

# Het RIM<sup>+</sup>, een reken- en informatiesysteem op het RIVM

ir. O.M. Knol,  
ir. W.P.M. Laan  
ir. P. H. Bruinsma

Afdeling Reken- en Informatiesystemen (RIS)  
Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies (LAE)  
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)  
Postbus 1, 3720 BA Bilthoven  
e-mail laeok@rivm.nl

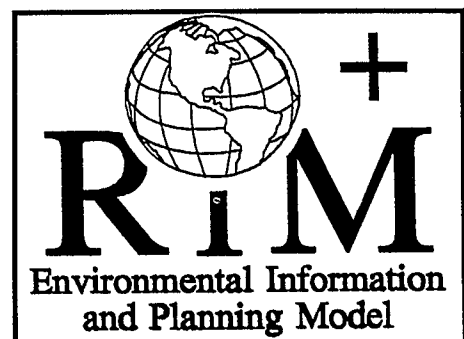
## Referaat

Op het RIVM wordt momenteel een multi-user, multi-purpose Reken- en Informatiesysteem Milieuhygiëne (RIM<sup>+</sup>) ontwikkeld volgens een methode genaamd GEMIS. Deze methode is gegevensgericht, maakt gebruik van een CASE-tool en een 4e generatie ontwikkelomgeving in een client-server architectuur.

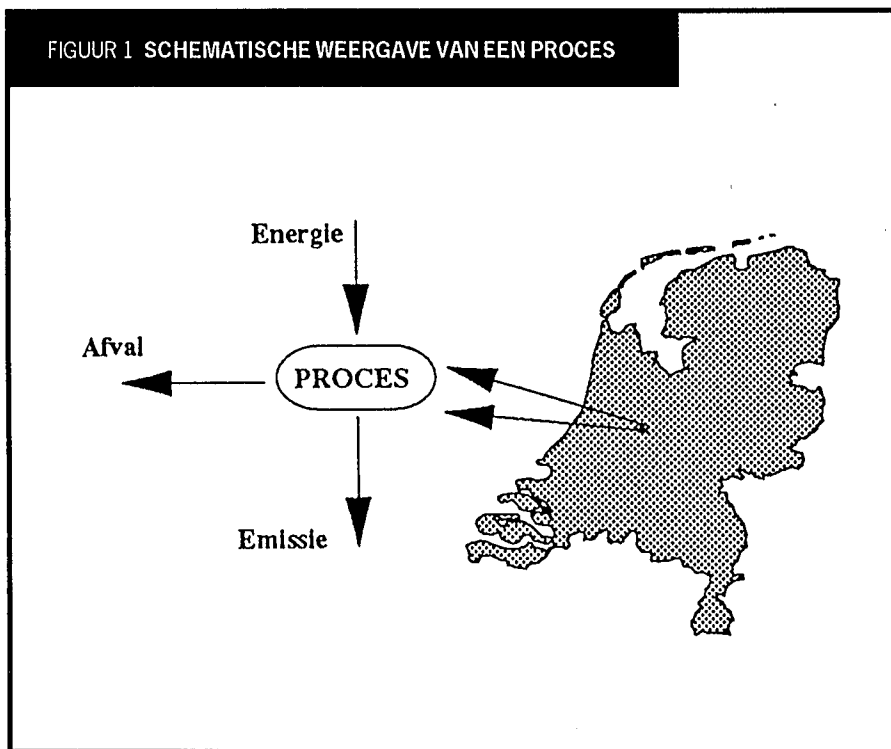
Het RIM<sup>+</sup> heeft een geheel grafische userinterface, gebaseerd op INGRES/Windows4GL en ARC-INFO. Een belangrijke functionaliteit, naast de opslag van gegevens, is het berekenen van milieubelasting door processen in een z.g. basisjaar (diagnose). Daarnaast is prognose van milieubelasting voor toekomstjaren mogelijk, wanneer scenario's en maatregelen bij de processen worden gedefinieerd. In het RIM<sup>+</sup> is ook een stuk geografische functionaliteit voorhanden. De diverse mogelijkheden worden toegelicht aan de hand van een landbouwvoorbeeld.

## Inleiding

Op het kruispunt van milieu en landbouw vindt heel wat onderzoek plaats op het Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM). Het RIVM is onderverdeeld in 7 sectoren en meer dan 40 laboratoria met specifieke aandachtsvelden. Ook bij het RIVM geldt dat informatica een essentiële, onmisbare component in het onderzoek vormt. Informatie is immers een, zo niet het hoofdproduct van het instituut. De auteurs zijn werkzaam op de afdeling Reken- en InformatieSystemen (RIS) van het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies. In dit artikel zullen we het Reken- en Informatiesysteem Milieuhygiëne (RIM<sup>+</sup>) bespreken dat hier wordt ontwikkeld. Het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies (LAE) heeft als centrale taken de diagnose en prognose van afvalstoffen en emissies. Diagnose houdt onder meer in dat van allerlei processen gegevens over aard en omvang van emissies, energiegebruik en afvalstromen worden vastgelegd. Andere RIVM-laboratoria gebruiken deze belangrijke basisgegevens als uitgangspunt voor



FIGUUR 1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN PROCES



studies naar effecten op de bodem- en luchtkwaliteit.

Onder een proces verstaan we (zie ook figuur 1) een maatschappelijke, economische of natuurlijke activiteit waarbij een grondstof, produkt of afvalstof wordt omgezet en een produkt, afvalstof of emissie ontstaat en een bepaalde hoeveelheid energie gebruikt wordt. Voorbeelden zijn autoverkeer, landbouw, staalproductie, huishoudens. Processen kunnen op verschillend aggregatieniveau worden beschreven.

Gegevens over deze processen kunnen direct gemeten zijn of afkomstig zijn uit andere bron (emissieregistratie, CBS, onderzoek).

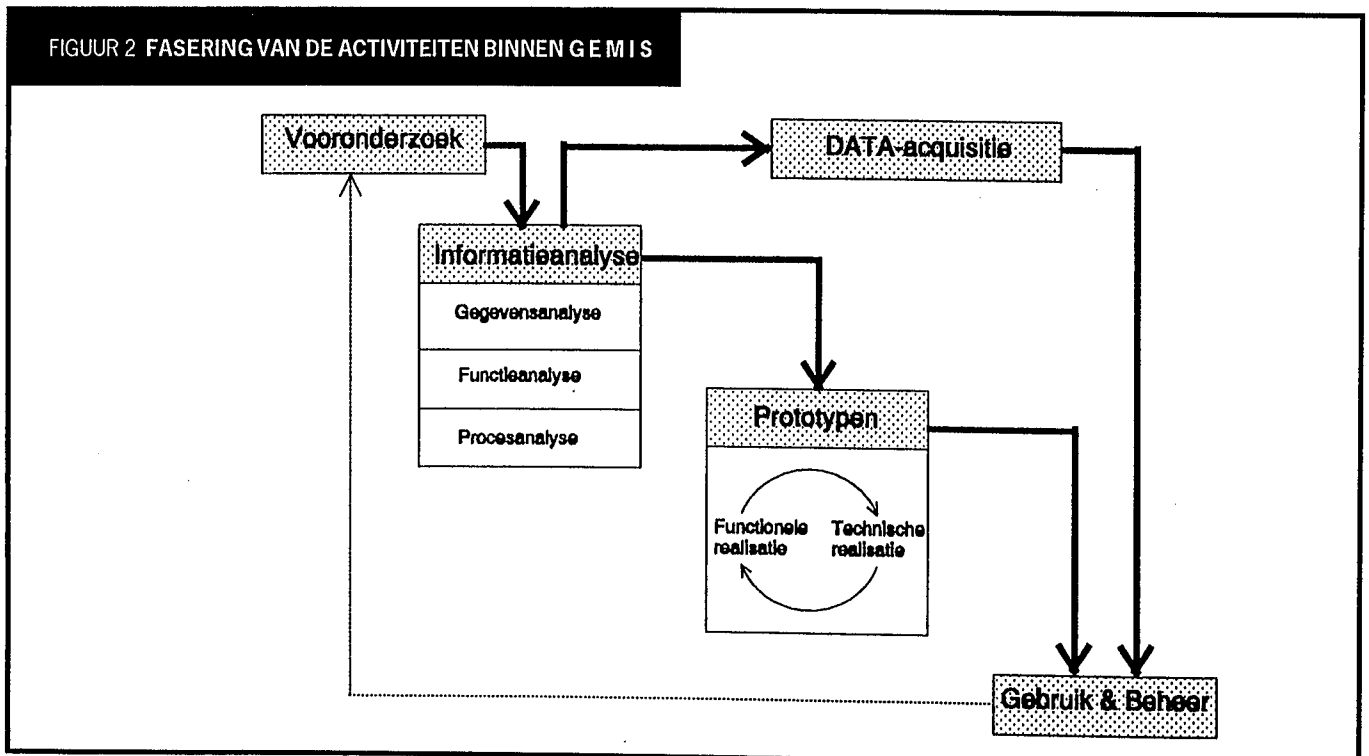
De diagnosefunctie omvat, naast het vastleggen van de actuele situatie, ook het volgen van emissies en afvalstromen in de tijd (monitoring). De prognosefunctie omvat het maken van vooruitberekeningen vanuit de actuele situatie (een basisjaar). Daarbij wordt uitgegaan van verschillende scenario's en maatregelpakketten.

De resultaten van dergelijke emissie-, energie- en afvalprognoses gaan vaak naar andere onderdelen van het RIVM, b.v. het bureau Milieu Toekomst Verkenningen (MTV). Dit bureau is belast met het uitbrengen van de milieuverkenningen (bekend is Zorgen voor Morgen (Langeweg, 1988)) en levert ook een belangrijke bijdrage aan de landbouwberekeningen. Het ligt thans in de bedoeling eens in de vier jaar een 'grote' milieuverkenning uit te voeren en jaarlijks een beperkte, waarin met name de gevolgen van de genomen beleidsmaatregelen worden nagegaan.

### De GEMIS-aanpak

De noodzaak om regelmatig grote hoeveelheden consistente gegevens te leveren ten behoeve van de Milieuverkenningen was een van de factoren die vroegen om een geïntegreerde en gestructureerde aanpak van de Informatievoorziening binnen het LAE. Ook het toenemende kwaliteitsbewustzijn stelde steeds hogere eisen aan de informatievoorziening. Deze eisen betreffen o.a. reproduceerbaarheid, consistentie en betrouwbaarheid van de informatie. Een en ander leidde in 1991 tot een Informatieplan LAE (Van Eijk et al., 1991) met als kern-aanbevelingen: afstappen van vele kleine modellen met hun eigen gegevens en overgaan naar één centrale database waar een samenhangend geheel van modellen en informatiesystemen op aangrijpt, verdere professionalisering van de

FIGUUR 2 FASERING VAN DE ACTIVITEITEN BINNEN GEMIS



informatievoorziening en introductie van gegevensmanagement.

Het afgelopen jaar is door de afdeling Reken- en Informatiesystemen (RIS) van het LAE een methode ontwikkeld genaamd GEMIS waarin al bovengenoemde aanbeveling een plaats hebben gekregen. De afkorting staat voor Gegevensgericht, Evolutionair ontwikkelen van Milieu InformatieSystemen. Deze methode die is toegepast bij de ontwikkeling van het RIM<sup>+</sup> en gebaseerd is op het evolutionaire ontwikkelingsmodel, heeft als belangrijkste kenmerken:

- nadruk ligt op de gegevens en de database;
- nauwe samenwerking tussen gebruikers en informatici door middel van prototyping waarin beide partijen verantwoordelijk zijn voor het resultaat;
- deelimplementaties van de functionaliteit op basis van prioriteiten;
- gebruik van geavanceerde informatietechnologie;
- kleine prototyping teams;
- aangepaste projectorganisatie en besturing;
- aangepaste inrichting van de informatievoorziening.

Zoals de naam al aangeeft, ligt de nadruk bij GEMIS op de gegevensstructuur en NIET op de modelstructuur, zoals bij wetenschappelijke modelbouw het meest gebruikelijk is. Achterliggend idee hierbij is dat juist bij wetenschappelijk onderzoek de gegevens en de relatie tussen de gegevens de meest stabiele elementen zijn en een afspiegeling zijn van de 'werkelijkheid'. Dit in tegenstelling tot de modellen waaraan veelvuldig door de onderzoeker 'gesleuteld' wordt en dus minder stabiel zijn. De projectfasering van GEMIS is weergegeven in figuur 2.

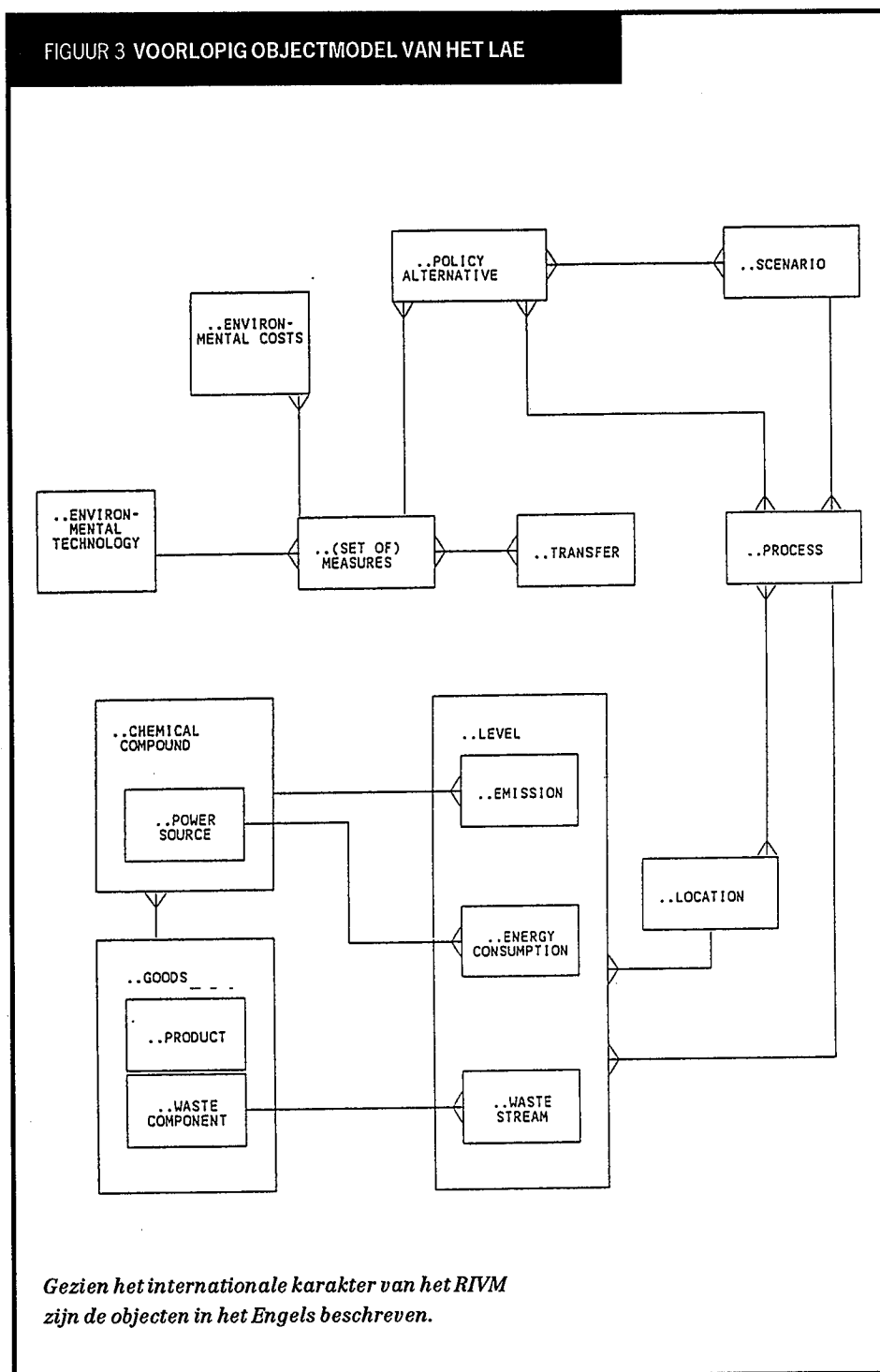
Omdat de gegevens en hun onderlinge relatie centraal staan in de methodiek, zal nu dit aspect wat nader worden toegelicht. Er zal in het kader van dit artikel niet verder op de overige fasen en producten worden ingegaan.

### Objectmodel

Een van de eerste stappen die bij het ontwikkelen van het RIM<sup>+</sup> gezet zijn, was het opstellen van een Objectmodel van het LAE (figuur 3).

Dit model geeft aan WAAROVER (over welke 'objecten') in dit laboratorium informatie moet worden vastgelegd. Zolang de taak en het aandachtsveld van

FIGUUR 3 VOORLOPIG OBJECTMODEL VAN HET LAE



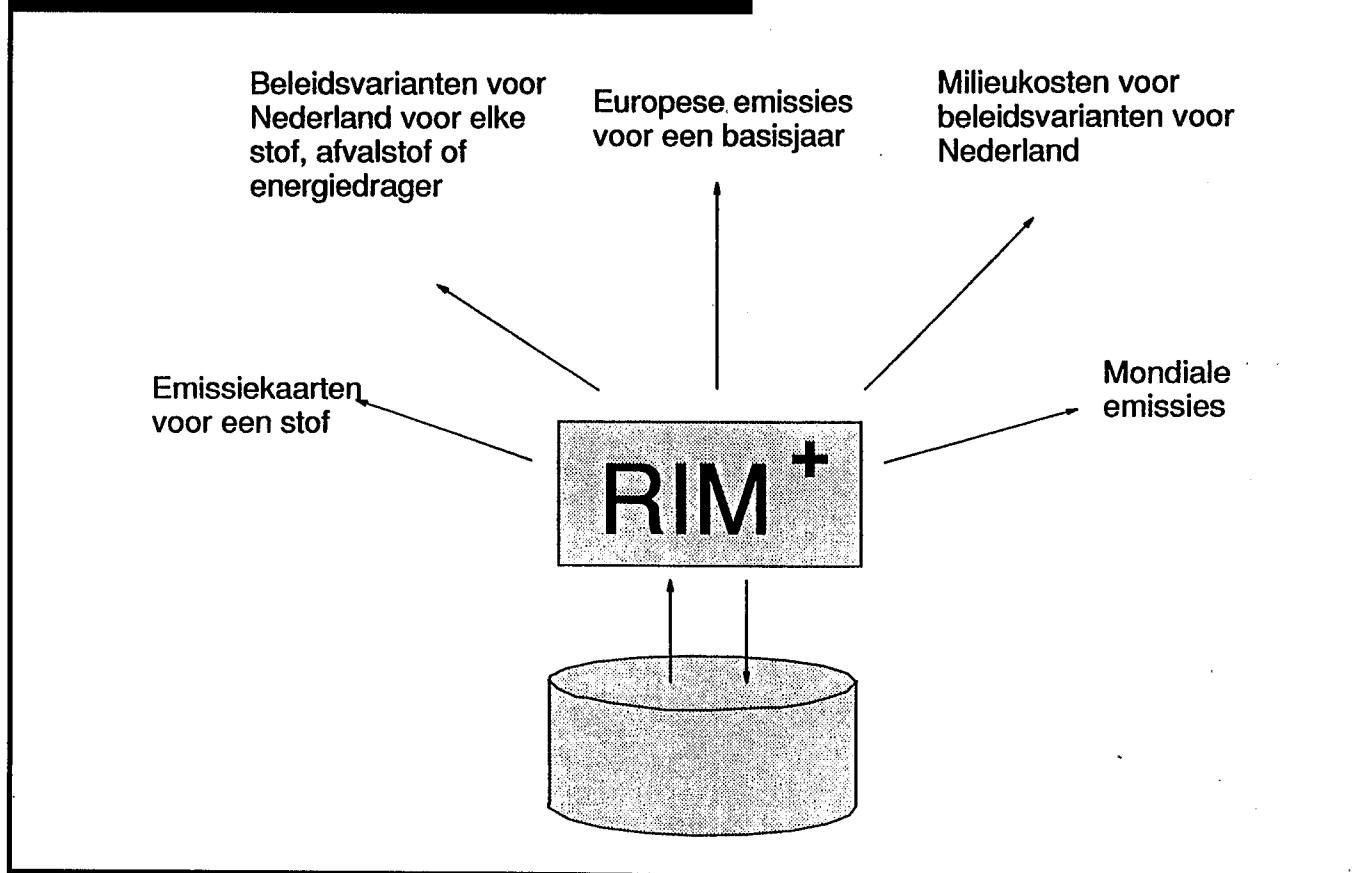
*Gezien het internationale karakter van het RIVM zijn de objecten in het Engels beschreven.*

het laboratorium niet ingrijpend veranderd, zal dit model ook stabiel zijn en kan deze stap in volgende systeemontwikkelingstrajecten worden overgeslagen. De objecten in figuur 3 staan als volgt met elkaar in verband. Uitgegaan wordt van processen, die op één of meer lokaties energie consumeren en emissies en afvalstromen produceren. Afvalstromen bestaan uit afvalcomponenten (Waste components), energiegebruik heeft betrekking op een energiedrager (Power source) en emissies betreft een stof (Chemical compound). De ontwikkeling van een proces in de toekomst wordt gestuurd door een scenario en een

maatregelpakket (Set of measures), die tezamen een beleidsvariant vormen (Policy alternative). Een maatregel kan gebruik maken van een milieutechniek (Environmental technology) en er zijn in de regel kosten aan verbonden, die worden overgedragen (Transfer) aan een bepaalde maatschappelijke groep.

Na de opstelling van het objectmodel is als volgende stap in de informatie-analyse, met de toekomstig gebruikers van het RIM<sup>+</sup> geanalyseerd WAT er over deze z.g. objecten moest worden vastgelegd. Dit leidde tot verschillende Gebruikers-GegevensModellen (GGM's).

FIGUUR 4 STERK VEREENVOUDIGDE STRUCTUUR VAN HET RIM<sup>+</sup>



Daarbij is tevens vastgelegd WIE welke bewerkingen met deze gegevens wenste uit te voeren, wie verantwoordelijk was voor de data-integriteit en wie voor de kwaliteit van berekeningen. Dit is van groot belang gezien het multi-user en multi-purpose karakter van het RIM<sup>+</sup>. Al deze meta-informatie werd integraal in één repository vastgelegd met behulp van het CASE-tool System Development Workbench (SDW). De schematechnieken die daarbij gebruikt werden omvatten:

- gebruikers-gegevens matrices;
- gebruikers-functies matrices;
- data-flow-diagrammen;
- entity-relationships diagrammen (ERD's), als objectmodel, Gebruikers-gegevensmodellen en Specialistische Data Model (SDM) in Boyce-Codd normaalvorm;
- gestructureerd programma ontwerp.

### Implementatie

De kern van het RIM<sup>+</sup> wordt gevormd door een centrale database waarin alle gegevens worden opgeslagen die nodig zijn voor de berekeningen. Hier omheen worden een aantal applicaties gebouwd, die gebruik maken van deze data en die deze data onderhouden. Als Database Management System is INGRES

gebruikt. Voor de ontwikkeling van de applicaties is INGRES/Windows4GL en INGRES/Embedded SQL gebruikt. Met deze hulpmiddelen kan een volledig grafische gebruikersinterface worden gerealiseerd.

De gebruiker kan hiermee werken onder X-windows op een X-terminal, gekoppeld aan een werkstation, maar ook onder MS-Windows op een krachtige PC.

### Functionaliteit van het RIM<sup>+</sup>

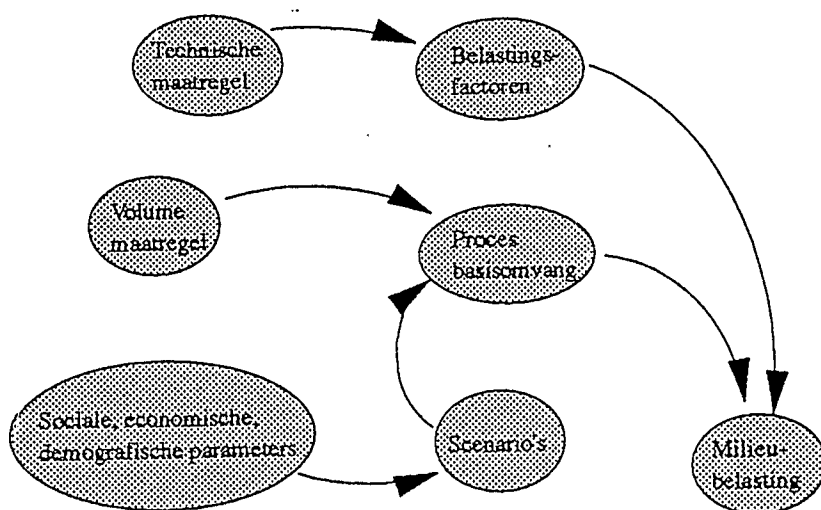
Het RIM<sup>+</sup> zal gebruikt worden op drie ruimtelijke schaalniveaus: nationaal, Europees en mondiaal (figuur 4). Voor de laatste twee niveaus staat vooral de gegevensopslag en de diagnose functie centraal. Voor landbouw is op mondiale schaal b.v. de bijdrage aan het broeikas effect onderwerp van studie. We zullen ons hier beperken tot het nationale schaalniveau, waarbij zowel diagnose- als prognosefunctie aan de orde komen.

**Diagnosefunctie: het berekenen van een basisjaar**

Een belangrijke rekenfunctionaliteit van het RIM<sup>+</sup> wordt geleverd door het zogenaamde procesmodel. De principes van het procesmodel worden uitgebreid geïntroduceerd in 'Scenariostudies voor

afvalstoffen, emissies en energie' (Laan et al., 1992). Het basisprincipe hiervan is vrij simpel. Elk proces kent een aantal milieubelastingsfactoren, zoals afvalfactoren (voor verschillende afvalcomponenten), energiegebruiksfactoren (voor verschillende energiedragers) en emissiefactoren (voor verschillende stoffen en verschillende milieucompartimenten). Door het vermenigvuldigen van de procesomvang (voor een bepaald jaar) met de diverse milieubelastingsfactoren krijgt men de emissie van b.v. NH<sub>3</sub> naar lucht of de afvalstroom mest die ontstaat in b.v. de intensieve veehouderij. In figuur 5 is dit schematisch weergegeven. Processen kunnen worden gesplitst in subprocessen, b.v. veehouderij in melkveehouderij en intensieve veehouderij. Deze subprocessen hebben dan andere milieubelastingsfactoren. De omvang van deze subprocessen (b.v. in Standaard BedrijfsEenheden, SBE) moet tezamen gelijk zijn aan die van het hoofdproces. Deze mogelijkheid kan recursief gebruikt worden, zodat een hele procesboom ontstaat. Het procesmodel berekent emissies en afvalstromen zowel voor subprocessen afzonderlijk als ook voor de z.g. hoofdprocessen. Zo krijgt men

FIGUUR 5 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET VERBAND TUSSEN DE ELEMENTEN VAN HET PROCESMODEL



gemakkelijk emissie-, afval- en energiegebruiktotaal.

**Prognosefunctie: het bepalen van trends in de tijd**  
Tot dusver hebben we alleen gesproken over de diagnosefunctie van het RIM<sup>+</sup>: hoeveel milieubelasting levert een proces? Nu komen we bij de prognosefunctie. Het RIM<sup>+</sup> kan ook antwoord geven op een vraag als: hoe zullen de ammoniakemissies van de veehouderij zich in de toekomst ontwikkelen? Wat we dan feitelijk doen is het doorrekenen van een beleidsvariant voor een groep processen. Een beleidsvariant bestaat uit een scenario en een maatregelpakket, zodat twee elementen aan het berekende basisjaar worden toegevoegd:

■ **Hoe ontwikkelt een procesomvang zich in de toekomst?**

Dit wordt vastgelegd in een scenario. Onder een scenario verstaan we een verzameling reeksen, aangeleverd door derden b.v. WRR (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid) of CPB (Centraal Planbureau). Deze geven de verwachte ontwikkeling aan van b.v. bevolkingsomvang, autogebruik en voor landbouw b.v. de omvang van de varkens- en pluimveestapel en de

ontwikkeling van de melkquota. Dergelijke scenario's sturen de toekomstige omvang van een proces zoals de veehouderij (maar ook b.v. het autoverkeer). De procesomvang kan ook worden beïnvloed door volumemaatregelen: bijvoorbeeld het ingrijpen in de omvang van de veestapel. Combinatie van scenario's en volumemaatregelen geeft een omvanglijjn.

■ **Hoe ontwikkelen zich de milieubelastingsfactoren in de toekomst?**

Bij elk proces kan een aantal technische maatregelen worden gedefinieerd. Wanneer we weten hoe de emissiefactor voor NH<sub>3</sub> naar lucht verandert door de mestopslag af te dekken, dan kunnen we het effect van deze maatregel doorrekenen. Bij de maatregel geven we ook op hoe de introductie plaatsvindt: direct of gespreid in de tijd, en wat de uiteindelijke penetratiegraad is. Zo ontstaat een denkbeeldige emissiefactorlijjn voor elke maatregel. De milieubelasting van b.v. het proces melkveehouderij in de toekomst verkrijgen we als volgt.

- Eerst vermenigvuldigt het model de bekende procesomvang in het gekozen basisjaar (b.v. 1990) met een

(of meer) scenariolijnen, b.v. de verwachte ontwikkeling van het aantal SBE.

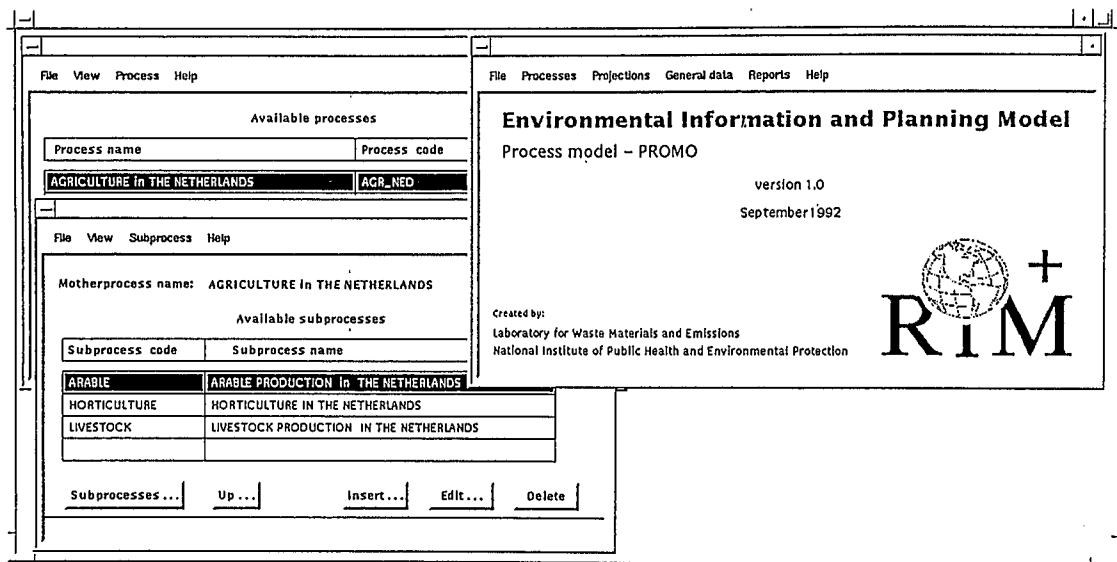
- De zo verkregen omvanglijjn wordt vermenigvuldigd met een eventuele volumemaatregel lijn. Nu is de volume-ontwikkeling van het proces in de tijd bekend.
- Vervolgens worden de tijdreeksen van de diverse milieubelastingsfactoren berekend. In het voorbeeld wordt dus de ontwikkeling van de NH<sub>3</sub> emissiefactor berekend t.g.v. de maatregel afdekking mestopslag.
- Tenslotte wordt de volume-ontwikkelingslijjn vermenigvuldigd met de emissiefactorlijjn en dit levert de emissie-ontwikkeling van NH<sub>3</sub> op uit de melkveehouderij.

Het model berekent steeds de gehele milieubelasting, zodat ook neveneffecten van een maatregel die alleen op één emissie gericht was naar voren komen.

**Uitvoermogelijkheden van berekeningsresultaten**

De resultaten van de berekeningen kunnen op verschillende wijzen geanalyseerd worden. Het verloop van de berekening (inclusief de gebruikte gegevens) is terug te vinden in een

FIGUUR 6 EEN VOORBEELD VAN EEN RIM<sup>+</sup> - SCHERM



logfile. Dat is erg belangrijk voor consistentiecontroles en kwaliteitsborging. De diverse emissies, afvalstromen en het energiegebruik van alle doorgerekende processen kunnen echter ook wat compacter in een 'result browser' worden bestudeerd. Aan uitvoer in diverse formaten, om gegevens te kunnen inlezen in tekstverwerkers, spreadsheets en presentatiepakketten wordt gewerkt.

Een belangrijke uitbreiding van de mogelijkheden ontstaat door de toevoeging van het ruimtelijke aspect. Van elk proces kan de ruimtelijke verdeling over b.v. Nederland worden aangegeven via een z.g. thematische kaart. De totale omvang van b.v. de intensieve varkenshouderij wordt dan gekoppeld aan de gemeentenkaart van Nederland volgens het thema 'aantallen varkens per gemeente'. Dit laatste gegeven is beschikbaar uit de metingen. Door koppeling met een GIS-pakket (ARC-INFO) kunnen zo gedetailleerde emissiekaarten worden geproduceerd. Zo kunnen ook eenvoudig verspreidingskaarten van de ammoniakemissie voor toekomstjaren worden gemaakt.

### Gebruik en verdere ontwikkeling

Momenteel wordt het RIM<sup>+</sup> getest door enkele z.g. doelgroepspecialisten. Deze zijn verantwoordelijk voor beheer, acquisitie en verstrekken van gegevens over milieubelasting van een specifieke doelgroep (b.v. verkeer, huishoudens, landbouw). De doelgroepcoördinator landbouw kan b.v. het volgende doen.

- 1 Voer gegevens in voor omvang en emissies van een groep veehouderijprocessen.
- 2 Bereken de huidige ammoniakuitstoot van deze groep processen.
- 3 Formuleer een beleidsvariant met alleen een scenario, dus zonder specifieke maatregelen.
- 4 Bereken voor deze beleidsvariant de ammoniakuitstoot tot aan 2010.
- 5 Vergelijk dit met de door het beleid gewenste reductie.
- 6 Constater dat de gewenste reductie wel of niet gehaald wordt.
- 7 Indien niet, definieer een technische maatregel bij een proces (b.v. invoeren van emissie-arme stallen).
- 8 Neem deze op in een nieuwe beleidsvariant.
- 9 Herhaal stap 2 tot en met 5 voor diverse maatregelen.

- 10 Als de gewenste reductie nog niet gehaald wordt, definieer dan een volumemaatregel zodanig dat de norm wel gehaald wordt.

Voorbeelden van enkele karakteristieke RIM<sup>+</sup> schermen staan in figuur 6. RIM<sup>+</sup> spreekt de gebruiker in het Engels aan om aldus gebruik voor Europese en mondiale berekeningen te vergemakkelijken.

Het RIM<sup>+</sup> is nog in ontwikkeling. Het ligt o.a. in de bedoeling speciale rekenprocedures voor b.v. mesttransport en -verspreiding op te nemen. Een ander deelproject beoogt om, m.b.v. AI-technieken, het systeem een maatregelpakket te laten genereren op basis van door de gebruiker gestelde reductie-eisen. Deze procedure assisteert dan bij de bovenvermelde iteratieve stappen 4 tot en met 8. Het RIM<sup>+</sup> zal daarmee een steeds krachtiger stuk gereedschap worden.

### Conclusies

Het RIM<sup>+</sup> is een veelzijdig multi-user reken- en informatiesysteem. De combinatie van deze functies is uniek te noemen. Rekenmodellen worden vaak voor (en door) één persoon gemaakt. Het

gehele gegevensbeheer wordt vaak met flat files afgehandeld. Door de combinatie met een krachtig relationeel DBMS kan de integriteit van de data worden gewaarborgd en kunnen toegangscontroles worden geregeld, wat noodzakelijk is bij een multi-user-systeem.

In het geval van het LAE is dit essentieel, omdat veel gelijksoortige berekeningen, deels met dezelfde data, door vele gebruikers worden uitgevoerd, o.a. ten behoeve van de milieuverkenningen.

Deze opzet, gecombineerd met een op de LAE-situatie afgestemde systeemontwikkelingsmethodiek, levert een belangrijke bijdrage aan de kwaliteitsborging van modellen en rekensystemen ten behoeve van het milieu-onderzoek, ook voor landbouw.

### Literatuur

BRUINSMA, P.H., O.M. KNOL, J.C. VAN DEN BERG & J. SLOOTWEG (1992)  
Handboek GEMIS: Gegevensgericht Evolutionair ontwikkelen van Milieu Informatiesystemen.  
RIVM-rapport, in druk.

EIJK, E.J.M VAN, J. SLOOTWEG, J.C. VAN DEN BERG, R. VAN WEENEN & A.U.J.C VAN BEURDEN (1991)  
Informatieplan LAE. Rivm rapport nr. 7360001003, 105 pp.

LAAN, W.P.M. & O.M. KNOL (1992)  
Scenariostudies voor afvalstoffen, emissies en energie. Een opzet voor het nieuwe Reken- en informatiesysteem Milieuhygiëne (RIM\*) RIVM rapport nr. 736001004, in druk.

LANGEWEG, F. (1988)  
Zorgen voor morgen. Nationale milieuverkenning 1985-2010.  
Samsom H.D. Tjeenk Willink, 456 pp.