



**Universiteit
Leiden**
The Netherlands

GRASBOL: kennissysteem voor risicoanalyse bij bodemverontreiniging. Definitiestudie en demonstratiemodel

Naald, W.G.H. van der; Huele, R.; Groot, W.T. de; Loor, M. de

Citation

Naald, W. G. H. van der, Huele, R., Groot, W. T. de, & Loor, M. de. (1989). GRASBOL: kennissysteem voor risicoanalyse bij bodemverontreiniging. Definitiestudie en demonstratiemodel. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/8068>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/8068>

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

GRASBOL: Kennissysteem voor risico-analyse bij bodemverontreiniging.

Definitiestudie en demonstratiemodel

Centrum voor Milieukunde Leiden, januari 1989

Wytze van der Naald, Ruben Huele, Wouter de Groot

Werkgroep Energie en Milieuonderzoek

Martijn de Loor

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

GRASBOL

GRASBOL: kennissysteem voor risicoanalyse bij
bodemverontreiniging: definitiestudie en demonstratiemodel
/ Wytze van der Naald...[et al.].

Leiden: Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.
-(CML-mededelingen ; no. 43). / Met lit. opg.

ISBN 90-5191-013-4

SISO 614.622 UDC 681.3.02:504.53.054

Trefw.: bodemverontreiniging: risicoanalyse / GRASBOL
(informatiesysteem).

CENTRUM VOOR MILIEUKUNDE
DER RIJKSUNIVERSITEIT LEIDEN

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	9
2 Probleemdefiniering	11
3 Doelgroep	12
4 Informatiebehoefte bij bodemverontreiniging	14
4.1 Wat is een risico?	14
4.2 Risico's van het wonen op verontreinigde grond: risico-ervaring van bewoners en overheid	16
4.3 Presentatie van risico-informatie	17
5 Opzet van een risico-informatiesysteem	19
6 Het informatiesysteem GRASBOL	20
6.1 Beoordeling van de blootstelling bij bodemverontreiniging	21
6.2 Risicogroepen	26
7 Informatieoverdracht	29
7.1 Software vs papier als communicatiemiddel	29
7.2 Software als voorlichting en gereedschap	30
7.3 Het kennissysteem	31
7.4 Het kennissysteem voor informatieoverdracht	33
8 Het expertstysteem GRASBOL	34
8.1 Kennisopslag	34
8.2 Kennisverwerking	37
8.3 Kennisoverdracht	43

9	Algemene informatica-technische beschrijving van GRASBOL	44
9.1	Ontwikkeling van een kennissysteem	44
9.2	Ontwikkeling van GRASBOL	45
9.3	Beschrijving van GRASBOL	46
9.4	Opbouw van GRASBOL	46
10	Verdere technische ontwikkeling van GRASBOL	49
10.1	Blootstellingsberekening	49
10.2	Kwalitatieve informatie	50
10.3	Informatiepresentatie	53
11	Vervolgonderzoek	53

Literatuur

Bijlage 1: Schermen van de proefversie van GRASBOL

Voorwoord

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Wetenschapswinkel Leiden. Het onderzoek is uitgevoerd door Wytze van der Naald, Ruben Huele (CML) en Martijn de Loor (WEM). Projektleider was Wouter de Groot (CML).

Het projekt is begeleid door een begeleidingscommissie bestaande uit Frank Ter Beek (Wetenschapswinkel RUL), Gerard in 't Veld (Milieudienst gemeente Leiden), René Buisman (Nederland Gifvrij), Harry Vermeij (WARECO) en Leo van der Band (Kontaktpunt voor Bewonersorganisaties Zuid-Holland, agendalid).

Bij de voorbereiding van deze studie heeft verder Wil Tamis (CML) een grote rol gespeeld.

Samenvatting

Algemeen

Een van de knelpunten bij bodemverontreiniging in woonwijken is de informatievoorziening naar bewoners. Het Centrum voor Milieukunde van de Rijksuniversiteit Leiden (CML) heeft in samenwerking met de Werkgroep Energie- en Milieuonderzoek van de RUL (WEM) een aanzet gemaakt voor de ontwikkeling van een gecomputeriseerd informatiesysteem. Dit systeem heeft de naam GRASBOL gekregen: Gezondheidskundig Risico-Analyse Systeem voor Bewoners van verOntreinigde Lokaties.

Met GRASBOL kunnen naar risicogroepen en milieusituaties gedifferentieerde blootstellingsberekeningen uitgevoerd worden. Ook kan het kwalitatieve informatie geven met betrekking tot stoffen, blootstellingsroutes, berekende blootstelling, risico's, etc. GRASBOL kan een rol vervullen bij de voorlichting van bewoners door overheid en/of deskundigen. Ook kan het, doordat het inzicht geeft in de doorwerking van aannamen en verschillen in risico-analyse methoden, een rol spelen in de discussie tussen bewoners, overheid en andere bij bodemverontreiniging betrokkenen. Dit is voor alle bij bodemverontreiniging betrokken groepen van belang (bewoners, ambtenaren en officiële en niet-officiële deskundigen).

Bij de ontwikkeling van GRASBOL is uitgegaan van de informatiebehoefte van bewoners.

Een risico-informatiesysteem moet aan de risico-communicatie tussen bewoners, overheid en andere betrokkenen bijdragen. Dit betekent onder andere dat verschillen in aannamen en benaderingen van het risico door de verschillende betrokkenen in het systeem moeten zijn verwerkt en geëxpliciteerd.

Ook verschillen in de risico-perceptie zijn van belang. Leken ervaren en beoordelen risico's anders dan deskundigen. De behoefte aan informatie en de vorm waarin deze gepresenteerd moet worden is voor leken dan ook anders dan voor deskundigen. Bewoners van verontreinigde bodems zijn als 'leken' te beschouwen, en de overheid als 'deskundige'.

Bewoners zullen in het algemeen een negatieve houding ten aanzien van bodemverontreiniging hebben. Factoren die hierbij een rol spelen zijn o.a. dat de verontreiniging onvrijwillig ontstaat en de risico's moeilijk beheersbaar zijn. Hierdoor wordt de situatie overwegend negatief beoordeeld, los van de feitelijke risico's.

Bij de ontwikkeling van het GRASBOL-systeem is met de informatiebehoefte en de risico-perceptie van bewoners rekening gehouden door:

- 1 het geven van informatie die door bewoners gewenst wordt, namelijk informatie over risico's en risicofactoren, inclusief de relatie tussen risico-factoren en omvang van het risico en mogelijkheden om via risico-factoren invloed op het risico uit te oefenen;
- 2 risico-informatie op een voor de leek herkenbare manier te presenteren, namelijk als cognitieve scenario-informatie. Het GRASBOL-systeem maakt hiervan gebruik door de voorwaarden (risico-factoren) die tot een bepaald risico leiden aan te geven en de gebruiker in staat te stellen om met behulp van deze 'voorwaarden' (interactief) een 'eigen' risico te laten berekenen.
- 3 het gebruik van vergelijkingen met risico's ten gevolge van risico-objecten waartegenover bewoners (leken) een minder negatieve houding hebben.

Van het systeem zoals dat in dit rapport beschreven wordt, is een proefversie ontwikkeld. Voor de ontwikkeling van de proefversie van GRASBOL zijn de punten 1 en 2 uitgewerkt en (gedeeltelijk) geïmplementeerd. Bij de berekening van de blootstelling is in de GRASBOL-proefversie rekening gehouden met:

- verschillen in de blootstelling door verschillen in de inname. Op basis hiervan zijn voor leken herkenbare risicogroepen (naar leeftijd geklassificeerd) gemaakt;
- gemiddelde en hoge inname;
- achtergrondconcentraties en (zelf in te voeren) lokale concentraties.

In de volgende fase van het onderzoek zal GRASBOL verder worden uitgewerkt en geïmplementeerd in een prototype. Daarbij zullen de volgende aspecten aan de orde komen:

- verschillen in gevoeligheid van groepen van personen voor een bepaalde stof;
- de mogelijkheid om interactief blootstelling op meerdere locaties met elkaar te vergelijken;
- de mogelijkheid om interactief blootstelling aan meerdere stoffen met elkaar te vergelijken en combineren;
- de mogelijkheid om de risico's van bodemverontreiniging interactief

te vergelijken met risico's van risico-objecten die minder negatief beoordeeld worden;

- het (interactief) maken van een "persoonlijke" risico-analyse op basis van informatie over concentraties in bijvoorbeeld zandbak, groente uit eigen tuin, etc.;
- het (interactief) doorrekenen van mogelijkheden om via gedrag het risico te veranderen;
- het (interactief) doorrekenen en onderling vergelijken van de reductie van het risico door verschillende saneringsmaatregelen;
- het geven van uitgebreide kwalitatieve informatie met betrekking tot de stoffen en de blootstelling;
- het geven van kwalitatieve informatie voor de fasen van onderzoek (historisch en oriënterend) waarin voor het maken van een risico-analyse onvoldoende kwantitatieve gegevens bekend zijn;
- het beoordelen van de betrouwbaarheid van de aan de risico-analyse ten grondslag liggende gegevens (meetgegevens, vaste ingevoerde waarden en aannamen).

In de volgende fase zullen ook ergonomische, communicatieve, bestuurlijke en organisatorische (o.a. beheer en updating) aspecten onderzocht worden.

De volgende fase van het onderzoek wordt in de eerste helft van 1989 uitgevoerd.

De proefversie GRASBOL

De proefversie van GRASBOL is een eenvoudig systeem dat een indruk kan geven van de werking van het uiteindelijke systeem. Bij de opbouw is wel al rekening gehouden met de ontwikkeling van het complexere grote GRASBOL-systeem. GRASBOL werkt met menu's en wordt uitgevoerd voor PC-gebruik in verband met de doelgroepen. De proefversie presenteert zich als een opeenvolging van schermen waar de gebruiker op een beperkt aantal manieren door kan "bladeren". Daarnaast bevat de proefversie een rekendeel waar de gebruiker zelf een aantal gegevens kan invoeren. In de uiteindelijke versie zal de gebruiker sneller en via meer ingangen toegang tot delen van het programma moeten krijgen.

In de proefversie vindt de kennisopslag plaats met behulp van regels. Voor de kennisverwerking wordt in GRASBOL in zeer beperkte mate gebruik gemaakt van heuristische functies (structuur van (eenduidige) vragen en denklijnen en herkenbaarheid van de vragen voor de gebruiker). Er zijn

geen aparte functies voor de doorrekening van onzekerheden in GRASBOL geïmplementeerd. Gevoeligheidsanalyses kunnen echter eenvoudig uitgevoerd worden.

De proefversie van GRASBOL is geschreven in PROLOG met gebruikmaking van enkele tools voor schermopbouw. Het voordeel hiervan is dat de proefversie snel ontwikkeld kon worden, het nadeel is het grote programma. De uiteindelijke versie van GRASBOL zal in een andere programmeertaal geschreven worden.

De GRASBOL proefversie is op diskette bijgevoegd en kan op een MS-DOS gestuurde PC worden gebruikt. De proefversie kan worden opgestart door het intypen van "GRASBOL". Op de diskette is een begeleidende tekst opgenomen. Deze kan worden opgestart met "LEES BIJLAGE".

1 INLEIDING

Op initiatief van de wetenschapswinkels van Leiden, Delft en Rotterdam is in 1986 een programmeringsstudie Bodemverontreiniging, Bodemsanering en Bodembescherming uitgevoerd^{1,2,3,4,5}. In het kader van deze studie zijn onder andere de vragen die bij wetenschapswinkels binnen komen geïnventariseerd. Uit de vragen met betrekking tot bodemverontreiniging in woonwijken bleek dat er vooral behoefte is aan meer informatie over mogelijke risico's van bodemverontreiniging, en hiermee verwante informatie zoals bijvoorbeeld welke blootstellingsroutes in een bepaalde situatie relevant kunnen zijn.

In het kader van de genoemde programmeringsstudie is door het Centrum voor Milieukunde van de Rijksuniversiteit Leiden (CML) een eerste opzet gemaakt van een methode om bewoners van verontreinigde bodemlokaties beter en sneller te informeren over mogelijke gezondheidsrisico's. Uitgangspunt bij deze studie was dat bewoners een op "maat gesneden" informatiepakket aangeboden moesten krijgen. Dit betekende enerzijds dat de informatie een breed terrein moest dekken, anderzijds dat relevante informatie op een toegankelijke manier aangeboden moest worden. Op basis van deze uitgangspunten zijn de eerste ideeën ontwikkeld met betrekking tot een interactief op PC te gebruiken computersysteem, speciaal gericht op de bewonersproblematiek. Dit systeem heeft de naam GRASBOL gekregen⁵: Gezondheidskundig Risico-Analyse Systeem voor Bewoners van verontreinigde bodemlokaties.

Met dit systeem kunnen de bij bodemverontreiniging betrokken bewoners en hulpverleners en andere betrokkenen zelf uit concentratiegegevens van bodemverontreiniging naar risicogroepen en milieusituaties gedifferentieerde blootstellingsberekeningen en -evaluaties uitvoeren. Het systeem levert de benodigde data en risico-analysemethoden. Bovendien geeft het systeem kwalitatieve informatie met betrekking tot de berekende blootstelling. Ook wordt algemene informatie over de stoffen, blootstellingswegen etc. gegeven.

In opdracht van de Wetenschapswinkel Leiden is door het CML een vervolgstudie uitgevoerd. In deze vervolgstudie is GRASBOL verder uitgewerkt (definitie-studie), en een eerste proefversie van GRASBOL ontwikkeld. Bij de uitvoering hiervan is naast het Centrum voor Milieukunde ook de werkgroep Energie en Milieuonderzoek van de RUL betrokken.

In dit verslag zijn de resultaten van deze vervolgstudie weergegeven. Een weergave van de PC-schermen van de proefversie GRASBOL is als bijlage bijgevoegd.

De ontwikkeling van een kennissysteem vereist uiteenlopende kennis en vaardigheden. Centraal staat de nauwe samenwerking van een deskundige op het vakgebied, de "domeinexpert", en een deskundige in de ontwikkeling van expertsystemen, de "kennis-ingenieur". Bij de ontwikkeling van GRASBOL spelen een aantal verschillende aspecten een rol, b.v. ontwikkeling van een risico-analyse-model, de presentatie van risico-informatie, ontwikkeling van een interactief model tussen gebruiker en systeem, en de uiteindelijke informatica-technische ontwikkeling van het systeem. Daarnaast moet onderzocht worden of het doel van het systeem, betere informatie geven over gezondheidsrisico's van bewoners van verontreinigde bodems aan alle bij de bodemverontreiniging betrokken groepen, bereikt wordt, en of er geen betere alternatieven zijn. Tenslotte zal onderzocht moeten worden of zo'n systeem binnen de bestaande bestuurlijke context kan functioneren.

Bij de ontwikkeling van de proefversie van GRASBOL is de nadruk gelegd op de formulering van het risico-analyse model, de presentatie van de risico-informatie en de informatica-technische ontwikkeling.

Het voorliggende verslag bevat derhalve een aantal verschillendsoortige aspecten die met de ontwikkeling van het kennissysteem GRASBOL te maken hebben.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de problemen waar mensen die wonen op verontreinigde grond mee te maken kunnen hebben. De problemen zijn beperkt tot de gezondheidseffecten.

In hoofdstuk 3 wordt een omschrijving van de doelgroepen waar het systeem voor wordt ontworpen gegeven.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de vraag wat een risico nu eigenlijk is, waarbij de nadruk ligt op de risico-ervaring door leken.

In hoofdstuk 5 wordt uitgaande van hoofdstuk 4 een algemene opzet gegeven volgens welke een risico-informatiesysteem voor de gekozen doelgroepen opgezet kan worden.

In hoofdstuk 6 wordt dit specifiek voor GRASBOL verder uitgewerkt. Hierin

wordt onder andere het voor GRASBOL gebruikte risico-analysemodel verder uitgewerkt.

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op het hoe en waarom van een kennissysteem. Hierin wordt ingegaan op de voordelen van het werken met software (data-bestanden en computerprogramma's) in plaats van papier (boeken, rapporten, etc.), en worden achtergronden gegeven over wat een kennissysteem is, en wordt ingegaan op de mogelijkheden van kennissystemen voor informatieoverdracht.

In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op enkele informatica-technische aspecten van de ontwikkeling van een kennissysteem, en in hoofdstuk 9 worden enkele informatica-technische achtergronden van GRASBOL gegeven.

In hoofdstuk 10 en 11 wordt tenslotte ingegaan op hoe GRASBOL verder ontwikkeld moet worden, en welk vervolgonderzoek hiervoor uitgevoerd moet worden.

In de bijlage wordt een overzicht van de schermen waar GRASBOL mee werkt gegeven.

2 PROBLEEMDEFINIERING

Het gezondheidsrisico bij bodemverontreiniging is niet alleen het gevolg van mogelijke toxische effecten van de aanwezige stoffen. Uit voorbeelden in het recente verleden, b.v. Lekkerkerk, is gebleken dat ook de psychosociale aspecten van bodemverontreiniging bij bewoners een grote rol kunnen spelen.

Bij het ontstaan van die effecten speelt het verlies van de beheersing over de omgeving een centrale rol⁶. Mensen kunnen in het algemeen gebeurtenissen beter verdragen als ze het idee hebben dat ze hier zelf enige beheersing over kunnen hebben. Door bodemverontreiniging kunnen bewoners de beheersing verliezen over de situatie waarin ze dagelijks verkeren. Als ze de beheersing verliezen reageren ze in eerste instantie angstig. Aanvankelijk wordt getracht dit verlies ongedaan te maken, b.v. door zich te verweren. Lukt dit niet, dan kunnen op den duur, en onder bepaalde voorwaarden, verschijnselen van hulpeloosheid en malaise optreden.

Bij bodemverontreiniging kan verlies van beheersing betrekking hebben op:

- fysieke omgeving: - minder aantrekkelijk en veilig dan altijd verondersteld werd;

- sociale omgeving: - mensen worden afhankelijker van anderen, b.v.
van de overheid die verantwoordelijk voor de
sanering is;
- de omgeving krijgt slechte naam bij anderen;
- eigen gevoelens - het zelfbeeld van een gezond en competent
gedachten: individu wordt bedreigd.

Het zoeken naar informatie is een van de manieren waarop mensen trachten hun verlies aan (psychologische) beheersing over een situatie te herstellen⁷. Door verbetering van de informatievoorziening naar bewoners zal de bodemverontreinigingsproblematiek dus beter beheersbaar kunnen worden.

Uit de vragen die onder andere bij wetenschapswinkels binnen komen blijkt dat bewoners met name behoefte hebben aan informatie met betrekking tot mogelijke gezondheidsrisico's en kwalitatieve aspecten van bodemverontreiniging zoals b.v. blootstellingswegen, type toxisch effect, etc.²

Bij de informatievoorziening is niet alleen van belang welke informatie verstrekt moet worden, maar ook hoe deze gepresenteerd moet worden. Behalve inzicht in de soort vragen is dus ook inzicht in de behoefte aan informatie nodig: de soort informatie en de vorm waarin die het beste gepresenteerd kan worden.

3 DOELGROEPEN

Bij bodemverontreiniging zijn verschillende belangengroepen betrokken: bewoners, onderzoekers, deskundigen en de overheid. De overheid is op drie manieren betrokken: als opdrachtgever van onderzoek, als voorlichter en als besluitvormer over de sanering. Deze taken berusten bij de provinciale en gemeentelijke overheid. Een goede informatievoorziening moet een bijdrage leveren aan de communicatie tussen deze betrokkenen (zie ook hoofdstuk 4). Bij de ontwikkeling van GRASBOL wordt dan ook niet alleen van de bewoners als potentiële gebruikersgroep uitgegaan.

De voor de ontwikkeling van GRASBOL gekozen gebruikersgroepen zijn in volgorde van belangrijkheid, de vanuit de bewonersproblematiek betrokken (georganiseerde) bewoners, ambtenaren, onderzoekers en deskundigen. GRASBOL zal enerzijds een functie in de voorlichtingssfeer hebben,

anderzijds een functie als reken-instrument in de discussie tussen de verschillende betrokkenen.

Verschillen in de benadering van de beoordeling van het gezondheidsrisico door deze groepen zullen in GRASBOL moeten zijn opgenomen wil het deze functies kunnen vervullen. Hierbij kan het gaan om de methode, bijvoorbeeld de vraag of het risico beoordeeld moet worden uitgaande van de gemiddelde blootstelling of van de (theoretisch) maximale blootstelling (de "worst-case"). Het kan echter ook gaan om de getallen waar het systeem mee werkt, bijvoorbeeld de toxicologische normen (waarden voor de hoogst aanvaardbare dagelijkse inname (ADI's)). Tenslotte moeten ook verschillen in de informatiebehoefte van de doelgroepen worden verwerkt. Het systeem moet de keuzen die gemaakt kunnen worden, en de mogelijke consequenties daarvan inzichtelijk kunnen maken. Verschillen in de benaderingswijze van de betrokkenen kunnen zodoende expliciet gemaakt worden.

De geschiedenis van een bodemverontreinigingsgeval doorloopt een aantal stadia⁷:

1. geruchten: het wordt bekend dat een bodem mogelijk verontreinigd is,
2. oriënterend onderzoek,
3. nader onderzoek,
4. saneringsonderzoek,
5. sanering,
6. nazorg.

De informatiebehoefte zal niet in alle stadia van het onderzoek voor alle betrokkenen gelijk zijn. Het uitzoeken en formuleren van de verschillende behoeften is echter moeilijk. Voor dit onderzoek is daarom uitgegaan van een getrapte aanpak:

- algemene kennis en ervaring van de onderzoekers (Hoofdstuk 4 en 5): de proefversie is gemaakt voor bewoners en ambtenaren, globaal geënt op de fase van nader onderzoek.
- met de proefversie zal in de volgende fase van het onderzoek naar het veld worden gegaan om samen met de betrokkenen in concreto nadere kennis over informatiebehoeften te vergaren. Hierbij zullen ook de andere fasen van het bodemverontreinigingsonderzoek betrokken worden.

Om de doelgroep te bereiken moet het systeem voor de doelgroep toegankelijk zijn. Dit stelt eisen aan het systeem, bijvoorbeeld dat het gebruikersvriendelijk moet zijn, maar ook dat de gebruiker makkelijk over het systeem moet kunnen beschikken. Om dit te bereiken wordt GRASBOL ontworpen voor PC-gebruik, en niet voor grote computers. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de gebruiker de basisprincipes voor het werken met een PC beheerst.

4 INFORMATIEBEHOEFTE BIJ BODEMVERONTREINIGING

4.1 Wat is een risico?

Een risico kan beoordeeld worden als een "kans x effect", en dus uitgedrukt worden in een (objectief) getal: bijvoorbeeld het aantal doden per 100.000 mensen, of het aantal malen in 1000 jaar dat een ongeval plaatsvindt. De beoordeling en interpretatie van (statistische) kansen is echter geen dagelijks ervaringsfeit. Hierdoor hebben mensen grote moeite met het hanteren van kansen.

Daarnaast spelen bij de beoordeling van een risico subjectieve aspecten mee. Door het slecht kunnen hanteren van kansen, en door de subjectieve aspecten die bij de beoordeling van een risico meespelen, worden risico's door mensen verschillend ervaren⁸.

Factoren die bij de subjectieve beoordeling van een risico een rol kunnen spelen zijn⁹:

- a. de ernst en/of omvang van de effecten (potentiële schadelijkheid van de effecten en het aantal tegelijkertijd blootgestelde personen);
- b. de (on)zekerheid over mogelijke gevolgen en effecten;
- c. de betrokkenheid bij het risico-object;
- d. de beheersbaarheid van het risico door veiligheidsmaatregelen.

In welke mate deze factoren bijdragen aan de beoordeling van een risico hangt van verschillende factoren af, onder andere de deskundigheid en houding van de risiconemer ten aanzien van het risico-object.

Ernst en omvang van effecten bepalen in sterke mate de verbale risico-oordelen. Verbale risico-oordelen zijn in tegenstelling tot numerieke oordelen beschrijvingen van de kans op het optreden van een ongeval,

verbonden met het risico, bijvoorbeeld: er gebeurt zeker geen ongeval, of er gebeurt zeker wel een ongeval. Vooral voor leken is het verbale risico-oordeel belangrijk. Dit spreekt meer tot de verbeelding dan een numeriek risico-oordeel¹¹.

Bij leken is de onzekerheid over het eigen oordeel erg groot¹⁰. Ook blijkt dat de (numerieke) kans op een negatief gevolg voor leken minder belangrijk is dan voor deskundigen, en dat leken een andere betekenis toekennen aan een kansoordeel dan deskundigen¹¹. Een kans wordt door leken bijvoorbeeld groter genoemd naarmate de gevolgen als ernstiger worden beschouwd.

De betrokkenheid bij een risico-object bepaald in belangrijke mate de houding ten aanzien van dat risico-object. Met name wanneer men zich onzeker over het eigen oordeel voelt kunnen de verbale kansoordelen afhankelijk zijn van de houding ten aanzien van het risico-object. Anders gezegd: leken hebben de neiging hun verbale kansoordelen over negatieve gevolgen van een risico-object in overeenstemming te brengen met hun algemene houding ten aanzien van dat risico-object.

Belangrijk hierbij is de (on)vrijwilligheid van het lopen van een bepaald risico. Het risico van roken of deelname aan het verkeer is aanvaardbaarder dan het risico van bijvoorbeeld wonen op verontreinigde grond. Dit laatste is immers een onvrijwillig risico.

Ook de maatschappelijke betrokkenheid bij het risico-object kan een rol spelen. In de rol van beleidsvormer maken mensen bijvoorbeeld andere veiligheidskeuzen dan in de rol van persoonlijke risico-nemer. Dit illustreert o.a. het sociale-dilemmakarakter van maatschappelijke (on)veiligheid: een collectief onaanvaardbaar risico kan samengaan met persoonlijk aanvaardbaar risico en andersom.

De (ervaren) beheersbaarheid van een activiteit of situatie hangt sterk samen met de beoordeelde veiligheid ervan. Persoonlijke ervaring met een activiteit, de vrijwilligheid van deelname aan de activiteit, en het besef dat men zelf veel kan doen om risico's te verkleinen, dragen sterk bij tot het oordeel (of gevoel) dat iets "veilig" is. Voor het wonen op verontreinigde grond geldt dit echter maar in beperkte mate, bijvoorbeeld geen zelfverbouwde sla meer eten.

4.2 Risico's van het wonen op verontreinigde grond: risico-ervaring van bewoners en overheid.

Bewoners van verontreinigde bodems zijn met betrekking tot het omgaan met risico's van het wonen op verontreinigde grond als leken te beschouwen. Dat betekent dat verbale risico-oordelen meer aan zullen spreken dan numerieke risico-oordelen.

De schadelijkheid van de giftige stoffen in de bodem, en dus de potentiële ernst van de effecten lijkt evident voor bewoners. Het feit "dat er gif in de grond zit" is voldoende aanleiding om in ieder geval (persoonlijke) gezondheidsgevaaren te veronderstellen. Bovendien loopt iedereen in de wijk een risico, dus ook bijvoorbeeld kinderen. De ernst en omvang van de effecten wordt daardoor als groot ervaren.

De kennis van de gevolgen en effecten is vaak maar gering. Een compliceerende factor hierbij is dat het veel tijd en geld kost om de nodige kennis te verzamelen, bijvoorbeeld welke stoffen in welke concentraties op welke plaats voorkomen. Hierdoor is er grote onzekerheid over de ernst van de situatie.

Het wonen op verontreinigde grond is bovendien onvrijwillig. Men wordt geconfronteerd met de risico's op een moment dat men niet meer de keuze heeft om zich daar aan te onttrekken; men woont immers al op de verontreinigde grond. Het verbale risico-oordeel zal hierdoor erg negatief zijn.

Het probleem is voor de bewoners ook niet beheersbaar. Voor direct betrokkenen is het gevaar geweken wanneer de verontreinigde grond wordt opgeruimd. De risico's zijn in principe dus wel beheersbaar. Echter, bewoners zijn maar beperkt in staat daar zelf iets aan te doen. Er zijn ook geen reële alternatieven voor de risicodragende situatie. (Het enige alternatief is saneren, verhuizen wordt als niet reël beschouwd.)

De overheid kan met betrekking tot het omgaan met risico's veel meer als deskundige beschouwd worden, al is het alleen maar omdat de uitgangspunten en regelgeving van de overheid ten aanzien van het omgaan met (specifieke) risico's door deskundigen worden opgesteld. Het numerieke risico-oordeel is voor de overheid dan ook veel belangrijker dan het

verbale risico-oordeel. Dit komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in de manier waarop een risico beoordeeld wordt: door de blootstelling aan een stof te vergelijken met bestaande normen, waarbij onzekerheden in de kennis geaccepteerd wordt. Ook komt dit tot uitdrukking in wat de overheid als beheersbaar beschouwd. Het "Leeflaagprincipe" is een voorbeeld van een voor de overheid acceptabele saneringsmaatregel¹², terwijl dat voor bewoners niet zo hoeft te zijn¹³.

Door bewoners en overheid kan bij bodemverontreiniging dus verschillend met het begrip "risico" worden omgegaan, terwijl bewoners juist voor het verkrijgen van informatie over mogelijke risico's van de overheid afhankelijk zijn. Uiteindelijk zal de overheid ook moeten beslissen of er iets gedaan wordt aan de verontreiniging, en zo ja wat. De bewoners zijn wat betreft de beheersbaarheid dus ook afhankelijk van de overheid.

4.3 Presentatie van risico-informatie

Een goede risico-communicatie tussen bewoners en overheid is alleen mogelijk als beiden eenzelfde inhoud en betekenis aan het begrip 'risico' toekennen. Het is dan ook van essentieel belang dat een risico-informatiesysteem niet alleen ten behoeve van bewoners wordt opgezet, maar ook voor andere bij bodemverontreiniging betrokkenen, met name ambtenaren (zie ook hoofdstuk 2).

Een betere informatievoorziening verbetert de risico-communicatie. Hierbij gaat het niet alleen erom welke informatie verstrekt moet worden, maar ook hoe deze gepresenteerd moet worden. De vraag welke informatie verstrekt moet worden is in feite al in hoofdstuk 2 behandeld, en wordt in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. In deze paragraaf wordt verder op de presentatie van risico-informatie ingegaan.

Eén van de problemen bij het beoordelen van risico's van giftige stoffen in de grond is, dat dit voor de meeste mensen geen dagelijks ervaringsfeit is. Een ander probleem is het omgaan met numerieke kansoordelen, bijvoorbeeld in de vorm van relatieve frequenties (kans van 1 op de zoveel)¹⁰. Bij een negatieve houding ten aanzien van het risico-object kunnen de mogelijke gezondheidsgevolgen, hoe klein de kans op optreden ook is, toch als ernstig ervaren worden. Door de risico's te vergelijken

met risico's die verband houden met andere risico-objecten kunnen de risico's echter in een herkenbaar kader geplaatst worden, hetgeen minder subjectieve beoordeling ervan tot gevolg zal hebben. Hierbij is het van belang risico-objecten te kiezen waarbij de subjectiviteit in de beoordeling van het risico een minder grote rol speelt, bijvoorbeeld risico-objecten waar men niet negatief tegenover staat.

Uit onderzoek naar de relatie tussen wijze van presenteren van risico-informatie en risico-beoordeling (de geschatte kansen op ongevallen, en de keuze om bepaalde risicovolle activiteiten te ondernemen) blijkt dat zogenaamde cognitieve scenario-informatie¹⁵ (vergelijk het verbale oordeel), door onderzoekers toekomstvoorspellingen genoemd (hoe kan een ongeluk gebeuren) een belangrijker rol speelt bij individuele risico-beslissingen dan relatieve frequentie-informatie (vergelijk het numerieke oordeel), i.e. informatie over het verleden (hoe vaak is een soortgelijk ongeval in het verleden gebeurd)¹⁴.

Een voorbeeld van een keuze-probleem waarin zowel relatieve frequentie informatie (RFI) als cognitieve scenario informatie (CSI) voorkomt:

"U gaat dit jaar met de auto plus caravan met vakantie en staat voor de keuze om tijdens het drukke vakantie-weekeinde te vertrekken, of te wachten tot de rustiger maandagmorgen.

U belt de ANWB voor een advies. Zij vertellen u dat op grond van hun ongevalgegevens die zij door de jaren heen hebben verzameld, de kans op een ongeval (in aantallen per 1000 auto's) voor auto plus caravan in het bewuste vakantie-weekeinde 8 maal zo hoog is als gedurende andere weekdays in de zomer (RFI).

U herinnert zich dat een kennis van u vorig jaar in het ziekenhuis belandde met kneuzingen en verwondingen als gevolg van een ongeval dat hij met zijn caravan had terwijl hij zich bumper aan bumper met andere weggebruikers naar zijn vakantiebestemming begaf. Het was prachtig weer en hij keek juist even naar buiten om van de mooie omgeving te genieten toen een auto voor hem afremde. Uw kennis reageerde te laat. Ondanks krachtig remmen was hij door het gewicht van de caravan niet in staat snel genoeg te vertragen en reed hij met zo'n 60 km/uur op zijn voorligger in. Hij vloog met zijn hoofd door de voorruit (CSI)". (ref. 9)

Wanneer mensen gevraagd wordt op grond van dergelijke keuzeproblemen een beslissing te nemen (al dan niet in het weekeinde rijden), dan blijkt de cognitieve scenario informatie een belangrijkere bijdrage aan de beslissing te leveren dan relatieve frequentie informatie.

Het GRASBOL-systeem kan hiervan bij de presentatie van de informatie gebruik maken door de voorwaarden (risicofactoren) die tot een bepaald risico leiden aan te geven, en de gebruiker in staat te stellen om met behulp van deze voorwaarden een 'eigen' risico te berekenen.

5 Opzet van een risico-informatiesysteem bij bodemverontreiniging

Het wonen op verontreinigde grond wordt in het algemeen als sterk negatief ervaren omdat de risico's ervan onbeheersbaar en onvrijwillig zijn. Voor de vorming van een rationeel oordeel over risico's van bodemverontreiniging is het daarom van belang dat het risico in een voor de leek herkenbaar kader geplaatst wordt. Dit kan op drie manieren:

- 1 door de relatie tussen risicofactoren en de omvang van het risico te geven (1a), en mogelijkheden om via deze risicofactoren invloed op het risico uit te oefenen (1b). Daarbij kan het gaan om beïnvloeding via gedrag of mogelijk te nemen saneringsmaatregelen.
- 2 door het risico van het wonen op een verontreinigde bodem te vergelijken met andere risico's, waarbij het niet alleen gaat om de numerieke maat van risico's maar ook om de aard ervan.
- 3 door de risico-informatie in de vorm van voor de leek herkenbare scenario's te presenteren, bijvoorbeeld een beschrijving van voorwaarden die tot een bepaalde inname kunnen leiden, en mogelijke gevolgen van die inname.

De relatie tussen risicofactoren en de omvang van het risico (punt 1a) is voor GRASBOL uitgewerkt en gedeeltelijk in de proefversie geïmplementeerd. Deze relaties bepalen in belangrijke mate de structuur van GRASBOL, en de vorm waarin het zich presenteert. Daar wordt in de volgende paragraaf uitvoerig op ingegaan. De overige punten moeten nog verder

worden uitgewerkt. Hierbij zijn verschillende varianten mogelijk. In de volgende fase van dit onderzoek zullen deze verder uitgewerkt en getoetst worden.

De mogelijke beïnvloeding van het risico (punt 1b) kan op twee manieren worden ingebouwd, namelijk als een interactief "spel", waarbij de gebruiker (eventueel via sturende vragen van GRASBOL) zelf mogelijke varianten geeft die door GRASBOL doorgerekend worden. Hiervoor kunnen echter ook scenario's worden gebruikt, bijvoorbeeld: "Als u dit doet verminderd de blootstelling tot dat; dit is vergelijkbaar met het nemen van die saneringsmaatregel."

Bij het geven van risico-vergelijkingen (punt 2) zal de houding ten aanzien van het te beoordelen risico een rol moeten spelen. Ook hier kan de presentatie in de vorm van een interactief "spel" of via scenario's.

Risico-scenario's (punt 3) kunnen betrekking hebben op feitelijke risico's of risico-vergelijkingen (zie punt 1b en 2). Er kan echter ook gedacht worden aan het geven van een schatting van risicofactoren die tot een onaanvaardbare inname kunnen leiden, uitgaande van een gegeven situatie. Bijvoorbeeld: "Om die norm te overschrijden moet u dagelijks zoveel bodem "eten", dat is zoveel maal de in de literatuur gemelde maximale bodemingestie door die risicogroep."

6 Het informatiesysteem GRASBOL

GRASBOL zal in de toekomst volgens de in hoofdstuk 5 gegeven beschrijving worden opgezet. De definitieve invulling zal worden vastgesteld op basis van nader onderzoek naar de ervaring van bewoners, ambtenaren en andere betrokkenen met het huidige demonstratiemodel en de gedane suggesties voor de verdere ontwikkeling.

De proefversie van GRASBOL is in eerste instantie gericht op technische risico-informatie, waarin de relatie met risicofactoren (bijvoorbeeld innamehoeveelheden) een grote rol speelt. De eerste ideeën daaromtrent zijn onderstaand weergegeven. Verdere gedachtenvorming wordt in belang-

rijke mate gestuurd door het leren kennen van de mogelijkheden van systemen als GRASBOL met betrekking tot het structureren en presenteren van informatie. De numerieke invulling staat nog ter discussie, en kan nog worden bijgesteld. In een verdere fase kan GRASBOL uitgebreid worden met bestuurlijke en organisatorische informatie.

6.1 Beoordeling van de blootstelling bij bodemverontreiniging

De blootstelling kan berekend worden uit de concentratie in bodem, lucht, water en voedingsmiddelen, en de hoeveelheden bodem, lucht, etc. die worden ingenomen.

Bij de blootstellingsberekening moet zoveel mogelijk worden uitgegaan van reëel voorkomende situaties: achtergrondblootstelling, spreiding in de blootstelling door variaties in concentraties en inname, en verschillen in gevoeligheden voor ingenomen hoeveelheden². Een indicatie van de mogelijke risico's kan verkregen worden door de berekende blootstelling te vergelijken met toxicologische normen, meestal de zgn Aanvaardbare Dagelijkse Inname, ADI-waarden. Bij een blootstelling die onder de ADI-waarde blijft kan er van worden uitgegaan dat geen nadelige effecten optreden. ADI-waarden kunnen echter geen absolute zekerheid bieden. Dit komt gedeeltelijk omdat ADI's vrijwel altijd gebaseerd zijn op dierexperimenten, en dat gegevens uit deze experimenten naar de mens toe geëxtrapoleerd (vertaald) moeten worden. Daarnaast zullen in sommige gevallen wel kleine als niet-nadelig te beoordelen¹, of door het beleid aanvaardbaar geachte², effecten kunnen optreden.

Bij een blootstelling boven de ADI-waarde hoeft niet per sé een effect op te treden: er is meestal een "grijs" gebied tussen de ADI-waarde en de

¹ Dit is bijvoorbeeld het geval bij de norm voor het loodgehalte in het bloed. Binding van lood aan bloed-eiwitten en remming van de werking van het eiwit, c.q. verhoging van de eiwitaanmaak, wordt als niet-nadelig beschouwd.

² Dit is bijvoorbeeld bij carcinogene stoffen het geval. De normen voor deze stoffen zijn gebaseerd op het uitgangspunt dat het aanvaardbaar is dat 1 op de miljoen mensen kanker als gevolg van blootstelling aan een enkele carcinogene stof mag krijgen.

blootstelling waarbij wel een effect optreedt. De blootstelling waarbij nog net wel nadelige effecten optreden is moeilijk vast te stellen en vaak niet eens bekend. De ADI-waarde heeft dus maar een beperkte toxicologische waarde. Deze beperkingen zullen in de uiteindelijke GRASBOL-versie zo veel mogelijk aangegeven worden (zie ook hst 10). De beleids-waarde van een ADI is echter veel groter. In het algemeen geldt namelijk: als de blootstelling onder de ADI-waarde blijft is er geen reden tot verder onderzoek; als de blootstelling boven de ADI-waarde uitkomt zal verder onderzoek uitgevoerd moeten worden.

Een indicatie van het risico kan dus als volgt verkregen worden:

CONCENTRATIE X INNAME = BLOOTSTELLING

BLOOTSTELLING : AANVAARBARE BLOOTSTELLING = RISICO-INDICATIE

Het gebruiken van gezondheidsnormen heeft het gevaar in zich dat er een legitimering wordt gegeven voor aanvaarding van een bepaalde mate van verontreiniging: er zijn geen gezondheidsrisico's, dus er hoeft niks aan gedaan te worden. Dwars op de genoemde risico-opvatting staat dan ook de opvatting dat elke ongewenste verontreiniging moet verdwijnen. Dit standpunt is ook vanuit psycho-sociaal oogpunt te verdedigen: de situatie wordt negatief ervaren door aspecten als onvrijwilligheid en onbeheersbaarheid, ongeacht het numerieke risico. Beleidsmatig valt er echter weinig eer mee te behalen.

Toch blijft de vraag in hoeverre een verontreiniging bijdraagt aan de totale blootstelling zeer relevant: de mate van verontreiniging (dus niet de ernst) kan hieruit afgelezen worden. Hierdoor kan de (eigen) situatie in een breder perspectief geplaatst worden. In GRASBOL wordt daarom ook een achtergrondblootstelling berekend. Om dit te bereiken zal in GRASBOL de blootstelling op verschillende lokaties (bijvoorbeeld achtergrondblootstelling, blootstelling lokatie 1, lokatie 2 etc, gemiddelde en maximale blootstelling, etc.) met elkaar vergeleken moeten kunnen worden, bijvoorbeeld door deze in één figuur (staafdiagram) te presenteren (kan nog niet in de proefversie).

In zowel de concentratie als de inname zal een zekere spreiding voorkomen. Deze spreiding kan tot een structureel (voortdurende) of incidenteel (eenmalige) hogere blootstelling kunnen leiden. Het maken van dit onderscheid is relevant omdat normen in feite gelden voor structurele blootstelling: de voor een bepaalde groep mensen gemiddeld voorkomende blootstelling. Als een blootstelling incidenteel boven de norm uitkomt, kan die gemiddeld nog wel onder de norm liggen. In het algemeen is niet bekend wat de gevolgen kunnen zijn van een incidentele hoge (boven de norm liggende) blootstelling. Omdat de incidentele hoge blootstelling niet in de normen is opgenomen, wordt hier op beleidsniveau nagenoeg geen aandacht aan geschonken. In GRASBOL zal hierover, voorzover mogelijk, kwalitatieve informatie worden opgenomen.

De structurele blootstelling kan berekend worden uit de gemiddelde concentraties en de gemiddelde inname. Niet iedereen zal echter een even grote inname van bodem, water, lucht en voeding hebben. Verschillen hierin hangen onder andere af van verschillen in lichamelijke activiteit, eetgedrag, etc. Voor de inname is het daarom zinvol om naast het gemiddelde rekening te houden met een hoge inname die bij een (klein) deel van de bevolking gedurende langere perioden kan voorkomen. In GRASBOL wordt naast het gemiddelde gewerkt met waarden voor een hoge inname. Uiteraard zal de combinatie van én een hoge ademhaling én een hoge voedsel- en waterconsumptie, én een hoge bodemingestie (alleen kinderen in de leeftijd 1-3 jaar) niet altijd voorkomen. Het is echter wel aannemelijk dat deze combinatie (gedeeltelijk) kan voorkomen, denk bijvoorbeeld aan iemand met een hoog energiegebruik door hoge lichamelijke inspanning en, heel gewoon, een zeer actief kind. Dit zal leiden tot én een hoog ademvolume, én een hoge voedselconsumptie én een hoge bodemingestie. In GRASBOL wordt ervan uitgegaan dat deze combinatie wel voorkomt. Hoe groot de groep is bij wie die voorkomt is moeilijk in te schatten. De groep maakt in ieder geval minder dan 10% van de totale groep uit.

Uitgaande van een gemiddelde concentratie kan dan een structurele gemiddelde blootstelling (combineren met gemiddelde inname) en een structurele hoge blootstelling (combineren met hoge inname) berekend worden.

In principe kunnen twee vormen van incidenteel hoge blootstelling onderscheiden worden. De eerste vorm gaat uit van maximale concentraties en maximale innamen. Combineren van deze twee geeft een maximaal denkbare blootstelling. Echter de kans dat een bepaald persoon én via alle media met de maximale concentraties in contact komt, én bovendien een maximale inname van alle media heeft, is minimaal, zo niet uitgesloten. Het berekende maxima heeft in dat geval dus voornamelijk een theoretische waarde. Deze incidenteel hoge blootstelling wordt in het algemeen gebruikt om een ruwe eerste schatting te kunnen maken van de maximaal denkbare blootstelling. In dat geval wordt ook wel van 'worst case' gesproken. Op basis van zo'n 'worst case' kan dan besloten worden tot het maken van een nadere analyse.

Een incidenteel hoge blootstelling kan ook berekend worden door uit te gaan van maximale concentraties en de hoge inname zoals die bij een deel van de bevolking kan voorkomen. De kans dat een persoon én met de maximale concentraties in contact komt, én tot die groep van de bevolking behoort is aanzienlijk groter. Deze combinatie geeft een wat meer reële schatting van de mogelijke incidenteel hoge blootstelling van een bepaalde groep. In GRASBOL wordt de incidenteel hoge blootstelling via deze tweede manier berekend.

In tabel 1 zijn de verschillende mogelijkheden schematisch weergegeven. Hierbij is met betrekking tot de concentraties onderscheid gemaakt tussen achtergrondconcentraties in Nederland, concentraties die gemiddeld op een bepaalde lokatie voorkomen, en maximale concentraties op een bepaalde lokatie. De gemiddelde waarde geeft een indicatie van structureel voorkomende concentraties. De maximumwaarde geeft een indicatie van de incidenteel voorkomende hoge concentraties.

Voor de inname is een onderscheid gemaakt tussen de gemiddeld voorkomende inname en de hoge inname. Zowel de gemiddelden als de hoge inname geven een indicatie van structureel voorkomende inname (zie ook 7.2).

De betekenis van de mogelijke combinaties van concentraties en inname is in tabel 1 aangegeven.

Tabel 1: Blootstellingsmatrix bij verschillende concentraties in, en inname van milieucompartimenten.

	inname gemiddeld	inname 90 percentiel *
gemiddelde achtergrond concentratie	gemiddelde achtergrond blootstelling	hoge achtergrond blootstelling
gemiddelde lokale concentratie	gemiddelde lokale blootstelling	hoge lokale blootstelling
maximale lokale concentratie	lokale blootstelling bij maximale concentratie	hoogst mogelijke blootstelling **

* = komt (waarschijnlijk) structureel voor bij een klein deel van de bevolking (minder dan 10%).

** = Dit is in feite de hoogste inname ('worst-case') die bij een klein deel van de bevolking voorkomt. In de literatuur wordt met 'worst-case' ook vaak de hoogst gemeten inname x hoogst gemeten concentratie bedoeld. De kans dat dat voorkomt is echter verwaarloosbaar.

Bovenstaande bespreking heeft betrekking op een enkelvoudige stof. In de praktijk zal iemand echter vrijwel altijd aan meerdere stoffen tegelijk blootstaan. Een methode om deze gelijktijdige blootstelling aan meerdere stoffen in beeld te brengen is, door elke stof te delen door de ADI-waarde. De dimensieloze grootheid die dan overblijft kan bijvoorbeeld in een staafdiagram voor verschillende stoffen naast elkaar gezet worden. Dit geeft dus geen informatie over gecombineerde effecten, maar wel over de mate van verontreiniging door verschillende stoffen. Hiermee kan het relatieve belang van verschillende risico-factoren (in dit geval de verschillende stoffen die aanwezig zijn) aangegeven worden.

Combinatie-effecten zijn moeilijk te kwantificeren. In het algemeen is er weinig bekend over hoe verschillende stoffen bij gelijktijdige blootstelling elkaars werking kunnen beïnvloeden. Een mogelijkheid om daar enigszins rekening mee te houden is door ervan uit te gaan dat stoffen met eenzelfde werkingsmechanisme en toxisch effect additief zijn: de relatieve toxiciteit (blootstelling gedeeld door ADI) van de verschillende stoffen mag bij elkaar worden opgeteld. Als de som van de relatieve toxiciteit van de stoffen kleiner dan de waarde 1 is, wordt de aanvaardbare inname (ADI) niet overschreden. Is de som groter of gelijk aan 1, dan wordt de aanvaardbare inname wel overschreden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de ADI op basis van het betreffende effect is opgesteld. Zie bijvoorbeeld Van Wijnen¹⁵ voor een toepassing hiervan bij bodemverontreiniging.

In GRASBOL kunnen rekenregels hiervoor worden opgenomen. Daarnaast kan kwalitatieve informatie over combinatiewerking van stoffen worden opgenomen.

6.2 Risicogroepen

Niet iedereen zal een zelfde hoeveelheid toxische stoffen binnen krijgen. Dit hangt enerzijds van de concentraties in het milieu af, anderzijds van de hoeveelheid ingenomen bodem, water, lucht en voeding waar de verontreiniging in zit. Bovendien zal niet iedereen even gevoelig zijn voor een bepaalde hoeveelheid van een toxische stof.

Op basis van structurele verschillen in hoeveelheden ingenomen stoffen en gevoeligheid voor de ingenomen stof kunnen afzonderlijke groepen van mensen worden onderscheiden: de risicogroepen. Onder een risicogroep wordt hier verstaan een groep mensen die nagenoeg dezelfde inname en gevoeligheid hebben, dus niet per sé de groep die het hoogste risico loopt.

In het demonstratiemodel van GRASBOL is het onderscheid in risicogroepen alleen gebaseerd op verschillen in ingenomen hoeveelheden bodem, water, lucht en voeding. De verschillen in gevoeligheid zijn nog niet verwerkt.

Bij de definiëring van de risicogroepen in GRASBOL is rekening gehouden met de herkenbaarheid van de risicogroepen voor de bewoners. Zodoende kan de gebruiker van GRASBOL zich identificeren met een bepaalde risicogroep. Hierdoor kan de gebruiker de eigen situatie beter inschatten, en wordt bij de presentatie van de informatie een voor de gebruiker herkenbaar perspectief geboden. Als (voorlopig) uitgangspunt zijn leeftijdsklassen en geslacht genomen.

Lang niet voor alle combinaties van leeftijdsklassen en geslacht is de voedsel- en drinkwaterconsumptie, het ademvolume en de bodemingestie bekend. Voor de proefversie van GRASBOL zijn de voedselconsumptie en het ademvolume van de verschillende risicogroepen uit bekende gegevens berekend.

Bij de berekening van de verschillen in ingenomen hoeveelheden voeding en lucht is ervan uitgegaan dat het energieverbruik een goede maat is voor de hoeveelheid geconsumeerd voedsel en ingeademde lucht. Uit het verschil in energieverbruik kan dan het verschil in de voedselconsumptie berekend worden onder de aanname dat het energie- en voedselverbruik recht evenredig zijn. Een zelfde aanname kan worden gemaakt voor het zuurstofverbruik. Op basis van deze gegevens kan dan het ademvolume en het voedselverbruik van verschillende leeftijdscategorieën worden berekend. In tabel 2 is voor een aantal leeftijdscategorieën een berekening van de voedselinname voor de inname en het ademvolume gemaakt. Bovendien is de gemeten waterconsumptie¹⁶ in de tabel opgenomen.

De berekende voedselinname vertoont dezelfde tendens als bijvoorbeeld door Australië gerapporteerde gegevens over de inname van lood door verschillende leeftijdscategorieën¹⁷. Uit zowel de voedselinname, het ademvolume en de waterconsumptie blijkt dat kinderen een factor twee à drie hogere inname hebben dan volwassenen. Bovendien zullen vooral de hele jonge kinderen een hogere blootstelling hebben door bodemingestie. (Ca. gemiddeld 0,2 gram per dag en maximaal 1 gram per dag (1-3 jaar)).

Behalve deze verschillen in de gemiddelde inname van de onderscheiden risicogroepen kunnen binnen de risicogroepen ook nog verschillen optreden door variaties in onder andere de samenstelling van een voedselpakket, het energieverbruik, etc. Om hiervoor te corrigeren kan bij beschouwing

Tabel 2 Berekende voedsel- en luchtinname, en gemeten waterconsumptie van verschillende leeftijdscategoriën.

Leeftijd Jaar	Gewicht kg	Energieverbruik kJ/kg dag	Voedselinname g/kg dag ² gem. max. ⁴	Ademvolume l/kg dag ³ gem. max. ⁴	Waterconsumptie ml/kg dag gem. max. ⁵ 5% 0,5%

Kinderen ¹					
<1	7,3	470		565	75
1 - 3	13,4	424	x2	510	55
4 - 6	20,2	382	70	460	40
7 - 9	28,1	326	60	390	30
Adolecenten					
Jongens					
10 - 12	36,9	297	53	355	25
13 - 15	51,3	238	43	285	20
16 - 19	62,9	205	39	245	17
Meisjes					
10 - 12	38,0	259	46	310	23
13 - 15	49,9	209	39	250	18
16 - 19	54,4	179	32	215	15
Volwassenen					
Mannen	65,0 ⁶	192	35	230	20
Vrouwen	55,0	167	32	200	18
Zwangeren ⁶	60	175 - 190	32 - 35	210 - 225	18
Zogenden	55	237	39	285	18

- 1 Bodemingestie door kinderen in de leeftijd 1-3 jaar bedraagt gemiddeld 0,2 en maximaal 1 gram bodem (natgewicht) per dag¹⁵.
- 2 Uitgegaan is van een totale hoeveelheid voeding van 18 jarige jongens van 2 kg per dag²⁴.
- 3 Per kJ is ongeveer 1,2 liter lucht nodig²⁵.
- 4 geschatte waarden voor hoge inname (zie tekst)
- 5 95- en 99,5-percentielwaarden¹⁶ (GRASBOL rekent met de 95-percentiel-waarde)
- 6 Uitgegaan van een extra energieverbruik tijdens de laatste 6 maanden van 0,4 - 1,3 (zwangeren) en 2,5 (zogenden) kJ/kg bij resp. 60 en 55 kg lichaamsgewicht¹⁷.

van de totale voedselinname voor de hoge inname een factor twee, en voor specifieke voedingmiddelen een factor drie gehanteerd worden¹⁷.

Het energieverbruik kan tijdens zwaar werk tot een factor twee hoger zijn. Ervan uitgaande dat dit gemiddeld zo'n acht uur per dag kan voorkomen, kan het ademvolume dus een factor 1,3 hoger liggen dan het gemiddelde. Voor de waterconsumptie werd gevonden dat 5% een 1,7 keer hogere consumptie had, en 0,5% zelfs een 3 keer hogere consumptie. Het gaat hier waarschijnlijk om structureel hogere inname bij een deel van de bevolking.

7 Informatieoverdracht

In de in de inleiding genoemde programmeringsstudie is aangegeven waarom een gecomputeriseerd informatiesysteem bij bomverontreiniging wenselijk is⁵. In dit hoofdstuk zal verder worden ingegaan op enkele aspecten van software als informatiedrager.

7.1 Software versus papier als communicatiemiddel

Software (computerprogramma's) als communicatiemiddel verschilt op essentiële punten van papier. Papier en computerprogramma's hebben ieder hun sterke en zwakke kanten en het is van belang goed te overwegen welk medium het meest geschikt is voor een specifiek doel.

Papier heeft een aantal uitstekende eigenschappen. Het is goedkoop en leesbaar zonder hulpmiddelen. In boeken is gemakkelijk te bladeren om een overzicht te krijgen van de inhoud. Koffievlekken en andere kleine beschadigingen leiden niet tot vernietiging of verandering van de informatie.

De voordelen van papier zijn in sommige situaties nadelen. Soms is het wenselijk om informatie snel te kunnen veranderen en soms levert papier meer informatie dan overzien kan worden. In deze gevallen kan software een oplossing zijn. Het gaat dan vooral om veel informatie van uiteenlopende aard, die moeilijk eenduidig te ontsluiten is. Een goed voorbeeld is een woordenboek,

dat onbruikbaar is als de eerste letter van het op te zoeken woord onbekend is, tot grote ergernis van de oplosser van cryptogrammen. Een computerprogramma kan beter en sneller zoeken, waardoor het mogelijk wordt een bestand op vele manieren te benaderen. Met spellingsprogramma's als van Wordperfect kunnen bijvoorbeeld wel woorden met een ontbrekende beginletter worden opgezocht.

De veranderlijkheid van software is een voordeel als het wenselijk is om diverse modellen te onderzoeken of om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren. Voor voorlichting en onderwijs heeft dit het gunstige effect dat de gebruiker alternatieven kan uitproberen en de gevolgen van verschillende acties kan onderzoeken.

7.2 Software als voorlichting en gereedschap

Globaal kan software op twee manieren worden ingezet, namelijk als voorlichtingsmateriaal, en als gereedschap. Deze functies kunnen uiteraard in één programma verenigd zijn. Dit is bijvoorbeeld voor GRASBOL van belang.

Een computerprogramma ten behoeve van voorlichting heeft over het algemeen twee doelen:

1. het toegankelijk maken van gegevens,
2. het inzichtelijk maken van een methode.

Het toegankelijk maken van gegevens kan van belang zijn als deze opgeslagen zijn in veel of moeilijk verkrijgbare of moeilijk toegankelijke literatuur.

De functie van de software is dan vooral het stellen van relevante vragen aan de gebruiker en het vertalen van de wensen van de gebruiker in een relevante vraag. Dit is het gebied van de expertsystemen.

Het inzichtelijk maken van een methode kan op diverse manieren geschieden. In de meest simpele vorm is het programma niet meer dan een elektronische diavertoning; meer uitgebreidere programma's presenteren een simulatie waarin de gebruiker in meer of mindere mate kan participeren. De vliegsimulator is hier een voorbeeld van. GRASBOL behoort tot de laatste categorie omdat het de gebruiker in staat stelt eigen situaties te creëren.

Software kan ook als gereedschap voor beleid of onderzoek dienen. Het gaat dan om het produceren van nieuwe kennis of het evalueren van plannen. Het programma is slechts een stuk gereedschap als een typemachine of een microscoop. Het rekengedeelte van GRASBOL vervult wat dat betreft een belangrijke rol: het stelt de gebruiker in staat de ingevoerde gegevens snel door te rekenen. Hierdoor kan deze inzicht in de eigen situatie krijgen, maar ook bijvoorbeeld een gevoeligheidsanalyse kan eenvoudig uitgevoerd worden.

Het gebruik van een computerprogramma als gereedschap vereist vooral dat het flexibel is, zodat de gebruiker vele verschillende situaties kan verwerken.

7.3 Het kennissysteem

Een kennissysteem is een computerprogramma, of een verzameling van programma's, dat een aantal aspecten van een deskundige (expert) inzake een bepaald onderwerp nabootst: het verwerkt en interpreteert relevante kennis om een vraag te beantwoorden, stelt bij gebrek aan gegevens de relevante deelvragen en is in staat uit te leggen hoe het tot een conclusie is gekomen.

Computers zijn vanaf het begin gebruikt voor het opslaan van grote hoeveelheden gegevens en voor het maken van gecompliceerde berekeningen. Het succes hiervan leidde al snel tot de vraag of ook andere activiteiten van de menselijke hersens zich zouden lenen voor automatische verwerking. Het vakgebied dat zich hiermee bezighoudt wordt meestal aangeduid met "kunstmatige intelligentie" of "artificial intelligence" (AI). Het omvat onderzoek naar de verwerking van menselijke taal, vertaalmachines, robots, schaakcomputers en expertsystemen. In alle gevallen gaat het om één of andere vorm van patroonherkenning, ofwel het selecteren van informatie uit een signaal met ruis.

Het vak heeft wisselende resultaten geboekt. Goede schaakprogramma's zijn de laatste jaren voor een luttel bedrag te koop. Er zijn programma's die een beperkt aantal gesproken woorden kunnen herkennen, en er bestaan werkende robots. Vertaalmachines werken redelijk zolang de tekst een beperkt onderwerp behandelt, zoals reglementen voor het vrachtver-

keer, maar een gesprek van alledag blijkt voorlopig onoverkomelijke moeilijkheden op te leveren. Eén van de resultaten van het onderzoek is het inzicht dat voor het begrip van een dergelijk 'gewoon' gesprek een ongelooflijke hoeveelheid onuitgesproken kennis over de wereld nodig is.

In tegenstelling tot het voeren van eenvoudige gesprekken blijkt het wel goed mogelijk het proces van specialistische diagnose te programmeren. Het herkennen van een ziekte, het opsporen van een technisch mankement en het beoordelen van een geologische formatie zijn gevallen van patroonherkenning. Het kenmerk van experts is dat zij een efficiënte strategie volgen om te weten te komen of bepaalde betekenis hebbende kenmerken wel of niet aanwezig zijn. Deze strategie bestaat uit een groot aantal regels van de vorm:

ALS het één DAN iets anders.

De expert weet uit ervaring welke regels wanneer moeten worden toegepast en komt zo snel tot een conclusie. Dit in tegenstelling tot iemand die het vak pas geleerd heeft en dus vele niet relevante regels zal uitproberen. Deze strategie om in een bepaald vakgebied tot een zinvolle conclusie te komen kan worden opgeslagen in een kennissysteem.

Het beoordelen van de risico's van een verontreinigde bodem is in feite gelijk aan het stellen van een diagnose. De eigenschappen van de verontreinigende stoffen en de bodem bepalen samen met het gebruik van de bodem hoe ernstig de verontreiniging is.

De voor een diagnose van een verontreinigde bodem benodigde kennis is veel omvattend, zeer divers van aard en onzeker. Het zijn deze eigenschappen die het wenselijk maken een of andere vorm van een kennissysteem te ontwikkelen, om de methode van de risicoanalyse inzichtelijk en de relevante gegevens toegankelijk te maken voor niet-experts. De vorm en inhoud van een dergelijk systeem worden bepaald door het stadium van het onderzoek waarin het gebruikt zal worden en door de doelgroep voor wie het ontwikkeld is.

7.4 Het kennissysteem voor informatieoverdracht

Rond de waarde en mogelijkheden van kennissystemen wordt heel wat discussie gevoerd. Met name rond de vraag of een kennissysteem de deskundige in zijn geheel kan vervangen, of slechts een instrument bij de beantwoording van vragen is. Dit kan met het volgende voorbeeld geïllustreerd worden.

De toenemende rol van computers in het stellen van een medische diagnose leidt bij sommigen tot de vrees dat de medische wetenschap steeds meer zal onmenselijken en dat er steeds minder ruimte over zal blijven voor sociale en andere 'onberekenbare' factoren. Ook wordt gevreesd voor een vervagen van de verantwoordelijkheid voor een handeling wanneer deze gedaan wordt op aanwijzing van een diagnostisch programma. Als de patiënt overlijdt, is dit dan de schuld van de arts, van de ontwerper van het programma of van de computerfabrikant?¹⁸

Ook het ontwikkelen van een kennissysteem voor de beoordeling van bodemverontreiniging stuit op dit probleem. Een machine waar chemische en hydrologische gegevens in gaan en waar het oordeel over gezondheidseffecten uitkomt is begrijpelijk angstaanjagend, omdat er geen plaats is voor menselijk belang en menselijk beleven van de verontreiniging.

Gedeeltelijk wordt deze vrees veroorzaakt door een vermeende algemene acceptatie van computeroutput als 'objectief': "omdat het uit de computer komt denkt iedereen dat het waar is". Dit verschijnsel treedt onmiskenbaar op. Het is daarom wenselijk de status van output duidelijk aan te geven, zodat er geen misverstand kan ontstaan op welk punt de politieke verantwoordelijkheid begint. In de praktijk betekent dit dat van iedere uitspraak de achterliggende veronderstellingen voor de gebruiker toegankelijk moeten zijn. GRASBOL zal daarom kwalitatieve informatie over de status van gegevens moeten verstrekken, bijvoorbeeld met welke marges gerekend wordt en hoe groot de onzekerheid van de conclusies is. Het systeem zal daarvoor uitgebreid gebruik moeten maken van commentaarregels en van een gemakkelijk interpreteerbare layout en typografie.

Belangrijker probleem is echter de implementatie van de "maatschappelijke context" waarin het probleem zich voordoet: sociale, economische, psycho-

logische en politieke factoren waarmee de betrokkenen te maken hebben. Een deskundige zal deze, vaak ongemerkt, in zijn conclusies kunnen verwerken. Hierbij kan het gaan om b.v. gevoelens van angst, maar ook om de (negatieve) houding ten opzichte van het risico-object (in dit geval bodemverontreiniging), waardevermindering van een eigen huis of regelgeving ten aanzien van saneringsonderzoek. Deze aspecten zullen door de vraagstellerster niet expliciet verwoord worden, en moeten dus in het programma ingebouwd (geïmplementeerd) worden. Hiervoor moet een analyse van wensen en behoeften van de gebruikersgroep waarvoor het systeem ontwikkeld wordt (de doelgroep) uitgevoerd worden.

8 Het kennissysteem GRASBOL

Een kennissysteem bestaat uit een deel voor kennisopslag (knowledge base), een deel voor kennisverwerking (inference engine) en een deel voor kennisoverdracht (interface). De knowledge base bevat de gesystematiseerde kennis van een deskundige op een bepaald gebied³, de inference engine is het programma dat de weg naar een conclusie vindt en de interface is het programma dat het geheel toegankelijk maakt voor een gebruiker.

8.1 KENNISOPSLAG

Een kennissysteem bevat dus niet alleen data (feiten), maar ook "kennis". Hiermee onderscheidt het zich van bijvoorbeeld een geautomatiseerde loonadministratie. In tegenstelling tot data als van het bestand van een loonlijst is kennis vaak moeilijk te definiëren en is het aan voortdurende verandering onderhevig. Bovendien heeft de voor een gebied relevante kennis vaak een grote omvang en is deze kennis niet altijd in een gesystematiseerde vorm voorhanden. Een van de grootste problemen bij de ontwikkeling van een kennissysteem is dan ook het bewerken van de kennis

³ Het vakgebied dat het kennissysteem bestrijkt wordt meestal 'domein' genoemd.

van een expert tot een vorm die zich leent om per computer te worden opgeslagen en bewerkt⁴.

Van de meerdere manieren om kennis op te slaan is die in de vorm van regels de meest toegepaste. Met een voldoende groot aantal stellingen in de vorm:

ALS het één DAN het ander

kan een gebruiker uit een gegeven uitgangssituatie tot relevante conclusies komen. Een voorbeeld van een vereenvoudigd stelsel van regels op het gebied van bodemsanering zou er als volgt uit kunnen zien:

ALS de B waarde overschreden wordt,

DAN dient er nader onderzoek uitgevoerd te worden.

ALS de C waarde overschreden wordt,

DAN dient er saneringsonderzoek uitgevoerd te worden.

ALS er meer dan 250 mg chroom per kilo droge stof wordt aangetroffen,

DAN wordt de B waarde overschreden.

etc.

Deze regels moeten niet alleen voor een gebruiker geheel duidelijk zijn, maar ze moeten ook ondubbelzinnig gedefinieerd zijn.

De voordelen van deze methode zijn dat het intuïtief aanspreekt en dat de diverse takken van de wiskundige logica al methoden heeft ontwikkeld om met regels te manipuleren. Het nadeel is vooral dat het bijna zeker is dat een deskundige niet op alleen een dergelijke wijze tot een conclusie komt, maar een situatie ook in zijn totaliteit beoordeeld. Hierop wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan.

Kennis kan ook worden opgeslagen door uit te gaan van een set van kenmerken ("frames") in plaats van regels. Voor een gebruiker is de opslag in

⁴ Om een onderscheid te maken tussen de expert op het vakgebied en de expert die het systeem ontwikkeld wordt de eerste meestal de 'domein expert' genoemd en de tweede 'knowledge engineer'.

de vorm van regels prettiger, omdat het gemakkelijker zoekt. Voor een computer die onvermoeid en snel grote hoeveelheden informatie verwerkt maakt het geen verschil uit.

Een frame bestaat uit een aantal 'slots', die gevuld worden met eigenschappen. Een frame kan afstammen van een overkoepelend begrip en erft dan alle eigenschappen daarvan. In het geval van bodemverontreiniging is het overkoepelende begrip bijvoorbeeld de lokatie. Lokaties hebben eigenschappen als huidig gebruik, voormalig gebruik, grondwaterstand en mobiliteit van de bodem. Hoewel het soort woningbouw op lokaties sterk kan verschillen, hebben al deze lokaties gemeen dat er mensen wonen. Als een lokatie het kenmerk 'woningbouw' heeft erft het daarmee alle eisen die aan een gebied worden gesteld waar voortdurend mensen komen.

Een frame in een bodemsaneringsstelsel zou er als volgt uit kunnen zien:

frame: lokatie.

naam:	NAAM
voorbeeld van:	{woonwijk, park, speelterrein}
overkoepelend gebruik:	{bebouwd, braak, natuurgebied}
voormalig gebruik:	{woningen, braak, bedrijf, stortplaats}
	[indien bedrijf: soort bedrijf]
verontreiniging:	[indien geen gegevens: default]
	[indien gegevens: vraag concentraties]
bodem:	{zand - klei - veen}
grondwaterstroming:	{snelheid}(richting)
oriënterend onderzoek:	{uitgevoerd - niet uitgevoerd}
	(gevonden stoffen)(concentraties)
nader onderzoek:	{uitgevoerd - niet uitgevoerd}
saneringsonderzoek:	{uitgevoerd - niet uitgevoerd}
	[indien uitgevoerd: resultaten]
sanering:	{uitgevoerd - niet uitgevoerd}
	[indien uitgevoerd: methode]
nazorg:	{uitgevoerd - niet uitgevoerd}

Het analyseren van een nieuwe lokatie bestaat uit het invullen van een frame. Als informatie niet beschikbaar is kan deze door het systeem aan de gebruiker worden gevraagd of worden gehaald uit al bestaande bestanden. In dat geval wordt gebruik gemaakt van default waarden, die gebaseerd zijn op vorige gevallen of beredeneerd zijn op theoretische gronden. Zo is het te verwachten dat op voormalige gasfabrieksterreinen PAK's worden aangetroffen, en die uitspraak kan men al doen voordat er metingen zijn verricht.

Kennisopslag in de vorm van frames heeft het voordeel dat het mogelijk is een hiërarchische structuur aan te brengen zonder de onafhankelijkheid tussen gegevens te verliezen.

Hoe de gegevens het beste opgeslagen kunnen worden hangt af van de aard van de gegevens, en van het doel van het systeem. De ontwikkeling van een kennissysteem voor prioritering van verontreinigde lokaties leent zich bijvoorbeeld goed voor een opzet met behulp van frames omdat hierbij op bepaalde onafhankelijke kenmerken beoordeeld wordt. Een systeem dat primair ontwikkeld is om probleemsituaties te analyseren, zoals bijvoorbeeld GRASBOL, kan beter met regels werken.

8.2 KENNISVERWERKING

Beoordelen

Gegevens kunnen op verschillende manieren verwerkt worden. Dit kan het beste duidelijk gemaakt worden met het vinden van de goede zet in een schaakpartij. In theorie is het mogelijk vanuit een gegeven positie alle verschillende partijen uit te spelen en dan de zet over te houden die in alle partijen tot winst leidt, of in ieder geval geen verlies tot gevolg heeft. Hier is de tijd echter een onoverkomelijke barriere, en het is op deze grond dat Euwe verklaarde dat een computer nooit goed zou kunnen schaken. Menselijke schakers bepalen een strategie op een geheel andere wijze: zij waarderen een positie als meer of minder gunstig en kiezen op grond daarvan een zet. Een goede schaker denkt dan ook nauwelijks vooruit, omdat alle informatie al in de stelling besloten zit. Een waarderingsfunctie voor stellingen is dan ook het essentiële element in

een schaakprogramma en het is het succes op dit vlak dat geleid heeft tot de huidige sterke schaakprogramma's. Deze functies, heuristische functies geheten, kennen een getal toe aan een positie op grond van kenmerken als: "twee torens op een open lijn", "toren op de zevende rij", "koningsstelling opengebroken". Het programma kiest dan de zet die de stelling met de hoogste heuristische functiewaarde oplevert.

Ook bij de interpretatie van menselijke taal en de diagnose van ziektes is een heuristische functie het belangrijkste element. Om de zoektijden binnen de perken te houden moeten zo snel mogelijk de meest relevante vragen worden gesteld. In de praktijk betekent het dat bij de analyse van de zin "ken je de tafel van 17 nou nog niet uit je hoofd" alle informatie over tafels als meubelstuk als niet relevant moet worden bestempeld. De heuristische functie is niet alleen een maat van de hoeveelheid informatie die in iets besloten ligt, maar geeft ook de richting aan van het meest informatie winnende onderzoek. Het levert zo een onderzoeksstrategie die tijd en geld wint, en een beoordeling van een situatie die niet alleen gebaseerd is op de losse feiten, maar ook op de situatie in zijn totaliteit.

GRASBOL geeft een diagnose van de gezondheidsrisico's van een verontreinigde lokatie. Om dat snel en efficiënt te kunnen doen is GRASBOL volgens een bepaalde structuur van vragen en denklijnen opgebouwd, en maakt gebruik van betrouwbare indicatoren. Deze indicatoren zullen een voor de gebruiker duidelijke relevantie moeten hebben om interactief gebruikt te kunnen worden. Uiteindelijk zullen ook functies voor de beoordeling van een situatie in z'n totaliteit ingebouwd kunnen worden: welke stoffen, welke innamen, welke risico-groepen, welke risico's. Een systeem dat deze mogelijkheid bezit is met name geschikt voor het onderling afwegen van risico's verbonden aan verschillende lokaties. Voor GRASBOL is dat niet relevant omdat het alleen gericht is op het verstrekken van risico-informatie en het beoordelen daarvan in een specifieke situatie. Andere afwegingen (die andere situatie is ernstiger dus....) zijn dan niet aan de orde. Een dergelijke totaal-beoordeling kan wel van belang zijn voor de beoordeling van de betrouwbaarheid van een uitspraak, uitgaande van de betrouwbaarheid van de onderliggende gegevens.

Redeneren

Om uit een aantal gegevens een conclusie te trekken staan twee wegen open: van voren naar achteren of van achteren naar voren, analoog aan de twee manieren om een doolhof op te lossen. In het eerste geval begint men bij de gegevens en concludeert men hieruit nieuwe gegevens, die op hun beurt weer nieuwe stellingen opleveren. Dit gaat net zolang door totdat men een conclusie heeft bereikt die als einddoel kan gelden. In het tweede geval begint men bij de eindconclusie en zoekt men de stellingen die de eindconclusie rechtvaardigen. Vervolgens probeert men deze stellingen te bewijzen door aan te geven welke gegevens nodig zijn om ze te onderbouwen. Hiermee gaat men net zolang door totdat men uitkomt bij de gegevens.

De eerste methode heet in informaticatermen 'forward chaining' en de tweede methode 'backward chaining'. Dit is vergelijkbaar met wat in beleidstermen wordt aangeduid met "bottom up" en "top down" analyse. Als het aantal openstaande wegen van stap tot stap te groot wordt zal een heuristische functie moeten aangeven welke wegen het eerst onderzocht moeten worden.

Welke methode het beste gebruikt kan worden, wordt bepaald door het probleemgebied waarvoor het kennissysteem wordt ontwikkeld. Polya¹⁹ onderscheidt (wiskundige) problemen in problemen met het doel van het vinden van een onbekend object ('problem to find'), en problemen met het doel een bepaalde stelling te bewijzen ('problem to prove'). Beide soorten problemen zijn zowel met forward als met backward chaining op te lossen, maar meestal zijn problems to find simpeler te benaderen met forward chaining en kunnen problems to prove beter worden aangepakt met backward chaining. Op het gebied van de bodemsanering is de vraag: "hoe kan deze lokatie het beste gesaneerd worden" een typisch geval van een problem to find, dat een aanpak van forward chaining vereist. De vraag "levert de verontreiniging gevaar op voor de gezondheid" is daarentegen een problem to prove, en leent zich beter voor backward chaining. Het uiteindelijke GRASBOL systeem zal dan ook van backward chaining gebruik maken.

Als het bij een bodemonderzoek louter gaat om de vraag of er wel of niet gesaneerd moet worden is backward chaining de aangewezen methode. De uitkomst is dan 'saneren' of 'niet saneren' en dat kan opgevat worden als een te bewijzen stelling. Uitgaande van de huidige praktijk is de stelling 'saneren' te bewijzen door aan te tonen dat er een mogelijkheid bestaat dat mensen een ontoelaatbare hoeveelheid van een giftige stof naar binnen zullen krijgen. Dit is het geval als de stoffen in het drinkwater of in de groente terecht kunnen komen. Als regels opgeschreven:

1. ALS mensen gevaar lopen DAN moet er gesaneerd worden.

2. ALS de stof in het drinkwater komt

OF de stof in de groente komt,

DAN lopen mensen gevaar.

3. ALS de stof oplosbaar is

EN in het verontreinigde gebied wordt drinkwater gewonnen, DAN kan de stof in het drinkwater komen.

Backward chaining gaat uit van de stelling 'saneren' en probeert dat te bewijzen op grond van regel 1. De nieuwe te bewijzen stelling wordt dan: "mensen lopen gevaar". Op grond van regel 2 blijkt dat dit bewezen wordt door aan te tonen dat de stof in het drinkwater komt of in de groente. Regel 3 zegt dat de stof in het drinkwater komt als de stof oplosbaar is en als er drinkwater wordt gewonnen in het gebied van de verontreiniging. Verondersteld dat het bekend is welke stoffen de verontreiniging vormen zal het kennissysteem in het bestand van chemische eigenschappen zoeken of er sprake is van oplosbare stoffen en zo proberen te bewijzen dat er drinkwater gewonnen wordt in het gebied. Als dit niet uit de bestanden blijkt zal het systeem de vraag aan de gebruiker stellen. Stel dat de gebruiker antwoordt dat het niet om een waterwingebied gaat, dan zal het systeem proberen te bewijzen dat er groente wordt gekweekt en dat de stof door planten wordt opgenomen. Als dat ook faalt dan concludeert het systeem dat de stelling 'saneren' niet te bewijzen is.

Forward chaining zal beginnen met de stoffen en de eigenschappen daarvan. Als een van de stoffen oplosbaar in water is zal het systeem vragen of er

in het gebied water gewonnen wordt, enz. Voor de analyse van kennis in de vorm van frames is de procedure analoog. Bij backward chaining zal het systeem uitgaan van een volledig ingevuld frame en trachten dit frame te bevestigen. Bij forward chaining zal het systeem beginnen met een leeg frame, en dit van stap tot stap proberen in te vullen. Het onderscheid tussen forward en backward chaining wordt ook wel aangegeven met de termen 'goal driven' en 'data driven', omdat in het eerste geval het doel de methode van zoeken bepaald en in het tweede geval de gegevens.

In dit voorbeeld maakt het nauwelijks uit welke methode wordt toegepast. Bij GRASBOL wordt van forward chaining gebruik gemaakt, maar het had ook backward chaining kunnen zijn. Bij gecompliceerdere modellen zal de gekozen methode onder andere de snelheid van het systeem bepalen, omdat de richting van zoeken uitmaakt hoeveel doodlopende wegen doorzocht moeten voordat het goede pad gevonden is. De toekomstige uitbreidingen van Grasbol zullen een backward chaining model vereisen.

Rekenen met onzekerheden

Een domein (gebied van samenhangende kennis) is zelden weer te geven met een deterministisch model. Over het algemeen redeneert een deskundige niet:

ALS het één DAN het ander,
hier is sprake van het één,
dus treedt het ander op.

maar:

ALS het één DAN mogelijk het ander,
er is hier waarschijnlijk sprake van het één,
dus treedt misschien het ander op.

Een betrouwbaar kennissysteem zal een methode moeten hebben om te rekenen met dit soort onzekerheden.

Naast de propositielogica en de predikatenlogica zijn in deze eeuw verscheidene andere logica's ontwikkeld, zoals temporele logica en driewaardige logica. Vooral de laatste jaren is veel gewerkt aan de zogeheten 'fuzzy logic', een meerwaardige logica die behalve waar en

onwaar ook alle graderingen daartussen kent, oplopend in zekerheid van 0 tot 1. De methode van rekenen is meestal ontleend aan de kansrekening. Fuzzy logic wordt veel toegepast in expertsystemen. Het geeft de mogelijkheid de waarschijnlijkheid van gecombineerde onzekerheden te berekenen en kan zo een getal toekennen aan het gewicht van de factoren die tot een conclusie leiden. In hoeverre menselijke experts ook met dit soort getallen werken staat ter discussie²⁰.

De methode van rekenen met onzekerheden staat nog ter discussie. De eisen die aan fuzzy logic worden gesteld worden geformuleerd door uiteenlopende belangen. Enerzijds wordt van fuzzy logic verwacht dat het uitkomsten geeft die overeenstemmen met de intuïtie van de experts, anderzijds streeft men naar een wiskundige volledigheid en consistentie. Deze eisen zijn soms tegenstrijdig.

voorbeeld: Gesteld symptoom A wijst in 70 % van de gevallen op de aanwezigheid van ziekte Z, symptoom B betekent in 40 % van de gevallen dat de patiënt aan Z leidt. Als een patiënt zowel A als B vertoont, hoe groot is dan de kans dat er sprake is van Z?

Een methode van berekenen gaat uit van de formule²¹:

$$p(A + B) = p(A) + p(B) - p(A) * p(B).$$

Dat komt in het voorbeeld neer op $0.7 + 0.4 - 0.28 = 0.82$.

Een andere methode²² gaat uit van:

$$p(A + B) = p(A) * p(B) / (1 - p(A) - p(B) + 2 * p(A) * p(B)),$$

hetgeen hier uitkomt op 0.61.

De tweede methode heeft het voordeel dat de kans op de afwezigheid van de ziekte bij afwezigheid van de symptomen A en B berekend wordt op 0.39, zodat de kansen sommeren tot 1.

In GRASBOL worden onzekerheden niet gekwantificeerd. Het is de vraag of dit voor de risico-analyse nodig zal zijn. Het GRASBOL-systeem biedt immers voldoende mogelijkheden tot het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses. Bovendien wordt niet berekend wat de kans op een bepaald effect zal zijn, maar er wordt aangegeven of, en wie, een inname boven de ADI-

waarde kunnen hebben. Verder wordt in kwalitatieve zin wel met onzekerheden rekening gehouden, bijvoorbeeld als kommentaar ("vlaggetjes") bij ADI's.

Voor het aangeven van de betrouwbaarheid van de gegevens kan het rekenen met onzekerheden echter wel nodig zijn. Hierbij gaat het om zowel de meetgegevens, de defaultwaarden als de gemaakte aannamen. Dit aspect is voor de proefversie van GRASBOL nog niet uitgewerkt.

8.3 KENNISOVERDRACHT

Gebruikers hebben zelden direct te maken met de knowledge base en de inference engine, zij zien en gebruiken vooral de interface. Als de knowledge base vergeleken wordt met een grammofoonplaat, dan is de inference engine de elektronica van de versterker en de interface de knopjes en schuifjes en lampjes op de buitenkant van de kast.

Interfaces zijn er in vele soorten. De eisen aan een interface worden vooral bepaald door ergonomische overwegingen, zoals gemak en snelheid van gebruik. Sommige interfaces zijn prettig in het gebruik omdat ze zo inzichtelijk zijn dat een gebruiker bijna nooit het handboek hoeft te raadplegen. Zoals altijd is de keuze tussen flexibiliteit en gemak: interfaces die simpel zijn hebben beperkte mogelijkheden en interfaces waar veel mee kan zijn niet eenvoudig in het gebruik.

Er zijn twee soorten interfaces: menugestuurd en 'command line' gestuurd. Menugestuurd betekent dat de gebruiker kan kiezen uit een aantal mogelijkheden op het scherm. De gebruiker kiest meestal door 'aanwijzen en bevestigen'. Sommige keuzes leiden tot nieuwe menu's voor het maken van een meer gedetailleerde keuze.

Sturing met een command line betekent dat de gebruiker zelf de commando's intypt, na een prompt van de machine. De meest bekende voorbeelden zijn MS/DOS, met de prompt >, en dBase, met de punt als prompt.

De voor- en nadelen van beide methoden zullen duidelijk zijn. Menu's hebben het voordeel dat de gebruiker niet hoeft te onthouden hoe alle commando's heten, het nadeel is dat sommige commando's drie of vier menu's diep verborgen kunnen zijn. De command line heeft het voordeel dat alle commando's direct toegankelijk zijn, het nadeel is dat de gebruiker zelf alle commando's moet onthouden. De ervaren gebruiker die veel met een pakket werkt zal de voorkeur geven aan een command line. De beginnende gebruiker, of de gebruiker die een pakket weinig toepast, zal liever een menugestuurde interface hebben.

Voor GRASBOL en andere systemen ten behoeve van de analyse van bodemverontreiniging betekent het vooral dat het doel van het systeem de vorm bepaalt. De meer op voorlichting gerichte systemen zullen menugestuurd moeten zijn, de systemen die vooral een functie als gereedschap hebben kunnen beter uitgerust zijn met een command line interface. Te overwegen valt beide mogelijkheden in te bouwen en de gebruiker te laten kiezen, een faciliteit die dBase biedt. De proefversie GRASBOL is alleen menugestuurd.

9 ALGEMENE INFORMATICA-TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN GRASBOL

9.1 Ontwikkeling van een kennissysteem

De keuze van de programmeertaal of het ontwikkelsysteem waarmee een kennissysteem wordt gemaakt hangt af van vele factoren. Een kennissysteem kan geschreven worden in een programmeertaal als Pascal, C of Forth. Het voordeel is dat de programmeur zo goed als onbeperkte mogelijkheden ter beschikking heeft en dat het eindproduct compact en snel zal zijn. Het nadeel is dat de ontwikkeling veel tijd zal kosten, omdat alles 'met de hand' gemaakt zal moeten worden, de opbouw van de knowledge base, de inference engine en de interface. Talen als Lisp en Prolog leveren tragere en omvangrijkere programma's op, maar omvatten al faciliteiten als zoekprocedures. Prolog bijvoorbeeld heeft een ingebouwd mechanisme dat backward chaining verzorgt. Om nog minder te hoeven programmeren is het mogelijk een 'shell' te gebruiken als Goldworks of Personal Consul-

tant. Een shell is een leeg kennissysteem, een leeg skelet, dat volgens de advertenties 'alleen maar gevuld hoeft te worden'. Shells beperken de tijd die het kost om een systeem te maken, maar ze zijn groot en traag. Goldworks is zelfs alleen maar te gebruiken op een AT met een geheugen-uitbreiding.

9.2 Ontwikkeling van GRASBOL

Het huidige prototype GRASBOL 1 is geschreven in Prolog, met gebruikmaking van enkele tools voor de schermopbouw. Het gebruik van Prolog maakt het snel ontwikkelen van een prototype mogelijk, maar heeft het nadeel dat het nogal grote programma's oplevert. GRASBOL heeft nu een omvang van meer dan 130 k, hetgeen te groot is voor een prototype. De code kan enigszins gereduceerd worden door de schermbesturing gespecificeerd uit te schrijven, in plaats van gebruik te maken van de all-purpose tools.

Omdat GRASBOL geen zoekstrategieën toepast (en dus geen backtracking vereist) is het de vraag of Prolog de meest aangewezen taal is om GRASBOL te implementeren. De kern van de innameberekening is de vermenigvuldiging van een stel matrices, en Prolog is niet de meest geschikte taal om in te rekenen. Als de specificaties van het programma vast liggen is het de moeite waard te overwegen het systeem uit te schrijven in C, omdat het een aanzienlijk compactere code oplevert. Bovendien is C aanzienlijk meer transportabel dan Prolog.

Een andere mogelijkheid is Prolog met C te combineren. De numbercrunching kan dan gedaan worden door procedures in C, terwijl de inference engine in Prolog wordt gebouwd. De versies van Turbo Prolog (2) en Turbo C (beide van Borland) maken een dergelijke integratie mogelijk, zij het dat het een moeizame procedure is. Voor het maken van het definitieve GRASBOL-systeem kan echter het beste Arity Prolog gebruikt worden. Arity Prolog is een professioneler, maar duurder, ontwikkelsysteem dat Prolog en C in één pakket integreert.

Het gebruik van een shell is alleen zinvol als de omvang van het project zodanig groot zou worden dat het de investering in een shell zou verantwoorden. Voorlopig lijkt het de beste weg GRASBOL en soortgelijke systemen te ontwikkelen in Prolog en waar nodig in C.

9.3 Beschrijving van GRASBOL

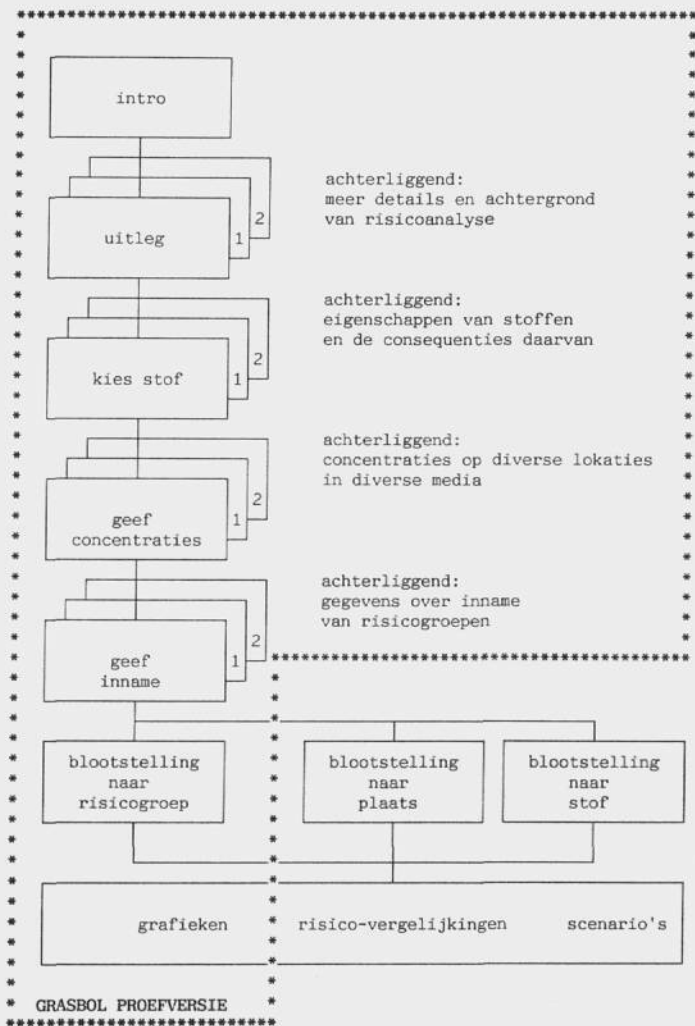
Het programma GRASBOL bestaat uit een rekengedeelte en uit een informatie gedeelte. Het informatie gedeelte geeft een uitleg van de procedure van een risicobecoordeling, en een kwalitatieve uiteenzetting over de eigenschappen van stoffen en de risico's die deze voortbrengen. Het rekengedeelte berekent de blootstelling van risicogroepen aan een stof op grond van de concentraties in de opnamemedia en de inname van de opnamemedia door de verschillende risicogroepen.

In wiskundige termen: Zij K de matrix van de in de diverse media gemeten concentraties, [media x concentraties stof], zij N de matrix van innames van de media van de risicogroepen, [risicogroep x inname media], dan is $R = N \times K$ de matrix van de hoeveelheid ingenomen stof per risicogroep, [risicogroep x inname stof]. De rijen van deze matrix R worden gedeeld door scalairen, de ADI-waarden voor de risicogroepen. Omdat de proefversie van GRASBOL slechts een enkele stof per keer doorrekent is K niet een matrix maar een vector.

9.4 Opbouw van GRASBOL

De proefversie van GRASBOL is opgebouwd uit een aantal schermen, die genummerd zijn met twee cijfers. Het eerste cijfer geeft de laag aan, het tweede cijfer de diepte. De laag van het scherm geeft het stadium van de risicoanalyse aan, de bij een laag behorende diepere schermen geven achtergrondinformatie. Met behulp van een menu manoeuvreert de gebruiker van scherm naar scherm (zie ook figuur 1).

figuur 1 Structuur van GRASBOL



Een scherm is opgebouwd uit een menubalk, een middenveld en een statuslijn. De menubalk biedt de relevante keuzes aan de gebruiker, de statuslijn geeft wat het actuele scherm is, welke stof de gebruiker heeft gekozen en of er nog achterliggende schermen voorhanden zijn. Alle teksten en grafieken verschijnen op het middenveld.

De gebruiker kiest een stof en voert van deze stof de gemeten concentraties in, of gebruikt bij default de door het systeem aangeboden concentraties. De gebruiker kan instellen of de berekeningen uitgevoerd moeten worden met de gemiddelde concentraties of met de hoogst gemeten, om zowel een local case als een worst case analyse te kunnen maken. Het systeem rekent steeds met een gemiddelde inname en met een hoge inname.

De volgende bestanden worden gebruikt in GRASBOL:

stoffen

naam
eigenschappen
normen
aangrijpingsorgaan

concentraties

stof
plaats
medium
concentratie

risicogroepen

leeftijd
geslacht
inname per medium
gedrag
gevoeligheid

Bij de verdere informatica-technische ontwikkeling moet de nadruk liggen op flexibel gebruik. De proefversie is wat dat betreft veel te star: de proefversie presenteert zich als een opeenvolging van schermen waar de gebruiker op een beperkt aantal manieren doorheen kan "bladeren". In het uiteindelijke programma zal de gebruiker sneller en via meer ingangen toegang tot delen van het programma moeten kunnen krijgen. Hiervoor moeten eerst de verdere eisen aan het systeem vastgelegd worden. In hoofdstuk 10 wordt een aanzet hiervoor gegeven.

10 VERDERE TECHNISCHE ONTWIKKELING VAN GRASBOL

10.1 Blootstellingsberekening

In de proefversie van GRASBOL zijn alleen de vier hoofdrouden voor blootstelling aangegeven: bodem, water, lucht en voeding. In de uiteindelijke versie zal binnen deze categoriën een verdere uitsplitsing in voor de analyse relevante categoriën mogelijk moeten zijn, b.v.

- bodem - speelplaatsen
 - overige
- water - drinkwater
- lucht - binnenhuislucht
 - buitenlucht
 - overige (b.v. kruipruimten)
- voeding - groenten - eigen tuin
 - elders
- vlees - eigen slacht
 - elders
- overige

Via vragen met betrekking tot verblijftijden van mensen op diverse plaatsen en consumptiehoeveelheden van bijvoorbeeld groenten uit eigen tuin zal een blootstellingsanalyse van een meer specifieke situatie gemaakt kunnen worden.

Ook zal in de uiteindelijke versie van GRASBOL een "persoonlijke" analyse van de blootstelling van de gebruiker gemaakt kunnen worden ten einde cognitieve scenario's te maken. Hiervoor wordt met behulp van een aantal algemene vragen de gebruiker "geïdentificeerd" uit een combinatie van de risicogroep waartoe hij/zij behoort en de door de gebruiker ingevulde omgevingsconcentraties en verblijftijden.

Overigens zal de gebruiker altijd gebruik kunnen maken van standaardgegevens en/of zelf ingevoerde relevante gegevens.

10.2 Kwalitatieve informatie

In de GRASBOL-proefversie wordt aangegeven hoe de kwalitatieve informatie wordt opgenomen en weergegeven. Dit moet nog verder worden uitgewerkt, met name informatie die betrekking heeft op de situatie dat er geen of weinig gegevens over concentraties van stoffen zijn. Hierbij zal niet alleen een kwalitatieve indicatie met betrekking tot mogelijke risico's gegeven kunnen worden, maar ook een leidraad voor het uit te voeren onderzoek dat nodig is om deze risico's te kunnen kwantificeren. Uiteraard kan verdere informatie, bijvoorbeeld actie-mogelijkheden, hierbij aangegeven worden. Een korte beschrijving van het uit te voeren deelonderzoek wordt onderstaand gegeven.

Data voor risico-analyse kunnen bestaan uit milieumetingen in de verontreinigde situatie (gehalten in bodem, groente uit groentetuintjes e.d.), maar kunnen ook met behulp van (verspreiding)modellen en andere eenvoudige benaderingsmethoden, bijvoorbeeld m.b.v. concentratiefactoren, gegenereerd worden uit andere (gemeten) data.

Uitgangspunt zijn de volgende vragen:

1. Welke (typen) data in algemene zin zijn nodig voor analyse en beoordeling van gezondheidsrisico's?
2. Voor welke data zijn benaderingsmethoden w.o. (verspreidings)modellen beschikbaar?
3. Welke algemene data zijn nodig als input voor de modellen en welke data moeten minimaal empirisch (lokatie-specifiek) bepaald worden?
4. Welke meetstrategieën bestaan er voor milieumetingen specifiek voor bodemverontreinigingssituaties?

Van belang bij alle vragen is welke mate van nauwkeurigheid in de analyse gewenst is; een grotere nauwkeurigheid in de uitkomsten vereist een meer diepgaande analyse op basis van meer locatie-specifieke (empirische) data. Het gebruik van benaderingsmethoden c.q. modellen speelt dan alleen nog een rol als het gaat om voorspellingen in de tijd, bijvoorbeeld de te verwachten verspreiding van een stof vanuit een stortplaats in het milieu ten behoeve van een inschatting van toekomstige risico's. Voor een eerste probleem-signalering is echter een globale "worst-case" analyse voldoende

nauwkeurig. Bij een dergelijke analyse wordt uitgegaan van een minimale set van (niet noodzakelijk representatieve) data en wordt gebruik gemaakt van globale benaderingswijzen voor de verspreiding van een stof vanuit de bodem naar andere voor blootstelling relevante compartimenten (op basis van basale stofeigenschappen en weinig lokatie-specifieke informatie). Op grond van de uitkomsten van deze "worst-case" analyse kan aangegeven worden welke data verzameld moeten worden ten behoeve van een meer gedetailleerde, zogenaamde "local-case" analyse.

Bij de inventarisatie van benaderingsmethoden c.q. modellen kan gedacht worden aan een reeks modellen variërend van globale kwalitatieve modellen tot geavanceerde kwantitatieve modellen, bijvoorbeeld:

- "kwalitatieve modellen" - vluchtige stoffen verdampen
 - lipofiele stoffen absorberen aan o.a. bodem
 - etc.
- eenvoudige globale kwantitatieve modellen, bijv. de concentratiefactormethode²³
- compartiment-specifieke gedetailleerde kwantitatieve modellen

De beschikbare modellen zullen geëvalueerd moeten worden op basis van criteria als gewenste mate van nauwkeurigheid, gebruikersvriendelijkheid, implementeerbaarheid in het reken- en informatiesysteem, etc.

Met betrekking tot meetstrategieën dient, vanwege de voorlichtende functie van het systeem, rekening gehouden te worden met de wensen en mogelijkheden van bewoners. Zo zal het systeem ook richtlijnen moeten kunnen geven hoe de empirisch te bepalen data het beste (in wetenschappelijke zin) en toch zo efficiënt mogelijk, wat betreft tijd en geld, verzameld kunnen worden. De mate van voorkennis van de verontreinigings-situatie speelt bij de keuze van een meetstrategie een belangrijke rol. Op basis hiervan kunnen verschillende situaties gedefinieerd worden, bijvoorbeeld:

- geografische verspreiding van bronnen niet bekend
- diffuse verspreiding, bijv. bij baggerslib

- lijnbronnen, regelmatig patroon, bijv. bij opgevulde sloten
- puntbronnen, onregelmatig patroon, bijv. bij voormalige stortplaatsen

In dit onderzoeksdeel zullen de verschillende meetstrategieën in relatie tot de verontreinigingssituatie en de gewenste mate van nauwkeurigheid nader beschreven worden.

Een andere soort kwalitatieve informatie heeft betrekking op mate van (on)zekerheid in de gebruikte en ingevoerde gegevens. Met betrekking tot bijvoorbeeld de (ingevoerde) toxicologische informatie zal met verschillende "maten" gewerkt moeten worden. Hoe dit in GRASBOL opgenomen kan worden, wordt met het onderstaande voorbeeld geïllustreerd.

ADI-waarden vormen de sleutels voor de stap van blootstelling naar mogelijke toxische effecten van stoffen. Met betrekking tot ADI-waarden kunnen verschillende status-niveau's worden onderscheiden:

- Een vaste en zekere ADI. Deze kan in het programma, indien gewenst, 'transparant' (onzichtbaar) worden verwerkt.
- Een ADI-in-discussie. Een dergelijke ADI staat in toxicologische fora ter discussie, bijvoorbeeld door een vermoeden van kankerverwekkendheid. Hierbij zou als eis gesteld kunnen worden dat het systeem twee ADI's verwerkt ten behoeve van een automatisch aan de gebruiker gemelde gevoeligheidsanalyse. Ook kan een kwalitatieve ('verhalende') vlag bij de ADI worden geplant, zodat de gebruiker automatisch weet welke ADI's ter discussie staan en wat die discussie samengevat inhoudt.
- Een 'zelfgemaakte' ADI. Een nog lagere status hebben de toxicologische eigenschappen van stoffen die weliswaar geen officiële of bediscussieerde ADI-waarde hebben, maar waarvan door de onderzoeker zelf een ADI-indicatie is te geven, bijvoorbeeld op grond van QSAR's. Hieraan worden wel strengere eisen in termen van gevoeligheidsanalyses en vlaggen gesteld.

Een stof zonder ADI. Soms is niets zinnigs te zeggen over de ADI van een stof (of is de stof nog niet opgenomen in de GRASBOL-gegevensbank). De stof blijft dan buiten de kwantitatieve risico-analyse, maar wordt wel kwalitatief bij de output opgenomen.

Ook zal er een relatie gelegd moeten worden tussen de mate van onzekerheid van de ingevoerde gegevens en de mate van onzekerheid van, en nuancering in de blootstellingsberekening. De concentratiegegevens uit een beperkt onderzoek zullen bijvoorbeeld dermate onzeker zijn, dat een blootstellingsberekening voor alle mogelijke risicogroepen niet zinvol is. In dat geval zou bijvoorbeeld een "worst-case" berekening uitgevoerd moeten worden. Aan de hand van antwoorden van de gebruiker op door GRASBOL gestelde vragen zou GRASBOL zelf deze afstemming tussen de ingevoerde gegevens en de berekening en presentatie kunnen maken.

10.3 Informatiepresentatie

Het is uiteindelijk de bedoeling dat de gebruiker op verschillende manieren de blootstellingsinformatie gepresenteerd krijgt:

- 1 per stof en per lokatie voor alle risicogroepen
- 2 per stof en per risicogroep voor meerdere lokaties
- 3 per lokatie en per risicogroep voor meerdere stoffen.

Door deze meerdimensionale presentatie van de gegevens, en de mogelijkheid om meerdere situaties, stoffen en/of risicogroepen met elkaar te vergelijken, wordt inzicht in risicofactoren gegeven. De proefversie van GRASBOL kan alleen nog maar een gedeelte van 1.

De aspecten van de risico-presentatie (bijvoorbeeld het gebruik maken van risicovergelijkingen en van scenario-informatie) moeten nog verder worden uitgewerkt.

11 VERVOLGONDERZOEK

In de eerste helft van 1989 zal door het CML een vervolgstudie worden uitgevoerd. Aspecten die verder uitgewerkt worden zijn:

1 Ontwikkeling en uittesten van een prototype

De belangrijkste onderdelen van deze taak zijn beschreven in hoofdstuk 10. Het data-bestand zal beperkt gevuld hoeven te worden.

Met deze versie moet een volledig "veldexperiment" uitgevoerd kunnen worden. Gedacht wordt aan een combinatie van retrospectief en simulatieonderzoek: de effectiviteit van GRASBOL wordt getest met behulp van een laboratoriumsimulatie van een aantal bestaande en goed gedocumenteerde verontreinigingsgevallen.

2 Inventarisatie en inbouwen van verspreidingsmodellen

Om de gegevens die in GRASBOL gestopt worden optimaal te gebruiken, en vooral ook in de situatie dat onvoldoende gegevens bekend zijn, bijvoorbeeld in de fase van historisch of oriënterend onderzoek, kunnen ondersteunende voorspellingsmodellen aan GRASBOL gekoppeld worden. Welke modellen voor welk specifiek doel geschikt zijn, hoe ze aan GRASBOL gekoppeld kunnen worden en hoe ze (interactief) gebruikt kunnen worden zal verder onderzocht moeten worden.

3 Interactie tussen systeem en gebruiker

Hierbij gaat het om de cognitief ergonomische aspecten met betrekking tot de informatiepresentatie van het systeem. In de cognitief ergonomische literatuur wordt de interactie tussen gebruiker en systeem beschreven in termen van een taak en de representatie van die taak door het systeem, waarbij de representatie idealiter een 'afspiegeling' van die taak vormt.

Voor GRASBOL kunnen de verschillende taken worden onderscheiden aan de hand van de verschillende doelstellingen van de gebruikersgroepen (zie ook hoofdstuk 4 en 6). Een bepaald gebruik bepaald de wensen die de gebruiker aan het systeem stelt en daarmee de taak die de gebruiker met het systeem gaat uitvoeren. Het systeem dient zodanig te zijn vormgegeven, dat de gebruiker die taak kan uitvoeren en bovendien op zodanige wijze dat de gerepresenteerde taak in het systeem zoveel mogelijk overeenkomt

met de wijze waarop de gebruiker die taak wenst uit te kunnen voeren.

Dit onderzoeksdeel kan met behulp van het demonstratiemodel GRASBOL en met vragenlijsten worden uitgevoerd. Potentiele gebruikers kunnen hiervoor in een laboratoriumsituatie gebracht worden. Daarnaast zal een verdere inventarisatie en definiëring van de behoefte aan informatie door de verschillende gebruikersgroepen moeten worden uitgevoerd.

4

Bestuurskundige aspecten van GRASBOL

Hierbij kunnen globaal twee aspecten onderscheiden worden, namelijk

- hoe kunnen procedures en onderzoeksfasen bij bodemverontreiniging (actief) in GRASBOL geïmplementeerd worden;
- hoe kan GRASBOL passen in de bestuurlijke procedures bij bodemverontreiniging.

Voor het verdere operationaliseren van GRASBOL zal een databestand opgezet moeten worden. Hiertoe zal een inventarisatie van bestaande databestanden moeten worden uitgevoerd, en de mogelijkheden onderzocht worden om deze bestanden voor GRASBOL te gebruiken. In aansluiting hierop zal een op GRASBOL geënt data-bestand moeten worden opgebouwd, dus geschikt voor PC-gebruik.

Bij het vervolgonderzoek zal indien mogelijk worden aangesloten bij andere ontwikkelingen op dit gebied in Nederland.

Literatuur

1. De Rijk J.D. en H.P. de Lange
Bodemverontreiniging, bodemsanering en bodembescherming: een programmering voor onderzoek bij de universiteiten van Leiden, Delft en Rotterdam
(samenvattend rapport)
Delftse Universitaire Pers, 1988
2. De Rijk J.D.
Onderzoekswensen van bewoners en milieu-organisaties op het gebied van bodemverontreiniging, bodemsanering en bodembescherming
Delftse Universitaire Pers, 1988
3. Arkesteijn P.G.M., P. van Eck en M.M. Sweep
Bodembescherming
Delftse Universitaire Pers, 1988
4. Baas L.W. en J.P.C. Dieleman
Bestuurlijke aspecten van bodemverontreiniging
Delftse Universitaire Pers, 1988
5. W.L.M. Tamis; H.A. Udo de Haes; W.G.H. van der Naald
Milieueffecten van bodemverontreiniging;
Delftse Universitaire Pers, 1988
6. Nederland Gifvrij
Bodemonderzoek laten uitvoeren
Nederland Gifvrij, Utrecht, 1985
7. L.W. Baas, J. de Boer, B. Hoefnagel, H. Geerlings, W.B.A.M. Melief, J.C. van der Wouden
Psychologische aspecten van bodemverontreiniging - conclusies en aanbevelingen van het onderzoeksproject
Ministerie van V.R.O.M., reeks bodembescherming, no. 42, 1985
8. Stallen P.J.M.
Principles for Industrial Risk Communication
Centre for Technology and Policy Studies
TNO-Apeldoorn, The Netherlands, 1987
9. Vlek C.A.J.
Risiko-beoordeling en besluiten in onzekerheid. De 'gokvisie' vs. de 'beheersvisie' op technologische veiligheid.
Instituut voor Sociale en Organisatie Psychologie & Verkeers Studie Centrum, R.U. Groningen, 1987
10. Verplanken B., C.J.H. Midden en D.D.L. Daamen
Kansoordelen van deskundigen en leken: feiten tegenover gevoelens?
Nederlands Tijdschrift voor Psychologie 43, p.194-205, 1988
11. Midden C.J.H., D.D.L. Daamen en B. Verplanken
Personal Attitudes towards Large Scale Technologies
In: Linking Economics and Psychology. Proceedings of the 1984 IAREP Annual Colloquium.

Tilburg University, 1984

12. K.W. Keuzenkamp
Leeflaag en bodemsanering
Milieu, 3(2), pp 59-6-, 1988
13. A. van Pelt
Leeflaagprincipe: een korte termijnvisie
Milieu, 3(2), pp 61-61, 1988
14. Hendrickx L., H. Oppewal en C. Vlek
Importance of Scenario Information versus Frequency Information in the
Judgement of Risk.
Traffic Research Centre & Institute for Social and Organisational Psychology
University of Groningen, The Netherlands, 1987
15. J.H. van Wijnen
Een modelmatige benadering van het gezondheidsrisico bij bodemverontreiniging
Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg, 65, pp 383-391, 1987
16. Haring, B.J.A., J.J.c. Karres, P. van der Poel en B.J.c. Zoeteman
Onderzoek naar de gebruiksgewoonten bij drinkwaterconsumptie in Nederland
H₂O, 10, 212/216, 1979
17. Guidelines for the Study of Dietary Intakes of Chemical Contaminants
World Health Organisation, Geneva, Report no. WHO-EFP/83.53, 1983
18. Arcidicono T,
Computerizing Reasoning. in:
PcTech Journal, vol 6 no. 5, 1988
19. Polya, G.,
How to solve it
Anchor Books, New York, 1975
20. Swaine, M.
"Programming Paradigms"
In Dr. Dobbs Journal of Software Tools no. 140, 110 - 122, 1988
21. Townsend C.,
Advanced Techniques in Turbo Prolog
Sybex, San Fransisco, 1987
22. Silvert W.,
"Symetric Summation"
In BYTE, vol 13, no 7, pp 26-30, 1988
23. Rosenblatt D.H., J.C. Dacre
An environmental fate model leading to preliminary pollutant limit
values for human health effects. In: Environmental risk analysis for
chemicals, R.A. Conway (ed.)
Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1982

- 24 Onderzoek van additieven, chemische contaminanten en nutriënten in totale dagvoedingen, 1984-1986. Deel 1. Opzet en uitvoering
TNO-rapport nr. V 96.203/330359, 1986
- 25 Advies inzake uitgangspunten voor normstelling. De inzichtelijke opbouw van advieswaarden voor niet-mutagene, niet carcinogene en niet immuno-toxische stoffen.
Gezondheidsraad 1985

BIJLAGE I: SCHERMEN VAN GRASBOL

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

aan GRASBOL werken mee:

Wytze van der Naald
Ruben Huele
Martijn de Loor
Joop Houwers
Wouter de Groot

GRASBOL is gefinancierd door de
Rijksuniversiteit Leiden,
op initiatief van de
Wetenschapswinkel Leiden.

scherm(0,2)

-- 0 --

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

GRASBOL is ontwikkeld om een schatting te maken
van de hoeveelheid giftige stoffen
die bewoners van verontreinigde bodemlokaties
binnen kunnen krijgen:
de blootstelling.

Deze blootstelling wordt beoordeeld
met behulp van wat mensen binnen
mogen krijgen, de toxicologische normen.

scherm(1,0)

zie dieper voor meer informatie over risicoanalyse

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

GRASBOL
SYSTEEM VOOR RISIKOANALYSE
BIJ BODEMVERONTREINIGING

ontwikkeld door het

CENTRUM VOOR MILIEUKUNDE LEIDEN
POSTBUS 9518
2300 RA LEIDEN
tel 071 - 27 74 86

copyright: CML

DIT IS DE PROEFVERSIE 1.2 -- JANUARI 1989

scherm(0,0)

--- dieper voor de credits ---

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

Let wel: dit is een proefversie,
alleen bedoeld om een indruk te geven
van de werking van het GRASBOL systeem.

het CENTRUM VOOR MILIEUKUNDE LEIDEN
staat dus niet in voor de juistheid
of toepasbaarheid van de resultaten.

scherm(0,1)

-->

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

Hoe meer iemand van een giftige stof binnenkrijgt,
hoe gevaarlijker dat is.

De inname van een stof is meestal niet direkt te meten
maar moet geschat worden
uit de konsentraties in water, lucht, bodem en voedsel
en uit de hoeveelheden water, lucht, bodem en voedsel
die iemand binnenkrijgt.

Deze hoeveelheden hangen af van leeftijd, geslacht
en van factoren als gedrag.

scherm(1,1)

-- >

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

Als toxicologische norm gebruikt GRASBOL de
Aanvaardbare Dagelijkse Inname (ADI);
dit zijn innamehoeveelheden die door
deskundigen veilig geacht worden.

Niet voor alle stoffen zijn ADI-waarden opgesteld.
bovendien zijn niet voor alle risicogroepen
ADI-waarden vastgelegd.
als er geen officiële ADI-waarden zijn, maakt
GRASBOL gebruik van niet-officiële waarden,
zgn mADI-waarden (model ADI).

scherm(1,2)

dieper voor de onderbouwing van ADI's

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

ADI's worden meestal vastgesteld op basis van
experimenten met proefdieren.
De gegevens worden geëxtrapoleerd naar de mens.

Bij deze extrapolaties wordt gewerkt met
veiligheidsmarges, om voor onzekerheden te corrigeren.

De onzekerheden zijn vaak dermate groot
dat niet met totale zekerheid gesteld kan
worden dat een ADI veilig is.

scherm(1,3)

--dieper voor literatuur--

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

Gebruikte literatuur:

De getallen die in deze proefversie van GRASBOL
verwerkt zijn, zijn overgenomen uit de volgende
literatuur: CCRX-jaarverslag 1986 en -evaluatie-rapport
cadmium (1986); Basisdocument cadmium (1987); Advies van de
Gezondheidsraad inzake normstelling (1984); TNO-onderzoek
naar de voedselconsumptie van 18-jarigen (1987); WHO/FAO-onderzoek
naar verschillen in voedselconsumptie (1983); Onderzoek naar
drinkwaterconsumptieconsumptie door Haring e.a. (1979) en het
Contaminantenboekje van WVC (1986)
Meer informatie over de literatuur is in het GRASBOL-verslag
opgenomen. Dit is op te vragen bij het CML

scherm(1,4)

--0--

verder dieper terug ga_naar optie help stop

—GRASBOL—

HOE WERKT GRASBOL?

Als de stof bekend is,
en de concentratie in bodem, drinkwater, voeding en lucht bekend is,
dan maakt GRASBOL een schatting van de blootstelling.

U kunt gegevens over de concentratie
op een bepaalde lokatie invoeren,
maar u kunt ook gebruik maken van gegevens
over de achtergrondconcentratie in Nederland.

Voor de diverse risicogroepen wordt de blootstelling
berekend en getoetst aan de voor die stof geldende ADI-waarde.

scherm(2,0)

--0--

verder dieper terug ga_naar optie help stop

—GRASBOL—

In deze proefversie van GRASBOL kunt u kiezen uit:

giffen
cadmium
kwik
benzo(a)pyreen

scherm(3,0)

wijs aan met cursor en bevestig met <return>

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

Op het volgende scherm kunt u de concentraties van
cadmium
op een bepaalde lokatie invoeren,
of u kunt gebruik maken van de gegevens
van de achtergrondconcentraties van
cadmium
in Nederland.

Na het invullen van de gegevens kunt u op <f10> drukken,
Vervolgens wordt een overzicht van de blootstelling gegeven.
In deze proefversie van GRASBOL
wordt de blootstelling berekend voor een aantal risicogroepen
(zie ook de achterliggende schermen bij 1.0).

CADMIUM

dieper voor de eigenschappen van cadmium

scherm(3,0)

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

de eigenschappen van
cadmium
erg giftig
matig oplosbaar
niet vluchtig
slecht afbreekbaar
goede opname in planten
geen aantasting waterleiding

CADMIUM

<dieper> voor de konsekwenties

scherm(3,1)

verder dieper terug ga_naar optie help stop

—GRASBOL—

De eigenschappen van
cadmium
hebben de volgende konsekwenties voor bodemverontreiniging:

kleine dosis kan gevaarlijk zijn
geen grote verspreiding door grondwater
geen grote verspreiding door de lucht
lange verblijftijd in de grond
groenten kunnen besmet zijn
leidingwater wordt niet beïnvloed

CADMIUM

scherm(3,2)

-- 0 --

cadmium

water ug/l	0	0
lucht ng/m3	3	0
grond mg/kg	0.4	0
voedsel ug/kg	10	0

linkerkolom: nederlandse achtergrondwaarden
rechts: lokale gegevens (zelf invullen aub)

<f10> als u klaar bent met veranderen

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

Op de volgende schermen
ziet u grafieken van de blootstelling
per leeftijdsgroep

Deze blootstelling is berekend
uit de concentraties en vaste gegevens over consumptie
van voeding en water, de inname van bodem en de inademing van lucht
de consumptiedata staan <dieper> achter de grafieken
met <optie> kunt u kiezen tussen een berekening
met achtergrondconcentraties, of gemiddelde of maximum
concentraties op een bepaalde lokatie

CADMIUM

scherm(4,0)

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

Inname voor kinderen naar leeftijd geordend
|| : officiële norm, 64 ug per kilo per dag
2.56 ug per ■
Achtergrondconcentraties

1 - 3
4 - 6
7 - 9



■ bij gemiddelde inname ■ bij hoge inname

CADMIUM

scherm(5,0)

inname per kilo lichaamsgewicht per dag

verder dieper terug ga_naar optie help stop

—GRASBOL—

Inname voor tieners naar leeftijd geordend
 || : officiële norm, 64 ug per kilo per dag
 2.56 ug per ■
 achtergrondconcentraties

10 - 12	■	jongens	
13 - 15			
16 - 19			

10 - 12	■	meisjes	
13 - 15			
16 - 19			

■ bij gemiddelde inname bij hoge inname

CADMIUM

inname per kilo lichaamsgewicht per dag

scherm(6,0)

verder dieper terug ga_naar optie help stop

—GRASBOL—

volwassenen
 || : officiële norm, 64 ug per kilo per dag
 2.56 ug per ■
 achtergrondconcentraties

mannen	■	
vrouwen	■	
zwangeren		
zogenden		

■ bij gemiddelde inname bij hoge inname

CADMIUM

Inname per kilo lichaamsgewicht per dag

scherm(7,0)

verder dieper terug ga_naar optie help stop

—GRASBOL—

inname van voedsel, lucht en water

leeftijd	gewicht kg	voedsel g/kg dag	lucht l/kg dag	water ml/kg dag
1 - 3	13.4	77	510	55
4 - 6	20.2	70	460	40
7 - 9	28.1	60	390	30

hoge inname: lucht 130 % - water 170 % - voeding 200 %
bij 5 tot 10 % van de bevolking

CADMIUM

scherm(5,1)

-- 0 --

verder dieper terug ga_naar optie help stop

—GRASBOL—

inname van voedsel, lucht en water

leeftijd	gewicht kg	voedsel g/kg dag	lucht l/kg dag	water ml/kg dag
10 - 12	36.9	53	355	25
13 - 15	51.3	43	285	20
16 - 19	62.9	39	245	17

jongens

hoge inname: lucht 130 % - water 170 % - voeding 200 %
bij 5 tot 10 % van de bevolking

CADMIUM

scherm(6,1)

verder dieper terug ga_naar optie help stop

GRASBOL

inname van voedsel, lucht en water

	gewicht kg	voedsel g/kg dag	lucht l/kg dag	water ml/kg dag
mannen	65	35	230	20
vrouwen	55	32	200	18
zwangeren	60	33	217	18
zogenden	55	39	285	18

hoge inname: lucht 130 % - water 170 % - voeding 200 %
bij 5 tot 10 % van de bevolking

CADMIUM

scherm(7,1)

-- 0 --

GRASBOL

help

kies
stof

geef
konsentraties

gegeven:
konsumptie

bereken
inname

toets aan
norm

-- druk op de spatiebalk --

0,0)

verder

terug

index

stop

GRASBOL

uitleg
GRASBOL

uitleg
normen

kies
stof

eigenschappen
stof

advies
onderzoek

invoer
konsentraties

grafiek
blootstelling

gegevens
verbruik

in de breedte: <dieper> -- naar beneden: <verder>
-- druk op de spatiebalk --

0,0)

6.2.108 ^{20x} / 89