

VU Research Portal

RuimteScanner 2.0

Koomen, Eric; Rijken, Bart; Claassens, Jip

2024

DOI (link to publisher)

[10.13140/RG.2.2.30442.29129](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30442.29129)

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

document license

Unspecified

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Koomen, E., Rijken, B., & Claassens, J. (2024). *RuimteScanner 2.0: Systeembeschrijving van een exploratief ruimtelijk allocatiemodel voor actoren, objecten en grondgebruik*. (Spinlab Research Memorandum; Vol. 24). VU University/ SPINlab. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30442.29129>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

RuimteScanner 2.0

*Systeembeschrijving van een exploratief ruimtelijk
allocatiemodel voor actoren, objecten en
grondgebruik*

Eric Koomen
Bart Rijken
Jip Claassens

Februari 2024

COLOFON

TITEL

RuimteScanner 2.0

Systeembeschrijving van een exploratief ruimtelijk allocatiemodel voor actoren, objecten en grondgebruik

Spinlab Research Memorandum SL-24

AUTEURS

Eric Koomen, Spatial Information Laboratory (SPINlab), Vrije Universiteit Amsterdam

Bart Rijken, PBL Planbureau voor de Leefomgeving en Deltares (vanaf oktober 2023)

Jip Claassens, Spatial Information Laboratory (SPINlab), Vrije Universiteit Amsterdam en Object Vision

CONTACT

Vrije Universiteit Amsterdam

Department of Spatial Economics/ Spatial Information Laboratory (SPINlab)

De Boelelaan 1105

1081 HV Amsterdam

The Netherlands

Phone: +31 20 5986095

Email: e.koomen@vu.nl

Website: <https://spinlab.vu.nl/>

Deze rapportage is opgesteld in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Inhoudsopgave

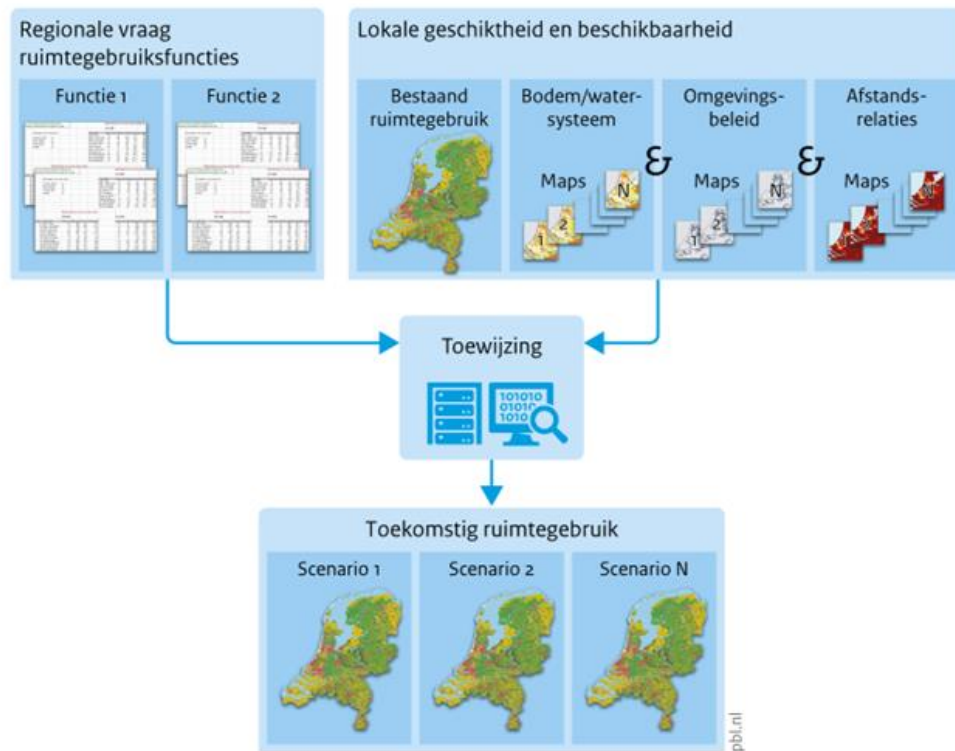
1	Introductie	5
2	Modelstructuur op hoofdlijnen	9
2.1	Een drie-lagen model	9
2.2	Van regionale vraag naar lokale mogelijkheden.....	10
2.3	Hybride allocatie met competitie binnen sectoren	12
2.4	Een uitgebreide set aan uitkomsten.....	14
2.5	Uitwerking per sector	15
2.6	Synthese	20
3	Toepassing: de Ruimtelijke Verkenning 2023	22
3.1	Achtergrond	22
3.2	Modelopzet.....	23
3.3	Resultaten	28
4	Conclusie en discussie	35
	Referenties	37
	Bijlage 1 Kenmerken ontwikkelpakketten	40
	Bijlage 2 Vier normatieve scenario's	41
	Bijlage 3 Verloop van het allocatieproces.....	43

1 Introductie

Het model RuimteScanner wordt al ruim 25 jaar toegepast voor het simuleren en evalueren van veranderingen in ruimtegebruik. Recente toepassingen variëren van het in beeld brengen van toekomstscenario's (Kuiper, Hamers, et al., 2023; Wolters et al., 2018), het extrapoleren van trendmatige ontwikkelingen (Koomen et al., 2018; Kuiper, Rijken, et al., 2023) tot het vooraf (ex ante) evalueren van specifieke beleidsmaatregelen (bijvoorbeeld in het waterbeheer in veenweidegebieden, zie: Claassens et al., 2020; Van den Born et al., 2016). Naast deze beleidsgerelateerde toepassingen wordt het model ook gebruikt in uiteenlopende wetenschappelijke studies die zich bijvoorbeeld richten op de reconstructie van ruimtegebruik in de Romeinse tijd (de Kleijn et al., 2018) of de mogelijke gevolgen van klimaatverandering voor toekomstige stedelijke hitte-eilanden (Koomen & Diogo, 2017) en agrarisch ruimtegebruik (Diogo et al., 2017). De ruimtelijke toewijzingsprincipes van het model worden ook toegepast in andere ruimtelijke allocatiemodellen. Recente voorbeelden zijn het wereldwijde 2UP model dat PBL ontwikkelde om toekomstige veranderingen in bevolkingsspreiding en stedelijk ruimtegebruik te simuleren (Koomen et al., 2023; van Huijstee et al., 2018) en het LUISA-platform dat het Joint Research Centre van de Europese Commissie gebruikt (Lavallo et al., 2020; Perpiñá Castillo et al., 2020).

De veelheid aan toepassingen geeft aan dat het model flexibel is in het soort toepassing (trendextrapolatie, scenario verkenning), de onderzochte thema's en daaraan gerelateerde ruimtegebruikstypen die worden gesimuleerd, tijdshorizon en studiegebied. Deze flexibiliteit hangt samen met de relatieve eenvoud en de open structuur van het model. In basis kent het slechts twee typen input: een regionale vraag naar ruimte voor verschillende typen gebruik ('sectoren') en een lokaal (per gridcel) gedefinieerde geschiktheid voor elke sector (Figuur 1). De ruimtevraag bestaat vaak uit projecties van regionale ontwikkelingen binnen sectoren als wonen, werken, recreatie, landbouw en natuur, zo'n 30 jaar vooruit (maar kortere of langere tijdshorizonten zijn ook uitgewerkt). Deze projecties zijn meestal afkomstig uit regionale modellen maar kunnen ook worden gebaseerd op *expert judgement* of beleidsdoelen. De lokale geschiktheid wordt op basis van statistische analyse, *expert judgement* of combinaties daarvan bepaald. De geschiktheid kan op verschillende manieren worden gespecificeerd, van grondprijzen uitgedrukt in euro's per vierkante meter tot abstracte 'rapportcijfers'. Belangrijke elementen hierin zijn omgevingsrechtelijke restricties en locatiefactoren die aangeven wat aantrekkelijke locaties voor specifieke ruimtegebruikstypen zijn.

De kern van het model bestaat uit de toewijzing van de regionale ruimtevraag van de verschillende sectoren aan specifieke locaties, op basis van hun geschiktheid. De ruimtevraag van deze verschillende sectoren wordt, afhankelijk van instelbare voorkeuren, gelijktijdig (in onderlinge afweging) of achtereenvolgens (sector na sector) aan locaties toegewezen. In beide benaderingen ontstaat een geïntegreerd beeld van mogelijke of wenselijke ruimtelijke ontwikkelingen. Deze ruimtelijke toewijzing gebeurde oorspronkelijk eenmalig, voor één bepaald eindjaar (de tijdshorizon), maar tegenwoordig ook vaak per tijdstap. Op deze manier kunnen tussenresultaten als startpunt voor verdere ontwikkeling worden genomen, en ontstaat de mogelijkheid om afhankelijkheden in tijd en ruimte dynamisch mee te nemen en padafhankelijke ontwikkelingen te simuleren.



Bron: PBL

Figuur 1 Globale opzet van het oorspronkelijke model RuimteScanner (versie 1.0).

De toewijzing van ruimtegebruik werd in het oorspronkelijke model met een zogeheten 'logit-benadering' uitgevoerd (Hilferink & Rietveld, 1999). Deze benadering om keuzegedrag te beschrijven vindt zijn oorsprong in de discrete keuze theorie (Rietveld & Koomen, 2004) die ook veel in de vervoersmodellering gebruikt wordt (Zondag & Geurs, 2011). Waar vervoersmodellen zich richten op de keuze voor een route of vervoerswijze, modelleert de RuimteScanner welk type ruimtegebruik wordt gekozen op een specifieke locatie. In beide gevallen wordt een keuze gemaakt uit een beperkt aantal alternatieve toepassingen van beschikbare opties, waarbij die alternatieven tegen elkaar worden afgewogen. Deze theoretische grondslag van het model maakt het mogelijk om toekomstige ontwikkelingen te simuleren op basis van waargenomen (veranderingen in) ruimtegebruik. Meer specifiek kan de lokale geschiktheid voor verschillende vormen van grondgebruik gebaseerd worden op statistische analyses van huidige ruimtegebruikspatronen of recente veranderingen daarin (middels logistische regressieanalyse, zie bijvoorbeeld: Loonen & Koomen, 2009). Deze statistische benadering sluit direct aan op de 'logit-benadering' (ook wel probabilistische allocatie genoemd) waarmee het oorspronkelijke RuimteScanner model ruimtegebruik toewijst (zie voor meer uitleg: Koomen et al., 2015).

Sinds de eerste opzet (Hilferink & Rietveld, 1999; Schotten et al., 1997) is het model veelvuldig aangepast voor de toepassingen waarvoor het werd ingezet. Een belangrijke en vrij fundamentele aanpassing betrof de introductie van discrete opname van ruimtegebruik, waarin elke cel aan slechts één type gebruik werd toegewezen. Dit maakt de modelresultaten eenvoudiger te interpreteren, onder andere door de nieuwe mogelijkheid om gesimuleerde ruimtegebruikskarten één op één te vergelijken met waargenomen grondgebruik in het basisjaar. Deze wijziging vergde een aangepaste allocatieprocedure voor het toewijzen

van de ruimtevraag van ruimtegebruikstypen aan geschikte locaties, met een ruimtelijk optimalisatie algoritme dat de totale geschiktheid van het toegewezen ruimtegebruik maximaliseert (zie voor meer details: Koomen et al., 2011). Naar aanleiding van een internationale wetenschappelijke audit op het model (Timmermans et al., 2007) is vervolgens ingezet op de verbetering van de gedragsmatige oriëntatie van het model, via een sterkere link tussen de modellogica en de economische en beleidsmatige logica die ruimtegebruiksveranderingen in de praktijk sturen (Borsboom-van Beurden & Zondag, 2011). Hiermee kunnen de gesimuleerde patronen beter onderbouwd worden, kunnen diverse gedrags- en beleidskeuzen worden verkend, kunnen terugkoppelleffecten explicieter worden gemodelleerd en is het beter mogelijk specifieke effecten (bijvoorbeeld gekoppeld aan bevolkingsdichtheden of verplaatsingen van personen) te bepalen.

De eerste modelverbetering in dit kader betrof het inbrengen van een economische onderbouwing bij de bepaling van de geschiktheid van locaties voor verschillende typen ruimtegebruik (Koomen et al., 2015). Hiermee zijn bijvoorbeeld studies gedaan naar de introductie van nieuwe biomassagewassen (Kuhlman et al., 2013) of andere veranderingen binnen de Nederlandse landbouw (Diogo et al., 2015; Diogo et al., 2017). In deze studies is de keuze voor ontwikkelingen van een locatie gebaseerd op een afweging van lokale kosten en baten. De economische onderbouwing geeft aanknopingspunten voor meer herkenbare, beter vergelijkbare en beter aan specifieke actoren toe te schrijven modelinvoer. Bijvoorbeeld door biedprijzen voor grond als startpunt te gebruiken voor lokale geschiktheid. Met deze monetaire onderbouwing kan ook de modeluitvoer gevoed worden (bijvoorbeeld als geschatte waarde van grond na ontwikkeling, of de verwachte waarde van agrarische productie). Ook ontstaan mogelijkheden om specifieke, financiële beleidsmaatregelen (belastingen, subsidies) in simulatie mee te nemen en zo te internaliseren in de uitkomsten (zoals gedaan is ten behoeve van de studie naar de toekomst van het veenweidegebied, zie: Van den Born et al., 2016). Deze economische logica is ook toegepast in de simulatie van stedelijke ontwikkelingen. Bijvoorbeeld om de financiële haalbaarheid van stedelijke transformatieprocessen en daarmee veranderingen in binnenstedelijk ruimtegebruik te beschrijven (Claassens et al., 2019; Rijken et al., 2017).

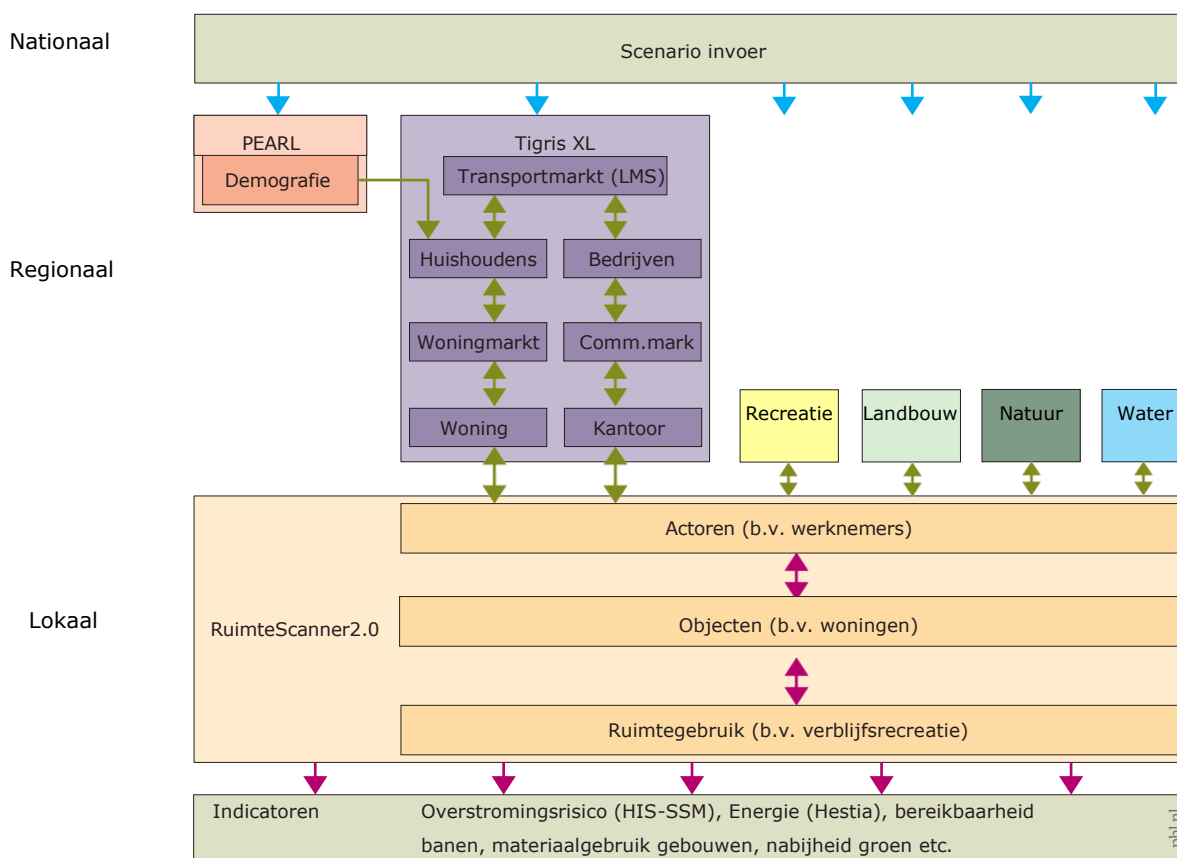
De meest recente modelverbetering betreft de uitsplitsing van de eendimensionale 'ruimtegebruikslaag' van het originele model naar drie lagen: actoren (bijvoorbeeld werknemers), objecten (woningen, bedrijfsgebouwen) en ruimtegebruik. Dit maakt het model meer realistisch en herkenbaar, en maakt het mogelijk om bijvoorbeeld binnenstedelijke transformaties te evalueren en simuleren, rekening houdend met opbrengsten en kosten door de gehele keten: van vastgoedopbrengsten en verwervingskosten (statistisch geschat op basis van hedonische prijsanalyses) tot bouwkosten, sloopkosten en grondproductiekosten (gebaseerd op kentallen van bijvoorbeeld bouw-kompas.nl). Hiertoe kan de allocatie worden uitgedrukt in termen van beslissingen van virtuele projectontwikkelaars, gebaseerd op afwegingen van de lokale kosten en baten van specifieke woonmilieus (ontwikkelpakketten genaamd in het model die onder meer type woningen en dichtheden beschrijven). Tenslotte is het model uitgebreid met een aantal ontwerpopties, voor meer exploratief gebruik. Deze rapportage beschrijft de nieuwe modelversie waarin de verschillende

vernieuwingen zijn gecombineerd: RuimteScanner versie 2.0. Deze modelversie is in 2023 toegepast in de Planmonitor NOVI 2023 (Kuiper, Rijken, et al., 2023) en de Ruimtelijke Verkenning 2023 (Kuiper, Hamers, et al., 2023). Laatstgenoemde toepassing staat centraal in Hoofdstuk 3 van dit rapport, maar eerst beschrijven we de hoofdstructuur van het model in het volgende hoofdstuk.

2 Modelstructuur op hoofdlijnen

2.1 Een drie-lagen model

Het vernieuwde RuimteScanner 2.0 model is net als zijn voorgangers onderdeel van een modelketen waarbinnen het de schakel vormt tussen verwachte ofwel gewenste regionale ontwikkelingen binnen verschillende sectoren enerzijds en (maatschappelijke) effecten anderzijds (Figuur 2). Net als in de werkelijkheid vormt het samenspel van de diverse ruimtevragers op grond- en vastgoedmarkten hierbij de spil. Nieuw in de hoofdstructuur van het model is dat, tegelijk met dominant ruimtegebruik, ook actoren en objecten aan locaties worden onttrokken en toegewezen. Om praktische redenen (beschikbare data en methoden, toegevoegde waarde in het model) gaat het hierbij in de huidige implementatie om een beperkt aantal actoren en objecten: woningen; werknemers (gekaracteriseerd naar de banen die zij vervullen) met bijbehorend vastgoed; recreatiewoningen; gigawatt windenergieproductie met bijbehorende windturbines en gigawatts zonne-energieproductie op grondgebonden zonneparken. In paragraaf 2.5 gaan we verder in op de mogelijke aanvullingen op deze drie lagen, zoals het toevoegen van huishoudenstypen.



Figuur 2 RuimteScanner 2.0 als onderdeel van een grotere modelketen.

De expliciete opname van actoren en objecten heeft diverse voordelen. Het belangrijkste is de mogelijkheid om concrete beleidskeuzen ten aanzien van deze lagen expliciet te verkennen (bijvoorbeeld een minimum percentage groen per een woonmilieu, of een maximale lokale woningdichtheid), en hierbij meer specifieke

effecten (bijvoorbeeld gekoppeld aan deze woningdichtheid) te bepalen. Voorbeelden van zulke effecten zijn: de woningen, bedrijfsgebouwen en hun waarde die mogelijk door overstromingen getroffen worden (te berekenen met de nieuwe schademodule uit HIS-SSM); warmteopties voor gebouwen en buurten in de gebouwde omgeving (te berekenen met het gesynchroniseerde Hestia model); of lokale veranderingen in de bereikbaarheid van banen en groen. Door deze potentiële effecten terug te koppelen naar de RuimteScanner, via de lokale geschiktheidskaarten (internaliseren van externe effecten) en/of regionale doelstellingen (aanpassen ruimtevraag), kunnen beleidsvarianten (mede) op deze effecten worden afgestemd. Het volgende hoofdstuk illustreert enkele van deze toepassingsmogelijkheden aan de hand van een recente scenariostudie.

Het feit dat actoren worden onderscheiden en in geaggregeerde zin aan locaties worden toegewezen maakt dit overigens nog geen actor-gebaseerd model zoals die in de wetenschappelijke literatuur onderscheiden wordt (b.v. Groeneveld et al., 2017). Dergelijke modellen integreren twee componenten: een gridcel-gebaseerd model van het landschap en een actor-gebaseerd model dat de besluitvorming beschrijft van de belangrijkste betrokkenen in het beschreven ruimtegebruikssysteem (Parker et al., 2003). Beide componenten zijn geïntegreerd doordat ze de afhankelijkheden en terugkoppelingen tussen actoren en hun omgeving beschrijven. In RuimteScanner 2.0 zijn dergelijke onderlinge relaties niet uitgebreid opgenomen en wordt alleen de locatiekeuze beschreven. Afhankelijkheden en terugkoppelingen zijn slechts beperkt en relatief statisch opgenomen, bijvoorbeeld waar afstand tot banen een rol speelt in de geschiktheid voor wonen.

De regionale ontwikkeling van woningen en banen wordt overgenomen uit het *Land-Use Transport Interaction (LUTI)* model Tigris XL (Zondag et al., 2015; Zondag & Geurs, 2011). De relatie met Tigris XL is overigens tweezijdig: in een eerste stap, dat wil zeggen voordat de regionale ruimtevraag voor wonen en werken in Tigris XL wordt bepaald, wordt de hoeveelheid voor verstedelijking beschikbare ruimte (in het basisjaar) uit RuimteScanner toegevoegd aan Tigris XL. Hiermee wordt de consistentie tussen de twee modellen ten aanzien van de beschikbare ruimte voor verstedelijking gewaarborgd. In een tweede stap wordt de regionale ontwikkeling van ruimtegebruiksfuncties binnen de overige sectoren bepaald op basis van (combinaties van) trends, *expert judgement* of beleidsdoelen.

2.2 Van regionale vraag naar lokale mogelijkheden

De regionale vraag in termen van onder andere aantallen woningen en banen wordt in RuimteScanner 2.0 toegewezen aan individuele gridcellen van 25x25m. Dit gebeurt op basis van het huidige of in de voorgaande tijdstappen toegewezen ruimtegebruik in deze cellen en, mede op basis daarvan, de beschikbaarheid en geschiktheid van deze cellen voor alternatieve toepassingen. Voorafgaande aan de ruimtelijke allocatie worden per sector de volgende fasen doorlopen:

- 1 Invulling van de relevante lagen van de sector in het *basisjaar* (de bestaande locaties van banen, woningen, windturbines, etc.);
- 2 Bepaling van de *beschikbaarheid* van locaties voor de betreffende sector (bijvoorbeeld locaties zonder omgevingsrechtelijke beperkingen zoals Natura 2000 gebieden en geluidscontouren rond luchthavens);

- 3 Bepaling van de *geschiktheid* van de beschikbare locaties voor de verschillende sectoren;
- 4 Specificatie van de *dichtheid* waarin de relevante lagen in het geval van allocatie worden gerealiseerd (woningen per hectare bijvoorbeeld);

De eerste fase gebeurt in principe eenmalig. Deze wordt enkel opnieuw doorlopen wanneer modelupdates opportuun zijn, bijvoorbeeld als er data beschikbaar zijn voor een nieuw basisjaar. De overige fasen worden in de meeste toepassingen minstens één keer doorlopen. Dat geldt vooral voor de fasen twee (bepaling beschikbaarheid) en drie (bepaling geschiktheid). In eerdere RuimteScanner versies waren deze twee fasen geïntegreerd. Door ze te splitsen kunnen deze onderdelen, die verschillen in manier van definiëren en de gehanteerde eenheden, apart worden gespecificeerd, aangepast, gecommuniceerd en opgeslagen. Dit laatste bespaart veel rekentijd, wat live-toepassingen mogelijk maakt in bijvoorbeeld workshops en ontwerp-ateliers.

Om vergelijkbare redenen is ook fase drie zelf (bepaling geschiktheid) weer verder opgesplitst. De uiteindelijke geschiktheidskaart wordt hiermee opgebouwd uit twee componenten. De eerste component wordt *empirisch* onderbouwd. Deze beschrijft bijvoorbeeld de waarde van een plek (op basis van een analyse van vastgoedprijzen) of de relatieve waarschijnlijkheid van een bepaalde ruimtelijke ontwikkeling (op basis van bijvoorbeeld statistische analyses van reeds waargenomen ontwikkelingen). De tweede component komt *ontwerpend* tot stand en beschrijft de relatieve voorrang van specifieke locatietypen op bepaalde locaties. Deze wordt bepaald op basis van ontwerpprincipes ofwel (voorgenomen) beleid. In RuimteScanner 2.0 wordt deze geoperationaliseerd volgens het 'ladder' concept, met treden die van onder naar boven geredeneerd een aflopende geschiktheid toegewezen krijgen, zoals bijvoorbeeld de ladder voor duurzame verstedelijking¹. In de meest basale vorm kent de ladder twee treden gerelateerd aan de aanwezigheid van (harde) plancapaciteit. Deze capaciteit kan wel (trede nul) of niet (trede 1) beschikbaar zijn. Als er voor een sector informatie beschikbaar is over de hardheid en/of oplevertermijn van de plannen kunnen er extra treden worden toegevoegd, waarbij harde en/of korte termijn plannen lagere treden (en dus hogere geschiktheid) krijgen dan hun zachte en/of lange termijn equivalenten.

In de derde fase vormt de empirische component dus de basis voor de bepaling van lokale geschiktheid. Het is vaste modelinvoer die in eventueel gedefinieerde scenario's en beleidsvarianten voor een toepassing steeds gelijk is. Bijbehorende kaarten worden eenmalig berekend, opgeslagen en gecommuniceerd, en kunnen daarna worden (her)gebruikt. De tweede, ontwerp-georiënteerde component van de geschiktheidsbepaling is juist bedoeld voor het uitwerken van verschillende (beleids)varianten. De kaarten kunnen snel samengesteld, geëvalueerd en eventueel weer aangepast worden. Deze component is hiermee bij uitstek geschikt voor exploratief, iteratief onderzoek. In de huidige implementatie heeft de ontwerpcomponent voorrang en zijn de hierin opgegeven voorkeurslocaties leidend. Alleen binnen deze locaties worden beschikbare locaties

¹ Deze ladder verordonneert dat nieuwe verstedelijking eerst op beschikbare plekken in de bestaande stad moet worden gerealiseerd, dan daar omheen, bij voorkeur rond hoogwaardige OV, en dan pas daarbuiten (zie: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2017-182.html>).

gesorteerd op basis van de empirisch bepaalde geschiktheid². Deze instelling kan aangepast worden als dat voor een toepassing gewenst is.

De laatste invoer die RuimteScanner 2.0 nodig heeft om de regionale projecties van (recreatie)woningen, banen en Gigawatts aan beschikbare en geschikte locaties toe te kunnen wijzen is hun dichtheid. Hoe hoger deze dichtheid, hoe hoger, in het geval van wonen, de mogelijkheden voor financieel haalbare woningbouw in de bestaande stad en hoe lager meer algemeen de benodigde extra ruimte voor deze functies. Hiermee blijft meer ruimte over voor andere functies zoals landbouw en natuur. Ook overstromingsrisico, bereikbaarheid, de kosten voor infrastructuur etc. zijn hier over het algemeen bij gebaat. Hoge dichtheden zijn echter niet altijd mogelijk, om technische (de productie van wind- en zonne-energie), economische of omgevingsrechtelijke (planshade) redenen (woongenot). In RuimteScanner 2.0 kunnen deze dichtheden eenvoudig worden ingesteld en veranderd, per locatie. Dit stelt de gebruiker in staat gemakkelijk de implicaties daarvan in samenhang te verkennen.

2.3 Hybride allocatie met competitie binnen sectoren

In tegenstelling tot de eerdere RuimteScanner versies verloopt de toewijzing van de regionale ontwikkelingen (b.v. aantallen woningen of banen per sector) aan locaties in eerste instantie achtereenvolgens (*sequentieel*) in plaats van integraal. De verschillende sectoren komen hierbij in volgorde van waargenomen, dan wel verwachte dominantie op de grondmarkt aan bod. 'Wie het eerst komt, wie het eerst maalt' dus. De *default* volgorde waarin sectoren aan de beurt komen is als volgt: wonen, werken, zonne-energie, verblijfsrecreatie, windenergie. Hiervan kan per toepassing worden afgeweken, bijvoorbeeld in beleidsvarianten waarin andere ambities voorop staan. De rationale achter deze wijziging van integrale naar sequentiële toewijzing van sectoren volgt uit de wens om: het model meer exploratief te kunnen toepassen, om iteratief, 'tekenend en rekenend' tot uitkomsten te komen.

Bovendien sluit de sequentiële benadering aan bij de Nederlandse praktijk met grote prijsverschillen op de grond- en vastgoedmarkt voor verschillende marktsegmenten (wonen, werken, landbouw) die samenhangen met regulering en verschillen in vraag en aanbod (Dekkers & Rietveld, 2011). Vanwege de grote druk op de woningmarkt zullen aantrekkelijke locaties binnen bestaande kernen waarschijnlijker ontwikkelen tot woonlocaties dan tot werklocaties. Het huidige model brengt dat default tot uiting door bij vergelijkbare geschiktheid op nieuwe locaties wonen in plaats van werken te ontwikkelen. Er worden pas werklocaties toegewezen als aan de vraag naar woonlocaties is voldaan in betreffende regio en tijdsperiode.

Het model kan echter ook ruimtelijke competitie simuleren. Deze vindt in dat geval plaats tussen zogenaamde 'subsectoren' binnen bovengenoemde sectoren. In de huidige modelimplementatie gaat het hierbij om

² Een hard plan op een volgens de empirie minder geschikte locatie krijgt bijvoorbeeld voorrang boven een zacht plan dat juist heel geschikt is volgens de empirische basis. Uiteraard kunnen dit soort 'onlogische' plannen vooraf uit de analyse worden verwijderd. Ordenende principes zoals deze plannen en hun hardheid of termijn kunnen ook geheel uit de ladder worden gelaten.

verschillende woningtypen (binnen de sector wonen) en tussen economische functies (binnen de sector werken). De toewijzing van subsectoren binnen sectoren gebeurt met behulp van een iteratieve allocatieprocedure waarbij de regionale ontwikkelingen binnen de subsectoren worden toegewezen aan de beschikbare locaties op basis van hun geschiktheid. Het model ontwikkelt hierbij zoveel locaties als nodig is om in de regionale vraag voor betreffende subsectoren te voorzien. De toewijzing stopt als aan de regionale vraag is voldaan of als alle beschikbare locaties gevuld zijn. Bij deze allocatie geldt ‘het recht van de sterkste’, waarbij ‘de hoogste bidder wint’. In tegenstelling tot eerdere versies van RuimteScanner vindt hierbij geen uitruil van geschikte locaties plaats tussen subsectoren, en worden er geen evenwichtsprijzen berekend. Dit betekent dat de totale geschiktheid (in een regio, over de subsectoren heen) niet automatisch wordt gemaximaliseerd. Zie de kadertekst hieronder voor een uitgebreider beschrijving van deze simulatie van competitie tussen subsectoren.

De simulatie van competitie tussen subsectoren

Bij de allocatie van subsectoren aan beschikbare locaties is lokale geschiktheid leidend, waarbij de hoogste bidder (de subsector met de hoogste geschiktheid op een locatie) wint. In tegenstelling tot voorgaande allocatiemechanismen van het model zijn de geschiktheidswaarden (te beschouwen als biedprijzen) hierbij een vast gegeven. Er wordt dus geen prijsmechanisme gesimuleerd dat het aanbod in balans brengt met de vraag en zo de totale geschiktheid (voor een regio, gesommeerd over de locaties en subsectoren) maximaliseert. In de oorspronkelijke RuimteScanner werd een iteratief biedproces gehanteerd dat met schaduwsprijzen de initiële biedprijzen kon ophogen. Zo werd bereikt dat locaties die bij uitstek geschikt waren voor een specifiek gebruik, maar een lagere startwaarde hadden, toch gekozen werden (zie voor meer details: Dekkers, 2005; Koomen & Buurman, 2002).

De nu toegepaste procedure werkt in opeenvolgende tussenstappen (iteraties) waarin steeds een deel van de regionale vraag (claim) voor een sector aan de meest geschikte plekken wordt toegewezen. Het restant na elke tussenstap bestaat uit restlocaties (de locaties die overblijven na de allocatie, en dus beschikbaar blijven voor andere subsectoren) en restclaims (de regionale claims van subsectoren die in de allocatie nergens de hoogste bidder waren). In eventuele, volgende iteraties worden de restclaims toegewezen aan de beschikbare restlocaties. De procedure stopt wanneer de beschikbare locaties of de claims op zijn. In Bijlage 3 gaan we dieper in op dit allocatieproces aan de hand van de Ruimtelijke Verkenningen 2023 toepassing.

Het allocatieproces maakt gebruik van de *weighted nth element* GeoDMS-functie. Deze wordt voor elke subsector aangeroepen, aan het begin van elke iteratie, voorafgaande aan de allocatie. De functie sorteert gridcellen op basis van hun geschiktheid, van hoog naar laag, en retourneert een afkapping: de laatste (en dus laagste) geschiktheidswaarde die nodig is om voor betreffende subsector de gehele (rest)claim te realiseren, rekening houdend met de lokale dichtheden voor deze subsector. Locaties met geschiktheden lager dan deze grens worden uit betreffende geschiktheidskaart verwijderd om overrealisatie van claims te voorkomen.

De uiteindelijke allocatie gebeurt met de *arg_max functie*. Deze geeft per locatie de subsector met de hoogste geschiktheid. Deze locaties worden vervolgens bebouwd (objecten) en geoccupeerd (actoren) volgens de dichtheden horende bij deze winnende subsector (fase 4). Eventuele bestaande actoren en objecten op deze locaties uit het basisjaar (fase 1) worden onttrokken, dan wel gesloopt en, in het geval van restclaims, in vervolgitaties alsnog gealloceerd.

Standaard mogen reeds toegewezen actoren ofwel objecten niet vervangen worden door actoren of objecten uit (sub)sectoren die later aan bod komen. ‘Eens toegewezen, altijd toegewezen’. Actoren en objecten uit het basisjaar kunnen daarentegen wel worden vervangen, bijvoorbeeld door uitplaatsing of sloop. Dit wordt door het model geadmistreerd, verdisconteerd met de resterende regionale ontwikkelingen en, in het geval van een restvraag, opnieuw in de toewijzing opgenomen. Restopgaven die eventueel overblijven wanneer alle beschikbare ruimte in een regio is opgebruikt worden ofwel geaccepteerd ofwel automatisch overgeheveld naar een hoger regionaal schaalniveau, alwaar de allocatieprocedure in dat geval wordt voortgezet. De keuze of dit dient te gebeuren en, zo ja, op welk ruimtelijk schaalniveau, is aan de gebruiker.

De gebruiker beoordeelt ook of de simulatie-uitkomsten in overeenstemming zijn met de doelstelling van de toepassing. Wat passend is, kan verschillen per studie: bij het nabootsen van trendmatige ontwikkelingen is het volgen van waargenomen veranderingen van belang; bij scenariostudies vooral aansluiting bij de verhaallijnen. De mate waarin de resultaten overeenstemmen met de verwachte uitkomsten kan beoordeeld worden op basis van de gegenereerde geschiktheidskaarten en de (effecten van) gesimuleerde ruimtelijke patronen. Op basis van deze evaluatie kunnen eventueel nieuwe, of aangepaste (beleids)varianten geconstrueerd worden. RuimteScanner 2.0 volgt met dit alles een hybride allocatieprocedure (sequentieel én afgewogen), met veel ruimte voor ontwerp.

2.4 Een uitgebreide set aan uitkomsten

Het uiteindelijke allocatieresultaat bestaat uit een set van kaarten (25x 25 meter grids) met per grid welke subsector nieuw is toegevoegd en de bij de subsector behorende lokale kenmerken zoals het aantal toegewezen objecten (woningen per type, recreatiewoningen), actoren (banen per subsector) en ruimtebeslag³ (aantal m² pandfootprint voor werkfuncties). Op basis van deze output kan voor de toegewezen sectoren ook een weergave van toekomstig ruimtegebruik gegenereerd worden. Dit vormt de laatste laag van het drielagenmodel zoals beschreven in Figuur 2. Op de locaties waar nieuwe ontwikkeling plaatsvindt, worden reeds bestaande objecten verwijderd en homogeen per cel ingevuld volgens de lokale kenmerken van de toegewezen subsector⁴.

De sectorspecifieke ruimtegebruikslagen beschrijven ieder een deel van de verwachte ontwikkelingen, maar leveren in afzondering geen integraal, landsdekkend beeld van het toekomstig ruimtegebruikskartaal. Een dergelijk overzicht kan zinvol zijn om veranderingen in hun ruimtelijke context te bezien en bijvoorbeeld te vergelijken met het huidige ruimtegebruik zoals CBS dat karteert. Om een geïntegreerde ruimtegebruikskartaal te maken is een ruimtelijke aggregatiemethode opgesteld die zoveel mogelijk aansluit bij de methodiek die CBS hanteert voor de constructie van haar bestand bodemgebruik. Deze methode is uitgewerkt voor de recente Deltascenario's 2023 studie (Claassens et al., 2023) en hanteert drempelwaarden voor aantallen woningen, bedrijfspandoppervlak en aantal recreatiewoningen om een gridcel toe te kennen aan een van de in de modeltoepassing onderscheiden type ruimtegebruik. In aanvulling op de ruimtegebruikswaargave kunnen op basis van de modelresultaten diverse indicatoren berekend worden, waaronder de bereikbaarheid van banen, de nabijheid van groen en overstromingsrisico's.

³ Hoe het ruimtebeslag (in bijvoorbeeld het aantal m² pandfootprint) wordt berekend voor werken en verblijfsrecreatie wordt uitvoerig besproken in Koomen and Claassens (2022) en Koomen et al. (2021), respectievelijk. Het ruimtebeslag voor wonen wordt vastgelegd in de ontwikkelpakketten, zie sectie 2.5.

⁴ Een uitzondering hierop vormen de recente en geplande ontwikkelingen uit de BAG (zie de laatste alinea van sectie 2.5). Hierdoor kan het voorkomen dat er meer dan één subsector per cel gerealiseerd wordt. In dat geval wordt de subsector met het grootste aantal woningen/banen/objecten als dominant beschouwd en krijgt de cel die als grondgebruiksfunctie.

2.5 Uitwerking per sector

De exacte invulling van het allocatieproces en de fasen die daaraan vooraf gaan verschillen per sector. Deze paragraaf geeft per sector een verdere uitwerking. De focus ligt daarbij op de min of meer generieke componenten die specifieke toepassingen overstijgen. De mogelijkheden voor meer beleids- en ontwerpmatige uitwerkingen van vooral de beschikbaarheid en geschiktheid van locaties komen aan bod in Hoofdstuk 3.

Wonen

In lijn met de huidige praktijk van ruimtelijke ontwikkelingen komt deze sector in de allocatie als eerste aan bod. In de huidige modelimplementatie gebeurt dit in onderlinge concurrentie tussen vier subsectoren: eengezins-koop, eengezins-huur, meergezins-koop, meergezins-huur. Voor elk van de vier woningtypen wordt een *regionale projectie* van toekomstige ontwikkelingen ingevoerd. Deze is afkomstig uit Tigris XL (zie paragraaf 2.1). Het regionale schaalniveau waarop deze opgaven in eerste instantie worden gedefinieerd en toegewezen is de zogenaamde NVM-woningmarktregio (66 regio's). Eventuele overloop, in het geval van een ruimtetekort, wordt gealloceerd op COROP-niveau (40 regio's) en als dat ook niet lukt op provincieniveau (12 regio's).

Kenmerkend voor deze sector is dat de toewijzing van de regionale woningbouwopgaven gebeurt in vooraf gedefinieerde pakketten, de zogenaamde 'ontwikkelpakketten'. Dit zijn gestileerde woonmilieus met een omvang van één hectare, gebaseerd op kentallen en expertoordelen ten aanzien van plausibele (steden)bouwkundige samenstellingen ervan, waaronder woningdichtheid, vloeroppervlak per woning, bouwlagen per pand, pandvoetafdruk, diverse perceel- en terreinoppervlakten (uitgeefbaar openbaar, groen, water, infrastructuur). Zie Bijlage 1 voor een voorbeeld van een set van ontwikkelpakketten uit de toepassing Ruimtelijke Verkenningen (Tabel 6) en een uitgebreid overzicht van de kenmerken van de ontwikkelpakketten (Tabel 7). Voor elk van de vier subsectoren (woningtypen) krijgt de denkbeeldige ontwikkelaar de keuze uit één of meerdere ontwikkelpakketten waarbij het woningtype homogeen is. Het keuzepalet is op elke locatie hetzelfde. Welke optie daar gekozen wordt hangt af van de regionale vraag naar een specifiek woontype en de relatieve geschiktheid voor de verschillende ontwikkelpakketten. De gedetailleerde (steden)bouwkundige uitwerking van ontwikkelpakketten en, daarmee, de gesimuleerde nieuwbouw, biedt aanknopingspunten voor een breed palet aan effectberekeningen, bijvoorbeeld voor overstromingsschade en ecosysteemdiensten.

De stand in het *basisjaar* voor deze sector wordt bepaald op basis van twee bronnen: de panden en de verblijfsobjecten uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) en een dataset die per pand de eigendomssituatie aangeeft (woningcorporatie, particuliere huur, koop; zie: van der Molen et al., 2023). Betreft het woningcorporatiebezit dan wordt het geclassificeerd als sociale huurwoning en vervolgens op BAG-pandtypering verbijzonderd naar een- of meergezinswoning (voor de methode zie: Object Vision, 2023). Op een vergelijkbare wijze worden particuliere huur en koopwoningen samengenomen als vrije sector en het pandtype verbijzonderd.

De *beschikbaarheid* van locaties voor ontwikkeling voor elke subsector wordt per gridcel bepaald aan de hand van een set van kaarten. Als beschikbaar definiëren we de locaties die niet uitgesloten worden door omgevingsrechtelijke restricties (zoals de in EU-regelgeving vastgelegde Natura2000 gebieden, of het in provinciale verordeningen vastgelegde Natuurnetwerk Nederland), of al 'evident benut' zijn (op basis van het Bestand Bodemgebruik (BBG) van het CBS, zoals begraafplaatsen).

De empirische component van de *geschiktheid* wordt per ontwikkelpakket geduid in termen van het hypothetische saldo op de lokale vastgoedexploitatie. Deze saldi worden uitgedrukt in euro's en bepaald op basis van een empirisch onderbouwde reconstructie van de meest relevante kosten en baten (zie kadertekst Lokaal exploitatiesaldo voor woningbouw). Daarnaast zijn vier wegingsparameters op verschillende schaalniveaus (landsdeel, regionaal, lokaal, zeer lokaal) uit de ontwikkelpakketten belangrijk in de sturing waar bepaalde ontwikkelpakketten meer of minder geschikt zijn. Zo kunnen zeer dichte hoogbouw ontwikkelpakketten enkel in de Randstad, nabij treinstations, en in de buurt van veel voorzieningen gerealiseerd worden (zie Tabel 7). Uiteindelijk wordt hieruit, per subsector, per cel, bepaald welk relevant ontwikkelpakket het hoogste exploitatiesaldo heeft.

De ontwikkelpakketten beschrijven ook de uiteindelijke *dichtheid* waarin woningen naar verwachting gerealiseerd worden. Het allocatieproces bepaalt op basis van de hoogste geschiktheid welk ontwikkelpakket waar komt en welke dichtheid gerealiseerd wordt.

Lokaal exploitatiesaldo voor woningbouw

Een belangrijk aspect in de bepaling van lokale geschiktheid voor de verschillende woningbouw ontwikkelpakketten zijn de lokale exploitatiesaldi. Deze zijn opgebouwd uit een locatie-specifieke reconstructie van de belangrijkste kosten en baten. Hierbij wordt gekeken naar:

1. Verwervingskosten van eventueel bestaand vastgoed (uit de BAG) op de locaties. Deze kosten zijn opgebouwd uit een hedonische prijsanalyse waarbij waargenomen transactiepreizen worden verklaard uit de (locatie) kenmerken van betreffend vastgoed, zie Claassens and Koomen (2017). Deze kostenpost is constant over alle ontwikkelpakketten, het bevat immers enkel huidig vastgoed. De invulling van de bestaande woningvoorraad gebeurt op basis van de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG), Kadaster (2023a) die verder verrijkt wordt met een eigendomsdataset (van der Molen et al., 2023, pp. 49-51).
2. Sloopkosten van dit vastgoed, gebaseerd op kentallen van Bouwkompass (2020). Deze zijn eveneens constant over alle ontwikkelpakketten.
3. Kosten bouw- en woonrijp maken, bovenwijkse kosten, en planproceskosten. Deze kosten zijn opgebouwd uit een statistische analyse waarbij de posten op grondexploitaties worden verklaard uit locatiekenmerken, zoals omvang plangebied, kaveldichtheid, bodemtype. Een belangrijke bron hiervoor zijn de gegevens van Fakton (2019).
4. Bouwkosten die worden gebaseerd op kentallen van Bouwkompass (2020). Deze post is afhankelijk van het ontwikkelpakket.
5. Opbrengsten uit de verkoop van de nieuwbouw per ontwikkelpakket. Dit wordt berekend met resultaten uit de bovengenoemde hedonische prijsanalyse samen met de kenmerken die gedefinieerd zijn in een ontwikkelpakket.

Werken

De toewijzing van de sector werken vindt plaats na de allocatie van woningen. Op hoofdlijnen wordt hierbij dezelfde procedure gevolgd als bij wonen: een iteratieve toewijzing van betreffende subsectoren, in onderlinge concurrentie, op basis van de beschikbaarheid en relatieve geschiktheid van locaties hiervoor. De subsectoren bestaan in dit geval uit banen per economische sector, waarbij zes klassen worden onderscheiden: nijverheid,

logistiek, detailhandel, overige consumentendiensten, zakelijke dienstverlening en overheid met kwartaire diensten.

De *regionale projecties* voor deze subsectoren zijn, net als bij wonen, afkomstig uit het Tigris XL model. Ook deze projecties worden eerst toegewezen op NVM- en, in het geval van ruimtetekort, op COROP- en uiteindelijk provincieniveau. Voor het bepalen van de stand per subsector in het *basisjaar* wordt wederom gebruik gemaakt van BAG data⁵. Een specifiek aandachtspunt daarbij is dat panden vaak voor verschillende doeleinden gebruikt kunnen worden (zie kadertekst hieronder). Net als bij wonen is de *beschikbaarheid* een optelsom van omgevingsrechtelijke beperkingen, evident benutte locaties, en andere kaartlagen die specifiek voor een bepaalde toepassing relevant geacht worden.

Multifunctioneel ruimtegebruik

Ruimtegebruik is zelden homogeen. Zeker bij de functie werken geldt dat een cel meestal niet aan één subsector kan worden toegewezen. Wij benaderen dit door te kijken naar de mate waarin panden gebruikt worden door verschillende subsectoren. Op basis daarvan bepalen we het aantal vierkante meter pandfootprint (netto ruimtegebruik) per subsector. Zelfs een enkel pand in de BAG heeft niet per se één gebruiksfunctie, maar kan meerdere objecten met meerdere gebruiksdoelen bevatten.

Neem bijvoorbeeld een pand met een voetafdruk van 100 m², dat twee objecten bevat: één object met een kantoorgebruiksdoel en een vloeroppervlak van 80 m² en één met een winkelgebruiksdoel met 120 m² vloeroppervlak. In dat geval verdelen we die voetafdruk van 100 m² naar rato van de oppervlaktes van de objecten daarin gegroepeerd naar het gebruiksdoel. Oftewel 40% is kantoor, en 60% is winkel, wat in deze cel 40 m² pandfootprint kantoor en 60 m² winkel oplevert.

Een eerste kanttekening hierbij is dat we aannemen dat wanneer een pand een woongebruiksdoel bevat we deze volledig als woning beschouwen. Ten tweede geldt dat een pand wordt opgesplitst, wanneer het groter is dan de omlijning van een gridcel. Daarmee wordt ook de bijbehorende fractie van de pandfootprint en de resulterende m² pandfootprint per gebruiksdoel verdeeld.

Het empirische deel van de *geschiktheid* van werklocaties kan, in tegenstelling tot wonen, niet worden bepaald op basis van waargenomen transactiepreisen. Hiervoor waren tot op heden geen data beschikbaar. In plaats daarvan wordt het empirische deel van de geschiktheid van werken ingevuld op basis van een statistische analyse van recente ontwikkelingen in het voorkomen van werklocaties (Koomen & Claassens, 2022). Voor deze analyse is de lokale uitbreiding van het netto ruimtebeslag (de pandvoetafdruk op basis van de BAG) voor elk van de subsectorentussen 2012 en 2022 verklaard uit een groot aantal locatiefactoren. Deze analyse geeft voor elke locatie in Nederland de kans op voorkomen van elke subsector op basis van de recent waargenomen ontwikkelingen daarin. De invulling van de bestaande situatie qua gebouwen gebeurt net als

⁵ De standgegevens worden als volgt uit de BAG afgeleid:

- Voor de klasse nijverheid worden de objecten met BAG-gebruiksdoelen industrie en utiliteitscombi gebruikt. In de BAG kan een verblijfsobject meer dan één gebruiksdoel hebben. Zit er een woongebruiksdoel in dan wordt dit de functie. Anders wordt dit gegroepeerd naar utiliteitscombi. Empirisch is op basis van de LISA-dataset vastgesteld dat deze utiliteitscombi zeer sterk correleert met industriefuncties (Koomen & Claassens, 2022).
- Voor logistiek worden de objecten met BAG-gebruiksdoel industrie gebruikt die op een logistiek terrein liggen. Deze terreinen zijn geïdentificeerd in het onderzoek van Nefs (2022).
- Voor detailhandel wordt het BAG-gebruiksdoel winkel gebruikt.
- Voor overige consumentendiensten worden de BAG-gebruiksdoelen bijeenkomst en sport gebruikt.
- Voor zakelijke dienstverlening wordt het gebruiksdoel kantoor gebruikt.
- Voor overheid en kwartaire diensten worden de BAG-gebruiksdoelen cel, gezondheidszorg en onderwijs gebruikt.

bij wonen op basis van de BAG. De bestaande verspreiding van banen binnen de subsector over deze gebouwen is afgeleid uit LISA 2021⁶. Vervolgens is hieruit een kaart gegenereerd die de kans op ontwikkeling van die subsector op elke locatie beschrijft.

In tegenstelling tot wonen wordt de *dichtheid* (uitgedrukt in m² pandvoetafdruk per baan) vooraf per regio en subsector bepaald (in plaats van per ontwikkelpakket). De virtuele ontwikkelaar kiest alleen welke subsector waar te realiseren en heeft hierbij geen keuze tussen ontwikkelpakketten. Deze dichtheid wordt in basis gebaseerd op waarnemingen voor deze sectoren in het basisjaar. In varianten (beleid/ontwerp) kan hiervan met generieke of locatie-specifieke op- en afslagen worden afgeweken (zie Hoofdstuk 3).

Overige sectoren

Standaard wordt de allocatie van wonen en werken gevolgd door die van respectievelijk zonne-energie, verblijfsrecreatie en windenergie. Deze sectoren hebben geen subsectoren. Er vindt binnen deze sectoren dus geen concurrentie plaats. De regionale opgaven worden simpelweg toegewezen aan de beschikbare locaties met de hoogste geschiktheden voor deze sectoren.

De *regionale opgave* voor **zonne-energie** (voor grondgebonden zonneparken) wordt uitgedrukt in termen van benodigde energieproductie (in gigawatt). De omvang hiervan is een typisch beleidsdoel (zie Hoofdstuk 3). De stand van zonne-energie in het *basisjaar* komt uit de Basisregistratie Topografie (BRT, Kadaster (2023b) via de laag 'terreinvlakken zonnepark'. Deze polygonen worden vergrid naar 25m en het oppervlak berekend. Door het beperkte voorkomen van zonne-energie in Nederland ontbreekt de empirische geschiktheidscomponent vooralsnog voor deze sector. Deze zou gebaseerd kunnen worden op een statistische analyse van de factoren die het voorkomen van huidige zonneparken verklaren. Nu is deze echter alleen gebaseerd op de inverse van de belevingskaart van het Nederlandse Landschap (CBS et al., 2009). Ondanks de smalle empirische basis lijken de eerste statistische analyses van de ruimtelijke spreiding van zonneweiden een redelijk alternatief voor het definiëren van geschiktheid (zie de eerste verkenning van Verdonk, 2023). De *dichtheid* waarin de gigawatts kunnen worden ingepast in de ruimte is voor elke beschikbare locatie gelijk voorondersteld en gebaseerd op kentallen (RVO, 2016).

In het geval van **verblijfsrecreatie** is de *regionale opgave* uitgedrukt in aantallen recreatiewoningen. De aantallen zijn in de huidige implementatie gebaseerd op trends. De stand in het *basisjaar* wordt bepaald op basis van het aantal BAG objecten met een logies gebruiksdoel per 25-meter cel, verdeeld over een pand en gecorrigeerd voor het pand-is-groter-dan-cel-probleem zoals bij de sector werken is beschreven. De manier waarop *beschikbaarheid* wordt bepaald volgt dezelfde logica als voor wonen en werken. De *geschiktheid* van locaties voor verblijfsrecreatie is in deze implementatie afgeleid uit een statistische analyse van het huidig

⁶ Er is inmiddels ook een opensource-variant van RuimteScanner 2.0 beschikbaar waarin afgestapt is van de LISA-gegevens per vestiging (zie: <https://github.com/ObjectVision/RSopen>). De vestigingsgegevens zijn daar enkel beschikbaar per gemeente. Deze zijn vervolgens gedesaggregeerd op basis van de BAG-object oppervlakte wanneer deze een corresponderend gebruiksdoel heeft. Als laatste zijn deze ruimtelijk uitgespreid om ruis te voorkomen.

voorkomen van verblijfsrecreatie objecten (Koomen et al., 2021). De lokale *dichtheid* is gespecificeerd op basis van waargenomen dichtheden⁷ in het basisjaar.

Tot slot wordt ook de *regionale opgave* voor **windenergie** uitgedrukt in gigawatt. Om de stand in het *basisjaar* te bepalen is de veldsituatie uit 2022 gebruikt (Nationale Energieatlas, 2023). Hierin staan alle locaties van windturbines en hun bijbehorende vermogen en ashoogte. De omvang hiervan wordt, net als de lokale *beschikbaarheid* en *geschiktheid* van plekken hiervoor, gebaseerd op (vooronderstelde) beleidsdoelen. In aanvulling daarop is ook hier de inverse van de belevingskaart van het Nederlandse Landschap (CBS et al., 2009) gebruikt. Net als bij zonne-energie wordt de potentiële *dichtheid* overal gelijk voorondersteld en gebaseerd op kentallen (Faasen et al., 2014). De gebruiker kan hierbij kiezen tussen diverse typen windturbines, met elk hun eigen vermogen, ashoogte, rotordiameter, en daarmee, hun eigen dichtheid en vermogen per ha. Anders dan bij de andere sectoren is het ruimtelijk plaatsen van windmolens in het model een lastiger proces met allerlei afhankelijkheden. Twee cellen naast elkaar met een resolutie van 25m kunnen vanzelfsprekend niet allebei een windmolen bevatten, want windmolens zijn tegenwoordig al snel 100 meter hoog met een bijbehorend grote wiekspanwijdte. Daarom dienen windturbines op een minimale afstand van elkaar te worden geplaatst (die met allerlei veiligheidsregels vergezeld gaan). Verder moet er rekening worden gehouden met de dominante windrichting, en de onderlinge ruimtelijke configuratie tussen windmolen als deze wel in de buurt van elkaar geplaatst worden. Daarom is hier een plaatsingsalgoritme voor opgesteld dat beschreven is in Bommel en Rijken (2019).

Opnemen meest recente ontwikkelingen

Aangezien het startjaar van de simulaties in het model vaak niet samenvalt met de meest actuele invoerdata die voorhanden is bij bronhouders, is er meer informatie over de meest recente ontwikkelingen nodig. Voor de stand van wonen, werken en verblijfsrecreatie in het basisjaar wordt de BAG gebruikt, echter deze dataset wordt dagelijks geüpdatet. Oftewel, recente ontwikkelingen tussen startjaar en de datum van de meest recente BAG-versie in het model zijn al beschikbaar. Daarom worden tussen het startjaar en het eerste gemodelleerde zichtjaar deze recente bouwontwikkelingen meegenomen en hoeven daarmee niet meer gallocceerd te worden in het model. Daarnaast zit er in BAG ook al status-informatie voor ontwikkelingen in de nabije toekomst, panden die waarvoor een bouwvergunning verleend is, of de bouw al gestart is. Hiervan kan met grote zekerheid worden aangenomen dat deze gerealiseerd worden. Eveneens zijn er panden ofwel objecten die gesloopt zullen gaan worden. Een pand waarvoor een sloopvergunning verleend is zal zeer waarschijnlijk in de nabije toekomst gesloopt gaan worden en deze ontwikkeling wordt dan ook meegenomen in het eerstvolgende zichtjaar.

⁷ De dichtheid van verblijfsrecreatie is uitgedrukt in aantallen objecten per hectare, gemiddeld per provincie. Op basis van het bruto grondgebruik uit het bestand bodemgebruik per provincie, en het aantal objecten per provincie uit de BAG, en een aanpassing daarop van een trendmatige groei (op basis van lineaire regressie) en een variant-specifieke groeivoet (zie: Koomen et al., 2021).

2.6 Synthese

Samenvattend kan RuimteScanner 2.0 gekenmerkt worden als een hybride, semi-integraal allocatiemodel dat regionale projecties van actoren, objecten en ruimtegebruik toewijst aan beschikbare en geschikte locaties hiervoor. In lijn met de praktijk worden ruimtegebruiksfuncties sequentieel (achtereenvolgens) toegewezen. Functies die sequentieel worden toegewezen worden aangeduid als sectoren. In de huidige implementatie gaat het hierbij om respectievelijk wonen, werken, zonne-energie, verblijfsrecreatie en windenergie. Binnen de sectoren kan concurrentie gesimuleerd worden. Dit gebeurt dan tussen zogenaamde subsectoren, in een iteratief proces waarbij de hoogste bidder wint en dat stopt als de beschikbare ruimte op is of als alle regionale opgaven zijn gerealiseerd. In het huidige model vindt deze concurrentie plaats binnen de sectoren wonen (tussen woningtypen in ontwikkelopties) en werken (tussen economische sectoren).

Het model kent een flexibele opzet. Hierbij gaat het niet alleen om de volgorde waarin functies worden toegewezen en of dit al dan niet in concurrentie gebeurt. Het gaat ook om de vraag welke functies überhaupt aan bod komen. Voor de planmonitor van de NOVI (Kuiper, Rijken, et al., 2023), bijvoorbeeld, is alleen gekeken naar verstedelijking: wonen, werken en verblijfsrecreatie. Voor de Ruimtelijke Verkenning 2023 (Kuiper, Hamers, et al., 2023) werden daarentegen ook de sectoren zonne-energie en windenergie gesimuleerd. In vergelijking met eerdere versies geeft het model explicieter ruimte aan ontwerp. Het gaat daarbij vooral om de invulling van de beschikbaarheid en geschiktheid van plekken voor de verschillende functies en de dichtheid waarin deze aan plekken (mogen) worden toegewezen.

Tabel 1 geeft een overzicht van de manier waarop de huidige modelversie is opgezet. Om de werking en toepassingsmogelijkheden van het vernieuwde model te illustreren, gaan we in het volgende hoofdstuk dieper in op een specifieke toepassing die deze modelopzet volgt. We kiezen daarvoor de Ruimtelijke Verkenning 2023, omdat dit een uitgebreide toepassing betreft waarin diverse nieuwe modelaspecten zijn toegepast. De beschrijving van deze toepassing is nadrukkelijk een illustratie van die model aspecten. We gaan niet diep in op de inhoudelijke achtergrond en resultaten van deze studie, maar verwijzen daarvoor naar de beschikbare rapportages (Hamers et al., 2023; Kuiper, Hamers, et al., 2023). In dit rapport gaan we ook niet uitgebreid in op heel specifieke modelinstellingen voor deze toepassing aangezien deze zijn vastgelegd in de modelconfiguratie.

Tabel 1 Samenvatting herkomst ruimtevraag en definitie geschiktheid per sector in de huidige modelimplementatie.

Sector	Herkomst ruimtevraag	Definitie geschiktheid (empirische component)	Definitie dichtheid	Competitie tussen subsectoren?
Wonen	Regionaal model (Tigris XL)	Exploitatiesaldo, o.b.v. empirie (hedonische prijsanalyse woning-opbrengst, regressie grondproductie-kosten en kentallen)	Woningen per ha, o.b.v. expert judgement, per ontwikkelpakket	Ja (ontwikkelopties)
Werken	Regionaal model (Tigris XL)	Kans op voorkomen (o.b.v. logistische regressie)	Banen per m ² pandvoet-afdruk per ha, o.b.v. waargenomen dichtheden in en rond gridcel	Ja (economische sectoren)
Verblijfs-recreatie	Trends/expert judgement	Kans op voorkomen (o.b.v. logistische regressie)	Recreatiewoningen per ha, o.b.v. waargenomen dichtheden per regio	Nee
Zonne-energie	Beleidsdoelen/expert judgement	Inverse van belevingskaart landschap (CBS et al., 2009), en per trede van de zonneladder	Gigawatt per ha, o.b.v. kentallen	Nee
Wind-energie	Beleidsdoelen/expert judgement	Inverse van belevingskaart landschap met een set regels over plaatsings-mogelijkheden van turbines (oriëntatie, minimale groeps-grootte, afstand van elkaar)	Gigawatt per ha, o.b.v. kentallen	Nee

3 Toepassing: de Ruimtelijke Verkenning 2023

3.1 Achtergrond

De Ruimtelijke Verkenning 2023 (Kuiper, Hamers, et al., 2023) is een ruimtelijke, lange-termijn scenariostudie voor Nederland. De studie werkt een viertal zogenaamde ‘normatieve scenario’s’ uit in de context van twee ‘omgevingsscenario’s’. Hiermee worden in totaal acht scenario’s verkend. De twee omgevingsscenario’s (‘Meer’ en ‘Minder’) vormen het uitgangspunt. Ze schetsen een plausibele bandbreedte van de lange-termijn opgaven voor Nederland vanuit consistente uitgangspunten ten aanzien van autonome ontwikkelingen qua demografie, economie, technologie, internationale samenwerking en klimaat (zie Tabel 2). Deze uitgangspunten vormen de basis voor de regionale projecties van woningen en banen die vanuit het regionale Tigris XL model aan RuimteScanner worden opgelegd.

Tabel 2 Autonome ontwikkelingen volgens de omgevingsscenario’s Meer en Minder.

	Omgevingsscenario Meer	Omgevingsscenario Minder
Bevolking NL	+3,4 miljoen inwoners tot 2050	+0,6 miljoen inwoners tot 2050
Economie NL	+1,5 miljoen banen tot 2050	-0,2 miljoen tot 2050
Technologische ontwikkeling en spreiding	Snel	Langzaam
Internationale samenwerking	Meer	Minder
Mondiaal klimaatbeleid	Ambitueus en effectief; +1,5-2°C tot 2100	Minder ambitueus en effectief; +2-3°C tot 2100

De vraag die in deze studie voorligt is hoe deze regionale projecties (‘opgaven’) het beste ingepast kunnen worden in de beschikbare en geschikte ruimte hiervoor. Het antwoord op deze vraag hangt af van politiek-maatschappelijk normen, waardenopvattingen, prioriteiten en, uiteindelijk, beleid. Moet bijvoorbeeld koste wat kost aan regionale woningvoorziening (‘People’) worden voldaan, ook als dat betekent dat de benodigde woningbouw ten koste gaat van vruchtbare landbouwgrond (‘Profit’) of natuur (‘Planet’)? Of accepteren we (gedeeltelijke) overloop naar omliggende regio’s, waar bijvoorbeeld meer ruimte beschikbaar is in bestaand stedelijk gebied? Deze waardeoriëntaties en prioriteiten staan centraal in de vier normatieve scenario’s. Zie Tabel 3 voor de scenario’s op hoofdlijnen en Bijlage 2 voor een uitgebreidere beschrijving.

Door de opgaven uit de omgevingsscenario’s en de mogelijkheden om deze ruimtelijk in te passen in onderlinge samenhang uit te werken, op kaart te zetten, en te vergelijken (indicatoren) beoogt de Ruimtelijke Verkenning 2023 handvatten te bieden voor geïnformeerd, breed afgewogen omgevingsbeleid.

Tabel 3 De vier normatieve scenario's in relatie tot duurzaamheid en brede welvaart.

	Mondiaal Ondernemend	Snelle Wereld	Groen Land	Regionaal Geworteld
Focus qua duurzaamheid	<i>Profit</i>	Afhankelijk van bevolkingsgroep (leefstijl)	<i>Planet</i>	<i>People</i>
Prioriteiten qua brede welvaart	1) Materiële welvaart, wonen en grondstoffen 2) Arbeid & vrije tijd, veiligheid en klimaat 3) Gezondheid, welzijn, milieu, samenleving, biodiversiteit	Afhankelijk van bevolkingsgroep (leefstijl)	1) Klimaat, biodiversiteit, grondstoffen, milieu, veiligheid 2) Gezondheid, welzijn, samenleving 3) Wonen, arbeid & vrije tijd, materiele welvaart	1) Wonen, arbeid & vrije tijd, welzijn, samenleving, gezondheid & veiligheid 2) Milieu, grondstoffen, klimaat 3) Materiele welvaart, biodiversiteit

3.2 Modelopzet

Algemeen

Het model rekent in deze toepassing incrementeel, in tijdstappen van 10 jaar, van startjaar naar eindjaar. Het startjaar is in deze toepassing 2019. Het eindjaar is 2050. De regionale projecties van woningen, banen etc. worden toegewezen aan gridcellen van 25x25 meter. Ook de sloop (objecten) en onttrekkingen (actoren) die hiermee gepaard kunnen gaan worden op 25x25 meter resolutie geadministreerd. Achterliggende allocatiebeslissingen worden per 100x 100 meter gridcel genomen. De allocatie gebeurt hybride, dat wil zeggen: deels opeenvolgend, sector na sector, en deels afgewogen, met competitie tussen subsectoren binnen bepaalde sectoren. De sectoren komen hierbij in de default volgorde aan de beurt. Eerst wonen dus, dan werken, daarna zonnevelden, vervolgens verblijfsrecreatie, en tot slot windenergie. De competitie vindt plaatst binnen de sectoren wonen (tussen woningtypen) en werken (tussen economische sectoren). Een voorbeeld van het verloop van deze invulling is te zien in Bijlage 3.

Regionale projecties

De regionale projecties van woningen, banen en energie (wind en zon) laten aanzienlijke verschillen zien tussen de scenario's (zie Tabel 8 in Bijlage 2 voor de verschillende projecties op geaggregeerde, nationale schaal). Soms zijn de verschillen enkel gelegen in de uiteenlopende beleidsdoelen uit de normatieve scenario's. Dit is het geval bij windenergie en zonne-energie, waarbij de ambities voor deze vormen van hernieuwbare energieproductie hoog zijn in Groen Land, en in beperktere mate in Snelle Wereld. Bij de sectoren wonen en werken, daarentegen, zijn de verschillen terug te voeren op zowel de normatieve scenario's (regionale voorkeuren) als de omgevingsscenario's (de autonome ontwikkeling van bevolking en banen uit Tabel 8). De projecties voor recreatiewoningen zijn in alle acht de scenario's gelijk en gebaseerd op recente trends.

Beschikbaarheid

De lokale beschikbaarheid van locaties voor de verschillende regionale opgaven verschilt sterk tussen de normatieve scenario's. Over het algemeen is deze groot in Snelle Wereld en beperkt in Groen Land. Dit is in lijn met het verschil in de mate van centrale sturing op de 'Planet' georiënteerde dossiers in deze scenario's.

In Snelle Wereld is die ruimtelijke sturing beperkt, in Groen Land juist sterk. De overige twee scenario's zitten hier tussenin, waarbij Regionaal Geworteld met haar sturing op onder andere landschapskwaliteit ('People') wat restrictiever is dan Mondiaal Ondernemend, het scenario waar 'zachtere' waarden zoals vooral landschap vaker mogen wijken omwille van 'Profit'. Zie Tabel 4 en de kaartbeelden in Figuur 3 voor de belangrijkste verschillen tussen de scenario's in relatie tot wonen en werken. De verschillen ten aanzien van de overige sectoren zijn vergelijkbaar, maar minder scherp en daarmee minder illustratief. Merk op dat de restricties in Tabel 4 niet alleen betrekking hebben op locaties maar ook op de inrichting ervan, bijvoorbeeld in termen van maximale woningdichtheid.

Naast scenario-specifieke restricties gaat de studie uit van beperkingen die in alle scenario's gelijk zijn. De meeste daarvan hebben betrekking op bestaand bebouwd gebied, en moeten voorkomen dat er op onrealistische locaties gebouwd en (dus) gesloopt wordt. Zo worden in deze toepassing geen gebouwen gesloopt wanneer het gemiddelde bouwjaar van de bestaande bouwvoorraad recenter is dan 1990, of wanneer het energielabel van een woning hoger is dan D of C (afhankelijk van het scenario, zie Tabel 4). Daarbij mogen gebouwen buiten de bestaande plancapaciteit alleen worden gesloopt als ze in eigendom zijn van gemeenten of woningbouwcorporaties en moet het exploitatiesaldo van ontwikkelopties minimaal nul zijn. Woningdichtheden moeten in het geval van transformatie met minimaal 10% toenemen.

Tabel 4 Scenario-specifieke restricties voor wonen en werken.

	Mondiaal Ondernemend (MO)	Snelle Wereld (SW)	Groen Land (GL)	Regionaal Geworteld (RG)
Bestaand omgevingsbeleid	Alleen harde restricties	Alleen harde restricties	Ook zachte restricties	Ook zachte restricties
Slappe/natte gronden	Niet restrictief	Restrictief	Restrictief	Niet restrictief
Zones met hoog overstromingsgevaar	Aangepast bouwen	Aangepast bouwen	Restrictief	Aangepast bouwen
Groen in de stad ⁸	Restrictief tenzij bestaand plan	Restrictief	Restrictief	Restrictief
Hooggewaardeerd landschap	Restrictief vanaf 35 woningen/ha	Restrictief vanaf 40 woningen/ha	Restrictief vanaf 30 woningen/ha	Restrictief vanaf 30 woningen/ha
Energielabel bestaande bebouwing	Restrictief indien hoger dan D	Restrictief indien hoger dan D	Restrictief indien hoger dan C	Restrictief indien hoger dan D

⁸ Sportterreinen, parken en plantsoenen, volkstuinen (CBS Bestand Bodemgebruik 2017).

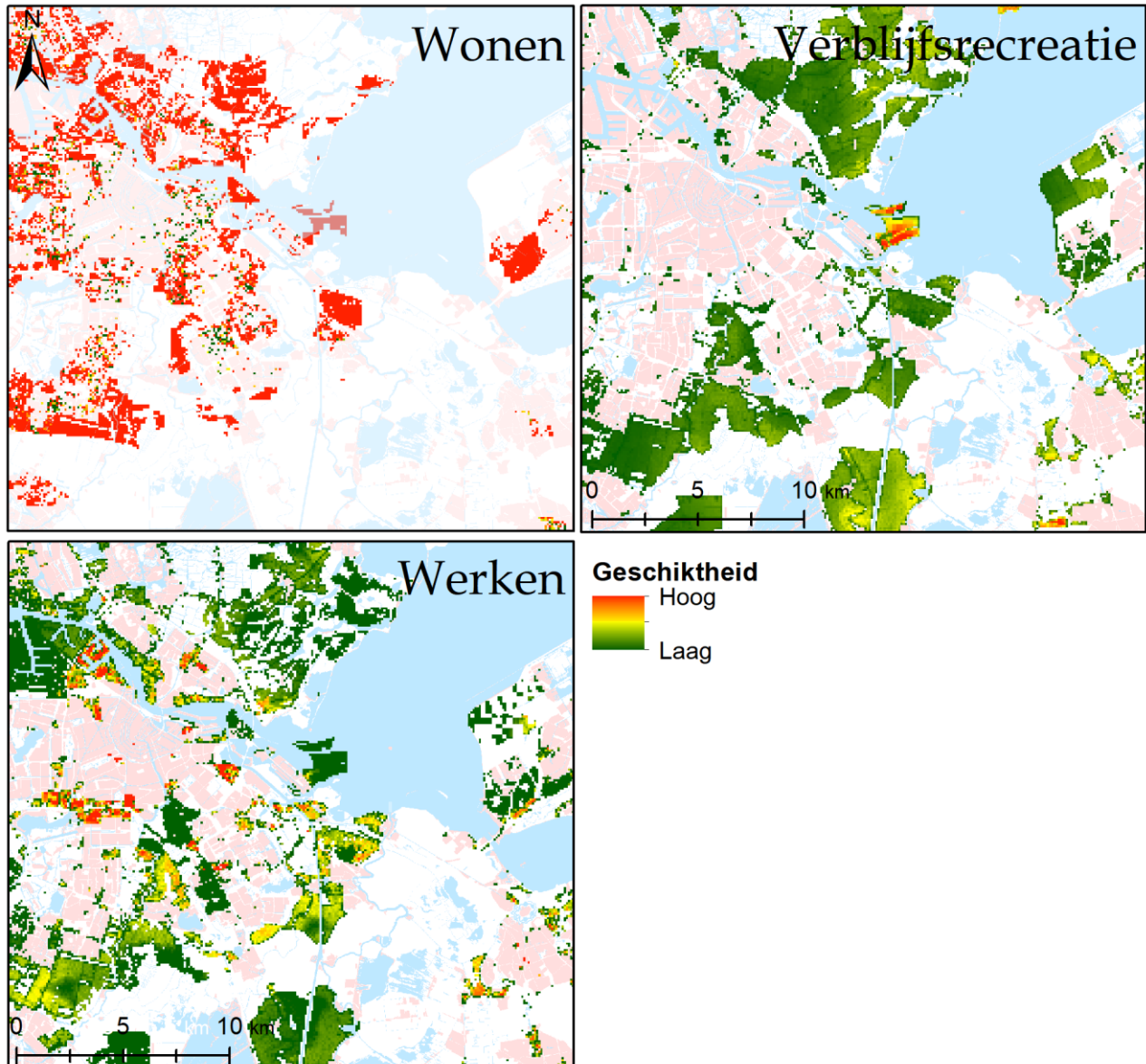


Figuur 3 Beschikbare locaties per scenario voor het ontwikkelpakket eengezinswoningen (stedelijk – vrije sector) in de omgeving van Amsterdam.

Geschiktheid

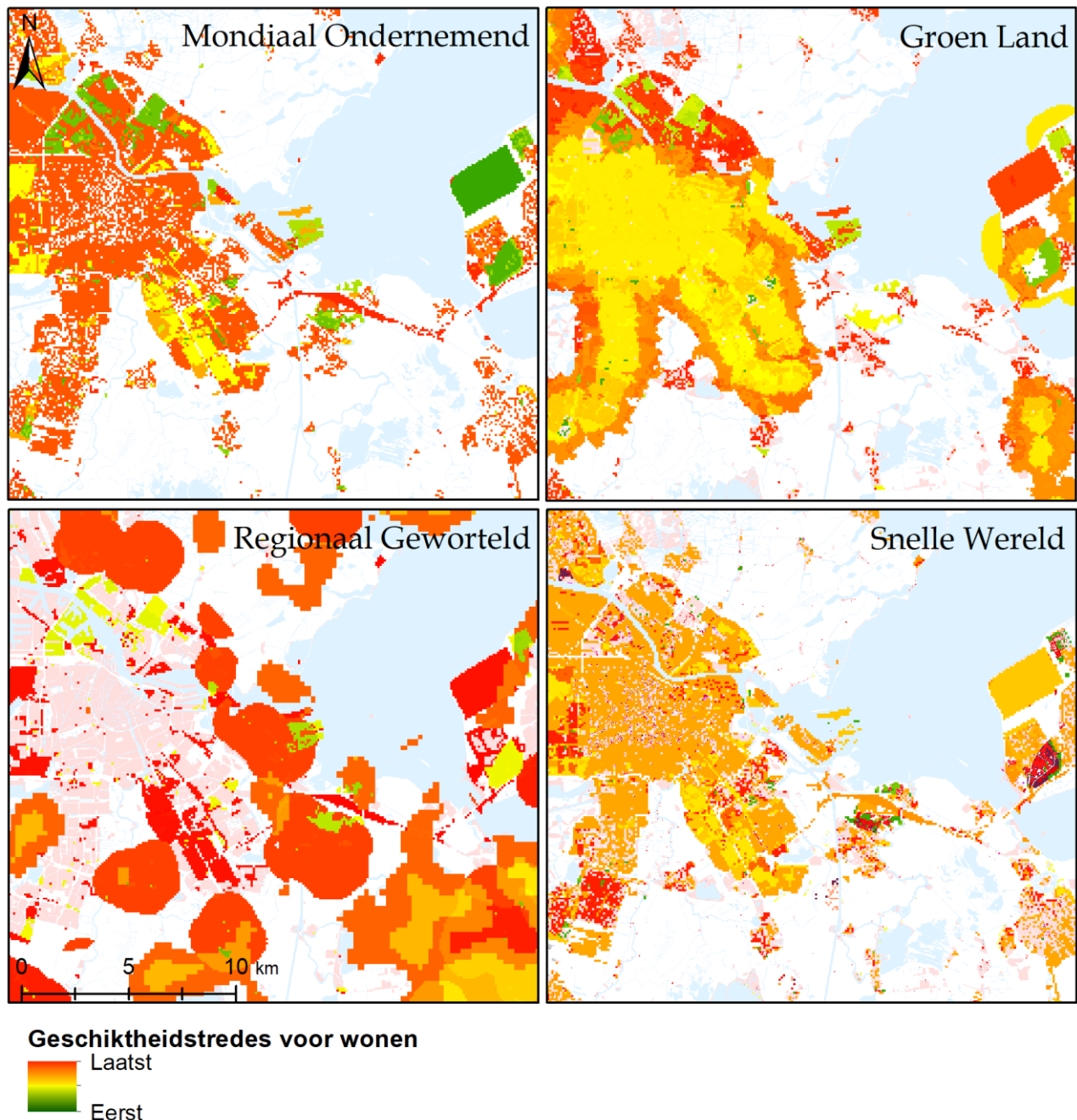
De vervolgvraag is welke beschikbare plekken het meest geschikt worden voorondersteld voor de regionale opgaven. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 wordt deze geschiktheid geduid op basis van zowel empirie (voor zover beschikbaar) als ontwerp, waarbij de empirie voor elk scenario gelijk is. Figuur 4 illustreert deze empirische basis voor specifieke subsectoren binnen wonen (de ontwikkeloptie 'Stedelijk – Meergezins – Vrije Sector'), werken (Zakelijke Dienstverlening) en verblijfsrecreatie. De figuur laat zien dat vooral de geschiktheid voor wonen en werken sterk kan overlappen. In beide gevallen zijn de bereikbaarheid van banen en de beschikbaarheid van stedelijke voorzieningen sterk dominant. Deze overlap betekent dat het potentieel veel kan uitmaken in welke volgorde deze twee sectoren worden gealloceerd. Aangezien wonen in deze

toepassing het eerst aan de beurt komt, komt tenminste een deel van de regionale banengroei in de meeste regio's (i.e. in regio's met een groei van zowel woningen als banen) terecht op plekken die vanuit het perspectief van deze sector suboptimaal zijn. Dit kan worden voorkomen door vooronderstelde toplocaties voor, in dit geval, werken, restrictief te maken voor sectoren die eerder worden gealloceerd (in dit geval wonen). Deze uitzonderingen zijn in deze toepassing niet gemaakt.



Figuur 4 Empirisch bepaalde geschiktheid voor de ontwikkeloptie meergezinswoning (stedelijk, vrije sector, linksboven), voor verblijfsrecreatie (rechtsboven) en voor de subsector zakelijke dienstverlening (linksonder). De kaarten geven alleen de geschiktheid binnen de beschikbare locaties weer voor het Mondiaal Ondernemend scenario.

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 2 is de ontwerpcomponent in principe leidend bij de definitie van de geschiktheid van locaties voor de sectoren, en wordt deze in RuimteScanner 2.0 geoperationaliseerd volgens het 'ladder' concept, met treden die van onder naar boven geredeneerd een aflopende geschiktheid toegewezen krijgen. Tabel 5 en de kaarten in Figuur 5 laten de opbouw van de ladder zien voor de sector wonen.



Figuur 5 Opbouw van de geschiktheidstreden voor wonen per scenario. De groene locaties komen als eerste aan de beurt voor ontwikkeling. De kaarten geven alleen de geschiktheid binnen de beschikbare locaties weer voor het betreffende scenario.

Vooraf harde plannen spelen in deze studie een belangrijke rol. Ze vormen in elk scenario het eerste en dus belangrijkste ordenende principe. Het aantal en de beleidsmatige/thematische achtergrond van de daaropvolgende principes verschillen per scenario, al naar gelang de normatieve insteek hiervan. Het gaat hierbij om het al dan niet voorrang geven aan gronden in eigendom van ontwikkelaars, en/of aan locaties met een beperkt overstromingsgevaar, of plekken met een hoge bereikbaarheid via hoogwaardig openbaar vervoer. Naast plancapaciteit krijgen ook bouwterreinen en braakliggende gronden in elk scenario een (laatste) plaats in de geschiktheidsladder. Pas als deze gevuld zijn komen andere, reeds in gebruik zijnde

locaties in aanmerking voor ontwikkeling. Voor de overige sectoren gelden vergelijkbare principes die, op een vergelijkbare manier zijn uitgewerkt voor zover data (over bijvoorbeeld plancapaciteit) beschikbaar was en dat relevant geacht werd. Overstromingsrisico speelde bijvoorbeeld geen rol bij zonnevelden en windmolenparken.

Tabel 5 Ordenende principes achter de geschiktheidsladders voor wonen en werken, waarbij de belangrijkste verschillen cursief zijn aangegeven.

Ordenend principe	Mondiaal Ondernemend	Snelle Wereld	Groen Land	Regionaal Geworteld
No 1	Plannen (hard/zacht)	Plannen (hard/zacht)	Plannen (hard/zacht)	Plannen (hard/zacht)
No 2	<i>Eigendom</i> (ontwikkelande partij, overig)	<i>Overstromingsgevaar</i> (diverse klassen)	<i>Bereikbaarheid hoogwaardig openbaar vervoer</i> (diverse klassen)	<i>Landschap</i> (hoog gewaardeerd ja/nee)
No 3	Bouwterrein/braak (ja, nee)	Plan capaciteit (zacht, overig)	<i>Overstromingsgevaar</i> (diverse klassen)	<i>Nabijheid kleine bevolkingskernen</i> (ja/nee)
No 4	-	Eigendom (ontwikkelande partij, overig)	<i>Bestaand bebouwd gebied</i> (ja, nee)	Plan capaciteit (zacht, overig)
No 5	-	Bouwterrein/braak (ja, nee)	Plan capaciteit (zacht, overig)	Bouwterrein/braak (ja, nee)
No 6	-	-	Bouwterrein/braak (ja, nee) -	-

Dichtheid

Het laatste onderdeel in de toewijzing van de regionale projecties aan beschikbare en geschikte locaties is het bepalen van de dichtheid. Omwille van bovengenoemde maatschappelijke doelen en prioriteiten ('land take', overstromingsrisico, bereikbaarheid etc.) zijn de (toegestane) dichtheden van wonen en werken vooral hoog in Groen Land. Deze hoge dichtheden worden ingesteld via lokale opslagen op waargenomen dichtheden rond (hoogwaardige) OV-locaties en groot water in en nabij bestaand stedelijk gebied (bijvoorbeeld het havengebied in Rotterdam en Amsterdam-Noord). In dit geval bedraagt de lokale opslag in deze gebieden een factor twee, wat betekent dat de maximale dichtheden in deze scenario's twee keer zo hoog als de huidige dichtheid in deze gebieden. Daarnaast worden in deze twee scenario's 'Super Stedelijke' woonmilieus toegestaan (op bepaalde, centrale locaties), zodat deze maximaal toegestane dichtheden in (steden)bouwkundig opzicht ook gehaald kunnen worden. De andere scenario's kennen lagere dichtheden.

De dichtheden van zonnevelden en windmolenparken worden gebaseerd op kentallen ten aanzien van de technische mogelijkheden en worden in de scenario's gedifferentieerd. Ook de dichtheid van verblijfsrecreatie wordt in elk scenario gedifferentieerd.

3.3 Resultaten

Met RuimteScanner 2.0 wordt een zeer uitgebreide set aan resultaten gegenereerd. In deze paragraaf gaan we nader in op enkele beleidsthema's waarvoor relevante uitkomsten van de verschillende scenario's vergeleken worden. De allocatieresultaten (zoals Figuur 6) zijn weergegeven als nieuwe ontwikkeling van een subsector per gridcel. Als een cel 'Wonen Eengezins Vrije Sector' is, betekent dit dat hier alleen nog eensgezins

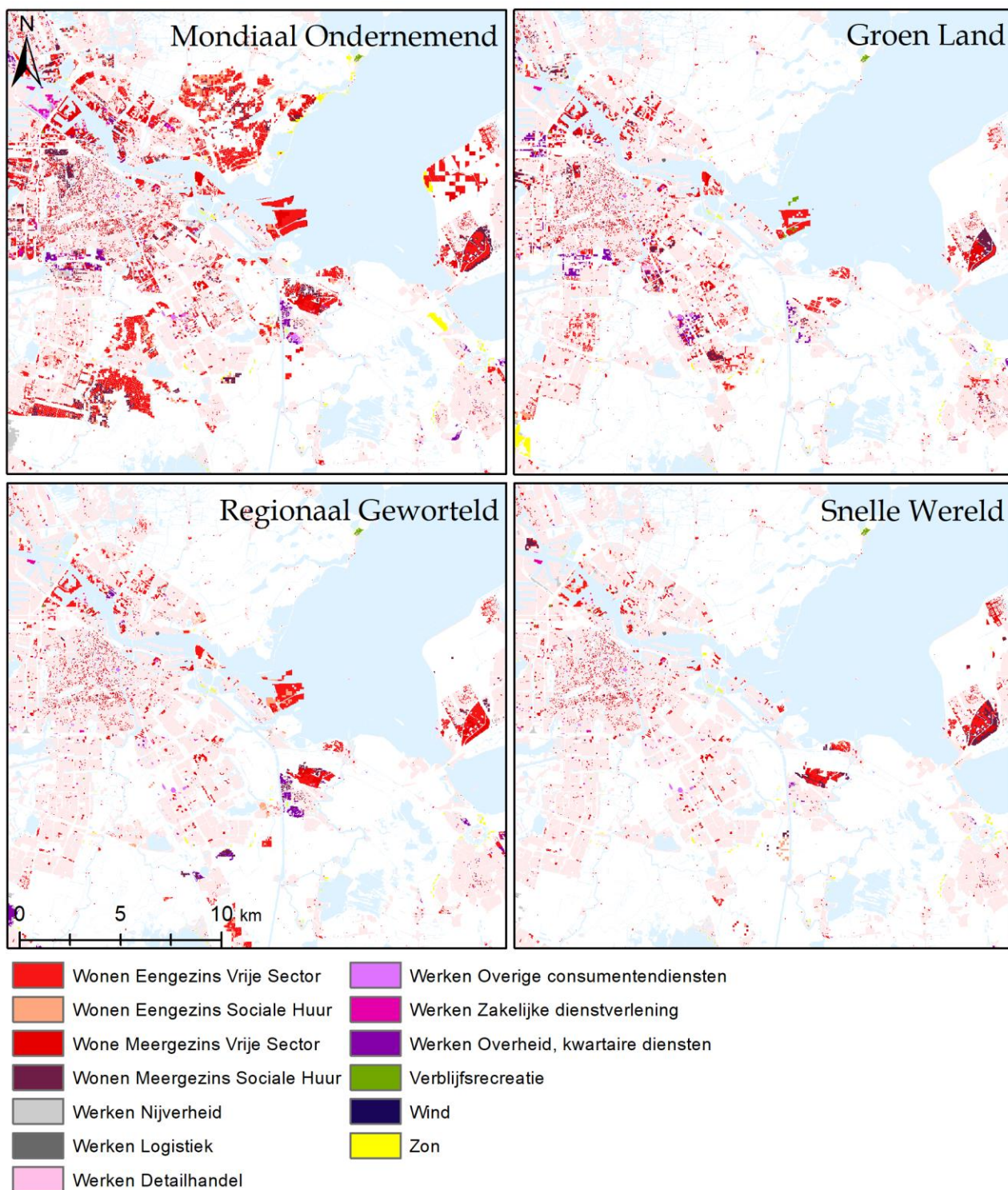
vrijesectorwoningen staan. Nieuwe ontwikkeling betekent dat de cel nu homogeen is, en dus alle eventueel voorgaande gebuiken gesloopt zijn. De dichtheid hiervan kan regionaal verschillen binnen één subsector.

Verstedelijkingspatronen

Conform de verschillende invoer en de diversiteit aan achterliggende scenario's levert de allocatieprocedure sterk verschillende resultaten op. Qua ruimtelijke patronen valt op het eerste gezicht vooral de stedelijke concentratie (Groen Land) versus spreiding (Regionaal Geworteld en Snelle Wereld) op. Deze doet zich vooral voor in de context van het omgevingsscenario Meer (zie Figuur 6).

De concentratie in Groen Land doet zich vooral op lokaal schaalniveau voor, binnen regio's. Dit wordt gestuurd door de beperkt beschikbare en geschikt veronderstelde ruimte in het buitengebied en mogelijk gemaakt voor de hoge (toegestane) dichtheden in en rond de stad. Deze uitkomst illustreert daarmee goed de werking van de RuimteScanner. Op nationale schaal is de verstedelijking in dit scenario beperkt, zeker ten opzichte van Mondiaal Ondernemend. Dit is het gevolg van de vooronderstelde voorkeuren van o.a. bedrijven en huishoudens voor middelgrote steden in de zogenaamde 'intermediaire zone' (de zone tussen de drukke Randstad en de meer perifere landsdelen in het zuiden en noorden van het land).

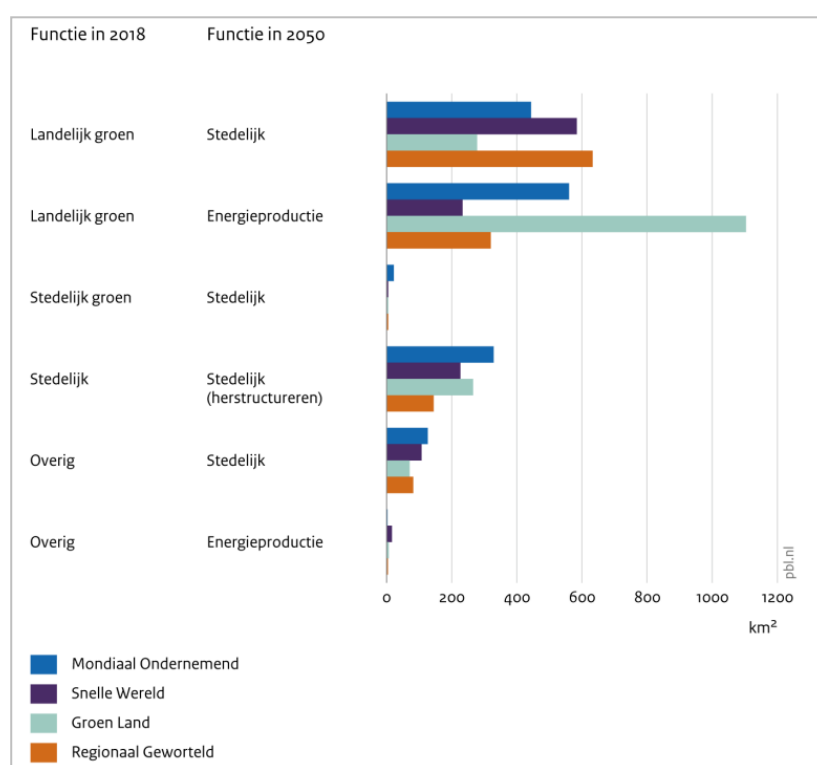
De spreiding in Regionaal Geworteld en Snelle Wereld geldt op beide schaalniveaus. De nationale spreiding is wederom het resultaat van nadrukkelijke regionale voorkeuren (Regionaal Geworteld) of juist de afwezigheid hiervan (Snelle Wereld). Deze afwezigheid van 'traditionele' locatievoorkeuren in dit laatste scenario verklaart eveneens de binnen-regionale spreiding in dit scenario. Locaties moeten in dit scenario vooral goedkoop en snel ontwikkeld kunnen worden.



Figuur 6 Allocatieresultaten in 2050 voor de vier scenario's in het omgevingsscenario Meer.

Stedelijke uitleg en transformatie

Figuur 7 laat de transformatie van bestaand grondgebruik zien die gepaard gaat met de allocatie van de regionale ontwikkelingen in de context van omgevingsscenario Meer. De omvang van de verstedelijking (op zogenaamde uitleglocaties) is het grootst in de spreidingsscenario's Regionaal Geworteld en Snelle Wereld (ongeveer 600 km²). In Groen Land is de verandering van landelijk groen naar stedelijk gebruik ongeveer de helft kleiner. Dit is geheel in lijn met de focus in dit scenario op binnenstedelijke ontwikkeling in hoge dichtheden. Mondiaal Ondernemend neemt in dit opzicht een middenpositie in. Het landelijk groen dat hiermee verloren gaat bestaat in alle gevallen bijna geheel uit grondgebonden landbouw. Naast verstedelijking neemt ook energieproductie (vooral zonnevelden) een aanzienlijk areaal landelijk groen in, vooral in Mondiaal Ondernemend en in Groen Land. In dat laatste scenario worden de nieuw aangelegde zonnevelden gecombineerd met de bestaande (landbouw)functie (open ruimtes tussen de zonne-collectoren).

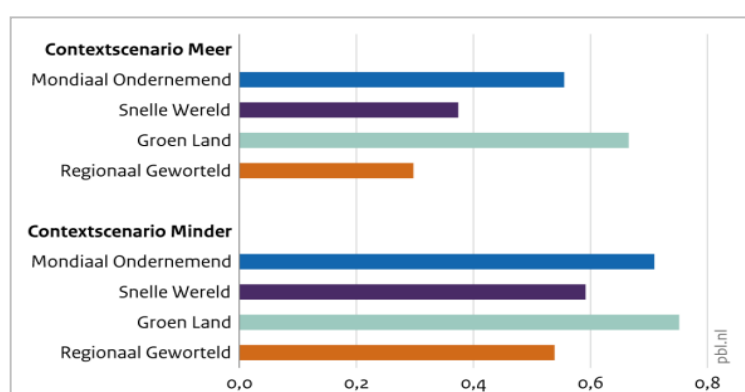


Figuur 7 Transformatie grondgebruik per scenario in omgevingsscenario Meer, 2018 - 2050. Bron (Hamers et al., 2023).

De bebouwing van stedelijk groen (zoals volkstuinen) is vrij beperkt. Dit type groen wordt in alle scenario's in meer of mindere mate beschermd. De bebouwing hiervan neemt met 22 km² het meest toe in Mondiaal Ondernemend. Hoogwaardig groen zoals parken en plantsoenen wordt hierbij over het algemeen gevrijwaard, tenzij er harde verstedelijkingsplannen liggen. Naast verstedelijking van groen is er ook sprake van stedelijke transformatie en herontwikkeling, vooral in Mondiaal Ondernemend en in Groen Land. Bijbehorende arealen zijn bijna even groot als het areaal landelijk groen dat in deze scenario's bebouwd wordt. In vooral Regionaal Geworteld is de stedelijke transformatie aanzienlijk lager. Dat heeft zowel te maken met de spreiding van de verstedelijking over Nederland in dit scenario als met de kleinere rol van binnenstedelijke ontwikkeling.

Inbreiding

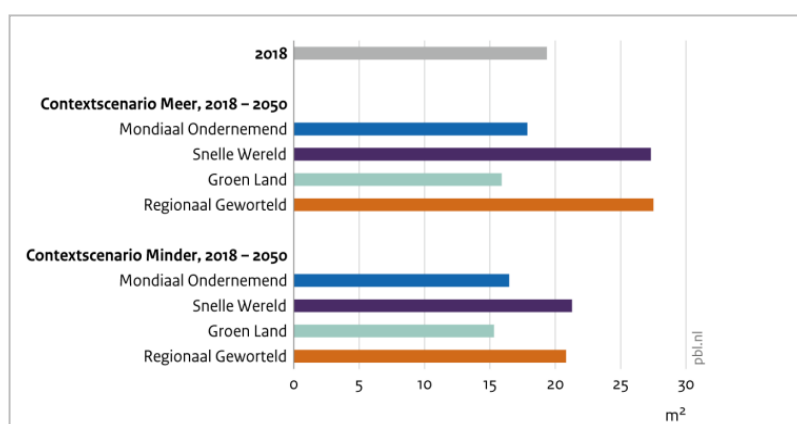
Inzoomend op de inbreiding (het percentage woningbouw in bestaand bebouwd gebied) blijkt dat Groen Land het hoogste aandeel toegevoegde woningen binnen de bestaande stad heeft (zie Figuur 8). Zo'n 65 procent (Meer) tot 75 procent (Minder) van de woningbouw wordt binnenstedelijk gerealiseerd. Ook Mondiaal Ondernemend laat hoge inbreidingspercentages zien (55 resp. 70 procent). In Snelle Wereld en vooral Regionaal Geworteld ligt het aandeel inbreiding aanzienlijk lager. De concentratie is vooral sterk in omgevingsscenario Minder omdat hier relatief veel binnenstedelijke ruimte geschikt is (beschikbare plancapaciteit) ten opzichte van de opgave. Zeker gezien de relatief hoge dichtheden die op deze plekken veelal wordt gerealiseerd, kan een groot deel van de opgave op deze locaties worden gerealiseerd.



Figuur 8 Aandeel inbreiding (t.o.v. aantal nieuwe woningen) per scenario 2018 – 2050. Bron Hamers et al. (2023).

Groen in de woonomgeving

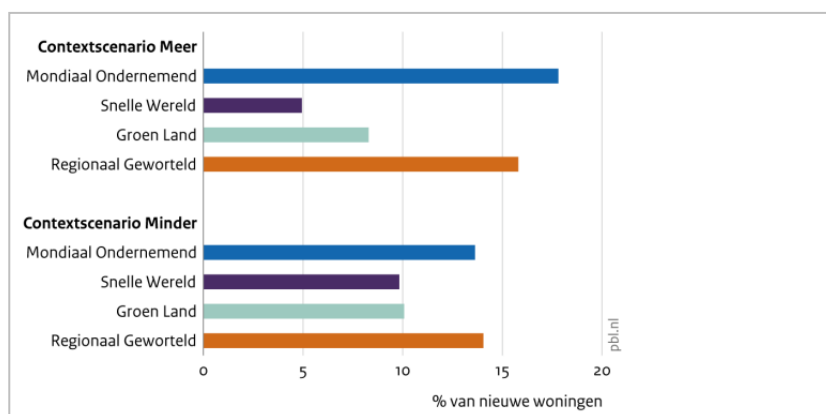
Zoals aangegeven zijn de stedelijke dichtheden in Snelle Wereld en vooral Regionaal Geworteld relatief laag. Dit als gevolg van een combinatie van groene of ontbrekende woonvoorkeuren en een vrij soepel stedenbouwkundig en ruimtelijk beleid. Ook op hoger schaalniveau heeft nieuwbouw in de spreidingsscenario's Snelle Wereld en Regionaal Geworteld het meeste groen binnen bereik. Nieuwbouwwoningen hebben in deze scenario's gemiddeld 8 m² meer groen (een toename van 40 procent) binnen 500 meter van de woning dan de huidige woningvoorraad (zie Figuur 9). In Mondiaal Ondernemend en Groen Land neemt de bereikbaarheid van het groen conform het stedelijk karakter van deze scenario's juist licht af.



Figuur 9 Gemiddelde opperolakte groen binnen 500 meter van nieuwe woningen per scenario. Bron Hamers et al. (2023).

Woningbouw op ongeschikte (natte, slappe, zettingsgevoelige) bodems

In alle normatieve scenario's vindt bij omgevingsscenario Meer tot maximaal een vijfde van de woningbouw plaats in gebieden met natte, slappe, of zettingsgevoelige bodems (Figuur 10). Relatief gezien wordt in Mondiaal Ondernemend en Regionaal Geworteld het meest gebouwd in deze gebieden. In Groen Land en Snelle Wereld is dat het minst het geval. Dat komt in Groen Land doordat deze gronden vanwege het principe 'water en bodem leidend' worden gemeden en in Snelle Wereld doordat er relatief meer woningbouw in hoog-Nederland komt vanwege de lagere woningprijzen aldaar. Dat heeft tot gevolg dat relatief veel nieuwbouwlocaties tot stand komen in de kleinschaliger zandgebieden waar de landschappelijke kwaliteit op dit moment relatief hoog wordt gewaardeerd. Bij Minder is het aandeel van de woningbouw in gebieden met slappe, zettingsgevoelige of natte bodems lager. Bij dit omgevingsscenario varieert het aandeel van 10 procent in Groen Land en Snelle Wereld tot 14 procent in Mondiaal Ondernemend en Regionaal Geworteld.

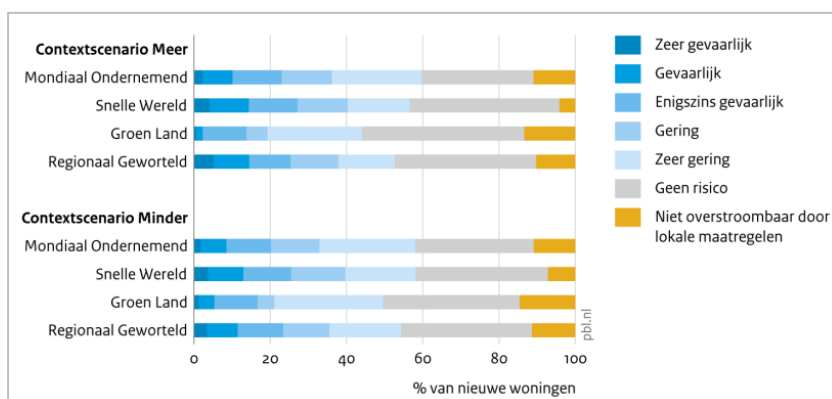


Figuur 10 Bouw van nieuwe woningen op ongeschikte bodems per scenario, 2018 - 2050. Bron Hamers et al. (2023).

Woningbouw in overstroombare gebieden

In Groen Land wordt op de minst gevaarlijke plekken gebouwd. Slechts 3 procent (Meer) en 5 procent (Minder) van de nieuwbouwwoningen komt op locaties met tenminste een middelgrote diepte en kans terecht. In de andere scenario's ligt dit percentage tussen de 10 en 15 procent. Dit percentage is vooral hoog in de

spreidingsscenario's Regionaal Geworteld en Snelle Wereld. Groen Land is in beide opzichten dus het meest veilig: relatief de minste woningbouw op overstroombare plekken en op deze locaties de minste woningbouw op de gevaarlijkere plekken. Mondiaal Ondernemend laat relatief de hoogste blootstelling zien (woningbouw op overstroombare plekken), en Regionaal Geworteld en Snelle Wereld het hoogste gevaar (diepte en kans). In lijn met de uitgangspunten van Groen Land worden overstroombare locaties daar het meest vermeden (Figuur 11).



Figuur 11 Overstromingsrisico van nieuwe woningen per scenario, 2018 - 2050. Bron Hamers et al. (2023).

4 Conclusie en discussie

Het model RuimteScanner kent een lange traditie van ontwikkeling, doorontwikkeling en toepassing. De scope van de toepassingen is breed, met variatie in thematiek, scope, regionale focus, tijdshorizon, ruimtelijk detailniveau etc. Doorontwikkeling en toepassing van het model gaan steeds hand in hand, met (potentiële) nieuwe toepassingen van het model als belangrijkste drijvende kracht. Deze toepassingen vragen om een duidelijke aansluiting op de werelden die met het model worden verkend, met herkenbare (beleids)knoppen, expliciete actoren/stakeholders, herkenbare mechanismen en indicatoren die rechtsreeks hierop terug te voeren zijn. De (beleids)varianten die met het model worden opgebouwd komen bij voorkeur 'tekenend en rekenend' tot stand, in co-creatie met stakeholders en beleidsmakers, met ruimte voor zowel empirie als ontwerp.

Tegen deze achtergrond is een nieuwe modelversie ontwikkeld: RuimteScanner 2.0. In tegenstelling tot eerdere versies beschrijft het nieuwe model de regionale dynamiek aan de vraagkant van de virtuele grond- en vastgoedmarkt in termen van verwachte aantallen actoren (bijvoorbeeld banen) en objecten (bijvoorbeeld wooneenheden). Hiermee sluit het model aan op voor- en nageschakelde modellen die eveneens met actoren en/of objecten rekenen. De nieuwe RuimteScanner versie wijst deze entiteiten toe aan locaties op basis van locatie- en (in het geval van wonen) ontwikkelpakket-specifieke dichtheden, waaraan lokale minima en maxima kunnen worden opgelegd. De woningdichtheden van de ontwikkelpakketten worden opgebouwd uit de vooronderstelde (steden)bouwkundige kenmerken hiervan, zoals aantal bouwlagen, stedelijk groen etc. Deze zijn hiermee intern consistent en bieden aangrijpingspunten voor zowel de definitie van hun lokale geschiktheid als, na de allocatie, effectmodellering (bijvoorbeeld van het stedelijk hitte eilanden effect).

Door de uitsplitsing van een actor-, object- en ruimtegebruikslaag is het vernieuwde RuimteScanner model in staat om onttrekking (actoren) en sloop (objecten) expliciet te administreren en heralloceren. In basis (her)alloceert het vernieuwde model de actoren en objecten op een sequentiële (sector-na-sector) en getrapte (locatietype-na-locatietype) manier. Dit geeft veel ruimte voor ontwerp. Binnen sectoren gebeurt de allocatie nog steeds integraal, met concurrentie tussen verschillende subsectoren zoals bijvoorbeeld bovengenoemde ontwikkelpakketten. De onderliggende geschiktheidskaarten hebben nog steeds een sterke empirische basis. In het geval van wonen wordt deze uitgedrukt in termen van exploitatiesaldi. Dit maakt het mogelijk om minima in te stellen hiervoor en/of externaliteiten hierin te verdisconteren zoals potentiële overstromingsschade. Hiermee kunnen allocatieresultaten worden verkregen die tegelijk realistisch (financieel haalbaar) en maatschappelijk wenselijk zijn.

Het verder ontwikkelde RuimteScanner model heeft zo op meerdere aspecten haar toepassingsbereik versterkt. Het model is vooral geschikter gemaakt voor meer exploratieve toepassingen zoals de Ruimtelijke Verkenning 2023 beschreven in Hoofdstuk 3. Er zijn echter ook verdere ontwikkelpunten aan te wijzen. Meest fundamenteel daarbij, vanuit zowel een theoretisch als praktisch oogpunt, is dat het de voorkeur zou verdienen om meer ruimtevragers in onderlinge concurrentie te kunnen alloceren. Dit vergt echter dat de

geschiktheden voor verschillende ruimtegebruiksfuncties op een eenduidige manier worden gespecificeerd. Idealiter gebeurt dit naar het voorbeeld van de ontwikkelopties binnen de sector wonen, met geschiktheden uitgedrukt in grondexploitatiealdi. Vooralsnog ontbreekt deze informatie voor het thematische detailniveau dat het model nastreeft, maar er is in het verleden al divers onderzoek gedaan naar het definiëren van biedprijzen voor grond en het implementeren daarvan in het model RuimteScanner (Koomen et al., 2015). Bij het opzetten van een meer geïntegreerd model waarin de ruimtevragers in onderlinge samenhang worden gezien kan dit eerdere onderzoek als vertrekpunt dienen en is het aan te bevelen een verkenning te doen naar de ontwikkeling en toepassing van vergelijkbare modellen in andere landen. Bij een dergelijke inventarisatie is het van belang zowel de wetenschappelijke onderbouwing als praktische toepasbaarheid in de Nederlandse beleidscontext te bezien.

Een tweede aandachtspunt betreft de waarschijnlijkheid van de ruimtelijke patronen die met de opeenvolgende RuimteScanner versies werden gesimuleerd. Dit onderwerp komt regelmatig terug in presentaties van ruwe modeluitkomsten in regio-bijeenkomsten. De ruimtelijke resolutie van het model en daarmee de herkenbaarheid van de resultaten, is in de loop van de tijd toegenomen (van 500 via 100 naar 25 meter gridcellen). Dit betekent echter niet automatisch dat de plausibiliteit van de gesimuleerde patronen ook is vergroot. Een groter detailniveau vergt namelijk ook een preciezer beschrijving van de krachten die de veranderingen aandrijven. Die gevraagde precisie verhoudt zich lastig tot het exploratieve karakter van veel modeltoepassingen. Dit is deels op te vangen met heldere communicatie over de doelstelling en aannamen in het simulatieproces. Daarnaast zou meer aandacht besteed kunnen worden aan het objectniveau waarop ruimtelijke veranderingen plaatsvinden. Een mogelijke ontwikkelrichting is allocatie per perceel in plaats van gridcel. Zeer kleine percelen (in de stad) kunnen eventueel van tevoren worden samengevoegd, om bijvoorbeeld een minimum omvang van 1 hectare oppervlak te halen. Zeer grote percelen kunnen vooraf worden opgeknipt, bijvoorbeeld om een maximum van 100 hectare, te verkrijgen.

Verder verdient het de aanbeveling om de actor-laag in het model uit te breiden met bevolking en huishoudens. Analoog aan de banen zouden de regionale projecties van huishoudens uit Tigris XL gebruikt kunnen worden voor de allocatie van 'wonen'. Dit alleen al omwille van interne modelconsistentie en eenvoud in uitlegbaarheid. Daarnaast zou dit nuttig zijn voor effectmodellen zoals slachtoffers bij overstromingen.

Tot slot is de scope van het vernieuwde RuimteScanner model vooralsnog beperkt tot stedelijke functies. In eerdere toepassingen werden ook landelijke functies zoals landbouw en natuur integraal meegenomen. Het ligt voor de hand deze te herintroduceren. Zeker gezien de huidige maatschappelijke en beleidsmatige focus op landbouw- en natuur gerelateerde dossiers (stikstof, watertekorten en -overschotten, waterkwaliteit, soortenrijkdom). Het verdient daarbij de aanbeveling om aan te sluiten op de (effect)modellen ten aanzien van deze functies bij de diverse kennisinstellingen die hieraan rekenen, zoals WUR (ecosysteemdiensten) en Deltares (Landelijk Water Model).

Referenties

- Bemmel, B. v., & Rijken, B. (2019). *GIS analysis of the technical potential of wind energy in the Netherlands AGILE 2019*. Limassol.
- Borsboom-van Beurden, J. A. M., & Zondag, B. (2011). Developing a new, market-based land-use model. In E. Koomen & J. Borsboom-van Beurden (Eds.), *Land-use modeling in planning practice* (pp. 191-209). Dordrecht: Springer.
- Bouwkompas. (2020). van www.bouwkompas.nl
- CBS, PBL, RIVM, & WUR. (2009, 17 december 2009). *Belevingskaart van het Nederlandse landschap*. Geraadpleegd op 12 december, van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1023-belevingskaart-van-het-nederlandse-landschap>
- Claassens, J., Hilferink, M., Rijken, B., & Koomen, E. (2019). *The financial feasibility of residential development options in the existing city* (pp. 41). Amsterdam, The Netherlands: Vrije Universiteit.
- Claassens, J., & Koomen, E. (2017). *Constructing high-resolution housing price indices for the Netherlands Spinlab Research Memorandum SL-14*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Claassens, J., Koomen, E., & Rijken, B. (2020). Linking Socio-economic and Physical Dynamics in Spatial Planning. In S. Geertman & J. Stillwell (Eds.), *Handbook on Planning Support Science* (pp. 383-396): Edward Elgar Publishers.
- Claassens, J., Koomen, E., & Rijken, B. (2023). *Actualisering landgebruik Deltascenario's 2023 SPINlab Research Memorandum* (pp. 34). Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam,.
- de Kleijn, M., Beijaard, F., Koomen, E., & van Lanen, R. (2018). Simulating past land use patterns; The impact of the Romans on the Lower-Rhine delta in the first century AD. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 20, 244-256.
- Dekkers, J. E. C. (2005). *Grondprijzen, geschiktheidkaarten en parameterinstelling in de Ruimtescanner. Technisch achtergrondrapport bij Ruimtelijke Beelden*. Bilthoven.
- Dekkers, J. E. C., & Rietveld, P. (2011). Explaining land-use transition in a segmented land market; potential input to Land Use Scanner. In E. Koomen & J. Borsboom-van Beurden (Eds.), *Land-use modeling in planning practice*. Dordrecht: Springer.
- Diogo, V., Koomen, E., & Kuhlman, T. (2015). An economic theory-based explanatory model of agricultural land-use patterns: the Netherlands as a case study. *Agricultural Systems*, 139, 1-16.
- Diogo, V., Reidsma, P., Schaap, B., Andree, B. P. J., & Koomen, E. (2017). Assessing local and regional economic impacts of climatic extremes and feasibility of adaptation measures in Dutch arable farming systems. *Agricultural Systems*, 157, 216-229.
- Faasen, C. J., Franck, P. A. L., & Taris, A. M. H. W. (2014). *Handboek risicozonering windturbines* (3.1 druk, pp. 212): Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Fakton. (2019). *Studie grondproductiekosten*.
- Groeneveld, J., Müller, B., Buchmann, C. M., Dressler, G., Guo, C., Hase, N., Hoffmann, F., John, F., Klassert, C., Lauf, T., Liebelt, V., Nolzen, H., Pannicke, N., Schulze, J., Weise, H., & Schwarz, N. (2017). Theoretical foundations of human decision-making in agent-based land use models – A review. *Environmental Modelling & Software*, 87, 39-48.
- Hamers, D., Kuiper, R., van Dam, F., Dammers, E., Evenhuis, E., van Gaalen, F., de Hollander, G., van Hoorn, A., van Minnen, J., Nabielek, K., Pols, L., Rijken, B., Rood, T., Snellen, D., Dirx, J., & Wolters, H. (2023). *Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050: Ruimtelijke verkenning 2023, Achtergrondrapport*: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Hilferink, M., & Rietveld, P. (1999). Land Use Scanner: An integrated GIS based model for long term projections of land use in urban and rural areas. *Journal of Geographical Systems*, 1(2), 155-177.

- Kadaster. (2023a). *Basisregistratie Adressen en Gebouwen*. van <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag/over-bag>
- Kadaster. (2023b). *Basisregistratie Topografie*. van <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/brt>
- Koomen, E., & Buurman, J. J. G. (2002). *Economic theory and land prices in land use modeling*. In M. Ruiz, M. Gould & J. Ramon (Eds.), (pp. 265-270): Universitat de les Illes Balears.
- Koomen, E., & Claassens, J. (2022). *Ruimte voor werken; trends en mogelijke ontwikkelingen in ruimtebeslag werken*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Koomen, E., Claassens, J., & König, Y. (2021). *Ruimte voor recreatie; trends en mogelijke ontwikkelingen in ruimtebeslag verblijfsrecreatie*. SPINlab Research Memorandum SL-18. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Koomen, E., Dekkers, J. E. C., & Broitman, D. (2018). Analyzing and simulating urban density: Exploring the difference between policy ambitions and actual trends in the Netherlands. In J.-C. Thill (Ed.), *Spatial Analysis and Location Modeling in Urban and Regional Systems* (pp. 145-171). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Koomen, E., & Diogo, V. (2017). Assessing potential future urban heat island patterns following socio-economic developments and spatial planning strategies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22(2), 287-306.
- Koomen, E., Diogo, V., Dekkers, J. E. C., & Rietveld, P. (2015). A utility-based suitability framework for integrated local scale land-use modelling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 50, 1-14.
- Koomen, E., Hilferink, M., & Borsboom-van Beurden, J. (2011). Introducing Land Use Scanner. In E. Koomen & J. Borsboom-van Beurden (Eds.), *Land-use modeling in planning practice* (pp. 3-21). Dordrecht: Springer.
- Koomen, E., van Bommel, M. S., van Huijstee, J., Andrée, B. P. J., Ferdinand, P. A., & van Rijn, F. J. A. (2023). An integrated global model of local urban development and population change. *Computers, Environment and Urban Systems*, 100, 101935.
- Kuhlman, T., Diogo, V., & Koomen, E. (2013). Exploring the potential of reed as a bioenergy crop in the Netherlands. *Biomass and Bioenergy*, 55, 41-52.
- Kuiper, R., Hamers, D., Nabielek, K., Dam, F. v., Dammers, E., Evenhuis, E., Gaalen, F. v., Hollander, G. d., Hoorn, A. v., Minnen, J. v., Pols, L., Rijken, B., Rood, T., Snellen, D., Dirkx, J., & Wolters, H. (2023). *Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050; Ruimtelijke Verkenning 2023 - hoofdrapport*. Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving.
- Kuiper, R., Rijken, B., & van Bommel, M. S. (2023). *Planmonitor NOVI 2023; Mogelijke toekomstige woon- en werklocaties: risico's voor kwetsbare gebieden*. Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving.
- Lavalle, C., Silva, F. B. E., Baranzelli, C., Jacobs-Crisioni, C., Kompil, M., Perpiña Castillo, C., Vizcaino, P., Ribeiro Barranco, R., Vandecasteele, I., Kavalov, B., Aurambout, J.-P., Kucas, A., Siragusa, A., & Auteri, D. (2020). The LUISA Territorial Modelling Platform and Urban Data Platform: An EU-Wide Holistic Approach. In E. Medeiros (Ed.), *Territorial Impact Assessment* (pp. 177-194). Cham: Springer International Publishing.
- Loonen, W., & Koomen, E. (2009). *Calibration and validation of the Land Use Scanner allocation algorithms*. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Nationale Energieatlas. (2023). *Windturbines*. van <https://www.atlasleefomgeving.nl/windturbines-december-2021-0>
- Nefs, M. (2022). Dutch Distribution Centres 2021 Geodata. *Rotterdam: 4TU ResearchData DOI*, 10(19361018), v1.
- Object Vision. (2023). *Woonpand type*. Geraadpleegd op October 19, van https://github.com/ObjectVision/BAG-Tools/wiki/woonpand_type
- Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M., Hoffmann, M. J., & Deadman, P. J. (2003). Multi-agent systems for the simulation of land use and land cover change: a review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 316-340.

- Perpiñá Castillo, C., Jacobs-Crisioni, C., Diogo, V., & Lavalle, C. (2020). Modelling agricultural land abandonment in a fine spatial resolution multi-level land-use model: An application for the EU. *Environmental Modelling and Software*, 136.
- Rietveld, P., & Koomen, E. (2004). De "discrete choice" theorie voor ruimtegebruikmodellering, de economische achtergrond van de Ruimtescanner Lumos Symposium "Landgebruiksmodellering voor beleidsondersteuning" (pp. 11-13). Bilthoven Nederland: RIVM Bilthoven.
- Rijken, B., van Duinen, L., & Buitelaar, E. (2017). Woningbouwmogelijkheden in de bestaande stad: een regionale verkenning. *Real Estate Research Quarterly*, 16(1), 22-27.
- RVO. (2016). *Grondgebonden zonneparken: verkenning naar de afwegingskaders rond locatiekeuze en ruimtelijke inpassing in Nederland* (pp. 39): RVO.
- Schotten, C. G. J., Velde, R. J. v. d., Scholten, H. J., Boersma, W. T., Hilferink, M., Ransijn, M., Rietveld, P., & Zut, R. (1997). *De Ruimtescanner, geïntegreerd ruimtelijk informatiesysteem voor de simulatie van toekomstig ruimtegebruik*. Bilthoven: National institute for Public Health and the Environment (RIVM).
- Timmermans, H., Batty, M., Couclelis, H., & Wegener, M. (2007). *Scientific Audit Of National Land Use Models ; Report and Recommendations of the Audit Committee*. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP).
- Van den Born, G. J., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Van Bommel, B., & van der Sluis, S. (2016). *Dalende bodems, stijgende kosten*. Den Haag, The Netherlands: PBL Planbureau voor de Leefomgeving.
- van der Molen, F., Poorthuis, W., Zwamborn, A., Tigchelaar, C., Niessink, R., & Rovers, V. (2023). *Functioneel ontwerp Hestia 1.0: ruimtelijke energiemodel voor de gebouwde omgeving* (pp. 213). Den Haag, Netherlands: Planbureau voor de Leefomgeving.
- van Huijstee, J., van Bommel, B., Bouwman, A., & van Rijn, F. (2018). *Towards an urban preview; Modelling future urban growth with 2UP* (Vol. 3255). The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Verdonk, L. (2023). *Analysing the location choice of solar fields in the Netherlands*. BSc thesis Earth science and Economics.
- Wolters, H. A., Born, G. J. v. d., Dammers, E., & Reinhard, S. (2018). *Deltascenario's voor de 21e eeuw, actualisering 2017*. Utrecht: Deltares.
- Zondag, B., De Bok, M., Willigers, J., Baak, J., Pieters, M., Ruijs, K., & De Graaff, T. (2015). *Systeem Documentatie TIGRIS XL V6.0*. Den Haag: Significance.
- Zondag, B., & Geurs, K. (2011). Coupling a detailed land-use model and a land-use and transport interaction model. In E. Koomen & J. Borsboom-van Beurden (Eds.), *Land-use modeling in planning practice* (pp. 79-95). Dordrecht: Springer.

Bijlage 1 Kenmerken ontwikkelpakketten

Tabel 6 Ontwikkelpakketten in de Ruimtelijke Verkenningen toepassing en hun kenmerken.

Pakketnaam	Woningtype	Sector	Woonoppervlakte	IsHoogbouw	Dichtheid
SuperStedelijkVS	Meergezins	VrijeSector	75	Ja	242,7
HoogStedelijkVS	Meergezins	VrijeSector	85	Nee	137,7
StedelijkMGVS	Meergezins	VrijeSector	95	Nee	61,6
LaagStedelijkMGVS	Meergezins	VrijeSector	105	Nee	37,1
StedelijkEGVS	Eengezins	VrijeSector	125	Nee	53,5
LaagStedelijkEGVS	Eengezins	VrijeSector	140	Nee	34,2
DorpsLandelijkVS	Eengezins	VrijeSector	160	Nee	18,1
DorpsLandLaagVS	Eengezins	VrijeSector	160	Nee	7,6
TinyHousesVS	Eengezins	VrijeSector	25	Nee	15,2
TinyHousesLaagVS	Eengezins	VrijeSector	25	Nee	9,1
SuperStedelijkSH	Meergezins	SocialeHuur	65	Ja	280,0
HoogStedelijkSH	Meergezins	SocialeHuur	75	Nee	156,0
StedelijkMGSH	Meergezins	SocialeHuur	85	Nee	68,8
LaagStedelijkMGSH	Meergezins	SocialeHuur	95	Nee	41,1
StedelijkEGSH	Eengezins	SocialeHuur	100	Nee	66,9
LaagStedelijkEGSH	Eengezins	SocialeHuur	115	Nee	41,6
DorpsLandelijkSH	Eengezins	SocialeHuur	130	Nee	22,2

Tabel 7 In te stellen kenmerken per ontwikkelpakket.

Naam	Uitleg
Woninghoofdtype	Meergezins (MG) of eengezins (EG)
Woningsectortype	Vrije sector (VS) of Sociale huur (SH)
Oppervlakte per woning	
Aantal kamers	
Aantal badkamers	
Heeft privé parkeermogelijkheid	
Floor Space Index (FSI)	Netto FSI (= vloeroppervlak van alle gebouwen/terreinoppervlakte) per buurt
Ground Space Index (GSI)	Netto GSI (= pandfootprint/ terreinoppervlak) per buurt
Woonpand type	Vrijstaand, twee-onder-één-kap, rijtjeswoning, appartement
Weging nationaal niveau	Voornamelijk onderscheid tussen Randstad en daarbuiten, eventueel grotere steden. Op basis van reistijd tot 500,000 inwoners.
Weging regionaal niveau	Reistijd tot treinstations
Weging lokaal niveau	Hoeveelheid voorzieningen op basis van een stedelijke attractiviteit index (die een maat geeft voor de hoeveelheid winkels, horeca, musea, en monumenten in de omgeving ⁹).
Weging zeer nabij groen	Buffer om groen in Bestand Bodemgebruik van CBS
% verhard in uitgeefbare grond	
% verhard in openbare ruimte	
% boom in onverhard uitgeefbaar	
% gras in onverhard uitgeefbaar	
% struik in onverhard uitgeefbaar	
% boom in onverhard openbaar	
% gras in onverhard openbaar	
% struik in onverhard openbaar	
<i>Afgeleide parameters</i>	
BVO per woning	Via vormfactor
Aantal bouwlagen	FSI / GSI
Is gebouw hoogbouw	(Aantal bouwlagen * bouwlaaghoogte) > hoogbouw grens
Dichtheid	FSI / BVO

⁹ Vergelijkbaar met de Urban Attractivity index, zie: <https://doi.org/10.34894/axrcru>

Bijlage 2 Vier normatieve scenario's

Mondiaal Ondernemend (MO)

In het scenario Mondiaal Ondernemend is de samenleving individualistisch en domineert het marktdenken in de economie. Grote bedrijven nemen het voortouw. Eigen verantwoordelijkheid staat voorop, ook om te verduurzamen. Een van de kenmerkende ontwikkelingen in dit toekomstige Nederland is een groter contrast tussen verdergaande verstedelijking in het westen en midden van Nederland en minder stedelijke ontwikkeling en een meer op recreatie-, zorg en landbouwgerichte economie elders in het land.

Snelle Wereld (SW)

In het scenario Snelle Wereld valt de samenleving uiteen in allerlei leefstijlgroepen. Deze 'bubbels' vinden het belangrijk zich van elkaar te onderscheiden. Het leven speelt zich grotendeels af in het digitale domein; de fysieke ruimte boet aan belang in. Allianties van kleinere, innovatieve bedrijven en leefstijlgroepen nemen in deze toekomst het voortouw. Zij vinden keuzevrijheid en flexibiliteit belangrijk. Een van de gevolgen hiervan is een wat rommelige en veranderlijke ruimtelijke inrichting van het land.

Groen Land (GL)

In het scenario Groen Land zien mensen zich als onderdeel van de natuur. Ze beschouwen vergroening als een collectieve publieke opdracht en sporen de Rijksoverheid aan om daarbij de regie te nemen. In deze toekomst staat het respecteren van ecologische grenzen bovenaan, ook als dit ten koste gaat van de vrijheid om te consumeren. Natuurlijke oplossingen domineren, bijvoorbeeld door water meer ruimte te geven. Bebouwing vindt in deze toekomst zoveel mogelijk plaats binnen de bestaande stad en geconcentreerd rond openbaarvervoerknooppunten.

Regionaal Geworteld (RG)

In het scenario Regionaal Geworteld maken lokale en regionale gemeenschappen de dienst uit. Mensen kennen elkaar, voelen zich onderling verbonden en zijn trots op de buurt, de wijk en het landschap. Samen dragen ze zorg voor hun nabije omgeving. In deze toekomst is de verstedelijking verspreid over het land; grote steden zijn kleinschalig uitgebreid, kleinere steden en dorpen zijn organisch gegroeid. Kleinschaligheid en lokale en regionale functiemenging zijn de norm. Het uitgangspunt is zoveel mogelijk regionale zelfvoorziening (waar mogelijk).

Tabel 8 Geaggregeerde, nationale projecties in objectaantallen per subsector per scenario, basisjaar – 2050.

	Meer				Minder			
	MO	GL	GR	SW	MO	GL	GR	SW
<i>Woningen</i>								
eengezins-koop	970.800	493.040	847.040	1.037.230	392.750	144.060	224.310	363.930
eengezins-huur	222.303	112.903	193.963	237.513	89.943	32.992	51.369	83.343
meergezins-koop	533.590	462.860	298.940	572.690	275.590	202.050	115.520	266.030
meergezins-huur	518.540	449.810	290.510	556.540	267.820	196.360	112.270	258.540
<i>Banen</i>								
nijverheid	-8.110	-320.240	50.330	-320.000	-240.020	-506.270	-190.130	-506.050
logistiek	173.350	-110.056	-104.785	13.110	-3.020	-244.723	-240.191	-139.684
detailhandel	71.926	-7.730	200.538	-102.636	-52.786	-120.687	56.826	-201.695
zakelijke dienstverlening	26.430	-19.300	83.760	183.990	-134.149	-173.167	-85.240	180
overige consumentendiensten	476.130	289.040	-239.540	1.098.510	123.460	-36.090	-487.030	654.370
overheid/kwartaire diensten	272.020	1.199.250	1.030.590	148.230	-102.960	687.770	543.900	-208.110
Verblijfsrecreatie (aantal obj.)	51.890	51.890	51.890	51.890	51.890	51.890	51.890	51.890
Zonne-energie (gigawatt)	3.113	7.113	7.113	3.113	3.113	7.113	7.113	3.113
Windenergie (gigawatt)	14.885	14.885	-1.869	-1.869	14.885	14.885	-1.869	-1.869

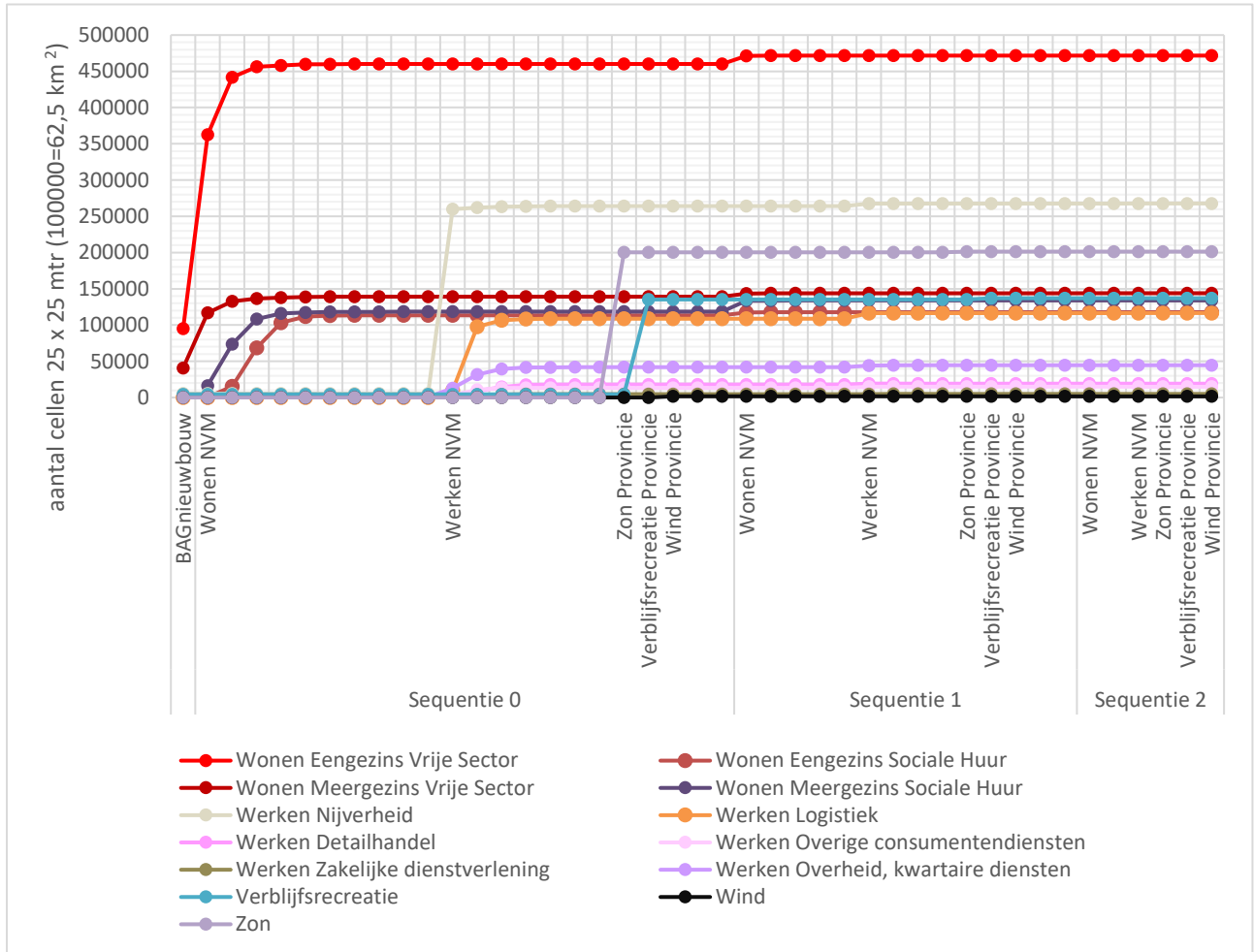
Bijlage 3 Verloop van het allocatieproces

In Figuur 12 is het verloop van het allocatieproces per subsector weergegeven zoals die in de in de Ruimtelijke verkenningen studie is geïmplementeerd. Op de x-as zijn de opeenvolgende tussenstappen (*iteraties*) in het allocatieproces te zien, terwijl de y-as het aantal toegewezen cellen per tussenstap toont. De allocatie is in deze toepassing opgedeeld in drie *sequenties* die steeds in dezelfde volgorde de vraag van een sector binnen bepaalde regio's toedeelt in opeenvolgende iteraties. In elke iteratie is telkens een specifieke sector met een bepaalde regio-indeling aan de beurt.

De allocatie start met wonen, waarbij allereerst de al in de BAG opgenomen ontwikkelingen worden toegewezen (zie de sectie over recente ontwikkelingen in Hoofdstuk 2). Vervolgens wordt wonen op NVM-regioniveau gealloceerd, hierbinnen zijn er 10 iteraties waarbij steeds woningen in de vier woon-subsectoren wordt toegewezen. Uit de figuur blijkt duidelijk dat in de eerste iteratie veel woningen aan cellen worden toegewezen, en dat dit steeds minder wordt in opvolgende iteraties naarmate het model het gevraagde aantal nadert. Dit wordt vervolgd met werken, op NVM-regio niveau, wederom met 10 iteraties. Daarna volgt één zon-iteratie op provincie niveau, één iteratie verblijfsrecreatie op provincie niveau en volgens nog drie iteraties wind op provincie niveau. Het maximumaantal iteraties per sector-regio combinatie wordt vooraf door de gebruiker bepaald, maar hoeft niet gehaald te worden als aan de ruimtevraag voor de subsectoren voldaan, of als er geen extra toewijzing meer plaatsvindt omdat alle beschikbare en geschikte locaties al gevuld zijn.

Na de eerste sequentie, wordt de allocatie gedeeltelijk herhaald in de volgende sequenties, om verdrukte subsectoren alsnog te alloceren. Deze verdrukking kan optreden als objecten of actoren door sloop of uitplaatsing in een regio verplaatst zijn en de dus nog niet aan de vraag per regio voldaan is. De figuur laat zien dat met elke stap steeds minder extra gridcellen gevuld worden. Zeker in de latere iteraties en sequenties wordt steeds minder toegevoegd. Er zijn dus niet altijd evenveel iteraties nodig om aan de vraag te voldoen.

In deze toepassing is geen overloop naar omliggende gebieden gemodelleerd omdat binnen de NVM-regio's steeds voldoende ruimte voor de vraag naar wonen en werken werd gevonden. Het model biedt echter ook de mogelijkheid om na toewijzing van bijvoorbeeld wonen op NVM-niveau, de toewijzing op een grover (zeg Provincie-niveau) te herhalen om eventuele restclaims uit overvolle regio NVM-regio's in omliggende regio met geschikte ruimte te plaatsen.



Figuur 12 Verloop allocatieproces van basisjaar naar 2050 voor Mondiaal Ondernemend.