaarbasis}}{\text{schade door overstromen in jaar } t.}$$

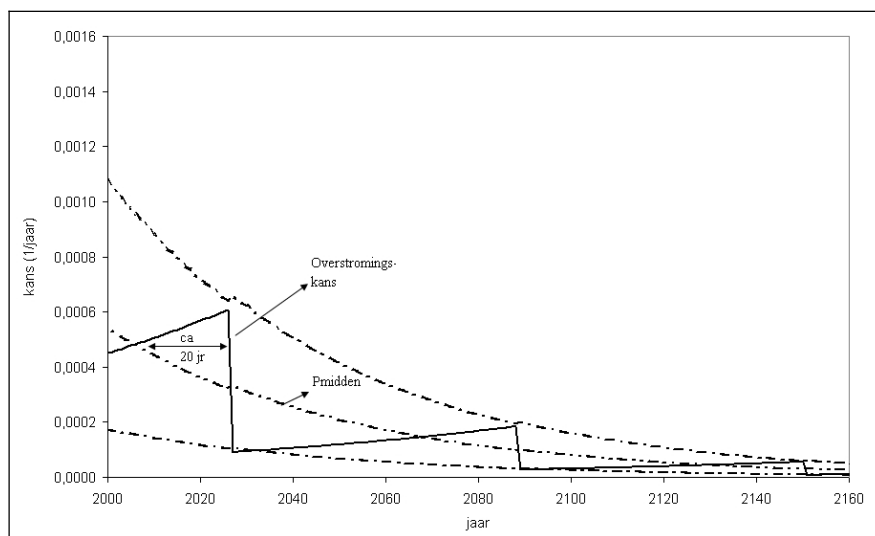
De jaarkosten van de standaard verbetering worden berekend uit de investeringskosten met behulp van de risicovrije discontovoet.

De middenkans is een kans die tussen een absolute ondergrens en een ontwerpnorm ligt. Dit lijkt veel op manier waarop de huidige norm in de praktijk werkt. Verder blijkt de toepassing van een dergelijke norm afhankelijk te zijn van de gemiddelde kosten van een maatregel en niet van een uitsplitsing in vaste en variabele kosten. Het hanteren van de middenkans als norm geeft ook tijd om te reageren op overschrijding

van de norm, zonder dat de economisch maximaal toelaatbare overstromingskans wordt overschreden (zie figuur 6).

Figuur 6

Principe achter de middenkans



Toelichting bij de figuur

De middenkans (middelste lijn) ligt tussen de maximale toelaatbare kans (bovenste lijn) en ontwerpnorm (onderste lijn). Dit zou een geschikte norm kunnen zijn. De (optimale) middenkans wordt ieder jaar strenger doordat de schade in de dijkkring stijgt. Op het moment dat de overstromingskans (doorgetrokken lijn) de middenkans overschrijdt, is er nog ongeveer twintig jaar tijd voordat de maximaal toelaatbare kans wordt overschreden. De reactietijd van twintig jaar is ongeveer conform de huidige praktijk van grote projecten. Daarmee biedt de middenkans ons een goede vergelijkingsbasis voor de huidige norm.

Het model OptimaliseRing vertaalt de optimale middenkans (een overstromingskans) in een optimale overschrijdingskans (Duits 2007b, bijlage A). De methode hiervoor sluit aan bij de huidige leidraden. De afgeleide optimale overschrijdingskans wordt gebruikt als basis voor een uitspraak over de efficiency van de huidige norm. We komen hier op terug in hoofdstuk 5.

Conform de huidige wet op de waterkering (artikel 3 lid 5) gaan we ervan uit dat de doeltreffendheid van de veiligheidsnormen elke tien jaar wordt geëvalueerd. Dit interpreteren we als een herberekening van de norm. Omdat normen uit een beperkt aantal klassen bestaan, hoeft deze herberekening niet altijd tot aanpassing van de norm te leiden. Als we ervan uitgaan dat iedere klasse circa twee keer zo veilig is als de vorige klasse ($1/1000 - 1/2000 - 1/4000$ etc.) en dat de economische groei circa 2% per jaar bedraagt, dan zullen pas na 35 jaar alle dijkringen overgegaan zijn naar een volgende klasse. Elke tien jaar zullen dus ongeveer een kwart van de dijkringen naar een veiliger klasse verspringen. Dit heeft als wenselijk effect dat investeringen verspreid over de tijd plaatsvinden.

Verder gaan we ervan uit dat de normen in de toetsronde van 2016 worden ingevoerd en tien jaar later voor het eerst worden geëvalueerd. De normen gelden dus voor het tijdvak 2016-2026. We berekenen daarom de optimale norm voor het jaar 2021, dat zich halverwege dit tijdvak bevindt.

2.5 Mogelijke vertrekpunten, voor- en nadelen

Voor de berekening van kosten en baten van hogere veiligheidsniveaus is het veiligheidsniveau bij de start van de analyse van belang. Een aantal mogelijkheden is denkbaar:

Mogelijkheid 1:

Huidige situatie – het systeem voldoet niet aan de norm

Een eerste mogelijkheid is om te vertrekken vanuit de huidige situatie. De overstromingskansen en de mogelijke schade die bij deze situatie horen, worden berekend in het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK). De resultaten van VNK-I lieten zien dat de overstromingskansen anno 2006 in veel gevallen aanzienlijk groter zijn dan op grond van de huidige normen verwacht mag worden (DWW 2005b). Voor dijkkring 14, Centraal Holland, is bijvoorbeeld een overstromingskans gevonden van 1/2500 per jaar, terwijl de norm daar 1/10000 per jaar bedraagt. Voor dijkkring 36, Land van Heusden/de Maaskant, is de overstromingskans volgens VNK-I groter dan 1/100 per jaar, terwijl de norm 1/1250 per jaar bedraagt. De normen zijn weliswaar overschrijdingskansen, maar dat kan een dergelijk groot verschil niet verklaren.

De grote overstromingskansen uit VNK-I worden vooral verklaard door falende kunstwerken en door het mechanisme 'piping' (water dat door de dijk heen sijpelt waarna de dijk faalt). De grote bijdrage van piping die uit VNK-I blijkt, is onder deskundigen onderwerp van debat geweest. Op dit moment wordt dit verder onderzocht in VNK-II. VNK-II levert naar verwachting in 2010 de overstromingskansen voor alle dijkringen in Nederland voor de situatie 2006.

Als we mogelijkheid 1 als vertrekpunt voor de KKBA WV21 kiezen, stuiten we op het praktische bezwaar dat de informatie uit VNK-II nog niet beschikbaar is. Een meer inhoudelijk bezwaar is dat analyses van VNK-I en VNK-II geen rekening houden met de uitvoering van lopende projecten en daarmee een onrealistisch beeld geven.⁵ Dit kan invloed hebben op de berekening van een optimale veiligheidsnorm, zoals ook blijkt uit een rekenvoorbeeld in bijlage C.

Daarnaast is het de vraag of het écht noodzakelijk is *alle* faalmechanismen *expliciet* in (de berekeningen van) de optimale veiligheidsniveaus en daarmee in de discussie van WV21 mee te nemen. Zo blijken gebreken aan kleine kunstwerken (bijvoorbeeld niet-sluiten) vaak voor een relatief gering bedrag oplosbaar. Daar zou niet veel maatschappelijke discussie over nodig hoeven te zijn. Ook een alternatieve wijze voor het meenemen van het faalmechanisme piping in de kosten-batenanalyse is denkbaar (zie Tekstbox 2).

⁵ Zie ook de Brief van de vorige Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat, mw. drs. M.H. Schultz van Haegen: "De urgentie van de reeds lopende projecten zoals de PKB Ruimte voor de Rivier, de Maaswerken, de aanpak van de Zwakke Schakels langs de kust en ook het Hoogwaterbeschermingsprogramma staat in de verkenning WV21 niet ter discussie". Brief aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten Generaal, dd 15-12-2006.

Mogelijkheid 2:

Situatie 2015 - het systeem voldoet minimaal aan de norm

De tweede mogelijkheid neemt de verwachte situatie in 2015 als vertrekpunt. Dit is de situatie die ontstaat wanneer het lopende beleid is uitgevoerd (PKB Ruimte voor de Rivier, Maaswerken, Hoogwaterbeschermingsprogramma). In de rijksbegroting is voor deze projecten een totaal bedrag van ca 4 miljard euro gereserveerd (zie Bijlage J).

In het bovenrivierengebied leidt dit tot overstromingskansen voor dijkringen die aanmerkelijk kleiner zijn (orde 1/4000 per jaar) dan op grond van de norm (1/1250 per jaar) verwacht mag worden (zie Van Velzen, 2008 en Silva et al., 2005). Voor dijkringen buiten het bovenrivierengebied geldt globaal hetzelfde (zie van Velzen, 2008). Bij dit vertrekpunt voldoen dus alle dijken, duinen en kunstwerken in 2015 *minimaal* aan de huidige wettelijke norm. Lokaal kan er zelfs sprake zijn van overhoogte, oversterkte of overruimte, waardoor de overstromingskans voor de gehele dijkkring of een deel daarvan nog kleiner is. Bekende voorbeelden in het rivierengebied zijn de dijkringen langs de noordkant van de Nederrijn-Lek (dijkringen 44 en 45), waar in het verleden tijdelijk een hogere maatgevende afvoer van 18000 m³/s van toepassing was (op dit moment bedraagt de maatgevende afvoer 16000 m³/s). Een ander voorbeeld is het benedenstroomse deel van dijkkring 36 waar de Overdiepsche Polder overruimte langs de Maas biedt, die bedoeld is voor de lange termijn. Mede daardoor hoeven daar in een eerste ronde slechts 35 van de 100 kilometer dijk versterkt te worden om een verdubbeling van het veiligheidsniveau in deze dijkkring te behalen. In een daarop volgende ronde zouden, als deze overruimte is opgesoupeerd, waarschijnlijk twee tot drie keer zoveel kilometer dijk versterkt moeten worden (zie Slomp en Kind, 2007).

Kiezen voor dit vertrekpunt ligt voor de hand omdat het lopende beleid hierin is meegenomen. Ook is deze vanuit KBA-optiek goed verdedigbaar, omdat in dit geval vanaf 2015 meer rendabele maatregelen getroffen worden dan in de 3^e mogelijkheid hieronder. Anderzijds kleven er een pragmatisch bezwaar en twee inhoudelijke bezwaren aan dit vertrekpunt:

- Het eerste bezwaar is van zuiver pragmatische aard. Dit vertrekpunt vereist een grote hoeveelheid gedetailleerde gegevens voor de berekeningen van kansen en de kosten van de waterkeringen. Het bleek niet mogelijk deze tijdig te leveren voor de KKBA.
- De optimale norm per dijkkring wordt nu in sommige gevallen bepaald door een 'gelukkige' keuze uit het verleden. In het voorbeeld van dijkkring 36 bijvoorbeeld zou dit betekenen dat we de overruimte die de PKB maatregel Overdiepsche Polder bij Den Bosch creëert en die bedoeld is voor het opvangen van de effecten van klimaatveranderingen op afvoeren op de *langere termijn*, nu gebruiken voor het motiveren van een hogere norm voor de *kortere termijn*.
- De kosten van deze hogere norm zijn bij dijkkring 36 in eerste instantie laag; de norm wordt relatief hoog gekozen. Bij een

herberekening in een volgende ronde zou dat kunnen betekenen dat op grond van kosten-batenanalyses de norm weer naar beneden toe bijgesteld zou moeten worden. Algemener gezegd: dit vertrekpunt zou ertoe kunnen leiden dat we een hoge norm kiezen zolang daar weinig kosten aan verbonden zijn en dat we de norm verlagen als grotere investeringen in zicht komen. Of dat realistisch (en daarmee economisch) is, is de vraag. Afgaande op de discussies en de dijkkringgesprekken in het kader van WV21, lijkt verhoging van normen toelaatbaar maar verlaging niet. "Niemand mag erop achteruit gaan" is een veelgehoorde stelling.

Mogelijkheid 3:

Situatie 2015 - het systeem voldoet precies aan de norm

In deze derde mogelijkheid gaan we eveneens uit van de situatie 2015, waarbij lopende projecten ter waarde van 4 miljard euro zijn uitgevoerd. Het verschil met het voorgaande vertrekpunt is dat we er *niet* van uitgaan dat de dijken, duinen en kunstwerken *minimaal* aan de norm voldoen, *maar* dat ze *precies* aan de norm voldoen. Dit maakt het berekenen van de kansen veel eenvoudiger en de informatie hierover was op tijd voor de KKBA beschikbaar. Ook is de kans kleiner dat verlagen van de norm economisch gezien wenselijk is na verloop van tijd. Wel is dit een hypothetische situatie, met het risico dat de optimale normen die we berekenen aan de lage kant zijn, omdat we in dit geval meer kosten in rekening brengen dan strikt noodzakelijk is voor meer veiligheid.

Op dit moment is het niet duidelijk hoe de categorie B- en C-keringen in de berekeningen meegenomen moeten worden. Tot deze keringen behoren veel grote kunstwerken, zoals de Afsluitdijk en de Maeslantkering. Onbekend is wanneer vervanging of versterking van keringen noodzakelijk is. Mogelijk kunnen deze keringen fors hogere belastingen aan dan nu, zodat dit nog een flinke tijd kan duren. Ook de toerekening van de kosten van deze B- en C-keringen aan dijkkring(delen) is niet triviaal. In de KKBA zijn de B- en C-keringen daarom niet meegenomen. Het derde vertrekpunt leidt daardoor op dit moment ook niet tot grote problemen. Maar de aannames zijn wellicht in de toekomst voor de KBA niet meer houdbaar, omdat dan verondersteld zou moeten worden dat B- en C-keringen precies aan de norm voldoen en al snel heel hoge kosten in beeld komen.

Iets vergelijkbaars geldt voor de duinen. Ook hiervoor is geen volledige informatie beschikbaar. De algemene indruk van deskundigen is dat het huidige suppletiebeleid voor het handhaven van de kustlijn (primair gericht op het behoud van land en niet van veiligheid) tot zeer kleine overstromingskansen leidt (minder dan 10^{-6} per jaar). Vanuit zuivere veiligheidsoverwegingen lijken er dus geen extra kosten gemaakt te hoeven worden, ook niet bij de huidige prognoses voor zeespiegelstijging.

Tekstbox 2

Faalmechanisme piping in de KKBA WV21

In het jaar 2015 zijn geplande maatregelen, zoals de PKB Ruimte voor de Rivier, Maaswerken en Zwakke Schakels Kust, uitgevoerd. De zwakke plekken die aan het licht zijn gekomen tijdens de twee toetsrondes die voor die tijd plaatsvinden, zijn in 2015 hersteld via het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Als de maatregelen uitgevoerd zijn conform de leidraden voor het ontwerpen van dijken, kan ervan uitgegaan worden dat het faalmechanisme 'overloop/overslag' op dat moment het dominante faalmechanisme is.

Met deze uitgangssituatie kan bij de berekening van de kosten van preventieve maatregelen voor een hoger veiligheidsniveau expliciet rekening gehouden worden met het optreden van andere faalmechanismen. Dijkverhoging houdt in dat geval niet alleen ophoging van de dijk in, maar ook verbreding van de dijk en eventueel ook verlenging van de steunberm of aanleg van een kwelscherm om piping te voorkomen. Deze onderdelen van de dijkversterking, die gericht zijn op andere faalmechanismen dan 'overloop/overslag', maken dus integraal deel uit van de kosten van dijkverhoging. Op deze wijze blijft ook bij hogere veiligheidsnormen het faalmechanisme 'overloop/overslag' dominant. Andere faalmechanismen spelen zo geen rol bij de berekeningen van de overstromingskansen.

Keuze

Voor deze KKBA hebben we mogelijkheid 3 als vertrekpunt gekozen: het uitgangspunt is dat in 2015 alle waterkeringen precies aan de norm voldoen. Waterkeringen uit de categorie B en C en duinen blijven in de KKBA buiten beschouwing. In de KBA WV21, die in 2010 gereed is, zal ook het tweede vertrekpunt uitgewerkt worden.

In bijlage C is een rekenvoorbeeld van de verschillende vertrekpunten voor drie denkbeeldige dijkringen verder uitgewerkt.

2.6 Stappenplan voor de KKBA

De KKBA doorloopt de volgende stappen:

1. Vertrekpunt is dat het systeem in 2015 precies op orde is. Daar horen overschrijdingskansen bij conform de norm en overstromingskansen die kleiner zijn dan de norm.
2. Voor de situatie "2015/systeem precies op orde" worden basisgegevens verzameld over kansen, klimaatverandering, schade, sociaal economische scenario's en kosten.
3. De schade uit HIS SSM wordt zo goed mogelijk aangevuld en er vindt een discussie plaats over de waardering van deze schade (risico = kans maal gevolg?).
4. We bepalen een optimale investeringsstrategie en leiden daar optimale overstromingskansen en overschrijdingskansen uit af.
5. We berekenen de benodigde investeringen die volgen uit de optimale investeringsstrategie. We confronteren deze met de werkelijke situatie van de keringen in 2015. Daar leiden we de financiële consequenties uit af.

3. Basisgegevens

3.1 Over dit hoofdstuk

Onder basisgegevens worden gegevens verstaan die extern zijn aangeleverd en die gebruikt zijn voor de berekening van optimale veiligheidsniveaus. Dit hoofdstuk gaat in op de herkomst van deze gegevens en de status ervan. De gegevens zijn op gecomprimeerde wijze opgenomen in bijlage B. Over de wijze waarop de gegevens tot stand zijn gekomen, zijn aparte achtergrondrapporten beschikbaar.

De gedetailleerde gegevens zijn ook digitaal beschikbaar in de vorm van een database voor het model OptimaliseRing. De gegevens zullen ook beschikbaar komen in de zogenaamde "Blokkenoos WV21".⁶

We beginnen dit hoofdstuk met een korte aanduiding van de verschillende schaalniveaus waarmee we in de KKBA WV21 werken. Daarna komen achtereenvolgens gegevens over overstromingskansen, schade en slachtoffers, kosten en ontbrekende gegevens aan de orde.

3.2 Dijkringen, dijkringdelen en trajecten

Dijkringen

Op dit moment is Nederland opgedeeld in ruim 53 dijkringen.⁷ Figuur 3 geeft daarvan een overzicht.

Dijkringdelen

De dijkringen zijn op te knippen in meerdere dijkringdelen, op grond van drie criteria:

- **Wederzijdse onafhankelijkheid.** Sommige dijkringen zijn zo groot dat binnen de dijkkring (vrijwel) onafhankelijke gebieden te onderscheiden zijn: de overstroming van het ene gebied leidt dan niet tot een overstroming van het andere gebied. Als voorbeeld noemen we dijkkring 6: Friesland en Groningen.
- **Eenzijdig afhankelijkheid.** Soms kan het ene deel van de dijkkring overstroom via het ander deel, maar omgekeerd niet. Dit kan een reden zijn om dijkringdelen te onderscheiden. Een voorbeeld daarvan is dijkkring 48, die om deze reden is opgeknipt.
- **Bedreiging.** Een aantal dijkringen wordt bedreigd door min of meer onafhankelijke gevarenbronnen. Voor dijkkring 44 vormen

⁶ De Blokkenoos WV21 is een discussie ondersteunend instrument dat in het preventiespoor van WV21 wordt ontwikkeld, vergelijkbaar met de Blokkenoos voor de PKB Ruimte voor de Rivier. Met behulp van de Blokkenoos kan spelenderwijs de waterveiligheid worden verkend. De Blokkenoos WV21 is nog in ontwikkeling.

⁷ De nummering loopt van 1 tot 53. Daarnaast kennen we nog een aantal a-varianten. Dit is exclusief de onlangs opgenomen kleine dijkringen langs de voorheen onbedijkte Maas.

bijvoorbeeld de rivier en het meer een bedreiging. Ook dit is een reden om dijkringen op te delen.

Om een betere inschatting van de overstromingsrisico's te maken, zijn een aantal dijkringen langs bovenstaande criteria opgedeeld in dijkkringdelen. De dijkkringdelen die op grond van het eerste en derde criterium zijn onderscheiden, worden in de KKBA als volledig onafhankelijk behandeld. Met het overstromen naar een ander deel (het tweede criterium) is rekening gehouden in de schaderaming van het dijkkringdeel waar een doorbraak plaatsvindt.

Het optimale veiligheidsniveau wordt berekend per dijkkringdeel. Dijkkringdelen en dijkringen worden in de KKBA WV21 hetzelfde behandeld. Een overzichtskaart van de dijkkringdelen is terug te vinden in bijlage B. Let op: dit is een voorlopige indeling. De KBA WV21 kan een andere indeling hanteren, bijvoorbeeld op grond van gedetailleerde overstromingsberekeningen van het project VNK2.

Trajecten

Dijkringen of dijkkringdelen worden in een aantal gevallen nog verder opgedeeld in trajecten. Dit doen we als de trajecten sterk verschillen in kostenstructuur, decimeringshoogte⁸, overstromingskans of klimaatseffect. Voor alle trajecten binnen een dijkkring of dijkkringdeel wordt hetzelfde optimale veiligheidsniveau berekend. Het inzoomen op trajecten is daardoor beleidsmatig weinig interessant en blijft in het rapport buiten beschouwing.

3.3 Overstromingskansen en klimaatscenario's

Informatie over overstromingskansen is toegeleverd vanuit het preventiespoor van WV21. Het betreft in de eerste plaats overstromingskansen voor het jaar 2015, het jaar waarin het systeem weer (precies) op orde wordt geacht te zijn. De maatregelen uit Ruimte voor de Rivier, de Maaswerken, Zwakke Schakels en het Hoogwaterbeschermingsprogramma zijn dan uitgevoerd. Tot de informatie behoren ook de decimeringshoogte, het effect van klimaatscenario's op de overstromingskansen en het lengte-effect⁹. De overschrijdingskans in 2015 is precies gelijk aan de norm, conform de gekozen uitgangssituatie (zie paragraaf 2.5).

De overstromingskansen en de ontwikkeling daarvan in de tijd, zijn bepaald voor vier klimaatscenario's van het KNMI (G, G+, W en W+). Daarnaast zijn voor de Rijn op basis van de Niederrhein-studie twee scenario's voor de maximale afvoer gedefinieerd: één waarbij in 2015 niet meer dan 16500 m³/s rivierwater bij Lobith het land binnen kan komen, en één waarbij geen maximum voor de rivierafvoer geldt. Details van de klimaat- en afvoerscenario's staan in Van Velzen (2008).

⁸ De extra hoogte die nodig is om een overstromingskans of overschrijdingskans met een factor 10 te verkleinen. Gemiddeld is dit 60 tot 80 centimeter, met uitschieters naar boven en naar beneden. Zie ook de tabel in bijlage B.

⁹ Het lengte-effect geeft de relatie weer tussen de overstromingskans van het zwakste vak en de overstromingskans van de dijkkring.

3.4 Schade, slachtoffers en socio-economische scenario's

De ramingen voor overstromingsschade en slachtoffers zijn gebaseerd op een studie die het WL in opdracht voor het MNP voor het project Nederland Later heeft uitgevoerd (WL 2007; MNP 2007). Aan de bron van deze ramingen liggen diverse overstromingsberekeningen (o.a. uit VNK), aangevuld met expertkennis en gegevens uit globale schaderamingen (DWW 2003; 2005a).

De schadeberekeningen zijn gebaseerd op HIS SSM versie 3. De resultaten zijn aangepast aan het prijspeil 2004 en de economische situatie 2015 (Cappendijk 2008). Cappendijk heeft ook een toedeling van de schade aan de dijkkringdelen gegeven.

Per dijkkringdeel zijn op deze wijze vrijwel landsdekkende ramingen gemaakt voor een verwachtingswaarde van de schade, met een boven- en ondergrens. Er zijn op dit moment echter geen bijpassende schadecijfers beschikbaar voor extremere omstandigheden of verhoogde dijken. Voor het laatste kan voor het rivierengebied gebruik gemaakt worden van informatie uit Eijgenraam 2005. Berekeningen tonen aan dat de invloed van verhoogde dijken op de optimale veiligheidsniveaus in het rivierengebied gering is en dat deze voor de KKBA achterwege kan blijven.

De schadecijfers zijn bepaald voor het jaar 2015. Uitgangspunt is dat de jaarlijkse groei daarna gelijk is aan de groei van het bbp uit de scenariostudie "Vier vergezichten op Nederland" (CPB, 2004). Voor het scenario Global Economy (GE) is dat 2,6% per jaar, voor het scenario Strong Europe (SE) 1,6% per jaar, voor het scenario Transatlantic Market (TM) 1,9% per jaar en voor Regional Communities (RC) 0,7% per jaar. Deze groeicijfers worden eveneens toegepast op de immateriële schade.¹⁰

Het project VNK2 zal naar verwachting betere schadecijfers opleveren. De schadecijfers uit VNK2 zullen dan ook in definitieve KBA WV21 in 2010 worden gebruikt.

3.5 Kosten

In de KKBA zijn de kosten van dijk- en duinversterking overgenomen uit een studie die Sprong (2008) heeft uitgevoerd in het kader van het project Aandacht voor Veiligheid (AVV). In deze studie zijn de resultaten van een aantal eerdere kostenstudies voor dijk- en duinversterking bij elkaar gebracht. Deze studies zijn uitgevoerd in het kader van de PKB Ruimte voor de Rivier, de Rampenbeheersings-

¹⁰ De immateriële schade stijgt evenredig met het aantal mensen en met de inkomenselasticiteit maal het inkomen per hoofd. Het gaat hier over het algemeen om luxe goederen dus een inkomenselasticiteit van boven de één. Als we die naar beneden op een afronden dan stijgt de waardering voor immateriële zaken even hard als het inkomen en dat stijgt trendmatig even hard als de productie. Dit verantwoordt deze keus.

strategie Overstromingen Rijn en Maas, het voortraject van WaterVeiligheid 21^e eeuw en WinBos (IJsselmeer). De studies omvatten circa een derde van alle primaire waterkeringen uit de categorie A. Voor de ontbrekende categorie A-waterkeringen heeft Sprong op basis van het beschikbare materiaal een zo goed mogelijke inschatting gemaakt.

Uit de kostenramingen per dijkkring, dijkkringdeel of traject zijn kostenfuncties afgeleid die bruikbaar zijn in OptimaliseRing. In het kader van WV21 zijn deze kostenfuncties soms nog verder uitgesplitst, zodat ze ook passen bij de trajecten uit WV21. Met eventueel aanwezige overhoogte is geen rekening gehouden. Hierdoor vallen de kosten wat hoger uit dan in werkelijkheid waarschijnlijk het geval zal zijn. Dit is conform het gekozen vertrekpunt uit paragraaf 2.5.

In de studie van AVV zijn ook de kosten van zandsuppleties langs de kust geraamd. Dit zijn de kosten om bij verschillende scenario's voor zeespiegelstijging de basiskustlijn in stand te houden. Deze kosten zijn voor de KKBA WV21 niet relevant, omdat het in stand houden van de basiskustlijn hoort tot het autonome beleid. Bovendien leidt het huidige suppletiebeleid volgens deskundigen al tot zeer geringe doorbraakkansen van de duinen en zullen bij hogere normen over het algemeen geen extra suppleties nodig zijn.

De kosten zijn in principe gebaseerd op PRI-ramingen en zijn exclusief btw. Een aantal moeilijk te ramen posten is nog niet opgenomen (zie Sprong 2008). De onzekerheidsmarges rond de kosten bedragen volgens Sprong circa 40 tot 50 procent.

In het kader van het project WV21 wordt een verdiepingsslag voor de kosten gemaakt. De resultaten hiervan zullen benut worden in de KBA WV21 in 2010.

3.6 Ontbrekende gegevens

Voor deze KKBA was een aantal gegevens niet beschikbaar. Andere zaken waren moeilijk of niet te verwerken. De ontbrekende gegevens waren:

- een schatting van het aantal gewonden en anderszins getroffen. Op dit moment worden uitsluitend dodelijke slachtoffers en inwoners onderscheiden;
- een validatie van de aanname dat hogere normen niet tot hogere kosten voor de zandige kust leiden;
- consistente informatie over cascade-effecten (het effect dat een dijkdoorbraak in een dijkkring of dijkkringdeel ook leidt tot overstromingen in andere dijkringen of delen). Zo kan een overstroming van dijkringen 15 en 44 in bepaalde gevallen ook kan leiden tot een overstroming in dijkkring 14. Een doorbraak van dijkkring 41 langs de Waal kan overstromingen langs de Maas veroorzaken (dijkkring 36). Bij overstroming van dijkkring 48 kunnen overstromingen langs de IJssel optreden. Een volledig beeld ontbreekt vooralsnog. Dit aspect is daarom in de KKBA nog niet

meegenomen, maar zal wel meegenomen worden in de definitieve KBA in 2010.

- ook 'positieve systeemwerking' (een doorbraak bovenstrooms ontlast benedenstroomse gebieden) is in de KKBA niet meegenomen. Dit effect is zeer onzeker (waar en wanneer gaat het precies mis?) en uitermate gevoelig voor bijvoorbeeld de inzet van zandzakken die dit effect weer teniet kunnen doen (zie ook Silva 2005; Kind 2005).

4. Waarderen van overstromingsrisico's

4.1 Over dit hoofdstuk

Dit hoofdstuk gaat in op de manier waarop de beschikbare schadegegevens zijn gebruikt en aangevuld.

De KKBA WV21 is gebaseerd op het minimaliseren van de kosten van investeringen in veiligheidsmaatregelen plus de verwachte overstromingsschade (zie ook hoofdstuk 2).

De huidige schade- en slachtoffermodule van het hoogwaterinformatiesysteem (HIS-SSM) geeft geen volledige berekening van de overstromingsschade. Sommige schadecategorieën worden onderschat en andere blijven (op dit moment nog) buiten beschouwing. De beschikbare schadegegevens krijgen daarom een bewerking om een meer volledige dekking van de schade te verkrijgen. Dat is nodig om een systematische onderschatting van de overstromingsschade (en dus van de optimale veiligheidsniveaus) te voorkomen. Deze aanpassingen krijgen de vorm van procentuele opslagen bovenop de beschikbare schadegegevens. Inmiddels is diepgaand onderzoek naar de verbetering van de module gestart. De resultaten worden zo mogelijk in de volwaardige KBA WV21 in 2010 gebruikt.

Het overstromingsrisico is in eerste instantie gelijk aan kans maal gevolg. Dit is de gemiddelde verwachte schade, ook wel overstromingsrisico genoemd. In dit hoofdstuk komen ook argumenten aan bod die pleiten voor een bredere interpretatie van het overstromingsrisico dan kans maal schade. We hebben het dan over risicoaversie die kan leiden tot een risicopremie bovenop de schade. Ten slotte bespreken we de discontovoet die we toepassen in de KKBA om toekomstige overstromingsrisico's en investeringskosten te waarderen.

4.2 Overzicht van schadeposten

Tabel 1 geeft een overzicht van typen overstromingsschade. De schadeposten zijn op twee manieren in categorieën ingedeeld.

Een eerste indeling is gebaseerd op het onderscheid tussen **directe en indirecte schade**. Directe schade ontstaat door het directe contact met het water (bijvoorbeeld fysieke schade aan onroerende en roerende goederen). De indirecte schade ontstaat als gevolg van de directe schade (bijvoorbeeld schade bij toeleveranciers en afnemers van overstroomde bedrijven door het wegvallen van omzet of van essentiële toelieferingen). Een tweede onderscheid wordt gemaakt tussen **geprijsde en niet-geprijsde schade**. Geprijsde schade betreft

goederen die op de markt verhandeld worden en waarvoor een prijs bestaat. Deze schade is direct in geld uit te drukken (bijvoorbeeld materiële schade of productieverlies van overstroomde bedrijven en hun toeleveranciers en afnemers). Niet-geprijsde schade betreft schade aan objecten waarvoor geen marktprijzen bestaan en die dus niet direct in geld is uit te drukken (bijvoorbeeld slachtoffers en schade aan natuur en milieu). Het streven in de KKBA (en KBA) WV21 is om ook de niet-geprijsde schade zo veel mogelijk in geld uit te drukken, zodat ze bij de geprijsde schade opgeteld kan worden. Dat maakt de berekening van het optimale veiligheidsniveau gemakkelijker. Hiervoor bestaan geëigende methoden, die later in dit hoofdstuk aan de orde komen.

Tabel 1

Posten van overstromingsschade

	Geprijsd	Niet geprijsd
Direct	<ul style="list-style-type: none"> • Directe materiële schade <ul style="list-style-type: none"> o Woningen en inboedel o Voertuigen o Kapitaalgoederen van bedrijven o Landbouwgewassen en vee o Infrastructuur o Ruimtelijke inrichting • <u>Waterkeringen</u> • Bedrijfsuitval • <u>Kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • Slachtoffers (doden, gewonden, geëvacueerden....) • <u>Schade aan landschap, natuur, milieu en cultuurhistorische objecten</u>
Indirect	<ul style="list-style-type: none"> • Schade bij toeleverende en afnemende bedrijven • Substitutie door productie buiten het overstroomde gebied • <u>Vraagimpuls door herstel en wederopbouw</u> • <u>Permanente impact op productiviteit en competitiviteit</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • Doorsnijding van infrastructuur, nutsleidingen en telecommunicatie-verbindingen (lifelines) • <u>Imagoschade</u>

Legenda: – **Vet**: opgenomen in HIS-SSM
 – **Onderstreept vet**: opgenomen in HIS-SSM, maar op onvolledige wijze
 – **Onderstreept**: niet opgenomen in HIS-SSM

In 2006 heeft een panel van economen de schademodule op hoofdlijnen geëvalueerd (Morselt 2006). Mede op basis daarvan is de conclusie dat de vetgedrukte posten in Tabel 1 op afdoende wijze in de schade- en slachtoffermodule opgenomen zijn. In dit hoofdstuk besteden we aan deze posten verder geen aandacht.

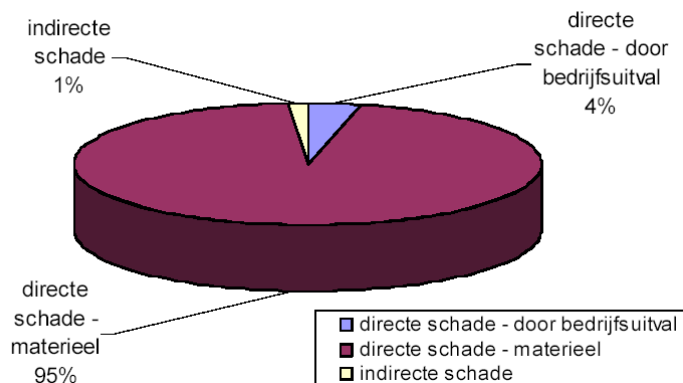
De onderstreepte, vetgedrukte schadeposten zijn eveneens opgenomen in de schade- en slachtoffermodule, maar onvolledig. Hierna bespreken we in welke mate de resultaten van de schade- en slachtoffermodule vertekend zijn en hoe dit in de KKBA (deels) verbeterd is.

De onderstreepte schadeposten blijven in de schade- en slachtoffermodule buiten beschouwing. In dit hoofdstuk wordt besproken of en zo ja hoe deze posten met behulp van kengetallen of algemene opslagen toch in de KKBA meegenomen kunnen worden.

Het onderstaande figuur geeft het gemiddelde aandeel van de directe schade, schade als gevolg van bedrijfsuitval en indirecte schade volgens de huidige schade- en slachtoffermodule voor alle dijkringen weer. Deze gemiddelde verdeling houden we aan voor het ramen van de opslagen, omdat de verdeling op dijkringniveau niet direct beschikbaar is.

Figuur 7

Verdeling van de schade over drie categorieën in HIS-SSM



4.3 Tekortkomingen in de geprijsde schade

4.3.1. Directe schade aan waterkeringen

Een grootschalige overstroming in Nederland is het gevolg van het falen van de waterkeringen. In de huidige versie van de schade- en slachtoffermodule is geen schatting van de kosten van het herstel van de beschadigde waterkeringen opgenomen.

In een verkennende studie naar mogelijkheden voor de verbetering van de schade- en slachtoffermodule op dit vlak (Royal Haskoning 2007a) werd geconcludeerd dat het aandeel van de verwachte schade aan de waterkeringen in de totale economische schade van een overstroming zeer klein is (minder dan 0,2%).

In die studie werd echter nog geen rekening gehouden met de schade aan grote kunstwerken, zoals de Afsluitdijk, de Maeslantkering of de stormvloedkering in de Oosterschelde. Indicatieve berekeningen in de studie van Haskoning wijzen uit dat de kosten van herstel of herbouw van dergelijke kunstwerken tot honderden miljoenen euro's kunnen oplopen. Zelfs in dit extreme geval zou de schade aan de kunstwerken hoogstens 2 tot 5% van de totale economische schade in de getroffen dijkkring vertegenwoordigen. Bovendien zal niet elke overstroming zo ernstige beschadigingen van de kunstwerken veroorzaken. De kansen op beschadiging zijn echter niet bekend.

De conclusie dat de schade aan waterkeringen relatief onbelangrijk is, lijkt overigens in tegenspraak met ervaringen in New Orleans. De kosten voor het herstel van de waterkering worden daar geraamd op 2 miljard dollar en vertegenwoordigen daarmee 7% van de totale materiële overstromingsschade van 28 miljard dollar (IPET 2007). Deze hoge kosten omvatten echter niet enkel de kosten voor het herstel van

de waterkeringen tot hun toestand van voor Katrina, maar ook en vooral de kosten van versterking en verhoging van de waterkeringen tot de oorspronkelijke ontwerpnormen.

Op basis van de bovenstaande bevindingen is de schade aan waterkeringen meegenomen in de KKBA via een opslag van 0 tot 2 procent op de schade die de huidige schade- en slachtoffermodule oplevert.

4.3.2. Kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg

Behalve de kosten van onmiddellijke hulpverlening (zoals evacuatie, reddingsoperaties, medische verzorging, noodopvang) omvat deze rubriek ook de kosten van diverse nazorgactiviteiten (opruimen, schoonmaken, schadetaxatie, opvang in tijdelijke huisvesting, rechtszaken bij conflicten over verzekeringen en schadevergoedingen et cetera).

De kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg zijn in de huidige versie van de schade- en slachtoffermodule niet opgenomen. Er zijn twee onderzoeken uitgevoerd om kengetallen en kostenfuncties te ontwikkelen die in een volgende versie van de schade- en slachtoffermodule ingebouwd kunnen worden (RebelGroup Advisory 2007 en Royal Haskoning 2007b). De onderzoeken baseerden zich op literatuurstudie, statistische gegevens van het CBS en expertmeningen.

Om de gevonden kengetallen en kostenfuncties te toetsen, werden ze op enkele dijkkringen toegepast. De kengetallen uit het eerste onderzoek resulteerden in een raming van de kosten van hulpverlening, evacuatie en opruimen van 20 tot 40 procent van de schade die de schade- en slachtoffermodule oplevert. Op basis van de kengetallen uit het tweede onderzoek, bedoeld als een verdieping van het eerste onderzoek, werd een percentage van 5 tot 7 procent gevonden. De definitieve keuze van kengetallen en kostenfuncties moet nog gemaakt worden. In deze onderzoeken werden alle hierboven vermelde kostenposten beschouwd. De kosten van rechtszaken bleven buiten beschouwing.

Na de overstroming van New Orleans in 2005 werden de kosten van reddingsoperaties, evacuatie, tijdelijke huisvesting en schoonmaken in New Orleans geraamd op 12 procent van de directe materiële schade. Men verwacht bovendien een zeer groot aantal gerechtelijke procedures. De procedures leiden niet alleen tot juridische kosten maar ook tot kosten als gevolg van vertraging van het herstel (Kok e.a. 2006). De kosten van gerechtelijke procedures zijn niet geraamd.

Het Britse handboek voor het rammen van baten van overstromingsrisicobeheer (Penning-Rowse, 2005) adviseert een percentage van 10,7 van de directe materiële schade als standaard opslagpercentage voor de kosten van hulpverlening en evacuatie.

Op basis van deze bevindingen zijn de kosten van hulpverlening, evacuatie en opruimen in de KKBA geraamd op 10 procent van de schade die berekend wordt met de schade- en slachtoffermodule.

4.3.3. Schade aan bedrijven

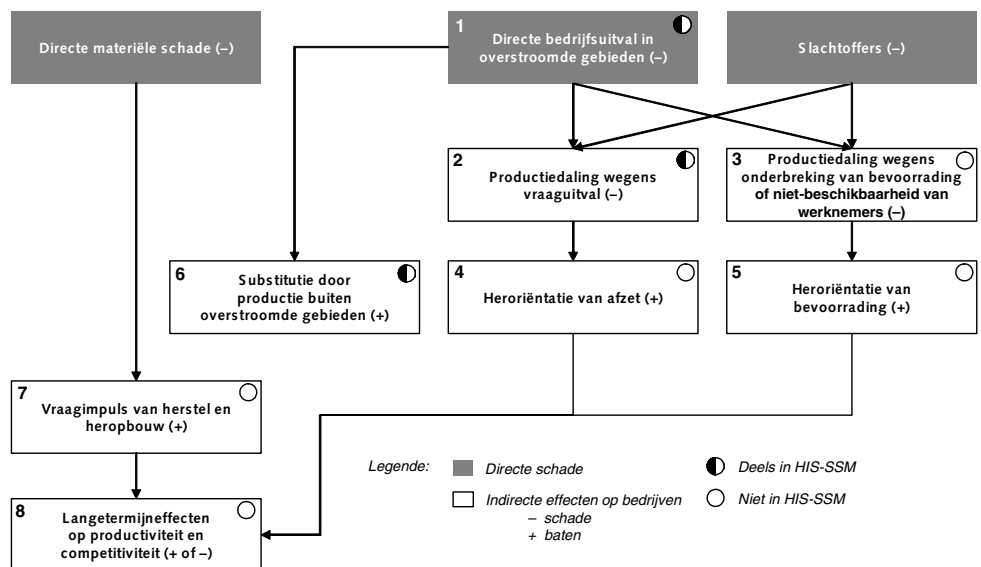
In deze paragraaf bespreken we een aantal schadeposten uit Tabel 1 die sterk met elkaar samenhangen:

- directe bedrijfsuitval;
- schade bij toeleverende en afnemende bedrijven;
- substitutie door productie buiten het overstromde gebied;
- vraagimpuls door herstel en wederopbouw; en
- permanente impact op productiviteit en competitiviteit.

Tezamen vertegenwoordigen deze schadeposten alle directe en indirecte schade aan bedrijven. Figuur 8 en Tekstbox 3 geven een nadere omschrijving van deze schadeposten en de onderlinge samenhang.

Figuur 8

Schade aan bedrijven



Tekstbox 3

Schade aan bedrijven (toelichting Figuur 8)

Een overstroming veroorzaakt een keten van effecten op bedrijven. Bovenaan de figuur staan de directe effecten van een overstroming: de directe materiële schade, de directe bedrijfsuitval en menselijke slachtoffers (doden, gewonden, geëvacueerden et cetera). Deze directe effecten planten zich via een keten van indirecte effecten in het economische systeem voort.

Effect nr. 1 is de schade door bedrijfsuitval. Deze schade is het gevolg van de productiestilstand van overstromde bedrijven tijdens de overstroming en in de herstelperiode. Deze schade wordt gewaardeerd als het verlies van (netto) toegevoegde waarde in de getroffen bedrijven.

Ook effecten nr. 2 en 3 treden onmiddellijk na de overstroming op. Bedrijven buiten het overstromde gebied, die toeleveren aan bedrijven en consumenten in het overstromde gebied, moeten hun productie verminderen omdat de vraag vermindert (waardoor ook de vraag bij hun toeleverancrs daalt, enz.). Bedrijven die toeleveringen uit het overstromde gebied betrekken, moeten hun productie stopzetten omdat essentiële grondstoffen of onderdelen ontbreken. Werknemers die uit het overstromde gebied komen, zijn tijdelijk onbeschikbaar omdat ze bezig zijn met het opvangen van de gevolgen van de ramp voor hun gezin (evacuatie, herstel van schade aan woning et cetera). Op deze wijze verspreiden de effecten van de overstroming zich via afzet- en toeleveringsrelaties over het economische systeem buiten het rampgebied.

Effecten nr. 4, 5 en 6 zijn substitutie-effecten die de directe bedrijfsuitval (effect nr. 1) en de onmiddellijke indirecte effecten (nr. 2 en 3) deels tegengaan. De bedrijven die vraaguitval in het overstroomde gebied ervaren, zoeken nieuwe klanten buiten het overstroomde gebied zodat hun productievolume herstelt (effect nr. 4). De bedrijven die goederen uit het rampgebied betrokken, zoeken nieuwe toeleveranciers buiten het rampgebied zodat ze de productie kunnen hervatten (effect nr. 5). Ten slotte nemen bedrijven buiten het rampgebied een deel van de weggevallen productie in het rampgebied over (effect nr. 6). Het substitutiedrag begint onmiddellijk na de ramp. Op de zeer korte termijn is het economische systeem echter star en zijn de substitutiemogelijkheden zeer beperkt. Bedrijven hebben tijd en informatie nodig om andere klanten en toeleveranciers te zoeken en eventueel hun productieproces aan te passen. Na verloop van tijd wordt de economie flexibeler en nemen de substitutie-effecten in omvang toe. De uiteindelijke maximale omvang van de substitutie-effecten hangt in belangrijke mate af van de reservecapaciteit in het economische systeem.

Effect nr. 7 vloeit voort uit de herstel- en wederopbouwactiviteiten. Deze creëren een vraag naar goederen en diensten, waardoor sommige bedrijfstakken buiten de overstroomde gebieden hun afzet zien stijgen (bijvoorbeeld bouw en duurzame huishoudgoederen). Ook de omvang van dit effect wordt bepaald door de reservecapaciteit in het nationale productieapparaat.¹¹

Ten slotte kan een overstromingsramp ook permanente economische effecten veroorzaken, die voortduren nadat het herstel en de wederopbouw volledig afgerond zijn (effect nr. 8). Die permanente effecten kunnen zowel nadelig als voordelig uitvallen, waarbij de economische gezondheid van de getroffen regio voor de ramp een grote rol speelt. Als bedrijfstakken of regio's voorheen al een zwakke concurrentiepositie hadden, versnelt de ramp de economische herstructurering. Het kapitaal in deze bedrijfstakken of regio's wordt niet meer vervangen omdat het rendement onvoldoende is. Zonder ramp zouden de activiteiten in deze bedrijfstakken of regio's geleidelijk krimpen. De ramp vernietigt de kapitaalgoederen zodat het krimpproces zich in één schok voordoet. Tekstbox 4 beschrijft het voorbeeld van de haven van Kobe. Sterke bedrijfstakken of regio's worden zo snel mogelijk hersteld (zie bijvoorbeeld de toeristische sector van New Orleans: de meeste hotels waren na een paar maanden weer open terwijl in de meeste andere sectoren de activiteiten maar heel langzaam terug op gang komen). De wederopbouw leidt tot een versnelde invoering van nieuwe kapitaalgoederen, waardoor de productiviteit stijgt en de ramp blijvend positieve effecten heeft. De opbrengst van die productiviteitsstijging is wel kleiner dan de oorspronkelijke materiële schade. Anders hadden de bedrijven al uit eigen beweging hun kapitaalgoederen vernieuwd.

Tekstbox 4

Impact van de aardbeving van Hanshin op de zeehaven van Kobe

De Grote Aardbeving van Hanshin van 1995 (zoals deze aardbeving officieel heet naar de regio waarin de stad Kobe ligt) behoort samen met de orkaan Katrina tot de grootste natuurrampen die recent een stedelijk gebied in een hooggeïndustrialiseerd land getroffen hebben. De aardbeving veroorzaakte 6400 doden en 15.000 gewonden. 400.000 gebouwen raakten beschadigd, waarvan 100.000 volledig vernietigd werden. Branden, die na de aardbeving ontstonden, legden 82 ha stedelijk

¹¹ De lezer vraagt zich hier misschien af of het wel correct is om eerst de materiële schade van de overstroming als een kostenpost aan te rekenen en vervolgens het herstellen van die schade als een batenpost. Op het eerste gezicht lijkt het alsof een overstroming per saldo dan nooit schade veroorzaakt, omdat de initiële directe schade steeds door de indirecte baten van de herstelactiviteiten gecompenseerd wordt. Het antwoord is dat het meenemen van de indirecte economische effecten van de herstelactiviteiten wel degelijk methodisch juist is. Maar dat betekent zeker niet dat een overstroming uiteindelijk geen netto schade veroorzaakt. De herstelactiviteiten leiden enkel tot baten in de mate dat er daardoor anders ongebruikte productiecapaciteit aangewend wordt. Bovendien zijn de baten niet gelijk aan de volledige productiewaarde, maar enkel aan de netto toegevoegde waarde. De indirecte baten van de herstelactiviteiten bedragen dus maximaal slechts een kleine fractie van de initiële schade.

gebied in de as. De haven van Kobe, op dat moment de grootste containerhaven van Japan en behorend tot de zes grootste in de wereld, onderging zware beschadigingen door grondverschuivingen. Slechts 9 van de 186 aanlegplaatsen bleven intact.

Op de meeste vlakken verliep het economische herstel van Kobe vrij vlot. Een paar sectoren leden niettemin aanzienlijke, permanente economische schade, waaronder de haven. Het kostte meer dan twee jaren om de haven volledig te herstellen. Gedurende die periode verplaatsten rederijen hun operaties naar andere havens in Japan en Azië. Velen keerden niet terug nadat de haven van Kobe weer in werking was. De haven verloor ongeveer een kwart van haar marktaandeel in de maritieme in- en uitvoer van Japan. In het transshipmentsegment werden verliezen van meer dan 50% genoteerd. De containeroverslag bevond zich in 1998 op minder dan 60% van het volume in 1994 (Chang, 2000)

De achteruitgang van de containeroverslag in Kobe kwam vooral ten goede aan de haven van Busan in Zuid-Korea. De verslechtering van de concurrentiepositie van de haven van Kobe was al in de jaren voor de aardbeving begonnen. Haar rangschikking in de lijst van de grootste containerhavens daalde gestaag. Men kan dus beargumenteren dat de haven van Kobe al zeer kwetsbaar voor concurrentie van andere Aziatische havens was en dat deze kwetsbaarheid ertoe leidde dat de aardbeving permanente effecten had.

In HIS-SSM vertegenwoordigen deze schadeposten samen 5% van de totale schade: 4% voor schade door directe bedrijfsuitval en 1% voor schade door indirecte effecten (zie Figuur 7). Dat is veel lager dan waargenomen of geschat bij werkelijke rampen zoals New Orleans (50%), Kobe (33%) en Grenada (13%) (zie Tabel 2). Dit suggereert dat HIS-SSM de schade aan bedrijven onderschat.

Tabel 2

Verhouding tussen directe materiële schade en schade van bedrijfsuitval

Schadecategorie	Toepassing Standaard- methode op dijkkring 14 ⁽¹⁾	Orkaan Katrina New Orleans (2005)	Aardbeving van Kobe (1995)	Orkaan Emily Grenada (2005)
Totaal schadebedrag	37 miljard euro	45-50 miljard dollar ⁽²⁾	150 miljard dollar	140 miljoen EC dollar (35 miljoen euro)
Directe materiële schade	95%	< 50%	67%	87%
Directe schade ten gevolge van bedrijfsuitval	4%	} > 50%	33%	13%
Indirecte schade	1%			
Procentuele verhouding schade als gevolg van bedrijfsuitval + indirecte schade t.o.v. directe schade	5/95 = 5%	50/50 = 100%	33/67 = 50%	13/87 = 15%
Methode	Modelmatige hypothetische gevalstudie	Ex post raming materiële schade + modelmatige prognose andere effecten	Ex post raming	Ex post raming materiële schade + prognose andere effecten
Bronnen	DWW (2005a)	IPET (2007)	RMS (2005)	OECS (2005)

(1) Het vermelde schadebedrag heeft betrekking op het meest extreme overstromings-scenario voor dijkkring 14 (Zuid-Holland) dat met de gedetailleerde gevolgbepaling bestudeerd is. Het bedrag geeft een indicatie van de schade van een grote overstromingsramp in Nederland. Het is echter niet uitgesloten dat er zich een ramp met nog grotere schade voordoet. Men kan zich nog extremere scenario's voor dijkkring 14 inbeelden en het is ook mogelijk dat een ramp meerdere dijkkringen treft. Het vermelde schadebedrag hangt strikt genomen niet samen met de schadecategoriepercentages die daaronder staan. Deze laatste zijn afkomstig uit een andere studie en hebben betrekking op de som van de schade in alle dijkkring-gebieden bepaald volgens de globale methode (d.w.z. voor het geval waarbij alle dijkkringgebieden van Nederland helemaal zouden onderlopen, wat een volstrekt onrealistisch overstromingsscenario is). Het is niet zeker of dezelfde schade-verdeling ook zou optreden in een realistisch scenario met een kleinere overstroming. Bij benadering zal dit vermoedelijk wel zo zijn.

(2) Het totaalbedrag van de schade betreft de schade tot en met het jaar 2010 (het laatste jaar van de voorspellingshorizon van het economische model dat voor de berekening van de indirecte effecten gebruikt werd). Ze bestaat uit 21 miljard dollar materiële schade en jaarlijks 4 tot 5 miljard dollar verlies van toegevoegde waarde over de periode 2005-2010. In 2010 heeft de economie zich volgens de prognoses nog steeds niet volledig hersteld van de ramp. Het verlies van toegevoegde waarde zet zich dus ook na 2010 voort, zodat de totale schade nog hoger zal oplopen. In feite moeten we de toekomstige schade verdisconteren, maar voor de huidige indicatieve analyse maakt dat geen verschil.

Er zijn twee verklaringen voor de lage bedrijfsschade die uit HIS-SSM komt.

Een eerste verklaring is de veronderstelde duur van de bedrijfsuitval. De raming van de schade als gevolg van bedrijfsuitval in HIS-SSM is op dit moment gebaseerd op een maximale periode van uitval van twee maanden (voor de bedrijfstakken handel en horeca, banken en verzekeringswezen, transport en communicatie, overheid, zorg en overige diensten) of één jaar (voor delfstofwinning, industrie, bouw en nutsbedrijven). Deze maximale periode wordt echter alleen bereikt op plaatsen waar de overstromingsdiepte 5 meter of meer bedraagt. Bij een overstromingsdiepte van 3 meter bedraagt de geraamde omvang van de bedrijfsuitval slechts 20 procent van het maximum. Dat komt neer op een uitvalperiode van twee weken tot twee en een halve maand, al naar gelang de bedrijfstak.

Een vergelijking met buitenlandse ervaringen na rampen doet vermoeden dat de lengte van de periode van bedrijfsuitval in schade- en slachtoffermodule ernstig onderschat wordt, in het bijzonder voor grote rampen:

- De orkaan Katrina en de daardoor veroorzaakte overstroming leidde tot een verlies van een derde van de arbeidsplaatsen van de economie van Metropolitan New Orleans. Eén jaar na de ramp was maar een paar procentpunten van dat verlies goedgehaakt. Zelfs twee jaar na de ramp bedroeg de werkgelegenheid maar ongeveer 80% van de werkgelegenheid voor Katrina. In die tijd was dus slechts een derde van het verlies teruggewonnen. Een deel van de getroffen bevolking is waarschijnlijk voorgoed uitgeweken. Onmiddellijk na de ramp is het aantal inwoners van Metropolitan New Orleans met 22% afgenomen. Twee jaar later was de bevolking nog altijd 14% kleiner dan voor de ramp, terwijl de bevolkingsgroei afvlakte (Brookings Institution 2008).
- In Kobe bereikte de economische activiteit vier jaar na de aardbeving van 1995 75 tot 90% van het peil van voor de aardbeving, afhankelijk van de bedrijfstak. In de haven en de schoenindustrie was de impact echter groter en leek ze bovendien permanent. Deze beide bedrijfstakken stonden ook voor de ramp al onder druk van de concurrentie. De heropbouw was in 1999 nog steeds niet beëindigd. De langdurige effecten op de economische activiteit waren niet te wijten aan een dralend optreden van de Japanse overheden: de omvang van de heropbouwspanningen was zonder precedent in de geschiedenis. In de eerste drie jaren na de ramp besteedde de centrale overheid van Japan bijna 60 miljard dollar aan de heropbouw van infrastructuur, publieke voorzieningen en woningen (RMS 2005 en Chang 2000).
- Een analyse van de ontwikkelingen in diverse steden na natuur-rampen toont aan dat de wederopbouw doorgaans zeer lang duurt. De herstelperiode, waarin de meeste stedelijke functies weer operationeel worden, nam 30 tot 50 weken in beslag. De wederopbouw tot op het niveau van voor de ramp kan tot een decennium vergen (Kates e.a. 2006). Over deze gehele periode is er dus sprake van bedrijfsuitval, die in de loop van de tijd wel afneemt.

Een tweede verklaring is de scope van de beschouwde indirecte effecten. De methode voor de bepaling van de indirecte schade in HIS-SSM bestrijkt maar een deel van de effecten uit Figuur 8 en Tekstbox 3. In de figuur is met symbolen aangeduid in welke mate de effecten in HIS-SSM meegenomen zijn.

We denken dat de eerste verklaring de belangrijkste is. De beperkte scope van HIS-SSM betreft zowel schade- als batenposten, zodat de vertekening beide richtingen uit kan gaan.

Voor de KKBA WV21 waren geen gegevens beschikbaar voor een betrouwbaardere schatting van de duur van de bedrijfsuitval en de indirecte effecten. We vermoeden dat deze effecten vooral voor grote rampen, die meerdere dijkkringen treffen, onderschat zijn. In HIS-SSM is

de omvang van de schade aan bedrijven een functie van de overstromingsdiepte. De geografische omvang van de ramp (aantal getroffen dijkkringen) is waarschijnlijk een belangrijkere factor voor de duur van de bedrijfsuitval en de omvang van de indirecte schade. De huidige HIS-SSM houdt daar geen rekening mee.

In de KKBA WV21 is de schade door directe bedrijfsuitval en indirecte effecten opgehoogd om beter aan te sluiten bij de waargenomen of geraamde schade in Kobe en Grenada. De schade die in New Orleans is opgetreden, achten we niet representatief. Daar is een deel van de bevolking en de economische activiteit permanent naar andere delen van de Verenigde Staten uitgeweken. Dat is in Nederland onwaarschijnlijk omdat de staats- en taalgrenzen aanzienlijke barrières voor de arbeids- en bevolkingsmobiliteit vormen, ondanks de Europese eenwording.

Deze overwegingen hebben geresulteerd in een opslag van 10 tot 45% op de totale schade zoals berekend door HIS-SSM.

4.4 Niet-geprijsde schade

4.4.1. Slachtoffers

Slachtoffers van een overstroming zijn in te delen in (minimaal) vier groepen:

- dodelijke slachtoffers;
- gewonden;
- geëvacueerden met materiële schade;
- geëvacueerden zonder materiële schade.

De schade- en slachtoffermodule berekent het aantal dodelijke slachtoffers en het totale aantal getroffenenen (de som van de vier groepen).

Slachtoffers worden in de schade- en slachtoffermodule niet in geldtermen uitgedrukt, wat voor een kosten-batenanalyse wel wenselijk is. Geld uitgeven aan meer waterveiligheid betekent immers minder geld hebben voor andere uitgaven voor veiligheid of gezondheid, zoals uitgaven voor zorg. Het gaat erom de uitgaven op de diverse veiligheids- en gezondheidsterreinen goed tegen elkaar af te wegen.

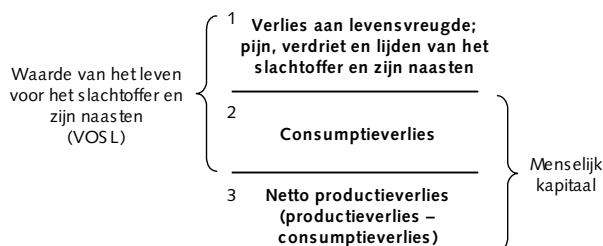
De dodelijke slachtoffers vormen maar een heel kleine fractie van het aantal getroffenenen, maar de schade per slachtoffer is zeer hoog. Een mensenleven is in geld uitgedrukt miljoenen euro's waard. Deze bestaat grotendeels uit immateriële elementen: het verlies van leefgenot en het leed van de nabestaanden. In de KKBA is een dodelijk slachtoffer tegen 2,2 miljoen euro gewaardeerd. Tekstbox 5 geeft nadere uitleg over de achtergrond van dat bedrag.

Tekstbox 5

Economische waarde van een mensenleven

De maatschappelijke waarde van een dodelijk slachtoffer bestaat uit drie componenten (zie schema):

- het verlies aan levensvreugde van het slachtoffer, en de pijn, het verdriet en het lijden van het slachtoffer en zijn naasten (het immateriële gedeelte van het leefgenot);
- het verlies van consumptie door het slachtoffer (materiële gedeelte van het leefgenot);
- het verlies van de netto productieve bijdrage van het slachtoffer (productie – consumptie).



Bron: Naar Wesemann e.a. (2005), Tabel 3.1

De eerste twee componenten vormen de waarde van het leven voor het slachtoffer en zijn naasten. Om tot de waarde van een mensenleven voor de gehele maatschappij te komen, moet daar een derde component bijgeteld worden: de netto productieve bijdrage (productie – consumptie). De tweede en derde component vormen samen het menselijk kapitaal van het slachtoffer, namelijk de waarde van de productie die hij voortgebracht zou hebben.

De waarde van het leven voor het slachtoffer zelf en zijn naasten vormt veruit het grootste aandeel in de totale maatschappelijke waarde van een mensenleven. Door middel van directe ondervraging (met behulp van zorgvuldig opgestelde vragen) en waarneming van het keuzegedrag van individuen in situaties met overlijdensrisico's (gevaarlijke beroepen, verkeer) kan de waarde geschat worden die een individu aan zijn of haar eigen leven hecht. De betalingsbereidheid voor het leven zelf wordt daarbij niet gemeten. Dergelijke waardering zou zinloos zijn. Bij een keuze tussen leven en dood is de betalingsbereidheid voor het leven schier oneindig en hangt dan enkel van het beschikbare vermogen af. Wat gemeten wordt is de betalingsbereidheid om de kans op vroegtijdig overlijden met een beetje te verminderen. Uit deze afruil tussen geld en kleine verschillen in de kans op vroegtijdig overlijden kan met extrapolatie de waarde van een mensenleven afgeleid worden. Men gebruikt daarom de term "waarde van een statistisch mensenleven" (vaak aangeduid met de Engelstalige term "value of a statistical life", afgekort "VOSL").

Empirische schattingen van de waarde van een statistisch mensenleven liggen in een zeer ruim interval: van een paar honderdduizend euro tot tientallen miljoen euro. De meeste schattingen bevinden zich tussen 1 en 10 miljoen euro. De grote variatie van de schattingen is te wijten aan inherente statistische onzekerheden: de waardering van een mensenleven hangt van vele factoren af, waarvan de schattingsmethode er slechts enkele kan meten.

In deze KKBA zal een bedrag van 2,2 miljoen euro per dodelijk slachtoffer gehanteerd worden. In de aanvulling op de OEI-leidraad over de veiligheidseffecten van infrastructuurprojecten wordt hetzelfde bedrag voorgesteld voor de waardering van dodelijke slachtoffers van verkeersongevallen. Het bedrag is gebaseerd op een uitgebreide literatuurstudie, uitgevoerd door onderzoekers van de Vrije Universiteit Amsterdam, en op recente waarderingstudies die in Nederland uitgevoerd zijn in de context van verkeer (Wesemann e.a. 2005, Blaeij, de e.a. 2003).

Op theoretische gronden mag men verwachten dat de waarde van een statistisch mensenleven bij verkeersongevallen anders is dan bij overstromingen. Beide soorten van risico's vertonen verschillende kenmerken op vlak van individuele beheersbaarheid, schaal en initiële kans. Al deze factoren hebben invloed op de

betalingsbereidheid voor de vermindering van de kans op vroegtijdig overlijden. Bij gebrek aan specifieke empirische gegevens over de waarde van een statistisch mensenleven bij overstromingsrisico's is het boven geciteerde bedrag van 2,2 miljoen euro echter de beste raming die voor Nederland beschikbaar is, al is die misschien wat voorzichtig. Recent is de Vrije Universiteit een onderzoek gestart naar de waarde van dodelijke slachtoffers en andere immateriële schade bij overstromingen. De resultaten daarvan zijn mogelijk bruikbaar in de KBA WV21 (in 2010).

Voor alle overige slachtoffers brengt de KKBA een schade van 5000 euro per inwoner van de dijkkring of dijkkringdeel in rekening. Dit bedrag heeft het Centraal Planbureau ook gebruikt in de kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier (Eijgenraam 2005). Het vormt een raming van de niet-materiële schade van de niet-dodelijke slachtoffers, bijvoorbeeld de schade door ongemak van de evacuatie en de opruiming, het verlies van onvervangbare bezittingen (foto's, souvenirs), het lijden van gewonden en stress.

4.4.2. Schade aan LNC-waarden

LNC-waarden is een verzamelnaam voor de kwaliteiten van landschap, natuur en cultuurhistorie. Alterra (2003) heeft onderzocht welke aspecten van de LNC-waarden gevolgen van een overstroming kunnen ondervinden. Voor enkele van deze aspecten bestaan methoden voor de bepaling van de fysieke schade.

Landschap

Kleinschalige reliëfpatronen kunnen bij een overstroming verdwijnen onder een laag slib. Anderzijds kunnen als gevolg van een overstroming door erosie en sedimentatie nieuwe reliëfpatronen ontstaan.

Een langdurige overstroming kan grote sterfte van opgaande begroeiing veroorzaken (bomen, struiken). De mate van de schade is sterk afhankelijk van de soort.

Voor het landgebruik zijn geen significante blijvende effecten te verwachten. Zelfs het zout dat bij een overstroming met zout water in de bodem terechtkomt, blijkt door neerslag snel weg te spoelen.

Natuur

Er is nog niet veel bekend over de impact van een overstroming op vegetatie. Vooral voedselarme vegetaties, zoals blauwgraslanden, trilvenen en laagveenmoerassen, zullen naar verwachting blijvende schade oplopen door verrijking met voedingsstoffen en aanslibbing.

Overstroming met zout water vernietigt hele zoetwatersystemen.

Overstroming kan een grote sterfte onder zoogdieren en vogels veroorzaken. In de dijkkring Noord-Holland bevindt zich bijvoorbeeld een van de belangrijkste broedgebieden voor grutto's in de wereld. Bij een overstroming in het broedseizoen kunnen de vogels niet elders terecht zodat een groot deel van de populatie verloren zal gaan.

Cultuurhistorie

De effecten van een overstroming op historische gebouwen zijn vaak ernstiger dan die op moderne gebouwen van baksteen. De muren en het houtwerk van veel monumenten zijn slecht bestand tegen verzadiging met water en golfbewegingen.

Uit historische bronnen is bekend dat een overstroming de sloten en verkavelingspatronen ernstig kan aantasten, vooral door aanslibbing. Juist deze landschapskenmerken maken de geschiedenis van een landschap zichtbaar.

De effecten van een overstroming op de archeologische waarden in de bodem zijn vermoedelijk klein, behalve in de buurt van een bres.

Het onderzoek van Alterra (2003) had een verkennend karakter en streefde geen volledigheid na. Men kan zich nog andere schadelijke effecten van een overstroming op LNC-waarden indenken, bijvoorbeeld beschadiging van kunstschaten. Niettemin geven de bovenstaande voorbeelden een goed overzicht van de mogelijke effecten van een overstroming op LNC-waarden.

Economische waarde van LNC-waarden

In een kosten-batenanalyse wordt de fysieke schade aan LNC-waarden vertaald in de economische waarde voor mensen. Veel LNC-objecten, zoals landschappen en ecosystemen, hebben echter op zichzelf geen prijs. Andere objecten, zoals bijvoorbeeld historische gebouwen en kunstschaten, hebben een prijs of verzekerde waarde, maar deze prijs dekt vaak slechts een fractie van de werkelijke waarde.

Het feit dat LNC-objecten geen prijs hebben, betekent niet dat ze geen economische waarde hebben. In de milieueconomie worden aan milieu- en natuurgoederen en eventueel ook aan cultuurhistorische objecten, twee soorten waarden toegekend. De eerste is de gebruikswaarde, die ontstaat als gevolg van het gebruik van het LNC-object. Dit is bijvoorbeeld de houtopbrengst van een bos of de recreatiewaarde van een landschap. De tweede waarde is de niet-gebruikswaarde van een LNC-object. Dit is de waarde die mensen hechten aan het voortbestaan van het object, ook al maken ze er op geen enkele wijze gebruik van en zijn ze niet van plan er in de toekomst gebruik van te maken. Mensen kunnen bijvoorbeeld bereid zijn iets te betalen voor het voortbestaan van de Biesbosch, ook al zijn ze niet van plan er ooit te zeilen.

Er bestaan geëigende methoden om gebruiks- en niet-gebruikswaarden van LNC-objecten te schatten. In Nederland wordt de impact op LNC-waarden al vaak in kosten-batenanalyses meegenomen.

LNC-waarden in de KKBA WV21

Methoden om effecten van overstromingen op LNC-waarden te bepalen en de economische waardering van die effecten zijn in ontwikkeling en er bestaan eerste aanzetten voor kengetallen. Toch is de beschikbare kennis voorlopig ontoereikend om een voldoende betrouwbare en volledige schatting van de schade aan LNC-objecten te geven. Deze schadepost is daarom in de KKBA WV21 niet rechtstreeks

gewaardeerd, maar opgenomen in een algemene opslag voor niet-gewaardeerde resterende effecten.

4.4.3. Doorsnijding lifelines

Transport

De doorsnijding van transportverbindingen door een overstroming veroorzaakt indirecte schade bij particulieren en bedrijven buiten het overstroomde gebied. Reizigers en vrachtvervoerders moeten omrijden om de ondergelopen verbindingen te vermijden. Op de alternatieve wegen wordt het drukker, zodat niet alleen de rijafstand en de rijtijd toenemen, maar ook de filetijd oploopt. De congestie treft niet alleen de voertuigen die omrijden, maar ook de gewone gebruikers van de alternatieve wegen.

In de schade- en slachtoffermodule wordt de maximale indirecte schade van de onderbreking van weginfrastructuur geraamd op 560 euro per strekkende meter ondergelopen weg. Dit maximum wordt enkel bereikt op de locaties met een overstromingsdiepte van 5 meter of meer. Het bedrag is gebaseerd op een paar gevalstudies en gaat ervan uit dat de weg na vier maanden weer hersteld is.

Twee recente gevalstudies van Rijkswaterstaat/Adviesdienst Verkeer en Vervoer kwamen echter op veel hogere schadebedragen uit (AVV 2006 en 2007; 4Cast 2006a en 2006b). In de eerste studie werden de gevolgen van een dijkdoorbraak bij Keent in dijkkring 36 (Land van Heusden/de Maaskant) bestudeerd. Na ongeveer drie dagen bereikt het water de A2, die nabij 's-Hertogenbosch onder water komt te staan. Ook de A50 wordt onderbroken. Deze gevalstudie werd gekozen als voorbeeld van een overstroming met een zeer grote impact op de mobiliteit, omdat ze twee belangrijke noord-zuidcorridors onderbreekt. De extra mobiliteitskosten (omrijden, congestie) werden geraamd op 0,4 tot 1,1 miljard euro per jaar. De bovengrens geldt op de zeer korte termijn, de ondergrens op de langere termijn nadat de weggebruikers hun verplaatsingsgedrag hebben kunnen aanpassen. Deze bedragen zijn zo'n 100 tot 200 keer groter dan die uit de schade- en slachtoffermodule, die slechts op 5 miljoen euro uitkomt. Ter vergelijking: de overige schade in dijkkring 36 wordt op ca 2,5 miljard euro geschat (DWW 2005a). In een tweede studie werden duindoorbraken bij Katwijk en Monster in dijkkring 14 (Centraal Holland) beschouwd. De omvang van de overstromingen is uiteindelijk ruim 400 vierkante kilometer. Delen van de A4, de A44 en de A20 zullen in dit rampscenario langere tijd niet beschikbaar zijn. De extra mobiliteitskosten werden geraamd op 0,2 tot 0,8 miljard euro per jaar. Ter vergelijking: de overige schade werd op 11 miljard euro geschat.

Op basis van de bevindingen van bovenbeschreven gevalstudies is in de KKBA een opslag van 5 tot 15 procent gehanteerd op de schade zoals die geraamd is in de schade- en slachtoffermodule.

Nutsleidingen en telecommunicatie

De indirecte schade van de onderbreking van nutsleidingen en telecommunicatieverbindingen is niet in HIS-SSM opgenomen. Hier is ook nog geen onderzoek naar verricht. De ervaringen in Kobe suggereren dat nutsleidingen en telecommunicatieverbindingen in redelijk korte tijd te herstellen zijn. Daar waren elektriciteit en telecommunicatie na enkele weken weer beschikbaar en water en gas na enkele maanden, terwijl het herstel van spoorwegen een half jaar in beslag nam en het herstel van autowegen bijna twee jaar (Chang 2000). In het geval van overstromingsschade kan dit echter anders zijn.

4.4.4. Imagoschade

Een grote overstromingsramp zou een negatieve impact kunnen hebben op het imago van de Nederlandse overheid als goede bestuurder en op het imago van Nederland voor buitenlandse investeerders. In potentie kan een verslechtering van het imago grote indirecte schade veroorzaken: verlaagd vertrouwen van de burgers in de overheid met als gevolg dat die overheid minder efficiënt kan optreden, verzwakking van de concurrentiepositie van de Nederlandse zeehavens, vermindering van de aantrekkingskracht van Nederland voor buitenlandse investeerders, enzovoort

Er is nog maar heel weinig onderzoek verricht naar de effecten van rampen op het investeringsklimaat. In paragraaf 4.3.3 werd aangestipt dat rampen permanente economische effecten op regio's en bedrijfstakken kunnen veroorzaken, maar deze lijken sterk verbonden met de economische gezondheid van de betrokken regio of bedrijfstak voorafgaand aan de ramp. Het is niet duidelijk in welke mate imago-effecten een aparte rol spelen.

4.5 Overzicht van schadeaanpassingen

Tabel 3 geeft een overzicht van alle aanpassingen aan de uitkomsten van de schade- en slachtoffermodule die in dit hoofdstuk voorgesteld zijn.

Tabel 3

Overzicht van voorgestelde aanpassingen aan de uitkomsten van HIS SSM

Posten die via een opslag meegenomen worden	Opslag op schade van SSM	Reden
Schade waterkeringen	0 – 2%	Niet in HIS-SSM
Kosten van hulpverlening, evacuatie, opruiming en nazorg	10%	Niet in HIS-SSM
Schade aan bedrijven	10 – 45%	Onderschatting duur en scope van effecten
Indirecte effecten van doorsnijding van infrastructuur	10 – 15%	Onderschatting mobiliteitseffecten
Subtotaal	30 – 72%	
Overige (doorsnijding nutsleidingen en communicatieverbindingen, investeringsklimaat, LNC-waarden, afhandelingkosten, onbekende posten)	20 – 28%	Algemene opslag voor resterende, niet gewaardeerde effecten
Totaal	50 – 100%	

Andere posten	Waardering	Reden
Dodelijke slachtoffers	2,2 miljoen euro per slachtoffer	Waardering van immateriële schade van slachtoffers
Gewonden, geëvacueerden	5000 euro per getroffen	

4.6 Risicoaversie

Over het algemeen wordt het overstromingsrisico uitgedrukt als de verwachte overstromingsschade: de kans maal de schade. De maximale betalingsbereidheid voor een project voor bescherming tegen overstromingen is dan gelijk aan de vermindering van de verwachte overstromingsschade.

Het overstromingsrisico is echter breder te zien dan verwachte schade. Ook spreiding speelt een rol.¹² De verwachte schade is het resultaat van twee extreme uitkomsten. In de ene, meest waarschijnlijke uitkomst is er geen overstroming en helemaal geen schade. In de andere, zeer zeldzame uitkomst is er een overstroming en heel veel schade. Omdat mensen in dit soort situaties over het algemeen risicoavers zijn, ervaren ze dit spreidingsrisico op zichzelf als een kostenpost, los van de verwachte overstromingsschade (zie ook Tekstbox 6). Een project voor bescherming tegen overstromingen zal dan niet alleen de verwachte schade verminderen, maar ook de spreiding rond die verwachte schade. In het extreme geval waarbij het project de overstromingskans tot nul herleidt, verdwijnt de spreiding zelfs helemaal. Dit betekent dat de betalingsbereidheid voor een beschermingsproject groter is dan het bedrag van de verwachte vermeden schade. Er is een extra betalingsbereidheid voor de vermindering van de onzekerheid, net zoals huishoudens bereid zijn meer voor hun brandverzekering te betalen dan het bedrag van de verwachte vermeden brandschade. Logisch, want

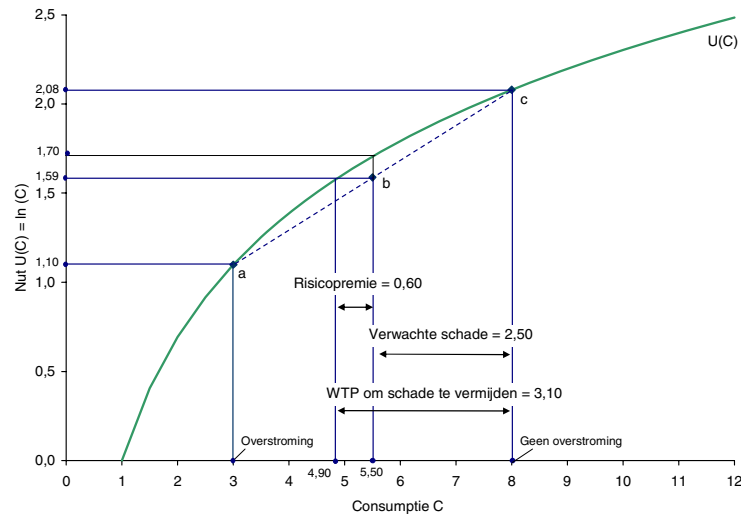
¹² Het ligt niet direct voor de hand om ook groepsrisico's te waarderen in een KBA. Zie ook Bijlage K.

slechts enkelen kunnen zelf het verlies van woning en inboedel als gevolg van een brand dragen; voor de meeste mensen dreigt persoonlijk faillissement. Afhankelijk van de mate van risicoaversie kan de premie bovenop de verwachte vermeden schade enkele tientallen procenten of meer bedragen.

Tekstbox 6

De baten van hoogwaterbescherming bij risicoaversie

Het verband tussen de risicoaversie en de risicopremie bovenop de vermeden verwachte schade wordt geïllustreerd aan de hand van de volgende figuur.



De curve $U(C)$ geeft de nutsfunctie van een gemiddelde individu in de maatschappij weer. Het nut U is een functie van het consumptiepeil C volgens de gelijkheid $U(C) = \ln(C)$. De functie $U(C)$ is concaaf. Dit betekent dat het marginale nut van een extra euro consumptie daalt naarmate het consumptiepeil hoger is. Als men al meer heeft, is een extra euro minder waard. Een concave nutsfunctie stemt overeen met risicoaversie.¹³

Stel dat het consumptiepeil 8 bedraagt indien er geen overstroming is, en 3 indien er wel een overstroming is. De kans op een overstroming is gelijk aan $\frac{1}{2}$. Het verwachte consumptiepeil bedraagt dan $(\frac{1}{2} * 8 + \frac{1}{2} * 3 =) 5,5$. Met andere woorden: de verwachte schade is gelijk aan $8 - 5,5 = 2,5$.

Een zeker consumptiepeil van 5,5 zou een nut van 1,7 opleveren. Maar het consumptiepeil is niet zeker: het is gelijk aan 3 met kans $\frac{1}{2}$ en gelijk aan 8 met kans $\frac{1}{2}$. Het gemiddelde nut van dit onzekere consumptiepeil is niet 1,7, maar slechts $(\frac{1}{2} * 2,08 + \frac{1}{2} * 1,10 =) 1,59$. De onzekerheid leidt tot een nutsverlies van 0,11. De geldwaarde van dit nutsverlies is gelijk aan 0,6, namelijk het verschil tussen het gemiddelde onzekere consumptiepeil van 5,5 en het zekere consumptiepeil van 4,9 dat hetzelfde nut van 1,59 oplevert. Met andere woorden: 4,9 is het zekerheidsequivalent van het gemiddelde onzekere consumptiepeil van 5,5 en 0,6 is de risicopremie.

Stel vervolgens dat een hoogwaterbeschermingsproject alle overstromingsschade kan vermijden, zodat het consumptiepeil met 100% waarschijnlijkheid gelijk is aan 8. Dit project heeft twee effecten op het consumptiepeil: het project verhoogt het gemiddelde consumptiepeil met 2,5 en neemt alle onzekerheid rond dat consumptiepeil weg. Het maximale bedrag dat het gemiddelde, risicoaverse individu aan een dergelijk project wil uitgeven, is dan ook gelijk aan de som van de vermeden verwachte schade (2,5) en de vermeden risicopremie (0,6), d.w.z. 3,1. Een risiconutraal individu zou daarentegen slechts 2,5 voor het project over hebben. In de meeste tot op heden uitgevoerde kosten-batenanalyses voor hoogwater-

¹³ Risiconutraliteit stemt overeen met een lineaire nutsfunctie en risicovoorkeur met een convexe nutsfunctie.

beschermingsprojecten (zowel in binnen- als buitenland) worden de baten van hoogwaterbescherming berekend als de vermeden verwachte schade. Dit veronderstelt een risiconeutrale houding. Wanneer de individuen in de samenleving risicoavers zijn, worden de baten van hoogwaterbescherming systematisch onderschat. Om de volledige baten te verkrijgen, moet de vermeden verwachte schade met de risicopremie opgehoogd worden.

Niet alleen individuen geven blijk van risicoaversie. Een mate van risicoaversie is ingebouwd in de Nederlandse regelgeving over externe veiligheid van gevaarlijke inrichtingen.¹⁴ De norm voor het groepsrisico houdt in dat de maximaal aanvaardbare kans op een ongeval met 1000 of meer dodelijke slachtoffers honderd keer zo klein is als de maximaal aanvaardbare kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers, en deze is weer honderd keer zo klein als de maximaal aanvaardbare kans op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers. Een toename van het aantal slachtoffers met een factor 10 leidt dus (min of meer) tot een daling van de aanvaardbare kans met een factor 100. De achterliggende reden is dat ongevallen met een groot aantal slachtoffers maatschappelijke ontwrichting kunnen veroorzaken.

Er zijn echter ook redenen om geen risicopremie in rekening te brengen:

- De informatie over de mate van risicoaversie in de context van overstromingen is nog ontoereikend om daar een voldoende betrouwbaar getal voor aan te nemen.
- De risicoaversie is wellicht het grootst voor dodelijke slachtoffers. In de monetaire waardering van dodelijke slachtoffers op basis van de waarde van een statistisch mensenleven (zie paragraaf 4.4.1), is het spreidingsrisico al in rekening gebracht. Een extra risicopremie is daarom overbodig. Bezorgdheid om maatschappelijke ontwrichting kan buiten de KKBA meegenomen worden, bijvoorbeeld via toetsing achteraf aan een norm voor groepsrisico.
- Er zijn twee overwegingen die voor een lage of in het geheel geen risicopremie pleiten:
 1. Ten eerste: indien de overheid de overstromingsschade vergoedt en de kosten over een groot aantal belastingbetalers verdeelt, wordt de spreiding – en dus de risicopremie – voor elk individueel huishouden klein.¹⁵ Bovendien kan de schade dan ook goed over de tijd verdeeld worden. De Nederlandse overheid kan bijvoorbeeld een buitenlandse lening aangaan om de overstromingsschade te vergoeden en die over een langere periode terugbetalen. Ook via verzekering kan de schade over vele partijen verdeeld worden. Er zijn wel grenzen aan de mogelijkheden

¹⁴ Besluit van 27 mei 2004, houdende milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid van inrichtingen milieubeheer (Besluit externe veiligheid inrichtingen).

¹⁵ De lezer kan dit zelf verifiëren met behulp van de figuur in Tekstbox 6. Indien het interval tussen het consumptiepeil met en zonder overstroming klein wordt, wordt ook de risicopremie klein.

om de effecten te spreiden (zie Tekstbox 7), maar het spreidingseffect blijft niettemin belangrijk.

.....
Tekstbox 7

Grenzen aan de spreiding

Indien de schade te groot wordt, dan kan ze niet meer zonder "pijn" over de belastingbetalers verdeeld worden. Niettemin kan de impact van zelfs zeer grote rampen vrij goed gespreid worden. In het "ergst denkbare" overstromingsscenario voor Nederland wordt de hele westkust getroffen. De schade van deze overstroming wordt op ongeveer 110 miljard euro geschat (HKV 2008). Veronderstel dat de Nederlandse overheid deze schade volledig vergoedt en voor de financiering een buitenlandse lening afsluit met een (reële) interestvoet van 2,5%. De lening wordt in twintig jaar met vaste annuïteiten terugbetaald (zoals een hypotheeklening) en de kosten van de aflossing van de lening worden door een verhoging van de belastingen gedekt. Dit zou neerkomen op een bedrag van 82 euro per maand per gezin. Dat is niet "pijnloos", maar ook niet schrikbarend hoog. De totale overheidsschuld van Nederland zou toenemen van ongeveer 45% van het bruto binnenlands product tot ongeveer 65%. Naar internationale maatstaven is dat een redelijk percentage.

De vergoeding van schade na rampen wordt in Nederland geregeld door de "Wet tegemoetkoming schade bij rampen en zware ongevallen".¹⁶ Deze wet is in principe enkel van toepassing op aardbevingen en overstromingen door zoet water. Door middel van een koninklijk besluit kan de wet echter ook op andere rampen van toepassing verklaard worden, bijvoorbeeld op een overstroming door zout water. De wet en het uitvoerende besluit ervan geven enkel een algemene beschrijving van de schadeposten die vergoed worden. Deze omvatten:

- de schade aan de woning;
- de schade aan de inboedel;
- de schade aan de openbare infrastructurele voorzieningen;
- de schade aan de vaste en de vlottende activa;
- teeltverliezen;
- financieel verlies van bedrijfsuitval;
- kosten voor het heropstarten van productie;
- evacuatiekosten (reis- en verblijfkosten verschuldigd aan derden, kosten van opslag van roerende goederen);
- bereddingskosten (kosten gemaakt voor de voorkoming of beperking van schade);
- opruimingskosten.

De vergoedingspercentages en drempelbedragen worden voor elke individuele ramp in een ministeriële regeling vastgelegd. Tot nu toe voorzagen de regelingen nooit in een vergoeding van 100%. Particulieren konden op wel een hoog vergoedingspercentage rekenen: 90% voor schade aan woningen en inboedel, met een drempelbedrag van 500 euro (inboedel enkel voor de eerste schijf van 9000 euro; voor hogere schijven golden lagere vergoedingspercentages en voor de schade boven 27.000 euro werd geen vergoeding uitgekeerd). Schade aan bedrijven (zoals bedrijfsuitval, teeltverliezen) werd voor 65% vergoed. Indirecte schade en immateriële schade worden niet vergoed. Er blijft dus een belangrijke restschade voor de getroffensten, maar die is toch veel kleiner dan de oorspronkelijke schade.

2. Ten tweede: hoogwaterbeschermingsmaatregelen verlagen wel altijd de verwachte schade, maar niet altijd de spreiding rond die verwachte schade. In de KKBA WV21 wordt het overstromingsrisico gemodelleerd met een Bernoulli-verdeling waarbij de beschermingsmaatregelen enkel een impact hebben op de overstromingskansen en niet op de

¹⁶ Wet van 25 mei 1998, houdende regels over tegemoetkoming in de schade en de kosten in geval van overstromingen door zoet water, aardbevingen of andere rampen en zware ongevallen.

overstromingsschade. In dat geval gaat een vermindering van de verwachte schade steeds gepaard met een vermindering van de spreiding van die schade. Indien de overstromingsschade na de uitvoering van de beschermingsmaatregelen groter is (omdat enkel de meest krachtige stormen nog overstromingen veroorzaken) dan is het mogelijk dat een daling van de verwachte schade gepaard gaat met een stijging van de spreiding. Een dergelijke situatie zou zich in de kuststreek kunnen voordoen.

Na afweging van de diverse redenen hebben we besloten risicoaversie niet in de KKBA mee te nemen. In Bijlage K hebben we een aantal van onze gedachten hierover in de vorm van een discussie samengevat. Voor de KBA in 2010 verdient dit punt nadere aandacht.

4.7 Discontovoet en risico-opslag

Discontovoet

De discontovoet is te zien als het vereiste rendement op een investering. Sinds het advies van de Studiegroep Disconteringsvoet uit 1986 wordt de discontovoet voor publieke investeringsprojecten gebaseerd op de kapitaalmarktrente. Het rendement op een overheidsproject moet minstens even groot zijn als het rendement dat voor een vergelijkbaar project wordt geëist in de markt. Hoewel de feitelijke kapitaalmarktrente leidend is, kan deze niet zonder meer in kosten-batenanalyses gebruikt worden. De kapitaalmarktrente kent aanzienlijke fluctuaties. Voortdurende aanpassing van de discontovoet zou het besluitvormingsproces onbestendig en inefficiënt maken. Daarom wordt de risicovrije discontovoet telkens voor langere periodes beleidsmatig vastgelegd, waarbij uit behoedzaamheid voor een iets hogere waarde dan de geldende kapitaalmarktrente gekozen wordt. In 2007 werd op advies van de Werkgroep Actualisatie Discontovoet de risicovrije reële discontovoet op 2,5% vastgelegd. Deze discontovoet is ook in de KKBA van WV21 gehanteerd.

De risicovrije discontovoet moet eventueel worden verhoogd met een risico-opslag.

Risico-opslag

In het rapport "Risicowaardering bij publieke investeringsprojecten" (Ministerie van Financiën en Centraal Planbureau, 2000) doelt men met risico op de *onzekerheid* over de uitkomsten van een project, of, meer specifiek, op de *spreiding* van de netto baten rondom een verwachte waarde.

Deze risico's worden vervolgens ingedeeld in twee hoofdklassen. Men spreekt van *diversificeerbare* risico's als kosten of baten van een project geen structurele samenhang met inkomsten uit andere bronnen vertonen. Deze risico's zijn door spreiding via een brede portefeuille van investeringen en beleggingen of via het belastingstelsel op te

vangen. Deze risico's worden in principe in de kosten-batenanalyse niet geprijsd.¹⁷

Men spreekt van *macro-economische risico's* als de baten en kosten van een project een structurele samenhang vertonen met inkomsten uit andere bronnen. Een onvoorziene tegenvaller in economisch slechte tijden heeft een andere marktprijs dan een zelfde tegenvaller in economisch goede tijden. Deze risico's zijn niet door spreiding te ondervangen en dienen derhalve te worden geprijsd. De standaard opslag voor het beprijzen van macro-economische risico's is een opslag van 3 procent op de disconteringsvoet, tenzij door middel van onderzoek een andere risico-opslag is bepaald.

Discussie

De optimale veiligheidsniveaus en bijbehorende investeringen die volgen uit de KKBA zijn zeer gevoelig voor de hoogte van de disconteringsvoet (inclusief risico-opslag) waarmee de kosten contant worden gemaakt. Een twee keer zo hoge disconteringsvoet resulteert in ongeveer twee keer zo lage optimale veiligheidsniveaus. De kosten om die hogere overstromingskansen te bereiken zijn dan ook veel lager en resulteren in een halvering van het optimale investeringsbedrag.

Tijdens het uitvoeren van de KKBA WV21 is er van het Centraal Planbureau geen uitsluitsel verkregen over de te hanteren risico-opslag.

In eerste instantie werd de werkwijze die door het CPB is gevolgd in de KBA Ruimte voor de Rivier gevolgd (Eijgenraam, 2005). In de KBA Ruimte voor de Rivier is geen risico-opslag op de disconteringsvoet gebruikt omdat volgens het rapport de invloed van de positieve samenhang van de baten met de algemene economische groei in Nederland beperkt is. Een tweede argument dat in de KBA Ruimte voor de Rivier wordt gegeven om af te zien van een risico-opslag, is dat de echte beslissing slechts over de eerste investering gaat en dan nog alleen als het eerste investeringsmoment niet (veel) verder ligt dan 2015. Over alle andere uitkomsten van de strategie wordt in 2005 nog geen beslissing genomen en die kunnen dus altijd later nog worden aangepast. De optimaliteitsvoorwaarden (ihbz, het eerstejaarsrendement) houden in dat een investering al direct in het eerste jaar rendabel is. Een negatieve opbrengst in latere jaren mag eigenlijk uitgesloten worden binnen ieder 'verrassingsvrij' scenario. Volgens het rapport speelt het macro-economisch risico eigenlijk alleen in de periode dat al wel een onomkeerbaar aanlegbesluit is genomen en Nederland tot 2015 terecht komt in een zware economische crisis.

In een later advies van het CPB¹⁸ is een risico-opslag van 1,5% geadviseerd. Het argument daarbij is dat de omvang van de schade wel een directe relatie met de stand van de economie heeft. In navolging van de KBA Zuidas is deze opslag alleen toegepast op de baten, maar niet op de kosten. Wiskundig komt een extra risico-opslag op de

¹⁷ Tenzij er sprake is van geconcentreerde of asymmetrische risico's. Zie Ministerie van Financiën en Centraal Planbureau, 2000. In WV21 is dat niet het geval.

¹⁸ ¹⁸ E-mail van Paul Besseling d.d. 4 april 2007.

discontovoet van de schade overeen met een aftrekpost op de groeivoet van de schade.

Maar ook dit advies is niet zonder problemen. Tijdens het uitvoeren van de KKBA WV21 is de vraag bovengekomen of de risico-opslag op de discontovoet voor schade bij de eerste investering gelijk moet zijn aan die risico-opslag bij vervolginvesteringen. Het toepassen van een risico-opslag op de discontovoet van de schade voor de vervolginvesteringen is niet evident, omdat nog helemaal open staat of en met welke maatregelen het veiligheidsniveau in de toekomst gewaarborgd wordt.

Het CPB heeft een heroverweging toegezegd van het advies over de risico-opslagen voor de KBA WV21 in 2010. Mogelijk kan de risico-opslag op de discontovoet voor de schade vervallen als de onzekerheid in macro-economische en klimaatsscenario's op een andere wijze in de KBA tot uiting komt.

Toepassing in de KKBA WV21

In de basisberekeningen hebben we een risico-opslag van 1,5 procent op de discontovoet van de schade gehanteerd. Daarnaast is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij deze opslag niet is meegenomen. Ook bij het ramen van de financiële consequenties zijn verschillende varianten uitgewerkt. Naast de reeds genoemde varianten gaat het hierbij om een extra variant waarin zowel aan de kostenkant als aan de schadekant een opslag van 1,5 procent op de discontovoet wordt gebruikt (zie Bijlage G).

5. Indicatieve optimale veiligheidsniveaus

5.1 Over dit hoofdstuk

In dit hoofdstuk gaan we eerst in op de bandbreedte rond de optimale overstromingskansen en overschrijdingskansen en de vorm waarin we die presenteren. Daarna presenteren we de indicatieve optimale overstromingskansen en overschrijdingskansen. Ook bespreken we de resultaten van een controleslag op de uitkomsten van OptimaliseRing, die voor een viertal dijkeringen tot een correctie hebben geleid.

5.2 Werkwijze

De *indicatieve* optimale veiligheidsniveaus zijn op de volgende wijze berekend. In eerste instantie zijn berekeningen gemaakt op basis van een set uitgangspunten die het meest voor de hand lijken te liggen. Die uitgangspunten noemen we het basisscenario. In Tabel 4 staan de aannames voor dit scenario. De berekening die we op het basisscenario baseren, noemen we de basisvariant. In tweede instantie zijn tien alternatieve varianten gedefinieerd waarbij telkens één van de parameters uit het basisscenario is gevarieerd. De waarden van de parameters in de verschillende varianten staan eveneens in Tabel 4. Uit de berekeningen van deze tien varianten is de bandbreedte van mogelijke uitkomsten bepaald.¹⁹ Na de tabel bespreken we de gedachten achter de variatie van de parameters in de varianten.

¹⁹ Dit is een uiterst pragmatische benadering. Het doorrekenen van één variant voor alle dijkeringen met het huidige model vergt al snel enkele uren rekentijd. Een monte-carlo-achtige aanpak ligt daardoor niet meteen voor de hand. De Universiteit van Tilburg ontwikkelt op dit moment een versie van het model waarin onzekerheden expliciet meegewogen kunnen worden. Zie ook de opmerking in paragraaf 6.2.2.

Tabel 4

Doorgerekende varianten

Parameter	Waarde basis-variant	Variant									
		waarden van parameters die afwijken van de waarde in de basisvariant									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discontovoet schade (% per jaar)	4,0	2,5									
Economische groei (% per jaar)	1,9		2,6								
Aanpassingsfactor schade	1,5			1	2						
Factor kosten	1					0,5	2,0				
Factor kansen	1							0,33	3,0		
Maximale afvoer	Ja									Nee	
Klimaatscenario	G+										W+

Discontovoet schade (variant 1)

Voor de discontovoet van de schade gebruiken we conform het advies van het CPB in het basisscenario de risicovrije discontovoet van 2,5% plus een risico-opslag van 1,5% om rekening te houden met macro-economische risico's. In totaal bedraagt de discontovoet voor schade dus 4% per jaar.²⁰ In variant 1 hebben we de risico-opslag van 1,5% laten vervallen en hanteren we een discontovoet voor de schade van 2,5%. Deze variant sluit aan bij de kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier (Eijgenraam 2005), waar bewust geen risico-opslag op de discontovoet in is gebruikt.²¹ Als argument werd aangegeven dat de invloed van de samenhang van de baten met de economische groei bij het project Ruimte voor de Rivier beperkt was.

Economische groei (variant 2)

Tot 2015 zijn de schadegetallen als harde gegevens in de database opgenomen, onafhankelijk van het economische scenario. Vanaf 2015 groeit de schade evenredig met het economische groeipercentage. Het basisscenario gaat uit van een groeipercentage van 1,9% per jaar, conform het scenario TM. In variant 2 is met een hoger percentage van 2,6% gewerkt, volgens het scenario GE.

De risico-opslag op de discontovoet heeft in wezen hetzelfde doel als het werken met verschillende macro-economische scenario's: het meewegen van onzekerheid in macro-economische ontwikkeling in de besluitvorming. De hier gevolgde werkwijze hinkt op beide gedachten en verdient heroverweging in de KBA WV21. Zie ook de eerdere opmerkingen over de te hanteren discontovoet.

²⁰ In alle gevallen hanteren we conform het advies van het CPB voor de discontovoet van de kosten 2,5%.

²¹ Destijds bedroeg de voorgeschreven risicovrije discontovoet nog 4%, thans 2,5%.

Aanpassingsfactor schade (varianten 3 en 4)

In het basisscenario hebben we de overstromingsschade uit HIS SSM vermenigvuldigd met een factor 1,5. Er zijn verschillende redenen te noemen waarom de schade uit HIS SSM opgehoogd zou moeten worden. Zo hebben we in hoofdstuk 4 laten zien dat de economische schade uit HIS SSM (nog) niet alle posten dekt en een opslag van 50 tot 100% alleen al daarom redelijk is.

Maar er zijn nog meer redenen die onzekerheid rond de hoogte van de schade veroorzaken. Zo zit er bijvoorbeeld een aanzienlijke onzekerheid in het overstromingsverloop zelf. Zo variëren de precieze omstandigheden waaronder een dijk doorbreekt en de plaats van de doorbraak, de schadebeperking door de zogenaamde lijnelementen in het landschap (boezemkades, spoorbanen, snelwegen) en het eerder genoemde cascade-effect in bepaalde dijkringen.

Een heel andere reden voor het ophogen van de schade is het niet geheel opgeloste vraagstuk over het waarderen van risicoaversie (zie het vorige hoofdstuk).

Om al deze redenen tezamen hebben we besloten in het basisscenario een factor 1,5 op de schade toe te passen. In aanvulling daarop werken we twee varianten uit met een factor 1 en 2 op de schade (varianten 3 en 4).

Met de aanpassingsfactor van 1,5 op de materiële schade, het bedrag voor immateriële schade van 5000 euro per inwoner van de dijkkring en het bedrag van 2,2 miljoen per dodelijk slachtoffer komen we lager uit dan de schade waar de Deltacommissie in de vorige eeuw mee gerekend heeft bij het afleiden van de norm voor dijkkring 14: zij hanteerden een factor 2 op de materiële schade (Van Dantzig, 1960).

Tekstbox 8

De 'beleidsfactor' van de Deltacommissie

"We zullen alle genoemde (en ook de hier niet besproken) niet-economische waarden samenvatten in een factor, waarmee de zuiver economische te "beschermen waarde" moet worden vermenigvuldigd. Het bepalen van deze factor, die uiteraard groter dan één zal zijn, kan niet geschieden op basis van mathematisch-statistische, technische of economische gronden, doch moet, mede vanwege het subjectieve element, dat hierin gelegen is, veeleer worden beschouwd als een handeling van het beleid. Keuze van een enigszins grote waarde van deze factor kan ook gezien worden als middel om te voorkomen, dat de economische overwegingen bij een beslissing van zo grote draagwijdte als de onderhavige een al te sterke nadruk krijgen. Zo wil het ons voorkomen, dat een factor 2 zeker niet te hoog zou zijn". (Van Dantzig, 1960).

Factor kosten (varianten 5 en 6)

Rond de gebruikte kosten voor dijkversterkingen zit een aanzienlijk onzekerheidsband. De gebruikte informatie is beperkt, niet altijd eenduidig en gebaseerd op kosteninformatie over ongeveer een derde van alle dijkringen. De feitelijke investeringskosten kunnen in de praktijk zowel hoger als lager uitvallen. Hoger, omdat er in de kostenramingen geen kosten voor de categorie B- en C-keringen zijn meegenomen en omdat aangenomen is dat een hogere norm geen extra kosten vergt voor het versterken van de duinen. Lager, omdat niet gerekend is met bestaande overhoogte en een aantal van de benodigde versterkingswerken daardoor wellicht in de praktijk al

gerealiseerd is. In de varianten 5 en 6 is daarom een factor 0,5 en 2,0 op de kosten uit het basisscenario gebruikt.

Factor kansen (varianten 7 en 8)

De onzekerheid rond de geschatte overstromingskansen in 2015 is groot. De onzekerheid betreft onder meer het kritieke verslagdebiet: de hoeveelheid water die gedurende een langere periode over de dijk kan slaan zonder deze te beschadigen. In het verleden werd daarvoor bij het ontwerp uitgegaan van 0,1 of 1 liter per seconde per meter (l/s/m) maar recente onderzoeken wijzen erop dat dit aanzienlijk meer zou kunnen zijn. In de basisvariant is uitgegaan van 5 l/s/m. Deze hoeveelheid is ook in de RBSO-studie gebruikt (Silva, 2005). Daarnaast bedraagt de onzekerheid rond maatgevende waterstanden circa 20 cm en rond golfhoogte 10%. Deze onzekerheden zijn zonder veel extra onderzoek niet te reduceren. Ook is er op dit moment nog maar beperkte informatie over het zogenaamde lengte-effect, dat van belang is bij de vertaling van een overstromingskans van een dijkvak of traject naar de overstromingskans van een dijkkring of dijkkringdeel.

In de volgende tabel zijn de onzekerheden die te maken hebben met drie van deze factoren voor vier locaties geïllustreerd (bron gegevens: Van Velzen, 2008).

Tabel 5

Bandbreedte van de overstromingskansen op enkele locaties

Voorbeeld van een traject in dijkkring	Basis			Kritiek overslagdebiet		Waterstand bij MHW		Golven	
	5 l/s/m	1 l/s/m	10 l/s/m	+ 20 cm	- 20 cm	+ 10%	- 10%		
13 - Petten	1/185000	1/10000	1/805000	1/146000	1/234000	1/37143	1/551629		
32 - Zeeuws Vlaanderen	1/11430	1/4000	1/18513	1/6739	1/19374	1/7474	1/17627		
22 - Oude Maas	1/9200	1/2000	1/19960	1/3543	1/23584	1/5041	1/17678		
43 - Waal	1/5456	1/1812	1/11036	1/1734	1/21017	1/3629	1/8943		

Uit dit voorbeeld blijkt dat deze onzekerheden het sterkst doorwerken in de overstromingskansen bij Petten. De resultaten hier zijn het meest gevoelig voor (golf)overslag van water over de dijken. Bij variatie in het kritieke overslagdebiet wordt de overstromingskans een factor 18 hoger of een factor 4 lager. In de andere voorbeelden is deze factor eerder 2 tot 4. Deze dijken zijn ook minder gevoelig voor golfaanval. Voor de varianten 7 en 8 werken we met een factor 0,33 en 3 op de overstromingskansen uit het basisscenario. Bijlage E gaat nader in op het kritieke overslagdebiet en het effect daarvan op de hoogte van overstromingskansen en overschrijdingskansen.

Maximale afvoer (variant 9)

De discussie over het fysisch maximum betreft de discussie over de maximale Rijnafvoer die Nederland nu én in de toekomst kan bereiken. Belangrijk in dit verband is de Niederrheinstudie, die in een samenwerkingsverband met Nordrhein-Westfalen is uitgevoerd (Lammersen, 2004). Volgens deze studie bedraagt de maximale afvoer bij Lobith in de huidige situatie ongeveer 16000 m³/s, waarbij rekening

is gehouden met modelonzekerheden ter grootte van 500 m³/s. Een dergelijke afvoer gaat met forse overstromingen in Duitsland gepaard, zodat een grotere afvoer Nederland niet kan bereiken, tenzij in Duitsland maatregelen genomen worden. Volgens een globale verkenning kan de afvoer door noodmaatregelen, zoals het leggen van zandzakken, toenemen met 500 à 1000 m³/s (Langemheen, 2006).

In de basisvariant is voor 2015 een afvoerplafond van 16500 m³/s gehanteerd bij een maatgevende afvoer van 16000 m³/s. Beide nemen vervolgens toe afhankelijk van het gehanteerde klimaatsscenario (G+ in het basisscenario). In de berekeningen van variant 9 is geen rekening gehouden met een fysisch maximum bij Lobith. Zowel de overstromingskansen in de referentie als de decimeringshoogte voor de overstromingskansen veranderen hierdoor ten opzichte van de basisvariant.

Klimaatscenario (variant 10)

In de basisvariant is uitgegaan van het scenario G+. In variant 10 gaan we uit van het scenario W+. Net als bij de economische scenario's geldt dat het omgaan met klimaatscenario's in de KBA WV21 moet worden heroverwogen.

Gevoeligheidsanalyse: immateriële schade

In alle varianten is gerekend met een immateriële schade van 5000 euro per inwoner en een bedrag van 2,2 miljoen euro per dodelijk slachtoffer. In een gevoeligheidsanalyse zijn de optimale overstromings- en overschrijdingskansen bepaald zonder deze schadeposten. Het doel van deze analyse is uitsluitend om het effect van de waardering van de immateriële schade aan te geven.

Gevoeligheidsanalyse: discontovoet voor schade en investeringskosten 4%

In de basisvariant is gerekend met een discontovoet van 2,5% voor de kosten en van 4% (2,5% plus 1,5% risico-opslag) voor de baten. In deze gevoeligheidsanalyse is ook aan de kostenkant een risico-opslag van 1,5% gehanteerd.

Gevoeligheidsanalyse: minder toename van de schade als gevolg van schadebeperkende maatregelen

In de basisvariant is gerekend met een toename van de schade van 1,9% per jaar. Deze toename kent verschillende oorzaken: Nederland wordt per inwoner elk jaar welvarender en we verzamelen steeds meer duurzame consumptiegoederen om ons heen. Daarnaast daalt de gemiddelde omvang van een huishouden en groeit de bevolking.

Volgens het MNP (2007) neemt de schade in 2040 in het scenario TM toe met een factor 2 ten opzichte van 2000 (1,9% per jaar). Met aangepast bouwen zou deze toename ongeveer een kwart minder zijn. In deze gevoeligheidsanalyse wordt onderzocht in hoeverre het "ontkoppelen" leidt tot andere conclusies in de KKBA.

Presentatie

De optimale veiligheidsniveaus presenteren we op twee verschillende wijzen: in kaartvorm (alleen het basisscenario) en in een grafiek

(basisscenario met een ruit, bandbreedte in kleur en de huidige norm met een horizontale lijn). Details van de uitkomsten van de tien varianten staan in Bijlage F. De optimale veiligheidsniveaus drukken we uit in optimale overstromingskansen en optimale overschrijdingskansen. In beide gevallen betreft het een middenkans (zie paragraaf 2.4).

Bij de presentatie hebben we verder gekozen voor een aantal normklassen, die zijn aangeduid met verschillende kleuren. De klassen zijn semi-logaritmisch gekozen, waardoor er telkens ongeveer een factor 2 tussen de opeenvolgende klassen zit. De klasse 1/1250 en 1/10000 vormen een uitzondering: deze zijn toegevoegd om aan te sluiten bij de huidige klassenindeling (volgens Figuur 3 uit hoofdstuk 1). Ook de kleuren van de huidige klassen (zie zelfde figuur) hebben we hier ingepast. Voor enkele dijkeringen of dijkringdelen zijn geen berekeningen gemaakt.

De grenzen van de klassen zijn bepaald door de logaritmen van de voorgaande en opvolgende klasse te nemen, deze te middelen en vervolgens weer als exponent op het grondgetal 10 toe te passen. Vervolgens zijn deze getallen afgerond op 1/100 voor kansen groter dan 1/10000 en op 1/1000 voor kansen groter dan 1/10000. Dit resulteert in onderstaande tabel.

Tabel 6

Gehanteerde normklassen

Aanduiding	Ondergrens	Bovengrens
1/500	-	1 /800
1/1250	1/800	1/1600
1/2000	1/1600	1/2800
1/4000	1/2800	1/6300
1/10000	1/6300	1/14000
1/20000	1/14000	1/28000
1/40000	1/28000	1/57000
1/80000	1/57000	1/113000
>1/80000	1/113000	-

De resultaten zijn afzonderlijk gepresenteerd voor drie geografische gebieden:

1. **Noord Nederland**, bestaande uit het grootste deel van de provincies Noord-Holland, Friesland en Groningen en alle dijkringdelen die grenzen aan het IJsselmeer. De dijkeringen in dit gebied hebben op dit moment een norm van 1/2000, 1/4000 of 1/10000 per jaar.
2. **Rivierengebied**, exclusief de zoute wateren. Hieronder vallen dijkeringen met normen van 1/1250 en 1/2000 per jaar.
3. **Zuidwest-Nederland**, inclusief Zuid-Holland. Hierin vallen dijkeringen met normen van 1/4000 en 1/10000 per jaar.

Let op!

De gepresenteerde optimale overschrijdingskansen worden afgeleid uit de optimale overstromingskansen en zijn gebaseerd op de huidige ontwerppraktijk (leidraden). In de huidige ontwerppraktijk wordt over het algemeen uitgegaan van een kritiek overslagdebiet van 1 l/s/m, terwijl dijken over het algemeen beduidend meer kunnen hebben. Het verschil tussen 1 en 5 l/s/m/ kan aan de kust oplopen tot een verschil in ontwerphoogte van meer dan 1 meter. Het hanteren van een kritiek overslagdebiet van 1 l/s/m in de huidige praktijk leidt daardoor tot zeer kleine overstromingskansen in de referentie. Hierdoor vallen in een aantal berekeningen de optimale overschrijdingskansen juist weer zeer groot uit. Zou uitgegaan zijn van een overslagdebiet van 5 l/s/m voor de terugvertaling van de optimale overstromingskans naar een optimale overschrijdingskans, dan zouden deze twee al veel dichter bij elkaar liggen maar nog niet aan elkaar gelijk zijn. Bij gelijke kritieke overslagdebieten ontstaan bovendien verschillen door (a) het 'lengte-effect' (globaal een factor 1,5) en (b) het hanteren van een fysisch maximum (alleen bij Bovenrivierengebied van de Rijn).

De optimale overschrijdingskansen voor de kust zijn het gevoeligst voor het te hanteren overslagdebiet, gevolgd door de meren en als laatste de rivieren. De waarden van de optimale overschrijdingskansen voor de kust en meren zijn daardoor niet direct bruikbaar voor de beleidsvoorbereiding (zie ook bijlage E).

De optimale overstromingskans en investeringsstrategie zijn niet afhankelijk van de terugvertaling van een optimale overstromingskans naar een optimale overschrijdingskans.

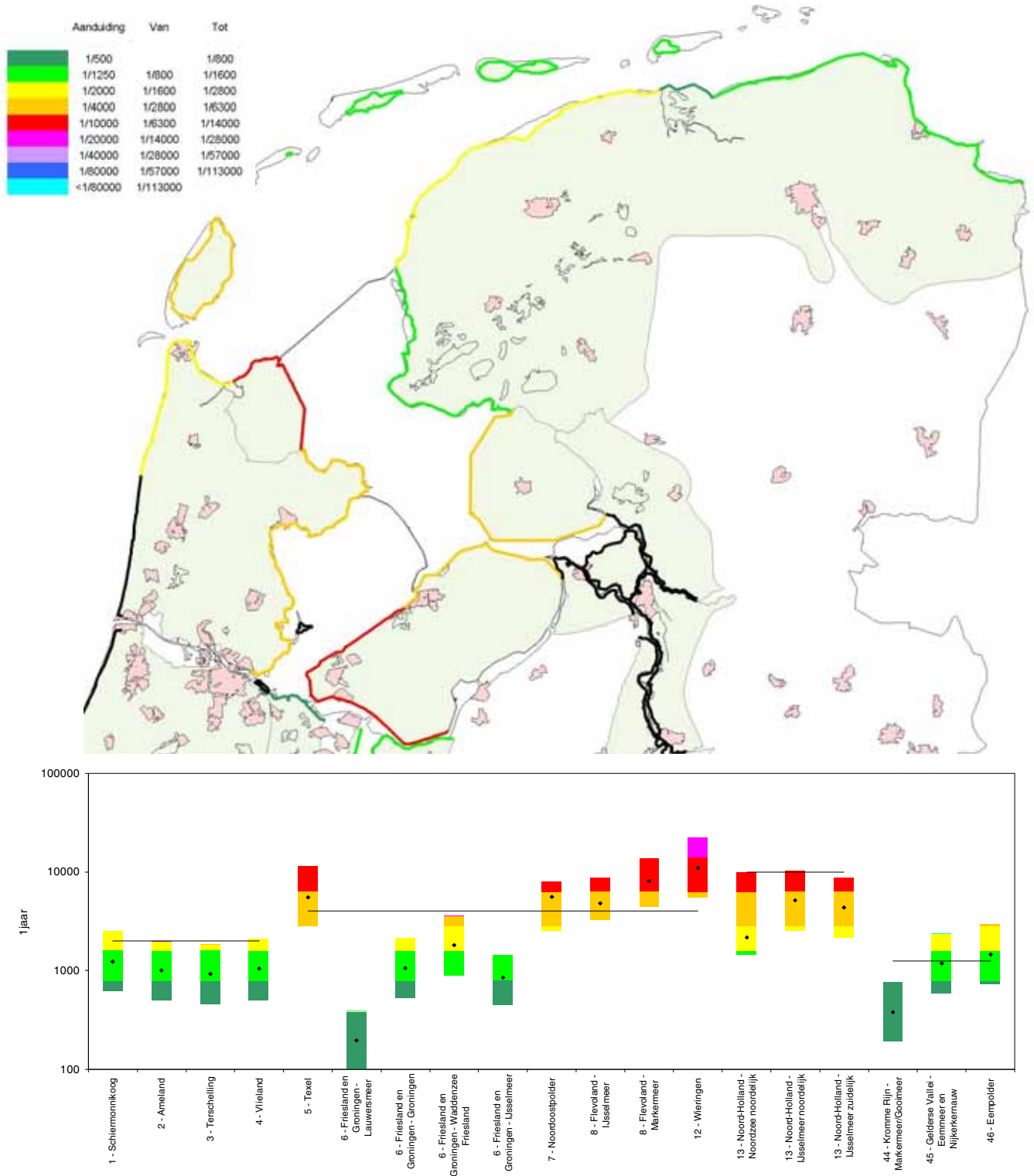
5.3 Optimale overstromingskansen

5.3.1. Noord-Nederland

De berekende optimale overstromingskansen en bijbehorende bandbreedte voor Noord-Nederland staan in onderstaande figuur.

Figuur 9

Optimale overstromingskansen per jaar voor Noord Nederland

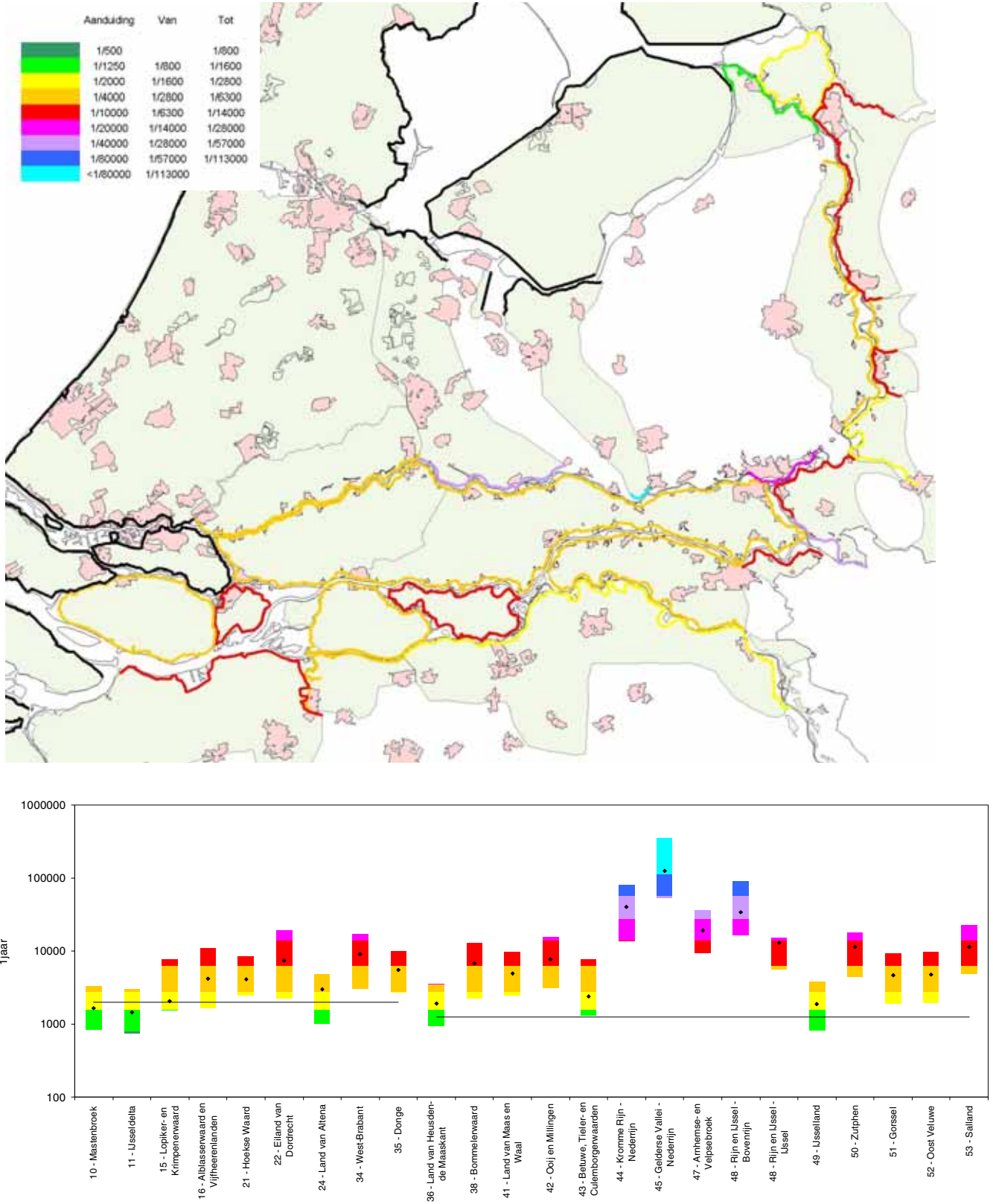


5.3.2. Rivierengebied

De berekende optimale overstromingskansen en bijbehorende bandbreedte voor het Rivierengebied staan in onderstaande figuur.

Figuur 10

Optimale overstromingskansen per jaar voor het Rivierengebied

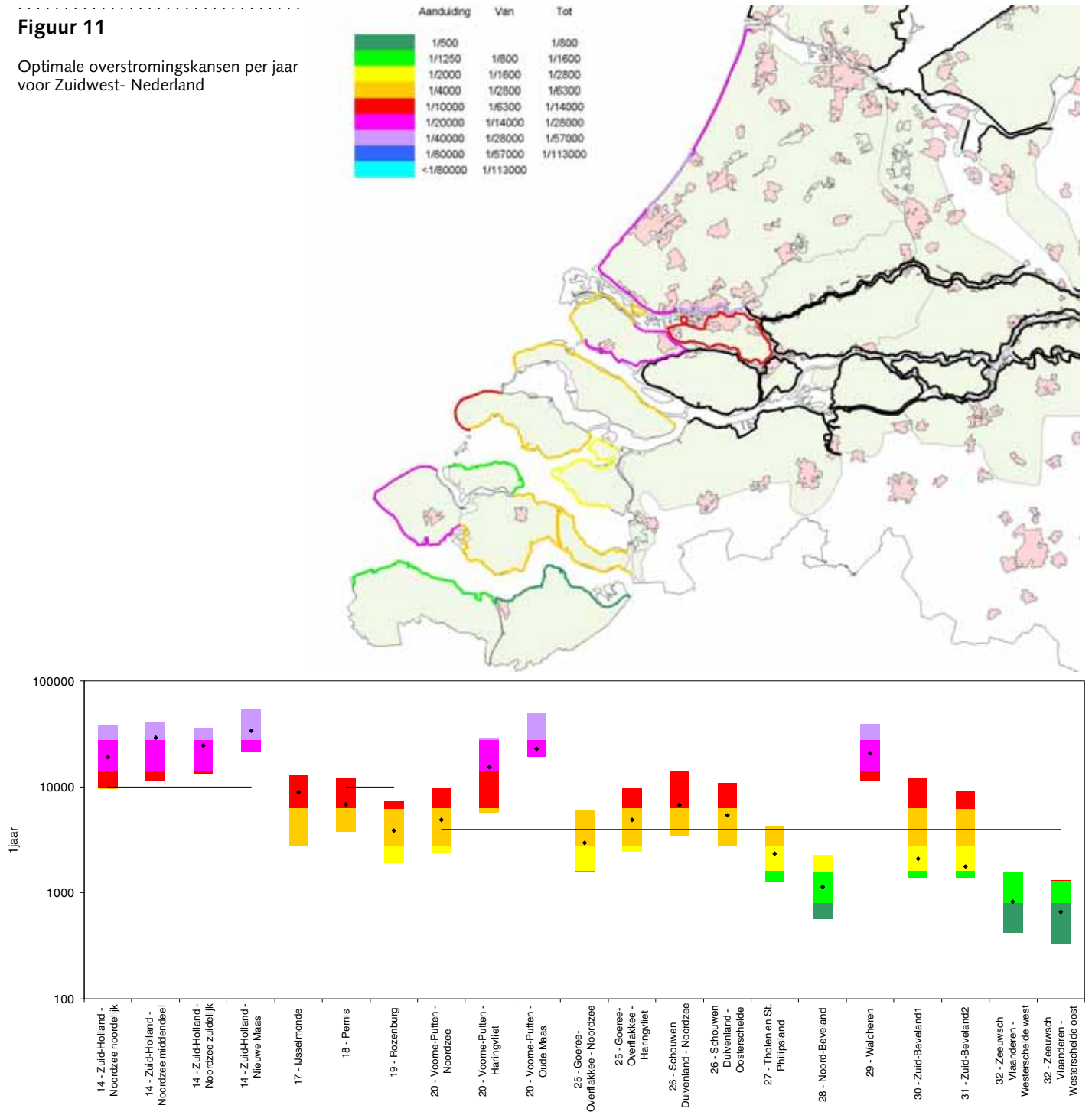


5.3.3. Zuidwest-Nederland

De berekende optimale overstromingskansen en bijbehorende bandbreedte voor Zuidwest Nederland staan in onderstaande figuur.

Figuur 11

Optimale overstromingskansen per jaar voor Zuidwest- Nederland



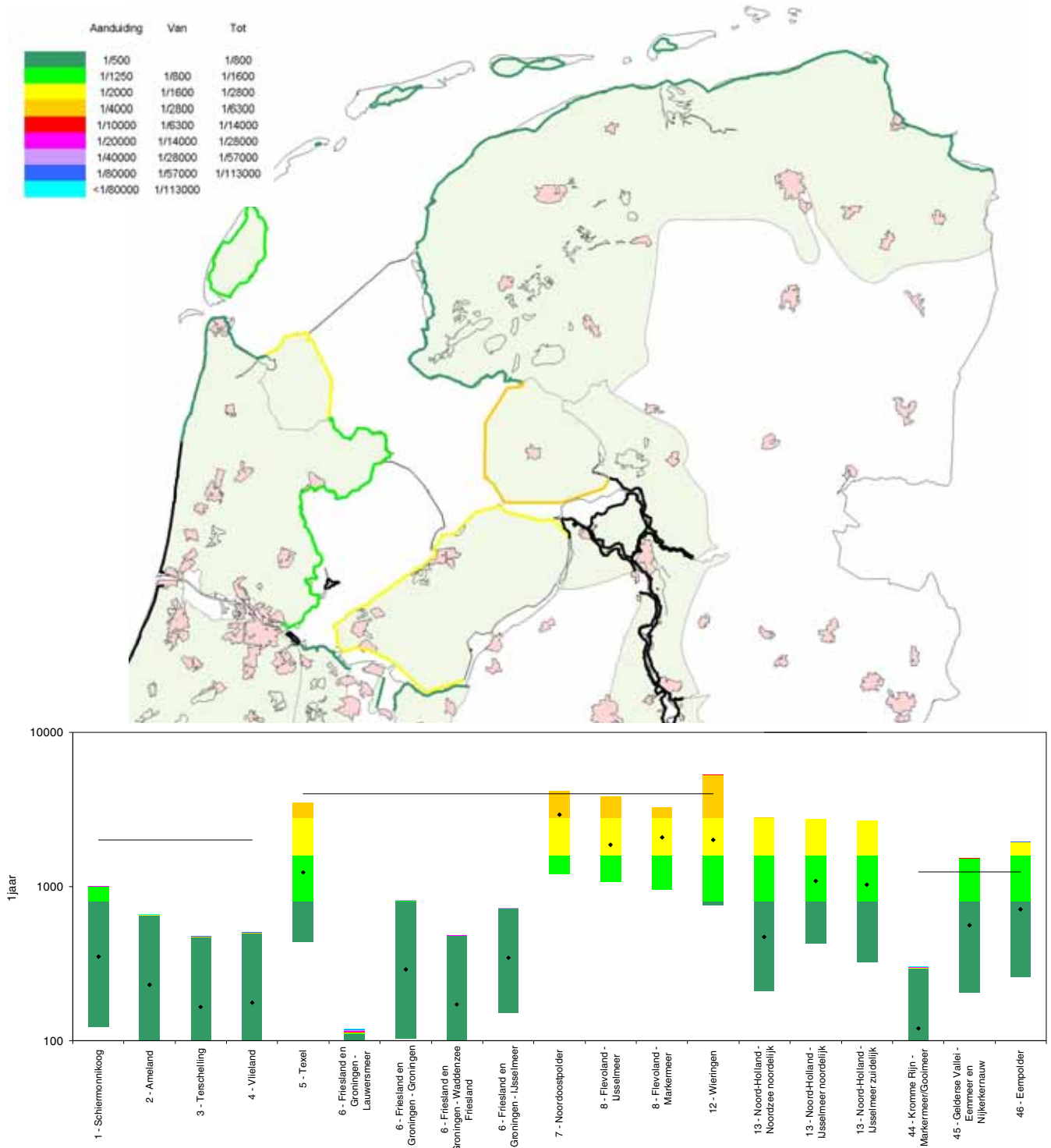
5.4 Optimale overschrijdingskansen

5.4.1. Noord-Nederland

De berekende optimale overschrijdingskansen en bijbehorende bandbreedte voor Noord-Nederland staan in onderstaande figuur.

Figuur 12

Optimale overschrijdingskansen per jaar voor Noord -Nederland

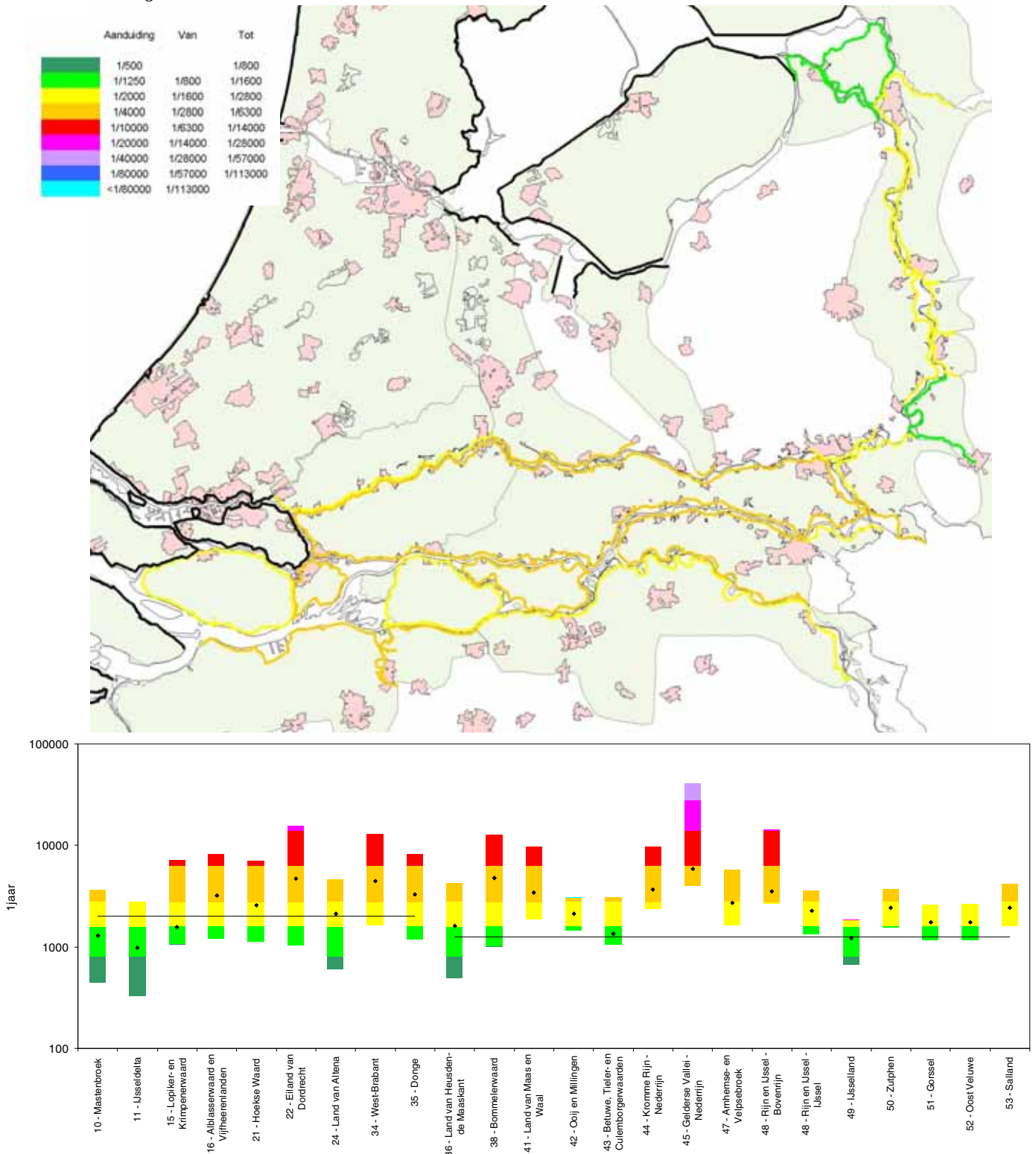


5.4.2. Rivierengebied

De berekende optimale overschrijdingskansen en bijbehorende bandbreedte voor het Rivierengebied staan in onderstaande figuur.

Figuur 13

Optimale overschrijdingskansen per jaar voor het Rivierengebied

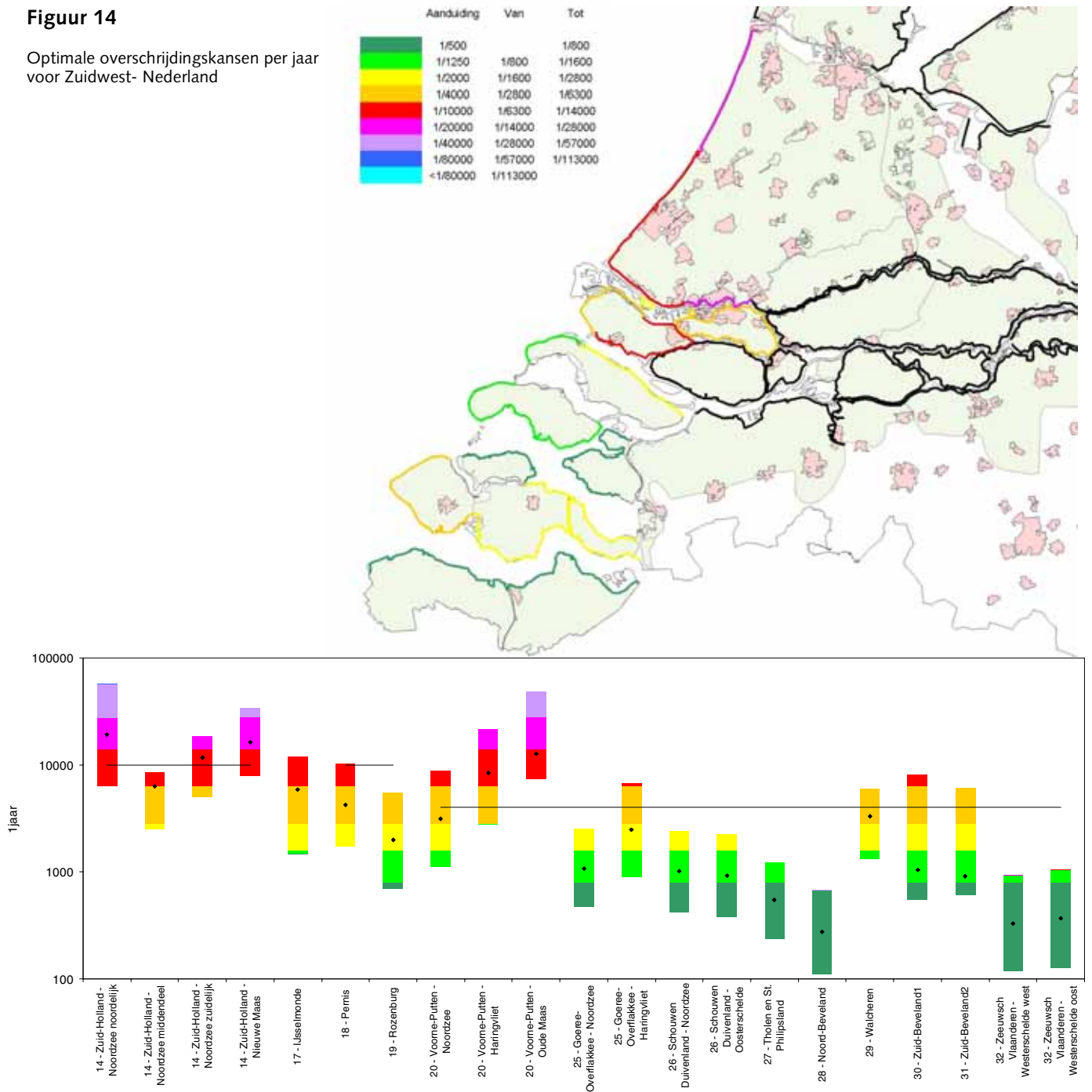


5.4.3. Zuidwest-Nederland

De berekende optimale overschrijdingskansen en bijbehorende bandbreedte voor Zuidwest-Nederland staan in onderstaande figuur.

Figuur 14

Optimale overschrijdingskansen per jaar voor Zuidwest- Nederland



5.5 Cross check resultaten

Eijgenraam (2008) geeft een directe methode om de optimale overstromingskans in een bepaald jaar (P_{midden}) op eenvoudige wijze te schatten. Hij doet dat door het optimale niveau van de verwachte overstromingsschade te delen door de schade bij overstromen in dat jaar:

$$P_{\text{midden}_t} = S_t^* / V_t$$

Eijgenraam geeft meerdere mogelijkheden om het optimale niveau van verwachte overstromingsschade (S^*) te schatten. De volgende formule geeft één van de mogelijkheden weer:

$$S_t^* \approx \delta(0,1 e) I_t(x | \Delta \log P_t(x) = -1)$$

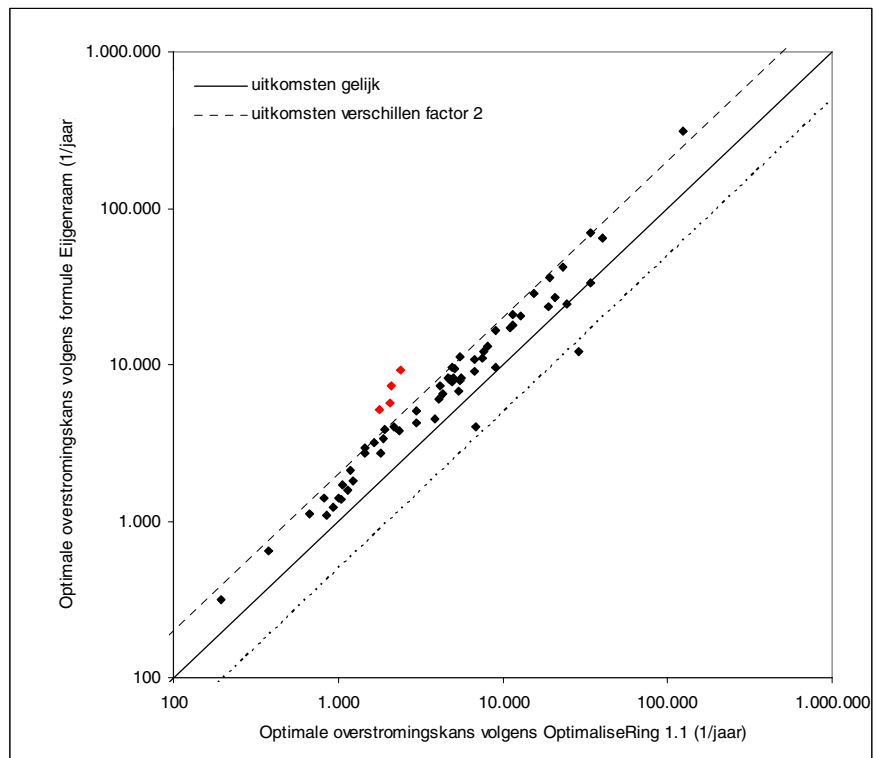
waarin $I(x | \Delta \log P(x) = -1)$ de decimeringskosten zijn, d.w.z. de kosten van de actie x om de overstromingskans met een factor 10 te verlagen.

Deze formulering lijkt op dit moment het meest geschikt voor een vergelijking met de resultaten van de KKBA. De KKBA gaat ervan uit dat er in de uitgangssituatie geen overhoogte is. Verhoging met één decimeringshoogte is daarmee in veel gevallen een redelijk optimale verhoging.

In Figuur 15 zijn de resultaten van OptimaliseRing vergeleken met de uitkomsten van deze directe methode, waarbij in beide gevallen dezelfde basisgegevens zijn gebruikt.

Figuur 15

Controle van de resultaten



Uit het figuur valt te concluderen dat in vrijwel alle gevallen de uitkomsten van beide methoden consistent met elkaar zijn. Met de directe formule van Eijgenraam vinden we in vrijwel alle gevallen een strengere optimale veiligheidsnorm en in twee gevallen een minder strenge veiligheidsnorm. Gemiddeld zijn de optimale overstromingskansen berekend met de directe formule van Eijgenraam 34% kleiner (veiliger).

Voor de dijkringen 15, 30, 31 en 43 (met rood aangegeven in het figuur) levert de directe formule van Eijgenraam optimale veiligheidsniveaus op die meer dan twee keer zo streng zijn. Deze verschillen kunnen we echter goed verklaren en volgen uit een wat ongelukkige definitie van de zogenaamde middenkans bij meerdere trajecten; voor deze dijkringen zijn de investeringsstrategieën en de bijbehorende kosten niet noodzakelijkerwijs foutief berekend. In bijlage D zijn we daar verder op ingegaan. In de hiervoor gepresenteerde kaarten zijn voor deze vier dijkringen de optimale overstromings- en overschrijdingskansen berekend door OptimaliseRing als volgt aangepast (zie bijlage D).

Tabel 7

Uitgevoerde correcties op de modelresultaten

Dijkring	Optimale overstromingskans (1/jaar)		Optimale overschrijdingskans (1/jaar)	
	Uit model	Gecorrigeerd	Uit model	Gecorrigeerd
15	1/2065	1/3000	1/1577	1/2314
30	1/2095	1/4000	1/1048	1/2001
31	1/1770	1/4000	1/918	1/2075
43	1/2395	1/5000	1/1344	1/2806

Na deze aanpassing zijn ook voor deze dijkringen de afwijkingen van de directe formule kleiner dan een factor 2 en passen deze binnen de twee lijnen uit Figuur 15. In alle andere gevallen vallen de uitkomsten berekend met de formule van Eijgenraam binnen de eerder gepresenteerde bandbreedte die berekend is met OptimaliseRing.²² Op zichzelf is dit voor de KKBA een bevredigend resultaat.

Tekstbox 9

Toepassing van de directe formule op dijkkring 14 voor het jaar 1960.

De directe formule van Eijgenraam kunnen we ook toepassen op de gegevens die ten grondslag liggen aan de berekeningen die de Deltacommissie (van Dantzig) in 1960 voor dijkkring 14 heeft gemaakt (Centraal Holland). Daarvoor zijn de volgende gegevens gebruikt:	
Kosten verhoging met 115 centimeter	110 miljoen gulden
Kosten extra meter	40 miljoen gulden
Decimeringshoogte	78 centimeter
De kosten voor een verbetering van de veiligheid met een factor 10 (78 cm) bedragen derhalve circa 100 miljoen gulden (interpolatie).	
Verder gebruikte Van Dantzig:	
Schade bij overstromen	24,2 miljard gulden
Discontovoet	4% per jaar

²² De huidige versie van OptimaliseRing vindt niet in alle gevallen waarin de dijkringen uit meerdere trajecten bestaan, de optimale oplossing. De Universiteit van Tilburg werkt in opdracht van Rijkswaterstaat/Waterdienst tot eind 2009 aan een verbetering van het model met meer trajecten, zie ook Den Hertog, 2008.

Het optimale veiligheidsniveau (Pmidden) voor het jaar 1960 komt in dit geval via de directe formule uit op 1/22.000 per jaar (in plaats van 1/125.000 per jaar door Van Dantzig). Het resultaat van Van Dantzig is het beste te omschrijven als een optimale ontwerpnorm, terwijl de formule van Eijgenraam (Pmidden) uitkomt op een optimale toetsnorm. Zie ook Eijgenraam 2006.

Van Dantzig ging bij het verlies van 24,2 miljard gulden uit van het gehele verlies van alle goederen in dijkkring 14. Hedendaagse schaderamingen met de HIS SSM komen uit op een maximaal verlies van circa 10 procent van alle goederen in dijkkring 14 (circa 35 miljard euro op een totaal van bijna 300 miljard euro (DWW 2005ab)).²³ Anderzijds paste Van Dantzig een beleidsfactor 2 toe op de totale schade, om rekening te houden met immateriële schade. Gaan we in de som van Van Dantzig derhalve uit van een schade die 5 keer kleiner is, dan komen we op een optimaal veiligheidsniveau uit van 1/4400 per jaar (anno 1960).

In de literatuur wordt ervan uit gegaan dat de schade tussen 1960 en 2000 met circa een factor 6 is gegroeid. Trekken we dit door met een groei van 2% per jaar naar 2021, dan bedraagt de toename een factor 9. We zouden dan anno 2021 bij een discontovoet van 4% voor dijkkring 14 een optimaal veiligheidsniveau van $(1/4400)/9 = 1/40.000$ per jaar mogen verwachten. Beseffen we dat enerzijds de resultaten van OptimaliseRing gemiddeld circa 40 % lager liggen dan die van de directe formule, maar dat we anderzijds een discontovoet van 2,5 procent in plaats van 4% mogen gebruiken, dan zouden we mogen verwachten dat de resultaten van de KKBA (optimale overstromingskans in 2021) voor dijkkring 14 in de orde van 1/40.000 per jaar liggen. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn.

5.6 Resultaten van de varianten en gevoeligheidsanalyses

In de eerdere presentatie van de optimale overschrijdings- en overstromingskansen zijn de varianten uitsluitend gebruikt voor het bepalen van een bandbreedte. In deze paragraaf gaan we wat dieper in op de uitkomsten van de afzonderlijke varianten en gevoeligheidsanalyses. In Tabel 8 geven we het meest voorkomende effect op de optimale kansen weer: de mediaan van de procentuele verschillen ten opzichte van de kansen uit het basisscenario, afgerond op 5 procentpunten.²⁴ Een negatief getal betekent hier een kleinere optimale kans (een strengere norm) en een positief teken een grotere optimale kans (een minder strenge norm).

²³ Afgezien van de schade in de ergst denkbare overstromingen (Kolen 2007)

²⁴ In een aantal dijkkringen zijn de effecten op de optimale kansen beduidend groter dan het meest voorkomende effect dat hier is weergegeven. Dat kan verschillende oorzaken hebben. Een oorzaak kan gelegen zijn in de eerder geschetste problematiek rond de berekening van de middenkans bij meerdere trajecten. Een andere oorzaak is in de karakteristiek van de dijkkring. Zo zijn er in bepaalde gebieden relatief veel slachtoffers en getroffen en te verwachten in verhouding tot de geraamde economische schade, hetgeen tot andere resultaten van bijvoorbeeld de gevoeligheidsanalyse leidt. Een en ander valt voor de lezer te controleren aan de hand van de gegevens in bijlage B en de resultaten in Bijlage F. Voor de conclusies van de KKBA maakt dit op dit moment echter niet veel verschil, maar het vraagt voor de KBA nadere aandacht.

Tabel 8

Uitkomsten van de varianten en gevoeligheidsanalyses

Variant	Mediaan effect (% verschil t.o.v de basisvariant) op de optimale	
	overstromingskans	overschrijdingskans
1. Discontovoet schade 2,5% (ipv 4%)	-15	-15
2. Global Economy scenario (2,6% ipv TM (1,9%))	-10	-5
3. Schade maal 1 (ipv 1,5)	+50	+40
4. Schade maal 2 (ipv 1,5)	-25	-20
5. Kosten maal 0,5	-50	-45
6. Kosten maal 2	+100	+80
7. Overstromingskans 2015 maal 0,33	0	+150
8. Overstromingskans 2015 maal 3	0	-60
9. Geen fysisch maximum (ipv 16500 m3/s in 2015) ^{*)}	+130	-30
10. W+ (ipv G+)	0	0
Gevoeligheidsanalyses:		
Geen immateriële schade	+15	+10
Disconteringsvoeten beide 4%	+40	+35
25% lagere groei van de schade	0	0

^{*)} Effect alleen berekend over de dijkringen in het bovenrivierengebied van de Rijn.

Uit de tabel blijkt dat de varianten 1 tot en met 6 nagenoeg hetzelfde effect hebben op de optimale overstromingskans als op de optimale overschrijdingskans. Wanneer we geen risico-opslag op de discontovoet voor de schade hanteren, dan leidt dit tot een grotere optimale veiligheid en nemen de optimale kansen ten opzichte van de basisvariant met circa 15 procent af (variant 1). Een hoger economisch groeicijfer leidt tot 5 à 10% strengere optimale veiligheidsniveaus (variant 2). Een toe- of afname van de schade werkt vrijwel direct door op de optimale kans, evenals een toe- of afname van de kosten (varianten 3 tot en met 6).

Uitgaan van andere overstromingskansen in 2015 (varianten 7 en 8) heeft echter een ander effect op de hoogte van de optimale overschrijdingskans dan op de optimale overstromingskans. De optimale overstromingskans blijkt (zoals verwacht) ongevoelig te zijn voor de feitelijke overstromingskans anno 2015. Maar door uit te gaan van een andere overstromingskans die hoort bij dezelfde overschrijdingskans (van bijvoorbeeld 1/1250 per jaar), verandert wel de relatie tussen deze twee. Werd er in de basisvariant bijvoorbeeld van uitgegaan dat bij een overschrijdingskans van 1/1250 per jaar een overstromingskans van 1/4500 per jaar hoort, dan hoort hier in variant 8 een overstromingskans van 1/1500 per jaar bij. Het effect van een andere berekening van de overstromingskans in 2015 op de optimale overschrijdingskans is dus groot. Dat dit niet lineair doorwerkt, komt doordat ook de waarden voor de decimeringshoogte voor de overschrijdings- en overstromingskans verschillen.

Het effect van het loslaten van het fysisch maximum op de optimale overstromingskans is zelfs tegenovergesteld aan het effect ervan op de optimale overschrijdingskans. Bij de variant zonder fysisch maximum

hoort een grotere decimeringshoogte voor de overstromingskans: de optimale overstromingskans wordt eveneens groter. Maar doordat de verhouding tussen de overstromingskans en de overschrijdingskans in 2015 kleiner wordt, hoort hier een kleinere optimale overschrijdingskans bij (variant 9).

In variant 10 hebben we het effect van het klimaatsscenario onderzocht. Grotere klimaatsveranderingen (W+ ipv G+) leiden niet tot significant andere optimale veiligheidsniveaus op de kortere termijn.

De gevoeligheidsanalyses met de immateriële schade laten zien dat de meeste optimale kansen 10 tot 15% groter worden wanneer de immateriële schade niet meegenomen wordt. Per gebied kan dit verschil groter of kleiner zijn. Bij een discontovoet inclusief risico-opslag van 4% voor zowel de schade als kosten nemen de optimale kansen toe met 35 tot 40 procent. Een lagere groei van de schade heeft geen significant effect op de optimale kansen voor de kortere termijn; een effect is pas merkbaar op de langere termijn. Op dit laatste punt komen we nog terug in het hoofdstuk over de financiële consequenties.

5.7 Conclusies van dit hoofdstuk

Op basis van de berekeningen van optimale veiligheidsniveaus voor het basisscenario ontstaat het volgende indicatieve beeld:

Noord-Nederland

De optimale overstromingskans ligt rond de 1/1250 tot 1/2000 per jaar voor de Waddeneilanden (uitgezonderd Texel), Friesland en Groningen (dijkring 6) en de noordzijden van de dijkringen 44, 45 en 46 die grenzen aan de randmeren. De optimale overstromingskans voor dijkring Texel (dijkring 5), Noord-Holland (dijkring 13), de Noordoostpolder (dijkring 7) en het noordelijk deel van Flevoland (dijkring 8, deel 1) ligt tussen de 1/2000 en de 1/4000 per jaar. Voor Wieringen (dijkring 12) en het zuidelijk deel van Flevoland (dijkring 8 deel 2) zijn de optimale overstromingskansen in de orde van 1/10000 per jaar.

Wanneer het systeem op orde is, worden in dit deel van het land de optimale veiligheidsniveaus ruimschoots gehaald. Met systeem op orde bedoelen we dat de keringen ontworpen zijn conform de leidraden en voldoen aan de thans geldende overschrijdingskansen (1/2000 tot 1/10000 per jaar). Een verhoging van de veiligheidsnorm op basis van de resultaten van deze KKBA ligt in dit deel van Nederland vooralsnog niet in de rede.

Rivierengebied

Voor het rivierengebied vinden we in het basisscenario optimale overstromingskansen die gemiddeld variëren van 1/4000 tot 1/10000 per jaar. De kleinste optimale overstromingskansen (<1/10000 per jaar) vinden we voor dijkringen langs de Nederrijn-Lek (dijkringen 44, 45, 47) en dijkring 48 langs de Bovenrijn. De grootste optimale overstromingskansen (circa 1/1250 tot 1/2000 per jaar) vinden we

voor de dijkringen in de IJsseldelta (10 en 11), Land van Heusden/de Maaskant (dijkring 36) en IJsselland (dijkring 49).

Wanneer het systeem op orde is, komt de veiligheid in dit deel van het land niet overal overeen met de berekende optimale veiligheid. Langs de IJssel ligt een optimale overschrijdingsnorm eerder in de orde van 1/2000 per jaar en langs de Nederrijn-Lek en in het benedenrivierengebied in de orde van 1/2000 of 1/4000 per jaar. Op basis van de resultaten van deze KKBA ligt hier een verhoging van het veiligheidsniveau met één of twee normklassen in de rede.

Zuidwest-Nederland

De optimale overstromingskans voor Centraal Holland (dijkring 14) ligt in de orde van 1/20000 tot 1/40000 per jaar. Dat geldt ook voor delen van dijkring 20 (Voorne-Putten) en dijkring 29 (Walcheren). Voor Noord-Beveland (dijkring 28) en Zeeuwsch-Vlaanderen (dijkring 32) liggen de optimale overstromingskansen rond 1/1250 per jaar. De optimale overstromingskansen voor de overige dijkringen in Zuidwest Nederland liggen tussen de 1/2000 tot 1/10000 per jaar.

Wanneer het systeem op orde is, komt de veiligheid in dit deel van het land niet overal overeen met de berekende optimale veiligheid. Een overschrijdingsnorm van ongeveer 1/20000 per jaar ligt in de rede voor delen van Centraal Holland (dijkring 14; nu 1/10000 per jaar) en wellicht ook voor Voorne-Putten (dijkring 20; nu 1/4000 per jaar). Voor de overige dijkringen ligt een hoger veiligheidsniveau niet voor de hand.

Bandbreedte

Er bestaat een aanzienlijke bandbreedte rond de optimale overstromings- en overschrijdingskansen uit het basisscenario. De bandbreedte bedraagt minimaal één maar vaak ook twee of meer normklassen.

Logica

De uitkomsten van het rekenmodel OptimaliseRing zijn consistent met de uitkomsten van de sterk vereenvoudigde methode van Eijgenraam. In vier gevallen zijn grote verschillen gevonden. Deze zijn eenvoudig te verklaren en hebben geleid tot correcties op de uitkomsten van OptimaliseRing.

6. Financiële consequenties

6.1 Over dit hoofdstuk

De KKBA is een zoektocht naar een optimale investeringsstrategie, waar optimale veiligheidsniveaus uit afgeleid worden. Deze optimale veiligheidsniveaus zijn in het voorgaande hoofdstuk gepresenteerd. De kosten van deze strategie worden bepaald door de momenten en de omvang van de dijkversterkingen. In dit hoofdstuk geven we een schatting van deze kosten.

6.2 Benodigde investeringen in normaanpassing

6.2.1. Basisvariant en variant 1

In de optimale investeringsstrategie vinden om twee redenen investeringen plaats in dijkringen:

1. voor het compenseren van de steeds groter wordende overstromingskansen, als gevolg van een toename van rivierafvoeren en zeespiegelrijzing;
2. voor het compenseren van de toename van de gevolgen van een overstroming (schade en slachtoffers).

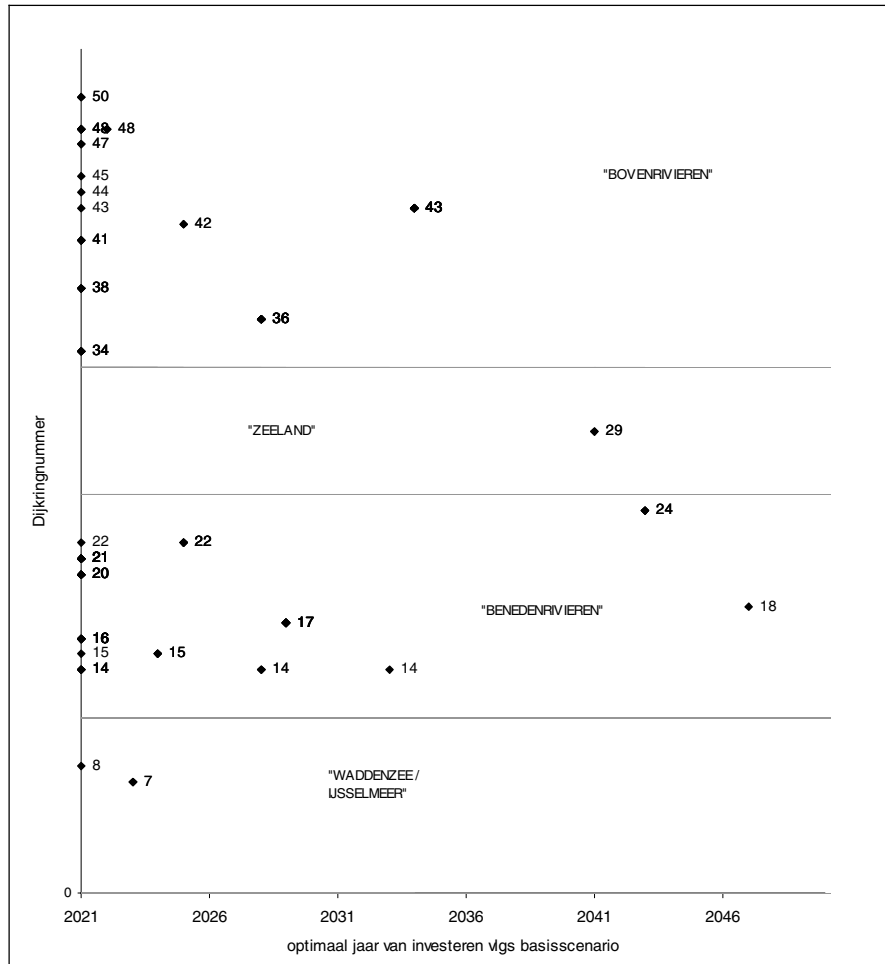
Ons vertrekpunt is dat het systeem in 2015 op orde is (zie paragraaf 2.5). De kosten die vervolgens in de loop der tijd gemaakt moeten worden om de overstromingskansen niet te laten toenemen, zijn het gevolg van klimaatverandering. Deze hoeven niet toegerekend te worden aan de kosten van een efficiënte (hogere) veiligheidsnorm, omdat we ervan uit mogen gaan dat deze kosten ook gemaakt worden als we besluiten de normen niet aan te passen. De totale kosten die volgen uit de optimale investeringsstrategie moeten dus toebedeeld worden aan klimaatverandering (1) en normaanpassing (2). Hiervoor kunnen we twee methoden volgen die in Bijlage G zijn uitgewerkt.

Uit de bijlage blijkt dat de omvang van de investeringen die volgt uit de optimale strategie, afhankelijk is van de hoogte van de risico-opslag voor de discontovoet van de schade. Eerder is al opgemerkt dat er nog onzekerheid bestaat over de noodzaak om een risico-opslag te hanteren. Op dit moment lijkt het, mede op grond van de resultaten van een aantal berekeningen in Bijlage G, het meest voor de hand te liggen om voor de eerste investering wel met een risico-opslag op de baten te rekenen, maar voor alle vervolginvesteringen niet. De reden daarvan is dat voor latere investeringen op kortere termijn geen feitelijke besluiten nodig zijn. Op grond daarvan ramen we een eenmalige investeringsimpuls met een omvang van 2 miljard euro voor een normaanpassing van een aantal dijkringen in de periode zeg 2015-

2020 en een gemiddeld jaarlijks bedrag van 50 miljoen daarna om ook voor andere dijkringen de norm aan te passen naar een economisch efficiënt niveau.²⁵ Voor de periode 2015-2050 betreft het een totaal bedrag van circa 3,5 miljard euro. Deze bedragen hangen dus alleen samen met normaanpassing om toegenomen schade te compenseren en niet met aanpassing van de keringen om de gevolgen van klimaatverandering te compenseren.

Figuur 16

Optimaal eerste jaar van investeren per dijkkring of deel daarvan in het basisscenario, waarbij er vanuit gegaan is dat het systeem in 2015 precies aan de norm voldoet (zie ook Bijlage F).



In het geraamde bedrag is geen rekening gehouden met al bestaande oversterkte of overhoogte in de uitgangssituatie. Anderzijds zijn er geen kosten voor categorie B- en C-keringen opgenomen en ook geen kosten voor het eventueel versterken van de zandige kust. We veronderstellen hier dat deze posten tegen elkaar wegvallen.

²⁵ In de situatie waarin alle dijkringen precies een optimaal veiligheidsniveau hebben, schatten wij dit bedrag op ongeveer het dubbele. De redenering is dan als volgt. De kosten voor een verhoging met 1 decimeringshoogte (10 keer kleinere kans, gemiddeld circa 60 cm dijkverhoging) bedragen een kleine 10 miljard euro (zie de tabel in bijlage B onderaan: 50 cm kost een kleine 8 miljard euro en 75 cm ruim 10 miljard). Een decimeringshoogte lijkt ook een redelijk optimale investeringsomvang te zijn. Bij een economisch groeiscenario van 2% per jaar vertienvoudigt iedere 115 jaar de schade. De gemiddelde kosten zijn dan 10 miljard in 115 jaar, ofwel 87 miljoen euro per jaar. Nota bene: wanneer klimaatverandering wordt meegerekend, dan zal vaker dan 1 keer per 115 jaar geïnvesteerd worden. Deze kosten hangen echter niet samen met een efficiënte normstelling.

De hier berekende investeringskosten zijn inclusief beheer en onderhoud (voor bestaande dijken 0,2% per jaar) en exclusief btw. Contant gemaakt bedraagt dit circa 8% van de totale kosten. Het prijspeil van de ramingen is 2004; een omrekening naar prijspeil 2008 vergt eveneens een toeslag van ongeveer 8%. Concluderend zijn de kosten te beschouwen als de investeringskosten prijspeil 2008. We merken op dat het hier gaat om de kosten van dijkversterkingen. Bij toepassing van rivierverruiming kunnen deze kosten fors hoger uitvallen. Daar staan dan echter andere baten tegenover, bijvoorbeeld voor ruimtelijke kwaliteit.

In Bijlage J hebben we het geraamde bedrag ook in een bredere context van investeringen in waterveiligheid gezet. In Bijlage I gaan we in op de verschillen van deze raming met die gemaakt door de Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen.

6.2.2. Bandbreedte

Het eerder genoemde bedrag is gebaseerd op een zo goed mogelijke inschatting van de kansen, kosten en de waardering van schade volgens het basisscenario. De bandbreedte van de geraamde optimale investeringen is echter aanzienlijk. Twee van de varianten zijn vooral bepalend voor de bandbreedte: de varianten waarin de initiële overstromingskans 3 maal hoger of lager is dan in het basisscenario (varianten 7 en 8). Dit vertaalt zich direct door in de ramingen van de investeringskosten en daarmee in de hoogte van de optimale overschrijdingskans (zie Tabel 4). Bij variant 7 (3 keer kleinere kansen) bedraagt het totale investeringsbedrag tot 2050 voor normaanpassing circa 1,7 miljard euro (impuls van 0,1 miljard euro en jaarlijks bedrag van ruim 50 miljoen euro). Bij variant 8 (3 keer grotere kansen) bedraagt het optimale impulsbedrag circa 5 tot 6 miljard euro en het jaarlijkse bedrag 40 tot 50 miljoen euro; de totale investeringen voor normaanpassing tot 2050 bedragen in die variant 6 tot 7 miljard euro.

We concluderen dat de bandbreedte van het eerder genoemde optimale investeringsbedrag (m.n. voor de impuls) plus of min 100% is. Deze bandbreedte hangt samen met verschillende onzekerheden. Belangrijk zijn ook de bestaande kennisonzekerheden over de sterkte en belastingen van waterkeringen onder extreme condities, die zonder veel aanvullend onderzoek niet snel te reduceren zijn. De beleidsmakers en besluitvormers lijken hier dus mede aan zet om een verstandige vorm te vinden voor het omgaan met deze onzekerheden.

In de versie van het rekenmodel OptimaliseRing die voor de KBA WV21 in 2010 zal worden gebruikt, wordt meer aandacht geschonken aan onzekerheid. Zo wordt een uitbreiding van het model voorzien waarin de "maximale spijt" wordt geminimaliseerd. Hiervoor wordt een aantal scenario's met verschillende waarden voor onder meer de overstromingskans, het tempo van klimaatsverandering en economische groei gedefinieerd. Voor elk scenario wordt de optimale oplossing berekend. Vervolgens wordt gezocht naar een oplossing die het verschil met de ideale oplossingen van de verschillende scenario's zo klein mogelijk maakt. In de literatuur staat deze aanpak bekend als

de 'minmax regret': het zoeken naar een oplossing die de maximale spijt over alle mogelijke scenario's minimaliseert.

6.2.3. Gevoeligheidsanalyse ten aanzien van maatregelen in de ruimtelijke ordening

Eerder hebben we geconcludeerd dat gevolgbeperkende maatregelen (anders en elders bouwen) niet leiden tot een ander optimaal veiligheidsniveau voor de korte termijn. Maar als alle nieuwbouw in de toekomst watervrij gebouwd wordt, zijn minder investeringen nodig om de toename van de schade te compenseren. Uit berekeningen in Bijlage G is globaal af te leiden hoeveel we in dat geval kunnen besparen op de kosten van preventieve maatregelen.

Het WLO-scenario TM voorziet tussen 2002 en 2040 in 1,5 miljoen nieuwbouwwoningen, exclusief sloop (MNP, CPB en RPB, 2006). Als we veronderstellen dat hiervan ongeveer twee derde in overstroombare gebieden wordt gebouwd, dan betekent dit een jaarlijkse toename van iets meer dan 25 duizend woningen in het overstroombare deel van Nederland. Volgens het MNP (2007) is de toename van de schade in het scenario TM met 25% te beperken door alle woningen hoogwatervrij te bouwen. De schade neemt dan toe met circa 1,5% in plaats van 1,9%. Hierdoor daalt het investeringsbedrag in de optimale strategie tussen 2015 en 2050 met circa 400 miljoen euro; op jaarbasis is dat ruim 10 miljoen euro (Bijlage G).²⁶ Per nieuwbouwwoning komt dat overeen met circa 430 euro. Met andere woorden, voor elke nieuwbouwwoning die zo gebouwd wordt dat dit niet leidt tot een toename van het schadepotentieel zou een bedrag van 430 euro in preventieve maatregelen bespaard kunnen worden. Dat is een gering bedrag; onderzocht zou moeten worden hoe dit zich verhoudt tot de extra kosten van hoogwatervrij bouwen.

²⁶ Een andere manier van berekenen volgt de redenering van voetnoot 25. Met 1,5% duurt het 155 jaar voordat de schade is vertienvoudigd. De kosten bedragen dan 10 miljard euro in 155 jaar, ofwel 65 miljoen euro per jaar. Dat is 22 miljoen euro minder dan de 87 miljoen euro berekend in de voorgaande voetnoot. Per woning komt dat neer op een kleine duizend euro.

7. Traject naar de KBA WV21

7.1 Over dit hoofdstuk

In dit laatste hoofdstuk schetsen we het traject naar de volwaardige KBA WV21 die gepland staat voor het jaar 2010. We geven daarbij aan wat de belangrijkste verbeterpunten zijn voor de analyse, om tot een definitieve uitspraak over optimale veiligheidsniveaus van dijkringen in Nederland en de bijbehorende kosten te kunnen komen. We gaan daarbij in op uitgangspunten en scope, kennisonzekerheden en inherente onzekerheden.

7.2 Uitgangspunten en scope

Een aantal uitgangspunten die we in de KKBA gehanteerd hebben, moeten voor de KBA in 2010 bekrachtigd worden:

- de zienswijze op optimale veiligheidsniveaus als de resultante van een optimale investeringsstrategie voor de lange termijn (zie paragraaf 2.2 en 2.3);
- het begrip middenkans als centrale indicator voor de hoogte van de veiligheidsnorm (paragraaf 2.4);
- het vertrekpunt van de analyse, de daaraan gerelateerde behandeling van overhoogte en de flexibiliteit in normstelling (paragraaf 2.5);
- de indeling van dijkringen in dijkringdelen (paragraaf 3.2; kaart in bijlage B);
- het uitgangspunt om de hydraulische ontlasting die een dijkdoorbraak benedenstrooms teweegbrengt niet in de berekeningen mee te nemen (positieve systeemwerking, paragraaf 3.6).
- het al dan niet hanteren van een risicopremie op de schade en de daaraan gekoppelde discussie over het collectief dragen van de financieel-economische schade (paragraaf 4.6).

In de KBA WV21 krijgen de maatregelen compartimenteringsdijken en 'onbezwijkbare' dijken een volwaardige rol.

7.3 Kennisonzekerheden

Kennisonzekerheden zijn door aanvullend onderzoek te verkleinen, maar over het algemeen niet weg te nemen. Aanvullend onderzoek naar de volgende onderwerpen lijkt in ieder geval gewenst:

- basisinformatie over overstromingskansen, schade en slachtoffers (inclusief cascade-effecten) en investeringskosten;

-
- een meer diepgaande (scenario-) analyse van de omvang van de economische effecten (bedrijfsuitval en indirecte effecten);
 - de waardering van immateriële schade;²⁷
 - een consistent denkmodel over het omgaan met onzekerheden in economische ontwikkelingen en klimaatsveranderingen (scenario's) in samenhang met een mogelijke een opslag op de discontovoet vanwege macro-economische onzekerheden;
 - een verbeterd optimalisatiemodel inclusief een verbeterde formulering van de optimale norm in het model met meerdere trajecten.²⁸

7.4 Inherente onzekerheden

De KBA WV21 zal moeten omgaan met een aantal inherente onzekerheden, ook als deze door nader onderzoek kleiner worden. Denk daarbij aan de tempo van de economische groei en klimaatsverandering. Een mogelijke manier om hier mee om te gaan is de eerder genoemde aanpak van "*minmax regret*", om de maximale spijt van een bepaalde keuze te minimaliseren (zie paragraaf 6.2.2). Maar ook de hoogte van de overstromingsschade (inclusief economische effecten en risicopremies) zal een grote onzekerheidsmarge blijven houden. Beleidsmakers zullen hiermee om moeten gaan bij de keuze van de gewenste veiligheidsniveaus.

²⁷ Onderzoek loopt reeds aan de Vrije Universiteit van Amsterdam

²⁸ Onderzoek loopt reeds aan de Universiteit van Tilburg.

Referenties

Referenties in het kader van WV21:

1. 4Cast, 2006a. Quick-scan mobiliteitseffecten van een dijkdoorbraak in dijkkring 14, LMS analyses. In opdracht van RWS/RIZA.
2. 4Cast, 2006b. Quick-scan mobiliteitseffecten van een dijkdoorbraak in dijkkring 36, LMS analyses. In opdracht van RWS/RIZA.
3. Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2006. Economische waardering van mobiliteitseffecten van een dijkdoorbraak. Quick-scan voor dijkkring 36, Land van Heusden/de Maaskant.
4. Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2007. Economische waardering van mobiliteitseffecten van een duindoorkraak. Quick-scan voor dijkkring 14, Centraal Holland.
5. Cappendijk, P., 2008. Schadegetallen OptimaliseRing en Blokkendoos (WV21). Memo 29 februari 2008.
6. Duits, M.T., 2007a. OptimaliseRing: Gebruikershandleiding van een numeriek rekenmodel voor de economische optimalisatie van veiligheidsniveaus van dijkringen. Versie 1.1
7. Duits, M.T., 2007b. OptimaliseRing: Technische Documentatie van een numeriek rekenmodel voor de economische optimalisatie van veiligheidsniveaus van dijkringen. Versie 1.1
8. Duits, M.T., 2007c. OptimaliseRing Testrapport.
9. Eijgenraam, C.J.J., 2008. Toetsnorm voor waterveiligheid op basis van kosten-batenanalyse. CPB Memorandum 195. 19 maart 2008.
10. Gauderis, J., 2006a. Economische waardering van (dodelijke) slachtoffers van overstromingen/ Achtergrondnotitie ten behoeve van de 3e themabijeenkomst "Kosten-batenanalyse en hoogwaterbescherming", in het kader van Waterveiligheid 21^e Eeuw. Een verkenning van gegevens en methoden. RIZA-werkdocument 2006.075X.
11. Gauderis, J., 2006b. WV21-Hoe omgaan met risicooversie? Interne nota RIZA-RWS
12. Gauderis, J., 2007. WV21-Imagoschade. Interne nota RIZA-RWS
13. Gauderis, J., 2007. Indirecte effecten overstromingen in het kader van HIS-SSM en de KBA WV21. Discussienotitie. In opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst.
14. Hertog, D., den en K. Roos, 2008. Computing safe dike heights at minimal costs.
15. Kind, J.M., 2007. Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21^e Eeuw. Plan van Aanpak. Versie 17 oktober 2007.
16. Ramwadh, A., 2007. Discussiestuk: waarden van overstromingsrisico's. 21 december 2007.
17. Velzen, E. van, 2008 (concept). Basisinformatie voor de Kentallen Kosten Baten Analyse van WV21. Deltares rapport.

Overige referenties

18. Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen, 2006. Tussensprint naar 2015. Advies over de financiering van de primaire waterkeringen voor de

-
- bescherming van Nederland tegen overstroming. Advies op verzoek van: de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat en de Voorzitter van de Unie van Waterschappen.
19. Alterra, 2003. Standaardmethode Schade aan LNC-waarden als gevolg van overstromingen. Methode voor het bepalen van de gevolgen van overstromingen voor de aspecten opgaande begroeiing, vegetatie, aquatische ecosystemen en historische bouwkunde. Alterra rapport 709. Wageningen.
 20. Botzen, W.J.W., et al 2006. Bounded Rationality, Climate Risks and Insurance: Is There a Market for Natural Disasters? .IVM Working Paper 06/08.
 21. Brookings Institution, 2008. The New Orleans Index. January 15, 2008.
 22. Brouwer, R, en D. Pearce, 2005. Cost-Benefit Analysis and Water Resources Management.
 23. Chang, Stephanie E., 2000. Transportation Performance, Disaster Vulnerability, and Long-Term Effects of Earthquakes. Paper for Second EuroConference on Global Change and Catastrophe Risk Management, Laxenburg, Austria, July 6-9, 2000.
 24. Commissie Rivierdijken, 1977. Rapport Commissie Rivierdijken.
 25. Commissie Toetsing Uitgangspunten Rivierdijkversterking, 1993. Toetsing Uitgangspunten Rivierdijkversterking. Advies van de Commissie.
 26. CPB, 2004. Vier vergezichten op Nederland.
 27. CPB, 2005. Urgentie van acties omtrent veiligheid tegen overstromen. CPB Notitie 2005/25 gericht aan Tweede Kamer, Vaste Commissie voor Verkeer en Waterstaat. 30 juni 2005.
 28. Dantzig, D van, 1956. Economic decision problems for flood prevention. *Econometrica*, 24:376–287, 1956.
 29. Dantzig, D. van en J. Kriens, 1960. Het economische beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloed. in Deel 3, Bijlage JI.2 van het Rapport van de Deltacommissie.
 30. Deltacommissie 1960. Eindverslag en Interimadviezen. Rapport van de Deltacommissie deel 1.
 31. DWW, 2001. Standaardmethode Schade en Slachtoffers als gevolg van een overstroming. DWW-2001-028
 32. DWW, 2003. Schade na een grootschalige overstroming. DWW-2003-056
 33. DWW, 2005a. Veiligheid Nederland in Kaart. Globale schadeberekening. Achtergronddocument. De benadering van de schade na een grootschalige overstroming met behulp van een globale methode. Rapport DWW-2006-008 van september 2005. DWW, Delft.
 34. DWW, 2005b. Veiligheid Nederland in Kaart. Tussenstand onderzoek overstromingsrisico's. Rapport DWW-2005-074 van november 2005. DWW, Delft.
 35. Ebregt, J., C. Eijgenraam en H. Stolwijk, 2005. Kosteneffectiviteit van maatregelen en pakketten: Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier, deel 2. CPB Document 83
 36. Eijgenraam, C.J.J., et al, 2000. Evaluatie van infrastructuurprojecten. Leidraad voor kosten-batenanalyse
 37. Eijgenraam, C.J.J. , 2005. Veiligheid tegen overstromen, Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier deel. CPB document 82.
 38. Eijgenraam, C.J.J. , 2005b. Risico-opslag op de disconteringsvoet: de goede oplossing voor het verkeerde probleem. CPB Memorandum nr. S5/2005/?. 5 oktober 2005.
 39. Eijgenraam, C.J.J., 2006. Optimal safety standards for dike-ring areas. CPB discussion paper No. 62.
 40. Eijgenraam, C.J.J., 2008. Toetsnorm voor waterveiligheid op basis van kosten-batenanalyse. CPB Memorandum 195. 19 maart 2008.

-
41. HKV Lijn in Water, 2008. Schade per dijkkringdeel per EDO. Memorandum PR1410.10 van 11 januari 2008.
 42. IPET, 2007. Performance Evaluation of New Orleans and Southeast Louisiana Hurricane Protection System. Final Report of the Interagency Performance Evaluation Task Force. Volume VII – The Consequences. Final. 26 March 2007. US Army Corps of Engineers.
 43. Kates, R.W., C.E. Colten, S. Laska en S.P. Leatherman, 2006. Reconstruction of New Orleans after Hurricane Katrina: a research perspective. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 2006, vol. 103, p. 14653-14660.
 44. Kind, J., 2004. Veiligheidsnormen en het perspectief van houdbaarheid. RIZA werkdocument 2004.084x
 45. Kind, J., 2005. Rampenbeheersingsstrategie. Overstromingen Rijn en Maas. Achtergrondrapportage Kosten-batenanalyse. RIZA rapport 2005.025. RIZA, Lelystad.
 46. Klijn, F., H. van der Klis, J. Stijnen, K. de Bruijn & M. Kok (2004). Overstromingsrisico dijkringen in Nederland. Betooglijn en deskundigenoordeel. Rapport WL I Delft Hydraulics & HKV LIJN IN WATER Q3503.10, april 2004. Uitgevoerd in het kader van de RIVM Beleidsevaluatie "Risico's in bedijkte termen".
 47. Kok, M. 2008. Historie van toets- en ontwerpnormen; HKV memorandum PR 1321.30; jan.2008.
 48. Kok, M et al, 2006. Schade door overstroming: Ervaring uit New Orleans.
 49. Kolen, B. en C.A.H. Wouters, 2007. Als het tóch misgaat: Overstromingsscenario's voor rampenplannen. Betooglijn. HKV_lijn in water, Rapport PR1213.0. In Opdracht van Rijkswaterstaat/RIZA.
 50. Lammersen, R. 2004 Grensoverschrijdende effecten van extreem hoogwater op de Niederrhein. In opdracht van de Duits-Nederlandse Werkgroep Hoogwater, 2004.
 51. Langemheen van de, H, R.M. Lammersen en R. van de Veen. 2006. Gevoeligheid van de Rijnafvoer voor maatregelen in het stroomgebied en de betekenis voor RBSO. RWS RIZA-memorandum WRR 2006-002, Arnhem, 2006.
 52. Mierlo, T. van, 2005. Reductie overstromingsschade door systeemwerking (veiligheidsdiscussie).
 53. MNP, CPB en RPB., 2006. Welvaart en leefomgeving, een scenariostudie voor Nederland in 2040
 54. Milieu en Natuur Planbureau, 2007. Nederland Later. Tweede Duurzaamheidsverkenning deel Fysieke leefomgeving Nederland.
 55. Minister van Verkeer en Waterstaat, 1956. Brief 'Hoogte banddijken lang de grote rivieren' gericht aan het College van Gedeputeerde Staten van de Provincie Gelderland (no 63231).
 56. Ministerie van V&W en Ministerie van BZK, 2003. Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas. Reactie op het advies van de Commissie Noodoverloopgebieden.
 57. Ministerie van V&W en Ministerie van EZ, 2004. Risicowaardering. Aanvulling op de Leidraad OEI.
 58. Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van BZK, 2006. Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas. Syntheserapport Onderzoeksprogramma.
 59. Morselt, T., et al, 2006. Review Standaardmethode Schade en Slachtoffers. In opdracht van RWS/DWW.
 60. Morselt, T., et al, 2007. Estimating cost functions for evacuation, emergency services and cleanup in case of floods. In opdracht van RWS/DWW.

-
61. OECS, 2005. Grenada: Macro-Socio-Economic Assessment of the Damage caused by Hurricane Emily July 14th, 2005. Organisation of Eastern Caribbean States.
 62. Penning-Rosewell, E., et al, 2005. The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Handbook of Assessment Techniques.
 63. Rebelgroup Advisory, 2007. Estimating cost functions for evacuation, emergency services and cleanup in case of floods. In opdracht van RWS/DWW.
 64. RIVM/MNP, 2004. Risico's in bedijkte termen, een thematische evaluatie van het Nederlandse veiligheidsbeleid tegen overstromen. RIVM rapport 500799002.
 65. RMS 2005. 1995 Kobe Earthquake 10-year Retrospective. Risk Management Solutions.
 66. Royal Haskoning, 2007a. Doorontwikkeling HIS SSM. Definitiestudie naar kosten herstel waterkeringen en opname in HIS SSM. In opdracht van RWS/DWW.
 67. Royal Haskoning, 2007b. Doorontwikkeling HIS SSM. Kosten van evacuatie, hulpverlening en schoonmaak. In opdracht van RWS/DWW.
 68. Royal Haskoning, 2007c. Doorontwikkeling HIS SSM. Definitiestudie Landschap, Natuur en Milieu, Cultuurhistorische waarden. In opdracht van RWS/DWW.
 69. Royal Haskoning, 2007d. Doorontwikkeling HIS SSM. Opnieuw afleiden van schadebedragen. In opdracht van RWS/DWW.
 70. Ruijgrok, E.C.M., 2006. Kentallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap. Hulpmiddel bij MKBA's. Eerste editie. In opdracht van Ministerie van LNV.
 71. Silva, W. et al., 2005. Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas. Achtergrondrapportage Veiligheid en Rivierkunde. RIZA Rapport 2005.024.
 72. Slomp, R. en J.M. Kind, 2007. Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas. Uitwerking Optie Aa en Maas. RIZA Rapport 2006.012
 73. Sprong, T., 2008. Aandacht voor Veiligheid. Achtergronddocument case Business as Usual. Kostenschattingen. Met bijdrage van J. Kind.
 74. Stijnen, Jan, e.a., 2006. Vergelijking Leidraad Waterkeringen. HKV Rapport PR 1176.10 december 2006.
 75. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 1996. Wet op de waterkering.
 76. Technische Adviescommissie voor de Waterkering, 1985. Enkele gedachten aangaande een aanvaardbaar risiconiveau in Nederland.
 77. Vrijling, J.K, W. van Hengel, and R.J. Houben, 1998. Acceptable risk as a basis for design, Reliability Engineering and System Safety, 59:141-150.
 78. Wesemann, P., A.T. de Blaeij, en P. Rietveld, 2005. De waardering van bespaarde verkeersdoden Governota bij het proefschrift 'The value of a statistical life in road safety'. Rapport nr. R-2005-4. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
 79. WL Delft Hydraulics, 2006. Differentiatie in bescherming tegen overstromingen. Discussiestuk voor 'Waterveiligheid 21e eeuw'. Rapport Q4044/Q4143 van maart 2006 in opdracht van DWW. WL, Delft.
 80. WL Delft Hydraulics, 2007. Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat. Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor het project Nederland Later. In opdracht van MNP.
 81. WLIDelft Hydraulics, 2002. Werkzaamheden aan het Rijnsysteem ten behoeve van de Commissie Noodoverloopgebieden.
 82. WLIDelft Hydraulics, HVK_lijn in water, 2004. Overstromingen dijkringen in Nederland. Opdrachtgever RIVM.

Bijlage A Belangrijkste aannames en uitgangspunten

Vertrekpunt:

1. Het vertrekpunt voor de KKBA is de situatie 2015: het systeem is precies op orde. De PKB Ruimte voor de Rivier, Maaswerken, Zwakke Schakels, HWBP zijn of worden uitgevoerd.
2. Er wordt vanuit gegaan dat het systeem precies op orde is; er wordt geen rekening gehouden met overhoogte en oversterkte.
3. We gaan er vanuit dat het huidige suppletiebeleid aan de kust met als doel het in stand houden van de basiskustlijn leidt tot verwaarloosbaar kleine kansen op een duindoorbraak. De kansen en kosten van duinen nemen we niet mee in de berekeningen. Kosten van de 'harde' zeeweringen zijn wel meegenomen.
4. B- en C-keringen zijn niet meegenomen in de KKBA.

Kansen (zie Van Velzen, 2008):

5. De kansen worden bepaald voor ontwerpdijken volgens de vigerende leidraden.
6. Maatgevende faalmechanismen zijn golfoverslag en opbarsten (door piping).
7. Bij een waterstand van 0,5 m boven maatgevende waterstand faalt de dijk door opbarsten.
8. Bij een (kritiek) golfoverslagdebiet van 5 l/s/m faalt de dijk door golfoverslag.
9. Het (zwakste) traject met de grootste overstromingskans bepaalt de kans van het dijkringdeel of de dijkring. Deze vertaalslag van traject naar dijkring(deel) is met nogal wat onzekerheden omgeven. Daarom wordt, als veiligheidsmarge, de resulterende overstromingskans met een factor 1,5 vermenigvuldigd.
10. Voor de omrekening van overstromingskans naar overschrijdingskansen wordt verwezen naar bijlage E.
11. Extreme afvoeren van de Rijn bij Lobith kunnen door overstromingen in Duitsland worden afgetopt. In de situatie 2015 zijn twee varianten in beschouwing genomen: een (basis) variant met een aftopniveau van 16500 m³/s en een variant zonder aftopniveau. De maatgevende afvoer is in beide varianten 16.000 m³/s.

-
12. Zowel de maatgevende afvoer (door klimaatverandering) als het aftopniveau (door maatregelen in Duitsland) kunnen vervolgens toenemen in de tijd. Hiervoor is een aantal scenario's beschreven in Van Velzen 2008. In de basisberekeningen is uitgegaan van het G+ KNMI-scenario met een gemiddeld aftopniveau. In 2100 corresponderen hiermee een maatgevende afvoer van (afgerond) 18.000 m³/s en een aftopniveau van (afgerond) 17.400 m³/s.
 13. Voor de Maas is het aftoppen van afvoergolven niet in beschouwing genomen.

Kosten:

14. De kosten zijn ontleend aan Sprong 2008. Een belangrijke basis hiervoor zijn PRI-conforme kostenramingen van Arcadis.
15. Enkel de kosten van dijkversterking zijn meegenomen in de KKBA: de dijk blijft bij verhoging op orde, dus ook de kosten voor stabiliteit, opbarsten, .. worden in rekening gebracht. De kosten van (kleine) kunstwerken zijn in de kosten van dijkversterking verwerkt.
16. Voor beheer en onderhoud is er een percentage van 0,2% per jaar gehanteerd.
17. Kosten zijn prijspeil 2003/2004 en exclusief BTW en grondaankoop.

Schade en slachtoffers:

18. De schades en slachtoffers voor 2015 zijn gebaseerd op schade uit WL 2007 ("Nederland Later") en zijn prijspeil 2004.
19. In de basisvariant is de schade vermenigvuldigd met een factor 1,5 om rekening te houden met posten die niet in de huidige HIS SSM zitten.
20. In de basisvariant is gerekend met een groei van de schade van 1,9% per jaar (het TM-scenario uit de WLO).
21. Het verlies van een mensenleven is gewaardeerd tegen 2,2 miljoen euro. Per inwoner/getroffene is een bedrag van 5000 euro opgenomen.
22. In de waardering van schade is in het basisscenario geen rekening gehouden met risico-aversie.

Overige:

23. Er is vanuit gegaan dat de norm in 2016 wordt ingevoerd en na elke 10 jaar wordt herijkt of herzien.
24. Voor de kosten is een risicovrije discontovoet van 2,5% per jaar gehanteerd. Voor de schade is een extra opslag van 1,5% per jaar in de basisvariant gehanteerd.

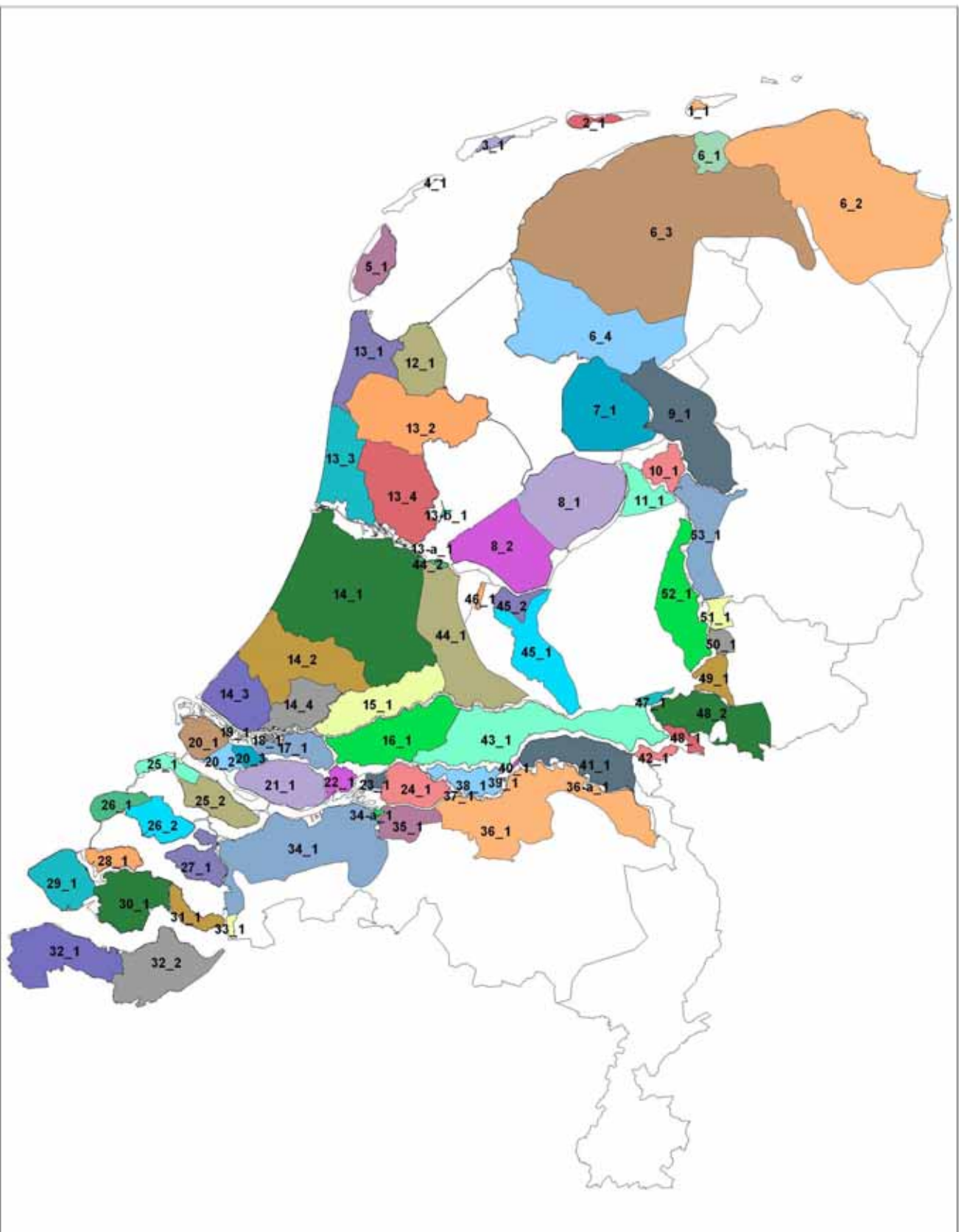
Bijlage B Samenvatting van de invoergegevens

In deze bijlage wordt een samenvatting van de basisgegevens zoals die voor het basisscenario zijn gebruikt, gepresenteerd. Deze Bijlage heeft in feite dus slechts een deel van alle ontvangen gegevens.

In de berekeningen zijn basisgegevens op het niveau van trajecten gebruikt. Dit zijn er in totaal ongeveer 170. Een dijkkring of dijkkringdeel bestaat uit minimaal 1 en maximaal 10 trajecten. In de tabel zijn de gegevens van de trajecten samengevoegd naar het niveau van dijkringen of de dijkkringdelen.

In de achtergrondrapporten en in de database van OptimaliseRing kunnen de gedetailleerde basisgegevens per traject en per scenario, zoals die ook gebruikt zijn in de berekeningen, worden teruggevonden.

Voor een aantal kleine dijkringen is geen volledige dataset beschikbaar.



Dijkringdeelgebieden

opmaak DELTARES, 10 mrt 2008

Dijkkring	Deel	Schade 2015	Inwoners	Aantal slacht- offers	Norm	Over- stro- mings- kans in 2015	Gem. deci- merings- hoogte over- schrij- dings- kans cm	Gem. deci- merings- hoogte over- stro- mings- kans cm	Aantal kilometer dijk	Kosten verhoging 25 cm miljoen euro	Kosten verhoging 50 cm miljoen euro	Kosten verhoging 75 cm miljoen euro	Kosten verhoging 100 cm miljoen euro
1	1	111	1.020	1	1/2000	1/7978	70	66	4	12	14	16	17
2	1	353	3.555	2	1/2000	1/10112	63	59	17	50	58	66	74
3	1	247	1.895	2	1/2000	1/13176	54	51	14	42	49	55	62
4	1	25	584	0	1/2000	1/14029	54	51	1	4	5	5	6
5	1	3.216	14.356	16	1/4000	1/19640	63	59	26	80	92	104	117
6	1	9	10.765	2	1/4000	1/28844	95	88	12	35	41	46	52
6	2	342	430.590	74	1/4000	1/18143	92	86	85	258	298	338	378
6	3	428	538.238	93	1/4000	1/55421	75	70	72	220	254	288	322
6	4	77	96.883	17	1/4000	1/8442	49	43	62	105	136	168	202
7	1	2.840	60.093	42	1/4000	1/6272	63	56	56	55	78	101	125
8	1	3.667	81.367	58	1/4000	1/5776	88	74	40	86	103	121	139
8	2	7.335	162.734	117	1/4000	1/9526	64	53	55	116	140	163	188
9	1	3.839	88.932	12	1/1250								
10	1	2.066	32.343	5	1/2000	1/2369	74	71	48	96	134	173	216
11	1	1.626	47.081	7	1/2000	1/2589	80	74	30	79	116	156	199
12	1	5.477	20.658	20	1/4000	1/23932	75	67	32	53	67	80	93
13	1	966	202.130	33	1/10000	1/40509	115	106	26	80	92	105	117
13	2	1.450	303.196	49	1/10000	1/77965	62	51	26	54	70	88	107
13	3	1.208	252.663	41	1/10000								
13	4	1.208	252.663	41	1/10000	1/56370	39	33	40	81	107	133	161
14	1	8.564	1.200.842	191	1/10000	1/10000	87	87	4	38	62	85	108
14	2	8.564	1.200.842	191	1/10000	1/40745	285	258	5	39	63	87	110
14	3	8.564	1.200.842	191	1/10000	1/10042	120	109	21	101	134	172	213
14	4	8.564	1.200.842	191	1/10000	1/10042	41	37	20	98	134	175	220
15	1	7.282	198.268	123	1/2000	1/2007	53	50	46	160	257	369	500
16	1	27.984	213.572	117	1/2000	1/2007	62	58	79	430	703	998	1317
17	1	12.970	360.745	250	1/4000	1/4016	43	39	62	334	509	699	903
18	1	580	4.438	3	1/10000	1/10042	36	33	5	29	43	58	75
19	1	1.729	14.027	10	1/10000	1/13311	83	76	8	44	67	92	119
20	1	2.975	38.856	45	1/4000	1/5234	82	76	25	61	77	93	110
20	2	5.950	77.712	90	1/4000	1/5234	78	72	16	30	44	58	74
20	3	8.925	116.568	134	1/4000	1/5234	66	62	11	37	52	68	86
21	1	4.599	83.390	45	1/2000	1/2007	61	56	69	125	185	250	323
22	1	12.084	105.835	79	1/2000	1/2007	59	55	37	189	257	333	417
23	1		306	0	1/2000								
24	1	3.218	51.350	30	1/2000	1/2275	90	83	46	87	126	170	218
25	1	741	11.641	14	1/4000	1/8593	114	104	10	22	30	39	48
25	2	2.225	34.922	41	1/4000	1/8593	69	63	18	34	50	67	86
26	1	1.022	8.402	10	1/4000	1/42080	51	40	8	25	29	33	37
26	2	3.068	25.207	31	1/4000	1/36204	42	34	34	104	120	136	152
27	1	2.538	23.028	10	1/4000	1/22101	36	30	51	156	180	205	229
28	1	514	6.434	7	1/4000	1/33546	54	44	24	72	84	95	106
29	1	10.737	113.357	126	1/4000	1/15606	96	88	24	73	84	96	107
30	1	7.615	70.584	93	1/4000	1/7263	78	73	61	187	216	245	275
31	1	3.899	18.850	22	1/4000	1/7183	72	68	44	134	155	175	197
32	1	618	54.680	11	1/4000	1/9428	111	104	34	103	118	134	150
32	2	618	54.680	11	1/4000	1/7620	95	90	45	136	156	177	199
34	1	8.302	384.696	100	1/2000	1/2844	80	73	40	74	109	147	189
35	1	4.777	97.264	50	1/2000	1/3300	87	80	14	51	77	105	134
36	1	4.639	358.727	33	1/1250	1/1482	79	79	105	167	259	368	496

Dijkring Deel	Schade 2015	Inwoners	Aantal slacht- offers	Norm	Over- stro- mings- kans in 2015	Gem. deci- merings- hoogte over- schrij- dings- kans cm	Gem. deci- merings- hoogte over- stro- mings- kans cm	Aantal kilometer dijk	Kosten verhoging 25 cm miljoen euro	Kosten verhoging 50 cm miljoen euro	Kosten verhoging 75 cm miljoen euro	Kosten verhoging 100 cm miljoen euro	
37	1		30	0	1/1250		79	79					
38	1	3.909	45.642	15	1/1250	1/1482	79	66	45	73	95	120	148
39	1	50	456	0	1/1250		84	84					
40	1	56	1.104	0	1/500	1/1423	84	84	12	14	19	24	29
41	1	7.647	250.846	64	1/1250	1/1423	80	64	86	164	234	309	390
42	1	1.433	14.176	4	1/1250	1/3602	89	30	17	26	37	49	62
43	1	15.834	230.287	66	1/1250	1/3637	73	27	166	402	611	831	1062
44	1	7.361	650.155	78	1/1250	1/5152	60	24	27	39	65	94	124
44	2	74	6.502	1	1/1250	1/7189	51	42	16	32	42	52	63
45	1	7.427	286.621	137	1/1250	1/4070	66	25	5	7	11	15	20
45	2	371	14.331	7	1/1250	1/2823	62	56	17	35	46	58	70
46	1	225	8.547	8	1/1250	1/2823	60	55	9	17	23	29	35
47	1	948	76.982	6	1/1250	1/4271	52	24	15	13	20	28	37
48	1	5.788	169.643	38	1/1250	1/3602	82	28	12	20	33	48	63
48	2	3.216	94.246	21	1/1250	1/3940	56	25	30	42	72	108	151
49	1	520	19.610	2	1/1250	1/3910	75	28	34	39	64	91	121
50	1	2.230	42.416	5	1/1250	1/3805	80	30	10	24	42	62	83
51	1	440	10.739	1	1/1250	1/3805	80	30	10	12	21	30	40
52	1	2.973	110.802	10	1/1250	1/3805	80	30	60	91	144	201	263
53	1	7.057	205.577	24	1/1250	1/3805	80	30	40	96	139	185	233
Totaal		277.914	12.171.365	3.368					2222	5795	7949	10267	12765
Gemiddelde		4.087	173.877	48			75	62	34	89	122	158	196
Gem. per km		125	5.479	1,5						2,6	3,6	4,6	5,7

Bijlage C Voorbeeld uitwerking vertrekpunt hoofdstuk 2

In hoofdstuk 2 zijn er een drietal mogelijke vertrekpunten voor de KKBA geformuleerd. Dit hoofdstuk geeft een nadere toelichting met betrekking tot het 2^e en 3^e vertrekpunt.

Hieronder werken we een voorbeeld uit met drie vrijwel identieke, fictieve dijkringen. In alle drie dijkringen is de schade bij overstromen 2 miljard euro. De rivierdijken zijn 100 km lang.

Dijkring 1 heeft een overstromingskans van 1/1250 per jaar. Van de 100 kilometer dijk is onlangs 90 kilometer versterkt (overstromingskans aanmerkelijk kleiner dan 1/1250 per jaar). De overige 10 kilometer is niet versterkt, deze bepaalt de overstromingskans van 1/1250 per jaar. De kosten per km om het traject van 10 km met 50 cm op te hogen en daarmee de dijkring een factor 10 veiliger te maken, zijn 2 miljoen euro. De totale kosten voor een vertienvoudiging van de veiligheid zijn 20 miljoen euro.

Dijkring 2 lijkt erg op dijkring 1. Ook deze dijkring heeft een overstromingskans van 1/1250 per jaar. Ook deze dijkring heeft 100 kilometer dijk, maar daar zijn geen recente versterkingen geweest: alle dijkvakken zijn even sterk. De kosten per km om de dijk met 50 cm op te hogen en daarmee de dijkring een factor 10 veiliger te maken, zijn 2 miljoen euro. De totale kosten voor een vertienvoudiging van de veiligheid zijn dan dus 200 miljoen euro.

Dijkring 3 lijkt ook erg op dijkring 1 en 2. Deze dijkring heeft echter een overstromingskans van 1/12500 per jaar, omdat er in het verleden een hogere maatgevende afvoer is vastgesteld voor het traject van deze dijkring. Ook deze dijkring heeft 100 kilometer dijk en alle dijkvakken zijn even sterk. De kosten per km om de dijk met 50 cm op te hogen en daarmee de dijkring een factor 10 veiliger te maken, zijn (a.g.v. van de hogere dijken) wat hoger: 3 miljoen euro. De totale kosten voor een vertienvoudiging van de veiligheid zijn in dit geval 300 miljoen euro.

Wanneer we een eenvoudige berekening van het (eerstejaars)rendement van de maatregelen maken, dan concluderen we dat uitsluitend de investering in dijkring 1 om de kans met een factor 10 te verkleinen, rendabel is ($B/K = 2,88 \gg 1$).

Tabel 9: Uitwerking van het eerstejaarsrendement

		Dijkkring 1	Dijkkring 2	Dijkkring 3
Schade bij overstromen (V)	miljard euro	2	2	2
Huidige kans op overstromen	1/jaar	1/1250	1/1250	1/12500
Kans op overstromen na 50 cm verhoging	1/jaar	1/12500	1/12500	1/125000
Kosten voor een 10 keer hogere veiligheid	miljoen euro	20	200	300
Baten	miljoen euro/jaar	1,44	1,44	0,14
Kosten	miljoen euro/jaar	0,5	5	7,5
B/K		2,88	0,29	0,02

Uit deze getallen kunnen verder niet zonder meer normen worden afgeleid: voor geen van de drie dijkringen is het meteen duidelijk wat een optimale norm zou zijn.

Eijgenraam (2008) laat zien dat als we kiezen voor de middenkans als norm, we die op grond van de reeds eerder gepresenteerde gegevens direct kunnen berekenen, bijvoorbeeld als volgt:

$$S_{i+1}^{midden} \approx \delta \frac{1}{\theta} \frac{I_i(\hat{u})}{\hat{u}}$$

waarin S	verwachte schade per jaar
δ	disconteringsvoet ($\delta > 0$)
$1/\theta$	nepereringshoogte, d.w.z. de dijkverhoging om de overstromingskans met een factor e te verlagen (= decimeringshoogte / 2,3)
$I(u)/u$	gemiddelde investeringskosten per centimeter
\hat{u}	optimale investeringsgrootte
i	nummer van de actie

Om de middenkans (P_{midden}) te vinden passen we de definitie van de verwachte schade toe op de uitkomst van vergelijking

$$P_t^{middle} = \frac{S_{i+1}^{mean}}{V_t}$$

waarin P	overstromingskans per jaar
V	(potentiële) schade bij overstromen

E.e.a is uitgewerkt in onderstaande tabel (decimeringshoogte 50 cm, $\hat{u} = 50$ cm; $\delta = 2,5\%$).

Tabel 10: Uitwerking van Pmidden

		Dijkkring 1	Dijkkring 2	Dijkkring 3
.....				
Schade bij overstromen (V)	miljard euro	2	2	2
Huidige kans op overstromen	1/jaar	1/1250	1/1250	1/12500
Kans op overstromen na 50 cm verhoging	1/jaar	1/12500	1/12500	1/125000
Kosten voor een 10 keer hogere veiligheid	miljoen euro	20	200	300
Smidden	miljoen euro/jaar	0,217	2,174	3,261
Optimaal veiligheidsniveau (Pmidden)	1/jaar	1/9200	1/920	1/613

In dit geval krijgen we voor dijkkringen 2 en 3 een optimale norm die groter is dan de huidige overstromingskans. Alleen voor dijkkring 1 vinden we een veel veiliger norm, omdat deze dijkkring profiteert van een 'toevallige' en gunstige beslissing in het verleden om reeds 90 van de 100 km te versterken, waarvan de kosten reeds gemaakt zijn. In KBA termen zijn dat sunk-costs die niet hoeven te worden meegenomen.

Stel nu dat we bij dijkkringen 2 en 3 de norm vaststellen op (afgerond) 1/1000 en 1/500 per jaar en voor dijkkring 1 op (afgerond) 1/10000 per jaar, en dat we in dijkkring 1 dus overgaan op het versterken van de resterende 10 km dijk en daarmee een feitelijk veiligheidsniveau van 1/12500 per jaar behalen. Als we vanuit deze situatie nu vervolgens opnieuw voor dijkkring 1 gaan rekenen, dan gelden voor deze dijkkring exact dezelfde waarden voor de overstromingskansen en kosten als voor dijkkring 3 en zou de norm vervolgens weer naar beneden toe moeten worden bijgesteld naar 1/500 per jaar!

Wat we in dit voorbeeld dus zien is dat het optimaal zou kunnen zijn om een hogere norm te stellen zolang we daarvoor geen hoge kosten hoeven te maken, maar dat zodra we wel met hoge kosten geconfronteerd worden, het weer optimaal zou kunnen zijn om deze norm te versoepelen. Dit brengt het risico van een in de tijd sterk schommelende veiligheidsnorm met zich mee en het is de vraag in hoeverre dat wenselijk is.

Bijlage D Kansgrafieken van een aantal dijkeringen

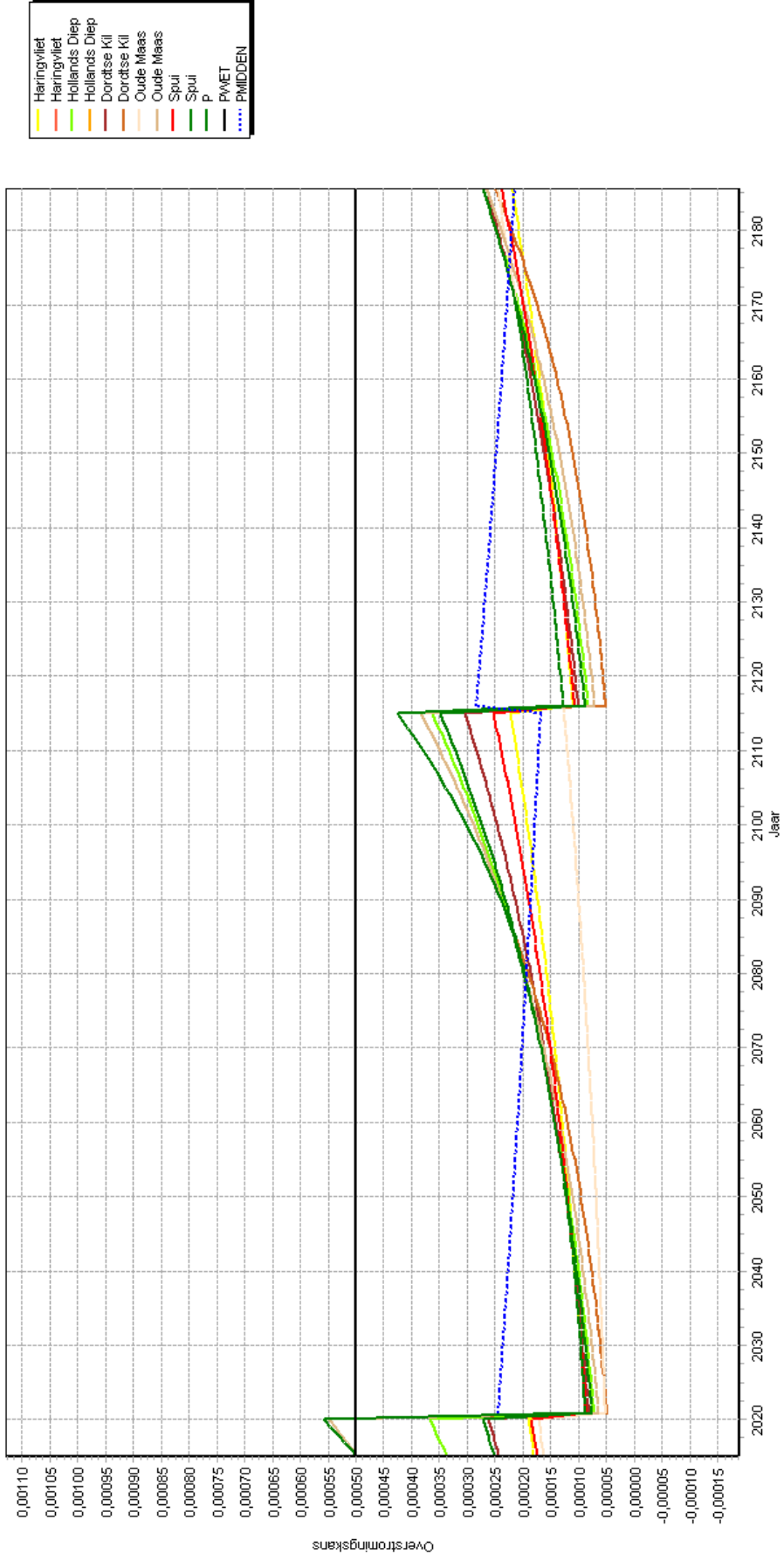
.....

Zoals in paragraaf 0 van de hoofdtekst is opgemerkt, zijn in een 4-tal gevallen de optimale overstromingskansen berekend met de directe formule van Eigenraam meer dan 2 keer zo klein dan die berekend met OptimaliseRing. In deze bijlage verklaren we deze verschillen. De verschillen blijken niet zozeer veroorzaakt te worden doordat OptimaliseRing aantoonbaar foute berekeningen uitvoert, maar veeleer door de wijze waarop daar een optimale overstromingskans (pmidden) uit wordt afgeleid.

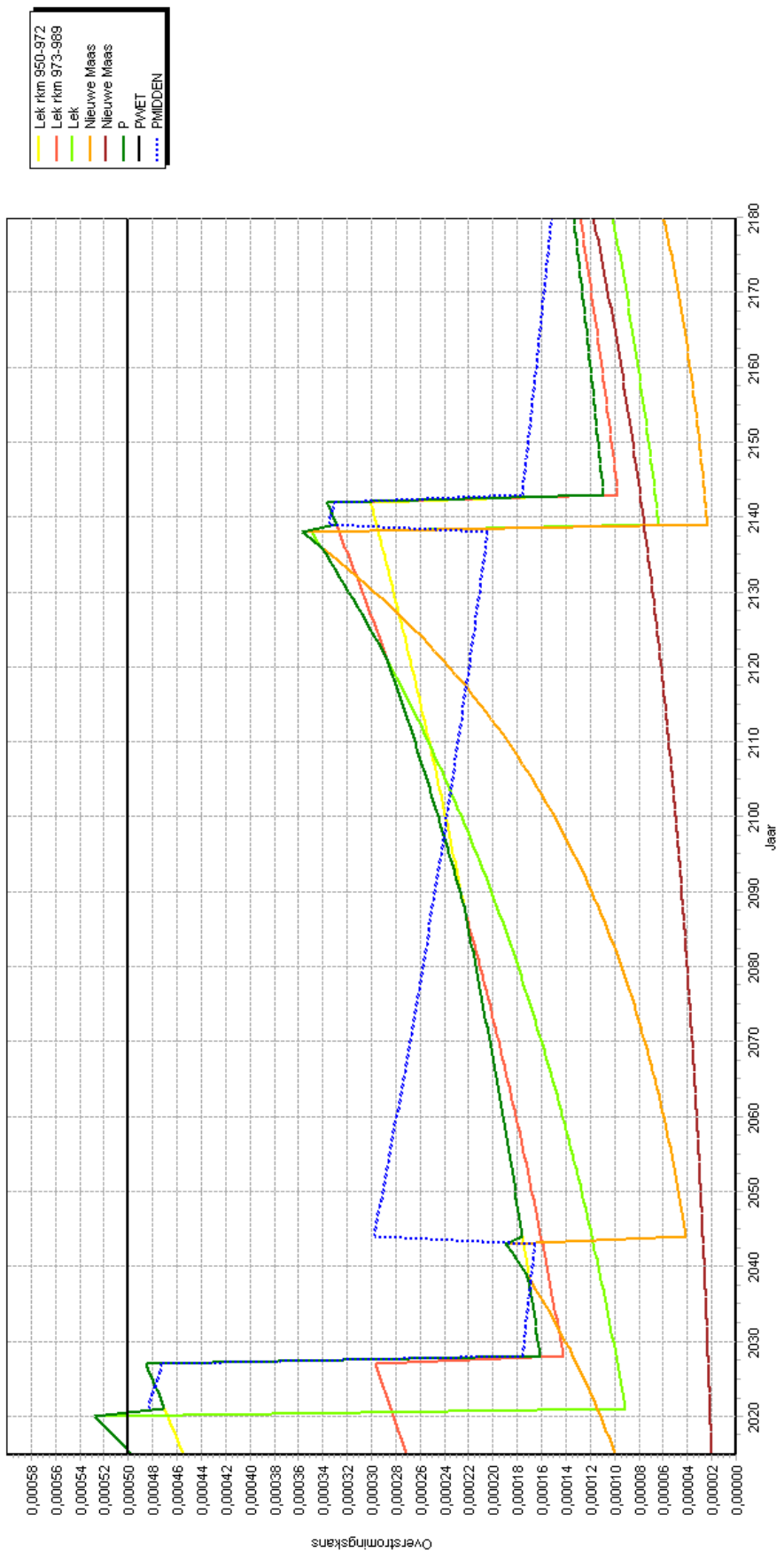
Pmidden tussen twee opeenvolgende ophogingen is gedefinieerd als het quotiënt van de verwachte (niet verdisconteerde) schade in dat interval en de schade in de dijkkring tussen twee investeringsmomenten. Omdat er in het oorspronkelijke model met 1 traject per dijkkring gerekend wordt, liggen deze twee tijdstippen ver uit elkaar (orde 50 jaar). In het model met meerdere trajecten is de definitie van de middenkans niet aangepast. Dit leidt ertoe dat in situaties waarin kort op elkaar in verschillende trajecten geïnvesteerd wordt, de middenkans te groot berekend wordt, ondanks dat dit wel een goede investeringsstrategie kan vormen.

In de eerste grafiek hierna laten we een voorbeeld voor dijkkring 21 zien waarin de tijdsmomenten ook bij meerdere trajecten ver genoeg uit elkaar liggen zodat er een goede middenkans berekend kan worden. Daarna laten we de grafieken voor dijkeringen 15, 30, 31 en 43 zien waarin de eerste investeringsmomenten te dicht bij elkaar liggen. Aan het einde van deze bijlage corrigeren we de door OptimaliseRing berekende middenkans en confronteren deze nogmaals met de resultaten van de directe formule van Eigenraam.

21 - Hoekse Waard

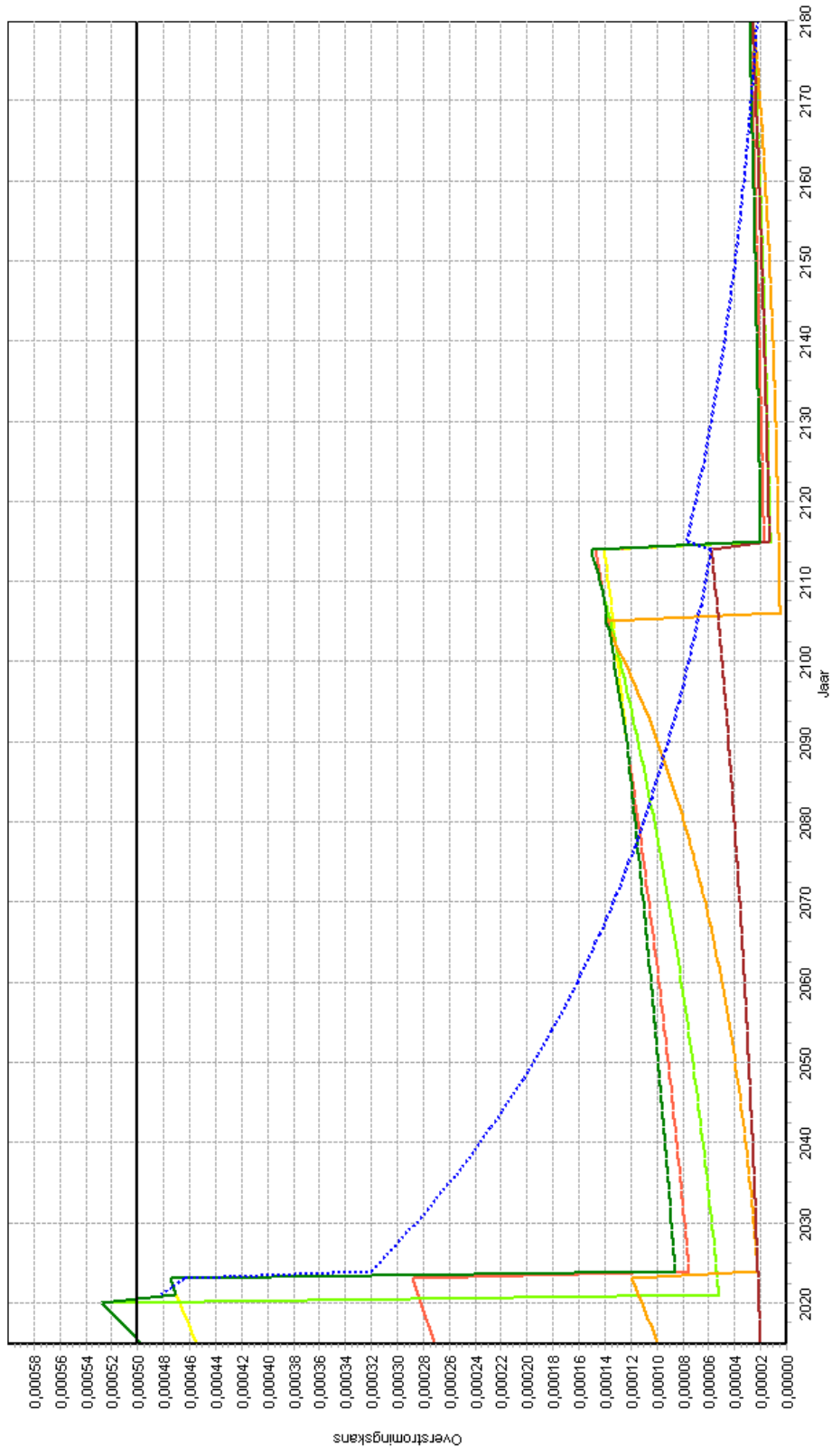


15 - Lopliker- en Krimpenerwaard



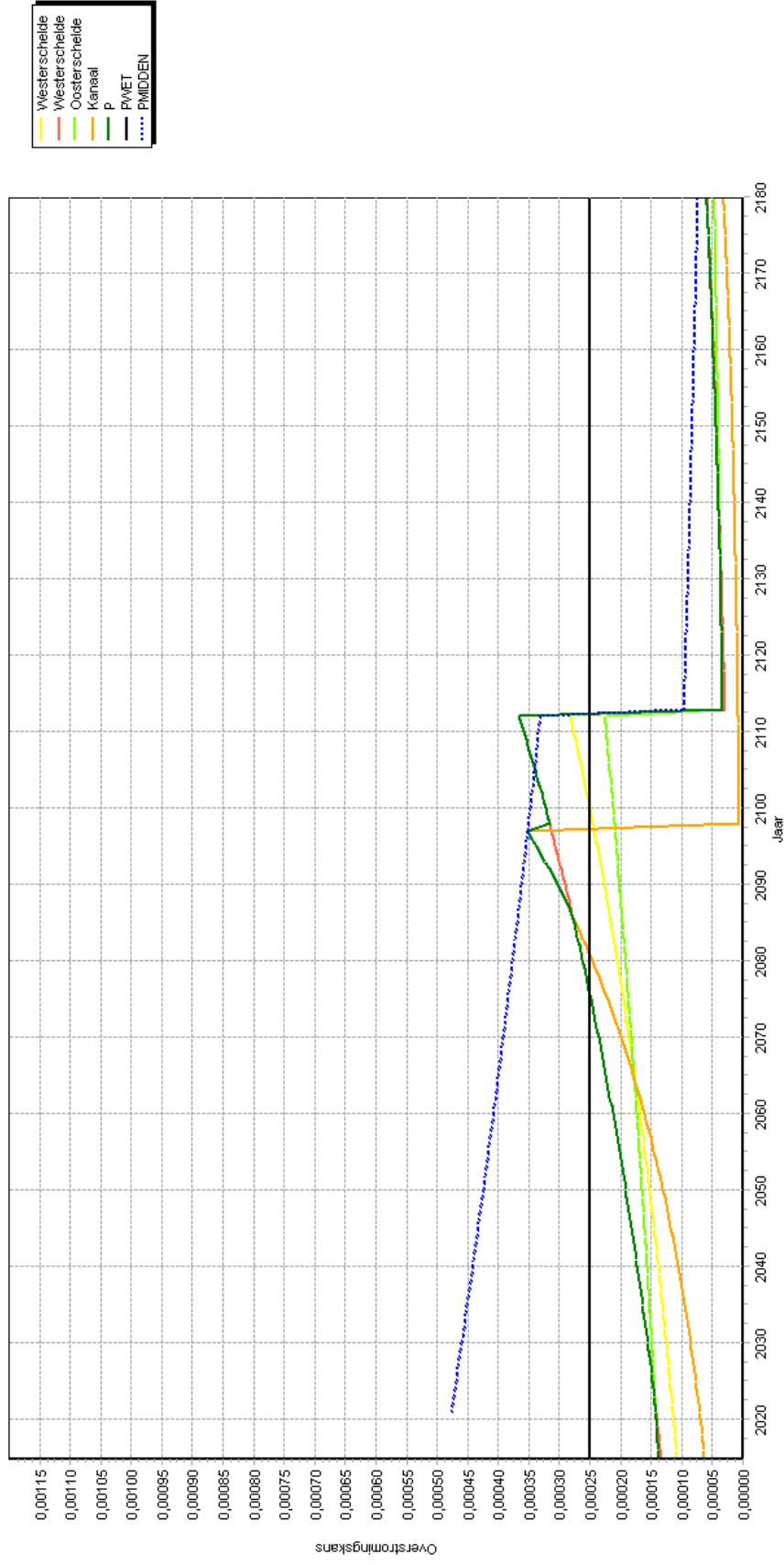
In dit geval wordt kort op elkaar geïnvesteerd in 2021, 2028 en 2044. Pmidden wordt in dit interval te groot berekend (0,00048). Een betere waarde zou 0,00033 (terugtrekken van P midden vanuit 2048) zijn.

15 - Lopiker- en Krimpenerwaard



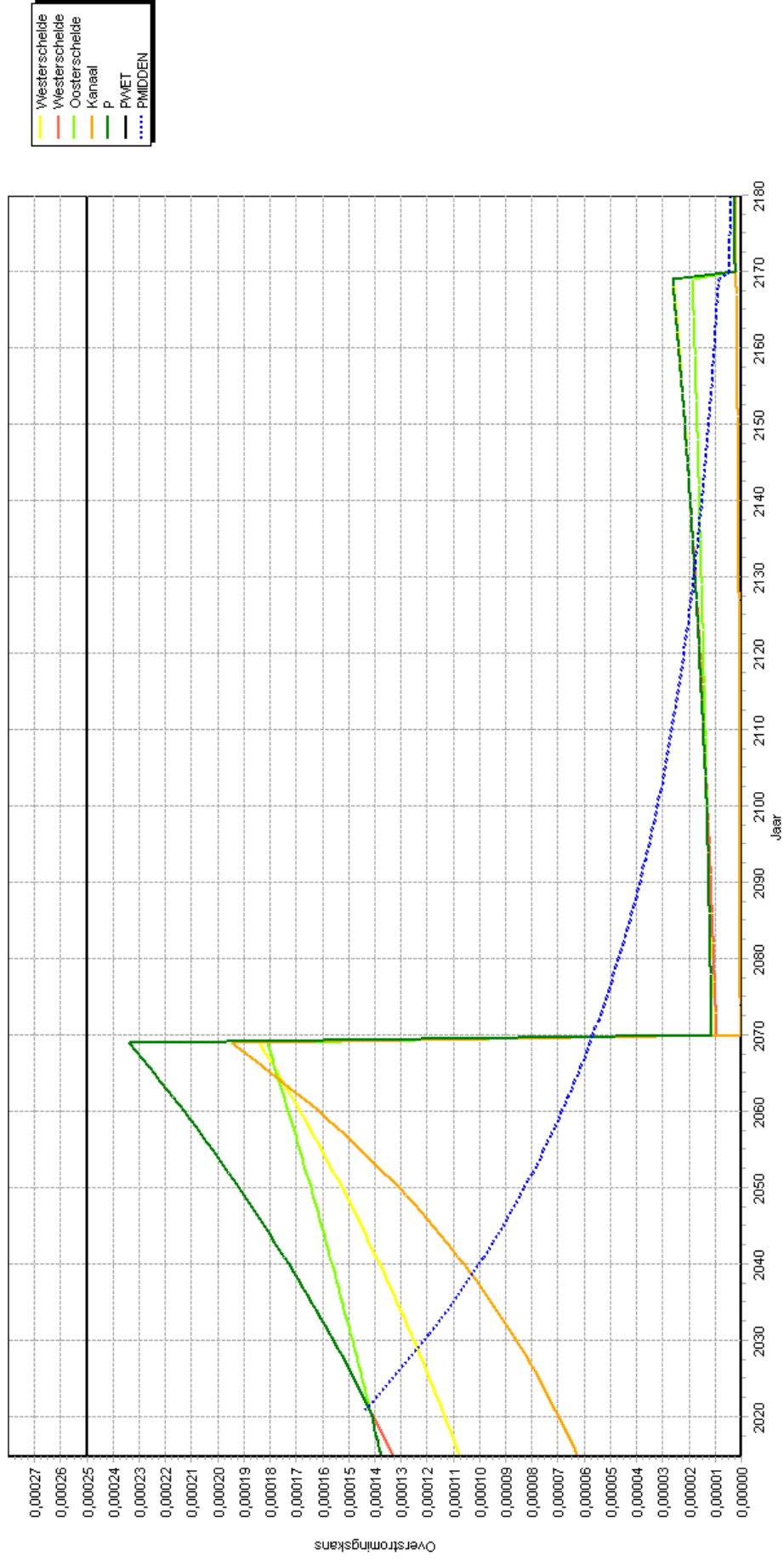
Grafiek voor dijkring 15 volgens variant 1. Ook in dit geval blijkt dat het optimale veiligheidsniveau eerder op 0,00033 per jaar te liggen

30 - Zuid-Beveland1



In dit geval wordt geïnvesteerd in 2098 en 2113. Pmidden wordt in dit interval te groot berekend (0,00048). Een betere waarde zou ca 0,00025 (terugtrekken van P midden vanuit 2113) zijn.

30 - Zuid-Beveland1



Grafiek voor dijkkring 30 volgens variant 1. Ook in dit geval blijkt dat het optimale veiligheidsniveau aanmerkelijk kleiner is 0,00048, ca 0,00015 per jaar

31 - Zuid-Beveland2

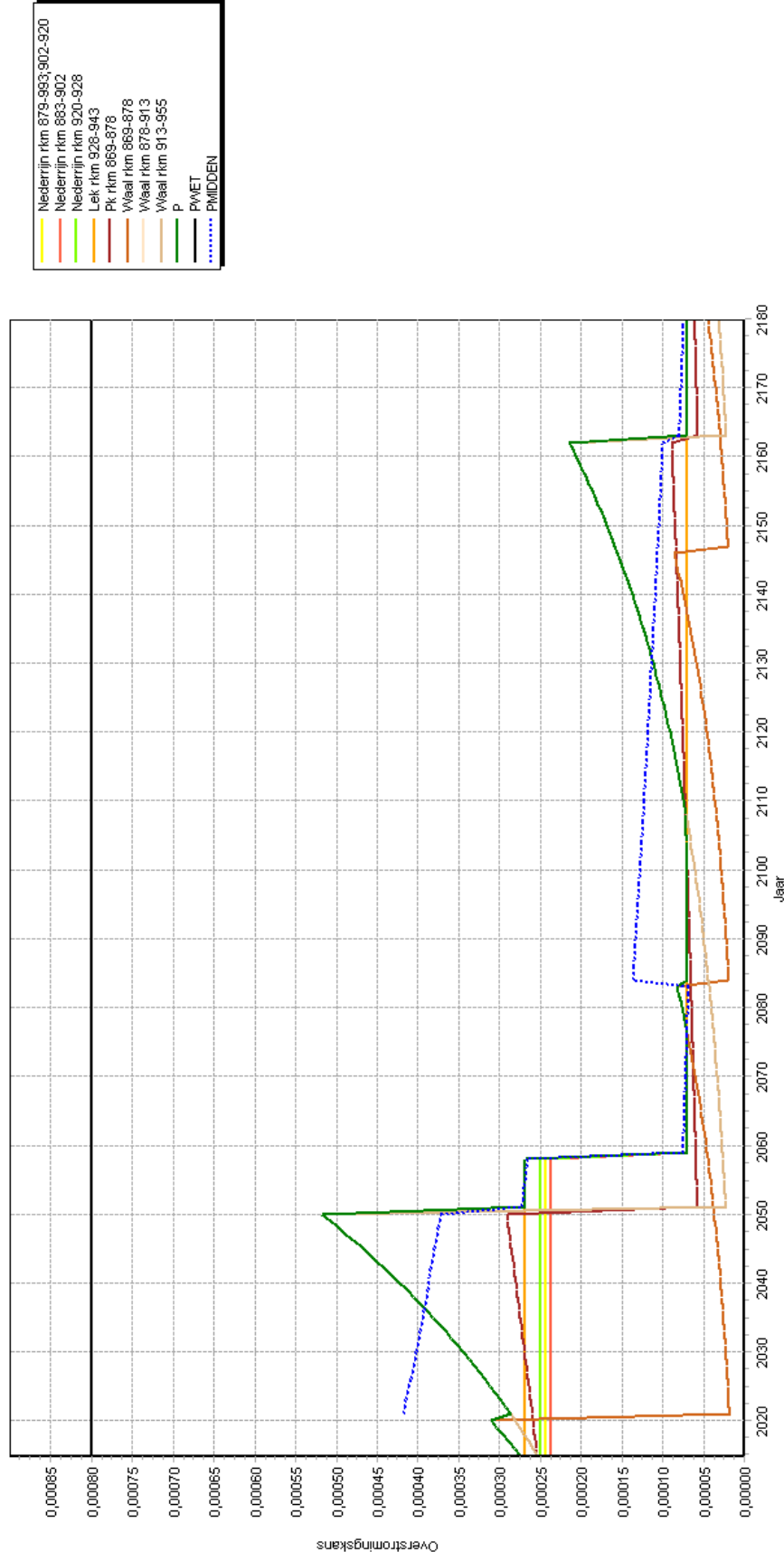


In dit geval wordt geïnvesteerd in 2105; 2129 en 2142. Pmidden wordt in dit interval te groot berekend (ca 0,00039). Een betere waarde zou ca 0,00025 (terugtrekken van P midden vanuit 2142) zijn.



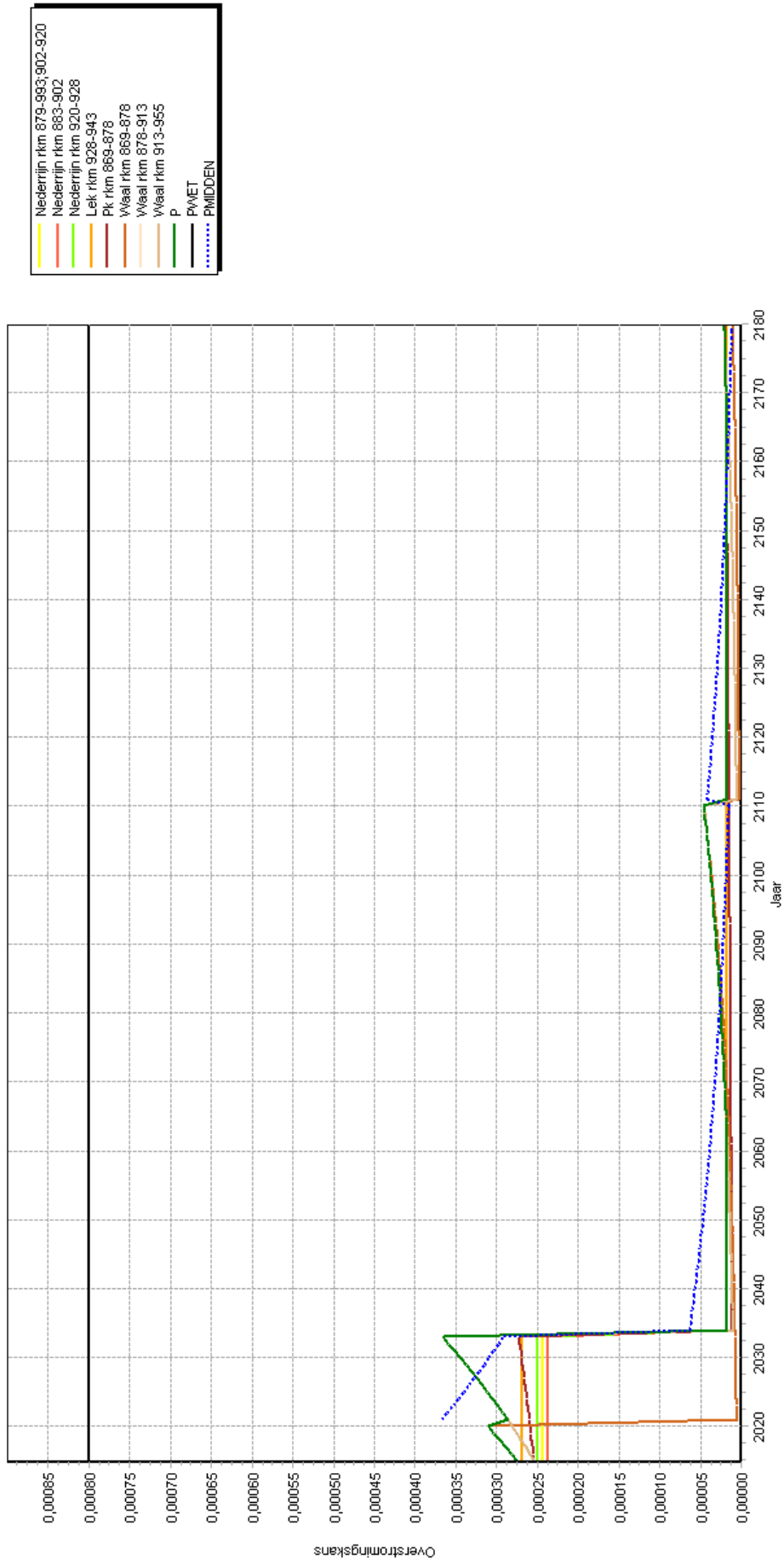
Grafiek voor dijkkring 31 volgens variant 1. Ook in dit geval blijkt dat het optimale veiligheidsniveau eerder rond 0,00025 per jaar ligt

43 - Betuwe, Tiel- en Culemborgwaarden



In dit geval wordt op zeer veel verschillende momenten geïnvesteerd. Pmidden wordt in dit interval te groot berekend (0,0004). Een betere waarde zou 0,00020 zijn..

43 - Betuwe, Tiel- en Culemborgervwaarden



Grafiek voor dijkkring 43 volgens variant 1. Ook in dit geval blijkt dat het optimale veiligheidsniveau lager ligt dan berekend.

Dit brengt ons tot de volgende correcties:

Tabel 11: Correcties op de modelresultaten

Dijkkring	Optimale overstromingskansen				Optimale overschrijdingskansen			
	Uit model	Gecorrigeerd op basis van	Uitkomst		Uit model	Gecorrigeerd	Factor	
			Grafiek	Directe formule			Directe formule / Gecorrigeerd	Directe formule
15	0,00048	1/2065	0,00033	1/3000	1/5732	1,89	1/1577	1/2314
30	0,00048	1/2095	0,00025	1/4000	1/7376	1,84	1/1048	1/2001
31	0,00056	1/1770	0,00025	1/4000	1/5156	1,29	1/918	1/2075
43	0,00042	1/2395	0,00020	1/5000	1/9341	1,87	1/1344	1/2806

Kleuren volgens de legenda in de hoofdttekst.

Bijlage E Overschrijdingskans en overstromingskans

Memo van Emiel van Velzen

Aan : Jarl Kind, Ton Sprong, Wim Silva
Van : Emiel van Velzen
Betreft : van overstromingskans naar overschrijdingskans in optimalisering
Datum : 10 april 2008
Kopie :
Afhandeling:

Inleiding

In OptimaliseRing wordt uit een optimale overstromingskans een optimale overschrijdingskans afgeleid. In deze memo wordt voor deze afleiding achtergrondinformatie gegeven en wordt de methode voor de omrekening beschreven.

In de technische documentatie van OptimaliseRing (lit.1) is tevens een beschrijving van dezelfde technische werkwijze opgenomen, inclusief een beschrijving van de werkwijze wanneer er (1) een optimale overschrijdingskans voor een dijkkringdeel met meerdere trajecten bepaald moet worden, en (2) wanneer er met een factor wordt gerekend voor een vertaling van de overstromingskans van een traject naar de overschrijdingskans van een dijkkring of dijkkringdeel.

Het verschil tussen overschrijdingskans en overstromingskans

Overschrijdingskans:

De overschrijdingskans is de kans dat een bepaalde waterstand wordt overschreden waarbij de waterkering die waterstand nog veilig kan keren.

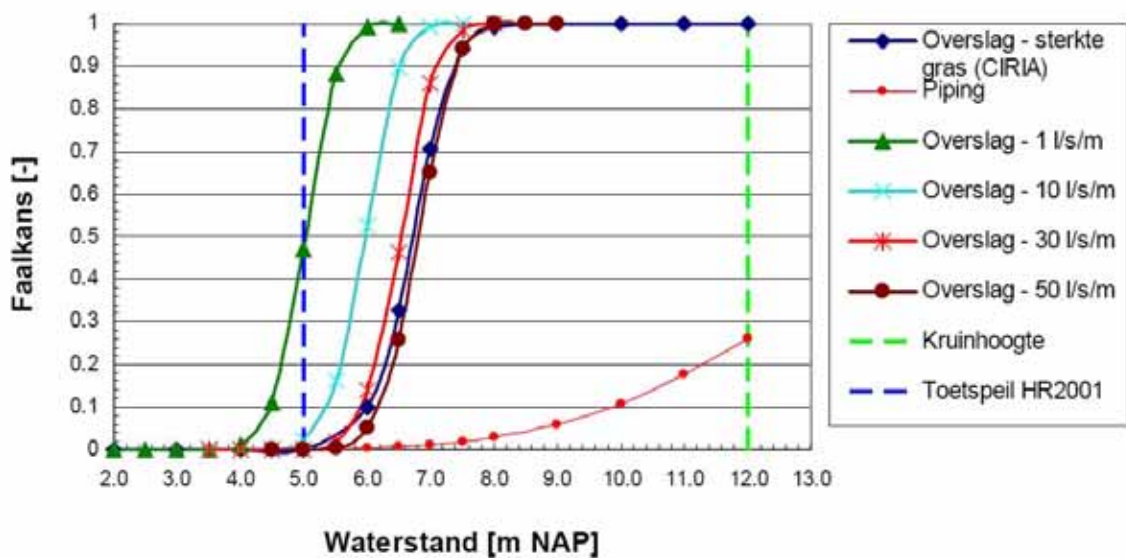
Overstromingskans:

De kans dat de waterkering faalt en het te beschermen gebied daadwerkelijk inundeert.

Het onderscheid lijkt in eerste instantie klein te zijn, maar in de praktijk kunnen de waarden van overstromingskans en overschrijdingskans fors van elkaar verschillen. Bepalende factor hierin is hoe 'nog veilig' wordt ingevuld. Dit wordt hieronder uitgelegd aan de hand van de zgn. faalcurves voor de verschillende faalmechanismen.

De faalcurves

De faalcurve beschrijft de kans dat de waterkering bezwijkt als functie van waterstand. Van der Meer (lit. 2) heeft voor een voorbeeldijk langs de kust de faalcurves bepaald met behulp van het programma PC Ring. De kruinhoogte van die dijk ligt op 12 m +NAP en het toetspeil (lees: Maatgevend Hoogwater) op 5 m +NAP. In onderstaande figuur zijn de faalcurves weergegeven ontleend aan lit. 2.

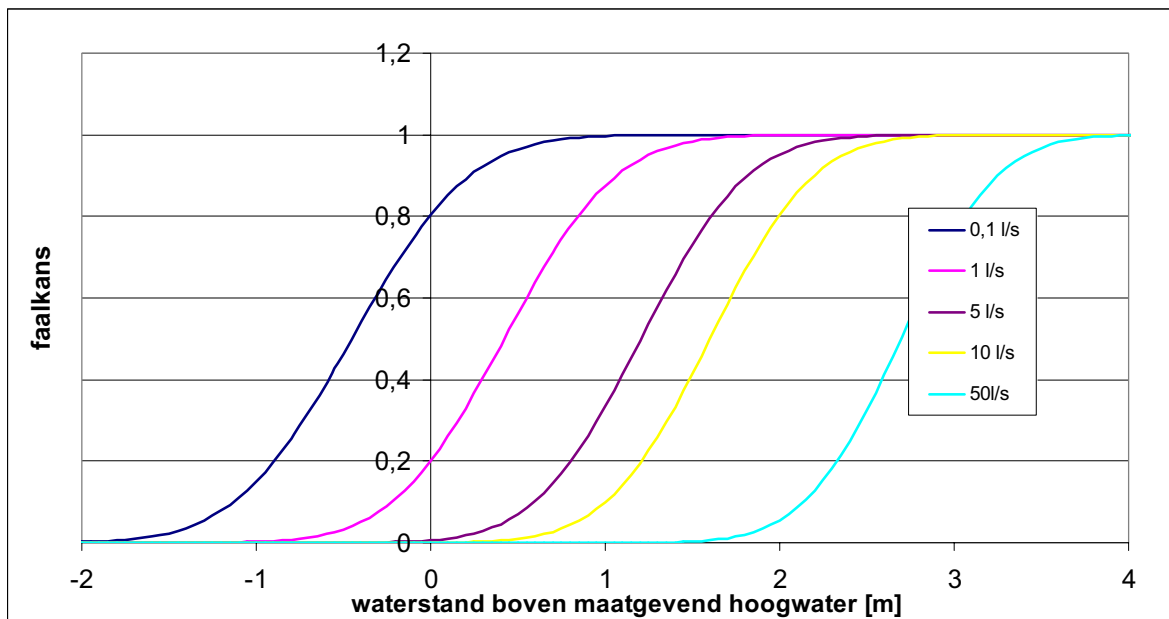


Op de horizontale as staat de (zee-)waterstand en op de verticale as staat de kans dat de waterkering bij die waterstand faalt. In de figuur zijn de faalcurves aangegeven voor de faalmechanismes overslag bij verschillende kritische overslagdebieten (het overslagdebiet waarbij men er van uitgaat dat falen optreedt) en het faalmechanisme piping. In lit. (1) is ook gekeken naar het faalmechanisme “macrostabiliteit” (het afschuiven van het binnentalud/buitentalud) maar de curve voor dat faalmechanisme lag nog rechts onder de curve voor piping en wordt daarom niet verder beschouwd. Ook de kans dat de waterkering bezwijkt als gevolg van piping is verwaarloosbaar klein omdat bij veel lagere waterstanden de dijk al bezweken is als gevolg van golfoverslag.

De algemene conclusie uit deze faalcurves is dat, voor deze voorbeeldijk het dominante faalmechanisme golfoverslag is (merk op: falen door bezwijken van de buitenbekleding door golfklappen is nog niet in de analyse meegenomen maar zou wel een belangrijk faalmechanisme kunnen zijn).

In WV21 zijn de overstromings- en overschrijdingskansen bepaald met behulp van een spreadsheet. Met de spreadsheet worden de faalcurves, op een minder geavanceerde manier dan PC-ring, afgeleid. Wordt de waterstand op de horizontale as vervangen door de overschrijdingskans van deze waterstand dan kan, via integratie van de curve, de kans op falen bij een bepaald kritisch overslagdebiet worden bepaald.

In de volgende figuur zijn de met de spreadsheet de faalcurves afgeleid voor de Pettemer zeewering. De benodigde kruinhoogte voor een zgn. ontwerpdijk (er wordt verondersteld dat het systeem aan de norm voldoet, de dijk is op orde) is volgens het hydraulische belastingsmodel voor de kust (Hydra-K) 13 m boven het Maatgevend Hoogwater (waterstand met een overschrijdingskans 1/10.000 per jaar). Voor die situatie worden de volgende faalcurves gevonden.



In de berekeningen die gemaakt zijn voor WV21 wordt er van uitgegaan dat de waterkering faalt op de zwakste schakel en dat de zwakste schakel een kritisch overslagdebiet heeft van 5 l/s/m² (uitgangspunt conform RBSO en opnieuw getoetst bij deskundigen).¹

Volgens de definitie van de overschrijdingskans moet de waterkering bij MHW nog veilig keren. We zien dat indien een dijk wordt ontworpen op een kritisch overslagdebiet van 1 l/s/m² de kans op falen bij Maatgevend Hoogwater (0 op de x-as) heel klein is (faalcurve 5 l/s/m²). Er is dus voldaan aan de eis dat de waterkering veilig moet keren bij Maatgevend Hoogwater.

Integreren we nu de faalcurve voor 5 l/s/m² dan vinden we, voor het voorbeeld van Petten, een overstromingskans, van 1/185.000 per jaar.

De kans is echter zeer gevoelig voor de grootte van het kritisch overslagdebiet. gaan we er van uit dat de waterkering faalt bij 1 l/s/m² in plaats van 5 l/s/m² dan vinden we een overstromingskans van 1/10.000 per jaar in dit voorbeeld. Dit is bijna 20 maal zo groot als bij 5 l/s/m².

Stel dat er, met OptimaliseRing, een optimale overstromingskans is uitgerekend van 1/40.000 per jaar. Wat betekent dat nu voor de overschrijdingskans.

In principe wordt in OptimaliseRing dezelfde weg bewandeld als hiervoor is aangegeven. Allereerst is nagegaan welke kruinhoogte voldoet aan een overstromingskans van 1/40.000 per jaar.

In het voorbeeld was bij een kruinhoogte van 13 meter boven Maatgevend Hoogwater de overstromingskans 1/185.000 per jaar MHW. Bij een optimale overstromingskans van bijvoorbeeld 1/40.000 per jaar zou dit 11,70 meter boven MHW zijn. Integreren we bij deze kruinhoogte de faalcurve van 1 l/s/m², dan vinden we de, overeenkomstig het voorgaande, de (optimale)overschrijdingskans voor het faalmechanisme golfoverslag van 1/2500 per jaar.

In OptimaliseRing wordt de overstromingskans als functie van de dijkhoogte en waterstanden beschreven door de volgende vergelijking:

¹ 5 l/s/m² geldt voor de zwakste schakel. Recente overslagproeven laten zien dat veel locaties beduidend meer aan kunnen dan 5 l/s/m².

$$P(t) = f_p P(0) e^{\alpha \eta t} e^{-\alpha(H(t) - H(0))} \quad \text{voor } H(t) \geq H(0) \quad (2.5)$$

Waarin:	$P(t)$	overstromingskans als functie van de tijd	1/jaar
	$P(0)$	overstromingskans op tijdstip 0 (zonder dijkverhoging)	1/jaar
	α	schaalparameter (exponentiële verdeling)	1/cm
	η	structurele stijging relatieve waterstand	cm/jaar
	$H(0)$	dijkhoogte op tijdstip 0 (zonder dijkverhoging)	cm+NAP
	$H(t)$	dijkhoogte als functie van de tijd	cm+NAP
	f_p	Vermenigvuldigingsfactor voor de kansen	-

$P(0)$, α en η worden in de spreadsheet kansen van WV 21 berekend.

Bovenstaande vergelijking kan ook worden opgesteld voor de overschrijdingskansen:

$$P_h(t) = f_p P_h(0) e^{\alpha_h \eta t} e^{-\alpha_h(H(t) - H(0))}$$

Waarin:	$P_h(t)$	overschrijdingskans als functie van de tijd	1/jaar
	$P_h(0)$	overschrijdingskans op tijdstip 0	1/jaar
	α_h	schaalparameter voor de overschrijdingskans	1/cm

$P_h(0)$ en α_h worden eveneens berekend in de spreadsheet kansen WV21.

Om volgens eerder genoemd concept de optimale overschrijdingskans af te leiden uit de optimale overstromingskans (specifiek voor het mechanisme overslag) kan de volgende formule worden opgesteld.

$$P_h^{opt} = P_h(0) \cdot e^{\left[\frac{\alpha_h \cdot \ln\left(\frac{P^{opt}}{P(0)}\right)}{\alpha} \right]} \quad P_h^{opt} = P_h(0) \cdot e^{\left[\frac{\alpha_h \cdot \ln\left(\frac{P^{opt}}{P(0)}\right)}{\alpha} \right]}$$

Waarin:	P_h^{opt}	optimale overschrijdingskans	1/jaar
	P^{opt}	optimale overstromingskans?	1/jaar

Voor de situatie van de Pettemer zeekering worden met de spreadsheet de volgende waarden gevonden :

$P(0)$	=	1/185.000	[1/jaar]
$P_h(0)$	=	1/ 10.000	[1/jaar]
α	=	0,0118	
α_h	=	0,0107	

Voor een optimale overstromingskans van 1/40.000 per jaar levert de formule in overeenstemming met voorgaande een optimale overschrijdingskans van 1/2500 per jaar.

Hierbij dienen wel enig kanttekeningen geplaatst te worden. De optimale overschrijdingskans is hier direct verbonden met de geldende ontwerp praktijk. Dat is ontwerpen op een kritisch overslagdebiet van 1 l/s/m en zonder aftoppen van de maatgevende afvoer (in het bovenrivierengebied).² Veronderstellen we dat de zwakste schakel een kritisch overslagdebiet heeft van 5 l/s/m dan wordt

² Voor de berekening van de overstromingskansen voor het bovenrivierengebied zijn verschillende aftopscenarios gebruikt. Bij de systematiek van overschrijdingskansen is dat niet de huidige praktijk. Bij de terugvertaling naar overschrijdingskansen is dus niet afgetopt. Dat betekent dat voor alle scenarios de decimeringshoogte voor de overschrijdingskans gelijk is. Waarom is dat zo?

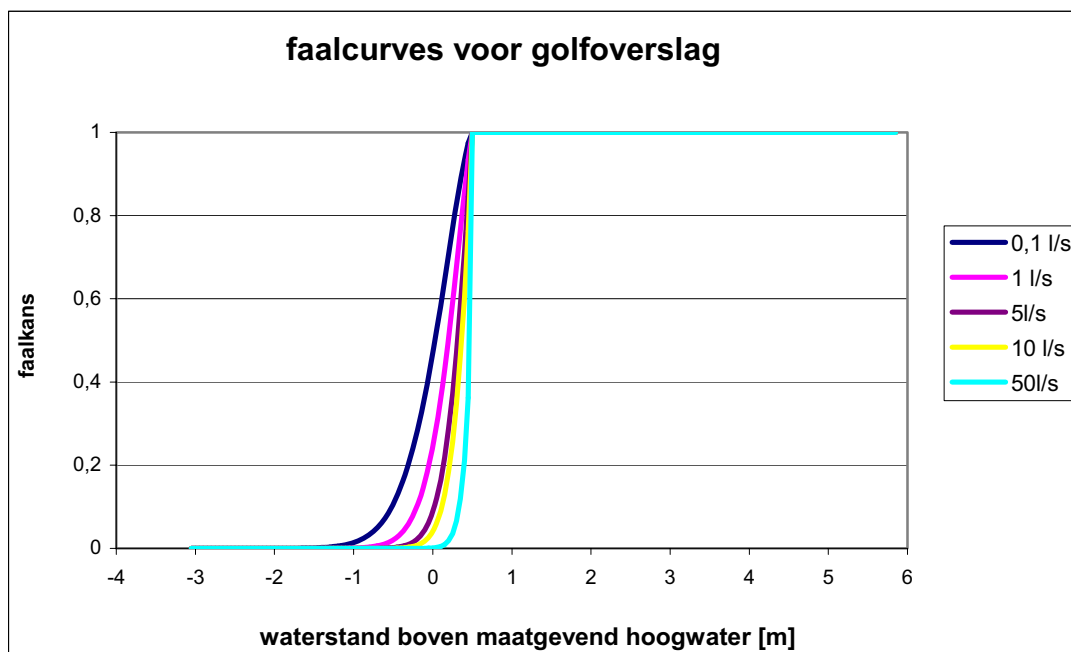
de genoemde overschrijdingskans gevonden. Veronderstellen we dat de zwakste schakel een kritisch overslagdebiet heeft van 1 l/s/m (hetzelfde als de ontwerpnorm, maar volgens deskundigen te laag) dan wordt een optimale overschrijdingskans gevonden die gelijk is aan de optimale overstromingskans van 1/40.000 per jaar.

Zouden we de waterkering ook ontwerpen op 5 l/s/m dan zou ook de optimale overschrijdingskans ook weer gelijk zijn aan de optimale overstromingskans van 1/40.000 per jaar. Alleen zou in dat ontwerp natuurlijk een lagere kruinhoogte nodig zijn dan bij het ontwerp van 1 l/s/m. Er zou exact dezelfde kruinhoogte worden gevonden als berekend bij een optimale overschrijdingskans van 1/2500 per jaar met een kritisch overslagdebiet (ontwerp) van 1 l/s/m.

Dit voorbeeld langs de kust laat hele grote verschillen zien indien we falen veronderstellen bij 1 l/s/m' of bij 5 l/s/m'.

Bij een rivierdijk is deze gevoeligheid aanzienlijk minder groot. Als voorbeeld een waterkering langs de Waal (norm 1/1250). De golven zijn hier veel kleiner en daarom hoeft de kruinhoogte slechts 0,50 meter boven Maatgevend Hoogwater te liggen (was bij Petten 13 meter).

De faalcurves zien er als volgt uit:



Indien falen onstaat bij een kritisch overslagdebiet van 5 l/s/m' wordt de volgende overstromingskans gevonden: 1/2135 per jaar. dat is minder dan twee maal zo klein als de overschrijdingskans (hier 1/1250 per jaar). Bij Petten was de overstromingskans 20 maal zo klein als de overschrijdingskans.

Stel dat de optimale overschrijdingskans 1/3000 per jaar is. Dan kunnen we, op dezelfde wijze als bij Petten is gebeurd, de optimale overschrijdingskans uitrekenen. We vinden dan 1/1900 per jaar. De waterkering zou 0,15 meter hoger moeten worden aangelegd om dit te bereiken.

We zien dat langs de kust de overstromingskansen enorm gevoelig zijn voor de aanname van het kritisch overslagdebiet. Gaan we niet uit van falen bij 5 l/s/m' maar bij 1 l/s/m' dat is de overstromingskans (door golfoverslag) gelijk 20 maal zo hoog. Bij de rivieren is dit veel minder ongeveer twee maal zo hoog.

Literatuur:

1. Duits, 2007. OptimaliseRing. Technische documentatie van een numeriek rekenmodel voor de economische optimalisatie van veiligheidsniveaus van dijkringen
2. Van der Meer, 2007. Blokkendoos WV21, fragilitycurves bij dijken. Eerste verkennende berekeningen van faalkansen afhankelijk van de waterstand.

Bijlage F Gedetailleerde uitkomsten

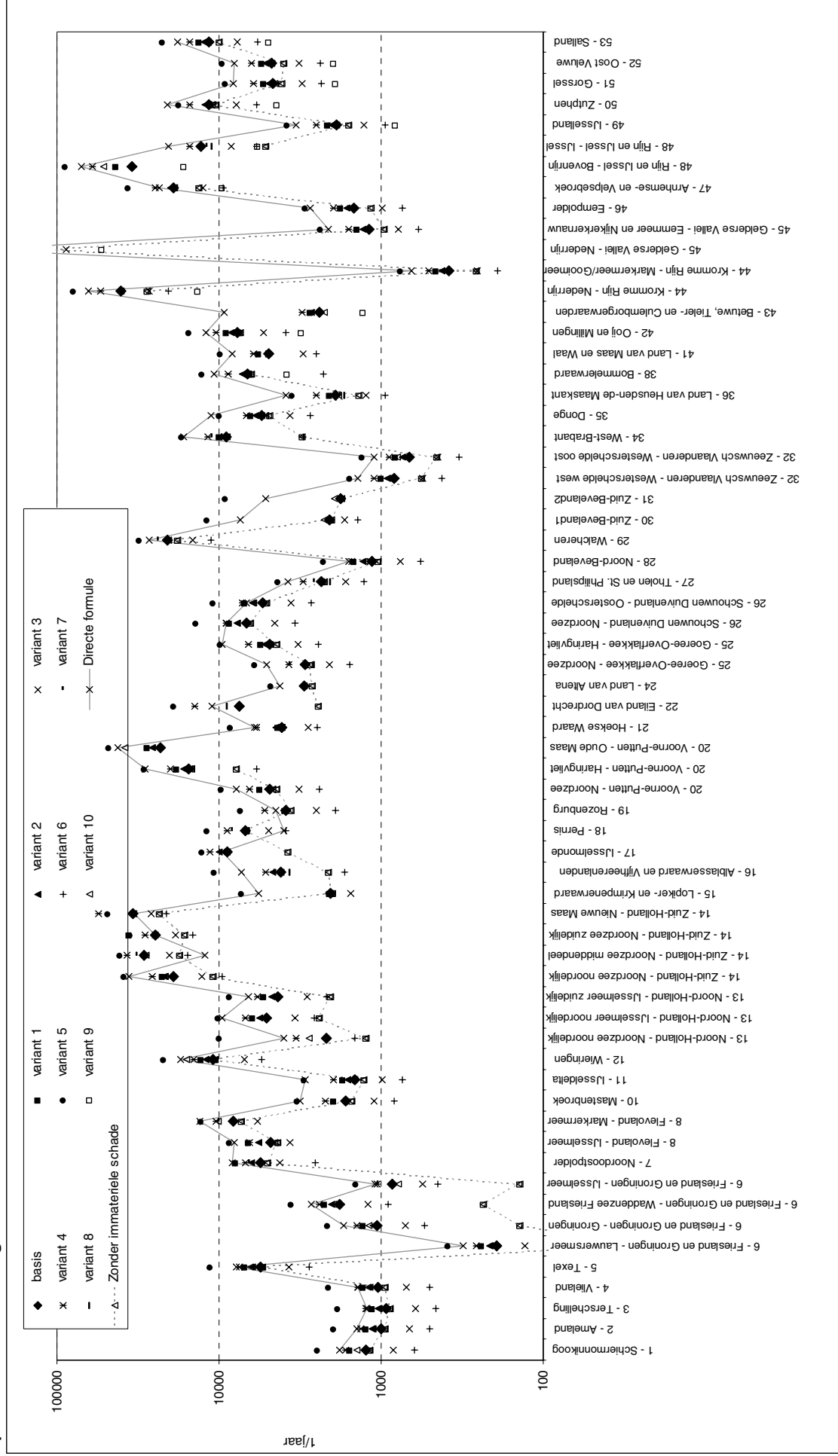
In deze bijlage staan de berekende optimale overstromingskansen en overschrijdingskansen per variant. Deze zijn **niet** aangepast aan de hand van controles zoals die in voorgaande Bijlage hebben plaatsgevonden. Wel zijn de uitkomsten die ten opzichte van de basisvariant onlogisch zijn (bijvoorbeeld wanneer een grotere opslag op de schade leidt tot een groter optimale overstromingskans) uit de tabel gehaald.

Tevens zijn door middel van een tweetal lijnen de resultaten aangegeven van de directe formule voor de middenkans (alleen voor de grafiek en tabel m.b.t. overstromingskansen) en van een scenario waarin de immateriële schade niet is gewaardeerd.

De volgende tabel is een kopie van de tabel uit de hoofdtekst (zie hoofdstuk 5). Deze definieert de doorgekende varianten.

Paramater	Waarde basis-variant	Variant									
		<i>Alleen afwijkende waarden voor de parameters t.o.v. de basisvariant zijn aangegeven</i>									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discontovoet schade (% per jaar)	4,0	2,5									
Economische groei (% per jaar)	1,9		2,6								
Aanpassingsfactor schade	1,5			1	2						
Factor kosten	1					0,5	2,0				
Factor kansen	1							0,33	3,0		
Maximale fysische afvoer	Ja										Nee
Klimaatscenario	G+										W+

Optimale overstromingskansen



Optimale overstromingskansen

	basis	variant 1	variant 2	variant 3	variant 4	variant 5	variant 6	variant 7	variant 8	variant 9	variant 10	Geen immat. schade	Directe formule
1 - Schiermonnikoog	1/1235	1/1555	1/1285	1/845	1/1655	1/2485	1/625	1/1240	1/1250	1/1405	1/1170	1/1170	1/1817
2 - Ameland	1/1005	1/1245	1/1120	1/670	1/1335	1/1980	1/500	1/1005	1/1005	1/1145	1/945	1/945	1/1408
3 - Terschelling	1/925	1/1145	1/1030	1/615	1/1235	1/1850	1/460	1/930	1/925	1/1045	1/875	1/875	1/1221
4 - Vlieland	1/1050	1/1305	1/1175	1/700	1/1400	1/2100	1/500	1/1050	1/1050	1/1210	1/940	1/940	1/1387
5 - Texel	1/5525	1/6960	1/6260	1/3730	1/7455	1/11340	1/2795	1/5595	1/5590	1/6385	1/5410	1/5410	1/7856
6 - Friesland en Groningen - Lauwersmeer	1/195	1/240	1/215	1/130	1/260	1/385	1/95	1/195	1/195	1/210	1/25	1/25	1/313
6 - Friesland en Groningen - Groningen	1/1065	1/1295	1/1115	1/710	1/1420	1/2135	1/535	1/1065	1/1065	1/1180	1/140	1/140	1/1711
6 - Friesland en Groningen - Waddenzee Friesland	1/1815	1/2250	1/2020	1/1210	1/2415	1/3625	1/905	1/1815	1/1815	1/1980	1/235	1/235	1/2706
6 - Friesland en Groningen - IJsselmeer	1/850	1/7985	1/6270	1/4230	1/6885	1/1435	1/445	1/1040	1/1040	1/780	1/140	1/140	1/1085
7 - Noordoostpolder	1/5560	1/6595	1/5735	1/3645	1/6480	1/8710	1/2565	1/6490	1/6490	1/5680	1/4995	1/4995	1/8304
8 - Flevoland - IJsselmeer	1/4805	1/6595	1/5735	1/3645	1/6480	1/8710	1/2565	1/6490	1/6490	1/4535	1/4365	1/4365	1/8005
8 - Flevoland - Markermeer	1/8145			1/5775	1/10455	1/12910	1/10055	1/10055	1/10055	1/10150	1/7265	1/7265	1/13053
10 - Mastenbroek	1/1660	1/1980	1/1675	1/1105	1/2200	1/3285	1/830	1/1670	1/1645	1/1675	1/1525	1/1525	1/3149
11 - IJsseldelta	1/1455	1/1735	1/1600	1/990	1/1955	1/2965	1/740	1/1385	1/1480	1/1510	1/1285	1/1285	1/2922
12 - Wieringen	1/10975	1/13000	1/12035	1/7010	1/14400	1/21945	1/5485	1/10975	1/10975	1/15890	1/10610	1/10610	1/17194
13 - Noord-Holland - Noordzee noordelijk	1/2180			1/3345	1/9930	1/1455	1/1455	1/1455	1/1455	1/2790	1/1235	1/1235	1/3998
13 - Noord-Holland - IJsselmeer noordelijk	1/5120	1/6200	1/5650	1/3410	1/6840	1/10210	1/2570	1/5105	1/5120	1/5310	1/2410	1/2410	1/9514
13 - Noord-Holland - IJsselmeer zuidelijk	1/4345	1/5280	1/4750	1/2870	1/5790	1/8680	1/2175	1/4340	1/4340	1/4605	1/2050	1/2050	1/6576
14 - Zuid-Holland - Noordzee noordelijk	1/19220	1/22235	1/21810	1/12820	1/25780	1/38465	1/9610	1/19125	1/19235	1/21295	1/10980	1/10980	1/35830
14 - Zuid-Holland - Noordzee middendeel	1/29060			1/20245	1/37155	1/40815	1/15585	1/32125	1/32125	1/28365	1/17490	1/17490	1/12165
14 - Zuid-Holland - Noordzee zuidelijk	1/24615	1/36095	1/18480	1/28490	1/28490	1/35485	1/14495	1/35485	1/35485	1/34055	1/16360	1/16360	1/24623
14 - Zuid-Holland - Nieuwe Maas	1/34055			1/26315	1/55060	1/48875	1/21210	1/48875	1/48875	1/34055	1/23315	1/23315	1/33579
15 - Lopiker- en Krimpenerwaard	1/2065	1/2075		1/1530		1/7245				1/2065	1/1990	1/1990	1/5732
16 - Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1/4160		1/4690		1/5195	1/10700	1/1680	1/4515	1/3670	1/4160	1/2105	1/2105	1/7276
17 - IJsselmonde	1/8960		1/10010		1/11430	1/12760				1/8960	1/3750	1/3750	1/9615
18 - Pernis	1/6855			1/4960	1/8930	1/11910	1/3895	1/8310		1/6855	1/6765	1/6765	1/3985
19 - Rozenburg	1/3870	1/3915		1/2505	1/5210	1/7390	1/1905	1/3770	1/3820	1/3970	1/3585	1/3585	1/4480
20 - Voorne-Putten - Noordzee	1/4890	1/5625	1/5015	1/3210	1/6485	1/9775	1/2405	1/4870	1/4885	1/4680	1/4400	1/4400	1/7843
20 - Voorne-Putten - Haringvliet	1/15305	1/18235	1/16485		1/20025	1/29210	1/5835	1/14055	1/14125	1/15240	1/7880	1/7880	1/28651
20 - Voorne-Putten - Oude Maas	1/22975	1/27745	1/25920			1/47850				1/38255			1/42182
21 - Hoekse Waard	1/4085	1/4350	1/4485	1/2805	1/5885	1/8525	1/2460	1/3900	1/3900	1/4085			1/6015
22 - Eiland van Dordrecht	1/7465			1/14075	1/19140	1/19140		1/8870	1/8870		1/2430	1/2430	1/11021

	basis	variant 1	variant 2	variant 3	variant 4	variant 5	variant 6	variant 7	variant 8	variant 9	variant 10	Geen immat. schade	Directe formule
24 - Land van Altena	1/2985					1/4805					1/2985	1/2670	1/4237
25 - Goeree-Overflakkee - Noordzee	1/2960			1/2080	1/3705	1/6025	1/1565	1/3630	1/2570			1/2750	1/5054
25 - Goeree-Overflakkee - Haringvliet	1/4900	1/5520	1/5220	1/3275	1/6545	1/9820	1/2455	1/4900	1/4910	1/4900	1/4900	1/4390	1/9646
26 - Schouwen Duiveland - Noordzee	1/6760	1/8695	1/7685	1/4520	1/9040	1/13825	1/3390	1/6765	1/6685	1/7695	1/7695	1/6360	1/9090
26 - Schouwen Duiveland - Oosterschelde	1/5410	1/6940	1/6135	1/3605	1/7215	1/10825	1/2715	1/5410	1/5410	1/6225	1/6225	1/5090	1/6804
27 - Tholen en St. Philipsland	1/2350			1/1645	1/3035	1/4320	1/1270	1/2590	1/2055	1/2340	1/2340	1/2245	1/3772
28 - Noord-Beveland	1/1140	1/1470	1/1295	1/760	1/1525	1/2280	1/570	1/1145	1/1140	1/1260	1/1260	1/1045	1/1585
29 - Walcheren	1/20885			1/14475		1/31045	1/11250	1/23730		1/20585	1/20585	1/18005	1/27146
30 - Zuid-Beveland1	1/2095			1/1675		1/11930	1/1390			1/2240	1/2240	1/2020	1/7376
31 - Zuid-Beveland2	1/1770					1/9235				1/1925	1/1925	1/1760	1/5156
32 - Zeeuwisch Vlaanderen - Westerschelde west	1/825	1/1005	1/920	1/555	1/1110	1/1560	1/420	1/835	1/825	1/905	1/905	1/565	1/1400
32 - Zeeuwisch Vlaanderen - Westerschelde oost	1/665	1/815	1/740	1/445	1/885	1/1315	1/330	1/665	1/670	1/795	1/795	1/450	1/1104
34 - West-Brabant	1/9035	1/9930	1/9450	1/9450	1/11755	1/17150	1/3045	1/11005	1/9590	1/8855	1/8855	1/3075	1/16638
35 - Donge	1/5475	1/6360	1/5950	1/3650	1/6810	1/10065	1/2740	1/5475	1/4950	1/5475	1/5475	1/4865	1/11150
36 - Land van Heusden-de Maaskant	1/1900	1/2080	1/1995	1/1235	1/2530	1/3565	1/950	1/1780	1/1675	1/1820	1/1820	1/1375	1/3865
38 - Bommelerwaard	1/6730		1/7205		1/8730	1/12810	1/2280		1/6265	1/6935	1/6935	1/6300	1/10770
41 - Land van Maas en Waal	1/4965	1/5700		1/3030	1/6135	1/9795	1/2505		1/5105	1/5090	1/5090		1/8271
42 - Ooij en Millingen	1/7685	1/9020	1/8435	1/5300	1/10450	1/15390	1/3885	1/7865	1/7555	1/7675	1/7675	1/7365	1/12139
43 - Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	1/2395	1/2725	1/2680		1/3075					1/1305	1/2250		1/9341
44 - Kromme Rijn - Nederrijn	1/40390			1/27075	1/53540	1/79615	1/20400	1/41130	1/39545	1/40360	1/40360	1/27715	1/64420
44 - Kromme Rijn - Markermeer/Gooimeer	1/380	1/460	1/420	1/255	1/505	1/760	1/190	1/380	1/380	1/400	1/400	1/260	1/651
45 - Gelderse Vallei - Nederrijn	1/124505	1/163640	1/147505	1/88260	1/164395	1/353980		1/134985	1/126905	1/52760	1/124335	1/101630	1/312795
45 - Gelderse Vallei - Eemmeer en Nijkerkernauw	1/1185	1/1420	1/1295	1/785	1/1580	1/2365	1/590	1/1175	1/1180	1/1230	1/1230	1/960	1/2127
46 - Eempolder	1/1465	1/1775	1/1620	1/980	1/1955	1/2935	1/735	1/1465	1/1465	1/1525	1/1525	1/1155	1/2722
47 - Arnhemse- en Velpsebroek	1/18995		1/19955	1/12575	1/24900	1/36520	1/9490	1/18935	1/18150	1/9635	1/19585	1/13410	1/23502
48 - Rijn en IJssel - Bovenrijn	1/34235	1/43485			1/60365	1/89285				1/16515	1/51670		1/70360
48 - Rijn en IJssel - IJssel	1/12880			1/8470	1/15180		1/5900	1/11840	1/11115	1/5765		1/5195	1/20479
49 - IJsselland	1/1895	1/2155	1/2025	1/1275	1/2525	1/3815	1/945	1/1910	1/1910	1/820	1/1885	1/1595	1/3345
50 - Zutphen	1/11475		1/12175	1/7780	1/15120	1/17785	1/5840	1/10415	1/11060	1/4400	1/11130	1/10475	1/20965
51 - Gorssel	1/4670	1/5275	1/4955	1/3085	1/6170	1/9205	1/2335	1/4675	1/4555	1/1905	1/4545	1/4105	1/8191
52 - Oost Veluwe	1/4760	1/5455	1/5140	1/3205	1/6350	1/9600	1/2380	1/4765	1/4720	1/1955	1/4750	1/3990	1/8103
53 - Salland	1/11475	1/13405	1/12415	1/7685	1/15160	1/22450	1/5765	1/11535	1/11205	1/4935	1/11650	1/10000	1/18040

Vet weergegeven zijn de kansen voor dijkringen die in de voorgaande bijlage zijn gecorrigeerd. Deze correctie is niet in deze bijlage uitgevoerd.

Optimale overschrijdingskansen

	basis	variant 1	variant 2	variant 3	variant 4	variant 5	variant 6	variant 7	variant 8	variant 9	variant 10	Geen inmat. schade
1 - Schiermonnikoog	1/350	1/435	1/363	1/244	1/461	1/678	1/184	1/123	1/1001		1/395	1/332
2 - Ameland	1/230	1/282	1/255	1/157	1/301	1/437	1/119	1/81	1/651		1/261	1/217
3 - Terschelling	1/165	1/202	1/183	1/112	1/217	1/318	1/85	1/58	1/467		1/185	1/157
4 - Vlieland	1/176	1/216	1/196	1/120	1/231	1/339	1/87	1/62	1/498		1/201	1/159
5 - Texel	1/1231	1/1532	1/1385	1/849	1/1634	1/2431	1/646	1/436	1/3520		1/1412	1/1207
6 - Friesland en Groningen - Lauwersmeer	1/40	1/48	1/44	1/27	1/52	1/75	1/20	1/14	1/111		1/43	1/6
6 - Friesland en Groningen - Groningen	1/290	1/348	1/302	1/198	1/379	1/555	1/152	1/103	1/809		1/319	1/43
6 - Friesland en Groningen - Waddenzee Friesland	1/172	1/210	1/190	1/118	1/225	1/328	1/90	1/62	1/478		1/187	1/26
6 - Friesland en Groningen - IJsselmeer	1/344			1/235	1/419	1/549	1/193	1/153			1/319	1/69
7 - Noordoostpolder	1/2919	1/4086	1/3264	1/2265	1/3560		1/1425	1/1205			1/2978	1/2643
8 - Flevoland - IJsselmeer	1/1871	1/2474	1/2187	1/1467	1/2436	1/3164					1/1778	1/1719
8 - Flevoland - Markermeer	1/2084			1/1544	1/2592	1/3118		1/952			1/2526	1/1886
10 - Mastenbroek	1/1285	1/1521	1/1296	1/871	1/1681	1/2465	1/663	1/449	1/3636		1/1296	1/1185
11 - IJsseldelta	1/979	1/1156	1/1071	1/681	1/1294	1/1915	1/518	1/329	1/2802		1/1014	1/871
12 - Wieringen	1/2000	1/2323	1/2170	1/1347	1/2543	1/3691	1/1085	1/753	1/5285		1/2774	1/1942
13 - Noord-Holland - Noordzee noordelijk	1/472			1/705	1/1953	1/323					1/595	1/277
13 - Noord-Holland - IJsselmeer noordelijk	1/1090	1/1280	1/1184	1/775	1/1389	1/1944	1/612	1/429	1/2737		1/1124	1/580
13 - Noord-Holland - IJsselmeer zuidelijk	1/1032	1/1221	1/1115	1/722	1/1322	1/1875	1/568	1/323	1/2660		1/1085	1/540
14 - Zuid-Holland - Noordzee noordelijk	1/19220	1/22235	1/21810	1/12820	1/25780	1/38465	1/9610	1/6311	1/57705		1/21295	1/10980
14 - Zuid-Holland - Noordzee middendeel	1/6301			1/4543	1/7871	1/8569	1/3585	1/2530			1/6165	1/3980
14 - Zuid-Holland - Noordzee zuidelijk	1/11735	1/16982		1/8899	1/13513	1/16705	1/7041					1/7912
14 - Zuid-Holland - Nieuwe Maas	1/16397			1/12797	1/26034	1/23212	1/10402				1/16397	1/11392
15 - Lopiker- en Krimpenerwaard	1/1577	1/1585		1/1182		1/5286					1/1577	1/1522
16 - Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1/3218		1/3610		1/3983	1/7973	1/1348	1/1202	1/8195		1/3218	1/1674
17 - IJsselmonde	1/5876		1/6543		1/7441	1/8279					1/5876	1/2528
18 - Pernis	1/4246			1/3099	1/5492	1/7271	1/2449	1/1742	1/10257		1/4246	1/4191
19 - Rozenburg	1/2004	1/2026		1/1338	1/2642	1/3656	1/1038	1/699	1/5498		1/2051	1/1867
20 - Voorne-Putten - Noordzee	1/3161	1/3600	1/3236	1/2138	1/4109	1/6017	1/1635	1/1124	1/8768		1/3034	1/2866
20 - Voorne-Putten - Haringvliet	1/8425	1/9907	1/9024		1/10803	1/15318	1/3454	1/2793	1/21610		1/8393	1/4560
20 - Voorne-Putten - Oude Maas	1/12756	1/15198	1/14268		1/25209						1/20475	
21 - Hoekse Waard	1/2580	1/2738	1/2819	1/1808	1/3646	1/5180	1/1597		1/6995		1/2580	

	basis	variant 1	variant 2	variant 3	variant 4	variant 5	variant 6	variant 7	variant 8	variant 9	variant 10	Geen immat. schade
22 - Eiland van Dordrecht	1/4711			1/8562	1/11441			1/15612				1/1638
24 - Land van Altene	1/2116				1/3286						1/2116	1/1908
25 - Goeree-Overflakkee - Noordzee	1/1070			1/776	1/1314	1/2048	1/598	1/469	1/2565			1/1001
25 - Goeree-Overflakkee - Haringvliet	1/2482	1/2767	1/2630	1/1719	1/3233	1/4681	1/1321	1/903	1/6777		1/2482	1/2245
26 - Schouwen Duiveland - Noordzee	1/1023	1/1248	1/1132	1/743	1/1287	1/1802	1/592	1/425	1/2420		1/1140	1/974
26 - Schouwen Duiveland - Oosterschelde	1/931	1/1138	1/1030	1/671	1/1175	1/1630	1/533	1/380	1/2261		1/1051	1/886
27 - Tholen en St. Philipsland	1/551			1/410	1/682	1/916	1/330	1/237	1/1232		1/557	1/531
28 - Noord-Beveland	1/276	1/339	1/306	1/198	1/350	1/485	1/157	1/112	1/674		1/302	1/257
29 - Walcheren	1/3302			1/2340		1/4792	1/1847	1/1315			1/3258	1/2873
30 - Zuid-Beveland1	1/1048			1/850		1/5327	1/714				1/1119	1/1013
31 - Zuid-Beveland2	1/918					1/4275					1/996	1/913
32 - Zeeuwisch Vlaanderen - Westerschelde west	1/331	1/398	1/367	1/228	1/437	1/602	1/176	1/118	1/928		1/361	1/232
32 - Zeeuwisch Vlaanderen - Westerschelde oost	1/368	1/446	1/407	1/251	1/483	1/703	1/189	1/128	1/1052		1/436	1/254
34 - West-Brabant	1/4458	1/4858	1/4644		1/5665	1/7991	1/1657	1/1945	1/12800		1/4377	1/1671
35 - Donge	1/3289	1/3775	1/3550	1/2267	1/4019	1/5754	1/1742	1/1188	1/8223		1/3289	1/2951
36 - Land van Heusden-de Maaskant	1/1602	1/1754	1/1682	1/1041	1/2133	1/3006	1/801	1/495	1/4237		1/1535	1/1159
38 - Bommelerwaard	1/4754		1/5066		1/6067	1/8729	1/1779		1/12607	1/3230	1/4890	1/4470
41 - Land van Maas en Waal	1/3438	1/3891		1/2228	1/4158	1/6381	1/1893		1/9687		1/3514	
42 - Ooij en Millingen	1/2109	1/2228	1/2177	1/1858	1/2342	1/2673	1/1672	1/1457	1/3050	1/2798	1/2119	1/2079
43 - Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	1/1344	1/1409	1/1401		1/1474					1/1054	1/1306	
44 - Kromme Rijn - Nederrijn	1/3665			1/3117	1/4108	1/4825	1/2779	1/2356	1/5671	1/9681	1/3666	1/3146
44 - Kromme Rijn - Markermeer/Gooimeer	1/120	1/140	1/130	1/86	1/151	1/212	1/68	1/48	1/295		1/125	1/88
45 - Gelderse Vallei - Nederrijn	1/5894	1/6539	1/6286	1/5172	1/6551	1/8766	1/3989	1/3989	1/9011	1/40626	1/5896	1/5457
45 - Gelderse Vallei - Eemmeer en Nijkerkernauw	1/563	1/663	1/610	1/388	1/731	1/1053	1/300	1/205	1/1516		1/583	1/466
46 - Eempointer	1/714	1/850	1/782	1/495	1/928	1/1343	1/381	1/260	1/1940		1/740	1/575
47 - Arnhemse- en Velpsebroek	1/2719		1/2781	1/2250	1/3079	1/3675	1/1978	1/1635	1/4421	1/5743	1/2749	1/2317
48 - Rijn en IJssel - Bovenrijn	1/3525	1/3832			1/4298	1/4928			1/14277		1/4138	
48 - Rijn en IJssel - IJssel	1/2272			1/1881	1/2448		1/1599	1/1330	1/3497	1/3580		1/1510
49 - IJsselland	1/1225	1/1286	1/1256	1/1055	1/1365	1/1595	1/942	1/809	1/1859	1/666	1/1201	1/1148
50 - Zutphen	1/2430		1/2484	1/2104	1/2692	1/2859	1/1892	1/1554	1/3603	1/3711	1/2408	1/2349
51 - Gorssel	1/1741	1/1821	1/1780	1/1493	1/1931	1/2239	1/1346	1/1154	1/2593	1/1607	1/1722	1/1660
52 - Oost Veluwe	1/1753	1/1844	1/1804	1/1514	1/1951	1/2274	1/1356	1/1163	1/2627	1/1649	1/1751	1/1642
53 - Salland	1/2430	1/2574	1/2502	1/2094	1/2694	1/3117	1/1882	1/1614	1/3620	1/4162	1/2450	1/2309

Vet weergegeven zijn de kansen voor dijkringen die in de voorgaande bijlage zijn gecorrigeerd. Deze correctie is niet in deze bijlage uitgevoerd.

Bijlage G Methode raming investeringen in normaanpassing

.....

Twee methoden

Investerings in de dijkversterkingen in de optimale investeringsstrategie vinden plaats om twee redenen:

1. voor het compenseren van de steeds groter wordende overstromingskansen als gevolg van een toename van rivierafvoeren en zeespiegelrijzing;
2. voor het compenseren van de steeds verdere toename van de gevolgen van een overstroming (schade en slachtoffers).

Omdat we er van uitgaan dat het systeem in 2015 op orde is, kunnen alle initiële investeringen (in of voor 2021)²⁹ bij benadering in zijn geheel beschouwd worden als de initiële kosten die nodig zijn voor het bereiken van een efficiënte veiligheidsnorm (een inhaalslag of impuls).

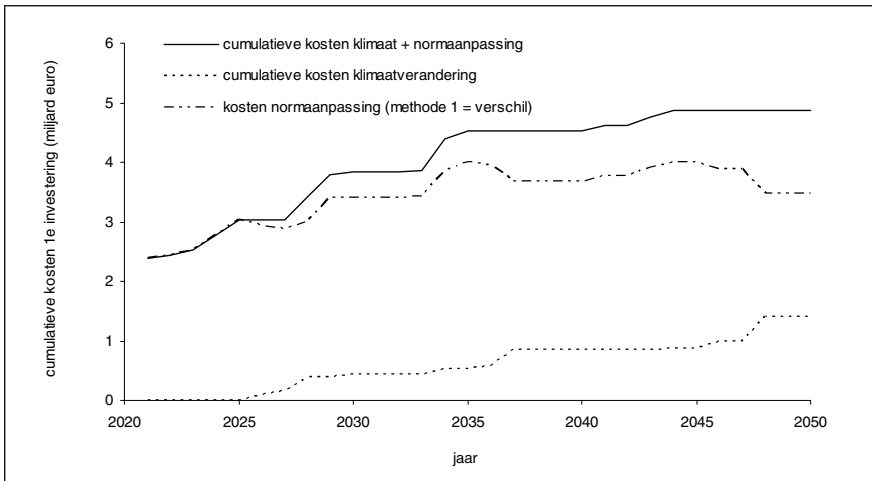
De kosten die gemaakt moeten worden om de overstromingskansen na 2021 niet te laten toenemen, zijn de kosten van klimaatsverandering. Deze horen op zichzelf niet toegerekend te worden aan de kosten van een efficiënte (hogere) veiligheidsnorm, omdat we er van uitgaan dat deze kosten ook gemaakt zullen worden als we besluiten de normen niet aan te passen. De totale kosten die volgen uit de optimale investeringsstrategie moeten dus op een of andere manier toegerekend worden aan de effecten van klimaatsverandering en economische groei (die leidt tot een normaanpassing). Hiervoor kunnen twee methoden gevolgd worden, die we hieronder toelichten. Deze toelichting geven we voor de uitkomsten van **variant 1** en niet voor het basisscenario. De motivatie daarvoor wordt later in deze bijlage gegeven.

Methode 1

In dit geval formuleren we een extra variant waarbij we er van uitgaan dat vanaf 2015 alleen nog klimaatsveranderingen optreden en geen economische groei. De kosten in deze strategie hangen dus in zijn geheel samen met klimaatsverandering. Wanneer we deze in mindering brengen op de totale kosten uit het oorspronkelijke scenario, waarin zowel geïnvesteerd wordt vanwege klimaatsverandering als vanwege economische groei, dan is het resultaat te beschouwen als de kosten die samenhangen met een efficiënte normaanpassing. Het verloop van deze kosten in de tijd is voor variant 1 weergegeven in het volgende figuur.

²⁹ In het model beginnen we te rekenen vanaf het jaar 2021. Voor een motivatie zie hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

Figuur 17: Berekening van de investeringskosten van een optimale norm voor variant 1 (methode 1)



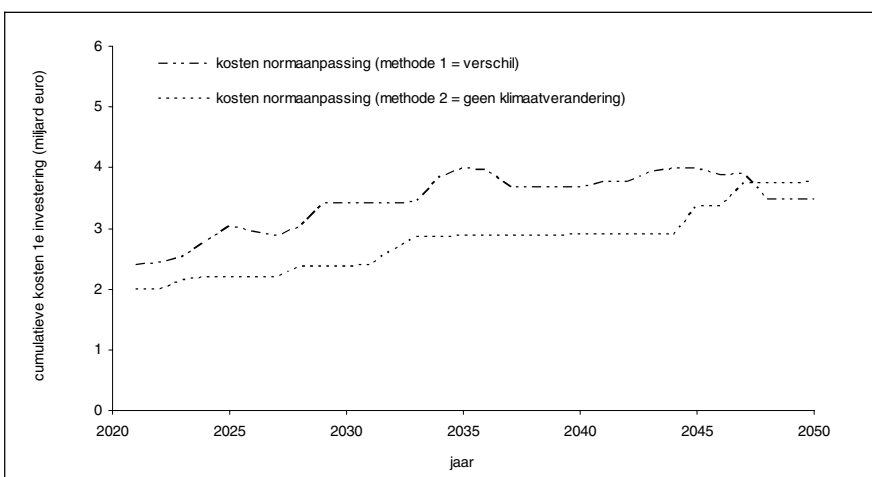
In dit geval berekenen we een initiële impuls bedrag van circa 2,4 miljard euro voor een aantal dijkringen waarvoor in 2015/2020 een hoger normniveau zou kunnen gelden, en een jaarlijks bedrag van circa 35 miljoen euro daarna voor het succesievelijk op een efficiënt normniveau brengen van een aantal van de andere dijkringen. De totale investering in normaanpassing tot 2050 bedraagt volgens deze methode ca. 3,5 miljard euro.

Method 2

In dit geval formuleren we een variant waarbij verondersteld wordt dat het klimaat niet verandert. Dit levert ons direct de kosten die samenhangen met een normaanpassing. Het impulsbedrag in variant 1 is in dit geval wat lager – 2,0 miljard euro – en het jaarlijkse bedrag wat hoger – 60 miljoen euro. In dit geval bedraagt de totale investering in normaanpassing tot 2050 circa 3,8 miljard euro.

De volgende figuur presenteert de resultaten van beide methoden. De uitkomsten van beide methoden liggen dicht bij elkaar.

Figuur 18: Berekening van de investeringskosten van een hogere norm (methode 1 en 2) voor variant 1



Varianten m.b.t. de risico-opslag

De hierboven beschreven methode hebben we toegepast voor verschillende waarden voor de risico-opslag op de disconteringsvoet in verband met macro-economische onzekerheden. De reden dat we deze variëren, is dat er in het traject van de KKBA geen definitief uitsluitsel is verkregen over de te hanteren waarde voor de risico-opslag.

1. basisvariant. Hierin volgen we het formele advies op van het CPB om een risico-opslag van 1,5% per jaar uitsluitend te hanteren op de disconteringsvoet van de schade. De discontovoet voor de kosten bedraagt 2,5% per jaar. Deze variant is geïmplementeerd door op de groeivoet van de schade (1,9% per jaar in de basisvariant) 1,5 procentpunt in mindering te brengen. De (onzekere) groei van de schade met 1,9% per jaar wordt in deze variant dus gewaardeerd als een zekere groei van 0,4% per jaar.
2. variant 1. In deze variant wordt geen risico-opslag gebruikt. Zowel de kosten als de schade worden gedisconteerd met 2,5% per jaar. In deze variant groeit de schade met 1,9% per jaar. In deze variant sluiten we aan bij de werkwijze zoals die door het CPB gevolgd is in de KBA Ruimte voor de Rivier (Eijgenraam, 2005).
3. Een extra variant. In deze variant wordt zowel aan de kosten als aan de schade kant een opslag van 1,5% op de discontovoet gebruikt. Kosten en schade worden dus verdisconteerd met 4% per jaar. Ook in deze variant groeit de schade met 1,9% per jaar.

Benodigde investeringen per variant m.b.t. de risico-opslag

In onderstaande tabel staan de benodigde investeringen (impuls voor de periode ca 2015-2020; een jaarlijks bedrag voor de periode 2020-2050 en het totaal voor de periode 2015-2050).

Variant	Methode	Impuls miljard euro	Jaarlijks miljoen euro	Totaal miljard euro
Basisvariant	1	2,2	-13	1,8
<i>discontovoet kosten 2,5%</i>	2	1,2	11	1,5
<i>discontovoet schade 4,0%</i>	Gemiddeld	1,7	1	1,7
Variant 1	1	2,4	37	3,5
<i>discontovoet kosten 2,5%</i>	2	2,0	61	3,8
<i>discontovoet schade 2,5%</i>	Gemiddeld	2,2	49	3,6
Extra variant	1	0,7	46	2,0
<i>discontovoet kosten 4%</i>	2	0,4	63	2,2
<i>discontovoet schade 4%</i>	Gemiddeld	0,5	54	2,1

Uit deze berekeningen blijkt dat de impuls in de basisvariant in omvang niet veel afwijkt van die van variant 1. Omdat in de basisvariant vervolgens de "netto" toename van de schade nog slechts 0,4% per jaar bedraagt (1,9% groei minus 1,5% risico-opslag), worden er na de eerste impuls nog nauwelijks aanvullende kosten gemaakt. Dit impliceert dat wanneer we in toekomst desondanks met een groei van 1,9% te maken krijgen, waar we in dit scenario van uit gaan, dat dan in deze variant te weinig kosten worden begroot. Op basis van de basisvariant is een realistische kostenschatting voor de vervolgjaren na de impuls derhalve niet te maken.

Wanneer we uitgaan van variant 1 of van de extra variant, dan zijn de jaarlijkse extra benodigde investeringsbedragen in beide gevallen circa 50 miljoen euro per jaar. In de extra variant is de impuls wel aanzienlijk kleiner: circa 0,5 miljard euro.

Totdat er meer uitsluitel is over de te hanteren risico-opslag op de discontovoet, lijkt het vooralsnog het meest voor de hand te liggen om uit te gaan van een impuls van circa 2 miljard euro en een jaarlijks extra bedrag van 50 miljoen euro. De impuls van 0,5 miljard euro is immers gebaseerd op een risico-opslag van 1,5% op de kosten. Noch in het formele advies van het CPB, noch in de KBA Ruimte voor de Rivier wordt geadviseerd een risico-opslag op de kosten te hanteren voor de hier uitgevoerde analyse.

Overige varianten

Naast bovenstaande varianten zijn er nog twee varianten (7 en 8) uitgewerkt voor het ramen van de bandbreedte van het investeringsbedrag en is er nog een variant uitgewerkt waarbij de toename van de schade 75% bedraagt van de oorspronkelijke raming. In alle gevallen is er geen risico-opslag op de discontovoeten gehanteerd. De resultaten staan in onderstaande tabel.

Variant	Methode	Impuls miljard euro	Jaarlijks miljoen euro	Totaal miljard euro
Variant 7	1	0,1	54	1,7
	2 *)	nvt	nvt	nvt
	Gemiddeld	0,1	54	1,7
Variant 8	1	6,4	36	7,4
	2	5,0	49	6,5
	Gemiddeld	5,7	43	7,0
Variant 1; minder toename schade	1	2,2	37	3,2
	2	1,5	58	3,2
	Gemiddeld	1,8	47	3,2

*) methode 2 gaf geen zinvol resultaat, omdat in deze variant de oorspronkelijke kansen zeer klein zijn en ook blijven.

Varianten 7 en 8 geven een bandbreedte aan van - 50% en + 100% op het totaal van het bedrag van 3,5 miljard euro en van -100% en + 100% op het impulsbedrag van 2 miljard euro. De uitkomsten van variant 1 zijn in paragraaf 6.2.3 van de hoofdtekst gebruikt.

Bijlage H Investerings tot 2050 in de basisvariant

In totaal zijn er 170 trajecten in de database onderscheiden. In onderstaande tabel staan alleen die trajecten waarin tot 2050 in het basisscenario geïnvesteerd wordt. Dit zijn investeringen die zowel samenhangen met klimaatsverandering als met normverhoging. Zie ook Bijlage G.

Nr	Dijkring	Deel	Traject	Jaar	Hoogte cm	Kosten M€
7	Noordoostpolder	1	Ketelmeer	2030	29	14,7
7	Noordoostpolder	1	Zwarte Water	2030	29	12,7
8	Flevoland	2	Vossemeer	2021	30	12,4
14	Zuid-Holland	2	Zandvoort	2021	55	45,7
14	Zuid-Holland	2	Noordwijk	2021	58	27
14	Zuid-Holland	3	Nwe Waterweg kmr 1010-1026	2021	27	79,7
14	Zuid-Holland	4	Nieuwe Maas	2023	14	13,6
14	Zuid-Holland	4	Nieuwe Maas	2021	26	74,9
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	1	Lek rkm 950-972	2028	41	125,4
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	1	Lek rkm 973-989	2028	20	40,3
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	1	Lek	2021	31	21,1
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	1	Nieuwe Maas	2044	13	8,4
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Lek rkm 950-972	2021	46	227,3
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Lek rkm 973-989	2021	23	66,9
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Lek	2021	31	30,5
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Noord	2021	11	29,2
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Noord	2021	27	25,6
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Beneden Merwede	2021	23	50,7
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Beneden Merwede	2021	31	57,1
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1	Boven Merwede	2021	53	93,5
17	IJsselmonde	1	Nieuwe Maas	2043	0	2,7
17	IJsselmonde	1	Nieuwe Maas	2031	23	125,6
17	IJsselmonde	1	Noord	2031	15	16
17	IJsselmonde	1	Noord	2031	24	27,6
17	IJsselmonde	1	Oude Maas	2031	24	87,9
20	Voorne-Putten	2	Haringvliet/HD	2021	51	26,5
20	Voorne-Putten	2	Spui	2021	51	14,3
20	Voorne-Putten	2	Hartelkanaal	2021	90	9
20	Voorne-Putten	3	Spui	2021	70	25,6
20	Voorne-Putten	3		2021	36	19
20	Voorne-Putten	3	Hartelkanaal	2021	108	17,2
21	Hoekse Waard	1	Haringvliet	2021	29	12,7
21	Hoekse Waard	1	Haringvliet	2021	33	19,2
21	Hoekse Waard	1	Hollands Diep	2021	38	19,8
21	Hoekse Waard	1	Hollands Diep	2021	43	20,3
21	Hoekse Waard	1	Dordtse Kil	2021	33	4,7
21	Hoekse Waard	1	Dordtse Kil	2021	43	16,9
21	Hoekse Waard	1	Oude Maas	2021	26	13
21	Hoekse Waard	1	Oude Maas	2021	23	13,8

Nr	Dijkring	Deel	Traject	Jaar	Hoogte cm	Kosten M€
21	Hoekse Waard	1	Spui	2021	26	9,8
21	Hoekse Waard	1	Spui	2021	32	23,6
22	Eiland van Dordrecht	1	Nieuwe Merwede	2021	63	35,2
22	Eiland van Dordrecht	1	Nieuwe Merwede	2021	56	83,9
22	Eiland van Dordrecht	1	Dordtse Kil	2021	64	63,1
22	Eiland van Dordrecht	1	Wantij	2021	38	55,2
22	Eiland van Dordrecht	1	Oude Maas	2021	28	35,8
34	West-Brabant	1	Hollandsch diep	2021	58	45,2
34	West-Brabant	1	Hollandsch diep	2021	54	39,2
34	West-Brabant	1	Begsche Maas	2021	65	9,9
34	West-Brabant	1	Amer	2021	49	31,3
35	Donge	1	NB: Keesluis Geertruidenberg	2024	49	81,9
36	Land van Heusden-de Maaskant	1	Maas rkm 150-199	2034	54	179
36	Land van Heusden-de Maaskant	1	Maas rkm 199-214	2034	54	48,7
36	Land van Heusden-de Maaskant	1	Maas rkm 214-217	2034	54	11
36	Land van Heusden-de Maaskant	1	Maas rkm 217-227	2034	54	32,3
36	Land van Heusden-de Maaskant	1	Maas rkm 228-230	2034	54	7,9
36	Land van Heusden-de Maaskant	1	Maas rkm 227-228; 230-235	2034	54	17
38	Bommelerwaard	1	Maas rkm 213-224	2021	107	31,5
38	Bommelerwaard	1	Maas rkm 211-213; 214-226	2021	107	14,1
38	Bommelerwaard	1	Waal rkm 926-951	2021	33	61,8
41	Land van Maas en Waal	1	Maas rkm 166-200	2021	84	169,9
41	Land van Maas en Waal	1	Maas rkm 200-205	2021	91	19,5
41	Land van Maas en Waal	1	Waal rkm 883-921	2021	26	86,3
42	Ooij en Millingen	1	Waal rkm 865-874	2028	40	16,5
42	Ooij en Millingen	1	Waal rkm 874-884	2028	40	19
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	1	Waal rkm 869-878	2021	37	24,5
44	Kromme Rijn	1	Nederrijn rkm 923-950	2021	28	44,9
45	Gelderse Vallei	1	Nederrijn rkm 901-908	2021	49	11,2
47	Arnhemse- en Velpsebroek	1	IJssel rkm 880-890	2021	27	9,5
47	Arnhemse- en Velpsebroek	1	Nederrijn rkm 881-885	2021	26	5,5
48	Rijn en IJssel	1	PK rkm 868-873	2021	51	10,8
48	Rijn en IJssel	1	Bovenrijn rkm 860-862	2021	50	11,7
48	Rijn en IJssel	1	Bovenrijn rkm 862-868	2021	40	11,3
48	Rijn en IJssel	2	PK rkm 873-879	2021	28	8,2
48	Rijn en IJssel	2	IJssel rkm 879-902	2021	23	20,5
48	Rijn en IJssel	2	Oude IJssel	2021	23	15,9
50	Zutphen	1	IJssel rkm 922-923	2021	31	4,3
50	Zutphen	1	IJssel rkm 923-930	2021	31	26,1
51	Gorssel	1	IJssel rkm 930-942	2041	30	15,2
52	Oost Veluwe	1	IJssel rkm 912-914	2043	33	3,9
52	Oost Veluwe	1	IJssel rkm 914-972	2043	33	112,9
53	Salland	1	IJssel rkm 942-943;947-976	2021	40	98,4
53	Salland	1	IJssel rkm 943-947; 976-981	2021	40	32,3
Totaal						3244,21

Bijlage I Vergelijking met de resultaten van de Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen

Het rapport van de Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen (Commissie Vellinga) becijfert een eenmalige investeringsimpuls van 9 miljard euro voor de periode 2015-2025 voor het “economisch optimaal” op orde brengen van de primaire waterkeringen.

De adviescommissie gaat uit van 1200 km primaire waterkering waarvoor een hogere norm zou moeten gelden en van een gemiddeld bedrag van 7,5 miljoen euro per kilometer; in totaal 9 miljard euro.

In de KKBA wordt in het basisscenario voor deze periode slechts een hogere norm voor circa 500 kilometer keringen gevonden. De kosten daarvan zijn geraamd op gemiddeld zo'n 4 miljoen euro per kilometer. Dit leidt tot een impuls van ruim 2 miljard euro.

De ramingen van de adviescommissie en die van de KKBA WV21 gaan uit van het zelfde basismateriaal met betrekking tot kosten van dijkversterkingen (in het bijzonder een aantal studies van Arcadis die zijn uitgevoerd ten behoeve van de KBA Ruimte voor de Rivier).

Bijlage J Totale investeringsbehoefte

De volgende tabel geeft de kosten voor waterveiligheid zoals die zijn opgenomen in de Rijksbegroting van 2008.

Post	2008-2012	na 2012	totaal
	in miljoen euro		
Begroting			
Deltaplan grote rivieren	36	0	36
Maatregelen i.r.t. rivierverruiming	56	25	81
Dijkversterking en Herstel steenbekleding	367	230	597
Hoogwaterbeschermingsprogramma	915	552	1467
Overige onderzoeken en kleine projecten	82	62	144
Extra spuicapaciteit Afsluitdijk	243		243
Overige steenzetting	168		168
Ruimte voor de Rivier	1242		1242
Maaswerken	195		195
Totaal begroting	3305	869	4174

De rijksbegroting van 2008 laat een bedrag zien voor 2008-2012 van gemiddeld 660 miljoen euro per jaar.

Uit de berekeningen volgt een extra impulsbedrag van 2 miljard euro en 50 miljoen euro per jaar om de normen efficiënt aan te passen. Als we uitgaan van een periode van 10 jaar waarin dit bedrag uitgegeven zou worden, dan leidt dit tot een extra kostenpost van 200 tot 250 miljoen euro per jaar voor de periode 2015-2025.

Aanvullend dienen ook de kosten die samenhangen met mogelijke klimaatsverandering meegenomen te worden. Sprong begroot die voor een scenario tot 2100 van 60 cm zeespiegelstijging per eeuw, een rijnafvoer van 18000 m³/s en een maasafvoer van 4600 m³/s op circa 20 miljard euro, ofwel gemiddeld op 200 miljoen euro per jaar (Sprong, 2008).

In totaal leidt dit tot uitgaven in waterveiligheid van circa 400 tot 450 miljoen euro per jaar (2015-2025) en van 250 miljoen euro per jaar daarna.

Bedacht te worden dat het impulsbedrag van 2 miljard en de aanvullende 50 miljoen euro jaarlijks gebaseerd zijn op de kosten van dijkversterking, die veelal financieel het goedkoopste zijn. Worden in plaats hiervan rivierverruimende maatregelen getroffen, dan dient rekening gehouden te worden met twee keer zo hoge kosten. Het bedrag loopt dan op tot 600 tot 700 miljoen euro per jaar voor de periode 2015-2025 en tot 300 miljoen euro per jaar daarna. Het eerste bedrag is vergelijkbaar met het huidige jaarlijkse bedrag uit de begroting.³⁰

Bovenstaande ramingen zijn exclusief onderhoud en groot onderhoud aan B-keringen, exclusief de kosten die mogelijk voortvloeien uit meer kennis over faalmechanismen (zoals

³⁰ In de ramingen van Sprong is al uitgegaan van rivierverruiming voor de Rijn en Maas.

pipng, uit VNK2) en exclusief de kosten die mogelijk gemaakt zullen worden voor de overige schakels uit de veiligheidsketen (compartimenteringsdijken e.d.).

Deze tekst is in de vorm van een discussienotitie geschreven.

Auteur: Johan Gauderis

1. Inleiding

In deze nota worden alternatieve werkwijzen besproken voor de waardering van spreidingsrisico's in de KKBA en KBA WV21. Met spreidingsrisico's wordt de spreiding van de werkelijke overstromingsschade rond de gemiddelde overstromingsschade (mathematische verwachting) bedoeld.

De volgende methoden passeren achtereenvolgens de revue:

- verwacht nut;
- methode gebaseerd op "rank dependent utility" and "prospect theory";
- groepsrisico;
- lineaire functie van de mathematische verwachting en de standaardafwijking van de overstromingsschade, voorgesteld o.a. door Vrijling (1995).

Macro-economische risico's, een andere bron van spreidingsrisico's, worden in deze notitie niet behandeld.

2. Probleemstelling

In het rekenmodel van de KKBA WV21 wordt de overstromingsschade in principe met een Bernoulliverdeling gemodelleerd. In elke dijkkring i is er een kans van P_i op een overstroming die schade S_i veroorzaakt. Met kans $(1-P_i)$ is er geen overstroming en is de schade gelijk aan 0.

Het begrip 'overstromingsrisico' wordt meestal gedefinieerd als de mathematische verwachting van de overstromingsschade, d.w.z. de kans op een overstroming maal de schade³¹. In dijkkring i bedraagt de verwachte overstromingsschade $P_i * S_i$.

In werkelijkheid doet de verwachte overstromingsschade zich nooit voor. Ze is het gemiddelde van twee extreme situaties: een situatie met overstroming en schade van S_i en een situatie zonder overstroming en schade van 0. De werkelijke schade die zal optreden is dus onzeker. Deze onzekerheid wordt ook met de term 'risico' aangeduid, en meer bepaald 'spreidingsrisico' omdat ze gekenmerkt wordt door een spreiding van de mogelijke uitkomsten rond een gemiddelde waarde.³²

³¹ Deze definitie wordt onder meer gehanteerd in de *Standaardmethode 2005 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen* (Kok e.a. 2005). De Standaardmethode is geïmplementeerd in de Schade en Slachtoffer Module van het Hoogwater Informatie Systeem (HIS-SSM). HIS-SSM wordt in de KKBA van WV21 voor de berekening van de potentiële overstromingsschade gebruikt.

³² In de aanvulling op de OEI-leidraad over risicowaardering wordt ook het onderscheid gemaakt tussen risico's ten gevolge van bijzondere gebeurtenissen die op basis van 'kans maal gevolg' gewaardeerd worden, en spreidingsrisico's waarvoor andere waarderingsmethodes gebruikt worden. Overstromingen vallen in de categorie van bijzondere

De aanwezigheid van spreidingsrisico beïnvloedt in potentie de waardering van het overstromingsrisico. Beschouw de twee hypothetische dijkringen in Tabel 12. In beide dijkringen bedraagt de verwachte schade 10, maar de achterliggende kansen en overstromingsschade zijn verschillend. In dijkkring 1 is de verwachte schade het product van een overstromingskans van 1/1000 en een overstromingsschade van 10.000. In dijkkring 2 is de overstromingskans 10 maal kleiner (1/10.000), maar de schade in geval zich een overstroming voordoet 10 maal hoger (100.000).

Tabel 12 Twee hypothetische dijkringen

	Kans op overstroming (p)	Schade van overstroming (S)	Verwachte schade (p * S)	Standaardafwijking van schade
Dijkkring 1	1/1000	10.000	10	316
Dijkkring 2	1/10.000	100.000	10	1000

Veronderstel nu dat er twee waterveiligheidsprojecten zijn, één voor elke dijkkring, die de overstromingskans tot nul herleiden. In een KBA waarin de overstromingsrisico's op basis van de verwachte schade gewaardeerd worden, zijn de baten van beide projecten even groot. Ze leiden immers beide tot een vermeden verwachte schade van 10. Vele beleidsmakers zullen echter aanvoelen dat de bescherming van de tweede dijkkring toch belangrijker is dan de bescherming van de eerste dijkkring omdat in het slechtste geval (namelijk bij overstroming) de schade veel groter is in de tweede dan in de eerste dijkkring. Naast de verwachte schade lijkt dus ook de spreiding van die schade een rol in de besluitvorming te spelen, waarbij een grote spreiding negatief ervaren wordt.

Ook individuele huishoudens houden niet van spreiding. Dit blijkt ondermeer uit de aankoop van vrijwillige verzekeringen. De verzekeringspremie is altijd hoger dan het verwachte schadebedrag (of anders zouden verzekeraars hun beheerskosten niet kunnen dekken en geen winst kunnen maken). Toch zijn huishoudens bereid om de verzekering te komen omdat ze de spreiding van de uitkomsten vermindert.

De gebruikelijke maatstaf van spreiding is de standaardafwijking. De laatste kolom van Tabel 12 toont de standaardafwijking van de schade. Bij een Bernoulliverdeling is de standaardafwijking gelijk aan de vierkantswortel van $p_i * (1-p_i) * S_i^2$.

Maatregelen voor hoogwaterbescherming verminderen de overstromingskans en verlagen daardoor zowel de verwachte schade als de spreiding rond de verwachte schade.³³ Het hierboven beschreven voorbeeld toont aan dat beide risicoaspecten in de evaluatie van de

gebeurtenissen. Een bijzondere gebeurtenis veroorzaakt echter tegelijkertijd een spreidingsrisico omdat de gebeurtenis wel of niet plaatsvindt met sterk verschillende gevolgen. In de aanvulling op de OEI-leidraad wordt aan de waardering van het spreidingsrisico van bijzondere gebeurtenissen geen aandacht besteed. Vermoedelijk dachten de auteurs vooral aan kleinere gebeurtenissen, bijvoorbeeld een tegenslag tijdens de bouwwerken waardoor de aanlegkosten met een beperkt percentage toenemen. De spreiding van de uitkomsten is dan relatief klein. In geval van grote overstromingen, zoals beschouwd in WV21, is de spreiding van de uitkomsten veel groter. Het spreidingsrisico verdient dan wel aandacht.

³³ Althans indien de overstromingsschade een Bernoulliverdeling volgt en indien de initiële overstromingskans kleiner dan 50% is. De lezer kan zelf gemakkelijk verifiëren dat een verlaging van de overstromingskans dan ook de standaardafwijking van de overstromingsschade doet dalen. Bij andere kansverdelingen dan de Bernoulliverdeling is deze conclusie niet meer algemeen geldig. Bijvoorbeeld: indien een verlaging van de kans op overstrooming leidt tot een grotere schade van de resterende overstromingen (kenmerkend voor de kuststreek), dan is het mogelijk dat een verlaging van de overstromingskans gepaard gaat met een stijging van de standaardafwijking van de overstromingsschade.

betrokkenen (beleidsmakers en huishoudens) meespelen. De vraag stelt zich bijgevolg hoe het spreidingsrisico in de KKBA meegenomen kan worden.

3. Verwacht nut

Beschrijving van de methode

De conventionele aanpak voor de analyse van beslissingen bij onzekerheid is gebaseerd op de maximering van het verwachte nut.

Veronderstel:

p = kans op overstroming;

S = overstromingsschade;

C = consumptiepeil indien er geen overstroming is;

$U(C)$ = nut van het gemiddelde huishouden in de dijkring.

De verwachte schade is gelijk aan $p \cdot S$ en het verwachte consumptiepeil bedraagt $C - p \cdot S$. Het verwachte nut wordt gegeven door de volgende gelijkheid:

Dan is het verwachte nut gelijk aan:

$$E(U) = p \cdot U(C-S) + (1-p) \cdot U(C)$$

Indien de nutsfunctie concaaf is kan men aantonen dat:

$$U(C-p \cdot S) > E(U).$$

Veronderstel nu dat er een hoogwaterbeschermingsproject uitgevoerd wordt, waardoor de kans op overstroom tot nul herleid wordt. Uit de bovenstaande ongelijkheid volgt dat de waarde van (d.w.z. maximale betalingsbereidheid voor) dit project groter is dan het bedrag van de verwachte schade. Indien de kostprijs van het project exact gelijk is aan de verwachte schade dan is het nut van het gemiddelde huishouden na de uitvoering van het project gelijk aan $U(C-p \cdot S)$. Zonder project heeft dit huishouden een verwacht nut $E(U)$, wat minder is dan $U(C-p \cdot S)$. Zelfs als de kostprijs van het hoogwaterbeschermingsproject iets hoger dan $p \cdot S$ was, zou het zekere nutsniveau $U(C - \text{kostprijs hoogwaterbescherming})$ nog steeds groter zijn dan het onzekere, verwachte nutsniveau $E(U)$.

Veronderstel dat B de maximale betalingsbereidheid voor het hoogwaterbeschermingsproject is. B wordt bepaald door de volgende gelijkheid:

$$U(C-B) = E(U).$$

We hebben boven al aangetoond dat $B > p \cdot S$. Het verschil $B - p \cdot S$ is de risicopremie die de huishoudens bereid zijn om bovenop de vermeden, verwachte schade te betalen om het spreidingsrisico weg te nemen.

Een concave nutsfunctie stemt overeen met risicoaversie.³⁴ Omdat de huishoudens risicoavers zijn, zijn ze bereid zijn om meer te betalen voor hoogwaterbescherming dan het bedrag van

³⁴ Risiconeutraliteit stemt overeen met een lineaire nutsfunctie en risicovoorkeur met een convexe nutsfunctie.

de verwachte schade. Naast de vermeden schade hechten ze ook waarde aan de vermindering van de onzekerheid die het hoogwaterbeschermingsproject biedt.

Een werkwijze om spreidingsrisico's in de KKBA mee te nemen is door de maximalisering van het verwachte nut als doelstelling te hanteren in plaats van de minimalisering van de som van verwachte schade en beschermingskosten. Daarvoor moeten we de nutsfunctie van het gemiddelde huishouden kennen. Dat stelt ons voor een ernstig probleem. Nut is niet direct observeerbaar. Het nutsniveau kan ook niet op indirecte wijze uit het wel observeerbare keuzegedrag van individuen afgeleid worden. Een bepaald keuzegedrag kan in het algemeen door verschillende nutsfuncties verklaard worden, die elk tot een andere raming van de risicopremie leiden.

In de theoretische en empirische literatuur wordt dit probleem doorgaans opgelost (of uit de weg gegaan) door de aandacht te beperken tot de klasse van iso-elastische nutsfuncties. Deze hebben de volgende vorm:

$$U(C) = \frac{C^{1-\gamma}}{1-\gamma} \quad \text{voor } \gamma > 0, \gamma \neq 1$$
$$= \ln(C) \quad \text{voor } \gamma = 1$$

Men kan aantonen dat:

$$\gamma = - \frac{U''(C) C}{U'(C)}$$

De parameter γ heeft twee interpretaties. Ze is ten eerste gelijk aan het negatief van de elasticiteit van het marginale nut van consumptie. Ze is daarnaast een maatstaf van de concaviteit van de nutsfunctie, en dus ook van de mate van risicoaversie. Meer bepaald is γ gelijk aan de relatieve risicoaversie, en zijn iso-elastische nutsfuncties tevens nutsfuncties met een constante relatieve risicoaversie.³⁵ Iso-elastische nutsfuncties hebben een zeer aantrekkelijke eigenschap: de risicopremie is een constante fractie van het gemiddelde consumptieniveau, ongeacht de hoogte van dit consumptieniveau. Dit vermijdt bijvoorbeeld dat we een andere uitkomst voor de risicopremie verkrijgen naargelang we het consumptieniveau in gulden of euro uitdrukken.

Met behulp van de gelijkheid $U(C-B) = E(U)$ kan de risicopremie ($B - p \cdot S$) berekend worden. In geval van een iso-elastische nutsfunctie hangt ze af van vier parameters:

- de overstromingskans zonder hoogwaterbeschermingsproject;
- de overstromingskans met hoogwaterbeschermingsproject;
- het schadepercentage S/C .
- de relatieve risicoaversie γ .

Tabel 13 toont de risicopremie voor een aantal combinaties van de bovenvermelde parameters. Het blijkt dat de overstromingskansen nauwelijks een impact op de hoogte van de risicopremie hebben, zodat het aantal bepalende parameters tot twee herleid wordt: het

³⁵ In de Engelstalige literatuur spreekt men van "constant relative risk aversion (CRRA) utility functions."

schadepcentage en de relatieve risicoaversie.³⁶ Deze hebben echter een zeer sterke invloed op de risicopremie. Naargelang de keuze van de parameters varieert de risicopremie in Tabel 13 van 3% tot meer dan 600%.³⁷

Tabel 13 Risicopremies bij iso-elastische nutsfuncties

Overstromingskans		relatieve risicoaversie								
zonder project	met project	1			2			5		
		schadepcentage			schadepcentage			schadepcentage		
		5%	25%	50%	5%	25%	50%	5%	25%	50%
1/1000	1/10000	3%	15%	39%	5%	33%	100%	14%	116%	642%
1/2500	1/10000	3%	15%	39%	5%	33%	100%	14%	116%	647%
1/1000	1/4000	3%	15%	39%	5%	33%	100%	14%	116%	641%

Merk op dat het eigenlijk niet nodig is om in het KKBA-rekenmodel het verwachte nut te maximaliseren. Men kan als voorheen de som van de verwachte schade en de beschermingskosten minimaliseren, waarbij de verwachte schade met de risicopremie verhoogd wordt.

Beoordeling van de methode

- De risicopremie varieert zeer sterk in functie van het schadepcentage en de graad van relatieve risicoaversie. Een betrouwbare schatting van deze parameters is noodzakelijk om de risicopremie te kunnen bepalen. In de praktijk is dat zeer lastig.
- We beschikken over redelijk goede informatie over de overstromingsschade. Toch is de bepaling van het schadepcentage niet zonder problemen. Een eenvoudige deling van het schadebedrag door het bruto regionaal product van de getroffen dijkkring volstaat niet. We moeten nagaan hoe de schade inwerkt op het consumptiepeil van de ingezetenen van Nederland. Daarbij speelt ook de spreiding van de schade een rol. Via vergoeding van de schade door de overheid (Wet tegemoetkoming schade bij rampen en zware ongevallen) en verzekeringsmaatschappijen wordt de schade van de direct getroffen over een groter aantal personen verdeeld. Het gemiddelde schadepcentage, en dus de risicopremie, wordt daardoor kleiner. De overheid kan bovendien een buitenlandse lening afsluiten om de schadevergoeding te financieren en deze over meerdere jaren terugbetalen. De impact op het consumptiepeil in een gegeven jaar wordt dan nog kleiner. Over al deze zaken moeten gemotiveerde aannames gemaakt worden om het schadepcentage correct te bepalen. Maar al bij al lijkt dat een haalbare taak.
- Over de graad van relatieve risicoaversie zijn echter heel wat minder gegevens beschikbaar. Blanchard en Fischer (1989, p. 44) stellen dat de empirische schattingen van γ gewoonlijk rond of onder 1 liggen, zonder echter concrete bronnen te citeren. De berekeningen van Hallegatte (2006) gaan eveneens uit van $\gamma = 1$. Wegens gebrek aan informatie kan de betrouwbaarheid van deze raming niet bepaald worden.
- Het waargenomen gedrag van individuen in de werkelijkheid (bijvoorbeeld bij het aangaan van verzekeringen en het beleggen) en in laboratoriumexperimenten blijkt

³⁶ Van zodra de overstromingskansen kleiner dan 1/100 zijn, hebben ze maar een geringe impact op de hoogte van de risicopremie, tenzij de relatieve risicoaversie zeer hoog is (meer dan 10).

³⁷ Ter vergelijking: de materiële schade van de watersnoodramp van 1953 bedroeg ongeveer 6% van het Nederlandse Bruto Binnenlands Product (BBP). De consumptie-uitgaven van de huishoudens vertegenwoordigen ongeveer de helft van het BBP, zodat de impact op het consumptiepeil dubbel zo hoog uitvalt.

meestal zeer sterk af te wijken van de voorspellingen van de theorie van het verwachte nut met nutsfuncties met constante relatieve risicoaversie. Thaler en Rabin (2001) vatten de empirische bevindingen als volgt samen: "... the correct conclusion for economists to draw ... is that people do not display a consistent coefficient of relative risk aversion, so it is a waste of time to try to measure it."

4. Methode gebaseerd op 'rank dependent utility' and 'prospect theory'

Beschrijving van de methode

De bovenvermelde problemen met de theorie van het verwachte nut hebben geleid tot de ontwikkeling van alternatieve theorieën over het keuzegedrag onder onzekerheid. Botzen en Van den Bergh (2006) passen de belangrijkste van deze alternatieve theorieën toe in de context van overstromingsrisico's. Hun model incorporeert twee theorieën.

- 'Rank dependent utility'. Volgens deze theorie worden de kansen van gebeurtenissen gewogen in functie van de uitkomst van de gebeurtenis. Een waarschijnlijkheid van een gebeurtenis met slechte uitkomst kan dan zwaarder wegen dan dezelfde waarschijnlijkheid van een gebeurtenis met goede uitkomst.
- 'Prospect theory' (Kahneman and Tversky 1979 en 1992). In de standaard nutstheorie wordt het nut van een individu bepaald door zijn inkomen. Positieve en negatieve gebeurtenissen doen dit inkomen stijgen of dalen. In prospect theory worden winsten en verliezen niet ten opzichte van het referentie-inkomen geëvalueerd, maar ten opzichte van het nulpunt. Dit laat toe om 'loss aversion' te modelleren die in de werkelijkheid meestal waargenomen wordt.

Botzen en Van den Bergh hanteren op basis van de literatuur (laboratoriumexperimenten) de volgende functionele specificaties:

- nutsfunctie: $U(x) = -2,25(-x)^{0,88}$ voor $x < 0$ (verliezen);
- weging van waarschijnlijkheden: $w(p) = p^c / (p^c + (1-p)^c)^{1/c}$ met $c=0,61$ voor negatieve gebeurtenissen (verliezen) en $c=0,69$ voor positieve gebeurtenissen (winsten).

Zij berekenen de risicopremie voor een overstroming in dijkkring 14 met een schade van 62.600 euro per huishouden (gekozen op basis van informatie uit VNK). De resultaten worden in Tabel 14 gepresenteerd. De risicopremies bedragen ongeveer 300% van de verwachte schade. In het conventionele verwacht nutsmodel worden dergelijke percentages enkel bij een hoge graad van relatieve risicoaversie verkregen.

Tabel 14 Resultaten van Botzen en Van den Bergh (2006)

Klimaat	Overstromings- kans	Verwachte schade	Betalingsbereidheid	Risicopremie	
		(euro)	om overstroming te vermijden	euro	% verwachte schade
Huidige situatie	1/1250	50	231	181	362
Opwarming aarde +1°C	1/750	83	343	260	313
Opwarming aarde +2°C	1/550	114	436	322	282

Beoordeling van de methode

- Prospect theory wordt veel sterker ondersteund door waarnemingen van werkelijk keuzegedrag dan de theorie van het verwachte nut.
- Niettemin bestaan er weinig gegevens over de parameters van de nutsfunctie en de wegingsfunctie voor de waarschijnlijkheden. De parameters die Botzen en Van den Bergh hanteren komen uit slechts enkele literatuurbronnen en zijn gebaseerd op laboratorium-experimenten. In het licht van het grote belang dat prospect theory aan de beslissings-context over het keuzegedrag van individuen hecht, kan men twijfelen of die parameters naar de context van overstromingsrisico's overdraagbaar zijn.
- De relatieve risicopremie (percentage in verhouding tot de gemiddelde schade) in het model van Botzen en Van den Bergh is constant ongeacht het schadebedrag. Of de schade nu 10.000 euro of 100.000 euro per huishouden bedraagt, de relatieve risicopremie is gelijk. Intuïtief zou men een relatief hogere risicopremie voor zeer slechte uitkomsten (zeer grote schade) verwachten.

5. Groepsrisico

Beschrijving van de methode

Het begrip 'groepsrisico' duidt op het verwachte aantal dodelijke slachtoffers dat per jaar op een bepaalde locatie ten gevolge van een bepaalde activiteit veroorzaakt wordt. Het ministerie van VROM heeft een norm voor het maximale groepsrisico uitgevaardigd. Het risico van een activiteit wordt aanvaardbaar geacht als de kans van het aantal doden per jaar op elke onafhankelijke locatie voldoet aan:

$$1 - F_{N_{ij}}(n) < 10^{-3} / n^2$$

waarin:

$F_{N_{ij}}(n)$ is de cumulatieve verdelingsfunctie van het aantal doden in een jaar ten gevolge van activiteit i op plaats j ;
 n is het aantal dodelijke slachtoffers (de realisatie van N_{ij}).

Aan de linkerkant van de ongelijkheid staat de kans dat er zich op een locatie ongevallen voordoen die tezamen n of meer dodelijke slachtoffers veroorzaken. Volgens de norm moet deze kans sneller dalen dan het aantal slachtoffers toeneemt. De maximaal aanvaardbare kans op 10 maal meer slachtoffers is 100 maal lager.³⁸ De norm geeft dus blijk van aversie van grote ongevallen. Een bepaald aantal slachtoffers kan aanvaardbaar zijn indien gespreid over 10 locaties, maar niet indien ze op één locatie voorkomen.

De normcurve wordt in Figuur 19 afgebeeld (zie volgende pagina).

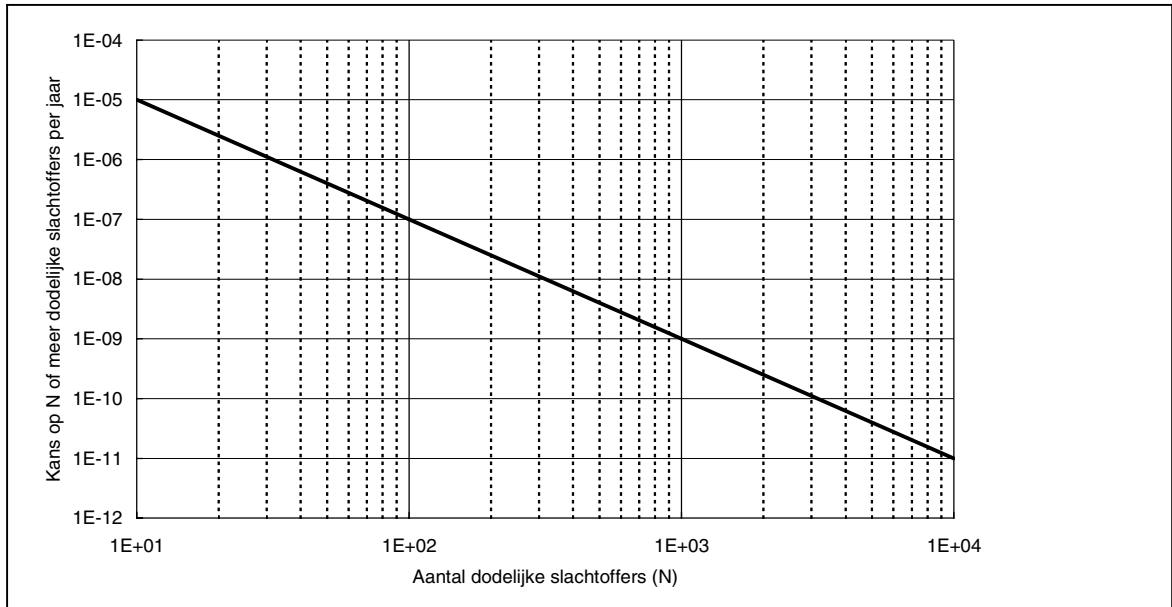
Er zijn twee manieren om het groepsrisico in de KKBA in te passen.

- Als toets achteraf. De optimale overstromings- of overschrijdingskans wordt eerst op basis van de KKBA (of KBA) gekozen. Vervolgens wordt nagegaan of de verkregen norm een aanvaardbaar groepsrisico oplevert. Indien niet wordt de norm waar nodig aangescherpt.

³⁸ Bij benadering. De bewering is niet helemaal correct, want in de ongelijkheid staat de kans op n dodelijke slachtoffers of meer.

- In de schadefunctie. Uit de norm voor het groepsrisico blijkt een aversie voor ongevallen of rampen met grote gevolgen. Deze aversie kan ingebouwd worden door de overstromingsschade te wegen. Hoe groter de schade, hoe groter het gewicht. Bijvoorbeeld: de norm in Figuur 19 komt er (min of meer) op neer dat een schade die 10 maal groter is, relatief 10 maal zwaarder weegt (en dus als 100 maal groter ervaren wordt).

Figuur 19: Norm voor het groepsrisico van gevaarlijke inrichtingen ($10^{-3}/n^2$)



Beoordeling van de methode

- De norm voor het groepsrisico weerspiegelt eerder de preferenties van beleidsmakers en – uitvoerders (politici en ambtenaren) dan die van de inwoners van Nederland. Dat vormt echter geen beletsel voor toepassing van de methode. Het is praktisch mogelijk en theoretisch niet fout om in een KBA een sociale nutsfunctie te maximaliseren die verschilt van de optelling van de individuele nutsfuncties van de inwoners.
- De norm voor het groepsrisico betreft dodelijke slachtoffers. Wellicht is de aversie van beleidsmakers voor grote aantallen dodelijke slachtoffers sterker dan die voor grote materiële schade. De norm kan dus niet zomaar tot materiële schade uitgebreid worden.
- De norm voor het groepsrisico geldt voor een individuele, kleine locatie (bijvoorbeeld van een gevaarlijke bedrijfsinrichting). Eer ze in de KBA gebruikt kan worden, moet ze vertaald worden tot een norm die geldt op het niveau van dijkringen en of dijkringdelen. Eigenlijk moet via een politiek proces een nieuwe norm, specifiek voor overstromingsrisico's, ontwikkeld worden net zoals dat voor de norm voor gevaarlijke inrichtingen gebeurd is.

6 Lineaire functie van de mathematische verwachting en de standaardafwijking van de overstromingsschade

Beschrijving van de methode

Vrijling e.a. (1995) analyseert de beschikbare maatstaven voor het maatschappelijke risico en vindt dat ze allemaal een combinatie zijn van de verwachte waarde en de standaardafwijking van het aantal dodelijke slachtoffers. Daarom stelt hij de volgende nationale risicomaatstaf voor:

$$E(N_i) + k \sigma(N_i)$$

waarin:

N_i = aantal dodelijke slachtoffers in Nederland in activiteit i in een jaar;

k = index van risicoaversie.

Tevens leidt hij een norm voor het maximale risiconiveau van een activiteit in Nederland af:

$$E(N_i) + k \sigma(N_i) < \beta_i 100$$

waarin β_i ligt tussen 0,01 en 10 naargelang de mate van vrijwilligheid van de activiteit (de waarde van 0,01 geldt voor onvrijwillige risico's en 10 voor gevaarlijke sporten). Hij toont aan dat deze nationale norm equivalent is aan de VROM-norm voor het groepsrisico op inrichtingsniveau indien er 1000 inrichtingen zijn, $\beta_i = 0,03$ en $k=3$.

De index van risicoaversie kan beleidsmatig bepaald worden. Vrijling suggereert zelf de waarde $k=3$.

De risicomaatstaf van Vrijling kan gemakkelijk in de KKBA ingepast worden. In de KKBA wordt de som van de verwachte schade en de kosten van hoogwaterbescherming geminimaliseerd. Het volstaat om in die doelstellingsfunctie de verwachte schade $E(S)$ door de uitdrukking $E(S_i) + k \sigma(S_i)$ te vervangen.

Beoordeling van de methode

- Net zoals het groepsrisico reflecteert de risicomaatstaf van Vrijling eerder de preferenties van beleidsmakers en –uitvoerders (politici en ambtenaren) dan die van de inwoners van Nederland. Het is niet mogelijk om de formule $E(N_i) + k \sigma(N_i)$ af te leiden uit het gedrag van nutsmaximaliserende individuen of huishoudens, noch volgens de conventionele theorie van het verwachte nut, noch volgens 'prospect theory'. De risicopremies die met behulp van beide op nutsmaximalisatie gebaseerde methodes berekend worden, vertonen geen vaste verhouding tot de standaardafwijking. In het vorige hoofdstuk hebben we echter al geargumenteed dat het feit dat de methode niet op maximalisatie van het individuele nut gebaseerd is, geen praktisch of theoretisch beletsel voor haar toepassing vormt.
- Een waarde van $k=3$ resulteert in een zeer sterke risicoaversie en heel hoge risicopremies. In geval van een dijkkring met overstromingskans 1/1000 bedraagt de risicopremie ongeveer 9500% van de verwachte schade. Bij een dijkkring met overstromingskans 1/10.000 loopt de risicopremie op tot bijna 30.000%. Deze bedragen zijn honderden tot duizenden malen hoger dan de risicopremies die op basis van nutsmaximalisatie

verkregen worden. Een mogelijke verklaring voor deze hoge uitkomsten is dat de parameter $k=3$ afgeleid is voor het risico van dodelijke slachtoffers, waar de risicoaversie vermoedelijk veel hoger is dan voor materiële schade. Voor materiële schade moet wellicht een lagere waarde gekozen worden.³⁹

- Een beleidsmatige vaststelling van de k -waarde is moeilijk. De beleidsmakers hebben maar weinig besef van de consequenties van de keuze van een bepaalde k -waarde. Het zal nodig zijn om die consequenties te beschrijven in termen van de resulterende risicopremies. Maar dan is het handiger om de risicopremies zelf beleidsmatig vast te stellen.

De bedoeling van de normering van het groepsrisico en van de risicomaatstaf van Vrijling is het uitdrukken van de aversie van beleidsmakers voor slechte uitkomsten. De risicomaatstaf van Vrijling resulteert in hoge risicopremies, maar die weerspiegelen niet altijd goed de relatieve aversie in verschillende situaties. Beschouw de twee dijkringen in Tabel 15. In beide bedraagt de schade bij overstroming 10.000, wat ten behoeve van het voorbeeld een zeer slechte uitkomst voorstelt. In dijkkring nr. 2 is de overstromingskans 10 maal hoger. Men mag aannemen dat de beleidsmakers de situatie in dijkkring als 10 maal ernstiger ervaren. De risicomaatstaf van Vrijling geeft echter maar een verhouding van 3/1. De maatstaf van Vrijling geeft wel een intuïtief plausibel resultaat bij de vergelijking van dijkringen 1 en 3. In beide dijkringen is de verwachte schade gelijk, maar de maximale schade in geval van een overstroming is groter in dijkkring 1. Een beleidsmaker die aversie voor slechte uitkomsten heeft, prefereert dan de situatie in dijkkring 3. De risicomaatstaf van Vrijling drukt deze preferentie wel correct uit.

Tabel 15 Illustratie van risicomaatstaf voorgesteld in Vrijling (1995)

Dijkkring	Overstromings- kans	Overstromings- schade	Verwachte overstromings- schade	Standaard- afwijking van de overstromings- schade	k	Risico- maatstaf Vrijling
1	1/10.000	10.000	1	100	3	301
2	1/1000	10.000	10	316	3	958
3	1/1000	1000	1	32	3	96

7. Conclusies en aanbevelingen

Het overzicht van beschikbare methoden voor het in rekening brengen van spreidingsrisico's levert geen overduidelijke voorkeurmethode op. Alle bestudeerde methoden worden door praktische en theoretische problemen geplaagd. Toch kunnen er enkele conclusies en aanbevelingen over de wenselijke methode geformuleerd worden.

³⁹ In de KKBA wordt al een monetaire waarde voor dodelijke slachtoffers in rekening gebracht. Daarbij wordt een waarde van 2,2 miljoen euro per slachtoffer gehanteerd. Deze waarde is gebaseerd op de in de werkelijkheid waargenomen betalingsbereidheid om de kans op een voortijdig overlijden te vermijden. Door de wijze waarop de raming opgesteld is, is de waardering spreidingsrisico's al inbegrepen zodat er geen risicopremie meer bijgeteld moet worden. De risicopremie is wel nog nodig voor de andere schadeposten. Deze conclusie moet echter meteen genuanceerd worden. De waarde van 2,2 miljoen euro weerspiegelt individuele preferenties, en kan niet direct met het groepsrisico vergeleken kan worden dan eerder de preferenties van beleidsmakers uitdrukt. Indien men noties van groepsrisico in de KKBA wenst te integreren, dan blijft er ook voor de dodelijke slachtoffers nog een risicopremie nodig.

Vooraleer een geschikte methode geselecteerd kan worden, moet eerst een fundamentele keuze gemaakt worden. Willen we de (K)KBA baseren op de individuele preferenties van de ingezetenen van Nederland, of op de (collectieve) preferenties van beleidsmakers?

Individuele preferenties

In het eerste geval komen methoden op basis van nutsmaximalisatie in aanmerking. Op dit moment hebben we echter verre van voldoende kennis over welk nutsmodel het meeste geschikt is en over de parameters van de nutsfunctie. Er is empirisch onderzoek nodig over de preferenties van individuen en huishoudens ten aanzien van overstromingsrisico's. Aangezien overstromingen (en vooral de grotere overstromingen waarover WV21 gaat) gelukkig maar zeer zelden voorkomen, zal dit onderzoek noodgedwongen hoofdzakelijk van 'stated preferences' technieken moeten gebruik maken. Niet alleen de parameters van de nutsfunctie moeten onderzocht worden, maar ook het meest geschikte nutsmodel (verwacht nut, 'prospect theory'). De wetenschappelijke literatuur suggereert dat 'prospect theory' een meer waarachtige modellering van het keuzegedrag onder onzekerheid oplevert. De toepassing van 'prospect theory' op overstromingsrisico's in Botzen en Van den Bergh (2006) vertoont echter een belangrijke tekortkoming. In hun model hangt de procentuele risicopremie niet af van de absolute omvang van de schade. Dat is een implausibel resultaat. Dat betekent niet dat 'prospect theory' een ongeschikt denkkader is, maar wel dat het anders moet geïmplementeerd worden.

Preferenties van beleidsmakers

In het tweede geval dienen groepsrisico en de risicomaatstaf van Vrijling zich aan. Uit de normering van het groepsrisico blijkt dat beleidsmakers een aversie van slechte uitkomsten hebben. De meest eenvoudige en transparante methode om deze aversie in de KKBA tot uitdrukking te brengen is volgens de mening van de auteur van dit stuk een aparte toetsing van de via de KKBA bepaalde overstromings- of overschrijdingskansen aan een groepsrisiconorm. Indien en waar nodig kan de norm voor de overstromings- of overschrijdingskans op basis van die toets aangescherpt worden. Vermoedelijk is een dergelijk toetsing vooral nodig voor de risico's van dodelijke slachtoffers. Ten aanzien van materiële schade hebben beleidsmakers vermoedelijk een meer risiconeutrale houding. Of dit inderdaad zo is, moet onderzocht worden. De groepsrisiconorm moet nog ontwikkeld worden. De bestaande norm voor gevaarlijke inrichtingen is niet zonder meer toepasbaar op nationale schaal voor overstromingsrisico's.

Een andere mogelijk methode is de expliciete weging van schade-uitkomsten, waarbij grotere schadebedragen een meer dan proportioneel gewicht krijgen. Hierdoor wordt de aversie voor slechte uitkomsten rechtstreeks en transparant gemodelleerd. Men kan bijvoorbeeld aan beleidsmakers de vraag voorleggen hoe ze een schade van 2 miljard euro ervaren ten opzichte van een schade van 1 miljard euro: 2 maal zo ernstig of ernstiger (2,1 maal erger, 2,5 maal erger,...?). Idem voor 5 miljard euro ten opzichte van 2 miljard euro enz...

De formule van Vrijling is volgens de mening van de auteur van dit stuk minder geschikt in deze context. De k-waarde kan moeilijk beleidsmatig vastgelegd worden omdat de beleidsmakers weinig zicht hebben op de gevolgen van de keuze voor een bepaalde waarde. Indien de beleidsmakers inderdaad vooral geïnteresseerd zijn in het vermijden van slechte uitkomsten, dan geeft de risicomaatstaf van Vrijling hun preferenties slecht weer (zie voorbeeld in Tabel 15).

Wat in de KKBA?

De bovenstaande aanbevelingen vragen om aanvullend onderzoek en zijn niet bruikbaar in de huidige KKBA. Voor de huidige KKBA kunnen spijtig genoeg geen eenduidige aanbevelingen gegeven worden. De te verkiezen aanpak hangt af van de conclusies die de uitvoerder van de KKBA uit de beschikbare gegevens trekt.

Indien de uitvoerder van de KKBA meent dat de conventionele nutstheorie het gedrag van de individuen het beste weerspiegelt, dat de graad van relatieve risicoaversie niet veel groter dan 1 is, en dat een groot deel van de overstromingsschade via de overheid en verzekeringen over ruimte en tijd gespreid wordt, dan moet hij een bescheiden risicopercentage in de orde van 0-30% hanteren

Indien hij gelooft in 'prospect theory', dan is de risicopremie veel hoger: rond 300%. De risicopremies van duizenden percent geïmpliceerd door een k-waarde van 3 lijken dan weer onwaarschijnlijk hoog.

Referenties

Blanchard, O.J en Fischer, S (1989). Lectures on Macroeconomics. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Botzen, W.J.W. en J.C.J.M van den Bergh (2006). Bounded Rationality, Climate Risks and Insurance: Is There a Market for Natural Disasters'. (IVM Working Paper 06/08 van 13 oktober 2006.

Hallegatte, Stéphane (2006). A Cost-Benefit Analysis of the New Orleans Flood Protection System. AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies.

Kahneman, D. and Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47 (2): 263-291.

Kok, M, H.J. Huizinga, A.C.W.M. Vrouwenvelder en W.E.W van den Braak (HKV Lijn in Water en TNO Bouw). Standaardmethode 2005. Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen. In opdracht van Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat. November 2005.

Rabin, Matthew and Richard H. Thaler (2001) Anomalies. Risk Aversion. *Journal of Economic Perspectives*, 15 (1): 219-232.

Tversky, A. and Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5: 297-323.

Vrijling, J.K. e a.(1995). A Framework for risk evaluation. *Journal of Hazardous Materials*, Vol 43, p.245-261.

