

Rapport 550016006/2005

**Kalibratie en validatie
van de LeefOmgevingsVerkenner**

G. Engelen, A. Hagen-Zanker, A.C.M. de Nijs,
A. Maas, J. van Loon, B. Straatman, R. White,
I. Uljee, M. van der Meulen, J. Hurkens

Contact:

A.C.M. de Nijs
MNP/Ruimte, Infrastructuur & Mobiliteit
Ton.de.Nijs@mnp.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Directie van MNP in het kader van het MAP-SOR project S550016, Ruimtelijke Modellerings.

Milieu- en Natuurplanbureau, Postbus 303, 3720 AH Bilthoven, telefoon: 030 - 274 2745; fax: 030 - 274 2971

Abstract

Calibration and validation of the Environment Explorer

The Environment Explorer in LUMOS is a dynamic land use model for the Netherlands. The core of the model consists of two integrated models that operate at different levels of spatial aggregation; the distribution of employment and population over 40 regions is modelled by a spatial interaction model. A Cellular Automata type model details the spatial allocation of land use classes at a resolution of 25 ha cells.

The model is complex and makes use of a considerable number of parameters. These parameters have been recalibrated to improve the applicability of the model. The model, calibration and evaluation procedures have been extensively documented. The resulting documentation offers users insight in the limits and possibilities of the model and will be a frame of reference for future calibrations.

The results of the calibration indicate that over the calibration period the model clearly outperforms naïve predictors, whereas over the validation period it does not. This is in large part explained by the limited stretch of the available historical data (respectively 7 and 4 years for calibration and validation). As data quality and availability in practice is a persistent problem, future research and development needs to be directed at calibration routines that are more intelligent and robust under poor data conditions.

Many of the labour intensive tasks of the calibration process have been automated in algorithms and tools. The automated calibration routines allow a more frequent and in depth (re)calibration, offering opportunities for practical application, experimental usage and theoretical research.

Keywords: land use modelling, calibration, validation, cellular automata, living environment

Rapport in het kort

Kalibratie en validatie van de LeefOmgevingsVerkenner

De LeefOmgevingsVerkenner in LUMOS is een dynamisch landgebruiksmodel voor Nederland. Het model bestaat uit twee geïntegreerde modules die op een verschillend ruimtelijk schaalniveau opereren. Op regionale schaal wordt de verdeling van inwoners en arbeidsplaatsen en de ontwikkeling van het ruimtegebruik gesimuleerd met een ruimtelijk interactiemodel op COROP niveau. Vervolgens worden deze ruimtelijke ontwikkelingen door een Cellulaire Automaten model gealloceerd op een landgebruikskaart met een resolutie van 500m.

De LeefOmgevingsVerkenner is een complex model met een groot aantal parameters. Om de toepasbaarheid van het model te vergroten zijn semi-automatische kalibratie routines ontwikkeld voor zowel het regionale als het lokale schaalniveau. Vervolgens is het model met behulp van deze routines gekalibreerd op de ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland van 1989 tot 1996 en gevalideerd op de ontwikkeling van 1996 tot 2000. Daarnaast is het gesimuleerde landgebruik in 2030 is getoetst op basis van de wet van Zipf die een verband legt tussen de grootte van de urbane clusters en het voorkomen daarvan.

Over de kalibratieperiode presteert het ruimtegebruiksmodel aanmerkelijk beter dan zogenaamde naïeve voorspellers, maar nog niet voor de validatieperiode. Dit komt grotendeels door de geringe ruimtelijke consistentie in de landgebruikskaarten voor de verschillende jaren. Het wordt aanbevolen om de huidige kalibratie- en validatie routines uit te breiden met intelligente en robuuste filters die rekening houden met de kwaliteit van de data.

Trefwoorden: landgebruiksmodellering, kalibratie, validatie, cellulaire automata, leefomgeving

Inhoud

Samenvatting.....	7
1 Inleiding.....	9
1.1 Aanleiding tot het LOV Kalibratie project	9
1.2 Uitgevoerde werkzaamheden.....	9
2 Kalibratieprocedure	13
2.1 Globale aanpak	13
2.2 Macro model.....	16
2.3 Micro model.....	16
3 Kalibratieresultaten.....	19
3.1 Kalibratie 1989-1996	19
3.2 Korte termijn validatie 1996-2000.....	24
3.3 Lange termijn validatie 1989-2030.....	25
4 Kalibratietools en software aanpassingen.....	29
4.1 LeefOmgevingsVerkenner.....	29
4.2 Monte Carlo tool.....	29
4.3 Regioviewer plug in voor MS Excel.....	30
4.4 Kalibratie modules.....	30
5 Conclusie	31
6 Aanbevelingen.....	33
6.1 Methodologische ontwikkeling.....	33
6.2 Toepassingsgericht onderzoek.....	34
6.3 Automatisering van modelanalyse en rapportage.....	35
Literatuur	37
Bijlage A: Handboek Good Modelling Practices: Logboek	39
Bijlage B: Formal model description.....	51
Bijlage C: Benodigde data en herkomst	71
Bijlage D: Consistentie van de landgebruikskarten	99
Bijlage E: Naïeve voorspellers	105
Bijlage F: Automated calibration procedures.....	107
Bijlage G: Bediening van de tools	119
Bijlage H: Analyse resultaten	129

Samenvatting

In 1997 nam RIVM het initiatief om de LeefOmgevingsVerkenner (LOV) te ontwikkelen. In oorsprong werd dit model ontwikkeld als onderdeel van de LeefOmgevingsBalans. Sinds zijn eerste versie zijn de mogelijkheden en de inzetbaarheid van het model in belangrijke mate gegroeid. De gebruikersgroep van de LeefOmgevingsVerkenner omvat op dit ogenblik naast RIVM ook de Rijkswaterstaatinstituten Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), en Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), evenals een aantal provincies: Utrecht en Noord-Holland.

De LOV is een BeleidsOndersteundend Systeem met als kern een dynamisch landgebruikmodel dat op twee onderling sterk gekoppelde ruimtelijke schalen een micromodel en een macromodel combineert. Het macromodel betreft een regionaal ruimtelijk interactiemodel toegepast voor de distributie van inwoners en arbeidsplaatsen in verschillende sectoren over 40 COROP regio's. Het micromodel is een zogeheten 'Constrained Cellular Automata' model, welke het landgebruik specificeert op een detailniveau van 500*500 meter cellen.

Een nieuwe inspanning met betrekking tot de kalibratie van de LOV is gedaan om verschillende redenen. De belangrijkste reden is dat de LOV steeds meer de status van een volwassen model krijgt en daardoor in toenemende mate wordt gebruikt voor het analyseren en formuleren van beleidsmaatregelen. Inzicht in de betrouwbaarheid van de resultaten is daarom van groot belang.

De kalibratie is uitgevoerd volgens de richtlijnen uit het Handboek Good Modelling Practices (GMP). Centraal daarbij staan een gestructureerde documentatie en een grondige modelanalyse. Het ingevulde logboek behorende bij de GMP aanpak en ook de analyse resultaten zijn als Annex in het rapport opgenomen.

Een wezenlijk onderdeel waar het handboek relatief weinig aandacht aan besteed, is de daadwerkelijke kalibratie. In de kalibratieprocedure wordt op iteratieve wijze vastgesteld onder welke parameterinstellingen het model optimaal functioneert. Dit is geen eenvoudige taak, aangezien de LOV gebruik maakt van een groot aantal parameters die op complexe wijze met elkaar samenhangen.

Een manier om deze complexiteit te beheersen is het opsplitsen van de globale kalibratie naar kalibratie van ontkoppelde deelmodellen. De keuze voor gescheiden kalibratie van het Cellular Automata model en het regionale ruimtelijke interactie model is een natuurlijke. In de gescheiden toestand geven de modelonderdelen niet langer informatie aan elkaar door. Het is hierdoor mogelijk dat bij herkoppeeling van de afzonderlijk gekalibreerde deelmodellen een ongewenste dynamische interactie ontstaat. De globale kalibratieprocedure neemt dit in rekenschap en laat de deelmodellen iteratief herkalibreren tot ze goed op elkaar aansluiten.

Voor de kalibratie van het cellulaire micro model en het regionale macromodel zijn algoritmes opgesteld waarmee deze automatisch uitgevoerd kunnen worden. De kalibratie van het macromodel is hiermee volledig geautomatiseerd. Voor het micromodel blijft de menselijke inbreng vooralsnog nodig, maar de werklast is door de nieuwe algoritmes sterk verminderd.

De kalibratieprocedure voor het macromodel is gebaseerd op een aantal technieken uit de optimalisatie literatuur. Door locale zoekmethoden (Hill climbing, Golden section search) te combineren met globale zoekmethoden (Random search) is een robuuste procedure ontstaan. Het micromodel onderscheidt zich ten opzichte van het macromodel door zijn lange rekentijd. Daarom is voor het macromodel een methode gezocht die op basis van weinig iteraties snel vooruitgang boekt. Een sterk analytische, kennisintensieve en modelspecifieke procedure wordt gevolgd die modeluitkomsten en referentiemateriaal op verschillende wijzen vergelijkt om vervolgens enkel de meest kansrijke parameteraanpassingen uit te voeren.

Voor een absoluut oordeel over de kalibratie en validatie worden de modelresultaten vergeleken met zogenaamde naïeve voorspellers, dit zijn eenvoudige modellen die op basis van minimale rekenregels en veronderstellingen een gelijkaardige voorspelling doen. De resultaten van het macromodel worden vergeleken met een zogenaamd Constant Share model waarin de relatieve groei over alle regio's identiek wordt verondersteld. De resultaten van het micromodel worden getoetst aan een Random Constraint Match model, welke de groei van elk type landgebruik willekeurig in de ruimte plaatst.

De resultaten van de kalibratie tonen aan dat de kalibratieprocedures goed functioneren. Zowel het micromodel als het macromodel presteren over de kalibratieperiode (1989-1996) overtuigend beter

dan de naïeve voorspellers. Over een korte validatieperiode (1996-2000) waarvan de data niet gebruikt is bij het instellen van de parameters zijn de resultaten minder goed dan de naïeve voorspellers. Dit is deels te verklaren door de korte validatieperiode (in vier jaar verandert er relatief weinig in het landgebruik) en ook door de kwaliteit van de kaart voor het jaar 2000 (enkele definities van landgebruiksklassen zijn veranderd), maar het is aannemelijk dat ook de gekalibreerde parameterset niet optimaal is. Dit is verklaarbaar doordat kalibratieroutines onvoldoende onderscheid maken tussen ontwikkelingen in grote lijn en uitzonderlijkheden.

Een derde periode 1989-2030 is gebruikt voor de evaluatie van het modelgedrag op lange termijn. Voor deze periode is geen vergelijkingsdata beschikbaar en de evaluatie heeft daarom moeten plaatsvinden van een *expert judgement* van de landschapspatronen. Uit deze evaluatie blijkt dat de kaart die de LOV voor 2030 aanmerkelijk realistischer schijnt dan die van de naïeve voorspeller.

Het rapport geeft een groot aantal aanbevelingen. Deze hebben voor een deel betrekking op de gebruiksvriendelijkheid en inkleding van de nieuwe mogelijkheden in de bestaande software. Andere aanbevelingen zijn meer onderzoeksgericht: er worden verschillende aanknopingspunten geboden om de sterktes van handmatige kalibratie in de geautomatiseerde methode onder te brengen, bijvoorbeeld door kaarten te analyseren op gekwantificeerde landschapsstructuurkenmerken en door onwaarschijnlijke landschapsveranderingen uit het referentiemateriaal te filteren. Ook wordt gewezen op de flexibiliteit die de automatische procedures bieden waardoor het mogelijk wordt eerder gemaakte keuzes, met een redelijke inspanning, meer objectief te beoordelen. Bedoeld wordt zulke essentiële keuzes als de ruimtelijke resolutie, de gemodelleerde economische sectoren en de gemodelleerde landgebruikstypen.

Tot besluit kunnen we stellen dat de beschikbaarheid van de ontwikkelde kalibratieinstrumenten mogelijkheden biedt die van de LOV een modelleeromgeving maken en niet langer een model. Bedoeld wordt dat de mogelijkheid wordt geboden om met weinig inspanning het model te (her)configureren voor specifieke beleidsdoelinden en -oefeningen. De kalibratieroutines laten toe om een dergelijk 'toegespitst' model snel en efficiënt te kalibreren en toe te passen in de wetenschap dat het gedrag wel degelijk het ruimtelijke proces getrouw weergeeft.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding tot het LOV Kalibratie project

In 1997 nam RIVM het initiatief om de LeefOmgevingsVerkenner (LOV) te ontwikkelen. In oorsprong werd dit model ontwikkeld als onderdeel van de LeefOmgevingsBalans. Sinds zijn eerste versie zijn de mogelijkheden en de inzetbaarheid van het model in belangrijke mate gegroeid. Ook de gebruikersgroep van de LeefOmgevingsVerkenner is gestaag gegroeid en omvat op dit ogenblik naast RIVM ook de Rijkswaterstaatinstellingen Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer (RIZA) en Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), evenals een aantal provincies: Utrecht en Noord-Holland.

De investeringen in de LOV van de afgelopen jaren zijn vooral gericht op de technische vervolmaking van het systeem, de uitbreiding van de functionaliteit, en de uitwerking van een aantal typische cases en beleidstoepassingen (Van Delden et al., Geurs et al., (2003), De Nijs et al., (2004). Gelijklopend aan deze ontwikkelingen is de LOV steeds op een minimale basis gekalibreerd en gevalideerd. Veelal is dit gebeurd als onderdeel van de projecten en soms is dit georganiseerd als onderdeel van afstudeerprojecten van onder andere: Berry Blijie aan de TU Delft, Petra Smits aan de Universiteit Utrecht, Wei Luo aan de Memorial University van St. John's, Nfld, Canada. Ten slotte heeft Ton de Nijs in de afgelopen twee jaar onderzoek gedaan naar nieuwe kalibratietechnieken voor de LOV als onderdeel van zijn werkzaamheden aan de Universiteit Utrecht.

Een nieuwe inspanning met betrekking tot de kalibratie van de LOV is gedaan om de volgende redenen:

- de LOV wordt vaker toegepast voor beleidsanalyses. Het spreekt voor zich dat het model resultaten moet produceren die betrouwbaar zijn;
- in de afgelopen jaren is de functionaliteit van het model in belangrijke mate bijgesteld. De nieuwe onderdelen en hun werking binnen het integrale model moeten opnieuw op een systematische wijze gekalibreerd worden;
- er zijn nieuwe data beschikbaar met betrekking tot het ruimtegebruik in Nederland (bodemstatistiek CBS 1996 en 2000). Verder zijn meer recente CBS data beschikbaar op het COROP niveau. Deze kunnen in het model ingevoerd worden en aanleiding zijn tot een betere kalibratie over een langere periode (1989 - 1993 - 1996);
- met de beschikbaarheid van de datasets voor het jaar 2000 is het mogelijk om een beperkte validatie van het model voor het jaar 2000 uit te voeren;
- de kalibratie van de LOV is steeds fragmentarisch gedocumenteerd als onderdeel van de projecten waarin deze is uitgevoerd. Zoals nadrukkelijk wordt gesteld in het Handboek Good Modelling Practice MP (Van Waveren et al., 1999) bemoeilijkt dit de overdracht van de LOV naar de gebruikers;
- het Handboek Good Modelling Practice (GMP) biedt voor deze werkzaamheden een goede handleiding.

1.2 Uitgevoerde werkzaamheden

In deze sectie worden in het kort de activiteiten binnen het kalibratieproject beschreven. De activiteiten zijn onder te verdelen naar de taken die de volgende resultaten opleveren:

- een basisversie van de LOV die bruikbaar is voor de verschillende partijen in het LOV-consortium (RIZA, RIKZ, RIVM en Research Institute for Knowledge Systems (RIKS). Deze basisversie wordt in wat volgt gedefinieerd als de 'Kern-LOV';
- een kalibratie van de Kern-LOV volgens de richtlijnen en kwaliteitscriteria van het Handboek GMP;
- een documentatie van het model volgens de richtlijnen van het Handboek GMP;
- een procedure voor het kalibreren van de Kern-LOV;
- een instrumentarium voor de semi-automatische kalibratie van de Kern-LOV.

De in paragraaf 0 beschreven achtergrond in acht nemend, is de uitvoering van de kalibratieopdracht uitgesplitst naar de volgende deeltaken:

1.2.1 Deeltaak 1: Definiëren en beschrijven van een Kern-LOV

Deel van het kalibratieproject bestaat uit het definiëren en beschrijven van een Kern-LOV die gemeenschappelijk bruikbaar is voor het LOV-consortium (RIZA, RIKZ, RIVM, RIKS), maar ook andere partijen. Het betreft ‘de kern van het LOV model’ en is in essentie een ruimtelijk-dynamisch model dat de ruimtelijke dynamiek van Nederland beschrijft op een macro- en een micro geografische schaal. Het macromodel vindt zijn oorsprong in onderzoek naar regionale dynamiek in bewoning en arbeidsplaatsen (White, (1977); Allen et al., (1985). Het micromodel volgt uit een recente wetenschappelijke stroming die interactie tussen verschillende typen van landgebruik ruimtelijk expliciet modelleert aan de hand van Cellular Automata technieken (White en Engelen, (1993, 1997). Het model rekent voor de korte tot lange termijn (5 tot 30 jaar in de toekomst). Het model is gebouwd voor een iteratief en interactief gebruik door de gebruiker. Engelen et al. (2003) gaat uitgebreid in op de conceptuele achtergrond van het model.

De Kern-LOV ontstaat door in de *meest recente versie* van de LOV die onderdelen uit te zetten die bijzonder specifiek zijn voor bepaalde doeleinden en die als een facultatieve module in het systeem geactiveerd kunnen worden indien nodig. Uitgangspunt bij het definiëren van de Kern-LOV is de versie van de LOV die is ontstaan uit de RIVM opdracht ‘Scheiden LOV Codes’.

Als onderdeel van de opdracht is de inhoud van de Kern-LOV vastgesteld en gedocumenteerd. Uitgangspunt daarbij zijn de stukken en afspraken die opgesteld en gemaakt zijn tijdens het halfjaarlijkse overleg van het LOV-consortium en de Kick-off bijeenkomst van de kalibratieopdracht (tussen RIVM, RIZA en RIKS).

Tijdens het uitvoeren van het kalibratie project is de LOV op onderdelen aangepast. De meest ingrijpende aanpassing is verwijderen uit het model van het onderdeel ‘Productie’. Als gevolg hiervan wordt de dynamiek van het economische luik van het model aangestuurd door de nationale ontwikkeling van het aantal arbeidsplaatsen in plaats van de economische productie zoals voorheen.

1.2.2 Deeltaak 2: Beschrijven van het Kern-LOV modelproject conform het Handboek GMP

Aan de orde gekomen zijn met name:

- het definiëren van het modelproject (beschrijving van het probleem, het doel, de eisen);
- het opzetten van het model (herkomst en gebruik van gegevens, systeembeschrijving, conceptueel model, het modelprogramma, discretisatie in tijd en ruimte, implementatie, verificatie);
- analyse van het model (uitvoeren en documenteren van de kalibratie en validatie);
- gebruik van het model (opstellen van gebruiksregels en voorwaarden);
- interpretatie van resultaten (opstellen van richtlijnen en regels voor het omgaan met de resultaten).

Het GMP stappenplan is als leidraad gebruikt, maar niet als keurslijf. Het GMP stappenplan is ontwikkeld als een generieke aanpak van kalibratie voor allerhande modellen. In de praktijk blijkt dat niet alle onderdelen uit de GMP even toepasselijk zijn voor de LOV en anderzijds dat onderdelen voor de LOV zo cruciaal zijn dat meer aandacht noodzakelijk is.

Het belangrijkste onderdeel waaraan in het Handboek GMP weinig aandacht is besteed maar dat voor het project essentieel is, is de technische uitvoering van de verschillende analyse onderdelen. In het bijzonder de kalibratie stelt een technische uitdaging, vanwege het ruimtelijke en complexe karakter van het model. Bijvoorbeeld, het opstellen van goodness-of-fit maten is niet eenduidig voor dit type modellen.

Er is gebruik gemaakt van bestaand materiaal van eerdere kalibraties en de documentatie van de LOV. Dit materiaal is geordend en waar nodig uitgebreid en toegelicht, zodat gebruikers de informatie terug kunnen vinden die ze als modelbouwer of gebruiker nodig hebben om het model in te kunnen zetten. Ontbrekende onderdelen in de beschrijving van het modelproject zijn ingevuld daar waar ze direct betrekking hebben op de kalibratie van de LOV.

Daarbij zijn drie deelkalibraties aan de orde:

- het macromodel;
- het micromodel;

- het gekoppelde micro-macro model.

Voor elk van de deelkalibraties zijn aangepaste criteria, goodness-of-fit maten en normen vastgesteld conform de richtlijnen van het GMP ter zake. De parameters behorende bij de verkeersmodule zijn niet onderworpen aan de kalibratie. Het functioneren van de verkeersmodule is echter wel beoordeeld door twee modelruns, respectievelijk met en zonder gekoppelde verkeersmodule onderling te vergelijken.

Het RIVM heeft aan de werkzaamheden van deeltaak 2 deelgenomen. In het bijzonder door het aanleveren, documenteren en bewerken van basisdata benodigd voor de modelrun en de historische reeksen voor de modevaluatie. De periode van 1989 tot 1996 is gebruikt als kalibratieperiode. De periode van 1996 tot 2000 geldt als validatieperiode evenals de periode 1989-2030 voor het lange-termijn gedrag van het model.

1.2.3 Deeltaak 3: Ontwikkeling en toepassing van een deels geautomatiseerd en gestandaardiseerd kalibratie-instrument

Kalibreren is een arbeidsintensief proces waarin veel taken herhaaldelijk worden uitgevoerd. Dit proces zal sneller en ook beter verlopen wanneer die taken worden geautomatiseerd. Om die reden is het ontwikkelen van *tools* die het kalibratieproces ondersteunen deel geworden van het kalibratieproject.

Deeltaak 3 is gedurende het project in een stroomversnelling geraakt. Bijgevolg overstijgen de resultaten de oorspronkelijke intenties. De ontwikkelde tools zijn sterk gericht op het uitvoeren van kalibratietaken in plaats van het ondersteunen ervan. Er is een drietal kalibratiemodules ontwikkeld welke met de LOV geïntegreerd in **GEONAMICA** beschikbaar zijn. Deze modules zijn in staat om afzonderlijk de parameters behorende bij het regionale en het cellulaire model van de Kern-LOV te kalibreren.

Naast de geïntegreerde kalibratiemodules is ook het **CHOROMAP-TOOL** ontwikkeld. Dit is een software programma dat het mogelijk maakt om een ruimtelijk beeld te produceren van regionale statistieken. Het **CHOROMAP-TOOL** is een zelfstandig functionerend programma, echter het bewijst zijn diens met name doordat het aangeropen vanuit door een hiertoe ontwikkelde MS Excel *add-in*.

Als onderdeel van de kalibratie methoden rapporteert de LOV over gevoeligheid en robuustheid van de parameters. Er zijn MS Excel werkbladen opgesteld die de uitvoerdata van zowel de LOV als de kalibratiemodules beter inzichtelijk maken.

2 Kalibratieprocedure

2.1 Globale aanpak

Kalibratie van een model is een iteratief proces. Eén iteratie bestaat typisch uit de volgende stappen:

- run het model over een periode in het verleden;
- analyseer de modelresultaten in vergelijking met werkelijke ontwikkelingen;
- pas de parameters aan.

De analyse van de modelresultaten heeft twee functies. Enerzijds het bepalen van de kwaliteit van de parameterset volgens de doelfunctie, ofwel de ‘goodness-of-fit’ (GOF). Anderzijds wordt op basis van het type afwijkingen geschat welke parameterwijzigingen kunnen leiden tot een betere GOF.

De Kern-LOV is een gecompliceerd model. Het model beschrijft verschillende processen die spelen op verschillende ruimtelijke schalen. De processen worden aangestuurd aan de hand van een groot aantal parameters. Dit compliceert de kalibratie, de moeilijkheid zit vooral in de selectie van parameters die aangepast moeten worden voor het bereiken van een betere GOF. Het risico bestaat daarbij dat parameter ‘a’ wordt bijgesteld om een afwijking in parameter ‘b’ te compenseren.

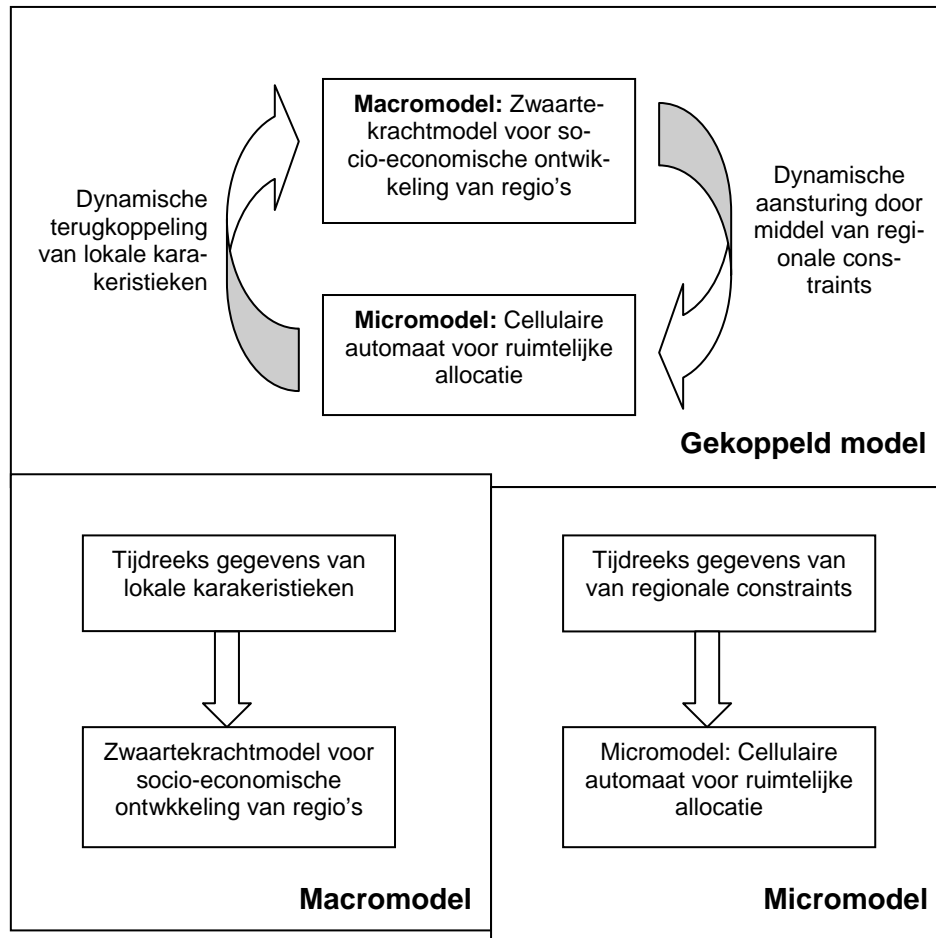
Een sprekend voorbeeld is een doelfunctie gebaseerd op de oppervlakken van verschillende typen landgebruik in een deelgebied van de kaart. Als een bepaald type landgebruik in een gebiedje ondervertegenwoordigd is, dan kan daar in hoofdlijn op drie manieren iets aan gedaan worden:

- de regio (COROP) aantrekkelijker maken in het macro model;
- de locatie aantrekkelijker maken in het micro model;
- het ruimtebeslag van dit type landgebruik laten toenemen.

Welke van de drie aanpakken het meest geschikt is hangt af van de globale situatie; is het type landgebruik ondervertegenwoordigd enkel in de betreffende locatie binnen de regio, of over de gehele COROP of zelfs over de gehele kaart? Afhankelijk van het antwoord op deze vragen zullen de parameters met betrekking tot regionale aantrekkelijkheid, cellulair potentiaal of dichtheid moeten worden aangepast.

Een manier om deze complexiteit te beheersen is het opsplitsen van de globale kalibratie naar kalibratie van ontkoppelde deelmodellen. Dit is enkel mogelijk wanneer in het model duidelijke deelmodellen te herkennen zijn. In het geval van de Kern-LOV zijn de herkenbare deelmodellen het micromodel voor gedetailleerde land allocatie en het macromodel voor regionale socio-economische ontwikkeling. Eventueel kan het macromodel nog gescheiden worden in het zwaartekrachtmodel voor de verdeling van activiteit en het verdichtingmodel voor het koppelen van landclaims aan het activiteitsniveau.

In de ontkoppelde toestand geven de modelonderdelen niet langer informatie aan elkaar door. Hun technische interface wordt ‘gedegradeerd’ van een dynamische koppeling naar een ketenmodel, d.w.z. de koppeling bestaat uit het inlezen van vooraf berekende resultaten uit modellen die in sequentie worden toegepast. Een reeks van voorafberekende resultaten wordt hier een scenario genoemd, omdat deze exogeen aan het model wordt vastgesteld en een verloop in de tijd weergeeft. Bij het micromodel gaat het hierbij om scenario’s van oppervlakken ingenomen door de verschillende typen landgebruik per COROP gebied. De scenario’s die de dynamische koppeling van het micromodel naar het macromodel vervangen, hebben betrekking op gemiddelde regionale cellulaire karakteristieken, zoals: geschiktheid, bereikbaarheid en omgevingspotentiaal. *Figuur 1* geeft de ontkoppeling van het model schematisch weer.



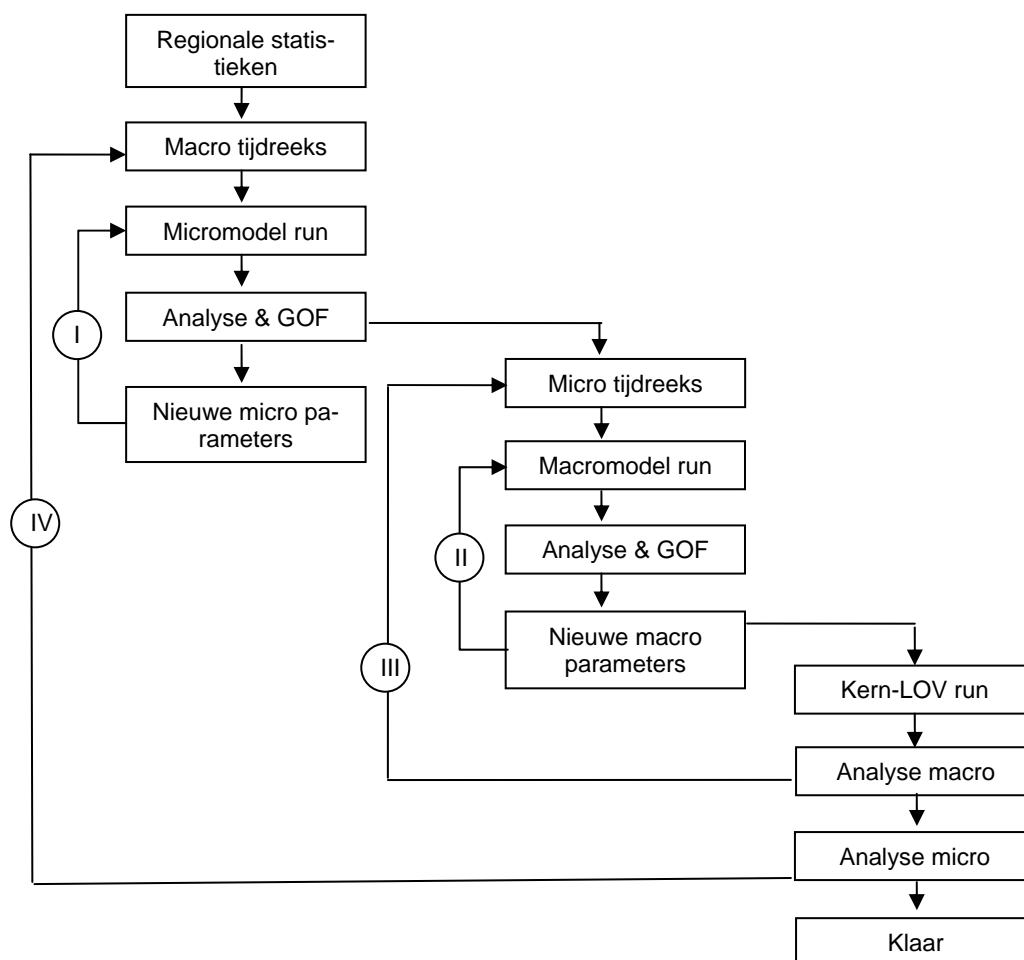
Figuur 1. De ont koppeling van het geïntegreerde Kern-LOV model in een afzonderlijk Macromodel en Micromodel.

De voordelen van gescheiden kalibratie van deelmodellen zijn legio:

- verminderde complexiteit: Afwijkingen in GOF zijn beter af te leiden naar parameters;
- analyse in dienst van deelmodel; In het bijzonder bij de kalibratie van het cellulaire model is gekozen voor een aanpak die ver teruggrijpt op de modelstructuur. Het model is als het ware binnenste-buiten gekeerd om op basis van het verschil tussen doel- en eindkaart een parameterwijziging te bepalen;
- de GOF maat kan gekozen worden in dienst van deelmodel: Voor het macromodel is een 'standaard' som van kwadratische afwijking per regio geschikt. Voor het micromodel daarentegen, zijn genuanceerde kaartvergelijkingsmaten (Power et al., (2001); Hagen (2003) aangewezen;
- verschillende typen kalibratieprocedure kunnen gevolgd worden: Voor de kalibratie van het macromodel kan goed gebruik gemaakt worden van optimalisatie technieken bekend uit de wetenschappelijke literatuur; het micromodel is vanwege zijn complexe gedrag aangewezen op een meer toegespitst algoritme;
- kalibratietaken kunnen beter verdeeld worden naar expertise. Ook wordt het mogelijk om de kalibratie per modelcomponent handmatig of automatisch te laten verlopen;
- de rekentijd beperkt zich tot die van het deelmodel. In de rekentijd benodigd voor het uitvoeren van een enkele tijdstap in het micromodel kan het macromodel duizenden keren worden aangeroepen. Het opsplitsen in deelmodellen heeft daardoor voor het macromodel een grote winst in rekentijd opgeleverd.

Afzonderlijke kalibratie van deelmodellen is niet zonder nadeel; bij het herkoppelen van de deelmodellen wordt het dynamische gedrag van het model hersteld. Hierdoor kan het voorkomen dat terugkoppelingsprocessen leiden tot een verslechtering in vergelijking met de gekalibreerde resultaten. Om deze reden is het noodzakelijk om een kalibratie op deelmodellen te laten volgen door een validatie op

het gekoppelde model en afhankelijk van de resultaten van de validatie op het gekoppelde model een aanvullende kalibratie specifiek gericht op de dynamische communicatie over en weer tussen de deelmodellen. **Figuur 2** geeft weer hoe deze procedure voor de LOV verloopt.



Figuur 2. Schematische weergave procedure voor de kalibratie van Kern-LOV op deelmodellen

Er zijn in de procedure vier typen iteraties te herkennen (I, II, III en IV). In eerste aanleg wordt het micromodel gekalibreerd waarbij het regionale databestand gevormd wordt door historische data. De parameters van het micromodel worden geoptimaliseerd volgens iteratie I. Zodra de kalibratie van het micromodel voldoet aan de criteria, worden op basis van de gekalibreerde parameters de scenario's aangemaakt die door het macromodel gebruikt worden. De parameters van het macromodel worden vervolgens fijngesteld volgens iteratie II.

Vervolgens wordt aan de hand van een run met de Kern-LOV beschouwd of er terugkoppelingen optreden die de kalibratie verstoren. In eerste instantie wordt het macromodel beschouwd. Wanneer de resultaten van het gekoppelde macromodel beduidend minder zijn dan die van het ontkoppelde model dan wordt op basis van de Kern-LOV run een nieuwe set microschaal data aangemaakt en begint de kalibratie van het macro model opnieuw (iteratie III).

Wanneer iteratie III heeft geleid tot een stabiel macromodel wordt als laatste analyse nagegaan of het micromodel tot beduidend slechtere resultaten leidt in gekoppelde toestand. Indien dit het geval is zal de gehele procedure opnieuw uitgevoerd worden. Waarbij het micromodel ditmaal niet aangestuurd wordt vanuit historische data, maar in plaats daarvan met de scenario's zoals door de Kern-LOV aangemaakt (iteratie IV).

2.2 Macro model

Het macromodel van de LOV is al eerder gekalibreerd en op basis van ervaring is een procedure ontstaan voor de handmatige kalibratie van het macromodel. Deze procedure legt uit in welke volgorde de verschillende parameters bijgesteld worden en waar tijdens de kalibratie op gelet dient te worden. Deze procedure staat beschreven in de Technische documentatie van de LOV, bijlage 1 (De Nijs et al., (2001).

Aan de hand van een literatuur onderzoek (Van Loon et al., (2004) is gezocht naar methoden die het mogelijk maken de kalibratie automatisch uit te voeren. Het resultaat van het literatuuronderzoek was dat niet één enkele optimalisatietechniek geschikt is. In plaats daarvan is een combinatie van drie methoden met complementaire kwaliteiten toegepast waarbij de ervaringslessen uit eerdere kalibraties in acht zijn genomen.

De drie toegepaste technieken zijn:

- domein zoeken;
- hill climbing / Golden section search;
- handom Search.

De drie technieken hebben verschillende functies in de procedure. *Domein zoeken* wordt gebruikt om het zoekdomein voor de optimale parameterwaarde te verkleinen. *Hill climbing* en *Golden section search* zijn twee methoden om binnen het verkleinde domein het lokale optimum te vinden. Welke van deze twee methoden het meest efficiënt is, zal nog verder onderzocht worden. *Random search* ten slotte dient om uit een eventueel lokaal optimum te geraken in de zoektocht naar het globale optimum. De automatische kalibratie procedure staat in detail beschreven in Annex F.2

2.3 Micro model

Het micro model deelt de landgebruiken toe op cellulair niveau. Het gaat hierbij om een gecompliceerd model dat gebruik maakt van een groot aantal parameters. Het heeft bovendien een relatief lange rekentijd. De terugkoppelingsprocessen in een cellulaire automaat kunnen aanleiding zijn tot een dusdanig complex gedrag dat automatische kalibratie volgens standaard technieken vrijwel onmogelijk is. Op basis van eerdere ervaring is een procedure ontwikkeld voor de handmatige kalibratie van het micromodel (White en Engelen; (2003).

Daarnaast is binnen RIKS al geruime tijd gewerkt aan een automatische procedure voor het kalibreren van het micromodel. Dit heeft geleid tot een optimalisatie algoritme dat zijn kwaliteiten bewezen heeft op proefproblemen van een meer theoretische aard.

Het hoofdidee van de kalibratieprocedure is dat parameters worden aangepast met als doel het potentiaal van landgebruiken die verkeerd geplaatst zijn op die locaties te verlagen ten opzichte van de landgebruiken in de doelkaart op dezelfde locatie. De methode staat in detail beschreven in (Straatman et al., (2004).

Als onderdeel van het kalibratieproject is de automatische procedure geoperationaliseerd binnen **GEONAMICA**, zodat het ook op de LOV kan worden toegepast. Bovendien is het onderzoek aan de procedure voortgezet en is vooruitgang geboekt met betrekking tot de snelheid van convergentie en de kwaliteit van de resultaten. De aangepaste procedure staat beschreven in Annex F.1.

De procedure is niet ideaal; het vindt regels die weliswaar leiden tot een betere fit, maar die vanuit onze proceskennis niet altijd goed te beredeneren zijn. Dit is te verklaren vanuit het feit dat de set van kalibratiedata slechts beperkt is, waardoor het mogelijk is dat de procedure een betere fit vindt door zich te richten op uitzonderlijke situaties en fouten op de kaart. Bovendien houdt de automatische procedure geen rekening met het lange termijn gedrag van de regels. De automatische kalibratie moet daarom (vooralsnog) gezien worden als hulpmiddel bij de handmatige kalibratie. De automatische methode doet hierin voorstellen waarbij de gebruiker zelf moet beslissen welke gebruikt worden en welke niet. Op deze manier worden de voordelen van de handmatige en de automatische methode gecombineerd.

De voordelen van handmatige kalibratie zijn:

- regels worden gekozen in functie van kennis van ruimtelijke processen, ze leiden daardoor naar verwachting ook op langere termijn tot ‘natuurlijk’ gedrag;
- regels worden bijgesteld op basis van een zeer flexibele optische inspectie van kaartbeelden. De menselijke analist is beter in staat dan een geautomatiseerde methode om in te zien wat er mis is in een kaart en hoe dit terug te redeneren is naar afstandsregels;
- de menselijke analist is goed in staat om een waardeoordeel uit te spreken over het kaartbeeld zoals dat ontstaat op de lange termijn (2030) voor de geautomatiseerde methode zijn hiertoe vooralsnog geen goede methoden voorhanden.

De voordelen van automatische kalibratie zijn:

- de automatische methode is sterk in het exact fijnstellen van de afstandsregels;
- de automatische methode is zeer systematisch en daardoor in staat om verbanden op te pikken die de menselijke analist over het hoofd ziet, of verkeerd beoordeelt;
- de automatische methode is goedkoop, werkt gedurende de hele nacht en ook in het weekend.

3 Kalibratieresultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten voor modelruns over drie perioden. Onderscheiden worden de *Kalibratieperiode*, de *Korte termijn validatieperiode* en de *Lange termijn validatieperiode*. De kalibratieperiode dient als dataset voor het zoeken naar een combinatie van parameterwaarden met een optimale fit. De validatieperioden dienen om te testen in hoeverre de parameters, die zijn gevonden op basis van de kalibratieperiode, ook tot goede resultaten leiden wanneer ze worden toegepast op een andere periode, waarbij zowel naar de korte termijn als naar de lange termijn gekeken wordt.

Voor de kalibratie en validatie is slechts beperkt data beschikbaar. De bottleneck met betrekking tot beschikbaarheid zijn de landgebruikskaarten. Deze zijn beschikbaar voor vier momenten in de tijd: 1989, 1993, 1996 en 2000. Er is gekozen om over de periode van 1989 - 1996 te kalibreren, omdat de data voor deze periode betrouwbaarder wordt geacht en omdat dit een langere periode is dan 1996-2000. Voor de validatie blijft hierdoor de periode 1996 - 2000 over. Een korte termijn validatie is niet ideaal voor het evalueren van een lange termijn model. Daarom spreken we van een *beperkte validatie*. Voor de lange termijn validatie wordt de periode 1989 - 2030 nader beschouwd. Voor 2030 is uiteraard geen referentiekaart beschikbaar. De resultaten worden daarom beoordeeld op hun globale structuur.

Goodness-of-fit maten hebben slechts een relatieve betekenis. Om deze reden worden de resultaten gespiegeld aan de resultaten van zogeheten naïeve voorspellers. De naïeve voorspeller voor het macromodel is het ‘constant share’ model. Voor het micro model wordt gebruik gemaakt van de, als onderdeel van het kalibratieproject ontwikkelde, Random Constraint Match (RCM). Deze methoden staan beschreven in Annex E.

Aangezien de LOV begint met de initiële kaart (1989) en hier vervolgens iteratief wijzigingen op aanbrengt zijn vooral de veranderingen in de kaart over de periode 1989-1996 van belang. Veranderingen in de kaart kunnen ontstaan door verschillende oorzaken:

- werkelijke veranderingen in het landgebruik;
- veranderingen in de classificatie;
- veranderingen in de interpretatie van bronmateriaal;
- (af rond) fouten in het opstellen van de kaarten.

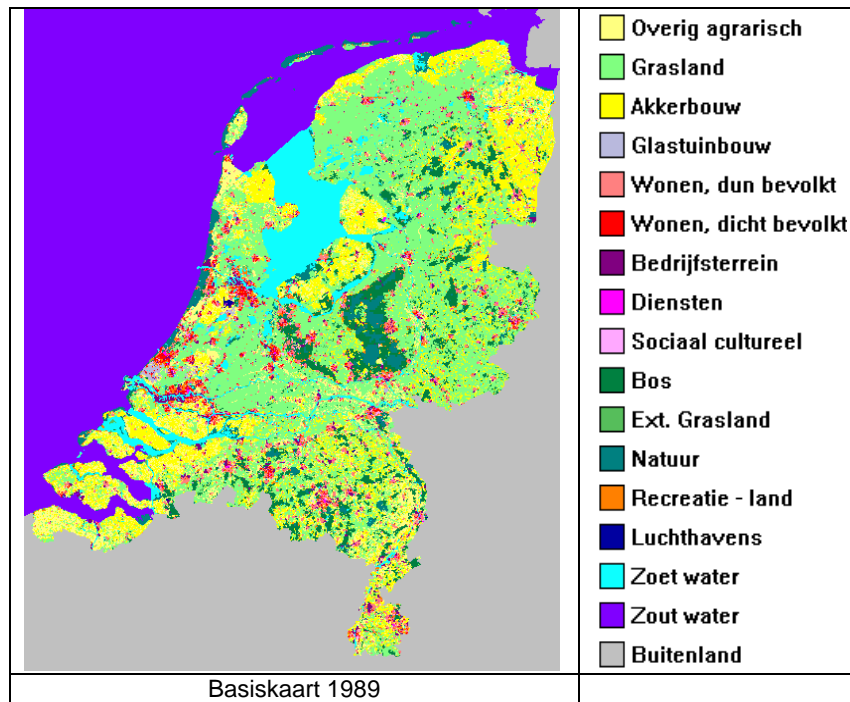
Doordat over korte perioden relatief weinig werkelijke veranderingen optreden, kan de impact van oneigenlijke veranderingen en fouten zeer groot zijn. Een analyse van de kaarten (te vinden in Annex D) geeft aan dat de oneigenlijke wijzigingen wellicht 25% uitmaken van de totale wijzigingen.

3.1 Kalibratie 1989-1996

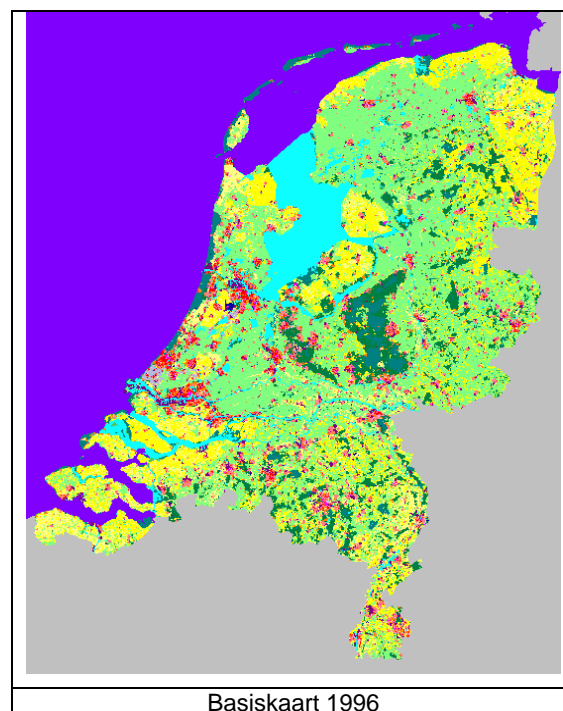
Over de kalibratie periode zijn goede resultaten behaald; het micromodel en het macromodel presteren beiden significant beter dan de corresponderende naïeve voorspellers.

3.1.1 Micromodel kalibratie 1989-1996

Figuur 3 en Figuur 4 tonen de landgebruikskaarten waarop de kalibratie is gebaseerd. Uit de kaartbeelden blijkt dat er relatief weinig verandert in zeven jaar tijd. Het is al nodig om de kaarten van nabij te bestuderen om de verschillen te zien. Dit is een punt van zorg omdat het feitelijk betekent dat de kalibratie weinig input krijgt voor het vinden van geschikte parameterwaarden.



Figuur 3. De initiële kaart voor de kalibratieperiode.



Figuur 4. De doelkaart voor de kalibratieperiode.

De resultaten voor het ontkoppelde model (*Tabel 1*) hebben als eindresultaat weinig betekenis. Ze worden hier weergegeven omdat op basis van deze resultaten (in het bijzonder het geringe verschil met de resultaten in *Tabel 2*) is besloten om het micromodel enkel te kalibreren op de historische reeks van data en niet op de uitvoer van het LOV macromodel. Dat wil zeggen: iteratielus IV uit hoofdstuk 0 is niet uitgevoerd, omdat de herkoppeling met het macromodel niet tot ongewenste feedback processen heeft geleid.

Tabel 1. Fuzzy Kappa resultaten van het ontkoppelde micromodel, met als referentiewaarden de fit van de naïeve voorspeller.

	Totaal	Overig agrarisch	Grasland	Akkerbouw	Glastuinbouw	Wonen, dun	Wonen, dicht	Bedrijfssterrein	Diensten	Sociaal cultureel	Bos	Ext. Grasland	Natuur	Recreatie – land
Model 1989-1996	0.935	0.868	0.957	0.970	0.847	0.907	0.961	0.845	0.721	0.805	0.952	0.887	0.898	0.831
RCM 1989-1996	0.924	0.861	0.952	0.970	0.829	0.874	0.951	0.815	0.689	0.804	0.939	0.861	0.860	0.828

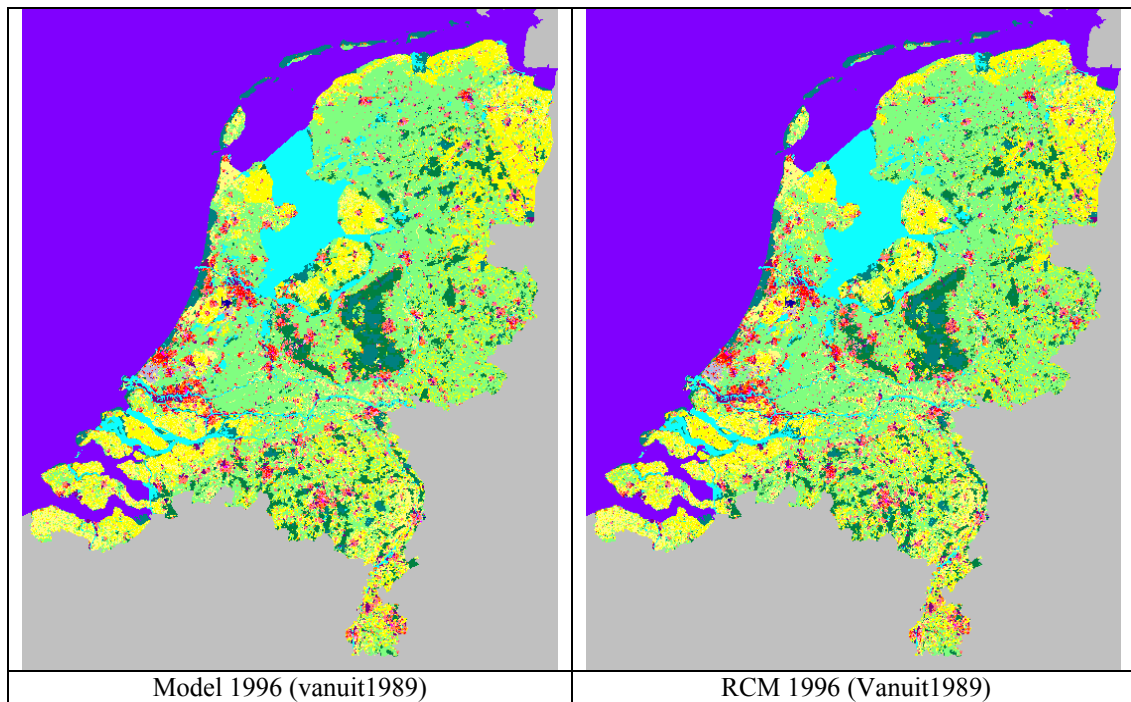
De eigenlijke evaluatie van het micromodel vindt plaats in samenhang met het macromodel (Tabel 2). Zoals gesteld zijn de Fuzzy Kappa resultaten geen aanleiding voor een herhaalde kalibratie van het micromodel met aangepaste invoerbestanden.

Tabel 2. Fuzzy Kappa voor het gekoppelde micromodel voor de hele kaart en per landgebruik, Model afgezet tegen de naïeve voorspeller.

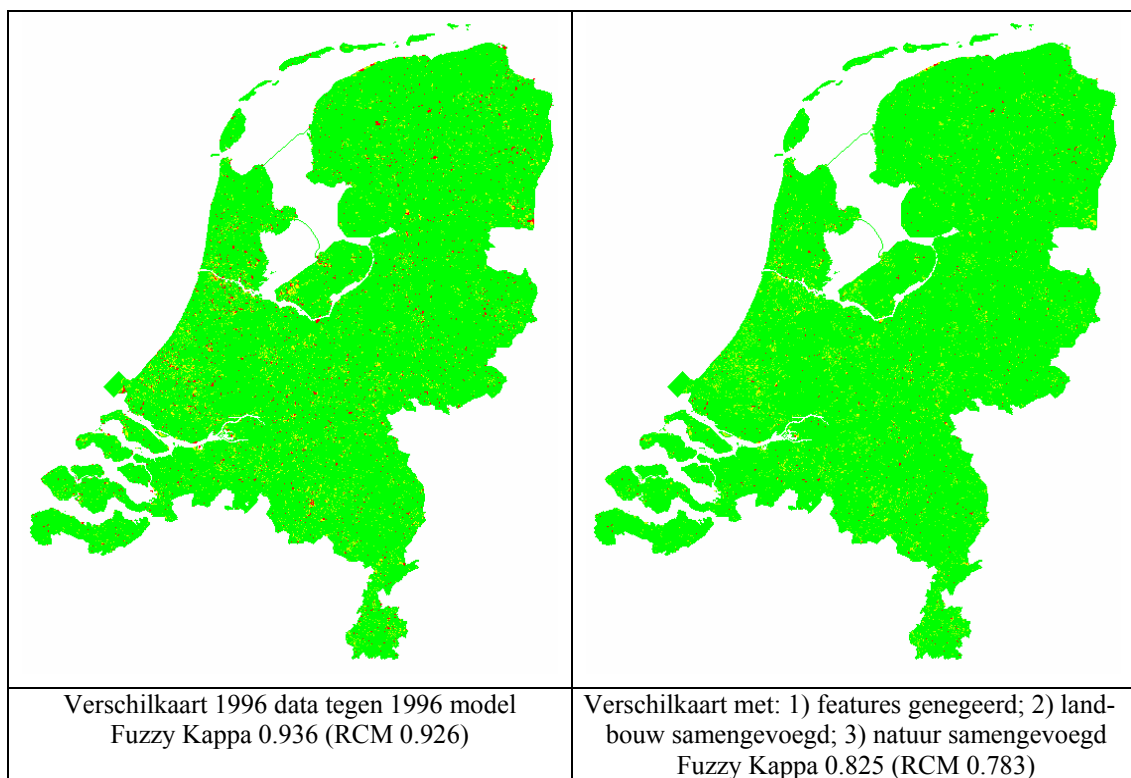
	Totaal	Overig agrarisch	Grasland	Akkerbouw	Glastuinbouw	Wonen, dun	Wonen, dicht	Bedrijfssterrein	Diensten	Sociaal cultureel	Bos	Ext. Grasland	Natuur	Recreatie – land
Model 1989-1996	0.936	0.868	0.958	0.970	0.847	0.909	0.961	0.843	0.752	0.800	0.952	0.887	0.897	0.833
RCM 1989-1996	0.926	0.862	0.953	0.970	0.834	0.879	0.951	0.829	0.748	0.813	0.936	0.865	0.859	0.827

Figuur 5 toont de kaarten van 1996 zoals die door de LOV en de corresponderende RCM gegenereerd worden. De afwijkingen ten opzichte van de werkelijke kaart zijn minimaal. Dit wordt grotendeels verklaard doordat er in de periode 1989-1996 slechts weinig verandering optreedt.

De verschillen tussen de door het model gegenereerde kaart van 1996 en de doelkaart is weergegeven in Figuur 6. Om een beter zicht te krijgen op de afwijkingen die meer relevant worden geacht is de vergelijking ook uitgevoerd in een setting waarbij de agrarische en de natuurlijke landgebruiken gegroepeerd zijn en waarin afwijkingen met betrekking tot *features* zijn uitgefilterd. *Features* zijn typen landgebruik die door de LOV als onveranderlijk worden aangemerkt, het betreft: vliegvelden, zoet water, zout water en buitenland. Het resultaat van deze aangescherpte analyse is eveneens weergegeven in Figuur 6.



Figuur 5. De kaart van 1996 zoals gegenereerd door de Kern-LOV en de naïeve voorspeller.



Figuur 6. De fuzzy vergelijkingskaart voor 1996 en de vergelijkingskaart waarbij 'onbelangrijke' verschillen niet worden aangemerkt.

3.1.2 Macromodel kalibratie 1989-1996

Het macromodel wordt geëvalueerd op basis van twee maten. De activiteit (inwoners, arbeidsplaatsen) wordt geëvalueerd op basis van de gemiddelde afwijking (in %) van de relatieve groei per COROP en per sector. De landclaims worden geëvalueerd op basis van de afwijking in aantallen cellen (25 ha) per regio en per sector. Als referentie wordt het *constant share* (zie Annex E) model gebruikt. De resultaten die daarbij zijn behaald staan weergegeven in *Tabel 3*.

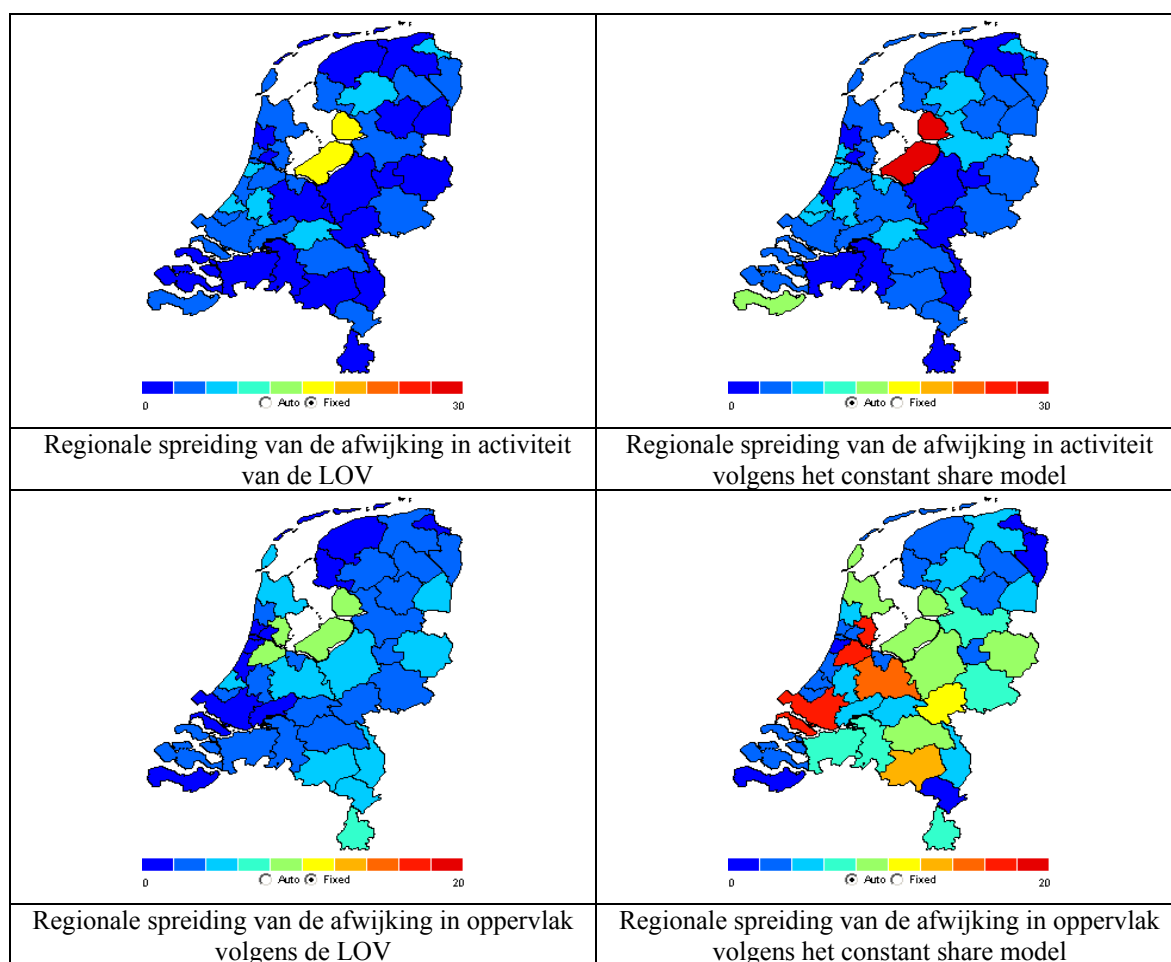
Tabel 3. Goodness-of-fit maten voor het macromodel van de LOV en de naïeve voorspeller voor de periode 1989-1996.

	LOV	Constant share
Activiteit (afwijking van de groei)	3,9%	5,2%
Oppervlak (afwijking in cellen)	3,3	5,7

Uit de resultaten blijkt dat de LOV de groei van arbeidsplaatsen en inwoneraantallen gemiddeld vier procent verkeerd schat (Nb. Het gaat hierbij om het percentage van de groei, niet om procentpunten. Dat wil zeggen dat een groei van 10% door de LOV gemiddeld wordt geschat als 10,4% of 9,6%) De fout in het oppervlak betekent dat de LOV de landclaims per type landgebruik, per regio gemiddeld met drie cellen verkeerd schat.

Al met al betekent dit dat de LOV over de kalibratie periode 25 tot 40 procent beter presteert dan het *constant share* model. De kalibratie is daarom geslaagd te noemen.

De GOF is ruimtelijk in beeld gebracht in **Figuur 7**. Het wordt daarbij duidelijk dat Flevoland zich in de kalibratie uitzonderlijk gedraagt ten opzichte van de overige regio's en dat de LOV dit uitzonderlijke gedrag beter benadert dan het constant share model.



Figuur 7. Regionale spreiding van de Goodness-of-fit maten.

3.2 Korte termijn validatie 1996-2000

Tabel 4 en **Tabel 5** tonen aan dat over de periode voor de korte termijn validatie de LOV minder goed presteert dan de naïeve voorspellers. Daar zijn verschillende oorzaken voor aan te wijzen. De resultaten kunnen een aanwijzing zijn dat de microschaal regels zoals die in het model worden toegepast niet constant in de tijd zijn. Het lijkt immers tegenstrijdig dat de gekalibreerde regels goed presteren over de kalibratieperiode, maar niet over de validatieperiode. Een andere mogelijke verklaring is dat de regels overgekalibreerd zijn. Dat wil zeggen dat ze dusdanig zijn afgestemd op uitzonderlijke situaties in de kaart over de periode 1989-1996 dat ze met betrekking tot grootschalige processen weinig betekenis hebben. Een derde optie is dat in een periode van vier jaar slechts weinig verandert. Het is daardoor niet goed mogelijk de grootschalige achterliggende processen te herkennen. Een analogie met hydrodynamische modellen is dat getijdenmodellen niet gekalibreerd en gevalideerd dienen te worden op een periode van een paar uur, net zoals modellen voor zeespiegelstijging niet te evalueren zijn op een periode van een paar jaar.

Naast deze verschillende inhoudelijke kwesties spelen ook praktische: de consistentie van de dataset, zowel voor de kalibratie als de validatie. De consistentie van de data is aantoonbaar hoog, maar juist doordat we geïnteresseerd zijn in landgebruikveranderingen is de gevoeligheid naar afwijkingen ook zeer groot. (Zie ook Annex D). Van de landgebruikskaart van 2000 is bekend (persoonlijke communicatie Ton de Nijs) dat de legendadefinities niet volledig consistent zijn met die van de overige kaarten. Dit beïnvloedt de beoordeling van het micromodel sterk. Indirect beïnvloedt het ook de beoordeling van het macromodel doordat de oppervlakken waarmee vergeleken wordt zijn afgeleid uit de landgebruikskaart van 2000.

Ook de gebruikte foutmaat speelt een rol. De Fuzzy Kappa neemt geografische structuur in rekening bij het vergelijken van kaartbeelden. Daartoe neemt het bij de beschouwing van de overeenkomst van een locatie op twee kaarten ook de omgevingsamenstelling in rekening. Een nadelig kenmerk van deze methode is dat het geen rekening houdt met de wijze waarop landgebruiken geclusterd zijn en daardoor neigt om gefragmenteerde landschappen meer gelijkend te vinden dan sterk geclusterde landschappen.

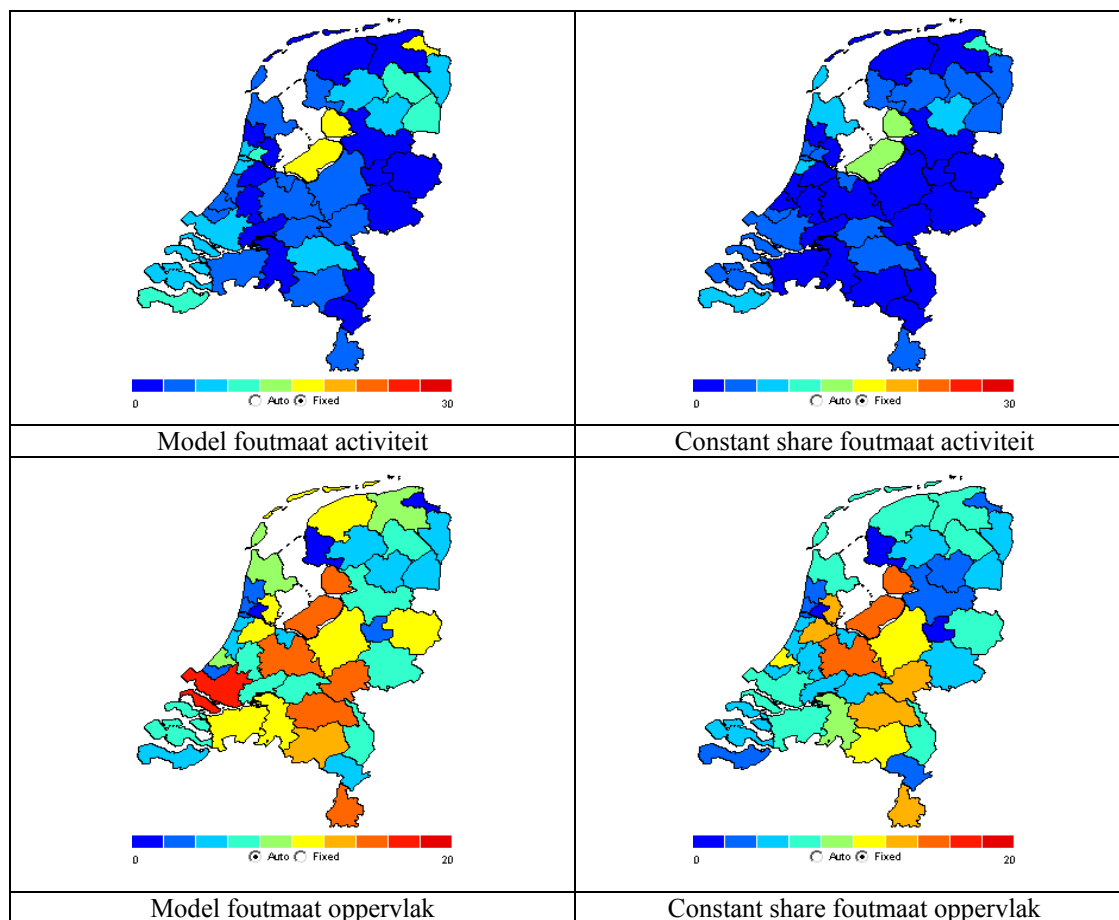
Uit **Figuur 8** blijkt dat de ontwikkeling van Flevoland over deze periode minder sterk afwijkt van de rest van Nederland, waardoor het constant share model in de validatie periode beter toepasbaar is dan in de kalibratie.

Tabel 4. Fuzzy Kappa voor de modelresultaten in 2000 afgezet tegen de naïeve voorspeller.

	Totaal	Overig agrarisch	Grasland	Akkerbouw	Glastuinbouw	Wonen, dun	Wonen, dicht	Bedrijfssterrein	Diensten	Sociaal cultureel	Bos	Ext. Grasland	Natuur	Recreatie - land
Model 1996-2000	0.913	0.804	0.941	0.95	0.855	0.887	0.977	0.805	0.575	0.762	0.962	0.886	0.845	0.772
RCM 1996-2000	0.922	0.858	0.946	0.957	0.858	0.894	0.984	0.847	0.595	0.793	0.960	0.878	0.815	0.825

Tabel 5. Goodness-of-fit maten voor het macromodel van de LOV en de naïeve voorspeller voor de periode 1996-2000.

	LOV	Constant share
Activiteit	5,2%	3,9%
Oppervlak	7,7	6,4



Figuur 8. Ruimtelijke verdeling van de fout in 2000 volgens de LOV en constant share model.

3.3 Lange termijn validatie 1989-2030

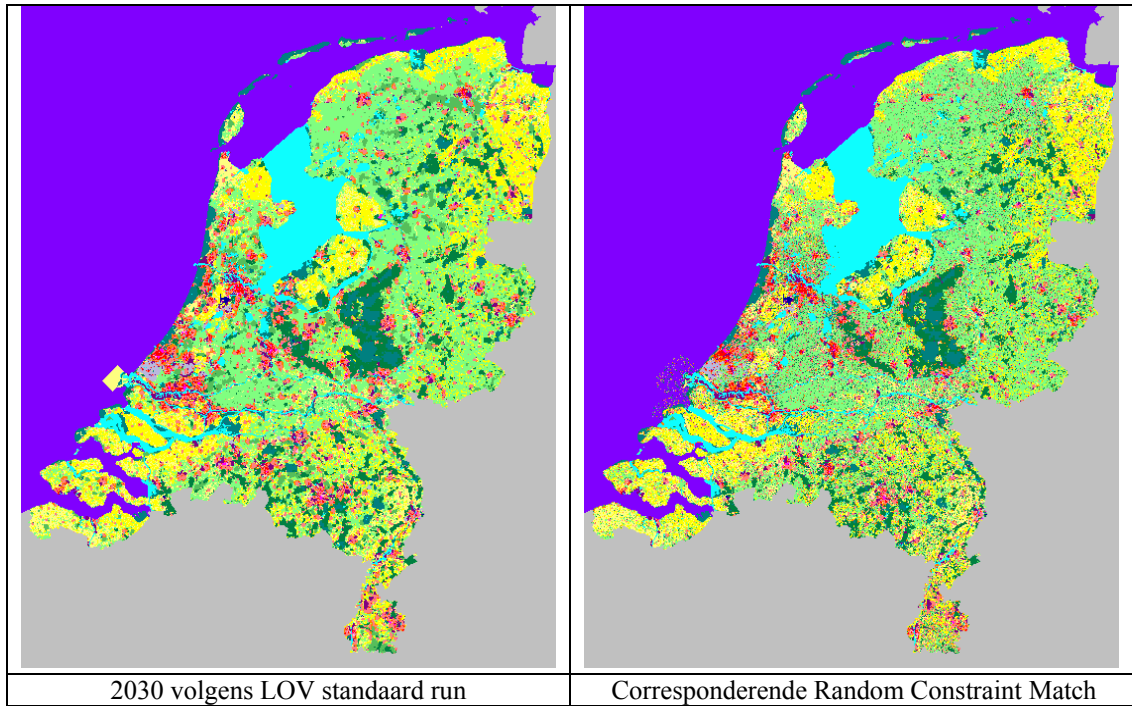
Zoals gesteld in de voorgaande sectie dient een model dat bedoeld is voor lange termijn verkenningen ook getoetst te worden op de lange termijn resultaten. Er is echter geen lange termijn referentie dataset beschikbaar¹. Bij de analyse van de resultaten zijn we daarom aangewezen op ‘expert’ interpretatie. Uit de interpretatie van de resultaten blijkt dat over het macromodel geen duidelijke uitspraak gedaan kan worden. De resultaten zijn redelijk maar niet meer of minder dan die van de naïeve voorspeller. Het micromodel daarentegen genereert op de lange termijn duidelijk betere resultaten dan de naïeve voorspeller.

3.3.1 Lange termijn validatie van het micromodel

De vraag die we ons voorhouden is: ziet de kaart er na een lange simulatieperiode nog altijd billijk uit. Waar op gelet is, zijn grootte en distributie van clusters.

Figuur 9 toont de kaart van 2030 zoals die door het model gegenereerd wordt. Ter vergelijking is ook de kaart van 2030 die wordt bereikt door middel van Random Constraint Matching voor dezelfde constraints per COROP. Uit de resultaten blijkt dat de LOV over een lange modelperiode in staat is om een realistisch kaartbeeld te behouden. Het model onderscheidt zich daardoor positief van de RCM die enkel een diffuserend effect op de kaart heeft.

¹ Het zoeken naar een alternatieve dataset is geen onderdeel van het project geweest.

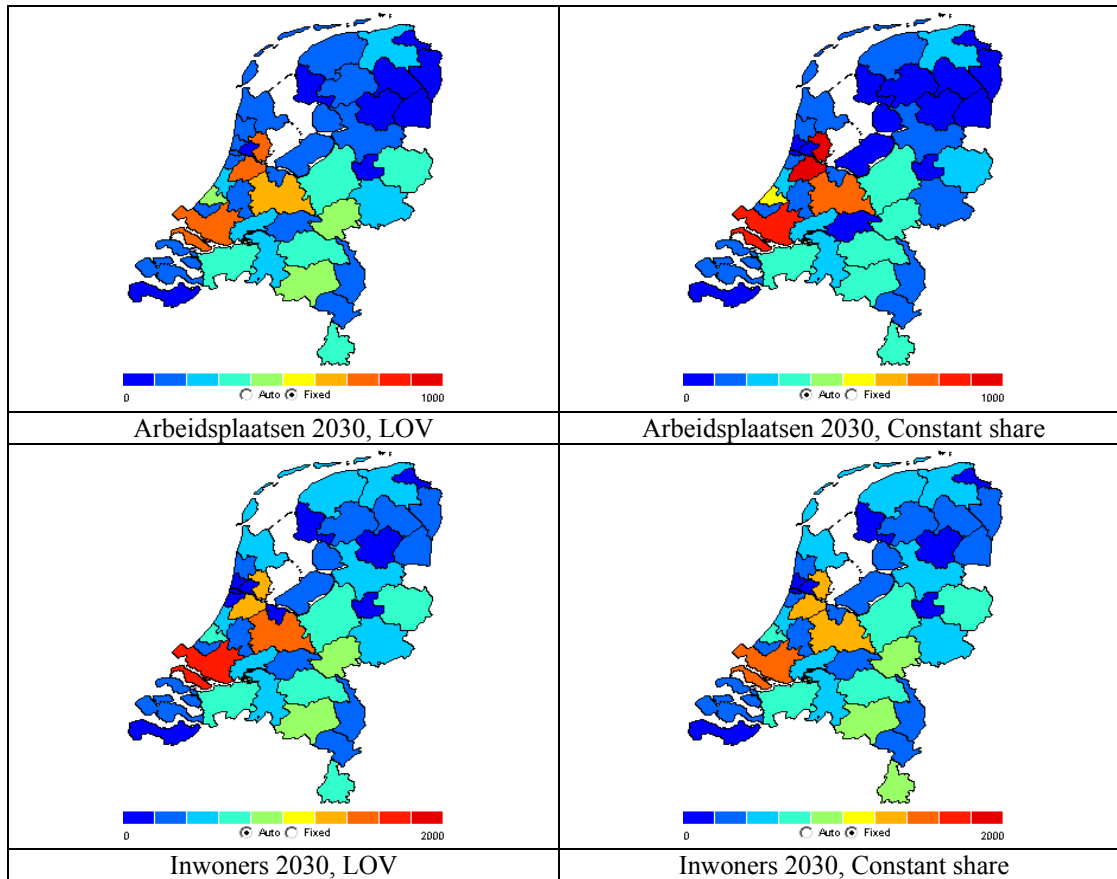


Figuur 9. Kaartbeeld in 2030 volgens LOV en de naïeve voorspeller.

3.3.2 Lange termijn validatie van het macro model

De kaarten in **Figuur 10** tonen de verdeling van de arbeidsplaatsen in 2030 volgens het LOV model en het constant share model. Uit de resultaten blijkt een afwijking vooral in de verdeling van de arbeidsplaatsen over de regio. Gedurende de simulatie heeft de LOV de middelgrote COROPs harder laten groeien dan de overige. Wat resulteert in een verdeling van de arbeidsplaatsen die sterk lijkt op die van de inwoners.

Het is moeilijk om op basis van deze resultaten een uitspraak te doen over de validiteit van het macromodel.



Figuur 10. Macromodel resultaten voor de periode 1989-2030.

4 Kalibratietools en software aanpassingen

De ontwikkeling van kalibratietools is verder gegaan dan bij aanvang van het project was gepland.

4.1 LeefOmgevingsVerkenner

Naar aanleiding van de analyses die uitgevoerd zijn (globaal gedrag, gevoeligheid, robuustheid) is de LOV op onderdelen verbeterd. Het gaat daarbij om:

- verbeterde log functionaliteit;
- verbeterde inleesroutines;
- verbeterde robuustheid naar uitzonderlijke situaties;
- programmatische versnellingen van micro en macromodel, (factor 2 à 3).

Ook het rekenmodel zelf is op onderdelen aangepast:

- economische activiteit wordt gemodelleerd aan de hand van arbeidsplaatsen, dit betekent dat het onderdeel 'Productie' uit het model is verwijderd;
- verbeterde integratie van de afstandenmatrix uit de verkeersmodule;
- afstandsrelatie in aantrekkelijkheid expliciet gemaakt.

Het meest ingrijpend is dat het model economische activiteit modelleert aan de hand van arbeidsplaatsen in plaats van productie. Verder worden afstanden tussen regio's uitgedrukt in kosten (euro's) in plaats van kilometers. Hiermee is de koppeling met het verkeersmodel directer gemaakt: er is geen interne conversie van euro's (Verkeersmodel) naar kilometers (Kern-LOV) meer nodig. Voor de reisafstand binnen de regio is een parameter toegevoegd, deze parameter dient voor het aansturen van de balans tussen inter- en intraregionale verplaatsingen.

De wijze waarop afstand de aantrekkelijkheid van een regio ten opzichte van een ander beïnvloedt is geherformuleerd. Het onderscheid is dat in het aangepaste model de β exponenten nog enkel betrekking hebben op de activiteit en niet langer op de afstandsgewogen activiteit. Het feitelijke model is hierdoor niet veranderd, (de afstand is 'buiten haakjes' gehaald) maar het beïnvloedt wel de betekenis van de afzonderlijke parameters. De reden voor deze aanpassing is dat de functie van de afzonderlijke parameters beter te onderscheiden is en daardoor de 1) de kalibratie beter verloopt en 2) de parameterdomeinen beter af te bakenen zijn.

Er is nieuwe functionaliteit aan de LOV toegevoegd die het mogelijk maakt om het macromodel toe te passen afzonderlijk van het micromodel. Enerzijds is er:

- micromodel tijdreeks generator, deze optie schrijft de gegevens die tijdens een reguliere LOV run door het micromodel aan het macromodel worden doorgegeven weg naar databestanden;
- stand alone modus macromodel, in deze modus rekent het macromodel met de eerder weggeschreven databestanden.

4.2 Monte Carlo tool

Het Monte Carlo tool is als onderdeel van het kalibratieproject herzien. Dit heeft een reeks van kleine en grote verbeteringen opgeleverd:

- bugfixes en tweaks, compatibiliteit met Windows XP;
- ongelimiteerd draaien, er is geen maximaal aantal runs;
- verbeterde robuustheid;
- betere logging (frequentie en kaartinformatie);
- meer intuïtieve en informatieve interface;
- uitgebreid met ondersteuning van tijdreeksen.

4.3 Regioviewer plug in voor MS Excel

Als hulpmiddel bij het kalibreren is het **CHOROMAP-TOOL** ontwikkeld: een visualisatie tool voor regionale gegevens. Deze tool is geschikt om aangeroepen te worden vanuit Excel. Het tool genereert op basis van een reeks regionale data een zogeheten choropletenkaart. Voorbeelden van deze kaartjes zijn te vinden in bijvoorbeeld *Figuur 10*. De tool bestaat uit twee onderdelen. Een programma ChoroMap.exe dat gebruik maakt van de **GEONAMICA** bibliotheek en een MS Excel (.xla) Add-in, ontwikkeld in Visual Basic.

4.4 Kalibratie modules

GEONAMICA is uitgebreid met een generieke kalibratieshell. Dit betekent in feite dat de modelomgeving waarbinnen het LOV model wordt gerund, een plek heeft gekregen van waaruit modellen herhaaldelijk kunnen worden aangeroepen en de parameters kunnen worden aangepast.

Voor de LOV zijn hiervoor drie specifieke implementaties gemaakt:

- default implementatie;
- micromodel implementatie;
- macromodel implementatie.

De kalibratiemethoden zijn bovendien uitgerust met functionaliteit met betrekking tot:

- gevoeligheidsanalyse;
- robuustheidsanalyse.

Het kalibratie menu voor het macromodel is uitgebreid met enkele geavanceerde functionaliteiten. Het betreft:

- het berekenen van Fit waarden voor regionale verdichtingen en intra-reisafstand die het macromodel fitten aan een gewenste eindsituatie. Deze aanpassing vereist nog uitgebreid testen evenals documentatie en een inhoudelijke evaluatie;
- Het automatisch onderzoeken van de robuustheid van het model bij de opgegeven parameterdomen;
- Het automatisch uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse.

Deze onderdelen zijn nog in ontwikkeling en worden aangestuurd middels een verzameling van tekstbestandjes. De onderdelen functioneren en zijn intensief gebruikt bij het uitvoeren van het kalibratieproject. Ze worden aangeboden als prototype, wat betekent dat het fijnstellen van de functionaliteit, een meer gebruiksvriendelijke implementatie, alsook het opstellen van een volledige documentatie met richtlijnen voor gebruik onderdeel kan zijn van een toekomstig project.

Bij de macromodel implementatie hoort bovendien een

- macromodel analyse sheet.

Voor de theoretische achtergrond en beschrijving van de kalibratiemethoden verwijzen we naar Annex F en de referenties (Van Loon et al., Straatman et al., (2004), White en Engelen (2003). Voor instructies met betrekking tot de bediening van de tools, zie Annex G.

5 Conclusie

Het LOV kalibratieproject is opgezet vanuit een aantal doelstellingen. In eerste plaats is er behoefte aan een beter inzicht in de inhoud en het functioneren van de LOV. Daarnaast is er behoefte aan een versie van de LOV die beter gekalibreerd is dan voorheen. Ten slotte is er behoefte aan een procedure en bijbehorende gereedschappen die het doorlopen van een kalibratie in de toekomst vergemakkelijken.

Het kalibratieproject heeft in deze drie doelstelling voorzien, zoals blijkt uit het volgende overzicht van behaalde resultaten:

- De bestaande documentatie is geherstructureerd en waar nodig bijgewerkt of uitgebreid.
 - De modelcontext is gedocumenteerd;
 - Het rekenmodel is wiskundig ondubbelzinnig en volledig gedocumenteerd.
- De kalibratieopdracht is aangegrepen om ‘onderhoud’ aan het model te doen.
 - De robuustheid naar uitzonderlijke parameterwaarden is verbeterd;
 - Op basis van de modelanalyse is het model op onderdelen vereenvoudigd, zonder daarbij zijn functioneren aan te tasten;
 - Op basis van de modelanalyse zijn algoritmes versneld, zonder daarbij het functioneren aan te tasten;
 - De koppeling naar het verkeersmodel is verbeterd.
- Het systeem is uitgebreid getest op globaal gedrag, gevoeligheid en robuustheid.
 - Het model vertoont het bedoelde globale gedrag. De uitgevoerde globaal gedrag tests tonen niet enkel het juiste gedrag aan van de LOV, ze hebben ook een instructieve functie;
 - De gevoeligheid naar de verschillende parameters en modelonderdelen is gedocumenteerd;
 - De grenzen van de robuustheid liggen buiten de normale toepassing van het model Het systeem kan numeriek instabiel raken bij onrealistische geschiktheid en beleidskaarten (‘alles op 0’) en extreem hoge invloed van de stochastische permutatie.
- Het model is gekalibreerd en gevalideerd.
 - Het model laat zich goed kalibreren. Zowel het macromodel als het micromodel geven overtuigend betere resultaten dan de naïeve voorspellers;
 - Over de korte termijn validatie zijn de resultaten niet voldoende. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te duiden en er zijn aanbevelingen gemaakt om tot verbetering te komen. De aanbevelingen zijn erop gericht om minder door de beperkingen van korte termijn data gehinderd te worden. Dit kan door data over langere termijn data te zoeken of door de beschikbare data te filteren op ruis. Een andere optie is de kalibratie te sturen door middel van een analyse van de landschapstrucuur die tijdsonafhankelijk is;
 - Over de lange termijn validatie kan geen harde conclusie getrokken worden, omdat er geen referentie materiaal beschikbaar is. Uit een visuele inspectie blijkt dat het micromodel resultaten genereert die natuurlijker en consistenten lijken dan die van de naïeve voorspeller.
- Er is een LOV kalibratieprocedure opgezet, waardoor de kalibratie goed reproduceerbaar en verifieerbaar is:
 - De kalibratieprocedure is opgesplitst in deeltaken die iteratief uitgevoerd worden. Hierdoor is het kalibratieproces goed beheersbaar;
 - Onderzoek naar automatische kalibratiemethoden van het micromodel is voortgezet. Een eerder ontwikkelde wiskundige aanpak voor het type Constrained Cellulair Automata heeft zich in de praktijk bewezen en is verder toegesneden op de kalibratie van het CCA model in de LOV en de praktische beperkingen en uitdagingen die daarbij gelden. De geautomatiseerde procedure vormt een belangrijke aanvulling op de handmatige kalibratie;
 - Onderzoek naar kalibratietechnieken voor het macromodel heeft geleid tot een volledig automatische kalibratieprocedure voor het macromodel, waarin drie optimalisatietechnieken uit de wetenschappelijke literatuur worden gecombineerd.
- De kalibratieprocedure wordt ondersteund met een set van tools die de procedure grotendeels automatiseert.

- de kalibratiealgoritmes die voortkomen uit het onderzoek zijn softwarematig geïmplementeerd en beschikbaar als geïntegreerd onderdeel van de LOV;
- Er is een aanzet gemaakt naar verdere automatisering van modelanalytische taken, waaronder robuustheidstesten en gevoeligheidsanalyse van parameters van zowel het macro als het micro model;
- Er zijn Excel werkbladen opgesteld voor een snelle analyse van resultaten uit het macromodel;
- Er is een add-in voor Excel ontwikkeld die regionale data visualiseert in een choropletenkaart;
- De LOV is uitgebreid met een modus waarin het macromodel rekent op basis van vooraf berekende resultaten van het micromodel.

6 Aanbevelingen

6.1 Methodologische ontwikkeling

Met de ontwikkeling van de kalibratietools voor het macro en micromodel is een goede weg ingeslagen. Beide aanpakken zijn meer succesvol dan bij aanvang van het project is verwacht en voortzetting van het onderzoek en de ontwikkeling zal ons dichterbij een volledig automatische kalibratie brengen.

6.1.1 Kalibratie van het micromodel

Er zijn veel ideeën voor verder onderzoek die naar verwachting op korte termijn tot verbetering van de resultaten kunnen leiden:

- Aanpassen van meerdere parameters tegelijkertijd door middel van een systeem van lineaire programmering en het in acht nemen van de relatieve dominantie van landgebruiken;
- Toepassen van alternatieve foutmaten op basis van landschapstructuur. Door te zoeken naar structuren in het landschap die niet veranderen in de tijd, of die binnen bepaalde marges blijven, wordt de kalibratie minder afhankelijk van de beschikbare data. Het wordt mogelijk geautomatiseerd te kalibreren over perioden die overeenstemmen met de beoogde toepassing van het model. De evaluatie op structureigenschappen verloopt nu ‘op het oog’ waarbij parametersettings die ‘onrealistische’ structuren veroorzaken worden verworpen;
- Afbakening van zoekruimte van de methode naar gegeneraliseerde regels. De mogelijkheid om in te schatten welk type regel logisch verklaarbaar is, is nog een sterkte van de mens ten opzichte van de computer. Een goede afbakening zal de acceptatie van automatisch gegenereerde parametersets vergroten, ook zal de kalibratie efficiënter verlopen doordat geen tijd wordt besteed aan parameterwijzigingen die theoretisch slecht te duiden zijn;
- Verbeterde omgang met ruis in het kaartmateriaal door het toepassen van filters. Ruis in het kaartmateriaal over de kalibratieperiode wordt aangemerkt als één van de oorzaken voor de onvoldoende resultaten over de korte validatie periode;
- Kalibratie op een jaar na jaar basis door middel van synthetische kaarten van tussenliggende jaren. Het voordeel van kaarten op jaarbasis is dat meer onderdelen van de kalibratie analytisch kunnen worden opgelost en ‘veiligheidsmarges’ bij het schatten van nieuwe parameterwaarden kleiner of overbodig worden;
- Genereren van alternatieve parametersets door de kalibratie toe te passen op deelgebieden van de kaart. Analyse van verschillen en overeenkomsten tussen de alternatieve parametersets geeft meer inzicht in de mate van uniformiteit en extrapoleerbaarheid van de resultaten;
- Meer gebruikersinteractie mogelijk maken gedurende het verloop van de kalibratie, bijvoorbeeld het aanwijzen en verleggen van prioriteiten. De gebruiker zou kunnen aangeven welke typen landgebruik met voorrang moeten worden verbeterd en welke regels daarvoor in eerste instantie moeten worden aangepast.

6.1.2 Kalibratie van het macromodel

- Doordat de LOV wordt gekalibreerd op de groei in inwoneraantallen en arbeidsplaatsen is het mogelijk dat parameters worden gevonden die weliswaar een goede goodness-of-fit leveren maar die verhuisbewegingen niet goed modelleren. Dit kan verbeterd worden door de verhuisbewegingen in de foutmaat op te nemen, een van de belangrijkste processen in het macromodel zal hierdoor beter gekalibreerd raken en de validiteit op de lange termijn zal naar verwachting verbeteren
- De kalibratiemethode is uitgerust met de mogelijkheid tot het berekenen van fitparameters. Dit onderdeel functioneert in prototype versie, maar vraagt nog verder werk en dient op zijn functioneren getest te worden.

6.2 Toepassingsgericht onderzoek

Door het kalibratieproject is de Kern-LOV een referentie geworden waartegen wijzigingen in het model en alternatieve modellen getoetst kunnen worden. De procedures hiervoor zijn helder gedocumenteerd en bovendien grotendeels geautomatiseerd. Het aanmaken van een variant op de LOV is daardoor een minder ingrijpende operatie geworden. Hetgeen mogelijkheden biedt om eerdergemaakte keuzes meer objectief te beoordelen.

6.2.1 Ruimtelijke aggregatie

Een onderwerp waarover veel onzekerheid bestaat is het niveau van cellulaire aggregatie van de LOV. De LOV rekent op basis van cellen met een ribbe 500 meter die worden ingenomen door een enkel (dominant) landgebruik. Het staat vast dat op een oppervlak van 25 ha meer dan een enkel landgebruik voor kan komen, maar het is niet duidelijk in hoeverre deze schematisering de resultaten negatief beïnvloedt. Het is immers inherent aan modelleren om de werkelijkheid simpeler voor te stellen dan deze werkelijk is.

Onderzoek naar een juiste balans tussen precisie en complexiteit heeft een praktische waarde omdat het zal leiden tot meer inzicht in de LOV en mogelijk tot een beter inzetbaar model. Ook wetenschappelijk is dit onderzoek van betekenis; over de relaties tussen ruimtelijke schalen, processen en structuren is relatief weinig bekend en de aandacht voor dit onderwerp is groot, speciaal vanuit de geografische en ecologische wetenschap. De LOV kan hierin zijn voorttrekkersrol bevestigen.

Het verdient aanbeveling om te onderzoeken of het modelleren en kalibreren op basis van een meer gedetailleerde ruimtelijke schaal leidt tot merkelijk betere resultaten.

6.2.2 Langere tijdperioden

De kalibratie en de validatie hebben geleden onder de korte tijdsperioden waarover kaartmateriaal beschikbaar is. Voor de validatie van de resultaten op lange termijn moest bovendien worden teruggegrepen op 'expert judgement' over de gegenereerde eindkaart. Er bestaat een alternatieve kaartenreeks van Nederland (Alterra) over een tijdschaal die terug gaat tot de negentiende eeuw. Deze data heeft niet de gedetailleerde legenda indeling van de LOV, maar wel de ruimtelijke resolutie van 500 meter cellen. Het gebruik van dit kaartmateriaal voor een extra LOV kalibratie en validatie zal leiden tot een beter inzicht in de capaciteit van de LOV voor het simuleren van landgebruik op lange tijdschalen.

6.2.3 Inzet van optimalisatie voor beleidsdoeleinden

Kalibratie is slechts één vorm van optimalisatie. In een kalibratie run wordt het verschil tussen de referentie data en de werkelijke data geminimaliseerd. Door enkel parameters en domeinen van parameterwaarden te selecteren die beïnvloedbaar zijn door beleidsuitvoerders kan de LOV gebruikt worden om binnen de gegeven parameter ruimte (beleidsruimte) te zoeken naar een optimale indicatorwaarde (beleidsdoelstelling). Op die manier zou bijvoorbeeld gezocht kunnen worden naar beleidskaarten die resulteren in een minimale waarde voor geluidsoverlast of een minimaal overstromingsrisico.

6.2.4 Koppeling met de VerkeersModule

De aanpak van de kalibratie op basis van ontkoppelde modelonderdelen laat uitbreiding met de VerkeersModule toe. Uit recente ervaringen met de VerkeersModule blijkt wel dat deze nog nader onderzocht moet worden op zijn dynamisch gedrag. Ook de wijze waarop de LOV gebruik maakt van VerkeersModule resultaten dient herzien te worden. De manier waarop bereikbaarheid doorwerkt op de aantrekkelijkheid van regio's kan verbeterd worden en ook de wijze waarop reiskosten leiden tot verhuisbewegingen kan herzien worden. De VerkeersModule berekent als tussenresultaten de stroom van woon-werk verkeer tussen zones. Deze indicator is wellicht belangrijker als drijvende kracht voor verhuisbewegingen dan de afstand tussen de regio's die momenteel gebruikt wordt.

6.3 Automatisering van modelanalyse en rapportage

Verder automatiseren van taken. Nu, met het volgen van het handboek Good Modelling Practice, het kalibratieproces sterk geformaliseerd is, ligt de weg open naar een verdere automatisering van taken.

- De macromodel kalibratie functioneert naar wens. Het gebruik van de methode is echter niet eenvoudig. Het algoritme wordt aangestuurd vanuit een verzameling van tekstbestanden en geeft zijn uitvoer weer door aan andere tekstbestanden. Deze aanpak is niet inzichtelijk en is een bron van menselijke fouten. Het verdient aanbeveling om de preprocessing in tekstbestanden en postprocessing in MS Excel werkbladen meer gestructureerd via de LOV interface te laten verlopen
- In de kalibratietools is een aanzet gegeven tot het geautomatiseerd uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse en robuustheidsanalyse. Deze onderdelen bieden de gebruiker van het model inzicht in het functioneren ervan. Het vraagt nog wel werk om deze onderdelen goed en gebruiksvriendelijk te laten functioneren.
- Genereren van gestileerde informatie die rechtstreeks te gebruiken is voor verdere analyse en rapportage. Het gaat om kaartjes, tabellen en grafieken die bondig informatie geven over gevoeligheid, globaal gedrag, validatie en robuustheid en die rechtstreeks te gebruiken zijn in een MS Office (Excel, PowerPoint, Word etc.) of soortgelijke omgeving.

Literatuur

- Allen P; Engelen G; (1985). Modelling the Spatial Evolution of Population and Employment - The case of the United States. In W. Ebeling & M. Peschel (Eds.), *Lotka-Volterra-Approach to Cooperation and Competition in Dynamic Systems* (Vol. 23, pp. 191-210). Berlin, Germany: Akademie-Verlag.
- Delden H van; Vught J van; Strien C van; (2003). De toekomst aangekaart. Een integrale, ambtelijke zoektocht met de LeefOmgevingsVerkenner naar woon- en werklocaties in het kader van het Interreg-IIc project REGIS. Utrecht, the Netherlands: Provincie Utrecht.
- Engelen G; White R; Nijs ACM de; (2003). Environment Explorer: Spatial support system for the integrated assessment of socio-economic and environmental policies in the Netherlands. *Integrated assessment*, 4(2), 97-105.
- Geurs KT; Hagen A; Hoen A; Wee G.P. van; (2003, 6-10 October). Ex post evaluation of Dutch spatial planning and infrastructure policies,. Paper presented at the European Transport Conference, Strasbourg, France.
- Hagen A; (2003). Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(3), 235-249.
- Nijs ACM de; Engelen G; White R; Delden H van; Uljee I; (2001). De LeefOmgevingsVerkenner : Technische documentatie (RIVM Report 408505007/2001). Bilthoven, the Netherlands: RIVM.
- Nijs ACM de; Niet R de; Crommentuijn LEM; (2004). Constructing land-use maps of the Netherlands in 2030. *Journal of Environmental Management*, 72(1-2), 35-42.
- Loon J van; (2004). Towards model-specific automated calibration procedures for the LeefOmgevingsVerkenner model. Unpublished Master's, University Maastricht, Maastricht.
- Power C; Simms A; White R; (2001). Hierarchical fuzzy pattern matching for the regional comparison of land use maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(1), 77-100.
- Straatman B; White R; Engelen G; (2004). Towards an automatic calibration procedure for constrained cellular automata. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28(1-2), 149-170.
- Waveren RH van; Groot S; Scholten HJ; Wösten JHM; Koeze RD; Noort JJ; (1999). Vloeiend modelleren in het waterbeheer, Handboek Good Modelling Practice (STOWA-rapport 99-05). Lelystad, the Netherlands: STOWA/RIZA.
- White R; (1977). Dynamic Central Place Theory: Results of a simulation approach. *Geographical Analysis*, 9, 227-243.
- White R; Engelen G; (1993). Cellular automata and fractal urban form: a cellular modelling approach to the evolution of urban land use patterns. *Environment and Planning A*, 25(8), 1175-1199.
- White R; Engelen G; (1997). Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modelling. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24, 235-246.
- White R; Engelen G; (2003, 5-9 September). A Calibration Procedure for Constrained Large Neighbourhood Cellular Automata based Land Use Models. Paper presented at the 13th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, Lucca, Italy.

Bijlage A: Handboek Good Modelling Practices: Logboek

A.1 Begin een logboek

Dit formulier is ingevuld door	Ir. Hedwig van Delden, RIKS BV Ir. Alex Hagen, RIKS BV Lic. Guy Engelen, RIKS BV
--------------------------------	--

Om alle stappen van het modelproject vast te leggen wordt gebruik gemaakt van:

de formulieren van dit Handboek	X
een eigen logboek op basis van dit Handboek	X
een eigen logboek volgens eigen inzichten op een andere manier (welke?)	
een kwaliteitssysteem (welk)	

A.2 Zet het modelproject op

Dit formulier is ingevuld door	Ir. Hedwig van Delden, RIKS BV Ir. Alex Hagen, RIKS BV Lic. Guy Engelen, RIKS BV
--------------------------------	--

A.2.1 Beschrijf het probleem

Geef een beknopte beschrijving in woorden van het probleem (geen details):

Er is onvoldoende inzicht in de te verwachten ruimtelijke uitwerking van socio-economische scenario's en ruimtelijke planalternatieven. De volgende probleemstelling is daarom geformuleerd: Wat is de invloed van externe factoren en autonome processen op de toekomstige leefomgeving van Nederland en op welke manier kunnen beleidsingrepen deze processen bijsturen indien ze ongewenst zijn of geoptimaliseerd kunnen worden?

De probleemdomeinen:

<ul style="list-style-type: none"> • economische modellen, • demografische modellen, • ruimtelijk-dynamische landgebruikmodellen

Vul met betrekking tot de (fysische) processen in dit modelproject in:

relevante processen?	karacteristieke tijdschaal?	ruimtelijke schaal?
Microschaal dynamiek van landgebruikveranderingen	Horizon: 30-50 jaar Resolutie: 1 jaar	Invloeden van ruimtelijke interacties binnen een straal van 8 celdiameters (8 * 0,5 km = 4 kilometer bij een gebruikelijke celresolutie van 500 x 500 meter)
Macroschaal dynamiek voor economische en demografische processen	Horizon: 30-50 jaar Resolutie: 1 jaar	Nederland. Resolutie: COROP-gebieden (40 in Nederland)

Is een model de enige juiste tool om het probleem mee op te lossen?

Nee

Zo nee, wat zijn de alternatieven voor een modelmatige benadering?

Een kwalitatieve en/of niet dynamische aanpak waarbij gebruik gemaakt wordt van overleg, GIS en ex-

pert judgement

Wat is de toepassingsreden van het model (beleidsanalytisch, wetenschappelijk, operationeel, calamiteiten- management)?

Toepassingsredenen zijn: beleidsanalytisch, operationeel, wetenschappelijk, pedagogisch, communicatief, kennismanagement

A.2.2 Definieer het doel

Wat is het domein en het probleemgebied?

Integrale ruimtelijke planning.

Wat is het doel van een model in dit project?

- Verkennen van toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland onder veranderende omstandigheden. Deze omstandigheden kunnen intern (als gevolg van autonome processen) extern (ongewild van buiten Nederland en/of niet onder de controle van beleidsmakers), of beleidsingrepen zijn;
- Integratie over verschillende disciplines en integratie van resultaten van verschillende modellen (demografische, economische, ...);
- Onderdeel vormen van modellenketens (voorbeeld: vervuiling oppervlaktewateren, etc.);
- Kennisontwikkeling, kennisoverdracht en communicatie;
- Berekenen van dynamische en ruimtelijke indicatoren in 4-tal thema's: sociaal, economisch, milieu, infrastructuur (vooral verkeer).

Welke vragen moeten met behulp van het model worden beantwoord?

- Er is een bijzonder groot aantal detailvragen waarvoor het model ingezet kan worden. Ze passen meestal binnen de volgende grote lijnen:
- Wat is de invloed van economische en demografische groei op de kwaliteit van de toekomstige leefomgeving (uitgedrukt in economische, sociale en milieuaspecten) van Nederland?
- Wat is de invloed van autonome ontwikkelingen op de kwaliteit van de toekomstige leefomgeving van Nederland?
- Wat is de invloed van het vigerende beleid op de kwaliteit van de toekomstige leefomgeving van Nederland?
- Wat is de invloed van potentiële beleidsmaatregelen op de kwaliteit van de toekomstige leefomgeving van Nederland?

Geef een indicatie van de scenario's die met behulp van het model moeten worden doorgerekend.

Exogeen: Toekomstige nationale economische en demografische ontwikkelingen
Beleidsmaatregelen: Planologische ingrepen, infrastructuur ingrepen

A.2.3 Analyseer de context en maak afspraken over de verantwoording

Context

Het grotere geheel (project, studie, routinematige activiteiten, onderzoeksprogramma, enzovoort) van dit modelproject is:

RIVM: Milieukwaliteit en leefomgeving
RIZA: Scenario-ontwikkeling, landgebruik ten behoeve van oppervlakte- en afvalwater
RIKZ: Kustontwikkeling en Mens/Zee interactie

Dit modelproject moet worden uitgevoerd in samenhang met de volgende modellen (in een keten):

model	Locatie
Verkeersmodel (integraal)	RIVM / RIKS in LOV
Overlay, geschiktheids- en beleidsmodel (preprocessing)	RIVM / RIKS in LOV toolpakket
Indicatoren (postprocessing)	RIVM / RIKS in LOV
CBS socio-economische voorspellingen (voorbeeld: ATHENA model)	CBS
CPB lange termijn verkenningen (LTV)	CPB
LUMOS (optionele uitwisseling)	RIVM

Standaard Raamwerk Water	RIZA
--------------------------	------

Verantwoording

Met de opdrachtgever is afgesproken om op de volgende beslissingsmomenten de volgende modelprojectstappen te beoordelen:

Beslismomenten	modelprojectstap
Kick-off meeting	Vastleggen werkplan en afspraken
	Tussenoplevering
	Eindoplevering

Met de opdrachtgever zijn de volgende afspraken gemaakt over de rapportage en de oplevering:

Tussenrapportage, rapport, tools, versie van de LOV met gekalibreerde Kern-LOV; Eindoplevering, rapport, tools, versie van de LOV met gekalibreerde Kern-LOV; Na eindoplevering in samenspraak met het LOV-consortium de gekalibreerde versie en bijbehorende rapporten op de LOV-website zetten.

A.2.4 Formuleer de eisen

Kwaliteitseisen

Het geanalyseerde (gekalibreerde) model moet een bepaalde dataset met een bepaalde nauwkeurigheid beschrijven:

neen, er worden doelfuncties gesteld, maar er kan geen harde ondergrens worden gesteld.

Eisen aan expertise

In het modelproject worden de volgende personen en de daaraan gekoppelde deskundigheden ingezet:

Naam persoon	Deskundigheden
Raymond de Niet	Dataverzameling & datakwaliteit
Niels Vlaanderen	RIZA beleidskader
Ton de Nijs	RIVM beleidskader Ruimtelijk modelleren en statistische analyse
Joyce van Loon, Bas Straatman	Wiskundige optimalisatie en zoekalgoritmen
Guy Engelen, Roger White	Geografie, ruimtelijk modelleren van complexe processen
Inge Uljee, Maarten van der Meulen	Algoritmiek, Geonamica, C++
Hedwig van Delden	Beleidsprocessen en modelintegratie
Alex Hagen	Ruimtelijk modelleren, ruimtelijke analyse

Communicatie en rapportage

In het kader van het modelproject zijn de volgende vergaderingen, workshops en dergelijke gepland:

activiteit	wanneer	Betrokkenen	onderwerp
Kick off		Niels Vlaanderen Elsbeth van der Laar Ton de Nijs Guy Engelen Alex Hagen Bas Straatman	
Tussenrapportage			
Tool development			
Oplevering			

Welke rapportages van het modelproject moeten er verzorgd worden?

soort rapportage (voortgang, tussenrapport, eindrapport)	Wanneer	voor wie bestemd
Tussenrapport	December 2003	RIVM, RIZA, RIKZ, RIKS

Eindrapport	Eind april 2004	Breed publiek Op de website!
-------------	-----------------	---------------------------------

Andere eisen aan het modelproject

Uit welke andere modellen worden in dit modelproject resultaten gebruikt?

CBS scenario's (ATHENA)
 AVV Landelijk Modellerend Systeem (LMS)
 Kaartreconstructies, CBS, RIVM
 LOV Verkeersmodel
 Overlaymodellen geschiktheid en beleid

Welke eisen worden er aan die resultaten van andere modellen gesteld (format, sluitende balans, kalibratie, discretisering, meta-informatie,)?

Consistent in de tijd;
 Consistent met elkaar, in het bijzonder regio data en kaartmateriaal;
 Classificatie schema's conform LOV definities;
 Alle kaartmateriaal formaten conform de LOV definities: dezelfde projectie, coördinatenstelsel, resolutie, uitsnede, leesbaar GIS-formaat;
 Alle census data: beschikbaar in MS Excel format.
 In de loop der tijd zijn grenzen van COROPs gewijzigd, hier is de LOV niet op ingesteld, er zal daarom een correctie moeten worden uitgevoerd bij het verzamelen van de data (door RIVM)

Wie levert, wanneer de resultaten van die andere modellen?

RIVM op 1 januari 2004. Verkeersmodel integraal opgenomen in LOV

Wie controleert de resultaten van die andere modellen?

RIVM

Wie fiantteert de resultaten van die andere modellen?

RIKS bij ontvangst

Hoe kan de kwaliteit van de (veld)gegevens het best worden omschreven:

~~zeer onvolledig~~/tamelijk volledig/~~volledig~~

~~slecht gedocumenteerd~~/tamelijk goed gedocumenteerd/~~goed gedocumenteerd~~

Wat kan er nog meer gezegd worden over de kwaliteit van deze gegevens?

Categorieën verschillen in de verschillende census perioden. Relatie tussen de categorieën voor de gegevens van het macromodel komt niet overeen met de categorieën op de landgebruikskaarten. Pragmatische oplossingen moeten toegepast worden.

Moeten er in dit modelproject alternatieve modellen of andere methoden (discretisatie, integratiealgoritmen) worden gebruikt om een vergelijkingskader te creëren?

Ja
 Goodness-of-fit maten hebben over het algemeen slechts een relatieve betekenis, daarom is vergelijking met een referentiemodel gewenst.
 Regionaal: constant share,
 Cellulair: Random Constraint Match (RCM)

Als de resultaten worden verwerkt tot een beleidsadvies, wie doet dat dan?

RIVM: Ton de Nijs, Karst Geurs, Raymond de Niet, ...
 RIZA: Niels Vlaanderen, Elsbeth van der Laar ...
 RIKZ: Hans Hartholt, ...

A.2.5 Maak een werkplan en begroting

Maak op basis van het bovenstaande een werkplan van het modelproject en een planning van de nog uit te voeren stappen. Voeg een begroting toe.

A.3 Zet het model op

Dit formulier is ingevuld door	Ir. Hedwig van Delden, RIKS BV Ir. Alex Hagen, RIKS BV Lic. Guy Engelen, RIKS BV
--------------------------------	--

A.3.1 Kies het begin

Het opzetten van het model is een iteratief proces, waarbij de onderstaande stappen meerdere malen kunnen worden doorlopen.

A.3.2 Analyseer de gegevens

Basisgegevens nodig voor run

Voor de benodigde data zie Annex C. Voor de benodigde parameterwaarden zie Annex B.4.

Gegevens nodig voor analyse

Voor de benodigde data zie Annex C.

Beschikbaarheid van gegevens

zijn er gegevens beschikbaar?	Ja
waar zijn de gegevens?	Deze zijn door RIVM verzameld vanuit diverse bronnen (CBS/CBP) en door RIKS en RIVM gezamenlijk geconverteerd naar simulatie bestanden die door de LOV gelezen worden
zijn de gegevens digitaal beschikbaar?	Ja
beschrijf in het kort de waarden van de gegevens	Zie Annex C
hoe wordt omgegaan met uitbijters?	Overleg met RIVM/ RIZA. Uitbijters t.g.v. van datafouten worden door RIVM uitgefilterd
hoe wordt omgegaan met ontbrekende gegevens?	Navraag, en eventueel uiteindelijk lineaire interpolatie
beschrijf de kwaliteit van de gegevens	De kwaliteit van de data is algemeen goed. In Annex D wordt apart ingegaan op de consistentie van de landgebruikskaarten in de tijd. Het blijkt dat de consistentie groot is ten opzichte van het totaal aantal cellen op de kaart. Als echter alleen de veranderende cellen in beschouwing worden genomen dan blijkt een groot aandeel van de transities dubieus te zijn. Verder is van de kaart van 2000 bekend dat deze gebruik maakt van deels gewijzigde legendadefinities. Dit kan tot problemen leiden bij de kalibratie en validatie.
wie is verantwoordelijk voor het aanleveren van de gegevens?	RIVM

A.3.3 Systeembeschrijving

Het systeem is dat deel van de werkelijkheid dat in het model wordt gesimuleerd (zie deel I).

componenten waaruit het systeem bestaat	Actoren: mensen, inwoners, bedrijven, investeerders, overheden, landbouwers; De Nederlandse ruimte: bestaande uit raster van 25ha cellen. Ruimte is beschreven in attributen m.b.t. landgebruik, fysische omgeving, bestemming, verkeersontsluiting, etc.
de relaties tussen de componenten	Wederzijdse aantrekkingskracht tussen de actoren resulteert in ruimtelijke organisatie (ontstaan opbreken van ruimtelijk clusters van activiteiten), concurrentie, afhankelijkheid, bereikbaarheid, etc. Regionale aantrekkelijkheid door activiteiten in en ruimtelijke samenstelling van de COROP regio's.
de relaties tussen de componenten en de omgeving (buiten het systeem)	Toe- en afname van de Nationale bevolking uit zich in regionale ontwikkelingen en ruimtelijke claims. Economische ontwikkelingen beïnvloeden arbeidsplaatsen en daarmee samenhangende landbehoefte.

A.3.4 Conceptueel model

In woorden

Beschrijf in woorden het globale conceptuele model.

Macromodel:

Het model wordt gevoed met Nationale scenario's met betrekking tot ontwikkeling van de bevolking en de arbeidsplaatsen in de verschillende economische sectoren.

De groei uit de nationale scenario's wordt verdeeld over de COROP regio's op basis van hun relatieve aantrekkelijkheid. De aantrekkelijkheid van regio's voor een bepaalde functie wordt bepaald aan de hand van:

1. de hoeveelheid van de bepaalde activiteit in een regio;
2. de hoeveelheid werkgelegenheid in een regio;
3. de hoeveelheid bevolking in een regio;
4. de afstand tussen verschillende regio's;
5. de gem. dichtheid van de activiteit in een regio;
6. de afstandsgewogen aantrekkingskracht van alle andere concurrerende regio's;
7. de gem. transitiepotentiaal van een bepaalde functie;
8. de gem. geschiktheid voor een bepaalde functie;
9. en het door beleid opengestelde gebied voor een bepaalde functie.

(waarden 5 t.e.m. 9 worden berekend op basis van de resultaten van het micromodel)

Het macromodel legt voor de bevolking en voor elke economische sector aan het micromodel op hoeveel ruimte elke landgebruikfunctie inneemt (ruimtelijke claims).

Micromodel:

Binnen elke COROP regio vindt vervolgens de gedetailleerde allocatie van landgebruiken plaats met een Cellular Automata model. Waar bepaalde landgebruiken terecht komen wordt bepaald door:

1. het huidige landgebruik;
2. de nabijheid en de aard van andere landgebruiken;
3. de geschiktheid van een locatie;
4. de toegankelijkheid;
5. huidige en toekomstige beleidsplannen m.b.t. bestemming.

Deze aspecten bepalen samen de transitiepotentiaal voor een functie. Op basis van de waarde van de transitiepotentiaal worden de functies toegewezen aan de specifieke cellen.

De gegevens voor beleidsruimte en geschiktheid (en transport) uit het micromodel worden gesommeerd en gemiddeld per COROP regio en zijn mede bepalend voor de bepaling van de aantrekkelijkheid van de regio in het macromodel.

In het micromodel worden een landgebruikklasse weergegeven als: een Function, een Feature of een Va-

cant state. Functions veranderen dynamisch in de tijd als gevolg van de beschreven dynamiek en als gevolg van ruimtelijk claims uit het macromodel. Features veranderen niet in de tijd. Vacant States veranderen enkel op basis van de dynamiek van het micromodel maar worden niet aangestuurd door ruimtelijke claims. Cellen in de Vacant state kunnen worden ingenomen door een Function en omgekeerd. Binnen de LeefOmgevingsVerkenner, maar niet als onderdeel van de Kern-LOV wordt bovendien de kwaliteit van de (toekomstige) leefomgeving gemeten door middel van een groot aantal indicatoren, gerangschikt in drie categorieën: economisch, ecologisch en sociaal-psychologisch/cultureel. Zie meer uitvoerige beschrijving in (Engelen et al. 2003)

Structuur

Als de structuur van het model niet helemaal vastligt door de keuze van het model, beschrijf dan in woorden of met tekeningen deze structuur.

De structuur van het model ligt vast.

Zie beschrijving en schematische weergave in (Engelen et al. 2003)

Soort model

toepassingsdomein	Ruimtelijke dynamiek van landgebruik Ruimtelijke planning Gekoppelde landgebruik-verkeersanalyse
dynamisch/stationair	Dynamisch / Simulatie
aantal ruimtelijke dimensies	2D

Relaties

Als door de keuze van een model de relaties tussen de componenten nog niet helemaal vastliggen, geef ze hieronder aan.

Relaties liggen vast

Aannames

Als er nog impliciete of expliciete aannames zijn gemaakt (**anders dan die in het gebruikte model zitten en beschreven zijn in de handleiding**), beschrijf ze dan hieronder.

Geen ruimtelijke interactie over de nationale grenzen op het Macro en het Microniveau.

Er wordt uitgegaan van dominant landgebruik op 25 ha.

Lokale interactie is enkel afstandsgerelateerd zoals beschreven in het CA model.

Controle van het conceptuele model

Wat is er gedaan om vast te stellen dat het conceptuele model consistent (zonder zaken die met elkaar in strijd zijn) is en aansluit bij de oplossing van het probleem?

Geconfronteerd met eindgebruikers (beleidsmakers) en wetenschappers (Overleg, workshops, cursussen, presentaties)

Publicaties in internationale peer-reviewed vaktijdschriften

Ingezet voor beleidsadvies en evaluatie door RIVM

Beleids oefeningen in samenwerking met de provincie Utrecht en Noord-Holland

A.3.5 Welk bestaand modelprogramma of model

welk bestaand modelprogramma of model is gekozen	LOV, GEONAMICA , Voor het micromodel is gebruik gemaakt van het RIKS CA-model
waarom is dat modelprogramma of model gekozen	Zie ook GEONAMICA rapport RIKZ Omdat dit ruimtelijke dynamiek op microschaal weergeeft en daarbij rekening houdt met beleidskaarten, geschiktheid en het transportnetwerk (de toegankelijkheid).
kan er op inhoudelijke gronden een betere keuze worden gemaakt en welke zou	Niet zover bekend GIS applicaties missen dynamische modelopties

dat zijn	Simulatiepakketen missen ruimtelijke component
waarom is die betere keuze niet gemaakt	

A.3.6 Discretisatie in ruimte en tijd

beschrijf de ruimtelijke schematisatie	Nationaal: COROP (landelijk dekkende en niet overlappende regio's) Lokaal. Binnen elke COROP draait een apart micromodel op rasterkaarten. Deze micromodellen gebruiken het neighbourhood concept, waarbij naar de omgeving van een cel wordt gekeken. Hierbij wordt over de grenzen van COROP's heen gekeken zodat het landgebruik op de rand van een aanliggende COROP meegenomen wordt bij de allocatie van landgebruik in de betreffende COROP. Verkeersnetwerk
waar is deze (gedetailleerd) vastgelegd	COROP kaart + Regioafstandenmatrix Rasterkaarten Netwerkbestanden
welke keuzes zijn gemaakt ten aanzien van de discretisatie in de tijd (hangt samen met numerieke aanpak)	Simulatie dmv tijdstappen van een jaar (vanwege beschikbaarheid macrodata op jaarlijkse intervallen en geen grotere stappen vanwege zelforganiserend gedrag van landgebruik).

A.3.7 Verdere numerieke aanpak

welke oplossingsmethode (algoritme) is gekozen voor de ruimtelijke integratiestap	Cellulaire resultaten worden geïntegreerd tot COROP waarden door middel van een gewogen somming over het COROP oppervlak.
is er een keuze mogelijk en is de gemaakte keuze wel inhoudelijk de beste	Ja, er zijn andere opties, maar voor zover bekend is deze de beste.
als de keuze niet de beste is, waarom is deze dan toch gemaakt	
welke oplossingsmethode is gekozen voor de integratie in de tijd	Macromodel: Euler met vaste tijdstappen, differentievergelijkingen Micromodel: "Map" operatie $z^{t+1} = f(z^t)$ van het type Cellulaire Automata
is er een keuze mogelijk en is de gemaakte keuze wel inhoudelijk de beste	Ja, maar meer geavanceerde methoden voor integratie in de tijd (zoals bijv. Runge-Kutta) werken alleen indien afgeleiden van alle functies te berekenen zijn.
als de keuze niet de beste is, waarom is deze dan toch gemaakt	

A.3.8 Implementatie van het model

hoe is het model geïmplementeerd?	Model is gespecificeerd in simulatiebestanden die door de LOV gelezen worden. De LOV is geïmplementeerd in C++ met behulp van de GEO-NAMICA bibliotheek
op welke punten is hierbij afgeweken van de handleiding van het gekozen modelprogramma	

A.4 Analyseer het model

Dit formulier is ingevuld door	Ir. Hedwig van Delden, RIKS BV Ir. Alex Hagen, RIKS BV Lic. Guy Engelen, RIKS BV
--------------------------------	--

A.4.1 Welke analyse activiteiten

Geef aan welke analyse activiteiten zijn gepland of waarom ze niet worden gedaan:

welke	ja/nee	Opmerkingen/ wat betekent dit voor de LOV
standaard run 1989-2000	Ja	Functioneert de LOV, rekent het voor de hele periode of crasht hij? Zijn er eventuele foutmeldingen? Zijn de gegenereerde landkaarten enigszins te verklaren vanuit de invoer?
globaal gedrag test 1989-2030	Ja	Zijn de gegenereerde landkaarten plausibel? Veranderen van initiële landgebruiksk kaart (1X). Veranderen van geschiktheidskaart (1X). Veranderen van beleidskaart (1X). Veranderen van scenario's (1X). Veranderen van afstands-invloedregels (5X). Veranderen van macromodel parameters (5X). Zie Annex H
massabalans controle 1989-2030	Ja	Kloppen de nationale totalen voor Inwoners en Arbeidsplaatsen? Verwezenlijkt het micromodel de randvoorwaarden opgelegd door het macromodel (aantallen cellen)? Zie Annex H
Robuustheidstest 1989-2030	Ja	Beleid en geschiktheid, de helft 1 en de helft 0. Grote wisseling in de tijd in de nationale scenario's. Zeer grote groei alsook zeer sterke afname. Mismatch (veel van het een, weinig het ander). Afstandsregels atypisch invullen. Extreme invloed bereikbaarheid. Random invloed zeer sterk. Zie Annex H
Gevoeligheidsanalyse 1989-2030	Ja	Gevoeligheid zoals blijkt uit kalibratieprocedure van micro en macro model. Weglaten bereikbaarheid, beleid en regels. Monte Carlo analyse met constante alpha en variabele "random seed". Zie Annex H
(formeel) identificatie		Onvoldoende veldgegevens en moeilijk kwantificeerbare processen
Kalibratie 1989-1993		De kalibratieprocedure is in detail besproken in hoofdstuk 2
Betrouwbaarheidsanalyse	Nee	Niet mogelijk, want voor een betrouwbaarheidsanalyse zijn ranges / statistische verdelingen nodig van parameterwaarden.
Validatie: 1996-2000 1989-2030		In de validatie kunnen de eerder genoemde statistieken weer berekend worden. Bovendien kunnen ze eventueel in verhouding gezet worden t.o.v. andere modellen De validatieprocedure en resultaten zijn in detail besproken in hoofdstuk 2
Bepalen geldigheidsgebied		Als onderdeel van de kalibratie van het macromodel zijn de domeinen voor alle parameters aangepast.

A.4.2 Analyseer globaal het model

Run met standaard invoer

beschrijf de invoer	Zie Annex C
hoe is de run verlopen	Zie Annex H
zijn de uitkomsten te begrijpen	Zie Annex H
zijn de uitkomsten in overeenstemming met de verwachtingen	Zie Annex H

Bijlage B: Formal model description

Two distinctive parts can be recognized in the Kern-LOV. These are the macro model and the micro model. The macro model operates on a regional level and serves to distribute the national growth in population and employment as well as to redistribute activity (jobs and people) between the regions. The micro model operates at the local level; it allocates the regional activity from the macro model to the individual cells (500 X 500 m grid cells) on the basis of a Constraint Cellular Automata. The following sections subsequently give a formal description of the macro and the micro model.

B.1 Macro model

The macro model simulates socio-economic activity at the regional level. It recognizes five sectors (types of socio-economic activity),

These sectors are:

- high density population;
- low density population;
- industry;
- services;
- socio-Cultural.

These are distributed over 40 regions, called COROPS. The model considers activity as population (number of jobs) or population (number of people). Furthermore, the amount of land that is occupied by each sector is calculated. The conversion from activity (jobs, people) to acreage is achieved via the density (${}^tW_{Ki}$), which is calculated according to equation (25). The density changes over time and is calculated per sector and per region. It determines what area (i.e. the number of cells) is occupied by the sector given the total cell demand, the suitability, zoning and the number of cells available.

The sector ‘High density population’ is dealt with in an alternative manner. Originally this sector was intended to function as the other sectors. In the actual use of the LOV, however, it turns out that ‘High density population’ needs a separate status. **Consequently, the number of people in this sector is set constant, as is the density.**

In the following sections, the subscript i consistently represents the region index, R is the number of regions (40 in this case), and K is the sector index. Furthermore, note that the initial value for all state variables (i.e. at $t = 0$) are given externally.

B.1.1 National growth of activity

Activity is defined as employment for the economic sectors (industry, services, socio-cultural), as the number of inhabitants for the residential sector (low density population and high density population), and as acreage (in 25 ha units) for the other sectors (greenhouses, recreation area, nature, extensive grassland and forest).

In every time step, the national activity in each sector is given as input to the model. The national growth, thus the national activity ${}^tX_{NatK}$ minus the national activity of the previous year is the most important external driver of the macro scale dynamics. Thus, the additional (national) demand of activity K is²:

$${}^tE_K = {}^tX_{NatK} - \sum_{i=1}^R {}^{t-1}X_{Ki} \quad (1)$$

Where ${}^tX_{Ki}$ is the activity of sector K in region i .

² See also Annex B.2. for the case in which ${}^tX_{Ki} = 0$ for some sector K and region i .

B.1.2 Local activity

The number of cells that are occupied by land use K in region i , ${}^tN_{Ki}$, are given as results of the micro model.

The effective amount of activity (population and jobs) that is eventually placed in a region is determined for all sectors and land uses in each region i by the following equation, for each $t > 0$.

$${}^tX_{Ki} = {}^{t-1}W_{Ki} \cdot {}^tN_{Ki} + {}^{t-1}XR_{Ki} \quad (2)$$

In this equation, ${}^{t-1}W_{Ki}$ is the density (jobs or population per cell) of sector K in region i (equation (25)) in the previous time step, ${}^tN_{Ki}$ represents the number of cells that are occupied by land use K in region i , given by the micro model, and ${}^{t-1}XR_{Ki}$ represents the amount of activity that was not allocated to cells (equation (31)) in the previous time step.

B.1.3 Activity demand

To determine the demand for activity in each sector and every region, the model calculates on the one hand the distribution of the accumulated demand, and on the other hand, the movement of activity between the regions on the basis of their relative attractiveness for the sector.

The demand for sector K in region i is given by:

$${}^tD_{Ki} = {}^tX_{Ki} + \Delta {}^tD_{Ki} \quad (3)$$

The term $\Delta {}^tD_{Ki}$ is presented in equations (10) and (16). It is determined by two different equations since, in this sub-section, there is a difference in calculation for the sector Services. To specify this difference, let K be the set of sectors {Population, Industry and Socio-cultural} and C the set {Services}, in the rest of this sub-section.

Activity demand for Population, Industry and Socio-cultural

The attractiveness³ of region j relative to i for activity K is given by:

$${}^tAT_{Kij} = (d_{ij})^{-n_K} ({}^tX_{Pj})^{\beta_{1K}} \cdot ({}^tJ_j)^{\beta_{2K}} \cdot ({}^tX_{Kj})^{\beta_{3K}} \cdot ({}^{t-1}W_{Kj})^{-\beta_{4K}} \cdot ({}^t\langle nab_{Kj} \rangle)^{\beta_{6K}} \cdot ({}^t\langle suit_{Kj} \rangle)^{\beta_{7K}} \cdot ({}^tZf_{Kj} + 1)^{\beta_{8K}} \cdot ({}^t\langle acc_{Kj} \rangle)^{\beta_{10K}} \quad (4)$$

where:

- β_{1K} Influence of the *population of a region* on the attractiveness of that region for activity K ($P =$ Population)
- β_{2K} Influence of the *employment of a region* on the attractiveness of that region for activity K ($J =$ jobs)
- β_{3K} Influence of the *activity in sector K of a region* on the attractiveness of that region for that activity K
- β_{4K} Influence of the relative regional *density* on the attractiveness for activity K
- β_{6K} Influence of the relative regional *neighbourhood effect* on the attractiveness for activity K
- β_{7K} Influence of the relative regional *suitability* on the attractiveness for activity K
- β_{8K} Influence of the relative regional *zoning* on the attractiveness for activity K
- β_{10K} Influence of the relative regional *accessibility* on the attractiveness for activity K

³ This is a simplified version of a more complex equation that is represented in the model. Annex B.2 clarifies this.

The parameter n_K represents the distance exponent for sector K . This is an important parameter, since it determines how sensitive relocation is to distance. A larger value for n_K will result in relocations over smaller distances.

Important inputs to the model are the travel distances between the different regions. These distances d_{ij} (distance from region i to region j) are calculated by the transport module of the LOV. An additional factor is applied to find the intra-region distance. Thus:

$$\begin{aligned} d_{ij} &= d_{ij}^{TM} \quad \forall i \neq j \\ d_{ij} &= b \cdot d_{ij}^{TM} \quad \forall i = j \end{aligned} \quad (5)$$

Where TM stands for transport module and b is the intra-region distance factor. The parameter b is introduced to allow a better balance between inter- and intra region relocation. A lower value of b will in the macro model lead to a shift from inter region to intra region relocation.

${}^tAT_{Kij}$ (equation (4)) is a measure of the attractivity of destination region j for activity leaving region i . Below, the descriptions are given of the different terms that together constitute this variable. Note that $\langle nab_{Ki} \rangle$ represents the mean of the neighbourhood effect values over all cells in i for sector K , $\langle suit_{Ki} \rangle$ is the mean for the suitability and $\langle acc_{Ki} \rangle$ for the accessibility (see also Annex B.2.2 and B.2.3).

$({}^tX_{Pj})^{\beta_{1K}} \cdot ({}^tJ_j)^{\beta_{2K}} \cdot ({}^tX_{Kj})^{\beta_{3K}}$ The pull of activity to a destination region. The three terms represent three activity measures: population, jobs, and the activity in K itself. The exponent parameters on these terms, and other terms in ${}^tAT_{Kij}$, permit a relative weighting of them according to their impact.

$({}^{t-1}W_{Kj})^{-\beta_{4K}}$ One divided by the *density* of the destination region. The greater this density, the smaller the demand for activity to move to the destination region. The formula of the density is presented in equation (25).

$({}^t\langle nab_{Kj} \rangle)^{\beta_{6K}}$ This term represents the mean *neighbourhood effect* of cells that are occupied by the sector in the destination region. The higher this neighbourhood effect, the greater the propensity of activity to relocate to the destination region.

$({}^t\langle suit_{Kj} \rangle)^{\beta_{7K}}$ This term represents the mean *suitability* of cells that are occupied by the sector in the destination region. The higher this suitability, the greater the propensity of activity to relocate to the destination region.

$({}^tZf_{Kj} + 1)^{\beta_{8K}}$ The relative amount of land *zoned* for but not yet occupied by the sector in the destination region. The higher this zoning, the greater the propensity of activity to relocate to the destination region.

$({}^t\langle acc_{Kj} \rangle)^{\beta_{10K}}$ This term represents the mean *accessibility* of cells occupied by the sector in the destination region. The higher this accessibility, the greater the propensity of activity to relocate to the destination region.

Next, the relative attractivity of a region is calculated according to the other regions. The outgoing demand is determined. This total outflow from i , ${}^tD_{OKi}$, is the total number of relocations minus the calculated flow from i to itself.

$${}^tD_{OKi} = (1 - \varphi_K) \cdot {}^tX_{Ki} - {}^tD_{OKii} \quad (6)$$

$${}^tD_{OKij} = (1 - \varphi_K) \cdot {}^tX_{Ki} \cdot \left(\frac{{}^tAT_{Kij}}{\sum_j {}^tAT_{Kij}} \right) \quad (7)$$

where $\varphi_K (= 0.88)$ is the inertia parameter. This parameter represents the proportion of activity that may not relocate between regions from one time period to the next. It is used to calculate the maximum quantity of production that may be relocated out of region i .

The incoming demand, i.e. into region i , is then determined by the sum of the outgoing demand into region i over all other regions.

$${}^tD_{IKi} = \sum_{j \neq i} {}^tD_{OKji} \quad (8)$$

Now the demand for location of new exogenous amount of activity, ${}^tD_{EKi}$, has to be determined⁴. This variable determines together with the inflow and outflow presented above, the change in demand for every sector K in region i .

$${}^tD_{EKi} = {}^tE_K \cdot \frac{\left({}^tX_{Ki}\right)^{\beta_{5K}} \cdot \left(\frac{{}^tD_{IKi}}{{}^tD_{OKi}}\right)^{\beta_{9K}}}{\sum_j \left({}^tX_{Kj}\right)^{\beta_{5K}} \cdot \left(\frac{{}^tD_{IKj}}{{}^tD_{OKj}}\right)^{\beta_{9K}}} \quad (9)$$

In these equations, two additional beta parameters are present. β_{5K} determines the influence of the relative existing activity. And β_{9K} determines the influence of the relocation of demand.

The change in demand, for all regions i , is calculated as allocation of exogenous (new) activity plus net relocations (inward minus outward).

$$\Delta {}^tD_{Ki} = {}^tD_{EKi} + {}^tD_{IKi} - {}^tD_{OKi} \quad (10)$$

The demand for activity in sector K and region i can now be determined by combining equations (3) and (10).

Activity demand for Services

As stated before, there is a different procedure for the sector services, which is presented below. To start this algorithm, the revenue (tRV) of Services in region i is determined by:

$${}^tRV_i = \sum_{j=1}^R \alpha_1 \cdot {}^tY_j \cdot {}^tX_{Pj} \cdot \left(\frac{{}^tX_{Ci}}{d_{ij}^{nc}} \cdot \frac{1}{{}^tV_{Cj}} \right) \quad (11)$$

where

- α_1 Part of the total expenditure per person that is spent in the services sector
- tY_j Regional income in region j ⁵
- ${}^tX_{Pj}$ Total number of population in region j
- X_{Ci} Total activity in the services sector in region i (equation (2))
- d_{ij}^n Distance between regions i and j (equation (5))
- ${}^tV_{Ci}$ Potential value for services in region i

⁴ If ${}^tD_{OKi} = 0$, then set $\frac{{}^tD_{IKi}}{{}^tD_{OKi}} = 1$

⁵ ${}^tY_i = {}^tr_Y \cdot {}^{t-1}Y_i$ where $t > 0$ and the yearly national rates of change (tr_Y) are read from a data file. At the moment, this formula is implemented outside the macro model, and a file of the Y's is read as input data.

The potentials for services in region i is given by:

$${}^tV_{Ci} = \sum_{j=1}^R \left(\frac{{}^tX_{Cj}}{d_{ij}^{n_c}} \right) \quad (12)$$

The costs (tC) of operating services in region i are, next to the revenues, also incorporated by the 'growth of demand' function (equation (16)). These costs are calculated by:

$${}^tC_i = \sum_j {}^tRV_j \cdot \frac{{}^tX_{Ci}^m \cdot {}^tW_{Ci}^{\beta_{4c}}}{\sum_j X_{Cj}^m \cdot {}^tW_{Cj}^{\beta_{4c}}} \quad (13)$$

where m is a factor taking into account the exploitation cost.

Next, new and exogenous activity in the services sector is allocated⁶. Again, an adjustment factor, tAA_C , is being applied.

$${}^tD_{ECi} = {}^tE_C \cdot {}^tAA_C \cdot \left(\frac{{}^tX_{Ci}}{{}^tX_C} \right)^{\beta_{5c}} \cdot \left(\frac{{}^tRV_i}{{}^tC_i} \right)^{\beta_{9c}} \quad (14)$$

with

$${}^tAA_C = \left(\sum_i \left(\frac{{}^tX_{Ci}}{{}^tX_C} \right)^{\beta_{5c}} \cdot \left(\frac{{}^tRV_i}{{}^tC_i} \right)^{\beta_{9c}} \right)^{-1} \quad (15)$$

For the Services sector, the only β 's that have to be calibrated are those β_{iC} with $i \in \{4, 5, 9\}$. Note that these have the same meaning as the corresponding β_{iK} , with the only difference that they are now applied to the Services sector.

The growth of demand for Services is given by:

$$\Delta {}^tD_{Ci} = {}^tD_{ECi} + \alpha_2 ({}^tRV_i - {}^tC_i) \quad (16)$$

where α_2 is the inertia parameter in the movement of the intern demand.

The demand for activity can now be determined by combining equations (3) and (16), which results in an equation for the services sector the demand in region i :

$${}^tD_{Ci} = {}^tX_{Ci} + {}^tD_{ECi} + \alpha_2 ({}^tRV_i - {}^tC_i) \quad (17)$$

Policy constraints on regional demand

The demand (equation (3)) for an activity in a region is subjected to a policy constraint. This means that it cannot be smaller than a given lower bound (lb) or higher than a given upper bound (ub). These bounds are determined exogenously as part of the particular policy exercise that the LOV is used for. The constraints are not meant to influence the total national demand, therefore the correction made by applying the constraints is compensated proportionally over the regions, according to equation (18)

$$D_{Ki}^C = \min(\max(lb, f \cdot D_{Ki}), ub) \quad (18)$$

⁶ If ${}^tRV_i = 0$ or ${}^tC_i = 0$, then $\frac{{}^tRV_i}{{}^tC_i} = 1$

where D^C is the demand subjected to the policy constraints. The compensation factor f is calculated iteratively to match the constraint of equation (19).

$$\sum_i D_{Ki}^C = \sum_i D_{Ki} \quad (19)$$

B.1.4 Density

The *density* represents the amount of activity that can be placed in a region *per cell* of the micro model. This variable has a crucial role in the connection of the macro and the micro model. The density is determined for all sectors. For the land use types of which the activity is expressed as an acreage (e.g. Recreation, Greenhouses and Nature) the density is less relevant, it is constant in time and the same for all regions it is set equal to the area taken in by 1 cell. (25 ha/cell). The equations to calculate the density are presented later, but first some auxiliary variables are introduced.

The number of cells demanded by the macro model for sector K in region i (${}^tND_{Ki}^*$) is calculated by dividing the demand by the density. The star is added, since this formula uses the density that was calculated in the previous time step. After the current density is determined, this ${}^tND_{Ki}$ is calculated again (with the density from the current time step) and returned to the micro model.

$${}^tND_{Ki}^* = \frac{{}^tD_{Ki}}{{}^{t-1}W_{Ki}} \quad (20)$$

Since ${}^tND_{Ki}^*$ is an *integer*, convert the above value to integer by rounding, not truncation. Then, the total demand from the macro model for cells in region i and given by:

$${}^tND_i^* = \sum_K {}^tND_{Ki}^* \quad (21)$$

The variable tL_i is the ratio of the total cells demanded in a region to the cells available for allocation. It is essentially an index of crowding in a region. If tL_i is larger than 1, then more cells are demanded by the macro model than are available in the region.

$${}^tL_i = \frac{{}^tND_i^*}{{}^tQ_i} \quad (22)$$

where

$${}^tQ_i = \sum_K {}^tN_{Ki} + \sum_L {}^tN_{Li} \quad (23)$$

where K is the set of the functions and L is the set of the vacant land use types. These values are received from the micro model.

Productivities for all regions are rescaled on the basis of the new level of demand relative to the existing level of production (${}^tW_{cor_{Ki}}$), and, at the cellular level, the crowding ratio and the relative change in average neighbourhood effect, accessibility, suitability and zoning in the region (${}^tW_{cel_{Ki}}$). $\text{Max}(1, {}^tL_i)$ is used in rescaling the productivities so that tL_i only affects the densities if the value is larger than 1. In other words, tL_i serves only to increase the density, never to decrease it.

The initial⁷ density is determined by:

$${}^0W_{Ki} = \frac{{}^0X_{Ki}}{{}^0N_{Ki}} \quad (24)$$

In every following time step, this value is determined dynamically.

$${}^tW_{Ki} = {}^t\delta 1_K \cdot {}^{t-1}W_{Ki} \cdot {}^tWcor_{Ki} \cdot {}^tWcel_{Ki} \quad (25)$$

with

$${}^tWcor_{Ki} = \left[\delta 2_K \cdot \left(\frac{{}^tD_{Ki}}{{}^tX_{Ki}} \right) \right]^{\delta 3_K} \cdot \left[\delta 4_K \cdot \max(1, {}^tL_i) \right]^{\delta 5_K} \quad (26)$$

and

$${}^tWcel_{Ki} = \left[\frac{{}^t \left(\sum_{j=1}^{N_{Ki}} nab_{Kij} \right)}{{}^t N_{Ki}} \right]^{\delta 7_K} \cdot \left[\frac{{}^t \left(\sum_{j=1}^{N_{Ki}} acc_{Kij} \right)}{{}^t N_{Ki}} \right]^{\delta 8_K} \cdot \left[\frac{{}^{t-1} \left(\sum_{j=1}^{N_{Ki}} nab_{Kij} \right)}{{}^{t-1} N_{Ki}} \right] \cdot \left[\frac{{}^{t-1} \left(\sum_{j=1}^{N_{Ki}} acc_{Kij} \right)}{{}^{t-1} N_{Ki}} \right] \cdot \left[\frac{{}^t \left(\sum_{j=1}^{N_{Ki}} suit_{Kij} \right)}{{}^t N_{Ki}} \right]^{\delta 9_K} \cdot \left[\frac{{}^{t-1} \left(\sum_{j=1}^{N_{Ki}} suit_{Kij} \right)}{{}^{t-1} N_{Ki}} \right] \cdot \left[\delta 10_K \cdot \frac{\left(\frac{{}^{t-1} \left(\frac{Zf_K}{Z_K} \right) + 1}{\left(\frac{Zf_{Ki}}{Z_{Ki}} \right) + 1} \right)}{\left(\frac{Zf_{Ki}}{Z_{Ki}} \right) + 1} \right]^{\delta 11_K} \quad (27)$$

The calculation of the land use densities requires a number of parameters. These will be introduced first.

- ${}^t\delta 1_K$ Absolute influence of the current density (This is actually a trend which can take different values for every time step)
- $\delta 2_K$ Absolute influence of the demand for activity on the availability of activity
- $\delta 3_K$ Relative influence of the demand for activity on the availability of activity
- $\delta 4_K$ Absolute influence of the excess of available space
- $\delta 5_K$ Relative influence of the excess of available space
- $\delta 6_K$ Absolute influence of the growth in the neighbourhood effect
- $\delta 7_K$ Relative influence of the growth in the neighbourhood effect
- $\delta 8_K$ Relative influence of the change in the accessibility of the occupied space
- $\delta 9_K$ Relative influence of the change in the suitability of the occupied space
- $\delta 10_K$ Absolute influence of the change in the space that is made available by zoning
- $\delta 11_K$ Relative influence of the change in the space that is made available by zoning

Here the number of parameters can be reduced without affecting the model behaviour. Since all parameters referring to an absolute influence may be combined into one according to equation (28)

⁷ This only holds if ${}^0N_{Ki} > 0$ and ${}^0X_{Ki} > 0$. Otherwise, ${}^0W_{Ki} = wmin_K$, the minimum density.

$$\begin{aligned}\delta 1_K' &= \delta 1_K \cdot \delta 2_K^{\partial_3} \cdot \delta 4_K^{\partial_5} \cdot \delta 6_K^{\partial_7} \cdot \delta 10_K^{\partial_{11}} \\ \delta 2_K' &= 1, \quad \delta 4_K' = 1, \quad \delta 6_K' = 1, \quad \delta 10_K' = 1\end{aligned}\quad (28)$$

For this reason, the parameters $\delta 2_K$, $\delta 4_K$, $\delta 6_K$ and $\delta 10_K$ are essentially removed from the model by setting them to 1 and parameter $\delta 1_K$ remains to be calibrated.

For the first three terms in ${}^t W_{cel_{Ki}}$ it holds that the effect (*nab*, *acc* or *suit*) is summed over all cells occupied by sector K in region i . The ratios are equal to 1 in the first iteration, or if the numerator or denominator equals 0. In the zoning term (${}^t Z_{fK}$), the numerator uses national quantities to the effect that density is only increased (decreased) if the proportion of free zoned land in the region is lower (higher) than the national proportion.

For sector Population, there are two cell level categories, Low (L) and High (H) density housing. These categories are combined as a weighted mean:

$$\frac{{}^t Z_{f_{Ki}}}{{}^t Z_{Ki}} = \frac{1}{{}^t N_{Li} + {}^t N_{Hi}} \cdot \left[{}^t N_{Li} \cdot \left(\frac{{}^t Z_{f_{Li}}}{{}^t Z_{Li}} \right) + {}^t N_{Hi} \cdot \left(\frac{{}^t Z_{f_{Hi}}}{{}^t Z_{Hi}} \right) \right] \quad (29)$$

Now, after the density is determined, the number of cells demanded by the macro model for sector K and region i must be calculated. This value is then given to the micro model.

$${}^t ND_{Ki} = \begin{cases} 0 & \text{if } {}^t D_{Ki} < wmin_K \\ \frac{{}^t D_{Ki}}{{}^t W_{Ki}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (30)$$

This value is integer as well, so it should be rounded before it is returned to the micro model.

Next the residual (un-allocated) production must be updated. This is done by:

$${}^t XR_{Ki} = {}^t D_{Ki} - {}^t ND_{Ki} \cdot {}^t W_{Ki} \quad (31)$$

B.1.5 Other employment

Besides in services, socio-cultural and industry there is also employment in agriculture and fishery. These sectors are modelled differently from the other sectors.

Agriculture

The jobs in agriculture are estimated by taking into account the national trend and the increase or decrease in agricultural area.

The jobs are calculated according to the following equation:

$$\begin{aligned}{}^t X_{ag,i}^{area} &= \frac{{}^t N_{ag,i}}{{}^{t-1} N_{ag,i}} \cdot {}^{t-1} X_{ag,i} \\ {}^t X_{ag,i} &= \frac{{}^t X_{ag,i}^{area}}{\sum_j {}^t X_{ag,j}^{area}} \cdot {}^t X_{Nat,ag}\end{aligned}\quad (32)$$

Where ${}^t X_{ag,i}^{area}$ is the area based extrapolation of agricultural employment and ${}^t N_{ag,i}$ is the total area in a region (number of cells) taken in by agricultural land uses ('greenhouses', 'grassland', 'arable land' or 'other agriculture')

Fishing sector

To determine the number of jobs in the fishing sector a constant share model is applied:

$${}^tX_{i, fish} = \frac{{}^0X_{i, fish}}{\sum_i {}^0X_{ii, fish}} \cdot {}^tX_{Nat, fish} \quad (33)$$

B.1.6 Total Employment and Population

The total employment can be calculated by adding the jobs in all sectors:

$${}^tJ_i = {}^tX_{ag, i} + {}^tX_{fish, i} + {}^tX_{services, i} + {}^tX_{industry, i} + {}^tX_{sociocultural, i} \quad (34)$$

Likewise the total population can be calculated by adding the two population sectors:

$${}^tX_{P, i} = {}^tX_{high, i} + {}^tX_{low, i} \quad (35)$$

B.2 Algorithmical notes

B.2.1 Introduce new activity K into a region with ${}^tX_{Ki} = 0$

The next block of equations provides the stochastic possibility of introducing new activity into regions that are currently lacking it. It is necessary, because equations (3) – (10) will always give the demand for sector K in region i , ${}^tD_{Ki} = 0$ if the current ${}^tX_{Ki} = 0$.

So, in cases where ${}^tX_{Ki} = 0$, the ratio of regional potential to mean potential ($vrat_i$ takes on values $1 \leq vrat_i \leq (R+1)$, $\forall i$) must be calculated. This is done, by using:

$$vrat_i = \frac{{}^tV_{Pi}}{R^{-1} \cdot {}^tV_P} + 1 \quad (36)$$

Call a uniform random variate distribution, weigh it by a function of $vrat$, and rescale it. Here, $0 \leq \log(vrat) \leq \log(R+1)$, with $\log(vrat) = \log(2)$ for $V_{Pi} = \text{mean}(V_{Pi})$.

$$0 \leq \frac{\log(vrat)}{\log(2)} \leq 3.321928 \cdot \log(R+1).$$

Thus, $(rand) \cdot (vrat)$ may exceed 1.

Normally it holds that $0 \leq \theta_2 \leq 1$. But if θ_2 is equal to 0, then there is no weighing by a potential. In order to ensure that no new production is located in regions currently lacking it, set $\theta_1 = 1$ and $\theta_2 = 0$, such that rw (equation (10)) $< \theta_1$.

Next, get a random number (uniform, $0 < rand < 1$), weigh it by potential ratio, and re-scale it.

$$rw = rand \left(\frac{\log(vrat_i)}{\log(2)} \right)^{\theta_2} \quad (37)$$

If the re-scaled random variate is greater than the chosen value of the threshold parameter θ_1 , then compare this with threshold level rw . If it is accepted, so if $rw > \theta_1$, then assign the exogenous production and deduct the production assigned from the exogenous stock. To achieve this, locate an amount of new production in the region proportional to the value of $vrat$. Note that for $V_{Pi} = \text{mean}(V_{Pi})$ the

equivalent of two cells of demand is assigned. The minimum density that will be assigned is $wmin$. This means that:

$${}^tD_{EKi} = (vrat_i) \cdot ({}^tW_{Ki}) \quad (38)$$

Since the production allocated to the region is exogenous, it must be deducted from the current year's stock of exogenous production that will be allocated in equation (12).

$${}^tE_K = {}^tX_{NatK} - \sum_{i=1}^R {}^{t-1}X_{Ki} - {}^tD_{EKi} \quad (39)$$

B.2.2 Attractivity

The actual formula for the attractivity as it is used in the model is:

$${}^tAT'_{Kij} = (d_{ij})^{-n_K} \left(\frac{{}^tX_{Pj}}{{}^tX_{Pi}} \right)^{\beta_{1K}} \cdot \left(\frac{{}^tJ_j}{{}^tJ_{ji}} \right)^{\beta_{2K}} \cdot \left(\frac{{}^tX_{Kj}}{{}^tX_{Ki}} \right)^{\beta_{3K}} \cdot \left(\frac{{}^{t-1}W_{Ki}}{{}^{t-1}W_{Kj}} \right)^{\beta_{4K}} \cdot \left(\frac{\langle nab_{Kj} \rangle}{\langle nab_{Ki} \rangle} \right)^{\beta_{6K}} \cdot \left(\frac{\langle suit_{Kj} \rangle}{\langle suit_{Ki} \rangle} \right)^{\beta_{7K}} \cdot \left(\frac{{}^tZf_{Kj} + 1}{{}^tZf_{Ki} + 1} \right)^{\beta_{8K}} \cdot \left(\frac{\langle acc_{Kj} \rangle}{\langle acc_{Ki} \rangle} \right)^{\beta_{10K}} \quad (40)$$

However, ${}^tAT_{Kij}$ (in equation (40)) is only used in the formula for ${}^tD_{OKij}$ (and thus also for ${}^tD_{OKi}$) and it is used as a relative measure in the following format:

$$\frac{{}^tAT_{Kij}}{\sum_j {}^tAT_{Kij}} \quad (41)$$

The denominator determines the sum of the attractivity, over j . In equation (40), a lot of terms only depend on i . So, they can be multiplied outside the sum and thus, by the above division, they cancel out (equation (42)) of the formula, which results in the equation as it is given in (4).

$$\frac{{}^tAT_{Kij}}{\sum_j {}^tAT_{Kij}} = \frac{{}^tAT'_{Kij}}{\sum_j {}^tAT'_{Kij}} \quad (42)$$

B.2.3 Mean cellular characteristics

$$\langle nab_{Ki} \rangle = \frac{\sum_{c \in i} {}^tN_{Kc} \cdot {}^tG_{Kc}}{\sum_{c \in i} {}^tG_{Kc}} \quad (43)$$

$$\langle acc_{Ki} \rangle = \frac{\sum_{c \in i} {}^tA_{Kc} \cdot {}^tG_c}{\sum_{c \in i} {}^tG_{Kc}} \quad (44)$$

$$\langle suit_{Ki} \rangle = \frac{\sum_{c \in i} {}^tS_{Kc} \cdot {}^tG_{Kc}}{\sum_{c \in i} {}^tG_{Kc}} \quad (45)$$

where

- ${}^tN_{Kc}$ represents the neighbourhood effect of cell c for land use K as it is calculated in the micro model.
- ${}^tA_{Kc}$ represents the accessibility of cell c for land use K as it is calculated in the micro model.
- ${}^tS_{Kc}$ represents the suitability of cell c for land use K as it is calculated in the micro model.
- ${}^tG_{Kc} = 1$ if cell c is occupied by COROP i by land use K at time t .
- ${}^tG_{Kc} = 0$ if cell c is not occupied by COROP i by land use K at time t .

B.3 Micro model

In the LOV, the spatial dynamics at the local level are modelled by a Cellular Automata based technique. Cellular Automata (CA) models are dynamic systems represented in a matrix of cells. A CA model consists of cells, each of which is in one of a discrete number of *states*, a *Euclidean space* divided into an array of identical cells, a cell *neighbourhood*, and a set of *transition rules* that determine the state of a cell as a function of the states of cells in the neighbourhood. These different properties of the CA model will be explained in this part. Furthermore, the exact equations and descriptions are presented for all four elements that determine the dynamics at the micro level, i.e. suitability, zoning, accessibility, and the neighbourhood effect.

B.3.1 Land uses

A cell in the micro model can be occupied by one of 17 land uses (Table 6). Every land use is either a *Function* or a *Feature*. Functions have their own dynamics and can thus change in time. Features, however, do not have their own dynamics, but they do influence the neighbourhood in which the Functions evolve.

Note that throughout this chapter, L represents the set of all land uses as are stated in this table, and $L_{fct} \subset L$ represents the set of the functions.

Table 6. Every cell is occupied by one of these 17 land uses.

Agricultural Functions	Residential Functions	Economic Functions	Nature Functions	Features
Agricultural div	Population low	Industry	Forest	Fresh water
Grassland	Population high	Services	Extensive grass	Sea
Arable land		Socio-cultural	Nature	Airports
Greenhouses		Recreation		Foreign country

The development of land demand for the functions ‘Population’ (high and low), ‘Industry’, ‘Services’ and ‘Socio-cultural’ is calculated by the macro model. This development is taken as constraint to the micro model which determines the spatial allocation.

The development of land demand for the functions ‘Greenhouses’, ‘Recreation’, ‘Forest’, ‘Extensive grass’ and ‘Nature’ is confined, per COROP region, to the micro model through an input-file. The cellular model determines their allocation.

The functions ‘Agricultural Diverse’, ‘Grass’ and ‘Arable’, so called vacant land uses, have a simplified dynamic calculation at the micro level. These land uses are allocated without prior constraints and take in those cells that remain free after the constraints for the functions have been met.

The features do not have their own micro-dynamics. Thus, the LOV does not determine the growth and the spatial allocation for these land uses. However, the features have influence on the allocation of the functions in the model.

B.3.2 CA-neighbourhood

In the micro model, a circular CA-neighbourhood is used with a radius of eight cells, as shown in *Figure 11*. All 196 cells in this neighbourhood are in one of 30 concentric circles. These concentric circles, $d \in D$, get a distance-number by observing their Euclidean distances to the centre (i.e. circle 1) and give them a value according to their place in an ordered list of these values. The distance of a cell is given by

$$\sqrt{Xd^2 + Yd^2} \tag{46}$$

where Xd is the distance shown at the bottom of the figure and Yd is given on the left. They represent the absolute distance of a certain element to the centre, either horizontal or vertical.

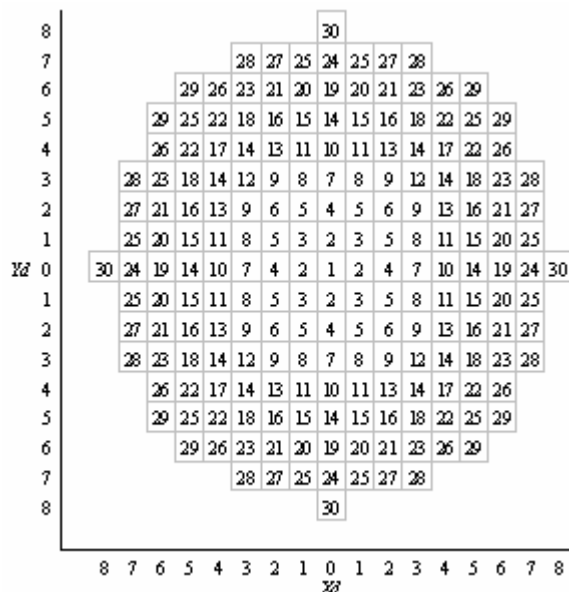


Figure 11. All cells in the neighbourhood are in exactly one concentric circle. The index of the circle depends on the distance of the circle's cells to the centre of the neighbourhood (circle 1).

Concentric circle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distance	0	$\sqrt{1}$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{4}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{8}$	$\sqrt{9}$	$\sqrt{10}$	$\sqrt{13}$	$\sqrt{16}$

Concentric circle	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Distance	$\sqrt{17}$	$\sqrt{18}$	$\sqrt{20}$	$\sqrt{25}$	$\sqrt{26}$	$\sqrt{29}$	$\sqrt{32}$	$\sqrt{34}$	$\sqrt{36}$	$\sqrt{37}$

Concentric circle	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Distance	$\sqrt{40}$	$\sqrt{41}$	$\sqrt{45}$	$\sqrt{49}$	$\sqrt{50}$	$\sqrt{52}$	$\sqrt{53}$	$\sqrt{58}$	$\sqrt{61}$	$\sqrt{64}$

B.3.3 CA-transition rules

The CA-transition rules are distance-rules that represent generally the locational preferences and the spatial interaction mechanisms active in the micro model. The rules are presented as distance functions (Figure 12 and Figure 13) that describe to what extent a land use function influences another cell at any possible distance $d \in D$ in the CA-neighbourhood. There is a spatial 'stationarity' in the model, because every cell on the grid uses a CA neighbourhood in the same way to determine the transition to a new state.

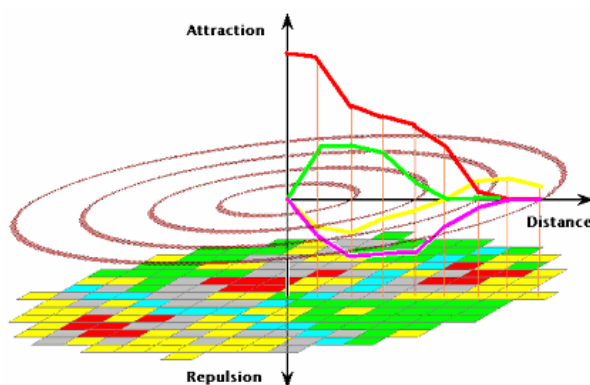


Figure 12. The CA-transition rules are distance rules, representing locational-preferences and spatial interaction mechanisms active at the micro geographical level.

		Functions			Features	
		Red	Grey	Yellow	Green	Cyan
F u n c t i o n s	Rule set Red					
	Rule set Grey					
	Rule set Yellow					

Figure 13. The set of transition rules for every function land use consists of every possible interaction of the land use with all other land uses that are present in the model. For each land use function, the transition rule is a weighted sum of distance functions calculated relative to all other land use functions and features.

In summary, the transition rules are distance (decay) functions defining the push and the pull forces between land uses as a function of the distance from the centre of the neighbourhood.

Now a new feature is added to the LOV which simplifies the structure of the transition rules. In the model, the transition rules for the influence of one function land use on another land use, is represented as shown in **Figure 12**. At every distance in the CA neighbourhood, the transition function has a parameter value that can be independently set. So in total, a transition rule comprises 30 parameters.

The large number of parameters makes it very hard to calibrate the micro model. To reduce this difficulty, the transition rules are transformed to rules defined by only four points at crucial points in the curve. The four points are set by 5 parameters (*inertia, a, b, c, d*), according to the following mould.

1. The inertia value is the influence at the y-axis, i.e. at distance 0. Thus, the first point is $(0, inertia)$.
2. The second point is present at distance 1, and has the coordinates $(1, a)$.
3. There is one point that denotes the maximum distance at which an influence is present. This point lies at the x-axis and has the coordinates $(d, 0)$. Thus, for every distance that is larger than d , the function value is 0.
4. And there is one point, (b, c) , that determines how the function behaves between distance 1 and d . Thus, parameter b lies between 1 and d . The parameter c can take any value.

An example of a four point transition rule is shown in **Figure 14**. The vertical lines represent the distances on the 30 concentric circles. Previously, the rules were defined with a point on any of these lines. Still, there are values on each of these lines, but now they are defined by the equation of the function that crosses that line.

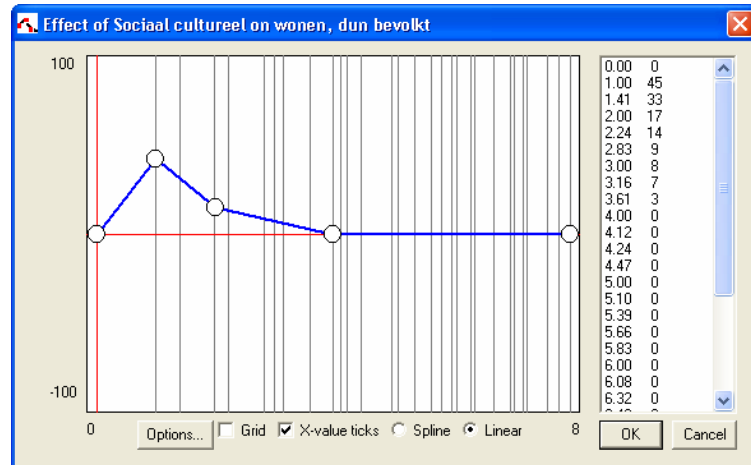


Figure 14. Four point transition rule. The parameters of this rule are inertia = 0, $a = 45$, $b = 2$, $c = 17$ and $d = 4$.

B.3.4 Transition potential

The transition potential is a dimensionless value (either positive or negative) that represents the likelihood that a cell will change state. The transition potential is calculated for every function and is based upon a number of components, which are described in detail in the following section.

The transition potential is calculated for every land use $l \in L$ and cell $c \in C$ by:

If ${}^tN_{l,c} \geq 0$

$${}^tP_{l,c} = (w_S \cdot S_{l,c} + w_Z \cdot {}^tZ_{l,c}) \cdot {}^tA_{l,c} \cdot {}^tN_{l,c} \cdot {}^tR_{l,c} \quad (47)$$

If ${}^tN_{l,c} < 0$

$${}^tP_{l,c} = (w_S + w_Z - (w_S \cdot S_{l,c} + w_Z \cdot {}^tZ_{l,c}) \cdot {}^tA_{l,c}) \cdot ({}^tN_{l,c} \cdot {}^tR_{l,c}) \quad (48)$$

In both cases, the random factor ${}^tR_{l,c}$ is determined by:

$${}^tR_{l,c} = -{}^{10} \log({}^trand_{l,c})^a \quad (49)$$

where

${}^tP_{l,c}$ Transition potential

w_S, w_Z Weights for respectively suitability and zoning

$S_{l,c}$ Suitability

${}^tZ_{l,c}$ Zoning

${}^tA_{l,c}$ Accessibility

${}^tN_{l,c}$ Neighbourhood effect ($= {}^tN_{l,nbh} + {}^tN_{l,0}$)

${}^tR_{l,c}$ Random factor

${}^trand_{l,c}$ is drawn from a uniform (0, 1) distribution, with $P({}^trand_{l,c} < x) = x$

a Stochastic factor

B.3.5 Land use allocation

Cells are assigned a land use type on the basis of the transition potential and the regional constraints. The state of a cell is in one of three independent sets: L_{fcb} , L_{fea} , L_{vac} which together form the set of all land uses L . The allocation of land uses from each of these sets functions differently.

Feature cells remain unchanged. Thus, if a cell is a feature cell, it will also be a feature cell in the next time step.

For function cells, the allocation is somewhat more complicated. Land uses are allocated by means of a combinatorial algorithm which allocates functions according to the highest potential until all cell demands are met. Suppose there are two cells a and b . If the potential in cell a for the land use of cell a is greater than the potential in cell b for the land use of cell b , then the potential of the land use of a in cell a is greater than or equal to the land use of a in cell b . Thus,

If

$${}^tP_{{}^tLU_a,a} > {}^tP_{{}^tLU_b,b} \quad (50)$$

Then

$${}^tP_{{}^tLU_a,a} \geq {}^tP_{{}^tLU_a,b} \quad (51)$$

where tLU_c represents the land use in cell c at time t . This condition holds for all function land uses in a and b .

For the case in which the land use of a is a function and the land use of b is a vacant, equation (51) must hold (so without the condition in (50)).

Furthermore, for a certain land use K in region i , it should hold that the number of function cells in that region is equal to the number of function cells that is demanded (which is ${}^tN_{Ki}$, i.e. the number of cells at time t for sector K and region i).

$$\sum_{c \in C_i} \left(\Delta_{{}^tLU_c, (L_{jst})_K} \right) = {}^tN_{Ki} \quad (52)$$

In this equation, $\Delta_{a,b} = 1$ if a and b are equal, and 0 otherwise, and C_i is the set of cells in region i .

After the function and features are allocated to cells, the remaining cells are occupied by vacants. If a cell is a vacant cell, then it should hold that the potential of the land use in this cell is equal to the maximum potential of all vacant land uses in that cell.

$${}^tP_{{}^tLU_c,c} = \max_l \left\{ {}^tP_{l,c} \mid \forall l \in L_{vac} \right\} \quad (53)$$

B.3.6 Neighbourhood effect

The neighbourhood effect is calculated using the next equation.

$${}^tN_{l,c} = \sum_{d \in D} \left(\sum_{x \in C_d} w_{l,{}^tLU_x,d} \right) \quad (54)$$

where

D The set of distances in the CA-neighbourhood of $c \in C$.

C_d The set of cells at distance $d \in D$, with $C_d \subset C$.

tLU_x The land use of cell $x \in C_d$ at time t .

$w_{l,m,d}$ The interaction between cell $c \in C$ with land use l and cell $x \in C_d$ with land use m on distance d in the CA-neighbourhood.

This means that the neighbourhood sums the interaction-value between land use l and every other land use that occurs in a cell x which is part of the set of cells at distance d , for every d in the CA-neighbourhood of cell c .

B.3.7 Accessibility

Accessibility is a spatially distributed measure (on a map) expressing, in values ranging between 0 and 1, the degree to which a cell can be accessed via the transportation network.

The accessibility is a composite measure of three types of accessibility: Zonal accessibility, local accessibility and implied accessibility. These three are explained in the following sections.

Zonal accessibility

The zonal accessibility is a measure based upon the travel cost from a transport zone to origins and destinations for trips of different motives. In the LOV there are 345 transport zones (LMS zones). The zonal accessibility is calculated by the Transport module in the LOV for trips of four different motives:

- from residential to residential and vice versa
- from residential to jobs and vice versa
- from jobs to jobs and vice versa
- from residential to recreation and vice versa

The zonal accessibility for a land use feature is calculated as a weighted sum of the zonal accessibility F_z per motive m .

$${}^t z b_{l,z} = \sum_m (w_l^m \cdot {}^t F_z^m) \quad (55)$$

where m is the index iterating over the travel motives and w_l^m is the relative weight relating to motive m and land use type l .

This accessibility, as calculated by the transportation-module is rescaled to a dimensionless accessibility measure with a range of 0 to 1.

$${}^t Z_{l,z} = \gamma + (1 - \gamma) \cdot \frac{{}^t z b_{l,z} - {}^{min} z b_l}{{}^{max} z b_l - {}^{min} z b_l} \quad (56)$$

where:

- ${}^{min} z b_l$ The $z b_{l,z}$ -value of the transport zone z with the lowest zonal accessibility.
- ${}^{max} z b_l$ The $z b_{l,z}$ -value of the transport zone z with the highest zonal accessibility.
- γ A constant minimal value for $Z_{l,z}$. By calibration, the value $\gamma = 0.6$ is found.

Local accessibility

The local accessibility reflects the distance of a cell to the transport network. A cell that lies closer by to a network has a higher local accessibility. The network consists of a number of network layers, which may consist of either points (such as stations) or lines (such as roads). In the LOV there are five different network layers.

- Intercity NS-station;
- NS-station (not intercity);
- Road-infrastructure;
- Access to and exit of a highway;
- Waterway.

For each network layer the effect of proximity on accessibility is calculated according to equation (8).

$${}^t A_{s,l,c} = \frac{1}{1 + \frac{D_{s,c}}{a_{s,l}}} = \frac{a_{s,l}}{a_{s,l} + D_{s,c}} \quad (57)$$

${}^t A_{s,l,c}$ Accessibility of cell c for land use l concerning the network layer s .

$D_{s,c}$ The distance of cell c and the nearest cell on the network layer s .

$a_{s,l}$ The accessibility-coefficient that represents the importance of a good access to the network s for land use l . $a_{s,l} \geq 0$

A special case are land use classes that suffer rather than benefit from accessibility. For these the accessibility is calculated differently:

$${}^t A_{s,l,c}^{neg} = 1 - {}^t A_{s,l,c} = \frac{D_{s,c}}{D_{s,c} + |a_{s,l}|} \quad (58)$$

This is indicated in the user-interface by entering a negative value for $a_{s,l}$.

The combined effect of the nearness to the various network layers is calculated according to the following equation.

$${}^t L_{l,c} = \frac{1 - \prod_s (1 - w_{s,l} \cdot A_{c,s})}{1 - \prod_s (1 - w_{s,l})} \quad (59)$$

where s is the index iterating over the different network layers. The weights $w_{s,l} \in [0,1]$ give the relative weight of the proximity to the different networks to the total local accessibility. The effect of equation (12) is ‘decreasing additive’. It is *additive*, because the inclusion of an additional network layer will result in a higher accessibility. It is *decreasing* because the inclusion of an additional network layer will lead to a reduced contribution of the individual network layers.

Implied accessibility

The implied accessibility reflects that when an area is being occupied by urban land uses, measures will be taken to assure its accessibility. This is the case even if it does not appear so on the network layer. For the micro model this is especially significant because as the cellular automata model changes the land use map it does not change the network layers accordingly.

The implied accessibility takes one of two possible values for each land use class: Urb_l for urbanized areas or $NUrb_l$ for non-urbanized areas. A cell is urbanized if its land use type belongs to the set of urban classes (U). Which land use classes are urban can be configured by the user, but in principle these are: population low, population high, industry, services and socio-cultural.

$${}^t I_{l,c} = \begin{cases} Urb_l & \forall {}^t lu_c \in U \\ NUrb_l & \forall {}^t lu_c \notin U \end{cases} \quad (60)$$

$$U = \{population_low, population_high, industry, services, socio-cultural\}$$

where ${}^t lu_c$ is the land use class found at cell.

Composition of total accessibility

The cellular accessibility is eventually calculated as the product of the zonal accessibility, the local accessibility and the implied accessibility.

$${}^t A_{l,c} = {}^t Z_{l,z_c} \cdot {}^t L_{l,c} \cdot {}^t I_{l,c} \quad (61)$$

where z_c is the transport zone in which cell c is located.

B.3.8 Suitability

The suitability of a cell for a certain land use type is represented by a dimensionless value between 0 and 1. The suitability for each type of land use is present in the system as a suitability-map. Suitability remains constant in the model unless the user edits the map interactively. The suitability is a composite measure based on ecological, physical, technical or economical factors determining the physical appropriateness of a cell to receive the land use.

The micro model supplies global information to the macro model about the suitability for every land use (or activity) l and for every COROP region i .

B.3.9 Zoning

Zoning is a spatial distributed statistic dimensionless value on a map that shows binary whether a cell can ($= 1$) or cannot ($= 0$) be occupied by a certain land use. The zoning can change in time and space. The model allows distinguishing three different time periods per type of land use.

- Zoning period $zp = 0$: from start date ($t=t_0$) till first date set by user ($t=t_1$),
- Zoning period $zp = 1$: from first date set by user ($t=t_1$) till second date set by user ($t=t_2$),
- Zoning period $zp = 2$: from second date set by user ($t=t_2$) till end date of simulation $t=T$.

The assumption is made that once a land use is allowed in a cell, it will be allowed for the remainder of the simulation period. Hence, in numbers varying from 0 to 3, the zoning maps, $ZM_{l,c}$, indicate for each cell the period from which onwards the land use is allowed in the cell:

- $ZM_{l,c} = 0$: the land use is allowed starting in zoning period 0,
- $ZM_{l,c} = 1$: the land use is allowed starting in zoning period 1,
- $ZM_{l,c} = 2$: the land use is allowed in zoning period 2, and
- $ZM_{l,c} = 3$: the land use is never allowed.

It is further assumed that the change in the zoning status of a cell from *not allowed* (0) in the present zoning period to *allowed* (1) in the next zoning period is gradual. Hence, the change in the zoning status is anticipated and a cell will change state as a function of the elapsed time in the present zoning period. A parameter (ζ) expresses the level of anticipation of the future zoning status. High values ($1 < \zeta < \infty$) apply in areas with rigorous zoning regulations. In the given case, anticipation is not leading to more land being freed up, except in the very last years of a zoning period. Low values ($0 < \zeta < 1$) apply in areas with lenient zoning regulations. This gradual change in the zoning status has the technical advantage over a sudden change in that it avoids an unrealistic behaviour of the model during the first time step of a new planning period (when suddenly a lot of newly zoned land becomes available). It represents reality much better in that the zoning status of land is changing gradually within broadly defined planning periods.

$$\text{If } ZM_{l,c} = zp \text{ and } t \geq t_{zp} \text{ for } zp = 0, 1, 2, \text{ then } {}^tZ_{l,c} = 1 \quad (62)$$

If $ZM_{l,c} = zp$ and $t_{zp-1} < t < t_{zp}$ for $zp = 1, 2$, then

$${}^tZ_{l,c} = \frac{1}{1 + e^{(0.75 \cdot x) \cdot \zeta}} \text{ with } x = \left(\frac{t - t_{zf-1}}{t_{zf} - t_{zf-1}} \right) \quad (63)$$

$$\text{And in all other cases, } {}^tZ_{l,c} = 0 \quad (64)$$

where

${}^tZ_{l,c}$ Zoning status of cell $c \in C$ for land use $l \in L$ at time $t \in \{t_0, t_1, \dots, T\}$.

$ZM_{l,c}$ Zoning map of cell $c \in C$ for land use $l \in L$.

ζ Anticipation of future zoning status ($0 < \zeta < \infty$).

In the micro model, ζ is equal to 15. Note that the value for x must be in the interval (0, 1). Equation (63) is shown in **Figure 15** for different value for x .

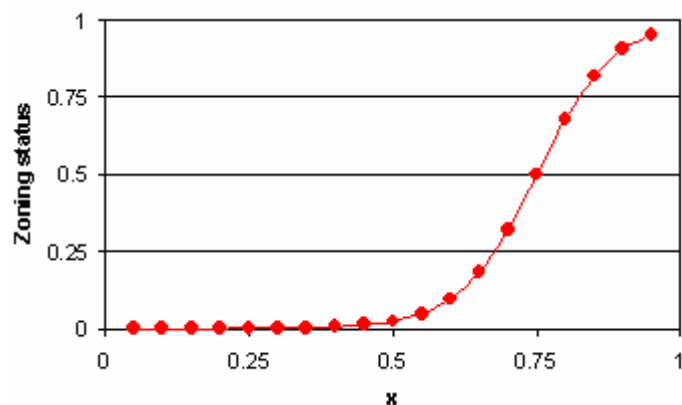


Figure 15. Values for the zoning status of cell c for land use l for varying values of x in the case that $ZM_{l,c} = z_p$ and $t_{z_{p-1}} < t < t_{z_p}$ for $z_p = 1, 2$.

The micro model supplies global information to the macro model about the zoning for every land use (or activity) l and for every region I (see Annex B.2.3.).

B.4 Overview of parameters

Table 7. Influence parameters in the macro model.

Parameter	Influence of	Influence on
n_K	Distance	Relative attractivity
$\beta 1_K$	Relative regional population	Attractivity
$\beta 2_K$	Relative regional employment	Attractivity
$\beta 3_K$	Relative regional sectoral (own) activity	Attractivity
$\beta 4_K$	Relative regional density	Attractivity
$\beta 5_K$	Relative level of activity	Distribution of growth
$\beta 6_K$	Relative regional neighbourhood effect	Attractivity
$\beta 7_K$	Relative regional suitability	Attractivity
$\beta 8_K$	Relative regional unrestricted zoning area	Attractivity
$\beta 9_K$	Netto migration	Distribution of growth
$\beta 10_K$	Relative regional accessibility	Attractivity
m	Exploitation cost	Cost in the services sector
$\delta 1_K$	Actual density	Density
$\delta 3_K$	Supply over demand of activity	Density
$\delta 5_K$	Availability of free space	Density
$\delta 7_K$	Growth of the neighbourhood effect	Density
$\delta 8_K$	Change in accessibility of free space	Density
$\delta 9_K$	Change in suitability of free space	Density
$\delta 11_K$	Change in unrestricted zoning area of free space	Density

Table 8. Other parameters in the micro model.

Parameter	Function	Influence
α_1	Expenditure per person on services	Revenue in the services sector
α_2	Inertia in redistribution of services	Mobility in the services sector
b	Intra-region factor	Balance between inter- and intra regional migration
φ_K	Inertia in redistribution of activity	Mobility
$Wmin_K$	Minimal density	Density

θ_1, θ_2	Technical parameters for the stochastic component of attractivity for regions without population	Attractivity
----------------------	--	--------------

Table 9. Influence parameters in the micro model.

<i>Parameter</i>	<i>Influence of</i>	<i>Influence on</i>
w_s en w_z	Zoning and suitability	Total cellular potential
A	Random	Total cellular potential
$w_{l,m,d}$	Presence of land use m at distance d	Neighbourhood effect for land use l
w_l^m	Zonal accessibility for transport motive m	Zonal accessibility for land use l
$a_{s,l}$	Distance to network s	Local accessibility of network s for land use l
$w_{s,l}$	Local accessibility of network s	Total local accessibility

Table 10. Other parameters in the micro model.

<i>Parameter</i>	<i>Function</i>	<i>Influences</i>
γ	Minimal zonal accessibility	Local accessibility
Urb_l and $NUrb_l$	Implied accessibility of land use l for urban and non urban locations	Local accessibility
ζ	Zoning anticipation	Zoning

Bijlage C: Benodigde data en herkomst

De data die benodigd zijn voor het uitvoeren van de runs zijn door RIVM, in de persoon van Ton de Nijs, verzameld en aan RIKS overgedragen. De beschrijving van de data en de herkomst ervan is eveneens van Ton de Nijs afkomstig.

C.1 Data benodigheden

C.1.1 Kaartmateriaal

Landgebruik

De initiële landgebruikskaart is afkomstig van RIVM en betreft een herschaalde en gecorrigeerde versie van de CBS basiskaart van 1989. Kaartdelta's⁸ zijn aan het model opgelegde landgebruikveranderingen, in dit geval uitbreidingen van de 2^e Maasvlakte en IJburg.

Data	Locatie (.\\vigerendv3_52\...	Geldigheid	Bron
Landgebruikskaart	landgebr.map	1989	RIVM o.b.v. CBS
Kaartdeltas	kaartdel.md	1997, 2005	RIVM o.b.v. CBS

Regiokaarten

Twee typen regio's worden onderscheiden in de LOV: COROPs en LMS zones. Daarom zijn er ook twee regiokaarten: 1) de COROP kaart is sluitende kaart van het modelgebied en verdeelt Nederland in COROP's, de regionale eenheden in het macromodel. 2) de LMS zonekaart, verdeelt Nederland in LMS zones. Dit zijn de regio's waarop de zonale bereikbaarheid, berekend door het verkeersmodel, betrekking heeft. Iedere LMS zone ligt exclusief in één COROP.

Data	Locatie(.\\vigerendv3_52\)	Geldigheid	Bron
COROP kaart	regiokaa.map c95-lov35v3.asc	1995	RIVM
LMS zone kaart			RIVM/RIKS o.b.v. LMS

Netwerkgegevens

Het micro model gebruikt netwerken voor het berekenen van de cellulaire toegankelijkheid. Deze netwerken zijn geleverd door RIVM die ze o.a. van LMS netwerken heeft afgeleid. Netwerken kunnen veranderen in de tijd en zijn daarom gespecificeerd als scenario in een .net bestand. De netwerken en uitbreidingen in de netwerken staan in ArcInfo shape bestanden.

NB: Een run met verkeersnetwerk gebeurt enkel op basis van het autowegennet.

⁸ Kaartdelta's zijn door de gebruiker aan het model opgelegde veranderingen in de toestand van het model. De veranderingen hebben een tijdsvalag en worden geactiveerd op het juiste ogenblik. Kaartdelta's zijn in te stellen voor landgebruikskaarten, geschiktheidskaarten, netwerken, etc...

Netwerkdatabron	Locatie	Geldigheid	Bron
Totaal scenario	.\vigerendv3_52\wegennetSc.net	1970-2030	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
	..\standardrun\networks\auto\		
Wegen	1970\riks1970_100steenweg.shp	1970-1975	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	1970\riks1970_100opafrit.shp	1970-1975	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	1975\riks1975_100steenweg.shp	1975-1980	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	1975\riks1975_100opafrit.shp	1975-1980	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	1980\riks1980_100steenweg.shp	1980-1985	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	1980\riks1980_100opafrit.shp	1980-1985	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	1985\riks1985steenweg.shp	1985-1990	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	1985\riks1985opafrit.shp	1985-1990	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	1990\riks1990steenweg.shp	1990-1995	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	1990\riks1990opafrit.shp'	1990-1995	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	1995\netw1995steenweg.shp	1995-2000	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	1995\netw1995opafrit.shp	1995-2000	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	2000\riks2000steenweg.shp	2000-2010	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	2000\riks2000opafrit.shp	2000-2010	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	2010\netw2010steenweg.shp	2010-2020	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	2010\netw2010opafrit.shp	2010-2020	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Wegen	2020\netw2020steenweg.shp	2020-2030	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
Opritten	2020\netw2020opafrit.shp	2020-2030	RIVM/RIKS o.b.v. LMS
	..\standardrun\networks\water\		
Waterwegen	Water.shp		RIVM
	..\standardrun\networks\trein\		
Spoorwegen	1970\spoorweg.shp	1970-1980	RIVM
Stations	1970\stations.shp	1970-1980	RIVM
Spoorwegen	1980\spoorweg.shp	1980-1990	RIVM
Stations	1980\stations.shp	1980-1990	RIVM
Spoorwegen	1990\spoorweg.shp	1990-1995	RIVM
Stations	1990\stations.shp	1990-1995	RIVM
Spoorwegen	1995\spoorweg.shp	1995-2010	RIVM
Stations	1995\stations.shp	1995-2010	RIVM
Spoorwegen	10rf2\spoorweg.shp	2010-2020	RIVM
Stations	10rf2\stations.shp	2010-2020	RIVM
Spoorwegen	20rf2\spoorweg.shp	2020-2030	RIVM
Stations	20rf2\stations.shp	2020-2030	RIVM

Geschiktheidskaarten

Voor alle 'vacant' en 'function' landgebruiken moet een geschiktheidskaart beschikbaar worden gesteld. Deze staan in .swt bestanden en geven de geschiktheid in een schaal van 0 tot 10.

De geschiktheidskaarten worden met behulp van de **OVERLAY TOOL** gemaakt op basis van factor-kaarten.

Geschiktheid voor	Locatie .\vigerendv3_52\	Geldigheid	Bron
Overig agrarisch	overigag.swt		RIVM
Grasland	grasland.swt		RIVM
Akkerbouw	akkerbou.swt		RIVM
Glastuinbouw	glastuin.swt		RIVM
Wonen dun bevolkt	wonendun.swt		RIVM
Wonen dicht bevolkt	wonendic.swt		RIVM
Bedrijfsterrein	bedrijfs.swt		RIVM
Diensten	diensten.swt		RIVM
Sociaal Cultureel	socialc.swt		RIVM
Bos	bos.swt		RIVM
Extensief grasland	extgrasl.swt		RIVM
Overige natuur	natuur.swt		RIVM
Recreatieland	recreati.swt		RIVM

Factortype	Locatie: .\Maps\Gis\Geschiktheid\...	Geldigheid	Bron
Fysisch Geografische Regio's	Fys_Geo_Regio's.doc		
Lutumgehalten	Lutum Gehalte.doc		
Cumulatieve geluidbelasting 1997	Geluid MB98.doc		
Kwelgebieden	Kwel Gebieden NB98.doc		
Bufferzones NS stations	NS Stations.doc		
Bufferzone Rotterdam	Rotterdam Buffer.doc		
Bufferzone Schiphol	Schiphol Buffer.doc		
Actiekaart verdrogingsbestrijding	Verdroogde Gebieden NB98.doc		
Bufferzones op- en afritten	Op & Afritten.doc		
Kansen voor Kassen (LEI)	KansKas_Suit.doc		LEI
LOVweig89	.\Maps\Landuse maps\LOVweig89.doc		RIVM o.b.v CBS

Beleidskaarten

Voor alle function landgebruiken moet een beleidskaart beschikbaar worden gesteld. Alle beleidskaarten staan samen in één .map bestand en geven aan vanaf welk jaar het betreffende landgebruik toegelaten is. Per type landgebruik worden drie beleidsperioden (jaren van inwerkingtreding) onderscheiden.

De beleidskaarten worden met behulp van **DE OVERLAY TOOL** gemaakt op basis van factorkaarten.

Data	Locatie .\vigerendv3_52\	Geldigheid	Bron
Beleidskaart per landgebruik	beleidsk.map	1989-2030	RIVM

Factortype	Locatie (.Maps\GIS\Beleid\)	Geldigheid	Bron
Vogel- en habitatrictlijn	hab_500.doc		
Grondwaterbeschermingsgebieden 1995	.Maps\GIS\Beleid\Grondwater Beschermingsgebieden1995.doc		
netto_ehs03	Netto-ehs03.doc		NPB
EVR plichtige en Vuurwerk bedrijven	New-ev-vwg2.doc		
NIP Luchthaven	luchthaven.doc		NIP
NIP Vinex woonlocaties	NIP\vinex wonen.doc		NIP
NIP Glastuinbouw	NIP\glastuinbouw.doc		NIP
NIP Natuurontwikkelingsgebieden	NIP\natuurontwikkeling.doc		NIP
NIP Overige woonlocaties	NIP\overig wonen.doc		NIP
NIP Strategische Groenprojecten	NIP\sgp.doc		NIP
NIP Werklocaties	NIP\werk.doc		NIP
NIP Water	NIP\water.doc		NIP
NIP Recreatiegebieden	NIP\recreatie.doc		NIP
NIP locaties windmolenpark	NIP\windenergie.doc		NIP
vrijwaring bebouwd Ton Dassen	vrijwaring bebouwd Ton Dassen.doc		Ton Dassen
vrijwaring vogel Ton Dassen	vrijwaring vogel Ton Dassen.doc		Ton Dassen
gkww_gemeente	gkww_gemeente.doc		
LOVweig89	.Maps\Landuse maps\LOVweig89.doc		RIVM o.b.v. CBS

C.1.2 Tijdsreeks

De onder 'Kaartmateriaal' genoemde kaartdelta's kunnen beschouwd worden als tijdsreeks. Ook de beleidskaarten zijn tijdsreeks te noemen. De tijdsreeks zijn terug te vinden in het macrodata invoer bestand. De bronnen van deze data zijn apart behandeld in Annex C.5.

Socio-economisch

De LOV maakt gebruik van verschillende scenario's van socio-economische grootheden. De nationale scenario's zijn opgesteld als een aggregatie van regionale historische gegevens.

Scenario	Geldigheid
Bevolking dicht nationaal (inwoners)	1989-1996
Bevolking dun nationaal (inwoners)	1989-1996
Industriesector nationaal (arbeidsplaatsen)	1989-1996
Dienstensector nationaal (arbeidsplaatsen)	1989-1996
Sociaal-cultureel nationaal (arbeidsplaatsen)	1989-1996
Glastuinbouw per COROP (hectares)	1989-1996
Regionaal inkomen per COROP (euro's)	1989-1996

Natuur

Voor de natuurlijke landgebruiken worden scenario's per COROP gebruikt.

Scenario	Geldigheid
Bos per COROP (hectares)	1989-1996
Extensief grasland per COROP (hectares)	1989-1996
Overige natuur per COROP (hectares)	1989-1996

Verkeer

In een standaardrun wordt gebruik gemaakt van vooraf berekende resultaten uit het verkeersmodel. Het gaat hierbij om gegeneraliseerde reiskosten tussen COROP's (Value Of Time matrices) en vier typen van bereikbaarheid per LMS zone (Zonale Bereikbaarheid tabellen). De VOT en ZB tabellen zijn afkomstig van een LOV run met een geactiveerde Verkeersmodule.

Input	Locatie (StandardRun\verkeerslovdata)	Geldigheid	Bron
Value of time	VOT1989	1989	LOV-run januari '04
Value of time	VOT1990	1990	Idem
Value of time	VOT1995	1995	Idem
Value of time	VOT2000	2000	Idem
Value of time	VOT2010	2010	Idem
Value of time	VOT2020	2020	Idem
Zonale Bereikbaarheid	ZB1989	1989	Idem
Zonale Bereikbaarheid	ZB1990	1990	Idem
Zonale Bereikbaarheid	ZB1995	1995	Idem
Zonale Bereikbaarheid	ZB2000	2000	Idem
Zonale Bereikbaarheid	ZB2010	2010	Idem
Zonale Bereikbaarheid	ZB2020	2020	Idem

C.1.3 Initiële waarden

De initiële landgebruikskaart is al genoemd onder 'Kaartmateriaal'. Er zijn nog andere initiële waarden, in het bijzonder op regionaal niveau. De initiële waarden zijn terug te vinden in het macrodata invoer bestand. De bronnen van deze data zijn apart behandeld in Annex C.5

Input	Geldigheid
Bevolking dicht per COROP (inwoners)	1989
Bevolking dun per COROP (inwoners)	1989
Industriesector per COROP (arbeidsplaatsen)	1989
Dienstensector per COROP (arbeidsplaatsen)	1989
Sociaal-cultureel per COROP (arbeidsplaatsen)	1989

C.1.4 Data benodigd voor een 'Micro run'

De LOV houdt bij de verdeling van nationale socio-economische activiteit rekening met beleidsmatig opgelegde boven- en ondergrenzen van activiteit per COROP.

In de standaard run wordt van deze functionaliteit geen gebruik gemaakt

Voor een run van het model waarbij het macromodel is uitgeschakeld wordt gebruik gemaakt van de optie om de boven- en ondergrens van een activiteit in een COROP op te leggen. Boven- en ondergrens worden in dit geval aan elkaar gelijkgesteld en aanvullend is er een optie de dichtheid per COROP voor deze activiteiten in een scenario voor iedere COROP op te leggen.

De bronnen van deze data zijn apart behandeld in Annex C.5

Boven/Ondergrens (per COROP)	Geldigheid
Bevolking dicht (inwoners)	1989-2030
Bevolking dun (inwoners)	1989-2030
Industriesector (arbeidsplaatsen)	1989-2030
Dienstensector (arbeidsplaatsen)	1989-2030
Sociaal-cultureel (arbeidsplaatsen)	1989-2030

Dichtheid (per COROP)	Geldigheid
Bevolking dicht (inw/ha)	1989-2030
Bevolking dun (inw/ha)	1989-2030
Industriesector (arb/ha)	1989-2030
Dienstensector (arb/ha)	1989-2030
Sociaal-cultureel (arb/ha)	1989-2030

C.1.5 Data benodigd voor een ‘Macro run’

Voor een run van het ontkoppelde model waarin enkel het macromodel actief is, dient data met vooraf berekende regionale gemiddelden van cellulaire variabelen ingelezen te worden. Deze dataset wordt door de LOV aangemaakt tijdens een reguliere run. De LOV schrijft deze data weg naar een directory CaDataOut te vinden in de directory waar ook het simulatiebestand staat. De LOV leest data uit de directory CaDataIn. Het is dus nodig om na een run waarin de databestanden zijn aangemaakt de directory om te noemen van CaDataOut naar CaDataIn. Deze aanpak past bij de prototype status van de kalibratietools. In de toekomst zal een in de LOV geïntegreerde en intuïtieve user interface te prefereren zijn.

C.1.6 Data voor kalibratie en validatie

Voor de analyse van de modelresultaten is aanvullende data nodig. Deze data is nodig zowel in de kalibratie als de validatie. Aangezien er voor de kalibratie verschillende goodness-of-fit maten worden aangehouden zijn ook verschillende data nodig.

Voor de validatie over langere termijn zijn bovendien aanvullende scenario's nodig. De historische reeksen van socio-economische data zijn dezelfde die voorgaand in de paragraaf: ‘Data benodigdheden: Micro run’ zijn beschreven.

De bronnen van deze data zijn apart behandeld in Annex C.5.

Data	Locatie	Geldigheid
Landgebruik	Mapweig89.asc	1989
Landgebruik	Mapweig93.asc	1993
Landgebruik	Mapweig96.asc	1996
Landgebruik	Mapweig2m.asc	2000
Regionale socio-economische historische data	Macromod.txt	1989-2030

C.2 Herkomst van data

C.2.1 Inwoners per COROP

Periode 1989-2003

De externe vraag voor Wonen Dun en Dicht zijn voor de periode 1989 – 2003 gebaseerd op het totale aantal inwoners per COROP uit StatLine van het CBS. De initiële verdeling van het totale aantal inwoners over Wonen Dun en Dicht is gebaseerd op een overlay analyse waarbij op basis van de kaart met het aantal inwoners per cel uit 1995, het aantal inwoners per COROP in de cellen Wonen Dun, Wonen Dicht en de overige cellen is bepaald. De LOV rekent met het dominante landgebruik, naast de cellen die dominant Wonen Dun of Wonen Dicht zijn zit een groot gedeelte van de bevolking ook in andere cellen. Deze inwoners zijn naar rato verdeeld over Wonen Dun en Wonen Dicht. Als deze inwoners in de overige cellen volledig aan Wonen Dun worden toebedeeld wordt de inwonersdichtheid in een groot aantal COROP regio's hoger dan in Wonen Dicht.

Vervolgens is in deze analyse aangenomen dat de inwonersdichtheid van alle nieuwbouwlocaties, VI-NEX wijken en dergelijke relatief laag is waarbij alleen het ruimtegebruik van Wonen Dun toeneemt en Wonen Dicht constant blijft. De externe vraag voor Wonen Dicht (alsook de dichtheid) blijven in

dit scenario over de gehele simulatie periode gelijk. De externe vraag voor Wonen Dun kan vervolgens beschreven worden aan de hand van de bevolkingsgroei per COROP.

Voor de periode 1989 - 2003 is de externe vraag van Wonen Dun gebaseerd op de data per COROP uit StatLine van het CBS met aftrek van het aantal inwoners Wonen Dicht.

Periode 2003-2030

Voor de periode na 2003 is de regionale ontwikkeling gebaseerd op de ontwikkeling van het aantal inwoners per provincie volgens het HRT scenario voor 2010 en 2030 (ABF, 2002). De provinciale gegevens zijn naar rato van het aantal inwoners in 1996 over de COROP regio's verdeeld. De tussenliggende jaren zijn per COROP regio geïnterpoleerd.

In de verschillende VIJNO varianten wordt de ontwikkeling van het aantal inwoners voor Wonen Dun vanaf 2010 per regio gecorrigeerd door eerst de inwoners gerelateerd aan de specifieke bouwlocaties aan de bijbehorende COROP regio's toe te wijzen en de resterende ontwikkeling in de Deltametropool daarna weer naar rato van het aantal inwoners toe te delen.

C.2.2 Banen per COROP

Periode 1989-1992

De externe vraag voor Industrie, Diensten en Sociaal-Culturele voorzieningen is voor de periode 1989 – 1992 gebaseerd op het aantal arbeidsjaren per COROP per jaar uit StatLine. Deze arbeidsjaren zijn op basis van de gemiddelde baan / arbeidsjaar ratio over de periode 1993 tot 1995 per COROP omgerekend naar het aantal banen per COROP per jaar.

Periode 1993-2000

De externe vraag voor Industrie, Diensten en Soc-Culturele voorzieningen is voor de periode 1993–2000 gebaseerd op het aantal banen per COROP per jaar uit StatLine van het CBS. Industrie, Diensten en Soc-Culturele voorzieningen zijn daarbij gerelateerd aan resp. de secundaire, tertiaire en quartaire sector. Industrie is gebaseerd op SBI '93 codes C-F (Nijverheid), Diensten op G-K (Commerciële dienstverlening) en Soc-Culturele Voorzieningen op L-P (Overheid en Zorg).

Periode 2000-2030

De ontwikkeling van de externe vraag is voor de periode na 2000 gebaseerd op de ontwikkeling van de totale werkgelegenheid per provincie volgens het HRT scenario (ABF, 2002). De provinciale gegevens zijn naar rato van het aantal inwoners in 1996 over de COROP regio's verdeeld. Op basis van de groei van het aantal arbeidsplaatsen per sector in het GC scenario van het CPB (Nota 86, bijlage A3) is de totale werkgelegenheid verdeeld naar de 3 sectoren in de LOV. Het aantal arbeidsplaatsen per jaar per sector is vervolgens gecorrigeerd zodat de totale werkgelegenheid gelijk blijft aan het HRT scenario. Uiteindelijk is de regionale werkgelegenheid berekend naar rato van het aantal arbeidsplaatsen per COROP.

C.2.3 Regionaal inkomen per COROP

Periode 1989-2000

Het regionale inkomen is gebaseerd op data per COROP voor 1989 en 2000 uit StatLine van het CBS. De ontwikkeling van het regionale inkomen is omgerekend naar Euro's en voor de tussenliggende jaren lineair geïnterpoleerd.

Periode 2000-2030

De periode na 2000, tot 2030 is lineair geëxtrapoleerd op basis van de regionale ontwikkeling van 1989 tot 2000.

C.2.4 Natuur per COROP

Periode 1989-1996

De regionale vraag naar Bos, Extensief Grasland en Natuur zijn gebaseerd op het Referentiebeeld Natuur 2020 (Alterra, 2000). De verschillende typen natuur zijn bij de ontwikkeling van de initiële land-

gebruikskaart voor 1989 samengevoegd tot 1 klasse die vervolgens opnieuw is opgesplitst op basis van het Referentiebeeld Natuur 2020 in de 3 natuurklassen die de LOV onderscheid.

De initiële vraag naar Bos, Extensief grasland en Natuur zijn gebaseerd op het areaal in de landgebruikskaart van de LOV per COROP. De vraag naar Bos, Extensief grasland en Natuur in 1996 zijn gebaseerd op het areaal in de landgebruikskaart van 1996 per COROP. De tussenliggende jaren zijn lineair geïnterpoleerd.

Periode 1996-2018

Daarnaast is het areaal per COROP in 2018 bepaald als de gehele EHS ontwikkeld zou moeten zijn op basis van het Referentiebeeld Natuur. De regionale vraag voor de tussenliggende jaren is gebaseerd op een lineaire interpolatie tussen 1989 en 2018.

Periode 2018-2030

Vanaf 2018 blijft het areaal voor de verschillende natuurtypen constant.

C.2.5 Recreatie per COROP

Periode 1989-1996

De regionale vraag naar Recreatie is gebaseerd op de landgebruikskaarten van 1989 en 1996. De ontwikkeling van de vraag naar Recreatie is in de tussenliggende jaren geïnterpoleerd.

Periode 1996-2030

Na 1996 tot 2030 is totale een groei verondersteld van 25.000 ha voor heel Nederland, iets meer dan de trendmatige groei over de periode 1989 – 1996. Deze groei is regionaal verdeeld naar rato van het aantal inwoners in 2030.

C.2.6 Glastuinbouw per COROP

Periode 1989-1996

De regionale vraag naar Glastuinbouw is ook gebaseerd op de landgebruikskaarten van 1989 en 1996. Ook hier is de regionale trend van 1989 tot 1996 geëxtrapoleerd naar 2030 maar in de regio's waar het areaal afneemt is het areaal Glastuinbouw vanaf 1996 constant gesteld. Op basis van deze aannames groeit het areaal Glastuinbouw met circa 6000 ha van 15.000 ha in 1996 tot 21.000 ha in 2030.

Dichtheid per COROP

De dichtheid voor Industrie, Diensten en Soc-Culturele voorzieningen is gebaseerd op de landgebruikskaarten van 1989 en 1996, het aantal arbeidsplaatsen per COROP per sector volgens StatLine in 1996, en de toename van het totale areaal werken per provincie volgens het HRT scenario (ABF, 2002). Eerst is voor ieder van de 3 functies de ontwikkeling van het ruimtegebruik per COROP berekend. Voor de periode 1989 - 1996 is het areaal per COROP zoals gegeven in de landgebruikskaarten geïnterpoleerd. Voor de periode 1996 - 2030 is het areaal berekend door het aantal arbeidsplaatsen te delen door de regionale dichtheid per sector in 1996. Impliciet is hierbij aangenomen dat deze constant blijft over de gehele periode.

Vervolgens is het totale areaal van de 3 LOV sectoren gecorrigeerd zodat het totale areaal per COROP gelijk blijft aan het HRT scenario. Uiteindelijk is de dichtheid voor de 3 sectoren per COROP per jaar berekend door het aantal arbeidsplaatsen te delen door het areaal.

De dichtheid voor Wonen Dicht is bepaald door het aantal inwoners Wonen Dicht te delen door het ruimtegebruik Wonen Dicht. Het aantal inwoners Wonen Dicht is constant over de gehele simulatie periode. Het areaal Wonen Dicht is gebaseerd op de landgebruikskaarten van 1989 en 1996. Het ruimtegebruik per COROP in de tussenliggende jaren is geïnterpoleerd, voor de jaren na 1996 tot 2030 is aangenomen dat het ruimtegebruik voor Wonen Dicht constant blijft. De dichtheid varieert hierdoor slechts over de periode 1989 - 1996 waarna ze constant blijft.

De dichtheid van Wonen Dun is op een vergelijkbare wijze berekend als die van Industrie, Diensten en Soc-Culturele voorzieningen. De berekening is gebaseerd op het ruimtegebruik van Wonen Dun in

1989 en 1996, de regionale inwonerdichtheid in 1996 en de toename van het areaal wonen per provincie volgens het HRT scenario.

Eerst is de ontwikkeling van het ruimtegebruik per COROP berekend. Voor de periode 1989 - 1996 is het areaal per COROP zoals gegeven in de landgebruikskaarten geïnterpoleerd. Voor de periode 1996 - 2030 is het areaal berekend door het aantal inwoners te delen door de regionale inwonerdichtheid in 1996. Impliciet is hierbij aangenomen dat deze constant blijft over de gehele periode.

Vervolgens is het totale areaal Wonen Dun gecorrigeerd zodat het totale areaal Wonen (Dun + Dicht) per COROP gelijk blijft aan het HRT scenario. Uiteindelijk is de dichtheid per COROP per jaar berekend als het aantal inwoners gedeeld door het areaal.

In de berekening van de dichtheid kan een correctie worden meegenomen voor het percentage in Bestaand Bebouwd Gebied (BBG). In de Kosten baten Analyse Deltametropool werd aangenomen dat 40% van de bouwopgave voor wonen in het BBG gealloceerd kon worden. (Een onderbouwning van dit percentage ontbreekt). Voor deze correctie wordt een factor gefit die de eerder berekende dichtheid in 2030 zodanig bijstelt dat de totale groei van het areaal Wonen Dun per regio in de Deltametropool, exclusief de eventuele VIJNO locaties met 40% of een ander waarde vermindert.

Het areaal Wonen Dun is voor de regio Den Haag naar beneden toe bijgesteld. De vraag naar activiteiten in deze regio bleek groter te zijn dan de beschikbare ruimte. Voor Den Haag is het areaal met 1000 ha verlaagd en voor de omliggende regio's 26 en 28 met 500 verhoogd.

C.2.7 Herkomst landgebruikskaarten (uit Factsheet)

Factsheet Aanmaken landgebruikskaarten LOV

Bewerking: Aanmaken nieuwe reeks LOV basiskaarten

Project: LeefOmgevingsVerkenner (LOV)

Aangeleverd door:	Raymond de Niet, MNV
Datum:	14/11/2001
Gegevens	Een drietal gridkaarten (500x500m) met bodemgebruik voor 1989, 1993 en 1996 Excel tabel met geaggregeerde informatie per coropregio
Invuller / datum	Raymond de Niet, 14/11/2001 Aangepast d.d. 22/02/2002
Herkomst	Berekend aan de hand van bestaande grids (25x25m) van de CBS bodemstatistiek van 1989, 1993 en 1996
Beschrijving	Er is een nieuwe reeks van basiskaarten voor de LOV gemaakt. Aanleiding hiervoor zijn de correcties die zijn doorgevoerd door CIM (Ali Raziei/Wim Evers) op de originele bodemstatistiekbestanden. Op basis van deze gecorrigeerde bestanden zouden betere basiskaarten voor de LOV gemaakt moeten kunnen worden. Hoofdinput zijn dus de gecorrigeerde bestanden van de CBS Bodemstatistiek. Daarnaast is gebruik gemaakt van LGN bestanden voor het verder invullen van de agrarische functie. Voor de natuurfuncties is gebruik gemaakt van het referentiebeeld natuur, zoals dat voor de VIJNO is gefabriceerd. Voor het onderverdelen van de functie wonen is gebruik gemaakt van een grid met inwoneraantallen.
Rekenschema	Bodemstatistiek en LGN-92 bestand combineren en herclassificeren naar de LOV-indeling. Natuur wordt hierbij voorlopig in 1 klasse ondergebracht. AML: basisxx.aml. Output: grid basisxx-25 (xx staat voor 89, 93 of 96, het jaar van het CBS bestand en van de LOV-basiskaart) Natuurklasse opsplitsen o.b.v. het referentiebeeld natuur 2020 (Alterra, 2000). AML: basnatxx.aml. Output: grid basxx-25n3 De restklasse van het grondgebruik wegfilteren ((spoor)wegen, bouwterrein en overige gronden). De restklasse wordt toegewezen aan het omliggende grondgebruik in een drietal stappen. Wat daarna nog resteert wordt als gras geclassificeerd. AML: fmbasxx.aml. Output: grid basxx-25gr (en basxx-25fm, tussenstap) Categorie wonen splitsen in dun en dicht. De grens ligt daarbij op 1650 inwo-

	<p>ners/cel. Hierbij is gebruik gemaakt van een gridkaart met daarin het aantal inwoners per cel van 500x500m. Dit grid is omgezet in een grid met als resolutie 25x25m, zonder dat daarbij de waarden zijn aangepast (zie hiervoor achtereenvolgens de AMLs inw500.aml en inw25.aml). De splitsing kan worden uitgevoerd met de AML splits25-xx.aml. Output: grid basxx-25w2</p> <p>voor elke functie een apart grid aanmaken met daarin het aantal cellen van 25x25m per blok van 500x500m. AML: procluxx.aml. Output: ascii-files lu0-xx.asc t/m lu16-xx.asc</p> <p>ascii-files overzetten naar de PC en m.b.v. het SPAT-tool aggregeren. Het SPAT-tool zorgt er daarbij voor dat de totale oppervlakte per corop regio voor iedere functie zoveel mogelijk behouden blijft (Meulen, 1999). Benodigde files in het SPAT-tool zijn lovbkxx.ini en lovbkxx.bat. Door het runnen van de .bat-file (DOS-box) wordt de aggregatie uitgevoerd. De .ini-file bevat de instellingen voor de aggregatie, zoals aantal landgebruiksklassen, celgrootte, regiokaart, etc. Output: ascii-file basxx-weigh.asc</p> <p>ascii-file uit stap 6 overzetten naar UNIX en met ASCIIGRID omzetten in een Grid-bestand. NB: vooraf nog wel even de header van het ascii-bestand aanpassen: cellsize = 500, x = 10000, y = 300000). Output: grid lovbkxx</p> <p>het grid combineren met de coropkaart m.b.v. het commando COMBINE. Vervolgens de INFO-file omzetten in een DBF-file en deze overzetten naar de PC</p> <p>de verschillende DBF-files in Excel inlezen en een overzicht maken van veranderingen, etc. Output: excel-bestand 'LOV basiskaart statistieken nov 2001.xls'</p> <p>De stappen 1 t/m 5 kunnen met de AML lovbkxxtot.aml in 1x worden uitgevoerd (xx staat voor 89, 93 of 96).</p> <p>Aanvulling: basiskaart 89 en 96 op 250x250m grid</p> <p>Er is ook een LOV-basiskaart op 250x250m aangemaakt voor 1989 en 1996. Hieronder staan de extra of afwijkende handelingen beschreven:</p> <p>Regiokaart op 250m aanmaken</p> <p>Hulpgrids en asciifiles voor 250m aanmaken. Gebruik hiervoor in stap 5 de AML procluxxf.aml</p> <p>Aggregeren m.b.v. aangepaste ini-file in de SPAT-tool (stap 6). Zie hiervoor lovbkxx-250.bat en lovbkxx-250.ini). NB: dit duurt ongeveer 15 minuten, dus niet onrustig worden!</p>
Onzekerheid	<p>Tussen 1989 en 1993/1996 blijkt een verschuiving te hebben plaatsgevonden van bodemgebruik naar bodembedekking. Dit geeft aanzienlijke afwijking voor bijvoorbeeld natte natuurgebieden en sociaal-culturele voorzieningen (zie statistieken). Op basis van algemene regels zullen nog extra correcties worden doorgevoerd aan de CBS Bodemgebruiksbestanden.</p>
Invoer	<p>Grids bs89-25, bs93-25 en bs96-25; grid lgn92-25 (\$SPACEBASE1)</p> <p>Referentiebeeld natuur; grid nat2020ncode (lokaal)</p> <p>Grid inwt96-25p (lokaal; bewerking van inwt96-100, \$SPACEBASE1)</p>
Uitvoer	<p>Grid lovbk89, lovbk93 en lovbk96 (500m cellen)</p> <p>Grid lovbk89-250 en lovbk96-250 (250m cellen)</p> <p>Excel-tabel 'LOV basiskaart statistieken nov 2001.xls'</p>
Overige opmerkingen	<p>Het in stap 3 wegfilteren van de restklasse van het grondgebruik is nog voor verbetering vatbaar. De restklasse bestaat nu uit de categorieën spoor-, tram en metro-wegen (41), verharde wegen (42) en on-/halfverharde wegen (43), bouwterrein voor bedrijfsterrein (74) en voor overige bestemmingen (75) en overige gronden (76). Misschien dienen enkele van deze klassen bij een ander grondgebruik ondergebracht te worden.</p> <p>Alle genoemde coverages, info- en ascii-tabellen staan op het UNIX-werkgebied: /projects/lov/users/mnvrnd/lovbk en /projects/lov/users/mnvrnd/bevolk</p> <p>De Excel-data staat op het centrale werkgebied van het project onder d:\data\lov\statistieken</p>

	Het SPAT-tool en documentatie staat onder d:\data\lov\SPAT
Referenties	Meulen, M. van der (1999) <i>Spatieële aggregatie met SpatAggr.exe</i> . Maastricht, RIKS bv Alterra (2000) <i>Effecten van ongewijzigd ruimtelijk beleid op natuur, landschap en recreatie 1995-2020</i> . Achtergrond document methode VIJNO-tOETs, fase 1. Wageningen: Alterra, rapport 047

C.2.8 Herkomst beleids- en geschiktheidskaarten

De beleidskaarten geven aan waar een bepaalde landgebruiksfunctie zich wel en niet mag ontwikkelen. De geschiktheidskaarten geven aan op welke locaties de functie het best zou kunnen zitten los van de invloed van het landgebruik in de cel zelf, zijn omgeving en de cellulaire bereikbaarheid. De cellulaire bereikbaarheid wordt berekend in de verkeersmodule. De invloed van de omgeving wordt door de CA module bepaald.

Geschiktheidskaarten

Voor de agrarische functies, overig agrarisch, grasland en akkerbouw, is aangenomen dat de locaties waar de functie nu zit het meest geschikt zijn, de andere 2 agrarische functies zijn ook maar iets minder geschikt. Alle overige functies in LOV zijn ongeschikt

Voor glastuinbouw is er een geschiktheidskaart gebaseerd op Kansen voor Kassen (LEI) met de geschiktheid van de verschillende regio's gegeven de hoeveelheid licht per jaar en de nabijheid van distributie centra e.d.

De factoren die de ontwikkeling van wonen, werken, en recreatie bepalen is statistisch geanalyseerd aan de hand van de CBS Bodemstatistieken van 1989 en 1996 (Verburg et al. In press)

<http://www.gis.wau.nl/~clue/pdf/paperepb.pdf>. Deze analyse laat zien dat de afstand tot 100.000 inwoners, de afstand tot een station en het beleid met groeikernen en groene hart voor de ontwikkeling van wonen van belang is geweest. Geen van deze aspecten moeten we in de geschiktheidskaart opnemen. Ook voor werken en recreatie zijn het alleen bereikbaarheids- en beleidsaspecten die van invloed zijn op de ontwikkeling van 1989 tot 1996. Aanvullende analyses over de periode 1989 tot 1996 laten zien dat de ontwikkeling van woningbouwlocaties alleen wordt beïnvloed door de het landgebruik van de cel zelf en van zijn omgeving. Omdat er geen factoren zijn die de geschiktheid van wonen, werken en recreatie bepalen is de geschiktheid in de gehele kaart gelijk op 1 gezet.

De ontwikkeling van bos, extensief grasland en natuur wordt primair door het beleid bepaald. De ontwikkeling van bos en natuur ligt vast met de begrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur. Formeel is in 1993 gestart met de ontwikkeling van de EHS en deze zou in 2018 klaar moeten zijn. De geschiktheid voor bos is gebaseerd op het lutum gehalte. Locaties met een lager lutum gehalte zijn relatief geschikter voor de ontwikkeling van bos. De ontwikkeling van natuur wordt naast het lutum gehalte bepaald door de ligging in een kwelgebied. De geschiktheid voor grasland wordt bepaald door het lutum gehalte, de ligging in een kwelgebied en of het huidige landgebruik grasland is.

Beleidskaarten

In dit scenario wordt voor slechts een beperkt aantal gebieden verondersteld dat ze restrictief zijn voor de ontwikkeling van wonen en werken. *Tabel 11. Definitie van Restrictieve gebieden per landgebruiksfunctie* geeft een overzicht van alle beperkingen.

Tabel 11. Definitie van Restrictieve gebieden per landgebruiksfunctie.

Tabel 1. Restrictieve gebieden	Glastuinbouw	Wonen dun	Wonen dicht	Industrie	Diensten	Sec-cul. Vz.	Ext. grasland Bos	Ovg. Natuur	Recreatie
Netto EHS 2003	X	X	X	X	X	X			X
Vogel- en Habitat richtlijn gebieden	X	X	X	X	X	X			X
Grondwaterbeschermingsgebieden	X	X	X	X	X	X			X
Risico Contouren Bedrijven			X	X		X	X		X
Vrijwaringszones bebouwing Schiphol			X	X		X	X		X
NIP plannen andere functies	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Groeikernen 3e Nota Wonen	X				X	X	X	X	X
Groeikernen 3e Nota Werken	X	X	X				X	X	X
Vrijwaringszone vogelgebied Schiphol							X	X	X

In aanvulling op deze beperkingen is het huidige vestigingsgebied, de ontwikkeling in planperiode 1 en 2 in de beleidskaarten gedefinieerd voor de verschillende functies. Het huidige vestigingsgebied is voor alle functies gebaseerd op de landgebruikskaart van 1989 van de LOV. Voor wonen dun en dicht is tevens de feitelijke ontwikkeling van wonen tot 1996 in de groeigemeenten uit de 3e Nota Ruimtelijke Ordening opgenomen als huidig vestigingsgebied. Dit is een praktische keuze, het meenemen van de gehele gemeente is niet correct en vooralsnog zijn er geen meer eenduidige plannen gevonden die deze ontwikkeling beter beschrijven.

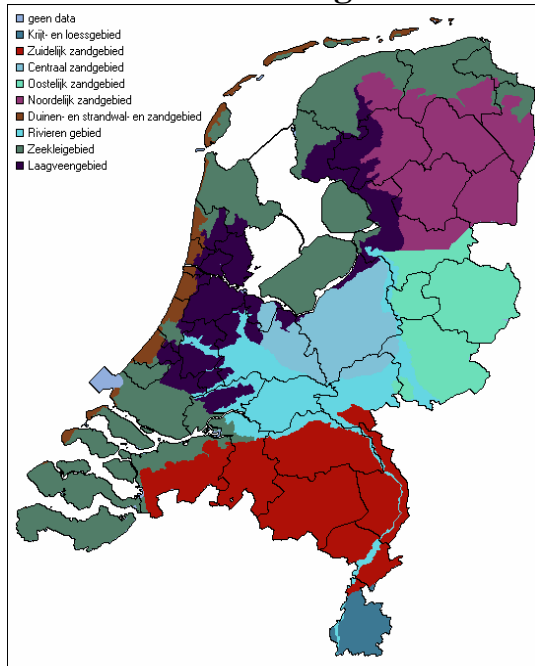
De 1e planperiode in de beleidskaart is gebaseerd op de specifieke plannen per functie uit Nederland in Plannen (NIP, 1999). De desbetreffende locaties gaan in 2000 open voor de ontwikkeling van wonen, werken en glastuinbouw. Voor recreatie bestaan er geen specifieke plannen. Voor bos, extensief grasland en natuur is ook de begrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur meegenomen in de 1e planperiode. Het betreft de EHS begrenzing van het NatuurPlanbureau vestiging Wageningen voor 2003. De 2e planperiode vormt het resterende gebied in de beleidskaarten dat in 2015 voor wonen, werken, glastuinbouw en recreatie open gaat en in 2018 voor bos, extensief grasland en natuur.

C.3 Referenties

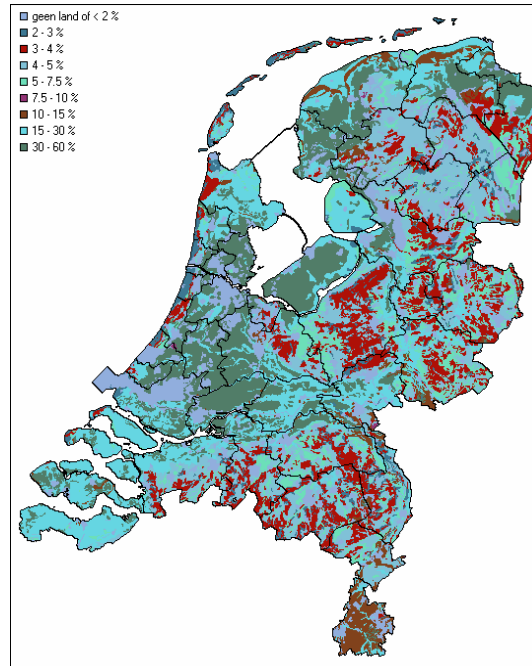
NIP, 1999
EHS 2003
CBS Bodemstatistieken van 1989 en 1996
CBS StatLine
CBS basiskaart
Verburg et al. In press
Kansen voor Kassen (LEI)
Kosten baten Analyse Deltametropool
HRT scenario (ABF, 2002)
Referentiebeeld Natuur 2020 (Alterra, 2000).
GC scenario van het CPB (Nota 89)

C.4 Kaartmateriaal

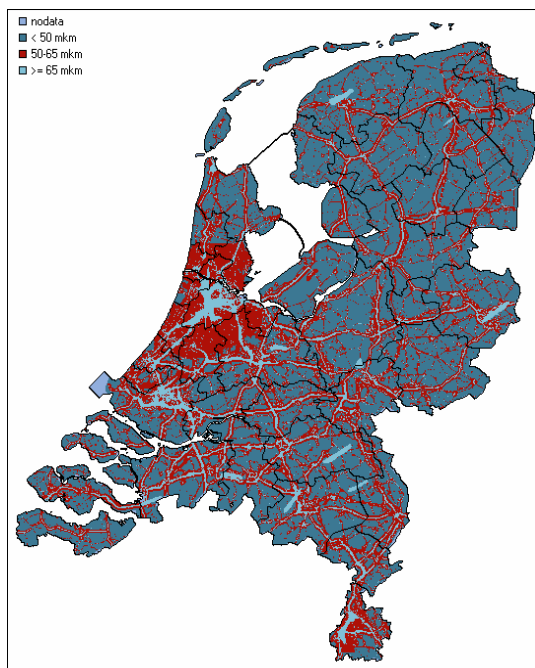
C.4.1 Basiskaarten geschiktheid



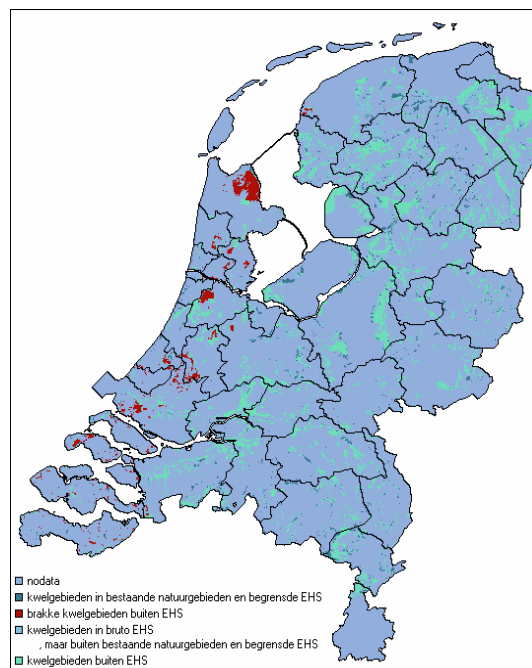
Figuur 16. Fysisch geografische regio's.



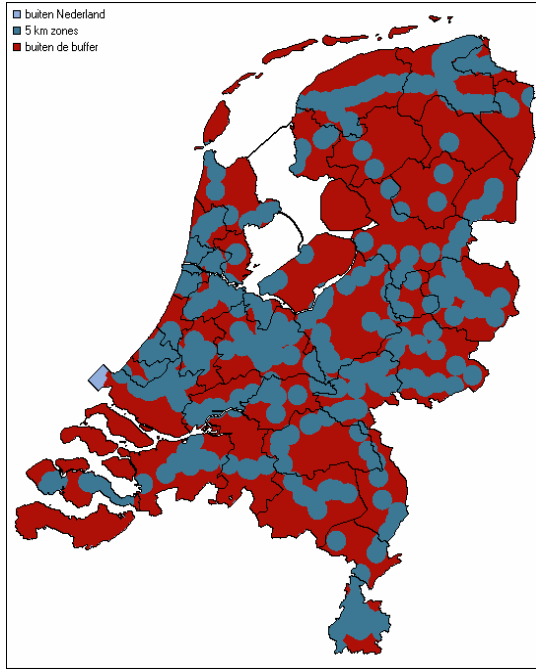
Figuur 17. Lutum gehalten.



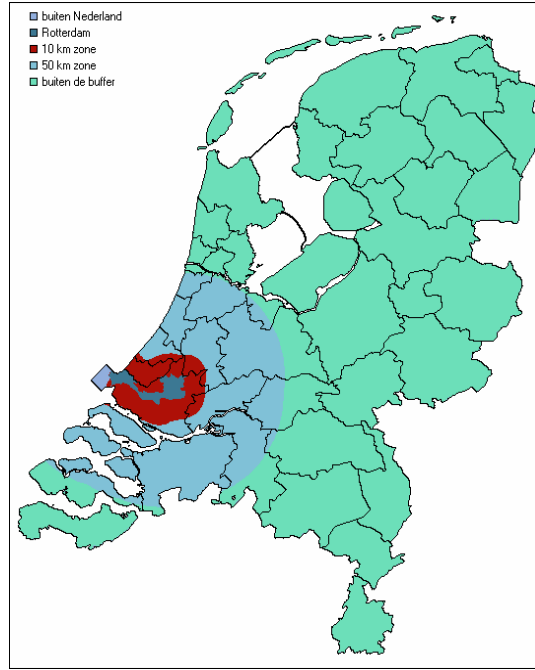
Figuur 18. Cumulatieve geluidsbelasting.



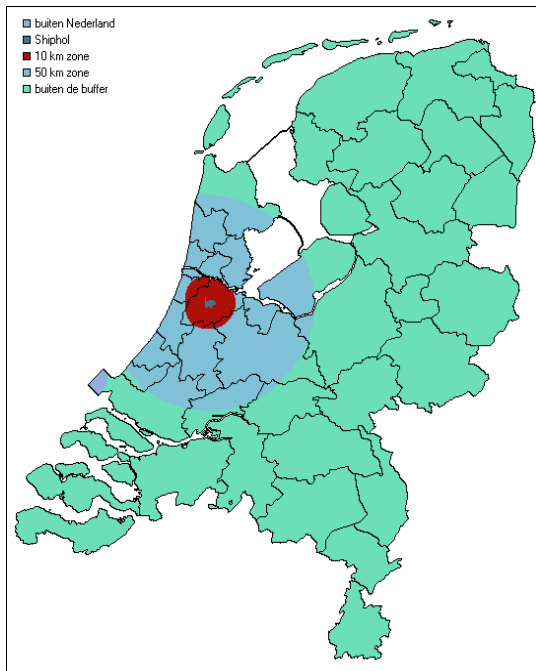
Figuur 19. Kwelgebieden.



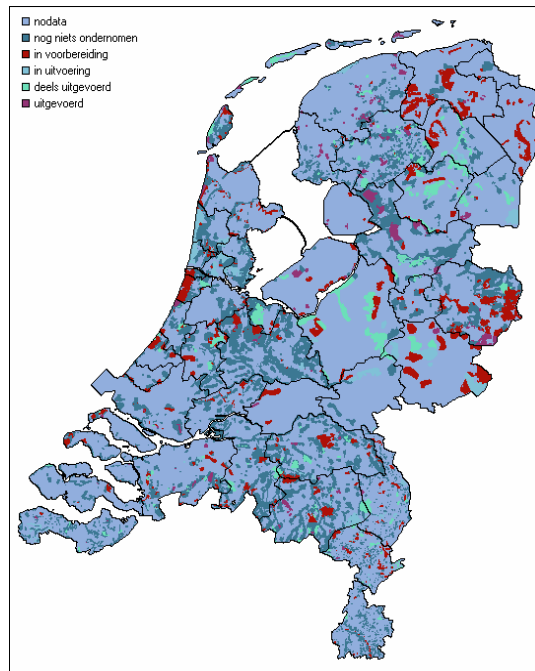
Figuur 20. Bufferzone NS Stations.



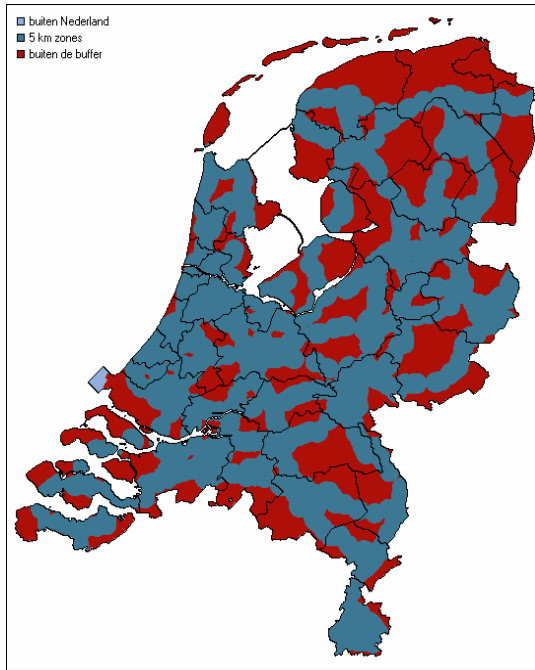
Figuur 21. Bufferzones Rotterdam.



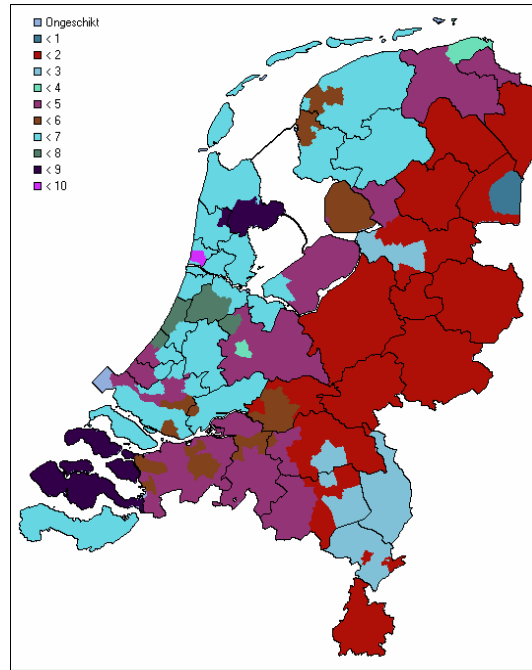
Figuur 22. Bufferzones schiphol.



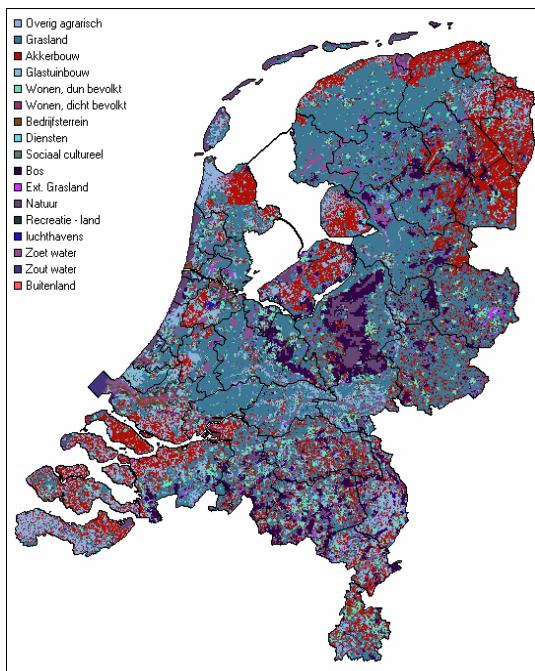
Figuur 23. Actiekaart verdrogingsbestrijding.



Figuur 24. Bufferzones op- en afritten.

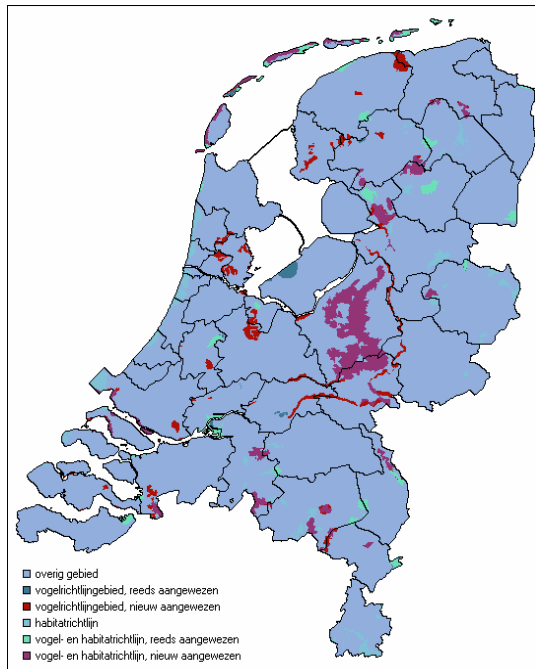


Figuur 25. Geschiktheid glastuinbouw, Kansen voor Kassen (LEI).

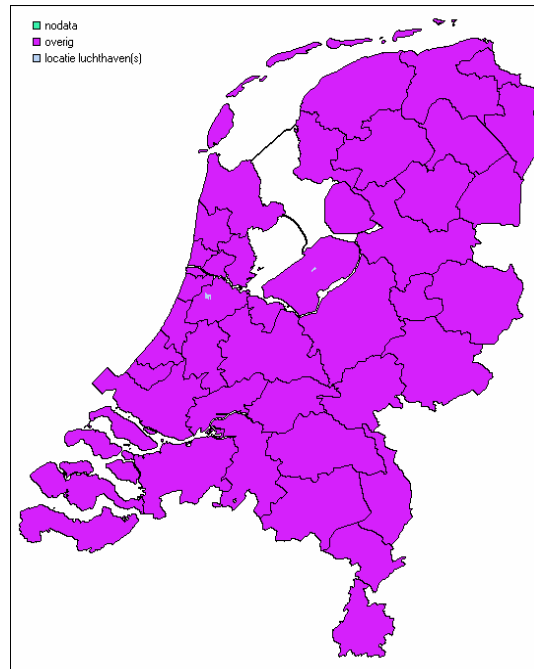


Figuur 26. LOVWweig89.

C.4.2 Basiskaarten beleid



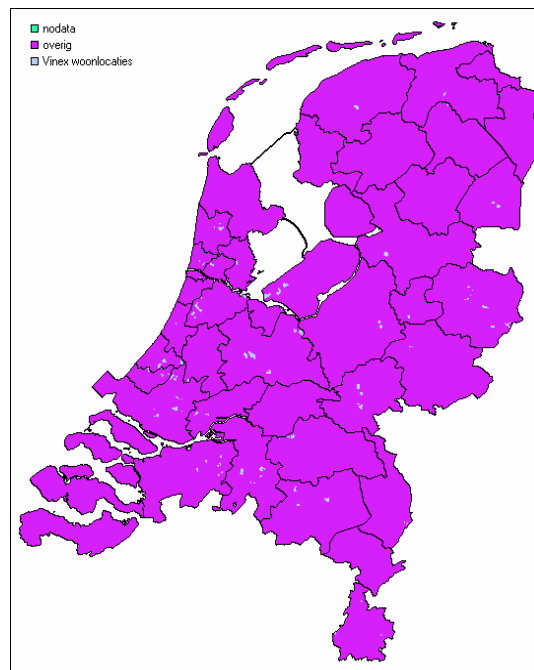
Figuur 27. Vogel- en habitatrichtlijn.



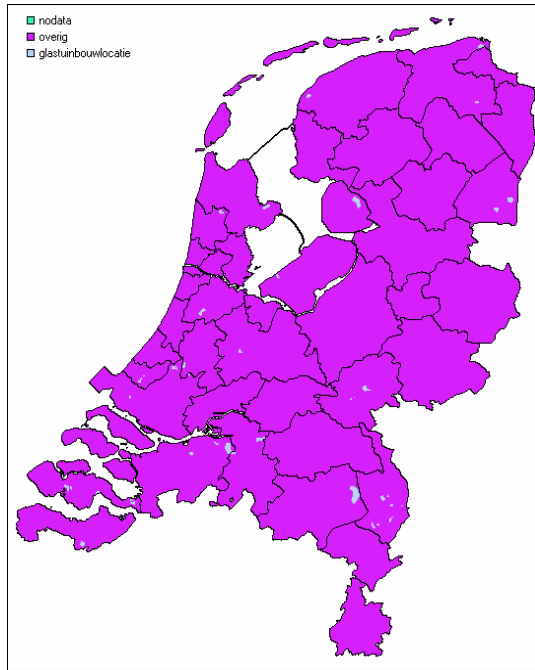
Figuur 28. NIP Luchthaven.



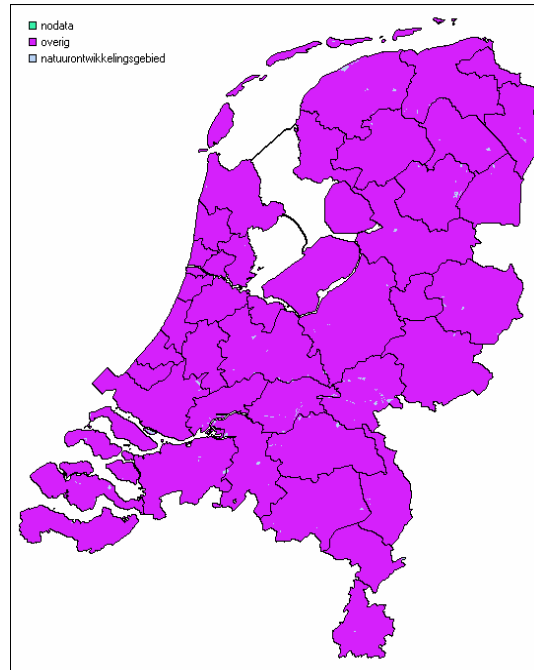
Figuur 29. Grondwaterbeschermingsgebieden 1995.



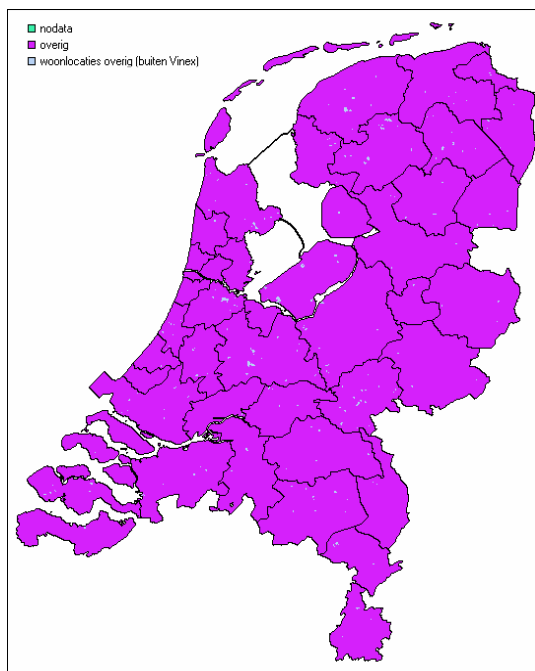
Figuur 30. NIP Vinex woonlocaties.



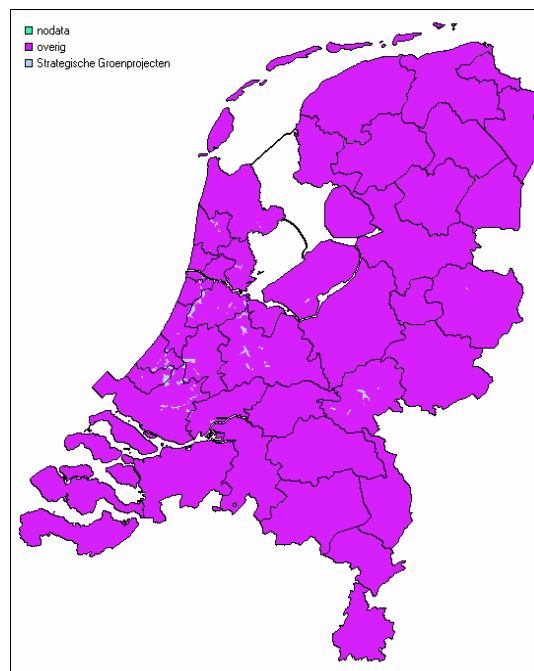
Figuur 31. NIP Glastuinbouw.



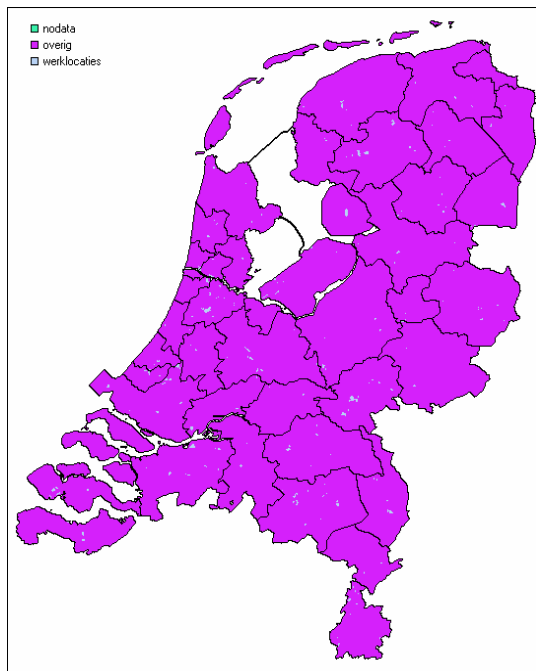
Figuur 32. NIP Natuurontwikkelingsgebieden.



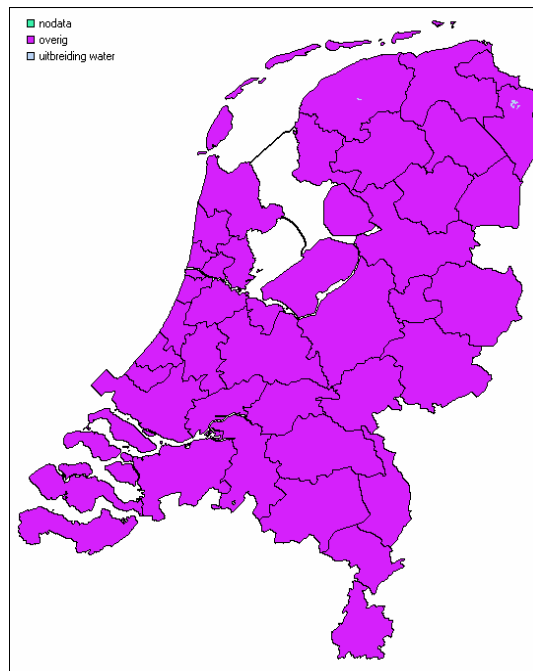
Figuur 33. NIP Overige woonlocaties.



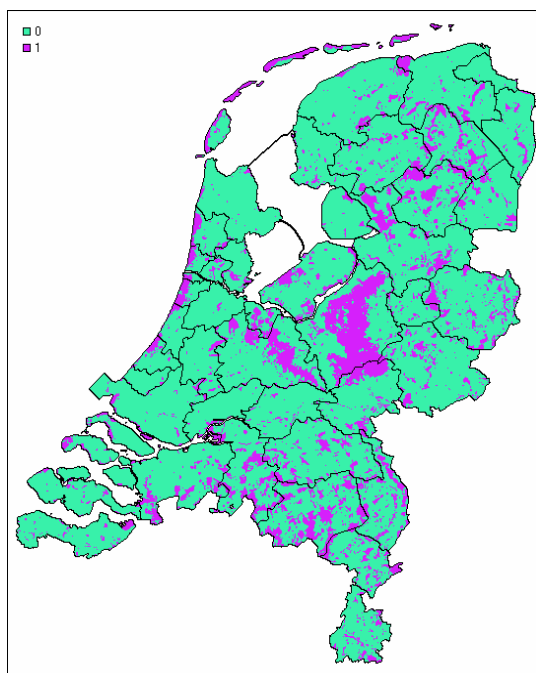
Figuur 34. NIP Strategische groenprojecten.



Figuur 35. NIP Werklocaties.



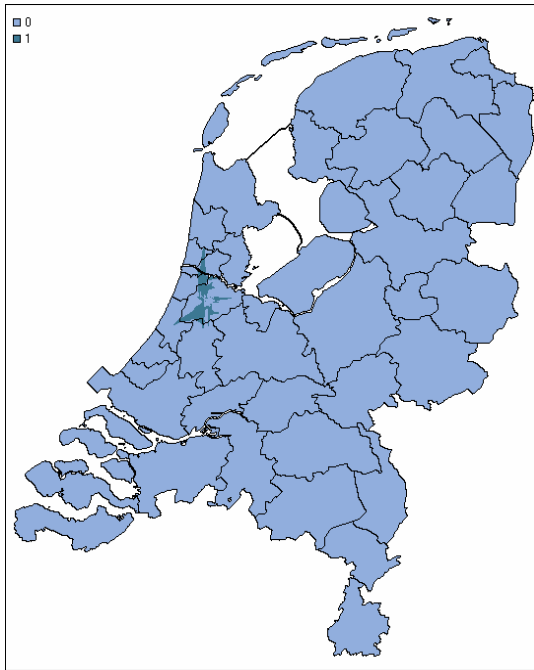
Figuur 36. NIP Water.



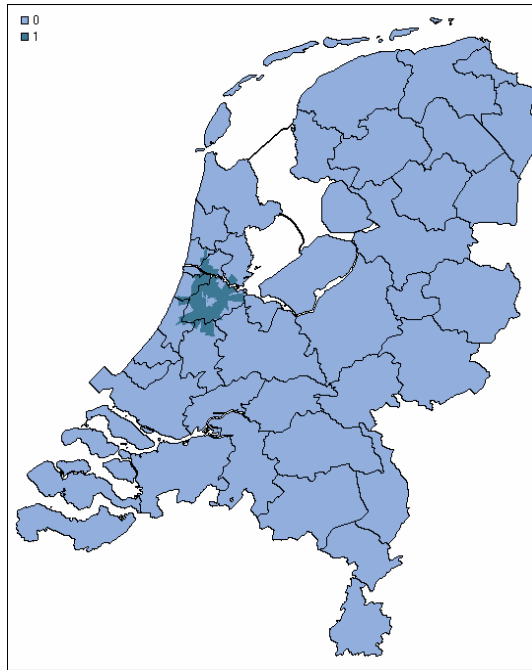
*Figuur 37. Netto Ecologische Hoofdstructuur
2003.*



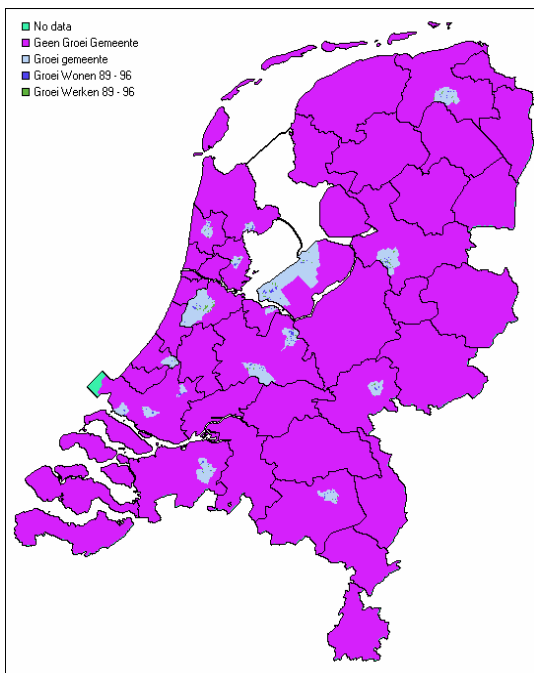
Figuur 38. EVR plichtige en vuurwerkbedrijven.



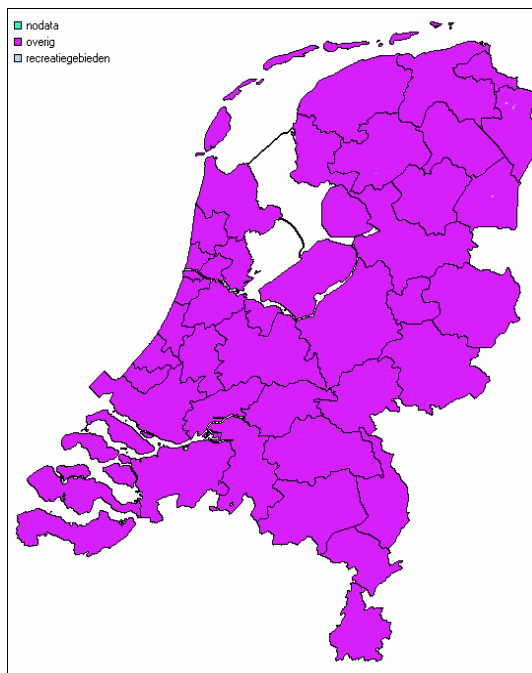
Figuur 39. Vrijwaring bebouwd (Ton Dassen).



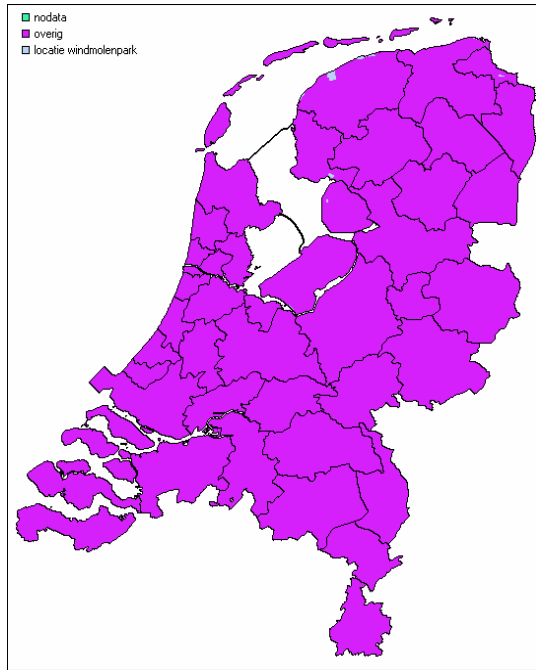
Figuur 40. Vrijwaring Vogel (Ton Dassen).



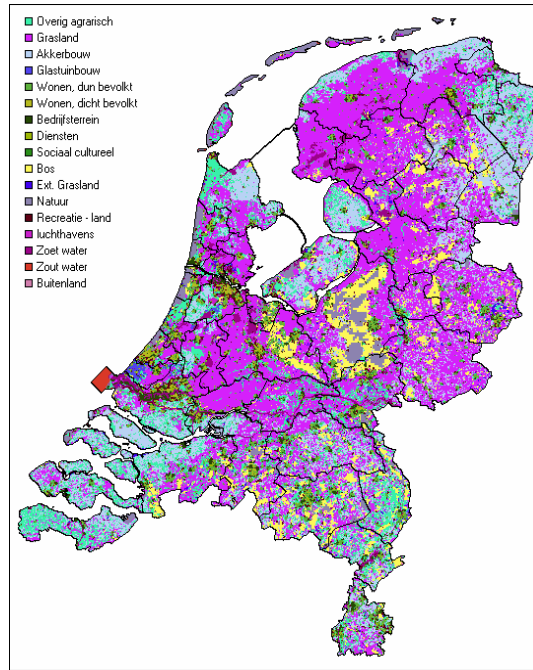
Figuur 41. Groeikernen wonen en werken gemeenten.



Figuur 42. NIP Recreatiegebieden.

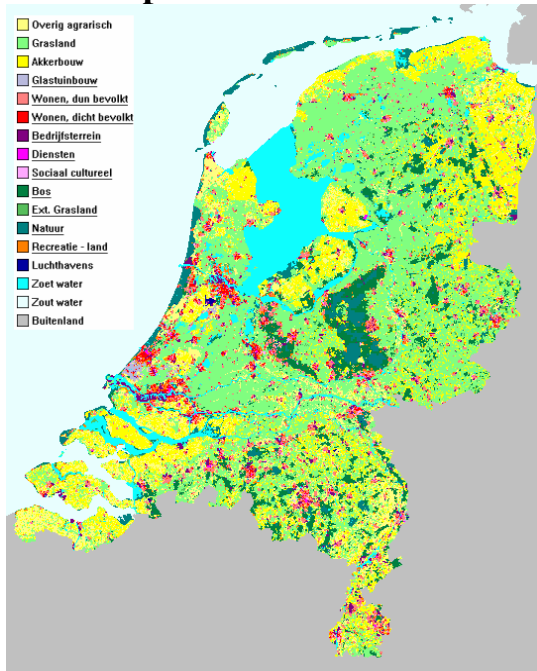


Figuur 43. NIP Windmolenparken.



Figuur 44. LOVweig89.

C.4.3 Inputkaarten voor de LOV



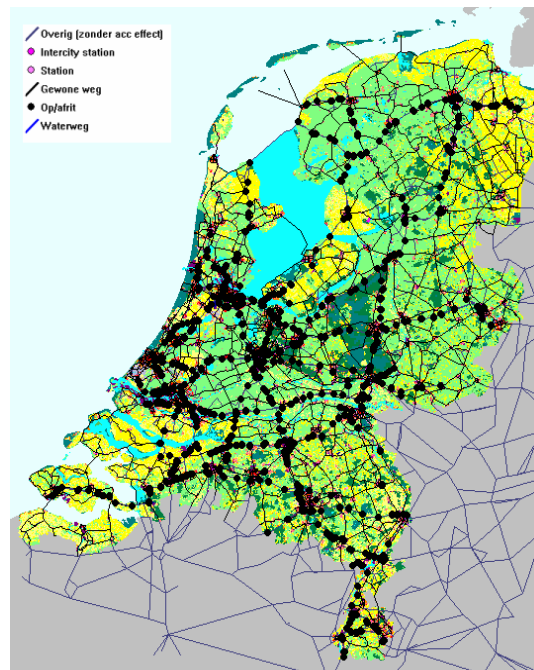
Figuur 45. LOVweig89.



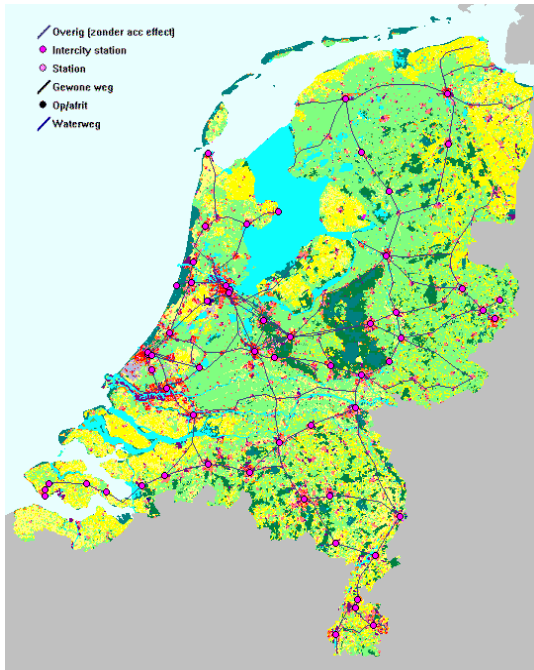
Figuur 46. COROP gebieden.



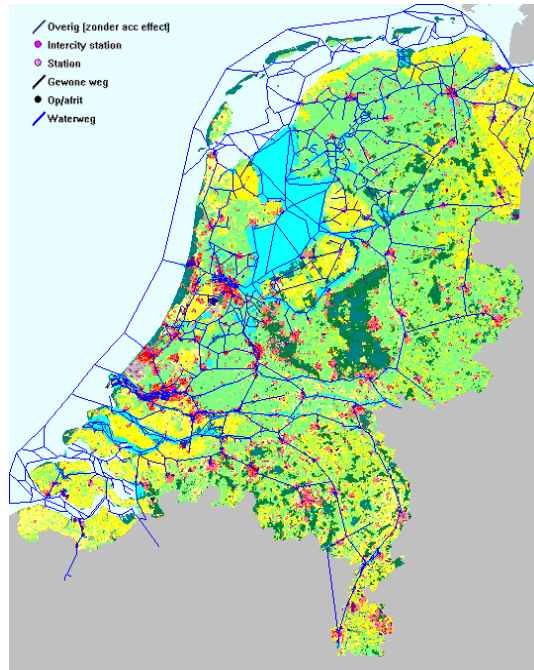
Figuur 47. LMS zones.



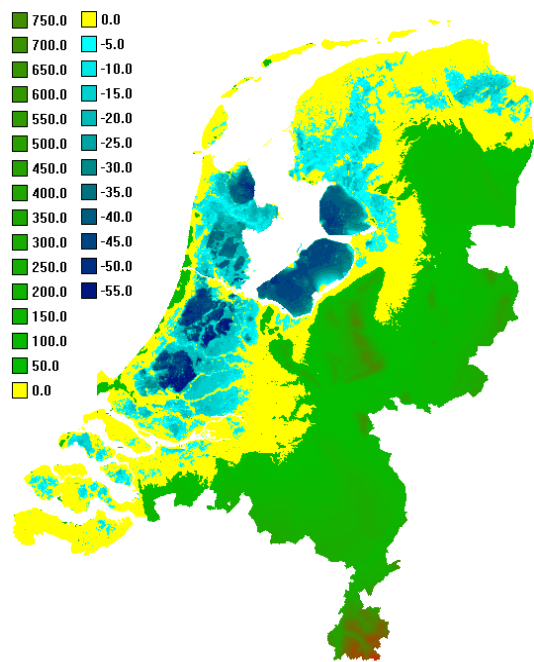
Figuur 48. Wegen netwerk.



Figuur 49. Spoortwegen netwerk.

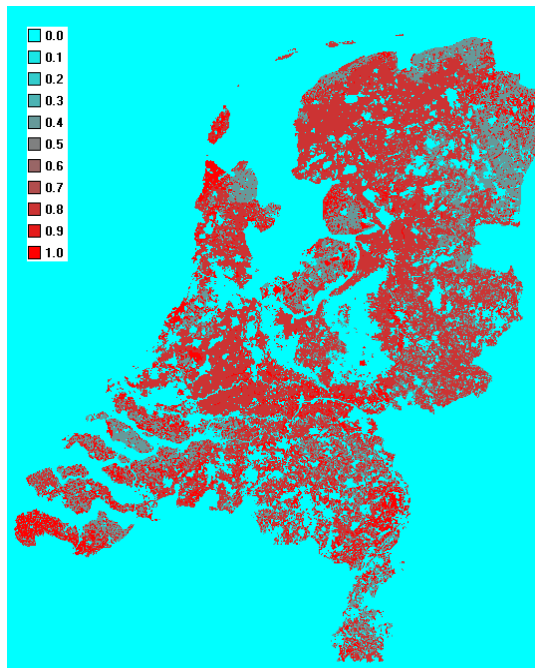


Figuur 50. Waterwegenkaart.

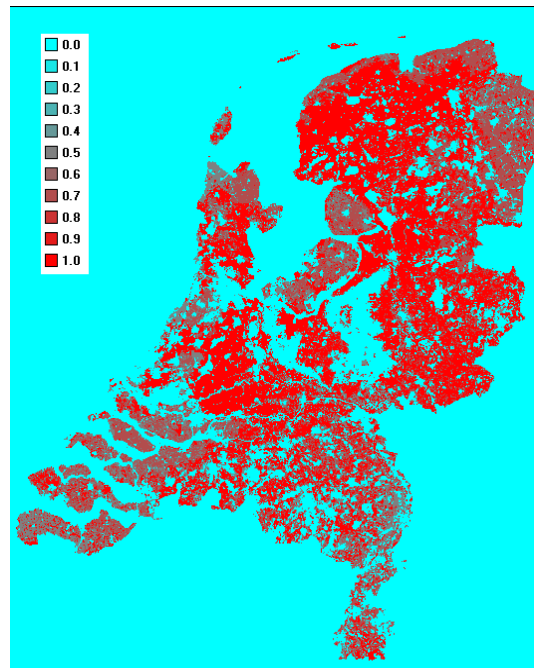


Figuur 51. Hoogtekaart.

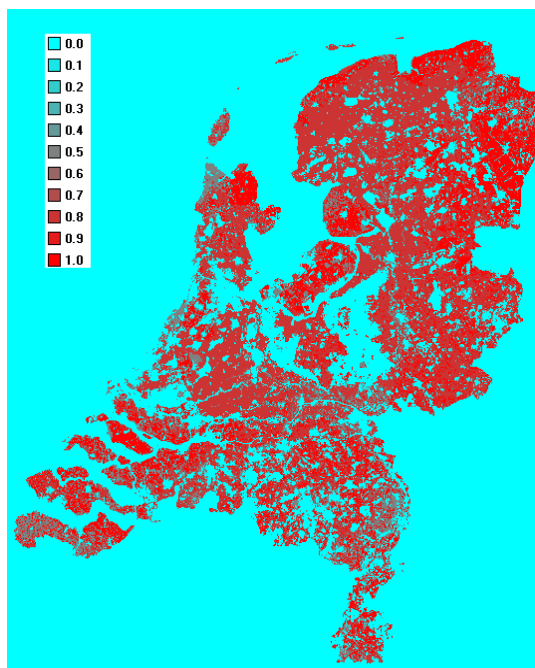
C.4.4 Geschiktheidskaarten



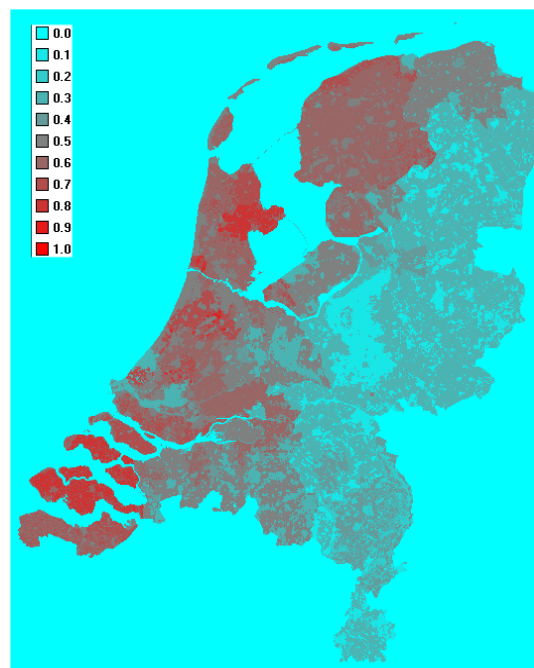
Figuur 52. Geschiktheidskaart overig agrarisch.



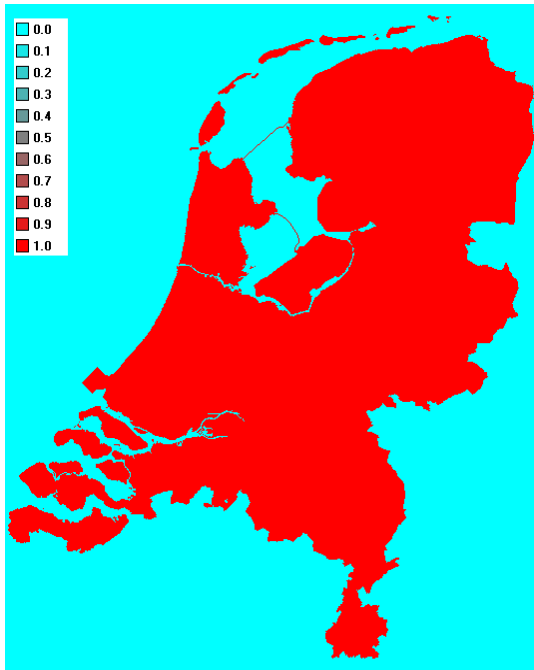
Figuur 53. Geschiktheidskaart grasland.



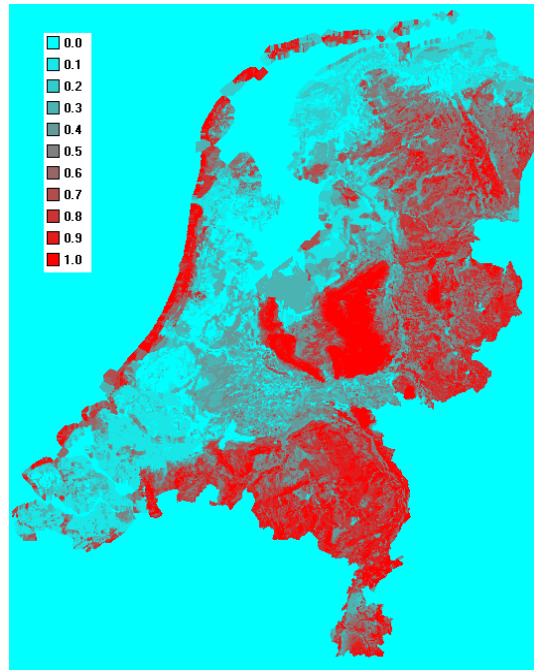
Figuur 54. Geschiktheidskaart akkerbouw.



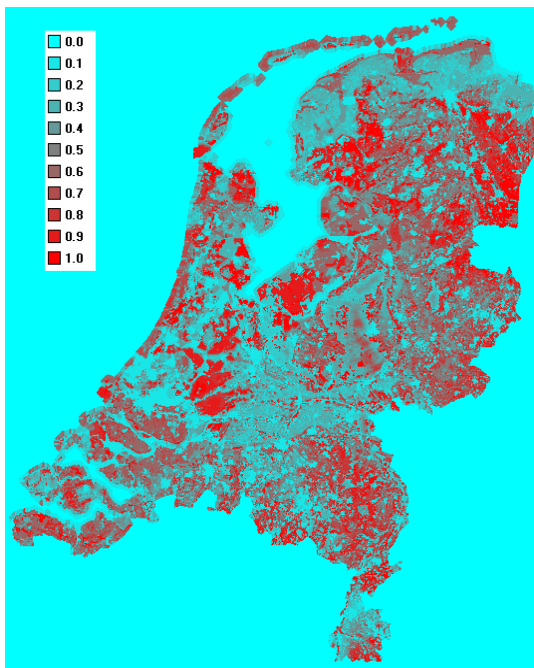
Figuur 55. Geschiktheidskaart glastuinbouw.



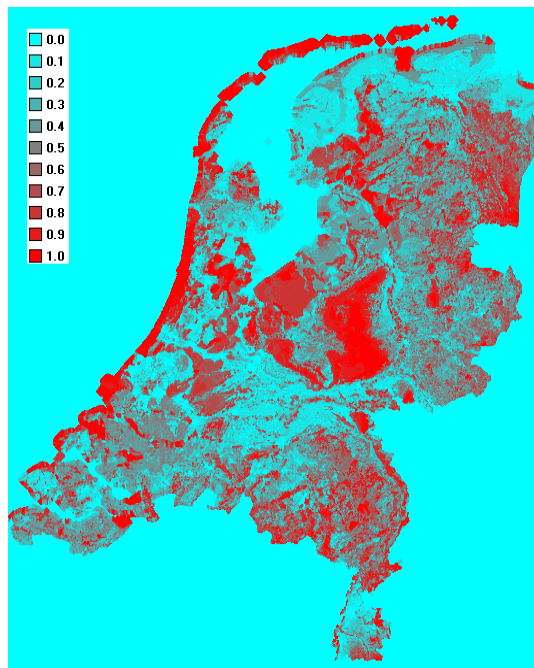
Figuur 56. Geschiktheidskaart wonen dun, wonen dicht, bedrijfsterrein, diensten, sociaal cultureel en recreatieland.



Figuur 57. Geschiktheidskaart bos.



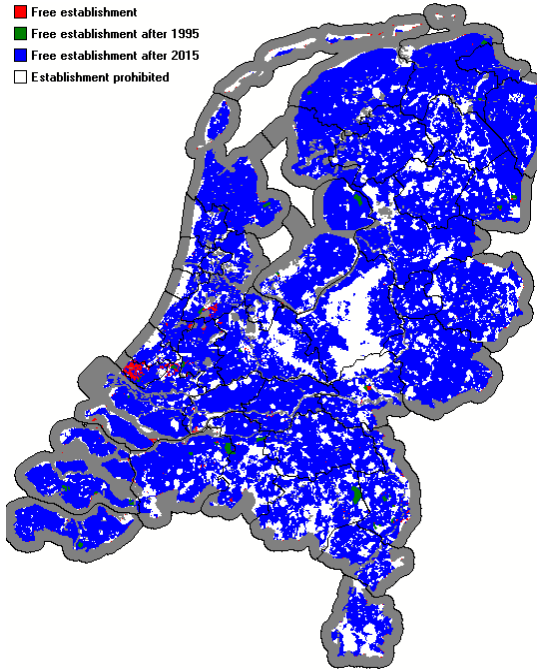
Figuur 58. Geschiktheidskaart extensief grasland.



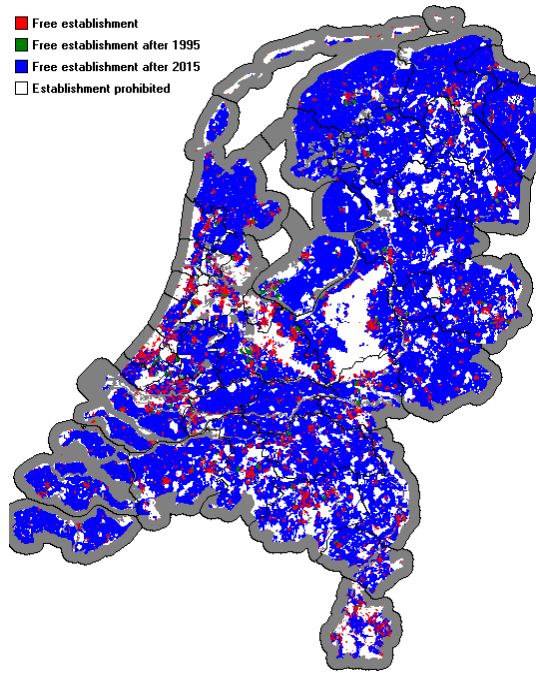
Figuur 59. Geschiktheidskaart natuur.

C.4.5 Beleidskaarten

- Free establishment
- Free establishment after 1995
- Free establishment after 2015
- Establishment prohibited

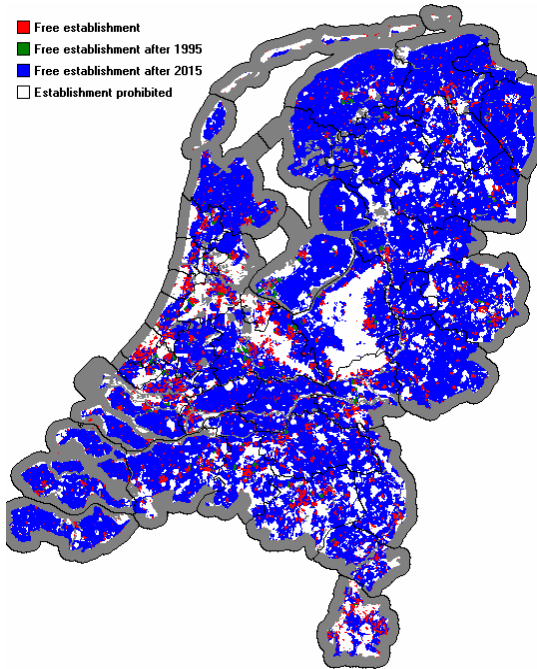


Figuur 60. Beleidskaart Glastuinbouw.

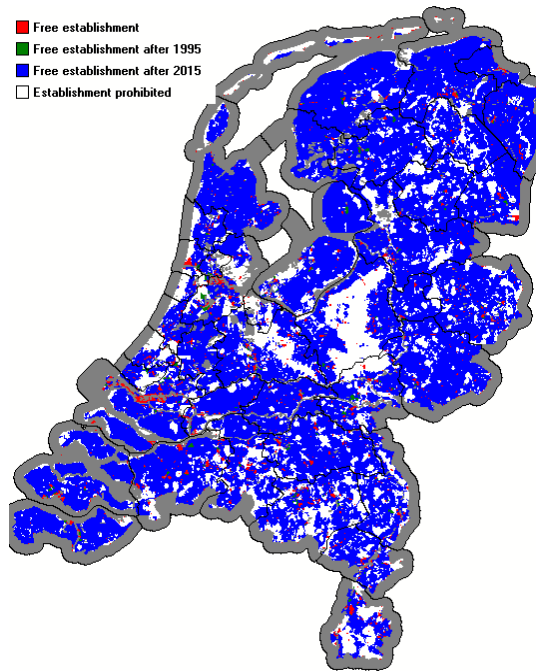


Figuur 61. Beleidskaart wonen dun.

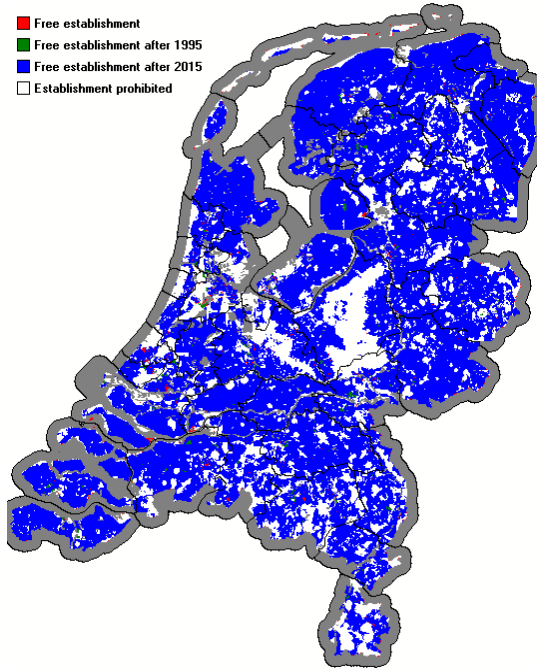
- Free establishment
- Free establishment after 1995
- Free establishment after 2015
- Establishment prohibited



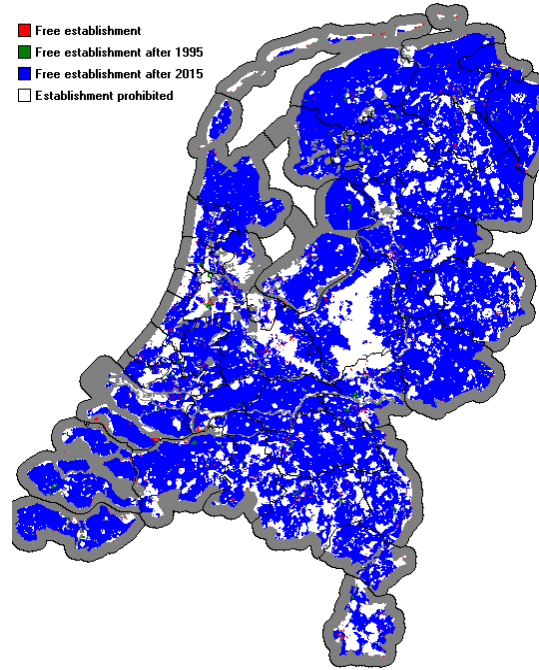
Figuur 62. Beleidskaart wonen dicht.



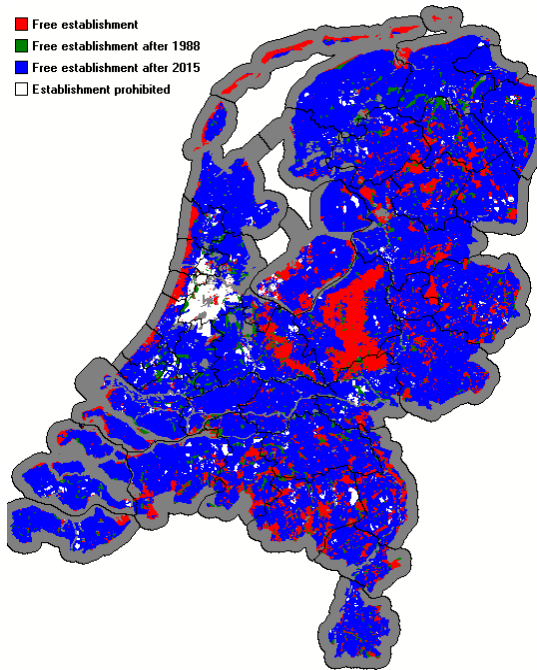
Figuur 63. Beleidskaart bedrijfsterrein.



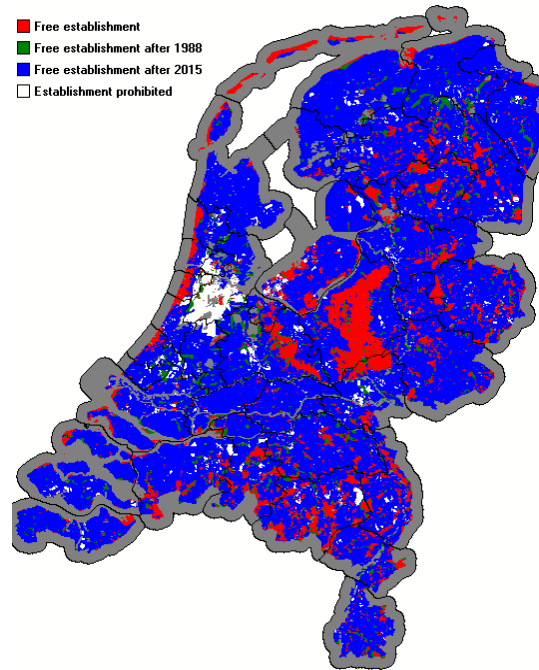
Figuur 64. Beleidskaart diensten.



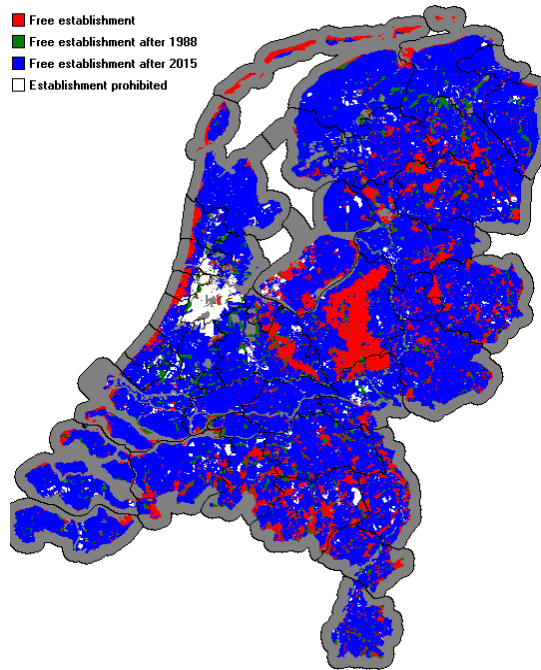
Figuur 65. Beleidskaart sociaal-cultureel.



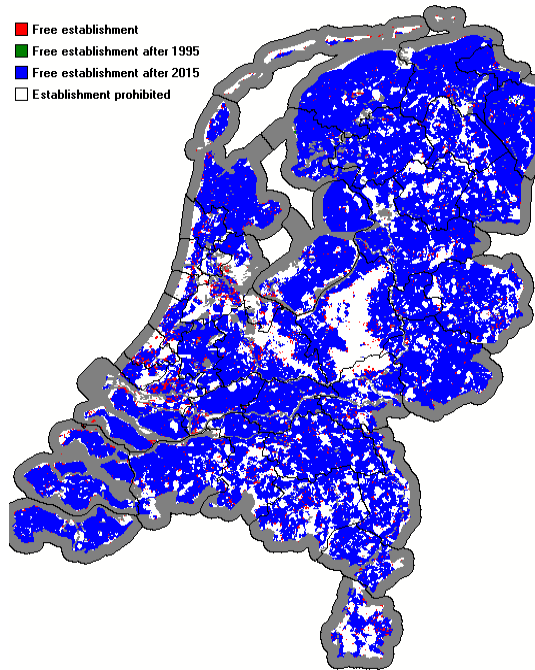
Figuur 66. Beleidskaart bos.



Figuur 67. Beleidskaart extensief grasland.



Figuur 68. Beleidskaart natuur.



Figuur 69. Beleidskaart recreatieland.

Bijlage D: Consistentie van de landgebruikskaarten

Voor de analyse is een viertal landgebruikskaarten beschikbaar, voor de jaren 1989, 1993, 1996 en 2000. Deze kaarten zijn door RIVM aangemaakt op basis van meer gedetailleerde landgebruikskaarten van het CBS. Een belangrijke voorwaarde voor het gebruik van de kaarten in een kalibratie / validatie oefening is consistentie in de tijd. Het is van belang dat de kaarten het zelfde gebied aanduiden, in dezelfde projectie, volgens dezelfde legenda en volgens dezelfde legendadefinitie. Dit is geen kleinigheid, in het bijzonder doordat de legenda(definitie) van de CBS basiskaarten in de loop der tijd veranderd is.

Een manier om de consistentie van de kaarten in beeld te krijgen, is de veranderingen die optreden te analyseren. Een veelgebruikte methode is de cel-per-cel kruistabel ofwel de *contingency table*. Deze tabel geeft voor een kaartpaar aan hoeveel cellen van een gegeven categorie in de ene kaart ingenomen worden door een gegeven tweede categorie in de andere kaart. In geval van twee consistente kaarten voor twee verschillende momenten in de tijd stelt deze tabel een transitie matrix voor.

Onderstaande tabel geeft de transitie matrix voor de periode 1989-2000. Op de cellen is een kleurcodering toegepast; Grijszelen in de matrix corresponderen met cellen op de kaart die niet veranderen. Een groot aandeel van grijszelen is een indicatie van consistentie. De gele cellen in de matrix wijzen op transities die wellicht mogelijk zijn maar in de realiteit weinig zullen voorkomen. Een groot aandeel van gele transities kan duiden op inconsistenties.

Tabel 12. Transitie matrix van de basiskaarten over de periode 1989 - 1996.

1989 / 1996	Overig agrarisch	Grasland	Akkerbouw	Glastuinbouw	Wonen, dun bevolkt	Wonen, dicht bevolkt	Bedrijfsterrein	Diensten	Sociaal cultureel	Bos	Ext. Grasland	Natuur	Recreatie - land	Luchthavens	Zoet water	Zout water	Buitenland
Overig agrarisch	14891	339	178	107	607	45	386	17	18	215	69	171	208	16	114	2	5
Grasland	341	54698	141	22	160	5	155	11	10	131	121	280	191	3	101	4	5
Akkerbouw	255	112	25628	13	80	2	44	3	2	69	21	58	51	3	27	0	3
Glastuinbouw	53	29	8	438	15	4	8	1	1	1	0	0	5	0	5	0	0
Wonen, dun	84	33	10	6	6869	0	32	34	32	8	0	11	81	0	14	0	0
Wonen, dicht	4	0	0	0	0	1469	0	14	21	0	0	0	13	0	9	0	0
Bedrijfsterrein	118	52	17	4	59	10	2569	41	12	23	5	48	37	0	99	4	0
Diensten	9	3	2	0	23	9	9	234	14	1	1	5	3	0	3	0	0
Sociaal cultureel	33	9	2	0	55	17	27	13	518	10	2	18	18	0	2	1	0
Bos	48	15	7	0	10	0	15	1	6	10268	4	35	70	0	5	0	1
Ext. Grasland	23	17	3	0	3	0	7	0	0	5	1412	3	26	1	19	3	0
Natuur	16	10	5	1	16	2	40	3	6	14	3	5768	51	2	22	4	0
Recreatie - land	117	59	18	2	111	29	33	7	29	98	18	61	2902	0	42	0	2
Luchthavens	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	96	0	0	0
Zoet water	59	63	12	2	33	7	80	4	6	11	17	49	59	1	11542	88	1
Zout water	0	6	1	0	1	0	1	0	0	0	0	13	1	0	2	18375	1
Buitenland	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	15854

Met het doel deze matrix overzichtelijker te maken zijn gelijksoortige typen landgebruik samengevoegd. Dit is met de dikke lijnen in de matrix weergegeven. De resulterende, samengevoegde matrix is te vinden in Uit de tabellen blijkt dat het overgrote deel van de cellen in de kaarten ongewijzigd is (grijszelen). Dit is een indicatie van sterke consistentie. Als fractie van cellen over de gehele kaart is het aantal onwaarschijnlijke transitie klein. Wanneer echter de ongewijzigde cellen buiten beschouwing worden gelaten, dan blijkt dat een substantieel deel van de transitie, verdachte transitie zijn.

Tabel . Gelijksoortige matrices zijn opgesteld voor de perioden 1989-1993, 1993-1996 en 1996-2000.

Uit de tabellen blijkt dat het overgrote deel van de cellen in de kaarten ongewijzigd is (grijze cellen). Dit is een indicatie van sterke consistentie. Als fractie van cellen over de gehele kaart is het aantal onwaarschijnlijke transitie klein. Wanneer echter de ongewijzigde cellen buiten beschouwing worden gelaten, dan blijkt dat een substantieel deel van de transitie, verdachte transitie zijn.

Tabel 13. Gereduceerde transitie matrix van de basiskaarten over de periode 1989 – 1996.

		1996					
		Landbouw	Kassen	Stedelijk	Natuur	Recreatie	Features
1989	Landbouw	96583	142	1545	1135	450	283
	Kassen	90	438	29	1	5	5
	Stedelijk	376	10	12081	132	152	132
	Natuur	144	1	109	17512	147	57
	Recreatie	194	2	209	177	2902	44
	Features	149	2	133	91	62	45961
Totaal cellen:		181485					
Gewijzigd		6008					
Onwaarschijnlijk		24,40%					

Tabel 14. Gereduceerde transitie matrix van de basiskaarten over de periode 1989 - 1993.

		1993					
		Landbouw	Kassen	Stedelijk	Natuur	Recreatie	Features
1989	Landbouw	97832	98	948	797	282	181
	Kassen	80	457	20	3	2	6
	Stedelijk	386	7	12132	128	138	92
	Natuur	127	1	88	17592	120	42
	Recreatie	191	2	178	155	2970	32
	Features	122	2	89	71	52	46062
Totaal cellen		181485					
Gewijzigd		4440					
Onwaarschijnlijk		27,09%					

Tabel 15. Gereduceerde transitie matrix van de basiskaarten over de periode 1993 en 1996.

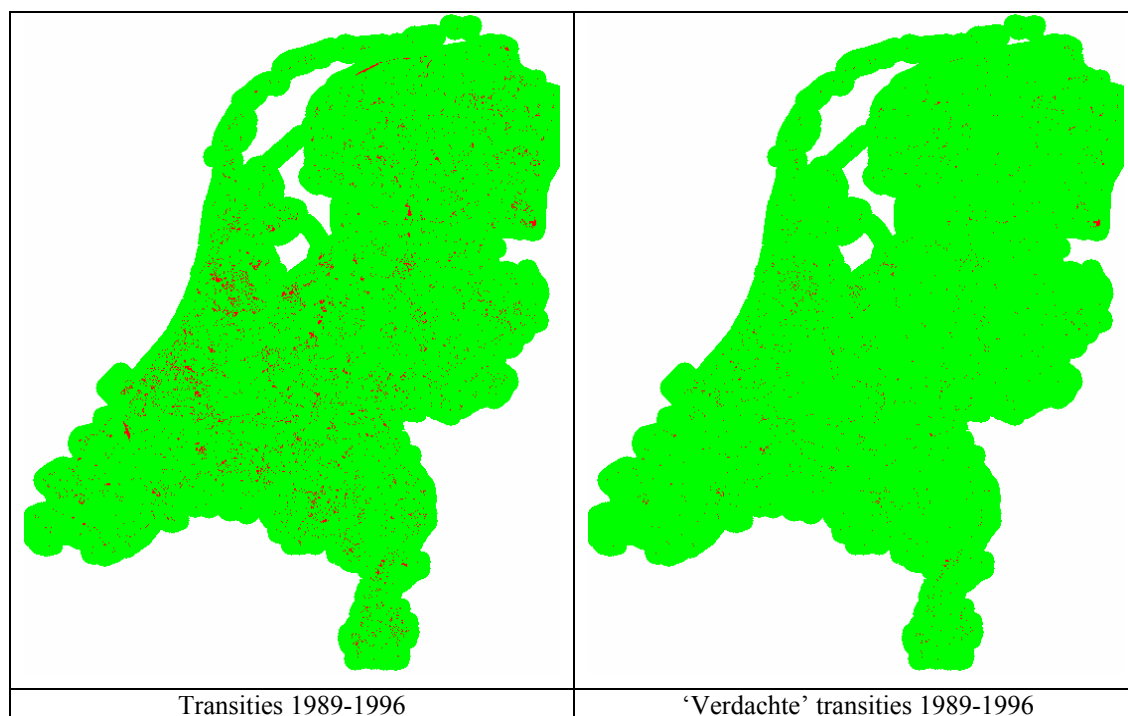
		1996					
		Landbouw	Kassen	Stedelijk	Natuur	Recreatie	Features
1993	Landbouw	97178	58	701	419	220	162
	Kassen	24	529	13	0	1	0
	Stedelijk	106	8	13194	23	53	71
	Natuur	104	0	34	18539	34	35
	Recreatie	47	0	76	34	3385	22
	Features	77	0	88	33	25	46192
Totaal cellen:		181485					
Gewijzigd		2468					
Onwaarschijnlijk		26,01%					

Tabel 16. Gereduceerde transitie matrix van de basiskaarten over de periode 1996 – 2000.

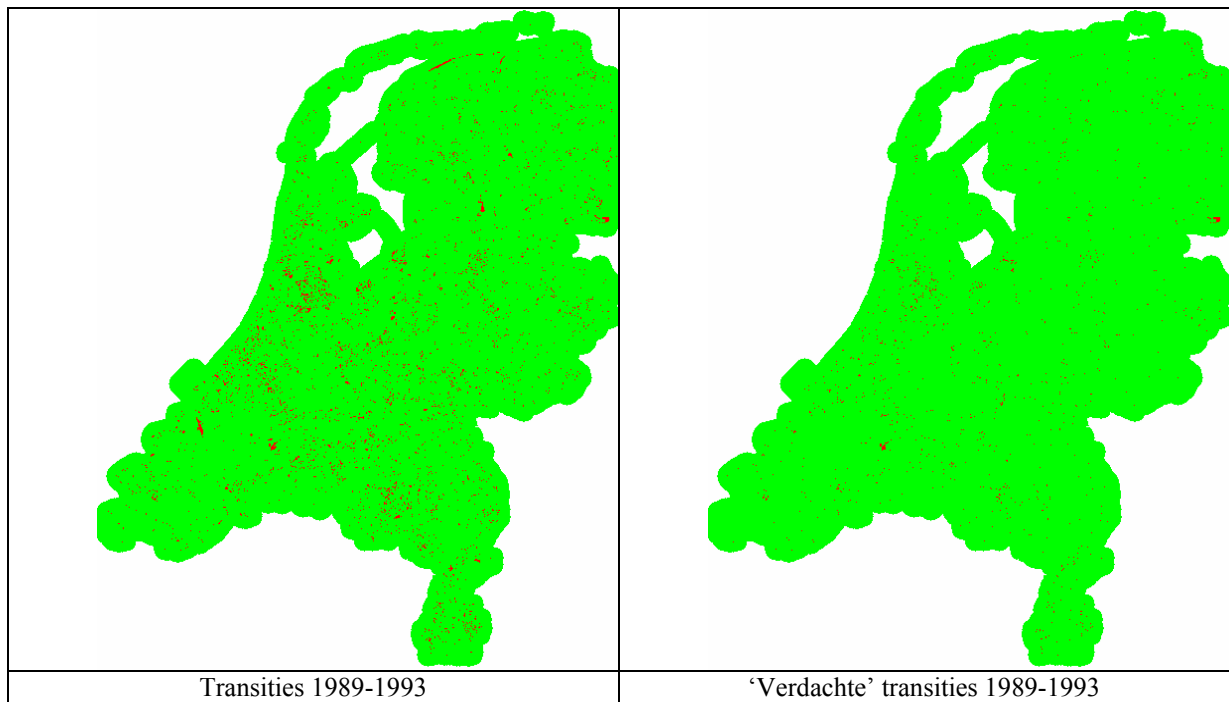
		2000					
		Landbouw	Kassen	Stedelijk	Natuur	Recreatie	Features
1996	Landbouw	94595	124	1055	1024	374	364

Kassen	73	495	19	2	0	6
Stedelijk	611	8	12818	213	307	149
Natuur	364	1	83	18214	179	207
Recreatie	192	6	142	181	3099	98
Features	282	3	161	194	56	45786
Totaal cellen:	181485					
Gewijzigd	6478					
Onwaarschijnlijk	36,18%					

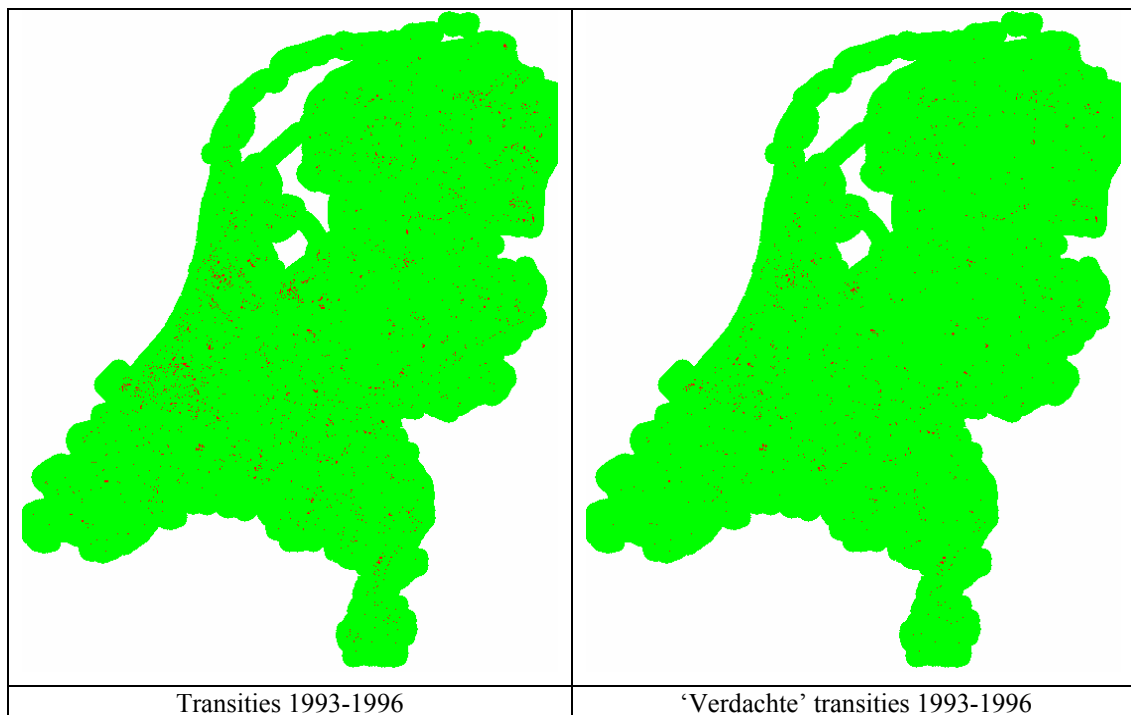
Voor de kalibratieperiode 1989-1996 gaat het hierbij om bijna een kwart van de transities. Voor de periode 1996-2000 betreft het zelfs meer dan een derde van de transities. Dit stelt vraagtekens bij de bruikbaarheid. Een toekomstige verbetering in het kaartmateriaal zal daarom naar verwachting ook tot een betere kalibratie kunnen leiden. Wanneer kaarten beschikbaar komen die een **langere periode** beslaan zal naar verwachting het percentage verdachte transities afnemen. Ook wanneer kaarten op een **fijnere schaal** gebruikt worden kan het percentage verdachte cellen afnemen. De verschillen kunnen ook ruimtelijk in beeld gebracht worden. De onderstaande kaarten geven de gewijzigde en de ‘verdachte’ cellen voor de periode 1989-1996. De verschillen kunnen ook ruimtelijk in beeld gebracht worden. De onderstaande kaarten geven de gewijzigde en de ‘verdachte’ cellen voor de periode 1989-1996.



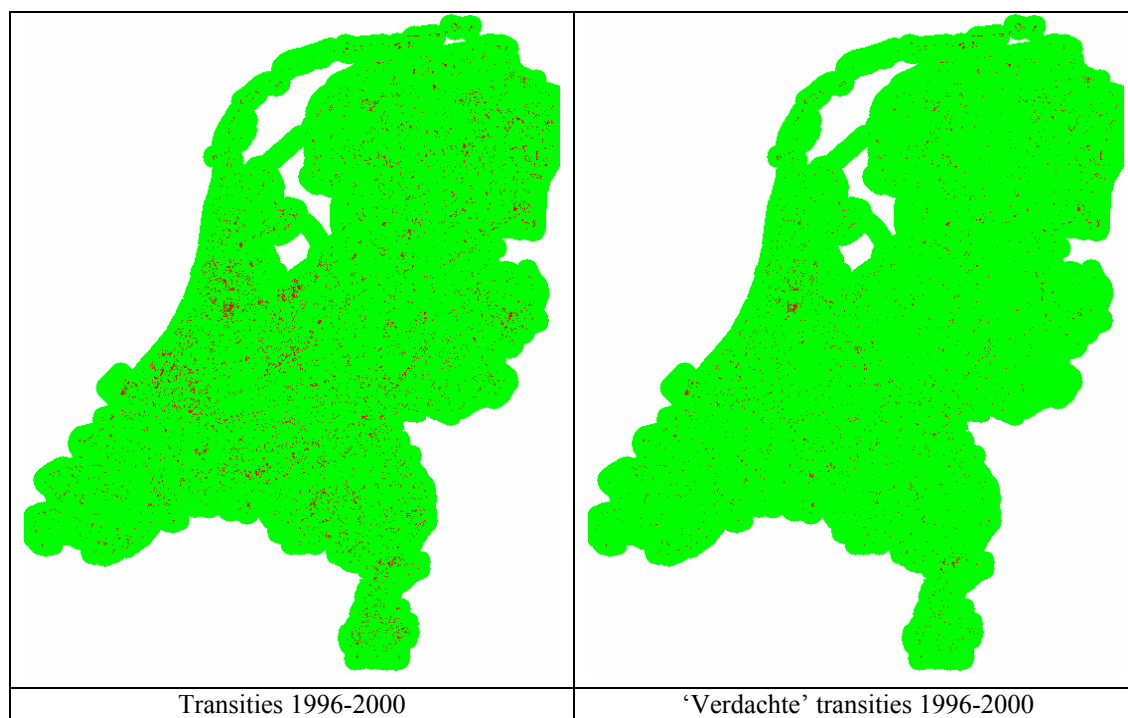
Figuur 70. Transitie en verdachte transitie voor de periode 1989-1996.



Figuur 71. Transities en verdachte transities voor de periode 1989-1993.



Figuur 72. Transities en verdachte transities voor de periode 1993-1996.

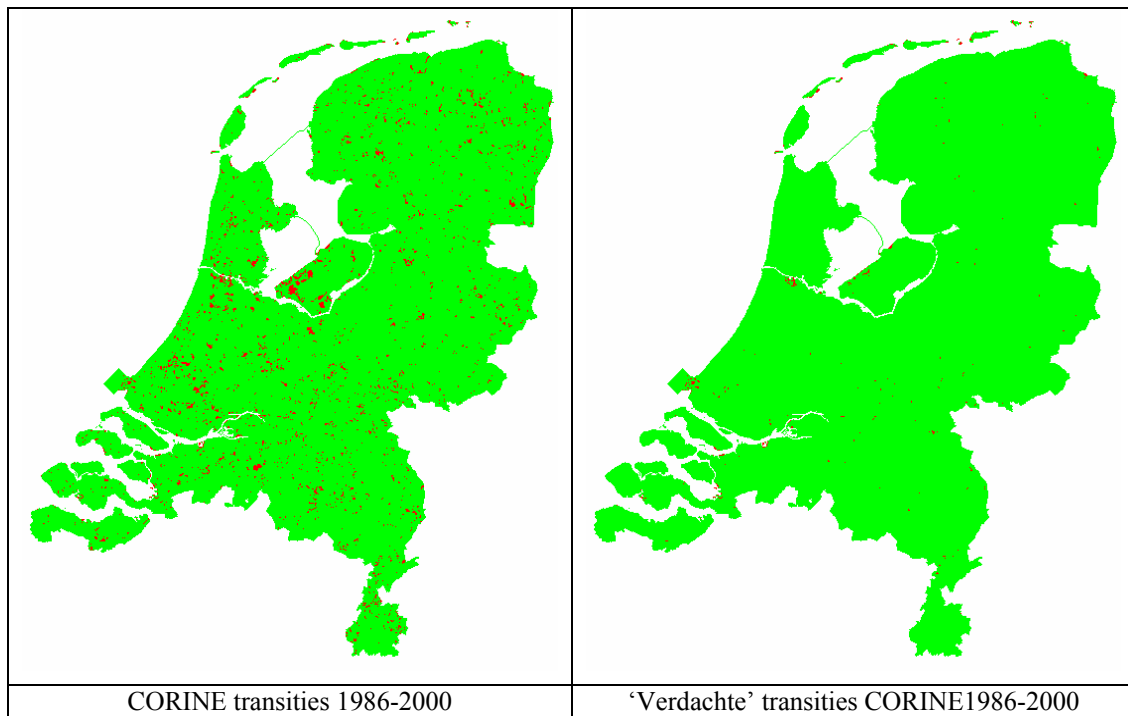


Figuur 73. Transities en verdachte transities voor de periode 1993-1996.

Ter vergelijking is bovenstaande analyse ook uitgevoerd op de CORINE dataset voor de periode 1986-2000. Het blijkt dat voor deze kaartenset het percentage verdachte transities beduidend kleiner is.

Tabel 17. Gereduceerde transitie matrix van CORINE dataset van 1986 naar 2000.

		CORINE 2000					
		Landbouw	Kassen	Stedelijk	Natuur	Recreatie	Features
CORINE 1986	Landbouw	100331	0	2838	771	434	131
	Kassen	0	0	0	0	0	0
	Stedelijk	13	0	12473	41	14	83
	Natuur	22	0	65	16871	45	82
	Recreatie	0	0	28	1	1620	0
	Features	12	0	18	59	2	3727
Totaal cellen:		139681					
Gewijzigd		4659					
Onwaarschijnlijk		9,27%					



Figuur 74. Transitie en verdachte transitie voor de periode 1986-2000.

Bijlage E: Naïeve voorspellers

Het functioneren van het model wordt geëvalueerd aan de hand van Goodness-of-fit (GOF) maten. GOF maten komen voor in allerlei variaties en ook in het kalibratieproject van de LOV is een aantal verschillende maten toegepast. Tijdens de kalibratie van de modellen is de interpretatie van de GOF eenduidig: Een parameterset die leidt tot een betere GOF is te prefereren boven een parameterset die leidt tot een slechtere GOF.

Tijdens de validatie is de interpretatie van de GOF lastiger. Het is niet meer de vraag of de ene run beter of slechter is dan de ander. We willen nu weten hoe goed het model eigenlijk is. Het gaat dus om een absolute waardering in plaats van een relatieve. Dit is vrijwel onmogelijk. Om toch een inschatting te krijgen van de absolute betekenis van een GOF is het nuttig deze te spiegelen aan de GOF van een alternatief model.

Als referentie materiaal voor de evaluatie van de LOV resultaten zijn twee alternatieve modellen opgesteld. Eén micromodel en één macromodel. Dit zijn respectievelijk de Random Constraint Match en het Constant Share Model. Deze twee modellen hebben met elkaar gemeen dat ze de veranderingen die exogeen aan het model opgelegd worden met minimale veranderingen ten opzichte van de uitgangssituatie bewerkstelligen.

E.1 Random Constraint Match

Per type landgebruik wordt bepaald hoeveel cellen er in de uitgangssituatie teveel of te weinig zijn. De uitgangssituatie (N^{before}) wordt simpelweg bepaald door de cellen van dat type land gebruik te tellen. De eindsituatie (N^{after}) is de *Constraint(restrictie)*, deze wordt extern opgegeven.

$$\begin{aligned}\Delta N_l^+ &= \max\left(0, N_l^{after} - N_l^{before}\right) \\ \Delta N_l^- &= \max\left(0, N_l^{before} - N_l^{after}\right)\end{aligned}\tag{1}$$

ΔN_l^+ is het aantal cellen van landgebruik l dat moet worden weggehaald ΔN_l^- is het aantal cellen van landgebruik l dat moet worden bijgeplaatst. Van alle typen landgebruik die oververtegenwoordigd zijn wordt willekeurig een ΔN_l^+ aantal cellen geselecteerd. Over deze verzameling van cellen wordt van voor ieder type ondervertegenwoordigd landgebruik het ΔN_l^- aantal cellen willekeurig verdeeld.

E.2 Constant share model

Het Constant share model is een regionaal macro-economisch model. Het constant share model laat de proportie (Share) van de nationale activiteit voor iedere regio constant per sector.

$$X_{K,i}^{after} = X_{K,total}^{after} \frac{X_{K,i}^{before}}{X_{K,total}^{before}}\tag{2}$$

waarbij X de activiteit is, K de sector aanduidt en i de regio.

Bijlage F: Automated calibration procedures

F.1 Automated calibration of the micro model

The automated calibration of the micro model revolves around three land uses. The procedure attempts to reduce the presence of a land use l_{calc} in the calculated map at those locations where in the actual map the land use l_{act} is found. The method achieves this by adjusting the influence of a land use l_{infl} on the potential of either l_{act} or l_{calc} .

A major part of the calibration procedure consists of determining these three land uses. In first instance l_{act} and l_{calc} are selected.

F.1.1 Selecting the actual and calculated land use type

Only function and vacant type land uses qualify to be l_{act} and l_{calc} . They are determined by calculating Fuzzy Kappa for a list of combinations (x, y) of functions and/ or vacants in respectively the actual the calculated map.

The list of combinations (x, y) is compiled of all possible combinations, except for those that are present in the taboo list. The taboo list contains a list of land use combinations that were tried recently in the calibration procedure, but without success. The taboo list prevents the algorithm from getting stuck at a certain land use combination, i.e. if the algorithm is not successful in trying to fix a particular error it learns from the experience and will not try over and over again.

The Fuzzy Kappa is calculated on the basis of a modified categorical similarity matrix. This matrix is the regular unity matrix, specifying that both maps use the same legend, but with the addition that x is temporarily set equal to y .

The combination (x, y) that yields the highest Fuzzy Kappa is taken to be the potentially most fruitful combination to improve upon and thus forms the combination (l_{act}, l_{calc}) .

F.1.2 Finding focus cells and background cells

The influencing land use l_{infl} will be selected on the basis of relative presence of the land use in the neighbourhood of relevant cells (focus cells) compared to regular cells (background cells)

The list of focus cell consists of those cells, which are of the right type of error (taken in by l_{act} and l_{calc} in respectively the actual map and the calculated map) and of which the error is likely to be resolved by a change in the parameters of the influence curve. Errors that are likely to be resolved by a change in the neighbourhood influence curves are those where the calculated potential for l_{act} is smaller than the potential for l_{calc} . Of those cells only the n cells are selected with the smallest difference in neighbourhood effect (for the land uses l_{act} and l_{calc}). The rationale is that the land use allocation is improved by adjusting the parameters such that the potential for l_{act} becomes larger than the potential for l_{calc} .

Summarizing, the set F of at most n focus cells consists of all cells c in the micro model

1. Taken in by l_{act} respectively l_{calc} in the actual and calculated map at the end of the calibration period

$$\left({}^T LU_c \right)_{act} = l_{act} \quad \text{and} \quad \left({}^T LU_c \right)_{calc} = l_{calc}$$

2. Where ${}^T P_{l_{act},c} < {}^T P_{l_{calc},c}$

3. And where ΔN_c is smaller for all non-focus cells that also satisfy condition 1 and 2

For the calculation of ΔN_c , keep in mind the relation between neighbourhood effect and potential (Annex B).

$${}^t P_{l,c} = \left(w_S \cdot S_{l,c} + w_Z \cdot {}^t Z_{l,c} \right) \cdot {}^t A_{l,c} \cdot \left({}^t N_{l,c} + {}^t R_{l,c} \right) \quad (1)$$

This for the current purpose can be simplified to:

$${}^tP_{l,c} = \alpha_{l,c} \cdot {}^tN_{l,c} \quad (2)$$

The required change in N is thus calculated as

$$\Delta N_c = \left| {}^T N_{l_{act},c} - {}^T N_{l_{calc},c} \right| \quad (3)$$

The set of background cells G consists of all cells where the land use l_{act} was rightfully not placed, even though the model had the option to do so. This list consists of all cells not taken in by l_{act} in either the actual or the calculated map and that are also not taken in by a feature type land use in either of the maps (because the model has no control over those locations).

Thus G consists of all cells c of the micro model where:

1. $({}^T LU_c)_{act} \notin L_{fea}$ and $({}^T LU_c)_{calc} \notin L_{fea}$
2. $({}^T LU_c)_{act} \neq l_{act}$ and $({}^T LU_c)_{calc} \neq l_{act}$

F.1.3 Selecting the influencing land use

The influencing land use type l_{infl} is chosen on the basis of a weighted random sample. Land uses with a stronger presence in the neighbourhood of cells focus cells F than in the neighbourhoods of background cells G have a larger weight in this sample.

For this the difference in the average number of cells per land use category in the neighbourhood of both F and G is calculated.

F.1.4 Adjusting the parameters

To adjust the parameters we need to know the presence of l_{infl} in the neighbourhood of F per ring (unique distance in the neighbourhood). Thus the vectors NBH^F and NBH^G are introduced, they both contain r elements, where r is the number of rings, and each element represents the average number of cells in the neighbourhood at the corresponding distance. The sum of all elements is the number of cells in the neighbourhood

Also derivatives of neighbourhood influence weight to neighbourhood parameter change can be calculated per ring. All these derivatives have r elements. These are $\frac{dw}{da}$, $\frac{dw}{db}$, $\frac{dw}{dc}$, $\frac{dw}{dd}$ and $\frac{dw}{d\text{inertia}}$. The

inner product of the neighbourhood presence and the weight derivatives yields the derivative of the neighbourhood effect to the parameters thus:

$$\frac{dN}{da} = (NBH^F - NBH^G) * \frac{dw}{da} \quad (2.4)$$

Because of the linear nature of the rules, the required parameter adjustment can now be calculated as

$$\Delta a = \frac{\Delta N}{dN/da} \quad (2.5)$$

Likewise for other parameters.

If the calibration period is only one year, this would for the average neighbourhood result in an equal potential for both land uses. Here a major challenge of the calibration procedure comes about. The calibration period is larger than one year (because of the lack of data, but also because the calibration procedure needs to pick up on invariant behaviour over a longer period of time), so a change in the parameters may lead to an overreaction. To overcome this, ΔN is multiplied by a step size β , which is

equal to one divided by the number of years in the calibration period. This causes the model to gradually adapt the neighbourhood functions.

Since there are two different ways to obtain the equality in potential (raising the potential of l_{act} or lowering the potential for l_{calc}) and five parameters that may be used in both cases, this calibration procedure makes ten different suggestions for parameter adjustments. All these are evaluated and the adjustment that gives the best goodness-of-fit is kept, providing that the goodness-of-fit is better than before the adjustment. If this is not the case, then the land use combination (l_{act} , l_{calc}) is added to the taboo list.

Optionally this threshold Δa_c could be calculated for each cell in F . A similar Δa_c could be calculated cells in G as well, but with a reverse meaning. They would show the threshold for every cell (and every parameter). Then the optimization criteria would be the count of all cells in F where $\Delta a_c/\Delta a + \Delta b_c/\Delta b + \Delta c_c/\Delta c + \dots > 1$ minus the count of all cells in G where $\Delta a_c/\Delta a + \Delta b_c/\Delta b + \Delta c_c/\Delta c + \dots > 1$. Because that would be the difference between repaired and generated errors. It would not be necessary anymore to select the first n cells. It is not straightforward however to find the optimal solution for Δa , Δb , Δc , Δd and $\Delta inertia$.

F.2 Automatic calibration of the macro model

For the macro model a calibration method is implemented that consists of a few sub procedures, which are called Hill Climbing, Golden Section Search, and Random Search. The overall procedure combines the sub procedures to optimize the objective function.

F.2.1 The objective function

The objective function has the form of a squared sum of relative errors, both for activity X and density W . (equation (1)). The reason for using relative errors is that activities and densities in different sectors have very different magnitudes and do not all have the same unit, thus they cannot be compared in absolute form. Using squared instead of absolute errors imposes a ‘love of variety’ meaning that an error spread over different sectors and regions is preferred above an error focused on a single (or a limited number) sector and region.

$$\text{Minimize } \sum_{K=1}^{NrSectors} \sum_{i=1}^{NrRegions} \left(w_K \cdot \left(w_\beta \cdot \left(\frac{Xref_{Ki} - X_{Ki}}{Xinit_{Ki}} \right)^2 + w_\delta \cdot \left(\frac{Wref_{Ki} - W_{Ki}}{Winit_{Ki}} \right)^2 \right) \right) \quad (1)$$

X_{Ki} , W_{Ki}	The activity and density at the end of the calibration period as calculated by the model.
$Xref_{Ki}$, $Wref_{Ki}$	These variables represent the actual activity and density in the final year of the calibration period for sector K in region i . The calibration is aimed to reproduce these as close as possible.
$Xinit_{Ki}$, $Winit_{Ki}$	The initial activity and density i for sector K in region i .
w_β , w_δ	These weights determine to what extent the calibration is aimed at activity or density.
w_K	This is the weight pertaining to sector K

Determination of $Wref_{Ki}$, W_{Ki} and $Winit_{Ki}$

The values for $Wref_{Ki}$, W_{Ki} and $Winit_{Ki}$ are not directly available in the model, rather are calculated. By definition, the density is, equal to the activity level divided by the area taken in by that sector. This area is expressed in number of cells and thus is a rounded number. The values $Wref_{Ki}$, W_{Ki} and $Winit_{Ki}$ are calculated such that the calibration procedure is not hindered by the inherent rounding error.

As a result of the rounding we do not know the exact area, but only that it lies within a range lies of ⁹ $\left[N - \frac{1}{2}, N + \frac{1}{2} \right]$ and thus W_{Ki} and $Wref_{Ki}$ will have values in the ranges:

⁹ This interval also holds for the values of $Nref_{Ki}$ and $Ninit_{Ki}$.

$$W_{Ki} \in \left[\frac{X_{Ki}}{N_{Ki} + \frac{1}{2}}, \frac{X_{Ki}}{N_{Ki} - \frac{1}{2}} \right] \text{ and } Wref_{Ki} \in \left[\frac{Xref_{Ki}}{Nref_{Ki} + \frac{1}{2}}, \frac{Xref_{Ki}}{Nref_{Ki} - \frac{1}{2}} \right] \quad (2)$$

Now in all circumstances W_{Ki} and $Wref_{Ki}$ are assumed to have the value in their domain resulting in the best goodness-of-fit. In case the upper bound of W_{Ki} is less than the lower bound of $Wref_{Ki}$ then:

$$W_{Ki} = \frac{X_{Ki}}{N_{Ki} - \frac{1}{2}} \text{ and } Wref_{Ki} = \frac{Xref_{Ki}}{Nref_{Ki} + \frac{1}{2}} \quad (3)$$

Otherwise, if case the lower bound of W_{Ki} is higher than the upper bound of $Wref_{Ki}$ then:

$$W_{Ki} = \frac{X_{Ki}}{N_{Ki} + \frac{1}{2}} \text{ and } Wref_{Ki} = \frac{Xref_{Ki}}{Nref_{Ki} - \frac{1}{2}} \quad (4)$$

In the remaining option, when the two ranges partly overlap, W_{Ki} and $Wref_{Ki}$ are assumed to be equal.

Extended objective function for an intermediate year

As an additional objective function, the reference values for an extra year are incorporated. This means that the procedure is forced to take the data of this extra year into account, which will lead to a parameter set that is better able to generate good results for prediction, because in this case the model has to follow the trend more that in the previous case. The new objective function is then to minimize:

$$w_{End} \cdot \left[\sum_{K=1}^{NrSectors} \sum_{i=1}^{NrRegions} \left(w_K \cdot \left(w_\beta \cdot \left(\frac{End Xref_{Ki} - End X_{Ki}}{Xinit_{Ki}} \right)^2 + w_\delta \cdot \left(\frac{End Wref_{Ki} - End W_{Ki}}{Winit_{Ki}} \right)^2 \right) \right) \right] + \quad (5)$$

$$w_{Extra} \cdot \left[\sum_{K=1}^{NrSectors} \sum_{i=1}^{NrRegions} \left(w_K \cdot \left(w_\beta \cdot \left(\frac{Extra Xref_{Ki} - Extra X_{Ki}}{Xinit_{Ki}} \right)^2 + w_\delta \cdot \left(\frac{Extra Wref_{Ki} - Extra W_{Ki}}{Winit_{Ki}} \right)^2 \right) \right) \right]$$

where: w_{End} and w_{Extra} are the weights of the different years. A normal value for w_{End} is 0.75 with $w_{Extra} = 1 - w_{End}$.

The user of the procedure is free to choose the weights (equation (5)). Note that if $w_{End} = 1$, the objective function of equation (1) is obtained.

F.2.2 Overall procedure

The overall procedure specifies how the different sub procedures are combined to a total calibration procedure. Two alternative overall procedures are implemented; ‘‘Revisiting Sectors’’ and ‘‘All Sectors Once’’, of which ‘‘Revisiting Sectors’’ has experimentally turned out to be most efficient. A single iteration takes longer, but the time is more than regained by faster convergence. The procedures are expressed in pseudo-code below:

Revisiting Sectors

```

Perform Initialize Set (optional)
For Specified number of iterations {1
  For Specified number of iterations {2
    For All Sectors {3
      Adjust weights
      For All Beta Parameters of Current Sector {4
        Define Search Area
        Perform Local optimization
      }4
      Adjust weights
      For All Delta Parameters of Current Sector {5
        Define Search Area
        Perform Local optimization
      }5
      For All Sectors Before Current {6
        Adjust weights
        For All Beta Parameters of Current Sector {7
          Define Search Area
          Perform Local optimization
        }7
        Adjust weights
        For All Delta Parameters of Current Sector {8
          Define Search Area
          Perform Local Optimizations
        }8
      }6
    }3
  }2
  For Specified Number of Iterations {9
    Perform Random Search
  }9
}1

```

All Sectors Once

```

Perform Initialize Set (optional)
For Specified number of iterations {1
  For Specified number of iterations {2
    For All Sectors {3
      Adjust weights
      For All Beta Parameters of Current Sector {4
        Define Search Area
        Perform Local optimization
      }4
      Adjust weights
      For All Delta Parameters of Current Sector {5
        Define Search Area
        Perform Local optimization
      }5
    }3
  }2
  For Specified Number of Iterations {9
    Perform Random Search
  }9
}1

```

Weights in the objective function

The objective function has a single form but is specified by parameters. In the course of a calibration these parameters are modified to focus the objective function on those aspects that are most relevant at that point in the calibration. The weights w_β and w_δ are used to aim the calibration at activity levels (when optimizing beta parameters) or densities (when optimizing delta parameters). At all times, one

of these parameters is set to 1 and the other to 0. The weights per sector w_K are used differently depending if the “Revisiting Sectors” or “All Sectors Once” overall procedure is used.

Calculation of w_K for ‘All Sectors Once’

The weights are constant during the whole procedure and they are based on the size of the sectors. Thus sectors that are more dominantly present in the landscape weight in more.

$$w_K = \frac{\exp(\alpha \cdot Ninit_K)}{\sum_{j=1}^{NrSectors} \exp(\alpha \cdot Ninit_j)} \quad (6)$$

$$\text{with: } Ninit_K = \sum_{i=1}^{NrRegions} Ninit_{Ki}$$

where $Ninit_{Ki}$ is the initial number of cells for region i and sector K . α is a constant equal to 0.0001.

Calculation of w_K for “Revisiting Sectors”

The sector which is being optimized for the first time has the highest weight (75%) the remaining weight is distributed equally over the sectors that have already been visited before. **Table 18** shows the weights per sector in each run in case of 5 sectors a to e .

Table 18. Determination of the weights per for each sector at different times in the calibration procedure.

Run	Order	w		
1	a	$w_a = 1$		$w_b = w_c = w_d = w_e = 0$
2	$b-a$	$w_b = \frac{3}{4}$	$w_a = \frac{1-w_b}{1} = \frac{1}{4}$	$w_c = w_d = w_e = 0$
3	$c-a-b$	$w_c = \frac{3}{4}$	$w_a = w_b = \frac{1-w_c}{2} = \frac{1}{8}$	$w_d = w_e = 0$
4	$d-a-b-c$	$w_d = \frac{3}{4}$	$w_a = w_b = w_c = \frac{1-w_d}{3} = \frac{1}{12}$	$w_e = 0$
5	$e-a-b-c-d$	$w_e = \frac{3}{4}$	$w_a = w_b = w_c = w_d = \frac{1-w_e}{4} = \frac{1}{16}$	
6	$a-b-c-d-e$		Weights determined according to equation. (6)	

F.2.3 Define search area

Before the optimal value for a parameter is sought using a local optimizer, a good starting point for that parameter is sought. This means evaluating the goodness-of-fit for parameter values found in $nTries$ equal steps through the domain, whereby the parameter value corresponding to the best goodness-of-fit is the starting value for the local optimizer

The step size follows from: The step size is equal to

$$step = \frac{max - min}{nrTries + 1} \quad (7)$$

where min is the lower bound of the parameter domain and max the upper bound. Note that the lower and upper bound are excluded, because for the following local optimization an interior point is required.

$$\begin{aligned} x_0 &= min + step \\ x_i &= x_{i-1} + step \quad \forall i = 1, \dots, nrTries \end{aligned} \quad (8)$$

In the example of **Figure 75** the black function line depicts the goodness-of-fit for a parameter p with domain $[0, 16]$. The number of tries is equal to 7 resulting in a step size of 2. The initial value for p in the local optimization will be 6.

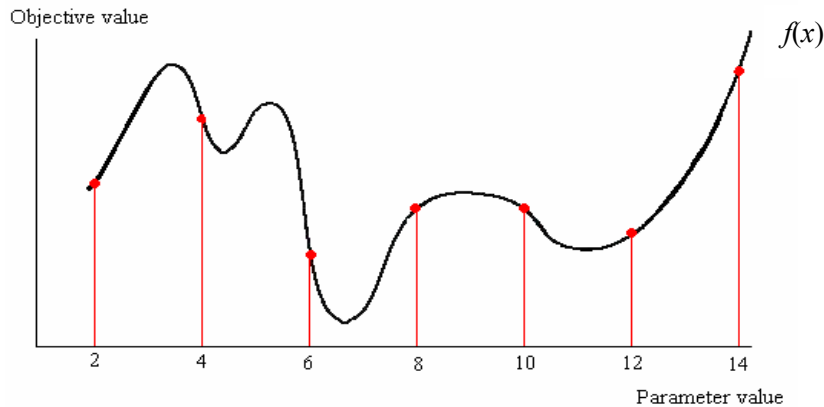


Figure 75. Function of parameter p evaluated at 7 points in the domain.

F.2.4 Hill climbing

The hill climbing procedure seeks to improve the goodness-of-fit by stepwise increasing or decreasing the parameter value. The procedure stops either when the maximum number of runs is reached, or once it ceases to find improvements for that parameter.

The steps for increasing and decreasing are relative to the current parameter value. Three different step sizes are evaluated simultaneously defined by default percentages of 1%, 0.1% and 0.01%. These values have proven to be reasonable in the context of the LOV. The smallest of these essentially sets the precision of the hill climbing procedure the larger two influence the efficiency. Equation (9) finds the parameter values.

$$\begin{aligned} \text{NewValue} &= \text{value} + \text{perc} \cdot (\text{max} - \text{min}) \\ \text{NewValue} &= \text{value} - \text{perc} \cdot (\text{max} - \text{min}) \end{aligned} \quad (9)$$

where the first formula is used to increase the value and the second to decrease it. The procedure is either in increasing or decreasing mode. The procedure first tries in the direction of the mode, if an improvement in goodness-of-fit is found the parameter value is adjusted. If not, the mode is reversed and a parameter adjustment is sought in the other direction. If in reverse mode again no improvement is found, the hill climbing procedure terminates.

Hill Climbing can also be run for $n (> 1)$ parameters at the same time. This is necessary if the values of some parameters strongly influence the optimal values of others (for example the parameter groups, β_{1K} , β_{2K} and β_{3K} or δ_{8K} , δ_{9K} and δ_{11K}). In this case, first the above procedure is executed for all parameters and after that, one step at a time parameter adjustment are made for the n parameters, repeatedly until no improvements are made anymore. Then, the method checks if the objective value is improved during this run. If it is improved, the algorithm is run again for the complete group (until a maximum of three times), otherwise the algorithm stops.

F.2.5 Golden section search

The golden section search is applied as is described in the optimization literature. The main points of the algorithm are explained here briefly. At the beginning of the algorithm, three points a , b and c are needed for which holds that b lies in between a and c . And the goodness-of-fit is best for value b , because this means that a local minimum must exist in the interval (a, c) . The points a , b and c are said to form the *bracketing triplet*. The procedure aims to find the local optimum by iteratively updating the values bracketing triplet and thus reducing the interval (a, c) .

The method evaluates the function at a new point x in the larger of the two intervals (a, b) and (b, c) . Without loss of generality, suppose that (b, c) is the larger interval. If $f(x) > f(b)$, then x replaces point c and the new bracketing triplet is (a, b, x) . Otherwise, the new triplet is (b, x, c) . In both cases, the width of the bracketing interval will decrease and the position of the minima will be better. The procedure is then repeated until the width reaches a desired tolerance.

The golden ratio theorem is used here to define the new point x in the bracketing triplet, i.e. if $(c - b) > (b - a)$ then x is defined by

$$x = b + \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (c - b) \quad (10)$$

otherwise, if $(c - b) < (b - a)$, x is defined by

$$x = b - \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \cdot (b - a) \quad (11)$$

If initially the intervals $[a, b]$ and $[b, c]$ have the same length, then, equations (10) and (11) are both applied and the x that yields the smallest objective value is the new x . After that, the intervals are not equal anymore and the normal procedure is executed.

Figure 76 illustrates the Golden section search as it continues from the example given in **Figure 75**. It appears that this is a multi-extremum function; The Golden section search method will converge to a local minimum, but not necessarily the global one. The initial bracketing triplet is found as the values $(a, b, c) = (4, 6, 8)$. Now, the new parameter value x must be determined. Initially, both intervals have the same size, thus two possible values for x are calculated; one in both intervals $[a, b]$ and $[b, c]$ (this is shown by the blue lines in Figure). Bracketing triplet (a_1, b_1, c_1) is changed to $(a_2, b_2, c_2) = (b_1, x, c_1)$ since the x with the smallest objective value is located in interval (b_1, c_1) and its objective value is smaller than the $f(b_1)$. In the triplet (a_2, b_2, c_2) , the size of interval $[b_2, c_2]$ is larger than the size of $[a_2, b_2]$, thus equation (10) is applied to determine the new value for x (green line). Now, $f(x)$ is larger than $f(b_2)$, hence the new bracketing triplet becomes $(a_3, b_3, c_3) := (a_2, b_2, x)$. This procedure is iterated.

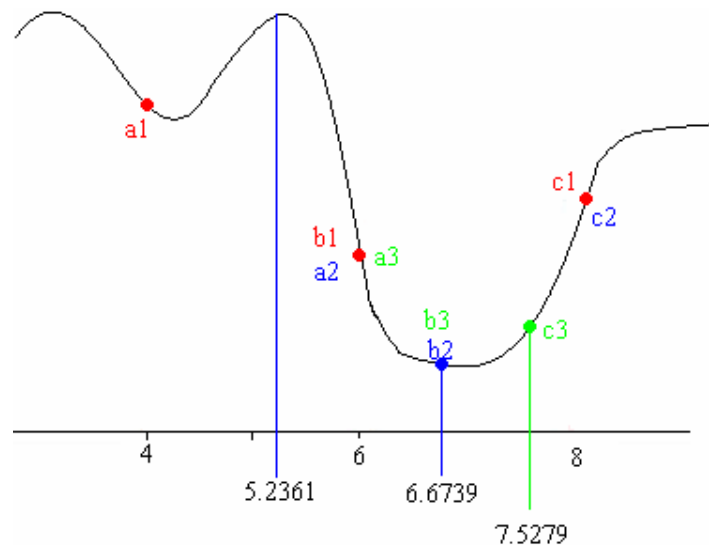


Figure 76. Magnified view of the bracketing triplet (a_1, b_1, c_1) . The Golden section search methods creates (a_2, b_2, c_2) and (a_3, b_3, c_3) , respectively.

F.2.6 Random search

The Random Search procedure is incorporated in the calibration procedures in order to escape local optimums in search for the Global Optimum. The method is based on the mutation step in genetic algorithms.

The procedure starts with determining the two most influential parameters. These are the two parameters that are first in the order per sector. The values of these parameters are increased and decreased with a random percentage of the domain as in equation (9), with *perc* being a random value. The parameter obtains the value which results in the best objective value. If the resulting parameter value lies outside the bound $[min, max]$ it is reset to the closest one of the two bounds. To prevent the procedure

from too often trying the upper and lower bound the percentage *perc* is adjusted to the parameter value and domain. Different percentages are used for increase and decrease, respectively *percPlus* and *percMinus*. These are random values that are adapted to the parameter value and domain.

There are five different cases and in every case the random values are chosen in different domains. Note that the maximum percentage (*MaxPerc*) is equal to 50%, which makes sure that the random value does not take the parameter set too far from its current state.

Table 19. Domain of the random percentage.

Case	Domain <i>percMinus</i>	Domain <i>percPlus</i>
Value equal to minimum	$\left[1, \left(\frac{1}{10} \cdot \text{MaxPerc}\right)\right]$	$\left[1, \text{MaxPerc}\right]$
Value equal to maximum	$\left[-\text{MaxPerc}, -1\right]$	$\left[-\left(\frac{1}{10} \cdot \text{MaxPerc}\right), -1\right]$
Value equal to average of domain	$\left[-\text{MaxPerc}, -1\right]$	$\left[1, \text{MaxPerc}\right]$
Value smaller than average of domain	$\left[-\left(100 \cdot \frac{\text{value} - \text{min}}{\text{max} - \text{min}}\right), -1\right]$	$\left[1, \text{MaxPerc}\right]$
Value larger than average of domain	$\left[-\text{MaxPerc}, -1\right]$	$\left[1, \left(100 \cdot \frac{\text{max} - \text{value}}{\text{max} - \text{min}}\right)\right]$

The values for *percMinus* and *percPlus* are chosen in these domains. Then, the new parameter values are calculated according equation (12).

$$\begin{aligned} \text{newMinus} &= \text{value} + \frac{\text{percMinus}}{100} \cdot (\text{max} - \text{min}) \\ \text{newPlus} &= \text{value} + \frac{\text{percPlus}}{100} \cdot (\text{max} - \text{min}) \end{aligned} \quad (12)$$

The parameter adjustment that results in the best objective value is taken as new parameter value. After the two most influential parameters are changed, the local optimization procedure is again applied for all other parameters, to adjust them to the random modification.

F.2.7 Initialize set

Initialize Set is a procedure to be performed before any of the other procedures are called. The aim is to create ‘from scratch’ an initial set of parameter values that is reasonably good. This means that the Initialize Set should not be applied if somehow a good initial set of parameter values is already available.

The algorithm tries to improve the initial parameter set sector by sector. The procedure starts with one of the parameter sets, so either $w_\beta = 1$ or $w_\delta = 1$. First, a sector is improved by executing the whole procedure only for this sector, i.e. the w_K corresponding to the current sector will get value one and all others the value zero. This results in a parameter set which is new for the current sector and the same as before for the others. After the objective value for the sector is minimized, the parameters for this sector are stored and the old parameter set is used again, but now to calibrate the next sector. This procedure is repeated for all sectors. If the procedure starts with the beta parameters, the results for these are stored and used when the delta parameters are subjected to the same procedure as the beta set before.

The second goal of this procedure is to determine an order of importance for the sectors. For each sector, the objective value is stored when all parameters are combined. Next, the deviation from the constant share model (see Annex F) is determined, i.e. $\frac{CS_K - \text{obj.value}_K}{CS_K}$. The sectors are ordered corresponding to this ratio (ascending). This will be the order that is used for the rest of the procedure, since the sector with the lowest deviation needs, in comparison with the other sectors, the most adaptations.

Note that the values calculated by the above formula are in the domain $(-\infty, 1]$, because the objective value for every sector can be any value larger than or equal to zero.

F.3 Parameter values

This section presents the parameter value as the result from the automatic calibration procedure. Besides the actual value, also the upper and lower bound for the parameter value are given. The boundaries were found heuristically during the course of the calibration process. For a better idea on the sensitivity of the parameters and the range within which they give similar results, we refer to Annex H.

Table gives the parameter values for the distance related parameters. These are the distance exponents n for all sectors and the global intra COROP factor. The domain for the Intra COROP factor is set from 0.001 to 1. The distance exponents must have a positive value below 2.

Table 20. Calibrated values for distance related parameters.

Intra COROP factor	0.001
n – Industry	0.864
n - Socio-cultural	1.17
n - Low density urban	2
n – Services	0.25

The automatic calibration routine found the values given in **Table** as the optimal parameter setting for the beta parameters. The upper boundary for all beta parameters is 2 and they must be positive. The results for the beta7 parameter are not given; these parameters set the influence of suitability on the attractivity for the different sectors, but since the suitability maps for these sectors are all homogeneously set to the value 1 their effect is non-existent.

Table 21. Beta parameter results for the sectors Industry, Socio-cultural and Low density urban.

	beta1	beta2	beta3	beta4	beta5	beta6	beta8	beta9	beta10
Industry	0.0180	0	0.306	2	0.795	1.50	0.0779	0.437	0.250
Socio-cultural	0.473	0.0167	0.449	0	0	0	0.262	1.057	0
Low den. urban	1.94	1.77	1.48	0	0.228	0	0.750	0.0576	0.00590

The results for the Services sector are given in **Table**. Alfa2 lies between 0 and 1, m lies between 0 and 2. Alfa1 is not optimized by the calibration procedure, because the potential effect of a change in alfa1 can just as well be achieved by a change in alfa2. Under the current settings, alfa1 essentially functions as a scaling factor, allowing alfa2 to lie conveniently within the 0 and 1 boundary.

Table 22. Optimal parameter values for the Service sector

alfa1	1.00E-05
alfa2	0.0652
m	1.59
beta4	0.0709
beta5	2
beta9	1.03

The following results were found for the delta parameters that set the densification process. Delta1 is a time dependant parameter that sets the national densification trend. The trend is assumed constant over the calibration period. Since this parameter has an exponentially accumulating effect (‘interest on

interest') its value has to be close to 1. A lower and upper boundary are set 0.975 and 1.025. All other delta parameters lay between the values 0 and 2.

Table 23. Optimal parameter values for the densification process

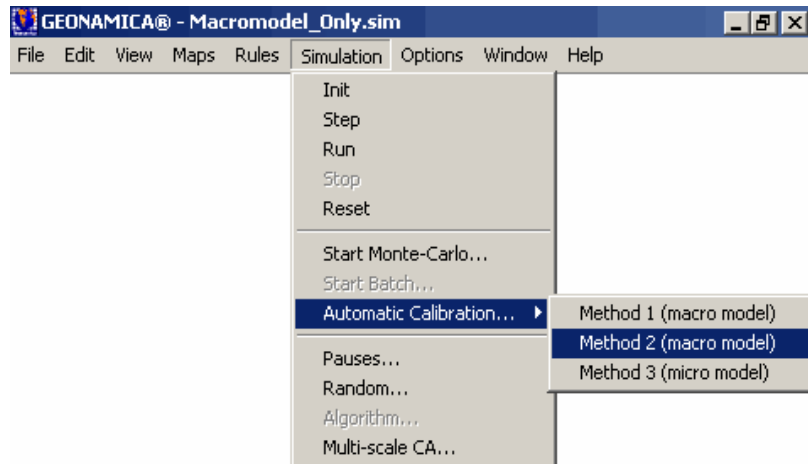
	delta1	delta3	delta7	delta8	delta9	delta11
Industry	0.992	1.52	0.0114	0.00407	0.00251	0
Socio-cultural	0.980	1.46	0.00915	0.0139	0.0245	0.236
Services	1.019	0.730	0.000148	0.000248	0.000206	0.250
Low density urban	0.991	0.481	0	0	0	0.00648

Bijlage G: Bediening van de tools

G.1 Kalibratietools

GEONAMICA, de modelomgeving waarbinnen het LOV model draait, is uitgebreid met een module voor automatische kalibratie. Vanuit deze module kunnen verschillende automatische kalibratiemethoden worden aangeroepen. Deze modulaire aanpak maakt het mogelijk om in de toekomst nieuwe kalibratiemethoden toe te voegen of varianten van bestaande methoden te maken.

De kalibratiemethoden kunnen worden aangeroepen, via het *Simulation* drop-down menu van Geonamica.



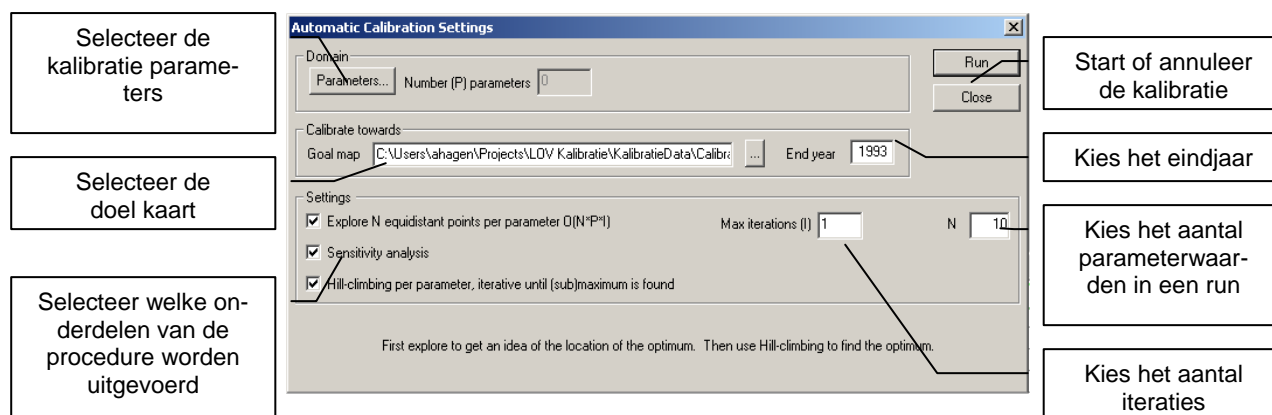
Figuur 77. De automatische kalibratie in de Geonamica menustructuur.

Er zijn drie methoden beschikbaar in GEONAMICA. Dit zijn *Method 1 (macro model)*, *Method 2 (macro model)* en *Method 3 (micro model)*.

G.1.1 Method 1 (macro model)

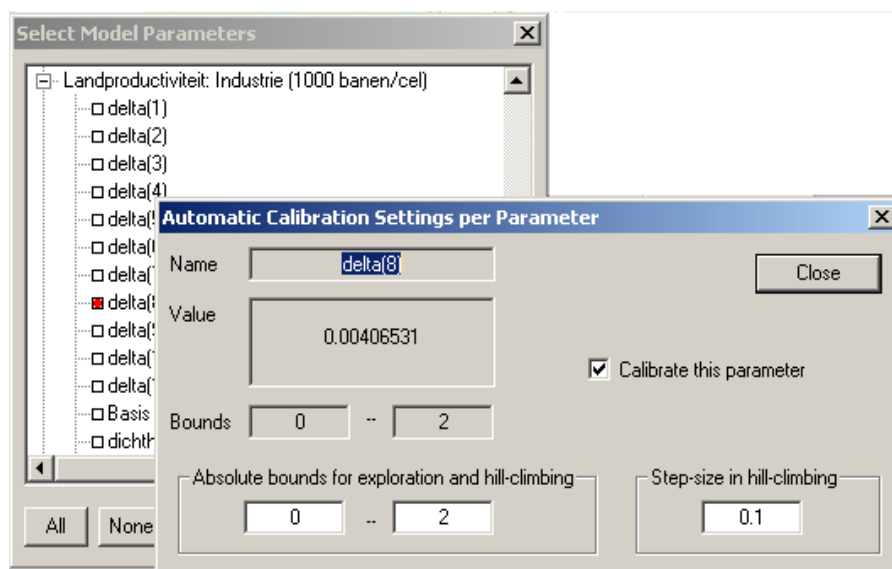
De eerst beschikbare methode heeft gediend als testcase in de ontwikkeling van de kalibratietools. Het betreft een relatief eenvoudige methode voor het kalibreren van parameters in het macromodel. De methode zoekt een optimale waarde voor de parameters met als doelfunctie de Fuzzy Kappa en optimaliseert dus de resultaten van de LOV op het cellulaire niveau (en niet het macroniveau). De methode combineert een globale zoektocht naar het optimum door systematisch het domein te verkennen met een lokale fijnstelling middels een hill-climbing aanpak. De volgorde waarin de parameters bij de hill-climbing in beschouwing worden genomen, wordt bepaald aan de hand van een gevoeligheidsanalyse.

De kalibratiemethode wordt bediend via een dialoog, waarin de relevante instellingen gedaan worden (*Figuur 78*)



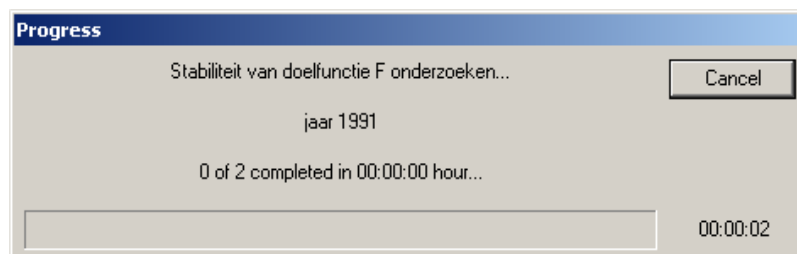
Figuur 78. Settings dialoog voor Method 1 (macro model)

De te kalibreren parameters worden gekozen uit een lijst, waarna nog per parameter een aantal kalibratie settings wordt opgegeven (Figuur 79).



Figuur 79. Settings dialoog voor een parameter in Method 1 (macro model).

Zodra de kalibratieprocedure gestart wordt, verschijnt het kalibratie voortgangsscherm. Deze geeft gedetailleerde informatie over de vorderingen en bezigheden van de kalibratiemethode (Figuur 81).

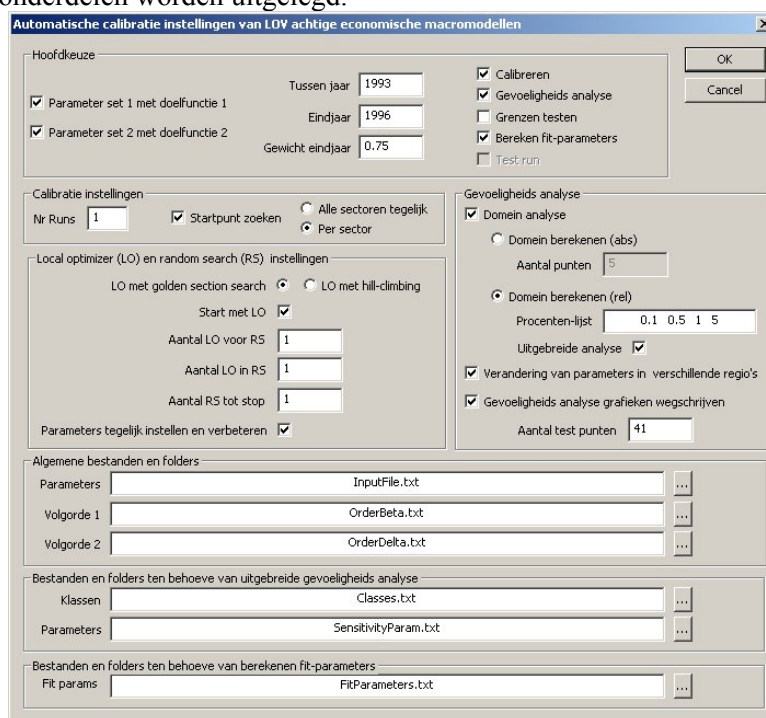


Figuur 80. Voortgangsscherm voor Method 1 (macro model).

G.1.2 Method 2 (macro model)

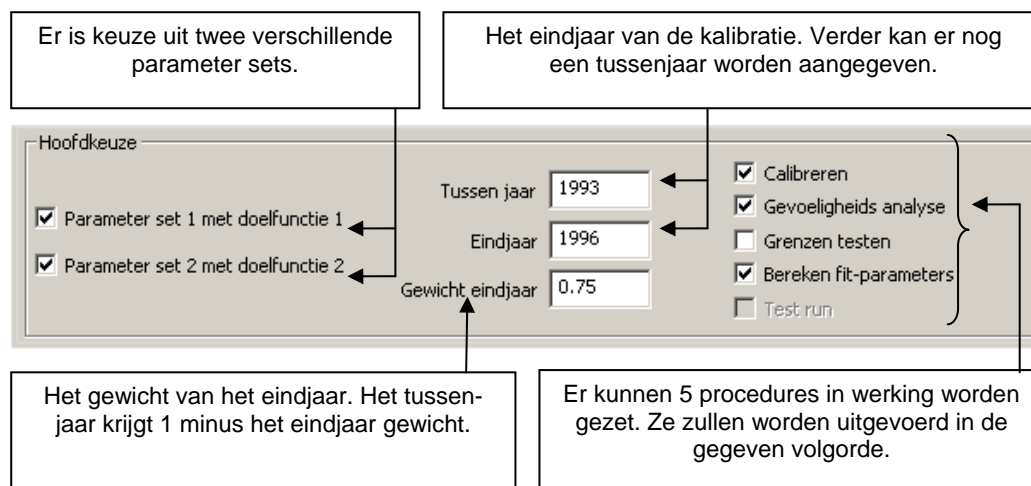
De methode 2 voert een kalibratie uit volgens de procedure beschreven in Annex F en is bedoeld voor het macromodel. Het kalibratie algoritme wordt aangestuurd middels een aantal instellingen. De ge-

bruiker heeft vele mogelijkheden. De dialoog die gebruikt wordt is in **Figuur 81** weergegeven. Verder zullen alle aparte onderdelen worden uitgelegd.



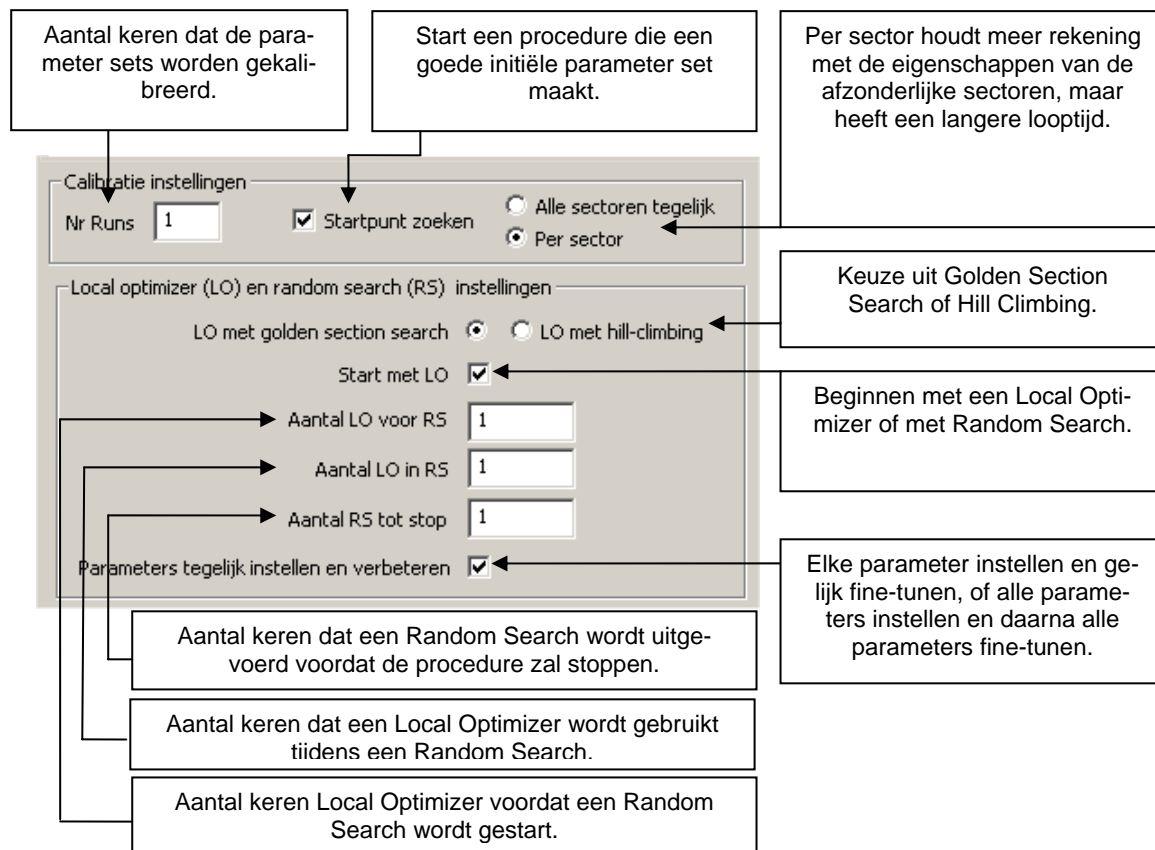
Figuur 81. Settings dialoog voor Method 2 (macro model).

Het eerste gedeelte van de dialoog (zie **Figuur 82**) is het hoofdkeuze menu. Hier worden de belangrijkste instellingen met betrekking tot de kalibratie opgegeven.



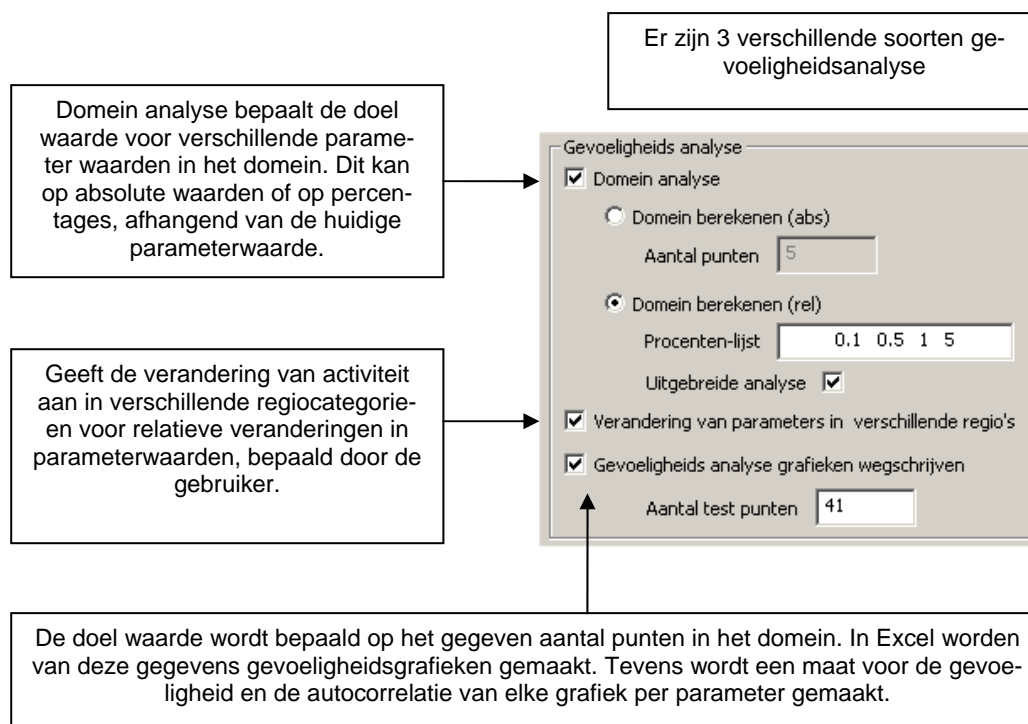
Figuur 82. Hoofdkeuze dialoog voor Method 2 (macro model).

Wanneer de gebruiker kiest voor 'Kalibreren', moeten de volgende twee gedeeltes van de dialoog ingevuld worden (**Figuur 83**).



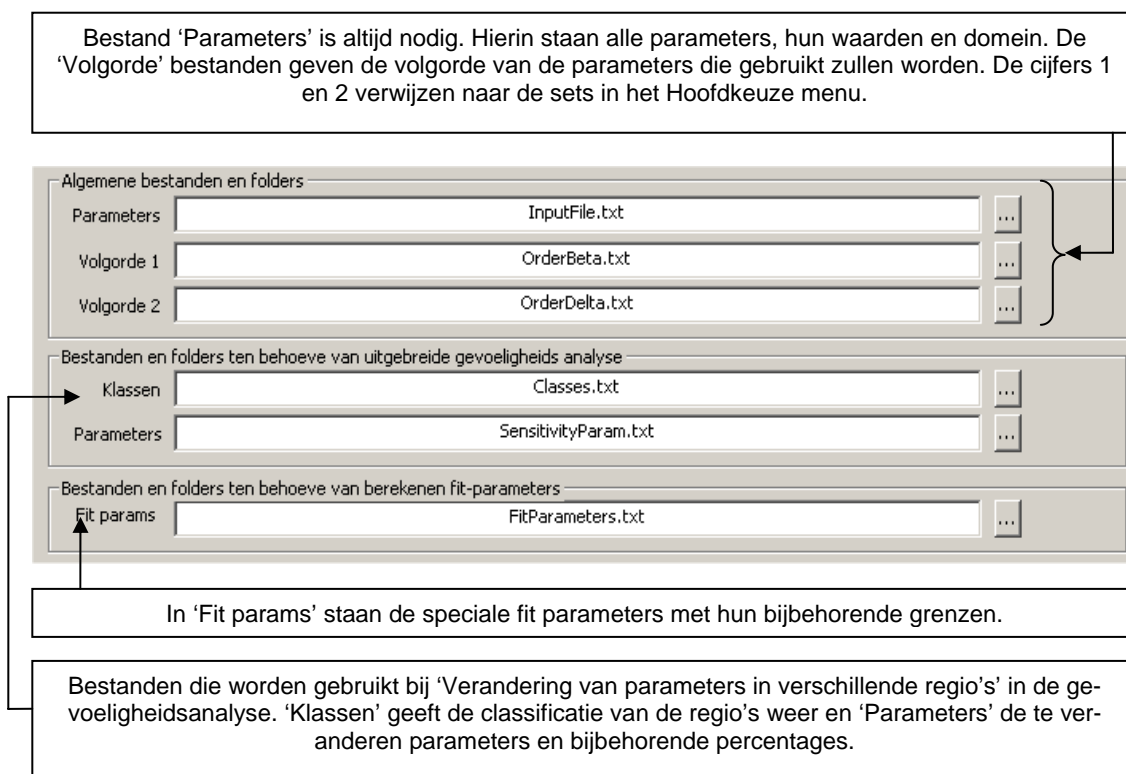
Figuur 83. Kalibratie dialoog voor Method 2 (macro model).

Wanneer is gekozen voor een gevoeligheidsanalyse kan deze keuze verder worden uitgebreid. Er zijn verschillende methoden en instellingen mogelijk om de analyse te voltooien (Figuur 84).



Figuur 84. Dialoog voor gevoeligheidsanalyse voor Method 2 (macro model)

Afhankelijk van de eerdere instellingen zijn een aantal bestanden noodzakelijk (*Figuur 85*).

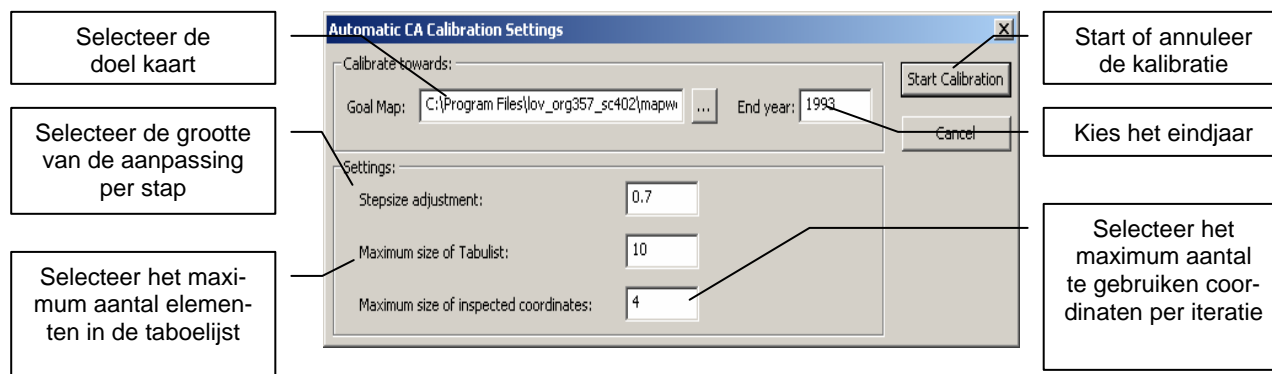


Figuur 85. Dialoog voor het inlezen van benodigde bestanden voor Method 2 (macro model)

G.1.3 Method 3 (micro model)

De laatste kalibratiemethode is bedoeld voor het kalibreren van het micromodel door middel van het aanpassen van de afstands-invloedsregels. Deze methode voert de kalibratie uit volgens de procedure die beschreven is in Annex F.3. Het betreft lokale zoekmethode, die iteratief probeert één van de regels te veranderen om zo een beter resultaat op de Fuzzy Kappa norm te bereiken. Tijdens elke iteratie van de methode wordt een fout gezocht, welke wordt bepaald op basis van een zo groot mogelijk positief effect heeft op de Fuzzy Kappa.

Het gesimuleerde landgebruik voor een bepaalde regelset bevat een aantal cellen met dit type fout. Het algoritme gebruikt een aantal van deze coördinaten van dit type fout om een aanpassing van de invloedscurve te bepalen. Deze aanpassing wordt vermenigvuldigd met een bepaalde stapgrootte om te voorkomen dat het algoritme te grote aanpassingen ineens doet. Indien voor de gekozen fout de aanpassing geen verbetering oplevert, dan wordt deze fout in een taboelijst geplaatst, waarvan het maximale aantal elementen instelbaar is. Als de taboelijst vol is, dan wordt de eerst toegevoegde fout verwijderd uit deze taboelijst, waardoor deze fout in volgende iteraties weer gebruikt kan worden.



Figuur 86. Settings dialoog voor Method 3 (micro model).

G.2 Spreadsheets voor de evaluatie van het macromodel

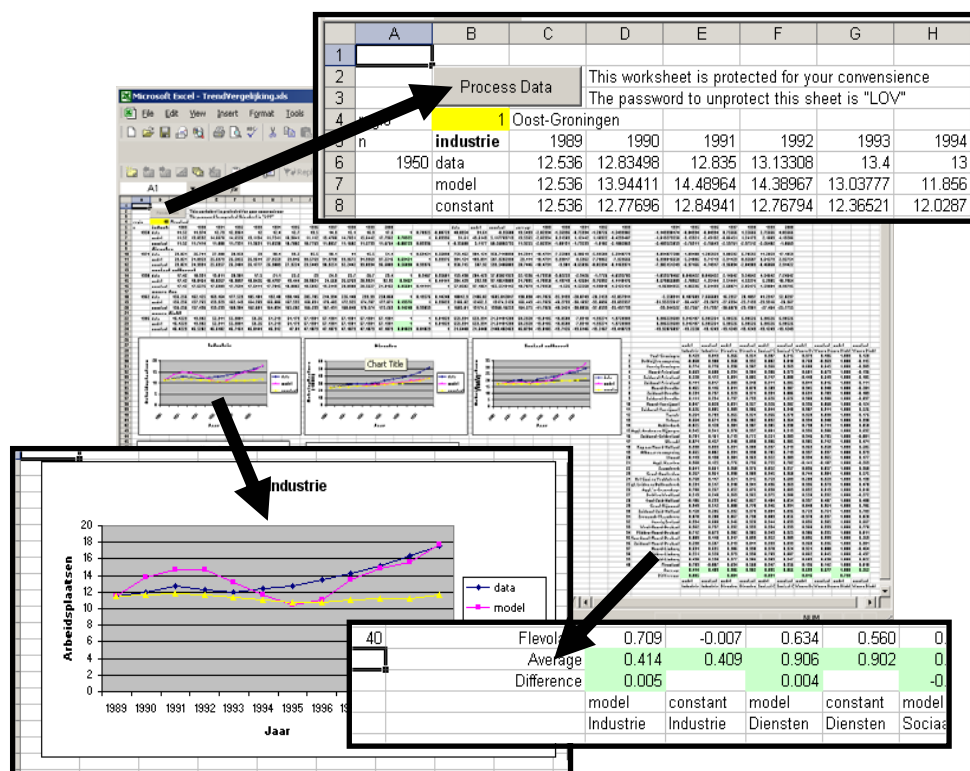
In de Output map van de LOV staan twee Excel werkboeken die helpen bij de evaluatie van de uitvoer van het macro model. Deze twee werkboeken MacroAnalyseSheet.xls en Trendvergelijking.xls maken gebruik van nog twee andere werkboeken ModelOutput.xls en DoelOutput.xls.

De werkboeken ModelOutput.xls en DoelOutput.xls hebben dezelfde structuur als het werkboek LOvAInBanen.xls welke door de LOV als uitvoer wordt weggeschreven (via de 'Link naar Excel' optie in de interface). Het werkboek DoelOutput.xls bevat de historische data waar de LOV naartoe is gekalibreerd. Het werkboek ModelOutput.xls is aangemaakt door de LOvAInBanen.xls onder deze naam op te slaan na een standaard run.

G.2.1 Trendvergelijking

Het Excel werkboek trendvergelijking.xls evalueert het model op de ontwikkeling van activiteit per regio in de tijd. Het werkboek bevat naast een aantal werkbladen ook macro's, om van het werkboek gebruik te kunnen maken moet de veiligheidsinstelling van Excel het gebruik van macro's toestaan.

Het belangrijkste werkblad voor de gebruiker is 'Bediening'. In dit werkblad bevindt zich een knop 'Process Data' wanneer deze wordt ingedrukt start een macro welke de data uit ModelOutput.xls en DoelOutput.xls verwerkt. Vervolgens is op het werkblad bediening veel informatie te vinden. Door in cel B4 een regio (COROP) nummer te selecteren zullen de grafieken de trends behorende bij de geselecteerde regio weergeven. Ook wordt de correlatie tussen de trend van het macromodel, het Constant share model en de doeluitvoer berekend. Rechts onder in het werkblad is een overzicht van alle correlaties te vinden.

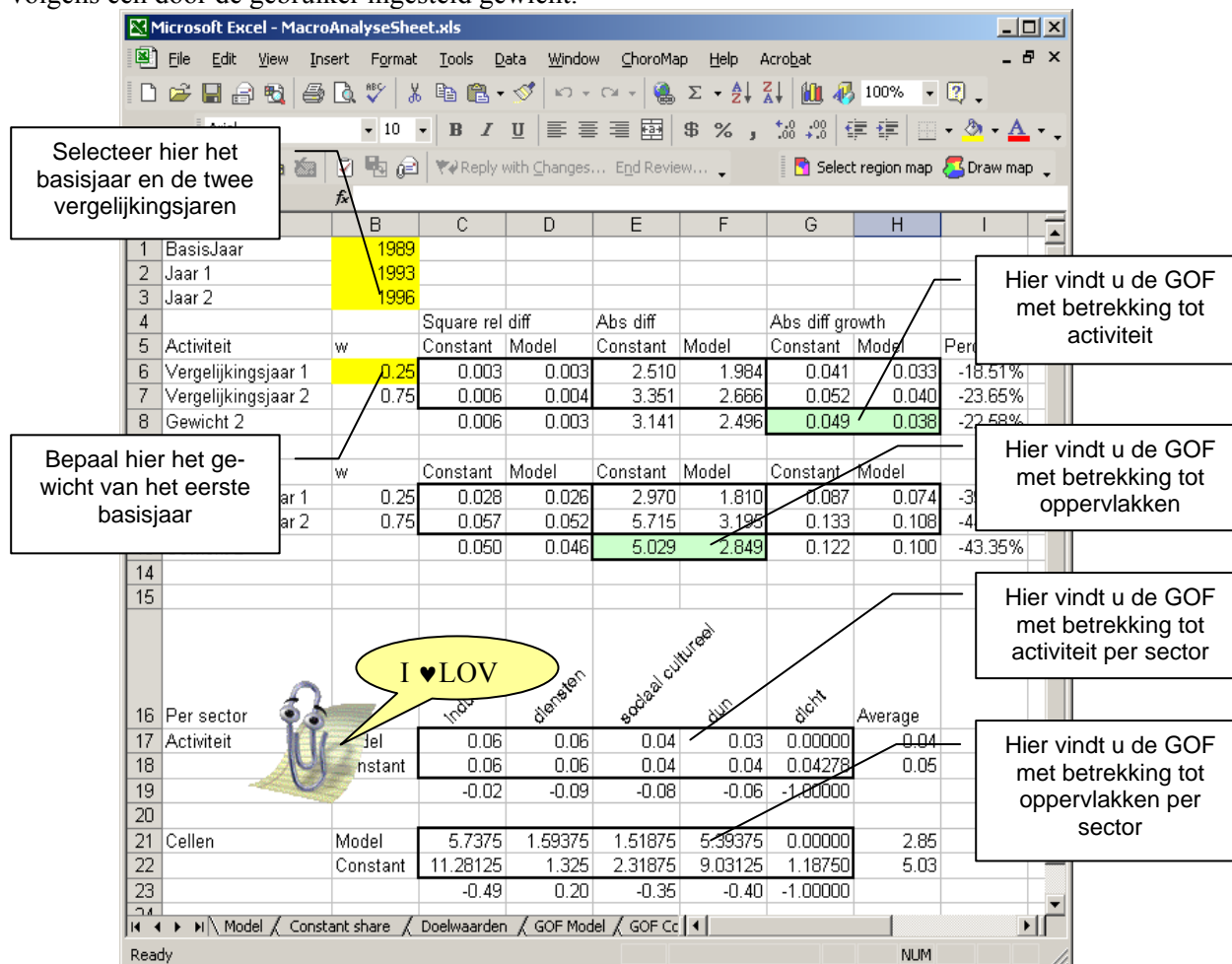


Figuur 87. Het 'Bediening' werkblad van het TrendVergelijking werkboek

G.2.2 Macro Analyse Werkboek

Dit werkboek analyseert de goodness-of-fit (GOF) van de modeluitvoer. Enkel het werkblad 'Resultaten' is voor de gebruiker van belang. De overige werkbladen bevatten tussenresultaten.

In het werkblad kan de gebruiker aangeven wat het basisjaar van de run is. Eveneens kan hij twee jaren aangeven voor welke de GOF berekend dient te worden. Ten slotte worden de twee jaren gewogen volgens een door de gebruiker ingesteld gewicht.



Figuur 88. Resultaat werkblad van het macro analyse werkboek

G.2.3 Kalibratie voortgang werkblad

Het Excel werkboek 'TestSheet.xls' dient om de voortgang van de kalibratie van het macro model te monitoren gedurende een kalibratierun. Het werkboek maakt gebruik van de tekstbestanden die door de kalibratiemodule worden aangemaakt en die voortdurend worden bijgewerkt. Het boek toont de behaalde Goodness-of-fit volgens de doelfunctie en de goodness-of-fit voor de afzonderlijke sectoren. Ter vergelijking worden de doelfuncties ook geëvalueerd voor het constant share model en worden de resultaten onderling vergeleken.

Het werkblad "Intro" (Tabel 24) bevat de belangrijkste informatie met betrekking tot de bediening van 'TestSheet.xls'.

Tabel 24. Informatie zoals weergegeven in het werkblad 'Intro'.

Add the weight of the end year:	
WeightEnd	0.75
Make sure the data that is added in Xinput and Ninput is correct.	
MaxXEnd , MaxXExtra , MaxNEnd and MaxNExtra can be externally loaded.	
Make sure the file is correct. (right button -> Edit text import)	
In sheet "Test", click "Refresh" to retrieve new data.	
Click "Store data" to store the new data.	

Het gewicht voor het eindjaar dat in de eerste regel wordt opgegeven dient vieren te komen met het gewicht dat is opgegeven in de dialoog voor de macro model kalibratie. De datatabellen in de werkbladen 'Xinput' and 'Ninput' moeten correct zijn. Voor de doeljaren (1996 en eventueel 1993) staan de gegevens in de tabellen 'XRef', 'XRefExtra', 'NRef' en 'NRefExtra'. De best behaalde fit staat in de door de kalibratiemodule gegenereerde bestanden 'MaxXEnd.txt', 'MaxXExtra.txt', 'MaxNEnd.txt' en 'MaxNExtra.txt'. Het Excel bestand verwijst naar deze bestanden, maar het is mogelijk dat de folder waarnaar verwezen wordt moet worden aangepast. Klik met de rechtermuisknop op deze tabellen om de tekst invoer te bewerken. De "Refresh" knop dient om de gegevens uit de tekstbestanden opnieuw in te lezen en te verwerken.

Als bovenstaande allemaal goed is ingevoerd, dan kan het werkblad "Test" gebruikt worden om de vorderingen van de kalibratie af te lezen. Deze sheet is weergegeven in **Figuur 89**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Industry	Services	Soc.Cult.	Pop. Low	Pop. High		Sum		Weighted	
2	Obj N	218.924725	47.8572925	45.0000225	180.6448	6.32517125		498.7520113		115.8238025	
3		1.25	0	0	0	0		1.25		0.254582192	
4	Current Best	220.174725	47.8572925	45.0000225	180.6448	6.32517125		500.0020113		116.0783846	
5											
6		53.34250751	10.99603463	51.61486817	49.86362738	86.56457722		51.26945461		43.43459762	43.55865641
7	Constant Share	471.8957519	53.76984306	93.00382327	360.3068801	47.07831939		1026.054618		205.2109236	
8											
9	Relative activity	Industry	Services	Soc.Cult.	Pop. Low	Pop. High		Sum		Weighted	
10	Obj X	0.213614589	0.219022025	0.11827373	0.115956486	0.003931321		0.670798132		0.132606956	
11		-0.013957018	0	0	0	0		-0.013957018		-0.002842567	
12	Current Best	0.199657551	0.219022025	0.11827373	0.115956486	0.003931321		0.656841114		0.129764389	
13											
14		28.36750112	16.20059631	15.90596278	4.831115277	98.80034415		41.88692103		42.59640531	
15	Constant Share	0.278724816	0.261364658	0.14064461	0.121842855	0.327704102		1.13028104		0.226056208	
16											
17	Absolute activity	Industry	Services	Soc.Cult.	Pop. Low	Pop. High		Sum		Weighted	
18	Obj X	2.301108913	2.328424572	1.547303465	1.384101811	0.054403235		7.615341996		1.523068399	22.10336637
19	By current best	2.270944672	2.328424572	1.547303465	1.384101811	0.054403235		7.585177756		1.517035551	22.41191361
20											
21		11.03906159	5.771276693	7.292844108	1.442243727	96.75989412		22.41191361		22.41191361	
22	Constant Share	2.552743612	2.471034829	1.669022687	1.404356048	1.679057328		9.776214505		1.955242901	
23											
24											
25											
26											

Figuur 89. Het werkblad "Test" toont de voortgang van de kalibratieroutine van het macromodel.

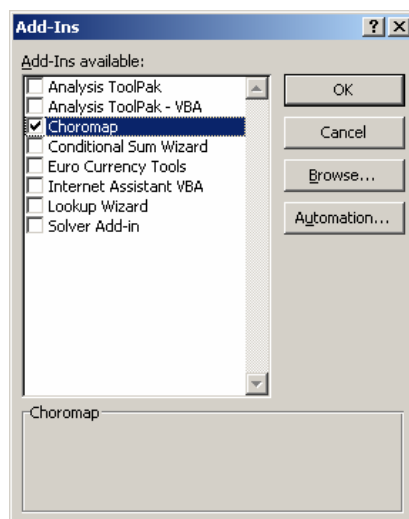
De kolommen B t/m F tonen resultaten per sector. De Goodness-of-fit in deze kolommen komt overeen met die waarin de betreffende sector gewicht 1 heeft en de overige sectoren gewicht 0. De kolom Sum (H) toont de som over alle sectoren en de laatste kolom J toont de gewogen som; de werkelijke doelfunctie.

De rijen ObjN en ObjX (2, 10 en 18) geven de doelfunctie voor oppervlak en activiteit. EN de rijen Current Best (4, 12 en 19) tonen de resultaten die behoren bij de run met de beste gewogen som. Resultaten beter dan het constant share model worden rood omlijnd. De rijen tussen de huidige doelwaarde en de Current best geven het verschil tussen deze twee. Een blauwe achtergrond geeft aan dat voor dit onderdeel van de doelfunctie een verbetering is gevonden.

De rijen met het label "Constant Share" (7, 15 en 22) geven de corresponderende doelfunctiewaarden van het Constant Share model. De prestatie ten opzicht van het CS model staan in donkerblauwe lijnen in de rijen (6, 14 en 21). Positieve waarden geven aan dat het macromodel beter presteert dan het CS model.

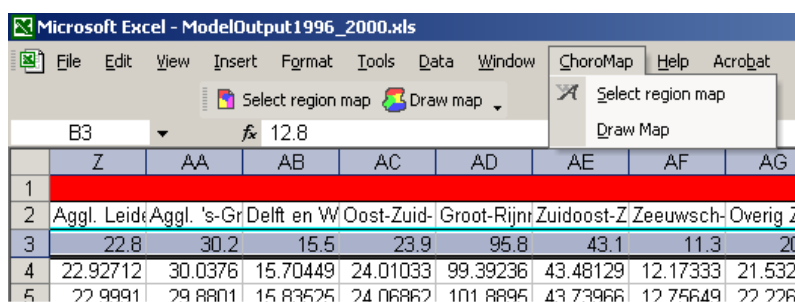
G.3 Bedienung van de ChoroMap add-in

Na installatie is de ChoroMap tool beschikbaar als add-in in Excel. Het is derhalve ook aan en uit te schakelen in het add-in menu van Excel. Afhankelijk van de versie van Excel is de Add-in na installatie al dan niet aangevinkt. Ook is het mogelijk dat het Add-in bestand ChoroMap.xla eenmalig geselecteerd moet worden middels de Browse... knop.



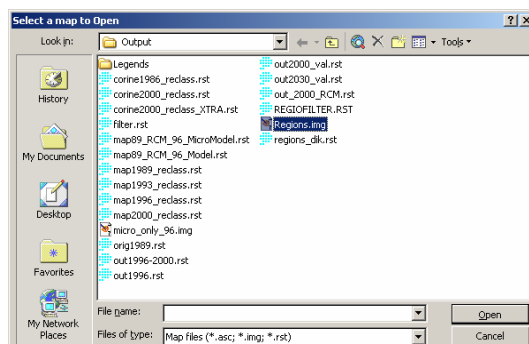
Figuur 90. Add-in menu van Excel.

Als de Add-in is geïnstalleerd en geactiveerd in het Add-in menu dan zal de menustructuur van Excel zijn uitgebreid met een ChoroMap submenu en een ChoroMap taakbalk. Beiden geven toegang tot twee functies 'Select region map' en 'Draw map'.



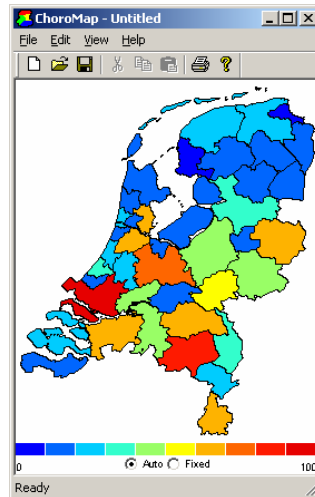
Figuur 91. ChoroMap submenu en toolbar in Excel.

Met 'Select region map' wordt de regiokaart geselecteerd worden waarop de regionale data geprojecteerd zal worden. Het tool ondersteunt Idrisi (img en rst) en ArcAscii (asc) rasterkaarten. De 'Regio Kaart' is een rasterkaart waarvan de celwaarden het regionummer aanduiden.



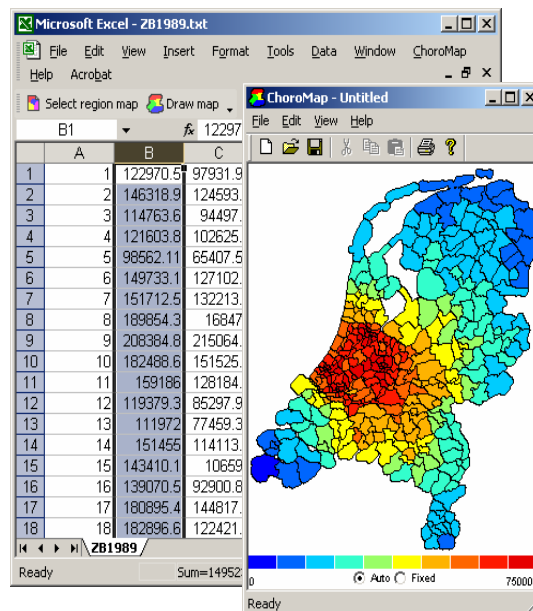
Figuur 92. 'Open bestand' men u voor het selecteren van een rasterkaart

Met het commando 'Draw map' wordt de geselecteerde range van data geprojecteerd op de regiokaart. Daarbij wordt de eerste waarde in de geselecteerde range toegekend aan regio 1 in de regiokaart, de tweede aan regio 2, enzovoorts.



Figuur 93. Het resultaat: de geselecteerde celwaarden geprojecteerd op de regiokaart.

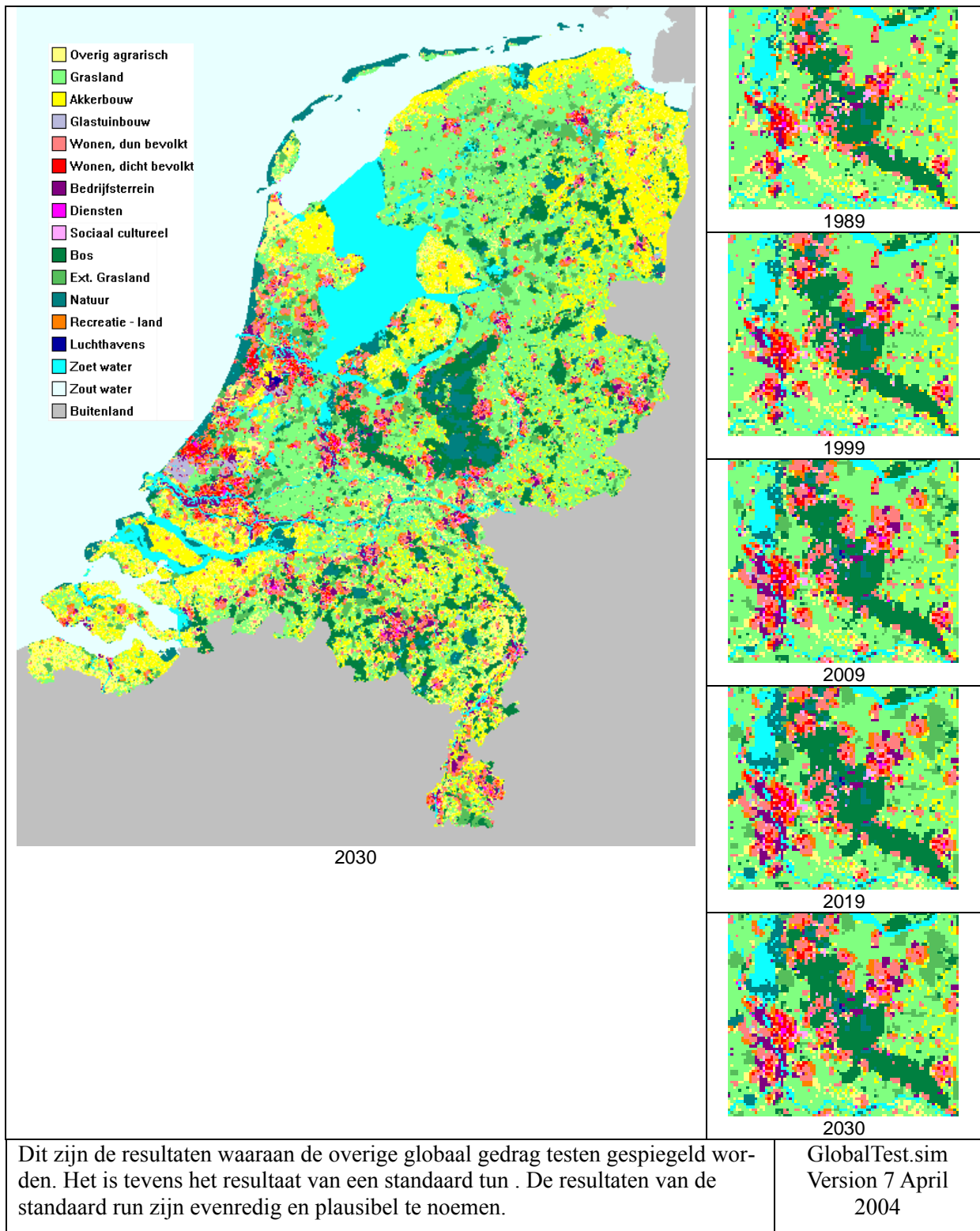
Figuur 94 geeft een voorbeeld waarin de zonale bereikbaarheid voor het verplaatsingsmotief woonwerk in 1989 (uit het bestand ../StandardRun/VerkeersLOVData/ZB1989.txt) geprojecteerd is op de LMS zone kaart (../StandardRun/VerkeersLOVData/LMSzones.asc) .



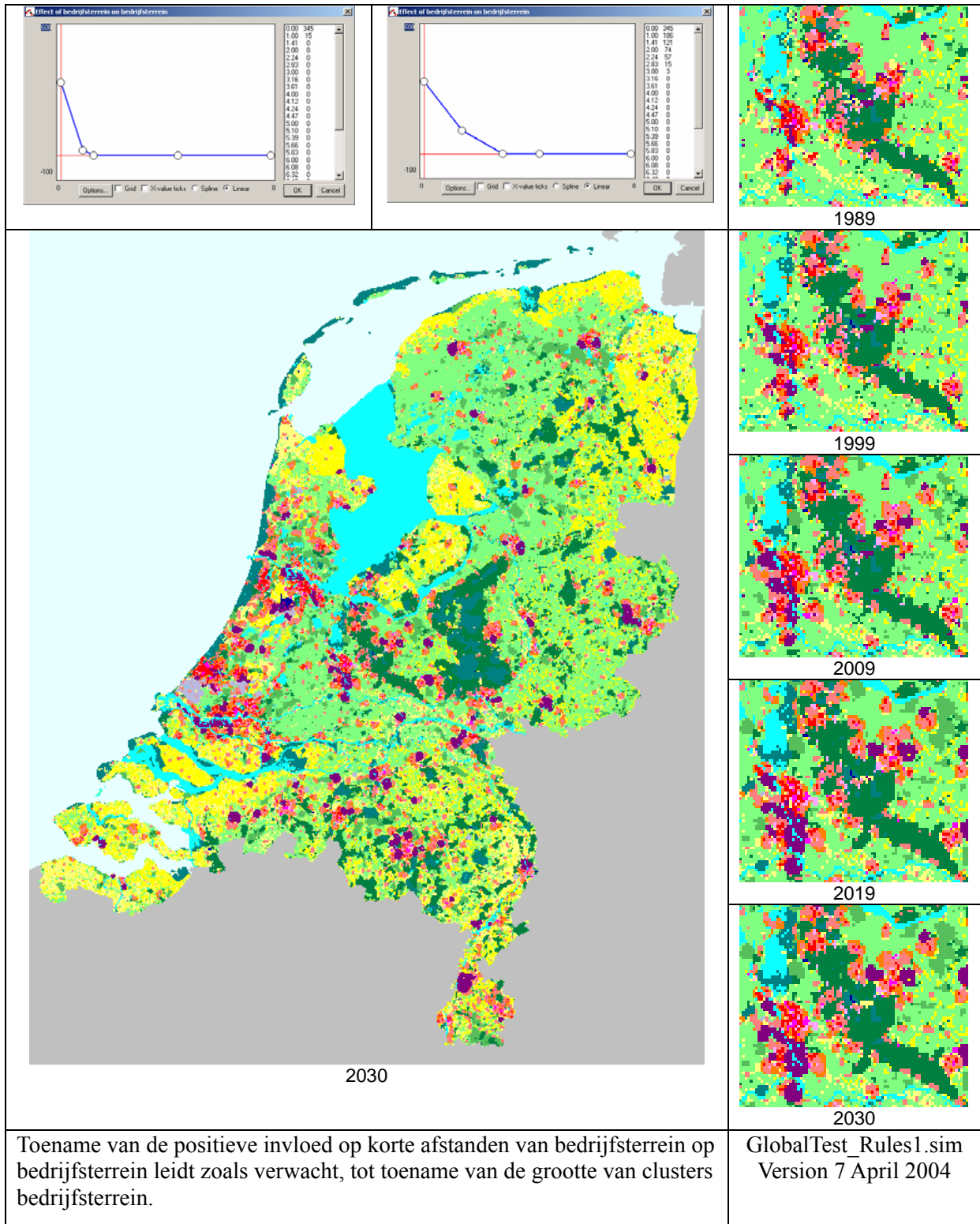
Figuur 94. ChoroMap tool toegepast op zonale bereikbaarheid per LMS zone.

Bijlage H: Analyse resultaten

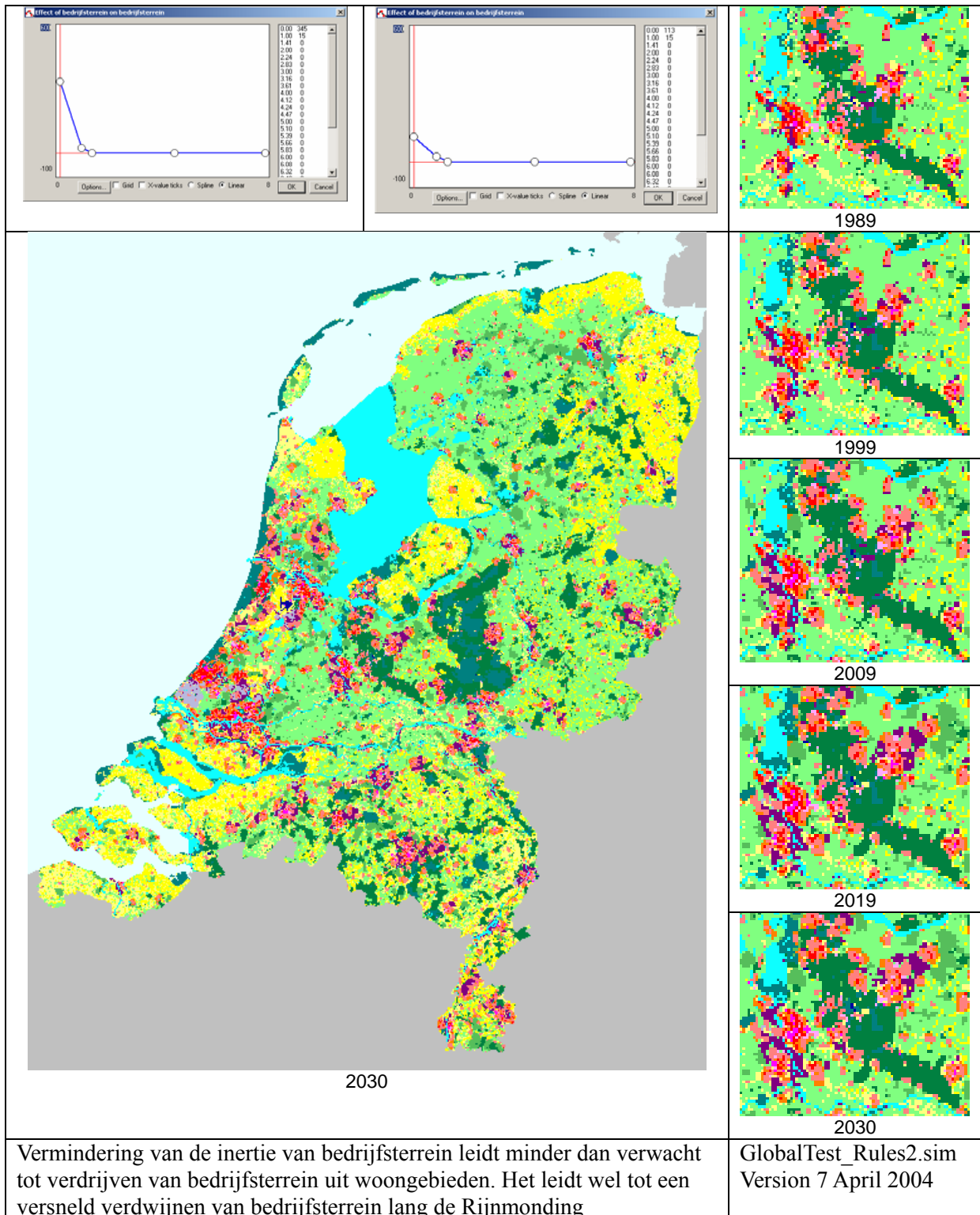
H.1 Globaal gedrag test van het micro model



H.1.1 Afstandsinteractieregel - invloed op eigen landgebruik

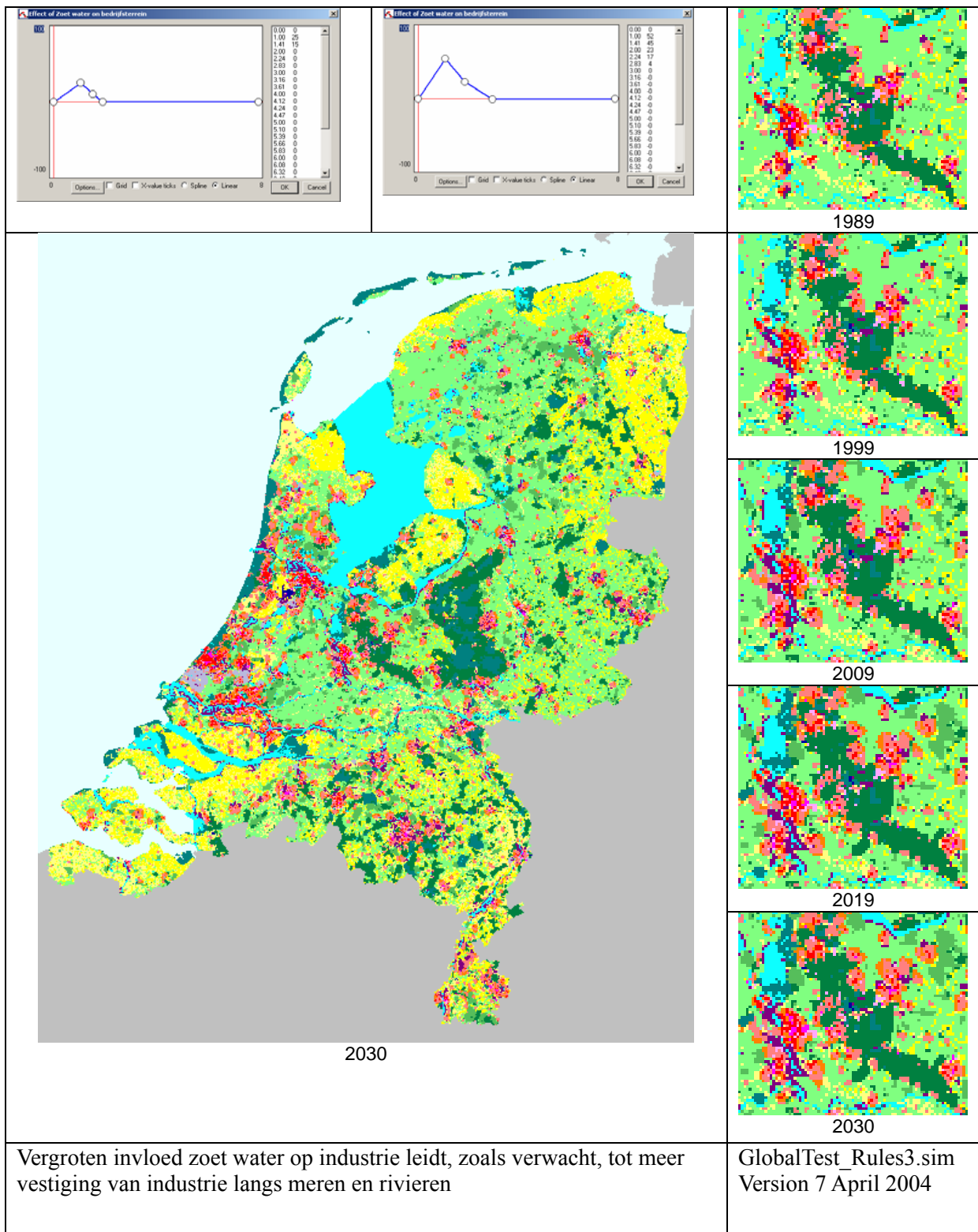


H.1.2 Afstandsinteractieregel - inertie

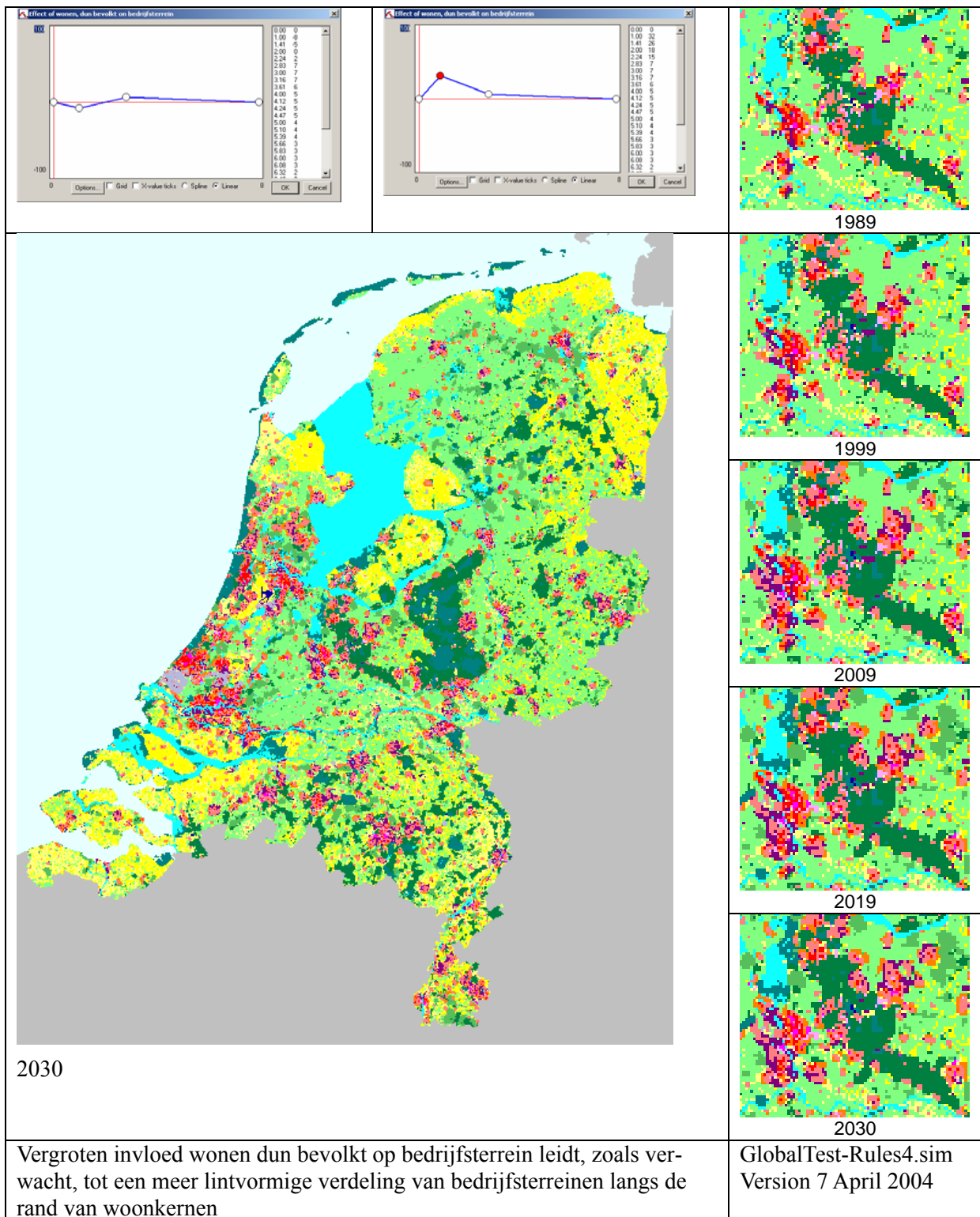


Vermindering van de inertie van bedrijfsterrain leidt minder dan verwacht tot verdrijven van bedrijfsterrain uit woongebieden. Het leidt wel tot een versneld verdwijnen van bedrijfsterrain lang de Rijnmond

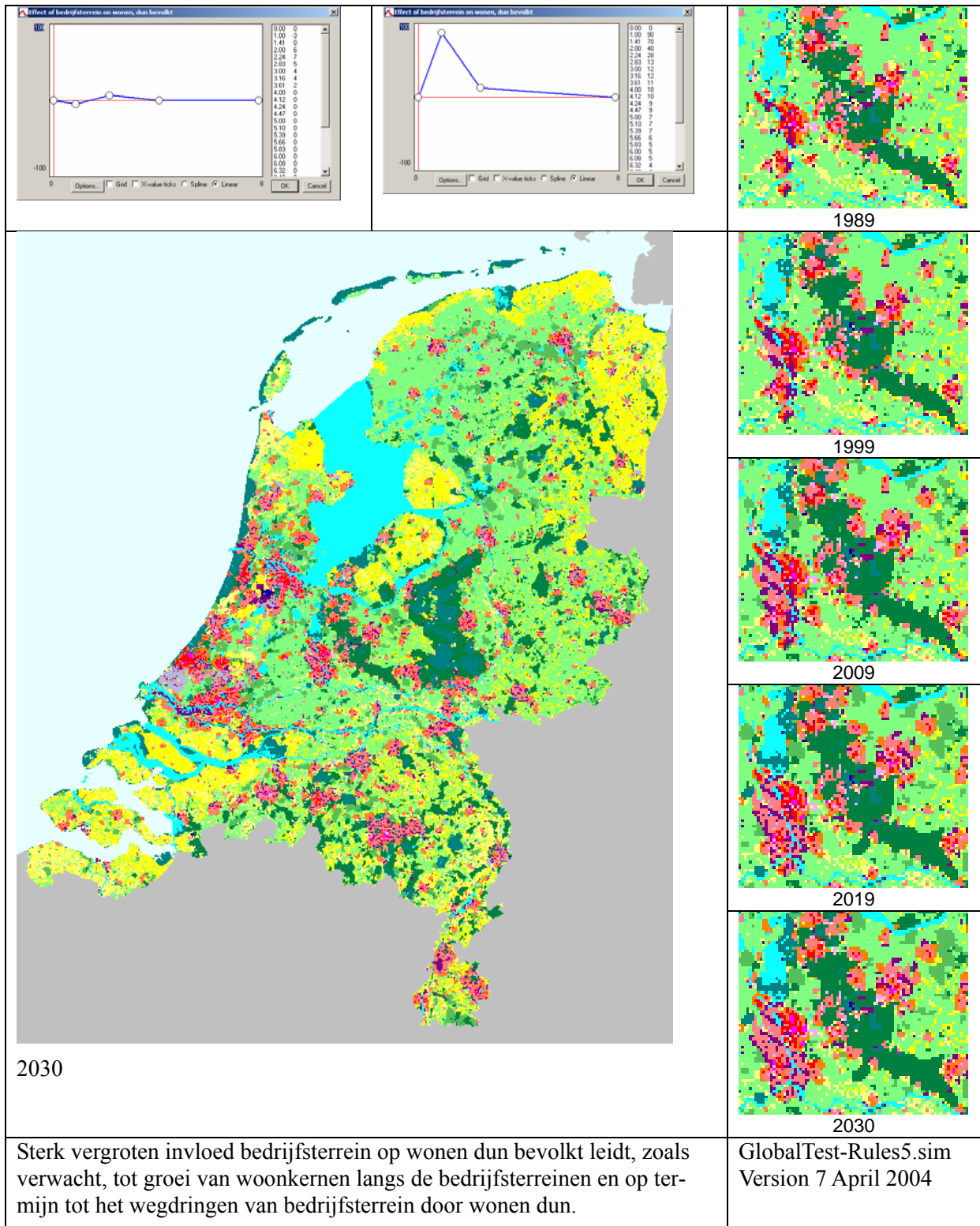
H.1.3 Afstandsinteractieregel - Invloed op ander landgebruik



H.1.4 Afstandsinteractieregel – Invloed wonen op bedrijfsterrein



H.1.5 Afstandsinteractieregel - Invloed bedrijfsterrein op wonen

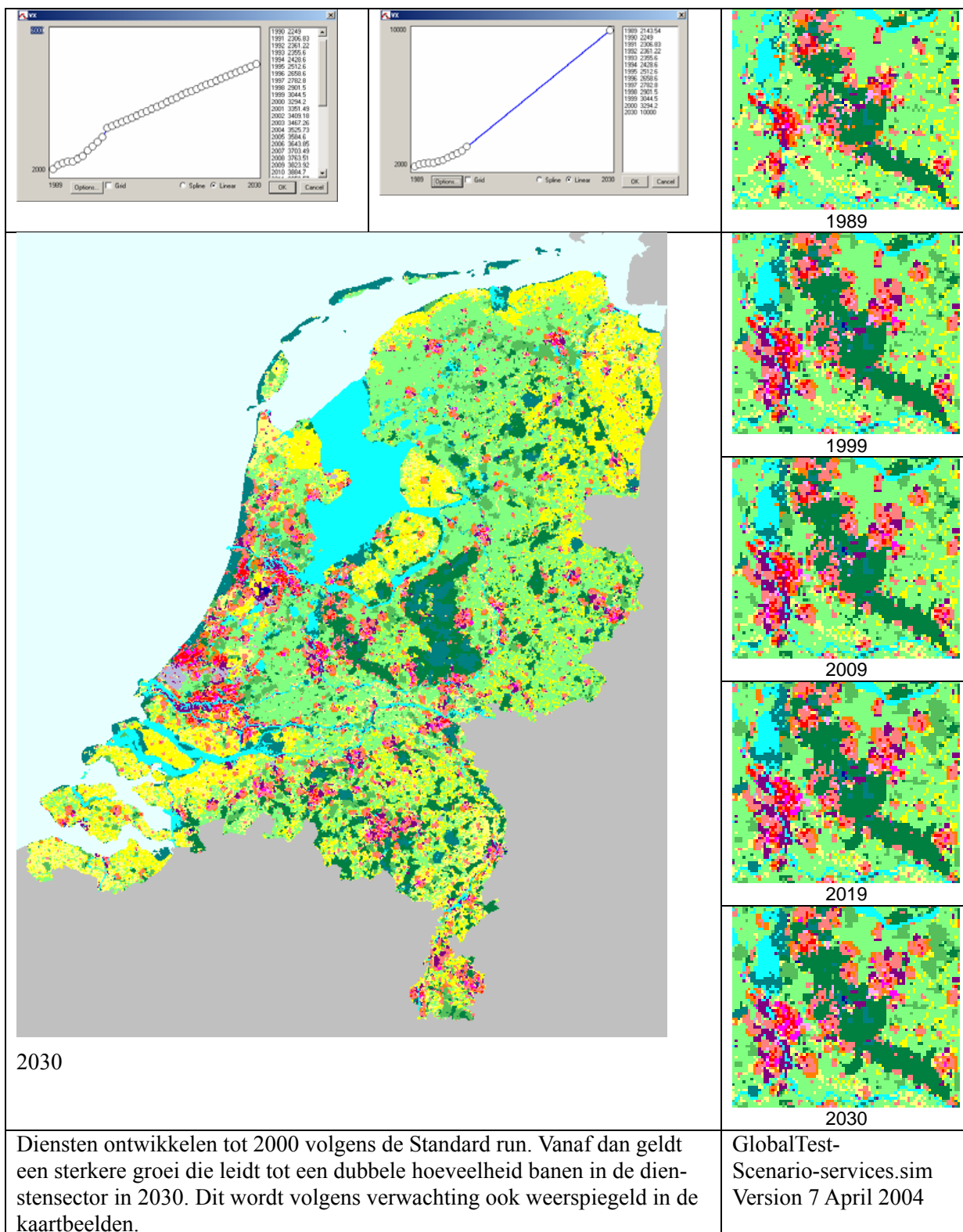


2030

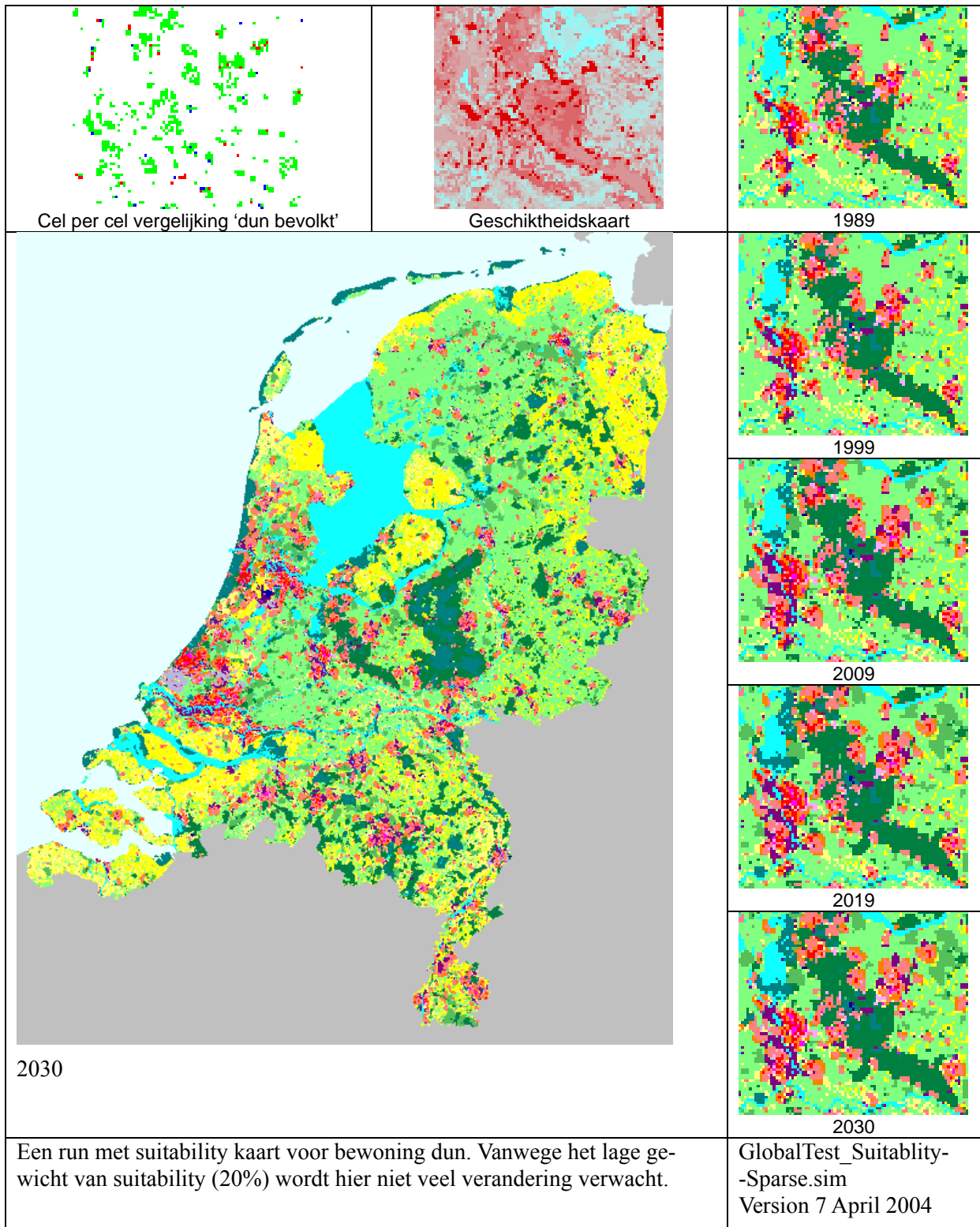
Sterk vergroten invloed bedrijfsterrein op wonen dun bevolkt leidt, zoals verwacht, tot groei van woonkernen langs de bedrijfsterreinen en op termijn tot het wegdringen van bedrijfsterrein door wonen dun.

GlobalTest-Rules5.sim
Version 7 April 2004

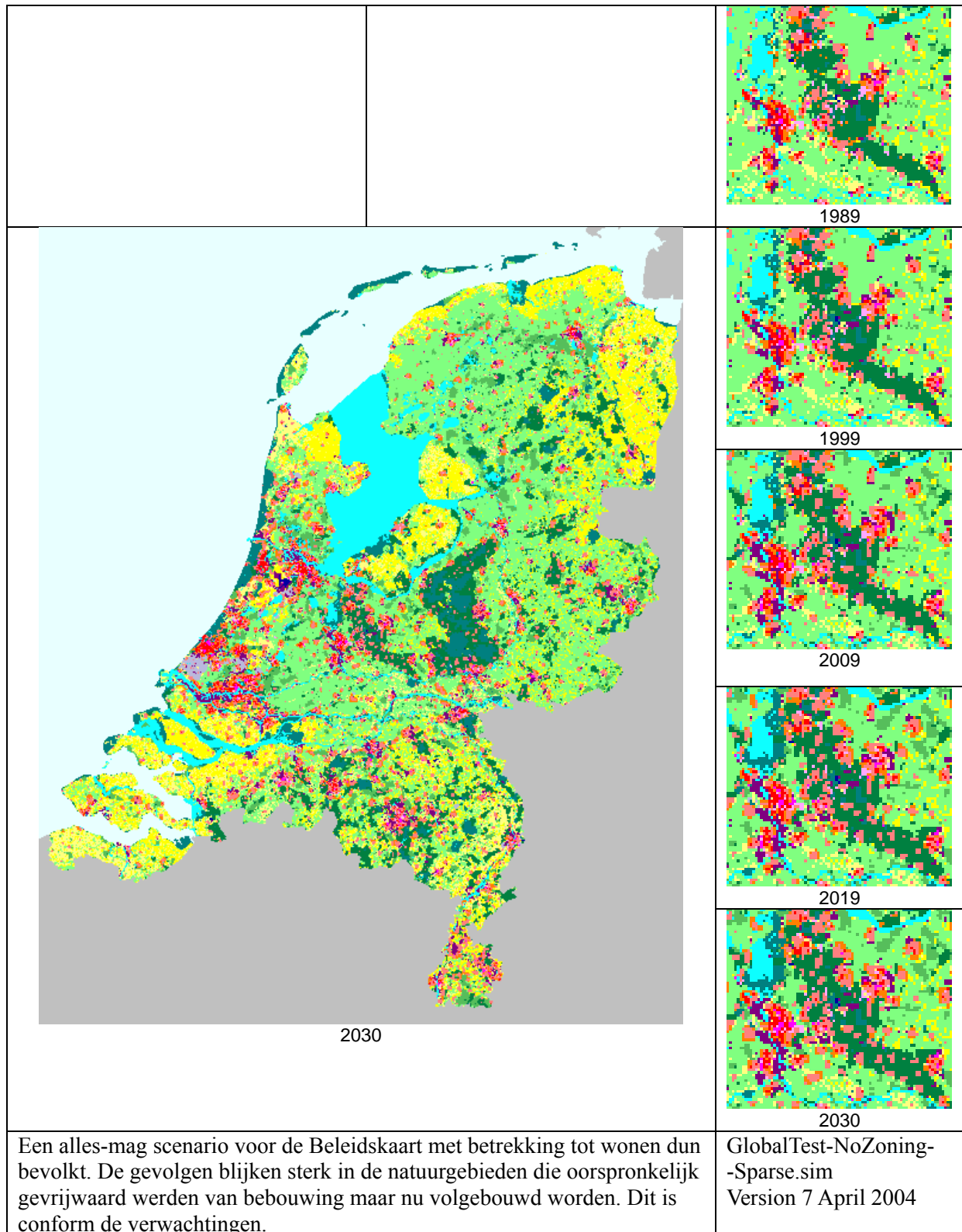
H.1.6 Scenario: sterke groei diensten



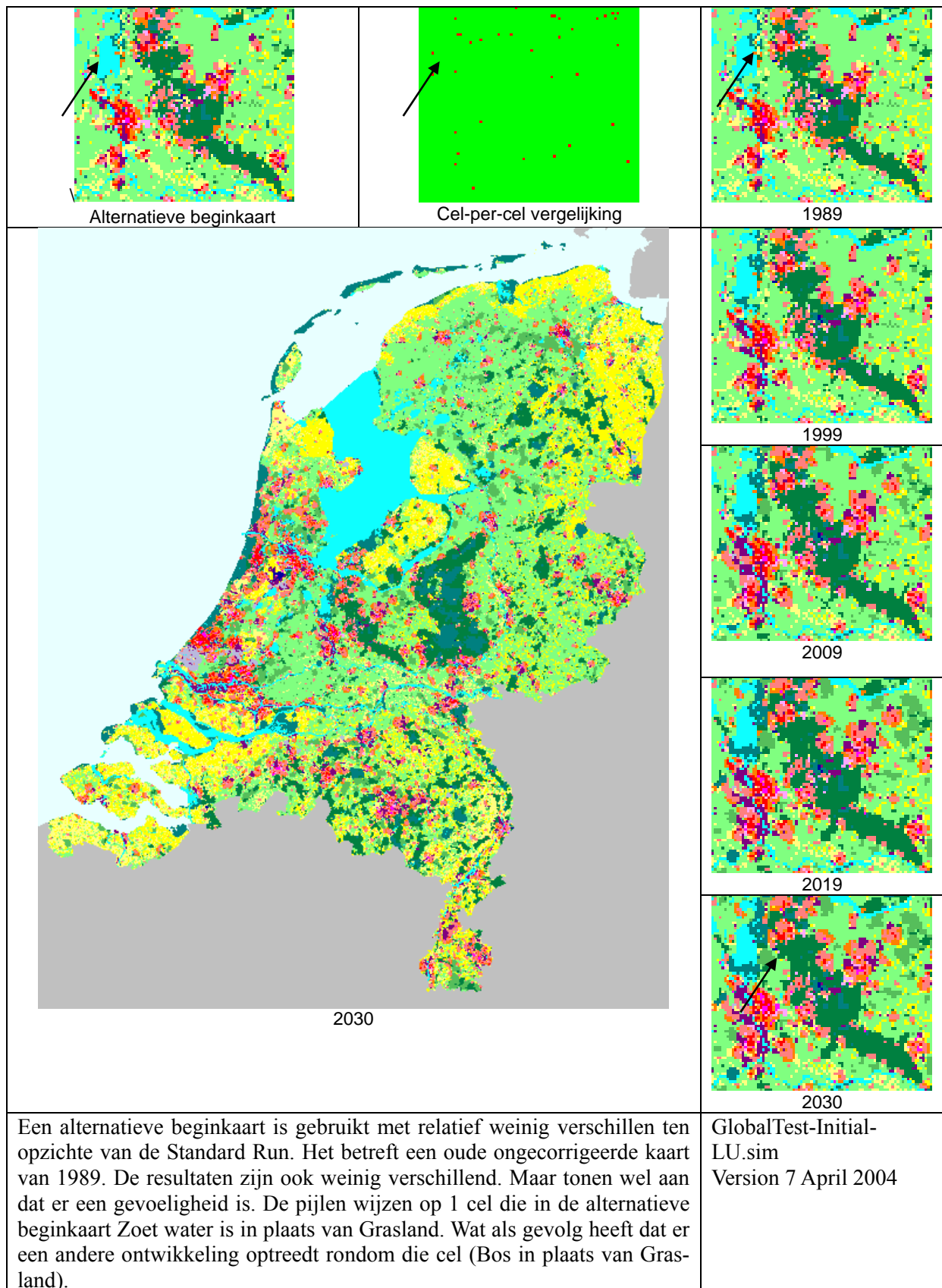
H.1.7 Alternatieve geschiktheidskaart wonen dun



H.18 Beleidskaart: alles mag



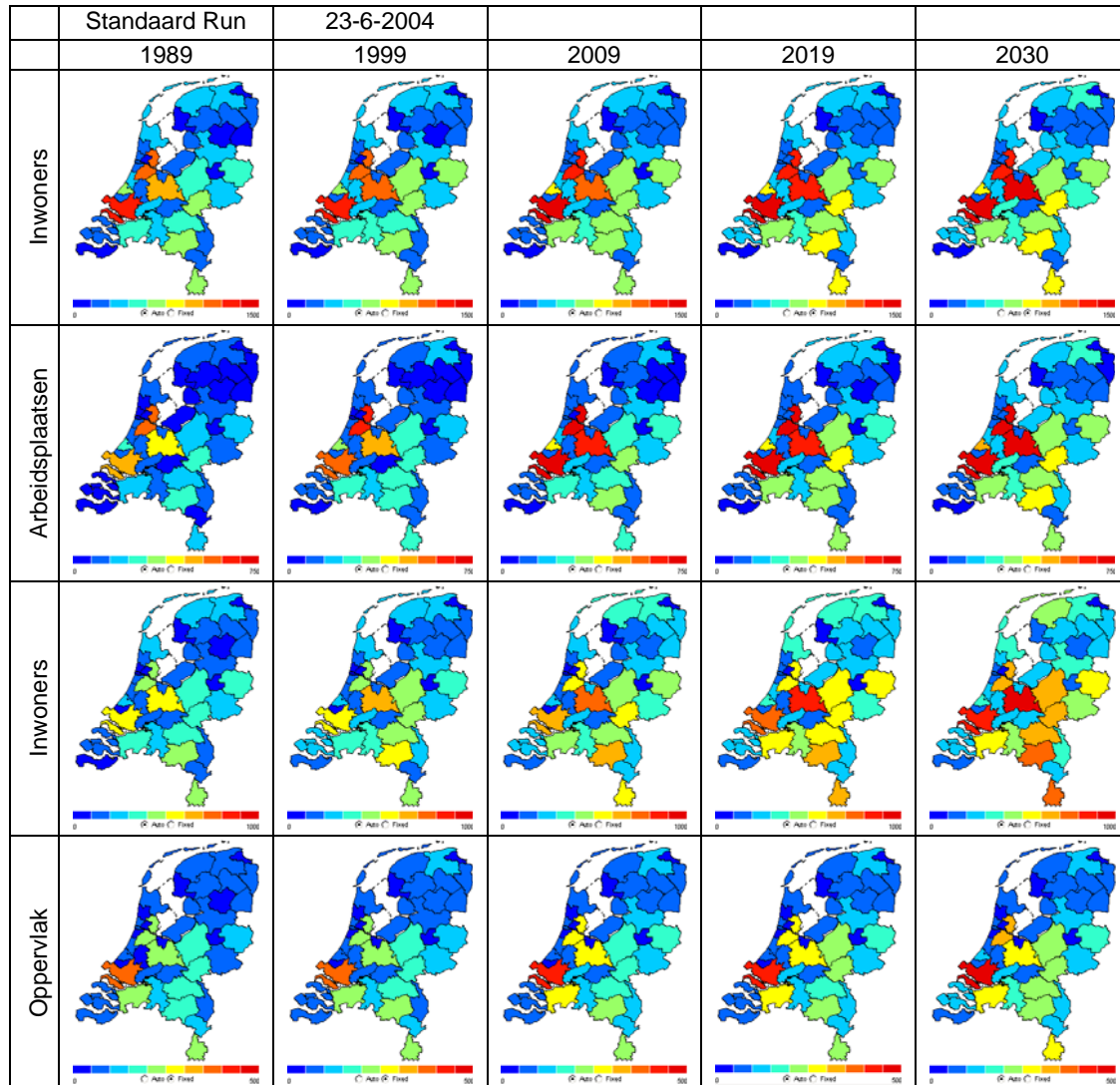
H.1.9 Initiële landgebruikskaart



H.2 Globaal gedrag van het macromodel

Er zijn vijf tests gedaan met betrekking tot het globaal gedrag van het macromodel. In iedere test is één parameter van waarde gewijzigd en vervolgens beschouwd of de effecten op de macromodelresultaten in overeenstemming met de verwachtingen zijn. In eerste instantie is een run met de standaard instellingen gedaan (Tabel 25).

Tabel 25. Macromodel resultaten uit de Standard run.

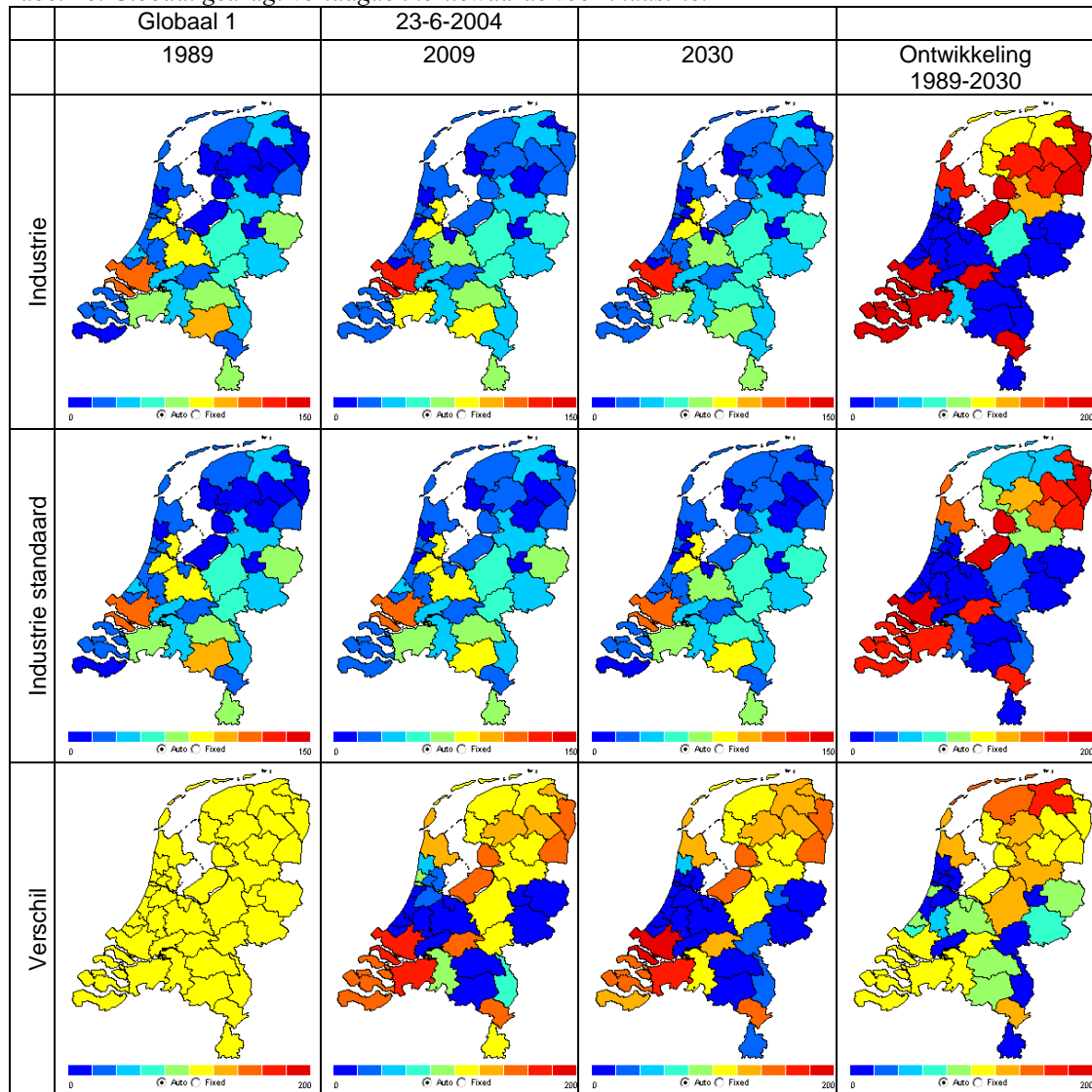


H.2.1 Inertie in het macromodel

De eerste parameter waarop het globaal gedrag getest wordt, is de inertie waarde ϕ voor industrie (van 0.88 naar 0.5) Het te verwachten effect hiervan is dat er een sterke herlocatie van bedrijven plaatsvindt, waarbij in het bijzonder een verschuiving optreedt tussen nabijgelegen regio's. De resultaten zijn terug te vinden in Tael 26. Uit de resultaten blijkt duidelijk dat de verandering in inertie een verschuiving in de distributie teweeg brengt.

De verschilkaarten in deze en de volgende secties hebben een legenda die dusdanig is opgesteld dat gele velden staan voor geen of weinig verandering. Rood voor een toename en blauw voor een afname.

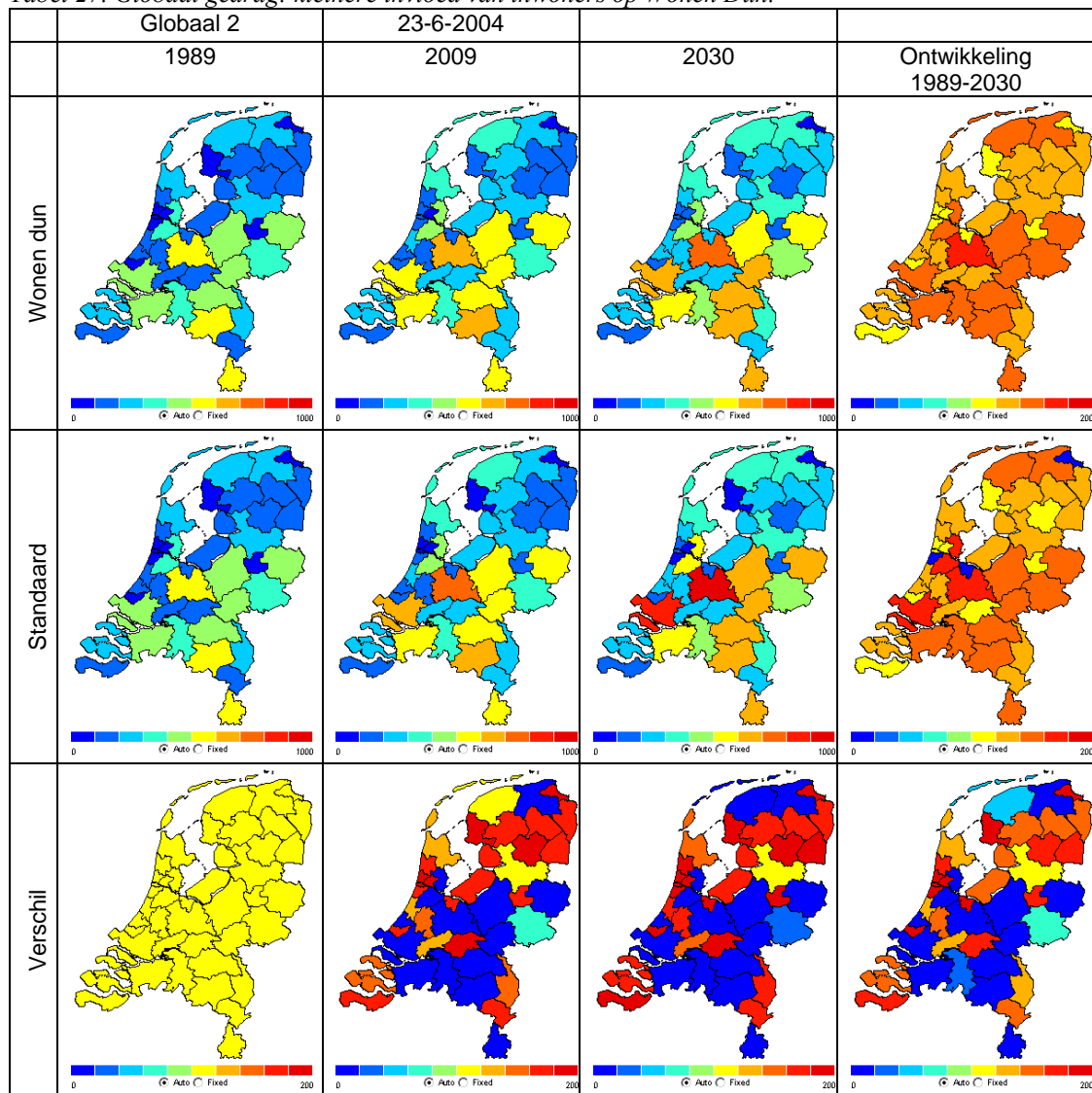
Tabel 26. Globaal gedrag: verlaagde inertiewaarde voor industrie.



H.2.2 Invloed van Inwoners op Wonen Dun

De tweede parameter die van waarde is veranderd is de β_1 parameter voor Wonen Dun. Dit is de parameter die het gewicht van de invloed van het aantal Inwoners in een regio op de aantrekkelijkheid voor Wonen dun bepaalt. De β_1 parameter is verlaagd van 1.93 naar 0.5. Het te verwachten resultaat is dat regio's met weinig inwoners minder snel groeien. Doordat de sector Wonen Dun zelf onderdeel maakt van de inwoners zal moeten blijken dat de inwoners in Wonen Dun meer diffuus over het land verdeeld zijn. Dit blijkt ook uit Tabel 27. De uitschieters in inwoneraantallen zijn verkleind ten opzichte van de Standaard run en in het bijzonder de regio's met weinig inwoners zijn sterker gegroeid. De situatie in de standaard run waarbij de inwoneraantallen van de zeer kleine regio's afnemen is ongedaan gemaakt.

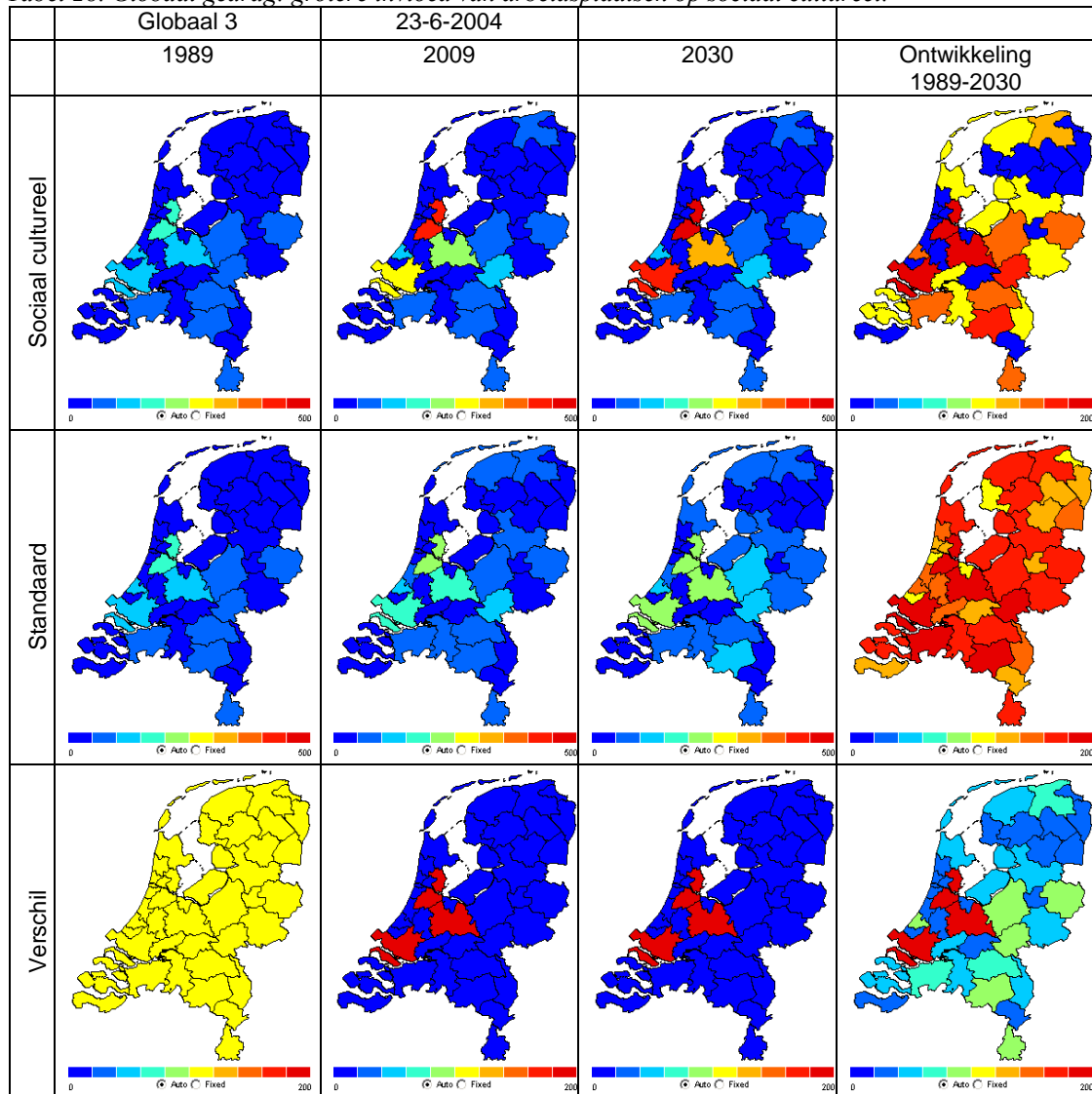
Tabel 27. Globaal gedrag: kleinere invloed van inwoners op Wonen Dun.



H.2.3 Invloed van arbeidsplaatsen op sociaal-cultureel

De derde globaal gedrag test van het macro model betreft de parameter β_2 voor de sector sociaal cultureel. Deze parameter is bepalend voor de invloed van de aanwezige arbeidsplaatsen op de aantrekkelijkheid voor het vestigen van sociaal culturele activiteit. Deze waarde is verhoogd, van 0.0167 naar 0.5. Het te verwachten effect is dat de spreiding van sociaal culturele activiteit over de regio's in de loop der tijd meer gaat lijken op die van arbeidsplaatsen. Dit is te herkennen in Tabel 28. Waar in de Standaard run de toename in sociaal economische activiteit vrij gelijkmatig over het land verdeeld wordt is het in de gewijzigde variant sterk gecorreleerd aan de verdeling van de arbeidsplaatsen.

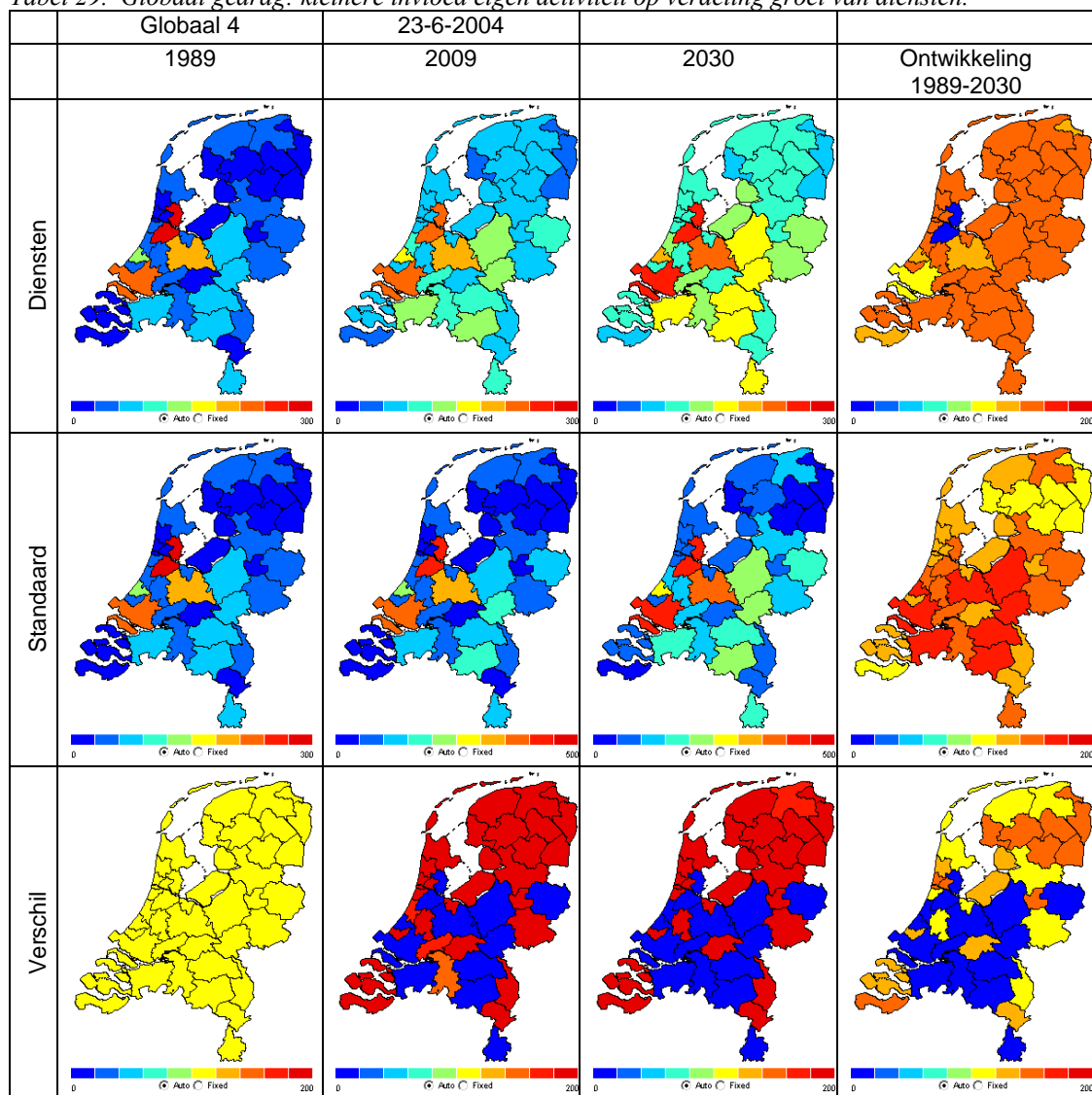
Tabel 28. Globaal gedrag: grotere invloed van arbeidsplaatsen op sociaal cultureel.



H.2.4 Invloed van aanwezige activiteit op verdeling van groei

De vierde globaal gedrag test van het macromodel heeft betrekking op de verdeling van de nationale groei van diensten. De parameter β_5 is verlaagd van 2 naar 0.5. Het effect hiervan zal zijn dat de groei van diensten minder gerelateerd zal zijn aan de aanwezigheid van diensten, waardoor meer dan voorheen groei op zal treden in regio's met een lage activiteit in de diensten sector. Dit blijkt ook uit Tabel 29. De groei is meer egaal verdeeld waardoor in de loop der tijd de ruimtelijke verdeling van de dienstensector over het land meer gelijkmatig wordt. Dit gaat voornamelijk ten koste van de ring van grote steden en komt ten goede van Zeeland en noord Nederland.

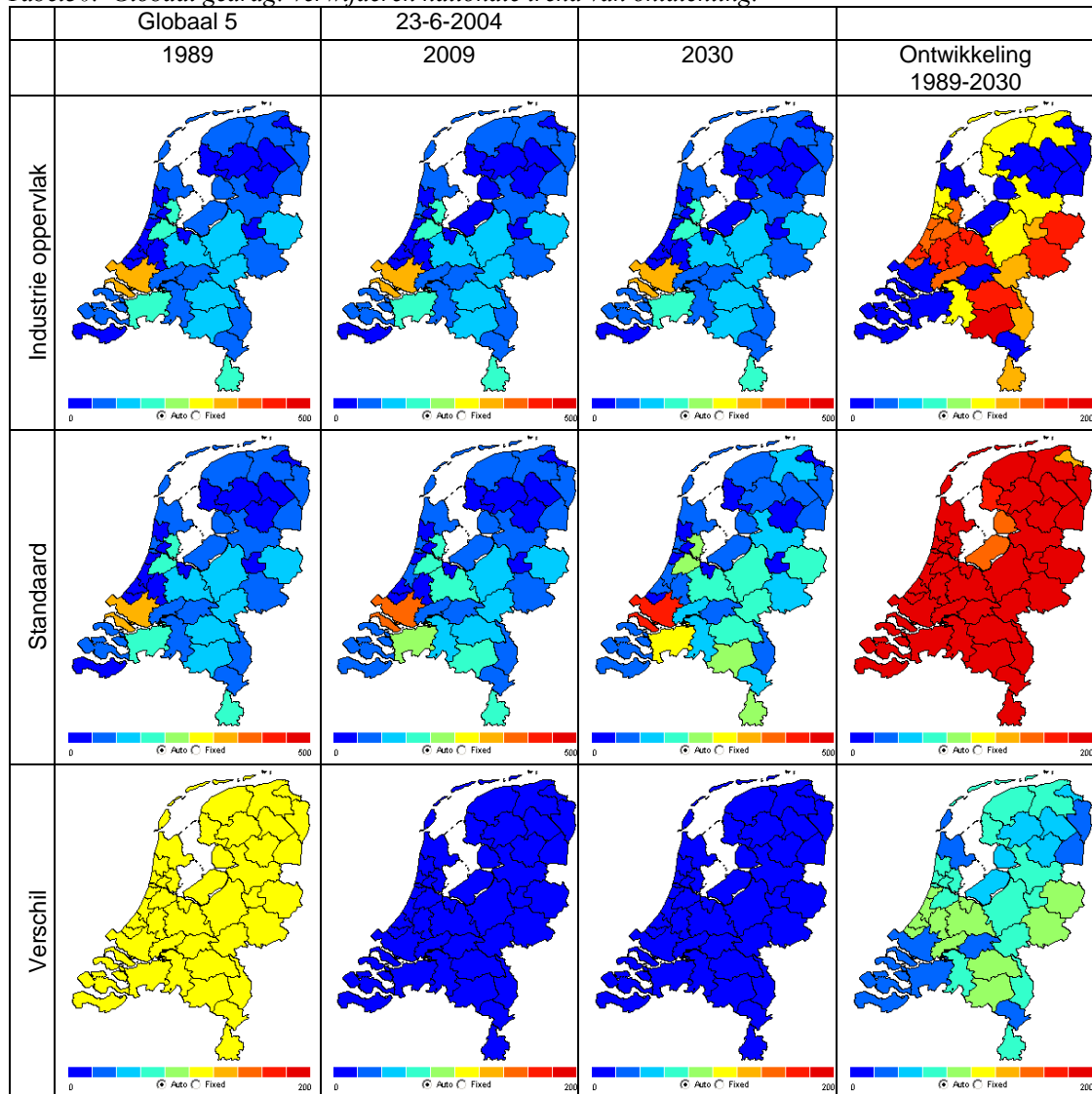
Tabel 29. Globaal gedrag: kleinere invloed eigen activiteit op verdeling groei van diensten.



H.2.5 Nationale verdichtingstrend

De vijfde en laatste globaal gedrag test van het macro model richt zich op de verdichtingsparameter δ_1 voor industrie. Deze parameter geeft de nationale trend van verdichting voor deze sector, deze is verhoogd van 0.997 naar 1.000. Wat betekent dat er oorspronkelijk een nationale trend was van afnemende dichtheid. Met de gewijzigde parameter wordt geen nationale trend verondersteld. Tabel 30 toont dit ook, in de standaard run treedt er nationaal een expansie op van het areaal bedrijfsterrein. In de run met gewijzigde parameter is dit niet het geval. In enkele regio's neemt de dichtheid toe en in andere neemt deze af.

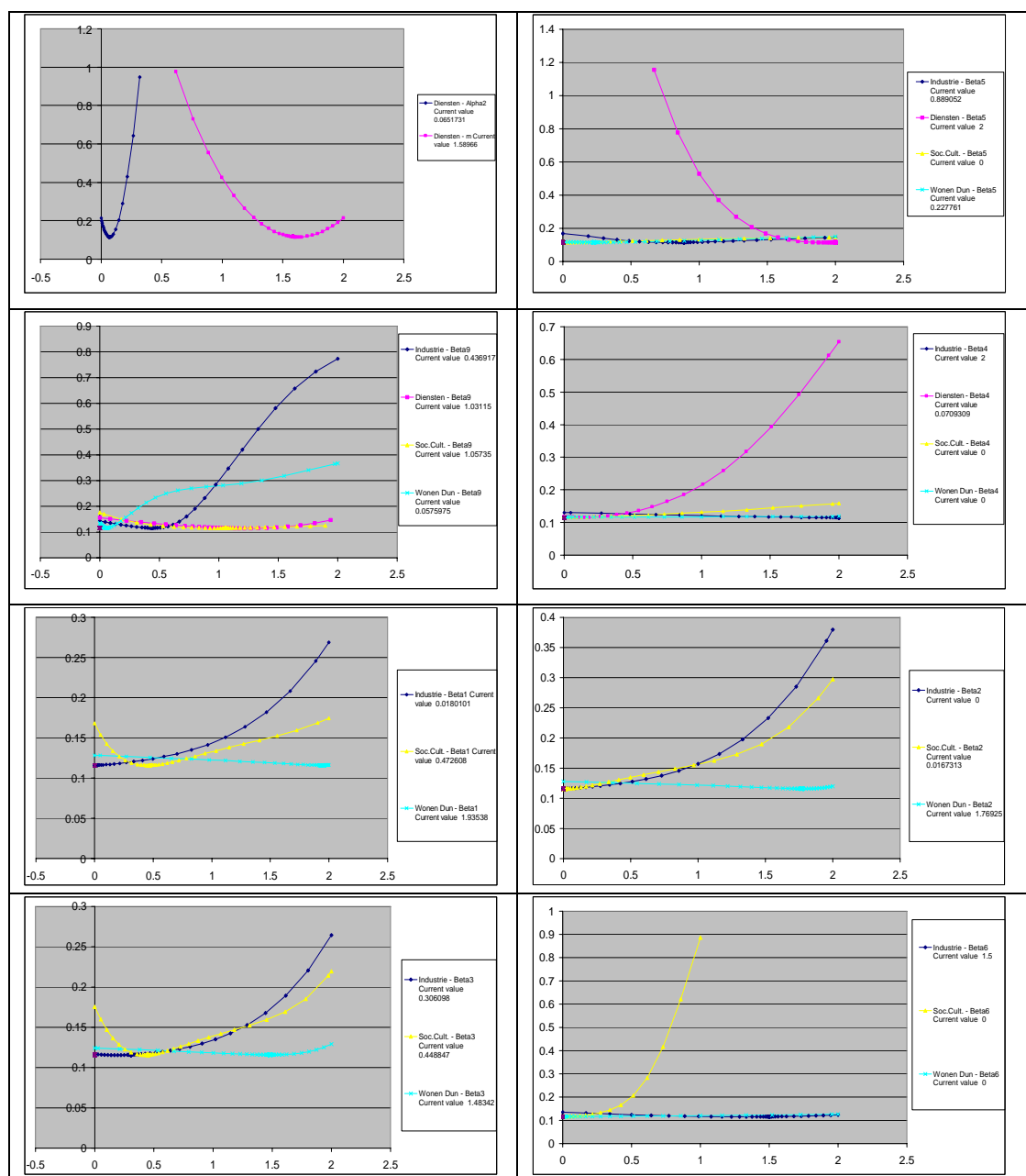
Tabel30. Globaal gedrag: verwijderen nationale trend van ontdunding.

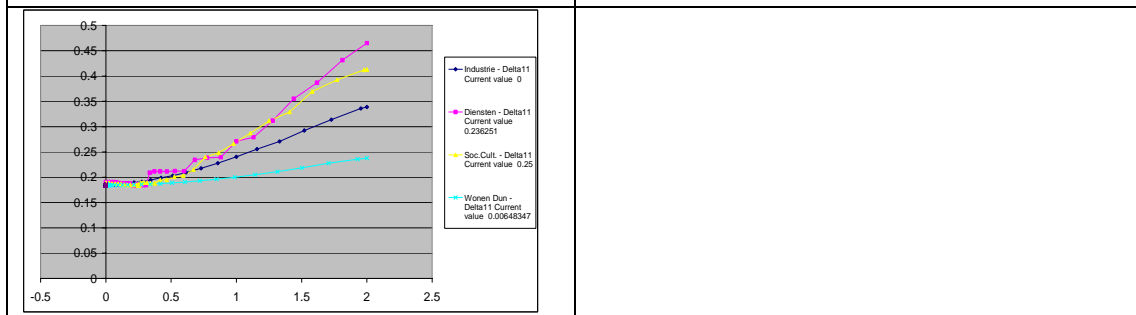
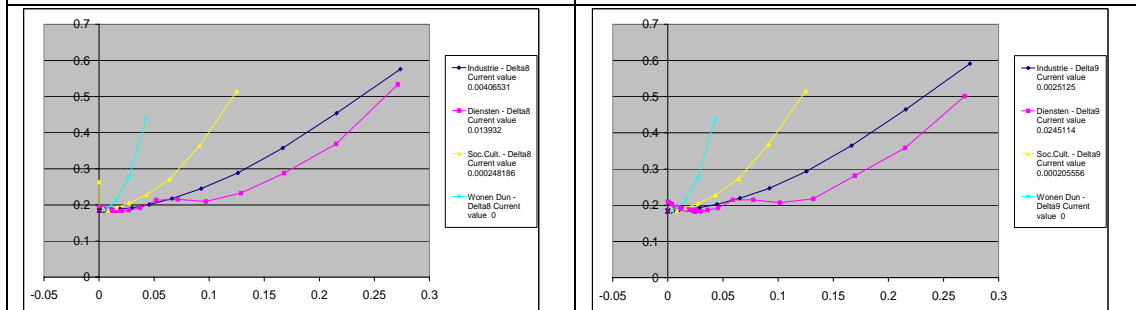
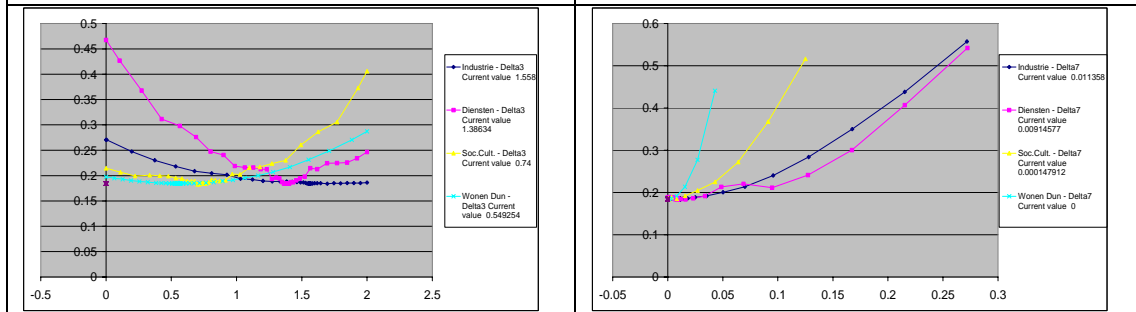
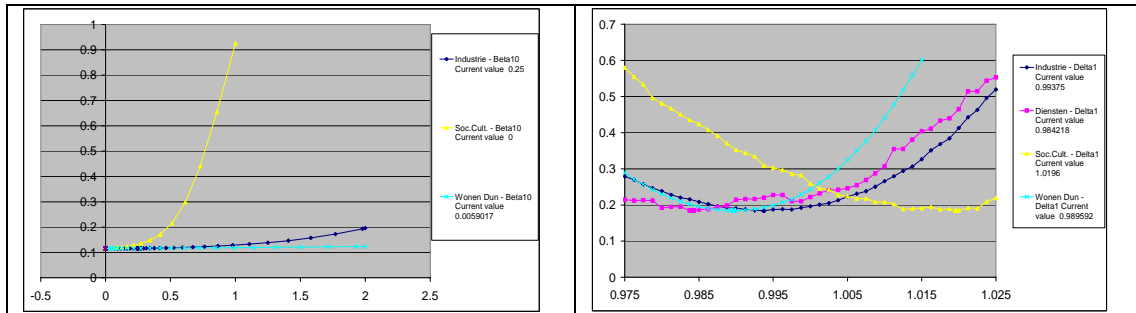
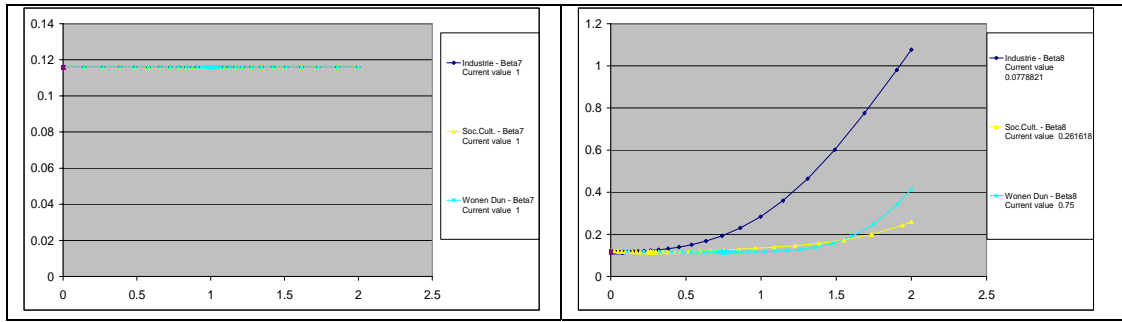


H.4 Gevoeligheidsanalyse

H.4.1 Macro model

De volgende grafieken geven de gevoeligheid naar de goodness-of-fit per parameter in het macromodel. Voor iedere parameter is een reeks van waarden binnen zijn domein doorgerekend, waarbij telkens alle overige parameters gelijk zijn gehouden. Waarden op de x-as geven het maximale bereik van de parameter. Deze zijn gebaseerd op de boven- en ondergrenzen zoals die gedurende het kalibratieproject zijn vastgesteld. Op de y-as staan de waarden voor de goodness-of-fit zoals beschreven in Annex F.2. Over het algemeen verloopt de goodness-of-fit waarde vloeiend en is er een duidelijk optimum binnen het parameterbereik. Parameters die betrekking hebben op sectoren met weinig activiteit of een klein ruimtegebruik hebben een minder vloeiend verloop Dit is te verklaren doordat oppervalk wordt uitgedrukt in een aantal cellen, waardoor veranderingen optreden in discrete stappen.





H.4.2 Potentiaalfunctie

Om de gevoeligheid te testen van de verschillende componenten die het potentiaal van een cel bepalen zijn ze één-voor-één uitgeschakeld. De mate waarin de eindkaart op basis van de gereduceerde potentiaalfunctie afwijkt van de eindkaart (versie 24-5-2004) met de volledige potentiaalberekening is een index van de gevoeligheid naar die component. In volgorde van gevoeligheid zijn de volgende resultaten gevonden:

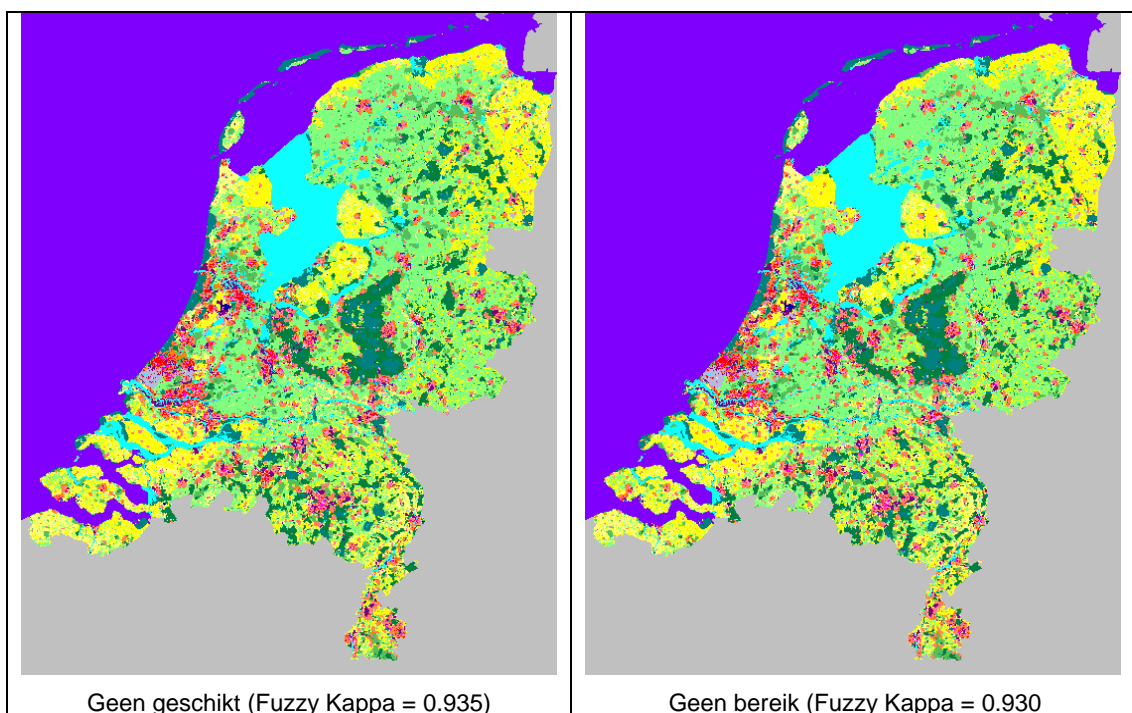
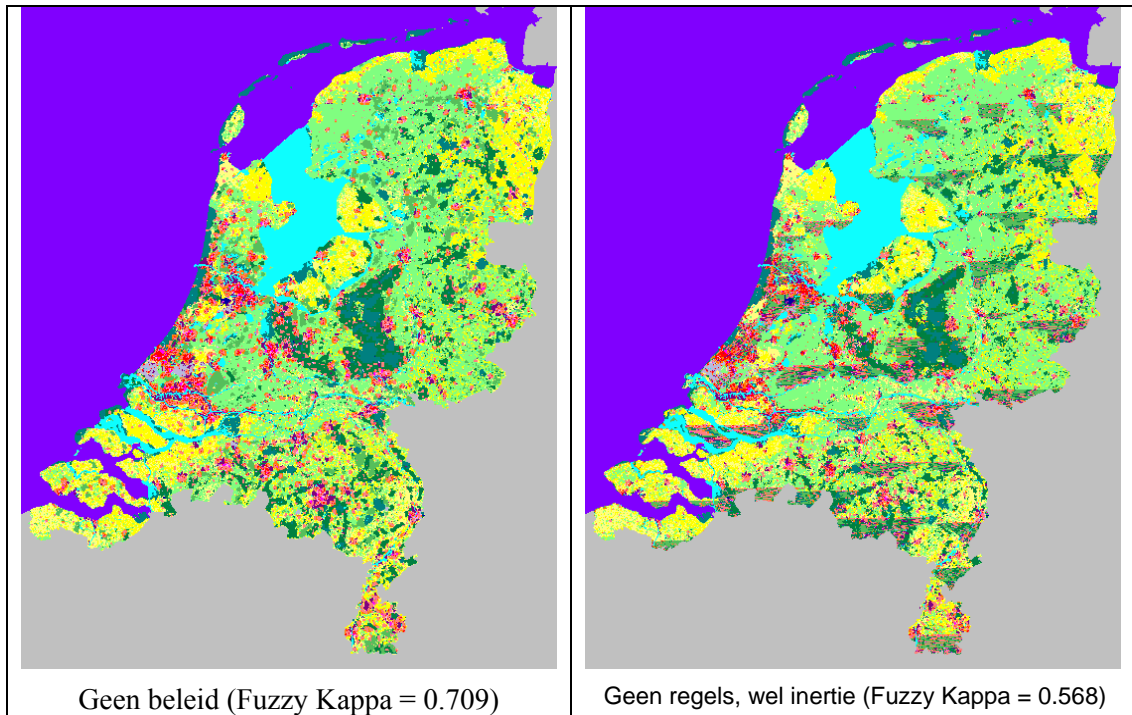
Omgevingseffect (Fuzzy Kappa 0.568)

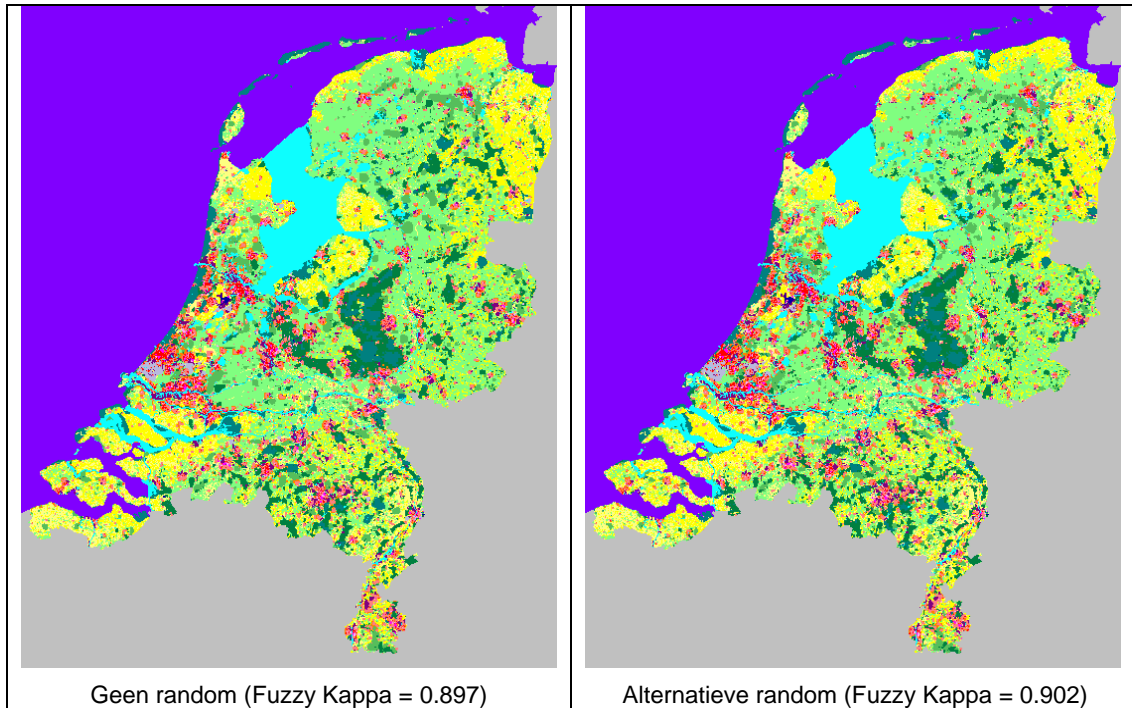
Beleid (Fuzzy Kappa 0.709)

Random factor (Fuzzy Kappa .897)

Bereikbaarheid (Fuzzy Kappa 0.930)

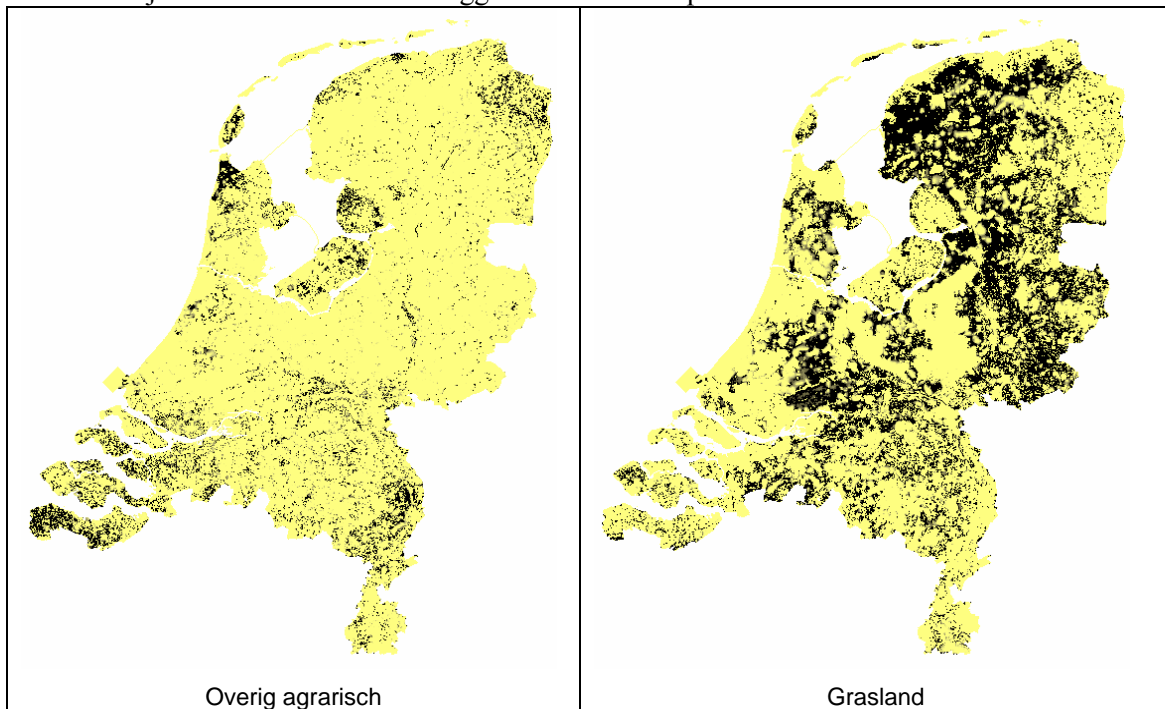
Geschiktheid (Fuzzy Kappa 0.935)

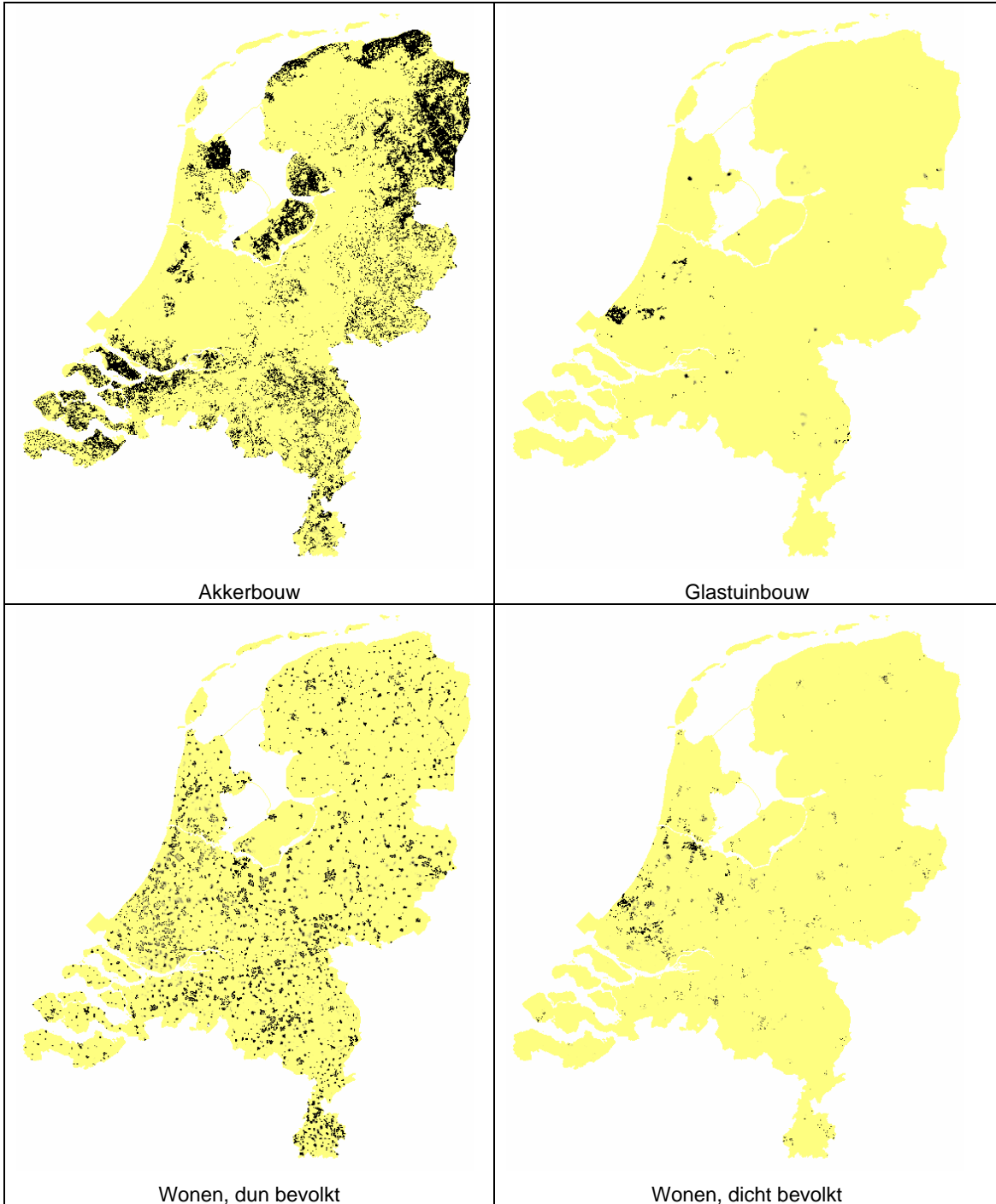


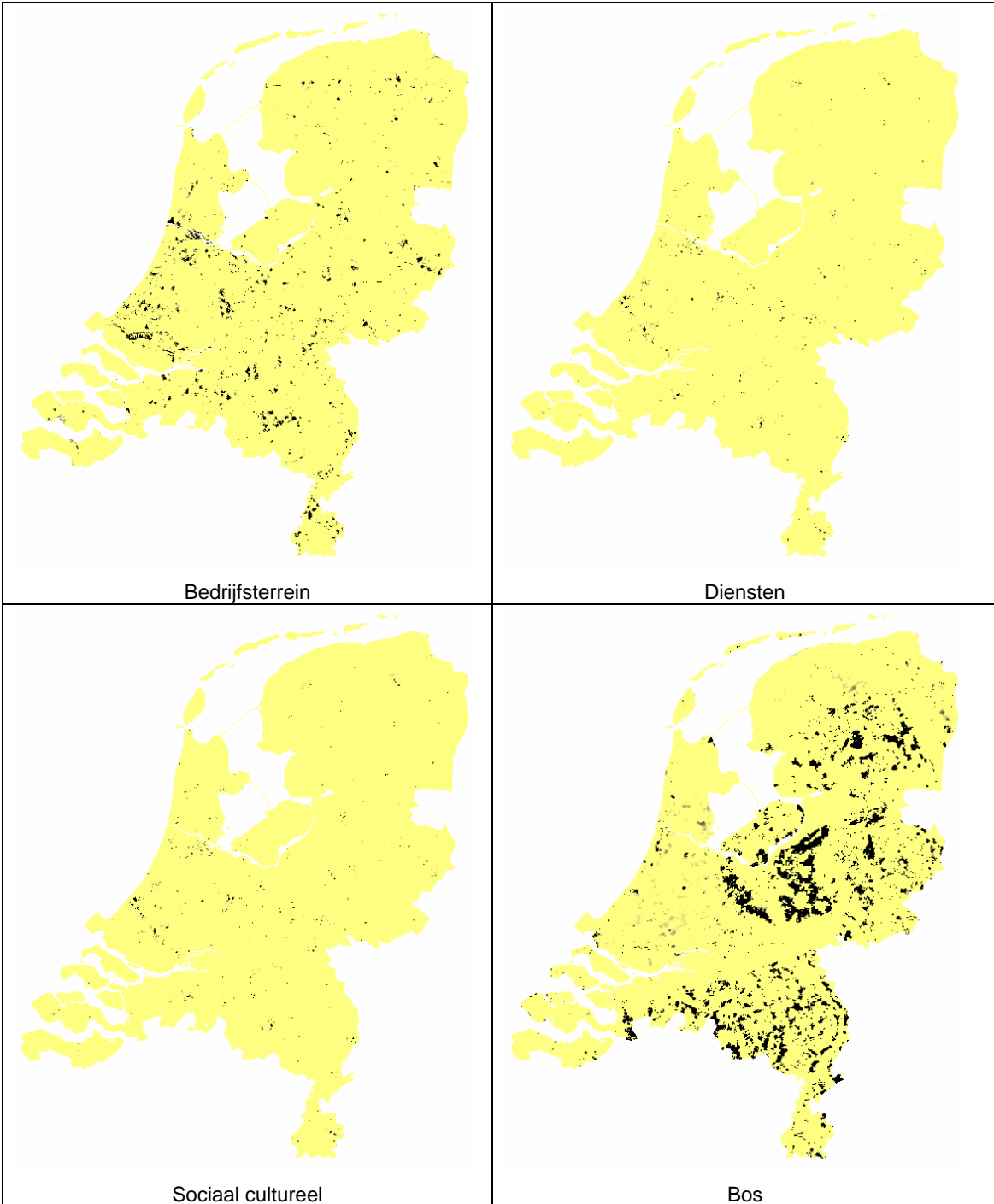


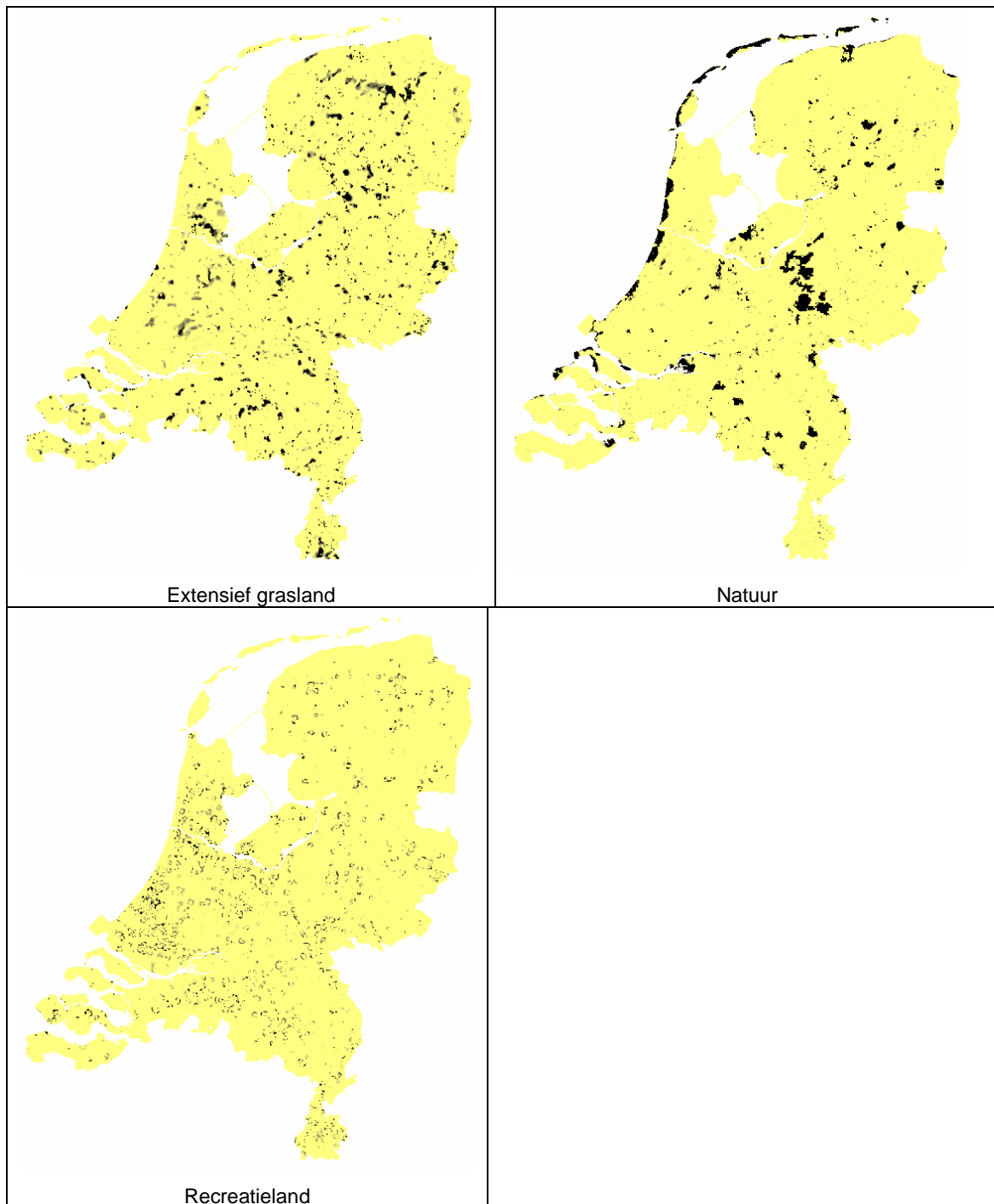
H.4.3 Monte Carlo resultaten

De gevoeligheid naar de random invloedparameter (zie equation (49) in Annex B.3.4) wordt nader beschouwd met behulp van de Monte Carlo tool. De kaartbeelden geven frequenties van voorkomen in 2030 voor de verschillende landgebruiken. Er zijn 100 runs gedaan met de versie van 24-5-2004. Met name de functies die toegedeeld worden op basis van een transitiepotentiaal zonder omgevingseffect (zoals Grasland, Akkerbouw en Overig agrarisch) zijn erg gevoelig voor de random invloed. Ze worden makkelijk door andere functies weggedruimd van hun plek.









H.4.4 Gevoeligheid micromodel

Het bepalen van de gevoeligheid van de parameters in het micromodel is lastiger dan voor het macromodel. De reden is dat er meer parameters zijn, in het bijzonder de afstandscurves die het omgevings-effect bepalen. Die parameters zijn bovendien nauwer met elkaar verbonden. Bovendien heeft het micromodel een rekentijd die een zeer uitgebreide analyse (zoals die bij het macromodel gevolgd is) in de weg staat.

Om deze reden produceert de automatische kalibratie informatie over de gevoeligheid als bijproduct van de kalibratie iteraties. Op die manier wordt de rekentijd 'dubbel gebruikt'. Twee kentallen worden bijgehouden. De eerste is hoe vaak iedere combinatie van twee landgebruiken door de kalibratiemethode gekozen wordt om te optimaliseren. Aangezien deze selectie is gebaseerd op de mate van verbetering die mogelijk te behalen is, is dit een type van gevoeligheid.

H.5 Robuustheidstest

De LOV is een product dat nog altijd verder ontwikkeld wordt. Daardoor heeft de robuustheidstest een moeilijke positie in het project. De ontwikkelaars van het model en de software (RIKS) zijn dezelfde die ook de kalibratieoefening en daarmee de robuustheidstest uitvoeren. De robuustheidstest dient om te uit te vinden onder welke omstandigheden het model niet meer toe te passen is (niet meer robuust is). De natuurlijke reactie van de ontwikkelaar bij het vinden van een robuustheidsmankement is om dit op te lossen in plaats van te rapporteren. Deze werkwijze leidt tot het risico om in een oneindige iteratie te raken van zoeken en vervolgens verleggen van de grenzen van robuustheid van het model cq. de software.

De hier genoteerde grenzen van de robuustheid zijn ditmaal niet opgelost. In een volgende revisie van de LOV zal er wel aandacht aan besteed worden.

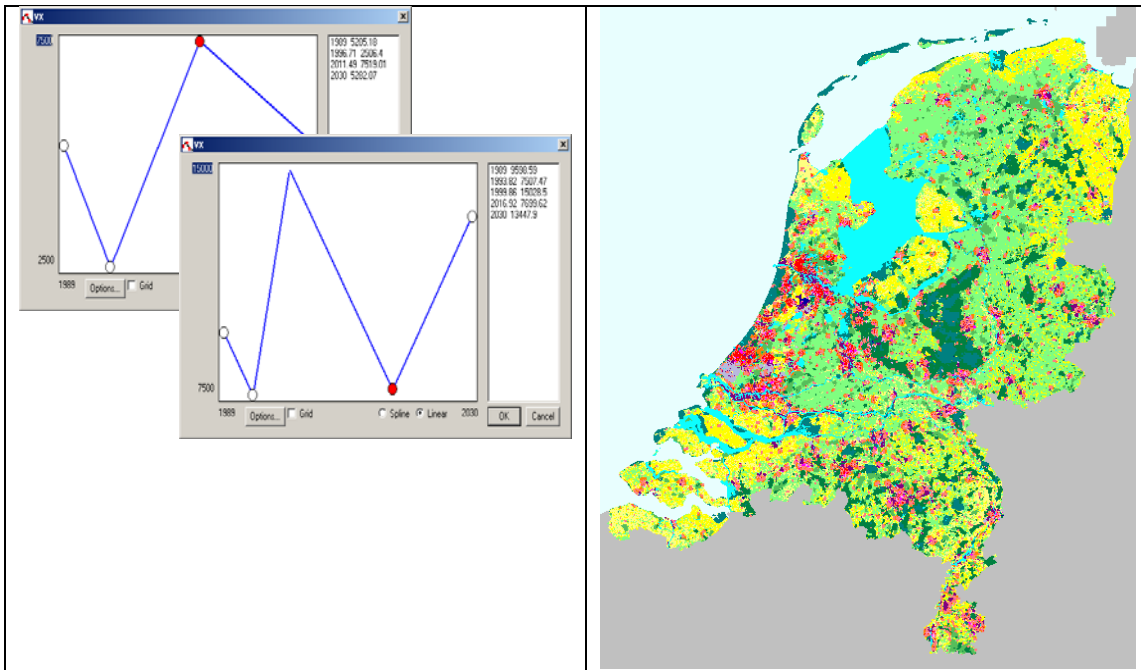
Er is een aantal tests uitgevoerd, de sector waarop ze zijn uitgevoerd is 'wonen laag bevolkt'. Deze sector is gekozen omdat deze sector het sterkst is vertegenwoordigd en daar dus de effecten het meest duidelijk naar voren komen.

De volgende tests zijn uitgevoerd:

- beleid en geschiktheid, de helft 1 en de helft 0;
- grote wisseling in de tijd in de nationale scenario's;
- zeer grote groei alsook zeer sterke afname;
- mismatch (veel van het een, weinig het ander);
- afstandsregels atypisch invullen;
- extreme invloed bereikbaarheid;
- random invloed zeer sterk.

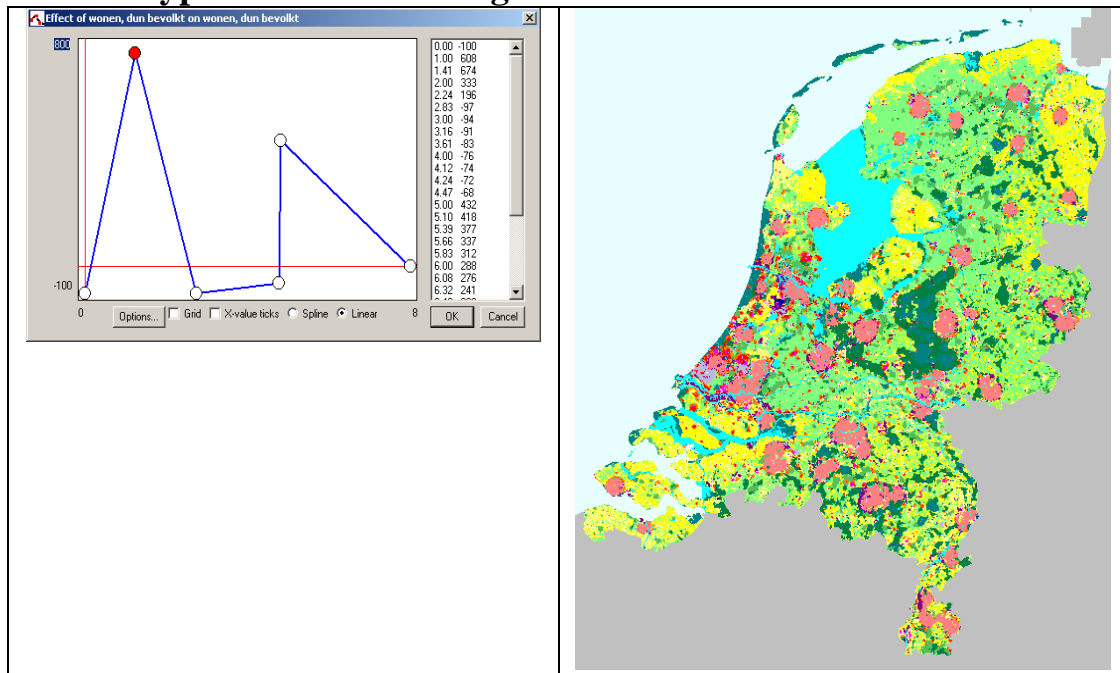
	Resultaat	Ondernomen actie
Beleid en geschiktheid, de helft 1 en de helft 0	Floating point waarschuwing, schijnbaar kan het macromodel niet goed overweg met gemiddelde geschiktheden van waarde 0	Gerapporteerd en intern (RIKS) in de fix-lijst opgenomen.
Grote wisseling in de tijd in de nationale scenario's - Zeer grote groei alsook zeer sterke afname - Mismatch (veel van het een, weinig het ander)	Geen probleem	-
Afstandsregels atypisch invullen	Geen probleem (wel atypische resultaten)	-
Extreme invloed bereikbaarheid	Geslaagd en resultaat als verwacht	-
Zeer sterke random	Zeer sterke random is mogelijk (alpha = 5), maar te grote alpha geeft numerieke problemen (Floating point waarschuwingen)	Gerapporteerd en intern (RIKS) in de fix-lijst opgenomen

H.5.1 Scenario's



Deze twee volatiele scenario's voor wonen dicht en dun bevolkt leiden in de LOV niet tot numerieke instabiliteit.

H.5.2 Atypische afstands regels



Regels als deze zullen normaal gesproken niet ingesteld worden. Het model kan het numeriek wel aan en resulteert in een kaart die al even a-typisch is als de corresponderende regel

H.5.3 Bereikbaarheid

Accessibility parameters

Landuse: wonen, dun bevolkt OK

Cancel

Implicit accessibility

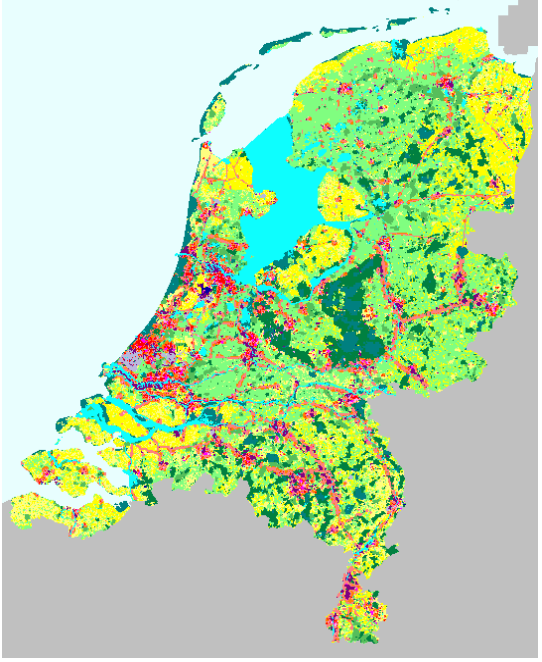
Landuse belongs to built-up area:

Implicit accessibility of built-up area:

Implicit accessibility of non built-up area:

Accessibility to links and nodes

	Relative importance	Distance decay
Intercity station	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>
Station	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>
Gewone weg	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>
Op/afrit	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>
Waterweg	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>



Bij deze instelling toont het model zich robuust. Er treden geen numerieke instabiliteiten op en het model gedraagt zich zoals te verwachten is; de activiteit wonen, dun bevolkt concentreert zich rondom het waterwegen netwerk.

H.5.4 Random

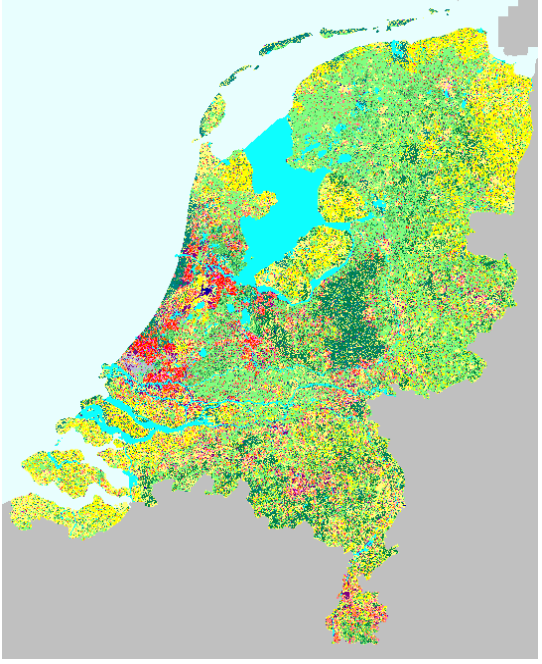
Pre-defined LOV

Total potential for unconstrained S:

Total potential for constrained st

$$(P+R) * \begin{cases} (P+R) >= 0, (ws * S + wz \\ R = (1 + (-\log(\text{random}))^\alpha) \end{cases}$$

alpha =



Een alpha van 5 is een zeer hoge waarde voor de random factor. Dit blijkt ook uit het resulterende kaartbeeld voor 2030. Hogere waarden voor alpha leiden tot numerieke instabiliteit.

H.6 Run met dynamisch gekoppeld Verkeersmodel

Uit een run waarin de verkeersmodule dynamisch in het model is opgenomen is gebleken dat het rekenen met voorberekende resultaten (voor de jaren 1989 en 1995) nagenoeg dezelfde resultaten oplevert als een run waarin de verkeersmodule jaarlijks wordt aangeropen. Dit is een positief resultaat met betrekking tot de stabiliteit van de koppeling, maar de afwijkingen zijn zo klein dat het wenselijk is om de koppeling tussen Kern-LOV en verkeersmodel nader te beschouwen.

De geringe invloed op de micromodel uitkomsten zijn niet zorgwekkend. Het micromodel rekent op basis van regionale constraints waardoor onderlinge verschillen in bereikbaarheid tussen COROPs geen invloed heeft. Dan rest enkel de invloed van onderlinge verschillen in bereikbaarheid tussen LMS zones binnen een COROP. Deze verschillen zijn klein vanwege het graduele verloop van de zonale bereikbaarheidskaarten (autocorrelatie).

De geringe invloed op de macromodel uitkomsten vragen wel extra aandacht. Een grotere bereikbaarheid van een zone zou moeten leiden tot een grotere aantrekkelijkheid van die zone waardoor meer verhuisbewegingen naar die zone optreden en tevens een groter deel van de nationale groei in de COROP terecht komt. Dat dit niet direct blijkt uit de resultaten heeft te maken met het kleine gewicht dat de bereikbaarheid heeft gekregen in de aantrekkelijkheid van een regio. Het heeft er ook met te maken dat de totale bereikbaarheid slechts voor een deel is opgebouwd uit de zonale bereikbaarheid. De cellulaire en de impliciete bereikbaarheid treden wellicht op als stoorzender voor de totale gemiddelde regionale bereikbaarheid.

Ook is in de foutmaat van de kalibratie van het macromodel geen rekening gehouden met de verhuisbewegingen. Dat wil zeggen dat een set van parameters die de verhuisbewegingen verkeerd schat maar een betere fit behaalt gemeten naar regionale activiteit als beste naar voren komt.

De modellering van verhuisbewegingen zou aangepast kunnen worden door intensiever gebruik te maken van informatie die door de verkeersmodule wordt gegenereerd. Eén onderdeel daarvan wordt gevormd door de verplaatsingsmatrices per motief die door de verkeersmodule worden opgesteld. In het bijzonder woon-werk verkeer kan van belang zijn. Als er van COROP A naar COROP B relatief veel woon-werk verkeer is dan zal dat wellicht een positief effect hebben op de verhuizingen van A naar B. Zeker als in de loop der tijd de kosten om van A naar B te reizen toenemen, bijvoorbeeld tengevolge van congestie.

Drie aanbevelingen zijn:

1. De bereikbaarheid in het macromodel te reduceren tot de zonale bereikbaarheid,
2. Dagelijks reisgedrag, in het bijzonder woon-werk verkeer in de relatieve aantrekkelijkheid voor wonen en werken van COROPs opnemen.
3. Verhuisbewegingen in de foutfunctie van de macromodel kalibratie opnemen.

Dit zijn allemaal aanbevelingen met betrekking tot de Kern-LOV zijde van de koppeling. Dit neemt niet weg dat ook het (dynamisch) functioneren van de verkeersmodule nader onderzoek vraagt.

Tabel 36. Correlatie tussen run Kern-LOV met voorberekende verkeersmodule resultaten en Kern-LOV run met dynamische gekoppelde verkeersmodule.

	Industrie	Diensten	Sociaal Cultureel	Wonen Dun
Oost-Groningen	0.9984	1.0000	0.9999	0.9995
Delfzijl en omgeving	0.9906	0.9999	0.9958	0.9649
Overig Groningen	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999
Noord-Friesland	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Zuidwest-Friesland	0.9998	1.0000	1.0000	0.9140
Zuidoost-Friesland	0.9984	1.0000	0.9988	0.9997
Noord-Drenthe	0.9981	1.0000	0.9996	0.9999
Zuidoost-Drenthe	0.9996	1.0000	0.9998	1.0000
Zuidwest-Drenthe	0.9989	1.0000	0.9998	0.9978
Noord-Overijssel	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Zuidwest-Overijssel	0.9973	1.0000	0.9989	0.9954
Twente	0.9987	1.0000	1.0000	1.0000
Veluwe	0.9998	1.0000	0.9997	1.0000
Achterhoek	0.9989	1.0000	1.0000	1.0000
Aggl. Arnhem en Nijmegen	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
Zuidwest-Gelderland	0.9978	1.0000	0.9998	0.9994
Utrecht	0.9992	1.0000	0.9997	0.9986
Kop van Noord-Holland	0.9996	1.0000	0.9998	1.0000
Alkmaar en omgeving	0.9997	1.0000	1.0000	1.0000
IJmond	1.0000	1.0000	0.9999	0.9982
Aggl. Haarlem	0.9968	1.0000	0.9999	0.9992
Zaanstreek	0.9993	1.0000	0.9999	0.9977
Groot-Amsterdam	1.0000	1.0000	0.9998	0.9996
Het Gooi en Vechtstreek	0.9971	1.0000	0.9999	0.9999
Aggl. Leiden en Bollenstreek	0.9983	1.0000	0.9997	1.0000
Aggl. 's-Gravenhage	0.9969	1.0000	0.9999	1.0000
Delft en Westland	0.9934	1.0000	0.9989	0.9995
Oost-Zuid-Holland	0.9994	1.0000	0.9996	1.0000
Groot-Rijnmond	0.9995	1.0000	1.0000	0.9991
Zuidoost-Zuid-Holland	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000
Zeeuwsch-Vlaanderen	0.9989	0.9999	0.9996	0.9999
Overig Zeeland	0.9983	1.0000	0.9998	1.0000
West-Noord-Brabant	0.9992	1.0000	0.9995	1.0000
Midden-Noord-Brabant	0.9991	1.0000	0.9994	1.0000
Noordoost-Noord-Brabant	0.9981	1.0000	0.9984	1.0000
Zuidoost-Noord-Brabant	0.9984	1.0000	1.0000	1.0000
Noord-Limburg	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Midden-Limburg	0.9987	1.0000	0.9965	0.9999
Zuid-Limburg	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
Flevoland	0.9990	1.0000	0.9996	1.0000
Average	0.9986	1.0000	0.9995	0.9965

**Gekoppeld
model**