

Economische schade van natuurrampen en lessen voor klimaatadaptatie

De afgelopen decennia zijn wereldwijd de door natuurrampen veroorzaakte economische schade significant toegenomen. Het is de verwachting dat natuurramp-*risico's* in de toekomst verder zullen stijgen vanwege de klimaatverandering, bevolkingstoename en economische groei. Wat is er bekend over de economische gevolgen van natuurrampen, en welke lessen kunnen we hieruit trekken om de gevolgen van die rampen te beperken en te temperen?

WOUTER BOTZEN
Hoogleraar aan de
Vrije Universiteit
Amsterdam en
aan de Universiteit
Utrecht

Dat extreem weer grote economische gevolgen kan hebben, blijkt uit het orkaanseizoen van 2017 waarin de orkanen Harvey, Irma en Maria in een tijdsbestek van vier weken de Amerikaanse kust en het Caribisch gebied zwaar hebben getroffen. De totale economische schade, veroorzaakt door de wind, extreme neerslag en overstromingen, wordt geschat op 215 miljard dollar – en daarmee is 2017 het duurste orkaanseizoen ooit (Munich RE, 2017).

De oorzaak van de significante stijging van de wereldwijde schade is in diverse empirische studies onderzocht (Hoeppe, 2016). Daaruit blijkt dat het grootste gedeelte van de stijging in natuurrampschade is veroorzaakt door bevolkingstoename en economische activiteiten in de gebieden die kwetsbaar zijn voor natuurrampen, terwijl ook een deel kan worden toegeschreven aan de klimaatverandering (Estrada et al., 2015; Hoeppe, 2016). Door de voorspelde toename in de frequentie en hevigheid van de verschillende weersextremen zullen ook de natuurramp-*risico's* in de toekomst verder stijgen (IPCC, 2014). Dit is ook relevant voor Nederland, dat volgens het KNMI (2015) bij een veranderend klimaat te maken krijgt met

zeespiegelstijging, extremere neerslag, kans op drogere zomers en hevigere hagelbuien en onweer.

Voor het vormgeven van beleid om de economische schade van toekomstige natuurrampen te beperken en temperen, is het van belang om inzicht te hebben in de economische gevolgen van natuurrampen en de factoren die deze kunnen beperken. Deze inzichten worden in dit artikel besproken aan de hand van drie methodes.

METHODE 1: DIRECTE SCHADE

Als eerste methode worden *catastrofemodellen* veelvuldig toegepast om de *risico's* van natuurrampen bij gebouwen, inboedels en inventarissen in te schatten. Deze modellen simuleren de kenmerken van het *natuurgevaar* in een regio, zoals overstroombare gebieden en waterhoogtes bij overstromingen. Vervolgens berekenen catastrofemodellen de directe schade die een natuurramp kan veroorzaken aan de hand van deze natuurgevaar-kenmerken, hoe de economie daaraan is blootgesteld, en de aannames over hoe kwetsbaar die blootstelling is (De Moel et al., 2015). Door voor de verschillende intensiteiten van het natuurgevaar de schadekans mee te nemen, kan men het risico en dus de gemiddelde jaarlijks te verwachten schade berekenen. Naast de berekening van de huidige schaderisico's worden catastrofemodellen ook toegepast om in te kunnen schatten hoe natuurramp-*risico's* zich in de toekomst zullen ontwikkelen via de diverse klimaatveranderingsscenario's die van invloed zijn op de frequentie en/of intensiteit van het natuurgevaar in het model.

Tevens worden catastrofemodellen gebruikt om te evalueren hoeveel schade en risico er kan worden vermeden door bepaalde risicoreductiemaatregelen te treffen. Voorbeelden hiervan zijn de aanleg van dijk-infrastructuur of maatregelen die de natuurrampschade aan gebouwen verlagen, zoals het ophogen van terrein voor nieuwbouw of het anderszins overstromingsbestendig

bouwen in overstroombare gebieden. Deze risicoreducerende schattingen kunnen vervolgens worden gebruikt in maatschappelijke kosten-batenanalyses die de economische wenselijkheid van risicoreductiemaatregelen evalueren, rekening houdend met andere batenposten en investerings- en onderhoudskosten van deze maatregelen (kader 1). Voorbeelden van zulke toepassingen zijn de kosten-batenanalyses op een mondiale schaal van investeringen in dijken langs rivieren (Ward et al., 2017), de veiligheidsniveaus van overstromingsbescherming in Nederland (Kind, 2014), en de lokale bouwvoorschriften voor het beperken van overstromingsschade in steden, zoals New York (Aerts et al., 2014).

Terwijl standaard catastrofemodellen vaak van een constante kwetsbaarheid uitgaan, koppelt recent onderzoek catastrofemodellen aan de agent-gebaseerde-modellen van de individuele voorbereidingen op natuurrampen. Het doel hiervan is om beter rekening te kunnen houden met veranderingen in kwetsbaarheid qua schade, als gevolg van deze over de tijd wisselende maatregelen. Die andere kwetsbaarheid hangt namelijk samen met de risicoreductiemaatregelen die over de jaren genomen zijn door verschillende agenten – burgers, bedrijven, overheden – bijvoorbeeld omdat het risico vanwege de klimaatverandering toeneemt of omdat er rampen geweest zijn die het risicobewustzijn hebben verhoogd.

Haer et al. (2017) ontwikkelde bijvoorbeeld een geïntegreerd catastrofe- en agent-gebaseerd model om de invloed van de zeespiegelstijging te schatten op overstromingsrisico's bij de wijk Heijlplaas in het buitendijkse gebied van Rotterdam. In dit model investeren huishoudens in schadebeperkende maatregelen voor hun woningen volgens beslisregels die gebaseerd zijn op verschillende gedragseconomische theorieën. Voorbeelden van deze maatregelen zijn het plaatsen van vloedschotten en waterdicht maken van muren, zodat er tijdens een overstroming minder water het huis binnendringt. Uit de resultaten blijkt dat een catastrofemodel het overstromingsrisico met een factor twee overschat, vergeleken met een model waarin het gedrag van individuele burgers wordt meegenomen.

Tevens blijkt dat de kwetsbaarheid voor overstromingsschade hoog is in periodes waarin er weinig overstromingen plaatsvinden, aangezien dan het risicobewustzijn en de daaraan gerelateerde investeringen in risicoreductie laag zijn. Uit modelsimulaties blijkt dat in zulke periodes financiële prikkels – zoals kortingen op verzekeringspremies voor huishoudens die aan schadebeperking doen – een effectief middel zijn om de risicoreductie-investeringen omhoog te krijgen (Haer et al., 2017). In de praktijk zijn de mogelijkheden om via de verzekering het gedrag te sturen beperkt, aangezien in Nederland gangbare inboedel- en opstalpolissen overstromingsrisico uitsluiten.

METHODE 2: INDIRECTE SCHADE

De directe schade die natuurrampen kunnen veroorzaken, kan resulteren in een keten van indirecte economische effecten. Indirecte economische effecten omvatten bijvoorbeeld schade door bedrijfsuitval, maar er kunnen ook positieve effecten optreden voor bedrijven die de elders weggevalen productie overnemen.

Zulke indirecte economische natuurrampeffecten brengt men doorgaans in kaart via macro-economische input-output-modellen en algemeen-evenwichtsmodellen (Okuyama en Santos, 2014). Deze modellen kunnen nuttige inzichten verschaffen in de economische processen die optreden als gevolg van een natuurramp en in de factoren die deze gevolgen kunnen temperen. Maar de resultaten moeten, vanwege hun smalle empirische basis en hun afhankelijkheid van velerlei aannames, niet als voorspellingen worden gezien (Albala-Bertrand, 2013).

De *input-output-methode* kan in kaart brengen welke bedrijven of sectoren grote indirecte economische schade kunnen veroorzaken als zij getroffen worden door een natuurramp. Op basis van deze informatie kan men indirecte schade voorkomen of beperken wanneer men dergelijke sectoren extra beschermt door preventiemaatregelen of ze voorrang geeft bij de wederopbouw na een ramp (Yu et al., 2014). Kwetsbare sectoren of infrastructuur zijn bijvoorbeeld havens, of de elektriciteits- en watervoorziening waarvan economische activiteiten afhankelijk zijn. Met een input-output-model tonen Koks et al. (2015) voor Nederland aan dat een overstroming in de Rotterdamse haven substantiële indirecte economische schade veroorzaakt, die zelfs hoger kan uitvallen dan de directe overstromingsschade. Uit gevoeligheidsanalyses blijkt onder andere dat aannames over de duur van de herstelperiode een belangrijke invloed hebben op de indirecte schade. Een snel herstel van productiefaciliteiten na een overstroming zorgt aldus voor een substantieel lagere indirecte schade. Jonkeren en Giannopoulos (2014) analyseren met een input-output-model de indirecte economische gevolgen die er kunnen ontstaan als een extreme winterstorm schade berokkent aan de infrastructuur in Nederland, zoals vliegvelden, spoorwegen, het wegennet en de elektriciteits- en telecommunicatievoorzieningen. Dit scenario kan een schade veroorzaken die 0,4 procent van het bnp bedraagt (Jonkeren en Giannopoulos, 2014). Indirecte schades volgens input-output-modellen zijn echter sterk afhankelijk

De baten van risicoreductiemaatregelen

KADER 1

Een overzicht, gemaakt door Mechler (2016), van de kosten-batenanalyses van maatregelen die natuurramp-risico's reduceren, toont aan dat deze maatregelen vaak economisch rendabel zijn. Gemiddeld zijn de baten namelijk vier keer zo groot als de kosten, hoewel dit afhangt van het type maatregel en het lokale risico. Voor het overstromingsrisicomanagement in Nederland betekent dit bijvoorbeeld dat extra dijkinvesteringen, die de waterkeringen aanpassen aan de toekomstige zeespiegelstijging en hogere piekafvoeren in de rivieren, rendabel zijn (Kind, 2014). Maatregelen die overstromingsschade aan woonhuizen beperken, kunnen voor veel schade behoeden maar zijn pas economisch rendabel als de overstromingskans relatief hoog is (Aerts et al., 2014). Dit is voor Nederland alleen het geval in bepaalde buitendijkse gebieden langs de rivieren. Wateroverlast door extreme neerslag komt vaker voor dan overstromingen, en hiervoor hebben schadebeperkende maatregelen – zoals beter onderhoud van daken, dakgoten en riolering, en ook waterbestendige kelders – een bredere toepasbaarheid (Dekker et al., 2016).

van de *resilience*- of tewel veerkracht-bevorderende maatregelen die het model toestaat. Dit illustreren Rose en Wei (2013) met een toepassing op een ramp (zoals een orkaan) die de zeehavens in Texas stillegt. De totale economische schade door zo'n ramp zou voor de Amerikaanse economie kunnen oplopen tot 166,8 miljard dollar, maar als het model rekening houdt met verschillende resilience-maatregelen, dan valt deze schade tot wel 95 procent lager uit (Rose en Wei, 2013). Maatregelen die veel economische schade besparen, bestaan uit het omleiden van goederen-transporten, het later inhalen van de verloren productie via een flexibele planning, en import- en exportsubsstitutie.

In landen met een laag inkomen is het aantal slachtoffers en de indirecte economische schade het hoogst

Algemeen-evenwichtsmodellen zijn flexibeler in het rekening houden met economische processen die de indirecte schade van natuurrampen beperken, zoals aanpassingen in prijzen en input- en import-subsstitutie-effecten om het markevenwicht na een schok te herstellen. Een algemeen-evenwichtsmodel zoals van Carrera et al. (2015) toont bijvoorbeeld aan hoe economische verliezen in het noorden van Italië door een overstroming van de Po deels worden gecompenseerd door positieve economische effecten in andere delen van Italië, waar de productie stijgt vanwege de substitutie-effecten. Resultaten van de algemeen-evenwichtsmodellen, gebruikt om de economische gevolgen van de zeespiegelstijging te analyseren, wijzen erop dat extra investeringen in kustbescherming deze gevolgen in belangrijke mate kunnen beperken (Bosello et al., 2012). Rose et al. (2016) analyseren de economische consequenties van een tsunami in Californië die onder andere de haveninfrastructuur treft. Een belangrijke bevinding is daarbij dat het grootste gedeelte van indirecte economische schade wordt gecompenseerd door de productie en verkoop in een later tijdsbestek in te halen.

Doorgaans tonen resultaten van algemeen-evenwichtsmodellen aan dat grote en gediversifieerde markteconomieën goed in staat zijn om macro-economische schokken van natuurrampen op te vangen. Maar op lokaal niveau kunnen natuurrampen wel grote economische schade aanrichten.

METHODE 3: EMPIRISCHE STUDIES

Omdat de theoretische literatuur een ambigu effect van natuurrampen op economische groei voorspelt, ligt de focus van veel empirische studies op het vaststellen van een positief of negatief effect op de economische groei. Klomp en Valckx (2014) geven een overzicht van 25 studies die de effecten analyseren van verschillende natuurrampen op economische groei. Zij laten zien dat natuurrampen een significant negatief effect hebben op de economische groei, en dat dit effect het sterkst is bij ontwikkelingslanden. Hoewel groei-effecten verschillen per ramp en gebied, is het meest waarschijnlijke groeipad dat natuurrampen de groei eerst tijdelijk verlagen, waarna op de lange termijn de economische groei terugkeert naar het originele groeipad. Indirecte economische gevolgen van meer recente natuurrampen zijn groter dan die uit eerdere tijdsperiodes, wat duidt op een stijgende schadelast (Klomp en Valckx, 2014).

Andere empirische studies analyseren welke factoren de economische gevolgen van natuurrampen beperken. Hoewel *directe* schade van natuurrampen het hoogste is in landen met een hoog inkomen (Hoeppe, 2016), zijn over het algemeen in landen met een laag inkomen het aantal slachtoffers en de *indirecte* economische schade het hoogst. Een verklaring is dat rijkere landen een betere gezondheidszorg kennen en veerkrachtigere economieën hebben om schokken op te vangen. Andere factoren die de economische gevolgen van natuurrampen beperken, zorgen voor minder extreme uitkomsten in landen met beter onderwijs en instituties, en een grotere openheid van de economie in termen van handelsrelaties (Toya en Skidmore, 2007; Noy, 2009). Landen met goed ontwikkelde financiële markten kunnen dan ook beter omgaan met de economische gevolgen van natuurrampen en lijden minder indirecte economische schade (Felbermayr en Gröschl, 2014).

Het beeld dat hieruit voortvloeit, is dat het kunnen beperken van economische gevolgen van natuurrampen sterk samenhangt met algemenere ontwikkelingsvraagstukken. En Nederland heeft de kenmerken van een land

VAN ZANTEN

Roger Klaassen



dat de indirecte economische effecten van natuurrampen in mindere mate zal voelen. Maar wel zijn de mogelijkheden voor economische substitutie beperkt in een klein land waarin een natuurramp een groot deel van de economische activiteiten tegelijk kan beschadigen, zoals bij een overstroming in de Randstad.

CONCLUSIE

Het kostbare orkaanseizoen van 2017 past in een algemeen beeld van een stijgende wereldwijde schadelast door natuurrampen. Natuurrampen veroorzaken niet alleen substantiële directe schade aan bijvoorbeeld gebouwen en infrastructuur, maar hebben ook negatieve indirecte economische effecten, zoals een significant lagere bnp-groei. Daarom is het dus van belang om klimaatadaptatiemaatregelen te nemen die de gevolgen van toekomstige natuurrampen beperken en temperen. Deze problematiek is ook relevant voor Nederland, dat volgens het KNMI te maken krijgt met steeds meer soorten van extreem weer. Maar door onze laaggelegen delta vormt het overstromingsrisico toch de voornaamste bedreiging.

De kans op een grootschalige overstroming is in Nederland klein door zijn degelijke dijkinfrastructuur. De voorziene zeespiegelstijging en hogere piekafvoeren in rivieren, zoals veroorzaakt door de klimaatverandering, betekenen voor Nederland dat het economisch rendabel is om verder te investeren in dijken en stormvloedkeringen, eventueel in combinatie met het verder creëren van ruimte voor de rivieren. Naast deze focus van het huidige preventiebeleid is het van belang om te inventariseren hoe de economische gevolgen van een overstroming te beperken zijn. In buitendijkse gebieden met een hoog overstromingsrisico kunnen schadebeperkende maatregelen voor woonhuizen kosteneffectief zijn. Daarnaast is het relevant om te analyseren welke economische sectoren en infrastructuur bij uitval belangrijke indirecte economische effecten hebben, en extra bescherming behoeven.

Verschillende studies tonen aan dat de indirecte economische gevolgen beperkt zijn als na een ramp de wederopbouw voorspoedig plaatsvindt. Voldoende en snelle financiële compensatie voor geleden schade vormt hier ook een bijdrage. In dit kader is het van belang om op te merken dat het overstromingsrisico in Nederland niet door de gangbare verzekering wordt gedekt, en dat compensatie na een overstroming afhankelijk is van een onzekere tegemoetkoming in de schade door de overheid. Zoals eerder is besproken in *ESB* zou een vorm van verzekeringsdekking voor overstromingsschade meer zekerheid kunnen bieden (Botzen en Aerts, 2012).

LITERATUUR

- Aerts, J.C., W.J. Botzen, K. Emanuel et al. (2014) Evaluating flood resilience strategies for coastal megacities. *Science*, 344(6183), 473-475.
- Albala-Bertrand, J.M. (2013) *Disasters and the networked economy*. Abingdon: Routledge.
- Bosello, F., R.J. Nicholls, J. Richards et al. (2012) Economic impacts of climate change in Europe: sea-level rise. *Climatic Change*, 112(1), 63-81.
- Botzen, W.J. en J.C. Aerts (2012) Oplossingsrichtingen voor een landelijke dekking voor overstromingsrisico's. *ESB*, 97(4649-4650), 740-743.
- Carrera, L., G. Standardi, F. Bosello en J. Mysiak (2015) Assessing direct and indirect economic impacts of a flood event through the integration of spatial and computable general equilibrium modelling. *Environmental Modelling & Software*, 63, 109-122.
- Dekker, G., T. Nootenboom, L. Locher en M. Spekkers (2016) *Van last naar les: hoe publiek-private samenwerking de regenwateroverlast voor inwoners, woningeigenaren en klanten kan verlagen*, 3 november. Publicatie te vinden op www.rainproof.nl.
- Estrada, F., W.J. Botzen en R.S. Tol (2015) Economic losses from US hurricanes consistent with an influence from climate change. *Nature Geoscience*, 8, 880-884.
- Felbermayr, G. en J. Gröschl (2014) Naturally negative: the growth effects of natural disasters. *Journal of Development Economics*, 111, 92-106.
- Haer, T., W.J. Botzen, H. de Moel en J.C. Aerts (2017) Integrating household risk mitigation behavior in flood risk analysis: an agent-based model approach. *Risk Analysis*, 37(10), 1977-1992.
- Hoeppe, P. (2016) Trends in weather related disasters: consequences for insurers and society. *Weather and Climate Extremes*, 11, 70-79.
- IPCC (2014) *Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK en New York: Cambridge University Press.
- Jonkeren, O. en G. Giannopoulos (2014) Analysing critical infrastructure failure with a resilience inoperability input-output model. *Economic Systems Research*, 26(1), 36-59.
- Kind, J.M. (2014) Economically efficient flood protection standards for the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management*, 7(2), 103-117.
- Klomp, J. en K. Valckx (2014) Natural disasters and economic growth: a meta-analysis. *Global Environmental Change*, 26, 183-195.
- KNMI (2015) *KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland*. De Bilt: KNMI.
- Koks, E., M. Bočkarjova, H. de Moel en J.C. Aerts (2015) Integrated direct and indirect flood risk modeling: development and sensitivity analysis. *Risk Analysis*, 35(5), 882-900.
- Mechler, R. (2016) Reviewing estimates of the economic efficiency of disaster risk management: opportunities and limitations of using risk-based cost-benefit analysis. *Natural Hazards*, 81(3), 2121-2147.
- Moel, H. de, B. Jongman, H. Kreibich et al. (2015) Flood risk assessments at different spatial scales. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(6), 865-890.
- Munich RE (2017) *The hurricane season 2017: a cluster of extreme storms*, 1 december. Artikel te vinden op www.munichre.com.
- Noy, I. (2009) The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics*, 88(2), 221-231.
- Okuyama, Y. en J.R. Santos (2014) Disaster impact and input-output analysis. *Economic Systems Research*, 26(1), 1-12.
- Rose, A. en D. Wei (2013) Estimating the economic consequences of a port shutdown: the special role of resilience. *Economic Systems Research*, 25(2), 212-232.
- Rose, A., I. Sue Wing, D. Wei en A. Wein (2016) Economic impacts of a California tsunami. *Natural Hazards Review*, 17(2), 1-12.
- Toya, H. en M. Skidmore (2007) Economic development and the impacts of natural disasters. *Economics Letters*, 94(1), 20-25.
- Ward, P.J., B. Jongman, J.C. Aerts et al. (2017) A global framework for future costs and benefits of river-flood protection in urban areas. *Nature Climate Change*, 7, 642-646.
- Yu, K.D., R. Tan, K. Aviso et al. (2014) A vulnerability index for postdisaster key sector prioritization. *Economic Systems Research*, 26(1), 81-97.

In het kort

- ▶ Er is klimaatadaptatiebeleid nodig om de toename van natuurramp- en overstromingsrisico's terug te dringen.
- ▶ Inzicht in de economische gevolgen van natuurrampen en in factoren die deze kunnen beperken is belangrijk.
- ▶ Schadebeperkende maatregelen voor woonhuizen kunnen effectief zijn in buitendijkse gebieden.