



Universiteit
Leiden

The Netherlands

RINAL: bruikbaarheid en perspectieven

Ploeg, S.W.F. van der; Berkel, C.J.M. van; Braat, L.C.; Nieuwhof, E.; Tromp, F.; Udo de Haes, H.A.; Winkel, P.

Citation

Ploeg, S. W. F. van der, Berkel, C. J. M. van, Braat, L. C., Nieuwhof, E., Tromp, F., Udo de Haes, H. A., & Winkel, P. (1985). RINAL: bruikbaarheid en perspectieven. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/8091>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License:

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/8091>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

NAAR EEN REKEN- EN INFORMATIESYSTEEM

VOOR NATUUR EN LANDSCHAP

- bruikbaarheid en perspectieven -

S.W.F. van der Ploeg

C.J.M. van Berkel

L.C. Braat

E. Nieuwhof

F. Tromp

H.A. Udo de Haes

P. Winkel

Instituut voor Milieuvraagstukken

Vrije Universiteit Amsterdam

Centrum voor Milieukunde

Rijksuniversiteit Leiden

juni 1985

IVM-publicatie R-85/8

CML-mededeling nr 21

Deze publikatie kan besteld worden bij:

V.U. Boekhandel/Uitgeverij
De Boelelaan 1105
1081 HV - AMSTERDAM
tel. 020-444355

ISBN 90-6256-069-5

Copyright c 1985, Instituut voor Milieuvraagstukken.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de houder van het auteursrecht.

INHOUD

	<u>pag</u>
1. Voorgeschiedenis, doel en opzet	
Voorgeschiedenis	1
Doel van de studie	2
Opzet van het onderzoek en van de rapportage	3
2. Vormgeving van een Reken- en Informatiesysteem voor Natuur en Landschap	
Inleiding	4
Een conceptueel RINAL	4
Informatiesysteem	7
Rekensysteem	9
Problemen	10
3. Bruikbaarheid: criteria voor beoordeling	
Inleiding	12
Beleidsmatige criteria	12
Wetenschappelijke criteria	13
Technische criteria	14
Overzicht	15
4. Resultaten van de proefstudie	
Inleiding	16
Scenario's	17
Emissies	19
Concentraties en deposities	21
Bodem	24
Effecten op bossen	25
Heidevelden	31
Kosten-effectiviteitsanalyses	33
Het informatiesysteem	34
5. Toetsing aan de criteria	
Inleiding	38
Beleidsmatige criteria	38
Wetenschappelijke criteria	40
Technische criteria	41
6. Evaluatie en perspectieven	
Het uitgevoerde onderzoek	44
Evaluatie van resultaten	45
Verdere kanttekeningen	46
Perspectieven	47
Referenties	49
Bijlage: Begeleidingscommissie, onderzoekers, deelnemers aan workshop	

1. VOORGESCHIEDENIS, DOEL EN OPZET

Voorgeschiedenis

In de jaren 1979-1981 is door het Instituut voor Milieuvraagstukken een haalbaarheidsstudie inzake een Reken- en Informatiesysteem Milieuhygiëne (RIM) uitgevoerd (Hordijk et al., 1981). Op grond van deze studie is door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) aan het IvM opdracht verleend tot het daadwerkelijk opzetten van het RIM. In dat kader hebben reeds enkele publicaties het licht gezien (o.a. Thomas et al., 1983; Thomas & Olsthoorn, 1984). In het algemeen genereren RIM-exercities projecties van diverse emissies op middellange termijn (15-20 jaar), op grond van contrasterende economische, energie-, transport- en technologische scenario's. Deze uitworp-projecties worden gemaakt voor de nationale schaal.

Spoedig na de aanvang van de RIM-werkzaamheden werd binnen het IvM de vraag gesteld in hoeverre deze projecties te vertalen zouden zijn in projecties met betrekking tot effecten op natuur en landschap. Deze vraag vloeide logischerwijs voort uit het feit dat in dezelfde periode ('79-'81) een methodologische studie voor de Rijksplanologische Dienst werd uitgevoerd (Arntzen et al., 1981) waarin een Geïntegreerd (d.w.z. economisch-ecologisch) Milieumodel (GMM) werd ontwikkeld. Via andere geïntegreerde wetenschappelijke en beleidsstudies (Economisch-ecologische modellen: Van der Ploeg & Braat, 1982; Openluchtrecreatie en natuurlijk milieu in de Biesbosch: Braat & Van Lierop, 1984) en door een voortgaande profilering van RIM-informatie werden in 1984 de contouren van een ecologische scenariostudie geschetst (Braat et al., 1983): een "Reken- en Informatiesysteem voor Natuur en Landschap" (RINAL) als "ecologisch" complement van het RIM.

Tezelfdertijd werd een eerste aanzet gegeven tot het opstellen van provinciale milieuscenario's, i.c. voor de provincie Gelderland (Anon., 1984a). In die studie werden de natuur- en landschapsaspecten geanalyseerd door het Centrum voor Milieukunde aan de Rijksuniversiteit te Leiden (CML) (Canters, 1984).

De afdeling Economische Zaken en Beleidsontwikkeling (EZE) van het Ministerie VROM, opdrachtgever voor zowel het RIM als de "Gelderlandstudie", verzocht vervolgens het IvM om, in samenwerking met het CML, de haalbaarheid van een RINAL te onderzoeken. Deze studie werd aangevangen op 1 november 1984 en eindigde op 1 juni 1985.

Doel van de studie

"Het doel van het onderzoek is het verkrijgen van een nader inzicht in de mogelijkheden om aan de lange-termijn-projecties van stoffen die met het (...)RIM worden verkregen, een nadere uitwerking te geven in termen van milieuhygiënische, waaronder ecologische, effecten" (Citaat opdrachtbrief, 1984).

Deze doelstelling kan worden gepreciseerd via enkele citaten uit de projectvoorstellen welke aan de opdrachtformulering zijn voorafgegaan. Daarin zijn als doelen geformuleerd:

- het aanleggen van een methodische basis voor een Reken- en Informatiesysteem voor natuur en landschap (RINAL);
- het uitwerken van een proefstudie voor een beperkt aantal stoffen, i.c. verzurende stoffen;
- het onderzoeken van de haalbaarheid van een koppeling van een RINAL met het RIM;
- het onderzoeken van de haalbaarheid van het formuleren van "aanvullende" (nl. op RIM-exercities) scenario's;
- selectie van gewenste presentatievormen van toekomstprojecties.

In dit verband moet erop worden gewezen dat het oorspronkelijk beoogde project, de feitelijke opzet van een RINAL, met een looptijd van 17 maanden en een inzet van ruim twee mensjaren, in overleg met de opdrachtgever is gesplitst in een haalbaarheidsstudie (looptijd 6 maanden, inzet ca. één mensjaar) en een mogelijk vervolg daarop. De voorliggende rapportage krijgt derhalve een zwaar accent op de haalbaarheidsaspecten mee. Deze worden geïllustreerd via het uitwerken van een proefstudie inzake de (ecologische) effecten van luchtverontreinigende stoffen.

Het begrip haalbaarheid (naar het Engelse "feasibility") vraagt enige toelichting. Primair is hierin vervat de bruikbaarheid van een te ontwikkelen RINAL in de beleidsontwikkeling terzake van het terugdringen van de milieuverontreiniging. Deze bruikbaarheid kan echter slechts gestalte krijgen indien:

- zulk een RINAL wetenschappelijk acceptabel wordt geacht, d.w.z. inhoudelijk verantwoord is;
- de technische (o.a. modelmatige) aspecten van het RINAL voldoen aan de eisen die men binnen het toepassingskader aan een reken- en informatiesysteem mag stellen.

Hiermee worden de perspectieven van de gepresenteerde opzet naar een gebruik door beleidsorganen aangeduid.

Daarnaast is uiteraard ook sprake van haalbaarheden voor de opdrachtgever, bijvoorbeeld inzake financiering en inpassing in de structuur van de beeldvorming.

Opzet van het onderzoek en van de rapportage

Het onderzoek is uitgevoerd door het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit te Amsterdam, in samenwerking met het Centrum voor Milieukunde van de Rijksuniversiteit te Leiden. De medewerkers aan het onderzoek, de door de opdrachtgever aangewezen projectbegeleiders en de tijdens het onderzoek geconsulteerde experts zijn vermeld in Bijlage 1.

Het onderzoek is uitgevoerd in opeenvolgende fasen:

- Fase 1: Afbakening van de proefstudie, conceptuele opzet van het RINAL, opzet werkprogramma.
- Fase 2: Initiële verkenning van de gegevensbasis voor de proefstudie, opzet van een rekensysteem.
- Fase 3: Opzet van het informatiesysteem, gegevensverzameling ten behoeve daarvan, operationalisering van het rekensysteem.
- Fase 4: Presentatie en aanpassing van de bevindingen in een workshop, d.w.z. een meerdaags forum van beleidspersonen en experts.
- Fase 5: Aanpassing van het reken- en informatiesysteem op grond van de in de workshop verschaft informatie.
- Fase 6: Rapportering.

De rapportering vindt plaats via twee afzonderlijke publicaties: het voorliggende "haalbaarheidsrapport" en een "technisch" rapport over de resultaten van de proefstudie.

In dit rapport wordt allereerst ingegaan op de mogelijke vormgeving van een RINAL (hoofdstuk 2). Na een formulering van de criteria voor beoordeling van de exercities (hoofdstuk 3) wordt de proefstudie samengevat (hoofdstuk 4) en aan deze criteria getoetst (hoofdstuk 5). Het rapport wordt besloten met een evaluatie en een schets van de perspectieven (hoofdstuk 6).

Het "technisch" rapport bestaat uit vijf afzonderlijke delen. Na de inleiding (deel I) betreffen de volgende twee delen een weergave van de keten scenario's-emissies-verspreiding-concentratie-depositie voor wat betreft de beschouwde stoffen: SO_2 , NO_x , C_xH_y en O_3 (deel II) en NH_3 (deel III). Het rekensysteem, met in begrip van de daartoe verzamelde gegevens, wordt behandeld in deel IV; de opzet van het informatiesysteem in deel V. Het totale technische rapport is niet in de handel verkrijgbaar. De delen III en IV zijn als separate onderzoeksrapporten gepubliceerd:

- III: F. Tromp, P. Winkel & H.A. Udo de Haes (1985): "Emissiescenario's, verspreiding en depositie van ammoniak". CML-mededelingen nr. 22, CML, Leiden.
- IV: L.C. Braat, m.m.v. E. Nieuwhof (1985): "Ecologische effecten van luchtverontreiniging: een rekensysteem voor het RINAL". Publicatie nr. R-85/9, IvM-VU, Amsterdam.

2. VORMGEVING VAN EEN REKEN- EN INFORMATIESYSTEEM VOOR NATUUR EN LANDSCHAP

Inleiding

Het opzetten van een RINAL (in vervolge wordt steeds het acronym voor "Reken- en Informatiesysteem voor Natuur en Landschap" gebruikt) lijkt op het eerste gezicht een riskante onderneming. Het idee van een reken-systeem voor natuur en landschap is nagenoeg nieuw. Het construeren van een informatiesysteem (zo men wil: databank met faciliteiten) voor natuur en landschap is een reeds jaren bediscussieerde zaak. Door diverse instanties zijn hiertoe pogingen gewaagd, onder meer het Staatsbosbeheer en de Provinciale Planologische Dienst van Zuid-Holland.

In dit hoofdstuk zal worden aangegeven dat door beperkingen met betrekking tot relevante probleemvelden, kwalitatieve ecologische overwegingen en mogelijkheden tot koppeling aan het RIM, de exercitie mogelijk niet al te riskant is. Voorts zal de relatieve aantrekkelijkheid van een parallelle, op den duur geïntegreerde opzet van zowel een reken-systeem als een informatiesysteem worden belicht. Enerzijds wordt dit alles besproken via een beknopte weergave van hetgeen reeds in de "startnota" over het RINAL (IVM-werknota nr. 136: Braat et al., 1983) is geschreven, anderzijds worden enkele ervaringen uit het thans uitgevoerde project met betrekking tot de opzet van een dergelijk systeem en het beschikbaar zijn van gegevens benut.

Een conceptueel RINAL

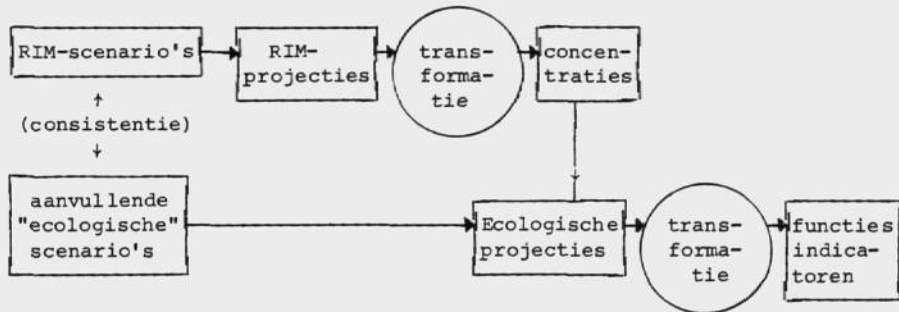
Ecologie in scenariostudies

Het RIM is opgezet als een scenariostudie, met de bedoeling om daaraan relevante projecties te ontleen. Ook een RINAL zal deze opzet volgen en daarmee mogelijk nuttige uitbreidingen van de RIM-projecties opleveren. Een consequentie van deze keuze is dat aanvullende "ecologische scenario's" moeten worden opgesteld, bijv. ten aanzien van ruimtegebruik, recreatie in en exploitatie van natuur en landschap.

Ecologische projecties

In het vakgebied van de ecologie is het gebruikelijk om pas voorspellingen te doen na uitgebreid empirisch onderzoek. De essentie van scenariostudies, het laten zien van projecties op grond van contrasterende veronderstellingen, lijkt slecht te verenigen met de gangbare opvattingen.

gen over ecologisch onderzoek, al lijkt het fenomeen milieu-effectrapportage hierin enige verandering te gaan brengen (zie bijvoorbeeld Van Latesteijn & Udo de Haes, 1985). Elk RINAL dient echter, als complement van het RIM, ook projecties te leveren. Figuur 2.1 geeft deze opzet weer.



Figuur 2.1. Schematische weergaven van de samenhang tussen scenario's, projecties en indicatoren.

De twee "eindprodukten" van het RINAL, te weten functies en indicatoren, vergen nadere toelichting.

Functies. Aan dit begrip wordt hier een sociaal-economische betekenis gehecht (zie Bouma & Van der Ploeg, 1975). Functies worden gedefinieerd als gebruiksfuncties, en dan met name grondgebruiksfuncties (Engels: "land use forms"). Daarmee kan aansluiting worden verkregen met de CBS-bodemgebruikstatistieken.

Indicatoren. Over de betekenis van dit begrip is discussie gaande. In dit rapport wordt de invulling gebruikt zoals gegeven in Vos *et al.* (1984). De term indicator staat voor de empirische specificatie van begrippen die niet (volledig) op basis van algemeen aanvaarde regels te operationaliseren zijn. Voorbeelden van zulke begrippen: welvaart, intelligentie, milieukwaliteit. De empirische specificatie is gebaseerd op een veronderstelde causale samenhang tussen de indicator en het begrip. Sommige begrippen vergen een meervoudige indicator.

Voor een RINAL kunnen de volgende indicatoren relevant zijn:

- A. "Functie-indicatoren" welke een bepaalde (grond)gebruiksfunctie of -waarde van natuur en landschap aangeven (zie boven);
- B. "Effect-indicatoren" welke de effecten van "toevoegingen" aan of ingrepen in het milieu aangeven;
- C. "Ecologische indicatoren" welke bepaalde ecologische hoedanigheden van natuur en landschap aangeven.

Ecologische projecties in ruimte en tijd

De huidige nationale schaal van de RIM- projecties is niet zonder meer

hanteerbaar voor ecologische projecties. Toepassing van verspreidingsmodellen en vergelijking met registraties door landelijke meetnetten (in figuur 2.1 aangegeven met "transformatie") maken het evenwel mogelijk om de verspreiding van emissies als een "milieubelastingskartering" (vgl. Van den Berg, 1982; Rijnmond, 1983) te presenteren, welke qua schaal vergelijkbaar is met karteringen van natuur en landschap zoals de Landelijke Milieukartering (Kalkhoven *et al.*, 1976).

Het spreekt vanzelf dat regionalisering van het RIM, met name voor emissiebronnen, een verfijning van de projecties (c.q. een betere doorwerking via verspreidings- naar effectmodellen) mogelijk zou maken. Zolang deze regionalisering niet is verwezenlijkt dienen grovere benaderingen te worden gehanteerd.

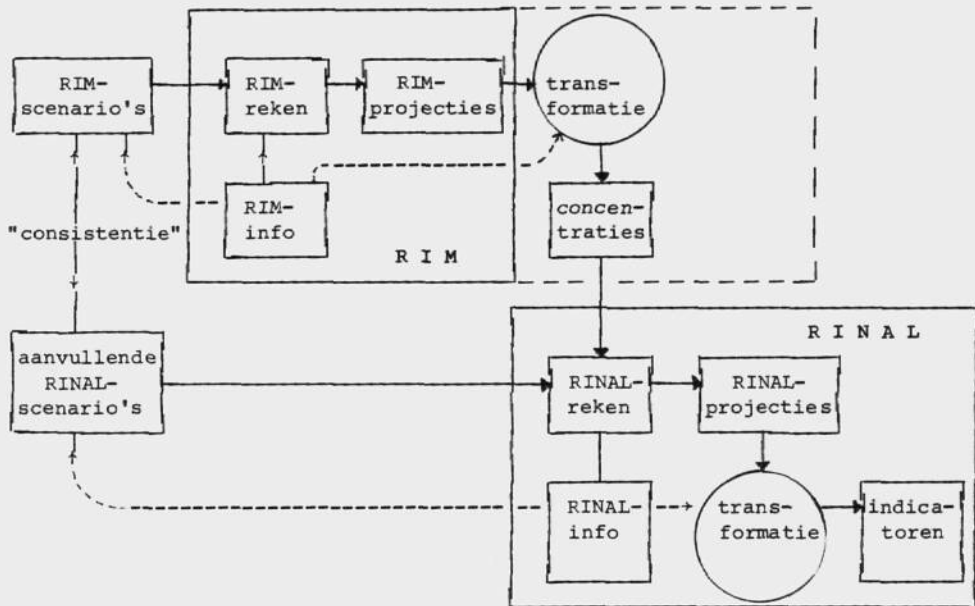
Ook de in het geding zijnde tijdsdimensies dienen consistent te worden behandeld. Het RIM levert thans projecties op jaarbasis voor één of enkele zichtjaren, doch voor tussenliggende jaren kunnen eveneens projecties worden gemaakt.

Teneinde enigermate realistische ecologische projecties te vervaardigen, zal gebruik moeten worden gemaakt van dynamische modellen die continue processen in ecosystemen kunnen simuleren. Qua tijdsdimensies zijn hier twee "mechanismen" van belang:

1. Elk ecosysteem verandert mettertijd. Modeltechnisch gesproken vergt dit een differentiaal- of differentievergelijking voor elke toestandsvariabele (alsmede, zo nodig, een tijdsafhankelijke coëfficiënt). Elke vorm van immissie binnen één tijdsinterval zal dit proces beïnvloeden.
2. Elke vorm van immissie over verscheidene tijdsintervallen (maanden, jaren; continu of discontinu) beïnvloedt een ecosysteem hetzij cumulatief, hetzij incidenteel (in geval van discontinue immissie). Modeltechnisch betekent dit voor elke toestandsvariabele een beïnvloedingsterm (factor) in de vorm van een tijdsafhankelijke functie.

Algemene vorm van een RINAL

Voortbouwend op figuur 2.1 is in figuur 2.2 een poging gedaan om de globale structuur van een RINAL, in relatie tot de opzet van het RIM weer te geven. Hierbij valt op te merken dat de schakel tussen RIM en RINAL, te weten concentraties (en tevens deposities), in opzet door geen van beide systemen wordt ingebouwd. Naast een uitbouw in deze zin (d.w.z. met verspreidingsmodellen) van RIM of RINAL kan hier de inzet van derde systemen, zoals het Rekensysteem Luchtverontreiniging (zie bijv. Bultjes, 1983), worden overwogen. Van groot belang is ook de inbreng van het buitenland. Ontwikkeling van modellen zoals door IIASA (Alcamo *et al.*, 1984) kan eveneens leiden tot een inzet van relevante transformatiesystemen.



Figuur 2.2. Samenhang tussen RIM en RINAL.

Informatiesysteem

Het informatiesysteem van het RINAL dient waarden van alle voor een bepaald probleemveld relevante geachte ecologische variabelen (componenten en/of processen) te bevatten, gerangschikt naar relevante ruimtelijke eenheden en tijdstappen. Daarnaast dient het coëfficiëntwaarden te bevatten, met name terzake van scenario's, activiteiten-effectenrelaties en groeifuncties. Ten derde dient het informatiesysteem relevante statistische bewerkingsmogelijkheden te bevatten (of deze direct te kunnen "aanroepen"). Tenslotte dient het toegankelijk te zijn voor willekeurige gebruikers.

Een scala van eisen dus, waarbij het de vraag is of alle gezamenlijk kunnen worden gehonoreerd. Enkele aspecten worden hieronder uitgebreider toegelicht.

Relevantie

Een informatiesysteem met alle mogelijke ecologische wetenswaardigheden in vele tijds- en ruimteschalen is wetenschappelijk mogelijk wél, doch in het kader van het RINAL zeker niet relevant. Op grond van vakkennis en beleidsindicaties moeten rigoureuze beperkingen worden aangebracht,

waarbij twee vraagstellingen kunnen gelden:

- 1) Welke functies van natuur en landschap zijn binnen het gekozen probleemveld relevant?
- 2) Welke elementen van natuur en landschap kunnen binnen het probleemveld beleidsmatig relevante veranderingen in natuur en landschap indiceren?

In de onderhavige studie geldt een derde vraagstelling:

- 3) Welke probleemvelden lenen zich voorhands en op langere termijn voor een koppeling RIM-RINAL?

Variabelen

Zowel elementen van natuur en landschap als de processen welke zich binnen natuur en landschap voordoen, kunnen als "ecologische variabelen" worden beschouwd. Voorhands is er voor gekozen om de processen op te nemen via de hieronder te bespreken coëfficiënten.

Relevante ecologische variabelen (elementen, ofwel componenten), kunnen zijn:

- 1) indicatoren, hetzij voor een relevant geacht deel van een ecosysteem of landschap, hetzij voor een (gebruiks-)functie (zie pag. 5);
- 2) "sleutel"variabelen (exogeen of endogeen) binnen de systemen welke deze indicatoren "binnen hun grenzen" hebben;
- 3) variabelen anders dan "sleutel"-variabelen, die direct of indirect deze indicatoren beïnvloeden.

De variabelen ad 2) en 3) zijn noodzakelijk omdat zonder deze wellicht een verkeerd beeld van het verloop van de indicatorvariabele in de tijd wordt verkregen.

In sommige gevallen kunnen indicatoren zelf sleutelvariabelen zijn, bijvoorbeeld de in sommige biosystemen dominante Grove den: deze is tevens als indicator voor houtproductie (d.w.z. een gebruiksfunctie) te gebruiken.

Coëfficiënten

Er zijn drie relevante typen coëfficiënten te onderscheiden:

- 1) "autogene" coëfficiënten zoals groeisnelheden van organismen, of verwerkingstijden van bodems;
- 2) "allogene" coëfficiënten zoals gedestilleerd uit empirisch onderzoek naar relaties tussen mogelijke activiteiten en componenten van natuur en milieu (zie Braat *et al.*, 1983, pag. 11 voor een nadere beschouwing over zulke activiteiten/ingrepen/dosis-effect-relaties).
- 3) "veronderstellings"-coëfficiënten, voorzover niet vervat in voornoemde categorieën; deze leggen een kwantitatieve relatie tussen maatschappelijke processen (bijvoorbeeld beleidsvoornemens) en de eerder genoemde variabelen.

Ecologische profielen

De bovengenoemde componenten van het informatiesysteem vormen te zamen een ecologisch profiel, dat wil zeggen het geheel van waarden van onderling gerelateerde variabelen en de hen verbindende factoren in ruimte en tijd, dat betrekking heeft op een bepaalde indicator van de typen A, B of C. Het zal duidelijk zijn, dat de verzameling van alle ecologische profielen van één ecosysteem of landschap, zo'n systeem tamelijk gedetailleerd beschrijft. Het is echter géén complete beschrijving. Voorts is het uitdrukkelijk de bedoeling om zulke profielen op te stellen op basis van vele locaties waar de betreffende indicator in het geding is.

Bewerkingen

In een stadium dat gegevens, onder andere naar tijd en ruimte geordend, zijn opgeslagen, kan zich de wens tot op zich zelf staande statistische analyse van deze gegevens aandienen. Enerzijds kan hierbij worden gedacht aan exercities met coëfficiënten, anderzijds kan ook bewerking met behulp van de uitkomsten van verspreidingsmodellen wenselijk zijn, zoals correlaties.

De mate van opnemen van bewerkingmogelijkheden in het informatiesysteem hangt sterk af van de vraag met welk computersysteem men werkt.

Rekensysteem

Met het rekensysteem van een RINAL dienen projecties te worden gemaakt van toekomstige niveaus van geselecteerde indicatoren. Het kader voor deze projecties ligt vast via de eerdergenoemde beperkingen, te weten:

- selectie van relevante probleemvelden, functies en elementen;
- in deze studie: de koppeling RIM-RINAL;
- de in het informatiesysteem op te nemen indicatoren en andere variabelen, en coëfficiënten;
- de tussen RIM en RINAL te hanteren verspreidingsmodellen.

Indien de achtergrond van projecties complex is (o.a. met wisselende tijdsschalen), dient van dynamische simulatiemodellen gebruik te worden gemaakt. Dit is niet noodzakelijk wanneer de te maken projecties één-duidig en nagenoeg monocausaal zijn.

Teneinde analyse en beleidsmatig gebruik zorgvuldig af te stemmen, valt er voor te pleiten om in eerste instantie eenvoudige ("quick and dirty") modellen te bouwen, in navolging van vergelijkbare opzetten in het buitenland (o.a. Holling, 1978). Eenvoudig wil zeggen: van beperkte omvang, inzichtelijk en direct toepasbaar. Een onmiddellijk gevolg hiervan is dat een dergelijk model grover zal zijn dan een gemiddeld

ecologisch simulatiemodel voor wetenschappelijke doeleinden. Voorts vergt deze aanpak dat aanvankelijk een zeer beperkt aantal emissies en/of ingrepen (als exogenen) respectievelijk toestandsvariabelen (indicatoren en sleutelvariabelen, als endogenen) wordt gemodelleerd. Het model dient op gevoeligheid te worden geanalyseerd en te worden getoetst via historische gegevens. Eerst in een volgende fase kunnen desgewenst endogenen en/of exogenen worden toegevoegd, echter slechts indien de beoogde eindvariabelen een groter precisering vereisen.

Problemen

De conceptuele schets van een RINAL, zoals boven gegeven, tekent de grote lijnen van de opzet. De verwezenlijking ervan brengt een aantal problemen met zich mee, waarvan hieronder enige worden besproken.

Beleidsdoelen

Instrumenten als het RINAL kunnen worden ingezet om de haalbaarheid van beleidsdoelen en de effectiviteit van daarbij in te zetten maatregelen te formuleren, te controleren op verwezenlijking en te corrigeren waar dat nodig is. Een beleidsdoel van de Rijksoverheid vergt vaak een nationale, een regionale en/of een sectorgewijze aanpak. In veel gevallen kan een ecologische analyse (voorafgaand aan projecties) hierop niet in directe zin inspelen, omdat deze in principe vanuit de receptor kant plaats vindt. Receptoren van één type zijn dikwijls over geheel Nederland verspreid en staan aan geheel verschillende complexen van beïnvloeding (en beleidsmaatregelen) bloot.

Afbakening van deelinstrumenten

Idealiter vormen RIM en RINAL één dynamisch geheel, met andere woorden het RINAL is een uitbreiding van het RIM. De realisering hiervan levert (met name technische) problemen op omdat er twee verschillend gearde informatiesystemen, twee verschillend gearde rekensystemen, twee typen van scenario's (economisch-technologische respectievelijk ecologische) en een "grijze zone", gevormd door het transformatiesysteem tussen de twee systemen, in het geding zijn. In deze studie zijn de RINAL-componenten doelbewust onafhankelijk van de RIM-structuur opgebouwd, en niet naar analogie daarvan. De voornaamste reden hiervoor is de opportuniteit van het opbouwen van een "ecologisch" RINAL vanuit de receptor kant.

Binnen het RINAL is het de vraag of het rekensysteem "los" moet worden opgebouwd of rechtstreeks in het informatiesysteem moet worden opgebouwd. Dit is in grote mate afhankelijk van de mogelijkheid om de gebruikte rekenmodellen te generaliseren (dat wil zeggen voor vele toe-

passingen geschikt te maken).

Beschikbaarheid van gegevens

Zoals gesteld is de conceptuele opzet van een RINAL "nieuw", dat wil zeggen niet in deze (scenario-)vorm beproefd. Enerzijds levert dit het probleem dat niet op een analoge exercitie in de literatuur kan worden teruggegrepen. Anderzijds strookt de aard van de voor te selecteren probleemvelden aanwezige gegevens veelal niet met de RINAL-doeleinden. Wenselijk zijn tijdreeksen van geografisch relevant gespreide waarnemingen van indicator- en sleutelvariabelen, alsmede activiteiten-effecten-coëfficiënten (om slechts de prioritaire basisbestanddelen te noemen). In de praktijk is dit alles *z  r* onvolledig aanwezig. Dat maakt het noodzakelijk om "ecologische kunstgrepen" toe te passen die aan het oordeel van experts kunnen worden onderworpen.

Aard van de projecties

Projecties kunnen met een grote mate van nauwkeurigheid worden geleverd doch vergen dan een grote inzet van tijd en financiën. Aan voor het beleid bruikbare projecties hoeven meestal niet zulke hoge wetenschappelijke eisen worden gesteld: de projecties zijn richtinggevend doch niet doorslaggevend. Tussen (wetenschappelijk) adequate en (beleidsmatige) effectieve projecties is derhalve een zekere spanning te constateren.

Conclusie

De hier naar voren gebrachte problemen kunnen alle tot scepsis over de haalbaarheid van een RINAL leiden, temeer omdat deze opsomming niet uitputtend is. Maar tevens blijkt uit de schets van de problemen dat het niet al te moeilijk is om begaanbare wegen naar oplossingen in te slaan. De uitgevoerde proefstudie is bedoeld als een bijdrage hiertoe.

3. BRUIKBAARHEID: CRITERIA VOOR BEOORDELING

Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk is met opzet de mogelijke vormgeving van een RINAL abstract geformuleerd, als algemene schets van een dergelijk reken- en informatiesysteem. Als aanknopingspunten zijn evenwel naar voren gekomen: de betrokkenheid op beleidsdoelen (dus niet "zomaar" een constructie), de koppeling aan RIM-exercities (*idem*) en de output in termen van projecties van indicatoren voor de toestand van natuur en landschap c.q. voor het functioneren daarvan.

Teneinde de bruikbaarheid van deze opzet te beoordelen, zulks aan de hand van de uitgevoerde proefstudie, dienen criteria te worden geformuleerd waaraan kwalitatief of kwantitatief kan worden getoetst of één en ander aan de verwachtingen voldoet. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt in:

- beleidsmatige criteria: deze hebben betrekking op de mogelijkheden om het RINAL als instrument voor beleid in te zetten;
- wetenschappelijke criteria: deze hebben betrekking op de wetenschappelijke houdbaarheid van opzet en exercities.
- technische criteria: deze hebben betrekking op de kwaliteit van de constructie van het reken- en het informatiesysteem.

De hier aangegeven criteria zijn geformuleerd door de onderzoekers. Dat betekent dat zij zichzelf maatstaven ter beoordeling opleggen.

Beleidsmatige criteria

Signalering

Het RINAL moet kunnen worden gebruikt om (ongewenste) veranderingen in de toestand van natuur en landschap op langere termijn te kunnen signaleren. Deze veranderingen moeten worden aangegeven via indicatoren (zie hoofdstuk 2 voor omschrijving). Deze signaleringsfunctie dient wezenlijk iets toe te voegen aan de analoge functie van het RIM.

Beleidsformulering

Het RINAL moet kunnen worden gebruikt om diverse stukken waarin het voorgenomen overheidsbeleid wordt geformuleerd, te ondersteunen. Met name kunnen hier Indicatieve Meerjarenplannen, Structuurschema's en Memores van Toelichting worden genoemd. Wederom dient dit iets wezen-

lijks toe te voegen aan de resultaten van het RIM.

Beleidsuitvoering

De voortschrijdende effectiviteit van beleidsmaatregelen moet onder meer aan de hand van RINAL-resultaten kunnen worden gecontroleerd. Daarnaast dient het RINAL een bijdrage te leveren in het analyseren van de baten van het milieubeleid. Daarvoor moeten zowel monetaire als non-monetaire "eenheden" kunnen worden gebruikt.

Toepassing op andere problemen

Een RINAL moet zonder al te veel extra inspanning inzetbaar zijn op andere beleidsterreinen dan waarvoor het thans in ontwikkeling is. Mogelijke voorbeelden: water; andere prioritaire stoffen; vormen van bodemgebruik.

Relevante schalen

Het RINAL dient projecties te leveren op de voor bepaalde beleidsvragen relevante schalen van ruimte en tijd. Ruimtelijk zijn dat met name de nationale en de regionale schaal (waarbij "regio" afhankelijk is van de beleidsvraag), temporeel met name de (middel-)lange termijn. Daarnaast lijkt het zinvol om het RINAL te kunnen inzetten op specifieke maatschappelijke activiteiten, bijvoorbeeld productiesectoren, recreatie, wegen- en woningbouw, natuurbeheer.

Wetenschappelijke criteria

De opzet en de exercities met het RINAL moeten wetenschappelijk houdbaar zijn. Gegevens en relaties lenen zich veelal tot analyse via toetsbare hypotheses; scenario's en projecties kunnen slechts worden getoetst in geval van retrospectieve studies, voor het overige kunnen zij aan het oordeel van experts worden onderworpen.

Scenario's

In het RINAL moeten veronderstellingen worden gemaakt over die te verwachten maatschappelijke ontwikkelingen welke een belangrijke invloed kunnen uitoefenen op de gekozen eindvariabelen (indicatoren), exclusief de terzake van emissies in het RIM gemaakte veronderstellingen.

Gegevens

De gebruikte gegevens moet duidelijk naar plaats en tijd zijn gedefinieerd. Aandacht moet worden besteed aan onzekerheden met betrekking tot deze gegevens (c.q. de onbetrouwbaarheid ervan). Tijdreeksen, alsmede een relevante geografische spreiding zijn gewenst.

Relaties

De gebruikte relaties dienen empirisch te zijn vastgesteld, of tenminste aan het oordeel van experts te zijn onderworpen. Met name zijn te noemen relaties tussen concentraties of deposities en toestand van ecologische variabelen, en kwantitatieve benaderingen van de effectiviteit van beheersmaatregelen. De aard van de opgenomen relaties (bijvoorbeeld mono- of multicausaal, correlatief, verondersteld) dient duidelijk te worden aangegeven.

Projecties

Projecties worden per eindvariabele geleverd. Ruimte- en tijdsaspecten moeten duidelijk worden aangegeven, in samenhang met RIM-projecties. De aard van de projecties (lineair, non-lineair, mate van gedetermineerdheid) dient aan deskundig oordeel te worden onderworpen.

Technische criteria

Zowel het reken- als het informatiesysteem dienen te voldoen aan een aantal, meer "technische", criteria. Met name wordt gedoeld op de moeilijkheidsgraden van opzet en gebruik, alsmede op de mogelijkheden tot uitbreiding en generalisatie.

Opzet

Het RINAL dient zo eenvoudig mogelijk te worden opgezet. Verfijning dient te worden afgewogen tegen het marginale rendement. De constructie moet voor anderen dan de systeembouwer zelf doorzichtig zijn. Voorts moet de constructie zodanig flexibel zijn dat aangebrachte veranderingen de opzet niet inconsistent of moeilijk hanteerbaar maken.

Gebruik

Het RINAL moet zodanig gebruiksvriendelijk worden opgezet dat een niet-ingewijde het systeem kan laten werken. Voorts dient het voor anderen dan de systeembouwer zelf mogelijk te zijn om mutaties aan te brengen (met name nieuwe gegevens in het informatiesysteem in te voeren).

Uitbreiding en generalisatie

De opzet van het reken- en het informatiesysteem moet aanknopingspunten bevatten om op relatief eenvoudige wijze hetzij nieuwe emissies, hetzij nieuwe receptoren toe te voegen. Voorts dient de keten van emissies (c.q. activiteiten of ingrepen) naar effecten zodanig algemeen bruikbaar te worden geconstrueerd dat deze keten ook voor andere probleemvelden bruikbaar is (na specifieke aanpassing).

Overzicht

Gezien de korte duur van de haalbaarheidsstudie is niet gestreefd naar een perfect beoordelingssysteem. In de volgende hoofdstukken worden de resultaten dan ook slechts "ordinaal" aan deze criteria getoetst, in een reeks tussen "gerealiseerd" en "onmogelijk".

Voor het behoud van het overzicht volgt hier een opsomming van de genoemde criteria, met enige trefwoorden.

Beleidsmatige criteria

- signalering (van veranderingen via indicatoren)
- beleidsformulering (met betrekking tot voorgenomen beleid)
- beleidsuitvoering (van effectiviteit van maatregelen; o.a. "baten")
- toepassing op andere problemen (c.q. andere beleidsterreinen)
- relevante schalen (tijd/ruimte; activiteiten)

Wetenschappelijke criteria

- scenario's (over belangrijke voornemens)
- gegevens (onzekerheden; tijd/ruimte)
- relaties (aard, zekerheid)
- projecties (aard)

Technische criteria

- opzet (eenvoud, doorzicht)
- gebruik (toegankelijkheid)
- uitbreiding en generalisatie (andere probleemvelden)

4. RESULTATEN VAN DE PROEFSTUDIE

Inleiding

In dit hoofdstuk worden in beknopte vorm de resultaten van de uitgevoerde proefstudie inzake projecties van effecten van luchtverontreinigende stoffen op natuur en landschap weergegeven. Deze proefstudie is uitgevoerd volgens de in hoofdstuk 1 genoemde fasering.

Diverse aspecten van de proefstudie worden uitgebreid behandeld in "technische" rapporten, als aangeduid op pag. 3 van dit rapport.

Opzet van de proefstudie

Het onderzoeken van koppelingsmogelijkheden van het RINAL aan het RIM is bepalend geweest voor de keuze van het probleemveld. Dit betreft de effecten van luchtverontreinigende stoffen op bossen en heidevelden in Nederland. Het RIM levert projecties van emissies op nationale schaal voor de stoffen NO_x , SO_2 en C_xH_y . Uit de laatste stoffengroep kunnen de concentraties O_3 worden berekend. Het RIM voorziet niet in emissies van NH_3 ; voor deze stof is de bij het Centrum voor Milieukunde Leiden aanwezige expertise benut.

Als gevolg van deze omstandigheden zijn de volgende stappen gezet:

- overnemen van de RIM-scenario's (drie in getal: referentiescenario, "beperkte bestrijding" scenario en "intensieve bestrijding" scenario; bedoeld is bestrijding van uitwerp) voor de genoemde stoffen;
- constructie van analoge scenario's voor ammoniak.

Voorts zijn twee alternatieve scenario's voor de ontwikkeling van emissies in het buitenland opgesteld. Als verdere "RINAL-scenario's" zijn voor bossen twee en voor heidevelden drie "scenario's voor beheer" opgesteld (beide inclusief referentie).

Aan de hand van bestaande informatiebronnen is de kwaliteit van gegevensbestanden voor diverse mogelijke eindvariabelen (indicatoren) getoetst. Op grond hiervan is een beperkt aantal eindvariabelen geselecteerd. Daarnaast is op grond van dezelfde informatie een keuze gemaakt met betrekking tot tijdsaspecten en geografische spreiding.

Parallel aan deze selectieprocessen is aangevangen met de constructie van het reken- en het informatiesysteem. Wegens de korte looptijd van het project moest worden gekozen voor een gescheiden ontwikkeling van beide systemen; wél zijn zij voor hetzelfde probleemveld opgezet. In maart 1985 zijn de toen beschikbare versies van het reken- en informatiesysteem in een meerdaagse workshop voorgelegd aan een panel van

deskundigen en beleidspersonen. Op grond van hun commentaren zijn zowel tijdens als na deze workshop beide systemen bijgesteld, terwijl de commentaren tevens in de rapportage zijn verwerkt.

Indeling van de rapportage

Dit hoofdstuk verloopt langs de volgende lijn. Allereerst wordt ingegaan op de verschillende scenario's. Vervolgens wordt de keten van emissies tot en met deposities voor de verschillende stoffen behandeld. Dan volgt een weergave van het opgestelde rekensysteem, waarin tevens de bevindingen over effecten en de projecties ervan aan de orde komen. Tenslotte volgt een behandeling van de opzet van het informatiesysteem.

Scenario's

In de proefstudie zijn vijf typen scenario's gebruikt. Het karakter van deze scenario's wordt hieronder aangeduid. Bij het merendeel is een indeling in referentie-"beperkte bestrijding"- "intensieve bestrijding" gebruikt.

RIM-scenario's inzake SO₂, NO_x, C_xH_y

De RIM-scenario's zijn gebaseerd op algemene verwachtingen omtrent de ontwikkelingen van een aantal maatschappelijke activiteiten. Ten behoeve van het RIM zijn economische energie-, transport- en technologiescenario's geformuleerd. Deze zijn onderling consistent en bieden de mogelijkheid om per stof(groep) realistische referentie- en contrastscenario's op te stellen. Voor de hiermede opgedane ervaringen wordt verwezen naar Thomas & Olsthoorn (1984), Hettelingh et al. (1985) en Thomas & Olsthoorn (in prep.).

Hierbij zij opgemerkt dat diverse bestrijdingsmaatregelen anno 1985 mogen worden beschouwd als "vigerend beleid", terwijl zij in de proefstudie als onderdeel van alternatieve scenario's zijn opgevat. Het betreft hier delen van het SO₂-beleid (in de proefstudie bestempeld als "intensieve bestrijding") en het NO_x-beleid (proefstudie: "beperkte bestrijding"). Het gebruikte referentiescenario geeft dus een "pre-1985" situatie weer.

RINAL-scenario's inzake NH₃

Deze zijn speciaal voor de proefstudie ontwikkeld. Het accent is gelegd op drie bronnen van ammoniakemissies:

- uit stallen en mestopslag (a);
- bij uitrijden van mest (b);

- tijdens de weideperiode (c).

De ontleding van rundvee- (1), varkens- (2) en pluimveemest (3) is verantwoordelijk voor 85% van de emissies in Nederland.

Emissie tijdens de weideperiode (c) is niet of nauwelijks te bestrijden. De overige mogelijke vijf stuurvariabelen (a), (b), (1), (2) en (3) kunnen voor alternatieve scenario's worden gebruikt.

Het referentiescenario gaat uit van ramingen van groei van de mestproductie waarbij geen rekening is gehouden met effecten van bijvoorbeeld de superheffing. Emissiereductie vindt niet plaats. In het "beperkte bestrijding"-scenario vindt wel emissiereductie plaats, en wel tot 50% in 2000. In het "intensieve bestrijding"-scenario groeit bovendien de mestproductie niet (vanaf 1985), terwijl emissiereductie tot 90 à 95% (excl. weideperiode-emissies!) plaatsvindt. De emissiebeperkende maatregelen zijn ontleend aan Laurier (1984).

RINAL-scenario's buitenlands beleid

Het maakt voor de concentraties en deposities van luchtverontreinigende stoffen veel uit of het buitenland dezelfde koers vaart als Nederland dan wel een eigen beleid voert. Hiertoe werden twee contrasterende veronderstellingen gemaakt:

- 1) Het buitenland volgt dezelfde emissiebestrijdingsscenario's; in dit geval blijft de relatieve bijdrage gelijk.
- 2) Het buitenland volgt het referentiescenario; in dit geval verandert de relatieve bijdrage t.o.v. Nederlandse bestrijding.

Vooralsnog is geen rekening gehouden met "Europese" bestrijdingsscenario's zoals bijvoorbeeld door IIASA (Alcamo et al., 1984) geformuleerd. De veronderstellingen inzake het buitenland gelden niet voor ammoniak, aangezien grensoverschrijdende effecten daarvan worden geacht gering te zijn.

RINAL-scenario's houtproductiebeleid

Gezien de keuze voor bostypen als eindvariabelen in de proefstudie is aan het beleid terzake aandacht geschonken via twee scenario's:

- 1) Een referentiebosscenario waarin het beleid ten aanzien van kap en aanplant ongewijzigd blijft; het bos wordt in "steady state" gehouden, hetgeen wordt geformuleerd als: volume van aanplant en volume van kap zijn gelijk.
- 2) Een "Meerjarenplan"-scenario, gebaseerd op het Meerjarenplan Bosbouw (Anon., 1984b); voor de proefstudie zijn uit dit plan met name van belang de voornemens tot reductie van de arealen van Grove den en de uitbreiding van arealen van Douglas en Populier.

RINAL-scenario's heidebeheer

Ook de keuze van heidevelden als eindvariabele in de proefstudie vergt enige veronderstellingen over het ten aanzien van vergrassing te voeren beheer. Deze zijn geformuleerd in drie scenario's:

- 1) een referentiescenario waarin geen expliciet beheer wordt gevoerd;
- 2) een "beperkt" heidebeheerscenario waarin met begrazing, maaien en extensief branden de vergrassing wordt bestreden;
- 3) een "intensief" heidebeheerscenario waarin heidevelden worden afgeplagd en intensief worden afgebrand.

Consistentie van scenario's

De verschillende RIM- en RINAL-scenario's zijn zodanig geformuleerd dat zij grotendeels op onderling relatief weinig afhankelijke beleidsterreinen betrekking hebben. Daarom is het risico op ernstige inconsistenties klein. Geen rekening is echter gehouden met totale budgettaire beperkingen.

Emissies

Langs twee lijnen is aan emissies van stoffen gewerkt. Enerzijds is een pakket van nationale emissies opgesteld, omdat de RIM-emissies als nationale totalen worden berekend (kiloton per jaar). Anderzijds is voor ammoniak, waarvoor emissiegegevens op regionale schaal bekend zijn, een regionale emissieberekening uitgevoerd.

Nationale emissies

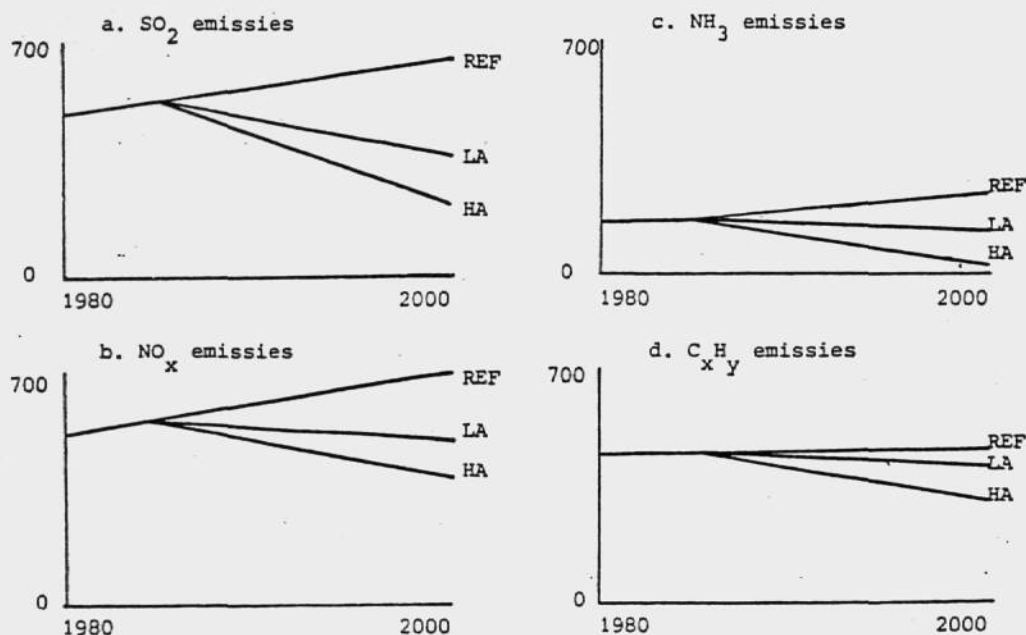
Als startjaar is 1980 gekozen, als zichtjaar 2000, zulks omdat deze jaren consistent zijn met de RIM-projecties en met de mestprojecties van Laurier (1984). Voor een benadering van ecologische effecten zijn de emissies tussen 1980 en 2000 zijn via lineaire interpolatie geschat.

De totale emissie (per stof) in een zeker jaar wordt bepaald door de emissie van het voorgaande jaar plus of min een bepaalde hoeveelheid. De scenario's bepalen (vanaf 1985) de grootte van de toe- of afname. Enige resultaten zijn opgenomen in figuur 4.1.

Regionale ammoniakemissies

Door Buijsman (1984) zijn schattingen gegeven voor de NH_3 -emissie per kaartvierkant van 5x5 kilometer in 1982. Via deze startwaarden worden op jaarbasis nieuwe emissiewaarden per kaartvierkant berekend. Hierbij worden per scenario de gekozen waarden van de vijf stuurvariabelen

Figuur 4.1. Emissietijdspaden van SO_2 , NO_x , C_xH_y en NH_3 in Nederland (kiloton/jr), nationale emissies.

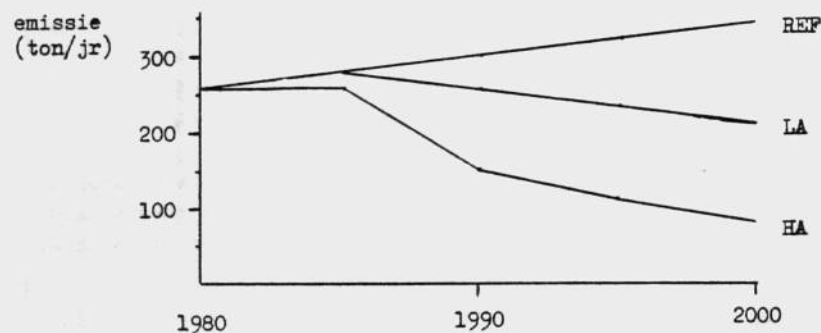


REF = Referentiescenario

LA = Beperkte bestrijdingscenario

HA = Intensieve bestrijdingscenario

Figuur 4.2. Voorbeeld van regionale emissietijdspaden voor ammoniak.



Emissiepaden grid 10

verdisconteerd (rundvee-, varkens en pluimveemest, emissiereductie stal en opslag, en uitrijden). Daarbij wordt rekening gehouden met verschillende ontledingspercentages voor de diverse soorten mest bij de onderscheiden activiteiten. Figuur 4.2 geeft een voorbeeld van de emissies in één kaartvierkant onder de verschillende scenario's.

Vergelijking van de benaderingswijzen

Qua precisie verdient een regionale benadering van de emissiepaden verre de voorkeur. De beoogde regionalisering van het RIM kan hier goede effecten sorteren. Niettemin blijkt uit de vergelijking van figuur 4.1 met figuur 4.2 dat de resulterende patronen van de twee benaderingswijzen niet al te sterk uiteenlopen.

Concentraties en deposities

Ook de verspreiding van de geëmitteerde stoffen is langs twee lijnen bewerkt, namelijk een "nationaal-regionaal" model en het volledig regionale ammoniakmodel. Deze methoden worden hieronder samengevat.

Het nationaal-regionaal model

De locatie en aard van de emissiebronnen, alsmede de windrichting en -sterkte, zijn de belangrijkste factoren die het patroon van de luchtconcentratie van stoffen in de lucht bepalen. In de jaren 1979-1984 is dit patroon grosso modo weinig veranderd. Dit impliceert ook dat de rol van het buitenland relatief niet sterk verandert.

Aan de berekeningen van concentraties en deposities liggen de volgende technische veronderstellingen ten grondslag:

- 1) Vanwege het stabiele patroon zijn veranderingen in de luchtconcentraties primair het resultaat van veranderingen in de emissies.
- 2) Veranderingen in de emissies worden geacht naar rato van de regionale bronnendichtheid proportioneel te leiden tot veranderingen in regiogemiddelde concentraties.
- 3) De locatie van de belangrijkste bronnen voor elk van de stoffen wordt verondersteld in de rekenperiode gelijk te blijven.
- 4) De depositie van stoffen wordt berekend op basis van de berekende luchtconcentraties, gegeven depositiesnelheden voor droge depositie en correctiefactoren om de natte depositie toe te voegen.
- 5) Voor bosgebieden is een hogere depositiesnelheid gehanteerd dan voor heideterreinen.

De tien regio's waarin Nederland voor dit deel van de proefstudie is onderscheiden, zijn weergegeven in figuur 4.3. Deze indeling is afgeleid van de CBS-indeling in bosgebieden.

Veranderingen in emissietotalen worden omgezet in concentraties. Deze

Figuur 4.3. De regio's voor de RINAL-proefstudie.



worden uitgedrukt in microgrammen per kubieke meter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), waarbij hier is gekozen voor jaargemiddelde 24-uurswaarden.

De te berekenen concentratie van, bijvoorbeeld, SO_2 in een bepaalde regio voor een bepaald jaar na 1980 wordt bepaald door de verandering in de totale emissie van SO_2 gedeeld door de SO_2 -emissie in 1980 te vermenigvuldigen met de beginconcentratie (anno 1980) van SO_2 in de betreffende regio. Voor SO_2 , NO_2 , O_3 wordt de verandering in de verhouding "binnenland - buitenland" verdisconteerd.

Deposities worden uitgedrukt in kilogram of kmol per hectare per jaar. Zij worden afgeleid uit de concentraties, via vermenigvuldiging met een depositiefactor, waarin de depositiesnelheid is verwerkt alsmede de omrekening van de dimensies ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ naar kmol/ha/jr). Bij zwaveloxiden is de extra depositie als ammoniumsulfaat toegevoegd, op basis van de verandering in ammoniakconcentratie ten opzichte van de startsituatie. De totale hoeveelheid potentieel zuur (H^+) wordt berekend als de som van ammoniak-, stikstofoxiden- en zwaveloxidendeposities.

Aangezien de vermestende werking van de luchtverontreiniging door de "stikstofcomponent" van de totale depositie wordt bepaald, wordt deze als som van de ammoniak- (inclusief ammonium-) depositie en de stik-

Tabel 4.1. Totale depositie van stikstof boven bos (kg/ha/jaar) en potentieel zuur (kmol/ha/jaar) in tien regio's onder verschillende scenario's.

STIKSTOF	1980	2000			
		REF.	LA	HA	HA/REF
REGIO					
1. Noord-Oost	66	88	61	32	38
2. Oost	93	124	87	40	47
3. Veluwe	86	114	80	43	51
4. Utrecht	77	102	72	39	46
5. West-Brabant	83	110	77	41	48
6. Oost-Brabant	105	140	98	49	57
7. Kust	53	71	50	32	39
8. Zuid-Limburg	67	90	63	39	47
9. Noord-West	57	77	54	30	35
10. Zuid-West	73	97	68	40	47

POTENTIEEL ZUUR	1980	2000			
		REF.	LA	HA	HA/REF
REGIO					
1. Noord-Oost	8	12	7	3	4
2. Oost	15	22	13	4	5
3. Veluwe	11	16	9	4	5
4. Utrecht	10	14	8	3	5
5. West-Brabant	12	17	10	4	6
6. Oost-Brabant	16	25	14	5	6
7. Kust	6	8	5	3	4
8. Zuid-Limburg	8	11	7	3	5
9. Noord-West	6	9	6	2	3
10. Zuid-West	9	13	8	4	5

REF = referentiescenario (in binnen- en buitenland)
 LA = beperkte bestrijding (idem)
 HA = intensieve bestrijding (idem)
 HA/REF = intensieve bestrijding binnenland, referentiescenario
 buitenland

stofoxiden-depositie berekend.

In tabel 4.1 zijn de resultaten van deze simulaties samengevat.

Regionaal ammoniakverspreidingsmodel

Aangezien de emissie-startwaarden en -paden betrekking hebben op kaartvierkanten (5x5 km) en op jaarbasis gegeven zijn, worden in het model gebiedsgemiddelde concentraties en deposities in termen van jaargemiddelden berekend. Dit is een op zich efficiënte vereenvoudiging welke ten opzichte van de bij SO_x , NO_x en O_3 te hanteren simplificaties

niet uit de toon valt.

In van het technisch rapport wordt uitgebreid ingegaan op mogelijkheden om concentraties en deposities op basis van het 5x5 km grid te berekenen. Op grond van vergelijking van uitkomsten is aannemelijk gemaakt dat de concentraties per grid uit de emissies in datzelfde grid kunnen worden berekend (foutenmarge maximaal 10%). De jaar- en gridgemiddelde depositieflux wordt gevonden door de gridconcentratie te vermenigvuldigen met de depositiesnelheid (zie pag. 3 van het betreffende technische rapport).

Vergelijking van de modellen

Aangezien het "nationaal-regionaal model" de deposities van vele stoffen combineert, valt slechts een vergelijking te maken van de resultaten van concentratieberekeningen voor ammoniak. Het blijkt dat de twee berekeningswijzen ongeveer hetzelfde patroon genereren, zij het dat het regionale model systematisch hogere uitkomsten laat zien. Wegens de veronderstellingen in de bodem- en effectenmodellen is dit absolute verschil echter weinig relevant.

Bodem

Als intermediair tussen deposities van stoffen en andere effecten op indicatoren is de bodem van belang. De eindvariabelen, Grove den, Douglas, Populier, heide en gras in heidevelden, worden via verzuring en vermisting van het bodemcompartiment ingrijpend beïnvloed.

Verzuring

Bodemverzuring leidt tot afname van de buffercapaciteit van de bodem. Bij verschillende zuurgraden (pH's) vindt buffering door vertering van verschillende bodembestanddelen plaats:

- pH > 6.5 → calciumcarbonaat
- 6.5 > pH > 5 → primaire silicaten
- 5 > pH > 3 → kleisilicaten
- pH < 3 → ijzer- en aluminiumoxiden

Door deze buffers daalt de pH niet lineair met de toevoeging van zuurvormende stoffen. Omdat de pH relevant is voor de groei van bomen (eindvariabelen in de proefstudie) wordt deze toch (als intermediaire variabele) berekend als resultante van zuurdepositie.

Het werken met tien regio's heeft tot gevolg dat een "regionale pH" moet worden bepaald. Dit is een gewogen gemiddelde pH-waarde die is gebaseerd op het voorkomen (qua oppervlak) van drie hoofdtypen van gevoelige bodems, t.w. podzolgronden, beekerdgronden en duinvaaggronden. De gegevens hiervoor zijn ontleend aan Loman et al. (1984).

Vermesting

Met name door depositie van stikstofoxiden en ammoniumverbindingen neemt de voedselrijkdom van de bodem toe. Deze eutrofiëring doet zich ook in de bossen voor. Heideterreinen, met als zichtbaar effect de "vergrassing" daarvan, zijn echter in de proefstudie uitgekozen om vermistende invloeden te illustreren.

Modellering

In de proefstudie zijn verscheidene bodemmodellen op bruikbaarheid onderzocht. De berekeningen zijn uitgevoerd met een relatief eenvoudig model. Gecomplieerde modellen leveren globaal hetzelfde beeld op en zijn niet realistischer aangezien de hierboven genoemde regionale pH's en buffercapaciteiten niet nauwkeurig bekend zijn.

Het model berekent de zuurgraad als resultante van:

- de verhouding tussen de oorspronkelijke (1980) en de huidige/toekomstige zuurtoevoeging;
- een "verzuringcoëfficiënt" waarin zowel nitrificatie als bufferwerking is vervat.

De specificatie van het model is gegeven in Deelrapport IV (zie pag. 3).

Resultaten

Voor de tien onderscheiden regio's zijn, op basis van de berekende potentiële zuurdeposities, de resulterende regionale pH-waarden berekend. De verzuringcoëfficiënt is op 0,1 gesteld. De resultaten laten zien dat in het referentiescenario de pH in het jaar 2000 gemiddeld met 13% is gedaald. In het "beperkte" scenario is deze daling slechts 1%, terwijl in het "intensieve bestrijding"-scenario de pH tegen 2000 gemiddeld 12,5% is gestegen.

Effecten op bossen

Bodemveranderingen kunnen reeds worden getypeerd als een "ecologisch effect", nl. de reacties in niet-levende gedeelten van ecosystemen. Het sluitstuk in de keten van maatschappelijke activiteiten naar effecten betreft de te verwachten effecten op organismen. In deze paragraaf worden projecties weergegeven voor de boomsoorten Grove den, Douglas-spar en Populier; de volgende paragraaf beschrijft effecten op heidevelden.

Afname vitaliteit

Met name in het laatste decennium is duidelijk geworden dat bosbestanden in Europa en Noord-Amerika in vitaliteit achteruitgaan. De afnemende vitaliteit doet zich echter lang niet overal voor, en is moeilijk in verband te brengen met één of enkele specifieke maatschappelijke activiteiten. In een groot aantal gevallen bestaat bij ecologen het vermoeden dat de standplaats (bijv. hellingshoek in de bergen; grondsoort in Nederland) op den duur ongeschikt is voor bepaalde boomsoorten. Doch tevens is duidelijk geworden dat luchtverontreiniging en de secundaire gevolgen daarvan (bodemverandering) de vitaliteit kunnen beïnvloeden. Depositie van verzurende stoffen heeft een remmende invloed op de boomgroei, terwijl de blootstelling aan SO_2 , NO_x , O_3 en NH_3 ook een directe negatieve invloed op de groei heeft (Den Boer en Bastiaens, 1984; Roelofs *et al.*, 1983). De schade per soort varieert met de concentraties van de stoffen, de duur van de blootstelling, het bodemtype en de eventuele gelijktijdigheid van zulke beïnvloedingen. In 1983 en 1984 is door het Staatsbosbeheer de vitaliteit van de Nederlandse bossen onderzocht. Een beeld (voor 1984) daarvan geeft tabel 4.2.

Tabel 4.2. De vitaliteit van enige Nederlandse boomsoorten en -groepen in 1984 (gegevens Staatsbosbeheer).

Soort/groep	Vitaal	Minder vitaal	Weinig vitaal	Niet vitaal
Grove den	34%	51%	12%	2%
Douglas	50%	39%	9%	2%
"loofbomen" (o.a. Populier)	74%	23%	2%	1%

Modellering

De produktie wordt beschreven via een produktiefunctie. De veronderstelde schade (direct en indirect) door luchtverontreiniging is via negatieve termen in deze functie opgenomen. De schadetermen verschillen voor naaldbomen (Den, Douglas) resp. Populier. Voor de naaldbomen zijn, naast de pH, de luchtconcentraties van SO_2 , NO_2 , NH_3 en O_3 als zodanig en in combinaties in de schadefunctie opgenomen. Bij de Populier zijn enkelvoudige O_3 -concentraties en combinaties van SO_2 en NO_2 met O_3 opgenomen, terwijl tevens de combinatie van NH_3 met SO_2 bij deze soort als positieve term in de produktiefunctie figureert.

Bij het opstellen van de functie is een aantal technische veronderstellingen gehanteerd:

- De schadefuncties zijn opgesteld met hulp van een panel van deskun-

digen. De relatieve bijdrage van een verontreinigende stof of combinatie van stoffen per (theoretische) eenheid schade is ingeschat voor elk van de drie soorten (zie Deelrapport IV). Voor het ijken van de functie is uitgegaan van drempelwaarden voor de negatieve werking van de stoffen en combinaties.

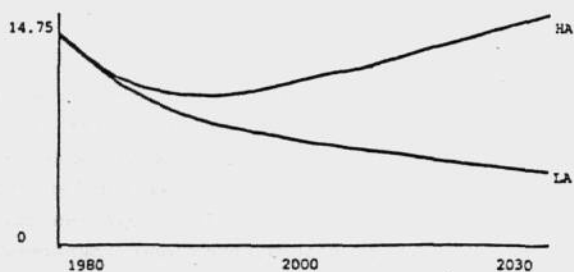
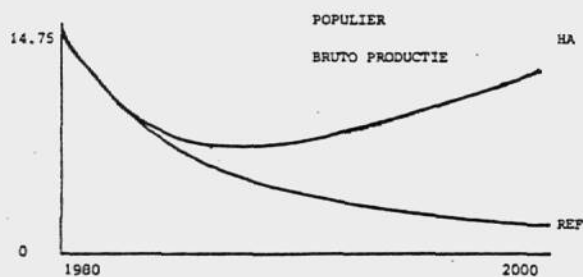
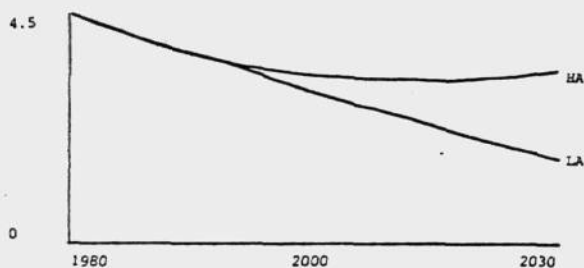
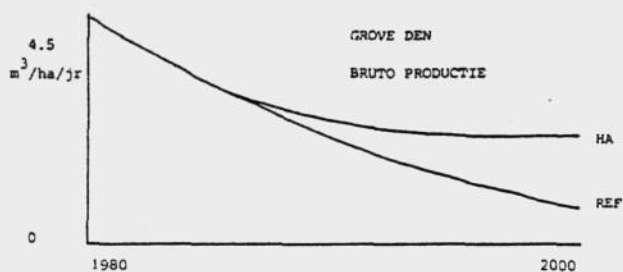
- De schadefunctie wordt geformuleerd als som van de schade aangeduid door de afzonderlijke termen. Deze termen bestaan uit de concentratie van de stof vermenigvuldigd met het "gewicht" voor die stof (bij enkelvoudige termen) of uit het produkt van de stofconcentraties vermenigvuldigd met het "gewicht" (bij meervoudige termen).
- De verhouding in de bijdrage tot een eenheid groeiemming van de luchtverontreiniging (directe effecten) en van de pH (indirecte effecten) is door het panel van deskundigen ingeschat als 1 : 2. Nadere gegevens hiervoor ontbreken. Voor deze verhouding zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.
- De schadefunctie is zodanig geschaald dat als alle stoffen hun drempelwaarde hebben en de pH in het normale optimale groeitraject voor de soort zit, deze gelijk is aan 1. Bij toename van concentraties en daling van pH wordt de schadefunctie groter dan 1.
- De bruto produktie wordt geacht constant te blijven als de schadefunctie 1 is. De vermindering van de hoeveelheid groei per jaar per eenheid schade is onbekend, maar op grond van het SBB-vitaliteitsonderzoek geschat op .1 (zie gevoeligheidsanalyses).
- Het volume hout per ha wordt vervolgens berekend uit de groei en een "gemiddelde afname"-term (sterfte, verlies, etc.) welke is ontleend aan de vakliteratuur. Het totaalvolume wordt dan verkregen door het volume per ha met het aantal ha in de regio te vermenigvuldigen.
- In het Referentiebosscenario blijft het aantal ha gelijk. In het MJPscenario wordt het aantal ha per regio in opeenvolgende jaren aangepast. Daarbij is verondersteld dat de veranderingen in 2000 gerealiseerd zijn:
 - * Grove den van 126.000 ha naar 72.000 ha
 - * Douglas van 16.000 ha naar 72.000 ha
 - * Populier van 16.000 ha naar 21.500 ha

Projecties

In Figuur 4.4 zijn enige resultaten van simulaties weergegeven. In het referentie-bosscenario daalt de bruto produktie tot 2000 drastisch. Dit geldt onder de drie emissiescenario's, zelfs onder het "intensieve bestrijding"-scenario, al treedt daarbij wel een kentering in de trend op; doortrekken van de projecties naar 2030 laat een stijging van de pH zien waarmee de groei van de bosbestanden weer toeneemt.

Grove den gaat het sterkst achteruit in de regio's Oost- en West- Brabant. Dit geldt ook voor Douglas welke ook in regio Oost-Nederland sterk achteruit. Populieren gaan met name in de regio's Kust (O_3),

Figuur 4.4. Bruto productie van Grove den en Populier van 1980 tot 2030 bij verschillende emissiebestrijdingsscenario's ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{jr}$).

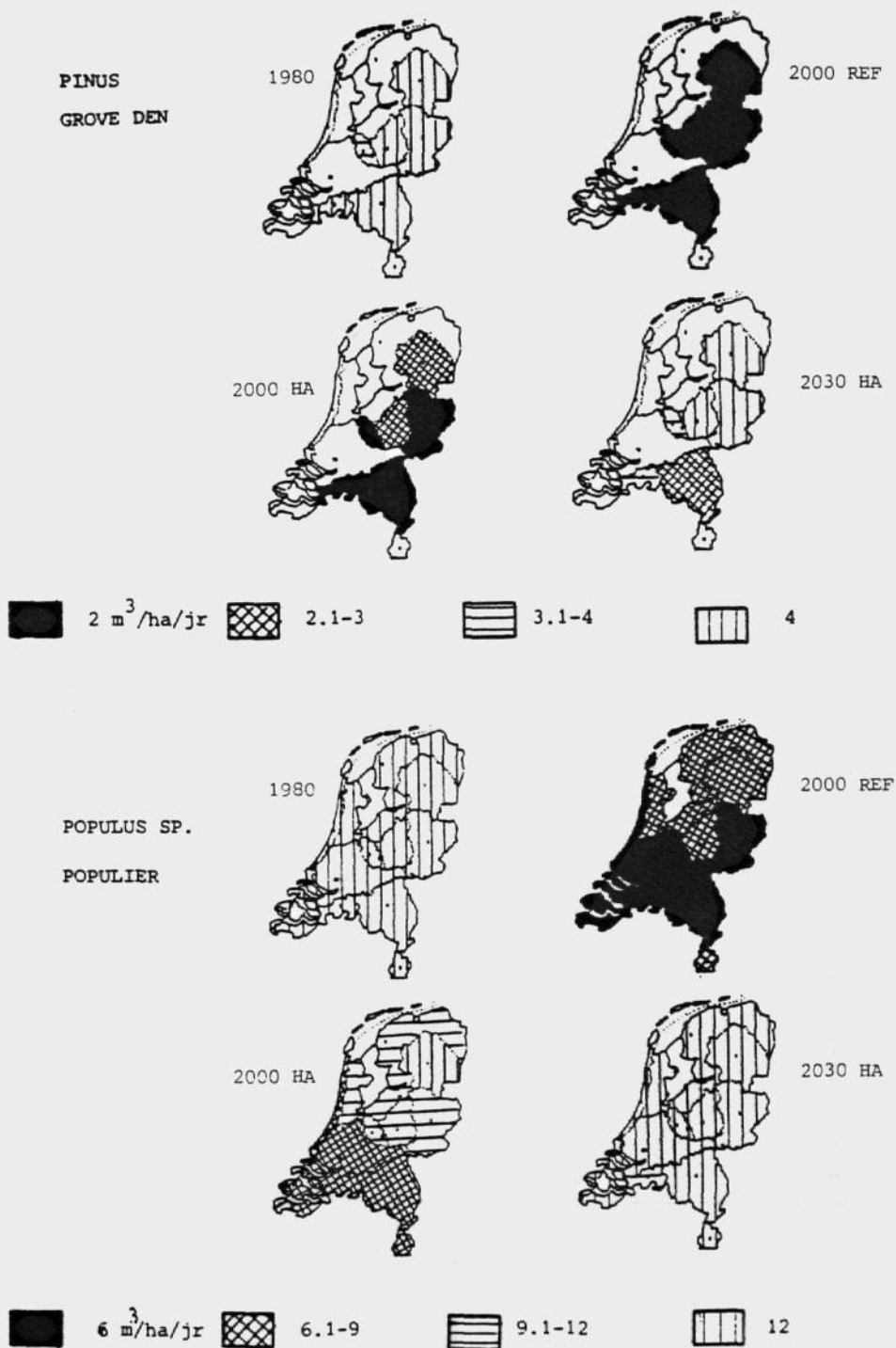


REF = referentie

LA = beperkte bestrijding

HA = intensieve bestrijding

Figuur 4.5. Bruto produktie van Grove den en Populier in tien regio's in 1980, 2000 en 2030, onder verschillende emissiebestrijdingsscenario's.



Zuid-West, Oost- en West-Brabant achteruit ondanks vermessing door stikstofdepositie. Figuur 4.5 geeft een beeld van de regionale verschillen.

In het "Meerjarenplan"-scenario geldt het bovenstaande evenzeer, in termen van m^3/ha . Door de voorziene aanplant- en kapactiviteiten nemen de arealen van Douglas en Populier toe, terwijl het areaal van Grove den sterk afneemt. Toch worden de tegen 2000 gewenste volumes aan houtproductie niet gerealiseerd, ook niet onder de bestrijdingsscenario's. Slechts op zeer lange termijn (tot 2030) is sprake van herstel van Douglas en Populier, terwijl de feitelijke afname van Grove den (in areaal en in m^3/ha) tot staan komt. Dit herstel doet zich uitsluitend in het "intensieve bestrijding"-scenario voor.

De toegepaste modellering en de resulterende projecties zijn relevant voor de te verwachten houtproductie. Vanuit natuurbehoudsoogpunt is de eerder beschreven vitaliteitstoestand belangrijker doch hierover zijn vooralsnog onvoldoende gegevens (in termen van tijdreeksen) aanwezig. Niettemin is het, ter illustratie, dienstig om een proeve van "vertaling" van produktie naar vitaliteitsklassen te geven. Daartoe worden de volgende subjectieve omrekeningen gebruikt:

						<u>code</u>
vitaal	=	100%	van de gemiddelde normale groei:			+
minder vitaal	=	50%	" " " " " "			±
weinig vitaal	=	25%	" " " " " "			-
niet vitaal	=	0%	" " " " " "			--

De vitaliteit in het uitgangsjaar 1980 is voor de soorten Grove den, Douglas en Populier in alle regio's gemiddeld "vitaal tot minder vitaal" te noemen. In tabel 4.3 is aangegeven hoe deze uitgangssituatie zich anno 2000 zal hebben ontwikkeld in het referentie- resp. het "intensieve bestrijding"- scenario.

Tabel 4.3. Vitaliteit van bossen in 2000 in verschillende regio's onder het referentiescenario (REF) en het "intensieve bestrijding"-scenario (HA).

	<u>Grove den</u>		<u>Douglas</u>		<u>Populier</u>	
	REF	HA	REF	HA	REF	HA
<u>Regio's:</u>						
Noord-Oost	-/--	±/-	-/--	+/-	±	+/±
Utrecht	-/--	±/-	-/--	+/-	-	+/±
West-Brabant	-/--	±/-	-/--	±/-	--	±
Overige regio's	-/--	±/-	-/--	±/-	+	+/±

Gevoeligheidsanalyses

De verhouding tussen de directe en de indirecte invloeden voor luchtverontreiniging op Grove den en Douglas is bij de modellering gesteld op 1 : 2 (deskundigenoordeel). Als deze verhouding 1 : 1 wordt gesteld ligt de gemiddelde produktie 8% lager; in twee regio's is de produktie echter hoger. Een verhouding van 2 : 1 accentueert dit beeld: in regio Noord-Oost groeit de produktie zelfs 20%, doch de gemiddelde produktie ligt 11% lager (zie verder Deelrapport IV).

Voorts blijkt het model tamelijk gevoelig voor veranderingen in de coëfficiënt die de relatie tussen schade en vermindering van produktie weergeeft. Gerekend is met een waarde 0,1; bij een waarde 0,05 resulteert een 49% hogere produktie, bij een waarde 0,2 ligt de produktie 34% lager.

Deze analyses geven geen aanleiding om te veronderstellen dat de contrasten tussen scenario's gevoelig zijn voor veranderingen in deze model-veronderstellingen. Een veel groter aandeel van de directe effecten (bijv. 5:1) levert wel sterk afwijkende resultaten op, doch is contrair met het thans gebruikte deskundigenoordeel.

Heidevelden

De Nederlandse heidevelden worden bedreigd door allerlei vormen van grond- en ander gebruik, waaronder openluchtrecreatie. Daarnaast vormt de vergrassing, met name door Pijpestrootje en Bochtige smele, een belangrijke bedreiging. Deze wordt veroorzaakt door ontwatering, wegvallen van beheer en vooral bemesting, met name via de depositie van stikstofhoudende verbindingen. Bij lichte bemesting wordt een combinatie van begrazen, maaien en incidenteel branden verondersteld effectief de vergrassing tegen te gaan; bij een hoog bemestingsniveau wordt intensief maaien (met afvoer) en afplaggen noodzakelijk geacht. In Nederland wordt thans ruim 25% van het totale heide-areaal (41.500 ha) als meer of minder vergrast beschouwd.

Vergrassing vindt nauwelijks plaats als de depositie van stikstofverbindingen minder is dan 20 kg/ha/jaar, en treedt vooral op bij een depositie van meer dan 40 kg/ha/jaar (Roelofs *et al.*, 1983). Volledige vergrassing kan in dat geval binnen 10 jaar bereikt zijn.

Modellering

Vanwege de schaarse informatie is besloten om een eenvoudig model te construeren dat op basis van de binnenkomende depositie de percentuele vergrassing (ten opzichte van het totale heide-areaal) simuleert. Daarbij zijn de volgende veronderstellingen gebruikt:

- het totale heide-areaal blijft gelijk in de simulatieperiode;

- het breukpunt tussen vergrassing en regeneratie van heide ligt bij een stikstofdepositie van 40 kg/ha/jr;
- in het "beperkte" heidebeheerscenario wordt, indien het percentage vergrassing in een regio groter dan 35% is, in hetzelfde jaar het vergraste areaal met 10% gereduceerd;
- in het "intensieve" heidebeheerscenario wordt boven 50% vergrassing aan de "beperkte" maatregelen nog een gedeeltelijk afplaggen van het vergraste oppervlak toegevoegd. Daarmee wordt (in één jaar) het vergraste areaal tot 10% van het totale heide-areaal in de regio teruggebracht.

Tabel 4.4. Percentage vergraste heide in 2000.

REGIO	1980	2000						
		REF	LA	HA	REF	LA	REF	LA
		Referentie			G / M / B		A / B	
1. Noord-Oost	35	31	0	1	21	1	21	1
2. Oost	13	95	95	1	95	45	14	35
3. Veluwe	15	95	94	1	84	33	11	18
4. Utrecht	23	95	18	1	55	18	38	18
5. West-Brabant	40	95	95	1	95	34	39	25
6. Oost-Brabant	45	95	95	95	95	95	29	24
7. Kust	7	1	1	1	1	1	1	1
8. Zuid-Limburg	30	30	1	1	30	1	30	1
9. Noord-West	30	1	1	1	1	1	1	1
10. Zuid-West	-	-	-	-	-	-	-	-

REF = referentiescenario-emissies

LA = beperkte bestrijding emissies

HA = intensieve bestrijding emissies

Referentie = geen heidebeheer

G / M / B = grazen, maaien en (extensief) branden

A / B = afplaggen en (intensief) branden

Projecties

Het percentage vergrast heide-areaal onder verschillende scenario's is weergegeven in tabel 4.4. Hieruit blijkt dat onder het referentiescenario in alle regio's behalve Noord-Oost, Kust, Zuid-Limburg en Noord-West maximale vergrassing wordt verwacht. In het "beperkte" emissiescenario neemt het vergrassingspercentage in deze regio's en in de regio Utrecht sterk af, terwijl in het "intensieve" emissiescenario in bijna alle regio's het gras grotendeels verdwijnt. Onder dat scenario lijkt heidebeheer in relatie tot vermessing nagenoeg overbodig. "Beperkt" heidebeheer heeft in het referentie-emissiescenario nauwe-

lijks invloed, in het "beperkte" emissiebestrijdingsscenario vrij veel. "Intensief" heidebeheer levert betere resultaten op, doch deze behandeling dient (tussen 1985 en 2000) in de meeste regio's 4 à 5 keer te worden herhaald, hetgeen uit natuurbehoudsoverwegingen uiterst ongewenst is, afgezien nog van de kosten. De conclusie is dan ook dat voor heidevelden een combinatie van de "beperkte" emissiebestrijding resp. heidebeheersmaatregelen een redelijke mitigering van de vergrassingsproblemen betekent.

Gevoeligheidsanalyses

Aangezien de grens van 40 kg/ha/jaar N-depositie wegens de schaarse informatie arbitrair is, zijn alternatieve analyses gemaakt met 50, 60 en 80 kg/ha/jr. De groeifunctie is aan deze informatie aangepast. Hoewel simulaties hiermee leiden tot andere vergrassingspercentages, blijft het contrasterend beeld tussen de drie emissiescenario's respectievelijk de drie heidebeheerscenario's globaal hetzelfde. De uiteindelijk gebruikte groeifunctie sluit dan ook goed aan op de (schaarse) gegevens.

Kosten-effectiviteitsanalyses

Emissiereductie en terreinbeheersmaatregelen kosten geld. In de proefstudie is aan de hand van enkele voorbeelden gedemonstreerd hoe met het RINAL een aanvulling op de kostenberekeningen van het RIM kan worden gegeven. Overigens kan aan deze voorbeelden geen conclusie omtrent de werkelijke kosten-effectiviteitsverhouding worden ontleend.

Als maatstaf voor kosten van emissiereductie is gehanteerd het bedrag dat vanaf 2000 jaarlijks nodig is om de dan gerealiseerde reducties in stand te houden. Voor alle stoffen gezamenlijk (SO_2 , NO_x , C_xH_y en NH_3) belooft dit Mfl 835 in het "beperkte" en Mfl 3000 in het "intensieve" emissiebestrijdingsscenario. Reductie van potentiële zuurdepositie in het "beperkte" scenario kost Mfl 725 en leidt tot 14% reductie (t.o.v. 1980); in het "intensieve" scenario Mfl 2470 respectievelijk 65%. Tegen dezelfde bedragen daalt de pH nog 5% tot 2000 in het "beperkte" scenario, doch de pH stijgt met 3% in het "intensieve" scenario.

Wegens gebrek aan gegevens is berekening van het verlies in termen van verminderde houtopbrengst in de onderscheiden emissiescenario's moeilijk. Een berekening van het volume staand hout anno 2000 (conform het Meerjarenplan Bosbouw, onder invloed van emissies), vermenigvuldigd met een prijs van fl. 90,- per m^3 (prijzen 1985), leert dat het "intensieve" emissiebestrijdingsscenario Mfl. 245 en het "beperkte" scenario Mfl. 122 extra (ten opzichte van het referentiescenario) aan "houtkapi-

taal" oplevert. Voorts valt zelfs zonder gegevens af te leiden dat de aanplant volgens het Meerjarenplan Bosbouw lang niet zo rendabel zal zijn als thans wordt verondersteld. Daar staat tegenover dat de versnelde reductie van het areaal Grove den, gezien de emissieverwachtingen een relatief kostenbesparende zaak is.

Voor de heide geldt dat het (dure) "intensieve bestrijding"-emissiescenario verdere beheersmaatregelen (c.q. kosten) inzake vergrassing overbodig maakt. Onder het "beperkte" emissiescenario is zo'n Mfl. 10-20 per jaar nodig voor additioneel beheer.

Het informatiesysteem

Het opzetten en het taxeren van de bruikbaarheid van een RINAL-informatiesysteem heeft parallel aan de opzet van het rekensysteem plaatsgevonden. Het onderwerp van de proefstudie (effecten van luchtverontreinigende stoffen op bossen en heidevelden) was daarbij gemeenschappelijk.

Deze scheiding impliceert dat voor het rekensysteem een soort "intern informatiesysteem" (in de vorm van datafiles) is gebruikt. Ook dit informatiesysteem zal hieronder kort worden toegelicht.

Het eigenlijke informatiesysteem

Dit is opgezet op een microcomputer van het type Epson QX-10, welke op het IvM-VU beschikbaar was. De keuze voor een microcomputer in plaats van de tevens beschikbare "mainframe" (grote computer), de CDC van SARA, kan als volgt worden beargumenteerd:

- 1) het rekensysteem is eveneens op microcomputer ontwikkeld; vergelijking van de bruikbaarheid van micro's voor de beide onderdelen van het RINAL wordt hierdoor mogelijk;
- 2) mobiliteit van het RINAL, in verband met feitelijk gebruik elders;
- 3) toegankelijkheid van het informatiesysteem via gebruik van "bekende" micro-software; omzeiling van problemen bij gebruik van SARA-specifieke taal en applicatieprogramma's;
- 4) aanzienlijke reductie van kosten.

Gegevensbestanden. Gestreefd is voor het opzetten van drie typen gegevensbestanden:

- een bestand met "onafhankelijke variabelen": de beïnvloedende factoren (stoffen, ingrediënten);
- een bestand met "afhankelijke variabelen": de elementen van natuur en milieu welke worden beïnvloed en tevens als relevante indicator worden onderkend;
- een bestand met coëfficiënten (autogene en allogene).

De eerste twee bestanden zijn geconstrueerd met behulp van het soft-

warepakket dBase II. Binnen het nationale grid van 5x5 km-vakken (totaal ca. 1680) zijn relevante gebieden met een (geografische) naam gelabeld. Van deze gebieden kan informatie worden opgeslagen over oppervlakte en kwaliteit van diverse receptoren, bodemtype, pH, leeftijd van bosopstanden, vitaliteit/schade etc. Voor de "ingreepparameters" (in dit geval stoffen zoals SO_2 , NH_3) kan op dezelfde geografische basis een set van concentratiewaarden worden opgeslagen. Het coëfficiëntenbestand is niet gecreëerd. De gegevensbasis was voorspand te weinig omvattend en niet consistent. Daardoor zou het ontwerpen van een overzichtelijk bestand, maar ook het opstellen van programma's om de informatie te gebruiken en te bewerken, een tamelijk "grijze" exercitie zijn geworden.

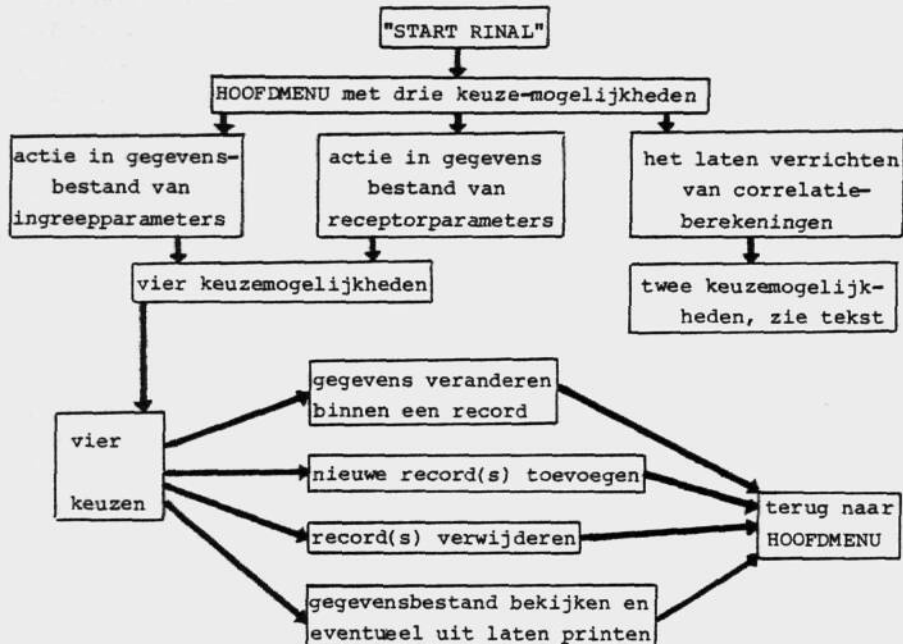
Gebruikersprogramma's. Naast de gegevensbestanden zijn een aantal programma's geschreven om faciliteiten voor de gebruikers te scheppen. Deze programma's beperken weliswaar de mogelijkheden van de gebruiker doch stellen tevens het behoud van gegevensbestanden veilig. Als doelstelling heeft gegolden: de niet-kenner de gelegenheid te bieden om zonder voorkennis het informatiesysteem te gebruiken, te veranderen en aan te vullen. Een bezwaar van deze methode bij de gebruikte apparatuur wordt gevormd door de lange rekentijd die de programma's nu vergen. De stroomschema's van de vervaardigde keuzeprogramma's zijn weergegeven in figuur 4.6. Het woord "record" duidt op de verzameling van waarden van variabelen die bij een bepaalde ruimtelijke eenheid behoren.

Statistische bewerking. Als voorbeeld van de mogelijkheden om het verzameld materiaal te bewerken zijn twee statistische analyses geprogrammeerd, namelijk de berekening van Pearson correlatie-coëfficiënten en de (verdelingsvrije) correlatietoets van Kendall. In de programma's zijn logaritmische transformatiemogelijkheden toegevoegd. Alle mogelijkheden zijn voor de niet-kenner toegankelijk gemaakt.

Problemen en perspectieven. Bij het opzetten van het informatiesysteem hebben zich een groot aantal problemen voorgedaan. De mogelijke perspectieven bij het oplossen van die problemen zijn nader geanalyseerd. Hieronder volgt een selectie:

- Grote of kleine computer? De EPSON is niet in staat om een relatief omvangrijk informatiesysteem te bevatten en binnen aanvaardbare tijdgrenzen te opereren. Indien derhalve het informatiesysteem gegevens dient te bevatten van vele verschillende locaties en ecosystemen, is het gebruik van een computer met meer capaciteit preferent. De SARA-mainframe is voorts preferent omdat men kan beschikken over een scala van statistische mogelijkheden.
- Compabiliteit van microcomputers. De gebruikte microcomputers bleken niet zonder meer op elkaar aan te sluiten. Voor een flexibele opzet van het RINAL is het derhalve geboden om tevoren een beredeneerde

Figuur 4.6. Hoofddeling van het informatiesysteem.



analyse van de te gebruiken apparatuur te maken.

- Type gegevensbestanden. Op zich is er geen enkel bezwaar tegen om "ingreep"-aspecten in het informatiesysteem op te nemen, al is het RINAL daarvoor eigenlijk niet opgezet (daartoe dient het RIM). Met name informatie over concentraties en deposities van stoffen (in verschillende schalen) lijkt relevant voor het traceren van feitelijke dosis-effect-relaties en voor flexibel gebruik van het RINAL.
- Beschikbaarheid van gegevens. De gegevens over receptorvariabelen in Nederland (alsmede bijbehorende dosis-effect-relaties) zijn bepaald niet pasklaar beschikbaar. Het heeft weinig zin om het bestand aan te passen aan de beschikbare gegevens (dit zou namelijk een nauwelijks te construeren rekensysteem vergen). Veeleer dient vanuit de behoefte aan bepaalde typen gegevens druk te worden uitgeoefend op de instanties welke zich met gegevensverzameling bezighouden.

Informatiegedeelte van het rekensysteem

Ten behoeve van de proefstudie zijn in het rekensysteem diverse informatiecomponenten ingebouwd. In het algemeen betreft het hier:

- datafiles van startwaarden van emissies van diverse stoffen;
- datafiles van startwaarden van receptorvariabelen (drie boomsoorten,

heidevelden);

- coëfficiëntwaarden in vergelijkingen van het rekensysteem.

De genoemde informatie is zonder uitzondering ingevoerd na bewerking buiten het rekensysteem. Dit betekent dat bewerkingsstappen welke "thuishoren" in het informatiesysteem, op de hand zijn uitgevoerd. Uiteraard heeft dit als bezwaar dat bij actualisering van de gegevens (hetgeen herhaaldelijk is gebeurd) steeds in het rekenprogramma moet worden ingegrepen. Een dergelijke inbouw van informatie is dan ook effectief voor een proefstudie van relatief beperkte omvang, doch is niet functioneel indien (bijv. door sterk gedesaggregeerd werken) een groot databestand vereist is.

5. TOETSING AAN DE CRITERIA

Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek naar de haalbaarheid van een RINAL getoetst aan de in hoofdstuk 3 geformuleerde criteria. Het betreft hier niet alleen de eindresultaten van de proefstudie, doch tevens de ervaringen die in de loop van het onderzoek zijn opgedaan.

Voor de overzichtelijkheid wordt de in hoofdstuk 3 aangegeven indeling ook in dit hoofdstuk gebruikt.

Beleidsmatige criteria

Signalering

De resultaten van de proefstudie maken duidelijk dat het RINAL in de huidige vorm, op grond van RIM-informatie, de grote verschillen qua effecten kan laten zien tussen de drie emissiescenario's. Zo blijkt dat zelfs intensieve emissiebestrijding pas op lange termijn (meer dan 15 jaar) werkelijk vruchten kan afwerpen als het om verzuringseffecten gaat. Qua vermistingseffecten wordt reeds op kortere termijn een positief effect van emissiebestrijding verwacht.

Het RINAL signaleert derhalve aard en sterkte van effecten, op relevante termijnen, en voegt daarmee wezenlijk iets toe aan de projecties van het RIM.

Beleidsformulering

De gemaakte projecties, en met name de contrasten daartussen, zijn zonder meer geschikt om formulering van overheidsbeleid te ondersteunen. Met name geldt dit het emissiebestrijdingsbeleid. Inzake het houtproductie- en het heidevergrassingsbeleid geeft het RINAL aan dat de beleidsformulering wellicht onvoldoende rekening houdt met in de proefstudie veronderstelde of geconstateerde ontwikkelingen.

Beleidsuitvoering

De projecties op jaarbasis geven enig zicht op de effectiviteit van het gevoerde en te voeren beleid. De proefstudie is echter te kort geweest om deze controlerende functie goed te kunnen beoordelen.

Middels de uitgevoerde kostenberekeningen is gestart gemaakt met het voorzichtig aanduiden van enige baten van milieubeleid. Aan moeilijk monetair te kwantificeren aspecten (zeldzame soorten, recreatieve beleving) is wel aandacht besteed doch dit heeft nog niet tot een presentabele systematiek geleid.

Toepassing op andere problemen

De gekozen opzet van het informatiesysteem is dienstig voor opslag van veelzijdige probleemgerichte informatie over ecosystemen. De systematiek van het rekensysteem leent zich voor een analyse van effecten van andere prioritaire stoffen (hoewel zich daarbij in veel gevallen een kennisprobleem terzake van dosis-effect-relaties voordoet). Voor het projecteren van de effecten van fysieke ingrepen in het landelijk gebied is slechts een opzet aanwezig in de vorm van het doorrekenen van het "Meerjarenplan Bosbouw"-scenario.

Relevante schalen

Uit de resultaten van de proefstudie blijkt dat de keuze voor projecties op jaarbasis een goede is geweest. Binnen periodes van 5 of 10 jaar kunnen vele veranderingen optreden, waardoor het aangeven van projecties voor één zichtjaar lang niet altijd relevant is. Voorts is gebleken dat de tijdshorizon "tot 2000" voor met name verzuringsproblemen te kort is.

Over de ruimtelijke schaal is tijdens het onderzoek uitvoerig gedeliberreed. Het is gebleken dat voor verschillende doeleinden inderdaad verschillende schalen dienstig zijn:

- voor emissies van bijvoorbeeld SO_2 kan nagenoeg met het COROP-niveau (40 landsdelen) worden volstaan;
- voor emissies van NH_3 is waarschijnlijk het niveau van ca. 1680 kaartvierkanten van 5x5 kilometer het best; dit sluit tevens aan bij planten- en diereninventarisaties;
- voor beïnvloeding van bestaande landschappen (ecosystemen) zijn reële oppervlakken relevant;
- bij lijnvormige emissies (verkeerwegen!) en ecosystemen (rivieren) dient de lijn in relevante trajecten te worden opgedeeld;
- ten behoeve van nationaal beleid is ofwel een grove landsindeling (zoals de gebruikte indeling in tien bosregio's) ofwel een algehele aggregatie naar nationale totalen relevant.

De in deze studie gehanteerde schalen, te weten het 5x5 km net, de tien bosregio's en de geaggregeerde nationale schaal, voldoen voor de thans geanalyseerde problematiek. Een relevante verdere uitwerking kan zijn het toedelen van 5x5 km grids aan COROP-gebieden. Deze gebieden kunnen nagenoeg vlekkeloos op verschillende wijzen worden geaggregeerd.

Conclusie

Gezien het karakter van de studie (kortlopend, op inschatting van haalbaarheid gericht) zijn de geboekte resultaten bevredigend te noemen. Voor géén der criteria kan worden geconcludeerd dat het RINAL niet aan de gestelde eisen kan voldoen.

Wetenschappelijke criteria

RINAL-scenario's

In de proefstudie zijn RINAL-scenario's opgesteld voor bosbeleid en heidebeheer. Tevens zijn veronderstellingen ingebouwd over het buitenlandse beleid terzake van emissies. Dit laatste is relevant voor projecties van effecten op ecologische eindvariabelen.

Voorts is nagegaan in hoeverre anderssoortige veronderstellingen (met name over fysieke ingrepen in het landelijk gebied en over open-lucht-recreatie) noodzakelijk waren. Dit bleek voor de onderhavige problematiek van effecten van verzuring en vermisting op bossen en heidevelden niet van doorslaggevend belang.

Gegevens

De gebruikte gegevens zijn meestal exact naar plaats en tijd te definiëren. De betrouwbaarheid ervan kon binnen het bestek van het onderzoek niet worden geverifieerd, met name wegens partiële subjectiviteiten in waarnemingsmethoden (bijv. bij het bos-vitaliteitsonderzoek, zie Deelrapport IV). In het gebruikte veldonderzoek worden voorts schattingen c.q. generalisaties gedaan welke een invloed op projecties kunnen hebben. Deze invloed kan voorshands niet worden bepaald.

Inzake verzuringseffecten is de informatie in de vorm van tijdreeksen zeer beperkt. Naar verwachting zal deze lacune in de komende jaren worden opgevuld. De informatie over de heidevelden is thans onvoldoende; gerichte gegevensverzameling in die ecosystemen is nodig.

Voor de geselecteerde eindvariabelen is gebleken dat de gegevens in ruimtelijke zin in voldoende en evenwichtige mate aanwezig zijn of binnenkort zullen zijn.

Relaties

De bestaande literatuur over effecten van verzurende en vermestende luchtverontreiniging levert slechts zeer ten dele bruikbare informatie voor het formuleren van relaties tussen variabelen. Er is derhalve veel aandacht besteed aan de koppeling van feitelijke emissiepatronen, feitelijke depositiepatronen en feitelijke beïnvloeding (schade, vergras-

sing). De hieruit voortvloeiende coëfficiënten zijn verantwoord in de op pag. 3 genoemde deelrapporten. Gedeeltelijk zijn de coëfficiëntwaarden en andere veronderstellingen voorgelegd en ook ontleend aan een workshop met deskundigen (maart 1985).

Het gebrek aan onderling samenhangende tijdreeksen voor variabelen leidt tot ketens van relaties waarin meer dan één, niet voldoende te onderbouwen, veronderstelling is opgenomen. Daardoor wordt een dergelijke keten feitelijk een "black box" waarbinnen verschillend geformuleerde relaties mogelijk zijn, zonder dat deze kunnen worden getoetst. In deze fase is het dan ook niet goed mogelijk om het model te calibreren, ook al wegens het tijdreeksen-probleem. Al met al zijn de meeste relaties niet causaal-analytisch ondersteund doch correlatief of verondersteld.

Projecties

In hoofdstuk 4 en in Deelrapport IV is per eindvariabele een selectie van de projecties gegeven. Qua periode zijn daarbij tijdpaden tot 2000 of 2030 gebruikt, op jaarbasis. Qua ruimte zijn gedeeltelijk regionale projecties weergegeven, gedeeltelijk is naar de nationale schaal geaggregeerd. Alle niet weergegeven mogelijkheden op deze tijd- en ruimteschalen kunnen zonder technische problemen in additionele projecties worden omgezet. Een aantal projecties is voorgelegd aan deskundigen. Het rekensysteem bevat een groot aantal niet-lineaire relaties, terwijl een extra niet-lineaire dimensie wordt toegevoegd via het werken met combinaties van RIM- en RINAL-scenario's. De resulterende projecties zijn hierdoor niet gedetermineerd, dat wil zeggen de projecties zijn niet "uit het hoofd" uit de emissiescenario's en het gebruikte type effectrelaties af te leiden.

Conclusies

Wederom is het kortlopende karakter van het project debet aan een niet optimaal scoren op de verschillende criteria. Met name is daarnaast van belang dat de feitelijk beschikbare gegevensbasis (inclusief relaties tussen variabelen) een wetenschappelijke toetsing en verbetering van met name het rekensysteem en de daarmee vervaardigde projecties thans nog niet toestaat.

Technische criteria

Opzet

In alle onderdelen van het RINAL is naar eenvoud gestreefd. Dit lijkt geen ernstige consequenties voor de nauwkeurigheid van de analyses en

projecties te hebben. Onzekerheidsmarges in de orde van $\pm 20\%$ komen voor, als gevolg van data- of modelonzekerheid. Dit heeft echter geen aanwijsbare invloed op het contrasterende karakter van de projecties onder de verschillende scenario's.

De programmatuur van het rekensysteem is modulair. De vergelijkingen voor de verschillende modules zijn in de Deelrapporten III en IV weergegeven en zijn als zodanig doorzichtig. Door de modulaire opbouw is het relatief eenvoudig om bepaalde onderdelen van het rekensysteem te verfijnen wanneer nieuwe gegevens daartoe aanleiding geven.

Gebruik

De disk met het rekensysteem en resultaten van de proefstudie is op aanvraag leverbaar. Met behulp van een korte gebruiksaanwijzing kan het model door iedereen worden gedraaid waarbij het in allerlei stappen in het rekensysteem mogelijk is om zelf keuzes uit alternatieve scenario's te maken. In principe is het tevens mogelijk om de structuur van het rekenmodel te veranderen doch hiertoe is programmeer-ervaring vereist. Toevoegingen en wijzigingen voor het informatiesysteem zijn eveneens via een gebruiksaanwijzing aan te brengen.

Uitbreiding en generalisatie

Het informatiesysteem is zodanig opgezet dat ook allerlei andere ingreep- of receptorvariabelen kunnen worden ingevoerd. Hierbij moet worden aangetekend dat bij uitbreiding de noodzaak tot een qua capaciteit grotere computer urgenter wordt.

De opzet van het rekensysteem is in principe bruikbaar voor het analyseren van andere effecten (c.q. andere receptorvariabelen) en andere ingrepen (stoffen, fysieke ingrepen). De dan benodigde aanpassing zal liggen op het niveau van de vergelijkingen, dat wil zeggen meer omvatten dan het hanteren van andere startwaarden en coëfficiënten. Het lijkt erop dat het ontwikkelen van een serie relatief eenvoudige rekenmodellen (bijv. voor lucht, water, grondgebruik) met alle een analoge structuur, de voorkeur verdient.

De gehanteerde en voorgestelde tijd- en ruimteschalen (tijdpaden van 30 tot 50 jaar op jaarbasis; 5x5 km kaartvierkanten; COROP-niveau) zijn toereikend voor het analyseren van de meeste voorstelbare ingrepen en receptoren.

Conclusie

Globaal voldoet de gehanteerde opzet aan de gestelde criteria. Te zijkertijd zal een verdere verfijning en verdieping ertoe bijdragen dat een RINAL op verschillende probleemvelden inzetbaar is. Het gebruik is niet aan specifieke vereisten gebonden.

Bij deze conclusie valt echter aan te tekenen dat deze geldt voor de beoogde toepassing (zie hoofdstuk 2), namelijk een voor beleid bruikbaar instrument. Dit accent overschaduwet het feit dat het modelleren van "procesketens" zoals dat in de proefstudie is gedaan, inhoudelijk een zeer gecompliceerde en soms ook discutabele zaak is. Het volgende hoofdstuk zal onder meer op dit dilemma nogmaals ingaan.

6. EVALUATIE EN PERSPECTIEVEN

In dit afsluitende hoofdstuk wordt allereerst de gang van zaken tijdens dit onderzoek gezien op sterke en zwakke punten. Vervolgens worden de hoofdlijnen van de geboekte resultaten geëvalueerd op relevantie, houdbaarheid en bruikbaarheid. Daarnaast worden enige kanttekeningen van meer algemene aard geplaatst. Het hoofdstuk wordt afgesloten met het aangeven van enige perspectieven.

Bij een en ander is, naast de inbreng van de onderzoekers, gebruik gemaakt van de commentaren zoals die in maart 1985 (tijdens de toen gehouden workshop) door beleidspersonen en deskundigen zijn geleverd op de toen beschikbare versie van het RINAL.

Het uitgevoerde onderzoek

Zoals eerder vermeld is het oorspronkelijk beoogde project gesplitst waardoor het thans uitgevoerde deel het karakter van een haalbaarheidsstudie heeft gekregen. De haalbaarheid van het opzetten van een RINAL is in zoverre aangegeven dat via de uitgevoerde proefstudie een rekenen en een informatiesysteem zijn ontworpen waarmee projecties inzake effecten van luchtverontreiniging op aspecten van natuur en landschap zijn vervaardigd. Door de korte looptijd en de relatief beperkte menskracht is het niet mogelijk gebleken om deze projecties nader op hun merites te bestuderen: het onderzoek is beëindigd met de verslaggeving over de proefstudie en met dit haalbaarheidsrapport. Met name de feitelijk benodigde gegevensbasis en de oorzaak-effectrelaties zijn daardoor onvoldoende uitgewerkt. Een voortzetting van het onderzoek zou nodig zijn om tot een inzicht in de kwaliteit van de projecties te komen. Daarin zou een empirische benadering van de in de proefstudie geanalyseerde problematiek centraal moeten staan, onder meer via aanvullend empirisch veldwerk.

De ingezette deskundigheid, aangevuld met expertise van buiten (met name tijdens de workshop) kan het probleemveld in algemene zin afdoende overzien. Het is echter gebleken dat bij detaillering (bijvoorbeeld inzake bodemprocessen, vergrassing van heide) de specifieke deskundigheden onvoldoende zijn. Dit is niet verrassend, gezien de grote diversiteit aan expertise welke wordt ingezet op het Additioneel Verzuringsonderzoek. Evenwel is duidelijk gebleken dat een veelheid aan vakmatige inschattingen van gegevens en relaties op afdoende wijze moet worden verwezenlijkt. Dit komt neer op een meer gestructureerd (c.q. betaald) raadplegen van een scala van deskundigen.

Het raadplegen van beleidspersonen en deskundigen via een meerdaagse workshop zoals in maart 1985 gehouden, blijkt voor het opzetten en het aanpassen van een systeem als een RINAL zonder meer nuttig te zijn. Met name de mogelijkheden tot interactieve aanpassingen, maar ook de aanpak via "quick and dirty" modellen leidt tot een beter inzicht van de betrokkenen en ook tot vermindering van de scepsis waarmee onderzoek zoals het onderhavige meestal wordt benaderd. Dit regardeert niet de geloofwaardigheid van het geheel: die hangt af van de feitelijk geboekte resultaten. Duidelijk is ook geworden dat het maken van projecties, ook in de aanwezigheid van deskundigen, dikwijls een hachelijke zaak is.

Evaluatie van resultaten

De resultaten van de proefstudie zijn in Deelrapport IV, hoofdstuk 9, uitgebreid geëvalueerd. Hieronder volgt een selectie van de aldaar besproken zaken, aangevuld met enige meer algemene opmerkingen.

De scenario's voor emissiereducties vormen de belangrijkste basis voor de projecties. Deze zijn tot 2000 verondersteld lineair toe te nemen. Een niet-lineaire toename leidt tot andere projecties van effecten. Regionalisering van de emissies zal ook tot andere resultaten leiden; het feit dat het RIM uitsluitend nationale projecties levert, is een belangrijke hinderpaal gebleken. De meeste emissiebronnen zijn goed bekend en een naar bron gedifferentieerde aanpak levert een duidelijker aanknopingspunt op voor de oorzakelijke analyse van concentraties, deposities en ecologische effecten.

De RIM-projecties worden via een statisch model gegenereerd. Op zich is dit geen bezwaar, doch vanuit RINAL-optiek valt een simulatie met dynamische modellen te prefereren. Dat geldt evenzeer voor projecties na het zichtjaar 2000 welke thans niet door het RIM worden geleverd. De "ecologische tijdschaal" vergt een ver in de toekomst zien, hoe moeilijk en vaag dit soms ook moge wezen. Voorts is het wenselijk dat de RIM-scenario's zelf flexibeler worden via constructies van "zelfbouw-scenario's". Op de workshop is hiermee een aanvang gemaakt (hetgeen een extra offspin van het RINAL-onderzoek is).

Bij de modellering is een aantal problemen gerezen die als zodanig exemplarisch zijn voor hetgeen in RINAL-kader kan worden verwacht:

- * onzekerheden inzake depositiesnelheden, alsmede inzake de relaties tussen natte en droge depositie;
- * onzekerheden over de relatie tussen indirecte en directe invloeden in het kader van schadefuncties;
- * de mate waarin het te verdisconteren beleid in het buitenland terzake van emissiebestrijding kan worden verfijnd;
- * de mate van detaillering bij het modelleren van de processen in het bodemcompartiment.

Deze en soortgelijke problemen zijn te beschouwen als kinderziekten van de thans gevolgde aanpak. De stand van de wetenschap is echter voorspand niet toereikend voor het maken van volledig betrouwbare projecties. In dit kader moet worden gewezen op het nut van tijdreeksen. Hoewel lang niet altijd noodzakelijk voor het maken van projecties, zijn zij zowel vanwege de bruikbaarheid van het gegevensbestand als vanwege het maken van projectie-tijdpaden gewenst.

Terzake van het informatiesysteem kan nog worden opgemerkt dat de daarin opgenomen bewerkingsmogelijkheden geen doel op zich zijn doch de in het rekensysteem te verwerken informatie op een gestructureerde wijze moeten aanleveren.

Verdere kanttekeningen

In hoofdstuk 2 is het een en ander gesteld inzake de aard en omvang van het informatiesysteem. Hier dient nogmaals te worden benadrukt dat het niet in de bedoeling ligt om naast reeds bestaande of op te bouwen databanken zoals die van CBS, SBB of RIN, een omvangrijk bestand te vervaardigen. Veeleer moet de te vergaren informatie selectief worden gekozen op grond van beleidsmatige vragen en realistische inschattingen terzake van de haalbaarheid van projecties. Bovendien heeft het weinig zin om informatie op te slaan welke niet of nauwelijks in het rekensysteem kan worden omgezet in de gewenste projecties. Wat dat betreft is tevens een nadere bezinning gewenst op mogelijke relaties tussen RIM, RINAL en andere modellen, onder meer terzake van het opslaan en bewerken van emissies, verspreidingen en concentraties.

Over de RINAL-eindvariabelen kan nog worden opgemerkt dat in de proefstudie steeds is gewerkt met indicatoren voor bepaalde functies van natuur en landschap. Uitdrukkelijk zij gememoreerd dat ook het behoud van natuur en landschap als een maatschappelijke functie kan worden aangemerkt.

Bij gebruiksfuncties en indicatoren doet zich wat betreft vergiftigende effecten van luchtverontreiniging (maar ook bij verontreiniging van water en bodem) het probleem voor dat een aggregatie van (prioritaire) stoffen vooralsnog niet wel mogelijk is. Per stof is sprake van een verschillende "huishouding" (rol in ecosystemen); verspreiding en depositie zijn verschillend; de invloed op bodemprocessen is niet homogeen; en zelfs de aard van de effecten verschilt per receptor. Dit wezenlijk ecologische probleem vereist een gedifferentieerde analyse, dat wil zeggen per stof en receptor een apart module. Indien ecologische effect-gegevens grotendeels ontbreken, kan wellicht als alternatief worden teruggegrepen op een analyse van "potentiële milieu-risico's" (zie bijv. Govers et al., 1985 en Tangena et al., 1985), waarbij de aandacht kan worden gericht op aard en omvang van de emissie, eigenschappen van de stof(groep) en eigenschappen van het ontvangend milieu.

Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat bij het hanteren van functies als eindvariabelen keuzemogelijkheden aanwezig zijn. Zo kan voor bos en heide het natuurwetenschappelijk of natuurbehouds-belang als functie worden gekozen inplaats van (voor bos) de houtproductie of (voor heide) de recreatieve functie. Naargelang de gekozen functie zullen daarbij passende ecologische variabelen worden gezocht; deze zullen per functie verschillend (kunnen) zijn. De keuze van de relevante functies is echter een beleidsvraag en geen onderzoeksvraag.

Perspectieven

Dit rapport moge hebben aangeduid dat voor een goede opzet van een RINAL veel nadere studie nodig is. Het is evenwel de vraag of de verdere uitbouw van dit beleidsinstrument wenselijk is. Waar het gaat om een eventuele voortzetting van het onderzoek lijken met name de volgende aspecten van belang:

- * regressies tussen emissies en concentraties op nationale en regionale gegevens;
- * verdere uitwerking en onderbouwing van de schadefuncties, onder meer aan de hand van additionele gegevens;
- * nadere analyse van modelleringsmogelijkheden voor het bodemcompartiment;
- * enige uitbreiding met andere bostypen waardoor een algemenere wijze van projecteren mogelijk wordt;
- * verfijning van de RINAL-scenario's inzake de rol van het buitenland en inzake van beheer/beleid voor bossen en heide.

Het onderzoek zou evenwel ook in andere richtingen kunnen worden voortgezet. Daarbij valt te denken aan de volgende zaken:

- * een systematische benadering van het proces van vermessing van voedselarme milieus, zowel op het land als in het water;
- * modellering van de effecten van bodemgebruik. In dit geval zijn dikwijls de effecten van ingrepen relatief goed bekend, de aard en de "systematiek" van de ingrepen evenwel niet. Het is de vraag of het RIM in deze materie voorshands een rol van betekenis kan spelen; veeleer kan worden gedacht aan het opstellen van provinciale milieuscenario's volgens een RINAL-achtige opzet;
- * de relatie met mer-achtige studies zou via nader onderzoek kunnen worden versterkt, waardoor een RINAL als deel-instrument in dat kader zou kunnen gaan fungeren;
- * een groter accent op de kosten-effectiviteitsaspecten van de op grond van RIM en RINAL geleverde projecties, waardoor een algemener beeld van deze aspecten kan worden verkregen.

Deze opsomming is zeker niet uitputtend. In dit rapport wordt dan ook geen poging gedaan om uit de mogelijkheden prioriteiten te selecteren.

Voor de directe en de toekomstige bruikbaarheid dient nogmaals worden

gewezen op het grote verschil tussen juiste en bruikbare voorspellingen. Juiste voorspellingen kunnen hooguit tot stand komen na langdurig en diepgravend onderzoek; en zelfs dan is het de vraag of ze bruikbaar zullen zijn. Bruikbare voorspellingen zijn gericht op directe toepassing in het beleid. De vraag naar precisie is dan minder belangrijk dan de vraag of er voldoende aanknopingspunten aan zitten om beleidsmatige keuzen te onderbouwen. Voorshands dient het RINAL zich meer op bruikbaarheid en minder op wetenschappelijke precisie te richten.

Afhankelijk van de vraagstelling zal het RINAL en de daarmee gekoppelde programmatuur bruikbaar zijn voor andere dan nationale beleidsinstanties. Met name door veel nadruk op regionalisatie te leggen kan de bruikbaarheid op provinciaal niveau worden vergroot, zonder dat dit ten koste gaat van de effectiviteit op nationaal niveau. Naast dit beleidsgerichte gebruik zal ongetwijfeld in wetenschappelijke kring behoefte bestaan om de aanpak zoals in de proefstudie verwezenlijkt, fundamenteeler te analyseren.

Ten slotte een woord over de financiële haalbaarheid van een en ander. Het zou niet realistisch zijn om te veronderstellen dat de overheid, op grond van dit haalbaarheidsrapport en de parallelle technische rapportage, de beurs ongekend wijd gaat openzetten. Veeleer zal in voorkomende gevallen een uitbouw van het RINAL kunnen plaatsvinden via een relatief actueel beleidsvraagstuk. Voor een analyse die verder gaat dan de thans uitgevoerde proefstudie (welke slechts voorlopige en partiële antwoorden kon opleveren) moet echter worden bedacht dat de daartoe benodigde termijn annex financiën naar het zich laat aanzien eerder in termen van een jaar (en 2 à 3 ton) dan van een half jaar (en 1 à 2 ton) moeten worden gezien (zulks ook in het licht van het feit dat het uitgevoerde project niet kostendekkend is geweest). Een al te grove benadering met behulp van RINAL-methoden wegens haast of geldgebrek kan waarschijnlijk niet meer voldoen aan basale eisen van betrouwbaarheid.

REFERENTIES

- Alcamo, J., P. Kauppi, M. Posch & E. Runca (1984). Acid rain in Europe: a framework to assist decision making. IIASA working paper 84-32. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Costenrijk.
- Anon. (1984a). Lange-termijn ontwikkelingen en provinciale milieubeleidsplannen. Een haalbaarheidsstudie in Gelderland. Publ. reeks Milieubeheer 84/11, Min. VROM. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Anon. (1984b). Meerjarenplan Bosbouw. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Arntzen, J.W., L.C. Braat, F. Brouwer & J.-P. Hettelingh (1981). Geïntegreerd milieumodel. IvM-publ. 81/7. Instituut voor Milieuvraagstukken, VU, Amsterdam.
- Berg, M. van den (red.) (1982). Milieukwaliteitskartering. Studierapp. RPD nr. 21. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Boer, W.M.J. den & H. Bastiaens (1984). Verzuring door atmosferische depositie: vegetatie. Publ. reeks Milieubeheer, Min. VROM. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Bouma, F. & S.W.F. van der Ploeg (1975). Functies van de natuur: een economisch-oecologische analyse. IvM-publ. nr. 46. Instituut voor Milieuvraagstukken, VU, Amsterdam.
- Braat, L.C. & W.F.J. van Lierop, m.m.v. M. Jansen en S.W.F. van der Ploeg (1984). Openluchtrecreatie en natuurlijk milieu in de Biesbosch. Deelrapport: Scenario's modellering en simulaties. Ministerie van Landbouw en Visserij, Den Haag.
- Braat, L.C., S.W.F. van der Ploeg & J.B. Vos (1983). Naar een ecologische scenariostudie. IvM-Werknota nr. 136. Instituut voor Milieuvraagstukken, VU, Amsterdam.
- Builtjes, P.J.H. (1983). Brochure Rekensysteem Luchtverontreiniging. TNO, afd. Maatschappelijke Technologie, rapport 83-09552, Apeldoorn.
- Buijsman, E. (1984). Emissie van ammoniak in Nederland. Publ. reeks Lucht nr. 22, Min. VROM. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- CanTERS, K.J. (1984). Een methode voor het opsporen van natuureffecten op ecosysteemniveau. CML-Meded. nr. 16. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.
- Govers, H.A.J., C. Ruepert, H. Aiking, T. Stevens & P. de Voogt (1985). Voorspelling van (eco)toxicologische eigenschappen van organische stoffen. Vakbl. Biol. 65 (13/14): 104-6.
- Hetteling, J.-P., A.A. Olsthoorn, R. Thomas, J.B. Vos, L. Hordijk en W.A. Hafkamp (1985). A modeling and information system for environmental policy in the Netherlands. IvM-publ. E-85/1. Instituut voor Milieuvraagstukken, VU, Amsterdam.

- Holling, C.S. (ed.) (1978). Adaptive environmental assessment and management. Wiley, New York.
- Hordijk, L., H.M.A. Jansen, A.A. Olsthoorn & J.B. Vos (1981). Haalbaarheidsstudie reken- en informatiesysteem milieuhygiëne. Ministerie VROM, VAR-reeks nr. 13. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Kalkhoven, J.I.R., A.H.P. Stumpel & S.E. Stumpel-Rienks (1976). Landelijke milieukartering. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Latesteijn, H.C. van & H.A. Udo de Haes (1985). Globale effectvoorspellingen- en beoordelingsmethoden. CML-Meded. nr. 17. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.
- Laurier, M.B.H.M. (1984). Emissies en bestrijdingsmaatregelen voor ammoniak. RIVM-rapport 84/0568/002, Bilthoven.
- Loman, H., A. Breeuwsma, W. de Vries, J. Hoeks en W. van Duyvenbouden (1984). Verzuring door atmosferische depositie: bodem. Publ. reeks Milieubeheer, Min. VROM. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Ploeg, S.W.F. van der & L.C. Braat (1982). Economie en ecologie. IVM-publ. 82/20. Instituut voor Milieuvraagstukken, VU, Amsterdam.
- Roelofs, J.G.M., L.G.M. Clasquin, J.M.C. Driessen en A.J. Kempers (1984). De gevolgen van zwavel- en stikstofhoudende neerslag op de vegetatie in heide en heidevenmilieus. In: E.H. Adema en J. van Ham (red.): Zure regen; oorzaken, effecten en beleid (pp. 134-40), Pudoc, Wageningen.
- Rijnmond (1983). Indicatief Milieubeleidsplan. Openbaar Lichaam Rijnmond, Rotterdam.
- Tangena, B.H., R.J.M. Maas, H.C. van Latesteijn, H.A. Udo de Haes & A.J. Murk (1985). Provinciale milieuscenario's - evaluatie van een studie in Gelderland. RIVM-rapport nr. 85/1603/001, Bilthoven (in voorber.).
- Thomas, R. & A.A. Olsthoorn (1984). SO₂-uitworp 1981-2000. Werknota nr. 138. Instituut voor Milieuvraagstukken, VU, Amsterdam.
- Thomas, R. & A.A. Olsthoorn. Koolwaterstofemissies van de industrie. Instituut voor Milieuvraagstukken, VU, Amsterdam (in prep.).
- Thomas, R., J.B. Vos, J.-P. Hetteling, L. Hordijk, H.M.A. Jansen & A.A. Olsthoorn (1983). Uitworp van stikstofoxiden in Nederland in het jaar 2000. Ministerie VROM, Publ. reeks lucht nr. 7. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Vos, J.B., J.F. Feenstra, J. de Boer, L.C. Braat & J. van Baalen (1984). Baten milieubeleid - indicatoren voor de toestand van het milieu. Publ. reeks Milieubeheer 84/6, Min. VROM. Staatsuitgeverij, Den Haag.

Bijlage

Begeleidingscommissie:

- Ir.drs. J. van der Vaart (VROM)
- Mw. drs. L. Donner-Voriskova (VROM)
- Dr. G.P. Hekstra (VROM)
- Drs. P.E. de Jongh (VROM)
- Drs. E. Spaink (L & V)

Onderzoekers:

- Ir. C.J.M. van Berkel (IvM)
- Drs. L.C. Braat (IvM)
- Dr. W.A. Hafkamp (begeleider, IvM)
- Mw. drs. E. Nieuwhof (IvM)
- Drs. S.W.F. van der Ploeg (projectcoördinator, IvM)
- Ir. F. Tromp (CML)
- Dr. H.A. Udo de Haes (begeleider, CML)
- Ir. P. Winkel (CML)

Overige deelnemers aan de Workshop:

- Dr. R. van Aalst (TNO)
- Dr. J.J.M. Berdowski (RIN)
- Ir. J. Bervaes (Dorschkamp)
- Ir. A.H.M. Bresser (RIVM)
- Ir. J.P. Cornet (VROM)
- Mw. drs. A. Don (L & V)
- Drs. H. van Grinsven (LHW)
- Drs. F.J.P. Heuer (VROM)
- Drs. L. Hordijk (IIASA)
- Dr. W.F.J. van Lierop (ESI-VU)
- Dr. K. Meijer (VROM)
- Dr. J.B. Opschoor (IvM)
- Dr. J.G.M. Roelofs (KUN)
- Drs. J.A. Suurland (VROM)
- Mw. drs. E. van der Voet (CML)