

# Meeting targets : tools to support integrated assessment modelling of global change

Citation for published version (APA):

Janssen, M. A. (1996). *Meeting targets : tools to support integrated assessment modelling of global change*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Universiteit Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.19961129mj>

## Document status and date:

Published: 01/01/1996

## DOI:

[10.26481/dis.19961129mj](https://doi.org/10.26481/dis.19961129mj)

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## Samenvatting.

De activiteiten van de mens hebben de laatste decennia zo'n omvang gekregen dat de invloed ervan wereldwijd zichtbaar is. Het besef is gegroeid dat een toename van de intensiteit en schaal van de druk van menselijk handelen op het milieu kan leiden tot ernstige schade aan menselijk welzijn. Vanuit beleidsoogpunt is hierop gereageerd door internationaal een duurzame ontwikkeling na te streven. Er is geen eenduidige definitie van duurzame ontwikkeling. Een veel gebruikte interpretatie is echter: "een ontwikkeling waarbij de behoeften van de huidige bevolking kan worden bevredigd zonder dat dit ten koste gaat van de mogelijkheden van toekomstige generaties". Om zicht te krijgen op de consequenties van het menselijk handelen in relatie tot duurzame ontwikkeling wordt steeds meer gebruik gemaakt van computersimulatiemodellen, het onderwerp van dit proefschrift.

Integrated assessment<sup>1</sup> is een multi- en interdisciplinair proces dat tot doel heeft vanuit een geïntegreerd perspectief op een transparante wijze wetenschappelijke kennis vanuit diverse gebieden te combineren, interpreteren en verduidelijken. Een instrument in dit streven is het ontwikkelen en gebruiken van integrated assessment modellen welke vereenvoudigde versies van diverse expert modellen integreren in één model om zo op een interactieve wijze mogelijke toekomstige scenario's te analyseren.

Integrated assessment modellering is een jonge wetenschappelijke stroming die nog sterk leunt op andere disciplines. De methoden en technieken die worden gebruikt voor deze modellen zijn niet alle de meest geschikte om de problematiek te beschrijven. In het onderzoek dat ten grondslag lag aan dit proefschrift zijn enkele nieuwe methoden en technieken ontwikkeld en toegepast binnen integrated assessment modellen. Deze methoden en technieken zijn gebruikt voor de volgende kwesties:

- *optimalisatie*: Veel (economische) integrated assessment modellen maken gebruik van optimalisatie, waarbij vergaande simplificatie van het mens-milieu systeem is aangebracht om de klassieke optimalisatietechnieken toe te kunnen passen. In dit proefschrift worden consequenties van deze vereenvoudigingen onderzocht en een alternatieve benadering verkend.

- *wereldbeelden*: Onzekerheid wordt vaak beschouwd als een statistisch artefact, hoewel een groot deel van onzekerheden veroorzaakt wordt door verschillende interpretaties van de wereld om ons heen. In dit proefschrift worden verschillende perspectieven c.q. wereldbeelden gebruikt om een consistente en kwalitatieve analyse te maken van subjectieve meningen omtrent het functioneren van het mondiale systeem en de consequenties hiervan voor geprefereerd beleid. Hierbij

<sup>1</sup> Er is geen goede Nederlandse vertaling voor *integrated assessment*.

wordt gebruik gemaakt van de Culturele Theorie van Thompson *et al.* (1990) welke onder andere een onderscheid maakt tussen een egalitair, hiërarchistisch en individualistisch wereldbeeld.

- *evolutionaire modellering*: de huidige generatie integrated assessment modellen worden gedomineerd door een mechanistisch wereldbeeld. Een andere benadering is die vanuit een evolutionair perspectief waarbij het systeem gezien wordt als een veranderend en aanpassend geheel van een heterogene verzameling van actoren. In dit proefschrift worden evolutionaire modelleertechnieken toegepast om de meerwaarde van het evolutionair perspectief te illustreren.

Het proefschrift is als volgt opgebouwd. Na een inleidend hoofdstuk wordt in hoofdstuk 2 een beknopt overzicht gegeven van het brede terrein van mondiale veranderingen, waarna een inleiding volgt van integrated assessment, en in het bijzonder integrated assessment modellering. In dit hoofdstuk wordt ook een overzicht gegeven van de belangrijkste integrated assessment modellen voor klimaatverandering. In hoofdstuk 3 worden de methodologische aspecten besproken rond optimalisatie, perspectieven en evolutionaire modellering. Deze methoden worden toegepast in de hoofdstukken 4 tot en met 9.

In hoofdstuk 4 wordt het model OMEGA (Optimization Model for Economic and Greenhouse Assessment) besproken. Dit model is een combinatie van het economisch gedeelte van het bekende optimalisatie model DICE (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy) van de econoom Nordhaus (1992) en het klimaatsysteemgedeelte van het natuurwetenschappelijk georiënteerd simulatiemodel IMAGE 1.0 (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect) (Rotmans, 1990). Door experimenteren met het oorspronkelijke DICE model en het verkregen OMEGA model kunnen de consequenties van een zeer vereenvoudigde beschrijving van het klimaatsysteem zoals in DICE gebruikt wordt, worden geanalyseerd. Doordat het klimaatsysteem in DICE niet veel meer beschrijft dan een trendextrapolatie van historische veranderingen in de atmosfeer is het model niet geschrikt om trendbreuken in emissies voldoende bevredigend te beschrijven. Om het optimalisatieprobleem met OMEGA op te lossen zijn vier soorten optimalisatietechnieken, gebruikt waaronder een nieuw ontwikkelde techniek SRSP (Sequential Reduced-System Programming) waarvan convergentie eigenschappen worden bewezen. Dit hoofdstuk illustreert dat optimale oplossingen kunnen worden verkregen voor modellen met een procesgeoriënteerde beschrijving van het klimaatsysteem en dat de verkregen oplossingen aanzienlijk kunnen verschillen met modellen met een trend georiënteerde beschrijving van het klimaatsysteem.

Een beknopte beschrijving van de achtergronden filosofie en modules van het mondiale, integrated assessment model TARGETS (Tool to Assess Regional

and Global Environmental and health Targets for Sustainability) wordt gegeven in hoofdstuk 5. TARGETS integreert op een hoog aggregatieniveau het mens-milieu systeem, waarbij zowel verticale (oorzaak-gevolg) als horizontale (subsystemen) integratie wordt onderscheiden. TARGETS bestaat uit 5 modules: een bevolking en gezondheidsmodel; een energiemodel; een element-cycli-model, een watermodel en een landmodel. Geïntegreerd beschrijven ze op abstract niveau de consequenties van economische en technologische ontwikkelingen op de toestand van het milieu en de gezondheid van de mens. De energie module en de element cycli module van het TARGETS model zijn in hoofdstuk 6 gebruikt voor een aantal optimalisatie georiënteerde experimenten. Gebruikmakend van een genetisch algoritme (welke probleemoplossingen met elkaar laat concurreren) wordt geanalyseerd wat kosteneffectieve maatregelen zijn om klimaatveranderingsdoelstellingen te bereiken. Daarnaast wordt de invloed van technologische ontwikkeling op de aard en omvang van de maatregelen bekeken. Aan de hand van vier verschillende scenario's voor technologische ontwikkeling blijkt dat onzekerheid in de voortgang van technologische ontwikkeling zeer grote invloed heeft op het lange termijn klimaatbeleid. Echter, een forse beleidsimpuls op korte termijn is kosteneffectief om het energiesysteem zuiniger te laten zijn en het gebruik van alternatieve brandstoffen te laten toenemen. In de experimenten wordt expliciet de verzurende en koelende effecten van SO<sub>2</sub> emissies meegenomen.

De verdeling van CO<sub>2</sub> emissierechten tussen de verschillende wereldregio's is het onderwerp van hoofdstuk 7. Wanneer handel van emissierechten als instrument zal worden gebruikt om emissies van CO<sub>2</sub> te reduceren, dan bepaalt de initiële verdeling van die rechten de stromen van middelen tussen de regio's. Gezien de huidige ongelijkheid in economische ontwikkeling, bevolking en historische bijdrage aan CO<sub>2</sub> emissies kunnen verschillende perspectieven losgelaten worden op zo'n verdeling. Een egalitaire verdeelsleutel is een gelijke hoeveelheid emissierechten per persoon in het verleden, heden en de toekomst. Gegeven een toekomstig scenario of strategie van CO<sub>2</sub> emissies kunnen de huidige emissieschulden alswel de toekomstige emissierechten berekend worden. Noord Amerika en West Europa hebben de hoogste emissieschulden terwijl emissierechten in ontwikkelingslanden niet in elk scenario boven het huidige niveau uitkomen. Het gebruik van diverse perspectieven (egalitair, hiërarchistisch en individualistisch) om verdeelsleutels en toekomstige emissiepaden te bepalen, sluiten aan bij de kwestie dat er geen eenduidige oplossing is van dit probleem.

In hoofdstuk 8 wordt een modelbenadering gepresenteerd waarbij actoren verondersteld worden verschillende perspectieven te hebben welke kunnen veranderen als informatie over het systeem daar aanleiding toe zal geven: *The Battle of Perspectives*. Verondersteld wordt dat actoren overeenkomstig hun wereldbeeld

handelen. Gebruikmakend van een eenvoudig klimaat-economie model en een genetisch algoritme om de (verandering in) perspectieven te simuleren is een case-studie uitgewerkt. Experimenten zijn uitgevoerd voor drie mogelijke systemen: werkend zoals verondersteld door de egalitair, hierarchist en de individualist. Afhankelijk van de beginsituatie en het succes van actoren te leren wordt voor ieder systeem een spectrum verkregen van mogelijke toekomstscenario's. Deze toekomst zijn consistent vanuit het idee dat de mens zijn beleid zal bijstellen wanneer steeds verrassingen optreden (= informatie komt niet overeen met de verwachtingen). Stel, bijvoorbeeld, dat verkregen informatie (temperatuurverandering) gemaskeerd wordt door een onbekend fenomeen (koeling door sulfaat aerosolen). Een late ontdekking van dit koeleffect zou kunnen leiden tot het niet halen van beleidsdoelen. Kortom, het meenemen van leergedrag geeft toekomstprojecties van een wereld van actoren met variatie in perspectieven en beperkte informatie.

In hoofdstuk 9 wordt een model gepresenteerd dat het aanpassend gedrag van de malariamuskieten en -parasieten simuleert. Hiertoe wordt een systeem-dynamisch model dat de transmissie-dynamiek van parasieten tussen mens en mug beschrijft, gekoppeld met een genetisch algoritme welke de adaptatie van muskieten en parasieten simuleert. Malariamuskieten en -parasieten passen zich aan aan het gebruik van insecticiden en medicijnen zodat malaria in veel gebieden moeilijk bestrijdbaar is. Samen met een mogelijke toename van malaria door klimaatverandering blijft malaria een van de belangrijkste infectieziekten. Dit heuristisch model is getest aan de hand van een aantal kwesties uit de literatuur zoals de invloed van migratie, initiële resistentie en het percentage muskieten en parasieten die niet door insecticiden en medicijnen bereikt worden. Het blijkt dat in laag-endemische gebieden malaria effectief bestreden kan worden, ook wanneer klimaatverandering optreedt. Echter in hoog endemische gebieden is geen effectieve bestrijding van malaria gevonden.

In hoofdstuk 10 tenslotte, worden de bevindingen uit het onderhavige proefschrift samengevat en geëvalueerd en mogelijk toekomstig onderzoek aangestipt. Hierbij wordt nadruk gelegd op het gebruik van verschillende modelleerparadigma's om de aspecten van mondiale veranderingen tot zijn recht te laten komen.