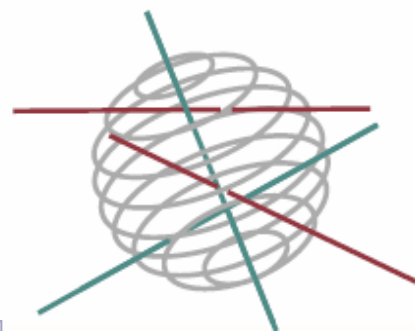


SSD

SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



**OP WEG NAAR EEN GEÏNTEGREERD BESLISSINGSINSTRUMENT VOOR
AANPASSINGSMAATREGELEN
GEVALSTUDIE : OVERSTROMINGEN
«ADAPT»**

E. GIRON, I. CONINX, B.J. DEWALS, M. EL KAHLOUN, L. DE SMET, D. SACRE,
S. DETREMBLEUR, K. BACHUS, M. PIROTON, P. MEIRE, R. DE SUTTER, W. HECQ



ENERGY 

TRANSPORT AND MOBILITY 

AGRO-FOOD 

HEALTH AND ENVIRONMENT 

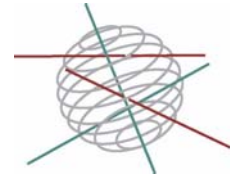
CLIMATE 

BIODIVERSITY   

ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS   

TRANSVERSAL ACTIONS 

SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT
(SSD)



Klimaat

EINDVERSLAG FASE 1

Samenvatting



**Op weg naar een geïntegreerd beslissingsinstrument
voor aanpassingsmaatregelen
Gevalstudie : overstromingen
« ADAPT »**

SD/CP/02A

Promotoren

W. HECQ

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES (ULB)

K. BACHUS

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN (K.U. LEUVEN)

M. PIROTON

UNIVERSITÉ DE LIÈGE (ULG)

P. MEIRE

UNIVERSITEIT ANTWERPEN (UA)

R. DE SUTTER

ARCADIS BELGIUM NV

15/12/06 to 14/12/07

Auteurs

E. Giron, D. Sacré & W. Hecq, CEESE-ULB

I. Coninx & K. Bachus, HIVA - K.U. Leuven

B.J. Dewals, HACH-ULG & F.R.S.-FNRS

S. Detrembleur & M. Piroton, HACH-ULG

M. El Kahloun & P. Meire, ECOBE-UA

L. De Smet & R. De Sutter, ARCADIS BELGIUM NV





Rue de la Science 8
Wetenschapsstraat 8
B-1000 Brussels
Belgium
Tel: +32 (0)2 238 34 11 – Fax: +32 (0)2 230 59 12
<http://www.belspo.be>

Contact person:

Mrs Sophie Verheyden : +32 (0)2 238 36 12
<http://www.ulb.ac.be/ceese//ADAPT/Home.html>

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference:

E. Giron, I. Coninx, B.J. Dewals, M. El Kahloun, L. De Smet, D. Sacré, S. Detrembleur, K. Bachus, M. Pirotton, P. Meire, R. De Sutter, W. Hecq. ***Op weg naar een geïntegreerd beslissingsinstrument voor aanpassingsmaatregelen Gevalstudie : overstromingen « ADAPT »*** Eindverslag Fase 1 Samenvatting. Brussel: Federaal Wetenschapsbeid 2009 – 8 p. (Onderzoeksprogramma: Wetenschap voor een Duurzame Ontwikkeling)

Inleiding

Sinds het begin van de industriële revolutie is de invloed van menselijke activiteiten op het milieu almaar groter geworden. Hierdoor raakt het klimaat evenwicht verstoord, wat op zijn beurt de temperatuur en de neerslag beïnvloedt. De gevolgen van deze klimaatveranderingen uit zich in piekende temperaturen, droogte, overstromingen en een stijging van het zeeniveau. Vandaag beschouwt men klimaatveranderingen als één van de grootste bedreigingen voor het milieu en het welzijn van de mens. Als ons klimaat op deze manier verder evolueert, zullen klimaatveranderingen heel zwaar op de samenleving en op de ecosystemen gaan wegen. Beleidmakers kunnen op twee manieren inspelen op de gevolgen van de klimaatveranderingen. Eerst kunnen ze inperkingsmaatregelen nemen en geleidelijk uitbreiden om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en zo klimaatveranderingen te voorkomen of deze minstens te beperken. Vervolgens kunnen ze aanpassingsmaatregelen uitwerken om de invloed van klimaatveranderingen op mensen en ecosystemen te beperken. Het ADAPT-project legt de nadruk op deze aanpassingsmaatregelen.

Het ADAPT-project verloopt in twee fases. In de eerste fase wordt een syntheserapport opgesteld over klimaatveranderingen in België (*Working Package 1*). Tijdens de tweede fase wordt een praktische methode uitgewerkt om te adviseren bij beslissingen over aanpassingsmaatregelen in verband met het verhoogde overstromingsrisico als gevolg van klimaatveranderingen (*Working Package 2*).

Het project focust specifiek op watersnood als gevolg van overstromende rivieren, een probleem dat acuter zal worden omdat de neerslagfrequentie en de neerslagintensiteit almaar toeneemt. Om de methode uit te werken zijn twee case studies gekozen uit de twee grootste Belgische stroomgebieden (Maas en Schelde). Binnen een eerste luik van het project wordt de schade die overstromingen veroorzaken, geïnventariseerd en begroot, waarna binnen een tweede luik de aanpassingsmaatregelen worden geanalyseerd. Met deze informatie als uitgangspunt moet het project uiteindelijk leiden tot een kosten-batenanalyse en/of een multicriteria-analyse om de meest kosteneffectieve maatregelen te bepalen. Om de voornaamste gevolgen van klimaatveranderingen die overstromingen in stroomgebieden veroorzaken, in te schatten, gaat men uit van hydraulische modellen. Als input voor deze modellen gebruikt men hydrologische modellen of de debietgegevens zelf. De resultaten van de hydraulische modellen worden vervolgens gebruikt als input voor geïntegreerde modellen om te beoordelen welke gevaren overstromingen inhouden voor economische, sociale en ecologische systemen.

Klimaatverandering is een ruime en complexe materie. Dat geldt ook voor het uitwerken van een globale methode om beleidmakers bij de keuze van aanpassingsmaatregelen bij te staan. Het project kiest dan ook voor een multidisciplinaire aanpak en bestudeert zowel de economische, sociale als ecologische aspecten en hun onderlinge wisselwerking. Het ADAPT-projectteam bestaat uit vijf partners met complementaire wetenschappelijke deskundigheid die de drie pijlers van de duurzame ontwikkeling vertegenwoordigen om het hoofd te kunnen bieden aan de uitdagingen die gepaard gaan met een geïntegreerde analyse van complexe problemen. Het ADAPT-project werkt bovendien nauw samen met het CCI-HYDR-project. De resultaten van het CCI-HYDR-project dat de invloed van klimaatveranderingen bestudeert op de hydrologische extremen langs waterlopen en rioleringen in België, dienen als invoergegevens voor het ADAPT-project.

Gevolgen van klimaatveranderingen in België: algemene studie

Het uitwerken en toepassen van een methode om binnen de context van klimaatveranderingen aanpassingsscenario's te kiezen (beschermingsmaatregelen tegen overstromingen) vereist een goede kennis van de gevolgen van deze veranderingen op overstromingen. De algemene studie over de gevolgen van klimaatveranderingen in België is een essentieel uitgangspunt voor Working Package 2.

In de loop van de 20e eeuw is de gemiddelde oppervlaktetemperatuur van de aarde met 0,74°C gestegen. Deze opwarming gebeurde nooit op een stabiele manier, op het ritme van de seizoenen of op voor de hand liggende plaatsen. Het IPCC erkent dat samen met de stijging van de gemiddelde temperatuur ook de kans op uiterst warme dagen groter wordt. Alles wijst er ook op dat de standaardafwijking van de temperatuur waarschijnlijk zal wijzigen. Hoewel België te klein is om onweerlegbare voorspellingen over het plaatselijke klimaat te kunnen doen, staat de tendens van een opwarming in België vast. De voorbije twintig jaar werd België gekenmerkt door heel hoge gemiddelde jaartemperaturen. Die algemene tendens blijkt ook uit de verwachtingen voor België met een stijging van de wintertemperatuur met 1,7°C tot 4,9°C en een stijging van de zomerwaarden met 2,4°C tot 6,6°C tegen het einde van de 21e eeuw (Marbaix en Van Ypersele, 2004). Er zijn trouwens nog andere bewijselementen die aantonen dat de klimaatverandering in België al aan de gang is: sommige vogels trekken vroeger weg en in onze contreien zijn ook verschillende soorten libellen uit het zuiden gesignaleerd. Dit alles is wel degelijk een gevolg van een gewijzigd klimaat (MIRA, 2005). De voorbije jaren zijn in België temperatuurrecords gebroken en vormden hittegolven een bedreiging voor heel wat levens. Vooral de heel hete zomer van 2003 had heel wat sociale en economische gevolgen en een grote impact op het milieu. Historische waarnemingen over de jaarlijkse neerslag in Europa wijzen op heel sterke regionale verschillen (een toename in het noorden en een daling in het zuiden). De verwachte neerslagevolutie in België tijdens de 21e eeuw wijst op een lichte stijging (5 tot 20%) in de winter en een daling tijdens de zomer, hoewel de kwantitatieve resultaten hier sterk verschillen (van een status-quo tot een daling met 50%). In Noord- en Centraal-Europa merkt men nu al een toename van het aantal heel regenachtige dagen. Ook in België verwacht men een hogere regenfrequentie.

Deze wijzigingen temperatuur, neerslag en evapotranspiratie als gevolg van de klimaatveranderingen zullen leiden tot grote wijzigingen in de hydrologie van de stroomgebieden. Hierdoor zou het overstromingsrisico in grote delen van Europa en in de kustgebieden toenemen. Vooral tijdens de wintermaanden zullen klimaatveranderingen in het grootste deel van Europa tot meer overstromingen leiden (EEA, 2005a).

Naargelang de verschillende klimaatveranderingsscenario's zijn de wijzigingen in het gemiddelde rivierdebiet in België positief of negatief. Het resultaat hangt af van het evenwicht tussen meer neerslag en een grotere evapotranspiratie en wordt in grote mate door de stroomgebieden bepaald.

Wat de extremen betreft, is de frequentie van in België genoteerde overstromingen de voorbije decennia al gestegen: er vonden grote overstromingen plaats in 1995, 1998, 2002, 2003 en 2005. Een deel van deze overstromingen is te wijten aan onze ruimtelijke ordening, maar de schommelingen in winterse neerslag en de gestegen frequentie van zware regenbuien doen het overstromingsrisico toenemen. Hoewel het moeilijk blijft om in te schatten hoe sterk deze schommelingen de overstromingsfrequentie zullen beïnvloeden, schetsen tal van analyses al een beeld van de meest waarschijnlijke evolutie (FLOODsite, 2006). Een studie van de Maas stroomopwaarts van Borgharen

in België en Frankrijk verwacht een lichte afname van het gemiddelde debiet, maar een duidelijke toename van de extremen en van de schommelingen (5-10%).

Uitwerken van een methode voor het nemen van aanpassingsmaatregelen tegen overstromingen als gevolg van klimaatverandering

Klimaatverandering beïnvloedt de neerslag en de evapotranspiratie die op hun beurt invloed hebben op het overstroom van rivieren. Bij het uitwerken van een strategie om het overstromingsrisico te beheersen, moet men rekening houden met deze beide gevolgen van klimaatveranderingen op hydrologische extremen. Dit gebeurt op dit ogenblik nog niet courant in België en in het buitenland (Grinwis M. en Duyck M., 2001; Boukhris et al., 2006). Het ADAPT-project wil hierop inspelen door een praktische, kosteneffectieve methode uit te werken. Die moet helpen bij het nemen van strategische beslissingen die bescherming moeten bieden tegen overstromingen als gevolg van klimaatveranderingen.

Het project vertrekt van een integrale beoordeling van zowel economische, sociale als ecologische gevolgen. Bij de uitwerking en ter illustratie van de methode wordt uitgegaan van twee case studies uit de grootste Belgische stroomgebieden: (1) de Ourthe (stroomgebied van de Maas) in de gemeente Esneux en (2) de Dender (stroomgebied van de Schelde) in de gemeentes Ninove en Geraardsbergen. Deze twee studiegebieden zijn geselecteerd omwille van hun overstromingsverleden, maar ook voor hun hydraulische, economische, sociale en ecologische kenmerken en omdat de beide gebieden complementair zijn. De beoordeling van de scenario's om de gevolgen van overstromingen terug te dringen, is sterk afhankelijk van de modellering van het overstromingsrisico en de kenmerken ervan. Dit gebeurt aan de hand van hydraulische modellen met als input het afvoervermogen van de rivier en levert uiteindelijk een overstromingskaart op. De aanpak van de modellering is in beide studies verschillend: bij de Ourthe wordt het debiet vastgesteld bij de grens (stroomopwaarts) van het domein, terwijl bij de Dender een aparte hydrologische modellering wordt uitgevoerd die de invoerdebietgegevens voor het hydraulische model levert.

De stromings simulaties voor de studie van de Ourthe worden uitgevoerd aan de hand van een tweedimensionaal digitaal model WOLF 2D, dat uitgaat van de dynamische 'Shallow-Water' (SWE)-vergelijking. Het WOLF 2D-model is ontwikkeld aan de Universit  de Liège. De topografische gegevens van de overstromingsgebieden langs de Ourthe zijn verzameld met een LIDAR-techniek (Light Detection And Ranging). Dit leverde een digitaal terreinmodel op met een horizontale resolutie van 1 m en een verticale precisie van nog geen 15 cm (MNT geleverd door het Ministère de l'Equiptement et des Transports – MET-SETHY). De hydraulische simulaties worden allemaal uitgevoerd op een regelmatig raster van 2 bij 2 meter. Het model levert 2D-verdelingen op van het waterniveau en van de stroomsnelheid in de overstromingsgebieden. Dit zijn de belangrijkste invoergegevens om de schade te beoordelen.

Hoewel het hydrodynamisch model perfect geschikt is om simulaties van instationaire stromingen uit te voeren - zelfs met heel tijdelijke invloed - worden in dit geval alleen stationaire stromingen gebruikt. Deze hypothese is werkbaar omdat overstromingen van de Ourthe vrij lang duren en de overstromingsgebieden in het vrij smalle rivierdal slechts een beperkte hoeveelheid water kunnen bergen. Bovendien kon de berekeningstijd sterk worden verminderd door het gebruik van een 'automatische rasterverfijningstechniek'.

De studie wordt voor twee retourperioden - 25 en 100 jaar - uitgevoerd. De beste beschermingsstrategieën voor beide periodes zijn complementair. In dit stadium van het project heeft men eenvoudige hypothesen naar voren geschoven over de verwachte storingen die door de klimaatveranderingen de piekdebieten van de Ourthe beïnvloeden. Deze hypothesen zullen uiteindelijk worden bevestigd en verfijnd door de resultaten van het parallelproject: CCI-HYDR.

Voor elke retourperiode en voor elk modelscenario van de Ourthe zijn drie kaarten opgesteld: een kaart met de waterstand, een kaart met de stroomsnelheid en een kaart die de toename van de overstromingshoogte weergeeft in verhouding tot het basisscenario. De partners kunnen intussen over al deze resultaten beschikken om de secundaire gevolgen van een overstroming te beoordelen. Zoals de simulatieresultaten bevestigen, rechtvaardigt de complexe topografie van de overstromingsgebieden het gebruik van een tweedimensionaal hydrodynamisch model om de overstromingsdynamiek weer te geven.

Een overstromingsrisicomodel beoordeelt de invloed van deze overstromingen op de samenleving. Naast de direct tastbare schade die een overstroming aan de economische systemen aanbrengt, zijn nog drie modules uitgewerkt om complementaire overstromingsrisico's te beoordelen. Deze modules focussen respectievelijk op de gevolgen van overstromingen op economische, sociale en ecologische systemen. De impact van de overstromingen wordt waar mogelijk in financiële termen vertaald, maar alleen als dit de globale onzekerheid niet verder in de hand werkt. Als de financiële gevolgen van voorbijgaande aard zijn, zijn volledige kwantitatieve indicatoren en/of indexen uitgewerkt.

De belangrijkste vraag bij de beoordeling van overstromingsrisico's is: 'Welke waarden die samenhangen met goed functionerende economische, sociale en ecologische systemen gaan bij een overstroming verloren?' Alle blijvende gevolgen van een overstroming op de economische, sociale en ecologische systemen zijn in kaart gebracht, beschreven, geselecteerd en uiteindelijk gelinkt aan één van de drie risicobeoordelingsmodules. De risicobeoordelingsmethodes voor de drie aspecten die in deze studie aan bod komen, zijn gebaseerd op hetzelfde overstromingsrisicoconcept, namelijk: hoe groot is de kans dat er zich een overstroming voordoet en welke gevolgen zijn eraan verbonden. Concreet bepalen vier belangrijke elementen het risico: de waarschijnlijkheid dat een overstroming plaatsvindt; de blootstelling van het element dat risico loopt bij een overstroming met bepaalde kenmerken; de waarde van het element dat risico loopt; en de kwetsbaarheid van dat element. De waarschijnlijkheid dat zich een overstroming voordoet, hangt rechtstreeks samen met de retourperiode. De blootstelling van de elementen die risico lopen, wordt grotendeels door het hydraulisch model bepaald. De beoordeling van de waarde van de elementen die risico lopen, is doorgaans minder duidelijk. Of en welke elementen gevaar lopen, is immers niet altijd meteen te bepalen of tastbaar. Daarom is het niet altijd gemakkelijk om te bepalen welke kost de samenleving wil dragen om deze elementen te beschermen. De kwetsbaarheid van het element dat risico loopt, hangt samen met zijn gevoeligheid, zijn aanpassingsvermogen en zijn weerstandsvermogen tegenover de kenmerken van de overstroming.

Met de beoordelingsmethode voor overstromingsrisico's wil men enerzijds de risico's van toekomstige overstromingen inschatten en anderzijds de verdeling van de overstromingsrisico's en hun oorzaken in kaart brengen. Deze informatie is cruciaal om aanpassingsmaatregelen te beoordelen.

Om de economische schade van overstromingen te beoordelen, worden twee methodes gebruikt: (i) de marktprijsmethode die uitgaat van de kostprijs van het geleden verlies in functie van de marktprijs, en (ii), de hedonistische prijsmethode die uitgaat van een analyse van de bestaande markten. Deze laatste aanpak probeert de prijsverschillen tussen vastgoed na te gaan op basis van omgevingsfactoren (al dan niet gelegen in een overstromingsgebied).

De becijfering van de schade en de ermee samenhangende gevolgen gebeurt aan de hand van schadefuncties. De kwetsbaarheid van het element dat risico loopt (afhankelijk van de gevoeligheid, het aanpassingsvermogen en het weerstandsvermogen), wordt via deze schadefuncties opgenomen in de risicoanalyse. Door schadefuncties vast te leggen, wil men de directe schade in kaart brengen die een overstroming aan individuele woningen veroorzaakt naargelang bepaalde kenmerken (kelder of niet) en naargelang bepaalde overstromingskenmerken (waterstand, stroomsnelheid van het water, duur van de overstroming).

Voor de gemeente Esneux (Ourthe-gevalsstudie) tonen de schadekostanalyse en het aantal getroffen woningen aan dat de gevolgen heel uiteenlopend zijn naargelang de overstroming. De analyses tonen ook enkele tendensen, zoals de omvang van de schade aan woningen.

Overstromingen hebben ook sociale gevolgen voor de manier waarop mensen leven, werken, denken en zich organiseren (Burdge, 1998). De kwetsbaarheid van personen en van hun sociale omgeving voor overstromingen is doorgaans heel wat complexer om te beoordelen dan de kwetsbaarheid van de tastbare gevolgen. De kwetsbaarheid van mensen kan immers niet met een eenvoudige mathematische functie worden beoordeeld: waterstand-schade. Het ADAPT-project benadert de kwetsbaarheid daarom met een index die is samengesteld aan de hand van een aantal welbepaalde persoonlijke kenmerken. Na het raadplegen van vakliteratuur en het inwinnen van advies van experts, werd het belang van verschillende sociale gevolgen - als maatstaf van de waarde van verschillende sociale invloeden die mogelijk gevaar loopt - bepaald en uitgedrukt in semikwantitatieve schalen. Een beperkt aantal sociale gevolgen, zoals gevolgen voor de gezondheid van personen, kunnen echter wel worden becijferd door monetaire factoren uit andere evaluatie-onderzoeken te gebruiken.

De ecologische gevolgen van overstromingen worden gelinkt aan het nut van ecosystemen en aan de voordelen daarvan voor personen. Net zoals bij de sociale aspecten is de beoordeling van het overstromingsrisico empirisch.

Van elke ecosysteemfunctie die risico loopt, is een specifieke kennistabel opgesteld. Bij de beoordeling van de sociale kwetsbaarheid wordt deze tabel gebruikt als functie voor complexe, multidisciplinaire schade. Het grootste probleem met ecologische aspecten bij een kosten-batenanalyse is dat de impact van een overstroming op het milieu moeilijk te becijferen is. Bovendien kan het nut van een ecosysteem niet vertaald worden in een marktwaarde. Toch is de nuttige waarde van ecosystemen uitgedrukt in een kwantitatieve schaal.

Aan de hand van het verwachte overstromingsrisico en van een onderzoek naar de problemen die aan de basis liggen van overstromingen in de beide gevalstudies, worden aanpassingsscenario's uitgewerkt. Hierbij wordt rekening gehouden met de kosten en baten van deze scenario's die ook een impact op het welzijn hebben. In heel wat gevallen is de betrokkenheid van beleidmakers hierbij cruciaal, net als de beoordeling van de kosten en baten van de uit te voeren aanpassingsscenario's.

Hiervoor wordt een lijst opgesteld die de identificatie van deze gevolgen moet vergemakkelijken. Voor de beoordeling van de kosten en baten worden de richtlijnen voor een kosten-efficiëntieanalyse gevolgd.

De Ourthe-studie heeft de hydraulische gevolgen van verschillende lokale aanpassingsmaatregelen tegen overstromingen al berekend met behulp van hydrodynamische simulaties (WOLF 2D). Ze tonen de verschillen (daling) van de hoogwaterstandkenmerken nadat maatregelen werden genomen om overstromingen te bestrijden. Het HACH-ULg heeft deze simulaties uitgevoerd, die uiteindelijk de technische haalbaarheid van het uitwerken en omzetten van doeltreffende aanpassingsmaatregelen op de Ourthe moeten aantonen ondanks het beperkte bergvermogen van de overstromingsgebieden. Hierna enkele mogelijke aanpassingsmaatregelen: pompen, de topografie wijzigen om de stromingsweerstand op bepaalde plaatsen te verminderen, of passieve overstromingsgebieden omvormen tot actieve. Bij deze laatste maatregelen wordt de topografie van een passief overstromingsgebied (trage stromingssnelheid) gewijzigd om hogere stromingssnelheden te halen in het winterbed van de rivier. Hierbij wordt de daadwerkelijke breedte (en het profiel) van de rivier vergroot, waardoor het waterpeil stroomopwaarts daalt. Het beste modelleringsinstrument om de impact van dergelijke maatregelen op een betrouwbare manier te simuleren, blijft een volledig tweedimensionaal model. Dit zorgt voor een getrouwe weergave van de snelheidsverdeling en biedt een betere kijk op stromingstrajecten, wat rechtstreekse gevolgen heeft voor de uitwerking van aanpassingsmaatregelen.

Tot slot worden alle bestudeerde gevolgen gebundeld in een kosten-batenanalyse die de beoordeling van aanpassingsmaatregelen mogelijk maakt. Dit beslissingskader geeft voorrang aan de financiële impact, maar biedt ook een kader met een multicriteria-analyse (MCA) als uitgangspunt om niet-monetaire informatie weer te geven en te verwerken. Dit zorgt voor een evenwicht in de beschikbare informatie. Alleen de aanpassingsscenario's die tot een verbetering van het welzijn van personen leiden, worden met voorrang uitgevoerd. De voordelen van deze aanpassingsscenario's moeten dus verder reiken dan de kosten. Om te komen tot optimale aanpassingsscenario's is de ruimtelijke verdeling van de overstromingsrisico's - die met geografische informatiesystemen visueel wordt weergegeven - een essentieel hulpmiddel om de aanpassingsmaatregelen binnen de context van een kosten-efficiëntieanalyse te beoordelen.