

## Integrale ruimtelijke uitwerking transformatieve verstedelijking



# Integrale ruimtelijke uitwerking transformatieve verstedelijking

**Auteur(s)**  
Bart Rijken

## Integrale ruimtelijke uitwerking transformatieve verstedelijking

<b>Opdrachtgever</b>	Planbureau voor de Leefomgeving
<b>Contactpersoon</b>	Frank van Gaalen
<b>Projectreferenties</b>	Referenties
<b>Trefwoorden</b>	Transformatief, ruimtelijke adaptatie, RuimteScanner, gevolgbeperking, overstromingsschade, waterretentie

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	30-03-2026
<b>Projectnummer</b>	11212760-001
<b>Document ID</b>	11212760-001-ZWS-0001
<b>Pagina's</b>	19
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	Definitief

### Auteur(s)

	Bart Rijken	

# Inhoud

	<b>Inhoud</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>6</b>
2.1	Toekomstig ruimtegebruik	6
2.2	Gevolgbeperving	7
2.2.1	Overstromingen	7
2.2.2	Hevige neerslag	7
<b>3</b>	<b>Maatregelen</b>	<b>9</b>
3.1	Locatiemaatregelen	9
3.1.1	Beschikbaarheid	9
3.1.2	Geschiktheid	9
3.1.3	Capaciteit	10
3.2	Inrichtingsmaatregelen voor waterberging	11
<b>4</b>	<b>Effecten</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Conclusie en discussie</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>14</b>
<b>A</b>	<b>RuimteScanner</b>	<b>15</b>
A.1	Achtergrond	15
A.2	Het model op hoofdlijnen	15
A.3	Modelinvoer	16
A.4	Toewijzingsmechanisme	17
A.5	Resultaten	17
A.6	Recente ontwikkelingen en ontwikkelagenda	18
A.7	Literatuur	18

# 1 Inleiding

Nederland heeft de ambitie om in 2050 klimaatbestendig te zijn. Op verzoek van het Directeurenoverleg Nationale Adaptatie Strategie (NAS) verkent het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) hoe dit kan worden gerealiseerd. Hierbij liggen twee ‘adaptatierichtingen’ voor: 1) *Intensiveren* van bestaande, vooral technische maatregelen die bestaande (ruimtelijke) functies faciliteren; 2) *Transformeren* naar een meer klimaatbestendige ruimtelijke inrichting, met robuustere (natuurlijke) systemen als belangrijk middel.

Dit rapport richt zich op de ‘transformatieve’ richting. De vraag is hoe deze kan bijdragen aan gevolgbeperving van overstromingen en hevige neerslag in de stad. Bijvoorbeeld via bouwrestricties op gevaarlijke locaties en ruimtelijke reserveringen voor waterberging. Een belangrijk aandachtspunt is dat de maatregelen substantiële neveneffecten kunnen hebben. Zo kan de waterberging bijdragen aan een gezonde leefomgeving, maar ook ten koste gaan van beschikbare bouwgrond in en rond de stad. Dit laatste kan leiden tot hogere vastgoedprijzen en/of kleinere panden/tuinen, en/of de verdringing van huishoudens naar naburige regio’s.

De kunst is de transformatieve maatregelen zo ‘in te regelen’ dat maximale gevolgbeperving wordt verkregen met maximale positieve neveneffecten – en minimale negatieve neveneffecten. De focus van deze studie is op het laatste. Om gevoel te krijgen bij de ‘beleidsruimte’ hiervoor werken we twee transformatieve beleidsvarianten uit. De maatregelen en effecten uit het Business as Usual (BaU) scenario van de recente Welvaart en Leefomgeving studie (PBL, 2025) dienen als referentie. Ook de regionale groei de werkgelegenheid en woningvraag worden op deze studie gebaseerd. We gaan daarbij uit van het hoge groei scenario, met 2050 als zichtjaar.<sup>1</sup>

Om rekening te kunnen houden met ruimtelijke verschillen en afhankelijkheden evalueren we de varianten met het RuimteScanner model. Hiermee zetten we de maatregelen en effecten letterlijk op kaart. Dit doet het model door de groei van werkgelegenheid en woningvraag toe te wijzen aan locaties op basis van hun vooronderstelde beschikbaarheid, geschiktheid en capaciteit. Naast verstedelijkingspatronen leidt het model hieruit drie neveneffecten af: 1) het aandeel van de regionale vraag dat binnen de voorkeursregio kan worden geacommodeerd; 2) bijbehorende dichtheden (woningdichtheden bijv.); 3) de geschikte landbouwgrond die hiermee verdwijnt. De gevolgbeperving wordt met nageschakelde effectmodellen berekend.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 gaat dieper in op de methode: de wijze waarop de twee transformatieve varianten werden opgebouwd en geëvalueerd. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de vooronderstelde maatregelen in de beleidsvarianten. In hoofdstuk 4 staan de resultaten centraal: de gevolgbeperving en neveneffecten in de verschillende varianten. Hoofdstuk 5 sluit af met een conclusie en discussie.

---

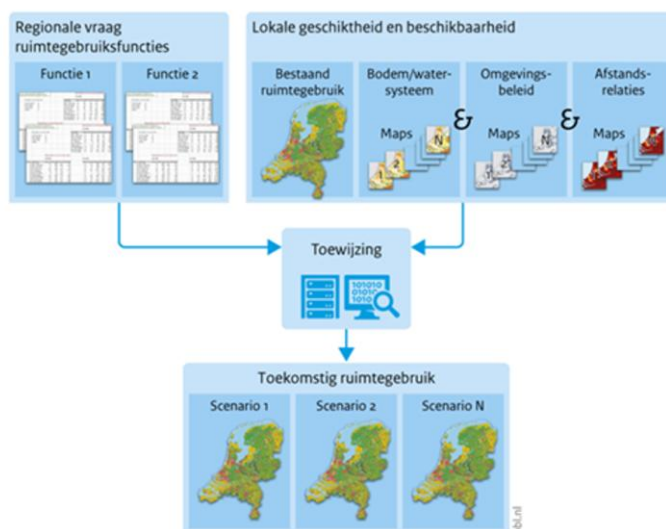
<sup>1</sup> Ten opzichte van lagere groeiscenario’s geeft dit een hoge stedelijke ruimtedruk. De noodzaak tot ruimtelijke keuzen zal hiermee groot zijn. Deze verkenning geeft in dit opzicht dus een ‘plausibele bovengrens’. In een lager groeiscenario zal de druk en noodzaak tot keuzen kleiner zijn.

## 2 Methode

### 2.1 Toekomstig ruimtegebruik

Voor de benodigde consistentie, transparantie en flexibiliteit creëren en evalueren we de varianten en hun (gevolgbeperkende) maatregelen met het integrale GIS-model RuimteScanner (Koomen et al., 2024; PBL 2023; 2024). Dit model is werd dan 25 jaar geleden ontwikkeld voor de simulatie van mogelijke ruimtegebruiksveranderingen en de evaluatie van omgevingsbeleid op maatschappelijke effecten zoals voorliggende gevolgbeperking.

Het basisprincipe bestaat uit de toewijzing van regionale projecties van ruimtegebruiksfuncties zoals woningen, banen, windmolens, zonneparken etc., aan locatietypen en locaties. Dit gebeurt op basis van hun *beschikbaarheid* (gegeven ruimtelijke restricties op overstromingsgevaarlijke plekken bijvoorbeeld), *geschiktheid* (bijv. op basis van waargenomen huishoudensvoorkeuren) en *capaciteit* (maximale woningdichtheden per hectare bijvoorbeeld). De regionale projecties zoveel mogelijk binnen de voorkeursregio's gerealiseerd, op plekken die hiervoor het meest geschikt zijn, rekening houdend met de beschikbaarheid en capaciteit van de locaties hiervoor (zie Figuur 2-1 en Bijlage A).



Figuur 2-1 Conceptueel model RuimteScanner. Bron: PBL, 2023

Het primaire modelresultaat: een kaart van de mogelijke toekomstige ruimtegebruiksveranderingen onder deze vooronderstellingen. Hiervan kan worden afgeleid welke arealen van bestaande ruimtegebruiksfuncties hiermee zouden verdwijnen. Bijvoorbeeld bovengenoemde 'geschikte' landbouwgrond<sup>2</sup>. Daarnaast wordt een tweetal schaarste-indicatoren afgeleid: 1) het aandeel van de regionale projecties dat binnen de regio kan worden gerealiseerd en; 2) de gemiddelde dichtheid waarin de ruimtegebruiksfuncties worden gerealiseerd (woningen en banen per hectare bijvoorbeeld). In deze studie beschouwen we deze indicatoren als neveneffecten van de gewenste gevolgbeperking.

<sup>2</sup> We berekenen het mogelijke verlies aan 'geschikte landbouwgrond' simpelweg via een selectie van de gesimuleerde toekomstige verstedelijking. We selecteren we het deel dat terecht komt op plekken die door Scholten et al. (2021) worden gekwalificeerd als "goed geschikte landbouwgebieden met agrarische productie als hoofdfunctie, te realiseren met een duurzame, emissiearme kringlooplandbouw met (inter)nationale perspectieven."

## 2.2 Gevolgbeperking

### 2.2.1 Overstromingen

We drukken de mogelijke gevolgbeperking van overstromingen uit in termen van schadereductie. Het gaat hierbij zowel om directe (zoals aan de nieuw gesimuleerde gebouwen) als indirecte schade (bijvoorbeeld productieverlies door het stilliggen van bedrijven). De schadereductie wordt berekend op basis van de HIS-SSM systematiek (Slager et al., 2017). We nemen de gesimuleerde lokale ruimtegebruiksveranderingen uit RuimteScanner als uitgangspunt en rekenen deze via een overstromingsdieptekaart<sup>3</sup> en schadefuncties<sup>4</sup> om naar potentiële schade<sup>5</sup>. Hoe minder verstedelijking op diepe, overstroombare plekken, hoe lager de potentiële schade en hoe hoger de gevolgbeperking. Gevolgbeperking wordt bereikt door in RuimteScanner 'elders' en/of 'anders' te bouwen, gestimuleerd resp. afgedwongen via aanpassingen van de geschiktheid en beschikbaarheid van locaties hiervoor.

### 2.2.2 Hevige neerslag

In tegenstelling tot de gevolgbeperking van grootschalige overstromingen drukken we de gevolgbeperking van hevige neerslag uit in termen van waterdieptereductie. De gevolgbeperking is gelijk aan de waterdiepte na hevige neerslag in de bestaande situatie minus de waterdieptereductie als gevolg van de toegevoegde waterberging per beleidsvariant<sup>6</sup>. We berekenen de waterdiepte en -berging op een ruimtelijke resolutie van 1 hectare gridcellen.<sup>7</sup>

Tabel 2-1 Bergingscapaciteit per waterbergingsmaatregel. Bron: Deltares, 2021.

Maatregel	Bergingscapaciteit (m3 per m2)
Wadi	0.35
Holle weg	0.10
Halfverharding	0.05
Groen dak	0.01

We berekenen de toegevoegde waterberging door het ruimtegebruik uit RuimteScanner te vermenigvuldigen met het vooronderstelde aandeel dat voor een waterbergingsmaatregel kan worden gebruikt en het resultaat te vermenigvuldigen met de bergingscapaciteit van deze maatregel. De aandelen waterberging per ruimtegebruiksklasse verschillen per variant. De bergingscapaciteit per maatregel wordt in de varianten gelijk voorondersteld (zie Tabel 2-1).

<sup>3</sup> We gaan uit van dieptes met een faalkans van extreem klein en hoger. Het gaat om kaart B5 uit tabel 2-1 op blz. 12 uit Stouten e.a., 2024.

<sup>4</sup> Er zijn sterke aanwijzingen dat de schadefuncties de opstalschade aan eengezinswoningen fors onderschat voor waterdieptes van 0 tot 2 meter. (de Moel e.a., 2025).

<sup>5</sup> We kijken naar de schade op binnendijkse locaties bij overstromingen uit het hoofdwatersysteem, vanuit de grote rivieren, meren en zee. Merk op dat het om hypothetische overstroming gaat: een combinatie van alle denkbare overstromingen met bijbehorende diepen en rijkwijdten.

<sup>6</sup> In werkelijkheid lijdt niet elke diepte tot onwenselijke gevolgen zoals schade aan gebouwen en vertraging in het verkeer (voertuigverliesuren en afnamen van vervoersbewegingen). Reducties van deze waterdiepten, via waterberging, zullen deze schade bovendien niet (lineair) verminderen. Idealiter wordt bij de duiding van de gevolgbeperking van hevige buien rekening gehouden hiermee en wordt de gevolgbeperking uitgedrukt in termen van schade.

<sup>7</sup> De Waterbergingsvraag en -aanbod worden dus verrekend per 1 ha gridcel. Dit is een grove abstractie. Idealiter worden de berekeningen gedaan per hydrologische eenheid. Peilvakken bijvoorbeeld. Dit vereist vervolgonderzoek.

Qua neerslagevent gaan we uit van de eens-in-de-honderd-jaar (T100) bui, met 70 mm neerslag in twee uur. We nemen aan dat bijbehorende waterdiepte<sup>8</sup> de wateropgave weergeeft bovenop de reguliere afvoercapaciteit in de BaU situatie, waarin het riool circa 20 mm/uur kan verwerken, inclusief interceptieverliezen. We vooronderstellen dat het maaiveld in de analyse achter de waterdieptekaart zo is meegenomen dat de waterdiepte ruimtelijk realistisch is verdeeld.

---

<sup>8</sup> Zie: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/waterdiepte-bij-kortdurende-hevige-neerslag>

## 3 Maatregelen

We verkennen de mogelijke gevolgbeperking van overstromingen en hevige neerslag via twee transformatieve beleidsvarianten: Transformeren I en II. Ten opzichte van de referentie (BaU) bevatten beide varianten extra gevolgbeperkende maatregelen. De tweede variant daarnaast maatregelen om de negatieve neveneffecten uit de eerste te voorkomen. Hieronder volgt een beknopt overzicht, met de focus op de extra maatregelen ten opzichte van BaU. Zie PBL (2025) voor de (gemeenschappelijke) vooronderstellingen in BaU.

### 3.1 Locatiemaatregelen

Locatiemaatregelen bepalen waar wel of niet mag worden gebouwd en, zo wel, in welke voorkeursvolgorde en dichtheid. In het RuimteScanner model hebben deze maatregelen effect op resp. de beschikbaarheid, geschiktheid en capaciteit van locaties. Zie tabel 3-1 voor een overzicht van de locatiemaatregelen in de varianten ten opzichte van BaU.

#### 3.1.1 Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van plekken in BaU wordt vooral bepaald door omgevingsbeleid zoals vastgelegd in Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB) en Provinciale Omgevingsverordeningen. Voorbeelden van restrictieve, beschikbare plekken zijn de geluidzones rond luchthavens, Natura 2000 gebieden, het kustfundament etc. Ook hoogwaardige (groen)voorzieningen zoals dagrecreatie terreinen, parken en plantsoenen staan op slot voor bebouwing. Hetzelfde geldt voor de meeste bestaande gebouwen, zoals eigen woningbezit, panden met hoge energielabels en panden met beperkte ouderdom.

In de transformatieve varianten heffen we genoemde uitzonderingen voor bebouwing in bestaand stedelijk groen op, en vullen we de beperkingen aan met restricties op volkstuinen en sportterreinen. Het doel: ruimte extra reserveren voor waterberging in de stad, voor de gevolgbeperking van hevige neerslag. Voor gevolgbeperking van overstromingen leggen we restricties op aan locaties met een hoog overstromingsgevaar. Bouwen op 'zeer gevaarlijke' en 'gevaarlijke' plekken – de gevaarzones 4 resp. 5 uit Klijn et al. (2023) – sluiten we geheel uit. Op minder gevaarlijke plekken (zones 2 en 3) mag alleen aangepast worden gebouwd, drijvend of op palen bijvoorbeeld.

Omwille van de consistentie – we willen geen afwenteling van gevaarlijke plekken naar andere locatietypen die vanuit water en bodem ongeschikt zijn – sluiten we ook plekken met 'te slappe/zettingsgevoelige' bodems uit en/of te hoge risico's op wateroverlast (Deltares e.a., 2021). Ook plekken rond Natura 2000 gebieden worden uitgesloten. Dit laatste om stikstofdepositie in deze natuur te voorkomen, en om de bestaande water- en bodemcondities te kunnen behouden.

Tot slot voegen we in de transformatieve varianten ook beschikbare ruimte toe, op reeds bebouwde plekken in de bestaande stad. Dit doen we door bovengenoemde beperkingen ten aanzien van energielabels en de leeftijd van panden te verruimen.

#### 3.1.2 Geschiktheid

Net als in BaU baseren we de geschiktheid van de overgebleven, beschikbare bouwlocaties op een combinatie van: 1) de locatiekeuzen en -voorkeuren van overheden; 2) de wensen van huishoudens en bedrijven. De keuzen en voorkeuren van overheden wegen hierbij het zwaarst. Hun keuzen leiden we af uit bestaande bouwplannen (plan capaciteit).

Denk bijvoorbeeld aan IJburg, ten Oosten van Amsterdam, of Rijnenburg ten Zuidwesten van Utrecht. De voorkeuren van overheden baseren we op de Ladder voor Duurzame Verstedelijking. Deze verordoneert kort gezegd dat ruimte voor nieuwbouw eerst in en rond de stad moet worden gezocht, bij voorkeur rond hoogwaardige OV-locaties, en daarna pas daarbuiten. Al met al betekent dit dat de regionale ontwikkelingen van werkgelegenheid en woningvraag eerst wordt toegewezen aan locaties binnen bestaande plancapaciteit, dan aan (OV-)locaties in en rond de stad en pas daarna op overige plekken. Voor zover de regionale vraag rijkt uiteraard.

In de transformatieve varianten voegen we in deze categorie slechts één maatregel toe: dat, wanneer bovengenoemde plancapaciteit eenmaal is opgebruikt, locaties met een lager overstromingsgevaar voorrang krijgen op locaties met een hoger gevaar. Dit uiteraard ten behoeve van de gewenste gevolgbepijking van overstromingen.

### 3.1.3 Capaciteit

De capaciteit van locaties voor de nieuwbouw van woon- en werklocaties wordt bepaald op basis van hun maximale dichtheid: het aantal woningen en banen dat maximaal aan beschikbare locaties mag worden toegevoegd. In BaU gaan we hierbij uit van de bestaande, waargenomen dichtheden op en rond de potentiële nieuwbouwlocatie. Hetzelfde geldt voor Transformatief I. In Transformatief doen we hier 20% bovenop, en extra rond bestaande OV-locaties. Hiermee kan de schaarse ruimte efficiënter worden gebruikt, met lagere of in ieder geval andere negatieve neveneffecten.

Tabel 3-1 Vooronderstelde maatregelen. Bron: RuimteScanner

Maatregelen		BaU	Trans. I	Trans. II
Beschikbaarheid	Bouwen op dagrecreatieve terreinen	Mits bestaande bouwplannen	Nee	
	Bouwen in parken en plantsoenen	Mits bestaande bouwplannen	Nee	
	Bouwen in volkstuinen toegestaan	Ja	Nee	
	Bouwen op sportterreinen toegestaan	Ja	Nee	
	Bouwen toegestaan waar te gevaarlijk/slap/nat/zettingsgevoelig	Ja	Nee	
	Bouwen toegestaan in buffer van 100 meter rond Natura2000	Ja	Nee	
	Energielabel waarbij gebouwen mogen worden gesloopt	D en lager	C en lager	
	Leeftijd waarop gebouwen mogen worden gesloopt	55 jaar en ouder	30 jaar en ouder	
Geschiktheid	Plekken met laag overstromingsgevaar krijgen voorrang op plekken met een hoger overstromingsgevaar	Nee	Ja	
Capaciteit	Maximum aantal woningen en banen per hectare	Conform bestaande dichtheden	Conform bestaande dichtheden	+20% plus extra rond OV

## 3.2 Inrichtingsmaatregelen voor waterberging

Waar de locatiemaatregelen dicteren *waar* en *hoeveel* er wordt gebouwd, bepalen de inrichtingsmaatregelen de stedenbouwkundige *vorm* waarin dit gebeurt. Het gaat dus over de *inrichting* van de nieuwbouwlocaties. Daarnaast doen we vooronderstellingen over de (her)inrichting van *bestaande* locaties: plekken waar het RuimteScanner model geen woning- of utiliteitsbouw simuleert. Zoals Tabel 3-2 laat zien is de vooronderstelde (her)inrichting van bestaande en nieuwe locaties in de Transformeren varianten aanzienlijk groener dan in BaU, met substantieel meer waterberging. De getallen zijn een eerste grove inschattingen en dienen te worden verfijnd in vervolgstudies.

Tabel 3-2 Inrichtingsmaatregelen voor waterberging. Bron: expert judgement

		BaU	Transformatief
<i>Nieuwbouw</i>	Percentage verhard publiek terrein	10%	7,5%
	Percentage verhard publiek terrein dat 'half verhard' wordt aangelegd	10%	80%
	Percentage verharde privé tuinen die 'half verhard' worden aangelegd	5%	30%
	Percentage publiek gras dat als wadi wordt ingericht	10%	80%
	Percentage gras in privé tuinen dat als wadi wordt ingericht	5%	30%
	Percentage panden met groen dak	30%	95%
<i>Bestaande bouw</i>	Percentage panden met groen dak in 2050	25%	80%
	Percentage verhard publiek terrein dat 'half verhard' is in 2050	1%	80%
	Percentage holle lokale wegen in 2050	1%	30%
<i>Bestaand groen</i>	Percentage publiek gras dat als wadi is ingericht in 2050	1%	80%

## 4 Effecten

De potentiële gevolgbeperking van de transformatieve varianten is aanzienlijk (zie tabel 4).

Vooraf de transformatieve gevolgbeperking van overstromingen uit de grote rivieren, meren en kust is groot. In BaU stijgt de potentiële schade met EUR 831 miljard – een stijging die groter is dan de absolute potentiële schade in het heden (EUR 703 miljard). De transformatieve maatregelen reduceren deze toename met bijna twee derde, tot 286 in Transformatief I en 271 miljard in Transformatief II. Hoewel dit een significante afname is neemt de potentiële schade dus nog steeds toe. De redenen hiervoor is dat we alleen de meest gevaarlijkste locaties uitsluiten voor nieuwbouw (zie paragraaf 3.1). Als we ook de minder gevaarlijke plekken zouden uitsluiten kan de toename geheel worden voorkomen en zelfs worden omgeslagen naar een absolute afname.

Hoewel minder dan bij de overstromingen uit het hoofdwatersysteem kan met de transformatieve maatregelen ook substantieel worden gestuurd op de gevolgen van hevige neerslag. De restopgave (restvraag) voor stedelijke waterberging is in de transformatieve varianten bijna de helft kleiner dan in BaU. Ook in dit geval blijft er in 2050 nog steeds een aanzienlijke restopgave over. Dit is het gevolg van ruimtelijke mismatches tussen vraag en aanbod in bestaand stedelijk gebied. Zoals paragraaf 3.2 liet zien vooronderstellen we alleen extra aanbod (waterberging) op bestaande daken, wegen en groen. Er wordt geen *nieuw* groen aangelegd. Behalve rondom bestaande groenvoorzieningen zoals parken en plantsoenen blijft het aanbod hiermee achter op de vraag.

Tabel 4-1 Effecten per adaptatierichting. Bron: RuimteScanner

Indicator		BaU	Trans. I	Trans.II	
<b>Gevolgbeperking</b>	Toename oversstromingsschade (x 1 mld EUR)	831	286	271	
	Restvraag waterberging (x 1 mln m3)	358	183	184	
<b>Neven-effecten</b>	<i>Schaarste</i>	Woningbouw buiten voorkeursregio (%)	3%	11%	5%
		Gemiddelde woningdichtheid (woningen/ha)	39	36	45
	<i>Overigen</i>	Nieuwbouw op geschikte landbouwgronden (km2)	198	336	201

De transformatieve maatregelen hebben echter ook substantiële neveneffecten (zie Tabel 4-1). Het mechanisme is in beide varianten hetzelfde: aanvullende locatiemaatregelen (ten opzichte van BaU), met een toenemende schaarste aan beschikbare bouwgrond in en rond de bestaande stad als gevolg. In de eerste variant wordt echter in bestaande dichtheden gebouwd, net als in BaU. Hierdoor vertaalt de schaarste zich relatief snel in stedelijke uitbreiding, al dan in naburige regio's met meer ruimte hiervoor. De hogere maximum dichtheden in de tweede variant zorgen ervoor dat de schaarse ruimte in en rond de stad efficiënter kunnen worden benut. Het gevolg: minder stedelijke uitbreiding, meer woningbouw in de voorkeursregio's en minder nieuwbouw op geschikte landbouwgronden.

## 5 Conclusie en discussie

Nederland wil in 2050 klimaatbestendig zijn. Deze analyse laat zien dat transformatieve, ruimtelijke maatregelen zoals bouwrestricties in en rond de stad effectief kunnen zijn voor gevolgbeperking van overstromingen en wateroverlast in het stedelijke gebied. De maatregelen kunnen echter gepaard gaan met substantiële negatieve neveneffecten. Meer woningbouw buiten de voorkeursregio's van huishoudens bijvoorbeeld, en een toename van de bebouwing van geschikte landbouwgrond. De neveneffecten kunnen worden verlaagd door een verhoging van bebouwingsdichtheden. De gevolgen hiervan voor de leef- en werkruimte van huishoudens en werknemers hangt af van de stedenbouwkundige keuzes die worden gemaakt. Meer hoogbouw of juist kleinere panden en/of tuinen bijvoorbeeld. Deze keuzes en hun effecten werden in onderliggende modelberekeningen expliciet uitgewerkt en gesimuleerd. Ze werden echter niet in detail gerapporteerd. In vervolgstudies kan hierop verder worden ingezoomd en gevarieerd, idealiter in interactie met beleidsmakers, stakeholders of experts 'uit de regio'. Bij voorkeur met een bredere set aan indicatoren waarin ook de positieve neveneffecten van gevolgbeperking worden meegenomen. Het RuimteScanner model wordt hiertoe momenteel doorontwikkeld, met o.a. nieuwe indicatoren zoals de bereikbaarheid van groen in de stad, besparingen op funderingskosten en kansen voor lokaal regenwaterhergebruik. Daarnaast wordt het model verder doorontwikkeld voor (regionale) toepassingen in het landelijke gebied, voor de verkenning van ecosystemen en (natuurlijke) maatregelen hiertoe. Met dit alles leent het model zich steeds beter voor exploraties voor breed afgewogen ruimtelijke visie- en beleidsvorming op het snijvlak van water, ruimte en klimaat.

## 6 Referenties

- Deltares, BoschSlabbers & Sweco (2021). Op Waterbasis; Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem. Delft: Deltares.
- Deltares. (2021). Documentatie KBS Toolbox (Climate Resilient City Tool). Deltares Public Wiki. Geraadpleegd op [datum], van <https://publicwiki.deltares.nl/spaces/AST/pages/136413790/Climate+Resilient+City+Tool+Documentatie>
- Klijn, F., K. de Bruijn, M. Hoogvliet & K. Slager (2023), 'Overstromingsgevaar en de woningbouwopgave: ruimtelijke zonering?'. H2O-Online, 13 februari 2023.
- Koomen, E., Rijken, B., & Claassens, J. (2024). RuimteScanner 2.0: Systeembeschrijving van een exploratief ruimtelijk allocatiemodel voor actoren, objecten en grondgebruik. Spinlab
- Research Memorandum 24. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- de Moel, H., Endendijk, T., van Ederen D., Juch, S. & van Ginkel K. (2025). Berekenen van overstromingsschade aan woningen: nieuwe inzichten voor financiële toepassingen. Delft: Deltares.
- PBL (2023). Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke
- Verkenning 2023, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2024). Planmonitor NOVI 2024 Mogelijke verstedelijking: risico's voor kwetsbare gebieden, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2025). Toekomstverkenning WLO; Vier scenario's voor Nederland in 2040, 2050 en 2060, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Scholten, M., Bakker, M., Jongeneel, R. (2021). Perspectieven voor landbouw in een gebiedsgerichte benadering. Essay op verzoek van ministerie van LNV. Wageningen University & Research.
- Slager, K. & Wagenaar, D. (2017). Standaardmethode 2017 Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen, Delft: Deltares.
- Stouten, D., S. Rikkert, E. Snippen & B. Thonus (2024). Technische uitgangspunten en methode LIWO afgeleide kaarten, delft: Deltares.

# A RuimteScanner

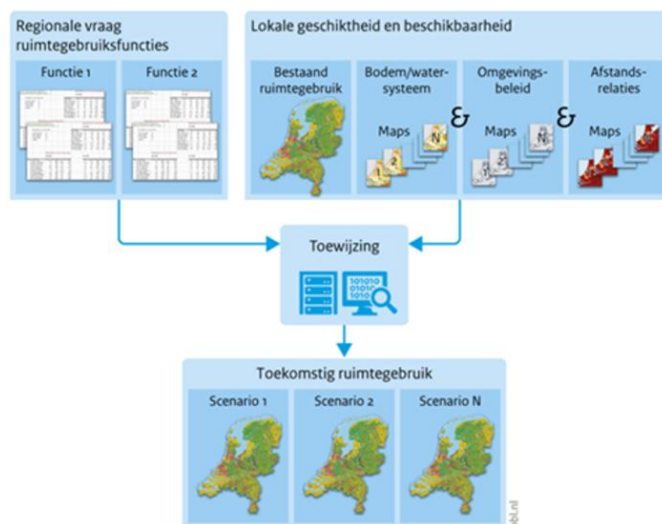
## A.1 Achtergrond

Het model RuimteScanner (RS) is inmiddels meer dan 25 jaar geleden ontwikkeld voor de simulatie van mogelijke ruimtegebruiksveranderingen en de evaluatie van ruimtelijk beleid. Het model is geworteld in de ruimtelijke economie (e.g. Alonso, 1964) met als basisidee dat winst/utiliteit-maximaliserende ruimtevragers/ruimtegebruikers tegen elkaar opbieden op grondmarkten. Dit levert transacties en een ruimtelijke verdeling op waarbij de totale utiliteit/winst (over de gebruikers en locaties heen) wordt gemaximaliseerd. Het model kan echter ook rekening houden met de 'externe effecten' hiervan (i.e. de niet-'ingeprijsde' effecten op andere ruimtegebruikers of 'het publiek'). Door deze te beprijzen ('internaliseren') kan het model helpen 'maatschappelijke optima' te verkennen. Op een eenvoudigere manier kunnen ook de effecten van ruimtelijke zonering worden onderzocht.

Vragen die hiermee aan RS kunnen worden gesteld: waar en hoeveel welk(e) van dit soort maatregelen (beprijzing en zonering) te nemen? Met welke (vermijdbare) kosten en baten? Voor welke gebruikers? Hoe hierbij rekening te houden met onzekerheden qua toekomstige ruimtevrage en lokale condities? Toepassingen bestonden tot nu toe vooral uit nationale verkenningen (e.g. PBL, 2023) en ex-ante evaluaties van ruimtelijk beleid (e.g. PBL, 2024) op nationale schaal, met een focus op stedelijk gebied en, meer recent, energie. In 2024 werd een bèta versie van RuimteScannerOpen (RSOpen) afgeleid. Dit biedt (kennis)partners zoals Deltares de mogelijkheid om het model te verstevigen en toe te passen op het gebied van bijvoorbeeld water, bodem en ruimte.

## A.2 Het model op hoofdlijnen

De kern van het model bestaat uit de toewijzing van projecties van de toekomstige regionale ruimtevrage van ruimtegebruiksfuncties aan specifieke locaties op basis van hun beschikbaarheid, geschiktheid en capaciteit. Het resultaat: een kaart, per scenario/beleidsvariant, van mogelijk/wenselijk toekomstig ruimtegebruik (Figuur A-1)<sup>9</sup>.



Figuur A-1 Conceptueel model RuimteScanner. Bron: PBL, 2023

<sup>9</sup> Voor meer uitgebreide informatie over het bestaande RuimteScanner model, zie Koomen et al., (2024).

## A.3 Modelinvoer

### Regionale ruimtevraag

De regionale ruimtevraag is opgebouwd uit inschattingen van toekomstige regionale ontwikkelingen binnen 'sectoren' zoals wonen, werken, recreatie, windmolenparken, zonneweiden, landbouw en natuur. De inschattingen zijn meestal afkomstig uit regionale modellen zoals, voor wonen en werken, het integrale vastgoed- en transportmodel Tigris XL (e.g. Zondag et al, 2015). De ruimtevraag kan echter ook worden gebaseerd op *expert judgement* of beleidsdoelen zoals een bossen- of regionale energiestrategie. Meestal wordt een tijdshorizon van zo'n 30 jaar vooruit gehanteerd, maar er kunnen ook kortere of langere tijdshorizonten worden gespecificeerd. De ruimtevraag wordt meestal uitgewerkt voor meerdere 'omgevingsscenario's' qua klimaat en/of socio-economie en, daarbinnen, voor verschillende beleidsvarianten.

Het regionale schaalniveau van de ruimtevraag verschilt meestal per gebruiksfunctie. In eerste instantie wordt zoveel mogelijk aangesloten op het schaalniveau van het aanleverende model of het beleidsdoel in kwestie. Dit is de schaal waarop maximaal tegemoet gekomen wordt aan betreffende (beleids)voorkeuren. Het gemeenteniveau bijvoorbeeld, in het geval van wonen. Bij ruimtegebrek kan de gebruiker ervoor kiezen om 'overloop' ('regionale substitutie') naar omliggende regio's te 'accepteren'. Ook kan de gebruiker ruimte 'winnen' door uit te gaan van meervoudig ruimtegebruik – agrarisch in combinatie met zonnepanelen bijvoorbeeld. Beide instellingen kunnen (in abstracto) als beleidsmaatregel worden gezien.

### Lokale geschiktheid

De geschiktheid van locaties voor de regionale ruimtevraag wordt in de basis zoveel mogelijk bepaald op basis van statistische analyses, bijvoorbeeld op basis van waargenomen prijzen of locatiekeuzen. De geschiktheid wordt bij voorkeur uitgedrukt in euro's per vierkante meter. Bij gebrek aan data kunnen er echter ook 'rapportcijfers' worden ingevoerd, gebaseerd op *expert judgement*. De uiteindelijke geschiktheidskaarten representeren de waarde van plekken voor betreffende gebruiksfuncties bij bestaand 'gedrag' en onder bestaand beleid.

Dit laatste kan door de gebruiker worden *overruled* met alternatieve (nieuwe) beleidsmaatregelen. Het gaat hierbij concreet over beprijzing en/of zonering. In het eerste geval worden de geschiktheden aangevuld/verlaagd met subsidies/heffingen ter waarde van (een benadering van) de positieve/negatieve externe effecten van betreffende ruimtegebruiksfunctie op betreffende locatie. In het geval van zonering worden bepaalde plekken ofwel simpelweg 'op slot gezet' (in het geval van restricties voor bijvoorbeeld woningbouw, zoals in het huidige kustfundament) ofwel geprioriteerd (nieuwe bossen moeten eerst op voorkeurslocaties worden aangelegd, bijvoorbeeld in een buffer rond bestaande natuur).

### Beleidsknoppen

Zoals de vorige twee paragrafen lieten zien heeft het RS model verschillende 'beleidsknoppen' met aangrijpingspunten ten aanzien van zowel de regionale ruimtevraag als de lokale geschiktheid van locaties hiervoor. Zie Tabel A-1 voor een overzicht van de knoppen, hun aangrijpingspunten en hun effecten op hoofdlijnen. In de meeste toepassingen worden deze beleidsknoppen ingeregeld (geconfigureerd) voor meerdere 'beleidsvarianten', met een *Business as Usual* scenario (bestaand beleid) als referentie.

Tabel A-1 Beleidsknoppen huidig RuimteScanner model

Regionale projecties	Minimaal/maximaal regionaal schaalniveau: hoe <i>groter</i> dit schaalniveau, hoe meer ruimte het model heeft voor concurrerende ruimtevragers en lokale restricties, maar hoe minder aan bijvoorbeeld regionale woonvoorkeuren wordt voldaan.
Lokale beschikbaarheid	<b>Zonering - restricties:</b> geen woningbouw in Natura2000 gebieden bijvoorbeeld. Hoe meer restricties, hoe groter de bescherming van dit soort gebieden, maar hoe kleiner de ruimte voor de concurrerende ruimtevraag en hoe minder er aan de locatievoorkeuren van deze concurrent kan worden voldaan.
Lokale geschiktheid	<b>Zonering - voorkeurslocaties,</b> een regionale ruimtevraag voor bijvoorbeeld nieuw woongebied moet bijvoorbeeld eerst binnen bestaande plancapaciteit of nabij de bestaande stad worden gerealiseerd. Hoe meer voorkeurslocaties, hoe minder ruimte voor alternatieve locatiekeuzen o.b.v. de locatievoorkeuren van betreffende ruimtegebruiksfuncties.
	<b>Beprijzing:</b> belastingen/subsidies op negatieve/positieve externe effecten van een mogelijke ruimtegebruiksverandering.
Lokale capaciteit	<b>Maximale/minimale dichtheid:</b> woningen en banen per ha bijvoorbeeld
Algemeen	<b>Meervoudig ruimtegebruik:</b> hoe meer verschillende ruimtevragers samen kunnen worden geacommodeerd in de beschikbare ruimte, hoe minder snel deze ruimtevraag ruimtelijke knelpunten oplevert.

## A.4 Toewijzingsmechanisme

Afhankelijk van instelbare voorkeuren wordt de regionale ruimtevraag van de sectoren achtereenvolgens of gelijktijdig (in onderlinge afweging) toegewezen. De eerste optie geeft de gebruiker meer controle over de resultaten ('wie het eerst komt wie het eerst maalt') en laat toe dat de geschiktheidskaarten van verschillende gebruiksfuncties in verschillende grootheden worden uitgedrukt (EUR/m<sup>2</sup> versus rapportcijfers bijv.). Het model krijgt echter beperkte ruimte voor ruimtelijke optimalisatie op basis van geschiktheid. Voor de tweede optie geldt het omgekeerde. Los hiervan kan de gebruiker ook instellen of de ruimtelijke toewijzing in één keer gebeurt, voor een bepaald eindjaar, of incrementeel, per tijdstap. In het laatste geval worden resultaten van tijdstappen als startpunt genomen voor de verdere toewijzing in de volgende tijdstappen. Dit maakt het mogelijk om afhankelijkheden in tijd en ruimte dynamisch mee te nemen. Echter: hoe meer rekenstappen, hoe meer rekentijd. Afhankelijk van dit soort instellingen duurt een modelrun, orde grootte, tussen de 5 en 50 minuten.

## A.5 Resultaten

Bij alle benaderingen levert het model een gedetailleerd, geïntegreerd ruimtelijk beeld op van mogelijke en wenselijke toekomst. Naast kaartbeelden van mogelijk/wenselijk toekomstig ruimtegebruik produceert het model een aantal indicatoren op het gebied van *people, planet, profit* (Tabel A-2). De indicatoren uit een eerdere iteratie kunnen worden gebruikt voor het bijstellen van beleidsknoppen in volgende iteraties. Op deze manier kunnen beleidsvarianten iteratief en in eventuele co-creatie worden verkend, gefinetuned en geoptimaliseerd.

Tabel A-2 Indicatoren in huidig RuimteScanner model

<b>People</b>	<b>Regionale realisatie van de ruimtevraag per gebruiksfunctie:</b> kan het model aan de regionale vraag voldoen?
	Bereikbaarheid van banen
	Bereikbaarheid van groen(voorzieningen)
	Vloeroppervlak
	Tuinoppervlak
<b>Planet</b>	Stedelijke verhardingsgraad
	Stedelijke waterberging en (rest)diepte na intense regenbui
	CO2-emissies veenweiden (SOMERS module)
<b>Profit</b>	Kosten, baten en winst uit stedelijke grondexploitaties
	Potentiële overstromingsschade (HIS-SSM module)

## A.6 Recente ontwikkelingen en ontwikkelagenda

De laatste jaren is RuimteScanner op verschillende vlakken doorontwikkeld. Een fundamentele verbetering is de overgang naar een drie-lagen-model bestaande uit actoren, objecten en ruimtegebruik. Hierbij wordt de regionale ruimtevraag hierbij uitgedrukt in termen van bijvoorbeeld banen (werken) of woningen (wonen). Deze worden toegewezen aan locaties op basis van, in het geval van woningen, woonmilieu-specifieke dichtheden. Deze milieus worden opgebouwd uit de vooronderstelde (steden)bouwkundige kenmerken hiervan, zoals het aantal bouwlagen, m2 stedelijk groen etc. Dit biedt aangrijpingspunten voor de definitie van zowel hun geschiktheid als effectmodellering (bijvoorbeeld t.a.v. hitte-eiland effect).

Er zijn ook ontwikkelpunten. Deze zijn allemaal van belang voor de toepassingsmogelijkheden in vooral het landelijke gebied. Het belangrijkste ontwikkelpunt is de verdere uitbreiding van het model met landbouw- en natuurklassen. Hierbij moet worden aangesloten op de (effect)modellen zoals die van WUR/PBL (ecosysteemdiensten) en Deltares (Landelijk Water Model). Het verdient de voorkeur dat de regionale ruimtevraag voor deze nieuwe functies in concurrentie met zowel elkaar als de stedelijke functies worden gealloceerd. Dit betekent dat de geschiktheden op een eenduidige manier moeten worden gespecificeerd. Idealiter worden deze uitgedrukt in Euro's/m2.

## A.7 Literatuur

William Alonso (1969) Location and Land Use: Towards a General Theory of Land Rent ISBN 978-0674729568

PBL (2024), PLANMONITOR NOVI 2024 Mogelijke verstedelijking: risico's voor kwetsbare gebieden, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL (2023), Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke Verkenning 2023, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

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>

Zondag, B., de Bok, M., Geurs, K. T., & Molenwijk, E. (2015). Accessibility modelling and evaluation: the TIGRIS XL land-use and transport interaction model for the Netherlands.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)