

Economisch optimale niveaus voor de bescherming van dijkringen tegen grootschalige overstromingen

In de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) Waterveiligheid 21e eeuw 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 de normen in de periode tot 2050 te verhogen: het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond-Drechtsteden en Almere. De MKBA geeft geen ondersteuning voor de aanbeveling van de Commissie Veerman om het beschermingsniveau voor alle gebieden in Nederland met een factor 10 te verhogen.

Het belangrijkste doel van de MKBA WV21 is om economisch optimale beschermingsniveaus voor dijkringen te berekenen. De analyse is gebaseerd op de kosten en baten van dijkversterking, omdat dit over het algemeen de goedkoopste manier is om de overstromingskansen te verkleinen. Daarmee wordt verondersteld, dat wanneer later gekozen wordt voor rivierverruiming in plaats van dijkversterking, het berekende economisch optimale beschermingsniveau nog steeds optimaal is. De extra kosten van rivierverruiming dienen dan nader afgewogen te worden tegen de extra baten die rivierverruiming oplevert (natuurbaten, ruimtelijke kwaliteit, etc.). De uitgevoerde analyse 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 overstromingskansen - 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 elk geval in theorie - worden afgewogen tegen maatregelen die leiden tot een verkleining van de overstromingskansen.

Methode

In de MKBA is gebruik gemaakt van een wiskundig model (OptimaliseRing). Dat is een

Aan de basis van de MKBA WV21 staat de economische analyse die de eerste Deltacommissie liet uitvoeren om een economisch optimaal beschermingsniveau voor dijkkring 14, Centraal Holland, te berekenen. Die methode komt erop neer dat de totale kosten van investeren in de waterkering en de verwachte schade worden geminimaliseerd. Afbeelding 1 schetst het principe. In de waterkering wordt net zolang geïnvesteerd 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.

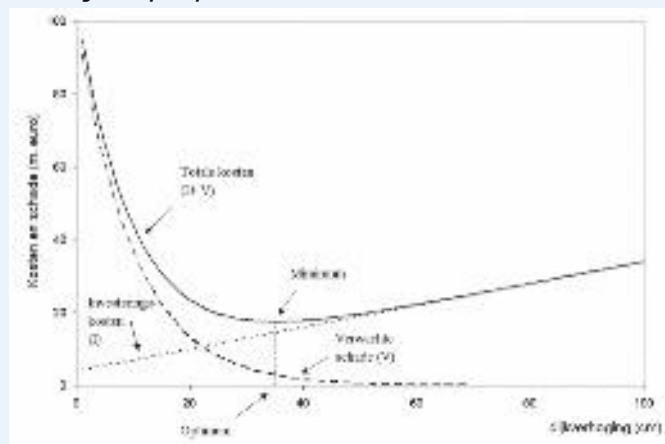
uitgebreide versie van het model dat het Centraal Planbureau eerder gebruikte voor het bepalen van economisch optimale beschermingsniveaus per dijkkring in het kader van de KBA Ruimte voor de Rivier. OptimaliseRing berekent een economisch optimale, investeringsstrategie in dijkverhogingen voor de lange termijn. 'Optimaal' wil zeggen dat de totale kosten van investeringen in dijkverhoging en de verwachte schade (kans maal schade) over een langere periode worden geminimaliseerd, waarbij rekening wordt gehouden met klimaatverandering en economische groei. Het model rekent een optimale investeringsstrategie uit met optimale tijdstippen en optimale omvang van dijkverhogingen. Uit de optimale investeringsstrategie worden vervolgens economisch optimale overstromingskansen voor dijkringen afgeleid.

Als gevolg van klimaatveranderingen en economische groei is het investeren in de waterkeringen een terugkerende beslissing. Omdat dijkverhoging gepaard gaat met een flink deel aan vaste kosten, is het efficiënt de

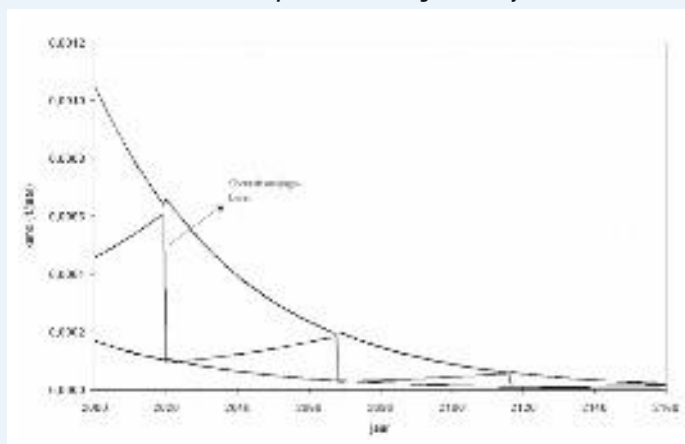
dijk periodiek flink te verhogen en dan weer een tijd lang te wachten. De vraag is dus niet alleen hoeveel een dijk moet worden verhoogd, maar ook wanneer en wanneer opnieuw. Hierdoor is het beschermingsniveau in de tijd ook niet constant: net na een investering is de overstromingskans het kleinst en net voor een investering het grootst. Het verloop van de overstromingskansen in de tijd vertoont een zaagtandpatroon met sprongen op de momenten van investeren. In afbeelding 2 is dit zaagtandpatroon weergegeven voor het eenvoudige geval waarin een dijkkring door één dijk wordt beschermd.

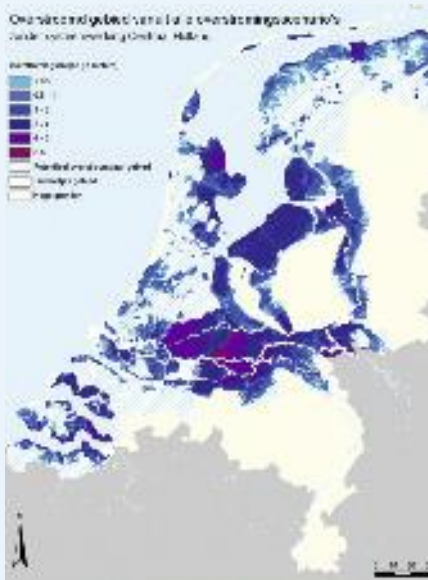
In afbeelding 2 neemt de overstromingskans ('zaagtand'-lijn) eerst toe als gevolg van klimaatverandering en bodemdaling, tot een bepaalde, vanuit economisch perspectief maximaal toelaatbare overstromingskans is bereikt (bovenste lijn). Op dat moment wordt geïnvesteerd, zodat daarna een hoog beschermingsniveau gehaald wordt (onderste lijn). De verhouding tussen vaste en variabele kosten bepaalt de omvang van

Afb. 1: Algemeen principe van de MKBA.



Afb. 2: Economisch efficiënt verloop van overstromingskansen bij herhaald investeren.





Afb. 3: Maximale waterdiepten na een overstroming.

deze investering: bij relatief veel vaste kosten loont het een grotere investering te doen zodat een volgende ingreep minder snel noodzakelijk zal zijn. Vervolgens neemt de overstromingskans weer toe, tot opnieuw een maximum is bereikt. Dit keer ligt het maximum lager, omdat de te beschermen waarden in de dijkkring zijn toegenomen.

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, is in de MKBA een economisch optimale overstromingskans voor dat jaar berekend. Meer precies is in de MKBA de economische optimale middenkans berekend, die in het midden van het in afbeelding 2 geschetste veiligheidsinterval ligt. De optimale middenkans ligt tussen een optimale toets- en optimale ontwerpnorm in.

Basisgegevens

Voor de berekeningen zijn veel gegevens nodig. Dit zijn de kosten voor de dijkverhogingen, de overstromingskans in de uitgangssituatie en de veranderingen daarin veroorzaakt door klimaatverandering en bodemdaling. Daarnaast is ook informatie nodig over het effect van dijkverhoging op de overstromingskans en 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 uitgebreide onderzoeken en berekeningen verricht om deze gegevens aan te leveren. Daarnaast zijn binnen de context van de MKBA WV21 nog aanvullende studies verricht, onder meer naar de monetaire waardering van slachtoffers als gevolg van een overstroming, de indirecte effecten van overstromingen, de risico-aversie en de hoogte van de discountvoet.



Afb. 4: Economisch optimale overstromingskansen per dijkkringdeel.

Globaal beeld overstromingsscenario's

De potentiële schade en aantallen slachtoffers zijn berekend op basis van een groot aantal overstromingsscenario's die laten zien welke gebieden overstromen na een dijkdoorbraak. Afbeelding 3 geeft de maximale waterdiepten na een overstroming weer. 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 Flevoland het grootst zijn.

Economisch optimale beschermingsniveaus

Afbeelding 4 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 dijkkringen tussen $1/4000$ en $1/10.000$ per jaar. In het IJsselmeergebied is de economisch optimale overstromingskans voor Almere het kleinst (circa $1/10.000$ per jaar). Voor de overige dijkkringen in het IJsselmeergebied lopen de economisch optimale overstromingskansen uiteen van $1/500$ tot $1/4000$ per jaar. Voor dijkkringen 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.

Alhoewel de berekende economisch optimale overstromingskansen voor het jaar 2050 uit de MKBA (afbeelding 4) niet één op één vergelijkbaar zijn met de huidige wettelijke normen (afbeelding 5), valt wel te



Afb. 5: Huidige wettelijke beschermingsniveaus.

concluderen 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.

Bandbreedte

De basisgegevens die nodig zijn voor het maken van berekeningen, 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: door verschillende experts is voor de meest bepalende variabelen een kansverdeling geschat. Vervolgens is voor 10.000 trekkingen uit deze kansverdelingen de economisch optimale overstromingskans berekend en een betrouwbaarheidsinterval rondom de economisch optimale overstromingskans afgeleid.

Uit deze analyse volgt dat de betrouwbaarheidsinterval rondom de economisch optimale overstromingskansen groot is. Voor de meeste dijkkringen ligt deze met 80 procent zekerheid tussen -60 en $+100$ procent van de gemiddelde economisch optimale overstromingskans. Anders gezegd, wanneer een gemiddelde economisch optimale overstromingskans is berekend van $1/2000$ per jaar, dan ligt deze met 80 procent zekerheid tussen $1/5000$ (-60 procent) en $1/1000$ per jaar ($+100$ procent) per jaar. Afbeelding 6 geeft deze onzekerheidsbanden voor de verschillende dijkkringen aan.

De onzekerheid in de raming van de gevolgen van een overstroming (schade en slachtoffers) is voor de meeste dijkkringen de belangrijkste bron van onzekerheid. Onzekerheden over onder meer het overstromingsverloop, evacuatiefractionen, schade- en mortaliteitsfuncties en economische groei versterken elkaar. Omdat de invloed van

onzekerheden doorgaans voor alle dijkeringen in dezelfde richting doorwerken, zijn ondanks de grote bandbreedtes (zie afbeelding 6) de geschetste relatieve verhoudingen van de economisch optimale overstromingskansen tussen de dijkeringen significantier dan uit een bandbreedte zou kunnen worden geconcludeerd.

Conclusie

Uit de MKBA volgen voor de verschillende dijkeringen economisch optimale beschermingsniveaus. Alhoewel deze niet één op één zijn te vergelijken met de huidige overschrijdingskansnormen, duiden de resultaten op drie gebieden waar het duidelijk economisch efficiënt is de normen in de periode tot 2050 te verhogen: het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond-Drechtsteden en Almere. De aanbeveling van de Commissie Veerman het beschermingsniveau voor alle gebieden in Nederland met een factor 10 te verhogen, wordt door de uitkomsten van de MKBA niet ondersteund.

Actualiseringskosten

Voor in het rivierengebied, delen van de regio Rijnmond-Drechtsteden en Almere zijn op grond van de MKBA-uitkomsten dus extra inspanningen te verwachten voor het verhogen van het beschermingsniveau. De kosten hiervan worden in de MKBA geraamd op een totaal van vijf tot tien 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 de kosten die nodig zijn voor het compenseren van de effecten van klimaatverandering en bodemdaling.

Second opinion

Het Centraal Planbureau heeft op verzoek van het ministerie van I&M een *second opinion* opgesteld. Daarin is aangegeven dat 'de KBA WV21 beter is dan alle andere tot nu toe gemaakte veiligheidsberekeningen. Het vormt ook een goed uitgangspunt voor beleid, Mits goed rekening wordt gehouden met de genoemde kritiek die nader onderzoek vereist'. Over de Monte Carlo-analyse schrijft het CPB: 'Dit is een sterk vernieuwend onderdeel van deze kosten-batenanalyse, want het is vermoedelijk de eerste keer dat dit zo uitgebreid is gedaan.'

Jarl Kind (Deltares)

Johan Gauderis (Rebelgroup)

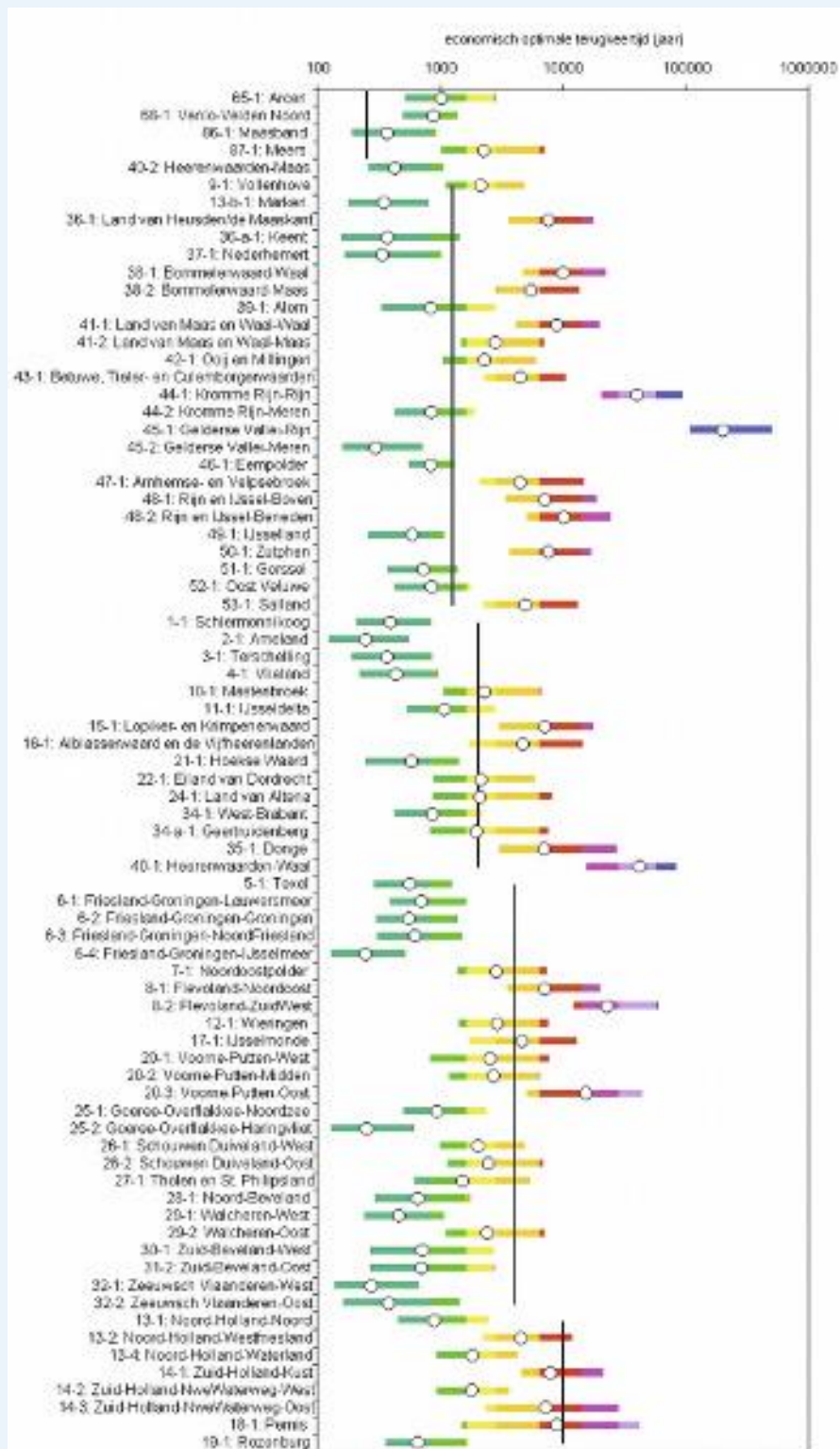
Matthijs Duits (HKV Lijn in water)

Carlijn Bak (Deltares)

Alle onderzoeksrapporten van Deltares voor WV21 zijn in te zien op de interpagina van Deltares.

NOTEN

1 Bockarjova 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.



Afb. 6: 80 procent betrouwbaarheid rondom de economische optimale overstromingskansen (balkjes in kleur). Witte cirkel: gemiddelde waarde, horizontale lijn: huidige overschrijdingskansnorm.

- CPB (2011). Second Opinion Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw. Op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, DG Water. CPB notitie, 31 augustus 2011.
- Dantzig D. van (1956). Economic decision problems for flood prevention. *Econometrica* nr. 24, pag. 276-287.
- Dantzig D. van en J. Kriens (1960). Het economische beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloed. Deel 3, bijlage JI.2 van het rapport van de Deltacommissie.
- Duits M. (2011). OptimaliseRing - Technische documentatie van een numeriek rekenmodel voor de economische optimalisatie van veiligheidsniveaus van dijkeringen - Versie 2.3. HKV Lijn in water.
- Eijgenraam C. (2005). Veiligheid tegen overstromen - Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier, deel 1. Centraal Plan Bureau. CPB-document 82.
- Gauderis J. (2009). Schade ten gevolge van productie-uitval bij overstromingen. Discussienotitie in het kader van de KBA Waterveiligheid 21e eeuw. In opdracht van Deltares.