

RIVM rapport 408505 007/2001

De LeefOmgevingsVerkenner
Technische Documentatie

T. de Nijs, G. Engelen¹, R. White², H. van
Delden¹, I. Uljee¹

Met medewerking van:

¹ Research Institute of Knowledge Systems
Maastricht

² Memorial University,
St. John's, Nfld,
Canada

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de directie van het RIVM, in het kader van project 408505, Nationale LeefOmgevingsKwaliteit

Abstract

This report forms the technical documentation of the Environment Explorer version 2.0. The Environment Explorer is being developed for rapid, integrated assessments of the effects of different spatial policy options based on economic, social and ecological values. It works by sketching the spatial developments, land-use transformations and effects for the Netherlands on a set of indicators up to 2030 under given demographic and economic prognoses.

Inhoud

Samenvatting 5

1. Inleiding 7

2. Opzet van de LeefOmgevingsVerkenner 9

2.1 Doelstelling en uitgangspunten 9

2.2 Het exploratieve karakter 11

2.3 Het complexe sociaal-economische systeem 12

2.4 Opzet van het model 13

3. Het Macromodel 17

3.1 Ruimtelijke interactie op regionaal niveau 17

3.2 Algemene opzet van het Macromodel 19

3.2.1 Economie 20

3.2.2 Demografie 23

3.2.3 Landgebruik 23

3.2.4 Verkeer 24

3.3 Gedetailleerde beschrijving 26

3.3.1 Groei Activiteit Nederland 26

3.3.2 Activiteit lokaal 26

3.3.3 Landproductiviteit 27

3.3.4 Landgebruik 28

3.3.5 Het verschil in 'wonen dun' en 'wonen dicht bevolkt' 29

3.3.6 Vraag naar Activiteiten 30

3.3.7 Potentialen 33

3.3.8 Productie, toegevoegde waarde en werkgelegenheid 34

3.3.9 Verkeer, congestie en intensiteit 38

4. Het Micromodel 41

4.1 Ruimtelijke dynamiek op het lokaal niveau 41

4.2 Het 'Cellulaire Automata' Micromodel 42

4.2.1 Landgebruikfuncties 42

4.2.2 Invloed van de omgeving 43

4.2.3 Wisselwerking tussen landgebruikfuncties 44

4.2.4 Kenmerken van de Cellulaire ruimte 45

4.2.5 Ruimtelijke dynamiek door Cellulaire Automata 45

4.3 Gedetailleerde beschrijving 47

4.3.1 Transitiepotentiaal 48

4.3.2 Landgebruik 50

4.3.3 Geschiktheid 50

4.3.4 Beleid 51

4.3.5 Bereikbaarheid 53

5. Indicatoren 55

5.1 Inleiding 55

5.2 Economie 56

- 5.2.1 Bruto regionale productie 56
- 5.2.2 Bruto regionaal product 56
- 5.2.3 Agrarische grondprijs (Grondprijs) 57
- 5.2.4 Lokale bereikbaarheid 58
- 5.2.5 Regionale bereikbaarheid 59
- 5.2.6 Vestigingsklimaat 60
- 5.2.7 Werkdichtheid 60
- 5.2.8 Werkgelegenheid 61
- 5.2.9 Bereikbaarheid van arbeidsplaatsen en beroepsbevolking 62

5.3 Ecologie 65

- 5.3.1 Bebouwde en open ruimte 65
- 5.3.2 Versnippering natuur (Versnippering) 66
- 5.3.3 Bebouwing in... (Verstoring) 67
- 5.3.4 Emissies van NO_x, PM₁₀ en B(a)P door verkeer 68
- 5.3.5 Geluid in Stillegebieden 70

5.4 Sociaal cultureel 73

- 5.4.1 Nabijheid van... (Bereikbaarheid) 73
- 5.4.2 Geluid in woongebieden 73
- 5.4.3 Recreatieaanbod en -druk 74
- 5.4.4 Inwonerdichtheid (Woondichtheid) 75
- 5.4.5 Verandering pickafvoer (Wateroverlast) 75

6. In- en uitvoer van het model 79

6.1 Inleiding 79

6.2 Invoer van de LeefOmgevingsVerkenner 80

- 6.2.1 Macroschaal 82
- 6.2.2 Microschaal 85

6.3 Uitvoer van de LeefOmgevingsVerkenner 89

7. Conclusies en aanbevelingen 95

7.1 Theoretische onderbouwing 95

7.2 Calibratie en validatie 96

7.3 Verbeteringen per actor 96

Literatuur 99

Bijlage 1. Calibration of the Macro-Model of the LeefOmgevingsVerkenner. Preliminary results. 105

Bijlage 2. Regionaal Besteedbaar inkomen per COROP 116

Bijlage 3. Mutatie cijfers netto besteedbaar inkomen 117

Bijlage 4. Geschiktheden 118

Bijlage 5. Overzicht restrictieve beleidskaarten 119

Bijlage 6. Uitvoer naar Excel 120

Verzendlijst 121

Samenvatting

De LeefOmgevingsVerkenner wordt ontwikkeld in opdracht van de directie van het RIVM. Het beoogt een modelsysteem te zijn om snel, interactief de effecten van (alternatieve) beleidsopties en autonome ontwikkeling op de kwaliteit van de leefomgeving te verkennen. Hiertoe schetst de LeefOmgevingsVerkenner eerst de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland: wie doet wat waar? Waarna de mogelijke positieve of negatieve effecten van deze activiteiten op de leefomgeving bepaald kunnen worden.

Om een beeld te krijgen van de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland wordt de groei van het aantal huishoudens, de dynamiek in de verschillende economische sectoren en de ontwikkeling van de Ecologische Hoofdstructuur vertaald naar de ontwikkeling van het ruimtegebruik voor wonen, werken en natuur. De LeefOmgevingsVerkenner gaat daarbij, voor zover mogelijk, uit van voorgenomen (ruimtelijk) beleid zoals vastgelegd in o.m. de AcVINEX, (VROM, 1993) en het Structuurschema Groene Ruimte (LNV, 1993). Hoe deze ontwikkelingen elkaar direct of indirect beïnvloeden, kan aan hand van specifieke indicatoren vanuit een economisch, ecologisch of sociaal perspectief beoordeeld worden. Momenteel is een eerste, sterk uiteenlopende set indicatoren operationeel waaronder inwonerdichtheden, werkgelegenheid, aantasting van landschappen en de kans op overstroming.

De kern van de LeefOmgevingsVerkenner wordt gevormd door een dynamisch ruimtelijk allocatie model. In het macromodel wordt de jaarlijkse ontwikkeling van het ruimtegebruik voor verschillende landgebruiksfuncties in de tijd berekend. Een ruimtelijk interactie model verdeelt de nationale groei van de bevolking en de economische productie over de COROP regio's. Gegeven onder meer de beschikbare ruimte wordt deze regionale ontwikkeling van het aantal inwoners en de productie vertaald naar de verandering van de verschillende landgebruiksfuncties. Het veranderde ruimtegebruik wordt vervolgens in het micromodel geplaatst op de kaart van Nederland met een ruimtelijke resolutie van 500 m. De gespecificeerde indicatoren worden berekend op basis van deze nieuwe landgebruikskaart. Afhankelijk van de indicator worden specifieke modellen en aanvullende (GIS-)informatie gebruikt.

Dit rapport vormt de technische documentatie van de LeefOmgevingsVerkenner, versie 2. Het beschrijft de belangrijkste uitgangspunten en overwegingen die in de opzet van het systeem zijn meegenomen, de werking van het macromodel, het micromodel, de huidige set met indicatoren alsook de operationalisatie van het systeem zoals die in het project Kaartbeelden (RIVM, 2001) is toegepast. In dat project is de LeefOmgevingsVerkenner in samenwerking met de Rijksplanologische Dienst toegepast om de mogelijke effecten van 3 verschillende varianten van het ruimtelijk beleid te verkennen.

Het rapport wordt afgesloten met een aantal aanbevelingen die met name betrekking hebben op consistentie van geo-informatie, validatie van het model en verdere ontwikkeling van de modules die de verschillende actoren beschrijven te weten: landbouw, wonen, werken en natuur.

1. Inleiding

De ontwikkeling van de LeefOmgevingsVerkenner vindt plaats in opdracht van de directie van het RIVM en is gestart in samenhang met de LeefOmgevingsBalans (RIVM, 1998). Vanuit het concept 'leefomgeving' wordt de problematiek in een bepaalde regio in onderlinge samenhang beschouwd. Zo schetst de LeefOmgevingsBalans de historische ontwikkeling van Nederland vanuit 3 perspectieven: economisch, ecologisch en sociaal oftewel geld, groen en gevoel. Elk perspectief uit de LeefOmgevingsBalans integreert sterk uiteenlopende aspecten. In aanvulling hierop willen beleidsmakers weten wat de potentiële effecten op de leefomgeving zijn van mogelijke beleidsmaatregelen. Waar de Balans terugkijkt over de periode 1970 –1990 richt de LeefOmgevingsVerkenner zijn blik op de toekomst. Hoe ziet Nederland er in 2030 uit? Vergelijkbaar met de LeefOmgevingsBalans is het daarbij de bedoeling dat verschillende relevante aspecten van de fysieke leefomgeving, ten aanzien van ruimte, natuur, milieu, gezondheid maar ook 'zachte' sociale aspecten, zoals beleving, waardering en perceptie worden meegenomen.

De LeefOmgevingsVerkenner schetst allereerst de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland op basis van demografische en economische ontwikkelingen. Uitgaande van deze ruimtelijke ontwikkelingen beoogt de LeefOmgevingsVerkenner een beeld te schetsen van economische, ecologische en sociale indicatoren. Momenteel is een grote set aan indicatoren operationeel variërend van inwonerdichtheden en werkgelegenheid, naar aantasting van landschappen en de kans op overstroming.

De ruimtelijke ontwikkelingen zijn gerelateerd aan de groei van het aantal huishoudens, de dynamiek in verschillende economische sectoren en de ontwikkeling van de Ecologische Hoofdstructuur. Deze vertalen zich in een toename van het ruimtegebruik voor wonen, werken en natuur en een afname van andere, met name agrarische landgebruikfuncties. Hoe ziet de kaart van Nederland er in 2030 uit? Waar ontwikkelen zich de woon- en werkgebieden? Waar komt de Ecologische Hoofdstructuur? Waar worden nieuwe wegen aangelegd?

De LeefOmgevingsVerkenner tracht een integraal beeld te schetsen van het landgebruik in de toekomst op basis van voorgenomen beleid, plannen en autonome ontwikkelingen: Wie doet wat waar? Vervolgens is het de vraag hoe deze ontwikkelingen elkaar direct of indirect beïnvloeden. Waar neemt de kans op overstromingen toe? Waar ontwikkelen zich woonwijken in waardevolle landschappen? Hoe ontwikkelt de natuurkwaliteit zich? Waar is sprake van tegenstrijdige belangen?

De kern van de LeefOmgevingsVerkenner wordt gevormd door een dynamisch ruimtelijk allocatie model (White en Engelen, 2000; Engelen et al., 2000). De jaarlijkse ontwikkeling van het ruimtegebruik wordt voor verschillende landgebruikfuncties in de tijd berekend en geplaatst op de kaart van Nederland. Op basis van het toekomstige landgebruik worden een groot aantal effectindicatoren uitgerekend. Afhankelijk van de indicator worden specifieke modellen en aanvullende (GIS-)informatie gebruikt.

Het model is opgezet als een raamwerk waarin de processen worden beschreven op 3 ruimtelijke schaalniveaus: het nationale niveau, het regionale COROP niveau, en het lokale niveau bestaande uit gridcellen met een resolutie van 500 meter. Vanuit de bovenste laag worden de processen op het regionale en vervolgens op het lokale niveau aangestuurd terwijl vanuit het onderste niveau informatie wordt doorgegeven aan het regionale schaalniveau waardoor er een sterke terugkoppeling ontstaat tussen de processen op de verschillende

schaalniveaus. Door het systeem op te zetten als een raamwerk kunnen tal van aanvullende en specifieke modules ingebed worden.

De LeefOmgevingsVerkenner heeft een interface waarmee alle modelinput, gegevens, geografische informatie en parameters bijgesteld kunnen worden (Uljee et al., 1999; User Manual). Daarnaast zijn software tools ontwikkeld om snel nieuwe invoerkaarten te kunnen definiëren en de output van het model te analyseren.

Tijdens de ontwikkeling van het instrument is getracht zoveel mogelijk samen te werken met andere planbureaus en instituten, vanwege het draagvlak en de omvang van het project. Vanuit deze strategie wordt samengewerkt met de onderzoeksdiensten van Rijkswaterstaat (RWS), de provincies via het IPO en in de zgn. 'BreedteStrategie' het onderzoeksprogramma van de vakgroep Geografie van de Rijksuniversiteit Utrecht (Schot en Dijst, 2000). In samenwerking met anderen, hoopt het RIVM een snel, consistent en breed gedragen beleidsondersteunend instrument te kunnen ontwikkelen.

Dit rapport is de technische documentatie van de LeefOmgevingsVerkenner, versie 2. Hoofdstuk 2 gaat in op de uitgangspunten en overwegingen die bij de ontwikkeling van de LeefOmgevingsVerkenner hebben mee gespeeld. Vervolgens wordt in hoofdstukken 3 en 4 respectievelijk het macromodel en het micromodel beschreven. In hoofdstuk 5 wordt de set met indicatoren beschreven en in hoofdstuk 6 de in- en uitvoer van het model. Uiteindelijk worden in hoofdstuk 7 een aantal conclusies en aanbevelingen gegeven voor de verdere ontwikkeling van het systeem.

Voor aanvullende informatie wordt verwezen naar de website <http://www.riks.nl/LOVweb> die in samenwerking met RIZA en RIKZ is ontwikkeld voor het beheer en distributie van software en documentatie. Voor het gebruik van de software dient men een licentie aan te vragen bij het Bureau voor Milieu- en Natuurverkenningen van het RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven.

2. Opzet van de LeefOmgevingsVerkenner

Alvorens de opzet van de LeefOmgevingsVerkenner te schetsen wordt onderstaand het doel van het systeem toegelicht, dat in samenwerking met RIZA en RIKZ is vertaald naar een tiental uitgangspunten. De twee daarop volgende paragrafen gaan dieper in op het typische, exploratieve karakter en de complexiteit van het sociaal-economische systeem dat met het systeem getracht wordt te benaderen.

2.1 Doelstelling en uitgangspunten

Het doel van de LeefOmgevingsVerkenner is:

‘het snel, interactief schetsen van de effecten van verschillende scenario’s of beleidsopties op de ruimtelijke ontwikkeling en kwaliteit van de leefomgeving’.

De LeefOmgevingsVerkenner beoogt een modelsysteem te zijn voor de integrale analyse van vigerend en optioneel beleid dat de ‘leefomgeving’ direct of indirect beïnvloedt. Het systeem is met name bedoeld voor het analyseren van beleidsvarianten op de middellange tot lange termijn (10 – 30 jaar).

Het model moet een beeld kunnen schetsen van de autonome ontwikkeling en de invloed van verschillende beleidsvarianten op de Nederlandse maatschappij. Het moet kunnen anticiperen op allerlei veranderingen die zich voor zouden kunnen doen in de leefomgeving. Het systeem dient daarom een zo goed mogelijke weergave te geven van de verschillende actoren die het gebruik van de ruimte in Nederland bepalen. Deze belangrijkste actoren in de Nederlandse maatschappij kunnen onderscheiden worden in:

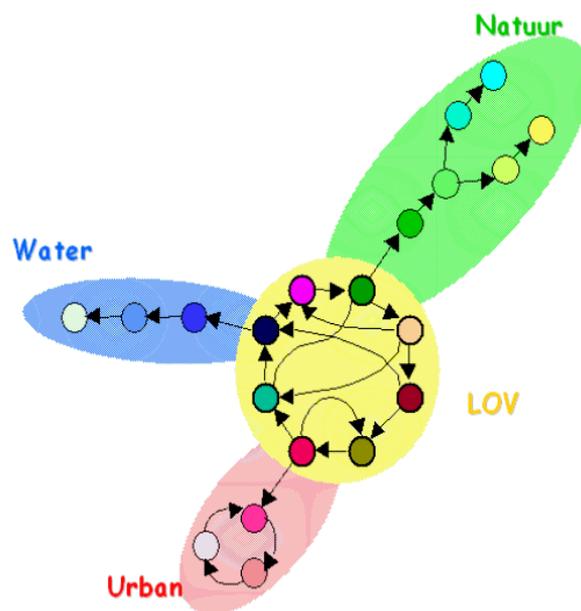
- economische activiteiten, zoals landbouw, industrie, diensten etc, die voor hun groei en ontwikkeling behoefte hebben aan meer of een andersoortige ruimte en
- inwoners, die door de groei van de bevolking en de ontwikkeling van de welvaart behoefte hebben aan meer en kwalitatief ook betere leefomgeving. Het gaat hierbij om hun (directe) behoefte aan meer en betere woonruimte maar ook hun (indirecte) behoefte aan ruimte om te recreëren, groen en natuur in de omgeving.

Het samenspel tussen deze verschillende actoren en hun behoeften bepaalt de autonome dynamiek van het ruimtelijke systeem in Nederland. Het beleid tracht door regelgeving deze eigen dynamiek van het systeem te beïnvloeden en in goede banen te leiden. Het is het doel van de LeefOmgevingsVerkenner om deze eigen dynamiek van het ruimtelijk systeem op een zo realistisch mogelijke wijze weer te geven en de directe en indirecte effecten van het beleid inzichtelijk te maken. De LeefOmgevingsVerkenner is gebaseerd op een geïntegreerd ruimtelijk systeem-dynamisch model dat op verschillende ruimtelijke niveaus het samenspel van deze actoren onder invloed van het beleid tracht te beschrijven om een antwoord te krijgen op de vraag: *‘Wie doet wat waar en wanneer?’*

In het model zijn variabelen en parameters voorhanden waarmee de ruimtelijke allocatie, ten gevolge van autonome of beleidsmatige ontwikkelingen bijgesteld kan worden. Tevens zijn relevante indicatoren in de LeefOmgevingsVerkenner opgenomen (woondichtheden, geluidsoverlast, kans op overstromingen) die een beoordeling van de effecten van het ruimtelijk beleid mogelijk maken. Door de resultaten van verschillende scenario’s of beleidsvarianten te vergelijken kan inzicht worden verkregen in die beleidsvarianten of maatregelen die de kwaliteit van de leefomgeving gunstig beïnvloeden.

In een gezamenlijke ontwikkelingsvisie van RIZA, RIKZ en RIVM is de doelstelling van het systeem vertaald naar onderstaande set van inhoudelijke, technische en softwarematige uitgangspunten:

1. De LeefOmgevingsVerkenner geeft informatie op het hoogste aggregatie niveau voor afwegingsvraagstukken op basis van de 3 perspectieven economie, ecologie en sociaal alsook dwarsdoorsneden naar thema's als water, natuur, milieu, en ruimtelijke ordening.
2. De LeefOmgevingsVerkenner wordt niet ontwikkeld voor het verkennen van beleidsmaatregelen voor de korte termijn (< 10 jaar) of lokale problemen (< gemeente niveau).
3. De kern van de LeefOmgevingsVerkenner, de ruimtelijke allocatie van de verschillende activiteiten, dient gezamenlijk ontwikkeld te worden. De indicatoren dienen onderling zo goed mogelijk afgestemd te worden, maar mogen bij verschillen in inzicht eventueel uiteen lopen (fig. 2.1).



Figuur 2.1. Modulaire opzet van de LeefOmgevingsVerkenner

4. De indicatoren dienen gericht te zijn op de effecten van beleidsmaatregelen en ontwikkelingen in de maatschappij en de afweging tussen de 3 perspectieven: economie, ecologie en sociaal.
5. De ontwikkeling van de verschillende modules en uitbreidingen van de modelkern dienen afgeleid te worden uit de eindindicatoren op basis van de milieucausaliteitsketen; van maatschappelijke ontwikkelingen, via milieudruken milieukwaliteit tot en met effecten op volksgezondheid en ecosystemen. Mogelijke wederkerige relaties en terugkoppelingen dienen gegeven het integrale karakter van het systeem zogoed mogelijk meegenomen te worden.
6. Voor de ontwikkeling van het systeem, modules en modelkern wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande, operationele kennis.
7. Voor de operationalisatie zal aangesloten worden bij de structuur van het Standaard Raamwerk Water (RIZA, 2000) en de Active X Component technologie van Microsoft.
8. Gezien de complexiteit van de gewenste integrale afwegingen wordt het systeem primair ontwikkeld voor gebruik door (een team van) specialisten.

9. Gezien het doel van het systeem, het snel en interactief verkennen van verschillende beleidsopties, dient de totale rekentijd en de afhandelingstijd van het systeem beperkt te zijn. Ten aanzien van de rekentijd voor een simulatie dient gestreefd te worden naar een maximale tijd van ca 5 minuten. Voor de afhandelingstijd, de tijd nodig voor het instellen, doorrekenen en het verwerken van de resultaten wordt gestreefd naar een 1 à 2 uur. Het instrument zal niet direct in zogenaamde ‘open planprocessen’ ingezet worden gezien de zeer specifieke eisen die daar aan worden gesteld.
10. Gezien het integrale karakter van het systeem en de omvang van het project wordt getracht het instrument in samenwerking met andere instituten en partners te ontwikkelen. De partners zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor de modelkern. Iedere partner draagt de inhoudelijke verantwoording voor de indicatoren die hij inbrengt of laat ontwikkelen.

Binnen deze uitgangspunten kunnen op basis van de informatie behoefte van het beleid indicatoren worden geselecteerd (zoals aantasting van landschappen, ontwikkeling van werkgelegenheid en de potentiële kans op wateroverlast) die vervolgens in de LeefOmgevingsVerkenner geïmplementeerd kunnen worden.

2.2 Het exploratieve karakter

De LeefOmgevingsVerkenner wordt gekenmerkt door het explorerende karakter. Het systeem tracht een beeld te schetsen van de toekomst van de Nederlandse maatschappij. Deze kan zich in werkelijkheid op zeer veel verschillende manieren gaan ontwikkelen, mede onder invloed van technologische en maatschappelijke vernieuwingen. Wie had in de zestiger jaren ooit kunnen voorspellen dat de ontwikkeling van de computer, de informatie- en communicatietechnologie zou een grote invloed op onze maatschappij hebben? Het maken van voorspellingen met behulp van computermodellen vergt de nodige omzichtigheid en bescheidenheid van de ontwikkelaar en de gebruiker. Een model blijft altijd een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid (Ravetz, 1999), ondanks de tijd en energie die in de ontwikkeling en toepassing wordt gestopt. Dit is met name het geval voor modellen van sociaal-economische systemen, die worden gekenmerkt door een bijzonder hoge graad van onzekerheid.

Volgens de classificatie van Lowry (1964), die een onderscheid maakt tussen *descriptieve*, *exploratieve*, *predictieve* en *normatieve* modellen, is de LeefOmgevingsVerkenner een *exploratief model*.

Descriptieve of beschrijvende modellen zijn vaak niet-wiskundige modellen, die ontstaan in de aanloopfase naar de ontwikkeling van een exploratief of predictief model. *Normatieve* modellen postuleren het bestaan van een gekende en statische norm waaraan moet en kan worden voldaan door gebruik te maken van een of andere optimalisatie. *Predictieve* modellen doen expliciete uitspraken over de toekomst in kwantitatieve en kwalitatieve zin.

Exploratieve modellen worden gebruikt met het doel om mogelijke en logische alternatieven voor de toekomst te genereren, zonder dat deze helemaal realistisch, intuïtief of vanzelfsprekend hoeven te zijn. Volgens Simmonds (1986) wint een goed exploratief model aan voorspellende waarde als aan onderstaande drie voorwaarden is voldaan:

1. de juiste dynamische mechanismen die in de werkelijkheid ook verantwoordelijk zijn voor de veranderingen van het systeem, zijn opgenomen in de vergelijkingen van het model,
2. het model blijkt in staat om een periode uit het verleden te herconstrueren, en

3. de kern van het model is overdraagbaar in de tijd en ruimte. Het kan naar de toekomst worden gebruikt en elders, in soortgelijke situaties, worden ingezet.

Een dergelijk exploratief model moet volgens Simmonds, maar ook volgens het RIVM en de Commissie van Toezicht, een verificatie of validatie toets goed kunnen doorstaan. De stap van *exploratieve* naar *predictieve* modellen, voor zover men zich deze ambitie al ten doel stelt, blijft echter bijzonder lastig in het geval van sociaal-economische systemen, vooral omdat het ruimtelijke gedrag van de actoren onvoldoende bekend is, moeilijk te vatten is in wetmatigheden en bovendien erg gebonden is aan lokale situaties en omstandigheden. Bovendien blijken de weinige beschikbare theorieën erg tijdsgebonden te zijn en daardoor van beperkte waarde voor voorspellingen op de lange termijn. Het probleem zit hem vooral in het feit dat de objecten van de modelleeroefening, de menselijke actoren zelf, erg snel kunnen veranderen in de tijd. Het zijn intelligente actoren die als reactie op elke nieuwe situatie in hun omgeving een keuze maken uit een grote hoeveelheid mogelijke reacties.

2.3 Het complexe sociaal-economische systeem

De LeefOmgevingsVerkenner tracht een beeld te schetsen van de toekomst van de Nederlandse maatschappij. Het sociaal-economische systeem, dat de LeefOmgevingsVerkenner tracht te beschrijven, wordt gekenmerkt door een hoge graad van complexiteit. Dergelijke complexe systemen, met een scala aan sociale en ruimtelijke interactie, kenmerken zich doordat kleine veranderingen, toevalligheden of een samenloop van omstandigheden tot onverwachte effecten kan leiden. Complexe systemen kunnen plotseling naar een andere vorm van organisatie of werking omslaan (Prigogine, 1981; Allen et al., 1986). De aard van deze toevalligheid of het ogenblik waarop zich een samenloop van omstandigheden voordoet en de manier waarop het systeem wordt beïnvloed zijn moeilijk voorspelbaar.

Een integraal sociaal-economisch model moet vooral gezien worden als een instrument om de verschillende potentiële toestanden van het systeem te verkennen. Door de toekomstige ontwikkelingen en het effect van verschillende beleidsmaatregelen eerst met een dergelijk exploratief instrument te verkennen zouden potentieel ongunstige ontwikkelingen kunnen worden voorzien. Met name vier aspecten treden daarbij op de voorgrond:

1. *Beleidsmaatregelen grijpen in op 'volledige' systemen.*
Beleidsmaatregelen zijn in principe bedoeld om het systeem te beïnvloeden. Behalve het boogde effect van deze maatregelen worden automatisch ook processen beïnvloed die indirect hiermee samenhangen en worden zo mogelijk ongewenste of onvoorziene effecten veroorzaakt op het gehele systeem. Daarnaast kunnen de problemen die zich voordoen op een bepaalde plaats in het systeem, hun oorsprong in andere delen van het systeem kunnen vinden. Dit inzicht, welke maatregel waar en wanneer het beste kan worden toegepast, kan worden verworven aan de hand van een integrale ruimtelijk dynamische systeemweergave waarbij het mogelijk is om de belangrijke stuwende krachten in het systeem op te nemen.
2. *Open sociaal-economische systemen zijn nooit in evenwicht.*
Open systemen, waarin levende wezens actief zijn, verkeren, thermodynamisch gezien, in een voortdurende 'niet-evenwichts' toestand (Prigogine, 1981). Beleidsmaatregelen beïnvloeden deze dynamische werkelijkheid. Deze ingrepen leiden tot onomkeerbare effecten en zelfs kleine ingrepen in het systeem kunnen onverwachte en macroscopische gevolgen hebben waardoor het systeem fundamenteel kan veranderen op een min of meer korte termijn (paradigma van de zelforganisatie). Om dit soort effecten te kunnen voorspellen, zijn niet-lineaire gekoppelde modellen vereist, zodat de complexiteit die de

werkelijkheid typeert gepast kan worden weergegeven. Met *complexe modellen* worden hier modellen bedoeld die gekenmerkt worden door een veelheid aan (terug)koppelingen, wat niet hetzelfde is als *gecompliceerde* modellen die door een hoge moeilijkheidsgraad worden gekenmerkt. Het meest eenvoudige ‘*complexe*’ model dat het (integrale) systeem voldoende weergeeft is vaak het beste model.

3. *Open sociaal-economische systemen zijn ruimtelijk gedifferentieerd.*
Antropogene en natuurlijke processen doen zich niet constant voor in de tijd, noch gemiddeld, en evenmin gelijkmatig gespreid. Ruimtelijk gezien komen ze voor in min of meer geprononceerde clusters van hoge en lage concentratie met temporeel momenten van hoge en lage activiteit. De gedetailleerde dynamische spreiding in de ruimte wordt gestuurd door de ruimtelijke interactie tussen fysische processen en ruimtelijk mobiele individuen. De robuustheid en het succes van een ruimtelijk systeem zit voornamelijk in zijn diversiteit, zijn complexiteit, en zijn gedrag op microschaal (White en Engelen, 1993). Om de microdynamiek van deze systemen goed te beschrijven moeten ruimtelijk dynamische modellen worden gebruikt.
4. *Het gedrag van sociaal-economische systemen is moeilijk te voorspellen*
Ondanks alle wetenschappelijk kennis en inspanningen is het tot op heden uitermate lastig om het gedrag van complexe natuurlijke en antropogene processen (nauwkeurig) te voorspellen. Binnen bepaalde marges kunnen uitspraken worden gedaan over de robuustheid van het gedrag van het systeem wanneer dit wordt verstoord door een bepaalde ingreep. Een exploratief gebruik van modellen dringt zich op. Dit helpt om het zoeken naar mogelijke ingrepen breed in te zetten met het doel de zoekruimte te vernauwen tot een reeks van haalbare varianten zonder een voorspellende uitspraak te doen over de ‘enige’ of de ‘optimale’ ingreep.

2.4 Opzet van het model

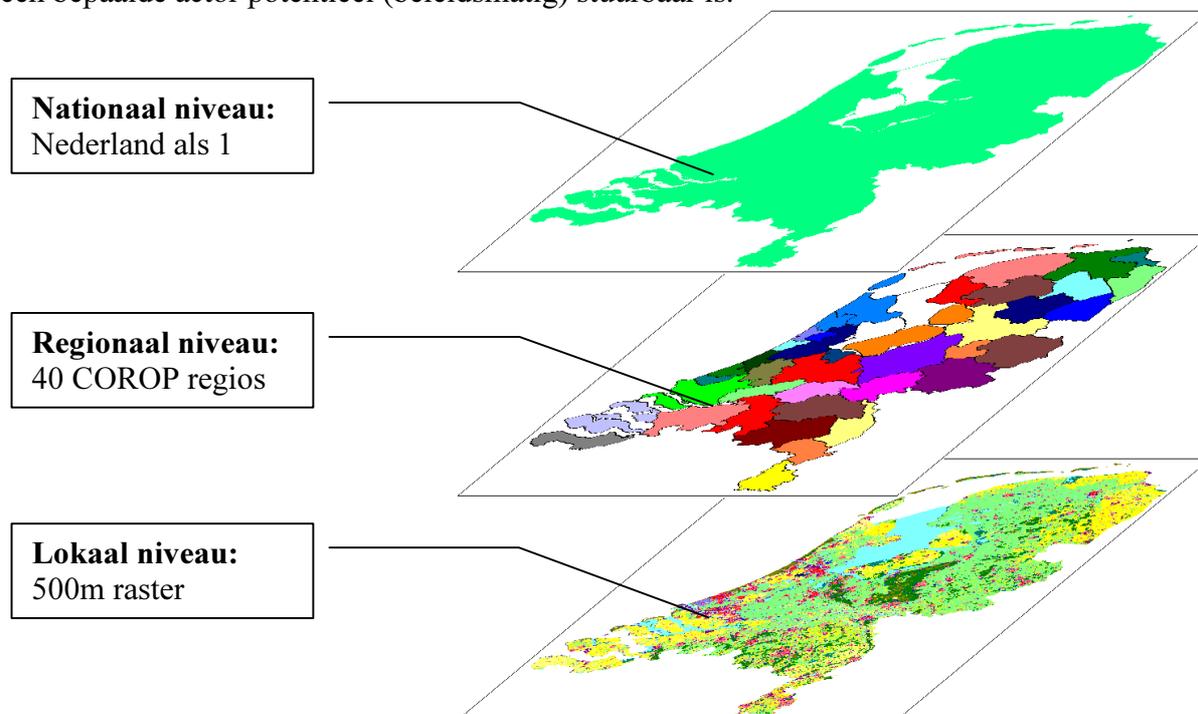
Op basis van deze uitgangspunten is er in de LeefOmgevingsVerkenner voor gekozen om met integrale ruimtelijke modellen te werken, waarin natuurlijke, sociale en economische processen op een gepast gedetailleerde schaal worden beschreven en alle mogelijke wederkerige relaties binnen de integrale context zo goed mogelijk worden meegenomen.

Het model is opgezet als een *Raamwerk* met een hoog generiek karakter dat met name zorg draagt voor de dynamische ruimtelijke allocatie van verschillende ruimtegebruiken. In dit raamwerk kunnen gemakkelijk nieuwe *modules* per deelaspect worden gehangen, de technologie sluit aan bij het Standaard Raamwerk Water.

In de LeefOmgevingsVerkenner worden de ruimtelijk dynamische processen op drie schaal-niveaus (fig. 2.2) beschreven door *een integraal dynamisch macromodel* en een *micromodel*, dat de ruimtelijke allocatie verzorgt, die onderling sterk gekoppeld zijn. Daarnaast omvat het model *een raster GIS systeem* voor de presentatie en bewerking van de ruimtelijke informatie.

Het integrale dynamische macromodel geeft op 2 ruimtelijke abstractie niveaus het studiegebied weer. Op het *nationale* niveau wordt aan de hand van de Omgevingsscenario's Lange Termijn Verkenningen (CPB, 1996) weergegeven hoe Nederland zich economisch en demografisch ontwikkelt. Op het *regionale* niveau, gebaseerd op de COROP gebiedsindeling, worden de ontwikkelingen in de COROP regio's doorgerekend op basis van een '*Spatial Interaction Based Model*'. Dit, sterk gekoppelde, systeem beschrijft op een integrale manier de demografische en economische ontwikkelingen op het niveau van de COROP gebieden. De resulterende regionale ontwikkelingen worden verder vertaald naar veranderingen in vraag naar ruimte.

In het macromodel van de LeefOmgevingsVerkenner worden naast de *bevolking*, momenteel drie economische actoren onderscheiden: *bevolking*, *industrie*, *diensten* en *sociaal-culturele activiteiten*. Deze indeling van actoren wordt in belangrijke mate bepaald door de beschikbare macro-economische gegevens en geografische informatie ten aanzien van het landgebruik. Daarnaast speelt het kenmerkende, ruimtelijke gedrag mee en de mate waarin een bepaalde actor potentieel (beleidsmatig) stuurbaar is.



Figuur 2.2. De 3 schaalniveaus in de LeefOmgevingsVerkenner: nationaal, regionaal en lokaal.

Het *micromodel* is gebaseerd op de theorie van 'Cellulaire Automata' (CA). Standaard geografische informatie systemen (GIS) zijn niet geschikt om de ruimtelijke dynamische ontwikkelingen te beschrijven (Engelen et al., 1999). Wat er werkelijk in een gebied gebeurt en welke veranderingen het ondergaat, ten aanzien van het ruimtegebruik maar ook in economisch, ecologisch en sociaal opzicht, is het resultaat van een groot aantal onderling afhankelijke processen. Dit hangt af van de behoeften van verschillende typen ruimtegebruikers, hun relatieve macht om deze behoeften aan ruimte te vervullen, maar ook van hun reactie op de veranderingen die in hun omgeving optreden. De factor tijd en de ruimtelijke interacties tussen verschillende vormen van ruimtegebruik spelen daarbij een belangrijke rol. Met name deze dynamische processen zijn moeilijk in een GIS te implementeren. Conform Couclelis, (1991, p15) is dit met name omdat '*missing almost entirely [in GIS] are non-localised spatial notions such as spatial organisation, configuration, pattern, spatial process, spatial dynamics, restructuring, transformation and change. Yet, these are all notions that are central in urban and regional studies, and they underlie urban and regional planning, especially at the strategic level*'.

In het *micromodel* worden de verschillende activiteiten in de ruimte geplaatst op basis van de lokale dynamiek in het landgebruik. Het studiegebied wordt daartoe opgedeeld in cellen van 500 bij 500 meter. De regels van de Cellulaire Automata, die de essentie van deze dynamiek bevatten, vertalen het microgedrag en de interactie van ruimtelijke actoren en houden verder rekening met de fysische, institutionele, en bereikbaarheidskenmerken van de (Nederlandse) ruimte.

Een ingebouwd (eenvoudig) *raster GIS systeem* bevat de basisdata voor het model op het microniveau, en in synthetische vorm ook voor het macroniveau. Het *GIS systeem* bevat informatie over de fysische en de institutionele geschiktheid van de cellen voor elke socio-economische activiteit evenals de ligging van de cellen t.o.v. het wegennetwerk.

Aangestuurd door de vraag naar ruimte uit het *macromodel*, kan elke cel in het *micromodel* op elk ogenblik in de tijd een ander grondgebruik worden toegewezen afhankelijk van zijn huidige grondgebruik en de ontwikkelingen in zijn omgeving. Omgekeerd zal het beschikbaar zijn van vrije, onbebouwde ruimte in het micromodel de relatieve aantrekkingskracht van de regio's op het macroniveau beïnvloeden. Het is met name deze dynamische wisselwerking tussen micro en macro die de LeefOmgevingsVerkenner onderscheidt van andere systemen. In tegenstelling tot de typische statische evenwichtsmodellen, gebaseerd op het graviteit- of het 'entropie' principe, gaat het om een multifunctionele weergave van het ruimtegebruik. Waarbij juist dit multifunctionele aspect de echte motor van het niet-lineaire, niet-evenwichtsgedrag van het model uitmaakt. Doordat de keuze voor een locatie van een ruimtegebruiker wordt bepaald door wat er in zijn omgeving gebeurt, zal elke verandering daarin aanleiding kunnen zijn voor de ruimtegebruiker om zijn keuze ter discussie te stellen. Zodra een bepaalde drempel wordt overschreden zal hij besluiten uit te wijken naar een andere plek. Door zijn komst wijzigt het ruimtegebruik op die nieuwe locatie en verandert ook de samenstelling van de lokale omgeving. Hij beïnvloedt op die manier de andere gebruikers in zijn nieuwe omgeving.

Vervolgens zal een nieuwe cyclus starten doordat zijn naaste burens op hun beurt hun locatiekeuze ter discussie kunnen stellen. Op die manier verkeert het systeem voortdurend in een niet-evenwicht situatie. Deze cyclus herhaalt zich tot het einde van de simulatie.

Het basismechanisme van dynamische terugkoppeling voldoet hiermee aan een strenge definitie van het begrip 'ruimtelijke dynamiek', aangezien:

1. Iedere nieuwe toestand van het ruimtelijke systeem volledig afhankelijk is van de vorige.
2. 'Ruimte' een variabele is in het model vergelijkbaar met de variabele tijd. De plaatsing van activiteiten vormt de aanleiding tot een onomkeerbare evolutie, gekenmerkt door het ontstaan, groeien, opbreken, of verdwijnen van clusters van activiteiten die de ruimtelijke indeling definitief aflijnen.
3. De ruimtelijke invulling een stapsgewijs proces is, waarbij de ruimte beetje bij beetje wordt ingenomen als antwoord op de tijdelijke en veranderende behoeften van bepaalde ruimtegebruikers. Deze ruimtelijke invulling is vooral het resultaat van keuzen en beslissingen op het microniveau. De resulterende ruimtelijke structuren manifesteren zich echter op een veel grotere schaal dan het geografische gebied waarvoor de interactie regels gedefinieerd zijn, wat kenmerkend is voor het '*zelforganiserende*' vermogen van dit type modellen.
4. In deze ruimtelijke systemen kunnen clusters met een hoge dichtheid ontstaan naast gebieden die relatief oninteressant zijn en leeg blijven. Er is een 'overloop' mogelijk van relatief 'volle' gebieden naar minder 'volle' gebieden, waardoor clusters kunnen groeien, maar, na verloop van tijd ook weer kunnen opbreken in verschillende delen. Deze zogenaamde 'symmetry-breaking', is kenmerkend voor dit type modellen.
5. Dergelijke ruimtelijke systemen door introductie van stochastische elementen verschillende ontwikkelingsrichtingen naar de toekomst kunnen voortbrengen, die gelijkwaardig zijn op een bepaald abstractieniveau, maar in de werkelijkheid niet even wenselijk.

Samenvattend, vormt de LeefOmgevingsVerkenner een ruimtelijk dynamisch model waarin sociale, economische en natuurlijke processen integraal worden weergegeven. Het omvat een expliciete weergave van de ruimtelijke dynamiek van verschillende ruimtegebruikers die actief zijn op verschillende geografische niveaus en die in hun ruimtelijk gedrag min of meer beïnvloed (kunnen) worden door beleidsingrepen. De uitvoer van het model bestaat uit kaarten van Nederland die het ruimtegebruik in bijvoorbeeld 2030 weergeven voor wonen, werken, natuur en landbouw.

3. Het Macromodel

3.1 Ruimtelijke interactie op regionaal niveau

Het macromodel dat de verdeling van de nationale waarden over de regio's en de dynamiek tussen de regio's onderling regelt, is van het type 'ruimtelijke interactie'. De ruimtelijke interactie modellen domineren sinds enkele decennia de verkeers- en vervoersmodellering. In deze modellen wordt de plaatsing van een activiteit in een gebied, of de verplaatsing van een activiteit van het ene naar het andere gebied, bepaald door de relatieve aantrekkelijkheid van het bestemmingsgebied ten opzichte van alle andere concurrerende gebieden. Meestal worden de details van besluitvorming over de vestiging zelf niet expliciet gemodelleerd, evenmin wordt er rekening gehouden met eventuele specifieke kenmerken van elk type activiteit afzonderlijk. Er worden veeleer algemeen geldende principes gehanteerd. Deze benadering geeft dan ook minder gedetailleerde resultaten dan specialistische modellen die de spreiding van één specifieke activiteit beschrijven. Zo is bijvoorbeeld een gedetailleerd model dat de migratie van de bevolking beschrijft heel anders van opzet dan een specifiek vestigingsmodel voor de industrie. Nochtans kunnen beide activiteiten met behulp van eenzelfde ruimtelijk interactiemodel worden beschreven. Meer specifieke modellen vereisen doorgaans een grotere hoeveelheid gegevens voor hun toepassing; gegevens die vaak niet standaard voorhanden zijn. De meer generieke benadering en bredere toepasbaarheid van ruimtelijke interactie modellen zijn belangrijke voordelen in het huidige raamwerk van de LeefOmgevingsVerkenner. Het betekent namelijk dat één model een hele reeks van ruimtelijke functies aankan met een minimum aan gegevens. Het toevoegen of opsplitsen van economische sectoren vergt bijgevolg slechts beperkte aanpassingen aan het basisinstrument. In de loop van de tijd, wanneer dit wenselijk wordt geacht en wanneer meer specifieke modellen beschikbaar zijn, kunnen deze in het model worden gehangen ter verbetering van de generieke representatie.

De eersten die op ruimtelijke interactie gebaseerde vestigingstheorieën ontwikkelden waren onder meer Anderson (1956), Carrothers (1958), Isard (1960), Lachene (1965) en Warntz (1965). Terwijl de benadering één van de fundamenteën van de vestigingstheorie bleef (zie, bijvoorbeeld, Wilson (1974) en Batty (1986)) en de basis werd voor verschillende operationele modellen die ontwikkeld werden voor planningsdoeleinden - zoals recentelijk het TIGRIS-model voor het berekenen van verkeersstromen in Nederland - hadden de vroegere versies te lijden onder een aantal beperkingen. Deze versies hadden veelal nog niet de mogelijkheid om dynamisch of iteratief te rekenen waardoor ze geen terugkoppelingseffecten konden simuleren. Voorts duurde het een tijd voordat naast aantrekkende of positieve factoren ook afstotende factoren werden meegenomen in de modelbeschrijving. Het ontbreken van afstotende factoren gaf op de lange termijn aanleiding tot een sterke concentratie van activiteiten in een enkel centrum hetgeen niet altijd even goed overeenstemt met wat er in de werkelijkheid gebeurt.

In het begin van de jaren zeventig ontwierpen Wilson (1974, 1976) en zijn groep, Clarke en Wilson (1983), Allen en Sanglier (1979, 1981), Allen (1997) en White (1977, 1978) de eerste dynamische versies van op ruimtelijke interactie gebaseerde vestigingsmodellen. Deze bevatten het cumulatieve resultaat van terugkoppelingen (groei genereert additionele groei). Bovendien bevatten de modellen van Allen en zijn collega, die zijn gebaseerd op vergelijkingen met een logistieke structuur, een verzadigingseffect waarbij de groei stopt als de omstandigheden of voorwaarden voor groei uitgeput zijn (Engelen en Allen, 1986). Deze modellen bevatten impliciet negatieve terugkoppelingen, waarbij de economische groei wordt

afgeremd door negatieve effecten, zoals toenemende kosten ten gevolge van congestie op wegen of hogere grondprijzen.

White introduceerde een winst- of verliesberekening gebaseerd op een ruimtelijk interactie model en de vestigingsdynamiek werd uitgedrukt als een functie van winst in plaats van de ruimtelijke interactie zelf. Aangezien de winstberekening kosten bevat, kunnen negatieve effecten worden bepaald door de kostenvergelijking. Deze benadering werd verder getest in stedelijke (Koh, 1990) en regionale toepassingen (Ren en White, 1995) en is in het huidige model van de LeefOmgevingsVerkenner opgenomen om de vestigingsdynamiek van de commerciële sector weer te geven.

Door de koppeling van het ruimtelijke interactie model met een model op het cellulair niveau, beschikt de LeefOmgevingsVerkenner over nieuwe mogelijkheden. Zo wordt het macromodel beïnvloed door ontwikkeling van de kwaliteit en de beschikbaarheid van ruimte op het microniveau. Het belangrijkste voordeel van de introductie van deze variabelen op microschaal is dat met de ruimtespecifieke kenmerken op het cellulair niveau van elke regio wordt rekening gehouden in de interregionale dynamiek. Bovendien zijn deze kenmerken niet statisch en is ook hun evolutie als antwoord op de regionale dynamiek opgenomen, aangezien de verbinding met het cellulaire model wederkerig is. Dit is belangrijk. In het verleden was het niet ongebruikelijk om in operationele regionale verwachtingsmodellen correctie factoren (fudging factors) in te voeren voor specifieke, intrinsieke regionale karakteristieken die optioneel gecalibreerd werden (Allen en Engelen, 1984). In de LeefOmgevingsVerkenner kunnen variabelen uit het micromodel gebruikt worden om deze correctiefactoren te genereren die, in plaats van eenmalig gecalibreerd, bij iedere iteratie van het model worden herberekend. De variabelen op het cellulaire niveau introduceren negatieve terugkoppelingseffecten op een expliciete wijze. Dichtheid, gedefinieerd op het cellulaire niveau, is één van de belangrijkste regelmechanismen van de regionale dynamiek. Als de dichtheid toeneemt, gaan de daarmee gepaard gaande kosten, in het bijzonder de stijgende kosten van de grond en de indirecte kosten van verkeersopstoppingen, uiteindelijk de voortdurende groei van zelfs het meest aantrekkelijke gebied stoppen. Een regio die niet meer groeit zal ook geen nieuwe groei meer opleggen aan het micromodel. De dichtheid zal dus niet langer veranderen, waardoor de regio terug competitief kan worden ten opzichte van de andere regio's.

Enigszins vereenvoudigd gesteld, poneert het model dat de hoeveelheid van een bepaald type activiteit (*bevolking, industrie, kantoren, etc.*), die migreert van het ene regio naar het andere, afhankelijk is van:

- de hoeveelheid activiteit in beide regio's,
- de hoeveelheid werkgelegenheid in beide regio's,
- de hoeveelheid bevolking in beide regio's,
- de afstand tussen beide regio's,
- de gemiddelde dichtheid van de activiteit in beide regio's en
- de afstandsgewogen aantrekkingskracht van alle andere concurrerende regio's.

Maar de migratie van een activiteit is ook afhankelijk van kenmerken op het cellulaire niveau, zoals:

- de gemiddelde transitiepotentiaal van cellen voor de activiteit in de twee regio's, (De transitiepotentiaal geeft de kans dat een cel van landgebruiksfunctie verandert weer.)
- de gemiddelde geschiktheid van cellen voor de activiteit in de twee regio's en
- het door het beleid open gestelde gebied in de twee regio's.

3.2 Algemene opzet van het Macromodel

Zoals reeds uitvoerig gesteld in Paragraaf 2.5, bestaat het model van de LeefOmgevings-Verkenner uit een gekoppeld micro- en macro model. Deze koppeling is van doorslaggevend belang geweest in de keuze van enerzijds de *Sectoren*¹ gemodelleerd in het macromodel en anderzijds de *Landgebruiken* gemodelleerd in het micromodel.

De keuze en de samenstelling van de Sectoren en Landgebruiken is gebeurd op basis van:

- de beschikbaarheid van landgebruikgegevens op het microniveau (CBS bodemstatistiek en Landgebruik Nederland 2 (LGN 2) kaarten),
- de tijdreeksen en prognoses met betrekking tot de ontwikkeling van de sectoren (op nationaal niveau),
- de verschillen in ruimtelijke dynamiek en vestigingsgedrag van activiteiten,
- de overlap tussen landgebruikclassen en de CBS indeling van de economie en de bevolking.

Dit laatste argument is van groot belang. Er is namelijk zo veel mogelijk gestreefd naar een één op één relatie tussen de definities van sectoren enerzijds en ruimtegebruiken anderzijds. Alleen op die basis kunnen regionale ontwikkelingen ten aanzien van productie of bevolking ook feitelijk vertaald worden naar ontwikkelingen in bepaalde landgebruiksfuncties. Bij de bouw van de opeenvolgende versies van de LeefOmgevingsVerkenner is gebleken dat het bijzonder lastig is om op basis van de bestaande gegevensbestanden een goede aansluiting te vinden tussen activiteiten enerzijds en het landgebruik ingenomen door deze activiteiten anderzijds. Figuur 3.1 schetst een overzicht van de resulterende *sectoren* en *landgebruiksfuncties*. In hoofdstuk 5 wordt er meer uitvoerig op de samenstelling van de economische sectoren en de landgebruiksfuncties ingegaan.

Sectoren Macromodel	Landgebruiksfuncties Micromodel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Overig agrarisch	Grasland	Akkerbouw	Glastuinbouw	Wonen Dun	Wonen Dicht	Bedrijfsterreinen	Diensten	Soc-Cultureel	Bos	Ext. Grasland	Natuur	Recreatie	Luchthavens	Zoet water	Zout water	Buitenland
1	Landbouw	0	0	0											0	0	0	0
2	Visserij																	
3	Glastuinbouw				½													
4	Bevolking					1	1											
5	Industrie							1										
6	Diensten								1									
7	Sociaal-Cultureel									1								
8	Bos										½							
9	Extensief Grasland											½						
10	Natuur												½					
11	Recreatie													½				

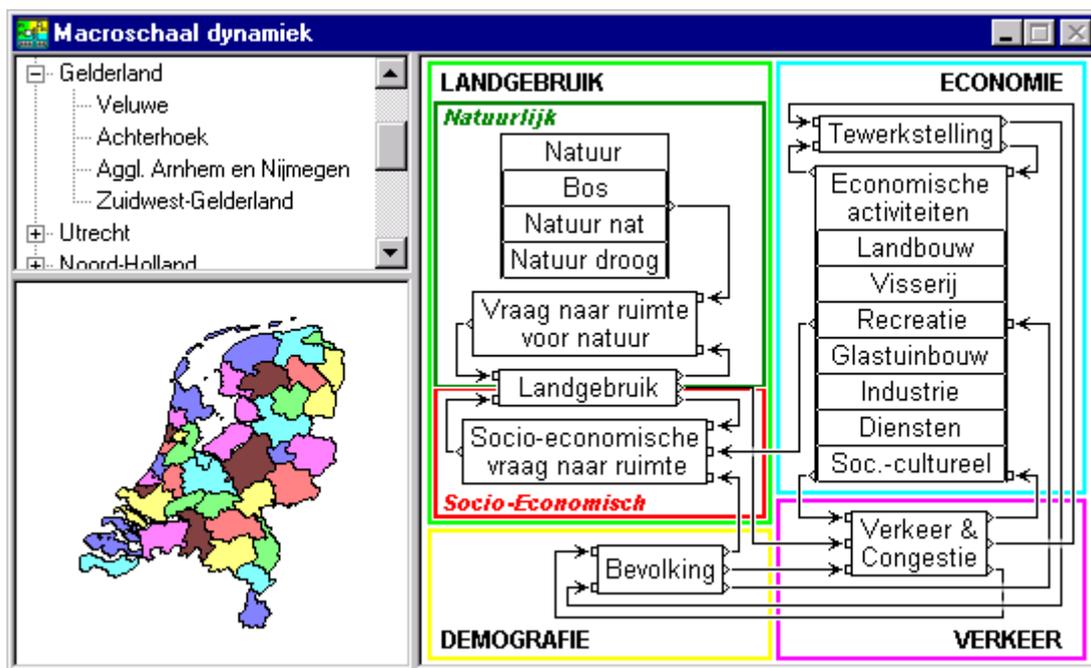
0 Statische landgebruiksfunctie: geen simulatie in macro noch micromodel
 ½ Semi-dynamische landgebruiksfunctie: alleen simulatie in micromodel
 1 Dynamische landgebruiksfunctie: simulatie in macro en micromodel

Figuur 3.1. Relatie tussen de Sectoren van het macromodel en de Landgebruiksfuncties in het micromodel van de LeefOmgevingsVerkenner.

¹ De term Sector wordt hier gebruikt in een betekenis die ruimer is dan de louter economische. Zo is er naast economische sectoren ook sprake van de demografische sector en de sector natuur.

In de LeefOmgevingsVerkenner wordt een onderscheid gemaakt tussen zogenaamde dynamische, semi-dynamische en statische landgebruiksfuncties. De ontwikkeling van het ruimtegebruik van de dynamisch en semi-dynamische functies wordt in het micromodel beschreven. Ze verschillen doordat de regionale ontwikkeling van de dynamische functies in het macromodel wordt gesimuleerd terwijl dit in het geval van de semi-dynamische functies vanuit het macromodel direct wordt opgelegd aan het micromodel. De ontwikkeling van de statische functies wordt niet gesimuleerd, hun voorkomen op de landgebruikskaart beïnvloedt het gedrag van de (semi)-dynamische functies.

Het macromodel bestaat uit 4 sterk gekoppelde subsystemen (fig. 3.2), voor *Economie*, *Demografie*, *Landgebruik* en *Verkeer*. Deze vier subsystemen worden in onderstaande paragrafen achtereenvolgens behandeld.



Figuur 3.2. Het macromodel van de LeefOmgevingsVerkenner.

3.2.1 Economie

Het *substelsysteem Economie* beschrijft de Nederlandse economie op een bijzonder hoog aggregatie niveau, slechts zeven economische activiteiten worden onderscheiden:

- *landbouw* (exclusief *glastuinbouw*),
- *visserij*,
- *recreatie*,
- *glastuinbouw*,
- *industrie*,
- *diensten en*
- *sociaal-culturele activiteiten*.

De wijze waarop de sectoren worden gemodelleerd is sterk afhankelijk van de autonome dynamiek van de sectoren. Naarmate de rol van beleid toeneemt in het gedrag van een sector wordt een meer eenvoudige modelformulering gehanteerd. De meest eenvoudige bestaat erin het gedrag van de sector volledig op te leggen per regio.

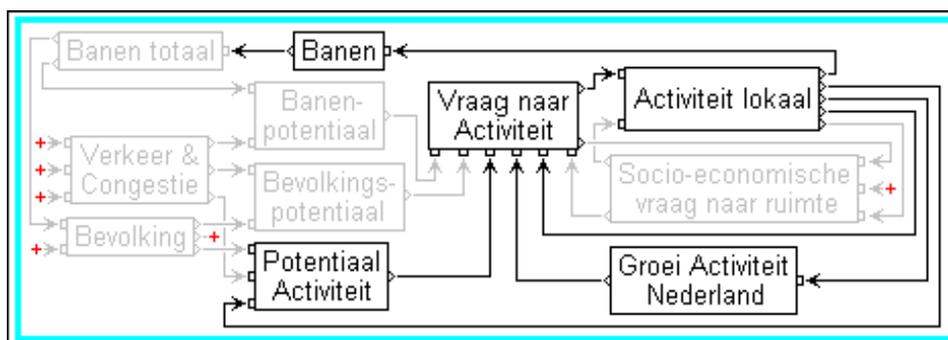
De *visserij* sector wordt afzonderlijk gemodelleerd omdat hij grotendeels plaats heeft op het water en dus geen land gebruikt. Het ruimtegebruik op het land, voor afslag en verwerking, is te klein om een aparte landgebruiksfunctie voor de visserij te maken. Dit ruimtegebruik valt nu onder industrie- en haventerreinen. In het macromodel wordt de totale productie, het totaal aantal banen en de toegevoegde waarde aan de regio's toegewezen op basis van de gemeten waarden. Er wordt voor het overige geen interactiemechanisme toegepast.

De landbouwsectoren, *akkerbouw*, *grasland*, en *overig agrarisch*, worden alleen op het microniveau gemodelleerd en leveren de ruimte voor de groei van de andere sectoren. In het macromodel wordt op basis van de gemeten waarden en de veranderingen in de ingenomen ruimte de totale productie, het totaal aantal banen en de toegevoegde waarde aan regio's toegewezen. Er wordt verder geen interactieprincipe toegepast. Uit analyses van de Nederlandse landbouw blijkt namelijk dat de dynamiek in de landbouw in belangrijke mate wordt bepaald door specifieke kenmerken van de individuele bedrijven zoals de rentabiliteit en het al dan niet beschikbaar zijn van een opvolger om het bedrijf voort te zetten. (LEI, 1997)

Ook voor de sectoren *glastuinbouw* en *recreatie* en de ruimtegebruiken *bos*, *natuur*, en *extensief grasland* wordt er geen echt interactieprincipe gehanteerd. In het verleden gold dat glastuinbouw een volgzaam sector (van de bevolking) was omwille van de afzetmarkt. Nu geldt meer en meer dat de glastuinbouw 'footloose' is geworden. Bovendien is het zo dat in Nederland het beleid in sterke mate bepaald waar de glastuinbouw zich zal kunnen vestigen. Zo zijn er studies gedaan naar de economische effecten als de huidige locaties in de Randstad gedeeltelijk verplaatst worden naar andere regio's (LEI, 1997).

Ook de plaatsing van de sector *recreatie* wordt vooral door het beleid bepaald. Een alternatief zou geweest zijn om de behoeften aan recreatie per COROP afhankelijk te maken van de bevolking.

Tenslotte worden de ruimtegebruiken *bos*, *natuur* en *extensief grasland* volledig bepaald door het beleid. Voor de genoemde ruimtegebruiken: *glastuinbouw*, *recreatie*, *natuur*, *bos* en *extensief grasland* wordt in het macromodel per regio beleidsmatig ingesteld welke groei verwacht wordt in de gesimuleerde periode. Op het cellulaire niveau wordt de locatie verder afgehandeld zoals beschreven in het subsysteem landgebruik.



Figuur 3.3. Het systeemdiagram voor de economische activiteiten Industrie, en Sociaal Culturele Activiteiten

De *industrie en sociaal-culturele activiteiten* (fig. 3.3) worden als volgt weergegeven. Op het nationale niveau wordt per scenario een groei, positief of negatief, van de activiteit aan het model opgelegd (blokje: Groei Activiteit Nederland). Het model zal dan uitmaken welk deel van deze groei aan elk van de regio's wordt toegewezen. Deze hoeveelheid wordt bepaald door de vraag die door elk van de regio's wordt gegenereerd relatief ten opzichte van alle

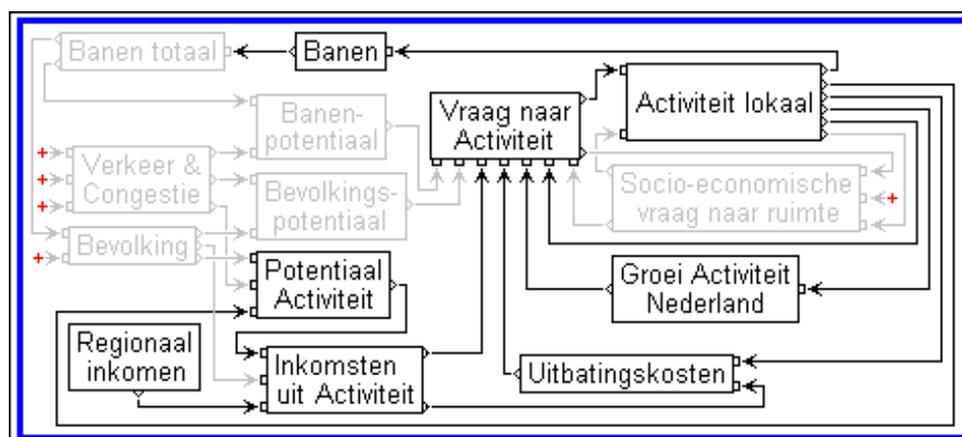
andere, concurrerende regio's (blokje: Vraag naar Activiteit). Deze vraag wordt gegenereerd door:

- de bevolking van de regio en de naburige regio's die zich bevoorraden in de bewuste regio, zoals bepaald in het Bevolkingspotentiaal,
- de werkgelegenheid in de regio en de omliggende regio's, zoals bepaald in de Banenpotentiaal en
- de hoeveelheid van de activiteit die reeds in de regio en de naburige regio's aanwezig is, zoals bepaald in de eigen Potentiaal van de Activiteit.

De invloed van de omliggende regio's in bovenstaande potentialen wordt gewogen op basis van de inter-COROP afstanden, zoals berekend in het subsysteem verkeer.

Naast deze regionale elementen zijn er nog een aantal variabelen op het microniveau die de regionale vraag naar een activiteit beïnvloeden. Deze hebben met name te maken met de specifieke kwaliteit van de ruimte voor een bepaalde sector zoals de (fysische) geschiktheid en de bestemming van het gebied alsook de CA-transitiepotentiaal en de nog resterende vrije ruimte in een regio. In het hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de definitie van deze variabelen.

Nadat de vraag naar activiteit is bepaald, wordt deze vergeleken met de hoeveelheid activiteit die reeds in de regio aanwezig is en wordt de groei toegevoegd. Zodra deze nieuwe hoeveelheid activiteit bekend is, kan men ook het nieuwe aantal banen voor de regio bepalen.



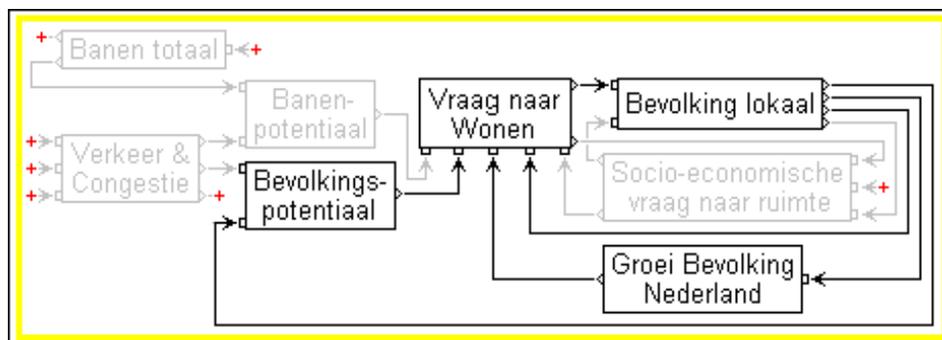
Figuur 3.4. Het systeemdiagram voor de Diensten sector.

Het op standaard potentiaal berekening gebaseerde principe waarin elke regio met elke ander regio in concurrentie is om een deel van de nationaal groei van een activiteit naar zich toe te trekken geldt voor de sectoren *industrie* en *sociaal-culturele activiteiten*. Voor de (ver)plaatsing van de sector *diensten* geldt een lichtelijk aangepast principe (fig. 3.4). Hier wordt een relatief winstprincipe gehanteerd. In het aangepaste schema ziet men hoe de vraag naar *diensten* afhankelijk is van de hoeveelheid inkomsten die gegenereerd kunnen worden door de bevolking en activiteiten in de regio en de naburige regio's. Deze inkomsten worden afgewogen tegen de kosten die gepaard gaan met het uitoefenen van de activiteit in de regio. De regio krijgt uiteindelijk het deel van de groei toegewezen dat in verhouding staat tot de relatieve winst die gerealiseerd kan worden.

3.2.2 Demografie

Het *substelsysteem demografie* beschrijft de lokalisatie en migratie van de Nederlandse bevolking op het COROP niveau. Er wordt een nagenoeg identiek schema gehanteerd zoals voor de sectoren *industrie* en *sociaal-culturele activiteiten* (fig. 3.5)

Binnen de bevolking wordt in het model geen verder onderscheid gemaakt naar type of leeftijdsopbouw en bestaat uit een groep. Naar analogie van de economie wordt per scenario aan het model opgelegd hoe de nationale bevolking van jaar tot jaar groeit. De toewijzing van een deel van deze groei aan elke COROP gebeurt op basis van het Bevolkingspotentiaal en het Banenpotentiaal van de regio evenals de eigenschappen van de regio op het microniveau: geschiktheid, beleid, CA-transitiepotentiaal en de vrije ruimte voor wonen. In het macromodel wordt de ruimte bestemd voor wonen opgedeeld naar een deel hoge dichtheid en een deel lage dichtheid. Uitgangspunt voor deze opdeling is een berekening per regio bij aanvang van de simulatie. Deze waarde wordt opgehoogd naarmate de druk op de ruimte toeneemt. (Zie ook paragraaf 3.3.5)

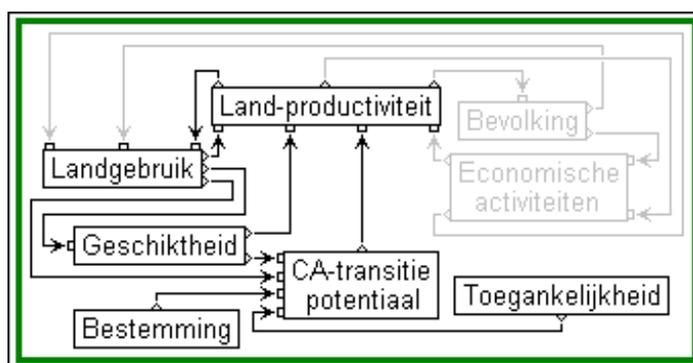


Figuur 3.5. Het systeemdiagram voor de Bevolking.

3.2.3 Landgebruik

Het *substelsysteem Landgebruik* vertaalt de hoeveelheid activiteit, uitgedrukt in productie-eenheden (guldens) of bevolking (personen), naar een hoeveelheid land die ingenomen wordt door de activiteit (fig. 3.6). Daarbij wordt een zogenaamde 'Landproductiviteit' bepaald. De Landproductiviteit is een dynamisch aanpasbare maat voor de dichtheid van een activiteit in een bepaalde COROP en geeft aan hoeveel oppervlakte wordt ingenomen door de activiteit als functie van:

- de totale vraag naar ruimte,
- de geschiktheid van het gebied,
- het beleid, en
- de hoeveelheid nog voor uitbreiding beschikbare ruimte.



Figuur 3.6. Het systeemdiagram voor het substelsysteem Landgebruik

Nadat de landproductiviteit is ingesteld, wordt voor elke activiteit in elke COROP bepaald hoeveel ruimte door de activiteit wordt ingenomen. Bij de berekening wordt er voor gezorgd dat de totale bruikbare oppervlakte van de regio niet wordt overschreden. Indien alle bruikbare ruimte in een COROP is benut wordt een mechanisme in werking gezet dat er voor zorgt dat activiteiten zich kunnen verplaatsen naar naburige gebieden.

3.2.4 Verkeer

Het *substelsysteem Verkeer* regelt de verkeersgebonden aspecten van de uitwisseling van goederen en personen tussen de verschillende regio's. De afstanden tussen de verschillende regio's worden met een kortste pad algoritme berekend op basis van het wegennetwerk uit het Landelijk Model Systeem (LMS) van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer. De vergelijkingen die de regionale dynamiek beschrijven, worden ook gebruikt om een schatting te maken van de inter-COROP verkeersstromen. Als invoer van het model gelden het LMS-wegennetwerk en de netwerkgegevens van 1995. Verder beschikt het model over aangepaste netwerken en verkeersschattingen voor de jaren 2010 en 2020. Tijdens de simulatie worden de aanpassingen in het netwerk dynamisch doorgerekend. Voorlopig berekent het model enkel de verkeersintensiteit op de verbindingen van het wegennet. Het is de bedoeling om in een later stadium deze intensiteiten te combineren met de capaciteit van de verbindingen om een schatting te maken van de congestie. De congestie zou men vervolgens weer door kunnen laten doorwerken op de relatieve bereikbaarheid van de regio's om alzo de dynamiek van het regionale systeem te beïnvloeden.

De interregionale dynamiek van het model kan indien gewenst uitgeschakeld worden. Dit kan voor alle sectoren *industrie, diensten, sociaal-culturele activiteiten* en *bevolking*. Als alternatief moet een tijdreeks met de evolutie van de betreffende activiteit per regio aangeleverd worden. Deze optie kan gebruikt worden als er tijdsreeksen per regio beschikbaar zijn van bijvoorbeeld domeinspecifieke modellen die in gebruik zijn bij de daartoe geëigende instituten of organisaties.

De LeefOmgevingsVerkenner behandelt op een expliciete wijze de interregionale dynamiek van vijf activiteitsklassen die overeenstemmen met de cellulaire landgebruikcategoriën *glastuinbouw, industrie, diensten, sociaal-culturele activiteiten* en *wonen*. In deze versie worden de landbouwsectoren, op uitzondering van de glastuinbouw, passief meegenomen. Ook dient men te stellen dat de categorie *wonen* van het cellulaire model overeenstemt met *bevolking* op het macroniveau. In het macromodel wordt de *bevolking* als één activiteit behandeld, die vervolgens wordt opgedeeld naar twee woonklassen in overeenstemming met de twee woondichtheden van het cellulaire model. Deze verdeling wordt doorgevoerd op basis van de verandering in de dichtheden van de COROP *bevolking*. Indien gewenst kan men de interregionale dynamiek van het model uitschakelen en vervangen door projecties voor *bevolking* en activiteit per regio. Op deze laatste wijze wordt de dynamiek van de natuurcategoriën *bos, natuur* en *extensief grasland* in het model opgenomen. De opmerking dient hier te worden gemaakt dat het principe van de ruimtelijke interactie, dat de verdeling van de economische activiteiten en de bevolking over de regio's regelt, weinig van toepassing is voor de plaatsing van landbouwactiviteiten en nog minder van natuurlijke systemen.

Het macromodel is gebaseerd op een ruimtelijk dynamisch interactie model. Het verzorgt de (ver)plaatsing van activiteiten als resultaat van de groei op het nationale en het regionale (COROP) niveau. Het (ver)plaatsen van bestaande activiteiten gebeurt op twee verschillende manieren. Voor de activiteiten *wonen, industrie* en *sociaal-culturele activiteiten*, wordt een *standaard relatief potentiaalberekening* uitgevoerd. Voor de sector *diensten*, waarvoor economische overwegingen in de plaatsingskeuze van groter belang zijn, wordt een *relatief*

winstcriterium gebruikt. Voor de overige sectoren: *landbouw*, *recreatie*, en *natuur* worden eenvoudigere formuleringen gehanteerd. Voor alle sectoren, op uitzondering van *grasland*, *akkerbouw*, en *overig agrarisch* worden de berekende activiteiten in elke sector en voor elke regio aan het cellulaire model opgelegd om op het lokale niveau geplaatst te worden. De veranderende patronen van landgebruik op het microniveau beïnvloeden op hun beurt de aantrekkelijkheid van elke regio en daardoor ook de dynamiek op het regionale (COROP) niveau.

3.3 Gedetailleerde beschrijving

In deze paragraaf wordt in detail ingegaan op de wiskundige opbouw van het model. De vergelijkingen worden stuk voor stuk behandeld. De gebruikte invoergegevens worden beschreven in hoofdstuk 5. De parametrisering van het macromodel en de calibratie wordt beschreven in bijlage 1

3.3.1 Groei Activiteit Nederland

Activiteit is in het macromodel gedefinieerd als het productievolume in guldens voor de economische sectoren, als inwoners voor de residentiële sector, en als het aantal 25 ha cellen voor de natuurklassen.

Zoals in de paragraaf 2.5 gesteld, verzorgt de LeefOmgevingsVerkenner in drie stappen de ruimtelijke allocatie van de groei in de economie en bevolking van Nederland: eerst Nationaal de groei vaststellen, vervolgens Regionaal de groei toewijzen aan regio's, en tenslotte Lokaal de groei plaatsen in cellen van 25 ha.

Per activiteit wordt de nationale ontwikkeling als een tijdreeks ingevoerd in het model. Deze tijdreeksen kunnen het resultaat zijn van een niet geregionaliseerd economisch, demografisch of andersoortig model of maken deel uit van een scenario dat door de gebruiker wordt onderzocht. Voor elke tijdstep leest het model de nationale ontwikkeling van een activiteit in elke sector $K \in \{\text{bevolking (met het sub-script } P \text{ aangegeven), industrie, diensten, en sociaal-culturele activiteiten}\}$. Deze waarde (${}^t VX_K$) loopt in de tijd 1 tijdstep voor op de som van de effectieve activiteitswaarden (${}^t X_{Ki}$). Het is met name de ongelijkheid tussen beide die het model dynamisch drijft.

$${}^t E_K = {}^t VX_K - \sum_{i=1}^R {}^{t-1} X_{Ki} \quad (3.1)$$

met:

- ${}^t E_K$ Bijkomende (nationale) vraag naar de activiteit² K ; [personen / guldens / eenheden natuur]
- ${}^t VX_K$ Totale (nationale) vraag naar activiteit K ; [personen / guldens / eenheden natuur]
- ${}^t X_K$ Totale activiteit in sector K in COROP i ; [personen / guldens / eenheden natuur]
- R Totaal aantal COROP-gebieden (= 40)

3.3.2 Activiteit lokaal

De effectieve hoeveelheid activiteit die uiteindelijk in een COROP wordt geplaatst wordt bepaald voor alle economische activiteiten (K), de residentiële activiteit (P) en de natuurtypen (F) in elke COROP i als zijnde:

$${}^t X_{Ki} = {}^{t-1} W_{Ki} {}^t N_{Ki} + {}^t X_{R_{Ki}} \quad (3.2)$$

met:

- ${}^t W_{Ki}$ Land productiviteit van sector K in COROP i ; [personen / guldens / eenheden natuur per cel]
- ${}^t N_{Ki}$ Door het landgebruik K aantal ingenomen cellen in COROP i ; [cellen]

² De in vet gedrukte termen worden gebruikt in de dialogen van de interface van het model om deze variabelen en parameters te beschrijven.

${}^tXR_{Ki}$ Niet toegekende activiteit K in COROP i ; []

De juiste betekenis van deze term wordt verklaard naar aanleiding van vergelijking (3.11).

3.3.3 Landproductiviteit

De landproductiviteit is een uitdrukking van de hoeveelheid activiteit die per cel (van het cellulaire model) kan worden geplaatst. Deze grootte vervult een cruciale rol in de koppeling van het COROP niveau en het cellulaire niveau van het model. Er wordt een landproductiviteit berekend voor alle economische activiteiten (K) evenals de residentiële activiteit (P) in elke COROP i . Voor de natuurtypes (F) is de Landproductiviteit constant in de tijd. Voor alle COROP regio's wordt ze op 1 gezet.

Bij het begin van de simulatie wordt de landproductiviteit berekend als:

$${}^0W_{Ki} = \frac{{}^0X_{Ki}}{{}^0N_{Ki}} \quad (3.3)$$

In elke volgende tijdstap wordt de waarde dynamisch bijgesteld als:

$${}^tW_{Ki} = \delta 1_K {}^{t-1}W_{Ki} \cdot {}^tW_{cor_{Ki}} \cdot {}^tW_{cel_{Ki}} \quad (3.4)$$

met een term die de verdichting op het COROP niveau in rekening brengt:

$${}^tW_{cor_{Ki}} = \left[\delta 2_K \left(\frac{{}^tD_{Ki}}{{}^tX_{Ki}} \right) \right]^{\delta 3_K} \left[\delta 4_K \max \left(1, \frac{\sum_K {}^tN_{Ki}}{{}^tQ_i} \right) \right]^{\delta 5_K} \quad (3.5)$$

en met de term die de verdichting op het cellulaire niveau in rekening brengt:

$${}^tW_{cel_{Ki}} = \left[\delta 6_K \frac{{}^tPm_{Ki}}{{}^{t-1}Pm_{Ki}} \right]^{\delta 7_K} \left[\delta 8_K \frac{{}^tZm_{Ki}}{{}^{t-1}Zm_{Ki}} \right]^{\delta 9_K} \left[\delta 10_K \frac{\left(\frac{{}^{t-1}BTm_K}{{}^{t-1}BT_K} + 1 \right)}{\left(\frac{{}^tBm_{K,i}}{{}^tBT_{K,i}} + 1 \right)} \right]^{\delta 11_K} \quad (3.6)$$

met:

- $\delta 1_K$ absolute invloed van de actuele landproductiviteit; [-]
- $\delta 2_K$ absolute invloed van vraag naar activiteit over het aanbod aan activiteit; [-]
- $\delta 3_K$ relatieve invloed (exponent) van vraag over het aanbod aan activiteit; [-]
- $\delta 4_K$ absolute invloed van het overschot aan open ruimte; [-]
- $\delta 5_K$ relatieve invloed (exponent) van het overschot aan open ruimte; [-]
- $\delta 6_K$ absolute invloed van de groei in de CA-transitiepotentialen; [-]
- $\delta 7_K$ relatieve invloed (exponent) van de groei in de CA-transitiepotentialen; [-]
- $\delta 8_K$ absolute invloed van de verandering in de geschiktheid van de ingenomen ruimte; [-]
- $\delta 9_K$ relatieve invloed (exponent) van de verandering in de geschiktheid van de ingenomen ruimte; [-]
- $\delta 10_K$ absolute invloed van de verandering in de door het beleid beschikbaar gestelde ruimte; [-]

- $\delta 11_K$ relatieve invloed (exponent) van de verandering in de door het beleid beschikbaar gestelde ruimte; [-]
- ${}^i Q_i$ Beschikbaar aantal cellen in COROP i ; [cellen]
- ${}^i Pm_{K,i}$ (Regionaal) gemiddelde transitiepotentiaal voor landgebruik K van de cellen (x, y) ingenomen door landgebruik K in COROP i ; [-]
- ${}^i Zm_{K,i}$ (Regionaal) gemiddelde geschiktheid voor landgebruik K van de cellen (x, y) ingenomen door landgebruik K in COROP i ; [-]
- ${}^i BT_{K,i}$ COROP-totaal beleid voor landgebruik K in COROP i op tijdstip t ; [-]
- ${}^i BT$ Nationaal-totaal beleid voor landgebruik K op tijdstip t ; [-]
- ${}^i B_{K,x,y}$ Beleid voor cel (x, y) voor landgebruik K op tijdstip t ; [-]
- ${}^i Bm_K$ (Regionaal) gemiddelde beleid voor landgebruik K van de cellen ingenomen door landgebruik K in COROP i ; [-]

Voor residentiële activiteit geldt dat de beide categorieën Lage dichtheid residentieel (L) en Hoge dichtheid residentieel (H) worden gecombineerd in een gewogen gemiddelde. In de derde term van de vergelijking (3.6) geldt de volgende uitdrukking:

$$\frac{{}^i Bm_{L,i}}{{}^i BT_{L,i}} = \frac{1}{N_{Li} + N_{Hi}} \left[N_{Li} \left(\frac{{}^i Bm_{L,i}}{{}^i BT_{L,i}} \right) + N_{Hi} \left(\frac{{}^i Bm_{H,i}}{{}^i BT_{H,i}} \right) \right] \quad (3.7)$$

De exponenten $\delta 3_K$, $\delta 5_K$, $\delta 7_K$, $\delta 9_K$, $\delta 11_K$ in de vergelijkingen (3.4) tot en met (3.6) worden in het model in de eerste plaats aangewend als binaire switches: zij worden op 1 of 0 gezet al naargelang men de invloed van de betreffende term in de vergelijking wil meenemen of niet. Dit is belangrijk omdat een aantal van de betreffende termen erg vergelijkbare dingen meten en dus niet allemaal in het model moeten worden opgenomen. Zo is bijvoorbeeld beleid ($\delta 11_K$) een onderdeel van het CA-transitiepotentiaal ($\delta 7_K$). Door het instellen van de exponenten kan men de berekening van de landproductiviteit minder of meer afhankelijk maken van de ene of de andere grootheid.

3.3.4 Landgebruik

Het door landgebruik K ingenomen aantal cellen, dat uiteindelijk aan het micromodel wordt opgelegd wordt bepaald als:

$${}^i N_i = \frac{{}^i D_i}{{}^i W_i} \quad (3.8)$$

In het geval dat:

$${}^i D_{Ki} < W \min_K \quad (3.9)$$

wordt:

$${}^i N_{Ki} = 0 \quad (3.10)$$

met:

$${}^i W \min_K \quad \text{Minimum Land Productiviteit; [personen / guldens / eenheden natuur per cel]}$$

Het geval bedoeld in vergelijking (3.9) doet zich voor wanneer de gevraagde hoeveelheid activiteit beneden de minimale landproductiviteit valt. Dit minimum wordt exogeen opgelegd en geldt als een absolute benedengrens voor het toekennen van een dominant landgebruik

aan een cel. Zolang het minimum niet wordt gehaald, wordt aan het betreffende landgebruik géén cel toegewezen.

Door het invoeren van deze benedengrens bestaat de mogelijkheid dat er een zekere hoeveelheid activiteit niet wordt toegekend. Deze wordt verzameld en wordt later geplaatst, in dezelfde COROP of in een naburige COROP.

$${}^tXR_{Ki} = {}^tD_{Ki} - {}^tN_{Ki} {}^tW_{Ki} \quad (3.11)$$

met:

$${}^tXR_{Ki} \quad \text{Niet toegekende activiteit } K \text{ in COROP } i; []$$

Het aantal cellen dat in een regio een activiteit toegewezen kan krijgen is kleiner dan het totaal aantal cellen in het gebied. Het verschil bestaat uit de zogenaamde ‘Feature’ cellen (ook Kenmerken genoemd), die worden ingenomen door een landgebruik dat gedurende de simulatie niet verandert (hoofdstuk 4). Het voor allocatie beschikbaar aantal cellen bedraagt:

$${}^tQ_i = \sum_K {}^tN_{Ki} + {}^tN_{\text{agrarisch},i} + {}^tN_{\text{natuur},i} \quad (3.12)$$

met:

$${}^tQ_i \quad \text{Beschikbaar aantal cellen in COROP } i; [\text{cellen}]$$

3.3.5 Het verschil in ‘wonen dun’ en ‘wonen dicht bevolkt’

In het macromodel wordt *wonen* als één sector (geassocieerd met de *bevolking*) gemodelleerd. In het micromodel daarentegen wordt *wonen* gemodelleerd als *wonen* hoge dichtheid en *wonen* lage dichtheid. Met het doel het micromodel te kunnen voeden wordt de *bevolking* per tijdstap opgedeeld naar *wonen* hoge en *wonen* lage dichtheid zonder de grenzen voor hoge en lage dichtheid feitelijk in te stellen. Impliciete dichtheden zouden berekend kunnen worden indien de verhouding van de *bevolking* uit beide categorieën per regio bekend is. Dit is helaas niet het geval.

In het model is de fractie cellen *wonen dicht* gerelateerd aan de verandering van de bevolkingsdichtheid per regio. Hiertoe wordt per tijdstap bekeken hoe de regionale bevolkingsdichtheid verandert ($\Delta {}^tW_{Pi}$). Door deze verandering te vermenigvuldigen met de ‘transitiec coefficient’ b_H , die de verandering in de fractie cellen *wonen dicht* per eenheid verandering in de bevolkingsdichtheid weergeeft wordt de toe of afname van de fractie cellen *wonen dicht* ten opzichte van de vorige tijdstap bepaald.

De verandering in de bevolkingsdichtheid van een regio wordt bepaald als:

$$\Delta {}^tW_{Pi} = \ln({}^tW_{Pi}) - \ln({}^{t-1}W_{Pi}) \quad (3.13)$$

$${}^t\varepsilon_{Hi} = {}^{t-1}\varepsilon_{Hi} + b_H \Delta {}^tW_{Pi} \quad (3.14)$$

$${}^tN_{Hi} = {}^t\varepsilon_{Hi} \cdot {}^tN_{Pi} \quad (3.15)$$

met als randvoorwaarde:

$$0 \leq {}^t\varepsilon_{Hi} \leq 0.75 \quad (3.16)$$

met:

- ${}^t \varepsilon_{Hi}$ Relatief aandeel cellen *wonen* van het type hoge dichtheid in COROP regio i ; [-]
- ${}^t N_{Pi}$ Aantal wooncellen in COROP regio i ; [cellen]
- ${}^t N_{Hi}$ Aantal wooncellen van het type hoge dichtheid in COROP regio i ; [cellen]
- b_H Transitiecoëfficiënt die de verandering in de fractie cellen *wonen dicht* per eenheid verandering in de bevolkingsdichtheid weergeeft [cel/persoon]

De (initiele) waarde van de ‘transitiecoëfficiënt’ b_H is 0.1241 en gebaseerd op een regressie van de fractie cellen *wonen dicht* met de woondichtheid per COROP.

3.3.6 Vraag naar Activiteiten

Voor het bepalen van de vraag naar activiteiten in elke sector en voor elk COROP gebied berekent het model enerzijds de verdeling van de bijkomende activiteit, zoals blijkt uit de nationale groeicijfers, en anderzijds de verplaatsing van activiteiten tussen de COROP gebieden onderling op basis van hun relatieve aantrekkingskracht voor de sector. Er wordt daarbij een lichtelijk verschillend mechanisme gebruikt al naargelang de sector die wordt gemodelleerd:

- voor de sectoren $K \in \{\text{bevolking, industrie, en sociaal-culturele activiteiten}\}$ wordt een standaard relatieve potentiaal berekening uitgevoerd,
- voor de sector $C \in \{\text{diensten}\}$ wordt de relatieve potentiaalberekening aangevuld met een relatief winstcriterium.

Beide type sectoren worden hier samen behandeld omdat de modelmatige formulering tot op grote hoogte vergelijkbaar is. Daarbij geldt dat het sub-script K verwijst naar de sectoren *bevolking, industrie* en *sociaal-culturele activiteiten*, terwijl het sub-script C verwijst naar de sector *diensten*.

De vraag om activiteiten in alle sectoren K wordt bepaald als:

$${}^t D_{Ki} = \max \left\{ DBn_{Ki}; \min \left\{ DBx_{Ki}; X_{Ki} + {}^t D_{EKi} + (1 - \varphi_K) \left({}^t D_{IKi} - {}^t D_{OKi} \right) \right\} \right\} \quad (3.17)$$

met:

- ${}^t D_{EKi}$ Exogene vraag naar activiteit K in COROP i ; [personen / guldens]
- ${}^t D_{IKi}$ Vraag komende uit andere COROP's voor activiteit K in COROP i ; [personen / Kfl]
- ${}^t D_{OKi}$ Verlies aan andere COROP's van vraag naar activiteit K in COROP i ; [personen / guldens]
- DBn_{Ki} Een (door het beleid) opgelegd minimum voor activiteit K in COROP i ; [personen / Kfl]
- DBx_{Ki} Een (door het beleid) opgelegd maximum voor activiteit K in COROP i ; [personen / Kfl]
- φ_K Inertie in de verplaatsing van de interne vraag; []

De beide tijdreeksen DBn_{Ki} en DBx_{Ki} laten toe om respectievelijk een minimaal deel van de activiteit toe te wijzen aan een COROP regio i en de activiteit te beperken tot een vastgesteld maximum. Indien voor het minimum en het maximum dezelfde tijdreeks wordt gehanteerd, wordt de evolutie van de activiteit helemaal exogeen aan het model opgelegd.

Voor de verdeling van de externe vraag geldt:

$${}^t D_{EKi} = {}^t E_K {}^t A_K \left[\begin{array}{c} \left(\frac{{}^t V_{Pi}}{{}^t V_P} \right)^{\beta_{1K}} \left(\frac{{}^t V_{Ji}}{{}^t V_J} \right)^{\beta_{2K}} \left(\frac{{}^t V_{Ki}}{{}^t V_K} \right)^{\beta_{3K}} \left(\frac{1/R \sum_j {}^t W_{Kj}}{{}^t W_{Ki}} \right)^{\beta_{4K}} \\ \left(\frac{{}^t X_{Ki}}{{}^t X_K} \right)^{\beta_{5K}} \left(\frac{{}^t Pm_{Ki}}{{}^t PTm_K} \right)^{\beta_{6K}} \left(\frac{{}^t Zm_{Ki}}{{}^t ZTm_K} \right)^{\beta_{7K}} \left(\frac{{}^t Bm_{K,i} + 1}{{}^t BT_{K,i}} \right)^{\beta_{8K}} \\ \left(\frac{{}^t Bm_{K,i} + 1}{{}^t BT_K} \right)^{\beta_{8K}} \end{array} \right] \quad (3.18)$$

als eenheid van regionale aantrekkingskracht geldt:

$${}^t A_K = \frac{{}^t V_P^{\beta_{1K}} \cdot {}^t V_J^{\beta_{2K}} \cdot {}^t V_K^{\beta_{3K}} \cdot \left(\frac{1/R \sum_j {}^t W_{Kj}}{{}^t W_{Ki}} \right)^{-\beta_{4K}} \cdot {}^t X_K^{\beta_{5K}} \cdot {}^t PTm_K^{\beta_{6K}} \cdot {}^t ZTm_K^{\beta_{7K}} \cdot \left(\frac{{}^t BTm_K}{{}^t BT_K} + 1 \right)^{\beta_{8K}}}{\sum_i {}^t V_{Pi}^{\beta_{1K}} \cdot {}^t V_{Ji}^{\beta_{2K}} \cdot {}^t V_{Ki}^{\beta_{3K}} \cdot {}^t W_{Ki}^{-\beta_{4K}} \cdot {}^t X_{Ki}^{\beta_{5K}} \cdot {}^t Pm_{Ki}^{\beta_{6K}} \cdot {}^t Zm_{Ki}^{\beta_{7K}} \cdot \left(\frac{{}^t Bm_{K,i} + 1}{{}^t BT_{K,i}} \right)^{\beta_{8K}}} \quad (3.19)$$

met:

- β_{1K} Invloed van het relatieve regionale *bevolkings*potentiaal in de spreiding van activiteit K; []
- β_{2K} Invloed van het relatieve regionale arbeidspotentiaal in de spreiding van activiteit K; []
- β_{3K} Invloed van de relatieve regionale eigen potentiaal in de spreiding van activiteit K; []
- β_{4K} Invloed van de relatieve regionale landproductiviteit in de spreiding van activiteit K; []
- β_{5K} Invloed van de relatieve aanwezige activiteit in de spreiding van activiteit K; []
- β_{6K} Invloed van het relatieve regionaal CA-transitiepotentiaal in de spreiding van activiteit K; []
- β_{7K} Invloed van de relatieve regionale geschiktheid in de spreiding van activiteit K; []
- β_{8K} Invloed van het relatieve regionale beleid in de spreiding van activiteit K; []

Vergelijking (3.19) zorgt ervoor dat aan alle COROP gebieden samen niet meer externe vraag wordt toegekend dan wat er te verdelen is. Daarbij merkt men op dat de termen in de teller van deze vergelijking wegvallen tegen de termen in de noemer van vergelijking (3.18)

De nieuwe externe vraag wordt verdeeld (vergelijking 3.18) op basis van:

- De *regionale potentialen voor bevolking, werkgelegenheid, en de activiteit zelf* in de regio relatief t.o.v. de totale potentialen voor alle regio's samen: zoveel te groter de regionale potentialen, zoveel te meer zal worden toegewezen aan de regio.
- De *landproductiviteit* in de regio, relatief t.o.v. de gemiddelde landproductiviteit van alle regio's samen. Naarmate de landproductiviteit hoger is, zal er minder aan de regio worden toegewezen.
- Het niveau van de *huidige activiteit* in de sector in de regio, relatief t.o.v. de huidige activiteit in alle regio's samen: zoveel te hoger de activiteit aanwezig, zoveel te meer zal worden toegewezen aan de regio.

- De gemiddelde CA-transitie potentiaal in de regio, relatief t.o.v. de CA-transitie potentiaal in alle regio's samen: zoveel te hoger de gemiddelde CA-transitie potentiaal, zoveel te meer activiteit wordt toegewezen.
- De gemiddelde geschiktheid van de cellen ingenomen door de activiteit in de regio, relatief t.o.v. de geschiktheid van de cellen ingenomen door de activiteit in alle regio's samen: zoveel te hoger de geschiktheid, zoveel te meer wordt toegewezen.
- De hoeveelheid nog vrije ruimte die door het beleid is toegewezen aan de sector, relatief t.o.v. de hoeveelheid nog vrije ruimte die door het beleid is toegewezen aan de sector in alle andere regio's samen: zoveel te meer vrije ruimte zoveel te meer wordt toegewezen. Zoals wordt beschreven in hoofdstuk 4 geldt dat de hoeveelheid vrije ruimte wordt benaderd als de ruimte die door het beleid aan de sector is toegewezen, maar die nog wordt ingenomen door de agrarische sectoren (*akkerbouw, grasland en overig agrarisch*)

De exponenten $\beta_{1_K}, \beta_{2_K}, \beta_{3_K}, \beta_{4_K}, \beta_{5_K}, \beta_{6_K}, \beta_{7_K}, \beta_{8_K}$ worden in het model in de eerste plaats aangewend als binaire switches. Zij worden op 1 of 0 gezet al naargelang men de invloed van de term in de vergelijking wil meenemen of niet.

De vergelijkingen (3.20) en (3.21) voor de herverdeling van de vraag zijn naar opbouw gelijk aan vergelijking (3.18), maar de relatieve aantrekkingskracht van een regio wordt nu berekend ten opzichte van de overige, wedijverende, regio's. De inkomende vraag wordt bepaald als:

$${}^t D_{IKi} = \sum_{j \neq i} \left[\begin{array}{c} {}^{t-1} X'_{Kj} \left(\frac{{}^t X_{Pi} / d_{ij}^{n_K}}{{}^t V_{Pj}} \right)^{\beta_{1_K}} \left(\frac{{}^t J_i / d_{ij}^{n_K}}{{}^t V_{Jj}} \right)^{\beta_{2_K}} \left(\frac{{}^t X_{Ki} / d_{ij}^{n_K}}{{}^t V_{Kj}} \right)^{\beta_{3_K}} \\ \left(\frac{{}^t W'_{Kj}}{{}^t W'_{Ki}} \right)^{\beta_{4_K}} \left(\frac{{}^t P_{m_{Ki}}}{P_{m_{Kj}}} \right)^{\beta_{6_K}} \left(\frac{{}^t Z_{m_{Ki}}}{Z_{m_{Kj}}} \right)^{\beta_{7_K}} \left(\frac{\frac{{}^t B_{m_{K,i}}}{BT_{K,i}} + 1}{\frac{{}^t B_{m_{K,j}}}{BT_{K,j}} + 1} \right)^{\beta_{8_K}} \end{array} \right] \quad (3.20)$$

en, de uitgaande vraag wordt bepaald als:

$${}^t D_{OKi} = {}^{t-1} X'_{Ki} \sum_{j \neq i} \left[\begin{array}{c} \left(\frac{{}^t X_{Pj} / d_{ij}^{n_K}}{{}^t V_{Pi}} \right)^{\beta_{1_K}} \left(\frac{{}^t J_j / d_{ij}^{n_K}}{{}^t V_{Ji}} \right)^{\beta_{2_K}} \left(\frac{{}^t X_{Kj} / d_{ij}^{n_K}}{{}^t V_{Ki}} \right)^{\beta_{3_K}} \\ \left(\frac{{}^t W'_{Ki}}{W'_{Kj}} \right)^{\beta_{4_K}} \left(\frac{P_{m_{Kj}}}{P_{m_{Ki}}} \right)^{\beta_{6_K}} \left(\frac{Z_{m_{Kj}}}{Z_{m_{Ki}}} \right)^{\beta_{7_K}} \left(\frac{\frac{{}^t B_{m_{K,j}}}{BT_{K,j}} + 1}{\frac{{}^t B_{m_{K,i}}}{BT_{K,i}} + 1} \right)^{\beta_{8_K}} \end{array} \right] \quad (3.21)$$

De vraag om activiteiten in de *diensten* sector C wordt bepaald als:

$${}^t D_{Ci} = {}^t X_{Ci} + {}^t D_{ECi} + \alpha_2 ({}^t R_{Ci} - {}^t C_{Ci}) \quad (3.22)$$

met:

- ${}^t D_{Ci}$ Vraag naar producten uit de *diensten* sector in COROP i ; [kfl]
- ${}^t X_{Ci}$ Totale activiteit in de *diensten* sector in COROP i ; [kfl]
- ${}^t D_{ECi}$ Exogene vraag naar producten uit de *diensten* sector in COROP i ; [kfl]
- ${}^t C_{Ci}$ Productiekosten in de *diensten* sector in COROP i ; [kfl]
- ${}^t R_{Ci}$ Opbrengsten uit de *diensten* sector in COROP i ; [kfl]
- α_2 Inertie in de verplaatsing van de interne vraag; []

De verdeling van de externe vraag wordt bepaald zoals in vergelijking (3.18), met (vervangt sub-script K door C). De inkomsten die uit *diensten* activiteit COROP i te verwachten zijn, worden berekend als:

$${}^t R_{Ci} = \sum_j^R \alpha_1 {}^t Y_j {}^t X_{Pj} \left(\frac{{}^t X_{Ci}}{d_{ij}^{n_k}} \frac{{}^t V_{Cj}}{{}^t V_{Ci}} \right) \quad (3.23)$$

met:

- ${}^t X_{Pi}$ Totaal inwoneraantal in COROP i ; [personen]
- ${}^t V_{Ci}$ Potentiaalwaarde voor *diensten* sector in COROP i ; [-]
- Y_i Regionale inkomens in COROP i ; [kfl]
- n_C Afstand exponent (gebruikt in berekening van de potentialen); [-]
- α_1 Deel van de totale uitgaven per persoon dat in de *dienstensector* wordt uitgegeven; [kfl per persoon]

De kosten die gepaard gaan aan het uitoefenen van de activiteit *diensten* in COROP i worden bepaald als:

$${}^t C_{Ci} = \sum_i {}^t R_{Ci} \frac{{}^t X_{Ci}^m \left[\frac{{}^t W_{Ci}}{\sum_j {}^t W_{Cj}} \right]^{\beta_4}}{\sum_i {}^t X_{Ci}^m \left[\frac{{}^t W_{Ci}}{\sum_j {}^t W_{Cj}} \right]^{\beta_4}} \quad (3.24)$$

3.3.7 Potentialen

In de vergelijkingen die de (ver)plaatsing van activiteiten in een bepaalde sector bepalen (inclusief de residentiële sector), wordt de relatieve aantrekkingskracht van een regio bepaald op basis van onder andere de regionale potentialen voor de bevolking, de werkgelegenheid en de activiteit in de sector zelf. Deze potentiaalwaarden worden allen bepaald met behulp van dezelfde standaard uitdrukking.

De potentiaal voor de activiteit K in COROP i is:

$${}^tV_{Ki} = \sum_{j=1}^R \left(\frac{{}^tX_{Kj}}{d_{ij}^{n_K}} \right) \quad (3.25)$$

De potentiaal voor de werkgelegenheid in COROP i is:

$${}^tV_{Ji} = \sum_{j=1}^R \left(\frac{{}^tJ_{Kj}}{d_{ij}^{n_K}} \right) \quad (3.26)$$

De potentiaal voor de *bevolking* in COROP i is:

$${}^tV_{Pi} = \sum_{j=1}^R \left(\frac{{}^tX_{Pj}}{d_{ij}^{n_K}} \right) \quad (3.27)$$

De nationale potentiaalsommen worden dan voor de Activiteiten (K), de Werkgelegenheid (J) en de *bevolking* (P) respectievelijk:

$$\begin{aligned} {}^tV_K &= \sum_{i=1}^R {}^tV_{Ki} \\ {}^tV_J &= \sum_{i=1}^R {}^tV_{Ji} \\ {}^tV_P &= \sum_{i=1}^R {}^tV_{Pi} \end{aligned} \quad (3.28)$$

met:

tV_K	Nationale potentiaalsom voor sector K ; [personen]
${}^tV_{Ki}$	Potentiaalwaarde voor sector K in COROP i ; [personen]
${}^tX_{Ki}$	Totale activiteit in sector K in COROP i ; [Kfl]
d_{ij}	Inter-Corop Afstandenmatrix; [km]
n_K	Afstand exponent (gebruikt in berekening van de potentialen); [-]
R	Aantal regio's; [-]

3.3.8 Productie, toegevoegde waarde en werkgelegenheid

Voor het berekenen van een aantal economische indicatoren worden in het model de regionale (per COROP regio) waarden bepaald voor de productie, de toegevoegde waarde en de werkgelegenheid in de sectoren: *industrie, diensten, sociaal-culturele activiteiten*, evenals de sector *landbouw*, de som van de *glastuinbouw, grasland, akkerbouw*, en *overig agrarisch*, en de sector *visserij*. Voor de berekening van de regionale waarden wordt voor de drie grootheden een gelijkaardig algoritme ingezet. Het algoritme verschilt echter van sector tot sector omdat het maximaal gebruik maakt van de informatie (m.b.t. de sector) die in andere delen van het model voorhanden is.

Voor alle sectoren K (*industrie, diensten, sociaal-culturele activiteiten, landbouw en visserij*) zijn in het model voor het tijdstip $t = 0$ voor elke COROP regio i de waarden voor de productie ${}^0X_{Ki}$, de toegevoegde waarde ${}^0V_{Ki}$ en het aantal banen ${}^0J_{Ki}$ gekend (worden extern ingelezen). Bovendien kent men voor elke ander tijdstap $t > 0$ de nationale waarden voor de productie, de toegevoegde waarde en de werkgelegenheid (worden extern ingelezen).

Industrie, diensten, of sociaal-culturele activiteiten

Voor de sectoren *industrie, diensten* en *sociaal-culturele activiteiten* verzorgt het model de (ver)plaatsing van activiteiten. De regionale productie ${}^t X_{Ki}$ wordt bepaald, zoals uitgedrukt in vergelijkingen (3.29) tot (3.33).

De regionale toegevoegde waarde ${}^t V_{Ki}$ wordt bepaald als:

$${}^t r_{KiV} = \frac{V_{Ki}}{\sum_i V_{Ki}} \quad (3.29)$$

$${}^t r_{Ki} = \frac{\frac{{}^t X_{Ki}}{{}^{t-1} X_{Ki}}}{\sum_i \frac{{}^t X_{Ki}}{{}^{t-1} X_{Ki}}} \quad (3.30)$$

$${}^t V_{Ki} = \frac{{}^{t-1} r_{KiV} {}^t r_{Ki} {}^t V_{KN}}{\sum_i {}^{t-1} r_{KiV} {}^t r_{Ki}} \quad (3.31)$$

met:

- ${}^t r_{Ki}$ Relatief aandeel van COROP regio i in de totale toegevoegde waarde; [-]
- ${}^t r_{Ki}$ Verandering in de productie in de COROP regio i ; [-]
- ${}^t V_{KN}$ Totale nationale toegevoegde waarde in sector K ; [kfl]
- ${}^t V_K$ Toegevoegde waarde in sector K in COROP regio i ; [kfl]

De regionale werkgelegenheid ${}^t J_K$ wordt bepaald als:

$${}^t r_{KiJ} = \frac{{}^t J_{Ki}}{\sum_i {}^t J_{Ki}} \quad (3.32)$$

$${}^t J_{Ki} = \frac{{}^{t-1} r_{KiJ} {}^t r_{Ki} {}^t J_{KN}}{\sum_i {}^{t-1} r_{KiJ} {}^t r_{Ki}} \quad (3.33)$$

met:

- ${}^t r_{KiJ}$ Relatief aandeel van COROP regio i in de totale werkgelegenheid; [-]
- ${}^t J_{KN}$ Totale nationale werkgelegenheid in sector K ; [personen]
- ${}^t J_K$ Werkgelegenheid in sector K in regio i ; [personen]

Landbouw

Voor de sector $K = \text{landbouw}$ wordt in het model geen (ver)plaatsing van de productie berekend volgens de mechanismen beschreven in vergelijkingen (3.34) tot (3.39). De plaatsing van de nationale productie, toegevoegde waarde en werkgelegenheid wordt uitgevoerd op basis van de verandering in ruimte die wordt ingenomen door landbouw.

De regionale productie ${}^t X_{\text{landbouw},i}$ wordt bepaald als:

$${}^t r_{landbouw,iX} = \frac{{}^t X_{landbouw,i}}{\sum_i {}^t X_{landbouw,i}} \quad (3.34)$$

$${}^t a_{landbouw,i} = \frac{\frac{{}^t N_{landbouw,i}}{{}^{t-1} N_{landbouw,i}}}{\sum_i \frac{{}^t N_{landbouw,i}}{{}^{t-1} N_{landbouw,i}}} \quad (3.35)$$

$${}^t X_{landbouw,i} = \frac{{}^{t-1} r_{landbouw,iV} {}^t a_{landbouw,i} {}^t X_{landbouw,N}}{\sum_i {}^{t-1} r_{landbouw,iV} {}^t a_{landbouw,i}} \quad (3.35)$$

met:

- ${}^t r_{landbouw,iX}$ Relatief aandeel COROP regio i in de totale productie van de sector *landbouw*; [-]
- ${}^t a_{landbouw,i}$ Verandering in het landbouwareaal in de COROP regio i ; [-]
- ${}^t X_{landbouw,N}$ Totale nationale productie in sector *landbouw*; [kfl]
- ${}^t N_{landbouw,i}$ Aantal cellen ingenomen door de sector *landbouw*. Dit is de som van: *glastuinbouw*, *grasland*, *akkerbouw* en *overig agrarisch*; [cellen]

De regionale toegevoegde waarde ${}^t V_{landbouw,i}$ wordt bepaald als:

$${}^t r_{landbouw,iV} = \frac{{}^t V_{landbouw,i}}{\sum_i {}^t V_{landbouw,i}} \quad (3.36)$$

$${}^t V_{landbouw,i} = \frac{{}^{t-1} r_{landbouw,iV} {}^t a_{landbouw,i} {}^t V_{landbouw,N}}{\sum_i {}^{t-1} r_{landbouw,iV} {}^t a_{landbouw,i}} \quad (3.37)$$

met:

- ${}^t r_{landbouw,i}$ Relatief aandeel van COROP regio i in de totale toegevoegde waarde van de sector *landbouw*; [-]
- ${}^t V_{landbouw,N}$ Totale nationale toegevoegde waarde in sector *landbouw*; [kfl]
- ${}^t V_{landbouw,i}$ Toegevoegde waarde in sector *landbouw* in COROP regio i ; [kfl]

De werkgelegenheid ${}^t J_{landbouw,i}$ wordt bepaald als:

$${}^t r_{landbouw,iJ} = \frac{{}^t J_{landbouw,i}}{\sum_i {}^t J_{landbouw,i}} \quad (3.38)$$

$${}^t J_{landbouw,i} = \frac{{}^{t-1} r_{landbouw,iJ} {}^t a_{landbouw,i} {}^t J_{landbouw,N}}{\sum_i {}^{t-1} r_{landbouw,iJ} {}^t a_{landbouw,i}} \quad (3.39)$$

met:

- ${}^t r_{landbouw,iJ}$ Relatief aandeel van COROP regio i in de totale werkgelegenheid in de sector *landbouw*; [-]

${}^t J_{landbouw,N}$ Totale nationale werkgelegenheid in sector *landbouw*; [klf]

${}^t J_{landbouw,i}$ Werkgelegenheid in sector *landbouw* in COROP regio *i*; [klf]

Visserij

Voor de sector $K = visserij$ wordt in het model geen (ver)plaatsing van de productie berekend volgens de mechanismen beschreven in vergelijkingen (3.40) tot (3.44). Bovendien wordt in het model geen veranderingen doorgerekend in de oppervlakte ingenomen door deze sector. Bijgevolg is gekozen om de plaatsing van de productie, de toegevoegde waarde en de werkgelegenheid te doen op basis van het relatieve aandeel van de COROP regio's op het tijdstip $t = 0$.

De regionale productie ${}^t X_{visserij,i}$ wordt bepaald als:

$${}^t X_{visserij,i} = \frac{{}^0 X_{visserij,i}}{\sum_i {}^0 X_{visserij,i}} {}^t X_{visserij,N} \quad (3.40)$$

De toegevoegde waarde ${}^t V_{visserij,i}$ wordt bepaald als:

$${}^t V_{visserij,i} = \frac{{}^0 V_{visserij,i}}{\sum_i {}^0 V_{visserij,i}} {}^t V_{visserij,N} \quad (3.41)$$

De regionale werkgelegenheid ${}^t J_{visserij,i}$ wordt bepaald als:

$${}^t J_{visserij,i} = \frac{{}^0 J_{visserij,i}}{\sum_i {}^0 J_{visserij,i}} {}^t J_{visserij,N} \quad (3.42)$$

Totale werkgelegenheid

De totale werkgelegenheid per COROP wordt bepaald als de som van de werkgelegenheid over alle sectoren.

$${}^t J_i = \sum_K {}^t J_{Ki} + {}^t J_{landbouw,i} + {}^t J_{visserij,i} \quad (3.43)$$

De nationale totalen worden gesommeerd over alle regio's met het oog op het bepalen van de totale (nationale) werkgelegenheid.

$${}^t J_N = \sum_i {}^t J_i \quad (3.44)$$

met:

${}^t J$ Totaal aantal banen (nationaal); [personen]

${}^t J$ Aantal banen in de sectoren $K = industrie, diensten, sociaal-culturele activiteiten$ in COROP regio *i*; [personen]

${}^t J_K$ Aantal banen (nationaal) in sectoren $K = industrie, diensten, sociaal-culturele activiteiten$; [personen]

${}^t J_i$ Aantal banen in COROP regio *i*; [personen]

3.3.9 Verkeer, congestie en intensiteit

In de huidige versie van het model wordt de veronderstelling gemaakt dat de uitwisseling tussen de regio's enkel plaats vindt via het wegennetwerk. Het wegennetwerk is het netwerk dat gebruikt wordt het Landelijke Model Systeem (LMS) van AVV (hoofdstuk 5). Verder worden de inter-COROP afstanden in de huidige versie van het model ingelezen. Deze afstanden zijn (voor)berekend als de kortste paden via het wegennetwerk tussen de hoofdplaatsen (centra) van de regio's. Wijzigingen die de gebruiker interactief aanbrengt in het netwerk hebben dus voorlopig geen effect op de afstandenmatrix. Zij hebben wel effect op de bepaling van de bereikbaarheid op het cellulaire niveau van het model (hoofdstuk 4).

Het ligt in de bedoeling om de berekening van de kortste paden in het model zelf uit te voeren. Bijgevolg zal het mogelijk zijn om interactief aanpassingen in het wegennet aan te brengen en daarvan de gevolgen op de inter-COROP afstanden in het model door te rekenen. Bovendien ligt het in de bedoeling om het netwerk uit te breiden met het spoorwegennet en het waterwegennet.

In het model is ook een eerste voorzichtige poging gedaan tot het opstellen van een 'congestie' maat. In de LeefOmgevingsVerkenner wordt niet zozeer de congestie op een verbinding (of in een cel) berekend maar de vervoersintensiteit van een verbinding (of de cel). Voor het bepalen van de echte congestie is het onder meer nodig de intensiteit af te wegen tegen de capaciteit van de verbinding, en over deze laatste is er voorlopig geen informatie in de LeefOmgevingsVerkenner.

Op dit ogenblik wordt intensiteit berekend als een som van twee termen:

1. intensiteit als gevolg van inter-COROP pendel- en goederenstromen en
2. intensiteit als gevolg van pendel- en goederenstromen op het cellen niveau.

De maat genoemd onder punt 2 werkt eigenlijk als een soort van toekenning op sub-regionaal niveau van de inter-COROP waarden.

Ad 1. Intensiteit als gevolg van inter-COROP pendel- en goederenstromen

Voor het berekenen van deze waarde (1) wordt in het model voor elke tijdstap de inter-COROP pendel- en goederenstromen matrix berekend met behulp van de uitdrukking:

$${}^t F_{ij} = {}^t X_{pj} \sum_K \tau_K \left(\frac{{}^t X_{Ki}}{d_{ij}^n} \frac{1}{{}^t V_{Kj}} \right) \quad (3.45)$$

met:

- ${}^t F_{ij}$ Goederen- en mensenstroom tussen de COROP-gebieden i en j , []
- ${}^t X_{pj}$ Aantal inwoners van het COROP-gebied j , [personen]
- ${}^t V_{Ki}$ Potentiaalwaarde voor sector K in COROP i ; [personen]
- ${}^t X_{Ki}$ Totale activiteit in sector K in COROP i ; [personen]
- d_{ij} Inter-Corop Afstandenmatrix; [km]
- τ_K Aandeel in de totale stroom van de activiteiten in sector K , []
- n Afstand exponent (gebruikt in berekening van de potentialen); [-]

Een erg eenvoudig kortste-pad algoritme wordt ingezet om de kortste paden tussen de centra van de regio's te berekenen. De knopen op deze paden zijn op hun beurt centra van regio's. Vervolgens worden de goederenstromen geaccumuleerd per knoop (COROP) van het pad. De geaccumuleerde waarden worden vervolgens toegekend aan alle cellen die deel uitmaken van de regio.

Ad 2. Intensiteit als gevolg van pendel- en goederenstromen op het grid-niveau.

Voor de bepaling van deze waarde (2) wordt het wegennetwerk voorgesteld als een soort rivierennetwerk en wordt als het ware de afwatering van alle cellen (met hun activiteiten) naar het netwerk berekend. Daartoe wordt per cel berekend wat de kortste route is tussen de cel en de meest nabijgelegen cel op het netwerk. Ook nu accumuleert men per cel de stromen die langs elke route naar het wegennetwerk stromen. Er wordt aangenomen dat per cel op de route een bepaalde fractie van het verkeer lokaal blijft en niet doorstroomt naar de volgende cel op de route naar het wegennetwerk. Voor de fractie lokaal verkeer is gebaseerd op de relatie uit het rapport van AVV (gemiddelde afstanden per functie).

De maat voor intensiteit wordt, zoals alle andere onderdelen van het macromodel, per tijdstap berekend. De veranderingen zijn het gevolg van zowel de dynamiek van de economische sectoren en de *bevolking* op het COROP niveau als de gedetailleerde allocatie van de activiteiten en bewoners op het grid-niveau.

4. Het Micromodel

4.1 Ruimtelijke dynamiek op het lokaal niveau

In de LeefOmgevingsVerkenner wordt de ruimtelijke dynamiek op het lokale cellulaire niveau, beschreven met behulp van een Cellulaire Automata (CA) gebaseerde techniek. Een groeiend aantal toepassingen in de ruimtelijke wetenschappen bewijst dat Cellulaire Automata bijzonder geschikt zijn om ruimtelijke dynamiek op een hoge resolutie weer te geven (Engelen et al., 1999; Sullivan en Torrens, 2000). Cellulaire Automata modellen vervullen bovendien bij uitstek de rol van integrerend element in integraal ruimtelijke modellen bestaande uit deelmodellen die op verschillende ruimtelijke en temporele schaal actief zijn (Engelen et al., 2000). Ze zijn bij uitstek te koppelen met ruimtelijke interactie modellen zoals het macromodel beschreven in het vorige hoofdstuk en raster GIS systemen. Ook zijn ze bijzonder geschikt voor de weergave van de ruimtelijk structurende werking van verschillende actoren.

Cellulaire Automata modellen zijn relatief eenvoudig te definiëren dynamische systemen. Ze zijn opgebouwd uit een matrix van cellen. Op elk ogenblik in de tijd kan een cel verkeren in slechts één enkele toestand, berekend uit een beperkt aantal mogelijke toestanden. De nieuwe toestand van iedere cel in de matrix is enkel afhankelijk van zijn eigen toestand en die van zijn burens in de min of meer onmiddellijke omgeving. Dit discrete karakter van Cellulaire Automata leidt ertoe dat deze systemen rekentechnisch bijzonder efficiënt zijn. Het Cellulaire Automata algoritme van de LeefOmgevingsVerkenner kan een nieuwe toestand voor elk van de ongeveer 130000 cellen in 1 seconde berekenen op een 300 MHz Pentium PC.

Doordat de geografische ruimte in deze CA systemen op een zeer gedetailleerde wijze kan worden weergegeven ontstaan er nieuwe mogelijkheden en worden een aantal tekortkomingen van meer klassieke dynamische ruimtelijke interactiemodellen voorkomen. Zo kunnen CA modellen morfologische aspecten van ruimtelijke processen in beeld brengen die verborgen blijven in de ruimtelijke interactiemodellen.

Ruimtelijke interactiemodellen, zoals ook het macromodel van de LeefOmgevingsVerkenner werken met min of meer grootschalige regio's, zoals LMS-zones, COROP regio's, of gemeenten. In het model worden deze regio's voorgesteld en behandeld als een enkel punt in de ruimte, de zogenaamde centroïde, waarin de gehele regio vervat zit. De modelbouwer moet een regel bedenken om de centroïden geografisch te plaatsen, bijvoorbeeld in het middelpunt, het zwaartepunt of het belangrijkste centrum van de regio. Tussen de centroïden onderling worden afstanden berekend, die gebruikt worden in de afstandsgevoelige relaties van het model. De grootte van een regio wordt vooral bepaald door de interne afstand van de regio. Ook voor de bepaling hiervan is een rekenregel vereist. In de praktijk beïnvloeden zowel keuze van de centroïden als de interne afstand van een regio de resultaten van het model. De variabelen van het model zijn algemeen gesteld in dichtheden, gemiddelden, of totalen (hoofdstuk 3). Aangezien regio's dus als punten worden behandeld kan men hoegenaamd niets meer zeggen over de wijze waarop de regio naar vorm en uitzicht verandert in de tijd. CA modellen daarentegen zullen een zelfde regio weergeven als bestaande uit tienduizenden cellen. Ruimtelijke ontwikkelingen, zoals het verdichten van ruimtegebruik, of het opbreken van clusters binnen de regio, maar ook over haar administratieve grenzen heen worden daardoor erg expliciet in beeld gebracht. Cellulaire Automata vinden hun oorsprong in de kunstmatige intelligentie in de jaren 40. Het zijn Von Neuman en Ulam die aan de wieg staan van dit nieuwe domein dat vooral een sterke ontwikkeling kent in de wiskunde, de fysica en de theoretische biologie (artificial life). Het is

pas in 1979 dat de geograaf Waldo Tobler (Tobler, 1979) de methodologie adopteert in de ruimtelijke wetenschappen en met een het label ‘geografisch model’ meegeeft. Tobler onderzocht de geografische mogelijkheden van de tot op heden meest bestudeerde Cellulaire Automata genaamd ‘Life’. Hij concludeerde dat de toepassingsmogelijkheden van dit model binnen de ruimtelijke wetenschappen interessant, maar erg beperkt zijn. In de periode na Tobler en tot 1990 ontwikkelen ruimtelijke onderzoekers een beperkt aantal nieuwe CA modellen (Couclelis, 1985, 1989; Phipps, 1989). Hun werk is vaak meer theoretisch en conceptueel van aard en richt zich in mindere mate op een praktische toepassing van de techniek in de ruimtelijke modellering. Meer recentelijk groeit het aantal praktische toepassingen van Cellulaire Automata erg snel. Een aantal onderzoekers heeft getracht om ‘Life’ aan te passen zodat het beter inzetbaar wordt voor realistische ruimtelijke problemen (Roy en Snickars, 1993; Batty en Xie, 1994), terwijl anderen met nieuwe soorten modellen voor de dag zijn gekomen (White en Engelen, 1993, 1997).

De meer recente toepassingen van Cellulaire Automata gebaseerde ruimtelijke allocatiemodellen zijn erop gericht om geografische systemen op een meer realistische wijze weer te geven, zowel voor de gemodelleerde processen als het geografische detail. Deze ontwikkelingen zijn echter gepaard gegaan met een toegenomen complexiteit van de modellen. Bovendien zijn op zowat alle elementen van de originele definitie van de Cellulaire Automata varianten bedacht die meer realistische modellen toelaten (Takayama en Couclelis, 1997). In praktische toepassingen hoeft dit op zich geen probleem te zijn, maar het versterkt evenmin de theoretische onderbouwing van de gebruikte modellen (Sullivan en Torrens, 2000).

De bloei van de belangstelling voor Cellulaire Automata in de laatste 5 tot 10 jaar is met name te wijten aan het feit dat de geografen er beter in slagen, zowel op het conceptuele als het praktische vlak, om GIS gegevens in te zetten in CA modellen (Engelen et al., 1993, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000; White en Engelen, 1994, 1997a, 1997b; Batty en Xie, 1994). Recentelijk onderzoek richt zich met name op het implementeren van CA modellen in GIS of van GIS in CA omgevingen (Wagner 1997; Wu, 1998; Couclelis, 1997). Daarnaast is er een onderzoekslijn die zich richt op de ontwikkeling van integrale ruimtelijke modellersystemen die beschikken over de functionaliteit van GIS, CA en meer klassieke ruimtelijke simulatiesystemen (Theobald en Gross, 1994; Uljee et al., 1996; Engelen et al., 2000). De functionaliteit van deze laatste systemen, waaronder ook de LeefOmgevingsVerkenner, biedt de meeste mogelijkheden om ingezet te worden voor beleidsanalyse.

4.2 Het ‘Cellulaire Automata’ Micromodel

Het micromodel van de LeefOmgevingsVerkenner is een zogenaamde ‘Constrained’ Cellulaire Automata model. ‘Constrained’ verwijst hier met name naar het feit dat de dynamiek deels extern wordt opgelegd aan het model zoals besproken zal worden in paragraaf 4.2.5. In onderstaande paragrafen wordt het Cellulaire Automata model beschreven aan de hand van de toestanden, de omgeving, de transitieregels, de Cellulaire ruimte en de specifieke dynamiek van Cellulaire Automata.

4.2.1 Landgebruikfuncties

In de meeste CA modellen kan een cel verkeren in een zeer beperkt aantal toestanden. Het model ‘Life’ bijvoorbeeld kent slechts de binaire toestanden 0: de cel is ‘dood’; en 1: de cel ‘leeft’. Het op ‘Life’ gebaseerde model van Batty en Xie (1994) onderscheidt ‘verstedelijkt’ of ‘niet-verstedelijkt’ gebied. Zulke beperkte indeling is weinig interessant indien men binnen de categorie ‘verstedelijkt’ meer informatie wil over de samenstellende elementen.

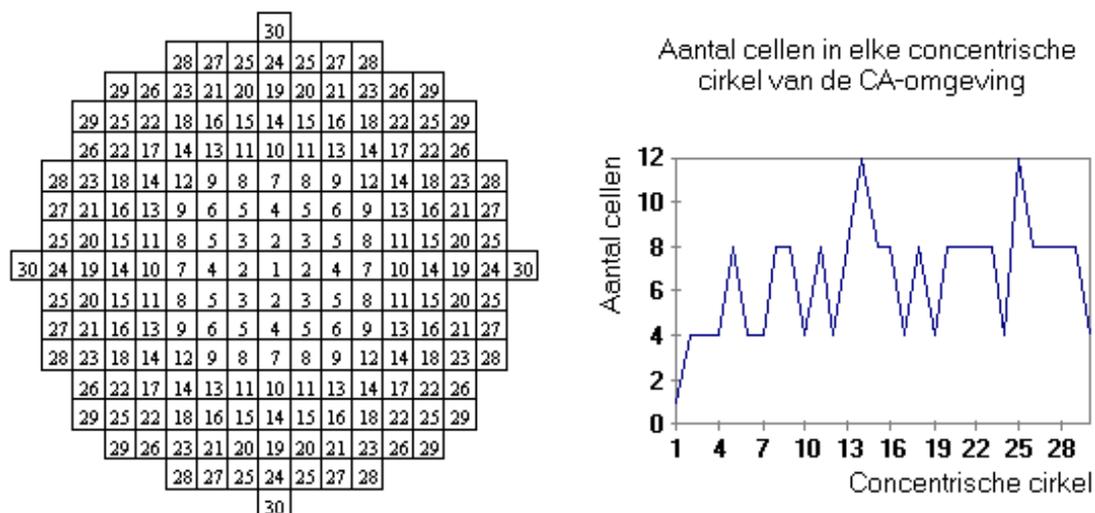
In de LeefOmgevingsVerkenner is het theoretisch mogelijk om 32 verschillende toestanden te simuleren waarbij er een onderscheid wordt gemaakt in zogenaamde 'Functions' en 'Features'. De Functions zijn ruimtegebruiken die in het model een eigen dynamiek hebben: zij kunnen groeien of afnemen en zich verplaatsen zoals berekend door de transitierregels van het model. De Features daarentegen zijn ruimtegebruiken die geen eigen dynamisch gedrag hebben: zij blijven onveranderd. Door hun aanwezigheid beïnvloeden zij echter wel de kenmerken van de omgeving waarin de Functions zich ontwikkelen.

In de hier beschreven versie van het CA model van de LeefOmgevingsVerkenner wordt gewerkt met 13 dynamische landgebruikvormen: grasland, *akkerbouw*, *overig agrarisch*, glastuinbouw, *wonen dicht bevolkt*, *wonen dun bevolkt*, bedrijventerreinen en *industrie*, *diensten*, sociaal culturele voorzieningen, bos, extensief grasland, natuur, en recreatief landgebruik, en 4 niet dynamische landgebruikvormen: zout water, zoet water, luchthavens, buitenland.

4.2.2 Invloed van de omgeving

Een groot aantal CA-modellen is gedefinieerd in termen van de Von Neumann (4 cellen) of Moore (8 cellen) omgeving. Met name alle op 'Forrest fire' of 'Life' gebaseerde modellen zijn van dit type. Rekentechnisch is het interessant om een probleem op te lossen door de CA-omgeving zo klein mogelijk te maken. Diffusie- en stromingsprocessen kunnen perfect worden beschreven met behulp van CA-modellen op basis van een uitwisseling van materie of informatie met de 4 of 8 directe burens. Echter, sociaal-economische functies beïnvloeden meestal in een gebied dat groter is dan wat met de meest directe burens wordt omschreven. Zij kunnen bijvoorbeeld op afstand en over de naaste burens heen een interactie aangaan met personen en dingen waarover men kennis en informatie heeft. Zo kunnen inwoners van een woonwijk een dagelijkse relatie hebben met een spoorwegstation op 4 kilometer afstand van de woonplek. Bovendien veranderen de sterkte en het karakter van sociaal-economische relaties over relatief korte afstanden. Zo zullen bijvoorbeeld commerciële activiteiten zich op korte afstanden clusteren tot winkelcentra omwille van agglomeratievoordelen, maar op grotere afstand zullen zij aanleiding zijn tot leegtes door de onderlinge concurrentie tussen de winkelcentra.

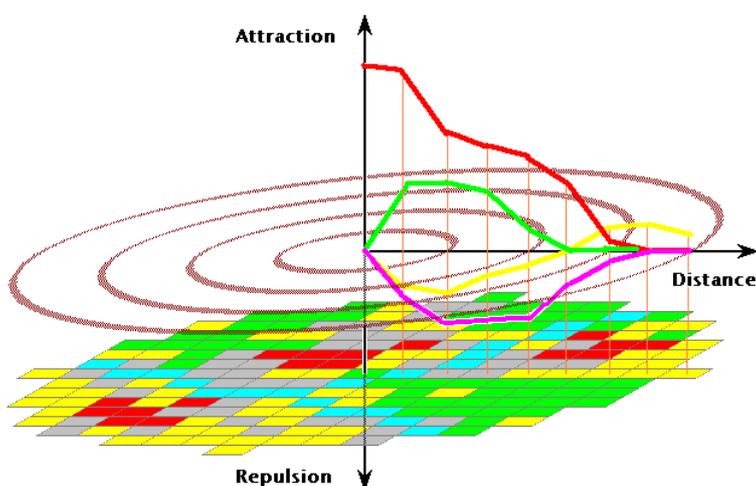
In de hier beschreven versie van de LeefOmgevingsVerkenner wordt een cirkelvormige CA-omgeving gebruikt met een straal van 8 cellen, of omgerekend 4 km. Deze omgeving omvat in totaal 196 cellen, die gelegen zijn op 1 van in totaal 30 concentrische cirkels. Elk van deze cirkels bevat een aantal cellen dat varieert tussen 1, voor de eerste cirkel met de centrale cel zelf, en 12 cellen (fig. 4.1). Er is ruimtelijke 'stationairiteit' in het model omdat men voor elke cel in het raster dezelfde CA-omgeving gebruikt om de transities naar een nieuwe toestand te bepalen. Bovendien geldt in de CA-omgeving ruimtelijke isotropie bij de berekening van de transitierregels omdat het niet uitmaakt op welke plek in een cirkel een cel gelegen is.



Figuur 4.1. Alle cellen in de CA-omgeving liggen op 1 van 30 concentrische cirkels(links). Iedere cirkel van de CA-omgeving bestaat uit minimaal 1 en maximaal 12 cellen (rechts).

4.2.3 Wisselwerking tussen landgebruikfuncties

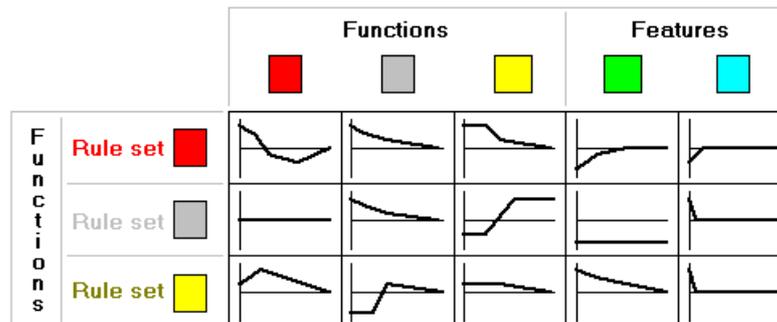
Een cel in een Cellulaire Automata model zal van toestand veranderen door het toepassen van de transitierregels (de rekenregels) op de CA-omgeving van de cel. Het resultaat van deze berekening wordt het transitiepotentiaal genoemd. Zowel kwalitatieve als kwantitatieve regels kunnen ingezet worden voor het berekenen van de omslag.



Figuur 4.2. De CA-transitierregels zijn afstandsregels die in een algemene zin vestigingsvoorkeuren en ruimtelijke interactiemechanismen weergeven zoals die op een microschaal actief zijn.

In het micromodel van de LeefOmgevingsVerkenner vertegenwoordigen de transitierregels in algemene zin vestigingsvoorkeuren en ruimtelijke interactiemechanismen, zoals aantrekkings- en afstotingskrachten, schaalvoordelen, agglomeratievoordelen, en competitie voor ruimte. Zij worden in het model weergegeven als afstandsfuncties (fig. 4.2) die beschrijven hoe sterk een landgebruikfunctie op een andere inwerkt op elke mogelijke afstand in de CA-omgeving. In theorie bestaat het model uit een interactieregel voor elke mogelijke combinatie van 2

landgebruikfuncties(fig. 4.3). In de praktijk zijn een groot aantal van deze combinaties weinig relevant en kan het model volstaan met de belangrijkste 2 of 3 combinaties per gemodelleerd landgebruik (Engelen et al., 1999). Een afstandsfunctie bestaat uit een set van gewichten. Per concentrische cirkel van de CA-omgeving wordt maximaal één gewicht ingevoerd. In een groot aantal gevallen zal deze waarde niet gedefinieerd worden en op nul gezet worden. Dit doet zich met name voor wanneer een functie niet over de volledige afstand gedefinieerd hoeft te worden omdat de interactie niet over de volle 4 km actief is. In Paragraaf 4.3. wordt met meer detail ingegaan op de juiste berekeningswijze van de transitiepotentialen en de manier waarop cellen van toestand veranderen



Figuur 4.3. De set van transitie regels voor elke landgebruik bestaat in principe uit elke mogelijke interactie van het bedoelde landgebruik met alle andere landgebruiken in het model.

4.2.4 Kenmerken van de Cellulaire ruimte

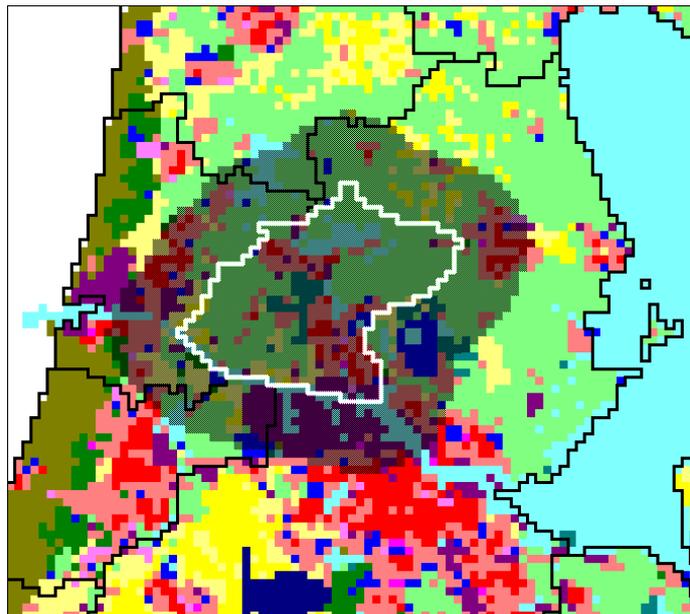
Theoretische Cellulaire Automata modellen, zoals 'Life' kenmerken zich door een isotrope, homogene cellulaire ruimte. De wereld wordt als het ware herleid tot een vlakke uniforme biljarttafel. In de werkelijkheid doen zich alle ruimtelijke processen voor in een bijzonder heterogene wereld. Deze ruimtelijke heterogeniteit uit zich met name in de fysische geschiktheid van het gebied, de aanwezigheid van de transportinfrastructuur, en het institutionele kader nodig voor het uitoefenen van een bepaalde activiteit. In het micromodel van de LeefOmgevingsVerkenner bepalen de genoemde elementen: geschiktheid, bereikbaarheid en bestemming het niet-homogene karakter van de Nederlandse ruimte. In Paragraaf 4.3 wordt nader ingegaan op de precieze definitie van deze drie elementen.

4.2.5 Ruimtelijke dynamiek door Cellulaire Automata

Een initiële configuratie op een raster van cellen, een definitie van een CA-omgeving en een set van transitierregels zijn de voldoende voorwaarden om een Cellulaire Automata te doen evolueren in de tijd, in bepaalde gevallen zelfs voor eeuwig. Het theoretische CA-onderzoek richt zich in belangrijke mate op de analyse van de patronen die op deze wijze worden voortgebracht (Wolfram, 1984; Langton, 1992). Maar, sociaal economische systemen veranderen van vorm en samenstelling door interacties die zich op verschillende schaalniveaus voordoen. Sommige interacties zijn erg lokaal en kunnen dus worden gevat in de micro-dynamische interactieregels van de Cellulaire Automata, terwijl andere zich voordoen buiten het bereik van de CA-omgeving en dus op een gepaste manier moeten worden weergegeven. In het van 'Life' afgeleide model van Batty en Xie (1994) wordt rekening gehouden met interacties die zich buiten het bereik van de CA-omgeving voordoen door de introductie van grotere geografische eenheden die de naam 'fields' (velden) en 'regions' (regio's) krijgen.

Naar analogie van voorbeelden beschreven in Engelen et al. (1993, 1995, 1997) is er in de LeefOmgevingsVerkenner voor gekozen om een meer traditioneel macro-dynamisch model in te zetten om de processen die zich over een grotere afstand afspelen, de regionale dynamiek, te beschrijven. In deze opzet berekent het macro dynamische model de globale groei van het systeem door de interne macrodynamiek en de uitwisselingen met de buitenwereld, en wordt deze vervolgens als een randvoorwaarde opgelegd aan het cellulaire micromodel. Het CA model zal vervolgens op basis van zijn microdynamiek de groei toekennen aan specifieke cellen binnen elke macro regio. Het zal bovendien informatie over de algemene toestand van het cellulaire systeem berekenen en terugkoppelen naar het macromodel en zo de macrodynamiek bijsturen.

In de praktijk zal het COROP model voor elk van de 40 COROP regio's de groei bepalen van het landgebruik in de 13 landgebruikklassen van het micromodel. Eens het COROP model een tijdstap heeft doorgerekend, legt het aan het micromodel op hoeveel cellen van ieder type landgebruik geplaatst moeten worden in elke COROP gebied. Elk COROP gebied bestaat uit een eigen CA-model. In de berekening zijn de COROP gebieden echter niet geïsoleerd van elkaar, integendeel, de CA-omgeving reikt tot over de COROP grenzen en houdt in de berekening van de transitiepotentialen rekening met de toestand van cellen in de aangrenzende regio's. Op die wijze biedt de LeefOmgevingsVerkenner de mogelijkheid om de vorming van ruimtelijke patronen, zoals steden en industriële complexen, over de administratieve grenzen heen in beeld te brengen en te analyseren.



Figuur 4.4. Het COROP-gebied Zaandam. De grens van de COROP is in het wit aangegeven. Het gearceerde gebied ligt binnen het bereik van de CA-omgeving van de grenscellen aan de Zaandamse kant van de grens.

4.3 Gedetailleerde beschrijving

Het Cellulaire Automata model dat de dynamiek in de LeefOmgevingsVerkenner op het microniveau verzorgt, heeft de volgende kenmerken:

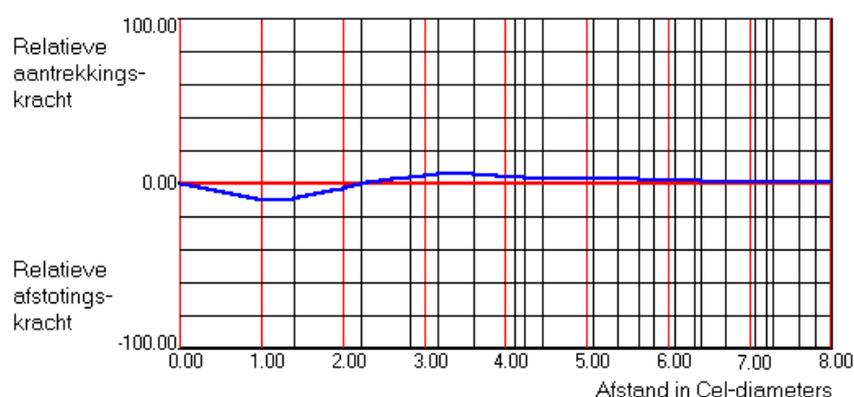
1. Heel Nederland, delen van de Noordzee, Duitsland en België worden weergegeven met behulp van een matrix van 540 (O-W) bij 650 (N-Z) cellen. In het totaal gaat het om 351000 cellen van 500 bij 500 m (elk dus 25 ha of 0,25 km²). Deze celgrootte is gekozen omdat:
 - uit eerdere toepassingen met dit type modellen gebleken is dat de beste resultaten worden verkregen met rasters variërend tussen de 50 en 1000 meter,
 - een minder fijne resolutie, bijvoorbeeld een raster van 1 km, in de Nederlandse context te grof is om nog te kunnen werken met een dominant grondgebruik,
 - een fijnere resolutie is technisch mogelijk maar de rekentijd van het model neemt kwadratisch toe met de resolutie. Hogere resolutie gaat dus ten koste van rekentijd en draagt bijgevolg niet noodzakelijk bij tot de inzetbaarheid van de LeefOmgevingsVerkenner als instrument voor het snel schetsen en afwegen van verschillende potentiële ontwikkelingsroutes.
2. Elke cel in het raster bevindt zich in 1 van de volgende 16 mogelijke landgebruiken:

Landbouw functies	Woon functies	Economische functies	Natuur functies	Overige features
overig agrarisch	wonen dun	industrie- en haventerreinen	<u>bos</u>	<i>zoet water</i>
grasland	wonen dicht	kantoren	<u>extensief grasland</u>	<i>zout water</i>
akkerbouw		 sociaal-cult. voorzieningen	<u>natuur</u>	<i>luchthavens</i>
<u>glastuinbouw</u>		<u>recreatief ruimtegebruik</u>		<i>buitenland</i>

- De *cursief* gedrukte *Features* hebben géén eigen microdynamiek (paragraaf 4.2.1). Met andere woorden de LeefOmgevingsVerkenner berekent voor deze landgebruiken géén groei noch de ruimtelijke (ver)plaatsing. Dit is voor de hand liggend voor gebruiken zoals *zoet water*, *zout water* en *buitenland*. Van luchthavens wordt verondersteld dat zij door het beleid een specifieke locatie en uitbreidingen toegewezen krijgen. De features hebben wel degelijk een invloed op de plaatsing van de in 2.2 genoemde functies.
- De ontwikkelingen in de **vet** gedrukte **Functionies** worden in het macromodel berekend. Deze macro-groei in deze landgebruiken wordt als een randvoorwaarde aan het micromodel opgelegd, en het cellulaire model verzorgt hun (ver)plaatsing in de ruimte.
- De ontwikkelingen in de onderstreepte Functionies worden via een input-file per jaar, per COROP regio opgelegd, het cellulaire model verzorgt de (ver)plaatsing in de ruimte.
- De resterende, normaal gedrukte ruimtegebruiken hebben een vereenvoudigde dynamische berekening op het microniveau. Er wordt voor deze landbouwfuncties geen omgevingspotentiaal uitgerekend. De parameter σ_K in de vergelijking (4.1) wordt op nul gezet. Hun dynamiek is bijgevolg enkel gebaseerd op de kenmerken van de cellen zelf: de geschiktheid, het beleid en de bereikbaarheid. Uitgezonderd de *glastuinbouw* is de LeefOmgevingsVerkenner niet uitgerust met een landbouwmodel

op het macroniveau. Er is dus geen mechanisme aanwezig dat aangeeft hoe op de lange termijn de verschillende sectoren onderling groeien en in welke COROP die groei zich manifesteert. Voorlopig treedt de landbouwsector in het model vooral op als een leverancier van ruimte: als andere activiteiten ruimte nodig hebben, dan zal die aan de landbouw worden onttrokken. In de uitzonderlijke gevallen dat er ruimte vrij komt, dan zal die worden ingenomen door de landbouwcategorie met de hoogste transitiepotentiaal. Dit is de categorie waarvoor de cel het meest geschikt is binnen de randvoorwaarden gesteld door het beleid en de verkeersontsluiting.

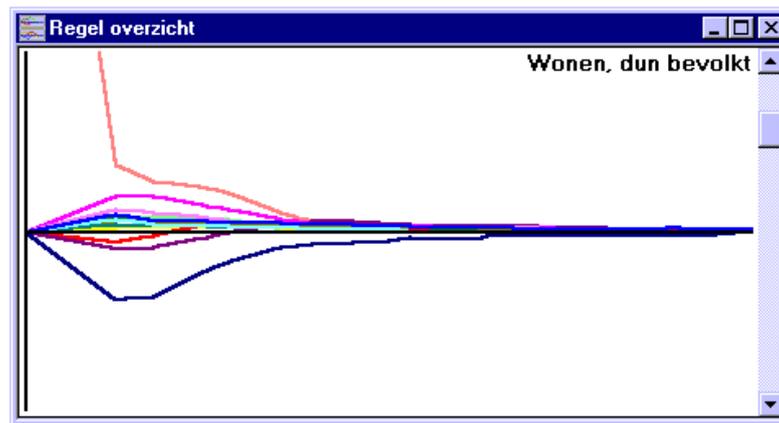
3. De geografische kenmerken van de Nederlandse ruimte worden weergegeven met behulp van geschiktheidskaarten, bereikbaarheidskaarten, en beleidskaarten. Op uitzondering van de features: *zoet water, luchthavens, buitenland en zout water*, is in het model voor elk landgebruik een set van drie kaarten voorhanden: één geschiktheidskaart, één bereikbaarheidskaart en één beleidskaart.
4. De toestand van elke cel wordt in elke tijdstap van een simulatie opnieuw vastgesteld. De nieuwe toestand wordt volledig bepaald door de toestand van de cel zelf en van de cellen in de CA-omgeving. De CA omgeving bestaat uit een cirkelvormig gebied met een straal van 8 cellen. Dit gebied bevat 196 cellen en is opgebouwd uit 30 concentrische cirkels (paragraaf 4.2.2). De verandering in de toestand is het gevolg van de toepassing van een set transitierregels. De transitierregels zijn afstandsregels die de verandering van de mate van aantrekkingskracht dan wel afstotingskracht tussen een combinatie van twee landgebruiken als een functie van de afstand beschrijven (fig. 4.5).



Figuur 4.5. De afstandsfunctie die de invloed van Industrie beschrijft op de functie wonen dun bevolkt. De functie wonen dun bevolkt bevindt zich in het centrum van de CA-omgeving (afstand = 0). De aanwezigheid van industrie werkt in de directe nabijheid afstotend door de overlast die de industrie veroorzaakt. Op grotere afstand ontstaat een relatieve aantrekkingskracht door de aanwezigheid van arbeidsplaatsen. Op nog grotere afstand verdwijnt dit positieve effect.

4.3.1 Transitiepotentiaal

Door de volledige set van afstandfuncties (fig. 4.6) toe te passen wordt de CA-transitiepotentiaal voor een bepaald landgebruik bepaald. De transitiepotentiaal is een dimensieloos getal dat de relatieve kans op functieverandering weergeeft en dat zowel een positieve als een negatieve waarde kan aannemen. Tijdens de simulatie wordt de transitiepotentiaal voor ieder landgebruik in een kaart weergegeven.



Figuur 4.6. Uitwerking van de functie specifieke afstandsregels voor de functie wonen dun bevolkt

De transitiepotentiaal voor landgebruik K wordt berekend met behulp van de uitdrukking:

$${}^t P_{K,x,y} = {}^t v \cdot (Z_{K,x,y})^{\sigma 1_K} \cdot ({}^t B_{K,x,y})^{\sigma 2_K} \cdot (T_{K,x,y})^{\sigma 3_K} \cdot ({}^t N_{K,x,y})^{\sigma 4_K} \quad (4.1)$$

$${}^t N_{K,x,y} = \sum_c \sum_l w_{K,L,c} \cdot {}^t I_{c,l} \quad (4.2)$$

$${}^t v = 1 + (-\ln[\text{rand}])^a \quad (4.3)$$

met:

$0 < \text{rand} < 1$ is een uniforme random functie;

${}^t I_{c,l} = 1$ als de cel l op afstand (de concentrische ring) c zich bevindt in staat L ; [-]

${}^t I_{c,l} = 0$ als de cel l op afstand (de concentrische ring) c zich niet bevindt in staat L ; [-]

${}^t P_{K,x,y}$ Cellular Automata transitiepotentiaal van cel (x,y) voor landgebruik K ; [-]

${}^t v$ Stochastische element in het transitiepotentiaal; [-]

${}^t N_{K,x,y}$ Aandeel van de CA-omgeving in de berekening van het transitiepotentiaal van cel (x,y) voor landgebruik K op tijdstip t ; [-]

$Z_{K,x,y}$ Geschiktheid van cel (x,y) voor landgebruik K ; [-]

${}^t B_{K,x,y}$ Beleid (bestemming) van cel (x,y) voor landgebruik K op tijdstip t ; [-]

$T_{K,x,y}$ Bereikbaarheid van cel (x,y) voor landgebruik K ; [-]

$w_{K,L,c}$ Wisselwerking tussen de cel met landgebruik K en een cel met landgebruik L op afstand c in de CA-omgeving; [-]

a Stochastische ruisfactor; [-]

$\sigma 1_K, \sigma 2_K, \sigma 3_K, \sigma 4_K$ Deze parameters bepalen voor respectievelijk de Geschiktheid, het Beleid, de Bereikbaarheid en de CA-transitieregels of ze wel (waarde 1) of niet (waarde 0) worden meegenomen in de bepaling van de transitiepotentiaal.

Voor de functies K met een instelling $\sigma 4_K = 0$ vereenvoudigd zich het micromodel van de LeefOmgevingsVerkenner tot een quasi dynamische versie van een typisch overlay model zoals dat in de GIS literatuur veelvuldig voorkomt (Bright, 1997). Het is op deze

wijze dat de landbouwfuncties: *grasland*, *overig agrarisch*, en *akkerbouw* worden gemodelleerd.

Het micromodel levert globale informatie aan het macromodel over de transitiepotentialen voor elk landgebruik (of activiteit K) en voor elk COROP gebied i :

Een *eerste* kengetal is de regionaal gemiddelde transitiepotentiaal voor het landgebruik K van de cellen ingenomen door dat landgebruik, gedefinieerd als:

$${}^t Pm_{K,i} = \frac{\sum_{(x,y) \in i} {}^t P_{K,x,y} \cdot {}^t G_{K,x,y}}{\sum_{(x,y) \in i} {}^t G_{K,x,y}} \quad (4.4)$$

${}^t G_{K,x,y} = 1$ als cel (x,y) in COROP i ingenomen is door landgebruik K op tijdstip t

${}^t G_{K,x,y} = 0$ als cel (x,y) in COROP i niet ingenomen is door landgebruik K op tijdstip t

met:

${}^t Pm_{K,i}$ (Regionaal) gemiddelde transitiepotentiaal voor landgebruik K van de cellen (x,y) ingenomen door landgebruik K in COROP i ; [-]

Een *tweede* kengetal is de nationaal gemiddelde transitiepotentiaal voor het landgebruik K van de cellen ingenomen door dat landgebruik, gedefinieerd als:

$${}^t PTm_K = \frac{1}{R} \sum_i {}^t Pm_{K,i} \quad (4.5)$$

met:

${}^t PTm_K$ Nationaal gemiddelde transitiepotentiaal voor landgebruik K van de cellen (x,y) ingenomen door landgebruik K ; [-]

R Aantal COROP gebieden; [-]

4.3.2 Landgebruik

Normaal gesproken krijgt een cel het landgebruik toegewezen waarvoor zijn transitiepotentiaal het hoogste is, tenzij de behoefte aan ruimte voor de desbetreffende functie binnen de COROP reeds gedekt is, dan wordt het landgebruik toegewezen met de op één na hoogste transitiepotentiaal. Deze toekenning gaat iteratief door, totdat de volledige vraag naar ruimte gerealiseerd is. Meer gedetailleerde algoritmen worden aangewend wanneer de volledige bruikbare ruimte binnen een COROP gebied is opgebruikt. Deze worden niet in dit rapport behandeld, maar zijn gedocumenteerd in een RIKS' technisch document (White, 2001).

4.3.3 Geschiktheid

De geschiktheid van een cel voor een bepaald type landgebruik wordt met een statische, dimensieloze grootheid tussen 0 en 1 weergegeven. De geschiktheden voor ieder type landgebruik worden in het systeem gepresenteerd in de geschiktheidkaarten. De geschiktheid is een samengestelde maat op basis van ecologische, fysische, technische, of economische factoren die de waarde van een cel bepalen. De geschiktheidkaart wordt tijdens een

voorbewerking in het 'OVERLAY-TOOL' (Uljee et al., 1999) van de LeefOmgevingsVerkenner of een standaard GIS-pakket berekent en blijft gedurende de simulatie constant, tenzij de gebruiker handmatig veranderingen aanbrengt. Er wordt in de LeefOmgevingsVerkenner een geschiktheidskaart ingezet voor elk landgebruik dat dynamisch wordt toegekend in het model (inclusief de landbouw)

Het micromodel levert globale informatie aan het macromodel over de geschiktheid voor elk landgebruik (of activiteit K) en voor elk COROP gebied i :

Een *eerste* kengetal is de regionaal gemiddelde geschiktheid voor het landgebruik K van de cellen ingenomen door dat landgebruik, gedefinieerd als:

$${}^t Zm_{K,i} = \frac{\sum_{(x,y) \in i} Z_{K,x,y} \cdot {}^t G_{K,x,y}}{\sum_{(x,y) \in i} {}^t G_{K,x,y}} \quad (4.6)$$

met:

${}^t G_{K,x,y} = 1$ als cel (x,y) in COROP i ingenomen is door landgebruik K op tijdstip t

${}^t G_{K,x,y} = 0$ als cel (x,y) in COROP i niet ingenomen is door landgebruik K op tijdstip t

$Z_{K,x,y}$ Geschiktheid(kaart) van cel (x,y) voor landgebruik K ; [-]

${}^t Zm_{K,i}$ (Regionaal) gemiddelde geschiktheid voor landgebruik K van de cellen (x,y) ingenomen door landgebruik K in COROP i ; [-]

Een *tweede* kengetal is de nationale som van de regionaal gemiddelde geschiktheid voor het landgebruik K van de cellen ingenomen door dat landgebruik, gedefinieerd als:

$$ZTm_K = \sum Zm_{K,i} \quad (4.7)$$

met:

${}^t ZTm_K$ Nationaal gesommeerde geschiktheid voor landgebruik K van de cellen (x,y) ingenomen door landgebruik K ; [-]

4.3.4 Beleid

Het Beleid is een ruimtelijk verdeelde statische en dimensieloze grootheid (op kaart) die, in de waarden 1 of 0, aangeeft of een cel wel of niet mag worden ingenomen door een bepaald landgebruik. Het beleid kan in de tijd en ruimte veranderen. Het model laat toe om in de tijd en per type landgebruik 3 perioden te onderscheiden. De lengte van elke periode is per landgebruik in te stellen. De beleidskaarten worden tijdens een voorbewerking met behulp van het OVERLAY-TOOL van de LeefOmgevingsVerkenner of een GIS-pakket berekend en blijven gedurende de simulatie constant, tenzij de gebruiker handmatig veranderingen aanbrengt. Er wordt in de LeefOmgevingsVerkenner een beleidskaart ingezet voor elke landgebruik dat dynamisch wordt toegekend in het model (inclusief de landbouw).

Tijdens de simulatie wordt de informatie van de juiste periode aan het model doorgegeven:

$${}^t B_{K,x,y} = 1 \quad \text{als} \quad B_{K,x,y} \neq 0 \quad \text{en } t \text{ valt binnen de beleidsperioden } t1, t2, \text{ of } t3$$

$${}^t B_{K,x,y} = 0 \quad \text{als} \quad B_{K,x,y} = 0 \quad \text{of } t \text{ valt niet binnen de beleidsperioden } t1, t2, \text{ of } t3$$

met:

$B_{K, \cdot}$ Beleidswaarde van cel (x,y) voor landgebruik K voor beleidsperiode $t1, t2$, en $t3$; [-]

${}^t B_{K, \cdot}$ Beleid voor cel (x,y) voor landgebruik K op tijdstip t ; [-]

Het micromodel levert globale informatie aan het macromodel over het beleid voor elk landgebruik (of activiteit K) en voor elk COROP gebied i :

Een *eerste* kengetal betreft het COROP totaal beleid voor het landgebruik K op het tijdstip t . Het gaat hier dus om de totale ruimte die vanuit het beleid ter beschikking is van een activiteit K , gedefinieerd als:

$${}^t BT_{K,i} = \sum_{(x,y) \in i} {}^t B_{K,x,y} \quad (4.8)$$

met:

${}^t BT_{K,i}$ COROP-totaal beleid voor landgebruik K in COROP i op tijdstip t ; [-]

Een *tweede* kengetal betreft het Nationaal-totaal beleid voor het landgebruik K op het tijdstip t , uitgedrukt als:

$${}^t BT_K = \sum_i {}^t BT_{K,i} \quad (4.9)$$

met:

${}^t BT_K$ Nationaal-totaal beleid voor landgebruik K op tijdstip t ; [-]

Een *derde* kengetal betreft het COROP-gemiddelde beleid voor het landgebruik (of activiteit) K van elke COROP i op het tijdstip t . Meerbepaald wordt er uitgerekend hoeveel gebied er de bestemming K heeft, maar op het tijdstip t nog is ingenomen is door landbouw (*overig agrarisch*, grasland, en *akkerbouw*). Dit is een benadering van de uitbreiding die voor de activiteit nog mogelijk is binnen het vigerende beleid. Het wordt gedefinieerd als:

$${}^t Bm_{K,i} = \frac{\sum_{(x,y) \in i} {}^t B_{K,x,y} \cdot {}^t G_{K,x,y}}{\sum_{(x,y) \in i} {}^t G_{K,x,y}} \quad (4.10)$$

${}^t G_{K,x,y} = 1$ als cel (x,y) in COROP i ingenomen is door *landbouw* (*overig agrarisch*, grasland, en *akkerbouw*) op tijdstip t

${}^t G_{K,x,y} = 0$ als cel (x,y) in COROP i niet ingenomen is door *landbouw* (*overig agrarisch*, grasland, en *akkerbouw*) op tijdstip t

met:

${}^i Bm_{K,i}$ (Regionaal) gemiddelde beleid voor landgebruik K van de cellen (x,y) ingenomen door landgebruik K in COROP i ; [-]

Een *vierde* kengetal is het nationaal gemiddelde beleid voor landgebruik K van de cellen ingenomen door *landbouw (overig agrarisch, grasland, en akkerbouw)*, en gedefinieerd als:

$${}^i BTm_K = \sum_i {}^i Bm_{K,i} \quad (4.11)$$

met:

${}^i BTm_K$ Nationaal gemiddelde beleid voor landgebruik K van de cellen (x,y) ingenomen door landgebruik K ; [-]

4.3.5 Bereikbaarheid

De Bereikbaarheid is een ruimtelijk verdeelde statische en dimensieloze grootheid (op kaart) die, in waarden tussen 0 en 1, een inschatting geeft van het gemak waarmee een cel in het gebied te bereiken is via het wegennetwerk. De bereikbaarheid wordt bepaald per landgebruik. De bereikbaarheid is statische element in het model en verandert niet tenzij de gebruiker het wegennet aanpast (met behulp van de netwerk editor) of de bereikbaarheidscoëfficiënt wijzigt. Een bereikbaarheidskaart wordt ingezet voor elke landgebruik dat dynamisch wordt toegekend in het model.

De bereikbaarheid wordt gedefinieerd als:

$$T_{K,x,y} = \frac{1}{1 + \frac{D}{a_K}} \quad (4.12)$$

met:

$T_{K,x,y}$ Bereikbaarheid van cel (x,y) voor landgebruik K ; [-]

D de afstand tussen cel (x,y) en de meest dichtbijgelegen cel (x',y') op het wegennetwerk; [cellen]

a_K Bereikbaarheidscoëfficiënt die uitdrukt wat het belang is van een goede toegang tot het wegennetwerk voor het landgebruik K ; [1/cellen]

5. Indicatoren

5.1 Inleiding

Met het oog op het gebruik van de LeefOmgevingsVerkenner als een ruimtelijk dynamisch beleidsinstrument is een set van indicatoren geoperationaliseerd waarmee het effect van uiteenlopende beleidsvarianten, plannen of maatregelen met elkaar vergeleken kunnen worden. Bij het opstellen van de indicatoren is een onderverdeling gemaakt naar de drie perspectieven uit de Leefomgevingsbalans (RIVM, 1998): economie, ecologie en sociaal-cultureel.

De indicatoren worden berekend op basis van het landgebruik in combinatie met de output van het macromodel en eventueel aanvullende informatie die op basis van input files wordt ingelezen. Iedere indicator bestaat uit een raster- of COROP kaart die jaarlijks wordt herberekend. Tenzij dit wordt aangegeven bij de beschrijving van de betreffende indicator zijn de veranderingen het gevolg van zowel de dynamiek van de economische sectoren en de bevolking op het COROP niveau als de gedetailleerde allocatie van de activiteiten en bewoners op het cellulaire niveau.

Op basis van de indicatoren worden ook regionale indices berekend op COROP en nationaal niveau welke in tijdsgrafieken worden weergegeven. Het basisjaar voor de indices (indexwaarde 100) is 1989. Op basis van deze indices kan de gebruiker snel een indruk krijgen van de effecten van de verschillende varianten en mogelijke trends detecteren. Afhankelijk van de verschillen tussen de varianten zullen de indices verschillen.

Zowel de indicatoren op COROP niveau als op het lokale niveau worden uit het menu geselecteerd en kunnen via een dialoogvenster aan- of uitgezet worden. Wanneer men niet in een indicator geïnteresseerd is, kan deze tijdens de berekening uitgezet worden om rekentijd te besparen. De settings kunnen worden bewaard in een ini-bestand.

De indicatoren worden aan de hand van een standaard formaat beschreven. Allereerst wordt het *doel* van de indicator aangegeven. Vervolgens worden een aantal korte kenmerken van de indicator in tabelvorm gepresenteerd. Deze *algemene informatie* bevat de meeteenheid van de indicator en zijn geografische (cel, COROP, nationaal) en temporele resolutie. Daarnaast wordt aangegeven wat de basis is voor de berekening van de betreffende indicator. Indicatoren worden ofwel berekend op basis van de ruimtelijke dynamiek van het model, ofwel op basis van informatie die extern toegeleverd wordt aan het model. Vervolgens wordt een korte *beschrijving* gegeven van de indicator en tot slot worden het gebruikte *algoritme* en de bijbehorende *parameters* beschreven.

5.2 Economie

5.2.1 Bruto regionale productie

Doel

Deze indicator berekent per COROP de bruto regionale productie in miljoenen gulden. De bruto regionale productie is de totale productie zonder aftrek van de kosten/input.

Algemene informatie

Meeteenheid	miljoenen gulden
Geografische resolutie	COROP
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

De regionale productie is de som van de regionale productie over de sectoren. De regionale productie per sector wordt bepaald met het ruimtelijk interactiemodel dat de nationale productie per sector over de COROP regio's verdeelt.

De initiële bruto regionale productie is gebaseerd op de Nationale Rekeningen 1997 (CBS).

Algoritme en parameters

Het algoritme en de parameters voor de berekening van deze indicator zijn te vinden in paragraaf 3.3.8, waar het gebruikt wordt voor de berekening van de productie in het macromodel.

5.2.2 Bruto regionaal product

Doel

Deze indicator berekent per COROP het bruto regionaal product in miljoenen gulden. Het bruto regionaal product is de totale productie met aftrek van de kosten/input.

Algemene informatie

Meeteenheid	miljoenen gulden
Geografische resolutie	COROP
Tijdsresolutie	Jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Het regionaal product is de som van het regionaal product over de sectoren. Het regionaal product per sector wordt bepaald met het ruimtelijk interactiemodel dat het nationaal product per sector over de COROP regio's verdeelt.

Het initiële bruto regionaal product is gebaseerd op de Nationale Rekeningen 1997 (CBS).

Algoritme en parameters

Het algoritme en de parameters voor de berekening van deze indicator zijn te vinden in paragraaf 3.3.8, waar het gebruikt wordt voor de berekening van de toegevoegde waarde in het macromodel.

5.2.3 Agrarische grondprijs (Grondprijs)

Doel

Het doel van de indicator is het schatten van een waarde voor de grondprijs voor landbouwgrond. Voor elke COROP wordt de grondprijs berekend in guldens per hectare.

Algemene informatie

Meeteenheid	guldens per hectare (guldens/ha)
Geografische resolutie	COROP
Tijdsresolutie	jaarlijks in de periode van 1995-2015
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

De grondprijzen in de LeefOmgevingsVerkenner worden berekend door een metamodel afgeleid van het DRAM model van het LEI (Helming, 1999). Het model bepaalt de gemiddelde agrarische grondprijs in de periode van 1995 tot 2015 per COROP regio. De input van het model bestaat uit het te realiseren areaal nieuwe natuur-, woon- en werkgebieden per COROP regio. Een gedeelte van de boeren die uitgekocht worden zal ermee stoppen, een ander gedeelte zal zich elders hervestigen. De herverdeling van de hervestigers wordt berekend met een herkomst-bestemmings-matrix over de COROP gebieden, gerelateerd aan de te realiseren arealen.

Gegeven het bruto aanbod van grond en de vraag vanuit de glastuinbouw wordt het netto aanbod per COROP regio berekend. Vervolgens wordt op basis van de vraagfunctie naar agrarische grond de evenwichtsprijs in 2015 berekend. De evenwichtsprijs in 2015 per regio is de prijs waarbij vraag en aanbod in een regio aan elkaar gelijk zijn.

Algoritme en parameters

In de datafile zijn de vraagfunctie naar agrarische grond en de aanbodfunctie van grond opgenomen. De evenwichtsprijs in 2015 per regio is de prijs waarbij Vraag en Aanbod in een regio aan elkaar gelijk zijn. Deze wordt berekend door te bepalen tussen welke twee punten van de vraagcurve het netto aanbod ligt. Het snijpunt is bepaald door lineaire interpolatie tussen beide punten. De maximumprijs is gesteld op f 70000,- per hectare; de minimumprijs op f 17500,- per hectare.

De input voor de berekening is het te realiseren areaal:

- Bebouwing (wonen, industrie en diensten);
- Groen (extensief grasland, bos en natuur);
- Recreatie;
- Glastuinbouw.

Bij de berekening worden de volgende formules gebruikt, welke gebaseerd zijn op formules van het LEI:

$$\text{Aanbod}_r = \text{Bruto aanbod}_r - \text{Glastuinbouw}_r - \text{Groen}_r - \text{Recreatie}_r - \text{Hervestiging}_{r}^{\text{ink}} - \text{StoppersBebouwing}_r.$$

$$\text{StoppersBebouwing}_r = \alpha_r * (\text{Bebouwing}_r)$$

$$\text{Hervestiging}_{r}^{\text{uit}} = \beta_r * (\text{Groen}_r + \text{Bebouwing}_r + \text{Recreatie}_r)$$

$$\text{Hervestiging}_{r}^{\text{ink}} = \delta * \sum_{(ru = 1..43)} (\text{Hervestiging}_{ru}^{\text{uit}} * \gamma_{ru,r}).$$

$$\text{Vraag}_r = f(\text{Prijs}_r)$$

Indices:

- r = index regio (i.c. Corop gebied)
- ru = index regio uitgaand
- ink = inkomend
- uit = uitgaand

Coëfficiënten:

- α_r = fractie van boeren in bebouwd gebied dat zal stoppen;
- β_r = fractie van boeren in nieuw groenareaal, bebouwd gebied en recreatiegebied dat zal hervestigen;
- $\gamma_{ru,r}$ = fractie van de boeren die hervestigen vanuit regio 'ru' naar regio 'r';
- δ = factor bedrijfsvergroting bij hervestiging.

De grondprijs in 1995 wordt ingelezen. Met de formulering van het LEI wordt ieder jaar een schatting berekend voor de grondprijs in 2015 op basis van de groei van dat jaar:

$$\text{Prijs}^*(2015) [i] = ((\text{jaar}-1) * P^*(2015)_{\text{jaar}-1} [i] + \text{Prijs} [i]) / \text{jaar}$$

De jaarlijkse grondprijs wordt vervolgens berekend op basis van de geschatte grondprijs in 2015:

$$\text{Grondprijs (jaar) [i]} = \text{Prijs (1995) [i]} + (\text{Prijs}^*(2015) [i] - \text{Prijs (1995) [i]}) / 20 * (\text{jaar})$$

Waarbij:

- jaar = 1...20;
- i = COROP-regio i.

5.2.4 Lokale bereikbaarheid

Doel

Deze indicator is een uitdrukking van de ontsluiting van de woon- en economische activiteiten door het hoofdwegennetwerk.

Algemene informatie

Meeteenheid	dimensieloze grootte in waarden tussen 0 en 1.
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	Jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Per cel (glastuinbouw, wonen dun bevolkt, wonen dicht bevolkt, bedrijfsterreinen, diensten en sociaal-culturele activiteiten) wordt de kortste afstand tot de weg genomen en gewogen met het belang dat de activiteit die zich in die cel bevindt hecht aan een goede bereikbaarheid (zoals die af te lezen is in de toegankelijkheidskaarten per functie onder de netwerkkaart).

Algoritme en parameters

Voor de berekening van de deze indicator wordt gebruik gemaakt van het algoritme voor de berekening van de bereikbaarheid in het micromodel. Dit algoritme en de bijbehorende parameters zijn te vinden in paragraaf 4.3.5.

5.2.5 Regionale bereikbaarheid*Doel*

De regionale bereikbaarheid geeft een indicatie van de verkeersintensiteiten op de plek waar ze ontstaan, namelijk in de cellen waar de activiteiten gesitueerd zijn. Een indicatie wordt gegeven waar en door welke activiteit verkeer wordt gegenereerd en hoe dit zich accumuleert en afwentelt naar het hoofdwegenet.

Algemene informatie

Meeteenheid	dimensieloze grootte in waarden tussen 0 en ∞ .
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	Jaarlijks
Basis voor berekening	

Beschrijving

De bedoeling is om hier te kunnen beschikken over een indicator die aangeeft hoe de bereikbaarheid van een regio verandert als gevolg van de congestie op zijn (hoofd)wegenet. Omwille van het feit dat de LeefOmgevingsVerkenner voorlopig niet is uitgerust met een voldoende verkeersmodel, is het niet mogelijk om gedetailleerde congestieberekeningen uit te voeren. Er wordt voorlopig gewerkt met een maat voor de belasting per cel. Deze maat, die ook wordt beschreven in hoofdstuk 3, wordt voorlopig gebruikt als uitgangspunt om een relatieve maat voor de bereikbaarheid van de COROP gebieden te genereren. Ze wordt berekend als het product van twee termen:

- belasting als gevolg van inter-COROP pendel- en goederenstromen, en
- belasting als gevolg van pendel- en goederenstromen op het cellenniveau.

Landgebruik	Relatief aantal verplaatsingen per cel
Overig agrarisch	36
Grasland	4
Akkerbouw	16
Glastuinbouw	40000
Wonen dun bevolkt	22500
Wonen dicht bevolkt	160000
Bedrijfsterreinen	40000
Diensten	360000
Sociaal-culturele activiteiten	160000
Bos	1
Extensief grasland	1
Natuur	1
Recreatie	5625
Luchthavens	1000000
Zoet water	0
Zout water	0
Buitenland	0

Tabel 5.1 Relatief aantal verplaatsingen per type landgebruik (voorlopige waarden)

De maat voor belasting is gedefinieerd als het product van de resultaten onder (1) en (2). De kleurenschaal op de kaart zijn de Log-waarden van de belastingen.

Tabel 5.1 geeft de waarden die voorlopig gebruikt worden voor het bepalen van de verkeersbelasting van een cel. De getallen in de tabel zijn een schatting van het relatieve aantal verkeersbewegingen naar een cel met het landgebruik als aangeduid.

Algoritme en parameters

Voor de berekening van de deze indicator wordt gebruik gemaakt van het algoritme voor de berekening van de bereikbaarheid in het micromodel. Dit algoritme en de bijbehorende parameters zijn te vinden in paragraaf 4.3.5.

5.2.6 Vestigingsklimaat

Doel

Het berekenen van het vestigingsklimaat voor de economische functies industrie, diensten en sociaal-cultureel. Hiervoor worden de volgende indicatoren berekend:

- Vestigingsklimaat industrie [-];
- Vestigingsklimaat diensten [-];
- Vestigingsklimaat sociaal-cultureel [-].

Algemene informatie

Meeteenheid	dimensieloze grootte in waarden tussen -1 en 1.
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	Jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Door toepassing van de volledige set van afstandsfuncties wordt de CA-transitiepotentiaal bepaald voor de functies industrie, diensten en sociaal-cultureel. Deze CA-potentiaal is een maat voor het vestigingsklimaat van deze functies.

Algoritme en parameters

De indicatoren worden berekend met het algoritme voor de transitiepotentialen in het micromodel. Dit algoritme is beschreven in paragraaf 4.3.1. De indicator *vestigingsklimaat industrie* is gelijk aan de potentiaalkaart *bedrijfsterreinen*, de indicator *vestigingsklimaat diensten* aan de potentiaalkaart *diensten* en de indicator *vestigingsklimaat sociaal-cultureel* aan de potentiaalkaart *sociaal-cultureel*.

5.2.7 Werkdichtheid

Doel

Het geven van een indicatie van de totale werkgelegenheid op microniveau op basis van de werkgelegenheid per sector per COROP regio.

Algemene informatie

Meeteenheid	1000 arbeidsplaatsen per cel
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	Jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Voor iedere cel van de landgebruikfuncties *glastuinbouw*, *industrie*, *diensten* en *sociaal-culturele voorzieningen* wordt de gewogen som van het aantal arbeidsplaatsen in een straal van 2,5 km rond de cel berekend. Het aantal arbeidsplaatsen binnen dit gebied wordt gewogen met de inverse afstand tot de centrale cel. Uiteindelijk wordt de som over alle werkcellen per COROP regio herschaald, zodat de som weer gelijk is aan de totale werkgelegenheid.

Door de omliggende cellen mee te nemen in de indicator krijgt men een gevarieerder en beter beeld van de werkdichtheid.

Algoritme en parameters

De werkdichtheid wordt met de volgende formule berekend:

$$W_c = \sum_{c \in C} \frac{A}{1 + a_c^2} \quad (5.1)$$

waarin:

- W_c = Werkdichtheid in een cel voor schaling [1000 arbeidsplaatsen per cel];
- A = Aantal arbeidsplaatsen in een cel [1000 arbeidsplaatsen per cel];
- C = Cirkel met straal 2,5 km rondom de centrumcel waarvoor de werkdichtheid berekend wordt;
- c = Alle cellen in de cirkel C [-];
- a_c = Afstand van de cellen tot de centrumcel [cellen].

De parameters in deze vergelijking zijn het aantal arbeidsplaatsen en de afstand van de omliggende cellen. De arbeidsplaatsen worden berekend in de indicator *werkgelegenheid totaal*. In deze indicator wordt de werkgelegenheid per COROP berekend. Door te delen door het aantal cellen in de COROP wordt de werkgelegenheid per cel berekend.

De afstand van de omliggende cellen wordt bepaald in stappen van 500 meter tot een maximum van 2500 meter (radius van 5 cellen).

Vervolgens wordt de werkdichtheid herschaald, zodat de som van het aantal arbeidsplaatsen weer gelijk is aan de totale werkgelegenheid in de COROP regio. Dit gebeurt met de formule:

$$W_{cs} = \frac{W_R}{\sum_{c \in R} W_c} \cdot W_c \quad (5.2)$$

met:

- W_{cs} = Werkdichtheid in een cel na schaling [1000 arbeidsplaatsen per cel];
- W_R = Aantal arbeidsplaatsen in regio R [1000 arbeidsplaatsen];
- R = Gehele COROP regio [-];
- c = Cel in de betreffende COROP regio [-].

Ditzelfde algoritme wordt ook toegepast bij de berekening van de indicator *woondichtheid*.

5.2.8 Werkgelegenheid

Doel

Het weergeven van de werkgelegenheid van de verschillende sectoren en de totale werkgelegenheid op COROP niveau. Hiervoor worden de volgende indicatoren berekend:

- Werkgelegenheid industrie [1000 personen],
- Werkgelegenheid diensten [1000 personen],

- Werkgelegenheid sociaal-cultureel [1000 personen],
- Werkgelegenheid landbouw [1000 personen],
- Werkgelegenheid visserij [1000 personen] en
- Werkgelegenheid totaal [1000 personen].

Algemene informatie

Meeteenheid	1000 personen
Geografische resolutie	COROP
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

De regionale werkgelegenheid per sector wordt door het ruimtelijk interactiemodel berekend op basis van de hoeveelheid van de productie die per COROP wordt gealloceerd en de nationale ontwikkeling conform de CPB scenario's. Voorlopig is verondersteld dat de werkgelegenheid per sector lineair afhankelijk is van de productie.

Initiële gegevens per regio zijn gebaseerd op gegevens uit de Nationale Rekeningen 1997 van het CBS. De Nationale Rekeningen geven ook de informatie ten aanzien van het aantal banen in de niet gemodelleerde sectoren *landbouw* en *visserij* om de totale regionale werkgelegenheid te berekenen.

Algoritme en parameters

Het algoritme voor de berekening van deze indicatoren is te vinden in paragraaf 3.3.8 waar het gebruikt wordt voor de berekening van de werkgelegenheid in het macromodel. In deze paragraaf wordt zowel beschreven op welke manier de werkgelegenheid per sector wordt berekend als hoe deze gesommeerd wordt.

Dit algoritme wordt tevens gebruikt als input voor het berekenen van de indicator *werkdichtheid*.

5.2.9 Bereikbaarheid van arbeidsplaatsen en beroepsbevolking

Doel

Deze indicatoren beschrijven op microniveau hoeveel arbeidsplaatsen een inwoner binnen 45 minuten kan bereiken en hoeveel werknemers er binnen 45 minuten van een werklocatie wonen. De definities van de verschillende indicatoren zijn:

- Relatieve bereikbaarheid van Arbeidsplaatsen (Relatief banenpotentieel) berekent het totaal aantal arbeidsplaatsen te bereiken binnen 45 minuten reistijd per auto in de ochtendspits (inclusief congestie) vanuit woonlocaties uitgedrukt ten opzichte van het aantal inwoners [banen/personen];
- Relatieve bereikbaarheid (Beroeps)bevolking (Relatief arbeidspotentieel) is in dit geval uitgedrukt naar rato van het aantal arbeidsplaatsen [personen/banen];
- Bereikbaarheid van Arbeidsplaatsen (Absoluut banenpotentieel) berekent het totaal aantal arbeidsplaatsen te bereiken binnen 45 minuten reistijd per auto in de ochtendspits (inclusief congestie) vanuit woonlocaties [1000 banen];
- Bereikbaarheid (Beroeps)bevolking (Absoluut arbeidspotentieel) berekent het totale aantal personen binnen 45 minuten reistijd per auto in de ochtendspits (inclusief congestie) vanuit werklocaties [1000 personen].

Algemene informatie

Meeteenheid	Relatief banenpotentieel: banen/personen Relatief arbeidspotentieel: personen/banen Absoluut banenpotentieel: 1000 banen Absoluut arbeidspotentieel: 1000 personen
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Deze indicatoren worden berekend op basis van de resultaten in het referentiebeeld Infrastructuur uit de VIJNO fase 1. Het LMS-netwerk³ voor 1995, 2010 en 2020, inclusief attributen zoals lengte, wegtype en rijnsnelheden met en zonder congestie op de verbindingen en de LMS zonering zijn in de LeefOmgevingsVerkenner geïmplementeerd.

Aangezien er in de LeefOmgevingsVerkenner nog geen relatie bestaat tussen het ruimtegebruik en de mobiliteit, is de validiteit van deze indicatoren beperkt. Het gebruik is verantwoord zolang de ruimtelijke ontwikkeling niet al te sterk afwijkt van de oorspronkelijke input van het LMS op basis waarvan de verkeersintensiteiten, rijnsnelheden en congestie zijn bepaald. De robuustheid van de indicatoren voor verschillen in het ruimtegebruik neemt toe naarmate de gekozen reistijd en dus het beschouwde gebied groter worden.

Algoritme en parameters

Voor het bepalen van de indicatoren worden de volgende drie stappen doorlopen:

Stap 1: Bepaling van de afstand die binnen 45 minuten te bereiken is.

Voor de berekening van deze indicatoren wordt gebruik gemaakt van het LMS-netwerk. Voor elke LMS-zone wordt bepaald welke LMS-zones te bereiken zijn binnen een reistijd van 45 minuten (gerekend langs het kortste pad in tijd) met de auto en in de ochtendspits. Input voor deze berekening zijn de reistijden uit het LMS-bestand voor 1998, 2010 en 2020.

Stap 2: Bepaling van het aantal arbeidsplaatsen en inwoners.

Voor de zones bepaald in stap 1 wordt het aantal arbeidsplaatsen (A), respectievelijk het aantal inwoners (I) gesommeerd dat in deze gebieden (z_i) aanwezig is.

$$\begin{aligned} \sum A(z_i) &= \text{Som van alle arbeidsplaatsen per cel in 'werkgerelateerde' cellen in} \\ &\quad \text{LMS-zone } z_i; \\ \sum I(z_i) &= \text{Som van alle inwoners per cel in 'woongerelateerde' cellen in LMS-} \\ &\quad \text{zone } z_i. \end{aligned}$$

De berekening van het aantal arbeidsplaatsen en het aantal inwoners is niet afstandsgewogen. Een variant op de gebruikte werkwijze is te werken met een afstandsgewogen som, zoals uitgewerkt door Geurts (2000). In de nabije toekomst zal de indicator worden bijgesteld in deze zin.

Stap 3: Berekening van de indicatoren.

³ LMS staat voor Landelijk Model Systeem. De netwerken en intensiteiten zijn berekeningen uitgevoerd door AGV in het kader van de Vijfde Milieuverkenning

$$\text{Relatieve bereikbaarheid arbeidsplaatsen} = \frac{\sum A(z_i)}{\sum I(z_i)} \quad (5.3)$$

$$\text{Rel. bereikbaarheid (beroeps)bevolking} = \frac{\sum I(z_i)}{\sum A(z_i)} \quad (5.4)$$

$$\text{Absolute Bereikbaarheid arbeidsplaatsen} = \sum A(z_i) \quad (5.5)$$

$$\text{Abs. bereikbaarheid (beroeps)bevolking} = \sum I(z_i) \quad (5.6)$$

5.3 Ecologie

5.3.1 Bebouwde en open ruimte

Doel

De indicator bebouwde ruimte berekent het oppervlak van aaneengesloten bebouwing in hectare op microschaal.

De indicator open ruimte berekent het oppervlak van aaneengesloten open gebied in hectare op microschaal.

Algemene informatie

Meeteenheid	hectare
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

In de indicator *bebouwde ruimte* wordt het oppervlak van aaneengesloten bebouwing berekend bestaande uit *wonen, bedrijfsterreinen, diensten, sociaal-cultureel, recreatie, glastuinbouw en luchthavens*. De indicator is gevoelig voor de ontwikkeling van de bebouwde ruimte, compact versus gespreid. De indicator is het complement van de indicator voor de *open ruimte* met uitzondering van de gebieden ingenomen door bos. Tot de open ruimte worden de volgende landgebruiksklassen uit de LeefOmgevingsVerkenner gerekend: *grasland, akkerbouw, overig agrarisch, natuur, extensief grasland en zoet water*.

Voor het berekenen van de *bebouwde* respectievelijk *open ruimte* worden vanuit iedere cel het landgebruik van de omliggende cellen binnen een vooraf vastgestelde straal van bepaald. Indien alle cellen binnen dit gebied een bebouwd danwel open landgebruik kennen wordt het gebied gekenmerkt als bebouwd, respectievelijk open gebied. Geclusterde gebieden die deze cirkel niet kunnen omvatten, die kleiner zijn, worden weggelaten. In de LeefOmgevingsVerkenner worden eerst alle cirkelvormige gebieden bepaald, waarna deze vervolgens geclusterd worden.

Bij de berekening van de indicator bebouwde ruimte wordt alleen uitgegaan van de centrumcel. Voor de indicator open ruimte wordt uitgegaan van een gebied met een minimale straal van 1500 m. Dit is 29 cellen ofwel 725 ha en daarmee is het gebied iets kleiner dan het minimum areaal voor de zogenaamd beleidsrelevante open gebieden van 1000 ha uit het Structuurschema Groene Ruimte (LNV, 1993). De open ruimte wordt, naast de eerder genoemde landgebruiken, ook begrensd door de ligging van de wegen uit het transportnetwerk door cellen waardoorheen een weg loopt te markeren als 'geen open ruimte'.

Algoritme en parameters

Stap 1: Bepaal het aantal clusters en de clustergroottes in een regio.

Ga langs alle cellen en geef aangrenzende cellen (boven, onder, links en rechts) met een 'bebouwd' landgebruik een 'ClusterId'. Elk nieuw cluster krijgt een nieuw nummer. De grootte van de clusters wordt opgeslagen in de ClusterSize(ClusterId).

Stap 2: Bereken de indicator.

Dit wordt gedaan volgens de volgende formule:

$$\text{Bebouwde ruimte (regio)} = \frac{a_0 \cdot \sum_{\text{cel} \in C_R} \text{ClusterSize}(\text{ClusterId}(\text{cel}))}{C_R} \quad (5.7)$$

Waarin:

a_0 = Celgrootte = 25 [ha];

C_R = Cellen in regio R die tot een cluster behoren.

5.3.2 Versnippering natuur (Versnippering)

Doel

Het geven van een beeld van de biodiversiteit uitgedrukt in de procentuele Kans Op Voorkomen van soorten [KOV] (Klepper, 1997). Een hoge KOV duidt op een grote biodiversiteit en/of een lage graad van versnippering.

Algemene informatie

Meeteenheid	KOV
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

De grootte van de habitat wordt bepaald door het aangesloten areaal natuur, bos en extensief grasland, de doorsnijding door en verkeersintensiteit op het wegennet.

Deze maat voor de bereikbaarheid van de open ruimte of natuur, gezien vanuit het standpunt van de natuur zelf (vooral de fauna) is gebaseerd op de versnipperingsindicator, zoals beschreven in de ECO-notitie 'Stapelning van milieuthema's in termen van kans op voorkomen' (Klepper, 1997). Deze indicator bepaalt de grootte van het ononderbroken natuurgebied (bos, natuur en extensief grasland) en geeft een maat voor de biodiversiteit die zich in dergelijk gebied tot ontwikkeling zou kunnen komen.

In deze indicator wordt de kans op voorkomen (KOV) berekend voor één abstract landschapstype: natuur. Deze omvat de landgebruiksfuncties *bos*, *natuur* en *extensief grasland*. De fractie natuur in elke cel wordt uit de landgebruikkaart bepaald en is dus 0 of 1.

Verder worden de volgende landgebruikstypes onderscheiden:

- neutrale: *overig agrarisch, grasland, akkerbouw, recreatie*;
- moeilijk te doorkruisen: *glastuinbouw, wonen dun bevolkt, luchthaven*; en
- zeer moeilijk te doorkruisen: *wonen dicht bevolkt, bedrijfsterreinen, diensten, sociaal-culturele voorzieningen, zoet water en wegen*.

Algoritme en parameters

Een uitgebreide beschrijving van de berekening van de versnipperingsindicator is te vinden in de ECO-notitie 'Stapelning van milieuthema's in termen van kans op voorkomen', van O. Klepper, RIVM, 1997.

De parameters in deze berekening zijn de zoekstraal, een Z-waarde en de 4 verschillende landgebruiktypes. Voor de zoekstraal wordt r_0 : 1250 (m) gehanteerd en voor de Z-waarde 0.3. De landgebruiktypes worden in het model van Klepper gekarakteriseerd door een verschillende weerstandsfactor:

- natuur = 1 (= alleen de afstand zelf),
- neutrale types = 10,
- moeilijk te doorkruisen = 100 en
- zeer moeilijk te doorkruisen = 1000.

5.3.3 Bebouwing in... (Verstoring)

Doel

Deze indicator beschrijft in welke mate de kwaliteit van bepaalde, beleidsmatig belangrijke, gebieden verstoord wordt door de ontwikkeling van nieuwe ongewenste functies. De verstoring wordt berekend voor drie verschillende aspecten:

- Aardkundige waarden [-];
- Cultuurlandschap [-];
- Open ruimtes [-].

Algemene informatie

Meeteenheid	dimensieloze grootte met waarden tussen 0 en 1
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

De ligging van de beleidsmatig relevante gebieden wordt gedefinieerd met behulp van een binaire kaart. Per landgebruikfunctie geeft men met een verstoringsfactor aan in welke mate men de ontwikkeling van die functie onwenselijk acht voor het specifieke gebied.

De beleidsrelevante gebieden (aardkundige waarde, cultuurlandschap, of open ruimte) worden vervolgens vergeleken met de berekende landgebruikkaart. Hieruit volgen de verstoringskaarten.

Algoritme en parameters

Voor elke cel wordt nagegaan wat het landgebruik is in deze cel en of deze in een beleidsrelevant gebied ligt. Op basis hiervan wordt in de bijbehorende tabel opgezocht wat de verstoringswaarde is van het landgebruik voor het gebied. Deze verstoringswaarde wordt weergegeven in de indicatorkaart. In formulevorm kan de verstoring als volgt weergegeven worden:

$Verstoring(cel) = Verstoringfactor(Landgebruik(cel))$, voor elke cel aangegeven met 1 op de kaart.

De verstoringskaarten en verstoringsfactoren zijn samen met de overige kaarten opgeslagen in een sim(ulatie)-file zoals beschreven in de Gebruikers handleiding.

5.3.4 Emissies van NO_x, PM₁₀ en B(a)P door verkeer

Doel

Het bepalen van de emissies van NO_x, PM₁₀ en B(a)P van zowel personen- als vrachtverkeer voor verschillende typen wegen.

Algemene informatie

Meeteenheid	kilogram per jaar
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	1995, 2010, 2020, 2030
Basis voor berekening	extern: LMS-gegevens

Beschrijving

In het kader van de 5^e Milieuverkenning (MV5) zijn in de LeefOmgevingsVerkenner de LMS verkeersintensiteiten vertaald naar emissies van 3 stoffen, NO_x, PM₁₀ en B(a)P, voor drie perioden (1995, 2010, en 2020), waar later nog een vierde periode aan toegevoegd is (2030). Hierbij wordt enerzijds onderscheid gemaakt in personenverkeer en vrachtverkeer, en anderzijds naar het type wegsegment: wegen binnen de bebouwde kom, snelwegen en overige wegen buiten de bebouwde kom.

Het berekenen van de emissies kan op dit moment alleen gedaan worden voor de drie jaren waarvoor LMS-data beschikbaar is. Tijdens het schrijven van dit rapport wordt de LeefOmgevingsVerkenner uitgebreid met een verkeersmodule waardoor in de nabije toekomst met de LeefOmgevingsVerkenner intensiteiten op het wegennet uitgerekend kunnen worden en jaarlijkse emissieberekeningen gemaakt kunnen worden.

Verkeer op wegen wordt naar emissies per cel met resolutie 1 km vertaald door een snelheid te veronderstellen en zo de verblijfstijd in de cel te berekenen en deze te gebruiken om de totale flux aan stof te berekenen. De emissie wordt enkel berekend voor de cellen die gelegen zijn op het LMS netwerk. De exacte ligging van een wegsegment binnen een cel wordt niet in rekening gebracht. Cellen die niet op het netwerk liggen krijgen de emissiewaarde 0. De berekening wordt bijgevolg uitgevoerd per gridcel op 500 meter resolutie.

De uiteindelijke emissies zijn input voor het luchtverspreidingsmodel KOBALT. Hiervoor worden de emissieberekeningen die uitgevoerd worden op 500 m grid geaggregeerd naar 1 km grid, en worden de bestanden aangemaakt volgens het .aps format.

Algoritme en parameters

De emissieberekening gebeurt met behulp van de formule:

$$Emissie = Emissiefactor \cdot Emissieverklarende\ variabele$$

In deze formule is de emissiefactor een parameter, waarvan de waarden te vinden zijn in onderstaande tabellen. De emissieverklarende variabele is een functie van de verkeersintensiteit op een wegsegment. Deze functie kan als volgt weergegeven worden:

$$Emissie\ verklarende\ variabele = n \cdot l \quad (5.8)$$

Waarin:

n = aantal voertuigen / uur;

l = lengte van het wegdeel in kilometers.

Er wordt aangenomen dat de intensiteit van een gemiddelde werkdag representatief is voor alle dagen. Om tot jaargemiddelden te komen wordt het werkdaggemiddelde hierom vermenigvuldigd met 365 *.24.

De parameters in de formule zijn de emissiefactoren. Met behulp van de verschillende emissiefactoren worden 21 indicatoren berekend, die hieronder beschreven zullen worden. Deze emissiefactoren zijn de LMS intensiteiten voor de jaren 1995, 2010, en 2020 en zijn weergegeven in onderstaande tabellen.

De 2030 verkeersvolumina zijn kwalitatieve schattingen van Karst Geurts (op basis van prognose autobezit). Er zit geen ruimtelijke veronderstelling achter. Dit is op de volgende manier naar LMS data vertaald: De verkeersintensiteiten van het personenverkeer groeien op alle wegen met 11% t.o.v. het niveau in 2020. De verkeersintensiteiten van het vrachtverkeer groeien op alle wegen met 36% t.o.v. het niveau in 2020.

In de indicatorset van de LeefOmgevingsVerkenner kunnen voor NO_x, PM₁₀ en B(a)P indicatoren worden berekend voor:

- personenverkeer binnen de bebouwde kom [kg/jaar]
- personenverkeer op snelwegen [kg/jaar]
- personenverkeer op overige wegen buiten de bebouwde kom [kg/jaar]
- vrachtverkeer binnen de bebouwde kom [kg/jaar]
- vrachtverkeer op snelwegen [kg/jaar]
- vrachtverkeer op overige wegen buiten de bebouwde kom [kg/jaar]
- totaal [kg/jaar]

De emissiefactoren voor NO_x, PM₁₀ en B(a)P zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

	Personenverkeer			Vrachtverkeer		
	bebouwde kom	snelwegen	overig	Bebouwde kom	snelwegen	overig
NO _x emissies in g/km						
1995	0,9	1,7	1,4	16	11,2	11
2010	0,2	0,3	0,2	5,6	3,8	3,7
2020	0,1	0,2	0,1	3,6	2,4	2,4
2030	0,1	0,2	0,1	3,6	2,4	2,4
PM ₁₀ emissies in g/km						
1995	0,08	0,05	0,05	0,9	0,4	0,5
2010	0,03	0,02	0,02	0,2	0,1	0,1
2020	0,02	0,02	0,02	0,1	0,1	0,1
2030	0,02	0,02	0,02	0,1	0,1	0,1
B(a)P emissies in µg/km						
1995	3,6	1,3	1,3	51,5	14	15,5
2010	0,8	0,3	0,3	10,1	2,6	2,9
2020	0,5	0,2	0,2	8,6	2,2	2,5
2030	0,5	0,2	0,2	8,5	2,2	2,5

Tabel 5.2 Emissiefactoren voor NO_x, PM₁₀ en B(a)P Bron: RIVM/LAE.

5.3.5 Geluid in Stiltegebieden

Doel

Het berekenen van de geluidsbelasting in stiltegebieden op basis van gemeten en voorspelde verkeersintensiteit op het wegennetwerk.

Algemene informatie

Meeteenheid	equivalenten dBA
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	1998, 2010, 2020, 2030
Basis voor berekening	extern: LMS-gegevens

Beschrijving

De stiltegebieden worden ingelezen vanaf de kaart 'Stiltegebieden'. De grens voor geluidsoverlast ligt op 40dBA. Op kaart worden de geluidswaarden weergegeven in de stiltecellen. Per COROP wordt een indexwaarde bepaald als zijnde de verhouding overbelaste stiltecellen tot het totaal aantal stiltecellen. Er worden enkel geluidsoverlast doorgerekend als gevolg van het verkeer op het Nederlandse hoofdwegennet en voor cellen op het Nederlandse grondgebied binnen de COROP grenzen.

Het is enkel zinvol om de indicator te berekenen voor de jaren waarvoor de verkeersintensiteiten op het wegennet beschikbaar zijn. Momenteel is dit slechts voor de jaren waarvoor de LMS uitvoer berekend is (1995, 2010, 2020 en 2030). Meer informatie over het LMS-netwerk is te vinden in paragraaf 3.2.4 en bij de beschrijving van de indicatoren *bereikbaarheid van arbeidsplaatsen en beroepsbevolking en geluidsbelasting*. In de toekomst, met een ingebouwde verkeersmodule in de LeefOmgevingsVerkenner, zal deze indicator dynamisch worden.

Algoritme en parameters

De geluidsbelasting wordt berekend conform de Standaard Reken Methode 1 (SRM 1) op een grid van 500 x 500 meter voor wegverkeer op basis van de intensiteiten op het wegennet (LMS). Geluid door trein en vliegverkeer wordt niet in beschouwing genomen. Dit algoritme wordt tevens toegepast bij de indicator *geluidsbelasting*.

De geluidsbelasting wordt berekend door eerst de geluidsemissie van de verschillende voertuigen te bepalen, deze te sommeren en vervolgens met een aantal factoren te verminderen en te vermeerderen. Deze berekening is in vier verschillende stappen opgedeeld.

Stap 1: Berekening van de geluidsemissies van voertuigen.

Voor de berekening van de geluidsemissies worden de volgende invoergegevens vastgelegd uit het LMS-bestand, welke gegeven zijn per LMS-wegvak:

CAR = personenauto's per etmaal;
 VRACHT = vrachtverkeer per etmaal;
 SPDOP = rijnsnelheid restdag (buiten de ochtend- en avondspits) in 0,1 km/uur.

De verschillende voertuigtypes per uur worden nu als volgt berekend:

Personenauto's: $P = \text{CAR}$, met een snelheid S ;
 Middelzware vrachtauto's: $V = \text{fr}_v \cdot \text{VRACHT}$, met een snelheid S ;
 Zware vrachtauto's: $Z = (1 - \text{fr}_v) \cdot \text{VRACHT}$, met een snelheid S ;
 Motoren: $M = 0$, met een snelheid S .

Hierbij is fr_v is fractie middelzware vrachtauto's (= 0,477) en $S = \text{SPDOP}/10$, de snelheid in km/uur.

Vervolgens worden de geluidsemissies berekend met de volgende formules:

$$E_P = 51,2 + 0,21 \cdot S + 10 \cdot \log\left(\frac{P}{S}\right), \text{ als } P \cdot S > 0, \text{ anders } E_P = 0. \quad (5.9)$$

$$E_V = 68,4 + 0,09 \cdot S + 10 \cdot \log\left(\frac{V}{S}\right), \text{ als } V \cdot S > 0, \text{ anders } E_V = 0 \quad (5.10)$$

$$E_Z = 76,2 + 0,03 \cdot S + 10 \cdot \log\left(\frac{Z}{S}\right), \text{ als } Z \cdot S > 0, \text{ anders } E_Z = 0. \quad (5.11)$$

$$E_M = 62,7 + 0,19 \cdot S + 10 \cdot \log\left(\frac{M}{S}\right), \text{ als } M \cdot S > 0, \text{ anders } E_M = 0. \quad (5.12)$$

$$E_{TOT} = 10 \cdot \log\left(10^{E_P/10} + 10^{E_V/10} + 10^{E_Z/10} + 10^{E_M/10}\right) \quad (5.13)$$

met:

- E_P = Emissie personenauto's [dB(A)];
- E_V = Emissie middelzware vrachtauto's [dB(A)];
- E_Z = Emissie zware vrachtauto's [dB(A)];
- E_M = Emissie motoren [dB(A)];
- E_{TOT} = Totale emissie [dB(A)].

Stap 2: Berekening van de vermeerderingsfactoren C volgens SRM 1.

- $C_{wegdek} = 0$ als wegtype = 1 (fijn asfaltbeton);
- $C_{kruising} = 2,4 - 0,016 \cdot d_{kruising}$ als $d_{kruising} < 150$ m, anders 0.
- $C_{reflectie} = 1,5 \cdot obf$

Hierbij is:

- wegtype = 1 tot 2010, van 2010 tot en met 2020: -1 en van 2020 tot 2030: -2.
Dit houdt in dat het wegdek in de toekomst zal bestaan uit fijner asfaltbeton waardoor minder geluidsemissie zal ontstaan.
- $d_{kruising}$ = Afstand tot de kruising = 2000 m;
- obf = Objectfractie = 0.

Stap 3: Berekening van de dempingfactoren D volgens SRM 1:

$$r = \sqrt{(h_w - h_{weg} - 0,75)^2 + d_{weg}^2} \quad (5.14)$$

$$D_{afst} = 10 \cdot \log(r) \quad (5.15)$$

$$D_{bodem} = B \cdot \left[2 + 4 \cdot \left[1 - e^{-(0,04 \cdot r)} \right] \cdot \left[e^{-0,65 \cdot h_w} + e^{-0,65 \cdot (h_{weg} + 0,75)} \right] \right] \quad (5.16)$$

$$D_{meteo} = 3,5 - 3,5 \cdot e^{-\frac{0,04 \cdot r}{h_{weg} + h_w + 0,75}} \quad (5.17)$$

$$D_{lucht} = 0,035 \cdot r^{0,75} \quad (5.18)$$

Hierin is:

- r = Afstand vanaf de waarneemhoogte tot de emissiebron op de weg [m];
 B = Bodemfactor, 0 voor bebouwd gebied en water en 0,8 voor onbebouwd gebied [-];
 d_{weg} = Afstand tot de weg [m]. Deze is minimaal 125 m en maximaal 3 km. Na deze afstand wordt geen geluidsbelasting meer berekend;
 h_w = Waarneemhoogte = 1,5 [m];
 h_{weg} = Weghoogte = 0 [m]

Stap 4: Berekening van de indicator geluidsoverlast.

Eerst wordt de geluidsoverlast per cel per weg (G_{weg}) berekend:

$$G_{weg} = E - D_{afst} - D_{bodem} - D_{meteo} - D_{lucht} + C_{wegdek} + C_{kruising} + C_{reflectie} \quad (5.19)$$

Aangezien een cel overlast kan hebben van meerdere wegen wordt vervolgens de totale geluidsoverlast per cel (G_{tot}) berekend:

$$G_{tot} = 10 \log \left(\sum 10^{G_{weg}/10} \right) \quad (5.20)$$

5.4 Sociaal cultureel

5.4.1 Nabijheid van... (Bereikbaarheid)

Doel

Het weergeven van de afstand van wonen tot verschillende functies in kilometers. Op microniveau worden voor de volgende aspecten bereikbaarheidsindicatoren berekend:

- Groen [km];
- Open ruimte [km];
- Aardkundige waarden (kaart) [km];
- Cultuurlandschappen (kaart) [km];
- Open ruimtes (kaart) [km].

Algemene informatie

Meeteenheid	kilometers
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Deze indicatoren schetsen, in relatie tot dezelfde gebieden als bij de indicator verstoring, de nabijheid van deze gebieden ten opzichte van de functie wonen uitgedrukt in de afstand in kilometers in vogelvlucht.

Algoritme en parameters

Stap 1: Het aanmaken van de kaarten van de verschillende aspecten.

De kaart bereikbaarheid groen wordt berekend met de landgebruikkaart (microschaal), waarop de functies bos, natuur en extensief grasland het groenareaal weergeven;

De kaart open ruimte wordt berekend met de indicator open ruimte;

De overige kaarten worden van file ingelezen.

Stap 2: Het berekenen van de bereikbaarheid.

Voor de functie wonen wordt berekend wat de afstand tot elk van deze aspecten is. Per wooncel wordt de afstand in vogelvlucht tot de meest nabije cel van elk van de aspecten genomen.

5.4.2 Geluid in woongebieden

Doel

Het berekenen van de geluidsbelasting in woongebieden op basis van gemeten en voorspelde verkeersintensiteit op het wegennetwerk.

Algemene informatie

Meeteenheid	equivalenten dBA
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	1995, 2010, 2020, 2030
Basis voor berekening	extern: LMS-gegevens

Beschrijving

Voor bepaling van de indicator geluidsbelasting wordt dezelfde informatie gebruikt als voor de bepaling van de indicatoren relatief en absoluut arbeids- en beroepspotentieel, namelijk de verkeersintensiteiten op het (LMS) wegennetwerk voor 1995, 2010 en 2020. De reeds genoemde restricties aan het gebruik voor deze indicatoren gelden ook voor de indicator geluidsbelasting. De validiteit neemt af naarmate het ruimtegebruik sterker afwijkt van hetgeen is aangenomen in de berekening van de mobiliteitsontwikkeling.

De ruimtelijke resolutie van de indicator wordt beperkt door de gridresolutie en de geografisch representatie van het wegennetwerk in het LMS. Met name in stedelijk gebied is het netwerk veel uitgebreider dan weergegeven in het LMS netwerk. De geluidsbelasting in stedelijk gebied is slechts indicatief voor de ontwikkeling in de tijd.

Algoritme en parameters

Het gebruikte algoritme is gelijk aan het algoritme dat wordt toegepast bij de berekening van de indicator geluidsoverlast.

5.4.3 Recreatieaanbod en -druk*Doel*

Deze indicatoren geven een beeld van enerzijds het aanbod van groen in [ha / 1000 personen] en anderzijds de recreatiedruk op het groen in [1000 personen / ha]. De indicatoren worden berekend op het microniveau.

Algemene informatie

Meeteenheid	recreatieaanbod: hectare per 1000 personen recreatiedruk: 1000 personen per hectare
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Voor het recreatieaanbod wordt voor de functie wonen het areaal groen (natuur, bos en extensief grasland) binnen een straal van 5 kilometer per inwoner bepaald.

Met de indicator recreatiedruk wordt de relatieve recreatiedruk op de groene functies (bos, extensief grasland en natuurgebieden) binnen 5 km afstand weergegeven door het aantal inwoners per areaal groen te bepalen.

Algoritme en parameters

Het algoritme wordt gegeven voor de berekening van het recreatieaanbod. Indien in het algoritme ‘woongebied’ vervangen wordt door ‘recreatiegebied’ en vice versa, dan berekent het algoritme de recreatiedruk.

Stap 1:

Voor de berekening van het recreatieaanbod worden in een cirkelvormig gebied rondom een wooncel (de centrumcel) het aantal wooncellen en het aantal recreatiecellen geteld. De straal van het gebied is standaard ingesteld op 5 km (10 cellen), maar kan in het simulatiebestand aangepast worden.

Stap 2:

De recreatiecellen worden vervolgens gedeeld door de woongebiedcellen en deze waarde wordt aan de centrumcel toegekend.

5.4.4 Inwonerdichtheid (Woondichtheid)*Doel*

Het geven van een beeld van de mate van verstedelijking en de inwonerdichtheid op microniveau op basis van het inwoneraantal per sector per COROP regio.

Algemene informatie

Meeteenheid	1000 inwoners per cel
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

Voor iedere cel wordt een gewogen som van de inwoneraantallen in een gebied van 29 cellen berekend. Het betreft 29 cellen van 25 ha die binnen een cirkel met straal 3 celdiameters oftewel 1500 meter gelegen zijn. Deze inwonerdichtheden worden vervolgens herschaald, zodat de som per COROP regio weer gelijk is aan de totale bevolking van die regio.

Door de omliggende cellen mee te nemen in de indicator krijgt men een juist beeld van de mate van verstedelijking en de woondichtheden.

Algoritme

Deze indicator wordt berekend met hetzelfde algoritme als de indicator werkdichtheid. In het algoritme wordt het aantal arbeidsplaatsen vervangen door inwoners, en glastuinbouw, industrie, diensten en sociaal-cultureel door wonen dicht bevolkt en wonen dun bevolkt, waarbij wonen dicht bevolkt 2 keer zo zwaar weegt als wonen dun bevolkt.

5.4.5 Verandering piekafvoer (Wateroverlast)*Doel*

Het berekenen van de kans op wateroverlast uitgaande van de maatgevende afvoer van het hydrologisch systeem, de sloten, beken, rivieren en kanalen.

Algemene informatie

Meeteenheid	liters per seconde
Geografische resolutie	500 x 500 meter grid
Tijdsresolutie	jaarlijks
Basis voor berekening	ruimtelijke dynamiek LOV model

Beschrijving

De maatgevende afvoer is de afvoer waarop de sloten, beken, rivieren en kanalen ontworpen zijn. De maatgevende afvoer wordt bepaald aan de hand van de piekafvoer, de afvoer die slechts 1 à 2 maal per jaar bij zeer zware regenval wordt overschreden. De maatgevende afvoer is afhankelijk van het landgebruik, de LKN grondwaterklasse en de neerslagintensiteit van extreme buien.

In de LeefOmgevingsVerkenner wordt de maatgevende afvoer berekend afhankelijk van het veranderende landgebruik en de toename van de neerslagintensiteit. De grondwaterklassen zijn niet tijdsafhankelijk. Standaard wordt de indicator relatief ten opzichte van de maatgevende afvoer van 1995 berekend met afwenteling van bovenstroomse gebieden.

Optioneel kan ook de absolute maatgevende afvoer of de afvoer zonder afwenteling berekend worden. Bij afwenteling wordt per deelstroomgebied uitgegaan van onbeperkte afvoer bovenstrooms.

Uitgangspunt in de berekening is het middenscenario van de Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 1995) waarbij op basis van General Circulation Models de neerslagintensiteit van extreme buien (>75 mm) vanaf 1995 met 10% toeneemt in 2020. Hoewel de onzekerheid in deze getallen zeer groot is, worden de getallen van de IPCC wereldwijd als meest waarschijnlijk gehanteerd.

Ten aanzien van de hydrologie wordt voor zowel de huidige als toekomstige situatie uitgegaan van schematisatie van de stroomgebieden en hun onderlinge relaties uit de WIS-kaart. Wijzigingen in het waterhuishoudkundig beheer worden niet meegenomen.

Algoritme en parameters

Stap 1: Het bepalen van de maatgevende afvoer voor iedere cel op de kaart.

Het bepalen van de maatgevende afvoer gebeurt op de volgende wijze:

De landgebruiken van microschaalkaart van de LeefOmgevingsVerkenner worden omgezet naar de LKN functies, waarbij gebruik wordt gemaakt van onderstaande tabel (5.3).

Landgebruik in de LeefOmgevingsVerkenner	LKN klasse
Overig agrarisch, Grasland, Akkerbouw	Agrarisch
Wonen, dun en dicht bevolkt, Industrierterreinen, Kantoorterreinen en Sociaal-cultureel	Stedelijk
Bos, Extensief grasland, Natuur	Natuur
Water, zoet en zout, scheepvaart, visserij, waterrecreatie, zandwinning	Water
Glastuinbouw, Recreatie, Luchthavens, België, Duitsland	Overig

Tabel 5.3. Vertaling van het landgebruik in de LeefOmgevingsVerkenner naar LKN klassen.

De LKN grondwaterklassenkaart wordt ingelezen (Landschapsecologische Kartering Nederland, Bolsius et al., 1994). De maatgevende afvoer voor elke cel wordt afgelezen uit een tabel op basis van functie en grondwaterklasse (Kwakernaak et al., 1996) gebaseerd op criteria ten aanzien van de waterberging binnendijks uit Cultuurtechnisch Vademecum (WHCV, 1988) en vermenigvuldigd met de groeifactor. De maatgevende afvoer verschilt per functie, omdat sommige functies (natuur, landbouw, water) meer water kunnen bergen dan andere (stad, overig landgebruik) en daardoor minder water zullen afvoeren. De groeifactor zorgt voor de toename van de maatgevende afvoer in de tijd en wordt gegeven per LKN functie (te vinden in het bestand waterindicator.txt). De groei van de maatgevende afvoer van 10% is lineair over de verschillende jaren tot 2020 verdeeld. Na 2020 is geen groei meer meegenomen.

Stap 2: Het bepalen van de maatgevende afvoer en de afwenteling per WIS-gebied.

De maatgevende afvoer wordt per WIS-gebied gesommeerd tot een (totale) doorvoer.

Tegelijkertijd worden de oppervlaktes, in cellen, van de WIS-gebieden bepaald. Er zijn WIS-gebieden die op deze manier geen oppervlakte hebben, omdat deze verdwenen is bij het rasteren. Deze gebieden kunnen enkel water doorvoeren maar niet 'genereren'.

Vervolgens wordt de afwenteling op de volgende manier berekend:

Wanneer een element geen bovenstroomse gebieden heeft dan blijft de doorvoer wat hij is.

Wanneer voor een element de doorvoer van alle bovenstroomse gebieden bekend is dan wordt de doorvoer hiermee opgehoogd. Wanneer een bovenstrooms gebied op meerdere

gebieden afwatert dan wordt de doorvoer van dat bovenstroomse gebied gelijk verdeeld over de afwateringsgebieden (als er 2 zijn krijgt ieder de helft, als er 3 zijn krijgt ieder een derde, enz.).

Deze stappen worden herhaald totdat alle elementen berekend zijn.

Stap 3: Het berekenen van de indicatoren op lokaal, COROP en nationaal niveau.

In stap 2 is voor ieder WIS-gebied de doorvoer berekend. Iedere cel op de indicatorkaart die binnen een WIS-gebied ligt krijgt nu een gelijk deel van de doorvoer, ofwel de doorvoer door een WIS-gebied wordt gedeeld door de oppervlakte (in cellen) en toegekend aan alle cellen in dat WIS-gebied. Cellen buiten de WIS-gebieden krijgen geen waarde.

De COROP indicatoren worden nu op de standaard manier berekend als het gemiddelde van alle cellen binnen de COROP. De nationale indicator is het gemiddelde over alle cellen binnen Nederland (Nederland is hier gedefinieerd als som van de COROP regio's).

6. In- en uitvoer van het model

6.1 Inleiding

In de vorige hoofdstukken is vrij uitvoerig ingegaan op de modeltechnische keuzes die gemaakt zijn bij het bouwen van de LeefOmgevingsVerkenner en op het documenteren van het model. Parallel aan de ontwikkeling van het model is gewerkt aan zijn toepassing op Nederland. Deze toepassing heeft ertoe bijgedragen de modelformulering beter af te stellen op de Nederlandse context, en heeft toegelaten een aantal testruns met het instrument uit te voeren. Bovendien is ervaring opgedaan met het vullen van het model met gepaste data, en heeft men de beschikbaarheid van deze data kunnen testen. De toepassing was er voor het overige vooral op gericht om na te gaan of het model resultaten produceert die een logische verklaring hebben op basis van de hypothesen die aan het model ten grondslag liggen. Bovendien zijn aan het model een aantal realistische beleidsvragen voorgelegd van het type dat het op termijn moet kunnen beantwoorden. Op basis van deze proefexercities is de structuur van het model, de in- en uitvoer, afgestemd op de beschikbaarheid aan informatie en de gewenste uitvoer. Inmiddels is de toepasbaarheid van het model in samenwerking met de Rijksplanologische Dienst geëvalueerd (RIVM, 2001). In dit kader is invoer van de LeefOmgevingsVerkenner geactualiseerd met informatie die gedurende de ontwikkeling van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening beschikbaar is gekomen.

In de ontwikkeling van LeefOmgevingsVerkenner is gestreefd om te kunnen werken met data die beschikbaar zijn bij nationale instanties in gepubliceerde vorm of bij het RIVM. Vooral voor wat het kaartmateriaal aangaat is er uitvoerig geput uit de data van het RIVM. De meeste variabelen en parameters zijn gebaseerd op gepubliceerde informatie en informatie uit data. Voor een aantal variabelen en parameters bleken geen data onmiddellijk beschikbaar op het juiste administratieve niveau (bijvoorbeeld de productiecijfers van de glastuinbouw per COROP). In deze gevallen zijn de data meer uitvoerig geanalyseerd. De resterende parameters zijn gecalibreerd op de historische ontwikkeling over de periode 1989 - 1993 t.a.v. het landgebruik en 1989 - 1997 ten aanzien van de regionale ontwikkelingen. Met de situatie 1989 als uitgangspunt tracht men met het model zo nauwkeurig mogelijk de situatie 1993/1997 te voorspellen. De resultaten van deze calibratie zijn goed. De *bevolking* wordt met een nauwkeurigheid van minimaal 97 % (per COROP) in de juiste COROP regio's geplaatst. De COROP die voorlopig voor de grootste afwijking verantwoordelijk is, is het niet alledaagse Flevoland, waar zich een bijzonder sterke toename van de *bevolking* voordeed in deze periode. De aanpassingen van de parameters die het resultaat zijn van deze oefening zijn reeds verwerkt in deze rapportage. Ook op het cellulaire deel van het model werd getracht om zo getrouw mogelijk de situatie van 1993 te voorspellen.

De landgebruikskaarten van 1989 en 1993 zijn hiervoor geanalyseerd op inconsistenties zoals:

- coderings en resolutie fouten die ontstaan zijn gedurende het digitalisatie proces,
- inconsistenties aan de randen van kaartbladen en
- verschillen in definities van het landgebruik die voortvloeien uit ontwikkelingen in de monitorings methoden. In 1989 werd bij de verschillende landgebruiksfuncties nog strikt uitgegaan van het bodemgebruik; in 1993 is dat steeds meer vermengd met bodembedekking.

Onlangs is binnen het RIVM een aanvullende analyse afgerond naar de ontwikkeling van het ruimtegebruik waarbij ook de CBS Bodemstatistiek van 1996 is meegenomen (CIM, 2001).

Zodra deze analyse is afgerond en verwerkt kan de LeefOmgevingsVerkenner voor deze, langere, historische periode gecalibreerd worden.

Zoals in vorige hoofdstukken is besproken, kenmerkt de LeefOmgevingsVerkenner zich door modellen die op drie verschillende geografische schaalniveaus werken: nationaal, regionaal en lokaal. Elk van deze niveaus vereist een hoeveelheid data die eigen zijn aan het schaalniveau. De generieke opzet van het systeem is echter van die aard, dat naar de toekomst besloten kan worden om, door het invoegen van nieuwe, of het wegnemen van bestaande modules, bepaalde taken van het model te verschuiven naar een ander niveau. Op die wijze kan men de databehoeften van het model op een bepaald niveau beïnvloeden.

Een voorbeeld: het model leest op dit ogenblik op het regionaal niveau het gemiddelde beschikbare inkomen van de bevolking (als een tijdreeks per COROP). Indien men zou beslissen om het sociaal-economische luik van het model te vervolledigen met een module die de verdeling van het inkomen verzorgt, dan kan de LeefOmgevingsVerkenner zelf instaan voor de verdeling van de nationale toename van het inkomen over de COROP regio's. Dit zou aanleiding zijn tot een reductie van de databehoeften met ongeveer een factor 40 (1 tijdreeks i.p.v. 40).

Er is beslist om 1989 te kiezen als het basisjaar voor de berekeningen in de LeefOmgevingsVerkenner op basis van de volgende argumenten:

- Het bestaan op het microniveau van de CBS Bodemstatistiek van 1989 en 1993 (CBS, 1993, 1996). Deze kaarten worden als basis gebruikt voor de landgebruikkaart in het micromodel. Daarnaast bestaat er voldoende kaartmateriaal om o.a. de geschiktheids- en beleidskaarten aan te maken voor dit basisjaar,
- Het bestaan van voldoende gepubliceerd cijfermateriaal om te voldoen aan de databehoeft van het macromodel (Nationale en COROP cijfers),
- Tevens voldoende materiaal om voor de periode 1989-1994 een beperkte calibratie van het model uit te voeren.

Typisch rekt het model voor een periode van 40 jaar, zijnde de periode 1989 tot 2029. Het model rekt in tijdstappen van 1 jaar. Er wordt nieuwe output gegenereerd, getoond en opgeslagen per jaar.

6.2 Invoer van de LeefOmgevingsVerkenner

De invoer van de LeefOmgevingsVerkenner bestaat uit:

1. *Basisgegevens*, historische informatie, gemeten waarden afkomstig van het CBS of uit andere bestanden, die meestal beschikbaar zijn voor de periode tot 1994, en anderzijds
2. Scenario's, die gebaseerd zijn op uitkomsten uit andere (sectorale) modellen of verkenningen en of beleidsplannen van de overheid, die ingezet worden voor de periode na 1994. In de LeefOmgevingsVerkenner wordt met name veelvuldig gebruik gemaakt van het cijfermateriaal dat beschikbaar is in:
 - CBS/CPB, 1997; 'Bevolking en arbeidsaanbod: drie scenario's tot 2020', en
 - CPB, 1996; 'Omgevingsscenario's Lange Termijn Verkenning 1995-2020'.

Deze beide studies besteden bijzondere aandacht aan demografische en economische ontwikkelingen in het kader van 3 Europese scenario's: *Divided Europe* (DE), *Global Competition* (GC) en *European Coordination* (EC). In deze scenario's wordt getracht een consistent beeld van de ontwikkeling van Nederland te schetsen gegeven verschillende accenten ten aanzien van de 'drijvende krachten'.

In aanvulling op deze 3 scenario's is ook het zogenaamde Hoge Ruimte druk scenario, dat in het kader van de Vijfde nota Ruimtelijke Ordening is toegepast, geïmplementeerd in de LeefOmgevingsVerkenner. Dit scenario combineert een hoge economische groei met een hoge bevolkingstoename ten gevolge van immigratie. Uitgangspunt voor het HRD scenario in de LeefOmgevingsVerkenner vormt het Global Competition (GC) scenario uit de Lange Termijn Verkenningen (LTV) (CPB, 1996, CBS/CPB, 1997). Ten aanzien van de demografische groei wordt daarbij echter aangesloten bij het European Coordination (EC)scenario.

De activiteit *wonen* heeft een directe relatie met de demografische prognose. Voor de economische activiteiten, *industrie*, *diensten* en *sociaal-culturele* activiteiten is de relatie met de economische prognose in de LeefOmgevingsVerkenner gedefinieerd. Om een eenduidige relatie met het landgebruik te verkrijgen zijn de 3 economische activiteiten in de LeefOmgevingsVerkenner gedefinieerd op basis van de CBS Bodemstatistiek. Op basis van de definitie van de landgebruikklassen in de CBS Bodemstatistiek is de relatie met de economische statistieken (Statline, Nationale Rekeningen 1997) van het CBS en de economische prognoses van het CPB gedefinieerd (Tabel 6.1). De economische productie, de bruto toegevoegde waarde en de werkgelegenheid van de 3 economische activiteiten zijn op basis van deze relaties gedefinieerd.

Tabel 6.1. Definitie van de relaties tussen de functies in de LeefOmgevingsVerkenner, landgebruikfuncties uit de CBS Bodemstatistiek 1993, de standaard bedrijfsindeling (SBI 74 en 93) en de Athena Takken

LOV Sector	CBS BS 93	SBI 74	SBI 93	Athena Takken ¹
industrie	32, 33, 35, 71, 72	12, 19 -40, 51, 52, 71 - 76	10-45, 60-63, 90	VG, OI, CH, ME, OR, DE, ON, BO, VE
diensten	34	61- 68, 832, 77, 81, 82, 831, 84 -86, 901, 906, 907, 921 - 928, 98, 99	50-52, 55, 64, 65- 67, 70-74, 75, 93, 95	WO, HA, PT, BV, AT, PL - Cult. Sport en Recreatie - - Onderwijs ²
<i>sociaal-culturele activiteiten</i>	36	93, 95, 96, 91, 929, 94, 97	80, 85, 91,92	KW + Cult. Sport en Recreatie + Onderwijs ²

1. Afkortingen:

VG: voedings- en genotmiddelenindustrie, OI: overige industrie, CH: chemische, rubber- en kunststofverw. Industrie, ME: metaalindustrie, OR: aardolie-industrie, DE: delfstoffenwinning, ON: openbare nutsbedrijven, BO: bouwnijverheid en -installatiebedrijven, WO: exploitatie onroerend goed, VE: zee- en luchtvaart, overig transport-, opslagbedrijven, PT: communicatiebedrijven, HA: groothandel en detailhandel, BV: bank- en verzekeringswezen, AT: andere tertiaire diensten, KW: kwartaire diensten, PL: overheid

2. In de definitie van de LeefOmgevingsVerkenner functie *diensten* wordt van de Athena tak AT 'Andere Tertiaire Activiteiten' de sector 'Cultuur, Sport Recreatie' (SBI 93: 92) en van de tak PL 'Overheid' de sector 'Onderwijs' (SBI 93: 80) afgesplitst en aan de LeefOmgevingsVerkenner functie *sociaal-culturele activiteiten* toegevoegd. De grootte van het gedeelte wat wordt afgesplitst is bepaald als de fractie van de productie van deze sector ten opzichte van de gehele Athena Tak in 1995. De fractie van de productie in de sector 'Cultuur, Sport Recreatie' ten opzichte van de totale productie in de tak 'Andere Tertiaire Activiteiten' is 0.0973. De fractie van de productie in de sector 'Onderwijs' ten opzichte van de totale productie in de tak 'Overheid' is 0.3086. Deze fracties worden toegepast op zowel de productie, toegevoegde waarde als het arbeidsvolume.

6.2.1 Macroschaal

De economische activiteiten, *industrie*, *diensten* en *sociaal-culturele activiteiten* en de *bevolking* worden vanuit het nationale niveau aangestuurd, de overige semi-dynamische activiteiten, *glastuinbouw*, *natuur* en *recreatie* krijgen in het subsysteem Landgebruik direct per regio de groei van het ruimtegebruik opgelegd. Deze groei wordt dan direct op basis van geschiktheid, beleid en CA-potentiaal door de Allocatie module op het lokale, cellulaire niveau gallocceerd.

Industrie, diensten en Sociaal-culturele Activiteiten

Voor deze 3 activiteiten volstaat het om per sector te beschikken over een tijdreeks van de nationale groei. Voor het basisjaar 1989 zijn ook de economische gegevens per COROP nodig voor het instellen van de beginwaarden van de toestandsvariabelen. Voor latere jaren worden de COROP waarden berekend door het model.

Het model gaat voor de periode 1989-1994 uit van productiecijfers per activiteit afgeleid uit de productiecijfers per SBI (Standaard Bedrijfs Indeling) code van het CBS. Na 1994 worden cijfers gebruikt uit de LTV-scenario's. De economische prognoses in de Lange Termijn Verkenning lopen tot 2020. Voor de periode na 2020 is dezelfde jaarlijkse groei verondersteld als voor de periode 2010 – 2020.

Productie en toegevoegde waarde per sector zijn uitgedrukt in miljoenen gulden van 1995.

De regionale verdeling van de *diensten* sector wordt mede bepaald door de winst die deze activiteit maakt. Deze winst is afhankelijk van het regionaal inkomen. Daarom is voor het HRD scenario een prognose gemaakt van de ontwikkeling van het regionaal inkomen, het netto besteedbaar inkomen per persoon, uitgedrukt in gulden van 1995. De Nationale Rekeningen (CBS, 1998) geven het regionaal inkomen per COROP voor 1989 en 1994 (Bijlage 2). Voor de tussenliggende periode 1990 – 1993 alsook van 1995 tot en met 2020 is gebruikt gemaakt van nationale jaarlijkse, afhankelijke indexcijfers voor het netto besteedbaar inkomen per huishouden, afkomstig van het CPB (Bijlage 3). Dit indexcijfer per huishouden is omgerekend naar een indexcijfer per persoon. Deze nationale indexcijfers zijn vervolgens toegepast op de regionale data van 1994 om per COROP het regionaal inkomen te bepalen. Voor de periode 2020-2030 is aangenomen dat het netto besteedbaar inkomen per inwoner groeit met het gemiddelde over de periode 2010-2020.

De ontwikkeling van de nationale werkgelegenheid, totaal en per sector, is voor de aanvangsperiode van de simulatie gebaseerd op data van het CBS en wordt voor de langere termijn opgelegd op basis van de 3 LT scenario's. In deze nationale scenario's is rekening gehouden de ontwikkeling van het loonkosten, inflatie en verhoging van de arbeidsproductiviteit. De werkgelegenheid verdeelt zich naar rato van de regionale productie en de groei van de productie. De werkgelegenheid is uitgedrukt in het aantal werkzame personen conform de definities van het CPB.

Bevolking

Voor de functies *wonen* wordt de ontwikkeling van de vraag aan woonruimte aangestuurd door de nationale bevolkingscijfers van het CBS in de periode tot 1994. Na 1994 worden cijfers gebruikt uit de LT-scenario's. Voor het basisjaar 1989 zijn ook de bevolkingscijfers per COROP nodig voor het instellen van de beginwaarden van de toestandsvariabelen. Voor latere jaren worden de COROP waarden berekend door het model.

Op macroschaal is er maar één bevolkingsklasse, die op microschaal over twee landgebruiksklassen verdeeld worden: *wonen, dun bevolkt* en *wonen, dicht bevolkt*. De

verdeling over dun of dicht bevolkt hangt af van de stijging van de bevolkingsdichtheid. De fractie cellen *wonen dicht bevolkt* op het totaal aantal cellen *wonen* groeit met een factor 1.241 t.o.v de groei van de bevolkingsdichtheid. Deze waarde is verkregen uit een regressie van de fractie cellen *wonen dicht* uit de initiële landgebruikskaart met de woondichtheden per COROP. De fractie cellen *wonen dicht bevolkt* op het totaal is van boven begrensd op 0.75.

Tijdens de calibratie van het ruimtelijk interactiemodel bleek dat de ontwikkeling van de bevolking in de regio Flevoland niet goed verklaard kon worden door de verschillende elementen in het ruimtelijk interactiemodel. De geringe toedeling aan Flevoland resulteerde in een bovenmatige ontwikkeling in andere regio's. Om deze effecten te niet te doen is er voor gekozen om de ontwikkeling van de bevolking in Flevoland op te leggen conform de specifieke regionale prognoses van ABF Onderzoek (ABF, 1998, 1999).

Bos, Natuur en Extensief Grasland

Deze drie natuurfuncties worden direct per COROP regio opgelegd in het subsysteem Landgebruik. De functies ontwikkelen zich lineair over de periode 1993 - 2018 conform de ontwikkeling van het areaal in het Referentiebeeld Natuur 2020. Dit Referentiebeeld schetst de ligging van de natuur in 2020 uitgaande van de ontwikkeling van de EHS op basis van de huidige begrenzing, hetgeen circa 80% van de taakstelling betreft, en de uitvoering van de ICES natte natuur.

Recreatie

De ontwikkeling van *recreatie* wordt per COROP regio opgelegd. Deze functie ontwikkelt zich van 1989 tot 1996 conform de regionale toename van recreatieve voorzieningen in de Bodemstatistiek van 1996. Vanaf 1996 tot 2030 is ten aanzien van recreatie aangenomen dat het totale areaal van de functie toeneemt met 10.000 hectare. Deze ontwikkeling wordt regionaal verdeeld naar rato van het areaal per COROP regio in 1993.

Glastuinbouw

De glastuinbouw ontwikkelt zich op COROP niveau standaard conform het Economische Hoofdstructuur Glastuinbouw, het EHG scenario uit Kansen voor Kassen van het LEI (1997) over de periode 1998 - 2010. Zowel in de aanvangsperiode als de periode na 2010 wordt het areaal glastuinbouw per COROP regio constant verondersteld. Als alternatief zou ook het scenario conform de Autonome Hoofdstructuur Glastuinbouw, het AHG scenario, opgelegd kunnen worden.

De productiecijfers voor de glastuinbouw waren niet separaat voorhanden. Deze cijfers zijn geschat aan de hand van de productie in de CBS-klasse 'land-, tuin-, bosbouw en visserij'. Voor de schatting is de veronderstelling gemaakt dat de productie in de klasse 'land-, tuin-, bosbouw en visserij' per COROP lineair afhankelijk is van de oppervlaktes ingenomen door de landgebruikcategoriën *overig agrarisch*, *grasland*, *akkerbouw* en *glastuinbouw* (gegeven in rastercellen van 25 ha). Met de data uit 1989 geeft dat het volgende resultaat:

$$P = 0.24 O_{\text{overig}} + 0.35 O_{\text{grasland}} + 0.42 O_{\text{akkerbouw}} + 12.15 O_{\text{glastuinbouw}} + 127.10$$

De 'coefficient of determination' voor deze vergelijking is gelijk aan 0.54

Verkeer

Er is in het dynamische interactiemodel gekozen om de centroïde van elke COROP te plaatsen in het centrum van de hoofdplaats van de COROP. In de afstandsmatrix worden de afstanden tussen de regio's weergegeven als de kortste afstand over de weg tussen de centra van de regio's. De interne afstand van een COROP (de diagonaal) is een functie van zijn oppervlakte:

$$d_{i,i} = 2.2 * Opp_i^{0.09}$$

met:

Opp_i de oppervlakte van de COROP i in rastercellen (25 ha).

Calibratie Macromodel

Het macromodel is gekalibreerd over de relatief korte historische periode van 1989 tot 1993. Deze calibratie periode is beperkt door de beschikbaar van de juiste (geo)-informatie. Deze calibratie wordt beschreven in bijlage 1.

De verdeling van de verschillende activiteiten in het Ruimtelijk Interactie Model over de COROP regio's is gekalibreerd op COROP gegevens van het CBS over de periode 1989 – 1997. Door de calibratie schetst het ruimtelijk interactie model de verdeling van activiteiten bij voortzetting van het huidige beleid, de autonome groei van activiteiten en de doorwerking van het huidige vigerende ruimtelijke beleid. Op basis van deze calibratie heeft het wijzigen van de beleidskaart op het lokale, cellulaire niveau slechts een beperkt effect op de regionale verdeling van de claims voor wonen en werken over Nederland. Regionaal kan de groei van het ruimtegebruik groter zijn dan de ruimte die hiervoor beleidsmatig beschikbaar is gesteld waardoor functies zich ontwikkelen in gebied waar het eigenlijk niet mag, ruimtelijk restrictieve gebied.

Optioneel kan de doorwerking van het beleid op de regionale verdeling van activiteiten in het model aangescherpt of verzwakt worden door het beleid zwaarder of minder zwaar mee te wegen. Uiteindelijk kan men de doorwerking van het beleid zo sterk maken dat alleen regio's waar nog beleidsmatig ruimte beschikbaar is een deel van de nationale groei toegewezen krijgen.

In aanvulling hierop is de relatieve groei van het landgebruik in de Landgebruik Module gebruikt om het totale ruimtegebruik van de verschillende functies in 2010, 2020 en 2030 te kalibreren op de prognoses zoals die door de RPD medio november 1999 zijn aangeleverd (RIVM, 2001).

Voor de functie *wonen* is het ruimtegebruik gekalibreerd op data van de CBS Bodemstatistiek voor 1993 en 1996, en de PRIMOS bevolkingsprognoses voor 2010, 2020 en 2030 (ABF, 1998; ABF, 1999). De functie *werken* is gekalibreerd op de CBS Bodemstatistiek van 1993 en 1996 en de prognoses voor bedrijf- en kantoorterreinen in 2010, 2020 en 2030 van de Bedrijfslocatiemonitor (BLM) (CPB, 1997, 1998, 1999). Het gecombineerde ruimtegebruik van de functies *industrie en haventerreinen* en *sociaal-culturele voorzieningen* is gekalibreerd op de prognoses van het areaal aan *bedrijfsterrein* en de functie *kantoorterrein* op de prognoses van kantoorterrein

In beide prognoses, PRIMOS en van de BLM, is voorsnog geen rekening gehouden met de beleidsmatig beperkte hoeveelheid ruimte voor de plaatsing van deze functies. De regionale verdeling van de functies in de LeefOmgevingsVerkenner wijkt daarom iets af ten opzichte van de regionale prognose data, met name omdat in het landsdeel West de beleidsmatig beschikbare ruimte beperkt is.

6.2.2 Microschaal

Landgebruik

De initiële landgebruikskaart in de LeefOmgevingsVerkenner is aangemaakt op basis van de CBS Bodemstatistiek van 1989 (CBS, 1993), de Landgebruikskaart van Nederland 2 en 3 (SC-DLO, 1997), de Inwonerskaart (1995) en de Natuurdoeltypenkaart uit het Referentiebeeld Natuur dat in het kader van de VIJNO Toets is ontwikkeld. Inconsistenties in de CBS Bodemstatistiek van 1989 zijn gecorrigeerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de CBS Bodemstatistiek van 1993 en de LGN 2 en 3 bestand.

De landgebruiksfuncties *wonen, industrie en haventerreinen, kantoorterreinen en sociaal culturele voorzieningen* zijn direct gebaseerd op de CBS Bodemstatistiek van 1989. De agrarische functies uit de Bodemstatistiek zijn opnieuw geclassificeerd op basis van LGN 2. De inwonerskaart is gebruikt om het onderscheid tussen dun en dicht bevolkte gebieden te maken. De natuurfuncties, *bos, natuur* en *extensief grasland* uit de Bodemstatistiek van 89 zijn ook opnieuw geclassificeerd op basis van de Natuurdoeltypenkaart. De 11 typen natuur uit het referentiebeeld zijn samengevoegd in 3 functies, *bos, natuur* en *extensief grasland* om een duidelijkere functiedefinitie te krijgen en de daaruit voortvloeiende inconsistenties met de Bodemstatistiek van 93 te ondervangen. Tabel 6.3 en 6.4, aan het eind van hoofdstuk 6, geven respectievelijk een volledig overzicht van de definitie van alle landgebruiksfuncties en een overzicht van de uitwerking van de (semi-)dynamische landgebruiksfuncties.

De basiskaarten, met een resolutie van 25 meter werden herschaald naar het raster van 500 meter. Bij deze herschaling is gebruik gemaakt van een algoritme dat erop toeziet dat de totale oppervlakte ingenomen door de landgebruiksklassen op het nationale en regionale, COROP niveau hetzelfde blijft.

In de bepaling van het dominant landgebruik neemt het aandeel van functies die relatief veel voorkomen toe ten koste van de functies die weinig voorkomen. In de eerste versie van de dominant landgebruikskaart nam het aandeel aan kantoorlocaties af met meer dan 90%. In de tweede versie van de landgebruikskaart werd daarom het ‘*nationaal gewogen*’ dominant landgebruik bepaald waarbij het voorkomen van de functie zodanig werd gewogen dat het totale areaal van de verschillende functies in de initiële landgebruikskaart op het 500 m grid gelijk was aan het totale areaal in de oorspronkelijke kaart, de CBS Bodemstatistiek, op 25 m grid. Het landgebruik in deze kaart bleek op regionale schaal inconsistent te zijn met de regionale productie, de regionale toegevoegde waarde en werkgelegenheid per sector. De inconsistenties bleken voort te komen uit regionale verschillen in de spreiding en concentratie van activiteiten. Door de grotere concentraties aan kantoorterreinen nabij Amsterdam en Utrecht kregen deze regio relatief te veel kantoorterrein toegewezen ten koste van regio's waar deze functie meer gespreid voorkomt. Om dit probleem te ondervangen wordt in de huidige versie het ‘*COROP gewogen*’ dominant landgebruik bepaald. Het voorkomen van de functie wordt zodanig gewogen dat het totale areaal van de verschillende functies per COROP regio in de initiële landgebruikskaart op het 500 m grid gelijk is aan het totale areaal per COROP in de oorspronkelijke kaart, de CBS Bodemstatistiek, op 25 m grid. Voor deze bewerking is een speciaal programma ontwikkeld, het Spatial Allocation Tool (SPAT).

Transitieregels

De initiële set met transitierregels is gebaseerd op de set met regels uit ‘Strategie van de drie Netwerken’ (Engelen et al., 1999), een toepassing van Geonamica die door RIKS i.s.m. NEXPRI en TNO is uitgevoerd voor de IJmond regio. Uit deze studie blijkt dat met behulp van een Cellulaire Automata model, identiek aan dat van het microniveau van de LeefOmgevingsVerkenner, op een behoorlijk nauwkeurige wijze het veranderende landgebruik in de regio IJmond-Kennemerland kan worden gemodelleerd. De studie is

gebaseerd op dezelfde basisdata (Bodemstatistiek, CBS; 1993), maar, werkt met een fijner raster, en werkt met iets andere landgebruiksklassen dan de LeefOmgevingsVerkenner. Deze set met regels is in de calibratie over de periode 1989 - 1993 bijgesteld (Straatman et al., 2001).

In aanvulling op de handmatige calibratie methode wordt een geautomatiseerde procedure ontwikkeld voor de calibratie van 'constrained cellular automata' (Straatman et al., 2001)

Geschiktheidskaarten

Voor elk type landgebruik is in de LeefOmgevingsVerkenner een geschiktheidskaart aanwezig. Deze toont de capaciteit van elke cel in het gebied om het betreffende landgebruik in de cel te ondersteunen. Geschiktheid is een samengestelde maat die berekend wordt op basis van zogenaamde factoren. Een factor is een unieke geografische eigenschap van een locatie zoals bijvoorbeeld zijn hoogte boven zeeniveau, zijn afstand tot Schiphol of zijn bodemsamenstelling. Variaties binnen een factor, zoals een classificatie van bodemsoorten, worden factorsoorten genoemd. Een factorkaart toont de geografische locatie en verdeling van factorsoorten van 1 bepaalde factor. Factorkaarten kunnen op allerlei manieren gecombineerd worden om zo een kaart samen te stellen waaruit blijkt hoe beperkt de mogelijkheden zijn, in een gegeven geografische eenheid, om een specifiek landgebruik te handhaven. Deze laatste kaart noemt men de geschiktheidskaart. In het systeem zijn een twintigtal factorkaarten geselecteerd die beschikbaar zijn uit andere studies of bronnen. De geschiktheid is een relatieve waarde tussen 0 en 1.

De Geschiktheidkaart voor de verschillende functies wordt sterk bepaald door het huidige landgebruik in Nederland. Daar waar *wonen*, *werken*, *landbouw* en *natuur* al zitten is de geschiktheid voor die desbetreffende functies hoog. Evenzo is de geschiktheid relatief hoog indien het momenteel een agrarische functie heeft. Bijlage 4 geeft een volledig overzicht van de relatieve bijdragen per kaart aan de geschiktheid.

Voor de functie *wonen dicht bevolkt* heeft de aanwezigheid van een NS-station een positief effect op de geschiktheid terwijl de aanwezigheid van op- en afritten van autowegen juist een positief effect heeft op de functie *wonen dun bevolkt*. De geschiktheid voor *wonen* wordt negatief beïnvloed door geluid op basis van de cumulatieve geluidsbelasting (MKM > 50 dBA) en binnen de 20 en 35 Ke zones rond Schiphol.

De geschiktheid van *bedrijfsterreinen* wordt positief beïnvloed door de nabijheid van de 2 'mainports' Rotterdam en Schiphol. De geschiktheid neemt hier toe binnen een straal van 50 en 10 km. Daarnaast is verondersteld dat de aanwezigheid van op- en afritten en de aanwezigheid van autosnelwegen positief bijdraagt in de geschiktheid van bedrijfsterreinen. Binnen de 35 Ke zone van Schiphol neemt de geschiktheid voor bedrijfsterreinen weer af. Voor *kantoorterreinen* is verondersteld dat de aanwezigheid van een NS-station relevant is. Daarnaast neemt de geschiktheid toe nabij grote bevolkingsconcentraties. De nabijheid van op- en afritten van autowegen en de 2 mainports dragen ook, maar in mindere mate, bij aan de geschiktheid voor de *diensten* sector

De geschiktheid van de *sociaal-culturele voorzieningen* wordt in belangrijke mate bepaald door de aanwezigheid van een NS-stations. De nabijheid van de mainports, op- en afritten en autowegen verhogen de geschiktheid.

De geschiktheidkaart voor de *glastuinbouw* is gebaseerd op de studie 'Kansen voor Kassen' (LEI, 1997). In deze studie is de invloed van onder meer arbeidskosten, grondprijzen, neerslag, zonlicht, windsnelheden en temperatuur op het rendement van verschillende teelten in de glastuinbouw bepaald. Voor toepassing in de LeefOmgevingsVerkenner is de gemiddelde geschiktheid over deze verschillende teelten bepaald.

Ten aanzien van de geschiktheid voor *bos* is verondersteld dat de hoge relatief drogere gronden geschikter zijn. De geschiktheid voor de ontwikkeling van *natuur en extensief*

grasland is aanmerkelijk beter in een kwelzone of een gebied waar tenminste een aanvang is gemaakt met verdrogingbestrijding. Voor *extensief graslanden* neemt de relatieve geschiktheid toe als het landgebruik nu ook al grasland is.

De geschiktheid voor *recreatie* neemt toe nabij bestaande recreatieve voorzieningen en in agrarische gebieden. Daarnaast is de negatieve invloed van geluid en de 35 Ke zone van Schiphol van belang.

Voor het maken van Geschiktheidskaarten is een speciale ‘Overlay Tool’ ontwikkeld waarmee men interactief het gewicht van verschillende relevante aspecten in de totale geschiktheid kan instellen.

Beleidskaarten

In Nederland wordt de autonome dynamiek van de verschillende actoren gereguleerd, beperkt door het bestaande ruimtelijke beleid zoals neergelegd in de VINEX en SGR. Naar verwachting zal dit, en eventueel nieuw aanvullend beleid de ruimtelijke dynamiek in belangrijke mate beïnvloeden. De (doorwerking) van het ruimtelijke wordt in de LeefOmgevingsVerkenner meegenomen in de ‘beleidskaart’. Per landgebruikfunctie geeft de beleidskaart voor 3 verschillende periodes aan of een bepaalde ontwikkeling, woningbouw, bedrijfsterreinen, natuur door het beleid wel of niet wordt toegelaten.

De eerste periode, de aanvangsperiode geeft het huidige vestigingsgebied van de verschillende functies aan. Basis voor deze periode vormt de initiële landgebruikkaart in de LeefOmgevingsVerkenner. Zo worden de huidige bedrijf-, kantoorterreinen, woon-, en recreatiegebieden functioneel in de LeefOmgevingsVerkenner beleidsmatig opengesteld voor deze activiteiten. Deze aanvangsperiode loopt van 1989 tot 1995, voor *natuur* tot 1993.

In de tweede periode wordt voor alle functies met uitzondering van de 3 natuur functies gebruik gemaakt van gemaakt van: ‘Nederland in Plannen’ van de RPD (1999).

Deze kaart omvat de uitbreiding van woonlocaties (VINEX en overige), werklocaties, luchthavens, glastuinbouw, recreatieterrein, natuurontwikkelingsgebieden, de strategische groenprojecten, uitbreidingen van water en locaties voor windmolenparken. Per locatie wordt de status gekenmerkt op basis van 4 procedurele fasen van ‘*verkenning*’ tot ‘*in uitvoering*’. De plannen voor woon-, werk-, glastuinbouw en recreatieterreinen uit deze kaart zijn, zonder onderscheid ten aanzien van de verschillende procedurele fasen, overgenomen in de desbetreffende beleidskaarten in de LeefOmgevingsVerkenner. De tweede periode vangt voor deze functies aan in 1995 en loopt tot 2010.

De 2e Maasvlakte ontbreekt in Nederland in Plannen en is uitgewerkt aan de hand van ‘Variant B’ uit de concept Projectnota Landaanwinning van Project Mainport ontwikkeling Rotterdam (PMR, 1999). De uitbreiding van Schiphol met de 5e baan is momenteel uitgewerkt in de LeefOmgevingsVerkenner door deze ruimte dynamisch te laten ontwikkelen als een *bedrijfsterrein*. De functie *luchthavens* wordt in de LeefOmgevingsVerkenner nog niet (semi)-dynamisch gesimuleerd. Voor de ontwikkeling van de 2e Maasvlakte en de VINEX locatie IJburg bij Amsterdam is de nationale contour van Nederland in de LeefOmgevingsVerkenner aangepast.

Voor *natuur* is de toekomstige ruimtelijke ontwikkeling beleidsmatig gedefinieerd op basis van het Referentiebeeld Natuur 2020 (Alterra, 2000). Voor de natuur functies vangt de tweede periode aan in 1993 en loopt tot 2018 conform de planning van de Ecologische Hoofdstructuur.

Voor de derde periode zijn nog geen optionele plannen bekend. Deze planperiode is gedefinieerd op basis van het restrictieve ruimtelijke beleid waarvan is aangenomen dat dit na

2010 nog steeds geldt. Het restrictieve beleid wordt zodanig vertaald dat het aangeeft waar bepaalde activiteiten nog wel zouden mogen. De 3^e periode begint in 2010, 2018 voor natuur en loopt tot het eind van de simulatie.

Ten aanzien van de derde periode zijn 3 ruimtelijke varianten ten aanzien van het restrictieve beleid opgesteld. Deze varianten vormen het onderwerp van deze studie. De beleidskaarten per functie worden nader beschreven in het volgende hoofdstuk.

In het kader van het project ‘Kaartbeelden van 2030’ in samenwerking met de RPD zijn drie varianten van het ruimtelijk beleid uitgewerkt: Vigerend, Sterk Restrictief en Zwak Restrictief.

De Vigerend ruimtelijk beleidsvariant gaat uit van het huidige ruimtelijke beleid en omvat het Rijks restrictieve beleid, de Buffergebieden, de Ecologische Hoofdstructuur en de 35 Ke zone van Schiphol. In de Vigerende beleidsvariant is er voor gekozen om de doorwerking en handhaving van het provinciaal restrictief beleid alleen in de provincies Zeeland, Zuid-Holland en Limburg als restrictief te beschouwen (tabel 6.2).

In de Sterk Restrictieve variant wordt het vigerende restrictieve beleid uitgebreid met o.a. de zoekgebieden ‘ruimte voor water’ zoals gepresenteerd in het advies aan de Commissie Waterbeheer 21 eeuw. (CW21, 2000; MNPB 2001) en de Belvédère gebieden (Min. OCW., 1999).

De Zwak Restrictieve variant gaat uit van een minimale doorwerking van het vigerende ruimtelijk beleid. Naast de 35 Ke zone rond Schiphol kennen slechts die gebieden die daadwerkelijk worden aangekocht, de EHS en de Buffergebieden, voldoende bescherming tegen mogelijk negatieve ruimtelijke ontwikkelingen. In deze restrictieve gebieden mogen zich geen nieuwe bebouwde functies ontwikkelen, wonen en werken. Bijlage 5 geeft een korte beschrijving van de genoemde kaarten.

Tabel 6.2 Ruimtelijke Beleidsvarianten

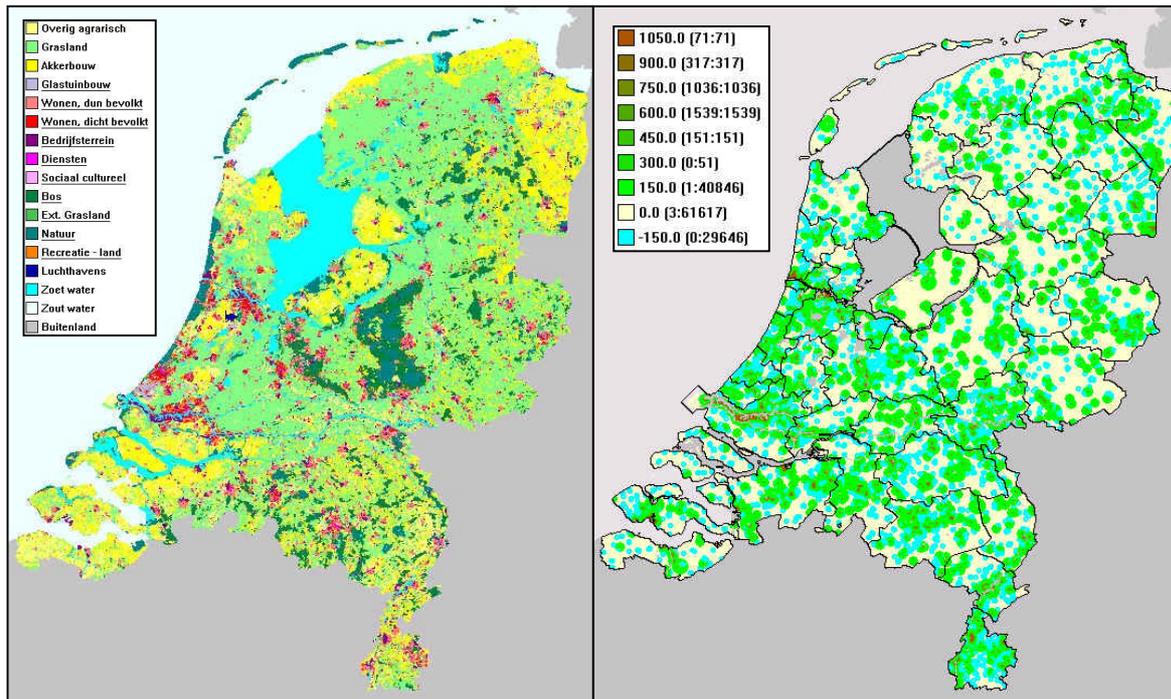
Restrictief Beleid	Vigerend	Sterk Restrictief	Zwak Restrictief
UN World Heritage Sites	X	X	-
Belvédère Gebieden	-	X	-
Historisch Geografisch relevante gebieden	-	-	-
Behoud karakteristieke Openheid	-	X	-
Behoud en herstel Landschapskwaliteit	-	X	-
Ecologische Hoofdstructuur	X	X	X
Vogel- en Habitat richtlijn gebieden	X	X	-
35 Ke zone 2015 Schiphol (incl. 5 ^e baan)	X	X	X
20 Ke zones 2015 Schiphol (incl. 5 ^e baan)	-	X	-
Glastuinbouw concentratiegebieden	X	X	-
Grondwater beschermingsgebieden	X	X	-
Ruimte voor Water	-	X	-
Buffergebieden	X	X	X
Rijks restrictief beleid	X	X	-
Provinciaal restrictief beleid	-	X	-
- Overijssel	-	X	-
- Gelderland	-	X	-
- Utrecht	-	X	-
- Zuid-Holland	X	X	-
- Zeeland	X	X	-
- Brabant	-	X	-
- Limburg	X	X	-
Randstad Ring / Groene Hart			
- Randstad Ring	-	-	-
- Buitenflanken	-	-	-
- Binnenflank	X	X	-
- (Rest) Groene Hart	X	X	-

6.3 Uitvoer van de LeefOmgevingsVerkenner

Zoals ieder dynamisch model berekent de LeefOmgevingsVerkenner op elke tijdstap van de simulatie een nieuwe waarde voor elk van zijn toestandsvariabelen en alle afgeleide variabelen en indicatoren. Elk van deze waarden kan door de gebruiker worden afgelezen, zowel op het macro- als het microniveau. In aanvulling hierop berekent door de LeefOmgevingsVerkenner een aantal specifieke indicatoren. De indicatoren maken gebruik van specifieke informatie van zowel het micro als macroniveau en, voor zover noodzakelijk, aanvullende informatie en specifieke rekenmodules.

Op het *macroniveau* heeft de gebruiker standaard toegang tot de toestandsvariabelen via het macroschaal venster (Uljee et al., 1999). In aanvulling hierop stuurt de LeefOmgevingsVerkenner per tijdstap informatie door naar een MS Excel Werkboek met de naam 'LOV.xls' dat aan het model gekoppeld is. In dit bestand zijn verschillende Werkbladen voorhanden die informatie per tijdstap en per COROP ontvangen uit de LeefOmgevingsVerkenner voor een groot aantal variabelen (fig. 6.1). Bijlage 6 geeft een overzicht van de beschikbare variabelen.

Tijd	Aantal banen per COROP																		
	Dost-Grøn	Delfzijl en c	Overig Grøn	Noord-Frie	Zuidwest-F	Zuidoost-F	Noord-Dre	Zuidoost-C	Zuidwest-C	Noord-Ove	Zuidwest-C	Twente	Veluwe	Achterhoek	Agglomer	Zuidwest-C	Utrecht	Kop van Nl	Akmaar en IJm
1990	30.5304	13.7359	108.315	82.2211	20.5939	41.7315	40.2233	36.9976	34.3428	90.6929	39.1705	153.17	185.611	94.0631	196.917	47.0663	354.356	78.8912	52.4485
1991	31.9958	14.0735	108.894	87.1915	21.2566	43.3633	41.2904	37.8113	34.9778	92.4618	39.2726	153.132	188.416	94.1002	199.579	47.384	358.328	82.0163	53.8608
1992	32.206	14.1814	109.982	88.6878	21.5063	43.8185	41.895	38.1536	35.3637	93.293	39.958	154.579	190.896	95.0168	202.373	48.2999	362.833	82.8907	54.425
1993	31.3022	13.9328	109.63	87.7389	21.0308	42.8578	41.4677	37.5403	34.9609	92.456	40.0782	153.381	190.358	94.6511	201.798	47.6096	362.372	81.8379	53.7967
1994	31.5552	13.9278	108.334	88.3695	21.1033	43.2297	41.9453	37.5853	35.1653	92.2358	40.3343	153.058	190.941	93.9361	202.745	47.3852	363.187	82.17	54.0455
1995	33.0181	14.3328	110.501	90.381	21.9302	45.1479	43.8626	38.7113	36.326	93.5715	41.375	154.513	194.589	94.6807	207.487	48.184	369.028	84.2589	55.6246
1996	34.2431	14.6205	111.109	93.7562	22.2574	46.8828	44.7389	39.5574	37.1631	94.5934	42.004	155.148	196.941	94.9429	210.716	48.7773	372.613	86.0699	56.7618
1997	35.4313	14.9685	111.739	95.5701	22.8859	48.6406	45.8863	40.4234	38.0033	95.6369	42.851	155.798	199.29	95.2528	213.991	49.3963	376.145	87.8353	57.9072
1998	36.4972	15.1202	112.395	99.2718	23.3501	50.3933	47.0297	41.218	38.8371	96.7005	43.2845	156.488	201.661	95.5887	217.324	49.913	379.685	89.5797	59.0953
1999	37.4311	15.3825	113.089	101.951	23.8299	52.1891	48.1408	42.0749	39.6436	97.7701	43.9503	157.179	204.03	95.9507	220.715	50.4191	383.235	91.3446	60.1617
2000	38.1997	15.6685	113.867	104.677	24.3313	53.9432	49.2632	42.9003	40.5294	98.8924	44.8603	157.969	206.382	96.3919	224.018	50.9387	398.959	93.1365	61.3257
2001	38.9755	15.9517	114.66	107.309	24.8338	55.7284	50.405	43.7112	41.3671	100.023	45.4138	158.807	208.745	97.8663	227.384	51.4217	390.771	94.9662	62.5172
2002	40.1967	16.2479	115.576	110.775	25.533	56.8767	51.6887	44.5173	42.1232	102.272	46.2459	159.866	210.073	97.4856	230.05	52.2324	394.847	97.4303	63.8172
2003	41.3822	16.5384	116.505	114.245	26.2141	57.9885	52.95	45.3106	42.8682	102.515	47.0938	160.961	213.347	98.1251	232.708	53.0527	399.212	99.9353	65.1613
2004	42.6532	16.824	117.446	117.712	26.8753	59.0759	54.1935	46.0944	43.8065	103.752	47.9625	162.083	216.676	98.7803	235.39	53.8722	403.857	102.437	66.5219
2005	43.8532	17.1054	118.401	121.61	27.5189	60.1353	55.4198	46.8668	44.3384	104.98	48.8528	163.234	218.025	99.4503	238.104	54.6843	408.651	104.932	67.8865
2006	44.7621	17.3859	119.374	124.615	28.1603	61.1829	56.6366	47.6385	45.0705	106.208	49.7701	164.424	220.41	100.144	240.661	55.4913	413.575	107.417	69.26
2007	45.833	17.6657	120.366	128.075	28.7703	62.2181	57.8484	48.4809	45.8029	107.437	50.7142	165.651	222.828	100.858	243.665	56.2956	418.625	109.894	70.6432
2008	46.8995	17.9456	121.376	131.546	29.3814	63.2442	59.0579	49.1809	46.5376	108.648	51.6874	166.915	225.284	101.595	246.517	57.0919	423.791	112.36	72.0297
2009	47.9364	18.2212	122.396	134.998	29.9738	64.2477	60.2533	49.9428	47.2675	109.888	52.6865	168.206	227.769	102.347	249.403	57.8829	429.052	114.816	73.4225
2010	48.9626	18.4977	123.436	138.477	30.56	65.2444	61.4481	50.7078	48.0017	111.113	53.7151	169.535	230.28	103.122	252.339	58.6713	434.418	117.265	74.8189
2011	49.9426	18.7624	124.074	141.382	30.8947	65.817	62.2266	51.087	48.4959	112.399	54.4212	170.042	232.097	103.417	254.181	59.0675	438.467	119.041	75.7879
2012	50.1049	18.7469	124.738	144.34	31.2175	66.3848	62.9915	51.4631	49.914	112.494	55.1381	170.581	233.944	103.73	256.061	59.4853	442.861	120.799	76.7528
2013	50.6497	18.8862	125.42	147.349	31.5305	66.9463	63.746	51.8359	49.3661	113.095	55.8669	171.152	235.824	104.062	257.379	59.9355	446.71	122.553	77.7251
2014	51.1802	18.9884	126.127	150.423	31.8347	67.5063	64.4923	52.2073	49.8164	113.908	56.8068	171.758	237.74	104.416	259.337	60.2078	450.911	124.239	78.6918
2015	51.6979	19.079	126.887	153.583	32.131	68.0644	65.2311	52.5791	50.2556	114.531	57.3594	172.398	239.691	104.79	261.938	60.575	455.187	126.036	79.6658
2016	52.1995	19.2247	127.619	156.812	32.4182	68.619	65.9617	52.9477	50.7132	115.361	58.1243	173.071	241.675	105.182	263.379	60.9374	459.53	127.783	80.6559
2017	52.6901	19.341	128.382	160.122	32.699	69.1735	66.6894	53.3191	51.6227	116.1	58.9076	173.78	243.696	105.597	266.069	61.2947	463.942	129.526	81.6468
2018	53.1703	19.4576	129.177	163.517	32.9722	69.7269	67.416	53.6324	51.6168	116.846	59.7109	174.527	245.768	106.03	268.215	61.6479	468.432	131.258	82.6418
2019	53.6418	19.5747	129.99	166.993	33.2407	70.2806	68.1435	54.0699	52.0764	117.595	60.5416	175.31	247.854	106.484	270.418	61.9979	472.999	132.975	83.6338
2020	54.1055	19.6933	130.819	170.561	33.5045	70.8364	68.8743	54.5448	52.544	118.351	61.4025	176.132	249.988	106.962	272.679	62.3425	477.667	134.68	84.6282
2021	54.5453	19.808	131.647	174.131	33.7572	71.3777	69.5994	54.8327	53.0088	119.095	62.23	176.976	252.134	107.423	274.959	62.6668	482.371	136.367	85.6085
2022	54.9754	19.922	132.492	177.334	34.0035	71.9182	70.3209	55.2107	53.4732	119.847	63.0682	177.844	254.31	107.897	277.278	62.9879	487.105	138.049	86.5982
2023	55.3915	20.0341	133.35	181.657	34.2414	72.4533	71.0357	55.5858	53.9357	120.601	63.9151	178.729	256.509	108.385	279.625	63.3044	492.109	139.743	87.5938
2024	55.7987	20.1458	134.224	186.621	34.4737	72.9873	71.7472	55.9606	54.3982	121.361	64.7727	179.635	258.735	108.885	282.006	63.6171	496.304	141.431	88.5927
2025	56.2366	20.2687	135.184	189.859	34.7169	73.5987	72.5032	56.3608	54.8831	122.178	65.6697	180.651	261.111	109.477	284.584	63.9454	502.165	143.232	89.6319
2026	56.628	20.3795	136.085	194.14	34.9389	74.133	73.2089	56.7373	55.3455	122.95	66.547	181.596	263.393	110.003	287.031	64.2517	507.167	144.908	90.6179
2027	57.0119	20.4904	136.998	198.597	35.1657	74.6678	73.9131	57.1148	55.808	123.726	67.4344	182.962	265.7	110.542	289.511	64.5953	512.211	146.579	91.599
2028	57.3884	20.6009	137.924	203.244	35.3683	75.2008	74.6149	57.4926	56.2708	124.506	68.3321	183.545	268.031	111.093	292.024	64.8579	517.3	148.251	92.5796
2029	57.7882	20.72	138.913	208.192	35.5887	75.7916	75.3516	57.888	56.7505	125.327	69.2614	184.613	270.477	111.712	294.688	65.1733	522.668	150.01	93.5963
2030	58.151	20.8297	139.857	213.271	35.7911	76.3226	76.0495	58.2655	57.2129	126.111	70.1773	185.628	272.85	112.283	297.26	65.4732	527.834	151.674	94.5715
2031	58.5099	20.9385	140.807	218.596	35.9874	76.8511	76.7435	58.6433	57.6736	126.894	71.101	186.654	275.238	112.862	298.856	65.774	533.036	153.329	95.542
2032	58.8598	21.0474	141.764	224.164	36.1798	77.3801	77.4368	59.0224	58.1346	127.677	72.0337	187.696	277.646	113.45	302.479	66.0702	538.271	154.981	96.5151
2033	59.231	21.1829	142.899	230.298	36.4061	78.0877	78.239	59.4566	58.6469	128.576	73.0406	188.949	280.346	114.223					



Figuur 6.2: Landgebruikskartaart en Potentiaalkartaart voor bedrijfsterreinen

Met het oog op de toepassing van de LeefOmgevingsVerkenner is een set van indicatoren geoperationaliseerd waarmee het effect van uiteenlopende beleidsvarianten, plannen of maatregelen met elkaar vergeleken kunnen worden. Deze indicatoren zoals beschreven in hoofdstuk 5, worden berekend op basis van het landgebruik in combinatie met de output van het macro model en eventueel aanvullende informatie die op basis van input files wordt ingelezen. Iedere indicator bestaat uit een rasterkaart die jaarlijks wordt herberekend.

Voor meer informatie ten aanzien van de uitvoer van de LeefOmgevingsVerkenner wordt verwezen naar het rapport Kaartbeelden (RIVM, 2001) en de Gebruikershandleiding, (Uljee et al., 1996).

Tabel 6.3. Definitie en omschrijving van de Landgebruikfuncties in de LeefOmgevingsVerkenner.

LOV functie ⁴	Basiss ⁵	Functionies	Omschrijving
Overig agrarisch	LGN 2	De rest van het agrarisch gebied	Tuinbouw, boomgaarden etc.
Grasland	LGN 2	Gras	Gras
Akkerbouw	LGN 2	Akkerbouw	maïs, aardappelen, bieten, granen en mengklassen
Glasmuinbouw	BS '89	Glasmuinbouw	Glasmuinbouw
Wonen, dun en dicht bevolkt	BS '89	Woongebied	woongebied incl. primaire voorzieningen, groenstroken, parkeerplaatsen, wegen, kleuter- en basisonderwijs
Industrie en bedrijfsterrein	BS '89	Delfstofwinning, bedrijfsterrein, overige openbare voorzieningen, stort- en wrakkenopslagplaatsen	zand-, grindwinning (etc.), nutsbedrijven, haventerrein, veevelden, groothandel, (parkeer)garages, rwzi's, opslagterreinen, militaire objecten
Kantoorterrein	BS '89	Diensten sector (overig bedrijfsterrein)	winkelcentra, banken, ministeries, horeca, politiebureaus, brandweer, rechtbanken, gevangenissen, provinciehuis
Sociaal-culturele voorzieningen	BS '89	Sociaal-culturele voorzieningen	ziekenhuizen, theaters, bioscopen, kerken, kloosters, conferentieoord, wijkgebouwen, sociale werkplaatsen, scholen (excl. basisonderwijs), universiteitsgebouwen
Bos	RBN	Natuurlijk boslandschap, loof en gemengd bos en naaldbos	Idem
Ext. grasland	RBN	halfnatuurlijk grasland en multifunctioneel grasland en akker	Idem
Natuur	RBN	Dynamisch landschap, heide en hoogveen, open gebied, moeras en rietland, water en onbekend.	Idem
Recreatie	BS '89		parken en plantsoenen, sportterreinen, dagrecreatieve objecten, volkstuinten, verblijfsrecreatie
<i>Luchthavens</i>	BS '89	Luchthavens	Luchthavens, alles binnen de hekken: banen + omliggend gras
<i>Zoet water</i>	BS '89	Zoet water	Idem
<i>Zout water</i>	BS '89	Zout Water	Idem
<i>België</i>	BS '89	België	Idem
<i>Duitsland</i>	BS '89	Duitsland	Idem

⁴ **Dynamische Functie**, Semi-dynamische Functie, Statische Functie en Feature

⁵ BS '89: CBS Bodemstatistiek 1989 (CBS, 1993); LGN 2: Landgebruikskaart Nederland 2 (SC-DLO, 1997); De 3 agrarische functies, overig agrarisch, grasland en akkerbouw zijn gebaseerd op de klasse Overig Agrarisch uit de BS '89 dat o.b.v. LGN 2 verder is opgesplitst. RBN: Referentiebeeld Natuur (RIVM, 1999). De 3 natuurfuncties zijn gebaseerd op de klassen bos, droge en natte natuur uit de BS '89 die o.b.v. het Ref. Beeld Natuur, opnieuw zijn gedefinieerd.

Tabel 6.4. Overzicht van de uitwerking van de (semi)-dynamische landgebruikfunctie

LOV functie	Groeï 2030			Beleidskaart			Geschiktheidskaart ⁶									
	Claim ⁷ [ha]	Reg. ⁸ Ver- deling	Beleid ⁹ PP II	Van ¹⁰	Tot	Huidig ¹¹ Land gebruik	NS ¹² stations	Op- en ¹³ afritten	Ke Zone ¹⁴ Schiphol	Geluid ¹⁵	Haven ¹⁶ R'dam	Schiphol ¹⁷	Hoge ¹⁸ gronden	Kwel ¹⁹ - gebieden	GVB ²⁰ project	Kansen ²¹ voor Kassen
<i>Wonen</i> ²²	81468	RIM	NIP	1995	2010	++++	+	++	- - -	-			+++			
<i>Bedrijfssterrein</i>	49229 ²³	RIM	NIP	1995	2010	++++		+	- -	+	+	+				
<i>Kantoorterrein</i>	801	RIM	NIP	1995	2010	++++	+++	+	- - -							
<i>Soc. cult. voorz.</i>	-	RIM	NIP	1995	2010	++++		+	- - -	+						
<i>Bos</i>	57279	RBN	RBN	1993	2018	++++							+++			
<i>Ext. grasland</i>	149529	RBN	RBN	1993	2018	+++								+++	++	
<i>Natuur</i>	39450	RBN	RBN	1993	2018	++								++	++	
<i>Glasmuinbouw</i>	-414	KvK	NIP	1995	2010	++										++++
<i>Recreatie</i>	10000	BS '93	NIP	1995	2010	++++			- -	- - - -						

⁶ Schematische weergave van de Geschiktheden per functie, voor het feitelijke overzicht zie bijlage 7. 4+ > 0.15; 3+ > 0.1; 2+ > 0.75; 1+ > 0.5

⁷ De Nationale Groei van het Ruimtegebruik tot 2030: Wonen: Primos (ABF), Werken, BLM (RPD/CPB), Natuur: Ref. Beeld Natuur (Alterra), Glasmuinbouw: Kassen voor Kassen (LEI), Recreatie: pers.med. RPD.

⁸ Regionale Verdeling: RIM: Ruimtelijk Interactie Model, RBN, Ref. Beeld Natuur (Alterra), KvK: Kassen voor Kassen (LEI), BS '93: Regionale verdeling o.b.v. BS'93

⁹ Beleidskaart in planperiode II: NIP: Nederland in Plannen (RPD), RBN: Ref Beeld Natuur (Alterra).

¹⁰ Aanvang en einde van Planperiode 2; Planperiode begint in 1989 en loopt tot periode 2, planperiode 3 begint na planperiode 2 en loopt tot het eind van de simulatie

¹¹ Invloed van het voorkomen van de eigen functie op de geschiktheid, vb. Van de functie Wonen op Wonen.

¹² Invloed van de nabijheid van NS stations op max 5 km afstand.

¹³ Invloed van de nabijheid van op –en afritten van snelwegen op max 5 km afstand.

¹⁴ Invloed van de 20 en 35 Ke zones rond Schiphol

¹⁵ Invloed van de < 50, 50 – 65 en > 65 MKM waarde.

¹⁶ Invloed van de nabijheid van de Mainport Rotterdam op max 10 km afstand.

¹⁷ Invloed van de nabijheid van de Mainport Schiphol op max 10 km afstand.

¹⁸ Invloed van de 'hoge gronden', de gebieden boven NAP.

¹⁹ Invloed van de alle kwelgebieden, zoet en brak binnen en buiten de EHS (NB '99).

²⁰ Invloed van GVB projecten, Gebiedsgerichte Verdrogings Bestrijding conform de Actiekaart Verdrogingsbestrijding (NB '99)

²¹ Invloed van de gemiddelde geschiktheid voor alle gewasproducten uit Kassen voor Kassen (LEI).

²² Wonen betreft beide functies dun en dicht bevolkt

²³ Totale Claim voor Bedrijfssterreinen en Sociaal-culturele Voorzieningen.

7. Conclusies en aanbevelingen

Terugkijkend naar de oorspronkelijke uitgangspunten in de opzet van het model en de ontwerp criteria zoals beschreven in hoofdstuk 2 wordt aan een groot aantal van de gestelde randvoorwaarden voldaan.

De LeefOmgevingsVerkenner is een *Integraal* en *Ruimtelijk Dynamisch* model voor Nederland geworden dat de dynamiek van het gekoppelde sociaal-economische systeem op 3 verschillende schaalniveaus tracht te beschrijven, nationaal, regionaal en lokaal. Het lokale niveau betreft een raster met een resolutie van 500 m, het regionale schaalniveau is gedefinieerd op basis van de COROP indeling. Het model is opgezet als een *Raamwerk* met een hoog generiek karakter dat met name zorg draagt voor de dynamische ruimtelijke allocatie van verschillende ruimtegebruiken. In dit raamwerk kunnen gemakkelijk nieuwe *modules* per deelaspect worden gehangen, de technologie sluit aan bij het Standaard Raamwerk Water. In overeenstemming met het *Leefomgevingsconcept* berekent het model indicatoren die in het drieluik ecologie, economie en sociaal geplaatst kunnen worden. De LeefOmgevingsVerkenner is vooral ontwikkeld voor het verkennen van beleidsmaatregelen voor de lange termijn en niet te gedetailleerde ruimtelijke schaalniveaus. Gegeven een bepaald toekomstscenario, met vele aannames en uitgangspunten schetst het systeem de mogelijke ruimtelijke ontwikkelingen. Gezien de vele onzekerheden in modelparameters maar ook in de aannames en uitgangspunten van het scenario dient men voorzichtig om te gaan met de resultaten, zeker als het gaat om de verandering van het landgebruik in een bepaalde gridcel.

De zogenaamde wederkerige relaties worden zo goed mogelijk meegenomen in het systeem. Voor de ontwikkeling van het systeem, modules en modelkern wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande, operationele kennis. De rekentijd per simulatie is beperkt, minder dan 5 minuten, de afhandelingstijd is sterk afhankelijk van de vraag en de benodigde tijd om de invoergegevens te verzamelen.

De ervaringen in de ontwikkeling van het instrument, de toepassing in het kader van het project Kaartbeelden en alle discussies binnen de projectgroep maar ook daarbuiten heeft een groot aantal suggesties voor verbeteringen opgeleverd om de bruikbaarheid van de LeefOmgevingsVerkenner te verbeteren en de verdere ontwikkeling van ruimtelijke allocatiemodellen in zijn algemeenheid te bevorderen. In onderstaande paragrafen wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste aanbevelingen.

7.1 Theoretische onderbouwing

- *Ontwikkeling van een Consistente serie van Geo-Informatie*

Bij het gebruik van landgebruikkaarten is duidelijk geworden dat er grote inconsistenties bestaan. Bijvoorbeeld door kleine verschillen in de definities van landgebruiksfuncties met grote effecten of doordat er tijdens digitalisatie proces fouten worden gemaakt. Het voorstel is om een consistente serie van Geo-Informatie te ontwikkelen, waarbij naast landgebruikkaarten (Bodemstatistiek, LGN, Top 10) ook aanvullende informatie wordt betrokken ten aanzien van bijvoorbeeld inwoners(PAP), arbeidsplaatsen (LISA) en woonmilieu (WMD) maar ook statische informatie op gemeente, regionaal (COROP) en provinciaal niveau. Door verschillende informatiebronnen per locatie te combineren kunnen mogelijke inconsistenties worden hersteld.

Een dergelijke consistente dataset dient voor een aantal specifieke jaren uitgewerkt te

worden waarbij er naar gestreefd dient te worden om een zo groot mogelijke tijdspanne te omvatten.

- *Statische analyse van de ruimtelijke ontwikkelingen*
Gegeven bovenstaande consistente data-set kan de ruimtelijke ontwikkeling van de verschillende landgebruikers statistisch op een lokaal en regionaal schaalniveau geanalyseerd worden teneinde een betere theoretische, procesmatige/gedragmatige onderbouwing te krijgen van de ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland.

7.2 Calibratie en validatie

- *Ontwikkeling van Kaart Validatie methoden*
Voor de calibratie en validatie van ruimtelijke (allocatie) modellen dienen methodieken en criteria ontwikkeld te worden op basis waarvan de overeenkomst tussen model en waarnemingen of meetgegevens getoetst kan worden. Fuzzy Map Comparison en Patroon herkenningstechnieken bieden mogelijk relevante aanknopingspunten.
- *Analyse van de onzekerheden in het model*
om de invloed van het model, aannames en uitgangspunten op de ruimtelijke allocatie en het resulterende landgebruik te onderzoeken,
- *Calibratie en Validatie*
Gegeven de Consistente serie Geo-Informatie kan werking van de allocatiemechanismen in de LeefOmgevingsVerkenner aanvullend gekalibreerd en gevalideerd worden.
- *Vergelijking met andere ruimtelijke allocatie modellen waaronder de RuimteScanner*
om de invloed van verschillende allocatie methoden nader te analyseren,

7.3 Verbeteringen per actor

- *Verbetering van de Landbouw*
Met uitzondering van de glastuinbouwsector wordt de landbouwsector op dit ogenblik in het model meegenomen als een restsector, die ruimte ter beschikking stelt voor de groei van alle andere functies. De landbouw sector zou verbeterd kunnen worden door aansluiting te zoeken bij het ‘Dutch Regional Agricultural Model’(DRAM) van het LEI. (Helming, 1999)
- *Verbetering Wonen*
In zijn huidige vorm, verdeelt de LeefOmgevingsVerkenner over het Nederlandse grondgebied een per scenario opgelegde hoeveelheid nieuwe inwoners. De demografische ontwikkelingen en de ontwikkeling van de woningmarkt worden niet in het model berekend. De LeefOmgevingsVerkenner zou uitgebreid kunnen worden met een goed (bestaand) model dat regionaal de demografie en ontwikkelingen op de woningmarkt beschrijft. Hiervoor zou aansluiting gezocht kunnen worden bij de ruimtelijke prognoses met PRIMOS en Socrates zoals die voor de Woonverkenningen en VIJNO gemaakt zijn.
- *Verbetering van Werken*
Momenteel worden een beperkt aantal economische functies onderscheiden in de LeefOmgevingsVerkenner. Afhankelijk van de ontwikkeling van een consistente serie Geo-Informatie zou mogelijkerwijs het aantal te onderscheiden sectoren vergroot kunnen worden teneinde betere relaties in de DPSIR keten te kunnen definiëren.
- *Verbetering Natuur*
De natuurtypen bos, natuur, extensief grasland zijn in het model opgenomen als semi-dynamische landgebruiksklassen. Hun macro-dynamiek wordt extern aan het model bepaald en ingelezen, en hun micro-dynamiek wordt op dit ogenblik geregeld met hetzelfde mechanisme als de sociaal-economische activiteiten. Het model is mogelijk te verbeteren door het aantal natuurfuncties op basis van de Natuurdoeltypenkaart te verhogen zodat een betere relatie gelegd kan worden met Natuurplanner (Latour et al.,

1997, Wiertz et al., in prep) en Warumec.

Daarnaast zouden verschillende strategieën voor de ontwikkeling van natuur zoals ‘*Ontwikkeling op grote eenheden*’ of ‘*Benutten van kwel gebieden*’ (Farjon et al., 1999) in het systeem uitgewerkt kunnen worden.

Literatuur

- ABF (1998). Basisanalyse Ontwikkelingen op wijkniveau. Delft, ABF Onderzoek en Informatie
- ABF (1999). Notitie woonmilieus voor RIVM voor de Vijfde Nota. Delft, ABF Onderzoek en Informatie
- Allen P. en Sanglier, M. (1979). A Dynamical Model of Growth in a Central Place System, *Geographical Analysis*, 11, 256-272.
- Allen, P. en Sanglier, M. (1981). A Dynamic Model of a central Place System-II, *Geographical Analysis*, v. 13. pp. 149-164.
- Allen, P.M. en Engelen, G. (1984). Modélisation de l'évolution des Etats-unis 1950-1970 in: Guermont Yves (ed), *Analyse de Système en Géographie*, Presses Universitaires de Lyon, Lyon, p.257-277.
- Allen P. M., Engelen, G. en Sanglier, M. (1986). Towards a General Dynamic Model of the Spatial Evolution of Urban Systems, in: Hutchinson B. en Batty M. (eds.) 'Advances in Urban Systems Modelling', pp.199-220.
- Allen, P. (1997). *Cities and Regions as Self-Organizing Systems: Models of Complexity*. Gordon and Breach.
- Alterra (2000). Effecten van ongewijzigd ruimtelijk beleid op natuur, landschap en recreatie 1995-2020. Achtergronddocument methode VIJNO tOETs fase 1. Wageningen, Alterra, rapport 047
- Alterra (2000). Datacatalogus. Eerste inventarisatie van geo-data beschikbaar voor het Natuurplanbureau. Wageningen, Alterra, Werkdocument 2000/13
- Anderson, T.B. (1956). 'Potential Models and Spatial Distribution of Population', *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, v. 2.
- Batty, M. (1986). 'Technical Issues in Urban Model Development: A Review of Linear and Non-Linear Model Structures'; pp. 133-162 in B.G. Hutchinson, M. Batty (eds.) *Advances in Urban Systems Modelling*. Amsterdam: North Holland.
- Batty M. en Xie, Y.(1994). From cells to cities. *Environment and Planning B*, 21, pp.31-48.
- Bolsius, E.C.A. en Eulderik, J.H.M. (1994). Één digitaal bestand voor de landsecologie van Nederland. Eindrapport van het LKN-project. LKN-rapport 4. RPD/VROM129 p
- Carrothers, G.A.P. (1958). 'Population Projection by Means of Income Potential Models', *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, v. 4., pp. 121-152.
- CBS/CPB (1997). *Bevolking en arbeidsaanbod: drie scenario's tot 2020*. Voorburg, CBS/CPB
- CBS (1993). *Bodemstatistiek 1989*. Voorburg, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (1993). *Bodemstatistiek 1993*. Voorburg, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (1998). *Nationale rekeningen 1997*. Voorburg, Centraal Bureau voor de Statistiek
- CBS (2000). *Bodemstatistiek 1996*. Voorburg, Centraal Bureau voor de Statistiek
- CPB (1990). *ATHENA. Een bedrijfstakkenmodel voor de Nederlandse economie*. Den Haag, Centraal Planbureau

- CPB (1996). Omgevingsscenario's Lange Termijn Verkenning 1995-2020. Den Haag, Centraal Planbureau, Werkdocument nr. 89
- CPB (1997). Bedrijfslocatiemonitor, terreinverkenning. Den Haag, SDU Uitgevers en Centraal Planbureau
- CPB (1998). Bedrijfslocatiemonitor: regionale verkenningen 2010. Den Haag, SDU Uitgevers en Centraal Planbureau
- CPB (1999). Bedrijfslocatiemonitor: regionale verkenningen 2010-2020. Den Haag, SDU Uitgevers en Centraal Planbureau
- CIM (2001). Afstemming ruimtelijke gegevens voor de LeefOmgevingsVerkenner en de RuimteScanner. CIM Intern-rapport M009/01. RIVM, Bilthoven.
- Clarke M. en Wilson, A.G. (1983). The dynamics of Urban Spatial Structure: Progress and Problems, *Journal of Regional Science*, 23, pp.1-8.
- Couclelis H. (1985). Cellular Worlds: A Framework for Modelling Micro-Macro Dynamics. *Environment and Planning A*, 17, pp.585-596.
- Couclelis H. (1989). Macrostructure and microbehaviour in a metropolitan area. *Environment and Planning B*, 16, pp.141-154.
- Couclelis H. (1991). Requirements for Planning-Relevant GIS: A Spatial Perspective. *Papers in Regional Science*, 70, pp.9-19.
- Couclelis H. (1997). From cellular automata to urban models: new principles for model development and implementation', *Environment and Planning B*, 24, pp.165-174.
- CW21 (2000). Waterbeleid voor de 21e eeuw. Geef water de ruimte en de aandacht die het verdient. Advies aan de commissie Waterbeheer 21e eeuw. Uitgebracht op 21 augustus 2000 aan de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat en de voorzitter van de Unie van Waterschappen.
- Engelen G. en Allen, P.M. (1986). Modelling the spatial distribution of energy demand for the Province of Noord Holland: towards an integrated approach. *Sistemi Urbani*, 2/3, pp.241-261
- Engelen G., White, R. en Uljee, I. (1993). Exploratory Modelling of Socio-Economic Impacts of Climatic Change. In: Maul G.A. (ed.) *Climate Change in the Intra-Americas Sea*, Edward Arnold, London, pp.306-324.
- Engelen G., White, R., Uljee, I. en Drazan, P. (1995). Using Cellular Automata for Integrated Modelling of Socio-Environmental Systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 34, pp.203-214.
- Engelen G., White, R., Uljee, I. en Wagnies, S. (1996). Numerical Modelling of Small Island Socio-Economics to Achieve Sustainable Development. In: Maul G.A. (ed.) 'Small Island Oceanography', The American Geophysical Union
- Engelen G., White, R. en Uljee, I. (1997). Integrating Constrained Cellular Automata Models, GIS and Decision Support Tools for Urban Planning and Policy-Making' In: *Decision Support Systems in Urban Planning*, H.J.P. Timmermans (ed.) E&FN Spon, London, pp.125-155
- Engelen, G., Geertman, S., Smits, P. en Wessels, C. (1999) Dynamic GIS and Strategic Physical Planning Support: A Practical Application. In: Stillwell, J., Geertman, S. en Openshaw, S. (red.) *Geographical Information and Planning*. London, Springer-Verlag Ltd

- Engelen, G. et al. (2000). Sustainable development of islands: a policy support framework for the integrated assessment of socio-economic and environmental development (workshop paper). Maastricht, RIKS bv.
- Engelen, G. (2000). MODULUS: A Spatial Modelling Tool for Integrated Environmental Decision-Making', Final Report, Contract ENV4-CT97-0685, Directorate General XII, Environment IV Framework, Brussels, Belgium
- Farjon, H., Bulens, J.D., van Eupen, M., Schotten, K., de Zeeuw, C. (1999). Plangenerator voor natuur-scenario's. Werkdocument 1999/20. Staring Centrum, Wageningen
- Geurs, K.T. en Ritsema van Eck, J.R. (2000). Effecten van een compacte verstedelijkingsvariant op mobiliteit, bereikbaarheid, CO₂-emissies en geluid. Bilthoven, RIVM, RIVM-rapport 711931003
- Helming, J.F.M. (1999). Effects of nitrogen input and nitrogen surplus taxes in Dutch agriculture. In: Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales, nr. 49, pp. 5-31
- IPCC (1995). Climate change 1995. IPCC second assessment. Geneva, IPCC
- Isard, W. (1960). Methods of Regional Analysis. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press. Lowry (1965). Zie p 10
- Klepper, O. (1997). Stapeling van milieuthema's in termen van kans op voorkomen. Bilthoven, RIVM, ECO-notitie 97-01
- Koh, N.P. (1990). Modelling Retail System Dynamics: An Application to the System of Major Retail Centres in the St. John's Metropolitan Area 1960-1980. MA Thesis, Department of Geography, Memorial University of Newfoundland.
- Kwakernaak, C., van Bakel, P.J.T., Parmet, B.W., Boel, L.D., Dammers, E., van der Gaast, J.W., van der Veen, R. en de Vries, F. (1996). Waterberging binnendijks; een verkenning van de effectiviteit en haalbaarheid van ruimtelijke maatregelen gericht op vermindering van de hoogwaterproblematiek. Wageningen, SC-DLO, Rapport 491.
- Lachene, R. (1965). 'Contribution à l'analyse de l'espace économique', Matra, no. 6.
- Langton C. (1992). Life at the Edge of Chaos. In: C. Langton, et al., (eds.) Artificial Life II: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems, Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity, 10, Redwood City, Addison Wesley, pp.41-92.
- Latour, J.B., Staritsky, I.G., Alkemade, J.R.M. en Wiertz, J. (1997). De Natuurplanner: Decision support system natuur en milieu Versie 1.1. Bilthoven, RIVM, RIVM-rapport 711901019, Bilthoven.
- LEI-DLO (1997). Kansen voor Kassen. Den Haag, LEI-DLO
- LNV (1993). Structuurschema Groene Ruimte. Den Haag, SDU Uitgevers
- Lowry, I. S. (1964). A model of metropolis, RM-4035-RC, RAND Corporation, Santa Monica, California
- MNPB, RIVM, Alterra (2001). Who's afraid of Red, Green and Blue. Toets van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening op ecologische effecten. Bilthoven, RIVM, RIVM-rapport 711931005
- OCW (1999). Nota Belvédère. Den Haag, SDU Uitgevers.
- Phipps, M. (1989). Dynamical behaviour of cellular automata under constraints of neighbourhood coherence. Geographical analysis, 21, pp.197-215.

- Prigogine, I. (1981). 'From being to becoming', Freeman, San Francisco
- PMR (1999). Samenvatting Projectnota landaanwinning. Den Haag, Project Mainportontwikkeling Rotterdam
- Ravetz, J. (1999). Models as Metaphores. Ulysses Working Paper. Wp- 99-3. Darmstadt. Univ of Technology.
- Ren, J. en White, R. (1995). The Simulation of Urban System Dynamics in Atlantic Canada 1951-1991. In: Canadian Geographer, 39, pp.252-262.
- RIVM (1998). LeefOmgevingsBalans, Voorzet voor vorm en inhoud. Bilthoven, RIVM. RIVM rapport 408504001, ISBN: 9069600765
- RIVM (1999). Natuurbalans 99. Samson H.D. Tjeenk Willink b.v. Alphen aan den Rijn.
- RIVM (2000). Wonen en werken ruimtelijk verkend. Waar wonen en werken we in 2020 volgens een compacte inrichtingsvariant voor de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening? Bilthoven, RIVM, RIVM-rapport 711931001
- RIVM (2001). De LeefOmgevingsVerkenner. Kaartbeelden van 2030. Een verkenning van de inzet bij beleidsondersteuning. Bilthoven, RIVM, RIVM-rapport 408505004.
- RIZA (2000). Architectuur standaard raamwerk water. Riza rapport 99.063, RIZA Lelystad.
- Roy G.G. en Snickars, F. (1993). City Life A study of cellular automata in urban dynamics. Paper presented at the 33rd European Congress of the Regional Science Association, Moscow, August 24-27, 1993
- RPD (1999). Nederland in Plannen. Den Haag, RPD
- SC-DLO (1997). Vervaardiging en nauwkeurigheid van het LGN2-grondgebruiksbestand. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapportnummer 515
- Schot, P en Dijst, M. (2000). Development of generic framework for interactive integrated physical planning: In: Parks, BO, Clarke KM, Crane MP, editors. 2000. Proceedings of the 4th international conference on integrating geographic information systems and environmental modeling: problems, prospects, and needs for research; 2000 Sep 2-8; Boulder, CO. Boulder: University of Colorado, Cooperative Institute for Research in Environmental Science.
- Simmonds D. (1986). Modelling contexts and purposes: Defining alternative paths of model development, in: Hutchinson B. and Batty M. (eds.) 'Advances in Urban Systems Modelling', pp.75-87.
- Straatman, B. Engelen, G. en White, R. (2001). Towards an Automatic Calibration Procedure for LeefOmgevingsVerkenner and other Constrained Cellulaire Automata. RIKS Technical Report, Maastricht.
- Sullivan, D. O. en Torrens, P.M. (2000). Cellular models of urban systems. CASA Working paper, number 22. London, Springer-Verlag Ltd
- Takayama, M. en Couclelis, H. (1997). Map dynamics: integrating cellular automata and GIS through Geo-Algebra. International Journal of Geographical Information Science, 11, 73-91.
- Theobald, D. en Gross, M. (1994). EML:a modeling environment for exploring landscape dynamics. Computers, Environment and Urban Systems, 18, 193-204

- Tobler, W. (1979). Cellular Geography. In: Gale S. and Olsson G. (eds.), *Philosophy in Geography*, Reidel, Dordrecht, pp.379-386.
- Uljee, I., Engelen, G. en White, R. (1996). *RamCO Demo Guide Version 1.0*. Workdocument CZM-C 96.08, Coastal Zone Management Centre, National Institute for Coastal and Marine Management, P.O. Box 20907, 2500 EX The Hague, the Netherlands.
- Uljee, I., Hahn, B.H., van der Meulen, M. en Engelen, G. (1999). *LeefOmgevingsVerkenner. Gebruikershandleiding*. Maastricht, RIKS
- VROM (1988). *Vierde Nota Ruimtelijke Ordening*. Den Haag, SDU Uitgevers
- VROM (1993). *Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening Extra*. Den Haag, Ministerie van VROM
- VROM (2001). *Ruimte maken, ruimte delen. Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening 2000/ 2020*. Den Haag, Ministerie van VROM
- Wagner, D.F.(1997). Cellular automata and geographic information systems. *Environment and Planning B*, 24, pp.219-234
- Wartzt, W. (1965). *Macrogeography and Income Fronts*. Philadelphia: Regional Science Research Institute.
- WHCV (1988). *Cultuurtechnisch Vademecum*. Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch vademecum.
- White, R. (1977). Dynamic Central Place Theory: Results of a Simulation Approach, *Geographical Analysis*, 9, 227-243.
- White, R. (1978). 'The simulation of Central Place Dynamics: Two Sector Systems and the Rank-Size Distribution'. *Geographical Analysis*, v. 10, pp. 201-208.
- White, R. en Engelen, G.(1993). Fractal urban land-use patterns: a cellular automata approach. *Environment and Planning A*, 25, pp.1175-1199
- White R. en Engelen, G. (1994). Cellular Dynamics and GIS: Modelling Spatial Complexity. *Geographical Systems*, 1, pp.237-253.
- White R. en Engelen, G. (1994). Urban System Dynamics and Cellular Automata: Fractal Structures Between Order and Chaos. *Chaos, Solitons, and Fractals (Special issue)*, v.4, 4, pp.563-583.
- White R., Engelen, G. en Uljee, I. (1997a). The use of Constrained Cellular Automata for high-resolution modelling of urban land use dynamics. *Environment and Planning B*, 24, pp. 323 – 343.
- White R. en Engelen, G. (1997b). Cellular Automata as the Basis of Integrated Dynamic Regional Modelling. *Environment and Planning B*, 24, pp. 235- 246
- White, R. en Engelen, G. (2000). High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 24 (2000), pp. 383-400. Pergamon Press
- White R. (2001). *The Generic St. John's / LOV Regional Macro-model for Constrained Cellular Automata Land-use Models. Version 2: regional targets, update May 2000'*, RIKS Technical Report, Maastricht, 18p.
- Wiertz, J., Alkemade, J.R.M., ten Brink, B.J.E., Ligtoet, W., Rosenboom, R. e.a. (in prep.) *Huidig ontwerp voor Natuurmodellering voor planbureaufuncties*. Bilthoven, RIVM. RIVM rapport 408659 00x.

- Wilson, A.G. (1974). *Urban and Regional Models in Geography and Planning*. London: John Wiley and Sons.
- Wilson, A.G. (1976). 'Retailers' Profits and Consumers' Welfare in a Spatial Interaction Shopping Model', *London Papers in Regional Science*, v. 6, pp. 42-59.
- Wolfram, S. (1984). Universality and complexity in cellular automata. *Physica D10*, pp.1-35.
- Wu, F. (1998). SimLand, a proto-type to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP derived transition rule. *International Journal of Geographical Information Science*, 12, 63-82

Bijlage 1. Calibration of the Macro-Model of the LeefOmgevingsVerkenner. Preliminary results.

Introduction

The macro model of LeefOmgevingsVerkenner²⁴ simulates the growth or decline of four sectors -Bevolking, Industrie, Diensten, and Sociaal-Cultureel- in the 40 COROPs as a result of competition among the COROPs for sectoral activity. The competition is on the basis of the relative size and location of the COROPs, as well as on their local characteristics as represented in the cellular model. A number of parameters weight the relative contribution of these factors, and these parameters must be calibrated in order for the model to produce the best estimate of sectoral activity levels in the various COROPs. This kind of linkage between the macro- and the micro-level of the LeefOmgevingsVerkenner makes it difficult to calibrate one part of the model without the other. Or, stated differently, the quality of the information at the micro level will influence the results at the macro-model and vice versa. The calibration presented in this technical document focuses entirely on the macro-model. The micro information is kept constant and is assumed to be of good quality.

The calibration procedure depends on having one or more measures of the quality of the simulation results, and in practice the most useful measures will involve a comparison of the simulation output with actual data. Thus two important considerations in carrying out a calibration are:

1. the calibration period, and
2. the measure of how good the calibration is.

The calibration period should be sufficiently long that the underlying processes in the system have time to manifest themselves in a representative way. But since it is necessary to have data for both the initial and final years of the interval, data availability often constrains the choice of calibration period. In the case of the LOV application, comparable land use data was available only for 1989 and 1993, and so this became the period. However, four years is much shorter a period than would be desirable, since many trends in the dynamics may not be clear over such an interval. In particular, during this period, there was a recession, so that industrial activity declined in the last two years, and the calibration must reflect this, even though over the whole economic cycle there was net growth. In short, parameters values calibrated over such a short period are likely to be somewhat arbitrary and unstable.

Two types of measures of the quality of the simulation are useful. First, it is desirable to have an aggregate measure of the simulation, an over-all measure of goodness of fit of the simulation results to the actual data. For this we have used both the sum over all COROPs of the absolute value of the difference between the simulated and actual values (i.e. the sum of the absolute value of the errors), and the sum of squares of the simulation errors, or, equivalently, the R^2 value of the regression of simulated on actual growth of the COROPs. The R^2 measures of the calibration are used in this chapter. Second, it is necessary to examine the *pattern* of simulation errors. For this, we have used the error of the simulated value expressed as a percentage of the total value for the COROP. Working with this

²⁴ In this report the macro-model of LeefOmgevingsVerkenner will not be explained. Nor will equations or formal representations be given. The interested reader is referred to the Technical Documentation of LeefOmgevingsVerkenner for this information. Also the definition of the parameters that are the subject of the calibration is explained in the Technical Documentation.

measure permits calibration with the aim of minimizing the disparity between COROPs in the quality of the simulation results. While both types of measures are essential for a good calibration, they are not entirely compatible, since they capture different aspects of the quality of simulation. In general, the calibration yielding the lowest aggregate measure of error will leave some COROPs very poorly predicted. Thus it is better to calibrate to a set of parameter values that give relatively good estimates for all COROPs while yielding an R^2 that is not much above the minimum

General Calibration Procedure

Since the parameter space is large, it cannot be explored exhaustively for the best combination of values. The best strategy seems to be to start with plausible values for all parameters and then to begin a systematic variation on these values. In particular, in the LOV application, β_1 , β_2 , β_3 , and n are the most important parameters, and so it is usually best to start with them. There is to some extent a tradeoff between the three β parameters and n , so it may be useful to optimise values of the β 's alternately with optimising n . In the case of the Diensten sector, to which β_1 , β_2 , and β_3 do not apply, the key parameters are n and m , which should be optimised alternately in an iterative procedure.

β_5 and β_9 are also influential parameters, and should be optimised next. They also are to some extent complementary and should be calibrated together.

β_4 and β_6 , β_7 , and β_8 apply to terms characterizing cellular level characteristics. In the LOV application they generally seem to have less effect on the simulation results than the other β parameters, and so may generally be left to the fine-tuning stage of calibration. However, these parameters may occasionally have important effects on certain COROPs.

During the earlier phases of calibration it is convenient to judge results essentially by a summary error measure like the R-square of predicted on actual growth, the sum-of-squares of errors or the sum of absolute values of the errors as a quick way of deciding whether a given change in a parameter value is useful or not. However, even at this stage, when the aggregate errors are still large, examining the pattern of individual COROP errors is also useful, since the pattern may suggest which parameter should be changed and in which direction. For example, errors, which are largely positive in the peripheral COROPs, will suggest a lowering of the parameter n . The notes in the following section will help in this procedure.

As calibration proceeds to the fine-tuning stage, increasing attention should be paid to the individual errors. It may frequently be desirable to accept a slightly higher total error in exchange for reducing the most extreme errors, or for achieving better predictions in regions of particular interest. Flevoland is important in this regard. Because its growth is largely the result of planning and development policies rather than inter-COROP competition, it is not represented well in this modelling framework. It is frequently the case that total error is minimized by a set of parameter values that reduces the error for Flevoland significantly, but at the expense of larger errors in a number of other COROPs. However, it would seem much more reasonable to minimize the errors for other COROPs by ignoring the error for Flevoland, even though this might mean a larger total error.

Notes On Individual Parameters

Parameters β_1 , β_2 , β_3

These parameters scale the contribution of the three regional potential terms -the population, jobs, and sectoral activity potentials- to the relocation of activity, and indirectly, through the β_9 term, to the allocation of new activity. They appear in the model only for the Bevolking, Industrie, and Socio-Cultureel sectors. In the case of Bevolking, the calibrated values sum to 1.5, and in the case of industry, they sum to 1.85. The three potential measures to which they apply (population, job, and activity potential respectively) are highly correlated, and so to a large degree these three parameters act as substitutes for each other. Thus the most important aspect of calibration is to get the total value of these parameters correct, and secondarily, for fine-tuning, to get the balance among them correct. Once the total is approximately optimal, further calibration involves raising one as another is lowered. Note that in the case of Bevolking, one of β_1 and β_3 should be set to 0 since in this case population potential and activity potential are the same thing.

As the sum of these parameters becomes lower, there is a sort of threshold effect. Above the threshold (i.e. for larger sums of the parameter values) the effect on the simulation results is relatively minor; below the threshold, a small change in the total of the values has a dramatic effect on the simulation results. For example, for Bevolking, increasing the sum of the parameters from 1.85 to 4 increases the 1993 total error of the estimated populations from 173 to 376; lowering the total to 0.4 increases the error to 1838. This effect is due to the fact that for small parameter values, the values of the terms weighted by the parameters become similar for all COROPs, while for large parameter values, the terms become increasingly different for different COROPs, but the proportion of activity that stays in a COROP increases.

It was noticed that as the value of β_1 for Bevolking was changed in such a way as to reduce the aggregate error for the sector (i.e. improving the population estimates), the errors for other sectors became slightly larger (but *cf.* under β_4 below).

Parameter β_4

This parameter applies to the density of sectoral activity per cell in a COROP relative to that in competing COROPs. The effect of β_4 tends to vary somewhat depending on the sector:

- *Bevolking*: raising β_4 tends to increase the COROP population, but the effect is slight. As β_4 is calibrated to improve population estimates, the results in other sectors improve also, if only slightly (but *cf.* under β_1 above).
- *Industrie*: raising β_4 tends to increase the populations of the COROPS in the northern part of the country, and lower populations in the Randstad, but there are exceptions, notably Amsterdam and Groot Rijnmond, which increase with β_4 .
- *Diensten*: the effect is somewhat difficult to generalize, since densities for this sector vary widely and somewhat arbitrarily due to the very small number of cells in most COROPs. However, increasing β_4 increases activity in most COROPs, with some notable exceptions: Noord Friesland, Zuid West Gelderland, Zaanstreek, Groot

Amsterdam, and Midden Noord Brabant all decline sharply as β_4 increases. Groot Rijnmond is little affected.

- *Sociaal-Cultureel*: higher β_4 increases activity in almost all COROPs, with a few exceptions, notably Overig Groningen, Groot Amsterdam, and Groot Rijnmond.

Parameter β_5

This parameter affects the location of new (exogenous) activity appearing in the system. A value of $\beta_5=1$ will, *ceteris paribus*, have the effect of locating new activity exactly in proportion to existing activity. Lower values will favour COROPs with less existing activity, and higher values will increase the relative share going to COROPs with above average levels of activity.

The effect varies by sector:

- *Bevolking and Sociaal-Cultureel*: increasing β_5 lowers activity in most COROPs, with the three largest (Utrecht, Groot Amsterdam, Groot Rijnmond) among the exceptions. It is frequently necessary to compensate increases in β_5 with decreases in β_9 and vice-versa.
- *Industrie*: the parameter has little systematic effect.
- *Diensten*: increasing β_5 increases activity in many COROPs, with Randstad cities typical exceptions.

Parameter β_6 , β_7 , β_8

These parameters apply to measures of the cellular level characteristics. β_6 scales the effect of the cellular potential of a COROP for a sector relative to competing COROPs; β_7 scales the effect of relative suitabilities, and β_8 scales the effect of relative available land according to zoning maps. These parameters do not appear in the Diensten equation. In the current calibration β_7 has not proved useful and remains set equal to zero for all sectors; in any case, since suitability is one of the terms in the cellular potential equation, it is in effect included in the β_6 term. β_6 and β_8 have effects that are specific to COROPs and cannot be generalized. It is often the case that changes in one of these parameters will only affect a few COROPs noticeably, and so they can be useful in fine-tuning a calibration, with luck helping to bring a stray COROP into line.

It is surprising that the parameter on the zoning term, β_8 does not play a more important role, since zoning must be one of the major constraints on the location of activity, especially in the more populous COROPs. The lack of significance may be a consequence of poor zoning data, or a poor representation of available land at the cellular level of the model. This question is to be investigated further.

Parameter β_9

This parameter is used to weight the term measuring the aggregate relative advantage of a COROP for purposes of allocating new sectoral activity. In the case of the LOV calibration, two of the four sectors have a negative calibrated value for this parameter. A negative value is counter-intuitive, since it implies that the more favourable the characteristics of a COROP, the less new activity it is allocated. This effect is particularly important for densely occupied

COROPS in the Randstad, so it is likely that the negative exponent is capturing a crowding effect that is not properly registered in the cellular density or zoning terms. This effect will be investigated further.

- *Bevolking and Sociaal-Cultureel*: increasing β_9 lowers the level of activity in most COROPs with several exceptions, usually including Utrecht, Groot Amsterdam, and Groot Rijnmond. Some COROPs occasionally show a threshold effect with respect to changes in the parameter. For example, the % error for Oost Groningen changes from 7.79% to -1.18% as β_9 goes from 0.1 to 0.4.
- *Diensten*: increasing β_9 in general increases the range of percentage errors -i.e. COROPs with positive errors (overpredicted by the model) get larger positive errors, and those with negative errors get errors larger in absolute value. But in certain cases, errors are reduced.

Distance exponent, n

This parameter determines the importance of distance in inter-COROP relocations of activity as calculated in the terms to which β_1 - β_3 and β_9 apply, as well as in the Diensten sector. In general, for all sectors, increasing the value of n raises the activity levels in peripheral COROPs (especially in the north and east) and lowers it for more central or Randstad COROPs. Occasionally a COROP will react relatively dramatically as a threshold value is crossed. For example, for Zuid West Gelderland, as n is decreased by 0.4 from n=2.2 to n=1.8, the error increases only from -0.28% to -1.39%; but as n is decreased by a further 0.4 to n=1.4, the error rises sharply to -8.64%.

Inertia parameter, φ

This parameter represents the proportion of existing activity in a COROP that cannot move out of the area in each iteration (year). It was set to $\varphi=0.88$ on the basis of published data on the maximum proportion of activity that is known to relocate each year. Calibration showed that in fact for all sectors either this was the optimal value in terms of simulation results, or close to the best value, so the empirical value was retained for all sectors. Note that the parameter determines (as $1-\varphi$) the *maximum* gross (not net) outflow of activity that can occur during one iteration; in most cases the actual gross outflow predicted by the model will be less.

New activity parameters, θ_1 and θ_2

Since all COROPS have some activity in all sectors modelled, these parameters are not used during the LOV simulations, and could (need) not be calibrated.

Productivity parameters, δ_1 ... δ_{11}

These parameters control changes in the land productivity or density of activity in a cell in function of both macro model variables and summary measures of cellular level characteristics. The most important is δ_1 , since this determines the national temporal trend in density or productivity for an activity. This parameter must be calibrated so that the simulated number of cells at the end of the calibration period occupied by an activity is equal to the actual number. It is entered as a graph or table in order to represent temporal changes in the density trend. This is important in the case of sectors like Diensten and Sociaal-Cultureel that see a decline in the number of cells nationally between 1989 and 1993; if this trend were to continue for the rest of the simulation period all cells would vanish.

For δ_3 , δ_5 , δ_7 , δ_9 , δ_{11} , the neutral value is 1.0. Values higher than this accentuate the effect of the term to which the parameter applies, values less than 1.0 give the term less influence. Together they affect the number of cells in a COROP that will be occupied by the given activity, since higher densities or land productivities mean fewer cells are required to house a given level of activity. In general the effects of these parameters are not dramatic, and they can be treated as fine-tuning parameters.

Values for δ_2 , δ_4 , δ_6 , δ_8 , δ_{10} should always be set equal to 1.0.

Parameters specific to the Diensten sector

Economies / Diseconomies of Scale Parameter, m: In general, increasing m increases activity in all COROPs except the largest. Also, to some extent higher values of m compensate for lower values of n . This effect is most important when values of n are between $n=1$ and $n=2$ and m is in the neighbourhood of $m=1$.

- α_1 : The proportion of income spent on Diensten; this parameter is not necessary mathematically, since only the ratio α_1/α_2 affects the output. It is included because it improves the intelligibility of the model.
- α_2 : The growth rate in response to profit in the sector. In general, higher values of this parameter result in faster relocation of activity from less desirable to more desirable COROPs. It is thus a key parameter in the calibration of the sector. If the value of this parameter is much too large, oscillations may appear in some COROP activity levels.

COROP Self-distance

The model requires distances between all pairs of COROPs, including a distance from a COROP to itself, the so-called self-distance. The values of the potential terms (those scaled by $\beta_1 - \beta_3$) are quite sensitive to the magnitude of the self-distances. These distances are calculated by the formula $d = \kappa A^\lambda$ where A is the area of the COROP in cells and κ and λ are parameters to calibrate.

Calibration Results

Final calibrated values of the parameters are shown in Table 1. Measures of the quality of the calibration are displayed in series of graphs in figures 1 to 3, showing the relationship between the predicted and actual growth, and the errors in predicted sectoral activity levels as a percentage of actual activity. The calibrated parameter values are most likely to be somewhat arbitrary and unstable because of:

- (1) the (too) short calibration period;
- (2) inconsistency in the sectoral data (it is a fusing of two different data series), and
- (3) errors in the land use, zoning, and suitability data.

The first problem has been discussed. The second is discussed in the data chapter and arises because the calibration period spans the transition between two different series of COROP sectoral data. The third arises because methods used for classifying and re-sampling land use data changed between the 1989 and 1993 data sets. Although various procedures were followed to make the two data sets as nearly comparable as possible, the fact that the number of cells of Diensten and Sociaal-Cultureel activity declined over the calibration period is an indication that problems remain, since it is highly unlikely that such a decline occurred in

fact. It is for the same problem and reason that the calibration of the cellular micro-model of the LeefOmgevingsVerkenner is halted till more consistent data sets will have been created.

The apparent quality of the simulation results can vary significantly depending on the criterion used to judge the results. Of the four sectors, Bevolking consistently has the smallest percentage errors in the predicted values. However, in the regression of predicted on actual percentage growth, $R^2 = .168$, quite low (this rises to $.304$ if Flevoland is excluded), and the regression of predicted on actual growth amounts, $R^2 = .612$ ($.777$ with Flevoland is excluded). Diensten and Sociaal-Cultureel, by contrast have relatively poor results as measured by the size of percentage errors and the correlation of simulated on actual percentage errors ($R^2 = .091$ and $R^2 = .023$ respectively), but are quite good in terms of the correlation between predicted and actual amounts of growth ($R^2 = .852$ and $R^2 = .910$, respectively).

Industrie estimates behave in the opposite manner. The regression of simulated growth on actual growth yields $R^2 = .002$ – that is, by this measure the simulation explains none of the variance in the growth of industry. The regression of percentage growth predicted by the simulation on actual percentage growth gives $R^2 = .088$, which is hardly any better. The difference is explained by the presence of several outliers in the first regression—notably Groot Rijnmond and Zuid Limburg. These had large declines in activity, but were predicted to grow by the model. These and other COROPs that were poorly predicted by the model are ones that had large amounts of heavy industry that has generally been in decline in recent decades. This result points to the necessity of disaggregating the Industrie sector into two or more sub-sectors that are more homogeneous in composition and thus behaviour.

Measures of the quality of the calibration

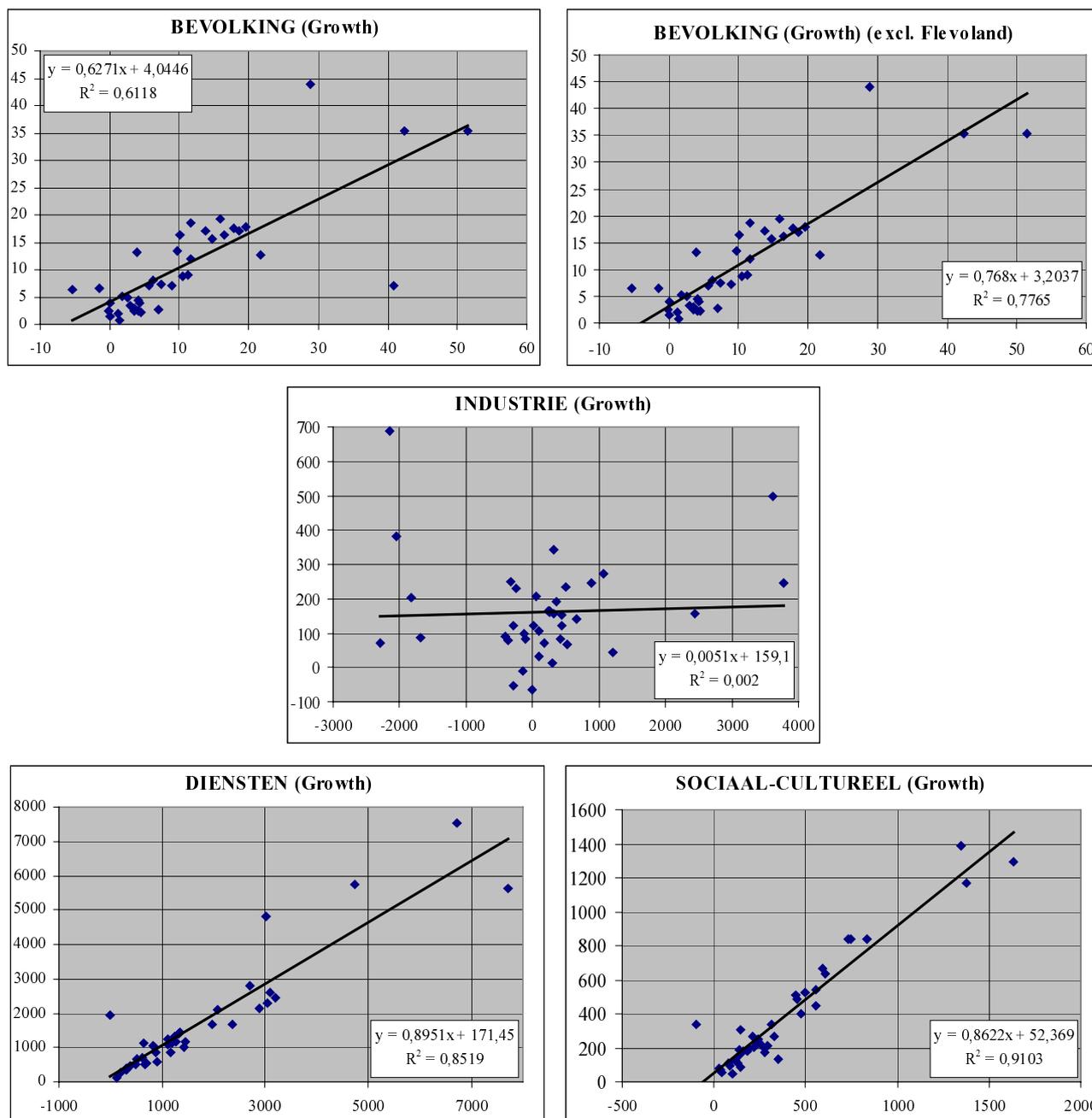


Figure 1: Modelled growth (y-axis) against Observed growth (x-axis) in the calibration period 1989-93.

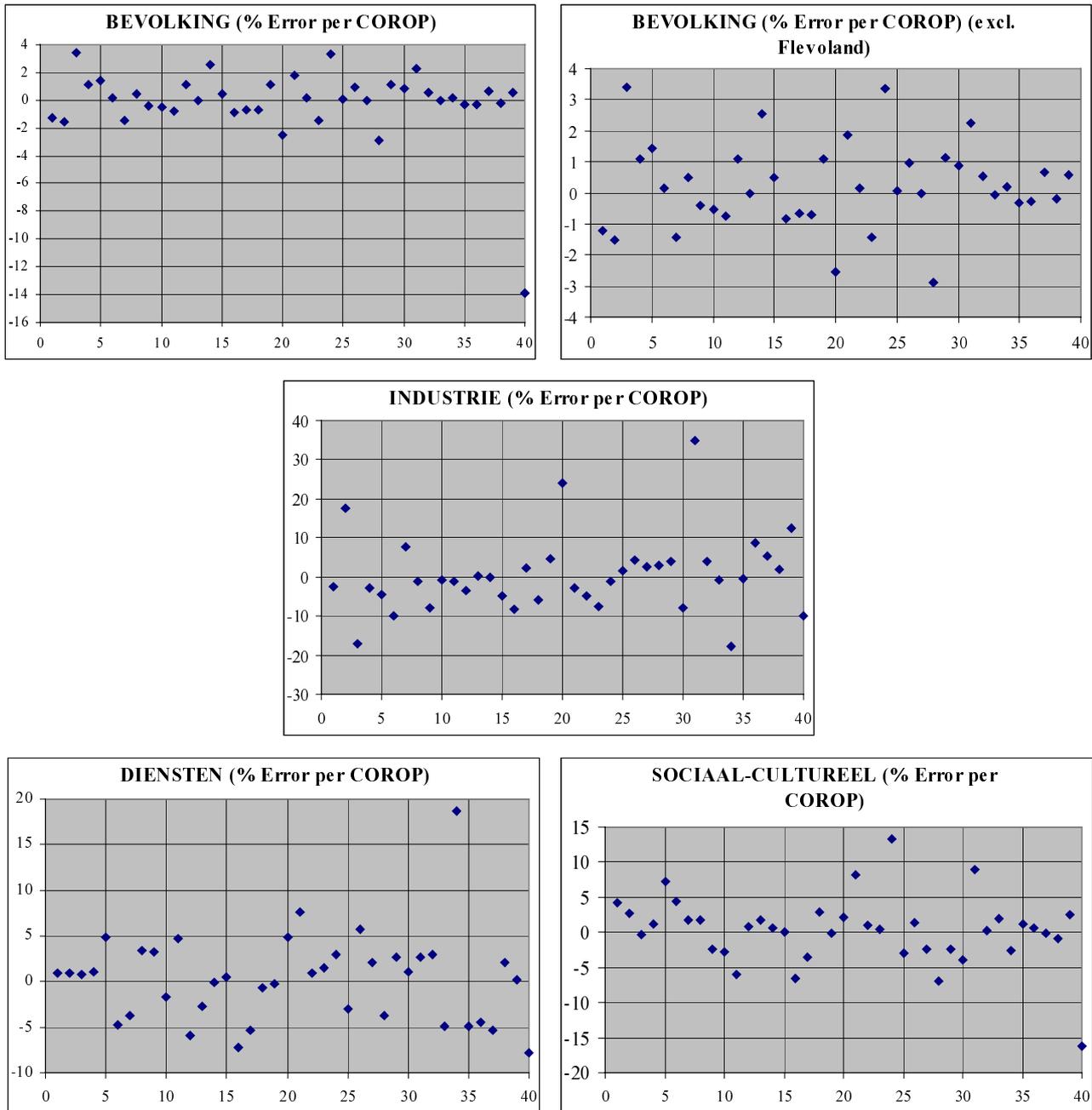


Figure 2: Error in the Modelled growth (y-axis) expressed as a percentage of the 1989 totals per COROP (x-axis).

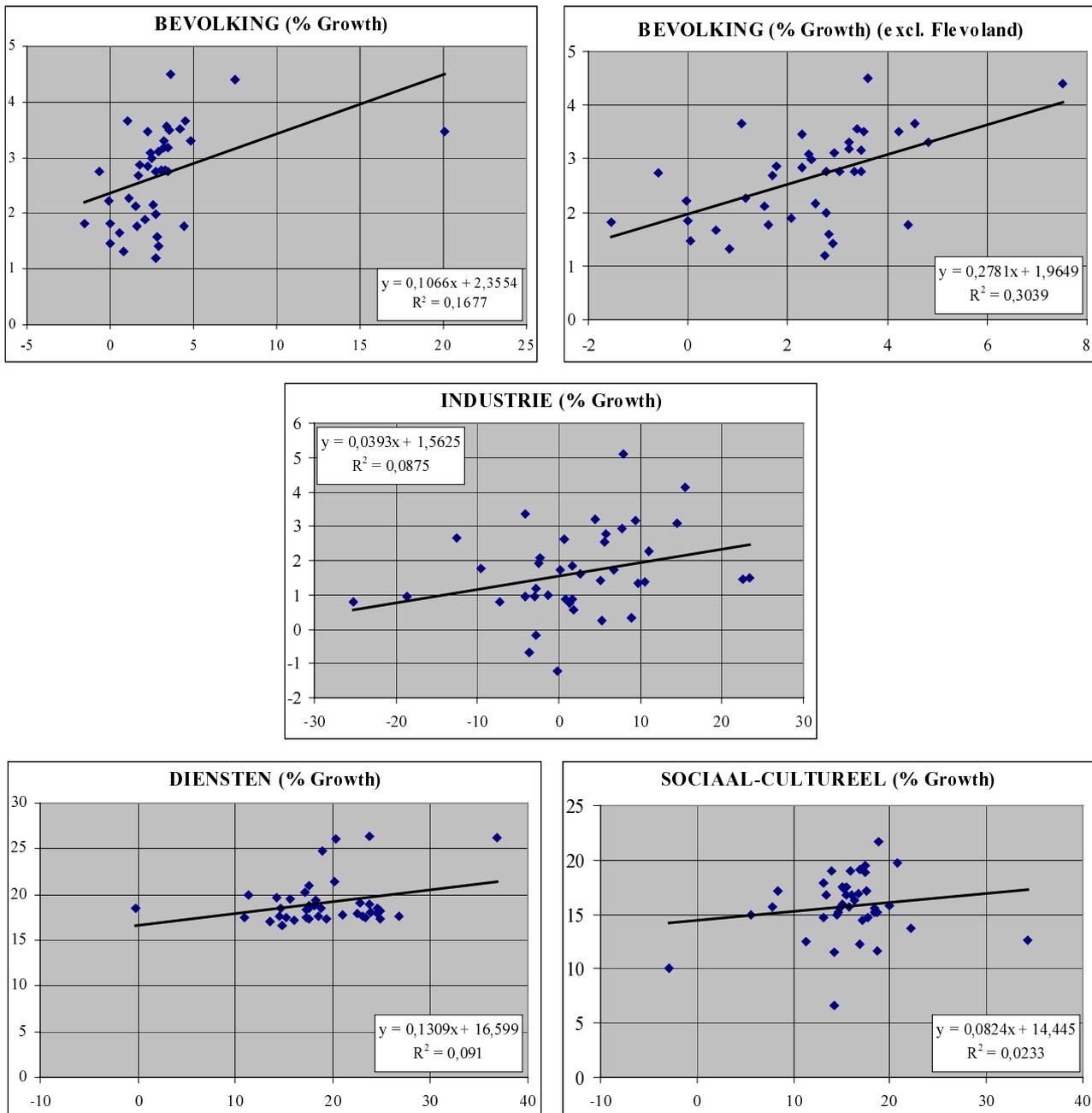


Figure 3: Modelled percentage of growth (y-axis) against Observed percentage of growth (x-axis) in the calibration period 1989-93.

Bijlage 2. Regionaal Besteedbaar inkomen per COROP

Regio	Index 1994 1989=100	1989 uit index	1994 data	1989 ¹ in gld. 1995	1994 ² in gld. 1995
Oost-Groningen	121.0	14298	17300	15781	17617
Delfzijl e.o.	120.6	14760	17800	16291	18126
Overig Groningen	119.4	15243	18200	16824	18534
Noord-Friesland	118.6	14503	17200	16007	17515
Zuidwest-Friesland	123.8	13974	17300	15424	17617
Zuidoost-Friesland	123.0	14553	17900	16063	18228
Noord-Drenthe	122.2	15630	19100	17252	19450
Zuidoost-Drenthe	121.2	14769	17900	16301	18228
Zuidwest-Drenthe	121.4	15074	18300	16638	18635
Noord-Overijssel	120.8	14735	17800	16264	18126
Zuidwest-Overijssel	119.3	15507	18500	17116	18839
Twente	119.8	14691	17600	16215	17923
Veluwe	121.9	15340	18700	16932	19043
Achterhoek	119.6	15552	18600	17165	18941
Aggl. Arnhem en Nijmegen	119.9	15930	19100	17583	19450
Zuidwest-Gelderland	123.3	14923	18400	16471	18737
Utrecht	120.6	16833	20300	18579	20672
Kop van Noord-Holland	121.1	15277	18500	16862	18839
Alkmaar e.o.	120.0	16333	19600	18028	19959
IJmond	116.5	17682	20600	19517	20978
Aggl. Haarlem	117.1	18617	21800	20548	22200
Zaanstreek	118.5	16709	19800	18442	20163
Groot-Amsterdam	114.0	17456	19900	19267	20265
Het Gooi en Vechtstreek	121.2	18317	22200	20217	22607
Aggl. Leiden	119.6	16806	20100	18550	20468
Aggl. 's-Gravenhage	115.9	17774	20600	19618	20978
Delft en Westland	115.8	17012	19700	18777	20061
Oost Zuid-Holland	121.8	16256	19800	17943	20163
Groot-Rijnmond	116.4	16495	19200	18206	19552
Zuidoost Zuid-Holland	119.7	15957	19100	17612	19450
Zeeuwsch-Vlaanderen	119.3	16345	19500	18041	19857
Overig Zeeland	121.4	15486	18800	17093	19145
West Noord-Brabant	120.0	16167	19400	17844	19756
Midden Noord-Brabant	119.6	15468	18500	17073	18839
Noordoost Noord-Brabant	119.7	15706	18800	17335	19145
Zuidoost Noord-Brabant	118.7	16007	19000	17667	19348
Noord-Limburg	120.5	15602	18800	17220	19145
Midden-Limburg	119.8	15776	18900	17413	19246
Zuid-Limburg	120.8	15728	19000	17360	19348
Flevoland	120.7	14664	17700	16186	18024

1. Deflator 1989 is 90.6 (Tabel M14. Nationale Rekeningen (CBS, 1998))

2. Deflator 1994 is 98.2 (Tabel M14. Nationale Rekeningen (CBS, 1998))

Bijlage 3. Mutatie cijfers netto besteedbaar inkomen

Jaar	DE	GC	EC	Jaar	DE	GC	EC
1990	1.04300	1.04300	1.04300	2005	1.02050	1.03060	1.02168
1991	0.96850	0.96850	0.96850	2006	1.00981	1.03066	1.02005
1992	1.02150	1.02150	1.02150	2007	1.01062	1.03190	1.02159
1993	0.97620	0.97620	0.97620	2008	1.01271	1.03200	1.02310
1994	1.00450	1.00450	1.00450	2009	1.01516	1.03296	1.02469
1995	1.02990	1.02322	1.02330	2010	1.01246	1.03186	1.02691
1996	1.00671	1.00694	1.00704	2011	1.00306	1.02351	1.02165
1997	0.98759	1.01276	1.01189	2012	1.00859	1.02482	1.01733
1998	1.01545	1.01059	1.00908	2013	1.01022	1.02640	1.01736
1999	1.01390	1.02032	1.01925	2014	1.01072	1.02559	1.01627
2000	1.01490	1.01385	1.01399	2015	1.01106	1.02643	1.01850
2001	1.00713	1.04144	1.03645	2016	1.01400	1.02757	1.01994
2002	0.99727	1.01335	1.01374	2017	1.01731	1.03106	1.02436
2003	1.00535	1.02242	1.02060	2018	1.02012	1.03309	1.02609
2004	1.01510	1.02772	1.02361	2019	1.02222	1.03739	1.03017
2005	1.02050	1.03060	1.02168	2020	1.02377	1.03965	1.02947

Bijlage 5. Overzicht restrictieve beleidskaarten

Beleidskaart	Bron	Toelichting
Belvédère kaart	Nota Belvédère (1999), Ministerie van OCW. Geen (wettelijke) status	Onderverdeeld in Belvédère gebieden, Unesco gebieden (= UN World Heritage Sites) en Historisch Geografisch relevante gebieden
Behoud karakteristieke openheid	Structuurschema Groene Ruimte (SGR) (1993), deel 3. PKB status	
Waardevolle landschappen	Structuurschema Groene Ruimte (SGR) (1993), deel 3. PKB status	Onderverdeeld in: <ul style="list-style-type: none"> - Behoud en Herstel Landschapskwaliteit - Behoud karakteristieke Openheid
Referentiebeeld Natuur 2020	VIJNO-toETs, RIVM	Bestaat uit de Ecologische Hoofdstructuur en ICES Natte Natuur
Vogel- en habitatrictlijn gebieden	Natuurbalans 1999 en EU-richtlijnen	
20 en 35 Ke-zones rondom Schiphol, 2015 inclusief 5 ^e baan	RIVM	
Glastuinbouw concentratie gebieden	Kansen voor Kassen (1997) LEI-DLO. Geen (wettelijke) status	
Grondwaterbeschermings-gebieden	RIVM, LWD, 1995. Wettelijke bescherming via de Wet Milieubeheer	
Buffergebieden	3e en 4e nota RO. PKB status	
Rijks restrictief beleid	Vierde Nota RO Extra (VINEX) (1993), deel 4. PKB-status	
Provinciaal restrictief beleid.	Vierde Nota RO Extra (VINEX) (1993), deel 4. PKB-status	Het Provinciaal restrictief beleid is opgesplitst naar provincies
Randstadring / Groene Hart	RPD, concept versie voor de 5 ^e Nota Ruimtelijke Ordening. Geen (wettelijke) status	Bewerking van het ruimtelijk concept van de RPD. Bestaat uit Randstadring, Buitenflanken, binnenflank (Westelijk deel van het Groene Hart) en (rest) Groene Hart
Ruimte voor Water	Ruimte voor Water combikaart (2000). Geen (wettelijke) status	Deze kaart is onderverdeeld in: <ul style="list-style-type: none"> - claim Rivierengebied - claim Natte Hart - claim Rivierengebied claim landelijk gebied

Bijlage 6. Uitvoer naar Excel

Werkblad	Variabelen	kolom
Glastuinbouw 1, Industrie 1, Diensten1, Sociaal-Cult. 1	Tijd	1
	Totale activiteit in sector K per COROP	2-41
	Potentiaalwaarde voor sector K per COROP	42-81
	Land productiviteit van sector K per COROP	82-121
	Vraag naar activiteit K per COROP	122-161
	Vraag naar aantal cellen van landgebruik K	162-201
Wonen 1	Tijd	1
	Totale activiteit in de WOON-sector per COROP	2-41
	Potentiaalwaarde voor WOON-sector per COROP	42-81
	Land productiviteit van s WOON-sector per COROP	82-121
	Vraag naar activiteit WONEN per COROP	122-161
	Vraag naar aantal cellen WONEN, DUN BEVOLKT per COROP	162-201
	Vraag naar aantal cellen WONEN, DICHT BEVOLKT per COROP	202-241
Glastuinbouw 2, Industrie 2, Diensten 2, Sociaal-Cult. 2, Wonen 2	Tijd	1
	Door het landgebruik K ingenomen aantal cellen per COROP	2-41
	Regionaal gemiddelde transitiepotentiaal van cellen ingenomen door landgebruik K per COROP	42-81
	Regionaal gemiddelde geschiktheid van cellen ingenomen door landgebruik K per COROP	82-121
	Regionale fractie beleidsmatig toegewezen maar nog vrije (agrarisch) ruimte op de totale beleidsmatig toegewezen ruimte voor landgebruik K per COROP	122-161
Werkgelegenheid	Tijd	1
	Aantal banen per COROP	2-41
	Banenpotentiaal per COROP	42-81
Natuur	Tijd	1
	Door BOS ingenomen aantal cellen per COROP	2-41
	Door DROGE NATUUR ingenomen aantal cellen per COROP	42-81
	Door NATTE NATUUR ingenomen aantal cellen per COROP	82-121
	Regionaal gemiddelde geschiktheid van cellen ingenomen BOS per COROP	122-161
	Regionaal gemiddelde geschiktheid van cellen ingenomen DROGE NATUUR per COROP	162-201
	Regionaal gemiddelde geschiktheid van cellen ingenomen NATTE NATUUR per COROP	202-241
Indicatoren	Tijd	1
	Werkgelegenheid	2
	Regionale bereikbaarheid	3
	Lokale bereikbaarheid	4
	Open ruimte	5
	Oppervlak open ruimte	6
	Bebouwde ruimte	7
	Oppervlak bebouwde ruimte	8
	Versnippering natuur	9
	Oppervlak natuur	10
	Woondichtheid	11
	Bereikbaarheid open ruimte	12
	Bereikbaarheid groen	13

Verzendlijst

- 1 H.A.P.M. Pont, RIVM,
- 2 C.J. Vriesman, RPD, Den Haag
- 3 Drs. G. Fenten, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 4 Dr. A. Nijhof, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 5 Dr. F.C. Filius, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 6 Drs. J. Groen, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 7 Ir. J. Osinga, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 8 Ir. A. de Regt, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 9 Dr. F. D'hondt, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 10 Ir. M. van Steekelenburg, Ministerie VROM, RPD, Den Haag
- 11 Dr. M. Bosman, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 12 Dr. L. van Campen, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 13 Dr. P. Kouwenhoven, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 14 Dr. Y. van der Laan, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 15 Drs. ing. J. Klitsie, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 16 Ing. T. Balnikker, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 17 Drs. L.E.van Brederode, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 18 Ing. H. van Otterloo, Ministerie VROM, DGM, Den Haag
- 19 Drs. M. van Oostrom, Ministerie VROM, DGVH, Den Haag
- 20 Dr. M. Mulder, CPB, Den Haag
- 21 Prof. Dr. A.I.J.M. van der Hoorn, AVV, Rotterdam
- 22 Ir. J. van der Waard, AVV, Rotterdam
- 23 Ir. M. van Egeraat, AVV, Rotterdam
- 24 Prof. Dr. J. Dronkers, RIKZ, Den Haag
- 25 Dr. I. de Vries, RIKZ, Den Haag
- 26 Drs. H. Hartholt, RIKZ, Den Haag
- 27 Dr. F. Otto, RIKZ, Den Haag
- 28 Dr. H. Erenstein, RIKZ, Den Haag
- 29 Dr. E. van Huijssteeden, RIKZ, Den Haag
- 30 Dr. H. van Waveren, RIZA, Lelystad
- 31 Prof. dr. G. Beers, LEI, Den Haag
- 32 Dr. H.J.M Hillebrand, LEI, Den Haag
- 33 Dr. S. Reinhard, LEI, Den Haag
- 34 Dr. V. Zachariasse, LEI, Den Haag
- 35 Dr. A.N. van de Zande, Alterra, Wageningen
- 36 Drs. P. Smeets, Alterra, Wageningen
- 37 Drs. H. Farjon, Alterra, Wageningen
- 38 Dr. ir. J. Roos-KleinLankhorst, Alterra, Wageningen
- 39 Drs. A. Ligtenberg, Alterra, Wageningen
- 40 Dr. A. Bregt, Alterra, Wageningen
- 41 Dr. H. van Laar, Provincie Drenthe, Assen
- 42 Dr. T. Trijssenaars, Provincie Noord-Holland, Haarlem
- 43 Dr. B. Schoon, Provincie Noord-Holland, Haarlem
- 44 Ir. K. van Essen, Provincie Zuid-Holland, Den Haag
- 45 Dr. B. Herfst, Provincie Utrecht, Utrecht

- 46 Dr. E. Verkerk, Provincie Utrecht, Utrecht
47 Dr. J. van Vught, Provincie Utrecht, Utrecht
48 Ir. B. Boeckhout, Provincie Gelderland, Arnhem
49 Drs. M. Ransijn, Provincie Noord-Brabant, 's Hertogenbosch
50 Ir. H. van Arkel, Provincie Noord-Brabant, 's Hertogenbosch
51 Dr. P. Levels, Provincie Limburg, Maastricht
52 Dr. K. van de Zande, AGV, Nieuwegein
53 Dr. H. Bakkenes, AGV, Nieuwegein
54 Ir. P. Eradus, Connect, Delft
55 Drs. R.J. van de Velde, DLG, Utrecht
56 Prof dr P. Nijkamp, Fac. Ruimtelijke Economie, VU, Amsterdam
57 Prof. dr. P. Rietveld, Fac. Ruimtelijke Economie, VU, Amsterdam
58 Prof. dr. H. Scholten, Fac. Ruimtelijke Economie, VU, Amsterdam
59 Drs. E. Koomen, Fac. Ruimtelijke Economie, VU, Amsterdam
60 Prof dr ir F J Willekens, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Groningen
61 Drs. M. Hilferink, YUSE GSO Object Vision BV, Haarlem
62 Dr. P. Louter, TNO-INRO, Delft
63 Dr. H. Puylaert, TNO-INRO, Delft
64 Ir. D. H. Rijpma, TNO-INRO, Delft
65 Dr. R. Goetgeluk, Onderzoeksinstituut OTB, Delft
66 Prof. dr. H. Priemus, Onderzoeksinstituut OTB, Delft
67 Prof. dr. T. de Jong, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
68 Prof. dr. H. Ottens, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
69 Prof. dr. G.P. Van Wee, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
70 Prof. dr. P. Hooimeijer, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
71 Dr. S. Geertman, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
72 Dr. J.R. Ritsema, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
73 Dr. C. Wessels, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
74 Dr. P. Verburg, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
75 Dr. P. Schot, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
76 Dr. M. Dijst, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, Utrecht
77 Prof. dr. H.J.P. Timmermans, TUE, Fac. Bouwkunde HG 541, Eindhoven
78 Prof. dr. D. Frieling, TUD, Fac. Bouwkunde, Delft
79 Prof. dr. T. de Jong, TUD, Fac. Bouwkunde, Delft
80 Prof. ir. F.M. Sanders, TUD, Fac. Civiele Techniek, Delft
81 Dr. ir. R.J. Verhaeghe, TUD, Fac. Civiele Techniek, Delft
82 Drs. M. Kok, TUD, Fac. Civiele Techniek, Delft
83 Drs. B. Blijie, TUD, Fac. Civiele Techniek, Delft
84 Prof. Dr Th.A.M. Beckers, TELOS, Tilburg
85 Dr. J. Brouwer, ABF, Delft
86 Dr. H. Gordijn, ABF, Delft
87 Dr. C. Poulus, ABF, Delft
88 Dr. G. Engelen, RIKS, Maastricht
89 Prof. Dr. R. White, RIKS, Maastricht
90 Dr. I. Uljee, RIKS, Maastricht
91 Dr. B. Hahn, RIKS, Maastricht
92 Ir. H. van Delden, RIKS, Maastricht
93 Dr. J. Latour, Latour Advies, Apeldoorn
94 Drs. W. Groothuyzen, Ur2D, Schijndel

95	Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
96	Prof. ir. N.D. van Egmond
97	Ir. F. Langeweg
98	Dr. R. Maas
99	Ir. R. van den Berg
100	Ir. T. Bresser
101	Dr. J. Hoekstra
102	Dr. A. van der Giessen
103	Dr. L. Braat
104	Prof. dr. B. van Wee
105	Drs. J. Borsboom
106	Drs. J. Wiertz
107	Dr. W. van Duijvenbooden
108	Dr. R. Franken
109	Dr. R. Alkemade
110	Ir. K. Schotten
111	Drs. W. de Regt
112	Drs. I. Soenario
113	Drs T. Aldenberg
114	Dr. L. van Liere
115	Dr. M. Wittmer
116	Dr. W. Ligtvoet
117	Drs. F. Kragt
118	Ir. J. Knoop
119	Drs. W. Wortelboer
120	Dr. T. Dassen
121	Dr. M. Kuipers-Linde
122	Dr. L. Crommentuin
123	Drs. K. Geurs
124	Dr. W. Slooff
125	Dr. O.J. van Gerwen
126	Drs. B. van Esch
127	Drs. R. de Niet
128	Drs A.E.M. de Hollander
129	Dr. W. Lammers
130	Drs. A. Bakema
131	Drs. A. Beusen
132	Dr. P. Jansen
133	Dr. P. Heuberger
134	Drs. A.A. Bouwman
135	Drs. H. van de Heiligenberg
136 - 162	Auteur(s)
163 - 168	SBD/Voorlichting en Public Relations
169	Bureau Rapportenregistratie
170	Bibliotheek RIVM
171 - 200	Bureau Rapportenbeheer
201 - 300	Reserve exemplaren