

32/446(648)  
2<sup>e</sup> ex

## **Inventarisatie van op- en neerschalingsmethodieken**

**J.H.M. Wösten  
P. Groenendijk  
J. Kros**

**BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"**  
Droevendaalsesteeg 3a  
6708 PB Wageningen

**Rapport 648**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1998**

lsn 957211

## REFERAAT

Wösten, J.H.M., P. Groenendijk en J. Kros. 1998. *Inventarisatie van op- en neerschalingsmethodieken*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 648. 82 blz.; 14 fig.; 3 tab.; 48 ref.

Op- en neerschalingsmethodieken worden veelvuldig toegepast omdat de schaal waarop de invoervariabelen beschikbaar zijn, verschilt van de schaal waarop uitvoervariabelen gewenst zijn. Aan de hand van literatuurgegevens wordt allereerst een nadere omschrijving van het begrip schaaltransformaties gegeven. Vervolgens is een inventarisatie uitgevoerd van studies waarin schaaltransformaties aan de orde zijn. Deze inventarisatie concentreerde zich op SC-DLO studies met een beperkte uitbreiding naar studies uitgevoerd door AB-DLO, IBN-DLO en LEI-DLO. De geïnventariseerde studies zijn gegroepeerd aan de hand van een aantal praktische schalingskenmerken en aan de hand van een meer theoretisch raamwerk. Tenslotte worden conclusies geformuleerd en aanbevelingen gedaan over de richting waarin toekomstig onderzoek zich dient te bewegen.

Trefwoorden: schaaltransformatie, ruimteschaal, tijdschaal, aggregatie, lumped parameter, modelvereenvoudiging, functionele toetsing

ISSN 0927-4499

© 1998 DLO Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied  
(SC-DLO),  
Postbus 125, NL-6700 AC Wageningen.  
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: [postkamer@sc.dlo.nl](mailto:postkamer@sc.dlo.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Projectnummer 81008

[Rapport 648/IS/03-98]

## **Inhoud**

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Woord vooraf                                                                | 7  |
| Samenvatting                                                                | 9  |
| 1 Inleiding                                                                 | 13 |
| 2 Achtergrond                                                               | 15 |
| 3 Aanpak                                                                    | 29 |
| 3.1 Groepering van de schalingsmethodieken in een algemeen, praktisch kader | 29 |
| 3.2 Groepering van de schalingsmethodieken in een theoretisch kader         | 30 |
| 4 Inventarisatie                                                            | 35 |
| 5 Synthese                                                                  | 67 |
| 5.1 Bespreking van de onderscheiden, algemene procedures                    | 67 |
| 5.2 Bespreking van de onderscheiden, theoretische methoden                  | 71 |
| 6 Conclusies en aanbevelingen                                               | 75 |
| 6.1 Conclusies                                                              | 75 |
| 6.2 Aanbevelingen                                                           | 76 |
| Literatuur                                                                  | 79 |

## **Woord vooraf**

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden in het kader van het DLO-programma 'Geodata Groene Ruimte (328)'. Het onderzoek bestond uit een inventarisatie van op- en neerschalingsmethodieken zoals in concrete studies van SC-DLO, AB-DLO, IBN-DLO en LEI-DLO zijn toegepast. Graag willen wij alle DLO medewerkers bedanken die concrete projectvoorbeelden hebben aangeleverd voor deze inventarisatie. Deze bijdragen stelden ons in staat om een schets te geven van de huidige stand van zaken op dit gebied en om vervolgens conclusies te trekken en aanbevelingen te doen voor vervolg onderzoek. Bijzondere dank aan M.F.P. Bierkens, P.A. Finke en M.J.W. Jansen voor hun inbreng bij het opstellen van het theoretische raamwerk voor de groepering van de geïnventariseerde op- en neerschalingsmethodieken.

## Samenvatting

Voor de interesse in op- en neerschalingmethodieken kunnen ruwweg de volgende drie belangrijke redenen worden aangewezen:

- Simulatiemodellen gebruiken invoergegevens die alleen kunnen worden verkregen op een veel kleinere schaal dan de schaal waarop de resultaten van de modelberekeningen geldig moeten zijn. Er is dus een noodzaak om informatie van de ene naar de andere schaal te transformeren.
- Het gebruik van geavanceerde meetmethoden en de ontwikkeling van chemische en fysische procesmodellen enerzijds het inzicht in de processen die zich afspelen op de puntschaal aanzienlijk heeft doen toenemen terwijl anderzijds actuele maatschappelijke vraagstukken zoals klimaatsverandering, zure regen depositie en de aandacht voor duurzame landbouw zich af spelen op de veel grotere schaal van veld, landschap, land of continent.
- Met het schaarser worden van de onderzoeksgelden onderzoekers op het gebied van bodem en water die zich traditioneel meer op de kleine schaal richtten nu hun aandacht verleggen naar meer actuele maatschappelijke vraagstellingen en deze laatste liggen meestal op de hogere schalen.

Omdat het begrip op- en neerschaling nogal verschillend wordt gebruikt, is gepoogd aan de hand van literatuurgegevens een nadere omschrijving te geven van het begrip. Hierbij wordt ondermeer ingegaan op zaken zoals:

- De bij een bepaalde vraag- of probleemstelling behorende representatieve schaal.
- Aanpassing van de procesmodellen zodat ze aansluiten bij de schaal van vraag- of probleemstelling.
- Het feit dat bemonstering en waarneming representatief zijn voor een bepaalde ruimte- en tijdschaal en daardoor niet automatisch bruikbaar zijn voor ieder schaalniveau.
- De vertaling van informatie die op een specifieke locatie is verzameld naar vlakdekkende informatie.
- Bij de bespreking van de literatuur over schalering is niet getracht een volledig beeld te geven, maar wel is gepoogd relevante achtergronden te schetsen om zodoende een algemeen begrippenkader te kunnen hanteren.

Vervolgens is bij SC-DLO en in beperkte mate bij AB-DLO, IBN-DLO en LEI-DLO, een inventarisatie uitgevoerd van gebruikte schalingmethodieken. Aan onderzoekers van deze instituten is gevraagd of zij voorbeelden wilden leveren van concrete projecten op dit gebied. De aldus verzamelde informatie is geanalyseerd door te kijken naar een reeks praktische kenmerken:

- Het thema waarop de studie betrekking heeft
- Het concept van de studie
- De gebruikte schalingmethodiek
- Of ruimtelijk werd opgeschaald
- Of ruimtelijk werd neergeschaald
- Of verandering in tijdschaal plaatsvond

De 28 geïnterviewde schalingsmethodieken zijn gegroepeerd in drie meer algemene procedures. Bij deze synthese is gekeken naar:

- De aard van het onderzoek dat binnen de betreffende case is uitgevoerd. Of het hoofdzakelijk ging om bemonstering voor gegevensverzameling, bewerking en interpretatie van de gegevens en/of modelanalyse.
- Hoe is omgegaan met de schaalproblematiek in de betreffende case. Hier zijn vier gradaties aangebracht: louter signaleren van de schaalproblematiek, eerste aanzet tot een methodiek om met het schaalprobleem om te gaan, verdere uitwerking van de methodiek en tenslotte systematische analyse van het schaalprobleem.
- Of de ruimteschaal binnen de betreffende case verandert. Dit onderverdeeld in open neerschalen.
- Of de tijdschaal binnen de betreffende case verandert.

De onderscheiden drie algemene procedures hebben de volgende kenmerken.

Signaleren en aanzet tot een methodiek voor omgaan met verschillende schalen

1. Deze procedure wordt vaak toegepast.

- Kenmerkend is dat geen of dat slechts een kwalitatief model wordt gebruikt om op te schalen.
- De dominante grootte op een lager schaalniveau wordt gekozen als de representatieve grootte op het volgende, hogere schaalniveau.
- Men is zich bewust van het feit dat op deze manier informatie verloren gaat, maar een kwantitatieve inschatting van dit verlies wordt niet gemaakt.

2. Verdere uitwerking van de methodiek voor omgaan met verschillende schalen.

- Deze procedure wordt beperkt toegepast.
- Kenmerkend is dat een model wordt gebruikt en dat meerdere bronnen van informatie met elkaar worden gecombineerd.
- De op een hoger schaalniveau bestaande heterogeniteit wordt nu niet teniet gedaan door alleen te werken met de dominante grootte, maar deze heterogeniteit wordt nu juist uitgedrukt in de vorm van de spreiding rond de gemiddelde grootte.
- In plaats van middeling vooraf wordt nu zo lang mogelijk vastgehouden aan de onderlinge verschillen en wordt pas achteraf gemiddeld en een spreiding aangegeven.
- Frequentiediagrammen die de kans op voorkomen van een bepaalde grootte aangeven, zijn een aansprekende manier om resultaten te presenteren.

3. Systematische analyse voor het omgaan met verschillende schalen.

- Deze procedure wordt weinig toegepast.
- Kenmerkend is dat meerdere modellen worden gebruikt en dat meerdere bronnen van informatie met elkaar worden gecombineerd.
- Er wordt zowel aandacht besteed aan modelvereenvoudiging als aan ruimtelijke aggregatie van invoergegevens.
- Er vindt een systematische analyse plaats van het informatieverlies dat optreedt bij de overgang naar andere schalen.

Ter illustratie van de drie onderscheiden algemene procedure wordt voor elke procedure een figuur getoond van een voor de betreffende procedure kenmerkende case.

In aanvulling op de groepering van de geïnventariseerde studies naar praktische kenmerken, is ook een theoretisch raamwerk voor groepering ontworpen. Hierbij worden vier methoden onderscheiden:

1. Aggregatie van uitvoervariabelen
2. Directe schatting
3. Aggregatie van invoervariabelen
4. Proces-aggregatie

Binnen elk van deze vier methoden is een verdere verfijning in deelmethoden aangebracht. Door de praktische- en de theoretische benadering worden twee verschillende invalshoeken belicht voor groepering van schalingsmethodieken.

Het uitgevoerde onderzoek leidt tenslotte tot de volgende conclusies en aanbevelingen.

- Binnen SC-DLO, AB-DLO, LEI-DLO en IBN-DLO wordt op uiteenlopende manieren gebruik gemaakt van op- en neerschaling. Globaal kunnen deze werkwijzen worden gegroepeerd in 3 meer algemene procedures en in 4 theoretische methoden. Het is wenselijk om richtlijnen (kookboek) op te stellen voor hoe op- en neerschaling in een dergelijk geval wel en vooral ook hoe niet moet worden aangepakt.
- Het valt op dat de bij SC-DLO aanwezige kennis vaak niet ten volle wordt benut waardoor procedures worden gebruikt die beter zouden kunnen en dus ook betere eindresultaten zouden opleveren. Het verdient aanbeveling een concreet project te starten op een hoog integratieniveau en hierbij de in andere afdelingen aanwezige kennis van de schaalproblematiek bij te betrekken. Deze werkwijze leidt tot onderlinge kruisbestuiving en uiteindelijk tot betere resultaten waarin alle relevante aanwezige SC-DLO expertise is verwerkt.
- Voor een hoger schaalniveau worden modellen afgeleid met een eenvoudiger procesformulering. Op ad hoc basis wordt besloten of de bijbehorende parameters ook opgeschaald dienen te worden.
- Bij opschalen doen zich steeds de volgende moeilijkheden voor:
  - processen en bijbehorende parameters die zijn afgeleid voor een bepaald schaalniveau zijn niet zondermeer toepasbaar op een hoger schaalniveau.
  - niet-lineaire processen spelen een belangrijke rol.
  - De modelschaal vereist een representatief elementair volume (REV) dat groot is t.o.v. de schaal van natuurlijke variabiliteit.
- Opschaling moet worden gebaseerd op het functioneel toetsen van samen te voegen eenheden. Met modellen wordt vaak meer dan een afzonderlijk aspect berekend: zowel nitraat als N-uitspoeling, als P-uitspoeling. Het rekening houden met zowel de N als P functionaliteit (multi-goal functionaliteit) zou een heel andere opzet kunnen vergen van de modellen.
- Het verdient aanbeveling na te gaan welke bestaande (organische stof, Gt) informatie en welke nieuwe single value informatiebronnen (bijv. dichtheid van waterlopen) gebruikt kunnen worden voor neerschalen in het geval van grote milieu thema's zoals verzuring, verdroging en vermesting.
- De ruimtelijke schaal van ieder concept is vaak niet consistent met de ruimtelijke eenheid van een modelrekeneenheid. Om deze schalen met elkaar te matchen

moeten methoden worden ontwikkeld waarmee de intrinsieke schalen van de afzonderlijke concepten worden geoptimaliseerd.

- Bij het ontwerp van milieu-toetsen spelen schaalproblemen een rol:
  - significantie van fenomenen in statistische zin
  - bodemvariabiliteit
  - de combinatie met vervuilingsbronnen, die op een ander schaalniveau worden gemeten
- Stochastiek (kansverdelingen, geostatistiek (ruimtelijke verdelingen) en additionele informatie (vertaalfuncties, fractals) zijn belangrijke hulpmiddelen bij het oplossen van de schaalproblematiek.
- Het verdient aanbeveling om een concreet onderzoek uit te voeren naar de verhouding tussen (beleids)vraag, databeschikbaarheid, modelconcept en modelschaal in een gebied waarvan veel gegevens bekend zijn zoals het stroomgebied van de Beerze en de Reusel. Een dergelijk schaalonderzoek zou met name een gebiedsmodellering van de hydrologie als uitgangspunt moeten nemen en conclusies moeten opleveren tav de gewenste modelschaal in relatie tot de beleidsschaal.
- Het verdient aanbeveling een verklarende woordenlijst (glossary) op te stellen van begrippen die veelvuldig in de context van de schaalproblematiek worden gebruikt.

# 1 Inleiding

## *Probleemstelling*

Sinds het begin van de jaren zeventig wordt veel over schaalproblemen en -onderzoek geschreven. In de verschillende disciplines van het natuurwetenschappelijk onderzoek wordt het omgaan met schalen tegelijkertijd als probleem en als uitdaging ervaren. Beschouwingen over schaalproblemen hebben per discipline vaak een eigen inkleuring. Toch zijn er ook algemene beweegredenen te ontdekken die leiden tot deze belangstelling voor op- en neerschalingsmethodieken. In het volgende worden drie belangrijke motieven gegeven voor deze belangstelling.

Op de eerste plaats geldt dat simulatiemodellen invoergegevens gebruiken die alleen kunnen worden gemeten of worden verkregen op een veel kleinere schaal dan de schaal waarop de resultaten van de modelberekeningen geldig moeten zijn. Water en opgeloste stoffen transportmodellen zoals bijvoorbeeld NUCSAM (Groenenberg et al., 1995; De Vries et al., 1998) of SWAP (Kabat et al., 1995) gebruiken een veelheid aan bodemfysische en bodemchemische invoergegevens die alleen op puntschaal (een punt is in dit verband een volume in de orde van grootte van een  $\text{dm}^3$ ) gemeten kunnen worden terwijl de schaal waarop de resultaten van de berekeningen van belang zijn voor bijvoorbeeld boeren, planners en waterschappen de grootte heeft van hectaren of nog groter. Er is dus een noodzaak om informatie van de ene naar de andere schaal te transformeren.

Ten tweede is binnen het bodem- en wateronderzoek de laatste decennia het inzicht aanzienlijk toegenomen in de processen die zich afspelen op de puntschaal. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van geavanceerde meetmethoden zoals bijvoorbeeld Time Domain Reflectometry (TDR) om lokale vochtpatronen nauwkeurig te meten en de ontwikkeling van chemische en fysische procesmodellen die in staat zijn om de complexe interacties tussen de verschillende bodemprocessen adequaat te beschrijven. Aan de andere kant zien we dat de actuele maatschappelijke vraagstukken zoals bijvoorbeeld klimaatsverandering, verzuring en de aandacht voor duurzame landbouw zich afspelen op de veel grotere schaal variërend van veld, landschap, land of continent. Als gevolg van het spanningsveld tussen wat het onderzoek kan bieden en wat de maatschappij vraagt, is er een toenemende belangstelling voor schaalproblematiek.

Een derde belangrijk motief is het schaarser worden van de onderzoeksgelden. Traditioneel gezien ligt binnen het bodem- en wateronderzoek de nadruk op onderzoek naar problemen op kleine en minder naar problemen op grote schaal. Dit komt voor een belangrijk deel doordat onderzoekers in dit vakgebied traditioneel meer reductionistisch en minder synthetiserend zijn ingesteld. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld ecologen en klimatologen die van nature op grote schalen werken. Echter met het schaarser worden van de onderzoeksgelden wordt het steeds belangrijker dat het onderzoek aansluit bij actuele maatschappelijke vraagstellingen en deze laatste liggen meestal op de hogere schalen.

## 2 Achtergrond

Het begrip schalering wordt veelvuldig in allerlei rapporten en artikelen genoemd. Het is duidelijk dat dit onderwerp in veel onderzoek van belang is. Tegelijkertijd blijkt echter dat het begrip nogal verschillend wordt gehanteerd door de verschillende onderzoekers. Dit laatste maakt het niet altijd even gemakkelijk te achterhalen wat precies wordt bedoeld. In deze paragraaf wordt gepoogd een meer algemeen kader te schetsen van de schaalproblematiek. Dit wordt gedaan door gebruik te maken van belangrijke, bestaande literatuur over schaalproblematiek. De gepresenteerde achtergrond informatie is uiteraard niet uitputtend en volledig, maar wil bijdragen tot een nadere begripbepaling van het lastige fenomeen schalering.

Leijnse (1993) geeft in navolging van andere auteurs aan dat verschillende indelingen van schalen mogelijk zijn. Schaalproblemen doen zich voor bij de diverse stappen van de onderzoekscyclus. Modelonderzoek verloopt veelal volgens de route van vraagstelling → onderzoeksdoelen → schematisatie → model-ijking → voorspellingen ten aanzien de effecten van mogelijk veranderde randvoorwaarden en/of inputs. De schematisatie behelst de keuze van de processen en de beschrijving ervan en de ruimtelijke en temporele discretisatie. In vrijwel alle stappen van modelonderzoek krijgt men te maken met schaalproblemen. De vertaling van de doelstelling naar het te gebruiken modelconcept resulteert in een keuze t.a.v. de procesbeschrijving en de te hanteren discretisatie. Procesbeschrijvingen en de bijbehorende parameters zijn in het algemeen schaalafhankelijk. Bij de ijking van modellen moet rekening worden gehouden met het feit dat de schaal van de rekenresultaten sterk kan verschillen van de schaal waarvoor de meetresultaten zijn verkregen. Tenslotte kan het voor een goede interpretatie van de modelresultaten nodig zijn een vertaalslag te plegen waarbij schaalovergangen in het geding zijn.

In het natuurwetenschappelijk onderzoek ten behoeve van de inrichting van het landelijk gebied zijn de volgende schaalniveaus relevant.

### ***De schaal van natuurlijke variatie***

Voorbeelden van de schaal waarop natuurlijke processen zich afspelen zijn de ruimtelijke variabiliteit van bodemkundige kenmerken en de variabiliteit van neerslag in de tijd. De schaal van natuurlijke variatie is ook de schaal waarvoor natuurlijke processen éénduidig zijn gedefinieerd (Leijnse, 1993).

### ***De bemonsteringsschaal***

De representatieve schaal waarop waarnemingen worden gepleegd wordt gedefinieerd door bijv. het volume grond of water dat nodig is om een bepaling aan een monster te kunnen verrichten maar ook door de locatie en de onderlinge afstand en de frequentie van de bemonstering.

### ***De modelschaal***

De representatieve schaal waarop modelberekeningen worden uitgevoerd wordt gedefinieerd door de karakteristieke afmetingen van de elementen van het model. De model tijdsschaal is gerelateerd aan de lengte van de tijdstappen.

### ***De beleidsschaal***

De representatieve schaal waarop beleidsbeslissingen worden genomen geeft aan welke detaillering in resultaten van het modelonderzoek gewenst is om bepaalde uitspraken te kunnen doen. De beleidsschaal is direct gerelateerd aan de vraagstelling en het doel van het modelonderzoek.

In verband met de beleidsschaal worden in het RMNO rapport 'Omgaan met bodemheterogeniteit in het milieubeheer: knelpunten, kennislacunes en onderzoeksprioriteiten' (Ragas en Leuven, 1995) een aantal knelpunten gesignaleerd bij het omgaan met bodemheterogeniteit die direct van belang zijn voor de beleidsschaal. Als belangrijke oorzaken voor deze knelpunten worden genoemd:

- niet alle betrokken actoren zijn voldoende op de hoogte van de mogelijke consequenties van bodemheterogeniteit voor beleids- en beheersbeslissingen;
- bij het opstellen van beleid en regelgeving wordt door het bevoegd gezag niet altijd voldoende rekening gehouden met de consequenties van bodemheterogeniteit;
- het ontbreekt aan operationele methoden en technieken om in de praktijk van het milieubeheer adequaat met heterogeniteit om te gaan;
- de beschikbare methoden en technieken voor het omgaan met bodemheterogeniteit worden in de praktijk onvoldoende toegepast;
- bestaande bodemgegevens die informatie kunnen bevatten over de aanwezige heterogeniteit, zijn onvoldoende toegankelijk;
- er is onvoldoende kennis beschikbaar over de invloed van bodemheterogeniteit op het gedrag en de verspreiding van stoffen, die in de praktijk van het milieubeheer voor veel problemen zorgen;
- bij natuurontwikkeling is onvoldoende kennis beschikbaar over enerzijds de rol van bodemheterogeniteit als conditionerende variabele voor biodiversiteit en anderzijds de invloed van levensgemeenschappen op bodemheterogeniteit;

Alhoewel in het bovenstaande steeds over bodemheterogeniteit wordt gesproken, is er een direct verband met de schaalproblematiek door de manier waarop deze heterogeniteit op een hoger schaalniveau al dan niet wordt gekwantificeerd.

Wagenet (1998) laat in zijn overzichtsartikel over schalering zien dat binnen de bodemkunde traditioneel steeds veel aandacht is besteed aan de beschrijving en classificatie van statische attributen (textuur, structuur, organisch stofgehalte) en minder aan het dynamisch gedrag van gronden (beschikbaar water, erosiegevaar, uitspoelingsgedrag). Dus eigenlijk meer nadruk op 'land characteristics' dan op 'land qualities'. De buitenwacht is echter vooral geïnteresseerd in de vraag hoe de gedegen kennis van de statische attributen kan worden gebruikt om het dynamisch gedrag van gronden te voorspellen. Met dit doel worden 'land qualities' gedefinieerd als zijnde complexe land attributen die ieder op hun eigen wijze de geschiktheid van land voor een bepaald gebruik beïnvloeden. Land qualities worden bij voorkeur beschreven aan

de hand van processen, maar dit wordt moeilijker naarmate de complexiteit van het systeem toeneemt. Simulatie modellen, statistiek, remote sensing, fysische en chemische laboratorium metingen zijn in dit verband belangrijke technieken om de dynamiek van bodemprocessen te bestuderen op een bepaalde ruimte- en tijdschaal. Meestal beweegt het onderzoek zich hierbij langs de diagonaal in figuur 1.

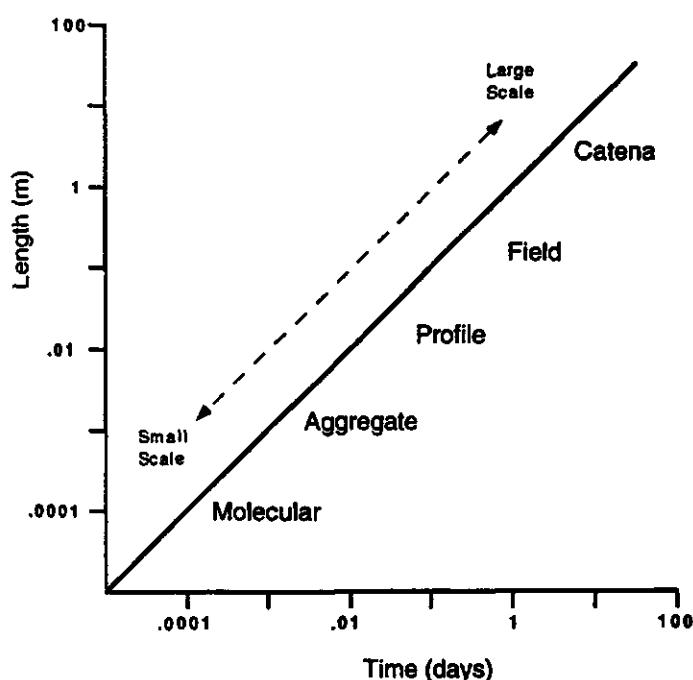


Fig. 1 Schalen van bodemprocessen (uit Wagenet, 1998)

De overdracht van kennis van de ene schaal naar de andere is echter nog steeds een probleem. Meestal gaat het hierbij om opschalen, over de mogelijkheden om bodemprocessen te voorspellen op kleine schaal uitgaande van informatie op grote schaal (neerschalen) is in het algemeen veel minder bekend. In dit verband houdt opschaling in het gebruik van informatie op kleinere ruimtelijke en kortere temporele schalen om processen af te leiden op grotere ruimtelijke en langere temporele schalen.

Een voorbeeld hiervan is de opschaling van de fotosynthese op chloroplast niveau naar CO<sub>2</sub> fluxen op de schaal van gewassen. Opschaling werkt dan integratief om een systeem samen te stellen uit de afzonderlijke onderdelen oftewel om een holistisch functionerend systeem te bouwen op grotere ruimtelijke en langere temporele schalen.

Neerschaling daarentegen bestaat uit het ontrafelen van empirische informatie op een bepaalde schaal tot de samenstellende delen op kleinere ruimtelijke en kortere temporele schalen. Neerschaling van processen is in wezen de klassieke reductionistische werkwijze waarbij een empirisch gedefinieerd systeem wordt ontrafeld om een verklaring te krijgen van hoe het werkt in termen van de

samenstellende onderdelen. Bij neerschaling (verfijning, specificatie) gaat het vooral om de vertaling van gemiddelde vlakinformatie naar puntinformatie (aangeven van bijv. 'hot spots') en om de vertaling van informatie voor een periode naar informatie voor een tijdstip.

Wagenet (1998) noemt als twee belangrijke redenen waarom schaalveranderingen mislukken dat een sleutelproces of karakteristiek niet wordt meegenomen op het volgende schaalniveau en dat verschillende factoren elkaar beïnvloeden en unieke, nieuwe verschijnselen genereren. Als voorbeeld van de eerste soort mislukking geldt bijvoorbeeld het niet meenemen in de modelconcepten van de preferente stroming van water en pesticiden. In feite gaat het hierbij om een afwijking in de richting van waarin het onderzoek zich normaal beweegt (figuur 1). Dit proces speelt namelijk op een korte tijd- maar op een grote ruimteschaal (situatie linksboven in figuur 1). Als voorbeeld van de tweede soort mislukking geldt het voorkomen van macroporiën die worden veroorzaakt door een samenspel van verschillende processen in het bodemsysteem. Figuur 2 laat zien hoe een aantal belangrijke land kwaliteiten langs de 1 : 1 lijn zijn gegroepeerd. Het blijkt dat voor sommige land kwaliteiten een redelijke evenwicht bestaat tussen de ruimte- en de tijdschaal, terwijl voor anderen dit evenwicht niet bestaat. Voorbeelden van het laatste zijn de verwerking van gesteenten die over lange tijd en korte afstand speelt en het ongeluk met de kerncentrale in Chernobyl waar zich in korte tijd een ramp voordeed met verstrekkende ruimtelijke gevolgen.

Heuvelink en Pebesma (1998) visualiseren het schalingsprobleem in figuur 3. De figuur laat zien dat om van invoer naar uitvoer te komen het model niet alleen in horizontale maar ook in verticale richting moet worden bewogen. Deze laatste stap van punt naar blok noemen we opschaling. De opschaling verloopt lineair als de waarde voor het blok gelijk is aan het rekenkundig gemiddelde van de puntwaarden in het blok. In het geval van chemische en fysische transportverschijnselen verlopen echter veel processen niet-lineair waardoor de opschaling complexer wordt. In het geval van lineaire modellen maakt het daarom niet uit of in figuur 3 de weg 1-2-4 of de weg 1-3-4 wordt gevolgd. Bij niet-lineaire modellen zullen de twee wegen tot verschillende waarden voor het blok leiden. In de laatste situatie verdient het aanbeveling om eerst op puntschaal te modelleren en daarna pas op te schalen (de weg 1-2-4). Een belangrijke reden hiervoor is dat modellen gebruik maken van bodemfysische wetten (wet van Darcy, convectie-dispersie) die ontwikkeld en bewezen zijn op puntschaal niveau maar waarvan de geldigheid ter discussie staat op veldschaal en hoger. Vervolgens zijn veel procesmodellen gekalibreerd op puntschaal omdat dit de schaal is waarop kalibratie gegevens beschikbaar zijn en experimenten worden uitgevoerd. Zo is bijvoorbeeld een niet-lineaire vertaalfunctie alleen geldig op de schaal waarop de gegevens zijn verzameld om de betreffende vertaalfunctie af te leiden (interpolatie is veilig, extrapolatie is gevaarlijk in dit verband). De bedoeling van opschalen is om puntwaarnemingen om te zetten naar effectieve blokparameters zodanig dat de microschaal vergelijkingen in het model geldig worden op de macroschaal. Met andere woorden het is een methodologie die door het makkelijk kiezen van effectieve blok parameters probeert het puntschaal model op te rekken naar de blokschaal.

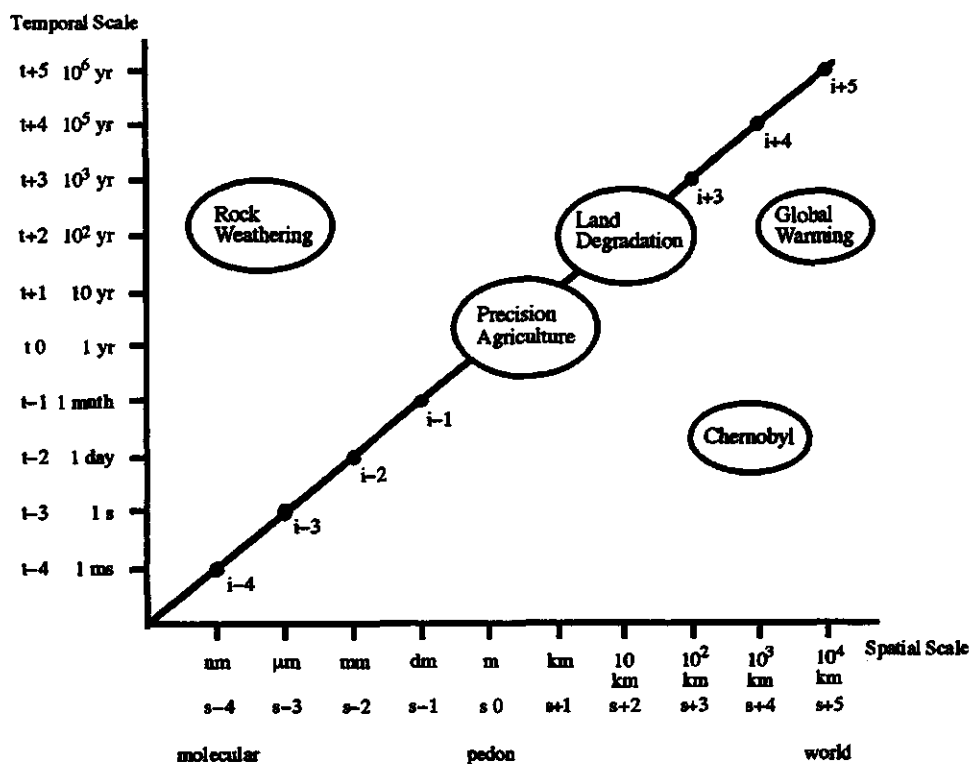


Fig. 2 Bodemprocessen waarbij al dan niet evenwicht bestaat tussen de ruimte- en tijdschaal (uit McBratney, 1998)

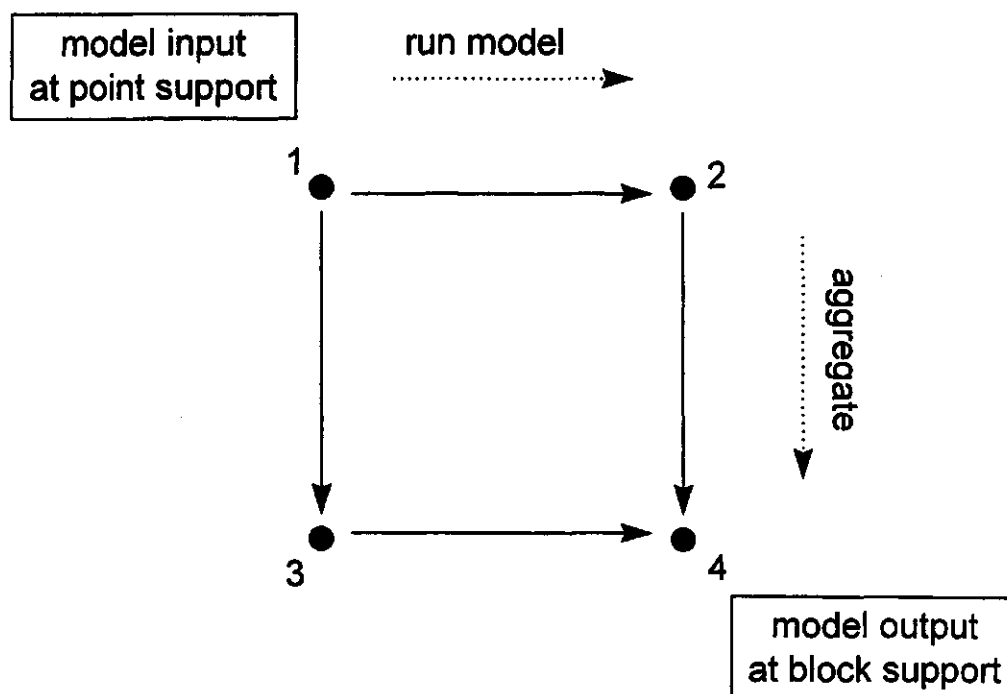


Fig. 3 Twee wegen van punt-invoergegevens naar modelresultaat voor een blok (uit Heuvelink en Pebesma, 1998)

Klijn (1995) laat zien dat het afleiden van het gedrag van het geheel door bestudering van het gedrag van de delen niet eenvoudig is. In feite is het door bodemkundigen aangehangen reductionisme een nadeel wanneer het om schaalveranderingen gaat. Grote systemen zoals ecosystemen zijn te karakteriseren als open, dynamische, niet-lineaire, niet in evenwicht verkerende systemen die door fluxen van energie, massa en water een interne structuur verkrijgen. Binnen zo'n systeem ontstaat door het proces van zelf-organisatie een hiërarchisch georganiseerde complexiteit. In een hiërarchie heerst een ordeningsprincipe dat gebaseerd is op de relatieve positie t.o.v. van anderen. Dit houdt in dat verbanden niet gelijkwaardig en asymmetrisch zijn in die zin dat de ene eenheid min of meer ondergeschikt is aan een andere. Als eenheden worden geordend en gerangschikt ontstaan niveaus. Binnen niveaus zijn eenheden gelijkwaardig en symmetrisch. Hogere niveaus leggen beperkingen op aan lagere niveaus, maar omvatten niet noodzakelijkerwijs de lagere niveaus. Het gedrag van een bepaald niveau kan gedeeltelijk verklaard worden uit het gedrag van de eenheden op het lagere niveau. Naar beneden toe neemt het aantal eenheden toe, de eenheden worden kleiner, minder complex en ze spelen op een kleinere tijdschaal. Voorbeelden van hiërarchie zijn boek: > deel > hoofdstuk > sectie > paragraaf > zin > woord of legers: generaal > luitenant > sergeant > soldaat of tijd: eeuwen > jaren > maanden > weken > dagen > uren > minuten > seconden. Bodemkundige en andere classificatie systemen volgen hetzelfde hiërarchisch ordeningsprincipe.

Om een systeem te beschrijven dat zelf wordt ingeperkt door een hoger niveau en tegelijkertijd processen op een lager niveau zelf inperkt wordt het begrip holon gebruikt. Een holon wordt gezien als een stabiel sub-gedeelte in een hiërarchie. De associatie van meervoudige, tegelijkertijd communicerende holons die worden verbonden door de uitwisseling van energie, materie en kennis wordt een holarchie genoemd. In het algemeen vinden de belangrijkste interacties plaats binnen een holon bijvoorbeeld de lokale processen die samen resulteren in een stabiel aggregaat. Holons op hogere niveaus werken meestal op grotere ruimtelijke gebieden, over langere tijd en zijn daardoor relatief ongevoelig voor veranderingen op lagere niveaus. Zo wordt bijvoorbeeld de koers van een schip gezien over langere tijd en over grote afstanden, bepaald door het roer. Een storm kan een schip echter van koers brengen. In zo'n geval reageert het schip niet alleen op een verstoring op het hogere niveau (storm), maar de stand van het roer, het lagere niveau, wordt onbeduidend. Dit geeft aan dat in open systemen op alle niveaus tegelijkertijd veranderingen optreden. Figuur 4 laat zien dat dezelfde processignalen die op kleine tijdschaal (dagen) een aanzienlijke variatie vertonen, op hogere tijdschalen (jaren, eeuwen) veel minder variatie kunnen vertonen. Dit wordt veroorzaakt doordat andersoortige processen die alleen op hogere tijdschalen spelen het proces dat zorgt voor variatie op kleine tijdschaal gaan domineren.

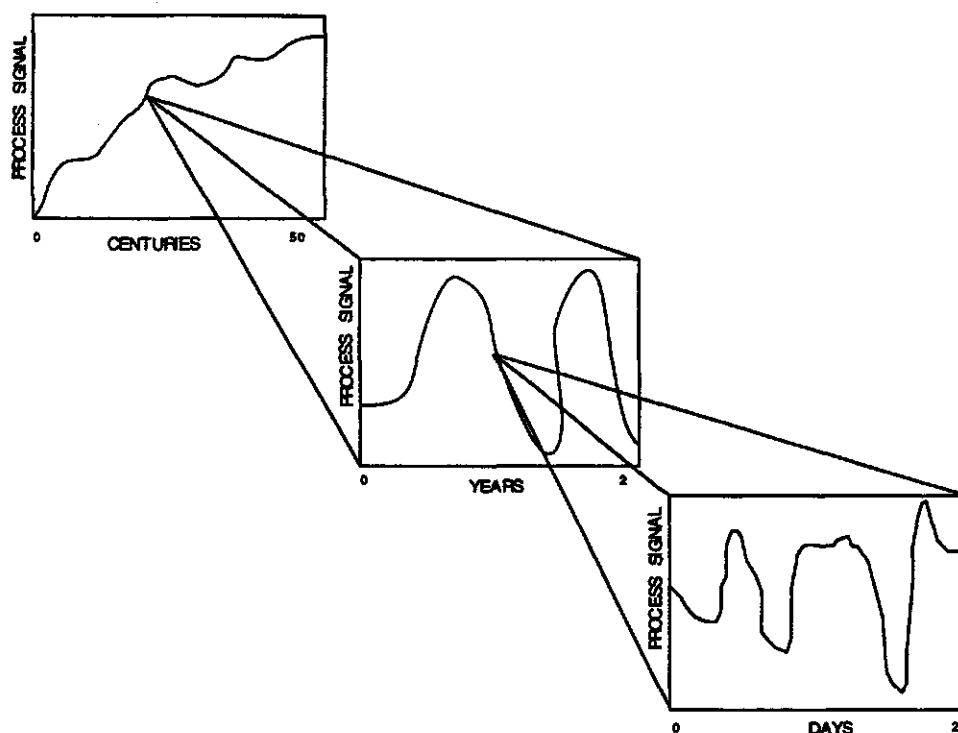


Fig. 4 Gevoeligheid van processignalen op verschillende tijdschalen (uit Wagenet, 1998)

Klijn (1995) noemt een aantal zaken die van belang zijn bij schaaltransformaties:

1) ruimtelijke patronen verschillen op verschillende schalen, 2) veranderingen in ruimtelijke patronen verschillen voor verschillende tijdschalen, 3) processen die veranderingen in ruimtelijke patronen controleren, verschillen voor verschillende schalen, 4) op verschillende schalen zijn vaak verschillende variabelen vereist om gelijke processen te beschrijven. In het geval van schaalveranderingen in de bodemkunde worden drie opmerkingen gemaakt: 1) Een holon moet overeenkomen met de REV waarbinnen alle micro-schaal variaties worden gevonden, 2) metingen moeten worden verricht op het niveau van het holon, 3) de proces representatie van modellen moet overeenkomen met de processen die zich binnen het holon afspelen. Zo kan op lokale schaal macroporiën stroming niet belangrijk zijn terwijl voor de hele holon macroporiën stroming wel moet worden meegenomen. Wagenet (1998) maakt dezelfde opmerking. Een goed voorbeeld van een meer holistische benadering is de 2 domein modelering van water en opgeloste stoffen die zich richt op het hele holon (pedon).

Hiërarchie binnen het bodemsysteem heeft een drietal kenmerken: 1) specifieke niveaus van organisatie zijn gekoppeld aan specifieke ruimte- en tijdschalen zodat hogere niveaus gekoppeld zijn aan bredere ruimte- en tijdschalen, 2) tussen verschillende schalen bestaat snelheidsverschillen van ten minste 1 orde van grootte zodat hogere niveaus lagere frequenties van processignalen hebben dan lagere niveaus, 3) hogere niveaus beperken lagere niveaus door hun grote tijdconstanten.

Bodemkundigen nemen deze principes over als zij ervan uitgaan dat kwantitatief, mechanistisch inzicht op een bepaalde schaal afhankelijk is van de mate van inzicht op het naastgelegen lagere niveau. Hierdoor neemt de mogelijkheid af om mechanistisch inzicht en modellen te ontwerpen bij toenemende schaal. Grootschalige modellen (landschap, stroomgebied, regio) zijn daarom gebaseerd op functionele, statistische of conceptuele formuleringen die gebruik maken van 'lumped' parameters die veel van de proces niveau complexiteit op kleinere schaal in zich herbergen. Deze denkwijze veronderstelt dat op hogere schaal waar interne complexiteit hoog is en krachten buiten het systeem belangrijke drijvende krachten zijn, de ontwikkeling en toepassing van een mechanistische benadering onmogelijk is. In zo'n geval mag het ontbreken van mechanistisch inzicht op een tussenliggende schaal geen hinderpaal zijn voor modelering op hogere schaal. Studies op hogere schaal kunnen zelfs worden gebruikt om een indicatie te krijgen van vervolg werk op kleinere schaal. Zo kan remote sensing van gewasverdamping inzicht geven in de ruimtelijke variabiliteit van bodemeigenschappen. Lumped parameters kunnen ook worden gezien als 'minimum essentiële elementen' of REV op een bepaald schaalniveau. Zo kunnen grootschalige elementen zoals catena's en regionale plantgemeenschappen door bodemkundigen worden opgevat als eenheden die te veel informatie op proces niveau in zich herbergen, maar hetzelfde geldt voor een fysisch chemicus die naar aggregaten kijkt.

Bij opschaling gaat het erom aandacht te schenken aan de factoren die de variabele in kwestie controleren op de volgende hogere schaal. De eigenschappen van bodemaggregaten op een laag niveau kunnen worden gebruikt voor de beschrijving van het waterbergend vermogen op een hogere schaal. Vervolgens kan textuur worden gebruikt om informatie door te geven over de vochttoestand van veld naar landschap en geologie en geomorfologie om deze informatie door te geven van landschap naar regio's. Op deze manier wordt inzicht gegeven in welke soort gegevens nodig zijn om vragen op een bepaald schaalniveau aan te pakken. Hetzelfde moet ook gelden voor modellering omdat op die manier beschrijvingen op proces niveau (fysisch, chemisch, biologisch) opgeschaald kunnen worden door integratie tot meer veelomvattende modellen op grotere schaal. Gegevens behoefte en modellering op elke schaal zijn gekoppeld door de mate van resolutie waarmee de processen worden voorgesteld en de daarmee samenhangende vraag naar specifieke gegevens.

In figuur 5 laat Jarvis (1995) zien in de biologie een overeenkomstige tijd-ruimte interactie valt te onderkennen als in de bodemkunde (figuren 1 en 2). Jarvis (1995) stelt dat in het algemeen een goed begrip van processen op één schaal lager als voldoende wordt beschouwd om processen op het betreffende schaalniveau te begrijpen. Dieper graven kan ontbrekende kennis aan het licht brengen. Hetzelfde geldt voor opschalen omdat dan nieuwe processen belangrijk worden zoals bijvoorbeeld interacties en feedback mechanismen. De Wit (1970) stelde daarom voor dat 'Om goed te werken een specialist zichzelf moet beperken tot verschijnselen die maar een factor 10 of 100 in relaxatie- of responstijd verschillen'. Anders bestaat het gevaar dat men het bij het verkeerde eind heeft.

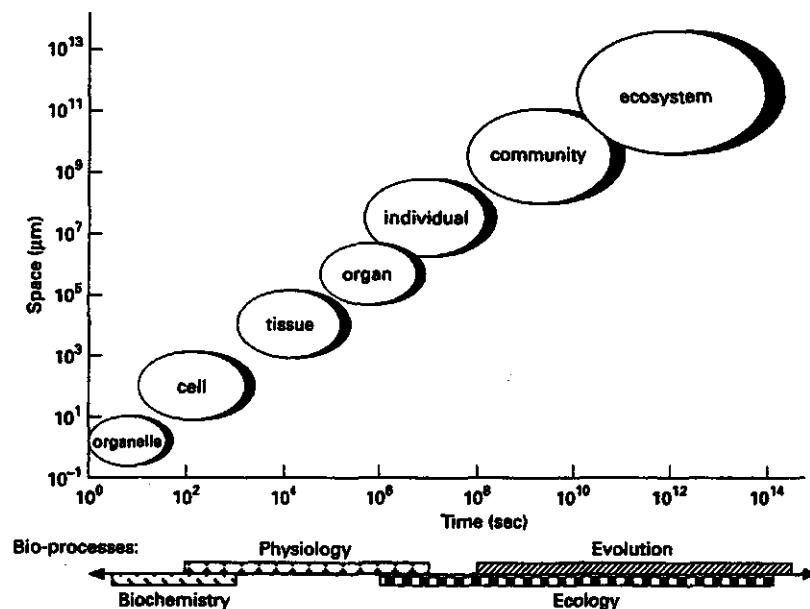


Fig. 5 Schalen van biologische processen (uit Jarvis, 1995)

Op- en neerschaling is nodig omdat indien we de holistische benadering volgen en onze kennis willen gebruiken om duurzaamheid te bereiken en de consequenties van onze acties willen nagaan dan hebben we geen ander alternatief dan te proberen onze kennis te integreren op een niveau hoger dan het eigen specifieke ruimtelijke en specifieke schaal (verklaarbare schaal). Vanwege ethische en praktische redenen kunnen geen grootschalige experimenten worden uitgevoerd met bijvoorbeeld verontreinigingen, tracers en temperatuur of op de schaal van natuurlijke ecosystemen, regionale landschappen en agrarische ondernemingen. Daarom moeten modellen worden gebruikt waarin specifieke processen expliciet worden beschreven om voorspellingen te doen van wat waarschijnlijk gaat gebeuren. Opschalen kan ook eigenschappen aan het licht brengen die niet duidelijk zouden worden in het geval van empirische modellering. In het algemeen blijft bij opschalen de snelheid van de processen (meestal fluxdichtheden) gehandhaafd en wel zodanig dat de snelheid op een grotere ruimtelijke en langere temporele schaal gelijk is aan de som van snelheden van alle individuele componenten in het systeem.

Binnen schalering kunnen verschillende benaderingen worden onderscheiden: het optelschema, het middelingsschema en het aggregatieschema.

- Het optelschema houdt in dat alle relevante samenstellende fluxen opgeteld moeten worden. Dit laatste is alleen gelukt in een paar grote internationale meetcampagnes zoals HAPEX-Sahel en BOREAS.
- Het middelingsschema hierbij wordt het berekende rekenkundig gemiddelde soms met een factor vermenigvuldigd om overeenstemming met meetwaarden te verkrijgen. In dit geval spreken we over effectieve waarden.
- Het aggregatieschema houdt in tegenstelling tot sommatie en middeling wel rekening met de interacties tussen verschillende componenten op een hoger schaalniveau.

Uitgaande van de gedetailleerde informatie wordt het steeds belangrijker de verschillen te verkleinen aan de hand van functionele criteria. De uitdaging is om een beperkt, maar voldoende aantal klassen voor opschalen. Het gaat dan vooral om het opnieuw classificeren van systemen aan de hand van een aantal functionele attributen (Bowen ratio, beschikbaarheid van stikstof, enz.).

De Vries et al. (1998) onderscheiden een aantal duidelijke stappen in het opschalingsproces met betrekking tot modelvereenvoudiging en ruimtelijke aggregatie van invoergegevens. Deze werkwijze wordt schematisch weergegeven in figuur 6. In het kort komt de werkwijze op het volgende neer.

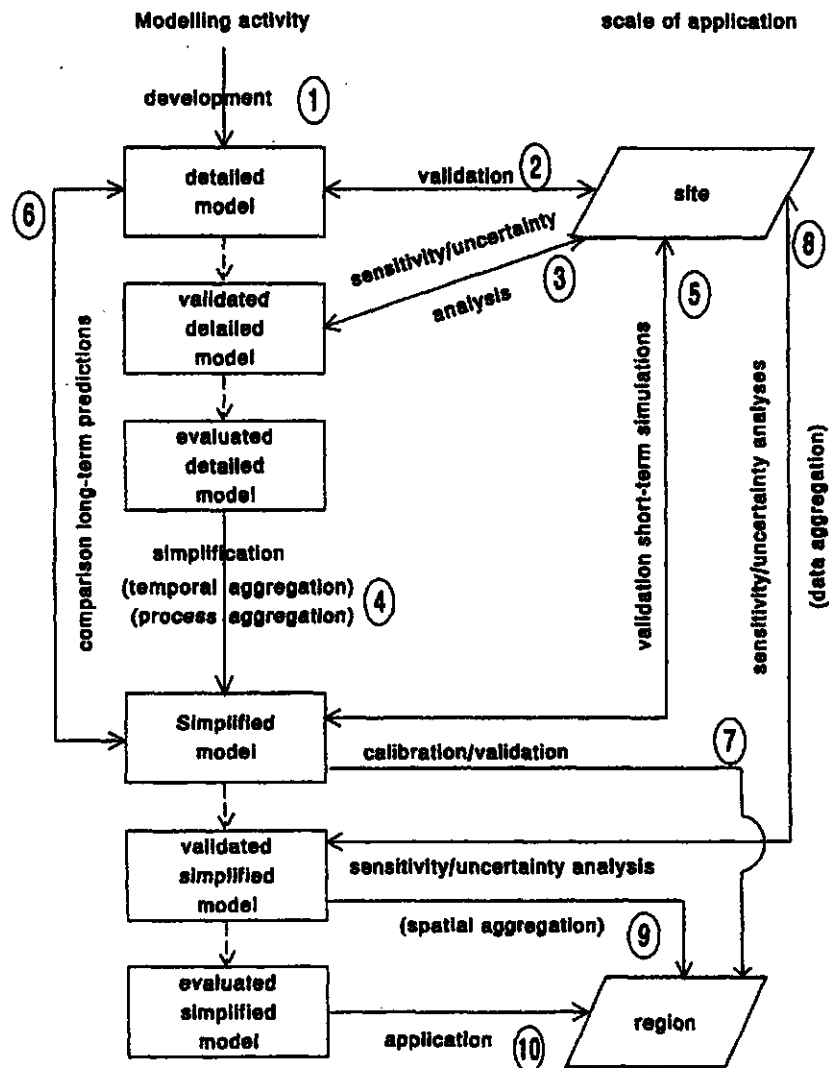


Fig. 6 Stroomschema voor de opschaling van modelresultaten van de lokale naar de regionale schaal (uit De Vries et al., 1998)

### ***Modelvereenvoudiging***

- Ontwikkel een kwantitatief model met een hoge mate van proceskennis en met een hoge resolutie in de ruimte en in de tijd.
- Kalibreer en valideer dit model met gedetailleerde, onafhankelijk gemeten gegevens.
- Voer een gevoeligheidsanalyse uit om de meest belangrijke modelparameters te achterhalen.
- Vereenvoudig het model door gebaseerd op de gevoeligheidsanalyse, processen te aggregeren en door aggregatie van gegevens tot de gewenste resolutie in de tijd.
- Vergelijk het oorspronkelijke en het vereenvoudigde model met de onafhankelijke meetgegevens.
- Vergelijk de lange termijn trends die met de twee modellen worden berekend.

### ***Ruimtelijke aggregatie van invoergegevens***

- Kalibreer het vereenvoudigde model door aanpassing van de slecht gedefinieerde modelparameters.
- Bekijk het effect van middeling van invoergegevens op de gemiddelde resultaten van het model.
- Bekijk het effect van een toenemende ruimtelijke aggregatie van invoergegevens. Gebruik het model op ruimtelijke schaal en kwantificeer de onzekerheid in de modelresultaten.

In onderzoek waarin hydrologische modellen en grootschalige klimaatsmodellen aan elkaar worden gekoppeld spelen schaalproblemen een grote rol. Figuur 7 geeft hiervan een voorbeeld. In dit type onderzoek wordt systematisch nagedacht over het omgaan met sterke schaalovergangen (Kim, 1993; Kabat et al., 1997). Het opschalen van hydrologische processen bestaat uit twee verweven aspecten: procesparametrisatie en procesaggregatie/disaggregatie. In deze context houdt parametrisatie in dat een versimpelde beschrijving van een proces wordt gegeven (parametrisch model) met behoud van karakteristieke kenmerken. Aggregatie komt neer op het bepalen van geïntegreerde effect van meerdere gelijksoortige processen. Dit kan zowel in ruimte als in tijd.

Kabat et al. (1997) gaan er in hun onderzoek vanuit dat de bekende Darcy –Richards vergelijking valt toe te passen op meerdere schaalniveaus, maar dat de geschatte parameters beschouwd moeten worden als ijkingswaarden, zonder dat ze nog een fysieke betekenis zouden moeten hebben. De genoemde auteurs onderscheiden effectieve en geaggregeerde bodemparameters. Effectieve parameters zijn gebiedsgewogen gemiddelde waarden van een kenmerk dat betrekking heeft op een afzonderlijk bodemtype. Een geaggregeerde bodemparameter is bepaald aan een groep van meerdere bodemtypen. Voor het schatten van effectieve parameters is een relatief eenvoudige manier bedacht op basis van het effectieve gedrag van een referentie-curve. Voor gronden die ongeveer gelijke waarden hebben voor de karakteristieke grootte  $D/(K_s)^2$  kunnen waterfluxen worden berekend. De ruimtelijke variabiliteit van de berekende waarden binnen een rekeneenheid volgt uit de gebiedsgemiddelde waarde van  $D/(K_s)^2$  t.o.v. de referentiewaarden van  $D/(K_s)^2$ . De methodiek geldt tot dusver niet voor geaggregeerde parameters.

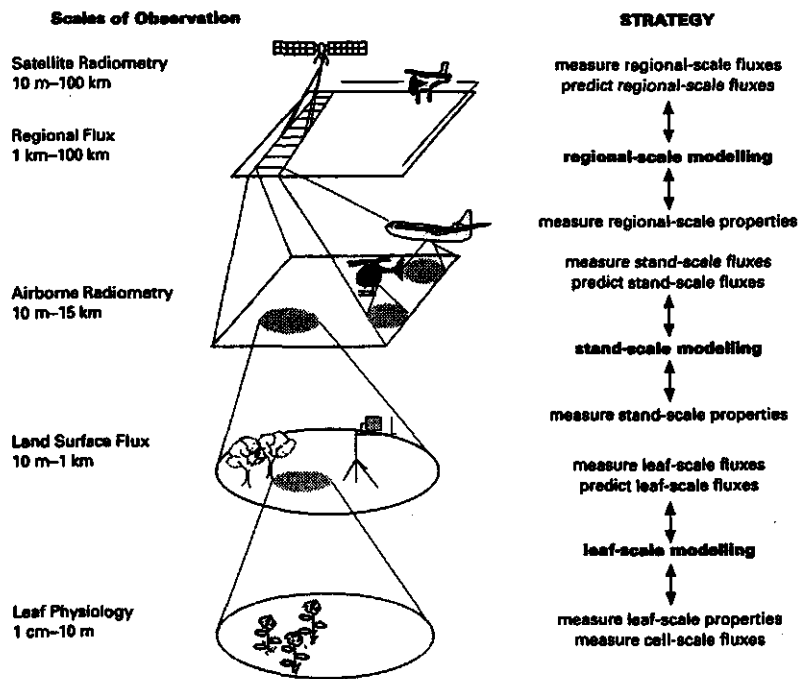


Fig. 7 Schaalinteracties in de klimaatsmodellering (uit Jarvis, 1995)

Blöschl and Sivapalan (1995) geven een overzicht van schaalproblemen in de hydrologie. In de hydrologie is al langer nagedacht over en gewerkt aan methodes voor de opschaling en neerschaling van data en processen. In navolging van vele anderen geven beide auteurs ook een mogelijke indeling naar schaalniveaus.

Bij de karakteristieke ruimte of de karakteristieke tijd van een proces wordt onderscheid gemaakt in:

- Ruimtelijke afmeting (tijdsduur) van een proces
- Periode (ruimte, tijd) van het proces
- Correlatie lengte (tijd) van een proces

Bij de bemonsteringsschaal wordt onderscheid gemaakt in (figuur 8):

- Afmeting van het bemonsterde gebied of bemonsteringsperiode
- Bemonsteringsresolutie of bemonsteringsfrequentie
- Bemonsteringsvolume of de duur van één bemonstering

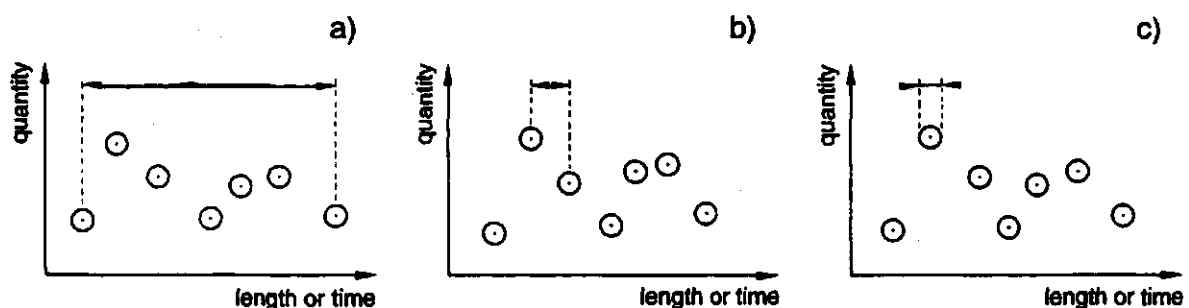


Fig. 8 Schalen bij bemonstering: a) afmeting van het gebied, b) afstand tussen monsters, c) volume van monster (uit Blöschl and Sivapalan, 1995)

Behalve opschalen en neerschalen wordt door de auteurs ook het aspect 'regionalisatie' beschouwd. Onder regionalisatie wordt door hen verstaan de overdracht van informatie van een bepaald gebied of plaats naar een ander gebied of plaats. De begrippen heterogeniteit en variabiliteit worden nogal eens door elkaar gebruikt. Heterogeniteit wordt door hen gebruikt voor kenmerken van media (bodemeigenschappen) en variabiliteit wordt gebruikt voor snelheidsvariabelen of toestandsvariabelen die kunnen variëren in tijd en ruimte. Spectraalanalyse kan een hulpmiddel zijn bij het beoordelen van de schaal waarop variabiliteit zich voordoet. Een minimum in het 'power spectrum' geeft aan dat verschillende vormen van variabiliteit, met elk hun eigen schaal, goed zijn te onderscheiden

Blöschl and Sivapalan (1995) gaan ook nader in op methoden voor informatie-overdracht tussen verschillende schalen. Schaalafhankelijke modelinformatie bestaat uit de toestandsvariabelen, de parameters, de invoergegevens en de conceptualiseringen. In de praktijk wordt vaak maar een enkel aspect opgeschaald of neergeschaald terwijl dit meestal niet terecht is. De verbinding tussen schalen wordt door hen voorgesteld met een twee-stapsprocedure (figuur 9).

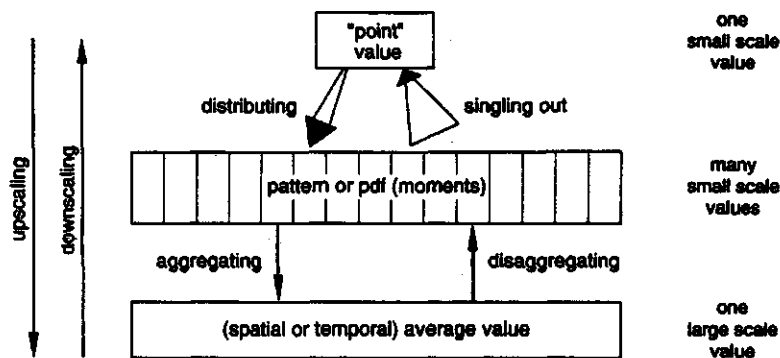


Fig. 9 Verbindingen tussen schalen in de twee-stapsprocedure (uit Blöschl and Sivapalan, 1995)

In deze twee-stapsprocedure wordt opgeschaald door allereerst van de set individuele gegevens een verdeling op te stellen en vervolgens in de tweede stap een aggregatie uit te voeren van in de ruimte of tijd verdeelde punten naar een enkele 'gemiddelde' waarde. Bij neerschalen verloopt de procedure tegengesteld. Vanuit een enkele waarde op een hoger schaalniveau wordt met behulp van aanvullende informatie de verdeling bepaald op een lager schaalniveau. Als de verdeling bekend is kunnen individuele waarden worden 'getrokken' uit de verdelingsfunctie. Vaak worden de twee stappen niet afzonderlijk onderscheiden. Op- en neerschalen kan zowel op stochastische als op deterministische wijze plaatsvinden. De te hanteren methoden voor op- en neerschalen zijn sterk afhankelijk van of toestands- en snelheidsvariabelen worden geschaald, of dat men te maken heeft met modelparameters, modelinputs of met modelconcepten. De verbinding tussen modelconcepten kan in zowel opwaartse richting als neerwaartse richting verlopen. Bij het opschalen van modelconcepten poogt men wiskundige beschrijvingen, kennis en empirische feiten te combineren tot theorieën die de uitkomst van processen kunnen voorspellen op een hoger schaalniveau.

Blöschl and Sivapalan (1995) geven verder aan dat behalve de eerder genoemde traditionele technieken van opschalen en neerschalen ook de 'dimensional analysis' en de 'similarity analysis' krachtige hulpmiddelen kunnen zijn bij het beschrijven van hydrologische systemen. Bij 'dimensional analysis' wordt het aantal variabelen dat gebruikt wordt om de werking van een systeem te beschrijven gereduceerd tot een kleiner aantal dimensieloze grootheden. Deze dimensieloze grootheden worden aangeduid als zgn.  $\pi$ -termen. Het aantal  $\pi$ -termen dat nodig is om het gedrag van een systeem te beschrijven wordt bepaald door het Buckingham pi theorema. Bij de 'similarity analysis' poogt men verschillende groepen dimensieloze variabelen te onderscheiden en de relaties tussen de verschillende dimensieloze variabelen te beschrijven.

Relatief nieuw in de context van schaalproblemen zijn de beschouwingen over fractals. Met fractals is het mogelijk met een minimum aan parameters complexe fenomenen te beschrijven. Fractals zijn gebaseerd op het idee dat variabiliteit bestaat over een reeks van schaalniveaus. Fractals kwantificeren de relaties tussen variabiliteit behorend bij de verschillende schalen.

### **3 Aanpak**

Als vervolg op de omschrijving van het motief waarom op- en neerschaling in de belangstelling staat en een schets van de achtergronden van schaalproblemen aan de hand van literatuurbronnen is vervolgens een inventarisatie uitgevoerd van gebruikte schalingsmethodieken. Aan onderzoekers van SC-DLO, AB-DLO, IBN-DLO en LEI-DLO waarvan wij vermoedden dat ze met schalingsmethodieken van doen hadden, is gevraagd of dit inderdaad zo was en indien ja of zij ons voorbeelden wilden leveren van concrete projecten op dit gebied. Na analyse van de gehanteerde schalingsmethodieken zijn de geïnventariseerde projecten gegroepeerd in zowel een praktisch als theoretisch kader.

#### **3.1 Groepering van de schalingsmethodieken in een algemeen, praktisch kader**

De schalingsmethodieken in de afzonderlijke projecten zijn geanalyseerd door te kijken naar praktische kenmerken zoals:

- Het thema waarop de studie betrekking heeft
- Het concept van de studie
- De gebruikte schalingsmethodiek
- Of ruimtelijk werd opgeschaald
- Of ruimtelijk werd neergeschaald
- Of verandering in tijdschaal plaats vond

Uitgaande van de analyse van schalingsmethodieken in de afzonderlijke projecten zijn deze methodieken gegroepeerd in een beperkt aantal, in dit geval 3 meer algemene procedures. Het gaat hierbij uiteraard om een indeling op hoofdlijnen met de bedoeling om een beperkt aantal, algemene tendensen te kunnen signaleren.

Bij de synthese is gekeken naar:

- De aard van het onderzoek dat binnen de betreffende case is uitgevoerd. Of het hoofdzakelijk ging om bemonstering voor gegevensverzameling, bewerking en interpretatie van de gegevens en/of modelanalyse.
- Hoe is omgegaan met de schaalproblematiek in de betreffende case. Hier zijn vier gradaties aangebracht: louter signaleren van de schaalproblematiek, eerste aanzet tot een methodiek om met het schaalprobleem om te gaan, verdere uitwerking van de methodiek en tenslotte systematische analyse van het schaalprobleem. Het gaat hierbij uiteraard om graduele verschillen zonder duidelijke grenzen.
- Of de ruimteschaal binnen de betreffende case verandert. Dit onderverdeeld in op- en neerschalen.
- Of de tijdschaal binnen de betreffende case verandert.

### 3.2 Groepering van de schalingsmethodieken in een theoretisch kader

In aanvulling op de groepering van de geïnventariseerde schalingsmethodieken in drie algemene, praktische procedures, zijn de methoden ook ondergebracht in een theoretisch kader. Hierbij worden de volgende methoden onderscheiden:

1. Aggregeren van uitvoervariabelen. Reken eerst en aggregeer later. Het modelconcept is schaalinvariant.
2. Directe schatting. Het niet-procesgeoriënteerde model wordt direct op het schaalniveau geconstrueerd waarop uitspraken gedaan moeten worden. Het modelconcept is schaalvariant.
3. Aggregatie van invoervariabelen. Aggregeer eerst en reken later. Het modelconcept is schaalinvariant.
4. modelconcept is schaalvariant.

Binnen de methoden is een verdere verfijning in deelmethoden aangebracht.

Bij de groepering van de schalingsmethodieken in het theoretisch kader wordt uitgegaan van de volgende begripsomschrijving:

#### ***Aggregatie***

Het samenvoegen van 'elementaire' ruimte/tijdkorrelgrootten tot grotere klassen.

#### ***Parameter***

Een getal dat binnen het schaalbereik van het onderzoek constant is, maar gedurende het onderzoek wordt vastgesteld, bijvoorbeeld de parameters van een regressierelatie.

#### ***Variabele***

Een getal dat varieert over de ruimte- en/of tijdsschalen die binnen het onderzoek vallen.

#### ***Opschaling (upscaling)***

Dat wat er gebeuren moet als de ruimte/tijdkorrelgrootte (support, grain) van de invoervariabele(n) kleiner is dan deze van de uitvoervariabele(n).

#### ***Ruimte/tijdkorrelgrootte (support, grain)***

Het kleinste domein in de ruimte of tijd waarbinnen de variatie van de variabele niet wordt bestudeerd (bewuste keuze of fysisch niet goed mogelijk). De variabele op een korrelgrootte betreft dan het gemiddelde binnen deze korrelgrootte.

Figuur 10 geeft een schematisch overzicht van de vier methoden. De meer gedetailleerde beschrijving van de vier methoden luidt als volgt:

#### ***Methode 1. Aggregatie van uitvoervariabelen***

Aggregatie van uitvoervariabelen gaat uit van het principe dat de opschaling aan het eind van de procesketen wordt uitgevoerd ('eerst rekenen dan middelen'). Het model wordt op de ruimte/tijdkorrelgrootte van de invoervariabelen toegepast. De modeluitkomsten worden geaggregeerd zodat de gewenste ruimte/tijdkorrelgrootte van de uitvoervariabelen wordt bereikt.

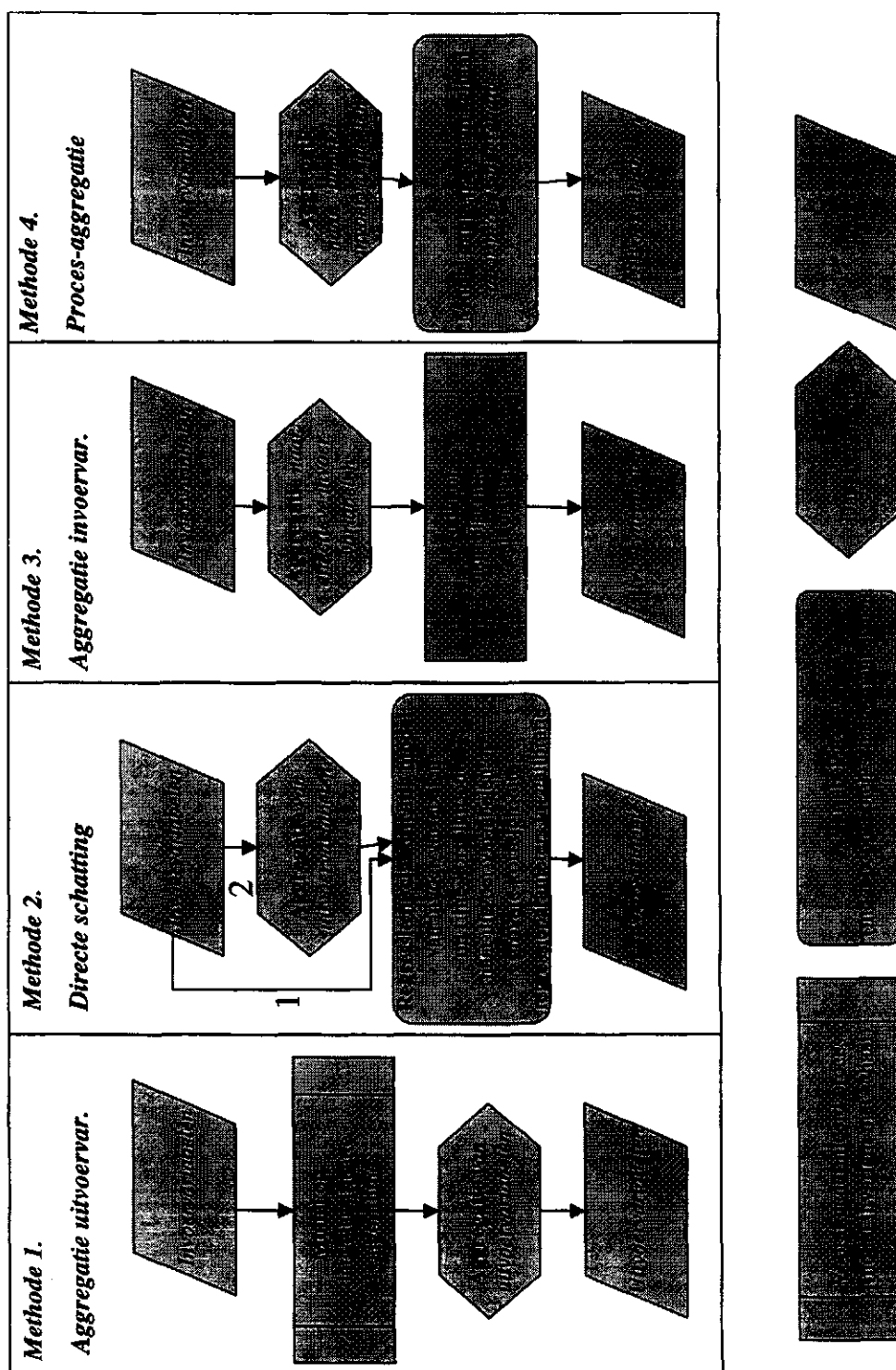


Fig. 10 Overzicht van het theoretisch kader voor de groepering van de geïnventariseerde schalingsmethodieken

Deze methode bestaat uit vergroting van de grofheid van de korrelgrootte door aggregatie van de waarde van uitvoervariabelen op fijnere korrelgrootte. We onderscheiden hierbij 4 methoden:

- 1 **Aggregatie door gebruikmaking van proceskennis.** Bijvoorbeeld: keuze voor rekenkundige dan wel geometrische of harmonische middeling. Dit komt in zuivere vorm alleen voor als het ruimte/tijddomein dekkend is beschreven (populatie bekend). Bijvoorbeeld: berekenen netto weerstand uit set parallelle en serie-weerstanden.
2. **Aggregatie door interpretatie van een steekproef.** Bijvoorbeeld: schatting blokgemiddelden uit aselechte steekproef of met blockkriging.
3. **Aggregatie door een combinatie van 1 en 2.** Bijvoorbeeld: Landelijke Steekproef Kaarteenheden.
4. **Nominale aggregatie.** Hierbij wordt aan een ruimte/tijdkorrel een identiteit toegerekend, bijvoorbeeld op basis van dominantie. Bijvoorbeeld: Toekenning recreatietype aan gemeente (oppervlakte gemeente onbelangrijk).

### **Methode 2. Directe schatting**

In de methode van de directe schatting wordt een direct verband gelegd tussen invoervariabelen op de fijne ruimte/tijdkorrelgrootte en de uitvoervariabelen op de grove korrelgrootte. Hierbij kunnen de uitvoervariabelen gemeten/beschikbaar zijn op de uiteindelijke grove korrelgrootte (1) of ze moeten eerst naar deze grove korrelgrootte worden geaggregeerd (2). Er moet dan vervolgens een wiskundig model worden geparametriseerd. Voorbeelden van deze wiskundige modellen zijn: Multiple Adapted Regression Splines (MARS; o.a. Generalized Additive Models GAM horen hierbij); neurale netwerken; regressiefuncties. De uitvoer van dit wiskundig model heeft dan de gewenste korrelgrootte.

### **Methode 3. Aggregatie van (effectieve) invoervariabelen**

Deze methode gaat ervan uit, dat het modelconcept invariant is over de ruimte/tijdkorrelgrootten binnen het onderzoek. Er wordt eerst gezocht naar effectieve waarden van de invoervariabelen, geldend voor de korrelgrootte van de uitvoer. Vervolgens wordt het model toegepast ('eerst middelen dan rekenen'). De uitvoer heeft dan gelijk de gewenste korrelgrootte. Impliciete aanname is, dat het model structureel correct is over de korrelgrootten.

Deze methode bestaat uit de vergroting van de grofheid van de korrelgrootte door combinatie van de invoervariabelen tot zgn. effectieve variabelen. We onderscheiden 4 methoden:

- 1 **Inverse schatting.** Effectieve waarden van invoervariabelen op de korrelgrootte van de uitvoervariabelen worden verkregen door het model te inverteren dan wel te calibreren op de uitvoervariabelen. Calibratie kan hierbij overigens op verschillende manieren plaatsvinden (meestal de minimalisatie van een of andere objectfunctie). Er zijn twee gevallen te onderscheiden: (a) de uitvoer kan direct aan de uitvoerkorrelgrootte worden bepaald (bijvoorbeeld: uitgaande flux in one-step outflowmethode voor de bepaling van bodemfysische eigenschappen); (b) de uitvoer dient eerst te worden geaggregeerd naar de uitvoerkorrelgrootte (bijvoorbeeld: specifieke afvoer aggregeren naar gebiedafvoer en hierop een grondwateraanvullingsmodel calibreren).

2. **Indirecte stochastische methoden.** De variabelen op de grove korrelgrootte volgen uit de volgende procedure: (a) de variabelen op de fijne korrelgrootte worden gekarteerd of bemonsterd en vervolgens worden er realisaties statistisch gesimuleerd; (b) de realisaties worden geaggregeerd naar de grove korrelgrootte. Bijvoorbeeld: Bierkens en Van der Gaast, 1998.
3. **Directe stochastische methoden.** Kansverdelingen van de variabelen op de grove korrelgrootte worden direct afgeleid (getrokken) uit de kansverdelingen van deze variabelen op de fijne korrelgrootte. Bijvoorbeeld: Bierkens en Van der Gaast, 1998.
4. **Trial and error/toekenning.** Bij toepassing van ingewikkelde modellen zijn effectieve waarden niet eenvoudig af te leiden. Er zijn twee manieren om toch tot effectieve waarden van invoervariabelen te komen: (a) door consensusvorming gebaseerd op deskundigenoordeel: er worden afspraken gemaakt en men conformeert zich daaraan. Bijvoorbeeld: de bodemkundig-hydrologische schematisatie van de WaterSysteemVerkeningen; (b) door een analyse van het informatieverlies ten gevolge van een keuze voor effectieve waarden van invoervariabelen. Varianten van effectieve waarden worden gekozen op basis van proceskennis en het effect van een keuze op modeluitvoer wordt vergeleken met een situatie waarin met het model op de fijne korrelgrootte wordt gerekend. De variant die het minste informatieverlies oplevert wordt gekozen. Bijvoorbeeld: bodemschematisatie Finke et al., 1998.

#### **Methode 4. Proces aggregatie**

Deze methode gaat er juist van uit, dat het modelconcept variant zou moeten zijn over de ruimte/tijdskorrelgrootten binnen het onderzoek. Er moet dus een model voor de korrelgrootte van de uitvoervariabele worden afgeleid. Meestal gebeurt dit door een model simpelweg te poneren, op basis van proceskennis, soms gebeurt dit door het nieuwe model wiskundig af te leiden uit het model voor de fijnere korrelgrootten. In het laatste geval moeten er regelmatig aannames worden gemaakt om het 'closure-probleem' op te lossen. Voorbeeld: afleiden Darcy uit Navier-Stokes. Bovendien moeten voor dit model invoervariabelen op de juiste korrelgrootte worden afgeleid. Soms zijn dit 'lumped' variabelen, maar het kunnen ook statistieken van de fijnkorrelige variabelen zijn (bijvoorbeeld autocovarianties). De uitvoer van dit model heeft dan de gewenste korrelgrootte.

Aggregatie naar 'lumped' invoervariabelen vindt plaats door gebruik te maken van proces/systeemkennis op de uiteindelijke korrelgrootte. Het opnieuw vastgestelde model op de grove korrelgrootte bepaalt hier welke invoervariabelen moeten worden gegenereerd op de grove korrelgrootte. Hierbij zijn de volgende aspecten aan de orde:

- **Definitie van compositie (lumped) variabelen** Bijvoorbeeld: keuze voor combinatie van puntschattingen van GHG, Al-ox, Fe-ox en P-ox tot fosfaatverzadigingsgraad; vaststellen zuurbufferend vermogen van een grond uit samenstelling CEC, kalkgehalte etc.; karakterisering vegetatie niet alleen door kensoorten maar door plantengemeenschap.
- **Aggregatie naar de grove korrelgrootte.** In feite behoren alle vormen van aggregatie naar invoervariabelen hier ook weer tot de mogelijkheden, met dien verstande dat het woord 'effectieve' niet van toepassing is omdat het model ook is veranderd.

In verreweg de meeste gevallen blijkt dat onderzoekers de schalingsmethodiek niet expliciet in hun onderzoek betrekken, maar impliciet in hun resultaten mee nemen. Hierdoor was het nodig enige afstand te nemen van het onderwerp van de studie en vanaf die grotere afstand trachten te achterhalen welke schalingsmethodiek in feite werd gebruikt om tot de vermelde resultaten te komen.

## **4 Inventarisatie**

In het volgende worden per aangeleverde studie de resultaten van de schalings analyse vermeld. Aangezien het de bedoeling is alleen naar de schaalaspecten van de studies te kijken, kan het zijn dat andere volgens de betreffende onderzoekers meer belangrijke aspecten van de studie niet worden vermeld.

Wij hebben getracht de schalingsmethodiek die door de onderzoeker vaak impliciet wordt meegenomen, expliciet te maken door te kijken naar de vermelde facetten. De uitgevoerde analyse zal ongetwijfeld subjectieve elementen bevatten, maar door een eenduidige werkwijze te volgen werd het wel mogelijk de afzonderlijke studies onderling te vergelijken wat betreft de gehanteerde schalingsmethodiek en ze vervolgens ook te rubriceren.

Van belang om te vermelden is ook dat de geïnventariseerde studies zijn geanalyseerd door uitsluitend gebruik te maken van de rapportage over de studie zoals die onder het kopje 'thema' is aangegeven. Deze inperking is van belang in die gevallen dat de geïnventariseerde studie deel uitmaakt van grotere studies waarbij ook in het voor- en natraject schaaltransformaties worden toegepast.

## ***Case 1: Toeristisch-recreatieve potenties***

### ***Thema***

Sectie Recreatie en Toerisme.

Goossen, C.M. 1992. Typologie van toeristisch-recreatieve potenties. Staring Centrum Rapport 237.

### ***Concept van de studie***

Aan een toeristisch-recreatieve voorziening (bijvoorbeeld kastelen) worden punten toegekend voor de basisvoorwaarden: bereikbaarheid, toegankelijkheid, seizoengebondenheid en publiciteit. Per gemeente wordt de totaalscores van de basisvoorwaarden van eenzelfde soort voorziening (bijvoorbeeld kastelen) opgeteld en gedeeld door het totaal van die toeristisch-recreatieve voorziening in de gehele regio. Op deze wijze wordt per gemeente een index berekend voor elk soort voorziening. Door de indices voor verschillende toeristisch-recreatieve voorzieningen (landschap, regio gebonden basisvoorwaarden, voorzieningen gebonden basisvoorwaarden) bij elkaar op te tellen ontstaat de toeristisch-recreatieve index (TRI) per gemeente. Clustering van gebieden met overeenkomstige indices leidt tot een TRI index voor regio's.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwalitatief en empirisch. Door de sommering wordt een index berekend voor verschillende soorten voorzieningen gezamenlijk. Door het toekennen van indices is het mogelijk een rangvolgorde te maken waarmee relatieve verschillen tussen gemeenten en/of regio's kunnen worden bepaald. Puntwaarnemingen worden vertaald naar waarden voor gemeentes en vervolgens voor regio's.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Uitgaande van waarnemingen voor een punt (bijvoorbeeld kastelen) worden uitspraken gedaan voor gemeenten en regio's. De opschaling gebeurt door middel van sommatie van puntwaarnemingen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats in deze case

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 2: Bepaling van nutriëntenstromen***

### ***Thema***

Sectie Ontwikkelings Samenwerking.

Van den Bosch H., J.N. Gitari, V.N. Ogaro, S. Maobe and J. Vlamming. 1998. NUTMON: an approach to determine nutrient flows and economic performance of farming systems: III. Application to a case study in Kenyan farming systems. Agr. Ecosys. Environ. (submitted).

### ***Concept van de studie***

Voor een beperkt aantal van 26 boerderijen in 3 districten in Kenia zijn op bedrijfsniveau de nutriëntenbalansen uitgerekend voor N, P en K in kg/ha/jr. Hiervoor zijn op bedrijfsniveau de volgende nutriëntenstromen berekend: 4 input stromen, 6 output stromen en 6 interne stromen. Om districten met elkaar te vergelijken zijn de balansen van de bedrijven binnen ieder district gemiddeld, bovendien is de standaard afwijking per district berekend. Het blijkt dat de verschillen per bedrijf binnen een district aanzienlijk zijn. Hierdoor worden de verschillen tussen de districten gering. Om deze redenen wordt bewust niet gesproken over de nutriëntenbalans van een district, maar van de gemiddelde balans van de bedrijven in een district. Dit om niet de indruk te wekken dat de nutriëntenbalans op districtsniveau bekend zou zijn.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwantitatief en empirisch. In deze studie wordt door puntwaarnemingen (het bedrijf) rekenkundig te middelen een uitspraak gedaan over een gebiedsgemiddelde (het district). Het beslismodel NUTMON wordt gebruikt om op bedrijfsniveau voor N, P en K een totaal balans te berekenen. Deze totalen worden vervolgens gemiddeld om tot een uitspraak te komen over de gemiddelde balans van de bedrijven in een district. Puntwaarnemingen worden gemiddeld om tot een uitspraak voor het district te komen.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Uitgaande van berekeningen op bedrijfsniveau worden uitspraken gedaan voor het district.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats in deze case

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

### ***Case 3: Prototype PEGASUS instrumentarium***

#### ***Thema***

Sectie Regionale milieueffectstudies

Kruijne R. en R.C.M. Merkelbach. 1997. Ontwikkeling van het prototype instrumentarium PEGASUS. Reeks milieuplanbureau 1.

#### ***Concept van de studie***

Om de emissie van een bestrijdingsmiddel naar het oppervlaktewater te berekenen, zijn landsdekkende gegevens nodig over het grondgebruik in 1993. Gegevens over gewasarealen per gemeente zijn beschikbaar in de vorm van de jaarlijkse landbouwtelling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). In de CBS-landbouwtelling van 1993 worden in totaal 149 gewassen onderscheiden. De Gemeentegrenzenkaart van 1993 (GEODAN) is gecombineerd met de hydrologische schematisatie van de Vierde Nota Waterhuishouding. In deze overlay van 663 gemeenten en 3634 hydrologische eenheden (plots) zijn in totaal 50273 afzonderlijke vlakken gedefinieerd met een eigen combinatie van gemeente- en plotnummer. Deze vlakken worden polygoon genoemd. De polygoon vormen de ruimtelijke eenheden waarvoor de emissie naar het oppervlaktewater wordt berekend, met een specifieke combinatie van grondgebruik enerzijds, en hydrologie en bodemtype anderzijds. Omdat er geen informatie beschikbaar is over gewasarealen op een niveau kleiner dan gemeenten, wordt aangenomen dat de verdeling van het landbouwareaal over de gewassen binnen een polygoon gelijk is aan die binnen de betreffende gemeente. Het areaal van een bepaald gewas binnen een polygoon wordt berekend door het oppervlak van de polygoon te vermenigvuldigen met de verhouding tussen het oppervlak van het gewas in de gemeente en de som van alle gewasoppervlakken in de gemeente.

#### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwantitatief. De beschikbare percentuele verdeling van verschillende gewassen op een grotere schaal (gemeente) wordt gebruikt om een verdeling van verschillende gewassen op een kleinere schaal (polygoon) te genereren. Een verhoudingsgetal geldig voor een grotere schaal (gemeente) wordt dus toegepast om een verdeling op kleinere schaal (polygoon) te genereren.

#### ***Ruimtelijk opschalen***

Opschalen vindt niet plaats in deze case

#### ***Ruimtelijk neerschalen***

Er vindt neerschalen plaats doordat informatie die geldig is op een grotere schaal, toe te passen op een kleinere schaal.

#### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 4: Vergelijking van opbrengstveranderingen***

### ***Thema***

Sectie Bodemfysisch Laboratorium

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink, G.H. Stoffelsen, S.G.M. Borst, A.F. Van Holst en J. Bouma. 1987. Vergelijking van opbrengstveranderingen als gevolg van wateronttrekking, berekend op vier kaartschalen. Cultuurtechnisch Tijdschrift 6: 403-414.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink and J. Bouma. 1987. Land evaluation at different scales: you pay for what you get! Soil Survey and Land Evaluation 7: 13-24.

### ***Concept van de studie***

Uitgaande van de bodemkaart 1 : 10 000 zijn kaarten 1 : 25 000, 1 : 50 000 en 1 : 250 000 afgeleid. Deze generalisatie is uitgevoerd op grond van inzicht in bodemkundige overeenkomsten tussen de verschillende kaartvlakken en op grond van de grootte van de kaartvlakken. Op elke schaal is voor elk kaartvlak de opbrengstverandering ten gevolge van wateronttrekking berekend. Het blijkt dat de gemiddelde opbrengstverandering berekend voor een zelfde gebied op de 3 kleinste kaartschalen, vrijwel gelijk is. In dit geval is het aantrekkelijk om op de globale schaal van 1 : 50 000 te werken omdat hier de kosten van berekening het laagst zijn. Als het echter gaat om het aangeven van opbrengstveranderingen voor percelen of bedrijven binnen het gebied dan moet op schaal 1 : 10 000 worden gewerkt. Alleen op die schaal is voldoende informatie voorradig om detail uitspraken te doen.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

De naar oppervlak gewogen gemiddelde opbrengstverandering berekend op de kaartschalen 1 : 10 000, 1 : 25 000 en 1 : 50 000 blijkt hetzelfde te zijn. De gemiddelde waarden blijken dus te kunnen opgeschaald. Omgekeerd is het niet mogelijk zonder aanvullende informatie (detail bodemkaart 1 : 10 000) op grond van de gemiddelde opbrengstverandering uitspraken te doen over de opbrengstverandering op het gedetailleerde perceelsniveau.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Gemiddelde waarden worden in dit geval lineair doorgegeven naar hogere schalen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Er is aanvullende informatie nodig om gemiddelde waarden voor een gebied te verdelen over de samenstellende percelen binnen dit gebied.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## **Case 5: LEDESS**

### *Thema*

Sectie Landschapsecologie

Harms, W.B., W.C. Knol en J. Roos-Klein Lankhorst. 1995. Het LEDESS-model – Een gebiedsgericht kennismodel bij scenario's voor natuurontwikkeling. Landschap 12: 83-98.

### *Concept van de studie*

In LEDESS worden twee soorten databestanden aangemaakt; een standplaatskaart die is afgeleid uit bodemkundige, geomorfologische en hydrologische bestanden, en een vegetatiestructuurbestand dat is afgeleid uit grondgebruiksbestanden. Voor verschillende toepassingen worden verschillende gridcelgroottes gebruikt variërend van 250x250 tot 1000x1000 m. De standplaatstypologie, fysiotope genoemd, is voor 1x1 km gridcellen afgeleid van de 1 : 50 000 bodemkaart, waarbij percentages van de verschillende bodemeenheden werden bepaald en de eenheid met het hoogste percentage aan de cel werd toegekend. De vegetatiestructuurtypen worden in eerste instantie als percentage per gridcel bepaald. De toedeling aan de cel gebeurt met dominanten (>50%) of complexen (30-50%).

### *Gebruikte schaalmethodiek*

Het type model/methodiek is kwalitatief en empirisch. Omzetten van polygonenkaart in gridcellenkaart waarbij aan de gridcel meestal het dominante fysiotoop is toegekend. Hiervan is afgeweken in het geval van kleine, zeldzame fysiotope.

### *Ruimtelijk opschalen*

Opschalen vindt plaats door uitgaande van de informatie op kleine schaal de dominante fysiotope toe te kennen aan de gridcellen op grotere schaal.

### *Ruimtelijk neerschalen*

Neerschalen vindt niet plaats.

### *Tijdschaal*

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 6: PELCOM project***

### ***Thema***

Sectie Geoinformatie

S. Mùcher. Methods of upscaling used within the PELCOM project.

### ***Concept van de studie***

Uitgaande van de CORINE database met cellen van 275x275 m wordt een nieuw bestand gegenereerd met cellen van 1100x1100 m (4x4 cellen). Aan de grotere cellen wordt het landgebruik toegekend van de binnen deze cellen dominante landgebruik.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwalitatief en empirisch. Vergroving van meer gedetailleerde informatie tot het aangeven van de dominante waarden voor grotere eenheden.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Opschalen door uitgaande van gedetailleerde informatie toekenning van dominante waarden aan grotere cellen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 7: Van proces naar perceel: opschaling van denitrificatie en N<sub>2</sub>O emissie***

### ***Thema***

Rappoldt, C. 1998. Opschaling van denitrificatie en N<sub>2</sub>O emissie. AB-DLO project.

### ***Concept van de studie***

In perioden met veel regen komt de grondwaterspiegel tussen twee drainagebuizen of sloten aanzienlijk omhoog en kan zelfs het oppervlak bereiken. Een hoog watergehalte correspondeert met een slechte aëratietoestand van de bodem. Onder dergelijke omstandigheden is een N<sub>2</sub>O emissie gemeten van 5 kg N ha<sup>-1</sup> dag<sup>-1</sup>, een factor 20 hoger dan de emissie op hetzelfde tijdstip bóven een drainagebuis en enkele orden van grootte hoger dan de emissie onder normale omstandigheden. Dit zijn zeer onwenselijke gebeurtenissen die enkele malen per jaar kunnen optreden. Dat geeft aan dat, naast de ruimtelijke variatie, de opschaling in de tijd ook uitdrukkelijk aandacht zal behoeven.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

De opschaling van denitrificatie en N<sub>2</sub>O emissie kan verdeeld worden in drie stappen: opschaling van de processchaal (1 mm) naar de schaal van bulkgrond (10 cm), opschaling van bulkgrond naar de profielschaal of naar de 10 meter schaal van de drainage, en tenslotte de opschaling naar perceelsniveau. Tussen processchaal en perceelschaal zit ruwweg een factor 100,000.

### ***Ruimtelijk opschalen***

De opschaling van de processchaal naar bulkgrond is nauw verbonden met diffusieprocessen in een heterogeen en gestructureerd medium: de bodem. Het resultaat van deze opschaling hangt sterk af van de wijze waarop de bodemstructuur beschreven wordt. Het instrument voor de opschaling van bulkgrond naar de schaal van een gedraineerd perceel is een twee-dimensionaal transport model. In het kader van het project zal een vergelijking worden gemaakt tussen een één-dimensionaal transport model en een gedetailleerde twee-dimensionale benadering.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Niet van toepassing in dit geval.

### ***Tijdschaal***

Door variaties in denitrificatie en N<sub>2</sub>O emissie gedurende het jaar te bestuderen, is het mogelijk een jaargemiddelde af te leiden.

## ***Case 8: Regionalisatie en modelvereenvoudiging nitraatuitspoeling***

### ***Thema***

Sectie Landevaluatiemethoden

Jansen, D.M., R. Rötter en H. Boogaard. 1998. Regionalisatie en modelvereenvoudiging nitraatuitspoeling bovenste grondwater in de Achterhoek. Concept rapport.

### ***Concept van de studie***

Onderzocht is hoe een relatief simpel model kan worden gebruikt voor de berekening van nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van zandgronden in de Achterhoek. Dit project vormt een onderdeel van een compleet 'decision support system' dat zich dient te richten op de volgende procedures:

Effecten van beleidsmaatregelen op landgebruik schatten;

Effecten van landgebruik op bepaalde indicatoren bepalen (bijvoorbeeld nitraatuitspoeling, bedrijfsinkomen);

Efficiënte van beleidsmaatregelen evalueren.

Dit project richt zich met name op de onderdelen genoemd onder procedure nummer twee.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Voor de Achterhoek is informatie verzameld over:

Fysische en chemische kenmerken van de bodem: per bodemtype van de 1 : 250 000 bodemkaart is aangenomen dat deze kenmerken homogeen zijn.

GHG: per gebied met dezelfde grondwatertrap op de 1 : 50 000 bodemkaart is aangenomen dat dit kenmerk homogeen is.

Bemesting: over de hele regio is de bemesting per gewas-bodemtype-GHG combinatie als identiek beschouwd in hoeveelheid, tijdstip en toedieningsmethode.

Weer: de Achterhoek is opgedeeld in twee gebieden die verschillen in neerslag.

Uitgaande van deze verschillende bronnen van informatie zijn gebieden met homogene gewas-bodemtype-GHG combinaties onderscheiden. Een kwantitatief model wordt gebruikt om verschillen tussen gebieden te berekenen. Binnen een gebied kan geen verdere detaillering worden aangegeven.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Opschalen vindt plaats als de ruimtelijke verdeling van de uitkomsten wordt gevisualiseerd in de vorm van kaarten met gemiddelde nitraatconcentraties en risicoklassen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt plaats als de verschillende bronnen van informatie worden gebruikt om de homogene gewas-bodemtype-GHG combinaties te onderscheiden.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 9: Geomorfologie-natuurontwikkeling rivieren***

### ***Thema***

Afdeling Geomorfologie

Wolfert, H.P., G.J. Maas en G.H.P. Dirkx. 1996. Het meandergedrag van de Overijsselse Vecht: historische morfodynamiek en kansrijkdom voor natuurontwikkeling. Staring Centrum rapport 408.

Maas, G.J., H.P. Wolfert, M.M. Schoor en H. Middelkoop. 1997. Classificatie van riviertrajecten en kansrijkdom voor ecotopen. Staring Centrum rapport 552.

Hommel, P.W.F.M., G.H.P. Dirkx, A.H. Prins, H.P. Wolfert en J.G. Vrielink. 1994. Natuurbehoud en natuurontwikkeling langs Bloemenbeek en Boven-Dinkel. Staring Centrum rapport 304.

### ***Concept van de studie***

Om beleid voor het integraal waterbeheer van de grote rivieren te kunnen formuleren is inzicht vereist in de realiseerbaarheid van verschillende rivierecotopen. De kansrijkdom voor de verschillende ecotopen is onderzocht aan de hand van geomorfologische, rivierkundige en landschapsecologische kenmerken van rivieren. In het bijzonder wordt hierbij aandacht besteed aan het meandergedrag van rivieren.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwalitatief en empirisch. Kenmerkende, representatieve riviertrajecten worden gedetailleerd onderzocht. Deze meer lokaal verzamelde informatie wordt met behulp van vooral bodemkundige- en geomorfologische kaarten vertaald naar informatie op het grotere schaalniveau van rivierecotopen.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Gedetailleerde informatie verzameld voor representatieve riviertrajecten wordt onderling verbonden en opgeschaald naar uitspraken over grotere rivierecotopen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 10: Invloed van bemonsteringsstrategie op detectie van preferente stroming***

### ***Thema***

Sectie Bodemfysische Transportverschijnselen

Ritsema, C.J., and L.W. Dekker. 1996. Influence of sampling strategy on detecting preferential flow paths in water-repellent sand, *Journal of Hydrology* 177: 33-45.

### ***Concept van de studie***

Alhoewel preferente stroming duidelijk is aangetoond met metingen, gaven deze metingen niet direct antwoord op de vraag hoe groot het effect was. Door intensieve bemonstering illustreerde men het effect van monsterafstand en monstergrootte.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Uitgaande van een groot databestand van 500 monsters, worden volgens een bepaalde strategie twee subsets van monsters onderscheiden. Voor de subsets worden gemiddelde waarden, standaarddeviaties en coefficients of variations bepaald en vervolgens onderling met elkaar vergeleken.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Ruimtelijk opschalen via pooling van individuele waarden en via loting.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

Herhaling van de analyse op een ander tijdstip.

## ***Case 11: Dynamiek van strooisellagen***

### ***Thema***

Sectie Bodem, bos, natuur

Kemmers, R.H. 1996. De dynamiek van strooisellagen. Voordrachten tijdens themamiddag georganiseerd door DLO-Staring Centrum, Wageningen, 6 oktober 1995. DLO-Staring Centrum, Rapport 438.

### ***Concept van de studie***

Bij het vergaren van informatie over patronen van ecologische processen kan de kartering van humusprofielen een belangrijk hulpmiddel zijn. Een humusprofiel wordt namelijk niet alleen gevormd onder invloed van abiotische factoren, maar is tevens een functie van de vegetatie. Het humusprofiel is indicatief voor de ontwikkelingen in een ecosysteem. Gebleken is dat de kwaliteit van het strooisel over kleine afstanden kan variëren

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het onderzoek naar humusprofielen moet informatie opleveren over patronen met een lengteschaal van enkele tientallen meters tot honderden meters. Het wordt ondersteund met micromorfologisch onderzoek (fracties van millimeters) en landschapsecologisch onderzoek (kilometers). Ook wat betreft de tijd zullen op- en neerschalingmethoden gevonden moeten worden. Successies spelen over tientallen jaren, terwijl het praktische beheer van bossen een tijdschaal heeft van een of enkele jaren. Het verhaal van Kemmers is oriënterend van aard en men onderkent dat men bij het onderzoek duidelijk te maken heeft met schaalproblemen. Gesteld wordt dat nader onderzoek noodzakelijk is.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Methodiek nog in ontwikkeling

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Methodiek nog in ontwikkeling

### ***Tijdschaal***

Vooralsnog niet relevant

## ***Case 12: Uitspoelingsberekeningen van nutriënten op landelijke schaal***

### ***Thema***

Sectie Regionale Milieu Effectstudies

Kroes, J.G., P.C.M. Boers, H.L. Boogaard, E.F.W. Ruijgh, J.A.P.H. Vermulst. 1997. Impact of manure policies on leaching of nitrogen and phosphorus from rural areas to Dutch ground and surface waters: methodology and application on a national scale. In: Brouwer, F.M. and W. Kleinhans (eds.), The implementation of nitrate policies in Europe: Processes of change in environmental policy and agriculture, Kiel, Vauk Publishers

Boogaard, H. and J.G. Kroes. 1998. Leaching of nitrogen and phosphorus from rural areas to surface waters in the Netherlands. Nutrient cycling in Agroecosystems 50: 321-324, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands

### ***Concept van de studie***

Modellsimulaties om een landsdekkend beeld te presenteren van nitraatuitspoeling en N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater, bij verschillende mestscenario's. Invoergegevens zijn afkomstig van verschillende bronnen op verschillende schalen. Uitvoer wordt gepresenteerd voor geaggregeerde eenheden op eenzelfde kaartschaal.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Uitgangspunt vormt redelijk gevalideerd uitspoelingsmodel. Het gedetailleerde procesmodel is gevalideerd voor enkele proefvelden. Procesparameters zijn voor deze studies afgeleid uit modelkalibratie en uit literatuuronderzoek. Voor bodemkundige invoer (organische stofgehalte, Al+Fe gehalten, dichtheid) en invoer van meteorologie, bemesting en grondgebruik zijn verschillende bronnen van geo-informatie gecombineerd door het maken van overlays van kaarten. Voor het genereren van hydrologische informatie en informatie van de bemestingstoestand zijn afzonderlijke modellen gebruik

### ***Ruimtelijk opschalen***

Aggregatie van resultaten van verschillende rekenplots tot een gebiedsgewogen gemiddelde. Hierbij worden de 3600 plots teruggebracht naar 80 districten.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Verkrijgen van informatie per rekenplot door het maken van overlays van afzonderlijke 'single value' kaarten. Uit eerdere studies bleek dat de resultaten op districtniveau sterk worden beïnvloed door de ruimtelijke resolutie van de gekozen rekenplots dit wordt mede veroorzaakt door het niet-lineaire gedrag van een groot aantal processen. De resultaten uit deze studie zijn verkregen uit exemplarische voorbeeldberekeningen en niet uit een systematische analyse. Het streven is een zo fijn mogelijke rekenresolutie te verkrijgen

### ***Tijdschaal***

Het betreft een dynamisch model waarin het weer een belangrijke rol speelt. Scenario's worden doorerekend met historische weerreeksen. Men kiest een jaar met 'gemiddeld' weer en zorgt ervoor dat het 'zichtjaar' dit gemiddelde weer krijgt. Probleem is de schatting van de toestand aan het begin van de tijdserie waarmee men

simulaties wil uitvoeren. Systematische analyse naar het effect van de 'initialisatie-procedure' wordt wel als belangrijk onderkend, maar is niet uitgevoerd. Men kiest ervoor een historische simulatie uit te voeren (50 jaar) waarbij men verwacht dat de huidige toestand nu wordt beschreven als functie van het historisch bodemgebruik.

## **Case 13: GREINS**

### *Thema*

Sectie Bodem, bos, natuur

Kemmers, R.H., J. Roos, J. Kros en F.J.E. Van der Bolt. 1997. Structuur, methodiek en datamodel van het Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Natuurontwikkelings-Scenario's (GREINS). Staring Centrum Rapport 476.

### *Concept van de studie*

GREINS is een evaluatiemethodiek ten behoeve van de kansrijkdom voor natuurontwikkeling op basis van standplaatsfactoren, vegetatie-eigenschappen en natuurwaarden. Hiertoe worden met een keten van modellen regionale analyses doorvertaald naar lokale schaal. Het GREINS is gebaseerd op een koppeling van een regionaal hydrologische model (SIMGRO), een standplaatsmodel (SMART2), een kennismodel voor de vegetatieontwikkeling (VEG) en een natuurtechnisch model (NTM). Met het systeem kunnen milieu- (alleen atmosferische depositie), hydrologische - en beheerscenario's voor stroomgebieden worden doorgerekend.

### *Gebruikte schaalmethodiek*

Voor het identificeren van door te rekenen eenheden vindt er een overlay plaats van de fysiotoopenkaart, de hydrologische schematisatie en de vegetatiestructuurkaart. De hydrologische schematisatie betreft een kaart met cellen die hydrologisch als homogeen worden beschouwd. De overlay van de fysiotoopenkaart met de hydrologische cellenkaart levert de zgn. hyfy-kaart, die de basiseenheden vormt voor de standplaatsmodellering. Per hyfy wordt voor iedere door VEG bepaalde vegetatieontwikkelingsreeks, de ontwikkeling van de standplaatsfactoren in de tijd berekend. Deze resultaten worden vervolgens naar het hyfy niveau geaggregeerd, waarna met het NTM de natuurwaarde per hyfy wordt bepaald.

### *Ruimtelijk opschalen*

Het ruimtelijk opschalen verloopt volgens: (i) aggregeren van de 1 : 50 000 bodemkaart tot fysiotoopen, (ii) hydrologische schematisatie tot hydrologische cellen, (iii) overlay (i) en (ii) levert hyfy-kaart, (iv) aggregeren van vegetatiekaart tot vegetatiestructuurkaart, (v) overlay van fysiotoopenkaart met vegetatiestructuurkaart, levert punt locaties op voor de standplaatsmodellering, (vi) resultaten standplaatsmodellering aggregeren tot hyfy-niveau, (vii) toekennen van natuurwaarde op hyfy-niveau.

### *Ruimtelijk neerschalen*

Hydrologische gegevens van een hydrologische cel worden toegekend aan een of meerdere fysiotoopen die binnen betreffende de hydrologische cel voorkomen. De atmosferische depositie, wordt lineair aan de betreffende hyfy's toegekend.

### *Tijdschaal*

Het systeem rekent op verschillende tijdschalen: hydrologie op dagbasis, standplaatsmodule op jaarbasis en de vegetatieontwikkeling voor de tijdintervallen op 0, 10, 30 en 100 jaar. De uitvoer van het systeem wordt uiteindelijk gepresenteerd op de tijdschaal van de vegetatieontwikkeling.

## ***Case 14: Een digitaalbestand voor de landschapsecologie (LKN)***

### ***Thema***

Sectie Landschapsontwikkeling

Sectie Bodem, Bos en Natuur

Sectie Geomorfologie

Bolsius, E.C.A. en J.H.M. Eulderink (red). 1994. Eén digitaal bestand voor de landschapsecologie van Nederland. LKN-rapport nr 4, RPD, Den Haag.

### ***Concept van de studie***

Het LKN-databestand bevat digitale informatie over flora en fauna en gegevens over abiotische omstandigheden. Het LKN-databestand is landsdekkend en gebaseerd op een gridsysteem met een celgrootte van  $1 \times 1$  km. De gegevens zijn opgeslagen in een relationele database (ORACLE) en zijn relatief eenvoudig met een GIS te koppelen. Het LKN bevat informatie over: geomorfologie, bodemtype en GT, ecologische landeenheden (ecoseries), grondwaterkwaliteit en – kwantiteit, oppervlaktewater, vegetatie – en landschapskenmerken en gegevens over broedvogels, zoogdieren, reptielen en amfibieën.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Nederland is onderverdeeld in ongeveer 42 000 cellen van  $1 \times 1$  km. Per cel zijn de bovengenoemde parameters beschreven. Per  $1 \times 1$  km<sup>2</sup> cel is ook informatie aanwezig voor kleinere oppervlakten, alleen is hiervan niet de exacte locatie gegeven. De oppervlakte van de deze subgrid eenheden variëren van 0,25 ha (voor bodem en Gt) tot enkele hectares.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Opschalen kan plaatsvinden door bijvoorbeeld de dominante eenheid per  $1 \times 1$  km<sup>2</sup> te nemen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Ruimtelijk neerschalen heeft plaatsgevonden door de op minder gedetailleerde schaal bekende grondwaterinformatie lineair te vertalen naar een  $1 \times 1$  km<sup>2</sup> cel.

### ***Tijdschaal***

Niet van toepassing in dit geval.

## ***Case 15: Warumec***

### ***Thema***

Sectie dynamiek ruimtegebruik.

Roos-Klein Lankhorst, J. 1998. WARUMEC helpdocument versie 1.0. Werkdocument 5, SC-DLO Interne mededeling 491.

### ***Concept van de studie***

De bovengrond geeft de verschijningsvorm weer van het ruimtegebruik. Deze verschijningsvorm is van belang voor de bepaling van de landschappelijke kwaliteit. Uitgaande van de topografische gegevens wordt de bovengrond beschreven aan de hand van de dominante (meer dan 50%) bodembedekking per gridcel (bovengrondtypen) en een viertal aanvullende attributen in klassen. Dit zijn per gridcel de hoeveelheid verspreide bebouwing, hoeveelheid wegen, hoeveelheid lineaire beplantingen en de hoeveelheid waterlopen. Combinatie van de dominante bodembedekking en de aanvullende attributen geeft een vrij compleet beeld van de complexiteit van de bovengrond. Zo betekent een combinatie van grasland met een hoge klasse beplanting dat er sprake is van een complex van grasland met bosjes en/of houtwallen. Ruigte met een hogere klasse beplanting betekent een mozaïek van korte vegetaties en meer of minder opgaande beplanting, terwijl er bij heide sprake kan zijn van meer of minder opslag. Bebouwd gebied met een hoge klasse aan beplanting kan duiden op een recreatiegebied of wonen in het bos.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwalitatief en empirisch. Er wordt gebruik gemaakt van klasse indelingen (meer of minder dan 50%). De hoofdindeling wordt gevormd door de dominante bodembedekking per gridcel. In het geval geen van de bedekkingsvormen meer dan 50% bedraagt, wordt een verfijning aangebracht middels de attributen. Bijvoorbeeld dominante bodembedekking water (meer dan 50% water) en de extra attributen: praktisch geen water, vrij weinig water, vrij veel water en veel water maar minder dan 50%. Hierbij worden de polygonen op de topografische kaart vergrid. In feite gaat het hier om een ruimtelijk classificatiesysteem waarbij aan de hand van bovengrondtypen per gridcel een beschrijving wordt gegeven van de dominante bodembedekking.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Uitgaande van waarnemingen aan landschapskenmerken wordt per gridcel de dominante bodembedekkingsvorm aangegeven. Indien dit niet mogelijk is, wordt d.m.v. extra attributen de beste beschrijving van de bodembedekkingsvorm van de gridcel aangegeven.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats in deze case

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 16: SMALLSTEPS***

### ***Thema***

Ontwikkeling en calibratie van het SMALLSTEPS dispersiemodel.  
C.C. Vos, projectleider van IBN-DLO project 35809 01.

### ***Concept van de studie***

Voor weinig mobiele soorten heeft niet alleen de afstand tussen leefgebieden invloed op de overgangskans tussen leefgebieden maar is ook de aard van het tussenliggende landschap bepalend. Sommige landschapselementen zijn weerstandsverhogend (barrières zoals b.v. wegen, akkers) terwijl andere landschapselementen juist een positieve invloed op de uitwisseling hebben (corridorfunctie). De mogelijke keuzes die dispergerende dieren maken tussen landschapstypen heeft een sturende werking op de dispersiestroom. Daarnaast bepaalt ook een verhoogde sterfte van dispergerende dieren, b.v. bij het oversteken van wegen, de mate van uitwisseling tussen leefgebieden. Doel van dit project is het afleiden van schattingen van de geleiding resp. weerstand van het landschap en landschapselementen voor dispersiebewegingen.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Corrigeren voor weerstand op basis van landschapsmaten of op basis van een versimpelde habitatkaart. Door middel van modelsimulaties met SMALLSTEPS in landschappen met verschillende configuraties van corridors en barrières wordt nagegaan hoe de uitwisseling tussen habitatplekken wordt beïnvloed door het tussenliggende landschap. In de simulatielandschappen wordt systematisch gevarieerd in houtwal/sloten dichtheid en oriëntatie, wegendichtheid, fracties grasland, akker enz. Van deze simulatielandschappen worden tevens landschapsmaten berekend. Op basis van deze exercitie wordt nagegaan of het mogelijk is eenvoudige correctiefactoren voor weerstand op te stellen die kunnen worden toegepast in LARCH. Een andere optie is om een dispersiemodel te ontwikkelen waarmee de overgangskansen in versimpelde landschappen worden berekend en deze te toetsen aan de overgangskansen berekend met SMALLSTEPS in het oorspronkelijke landschap. Bij de keuze van simulatielandschappen dient rekening gehouden te worden met beschikbare habitatkaarten.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Uitgaande van berekeningen met SMALLSTEPS voor het oorspronkelijke landschap worden uitspraken gedaan voor overgangskansen in grotere, versimpelde landschappen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats in deze case

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 17: Gebruik van bodemkundige informatie voor bodemfysische opschaling***

### ***Thema***

Sectie Bodemfysisch laboratorium.

Wösten, J.H.M., J. Bouma and G.H. Stoffelsen. 1985. The use of soil survey data for regional soil water simulation models. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 1238-1245.

Wösten, J.H.M., J. Denneboom en A.F. Van Holst. 1988. Bodemkundige en bodemfysische inventarisatie van de Provincie Friesland ten behoeve van het provinciaal plan voor de waterhuishouding en het grondwaterplan. Stiboka rapport 1990.

### ***Concept van de studie***

Aan de verschillende bodemhorizonten die in een bepaald gebied worden onderscheiden, worden de bodemfysische karakteristieken gemeten. Vervolgens wordt aan de hand van functionele criteria gekeken of de bodemhorizonten in bodemfysisch opzicht ook daadwerkelijk verschillend zijn. Het blijkt dat bodemkundige verschillen niet noodzakelijkerwijs ook bodemfysische verschillen zijn. Als gevolg hiervan kan de oorspronkelijke bodemkaart worden omgezet in een kaart met bodemeenheden met minder kaartvlakken dan de bodemkaart. Het blijkt dat door bodemhorizonten te gebruiken als dragers van informatie, het kernprobleem van extrapolatie van puntgegevens (pedon) naar gebieden (landschap) kan worden opgelost.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwantitatief. Met deze werkwijze kan informatie van de ene naar de andere schaal worden overgedragen waarbij het belangrijk is dat functionele toetsing plaats vindt van de drager van de informatie in dit geval bodemhorizonten die zich bodemfysisch verschillend gedragen.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Opschalen door bodemhorizonten die zich bodemfysisch verschillend gedragen te gebruiken als drager van informatie van het puntniveau (pedon) naar gebieden (landschap).

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 18: PELCOM project***

### ***Thema***

Sectie Geoinformatie.

Mücher, S. 1998. Methods of downscaling used within the PELCOM project. SC-DLO project.

### ***Concept van de studie***

NOAA/AVHRR gegevens worden gebruikt voor het vaststellen van het Europese landgebruik. Vanwege de grove ruimtelijke resolutie van 1x1 km komt het echter voor dat vooral gebieden met een heterogeen landgebruik verkeerd geclassificeerd worden. Daarom is het nodig een methode toe te passen die niet een enkele attribuut waarde aan een pixel toekent, maar instaat is proportionele verschillen in landgebruik binnen een pixel te achterhalen. De aanpak is dat men waarnemingen doet in verschillende bandbreedtes van het spectrum en deze met elkaar combineert. Zo ontstaan n vergelijkingen met n onbekenden die kunnen worden opgelost. Deze aanpak staat bekend als Linear Mixture Modelling.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het type model/methodiek is kwantitatief. Uitgaande van globale informatie wordt meer gedetailleerde informatie verkregen door gebruik te maken van extra informatie. In dit geval waarnemingen in verschillende bandbreedtes.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Opschalen vindt niet plaats.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt plaats door meerdere waarnemingen te doen en deze te combineren waardoor een bekend aantal vergelijkingen met een bekend aantal onbekenden wordt verkregen die kunnen worden opgelost. Door extra informatie, in dit geval meerdere waarnemingen, toe te voegen, vindt neerschaling plaats van de oorspronkelijk grove informatie voor een groot gebied naar gedetailleerde informatie voor een kleiner gebied.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 19: Kansen van voorkomen van vochttekorten en toereikende draagkracht***

### ***Thema***

Sectie Bodemfysisch laboratorium.

Wösten, J.H.M. and J. Bouma. 1985. Using simulation to define moisture availability and trafficability for a heavy clay soil in the Netherlands. *Geoderma* 35: 187-196.

### ***Concept van de studie***

Voor een zware kleigrond onder gras zijn simulatieberekeningen gemaakt van de vochtvoorziening en draagkracht door gebruik te maken van meteorologische en grondwaterstandsgegevens van een periode van 30 jaar. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in de vorm van kansen van voorkomen van 1) neerslagtekorten, 2) berekende vochttekorten en 3) toereikende draagkracht. De grootte van het vochttekort is ook uitgedrukt in termen van de jaarlijkse kans van voorkomen.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Het gebruikte model kwantitatief. Uitgaande van gedetailleerde jaarlijkse informatie wordt opgeschaald naar langjarig gemiddeld gedrag inclusief een kwantificering van de spreiding rond dit gemiddelde.

### ***Ruimtelijke schaal***

De ruimtelijke schaal is niet van belang in dit geval.

### ***Opschalen van de tijdschaal***

Gedetailleerde jaarlijkse informatie wordt opgeschaald naar langjarig gemiddelde waarden.

## ***Case 20: Effect van urineplekken op nitraatuitspoeling***

### ***Thema***

Sectie Systematische Bodemkundige Informatie

Hack-ten Broeke, M.J.D. and A.H.J. Van der Putten. 1997. Nitrate leaching affected by management options with respect to urine-affected areas and groundwater levels for grazed grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 66: 197-210.

### ***Concept van de studie***

Om representatieve waarden voor de nitraatuitspoeling op een perceel te kunnen bepalen zijn voor twee velden op resp. 16 en 13 punten bodemprofiel beschrijvingen gemaakt. Voor alle punten zijn nitraatuitspoelingsberekeningen uitgevoerd, voor de uitgangssituatie en voor verschillende scenario's

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

De veldvariabiliteit is benaderd door de simulaties uit te voeren voor alle afzonderlijke punten en de resultaten achteraf te presenteren in een cumulatief frequentiediagram. Aangenomen wordt dat de profielbeschrijvingen een betrouwbaar beeld geven van de gemiddelde bodemopbouw en de variabiliteit daarin. Tevens wordt aangenomen dat de bodemopbouw de belangrijkste factor is in het verklaren van variaties in nitraatconcentraties. Opschaling van punt naar perceelsniveau vindt plaats door de cumulatieve frequentiediagrammen per perceel te presenteren.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Eerst een reeks afzonderlijke gegevens verzamelen deze afzonderlijk doorrekenen en vervolgens de resultaten presenteren in de vorm van verdelingsfuncties. Conclusies over perceelsgemiddelden worden getrokken uitgaande van de opgestelde frequentieverdelingsdiagrammen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

Modellen rekenen met meteorologische gegevens op dagbasis, maar resultaten worden gepresenteerd op jaarbasis. Berekende dagconcentraties worden rekenkundig gemiddeld over de periode van een jaar.

## ***Case 21: Bodemschematisering ten behoeve van modelsimulaties***

### ***Thema***

Sectie Systematische Bodemkundige Informatie

Finke, P.A., W.J.M. de Groot, M.J.D. Hack-ten Broeke, Y. van Randen, F. De Vries en J.H. Oude Voshaar. 1998. Linking digital soil maps and databases to simulation models: functional soil map aggregation in the Netherlands. In: Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources. Heineke et al. (eds.).

### ***Concept***

Ruimtelijke aggregatie van kaarteenheden op basis van grondwatertrap en bodemfysische eigenschappen om een redelijk aantal rekenplots over te houden voor modelsimulaties van N- en P-uitspoeling. Data aggregatie behelst het schatten van representatieve gegevens voor een rekenplot zoals vastgesteld in de fase van 'ruimtelijke aggregatie'. Dit betreft bijvoorbeeld het schatten van bodemfysische karakteristieken met behulp van pedotransfer functies en het vaststellen van bodemchemische karakteristieken met informatie uit BIS.

### ***Methodiek***

Zowel ruimtelijk opschalen als opschalen van data uit onderliggende gegevensbestanden is toegepast.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Beslisregels voor aggregatie zijn geformaliseerd. Voor de ruimtelijke aggregatie zijn zgn. Land Use Requirements (soort proces) vastgesteld: bodemkwaliteiten die de potentiële N- en P-uitspoeling sterk bepalen. Land Characteristics zijn geïdentificeerd: fysische en/of chemische eigenschappen worden afgeleid uit bodemkundige informatie. Aan iedere bodemeenheid in het studiegebied is een waarde toegekend voor de betreffende karakteristiek. Voor data aggregatie zijn 4 middelingsmethoden onderzocht. De middelingsmethoden hadden betrekking op het wel of niet meenemen van informatie uit niet-dominante bodemeenheden. Voor een zo compleet mogelijk beeld is het nodig pedotransfer functies toe te passen, omdat het bodemkundig informatiesysteem ontoereikend is in de hoeveelheid informatie die als directe modelinvoer kan worden gebruikt.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case

## ***Case 22: Opschaling van puntgegevens tav milieueffecten naar vlakinformatie op regionale schaal***

### ***Thema***

Sectie Systematische Bodemkundige Informatie

M. Hack, et al. 1998. Opschalen van verwachte milieueffecten naar kaartenheden.

### ***Concept van de studie***

Berekenen van nitraatuitspoeling voor de vijf belangrijkste zandgronden (vlakinformatie) met een rekenmodel dat is gevalideerd met gegevens van het proefbedrijf De Marke.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Standaardisatie van bedrijfskenmerken (gewassen, bemestingshoeveelheden en tijdstippen) aan de hand van gegevens voor het proefbedrijf De Marke. Vervolgens wordt het rekenmodel ook gevalideerd met gegevens van de Marke. Simulatie van nitraatuitspoeling vindt plaats voor een aantal bemestingsscenario's per bodemeenheid. Per bodemeenheid is statische informatie beschikbaar over de textuur en het organisch stofgehalte. Deze informatie is met pedotransfer functies vertaald naar bodemkundige modelinvoer voor 30 klassen waarvoor vervolgens simulaties zijn uitgevoerd. Uitvoer per bodemeenheid wordt gepresenteerd in de vorm van cumulatieve frequentiediagrammen.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Via standaardisatie van grondgebruik op een bedrijf en via de presentatie van cumulatieve frequentiediagrammen van rekenresultaten voor een bodemtype.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Bodemkenmerken worden benaderd via kansverdelingen en niet als gemiddelden.

### ***Tijdschaal***

De dynamiek van de processen wordt benaderd met proces georiënteerde modellen. De resultaten worden gepresenteerd voor het eindpunt van een reeks van 30 jaar simulaties.

## ***Case 23 De waterhuishouding van het Bargerveen en het herinrichtingsgebied Schoonebeek***

### ***Thema***

Sectie Regionale watersystemen

Walsum, P.E.V. van, J.W.J. Van der Gaast en J.G. te Beest. 1998. De waterhuishouding van het Bargerveen en het herinrichtingsgebied Schoonebeek. Veldonderzoek en simulatie van de regionale hydrologie. Wageningen, DLO Staring Centrum, Rapport 534.1.

### ***Concept van de studie***

Het model SIMGO is opgetuigd voor een hoogveengebied en het omringende landbouwgebied om effecten van waterhuishoudkundige veranderingen te schatten. Aangezien de rekeneenheden van het hoogveengebied niet homogeen zijn voor wat betreft de verdamping als gevolg van gedeeltelijke inundatie van een rekenvlak en de berging in het bodemprofiel zijn met behulp de maaiveldhoogteverdeling correcties uitgevoerd voor deze vorm van heterogeniteit.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Met behulp van de maaiveldhoogteverdeling zijn relaties bepaald voor het aandeel van een rekenvlak dat onder water is gelopen als functie van de grondwaterstand ten opzichte van het gemiddelde maaiveld. Opgeteld bij de freatische bergingscoëfficiënt leveren deze relaties samen de totale bergingscoëfficiënt als functie van de diepte. Dit is een bijzondere combinatie van opschalen en conceptualiseren.

### ***Ruimtelijk opschalen***

De maaiveldhoogte verdeling welke met groot detail bekend is wordt opgeschaald naar een frequentieverdeling. Vervolgens wordt deze frequentieverdeling gebruikt voor het vaststellen van de relatie tussen het inundatie-oppervlak en de grondwaterstand.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats in deze studie.

### ***Tijdschaal***

Het betreft een studie met een dynamisch model, maar op- en neerschaling ten opzichte van de factor tijd vindt niet plaats.

## ***Case 24. Neerschalen van grondwaterstanden ten behoeve van de schatting van ecologische effecten.***

### ***Thema***

Sectie Regionale watersystemen

Bolt, F.J.E. van der. 1998. Mondelinge Mededeling.

### ***Concept van de studie***

Met een regionaal grondwaterstromingsmodel is de waterhuishouding van het herinrichtingsgebied De Hilver beschreven. Alhoewel al met een fijn detail wordt gerekend zijn de gemiddelde waarden per rekenvlak nog te grof voor de ecologische effectvoorspelling. Met behulp van digitale terreininformatie worden de berekende extreme grondwaterstanden neergeschaald naar vlakjes van 25\*25 m.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Uitkomsten van het grondwaterstromingsmodel SIMGRO met rekenvlakken van enkele hectaren worden neergeschaald met behulp van een Digitaal Terrein Model. In dit DTM zijn de maaiveldhoogten bekend. Eerst wordt voor het rekenvlak in SIMGRO de gemiddelde grondwaterstand en de gemiddelde maaiveldhoogte berekend. Het verschil hiertussen wordt vervolgens van toepassing verklaard voor alle overige punten in het DTM. Toekomstige correcties zijn voorzien door behalve een DTM ook een Digitaal Grondwaterstandsmodel samen te stellen met behulp van informatie van het oppervlaktewater en de verschillen tussen maaiveld en grondwaterstand mede te bepalen als functie van de afstand tot een waterloop.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Opschalen vindt niet plaats in deze studie.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschaling vindt plaats door aan de informatie over de gemiddelde grondwaterstandswaarden gedetailleerde informatie mbt de terrein hoogte toe te voegen.

### ***Tijdschaal***

Op- en neerschalen van de tijdsdimensie spelen in deze methodiek vooralsnog geen rol.

## ***Case 25: Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO.***

### ***Thema***

#### **LEI-DLO**

Bouwman, W.A.H.B. , J. Dijk, J.P.M. van Dijk, K. Lodder en L.C. van Staalduinen. 1997. De steekproef voor het bedrijven-informatienet van LEI-DLO. Bedrijfskeuze 1997 en selectieplan 1998. LEI-DLO Periodieke Rapportage 4-97.

### ***Concept van de studie***

Mede voor de Europese Unie houdt LEI-DLO jaarlijks een bedrijfseconomische boekhouding bij van bijna 1.600 bedrijven in de akkerbouw, tuinbouw en veehouderij. Deze boekhouding is vastgelegd in het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO. De volgende bedrijfstypen worden onderscheiden: akkerbouw-, tuinbouw-, blijvende teelt-, graasdier-, hokdier- en gecombineerde bedrijven. De geselecteerde bedrijven dienen een bepaalde vastgestelde, minimum en maximum omvang te hebben.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Er wordt gebruikgemaakt van een gestratificeerde steekproef met uiteenlopende steekproefpercentages tussen de bedrijfstypen (strata). Door de populatie in te delen in groepen bedrijven die min of meer homogeen zijn en door per groep (stratum) een afzonderlijke steekproef te trekken, kunnen schattingen van gemiddelden voor combinaties van strata een grotere betrouwbaarheid krijgen dan bij een niet-gestratificeerde steekproef van dezelfde omvang. De betrouwbaarheid wordt nog verder vergroot door de steekproefpercentages te laten variëren tussen de strata. Stratificatie helpt ook de representativiteit te bewaken wanneer non-respons optreedt. Weigert een aangezocht bedrijf, dan is het zaak om een vervangend bedrijf te kiezen dat in zijn bedrijfskenmerken (bedrijfsgrootte, leeftijd, bedrijfstype, regio) zoveel mogelijk op het weigerende bedrijf lijkt. Verder heeft stratificatie het voordeel dat het onderhoud van de steekproef, die de vorm heeft van een door de jaren heen roterend panel, gemakkelijker is. Bij een roterend panel zijn aanvullingen van bedrijven nodig in verband met rotatie en uitval in het panel en veranderingen in de populatie.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Door middel van een gestratificeerde steekproef worden bedrijven geselecteerd aan de hand waarvan de bedrijfseconomische situatie van een beperkt aantal bedrijfstypen wordt berekend. Gegevens van bedrijven worden dus gebruikt om gegevens voor bedrijfstypen te berekenen.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats in deze studie.

### ***Tijdschaal***

De tijdschaal is niet van belang in deze case.

## ***Case 26: Opschalingsmethodiek voor de toepassing van verzuringsmodellen op verschillende ruimtelijke schalen***

### ***Thema***

Sectie Bodem- en natuurbescherming.

De Vries, W, J. Kros, C. Van der Salm, J.E. Groenenberg and G.J. Reinds. 1998. The use of upscaling procedures in the application of soil acidification models at different scales. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50: 223-236.

### ***Concept van de studie***

Ontwikkeling en toepassing van een opschalingsprocedure. Drie modellen met verschillend procesdetail en met bijbehorende ruimtelijke en temporele toepassingsschalen worden toegepast om het effect van het procesdetail op de uitkomsten nader te bestuderen. Tevens gaat het onderzoek in op het effect van ruimtelijke aggregatie van invoergegevens. Resultaten geven aan dat modelsimplificatie adequaat kan zijn bij opschaling.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Er is uitvoerig nagedacht over de opschalingmethodiek. Verschillende stappen zijn onderscheiden:

ontwikkel gedetailleerd procesmodel.

kalibreer dit model op gedetailleerde gegevens.

voer een gevoeligheidsanalyse uit.

Simplificeer dit model door simpeler procesformuleringen, gebaseerd op GA, benodigde temporele resolutie, benodigde ruimtelijke resolutie.

Vergelijk de uitkomsten van dit simpeler model met de gedetailleerde originele gegevens en met de originele gegevens in opgeschaalde vorm.

Vergelijk de performance ten aanzien van lange termijnvoorspellingen.

### ***Ruimtelijk opschalen***

kalibreer regionale model op cumulatieve frequentieverdeling en individuele waarnemingen, valideer op gegevens van een andere regio.

schat het effect van middeling van inputgegevens per vegetatie-bodem combinatie.

schat het effect van opgeschaalde invoer op de cumulatieve frequentieverdeling van een regio door gebruik te maken van effectieve parameters die op een lager schaalniveau zijn geschat.

Pas het model toe op regionale schaal en kwantificeer de onzekerheid van de modelresultaten.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

Tevens worden uitspraken gedaan over temporele opschaling.

## ***Case 27: Opschaling van verzadigde doorlatendheid tbv geohydrologische berekeningen***

### ***Thema***

Sectie Landinventarisatiemethoden.

Bierkens, M.F.P. and J.W.J. Van der Gaast. 1998. Upscaling hydraulic conductivity: theory and examples from geohydrological studies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50: 193-207.

### ***Concept van de studie***

De studie presenteert allereerst een overzicht met betrekking tot de theorie van opschalen van de hydraulische doorlatendheid. Dit gebeurt in het kader van het zoeken naar representatieve waarden voor hydraulische doorlatendheden voor gebruik in berekeningen met grondwatermodellen.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Er worden twee case studies beschreven voor het schatten van de c-waarde van het afdekkende pakket op basis van 3 monsters uit 21 boringen. De monsters zijn random gekozen. Schatting van de hydraulische doorlatendheid voor homogene modelblokken van 20\*20\*0,5 m gebeurt op basis van 313 ongestoorde monsters. De monsters worden ingedeeld in acht textuurklassen op basis van geogenese, lithologie en organisch stofgehalte. Tevens wordt hydraulische doorlatendheid bepaald. Per textuurklasse worden statistische grootheden uitgerekend.

### ***Ruimtelijk opschalen***

Stochastische opschaling wordt in combinatie met geostatistische simulatie gebruikt om waarden voor de blokken van een rekenmodel te verkrijgen. Resultaten van dit grondwatermodel worden vergeleken met de gegevens van pompproeven.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

Niet van toepassing in dit geval.

## ***Case 28: Ruimtelijke interpolatie van zware metalen en PAK's voor een bodemkwaliteitskaart***

### ***Thema***

Sectie Landinventarisatiemethoden.

Bierkens, M.F.P. 1998. Ruimtelijke interpolatie van zware metalen en PAK's ten behoeve van de bodemkwaliteitskaart van de Gemeente Utrecht, Staring Centrum Rapport 514.

### ***Concept van de studie***

Vervaardigen van kaarten die de waargenomen- en achtergrondgehalten van zware metalen en PAK's tonen, dit inclusief het aangeven van de betrouwbaarheid. De resultaten zijn gebaseerd op verschillende bronnen van geo-informatie. Er is gebruik gemaakt van de in het kader van saneringsprojecten verzamelde 2349 grondmonsters aangevuld met een extra 300 monsters voor dit onderzoek.

### ***Gebruikte schaalmethodiek***

Er is gebruik gemaakt van een combinatie van geo-informatie en metingen. Hierbij moest een oplossing worden gevonden voor problemen zoals:

- Metingen die onder de detectielimiet liggen;
- Gehalten zijn vaak bepaald aan gemengde monsters, die bestaan uit mengsels van meerdere monsters

Veel monsters zijn preferent genomen op verontreinigde locaties en daardoor ook vaak geclusterd

### ***Ruimtelijk opschalen***

Er is een nieuwe geostatistische methode ontwikkeld met de benaming 'gestratificeerde residuele kriging'.

### ***Ruimtelijk neerschalen***

Neerschalen vindt niet plaats.

### ***Tijdschaal***

Niet van toepassing in dit geval.

## 5 Synthese

Synthese van de geïnventariseerde schalingsmethodieken vindt plaats door deze te groeperen in een algemeen, praktisch kader en in een theoretisch kader. De resultaten van deze twee manieren van groeperen staan weergegeven in tabel 1.

### 5.1 Bespreking van de onderscheiden, algemene procedures

In tabel 1 worden de cases 1-15 tot de algemene procedure 1 gerekend, de cases 16-25 tot de algemene procedure 2 en de cases 26-28 tot de algemene procedure 3. In het volgende worden voor elk van deze algemene procedures een aantal kenmerkende eigenschappen gegeven. Ter illustratie van de onderscheiden algemene procedure worden figuren getoond en besproken van de voor de betreffende procedure kenmerkende cases.

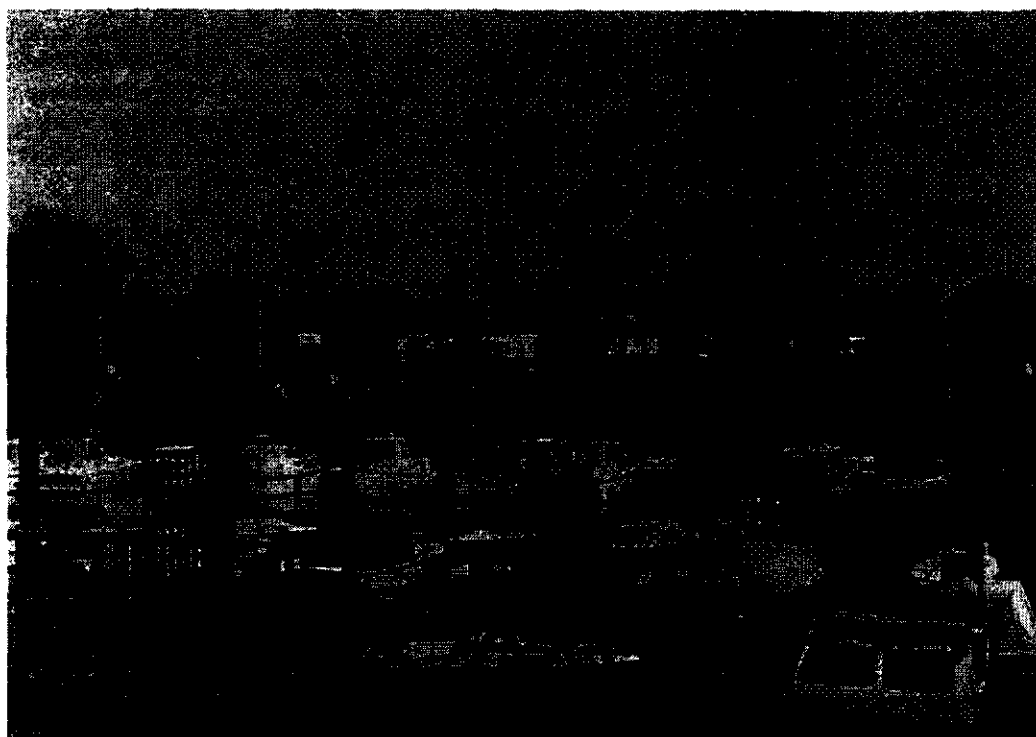
#### *1. Signaleren en aanzet tot een methodiek voor omgaan met verschillende schalen*

Deze procedure blijkt het meest veelvuldig te worden toegepast; 15 van de 28 cases vallen volgens ons in deze categorie. Kenmerkend voor de categorie is dat geen of dat slechts een kwalitatief model wordt gebruikt om op te schalen. Veelal wordt de dominante grootheid op een lager schaalniveau verkozen als de representatieve grootheid op het volgende, hogere schaalniveau. Vaak is men zich wel bewust van het feit dat op deze manier informatie verloren gaat, maar kwantitatieve inschatting van dit verlies wordt meestal niet gemaakt. Soms wordt niet voor de dominante grootheid gekozen, maar wordt ook gekeken of een kleine grootheid mogelijk zeldzaam is en om die reden dient te worden vermeld op het hogere schaalniveau. Soms wordt functioneel getoetst of de opschaling door de dominante grootheid representatief te verklaren tot acceptabele resultaten leidt.

Omdat deze vorm van opschaling veelvuldig (cases 1 tot en met 15) wordt toegepast, is het zinvol om voor deze procedure een beslissingsondersteunende receptuur te ontwikkelen. Door vragen te stellen over bijvoorbeeld in welke grootheid men uiteindelijk is geïnteresseerd, in welke mate van detail een uiteindelijk antwoord wordt verwacht etc. kan de receptuur de onderzoeker behulpzaam zijn bij het vaststellen van de voor een specifiek probleem meest efficiënte schaal.

Als representant van deze categorie dient case 1 waarbij aan de hand van een waardering van basisvoorzieningen een toeristisch-recreatieve index wordt berekend (Goossen, 1992). In dit geval worden puntwaarnemingen representatief verklaard voor een gemeente. Figuur 11 geeft een beeld van de water- en verblijfsrecreatie die karakteristiek wordt geacht voor de gemeente Angerlo.

| Gemeente    | Typering                                                              |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Rijnwaarden | aan de Rijn gebonden toeristisch-recreatieve voorzieningen            |
| Angerlo     | klein cluster van water- en verblijfsrecreatie                        |
| Arnhem      | zeer sterk gedifferentieerd toeristisch-recreatief aanbod             |
| Didam       | agrarisch met dominerend recreatiegebied                              |
| Duiven      | gericht op glastuinbouw, toeristisch-recreatief niet sterk ontwikkeld |
| Renkum      | natuurgerichte recreatie en monumenten                                |
| Rheden      | sterke verblijfsrecreatie en actieve natuurgerichte recreatie         |
| Rozendaal   | enkele dominerende dagrecreatieve elementen                           |
| Wageningen  | gedifferentieerd toeristisch-recreatief aanbod                        |
| Wehl        | toeristisch-recreatief minder sterk ontwikkeld                        |
| Westervoort | verstedelijkt, toeristisch-recreatief minder interessante gemeente    |
| Zevenaar    | verspreid liggende toeristisch-recreatieve clusters                   |
| Rhenen      | sterke natuurgerichte recreatie met cultuur-historische elementen     |



*Fig. 11 Een klein cluster van water- en verblijfsrecreatie in Angerlo (uit Goossen, 1992)*

## 2. Verdere uitwerking van de methodiek voor omgaan met verschillende schalen.

De cases 16 tot en met 25 die binnen deze tweede categorie vallen, geven een verdere uitwerking aan de schaalproblematiek dan de cases in de eerste categorie. Kenmerkend voor deze categorie is dat een model wordt gebruikt en dat meestal meerdere bronnen van informatie met elkaar worden gecombineerd. Terwijl in de eerste categorie een waarde wordt gepresenteerd voor de dominante grootheid, wordt in deze categorie op een hoger schaalniveau behalve een gemiddelde grootheid ook een spreiding rond dit gemiddelde aangegeven. De op een hoger schaalniveau bestaande heterogeniteit wordt nu dus niet teniet gedaan door alleen te werken met de dominante grootheid, maar deze heterogeniteit wordt nu juist uitgedrukt in de vorm van de spreiding rond de gemiddelde grootheid. Terwijl in de eerste categorie een vorm van middeling vooral plaatsvindt, wordt in de tweede categorie zo lang mogelijk vastgehouden aan de onderlinge verschillen en wordt pas achteraf gemiddeld en een spreiding aangegeven. Frequentiediagrammen die de kans op voorkomen van een bepaalde grootheid aangeven, zijn in deze categorie een aansprekende manier om de resultaten te presenteren.

Ook voor deze tweede categorie is het zinvol een beslissingsondersteunende receptuur te ontwikkelen die de onderzoeker kan helpen om behalve gemiddelde waarden ook de spreiding te kwantificeren en zodoende recht te doen aan de bestaande heterogeniteit.

Als representant van deze categorie dient case 20 (Hack-ten Broeke and Van der Putten, 1997). Hierbij is de nitraatuitspoeling van een perceel berekend door voor het perceel 16 afzonderlijke profielen door te rekenen en de resultaten te presenteren in de vorm van een frequentie diagram. Door uit te gaan van puntwaarnemingen (16 profielen) wordt zodoende een waarde voor het perceel berekend waarin het effect van bodemvariabiliteit is verdisconteerd. Figuur 12 toont de frequentie diagram voor het perceel.

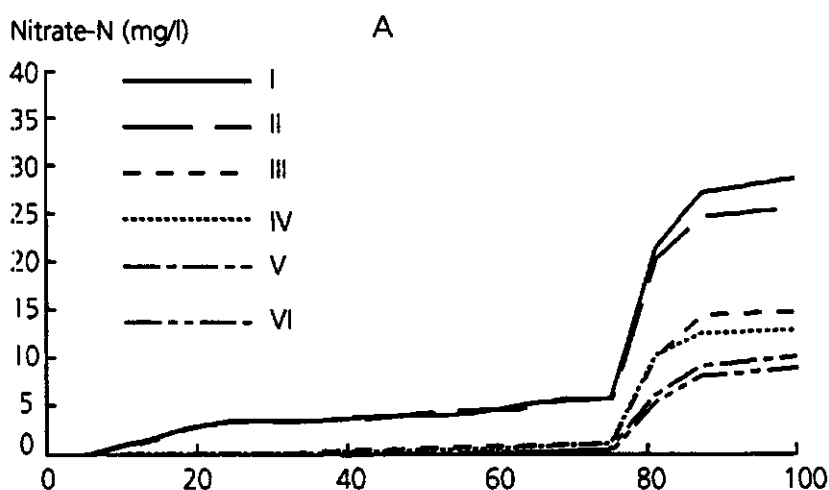


Fig. 12 Cumulatieve frequentieverdeling van gesimuleerde, gemiddelde, jaarlijkse nitraat-N concentraties op 1 m diepte als functie van de variabiliteit binnen een perceel voor 6 verschillende scenario's (uit Hack-ten Broek and Van der Putten, 1997)

### 3. Systematische analyse voor het omgaan met verschillende schalen.

De cases 26 tot en met 28 binnen de derde categorie geven de meest gedetailleerde analyse van de schaalproblematiek. In case 26 wordt een systeem uitgewerkt om in het geval van de toepassing van bodemverzuring modellen om te gaan met verschillende schalen. Hierbij wordt zowel aandacht besteed aan modelvereenvoudiging als aan ruimtelijke aggregatie van invoergegevens. In de cases 27 en 28 worden geostatistische technieken gebruikt om tot waarden op een hoger schaalniveau te komen.

Als representant van deze categorie dient case 26 (De Vries et al., 1998). Hierbij is het concept gehanteerd zoals beschreven door Wagenet (1998) en zoals wordt geïllustreerd in figuur 13. Hierbij wordt voor elk hiërarchisch niveau een vlak onderscheiden waarbij de onderzoeks aanpak kan variëren van kwalitatief tot kwantitatief en van empirisch tot mechanistisch. Figuur 14 toont de concrete uitwerking in het geval van het bodemverzuringsonderzoek. Er worden steeds kwantitatieve resultaten van bodemverzuring verkregen, maar op het niveau van landen gebeurt dit door het meer empirische model SMART te gebruiken, op het niveau van een perceel wordt het model RESAM gebruikt en op het niveau van een bodemhorizont het meest complexe, mechanistische model NUCSAM. In dit onderzoek wordt bij schaaltransformaties zowel aandacht besteed aan het effect van schaalniveaus op de invoergegevens en aan de benodigde vereenvoudigingen in het modelconcept.

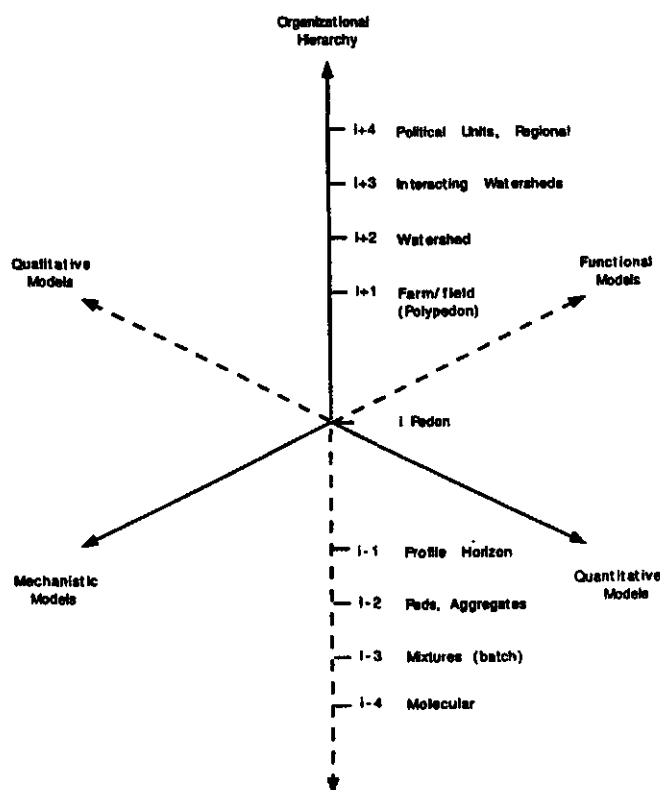


Fig. 13 Hiërarchische weergave van bodemprocessen met kruisende lijnen die de mogelijkheden uitbeelden van de onderzoeks aanpak van kwalitatief tot kwantitatief en van eenvoudige functionele modellen tot mechanistische modellen (uit Wagenet, 1998)

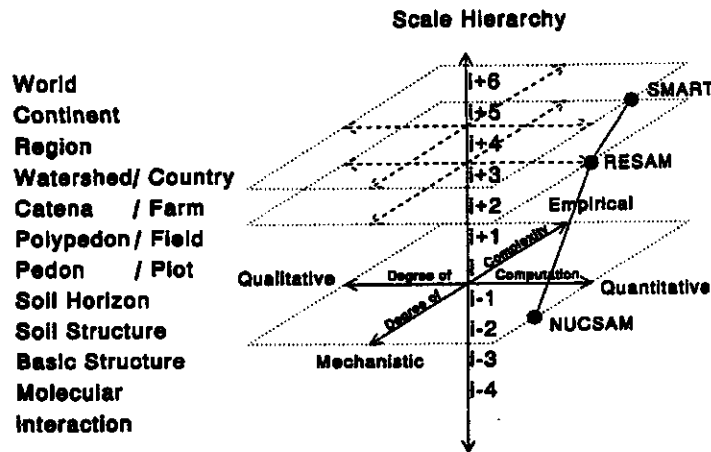


Fig. 14 Classificering van de verschillende modellen zoals gebruikt in het bodemverzuringsonderzoek (uit De Vries et al., 1998)

## 5.2 Bespreking van de onderscheiden, theoretische methoden

De 28 geïnventariseerde cases zijn in tabel 1 gegroepeerd volgens het theoretisch kader. Omdat in het theoretisch kader uitsluitend wordt uitgegaan van opschaling, kunnen de cases 3, 18 en 24 waarin wordt neergeschaald, niet in dit kader worden ondergebracht. Uitbreiding van het kader voor neerschalingsmethodieken moet daarom overwogen worden. Case 12 beschrijft een studie die nog moet worden uitgevoerd en kan daarom niet worden gegroepeerd.

Uit tabel 1 blijkt dat in een aantal cases de combinatie van theoretische methoden 3.4 en 1.1 wordt toegepast. In deze gevallen worden allereerst effectieve invoervariabelen verkregen door een proces van trial and error/toekenning (3.4). Vervolgens worden de uitvoervariabelen die met deze effectieve invoervariabelen worden berekend, geaggregeerd door een vorm van middeling toe te passen (1.1).

Bij methode 1.4 vindt veelal op basis van dominantie, nominale aggregatie plaats. In 5 van de 24 gegroepeerde cases blijkt de theoretische methode 1.4 van toepassing. Deze methode komt overeen met de onderscheiden, algemene procedure 1 'signaleren en aanzet tot een methodiek voor omgaan met verschillende schalen'. Zoals uit tabel 1 blijkt, vallen alle cases die als theoretische methode 1.4 zijn gegroepeerd ook binnen de algemene procedure 1. Hierdoor geeft figuur 11 ook een karakteristiek beeld van wat onder theoretische methode 1.4 wordt verstaan.

Bij methode 1.1 vindt aggregatie plaats door middel van rekenkundige, geometrische of harmonische middeling. In 4 van de 24 gegroepeerde cases blijkt de theoretische methode 1.1 van toepassing. Deze methode komt overeen met de onderscheiden, algemene procedure 2 'verdere uitwerking van de methodiek voor omgaan met verschillende schalen'. De cases die als theoretische methode 1.1 zijn gegroepeerd,

vallen zowel binnen de algemene procedure 1 als 2. Figuur 12 geeft een karakteristiek beeld van wat onder theoretische methode 1.1 wordt verstaan.

Uit tabel 1 blijkt dat de geïnventariseerde cases redelijk divers zijn met als gevolg dat zowel de theoretische methoden 1, 3 en 4 blijken te zijn toegepast. Bij de inventarisatie zijn alleen geen cases aangetroffen die thuishoren bij theoretische methode 2 'directe schatting'. Bestaande ontwikkelingen wijzen er echter op dat bijvoorbeeld in de bodemverzuring, het onderzoek naar milieu-effecten als gevolg van mestbeleid en vernatting (Mol-Dijkstra et al., 1998) en economische analyses, schalingsmethodieken zullen worden gebruikt die onder de theoretische methode 2 vallen.

*Tabel 1 Indeling van de geïnventariseerde cases in een praktisch- en theoretisch kader. Een kruis betekent dat de vermelde activiteit voor de bepaalde case aan de orde is. De nummers in de laatste kolom verwijzen naar de methoden en sub-methoden in het theoretisch kader.*

| Case | Aard van onderzoek         |                                             |                   | Omgaan met schaalprobleem |                               |                                             |                                    | Ruimte<br>schaal |      | Tijd-<br>schaal | Theoretisch<br>kader                                     |
|------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|------------------|------|-----------------|----------------------------------------------------------|
|      | Be-<br>mo-<br>ste-<br>ring | Bewer-<br>king +<br>inter-<br>preta-<br>tie | Model-<br>analyse | Sig-<br>nale-<br>ren      | Aan-zet<br>tot me-<br>thodiek | Uit-<br>wer-<br>king<br>me-<br>tho-<br>diek | Sys-<br>tema-<br>tische<br>analyse | Op               | Neer |                 | Metho-<br>de.sub-<br>metho-<br>de (op-<br>scha-<br>ling) |
| 1    | X                          | X                                           |                   | X                         | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 1.4                                                      |
| 2    | X                          | X                                           | X                 |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 1.1                                                      |
| 3    |                            | X                                           | X                 |                           | X                             |                                             |                                    |                  | X    |                 | n.v.t                                                    |
| 4    |                            | X                                           | X                 |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 3.4+1.1                                                  |
| 5    |                            | X                                           |                   |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 1.4                                                      |
| 6    |                            | X                                           |                   | X                         | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 1.4                                                      |
| 7    |                            | X                                           |                   |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 4                                                        |
| 8    |                            | X                                           | X                 |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 3.4+1.1                                                  |
| 9    |                            | X                                           |                   |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 3.4                                                      |
| 10   | X                          | X                                           |                   | X                         | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 1.2                                                      |
| 11   | X                          | X                                           |                   | X                         |                               |                                             |                                    | X                |      |                 | n.v.t.                                                   |
| 12   |                            | X                                           | X                 |                           | X                             |                                             |                                    | X                | X    | X               | 3.4+1.1                                                  |
| 13   |                            | X                                           | X                 |                           | X                             |                                             |                                    | X                | X    |                 | 3.4+1.1                                                  |
| 14   |                            | X                                           |                   |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 1.4                                                      |
| 15   |                            | X                                           | X                 |                           | X                             |                                             |                                    | X                |      |                 | 1.4                                                      |
| 16   |                            | X                                           | X                 |                           | X                             | X                                           |                                    | X                |      |                 | 1.1                                                      |
| 17   |                            | X                                           | X                 |                           |                               | X                                           |                                    | X                |      |                 | 3.4                                                      |
| 18   |                            | X                                           |                   |                           | X                             | X                                           |                                    |                  | X    |                 | n.v.t.                                                   |
| 19   |                            | X                                           | X                 |                           | X                             | X                                           |                                    |                  |      | X               | 1.1                                                      |
| 20   | X                          | X                                           | X                 |                           |                               | X                                           |                                    | X                |      |                 | 1.1                                                      |
| 21   |                            | X                                           | X                 |                           |                               | X                                           |                                    | X                |      |                 | 3.4                                                      |
| 22   |                            | X                                           | X                 |                           |                               | X                                           |                                    | X                | X    |                 | 1.3                                                      |
| 23   |                            | X                                           | X                 |                           | X                             | X                                           |                                    | X                |      |                 | 3.4                                                      |
| 24   |                            | X                                           | X                 |                           | X                             | X                                           |                                    |                  | X    |                 | n.v.t.                                                   |
| 25   | X                          | X                                           |                   |                           | X                             | X                                           |                                    | X                |      |                 | 1.2                                                      |
| 26   |                            | X                                           | X                 |                           |                               | X                                           | X                                  | X                |      | X               | 4                                                        |
| 27   | X                          | X                                           | X                 |                           |                               | X                                           | X                                  | X                |      |                 | 3.2+3.3                                                  |
| 28   | X                          | X                                           |                   |                           |                               | X                                           | X                                  | X                | X    |                 | 1.2                                                      |

De genoemde cases hebben voor een groot deel betrekking op het ruimtelijke aspect van de schaalproblematiek. Afstemming van de modelschaal op de beleidsschaal leidt ook voor het temporele aspect tot problemen. Alhoewel het theoretische kader zoals hierboven geschetst zich leent voor een nadere analyse, is het tijdsaspect tot op heden nog vaak onderbelicht gebleven. Uitzonderingen hierop zijn het onderzoek naar de formulering van de grondwatertrap, de tijdreeksanalyses van grondwaterstanden en de vergelijking van verzuringsmodellen met verschillende tijdschalen.

## **6 Conclusies en aanbevelingen**

Naar aanleiding van de uitgevoerde systematische inventarisatie van gehanteerde schalingsmethodieken en de daarop volgende synthese in een praktisch en in een theoretisch kader, kunnen de volgende conclusies en aanbevelingen worden geformuleerd.

### **6.1 Conclusies**

1. In het algemeen wordt opschaling vaker toegepast dan neerschaling. De manier waarop dit gebeurt verschilt nogal sterk van geval tot geval. De 28 bij SC-DLO, AB-DLO, LEI-DLO en IBN-DLO geïnventariseerde cases kunnen worden ondergebracht in 3 praktische procedures en 4 theoretische methoden. Voor een indeling in zowel een praktisch- als theoretisch kader is het wenselijk een aantal richtlijnen (kookboek) op te stellen wat in een dergelijk geval wel en vooral ook wat niet te doen. De richtlijnen uit het kookboek dienen een reflectie te zijn van inzichten, vaardigheden en gereedschappen (geo-statistiek, sampling strategie) die vooral binnen de sectie landinventarisatiemethoden nu al beschikbaar zijn. Dit zal er toe bijdragen dat de vele vergrovingen of opschalingen die nu vaak ad hoc in allerlei projecten worden uitgevoerd in de toekomst deskundiger worden uitgevoerd. Een bijkomend voordeel van het werken volgens een kookboek receptuur voor schaalproblemen is dat de methodiek expliciet wordt gemaakt waardoor deze door buitenstaanders is te reproduceren en te controleren.
2. Binnen SC-DLO geldt globaal dat binnen de afdelingen 5 en 6 op het hoogste integratieniveau wordt gewerkt. De afdelingen 3 en 4 integreren in iets mindere mate kennis en informatie die elders is ontwikkeld en de afdelingen 1 en 2 werken meer 'mono-disciplinair'. Tegelijkertijd is het inzicht in en de kennis van de schaalproblematiek het grootst bij de afdelingen 1 en 2. Het valt op dat de aanwezige kennis vaak niet ten volle wordt benut waardoor procedures worden gebruikt die beter zouden kunnen en dus ook betere eindresultaten zouden opleveren. Het verdient aanbeveling een concreet project te starten op een hoog integratieniveau en hierbij de in andere afdelingen aanwezige kennis van de schaalproblematiek bij te betrekken. Deze werkwijze leidt tot onderlinge kruisbestuiving en uiteindelijk tot betere resultaten waarin alle relevante aanwezige SC-DLO expertise is verwerkt.
3. Voor een hoger aggregatieniveau worden modellen afgeleid met een eenvoudiger procesformulering. Op ad hoc basis wordt besloten of de bijbehorende parameters ook opschaling behoeften. Omdat modellering zich concentreert op de dominante processen zullen bij opschaling verschillende minder van belang geachte processen worden weggelaten hetgeen leidt tot een vereenvoudiging van het modelconcept. In het geval van de modellering van nitraat uitspoeling op veldschaal ligt daarom de nadruk op de procesformulering van de relevante deelprocessen in de bodem. Echter op de schaal van de hele boerderij zijn

processen van landgebruik belangrijker. Als gevolg van het relatieve belang van deelprocessen zijn modellen daarom schaalspecifiek. Zo is waargenomen dat het dominante proces in het geval van onverzadigd watertransport verschuift van matrix transport naar preferente stroming en het geval van grotere schalen.

4. Bij het opschalen heeft men te maken met de volgende, steeds optredende moeilijkheden:
  - Processen en bijbehorende parameters zijn afgeleid voor een bepaald schaalniveau en niet bij voorbaat toepasbaar op een hoger aggregatieniveau.
  - Bij veel modelstudies spelen niet-lineaire processen een belangrijke rol waardoor opschalen lastig wordt (vooraf of achteraf middelen).
  - De modelschaal vereist een representatief volume (REV) dat groot is t.o.v. de schaal van natuurlijke variabiliteit, waardoor macroscopische wetten (bijv. Fick, Darcy, Ohm) bruikbaar kunnen zijn. Wanneer er variabiliteit is van een schaal die groter is dan het representatief volume dan moet hier apart rekening mee worden gehouden. Zo kunnen metingen op een bepaalde schaal irrelevant zijn voor modellering op andere schalen (groter of kleiner) tenzij er concepten voor handen zijn voor het relateren van verschillende schalen.
5. Stochastiek (kansverdelingen), geostatistiek (ruimtelijke verdelingen) en additionele informatie (vertaalfuncties, fractals) zijn belangrijke hulpmiddelen bij het oplossen van de schaalproblematiek. Tot op heden wordt de bij SC-DLO aanwezige kennis van deze hulpmiddelen onvoldoende benut in de context van de schaalproblematiek.

## **6.2 Aanbevelingen**

1. In het algemeen is er tot op heden meer aandacht voor opschaling dan voor neerschaling. Het verdient daarom aanbeveling het theoretisch kader voor opschaling uit te breiden voor neerschaling.
2. Afhankelijk van de soort grootheid waarin men uiteindelijk is geïnteresseerd komt men tot andere opschalingen. In het geval van conservatieve tracers zijn bijvoorbeeld bodemfysische verschillen van de onderscheiden eenheden belangrijk. In het geval van adsorberende tracers zijn echter verschillen in lutum- en organische stofgehalten dominant. Opschaling moet daarom worden gebaseerd op het functioneel toetsen van samen te voegen eenheden. In het bovenstaande gaat het om single goal functionaliteit (conservatieve of adsorberende tracer). In het natuur- en het milieuonderzoek wordt vaak gebruik gemaakt van regionale modellen, waarin de eigenschappen van deze locaties moeilijk afzonderlijk zijn mee te nemen. Met de modellen wordt vaak meer dan een afzonderlijk aspect berekend: zowel nitraat als N-uitspoeling, als P-uitspoeling. Het rekening houden met zowel de N als P functionaliteit (multi goal functionaliteit) zou een heel andere opzet kunnen vergen van de modellen. Bij het thema verzuring is hier enige ervaring mee opgedaan. Een nadere verkenning van de modelopzet voor de thema's verdroging, vermesting en verspreiding is gewenst.

3. Neerschalen gebeurt veel minder dan opschalen. In wezen wordt bij neerschalen additionele, vaak single value, informatie toegevoegd om de oorspronkelijk als homogeen beschouwde eenheden verder onder te verdelen naar kleinere, intern meer homogene eenheden. In feite is het een overlay procedure van verschillende, relevante single value kaarten. Binnen de remote sensing en door het gebruik van digitale terrein modellen wordt nieuwe informatie verkregen met behulp waarvan neergeschaald kan worden. Het verdient aanbeveling na te gaan welke bestaande (organische stof, Gt) informatie en welke nieuwe single value informatiebronnen (bijv. dichtheid van waterlopen) gebruikt kunnen worden voor neerschalen in het geval van grote milieu thema's zoals verzuring, verdroging en vermessing.
4. In ruimtelijke modellen worden concepten toegepast die elk hun eigen intrinsieke schaal hebben. De ruimtelijke schaal van ieder concept is vaak niet consistent met de ruimtelijke eenheid van een modelrekeneenheid. Om deze schalen met elkaar te matchen moeten methoden worden ontwikkeld waarmee de intrinsieke schalen van de afzonderlijke concepten worden geoptimaliseerd. Voorbeeld: drainageweerstand in het landelijke model (WSV-Stone) dat met cellen van 500\*500 m werkt. In de weerstand is de afstand van waterlopen verwerkt en deze afstand kan vaak groter zijn dan de celgrootte.
5. Het milieubeleid begint in de beleidscyclus meer en meer in de uitvoerings- en monitoringsfase te komen. De vraag naar onderzoek verschuift hiermee ook. Het toetsen van de effectiviteit van maatregelen is een thema geworden waar onderzoek een rol in speelt. Bijvoorbeeld bij het afgeven van vergunningen voor het lozen van drainagewater door landbouwbedrijven is de vraag naar de juridische aantoonbaarheid van overschrijdingen soms van belang. Ook bij het ontwerp van milieu-toetsen spelen schaalproblemen een rol:
  - significantie van fenomenen in statistische zin
  - bodemvariabiliteit
  - de combinatie met vervuilingsbronnen, die op een ander schaalniveau worden gemetenAanbevolen wordt ervaringen die tav deze problematiek zijn opgedaan bij de afdeling LIM zodanig operationeel te maken dat ze kan worden geïntegreerd in andere onderzoeksprojecten.
6. Het verdient aanbeveling om een concreet onderzoek uit te voeren naar de verhouding tussen (beleids)vraag, databeschikbaarheid, modelconcept en modelschaal in een gebied waarvan veel gegevens bekend zijn. Het stroomgebied van de Beerze en de Reusel lijkt zich goed te lenen voor een dergelijke pilotstudie. Een dergelijk schaalonderzoek zou met name een gebiedsmodellering van de hydrologie als uitgangspunt moeten nemen. Het onderzoek moet dan conclusies opleveren tav de gewenste modelschaal in relatie tot de beleidsschaal en moet handvatten opleveren voor het kiezen van concepten voor de beschrijving van patronen en fenomenen.
7. Het verdient aanbeveling een verklarende woordenlijst (glossary) op te stellen van begrippen die veelvuldig in de context van de schaalproblematiek worden gebruikt. Voorbeelden van dergelijke begrippen zijn: op- en neerschaling,

heterogeniteit, variabiliteit en 'lumped variable'. Een goede omschrijving van deze begrippen draagt bij tot een heldere dialoog tussen onderzoekers die zich met schaalproblemen bezig houden en voorkomt dat onnodig langs elkaar heen wordt gewerkt. Deze aanbeveling is in het bijzonder van belang voor onderzoek naar de schaalproblematiek omdat op dit terrein de gedachten nog nauwelijks zijn uitgekristalliseerd waardoor ze makkelijk tot spraakverwarring leiden.

## **Literatuur**

Bierkens, M.F.P. 1997. Ruimtelijke interpolatie van zware metalen en PAK's ten behoeve van de bodemkwaliteitskaart van de Gemeente Utrecht. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 514.

Bierkens, M.F.P. and J.W.J. Van der Gaast. 1998. Upscaling hydraulic conductivity: theory and examples from geohydrological studies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50: 193-207.

Blöschl, G. and M. Sivapalan. 1995. Scale issues in hydrological modelling: a review. *Hydrological Processes*, 9: 251-290.

Bolsius, E.C.A. en J.H.M. Eulderink (red). 1994. Eén digitaal bestand voor de landschapsecologie van Nederland. LKN-rapport nr 4, RPD, Den Haag.

Bolt, F.J.E. van der. 1998. Persoonlijke Mededeling.

Boogaard, H. and J.G. Kroes, 1998. Leaching of nitrogen and phosphorus from rural areas to surface waters in the Netherlands. *Nutrient cycling in Agroecosystems* 50: 321-324, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands

Bouma, J. 1997. Soil environmental quality: a European perspective. *J. Environ. Qual.* 26: 26-31.

Bouma, J., H.W.G. Booltink and P.A. Finke. 1996. Use of Soil Survey Data for Modelling Solute Transport in the Vadose Zone. *J. Environ. Qual.* 25: 519-526.

Bouwman, W.A.H.B. , J. Dijk, J.P.M. van Dijk, K. Lodder en L.C. van Staalduinen. 1997. De steekproef voor het bedrijven-informatienet van LEI-DLO. Bedrijfskeuze 1997 en selectieplan 1998. LEI-DLO Periodieke Rapportage 4-97.

CHO-TNO 1993. Schaalproblemen in de hydrologie. CHO-TNO rapporten en nota's no. 31.

Finke, P.A., W.J.M. de Groot, M.J.D. Hack-ten Broeke, Y. van Randen, F. De Vries en J.H. Oude Voshaar. 1998. Linking digital soil maps and databases to simulation models: functional soil map aggregation in the Netherlands. In: *Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources*. Heineke et al. (eds.).

Goossen, C.M. 1992. Typologie van toeristisch-recreatieve potenties. Staring Centrum Rapport 237.

Groenenberg, J.E., J. Kros, C. Van der Salm and W. De Vries. 1995. Application of the model NUSCAM to the Solling spruce site. *Ecological Modelling* 83: 97-107.

Hack-ten Broeke, M.J.D. and A.H.J. Van der Putten. 1997. Nitrate leaching affected by management options with respect to urine-affected areas and groundwater levels for grazed grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 66: 197-210.

Hack-ten Broeke M.J.D. and W.J.M. de Groot. 1998. Evaluation of nitrate leaching risk at site and farm level. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50: 271-276.

Harms, W.B., W.C. Knol en J. Roos-Klein Lankhorst. 1995. Het LEDESS-model – Een gebiedsgericht kennismodel bij scenario's voor natuurontwikkeling. *Landschap* 12: 83-98.

Heuvelink, G.B.M. and E.J. Pebesma. 1998. Spatial aggregation and soil process modelling. Accepted for *Geoderma*.

Hoeks, J. 1996. Opschaling van lokaal naar mondiaal. In: Geïntegreerd onderzoek in het landelijk gebied. Voordrachten van de themadag 'Samenhang intrigeert' ter gelegenheid van het afscheid van ir. G.A. Oosterbaan als directeur van SC-DLO.

Hofstee, C. 1993. The scaling-up of water flow models in unsaturated heterogeneous soils: from the pore to the field scale. *Nota* 265, IB-DLO.

Hommel, P.W.F.M., G.H.P. Dirkx, A.H. Prins, H.P. Wolfert en J.G. Vrielink. 1994. Natuurbehoud en natuurontwikkeling langs Bloemenbeek en Boven-Dinkel. Staring Centrum rapport 304.

Hoosbeek, M.R. and R.B. Bryant. 1992. Towards the quantitative modelling of pedogenesis - a review. *Geoderma* 55: 183-210.

Jansen, D.M., R. Rötter en H. Boogaard. 1998. Regionalisatie en model-vereenvoudiging nitraatuitspoeling bovenste grondwater in de Achterhoek. Concept rapport.

Jarvis, P.G. 1995. Scaling processes and problems. *Plant, Cell and Environment* 18: 1079-1089.

Kabat, P., R.A. Feddes, B.J. van den Broek, J.C. van Dam, A.J. Dolman and J. Huygen. 1995. SWAP/MITRE: A modular soil-water-plant model for daily and seasonal simulations. *Ann. Geophys., Supplement II to Volume 13, Part II*, C475.

Kabat, P., R.W.A. Hutjes and R.A. Feddes. 1997. The scaling characteristics of soil parameters: from plot scale heterogeneity to subgrid parameterization. *J. of Hydrology* 190: 363-396.

Kemmers, R.H., 1996. De dynamiek van strooisellagen. Voordrachten tijdens themamiddag georganiseerd door DLO-Staring Centrum, Wageningen, 6 oktober 1995. DLO-Staring Centrum, Rapport 438.

Kemmers, R.H., J. Roos, J. Kros en F.J.E. Van der Bolt. 1997. Structuur, methodiek en datamodel van het Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Natuurontwikkelings-Scenario's (GREINS). Staring Centrum Rapport 476.

Klijn, J.A. 1995. Hierarchical concepts in landscape ecology and its underlying disciplines. Winand Staring Centre Report 100.

Kroes, J.G., P.C.M. Boers, H.L. Boogaard, E.F.W. Ruijgh, J.A.P.H. Vermulst, 1997. Impact of manure policies on leaching of nitrogen and phosphorus from rural areas to Dutch ground and surface waters: methodology and application on a national scale. In: Brouwer, F.M. and W. Kleinhans (eds.), The implementation of nitrate policies in Europe: Processes of change in environmental policy and agriculture, Kiel, Vauk Publishers

Kruijne R. en R.C.M. Merkelbach. 1997. Ontwikkeling van het prototype instrumentarium PEGASUS. Reeks milieuplanbureau 1.

Leijnse, A. 1993. Probleemaanpak/schematisatie. In: Schaalproblemen in de hydrologie. CHO-TNO rapporten en nota's no. 31.

Maas, G.J., H.P. Wolfert, M.M. Schoor en H. Middelkoop. 1997. Classificatie van riviertrajecten en kansrijkdom voor ecotopen. Staring Centrum rapport 552.

Mol-Dijkstra, J., C.W.J. Roest en P.C.M. Boers. 1998. Effecten van vernatting op de belasting van stikstof en fosfaat op grond- en oppervlaktewater. H2O, 20:35-39.

Ragas, A.M.J. en R.S.E.W. Leuven. 1995. Omgaan met bodemheterogeniteit in het milieubeheer. Knelpunten, kennislacunes en onderzoeksproioriteiten. Publicatie RMNO nr. 107.

Ritsema, C.J. and L.W. Dekker. 1996. Influence of sampling strategy on detecting preferential flow paths in water-repellent sand. Journal of Hydrology 177:33-45.

Roos-Klein Lankhorst, J. 1998. WARUMEC helpdocument versie 1.0. Werkdocument 5, SC-DLO Interne mededeling 491.

Stoorvogel, J.J. and E.M.A. Smaling. 1998. Research on soil fertility decline in tropical environments: integration of spatial scales. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50: 151-158.

Tiktak, A., J.R.M. Alkemade, J.J.M. van Grinsven and G.B. Makaske. 1998. Modelling cadmium accumulation at a regional schale in the Netherlands. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50: 209-222.

Van den Bosch H., J.N. Gitari, V.N. Ogaro, S. Maobe and J. Vlaming. 1998. NUTMON: an approach to determine nutrient flows and economic performance of farming systems: III. Application to a case study in Kenyan farming systems. Agr. Ecosys. Environ. (submitted).

Vries, W. de, J. Kros, C. Van der Salm, J.E. Groenenberg and G.J. Reinds. 1998. The use of upscaling procedures in the application of soil acidification models at different spatial scales. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50: 223-236.

Walsum, P.E.V. van, J.W.J. Van der Gaast en J.G. te Beest. 1998. De waterhuishouding van het Bargerveen en het herinrichtingsgebied Schoonebeek. Veldonderzoek en simulatie van de regionale hydrologie. Wageningen, DLO Staring Centrum, Rapport 534.1.

Wagenet, R.J. 1998. Scale issues in agroecological research chains. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50: 23-34.

Wolfert, H.P., G.J. Maas en G.H.P. Dirkx. 1996. Het meandergedrag van de Overijsselse Vecht: historische morfodynamiek en kansrijkdom voor natuurontwikkeling. Staring Centrum rapport 408.

Wösten, J.H.M. and J. Bouma. 1985. Using simulation to define moisture availability and trafficability for a heavy clay soil in the Netherlands. *Geoderma* 35: 187-196.

Wösten, J.H.M., J. Bouma and G.H. Stoffelsen. 1985. The use of soil survey data for regional soil water simulation models. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 49: 1238-1245.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink and J. Bouma. 1987. Land evaluation at different scales: you pay for what you get! *Soil Survey and Land Evaluation* 7: 13-24.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink, G.H. Stoffelsen, S.G.M. Borst, A.F. Van Holst en J. Bouma. 1987. Vergelijking van opbrengstveranderingen als gevolg van wateronttrekking, berekend op vier kaartschalen. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 6: 403-414.

Wösten, J.H.M., J. Denneboom en A.F. Van Holst. 1988. Bodemkundige en bodemfysische inventarisatie van de Provincie Friesland ten behoeve van het provinciaal plan voor de waterhuishouding en het grondwaterplan. Stiboka rapport 1990.