

De onzekerheden over de langetermijneffecten van klimaatverandering vragen om een aanpassingsstrategie gebaseerd op risicomanagement.

bestuurskundige strategieën. De aanhoudende onzekerheden over de langetermijneffecten van klimaatverandering vragen om een aanpassingsstrategie gebaseerd op risicomanagement, maar de vereiste kennis hebben we daarvoor nog niet in huis.

Haalbaarheid

Klimaatbeleid kan alleen succesvol zijn als er voldoende maatschappelijk draagvlak wordt gecreëerd. Het huidige instrumentarium voor de sociaal-economische onderbouwing van de klimaatmaatregelen is sterk gefragmenteerd, sectoraal gericht en voor belangrijke componenten ontbreken data en instrumenten zelfs helemaal. Zo zijn de huidige macro-economische modellen van het Centraal Planbureau niet in staat de monetaire (bijvoorbeeld natschade in de landbouw) en niet-monetaire effecten (bijvoorbeeld natuurwaarden) van het klimaatbeleid onder te brengen in eenduidige kosten-batenanalyses.

Ook moeten we nieuwe participatieve methoden ontwikkelen gericht op het scheppen van het draagvlak en betrokkenheid bij het klimaatbeleid van de actoren: de overheden, bedrijven/ondernemers, ngo's en burgers.

We moeten op zoek naar langetermijnoplossingen die integraal en duurzaam zijn. Maatregelen gericht op aanpassing en mitigatie dienen *economisch haalbaar, ecologisch doeltreffend en maatschappelijk verantwoord* te zijn. We moeten het klimaatvraagstuk betrekken in alle belangrijke facetten van ruimtelijke ontwikkeling. Dit vereist wetenschappelijk onderbouwde, integrale verkenningen en scenario's, waarbij de huidige condities en beleidsdoelen als basis dienen om in dialoog met de actoren tot innovaties en oplossingen te komen. Die kunnen dan versneld leiden tot nieuwe vormen van bedrijvigheid en inkomsten. Op die manier vormt klimaatverandering geen bedreiging, maar biedt zij kansen. ■

Pavel Kabat is hoogleraar klimaathydrologie aan de Wageningen Universiteit en wetenschappelijk directeur van het programma Klimaat voor Ruimte. **Jeroen Veraart** is daar wetenschappelijk projectbegeleider.

Bronnen

- Kabat, P., M. Claussen, P. Diemeyer, J.H.C. Gash, L. Bravo Guenni, M. Meybeck, R.A. Pielke, Ch.J. Vorosmarty, R. W. A. Hutjes & S. Lutkemeier 2004. Vegetation, water, humans and the climate: a new perspective on an interactive system. Springer, Berlin.
- Kabat, P. 2004. Met het H2O schip door het Systeem Aarde. Nieuwe inzichten in de samenhang tussen klimaat, water en landgebruik. Inaugurale rede. Wageningen Universiteit.
- Scott, P. A., D. A. Stone & M. R. Allen 2004. Human contribution to the European heatwave of 2003. Nature 432: 610-613.

De afgelopen 2000 jaar hebben we in Nederland leren leven met de dreiging van water. Het heeft ons landschap en bestuur vergaand bepaald. Zijn we in staat ons veiligheidsniveau op peil te houden, rekening houdend met klimaatveranderingen? De meeste Nederlanders denken dat Rijkswaterstaat met zijn indrukwekkende dijken en stormvloedkeringen goed waakt over onze veiligheid. Dat is nog maar de vraag.

Tot zo'n 1000 jaar geleden lagen grote delen van westelijk Nederland nog boven de zeespiegel. Het landschap bestond uit strandwallen die tot ver in zee reikten met erachter laagveengebieden nabij de kust en hoogveengebieden gevoed door regenwater. De vroege Nederlanders vestigden zich op de hoger gelegen delen langs de rivieren en wierpen elders terpen op. Door de ontginning van veen, indijking en droogmalen van laaggelegen gebieden en meren kwamen grote delen van West-Nederland steeds lager te liggen ten opzichte van de zee. De voortgaande zeespiegelstijging (zo'n 11 cm per honderd jaar) en bodemdaling door natuurlijke processen (tektoniek) en door bemaling (zo'n 5 cm per honderd jaar) droegen daar verder aan bij. Er hebben zich dan ook regelmatig grote overstromingen voorgedaan: in 1421 de Tweede Sint-Elizabethsvloed, op 2 november 1532 de Allerzielenvloed, op 4-5 november 1675 de Tweede Allerheiligenvloed, en natuurlijk de watersnoodrampen in januari 1916 en op 1 februari 1953. Meestal kwam er na een grote overstroming een nieuw programma ter versterking van de dijken op gang. Zo werd na de overstromingsramp van 1916 de knoop doorgemaakt over de aanleg van de Af-

Klimaatverandering vergroot overstromingsrisico's

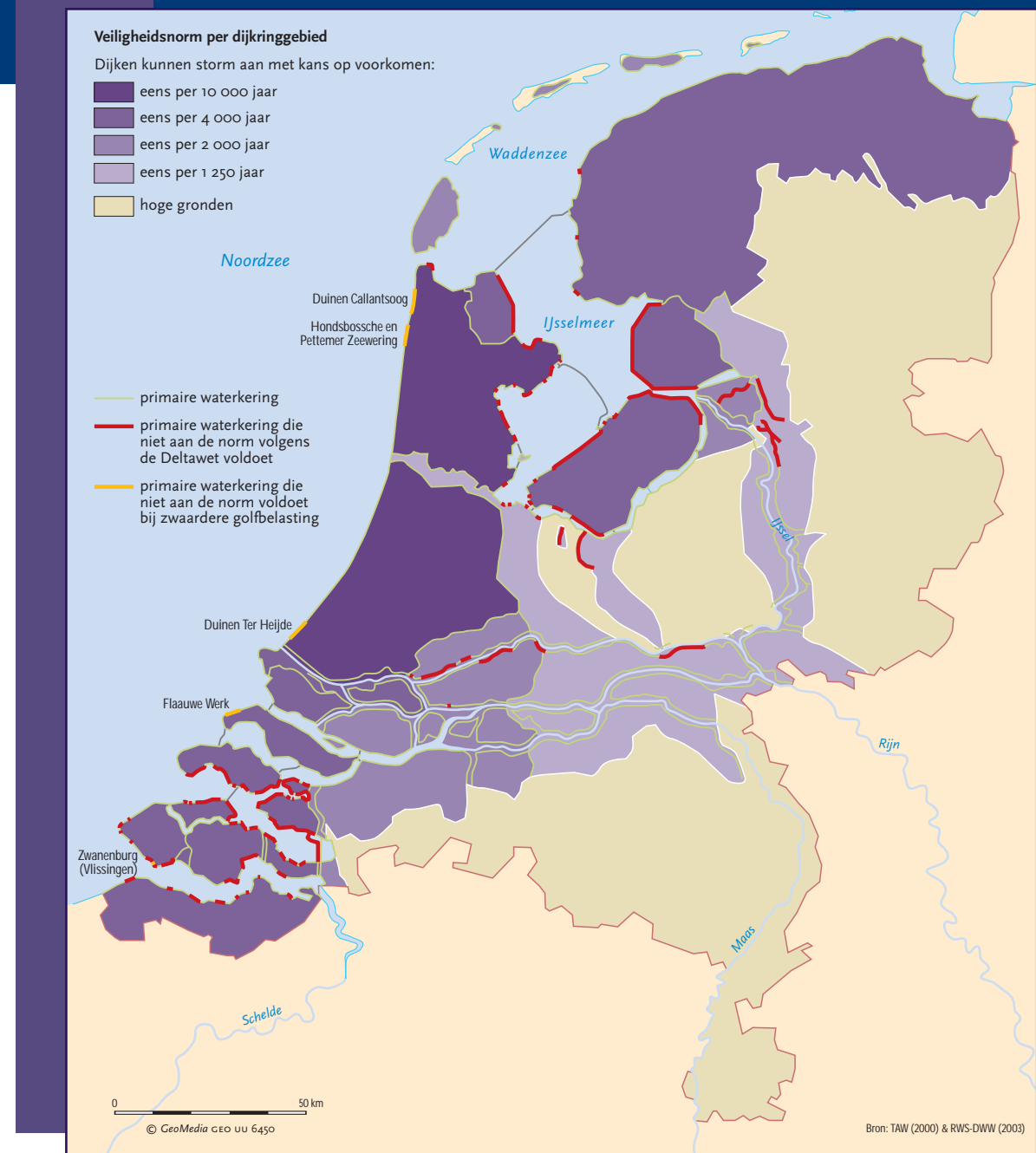
Van absolute veiligheid naar worst case scenarios

sluitdijk. Evenzo was de stormvloed van 1953 'nodig' om de handen op elkaar te krijgen voor de Deltawerken.

Veiligheidsnorm

Hoe goed zijn we op dit moment in pakweg Zuid-Holland, Groningen of Limburg beschermd tegen overstromingen vanuit zee of de grote rivieren? Nederland is ingedeeld in dijkkringgebieden met ieder een eigen veiligheidsnorm (figuur 1). Voor de grote dijkkringgebieden van Noord- en Zuid-Holland geldt dat de dijken nog moeten standhouden bij (extreme) stormvloedcondities die zich kunnen voordoen met een kans van 1 op 10.000 per jaar. Voor Friesland, Groningen en Zeeland is dat 1 op 4000 per jaar; hier bieden de dijken dus minder bescherming, dat wil zeggen tegen minder

Figuur 1: Veiligheid van dijkkringgebieden en primaire waterkeringen



zeldzame (en minder extreme) condities.

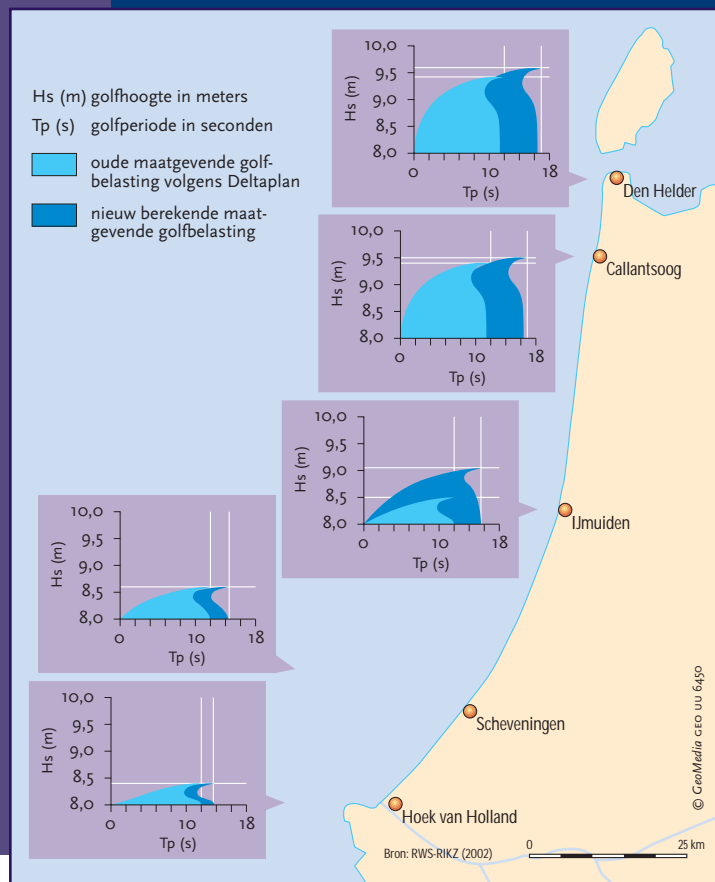
Voor de veiligheid in de dijkkringgebieden langs de rivieren is de rivierafvoer bepalend. Hier geldt als norm dat de dijken voldoende bescherming bieden bij verhoogde rivierafvoeren die zich kunnen voordoen met een kans van 1 op 1250 per jaar.

Deze uiteenlopende kansen op overstromingen zijn in de jaren vijftig vastgesteld in de Wet op de Waterkering. Daarbij is gekeken naar de waarde van wat verdedigd wordt aan mensenlevens en goederen. Daarom verschillen de kansen op overstromingen. Voor Centraal-Holland kwam men uit op een economisch optimale bescherming wanneer dit gebied gemiddeld eens in de 125.000 jaar zou overstromen. De 1 op 10.000-norm voor Noord- en Zuid-Holland werd mede vastgesteld

door te veronderstellen 'dat een waterkering die ontworpen wordt om een waterstand met een kans van voorkomen van 1 op 10.000 per jaar veilig te keren, mogelijk pas bezwijkt bij een waterstand met een kans van voorkomen van 1 op 100.000 per jaar'. Het woordje 'mogelijk' geeft meteen al aan dat de norm op vrij arbitraire gronden tot stand kwam.

Vijftig jaar na de stormvloed van 1953 voldoet de Nederlandse waterkering nog steeds niet aan de normen.

Figuur 2: Oude en nieuwe maatgevende golfbelasting bij vijf kustplaatsen in Noord- en Zuid-Holland



Deltaplan

Vijftig jaar na de stormvloed van 1953 voldoet de Nederlandse waterkering nog steeds niet helemaal aan de normen van de Wet op de Waterkering. Om de veiligheid te waarborgen heeft Rijkswaterstaat een activiteiten-cyclus ingesteld bestaande uit het stellen van randvoorwaarden (elke vijf jaar), het uitvoeren van toetsingen en het aanbrengen van verbeteringen. Vooral dit laatste vordert echter langzaam. In 2003 concludeerde de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat dat 549 km van de dijken in Nederland (15 procent) nog niet aan de gestelde norm voldoet en dat over 1217 km (35 procent) geen definitief oordeel geveld kan worden omdat de gegevens daarvoor ontbreken. Een groot deel van de dijken die niet aan de norm voldoen ligt gelukkig achter de Afsluitdijk aan het IJsselmeer, en achter de Oosterscheldedam (figuur 1). Maar ook de primaire waterkering van Noord- en Zuid-Holland en Zeeland vertoont zwakke plekken.

Bovendien zijn er door nieuw onderzoek betere inzichten over golfpatronen, stormverwachtingen op de Noordzee, extreme regenval, piekafvoeren van de grote rivieren en een stijgende zeespiegel, die de oude normen onderuithalen. Het gemiddelde Noordzee-niveau zal de komende eeuw tussen de 20 en 110 cm stijgen. De sterkte en de hoogte van duinen, dijken en stormvloedkeringen zullen dan ook regelmatig moeten herzien. We zouden iedere vijf jaar de balans kunnen opmaken voor de zeespiegelstijging. Die metingen en projecties kunnen we vervolgens meenemen in een versterkingsprogramma voor de waterkeringen. Aangezien de zeespiegel geleidelijk stijgt en dit goed meetbaar is, is het verrassingselement hier minder groot dan bij veranderingen in stormpatronen, regenval en rivierafvoeren.

Klimaatverandering

Vaststaat dat klimaatverandering in West-Europa leidt tot extremere weersomstandigheden. Door excessieve regenval zullen de rivieren hogere piekafvoeren vertonen. Rijkswaterstaat geeft aan dat we rekening moeten houden met een toename van de maatgevende afvoer van de Rijn van 16.000 naar 18.000 m³/s en een toename van de maatgevende afvoer van de Maas van 3800 naar 4600 m³/s. Ook al is er nog veel discussie over deze waarden, duidelijk is dat we voorbereid moeten zijn op een toename in piekafvoeren.

Veranderingen van de stormpatronen op de Noordzee zijn moeilijker te voorspellen. De stormvloedcondities die maatgevend zijn voor de sterkte en hoogte van de waterkering worden voornamelijk bepaald door de richting en de kracht van stormen die het water van de Noordzee 2 tot 4 meter of meer kunnen opstuwten. Als door klimaatverandering de maximale windsnelheid op de Noordzee toeneemt, zullen ook hogere stormvloedcondities optreden. Maar als in een warmere wereld de dominante stormrichting verandert (bijvoorbeeld van noordwest naar zuidwest) kan de stormvloedhoogte ook afnemen. We moeten dus inzicht zien te krijgen in het effect van klimaatverandering op richting, frequentie en kracht van stormen op de Noordzee én de kans op extreme stormvloedcondities.

De maatgevende stormvloedhoogte voor de Hollandse kust is afgeleid uit waarnemingen tussen 1888 en 1999 van stormvloedhoogten bij Hoek van Holland. Op basis van die metingen gedurende 112 jaar is berekend dat er een kans van 1 op 10.000 per jaar is dat in Hoek van Holland de extreme waterstand van 5 m boven NAP bereikt wordt. De extrapolatie van 112 jaar waarnemingen naar 10.000 jaar roept natuurlijk vragen op, helemaal nu de aarde 0,3 tot 0,6 °C warmer is dan in de periode van de metingen.

Verbeterde modellen voor de wind- en waterbewegingen en krachtigere computers stellen onderzoekers van het KNMI nu in staat het wind- en stormvloedklimaat na te bootsen. De modellen zijn nog vrij eenvoudig, maar de eerste resultaten geven aan dat er vraagtekens gezet kunnen worden bij de waarden waarop het Deltaplan is gebaseerd. En kleine veranderingen in het Noordzee-stormklimaat kunnen al grote gevolgen hebben voor de veiligheid van Nederland. Uit metingen van golven op de Noordzee tijdens storm in de afgelopen vijftien jaar en daarop gebaseerde herberekeningen blijkt dat de golven bij een (super)stormvloed langer en dus krachtiger zijn dan waarvan is uitgegaan in het Deltaplan. De zogeheten golfperiode (*Tp*) is 14 seconden, en lokaal bijna 17 seconden, in plaats van de 12 seconden waarmee de toetsing op veiligheid is uitgevoerd (figuur 2). Daarmee zijn golfbelasting en golfoverslag enkele tientallen procenten groter dan waarop de dijken en duinen nu zijn berekend. Belangrijke delen van de Nederlandse kust voldoen niet meer aan de norm: de duinen bij Callantsoog, de Hondsbossche en Pettemer zeewering, de duinen bij Ter Heijde (Westland), Flauwe Werk (Goeree) en Zwanenburg (Vlissingen) (figuur 1).

Bij stormvloed is de golfbelasting enkele tientallen procenten groter dan waarop dijken en duinen zijn berekend.

Schadeberekening

Al deze nieuwe inzichten en randvoorwaarden leiden tot een belangrijke vraag: wat moeten we verwachten wanneer de primaire waterkering het tijdens een extreme stormvloed begeeft? Rijkswaterstaat heeft zich die vraag lange tijd niet gesteld. Bij de uitvoering van het Deltaplan (1960 tot heden) was de aandacht volledig gericht op versterking van de primaire waterkeringen. Onderzoek naar schade bij grootschalige overstromingen en de opstelling van calamiteitenplannen pasten niet in het algemeen gevoelde streven naar 'absolute veiligheid'. In de loop van de jaren negentig kwam daar enige verandering in; zo startte Rijkswaterstaat de projecten *Overstromingsrisico's* en *Veiligheid Nederland in Kaart*. Ondertussen krijgen ook andere ministeries oog voor de hoogwater- en overstromingsproblematiek. Zo zijn het Centraal Planbureau en Rijkswaterstaat begonnen aan een studie naar de kosten en baten van maatregelen gericht op het verminderen van de kans op overstromen in het rivierengebied. Er wordt gekeken naar de baten in de vorm van vermindering van de kans op schade, en naar de kosten die voortkomen uit de investeringen in de waterkeringen of overlooppolders.

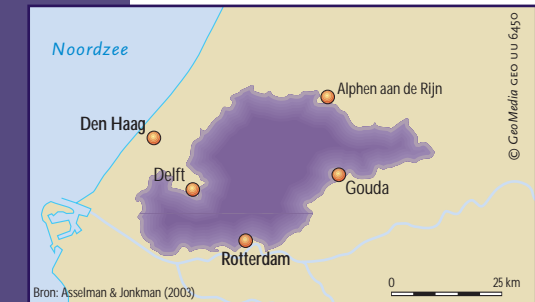
Uiteindelijk is in 2003 onderzocht wat er gebeurt als op een kritische plaats in Nederland (net ten oosten van Rotterdam bij Krimpen aan de Lek) de waterkering het begeeft door een extreme waterstand, met een bijbehorende vloedgolf die de laaggelegen gebieden van Zuid-Holland binnendringt (figuur 3). In het *worst case scenario* zonder evacuatie zouden er binnen 24 uur na de doorbraak vele tienduizenden doden te betreuren zijn. Juist in deze laaggelegen gebieden ten oosten en noordoosten van Rotterdam tot Zoetermeer (3 tot bijna 7 m beneden NAP) zijn compleet nieuwe steden gebouwd en worden nog steeds nieuwe woonwijken gepland zoals Westergouwe in de Zuidplaspolder bij Gouda. De onderzoekers stellen dat het water zo snel binnenstroomt dat de vluchtwegen al snel onbegaanbaar zijn.

Afgezien van het aantal dodelijke slachtoffers kunnen we ook de materiële schade bij een grote overstroming bekijken. De door de Delta-commissie in 1956 vastgestelde norm is mede gebaseerd op de waarde van de gebouwen en infrastructuur achter de dijken. Sinds eind jaren vijftig is deze waarde echter sterk toegenomen. Een strengere norm om Centraal-Holland te beschermen is dus alleen al op economische gronden zeer verdedigbaar.

Overlijdensrisico door overstroming

Een belangrijke vraag in dit verband: hoe verhoudt zich de kans op tienduizenden doden als gevolg van overstroming met andere doodsrisico's die wij dagelijks lopen in Nederland? De maatschappelijke werkelijkheid

Figuur 3: Gebied dat in *worst case scenario* binnen 24 uur overstroomt bij een dijkdoorbraak net ten oosten van Rotterdam.



heeft inmiddels laten zien dat het heel moeilijk, zo niet onmogelijk is een algemeen toepasbare veiligheidsnorm te ontwikkelen voor individueel risico, groepsrisico en plaatsgebonden risico. De meeste veiligheidsnormen worden opgesteld en/of verscherpt vlak na een ramp of een bijna-ramp. Op zo'n moment is de maatschappelijke bereidheid om te investeren immers groter dan ooit. Dit kan echter leiden tot een situatie waarbij perceptie meer maatgevend is dan kwantitatieve risicoanalyse. Zo is de jaarlijkse kans die een inwoner van Nederland loopt op overlijden door overstroming in 1974 vastgesteld als 1 op 10.000.000. Dit getal sluit waarschijnlijk goed aan bij het veiligheidsgevoel van de mensen in Nederland en wordt waarschijnlijk daarom zonder controle overgenomen in allerlei nota's over veiligheid. Maar uit alle nieuwe inzichten blijkt dat deze kans voor miljoenen Nederlanders veel hoger is dan 1 op 10.000.000; voor mensen in laaggelegen gebieden gaat die kans richting 1 op 10.000!

En dan: welke kans op overlijden door overstroming is maatschappelijk acceptabel? Het Milieu- en Natuurcompendium van het RIVM geeft een overzicht van het plaatsgebonden risico in Nederland naar risicobron. Volgens de huidige risiconorm (ministerie van VROM) mag op een oppervlakte van circa 600 vierkante kilometer, dat is bijna 2 procent van Nederland, geen woningbouw meer plaatsvinden. Op deze plekken is de kans op een dodelijk ongeval door een veiligheidsplichtig bedrijf, een spoorwegemplacement, luchthaven, LPG-station of door transport over de weg groter dan aanvaardbaar. Per risicobron is aangegeven voor hoeveel mensen de kans op overlijden een bepaalde waarde overschrijft. Ook is per risicobron aangegeven voor hoeveel vierkante kilometer sprake is van overschrijding van een bepaalde norm (tabel op pag. 35). De kans op over-

De kans dat mensen in laag-Nederland omkomen door een overstromingsramp is veel groter dan de kans op overlijden bij ongelukken met LPG-stations, vuurwerkopslag en dergelijke.



Deze nieuwbouwwijk ten oosten van Zoetermeer ligt zo laag dat hij bij een dijkdoorbraak binnen 24 uur onder water komt te staan.

stroming is in de oorspronkelijke tabel niet meegenomen, maar hier door mij in rood toegevoegd. Uit de vergelijking komt duidelijk naar voren dat de kans dat mensen in laag-Nederland omkomen door een overstromingsramp veel en veel groter is dan de kans op overlijden als gevolg van ongelukken met LPG-stations, vuurwerkopslagplaatsen, tunnels, transport over de weg, luchthavens en dergelijke. Het gaat hierbij om een factor 10 tot 1000. Sterker nog, wanneer we het risico van overstroming door bezwijken van een primaire waterkering zouden meenemen in het woningbouwbeleid, had er in de afgelopen jaren in geen enkele laaggelegen polder in Nederland gebouwd mogen worden!

De vergelijking van deze 'nieuwe' milieurisico's met het meer klassieke overstromingsrisico illustreert dat een heroverweging van normen en een aanpassing van het veiligheidsregime in Nederland dringend noodzakelijk zijn. Klimaatverandering als additionele bron van risico en onzekerheid komt hier nog bij.

Kosten

De Commissie Waterbeheer 21ste Eeuw heeft op basis van een eerste inschatting van de klimaatverandering berekend wat de kosten zijn van aanpassing van het Nederlandse watersysteem wanneer wordt vastgehouden

Een CO₂-heffing kan het benodigde geld opleveren om ons aan te passen aan klimaatveranderingen.

den aan de huidige veiligheidsnormen. De Commissie komt hierbij tot schattingen in de orde van 3 miljard euro voor de komende tien jaar tot 10 miljard euro voor de komende vijftig jaar. Deze schattingen zijn waarschijnlijk nog veel te laag, omdat de Commissie een nogal conservatief scenario voor klimaatverandering hanteert. Bovendien zijn de vernieuwde inzichten over de maatgevende golfcondities op de Noordzee niet meegenomen omdat de commissie zich voornamelijk heeft gericht op de riviersystemen. Evenmin zijn overwegingen over schade bij overstroming en eventuele aanpassing van de veiligheidsnorm meegenomen. Een systematische analyse van alle aspecten zal ongetwijfeld leiden tot de conclusie dat er veel meer geld nodig is voor de primaire waterkeringen. Een voorzichtige schatting van kosten van versterking in de periode 2005 tot 2025 leidt tot een bedrag dat een factor 2 tot 4 hoger is dan de Commissie noemt. Dat wil zeggen 20 tot 40 miljard euro aan investeringen tussen 2005 en 2025 om passende veiligheid te bieden aan de Nederlandse bevolking. Tussentijds kan steeds opnieuw bekeken worden hoe klimaat en maatschappij zich ontwikkelen en wat de verwachtingen zijn. Op basis daarvan kunnen de plannen worden aangepast om ook in de verdere toekomst voldoende veiligheid te garanderen. Een bezinning op de veiligheidsfilosofie en -normen moet

onderdeel zijn van de politieke besluitvorming over extra investeringen.

Te denken valt ook aan nieuwe vormen van financiering van de versterking. Als we het beginsel 'de vervuiler betaalt' toepassen en vooralsnog binnen de Nederlandse grenzen kijken, kunnen de middelen die nodig zijn om ons aan te passen aan een veranderend klimaat worden opgebracht uit een heffing op de uitstoot van broeikasgassen. Een zeer oriënterende berekening laat zien dat een CO₂-heffing van circa 0,01 euro per m³ aardgas, circa 0,01 euro per kWh elektriciteit en circa 0,05 euro per liter transportbrandstof, de begrote 20 tot 40 miljard euro in twintig jaar kan dekken.

Wat is veilig?

Het lijkt dus zinvol veiligheidsfilosofie en normen van de Wet op de Waterkering opnieuw te bezien. We kunnen de kans op verdrinking van mensen, inclusief de (on)mogelijkheid van tijdige evacuatie, en de waarde van de bedreigde goederen opnieuw berekenen. Op basis van de inschatting van kosten van verdere verdediging kunnen we vervolgens per gebied een nieuwe norm vaststellen. Een gerichte versterking van de waterkeringen ligt daarbij het meest voor de hand.

Toch is een bezinning op de traditionele aanpak op zijn plaats. Als je een verzekeringsmaatschappij zou vragen Nederland of een van onze dichtbevolkte polders te verzekeren tegen overstroming, zou blijken dat het voor bepaalde delen van Nederland economisch zeer aantrekkelijk is de dijken te verhogen om daarmee de 'premie' flink te verlagen. Daarbij zou een gedifferentieerd beleid voor de hand liggen, waarbij voor kleinere regio's dan de huidige dijkringgebieden een passend veiligheidsprofiel wordt ontwikkeld. Dat vereist een verdere compartimentering van Nederland, waarbij het verlies van mensenlevens bij overstroming en schade per deelgebied maatgevend zouden moeten zijn. Een kostenbatenanalyse lijkt de beste benadering; de politieke besluitvorming is uiteindelijk bepalend.

Op dit moment is het risico voor de meest dichtbevolkte dijkringgebieden veel te groot. Als er nu op één plaats iets misgaat met de waterkering door stormvloed, extreme rivierafvoer, een vergissing of terrorisme, kan een heel groot gebied onder water komen. Per kleiner dijkringgebied kunnen we een pakket van maatregelen samenstellen die de gevolgen beperken. Naast dijkverhogingen valt daarbij te denken aan vluchtplannen en noodvoorzieningen voor zeer kwetsbare gebieden. Ook moet het mogelijk zijn op bepaalde plaatsen (overlooppolders) de norm te verlaten en géén garanties te geven voor bescherming tegen overstromingen.

De introductie van nieuwe risicodeling- en verzekeringsarrangementen kan leiden tot een meer kosten-effectieve aanpak. Een interessante kwestie is dan welk deel van het risico wordt afgedekt door de private sector en welk deel door de overheid. Het is wetenschappelijk én economisch hard te maken dat de schade die ontstaat door klimaatverandering en de kosten van (preventieve) maatregelen doorberekend moeten worden aan de veroorzakers.

Tabel: Het plaatsgebonden risico in Nederland, 2001

| Risicobron | Plaatsgebonden risico (per jaar) | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | > 1 op 100.000 (10 ³) | > 1 op 100.000 (10 ⁶) |
| Aantal blootgestelde personen | | |
| VR-plichtige bedrijven | 47 | 800 |
| LPG-stations | – | 14.000 |
| Spoorwegemplacements | – | 3000 |
| Luchthavens | 790 | 19.000 |
| Overstroming door bezwijken | | |
| primaire waterkering | 10.000 tot 100.000 | |
| Ruimtebeslag (km²) | | |
| VR-plichtige bedrijven | 26 | 83 |
| LPG-stations | 2 | 12 |
| Spoorwegemplacements | – | 3 |
| Luchthavens | 5 | 30 |
| Transport over het spoor | – | 4 |
| Buisleidingen | – | 460 |
| Transport over de weg | – | 21 |
| Overstroming door bezwijken | | |
| primaire waterkering | 1000 tot 10.000 | |

Bron: RIVM, 2002, aangevuld (in rood) met eigen schattingen over de risicobron.

Tijdig ingrijpen staat in ieder geval voorop. Gezien de geschiedenis is het zeer de vraag of onze samenleving in staat is preventief op te treden om ook op langere termijn veilig te wonen en werken in de lage landen aan de zee. Laten we hopen dat er niet eerst een grote ramp nodig is om daarna tijdelijk weer voldoende veiligheid te scheppen. ■

Pier Vellinga promoveerde op de veiligheid van Nederland bij stormvloeden. Hij werkte bij het Waterloopkundig Laboratorium en het ministerie van VROM, was hoogleraar/directeur van het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit en is nu decaan van de Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen. Hij was medeoprichter en lid van het IPCC.

Meer informatie

- www.falw.vu.nl/klimaat
- www.falw.vu.nl/vwo_leraren onder KNAGdag presentatie van Prof. Vellinga op de KNAG Onderwijsdag op 25 november.

Bronnen

- RWS-DWW 2003. De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland. Resultaten van de eerste toetsronde van 1996-2001. Hoofdrapport. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat, Delft. www.waterkeren.nl
- RWS-RIZA 2003. Hoeveel water kan ons land binnenkomen via de Rijn bij Lobith, nu en in de toekomst. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, rapport 2003.015.
- TAW 2000. Van overschrijdingskans naar overstromingskans. Technische Adviescommissie voor de Wateringen, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat, Delft.
- Tielrooy, F. (red.) 2000. Waterbeleid voor de 21e eeuw. Commissie Waterbeheer 21e eeuw, Den Haag.
- Verbeek, K. (red.) 2003. De toestand van het klimaat in Nederland 2003. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt. www.knmi.nl/voori/nader/klim/klimaatrapportage2003/

Er moet geen 3 tot 10, maar 20 tot 40 miljard euro geïnvesteerd worden om ons te beschermen tegen overstromingen als gevolg van klimaatveranderingen.