MKBA Waterveiligheid 21e eeuw

Optimale beschermingsniveaus voor dijkringen

Jarl Kind (Deltares)
Johan Gauderis (Rebelgroup)
Matthijs Duits (HKV LIJN IN WATER)
Carlijn Bak (Deltares)

Kennis

Samenvatting

In het Nationaal Waterplan is aangegeven dat een analyse van slachtofferrisico's en een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) zullen worden uitgevoerd ten behoeve van de onderbouwing van geactualiseerde waterveiligheidsnormen. Deze analyses zijn door Deltares uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. De rapporten zijn in november 2011 door de Staatssecretaris van I&M aan de Tweede Kamer aangeboden. In de MKBA Waterveiligheid 21e eeuw (WV21) zijn economisch optimale beschermingsniveaus voor primaire waterkeringen berekend. Hiervoor is uitgegaan van de kosten van dijkverhoging (lees versterking) en de gevolgen (in brede zin) van een overstroming. De MKBA wijst op drie gebieden waar het economisch efficiënt is om de normen in de periode tot 2050 te verhogen. Dat zijn het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond - Drechtsteden en Almere. De MKBA geeft geen ondersteuning voor de aanbeveling om het algehele beschermingsniveau voor alle gebieden in Nederland met minimaal een factor 10 te verhogen, zoals eerder door de (tweede) Deltacommissie in 2008 aan het kabinet werd geadviseerd (Deltacommissie, 2008).

Inleiding

De huidige wettelijke normen voor bescherming tegen (grootschalige) overstromingen vanuit zee, rivieren en meren vinden hun basis grotendeels in de jaren zestig van de vorige eeuw. Sindsdien zijn de bevolking en de economische waarden in de overstroombare gebieden sterk toegenomen en daarmee ook de potentiële gevolgen van een overstroming. De kennis om overstromingsrisico's (kansen en gevolgen) te berekenen is vergroot en de methoden voor het onderbouwen van (economisch) optimale beschermingsniveaus zijn verbeterd.
Voor de actualisering van de waterveiligheidsnormen is een aantal jaren terug het beleidstraject 'Waterveiligheid 21e Eeuw' (WV21) in gang gezet. Inmiddels maakt de actualisering deel uit van het generieke deelprogramma 'Veiligheid' van het Deltaprogramma. Binnen het deelprogramma Veiligheid staat de vraag centraal hoe we Nederland in de toekomst kunnen beschermen tegen overstromingen op een maatschappelijk aanvaardbaar risiconiveau.

Door Deltares zijn in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) een maatschappelijke kosten-batenanalyse (Kind, 2011) en een analyse van slachtofferrisico's (Beckers en De Bruijn, 2011) uitgevoerd. Deze leveren 'bouwstenen' die ondersteunend zijn bij de verdere maatschappelijke afwegingen over actualisering van de waterveiligheidsnormen. Strategieën hiervoor worden in de komende jaren verder uitgewerkt binnen de verschillende gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma. Dit proces zal naar verwachting in 2015 uitmonden in de Deltabeslissing Waterveiligheid.

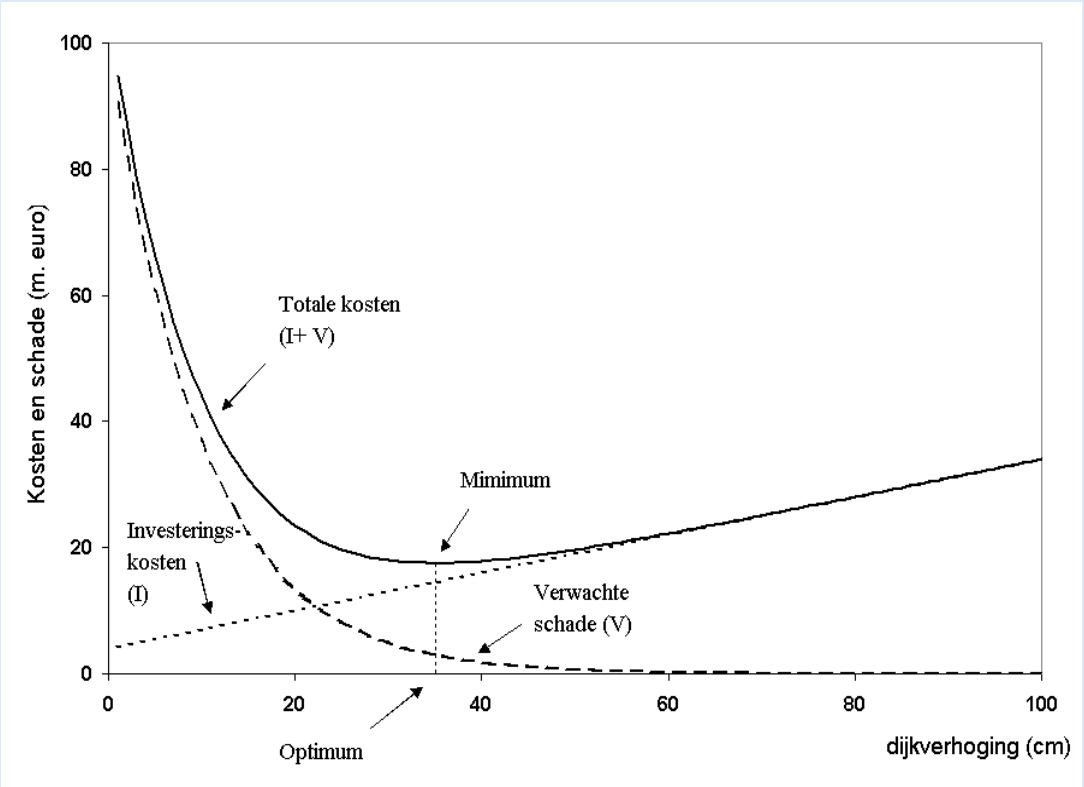
Opzet van de maatschappelijke kosten-batenanalyse

Het belangrijkste doel van de MKBA WV21 is om economisch optimale beschermingsniveaus voor dijkringen te berekenen. De MKBA is gebaseerd op de kosten en baten van dijkversterking, omdat dit over het algemeen de goedkoopste manier is om de overstromingskans te verkleinen. De uitgevoerde KBA is een *maatschappelijke* kosten-batenanalyse, wat inhoudt dat niet alleen de financieel-economische schade wordt

meegenomen, maar ook de schade aan onder andere natuur, cultuurhistorie en het verlies aan mensenlevens.

Maatregelen die er op gericht zijn om, in plaats van de overstromingskans, de gevolgen te beperken, zijn in de MKBA niet meegenomen. Deze maatregelen zullen de komende jaren in de gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma alsnog onderzocht worden en kunnen dan - in ieder geval in theorie - worden ingeruild tegen maatregelen die leiden tot een verkleining van de overstromingskans.

Aan de basis van de MKBA WV21 staat de economische analyse die de eerste Deltacommissie liet uitvoeren om een economisch optimaal beschermingsniveau voor dijkring 14, Centraal Holland, te berekenen. Die methode komt er op neer dat de totale kosten van investeren in de waterkering en de verwachte schade worden geminimaliseerd. Figuur 1 schetst het principe. Er wordt in de waterkering geïnvesteerd net zo lang totdat de kosten van de laatste investering net niet meer opwegen tegen de verdere afname van de verwachte schade. In dat punt zijn de totale kosten minimaal en is de hoogte van de waterkering (en daarmee het beschermingsniveau) economisch optimaal.



Figuur 1: Algemeen principe van de MKBA

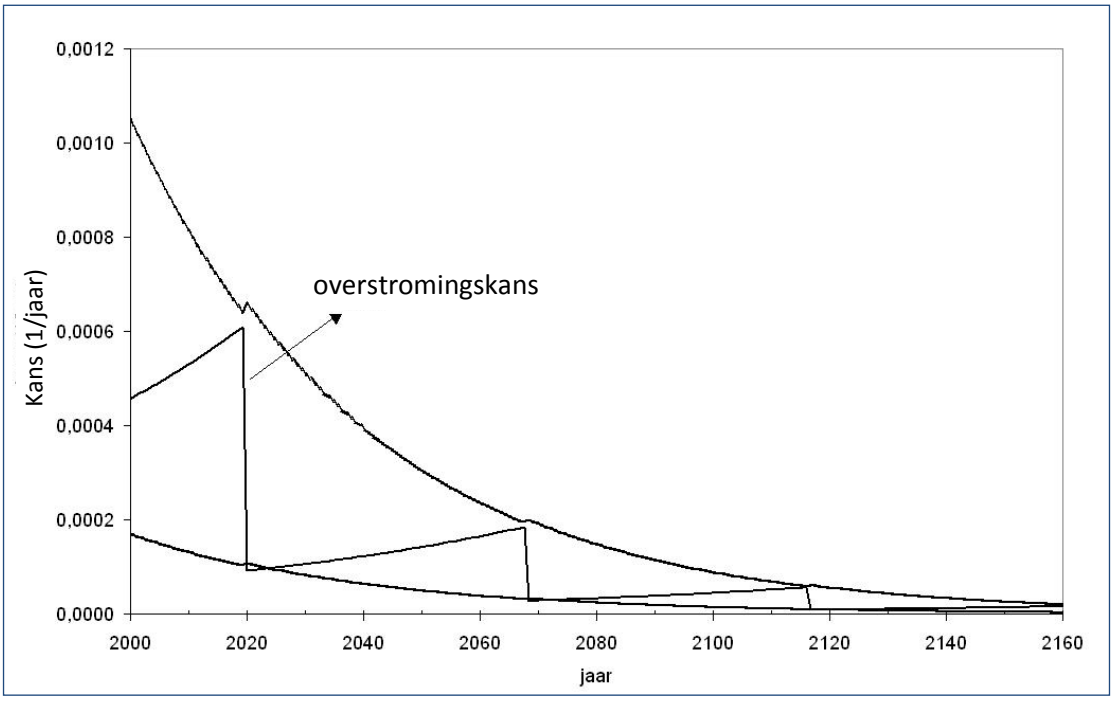
Figuur 1 geeft een sterk vereenvoudigende weergave, waarin geen rekening is gehouden met de effecten van economische groei en van klimaatverandering[3]. In de uitgevoerde MKBA is met deze effecten wel rekening gehouden.

In de MKBA is gebruik gemaakt van een wiskundig model, *OptimaliseRing* . Dit model berekent een economisch optimale, lange termijn investeringsstrategie in dijkverhogingen. 'Optimaal' wil zeggen dat de totale kosten van investeringen in dijkverhoging en de verwachte schade (kans maal schade) over een langere tijdsperiode worden geminimaliseerd, waarbij rekening

[3] En bodemdaling. Wordt hierna niet meer herhaald.

gehouden wordt met klimaatverandering en economische groei. Het model rekent eerst een optimale investeringsstrategie uit met optimale tijdstippen en optimale omvang van dijkverhogingen. Uit deze optimale investeringsstrategie worden vervolgens economisch optimale overstromingskansen afgeleid.

Omdat er sprake is van klimaatveranderingen en economische groei, kunnen investeringen in waterkeringen niet gezien worden als een eenmalige beslissingen, maar zijn deze terugkerende of periodieke beslissingen. Omdat dijkverhoging gepaard gaat met een flink deel aan vaste kosten, is het efficiënt om de dijk periodiek flink te verhogen en dan weer een tijd lang te wachten. De vraag is dus niet alleen hoeveel een dijk moet worden verhoogd, maar ook wanneer en wanneer opnieuw. Hierdoor is het beschermingsniveau in de tijd ook niet constant: net na een investering is de overstromingskans het kleinst en net voor een volgende investering het grootst. Het verloop van de overstromingskans in de tijd vertoont hierdoor een zaagtandpatroon met sprongen op de momenten van investeren. In Figuur 2 is dit zaagtandpatroon weergegeven voor het eenvoudige geval waarin een dijkring door één dijk wordt beschermd.



Figuur 2: Economisch efficiënt verloop van overstromingskansen per jaar bij herhaald investeren

In deze figuur neemt de overstromingskans ('zaagtand'-lijn) eerst toe als gevolg van klimaatverandering, totdat een bepaalde vanuit economisch perspectief maximaal toelaatbare overstromingskans is bereikt (bovenste lijn). Op dat moment wordt geïnvesteerd zodat er daarna een hoog beschermingsniveau gehaald wordt (onderste lijn). De omvang van deze investering wordt bepaald door de verhouding tussen vaste en variabele kosten: bij relatief veel vaste kosten loont het om een grotere investering te doen zodat een volgende ingreep minder snel noodzakelijk zal zijn. Vervolgens neemt de overstromingskans weer toe totdat opnieuw een maximum is bereikt. Dit keer ligt het maximum lager, omdat de te beschermen waarden in de dijkring zijn toegenomen. Het figuur laat dus zien dat er een verschil is tussen een optimale toetsnorm voor waterkeringen (bovenste lijn) en ontwerpnorm (onderste lijn).

Door economische groei neemt de potentiële overstromingsschade in de tijd toe. Hierdoor wordt de economisch optimale overstromingskans in de loop van de tijd ook steeds kleiner. Omdat in het Nationaal Waterplan het streven is vastgelegd dat de maatregelen, die moeten worden uitgevoerd om aan geactualiseerde normen te voldoen, in 2050 gerealiseerd zijn, is in de MKBA een economisch optimale overstromingskans voor het jaar 2050 berekend.

Basisgegevens

Voor de berekeningen zijn veel gegevens nodig. Dit zijn de kosten voor verschillende dijkverhogingen, de overstromingskansen in de uitgangssituatie en de veranderingen daarin veroorzaakt door klimaatverandering. Daarnaast is ook informatie nodig over het effect van dijkverhoging op de overstromingskans en op de verwachte schade, en over de omvang van de potentiële schade en het aantal slachtoffers als gevolg van een overstroming alsmede de ontwikkeling daarvan in de tijd. In het kader van WV21 zijn door verschillende onderzoekers uitgebreide onderzoeken en berekeningen gedaan om deze gegevens aan te leveren.

Daarnaast zijn binnen de context van de MKBA WV21 nog verschillende aanvullende economische studies verricht. Dit waren onder meer studies naar de monetaire waardering van slachtoffers als gevolg van een overstroming, naar de indirecte effecten van overstromingen, naar risicoaversie (zijn mensen bereid om meer te betalen voor hoogwaterbeschermingsmaatregelen dan de verwachte schade (kans maal schade), zoals het geval is bij vrijwillige verzekering in andere risicodomeinen) en naar de hoogte van de discontovoet voor toepassing in de MKBA voor waterveiligheid (hoe zwaar tellen de toekomstige baten van beschermingsmaatregelen mee).

Monetaire waardering van dodelijke slachtoffers als gevolg van overstromingen, een gevoelig onderwerp

Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu gebruikt sinds enkele jaren voor de berekening van de maatschappelijke kosten van verkeersongevallen een waarde van 2,2 miljoen euro. Deze waarde is gebaseerd op literatuurstudie en op keuze-experimenten die in Nederland uitgevoerd zijn in de context van verkeersveiligheid.

De waarde is gebaseerd op het concept van de waarde van een statistisch mensenleven, meestal aangeduid met de Engelse term *Value of a Statistical Life* (VOSL). De benaming VOSL is enigszins misleidend. Het gaat eigenlijk niet om de waarde van een mensenleven, maar om de waarde van een kleine vermindering van de overlijdenskans omgezet naar een waarde per statistisch verwacht vermeden dodelijk slachtoffer:

$$\text{VSOL} = \frac{\textit{Bedrag in euro dat men jaarlijks wil betalen voor een vermindering van de jaarlijkse kans op vroegtijdig overlijden}}{\textit{Vermindering van de jaarlijkse kans}}$$

Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Veronderstel dat de jaarlijkse kans op voortijdig overlijden ten gevolge van een bepaald voorval gelijk is aan 1/100.000. Door een veiligheidsmaatregel kan die kans gereduceerd worden tot 1/1.000.000. De vermindering van de jaarlijkse kans is dus gelijk aan 9/1.000.000. Veronderstel dat een individu bereid is om 10 euro per jaar te betalen voor het uitvoeren van de maatregel. Dan is de VOSL gelijk aan:

10 euro / (9/1.000.000) = 1.111.111 € per dode

Schattingen van de betalingsbereidheid om de kans op voortijdig overlijden te verminderen, worden verkregen door middel van directe ondervraging (met behulp van zorgvuldig opgestelde enquêtes) of afgeleid uit het werkelijk waargenomen keuzegedrag van individuen in situaties met overlijdensrisico (gevaarlijke beroepen, verkeer).
Ramingen van de VOSL in Europese studies variëren van 2 tot 14 miljoen euro (Bočkarjova et al., 2009c). De bandbreedte is groot (i) ten gevolge van statistische onzekerheid (nog versterkt door het feit dat in de berekening van de VOSL een deling door een zeer klein getal voorkomt), en (ii) door het feit dat de VOSL zeer contextafhankelijk is.

VERVOLG Tekstkader: volgende pagina

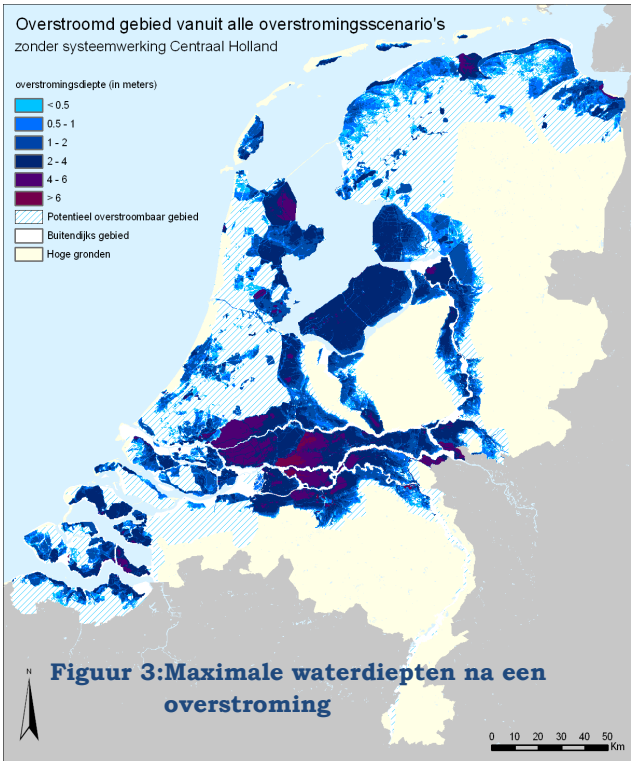
Op theoretische gronden mag men verwachten dat de VOSL afhangt van de kenmerken van het risico, onder andere wat betreft individuele beheersbaarheid, manier van overlijden, schaal en initiële kans. Dit theoretische vermoeden wordt bevestigd door een metastudie van Dekker (2008). Daarom is de VOSL voor overstromings-slachtoffers specifiek voor de MKBA WV21 bepaald.

Voor de MKBA WV21 heeft de Vrije Universiteit een onderzoek uitgevoerd (Bočkarjova et al., 2009a, b, c). In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van een keuze-experiment. Dit is een bijzondere vorm van een enquête naar de betalingsbereidheid, waarbij aan de respondenten diverse keuzen tussen twee alternatieven voorgelegd worden. Deze alternatieven verschillen in een aantal kenmerken van elkaar (waaronder in dit geval de kans op overlijden door een overstroming) en gaan gepaard met verschillende hoogtes van de onkosten (in dit geval uitgedrukt als het bedrag van de waterschapsbelasting). Door verschillende combinaties van keuzealternatieven met verschillende kenmerken en onkosten aan te bieden en de antwoorden statistisch te analyseren, kan afgeleid worden hoe respondenten de verschillende kenmerken geldelijk waarderen. De onderzoekers raamden een bedrag voor de VOSL tussen 6,3 en 7,2 miljoen euro.

De resultaten van het onderzoek zijn uitgebreid besproken met de begeleidingscommissie die was ingesteld rondom de MKBA WV21. Het gebruik van de resultaten kon bij een meerderheid op instemmening rekenen, onder meer omdat zonder de monetaire waardering van dodelijke slachtoffers de berekende economische optimale overstromingskansen te laag zouden worden berekend. Wel werd er voor gepleit om door middel van aanvullend onderzoek de resultaten te bekrachtigen.
De in geld gewaardeerde slachtofferschade (dodelijke slachtoffers, maar ook gewonden en getroffenen) maakt ongeveer 30% uit van de totale schade die is meegenomen in de MKBA WV21. In de MKBA is op dit punt ook uitgebreid gevoeligheidsonderzoek verricht.

Globaal beeld van de overstromingscenario's

Voor de berekening van de economisch optimale overstromingskansen zijn zowel kosten als schade en slachtoffers belangrijk. Deze laatste zijn berekend op basis van een groot aantal overstromingsscenario's die laten zien welke gebieden overstromen na een dijkdoorbraak. Een kaart met maximale waterdiepten na een overstroming is getoond in Figuur 3. De kaart levert een beeld op waarin vooral in het rivierengebied en langs het IJsselmeer dijkringen diep onder water kunnen komen te staan. Overstromingen van kustgebieden zijn veelal in omvang beperkter en de waterdieptes zijn hier minder groot. Dit leidt er ook toe dat de gevolgen van een overstroming in het rivierengebied en in Flevoland het grootst zijn.

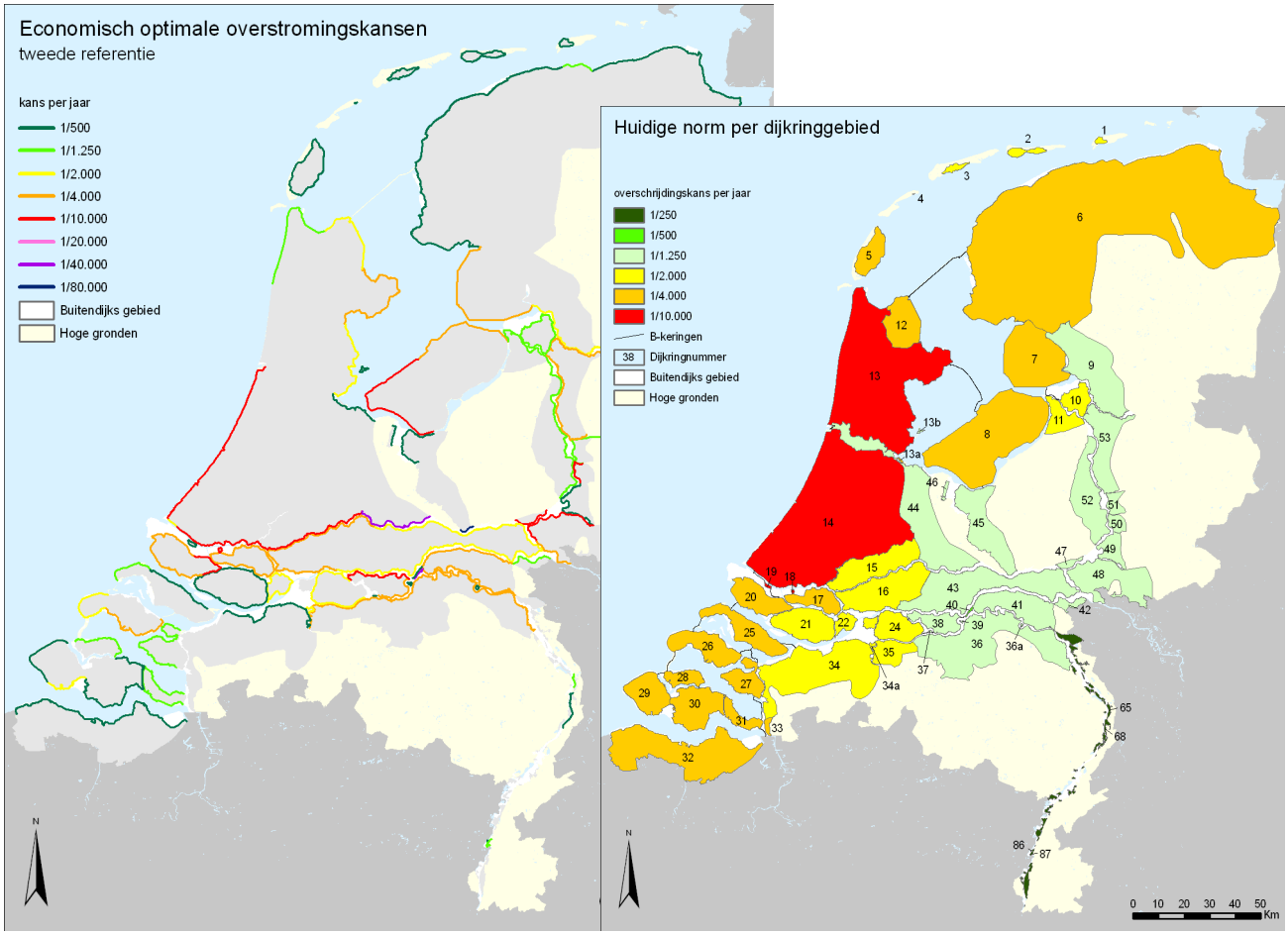


Figuur 3:Maximale waterdiepten na een overstroming

Economisch optimale beschermingsniveaus

Figuur 4 (links) laat de berekende economisch optimale overstromingskansen voor het jaar 2050 zien. Voor het *centrale* rivierengebied liggen deze overwegend tussen 1/2000 en 1/4000 per jaar. Langs de IJssel en de onbedijkte Maas zijn deze over het algemeen iets groter, rond 1/1250 per jaar. In het benedenrivierengebied en Centraal Holland zijn de economisch optimale overstromingskansen voor de meeste dijkringen tussen 1/4000 en 1/10.000 per jaar. In het IJsselmeergebied is de economisch optimale overstromingskans voor het zuidwestelijk deel van Flevoland het kleinst (circa

1/10.000 per jaar). Voor de overige dijkringen in het IJsselmeergebied lopen de economisch optimale overstromingskansen uiteen van 1/500 tot 1/4000 per jaar. Voor dijkringen aan de Waddenzee is de economisch optimale overstromingskans 1/500 per jaar en voor de kop van Noord-Holland 1/1250 per jaar. Voor Zeeland lopen de economisch optimale overstromingskansen uiteen van 1/500 tot 1/4000 per jaar.



Figuur 4: Economisch optimale overstromingskansen per dijkringdeel (links) en huidige wettelijke beschermingsniveaus (rechts)

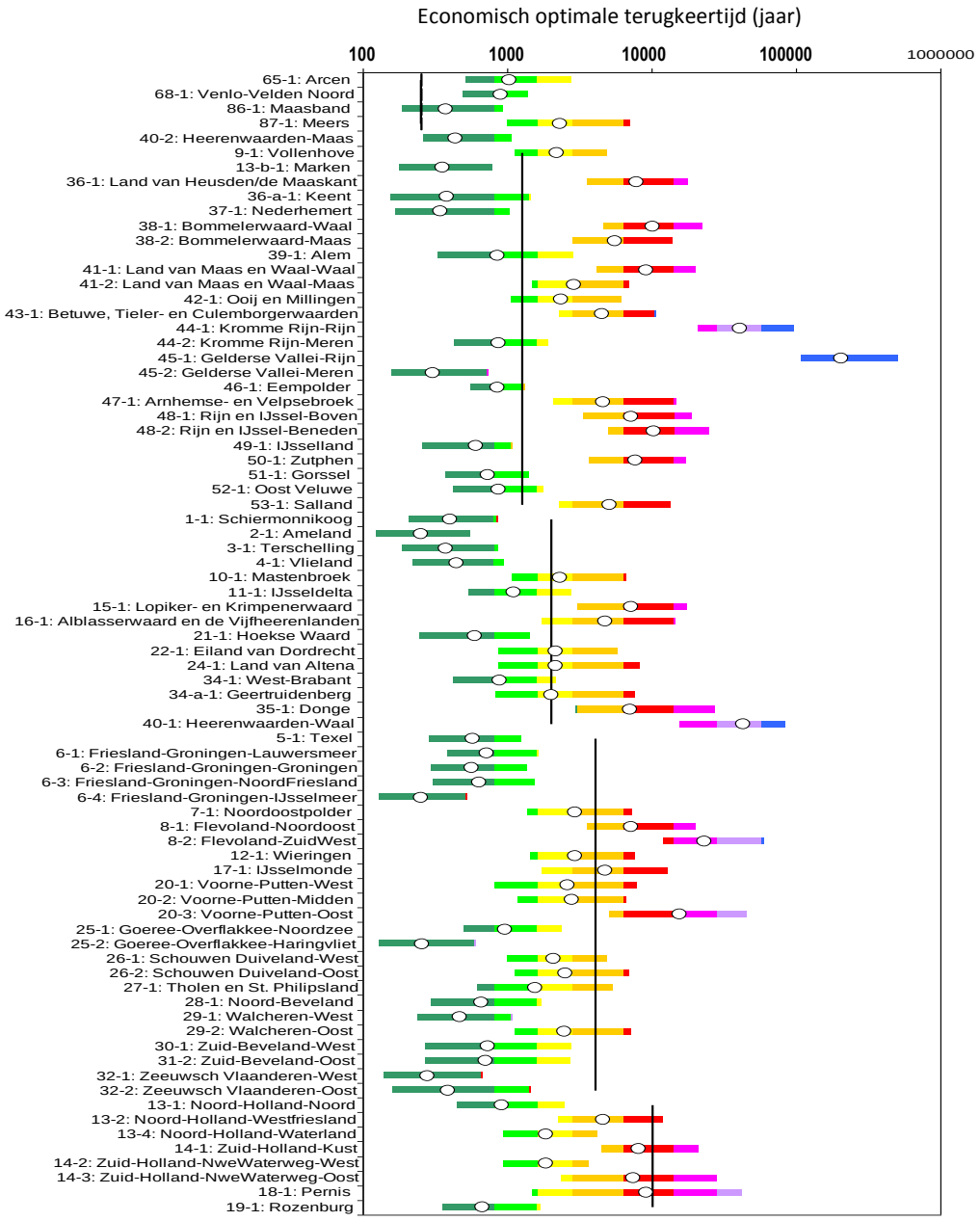
Alhoewel de berekende economisch optimale overstromingskansen voor het jaar 2050 uit de MKBA (Figuur 4 links) niet één op één vergelijkbaar zijn met de huidige wettelijke normen (Figuur 4 rechts), kan wel geconcludeerd worden dat het patroon van de berekende economisch optimale beschermingsniveaus opmerkelijk anders is dan die van de huidige wettelijke beschermingsniveaus - met juist een relatief hoge bescherming van het gehele kustgebied en een relatief lage bescherming van het rivierengebied.

De MKBA wijst op drie gebieden waar het duidelijk economisch efficiënt is om de normen in de periode tot 2050 te verhogen: het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond - Drechtsteden en Almere. De MKBA geeft verder geen ondersteuning voor de aanbeveling om het beschermingsniveau voor alle gebieden in Nederland met minimaal een factor 10 te verhogen, zoals eerder door de (tweede) Deltacommissie in 2008 werd geadviseerd aan het kabinet (Deltacommissie, 2008).

Bandbreedte rondom de economisch optimale overstromingskansen

De basisgegevens die nodig zijn voor de berekeningen in de MKBA worden gekenmerkt door onzekerheid. De hoogte van de berekende economisch optimale overstromingskansen is dus

ook onzeker. Om deze onzekerheid in beeld te brengen, is een Monte Carlo-analyse uitgevoerd. Voor de Monte Carlo-analyse is door verschillende experts voor de meest bepalende variabelen een kansverdeling geschat. Vervolgens is voor 10.000 trekkingen uit deze kansverdelingen de economische optimale overstromingskans berekend en is een betrouwbaarheidsinterval rondom de economisch optimale overstromingskans afgeleid.
Uit de Monte Carlo-analyse volgt dat het de bandbreedte rondom de economisch optimale overstromingskansen groot is. Uit de analyse volgt, bijvoorbeeld, dat wanneer een gemiddelde economisch optimale overstromingskans is berekend van 1/2000 per jaar, dat deze met 80% zekerheid ligt tussen 1/5000 en 1/1000 per jaar. Figuur 5 geeft deze onzekerheidsbanden voor de verschillende dijkringen aan.



Figuur 5: 80%-betrouwbaarheid rondom de economische optimale overstromingskansen (balkjes in kleur). Witte cirkel: gemiddelde waarde, horizontale lijn: huidige overschrijdingskansnorm

De onzekerheid in de raming van de schade blijkt de belangrijkste bron van onzekerheid te zijn. Toch zijn deze geschetste relatieve verhoudingen van de economisch optimale overstromingskansen tussen de verschillende dijkringen, ook wanneer rekening gehouden wordt met deze bandbreedte, robuust.

Kosten voor het actualiseren van de beschermingsniveaus

Vooral in het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond - Drechtsteden en Almere zijn op grond van de MKBA uitkomsten extra inspanningen te verwachten voor het verhogen van het beschermingsniveau. De kosten hiervan worden in de MKBA geraamd op een totaal van 5 tot 10 miljard euro (inclusief BTW, prijspeil 2009). Dit zijn de kosten van dijkversterkingen, inclusief de kosten voor het verhelpen van de problemen met piping. De kosten zijn exclusief de kosten van lopende projecten en exclusief de kosten die nodig zijn voor het compenseren van de effecten van klimaatverandering.

De volgende WV21-rapporten kunnen worden gedownload via de Deltares website (http://www.deltares.nl/nl/expertise/100417/veiligheid-en-risico-s/1402630)

1) Kind, J., 2011. *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw.* Deltares, Delft (inclusief bijlage C-G).
2) Beckers, J.V.L. en K.M. De Bruijn, 2011. *Analyse van slachtofferrisico's waterveiligheid 21e eeuw.* Deltares, Delft.
3) Bruijn, K.M. de en M. van der Doef, 2011. *Gevolgen van overstromingen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw.* Deltares, Delft.
4) Grave, P. de en G. Baarse, 2011. *Kosten van maatregelen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw.* Projectnummer 1204144. Deltares, Delft.
5) Kuijper, B., J. Stijnen en E. van Velzen, 2011. *Overstromingskansen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw.* Deltares, Delft

Overige verwijzingen

1) Bočkarjova, M., P. Rietveld en E. Verhoef, 2009. *First results immaterial damage valuation: value of statistical life (VOSL), value of evacuation (VOE) and value of injury (VOI) in flood risk context, a stated preference study (III).* VU Amsterdam, Department of Spatial Economics.
2) CPB, 2011. *Second Opinion Kosten-batenananalyse Waterveiligheid 21e eeuw.* Op verzoek van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, DG Water. CPB notitie, 31 augustus 2011.
3) Dantzig, D. van, 1956. *Economic decision problems for flood prevention.* Econometrica, nr. 24, blz. 276-287.
4) Dantzig, D. van en J. Kriens, 1960. *Het economische beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloeden.* in Deel 3, Bijlage JI.2 van het Rapport van de Deltacommissie.
5) Deltacommissie, 2008. *Samen werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008.*
6) Duits, M.T., 2011. *OptimaliseRing – Technische documentatie van een numeriek rekenmodel voor de economische optimalisatie van veiligheidsniveaus van dijkringen – Versie 2.3.* Rapport van HKV LIJN IN WATER. Lelystad.
7) Eijgenraam, C., 2005. *Veiligheid tegen overstromen – Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier, deel 1* (CPB-document 82). Centraal Plan Bureau. Den Haag.
8) Gauderis, J., 2009. *Schade ten gevolge van productie-uitval bij overstromingen. Discussienotitie in het kader van de KBA Waterveiligheid 21e eeuw.* I.o.v. Deltares.
9) RIVM, 2004. Risico's in bedijkte termen, een thematische evaluatie van het Nederlandse veiligheidsbeleid tegen overstromen. RIVM rapport 500799002.