



Planbureau voor de Leefomgeving
Rijkswaterstaat

ZELFSTUDIE AUDIT TIGRIS XL

Jan Ritsema van Eck (PBL)

Eric Molenwijk (Rijkswaterstaat/WVL)

Barry Zondag (Significance BV)

najaar 2019

Colofon

Zelfstudie Audit Tigris XL

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving / Rijkswaterstaat/WVL

Den Haag/Rijswijk, 2020

PBL-publicatienummer: 3975

Contact

jan.ritsemavaneck@pbl.nl

eric.molenwijk@rws.nl

Auteurs

Jan Ritsema van Eck (PBL)

Eric Molenwijk (Rijkswaterstaat/WVL)

Barry Zondag (Significance BV)

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Molenwijk, Ritsema van Eck & Zondag (2019), Zelfstudie Audit Tigris XL, Den Haag/Rijswijk: PBL/RWS.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Rijkswaterstaat is de uitvoeringsorganisatie van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. We beheren en ontwikkelen de rijkswegen, -vaarwegen en -wateren en zetten in op een duurzame leefomgeving. Samen met anderen werken we aan een land dat beschermd is tegen overstromingen. Waar voldoende groen is, en voldoende en schoon water. En waar je vlot en veilig van A naar B kunt. Samen werken aan een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland. Dat is Rijkswaterstaat.

Inhoud

Inleiding	6
Terms of reference, concept toetskader	7
1 Model: doel, toepassing en vereisten	11
1.1 Het model	11
1.2 Toepassingscontext	11
1.3 Wat zijn de vragen die TXL moet kunnen beantwoorden?	12
2 Modelarchitectuur	17
2.1 Typologie model / familiegroep en positionering	17
2.2 Modelontwerp	19
2.3 Deelmodellen TXL	22
3 Ervaringen, sterke punten, verbeterpunten en vooruitblik	30
Literatuur	35
Bijlage 1 Overzicht huidige en mogelijke toekomstige toepassingen Tigris XL	36
Bijlage 2 Beschrijving van zes projecten met Tigris XL	39
Bijlage 3 Samenvatting verslag brainstorm TIGRIS XL	52
Bijlage 4 Het raamwerk voor integrale ruimtelijke modellering	54
Bijlage 5 Enkele typerende voorbeelden van weergave van TXL-uitkomsten	56
Bijlage 6 Programma visitatiedagen	60

Inleiding

Tigris XL is een Land Use Transport Interaction Model dat rond 2005 is ontwikkeld in opdracht van Rijkswaterstaat, om vragen te beantwoorden over de ruimtelijke effecten van nieuwe infrastructuur en over de bereikbaarheidseffecten van nieuwe verstedelijking op de lange termijn (zichtjaar 2030-2040 en verder). Naast een aantal toepassingen langs die lijnen door Rijkswaterstaat is het model ook door het PBL gebruikt voor de ruimtelijke uitwerking van demografische en economische scenario's, ten behoeve van de Deltascenario's en de WLO2015.

Inmiddels bestaat het model meer dan 10 jaar en de wereld is in meer dan één opzicht veranderd. De komende tijd werken RWS en PBL aan een ontwikkelingsstrategie om de toepasbaarheid van het model te behouden en/of uit te breiden. In dat kader denken beide organisaties er ook goed aan te doen het model te laten visiteren door een wetenschappelijke commissie, bestaande uit deskundigen uit de academische wereld op het gebied van mobiliteit, regionale ontwikkelingen, planning en modellering. Doel van deze visitatie is het evalueren van de wetenschappelijke kwaliteit van Tigris XL met het oog op de toekomstbestendigheid van het model als hulpmiddel bij de evaluatie van beleidsdoelen, en het adviseren van RWS en PBL over mogelijke ontwikkel- en verbeterstrategieën.

Deze Zelfstudie is de neerslag van de voorbereiding van deze visitatie. Het eerste onderdeel beschrijft het doel en de opzet van de visitatie en geeft de 'terms of reference' die het uitgangspunt van de evaluatie vormen. Het toetsingskader, dat door de voorzitter van de commissie is opgesteld, is hierin opgenomen. De daarop volgende onderdelen volgen deze 'terms of reference' en geven achtereenvolgens informatie over de vraagstukken die met behulp van het model (nu en naar verwachting de komende jaren) geadresseerd moeten kunnen worden, over de systeem architectuur en de diverse onderdelen van het model, en over de ervaringen met het model, de sterke punten, verbeterpunten en een vooruitblik op mogelijke toekomstige ontwikkelingen.

Terms of reference, concept toetskader

Doel audit TIGRIS XL

Het doel van deze audit is tweeledig:

1. Het evalueren van de wetenschappelijke kwaliteit van het modelsysteem TXL, alsook van de producten en processen gerelateerd aan de toepassing van TXL, om de toekomstbestendigheid van het model en evaluatie van beleidsdoelen te borgen;
2. Het adviseren van RWS en PBL met betrekking tot mogelijk strategieën tot verbetering van de kwaliteit van het model en de toepassingen daarvan.

Hoofdvragen

1. In hoeverre is het model state-of-the-art / state-of-practice – afgemeten aan huidige wetenschappelijke inzichten en aan de gangbare praktijk in (deugdelijke) toepassing bij beleidsevaluaties?
2. In hoeverre is het model fit-for-use – afgemeten aan recente toepassingen, modelkwaliteit en huidige en toekomstige beleids- en onderzoeksvraagstukken?
3. Welke aanbevelingen kan de commissie op grond hiervan doen aan RWS en PBL voor verdere ontwikkeling van het model en de toepassing daarvan in beleidsevaluaties?

Scope

De focus van de audit ligt op het model TXL en haar toepassingen. De governance van het model is geen onderdeel van de scope. Het transport model LMS, dat onderdeel uitmaakt van TXL, is eveneens uitgesloten van de audit omdat het onderwerp is van een afzonderlijk kwaliteitsproces. De interactie van het LMS met de andere modules is uitdrukkelijk wel onderdeel van de scope van de audit. De audit van de modelkwaliteit wordt onder meer gebaseerd op de zelfstudie, de technische documentatie, rapportages van parameterschattingen, gevoeligheidstests en toepassingen.

De audit moet daarbij de missie en beschikbare middelen van RWS en PBL in ogenschouw nemen; efficiëntie en effectiviteit zijn daarbij belangrijke criteria.

Deliverables

Er zal een Zelfstudie verschijnen voorafgaand aan de visitatie, opgesteld door de ontwikkelaar (Significance BV) en de beheerders (RWS en PBL). Het streven is om in ongeveer 20 pagina's te schetsen wat het modelsysteem behelst, en zo een toelichting te geven op de gebruikte data, schattingsmethoden, de gemaakte modelleerkeuzes, de samenhang en de werking, het type output en indicatoren, toepassingsbereik en voorbeelden van toepassingen, geprojecteerd over het toetsingskader van de audit. De Zelfstudie zal, met het overige aangeleverde materiaal, met name informatie aanleveren voor de onderdelen A en B van het toetsingskader (zie verderop) op basis waarvan de commissie zich een oordeel kan vormen voor de vragen in onderdeel C.

Eindresultaat van de audit is een visitatierapport met een advies aan RWS en PBL om gebruik en wetenschappelijke kwaliteit te verbeteren om zodoende over een toekomstbestendig LUTI model te beschikken toegesneden op gedegen toepassingen voor beleidsondersteuning, nu en in de toekomst.

Daarbij wordt in eerste instantie gevraagd om een oordeel op hoofdlijnen. Daarbij kunnen concrete suggesties worden gegeven voor vervolgvacaties rond modelontwikkeling. Het rapport zal prioritering aangeven in de aanbevelingen. RWS en PBL leggen zelf de relatie met het budget. Het auditrapport wordt in het Nederlands geschreven.

Audit organisatie: rollen en verantwoordelijkheden

Commissie

Naam	Organisatie	Rol
Prof. dr. Bert van Wee	TUD	Voorzitter; Lid
Dr. Nicole van Buren	RLI	Secretaris
Prof. dr. ir. Luca Bertolini	UVA	Lid
Dr. ir. Sander van Cranenburgh	TUD	Lid
Prof. dr. Frank van Oort	EUR	Lid
Prof. dr. Leo van Wissen	RUG	Lid
Prof. dr. Frank Witlox	Univ. Gent	Lid

Organisatie en overige betrokkenen

Naam	Organisatie	Rol
Dr. Barry Zondag	Significance	Ontwikkelaar
Dr. Thomas de Graaff	VU	Ontwikkelaar
Prof. dr. Bas Arts	PBL	Organisatie
Dr. Jan Ritsema van Eck	PBL	Organisatie
Dr. Frank Hofman	RWS-WVL	Organisatie
Ing. Eric Molenwijk	RWS-WVL	Organisatie

De ontwikkelaar en de organisatie verzorgen een presentatie van de Zelfstudie op de eerste visitatiedag. In de periode vanaf de presentatie van de zelfstudie tot en met de tweede visitatiedag zullen de commissieleden op basis van de geboden informatie een oordeel vormen over de gestelde vragen. Na de visitatie zullen voorzitter en secretaris dit vastleggen in het auditrapport.

Audit organisatie: volgtijdelijkheden en planning

29-8 concept Zelfstudie gereed + verspreiding onder commissieleden

12-9 eerste visitatiedag (zie ook bijlage 4)

1-10 eindversie Zelfstudie gereed

14-10 reacties commissieleden binnen op Zelfstudie/het model aan de hand van toetsingskader

30 en 31-10 tweede en derde visitatiedag (zie ook bijlage 4)

15-11 concept versie auditrapport klaar

31-12 eindversie auditrapport klaar

28-2-2020 reactie PBL/RWS klaar, publicatie auditrapport en reactie

Concept toetsingskader

(Dit toetsingskader is opgesteld door de voorzitter van de commissie, prof. Dr. Bert van Wee, in samenspraak met de organisatie, en is verder verbeterd naar aanleiding van opmerkingen van de leden van de commissie).

Het doel van het toetsingskader is structuur te bieden aan de discussie over de focus, input voor de commissie, 'huiswerk' van de commissieleden, en de rapportage van de auditcommissie. De antwoorden op de vragen in het toetsingskader bieden samen de informatie die nodig is om het doel van de audit te bereiken. Het toetsingskader zal worden toegelicht bij de presentatie van de zelfstudie. Het kader maakt onderscheid tussen vragen die het model moet kunnen beantwoorden, de kenmerken van het model die daaruit voortvloeien, en de implicaties van de antwoorden op deze vragen, voor verdere ontwikkeling en gebruik van TXL.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen het toetsingskader voor het model zelf en dat voor de toepassingen ervan. Het gaat om onderscheiden, niet strikt scheiden; de samenhang tussen beide is van groot belang. Bij de toepassingen gaat het om vragen die het model zou moeten kunnen beantwoorden, bij het model om de daaruit voortvloeiende modelkenmerken. Vervolgens gaat het om vragen over de implicaties van beide type clusters vragen/onderwerpen.

A) Wat zijn de vraagstukken die met behulp van TXL geadresseerd moeten kunnen worden?

- Wat zijn naar verwachting relevante beleidsvragen en eventueel overige maatschappelijke vragen die met TXL beantwoord moeten (kunnen) worden? Hierbij gaat het ook om de positionering van TXL t.o.v. transportmodellen zoals het LMS.
- Welke contextfactoren zijn van belang voor TXL-simulaties? Te denken valt aan demografische, sociale, economische en technologische ontwikkelingen, veranderingen in voorkeuren en gedrag, verschuivingen in beleid en de daarmee samenhangende kennisvragen.
- Welke type beleidsprocessen en besluiten worden er en zullen naar verwachting mede op TXL-simulaties gebaseerd zijn, en welke kwaliteitseisen voor TXL (ook met betrekking tot transparantie en communicatie naar betrokkenen) vloeien daaruit voort?
- Welke indicatoren en data zijn nodig om besluitvorming te kunnen ondersteunen
- Gerelateerd aan het vorige punt: welke output / indicatoren moet TXL opleveren (variabelen, maar ook eventueel het verloop over de jaren heen)?
- Op welke wijze (visualisatie) moet die output / die indicatoren uiteindelijk beschikbaar zijn (kaarten, tabellen, video's, ...)
- In hoeverre wordt er rekenschap gegeven van, en omgegaan met, modelonzekerheden en bandbreedten in modeluitkomsten? Wat betekent dit voor de output van het model?

B) Modelkenmerken:

- Welke eisen/wensen gelden er t.a.v. de conceptuele structuur van TXL, als afgeleide van de vragen die het moet kunnen beantwoorden?
 - Hoe is de operationele uitwerking van de conceptuele structuur en is dit voldoende goed uitgewerkt (interne consistentie en hoe evenwicht wordt bereikt) tussen de sub-modules gelet op de functie binnen het systeem en de rol bij beleidstoepassingen?
- Welke eisen/wensen gelden er ten aanzien van de te gebruiken typen van deelmodellen (bijvoorbeeld multinomiaal logit versus mixed logit); ook in relatie tot complexiteit?
 - Zijn de modules voor de regionale demografie, de woningmarkt, de arbeidsmarkt en grondgebruik markt geschikt en voldoende gedetailleerd gelet op hun functie binnen het systeem en de rol bij beleidstoepassingen?
- Welke databronnen zijn er beschikbaar en gebruikt voor modelschattingen? Wat is de kwaliteit, geschiktheid en actualiteit ervan? In hoeverre zijn de gebruikte schattingsmethoden voor de parameters voldoende om het gebruik te ondersteunen?
- Welke eisen en wensen gelden er voor het type output en indicatoren
 - In welke mate zijn de modelresultaten en indicatoren voldoende geschikt voor het type toepassing, en ondersteunen deze in voldoende mate de conclusies?

C) Implicaties voor TXL:

- In welke mate is TXL in de huidige versie geschikt om de onderzoeksvragen te beantwoorden?
 - Is het model *fit-for-use* naar huidig gebruik en kan het gemakkelijk *fit-for-use* gemaakt worden, tevens in het licht van voorziene toekomstige issues, zoals ook bij A aan te geven?
- Welke zijn de belangrijkste sterke en zwakke punten van TXL, vanuit het perspectief van de hierboven gestelde vragen?
- Welke aanpassingen zijn vereist of wenselijk? Welke aanbevelingen vloeien er voort uit de antwoorden op de hierboven gestelde vragen, voor verdere doorontwikkeling van TXL en het gebruik ervan?
- Hoe belangrijk zijn de diverse aanpassingen, en – indien mogelijk – hoeveel werk is het om die te realiseren?
- Hoe 'blijvend' zijn naar verwachting de wensen die aan TXL gesteld worden? Met andere woorden: hoe toekomstbestendig wordt het model na de aanpassingen?

1 Model: doel, toepassing en vereisten

In dit hoofdstuk gaan we in op de vragen die worden gesteld in deel A van het toetsingskader: wat zijn de vragen die TXL moet kunnen beantwoorden? We putten daartoe uit een overzicht van toepassingen van TXL (Bijlage 1), een gedetailleerdere beschrijving van een zestal projecten waarin TXL is toegepast (Bijlage 2), en uit de resultaten van een brainstorm met beleidsmakers die in november 2018 door Rijkswaterstaat en PBL is gehouden (Bijlage 3). Eerst geven we een zeer beknopte beschrijving van het model en gaan we in op de context waarin het wordt toegepast.

1.1 Het model

De eerste versie van huidige TXL model is ontwikkeld in de periode 2003-2006 in opdracht van Rijkswaterstaat (WVL), destijds om de structurende effecten van infrastructuur te modelleren. Het model gaat uit van exogeen gegeven ontwikkelingen op nationaal niveau, zoals demografische en economische ontwikkelingen, en gegeven infrastructuurinvesteringen, en berekent jaar op jaar de regionale ontwikkelingen (inwoners, huishoudens, woningen, banen) op het niveau van gemeenten en 1400 sub-zones in wisselwerking met mobiliteit en bereikbaarheid. Het mobiliteitsmodel LMS is een geïntegreerd onderdeel van het model, het LMS en regionale NRM modellen zijn de standaard modellen van het Ministerie van I&W voor het identificeren van knelpunten en doorrekenen van de effecten van infrastructuurverbeteringen. Bij standaardtoepassingen voor Rijkswaterstaat wordt het LMS/NRM model zonder koppeling met TXL toegepast.

Bij het PBL maakt het model TXL deel uit van een breder modellenraamwerk. Tot dit raamwerk behoren verder onder meer het model PEARL (een regionaal-demografisch model, gebruikt voor de CBS/PBL regionale bevolkings- en huishoudensprognose), de Ruimtescanner (een grondgebruikmodel op de schaal van 100 x 100 m gridcellen) en effectmodellen als Mais/VESTA (voor de verduurzamingsmogelijkheden van verwarming van de gebouwde omgeving) en Damagescanner (voor overstromingsrisico's). Afhankelijk van de toepassing worden één of meerdere van deze modellen samen met TXL ingezet. Het raamwerk, en de interactie van TXL met de belangrijkste andere modellen, worden in meer detail beschreven in bijlage 4.

1.2 Toepassingscontext

Origineel is het TXL model ontwikkeld om de **structurende effecten** van infrastructuur te modelleren. Hierbij is cruciaal of deze effecten aantoonbaar zijn en of TXL hierbij, aanvullend op het LMS ook deze lange termijn effecten kan meenemen. De link met LMS is bij deze projecten essentieel.

Een heel andere rol waarvoor TXL wordt ingezet, o.a. bij ruimtelijke verkenningen, WLO en deltascenario's, is voor de **ruimtelijke uitwerking van multi-sectorale scenario's**, waarbij TXL de

consistentie in de ruimte (tussen regio's) en sectoren bewaakt (o.a. bevolking en arbeidsplaatsen). Dankzij TXL kan hierbij worden voortgebouwd op de opgedane en vastgelegde kennis binnen een integraal raamwerk. Zonder TXL zou in deze projecten moeten worden teruggevallen wordt op ad-hoc afstemming tussen sectoren en sectorale modellen binnen een specifieke studie. Het LMS speelt hier zo goed als geen rol (alleen indien terugkoppeling wordt meegenomen) al is het handig dat transport-effecten direct kunnen worden doorgerekend.

Een vergelijkbare functie heeft TXL ook binnen het raamwerk **integrale ruimtelijke** modellen van het PBL waarbij TXL **nationale scenario's en beleidsverkenningen ruimtelijk uitwerkt** voor de sectoren wonen, werken en mobiliteit. Zonder TXL zou er een ander integraal model moeten komen of een koppeling opgezet moeten worden van sectorale modellen om de nationale ontwikkelingen te vertalen naar een regionaal/gemeentelijk niveau wat nodig is als invoer voor de gedetailleerde effectmodellen (zie bijlage 4). Net zoals bij de ruimtelijke uitwerking van scenario's speelt het LMS hier een bescheiden rol.

De laatste jaren is TXL het meest toegepast om de effecten **verstedelijkingsopties** of **integrale ruimte en transport** perspectieven door te rekenen (o.a. studies bereikbaarheidseffecten en ruimtelijke robuustheid bereikbaarheid voor I&M, MIRT studies voor MRDH en A2, doorrekenen verstedelijkingsopties voor Amsterdam/MRA). De meerwaarde van TXL, in vergelijking met het LMS, is daarbij dat de ruimtelijke gevolgen van de verstedelijkingsopties (en infra beleid) endogeen worden doorgerekend. Een verstedelijkingsoptie zoals verdichten met hoogbouw in het huursegment kan met TXL worden doorgerekend op de gevolgen voor de bevolkingssegmentatie en voor de werkgelegenheid, zowel in de betreffende stad als in de omgeving. Het LMS kan dit niet zelf berekenen en is hier afhankelijk van exogene invoer, waarbij het niet eenvoudig is consistente invoer op te stellen die rekening houdt met de interacties tussen sectoren en in de ruimte. Daarnaast genereert TXL, in aanvulling op de bereikbaarheidseffecten die met het LMS te berekenen zijn, ook ruimtelijke effecten voor grondgebruik, wonen en werken, en eventueel in combinatie met modellenraamwerk van het PBL ook de effecten op het energiegebruik.

1.3 Wat zijn de vragen die TXL moet kunnen beantwoorden?

- Wat zijn naar verwachting **relevante beleidsvragen** en eventueel overige maatschappelijke vragen die met TXL beantwoord moeten (kunnen) worden? Hierbij gaat het ook om de positionering van TXL tov transportmodellen zoals het LMS.

Bij de ontwikkeling van TXL in opdracht van RWS-WVL, lag de nadruk op de structurerende werking van infrastructuur ofwel ruimtelijke effecten van verandering in de infrastructuur. De vervoervraag die bij een bepaalde ruimtelijke structuur hoort wordt berekend door het LMS en veranderingen in de bereikbaarheid worden vanuit het LMS doorgegeven aan de ruimtelijke modules, waar de bereikbaarheid één van de factoren is die de regionaal-demografische en -economische ontwikkelingen beïnvloeden. Voorbeelden zijn de studie naar de Zuiderzeelijn en de N18.

Bij de eerste toepassingen voor (voorgangers van) het PBL ging het veelal om de effecten van ruimtelijke inrichtingsvarianten, eventueel in combinatie met transportmaatregelen, op de bredere bereikbaarheid inclusief nabijheid. Voorbeelden van dergelijke studies zijn Nederland Later en de Verkenning Nulalternatief Schaalsprong Almere, maar ook studies als Ruimtelijke Robuustheid Bereikbaarheid en de Bereikbaarheidseffecten van Verstedelijkingsalternatieven.

Op basis van ervaringen uit het WLO 1 traject, waarbij ruimtelijke scenario's werden opgesteld op basis van meerdere sectorale modellen die op elkaar moesten worden afgestemd, is het TXL model door het PBL ingezet voor de ruimtelijke uitwerking van integrale demografische en economische

scenario's. Doordat de regionale ontwikkelingen op de gebieden van grondgebruik, demografie, woningmarkt, arbeidsmarkt en mobiliteit binnen één model worden doorgerekend, kan de consistentie tussen deze ontwikkelingen relatief eenvoudig bewaakt worden. Voorbeelden van dit type toepassing zijn de Ruimtelijke Verkenningen 2011, de Deltascenario's en de WLO 2015.

Recent staat het energie- en klimaatbeleid sterk in de belangstelling en worden vragen gesteld die zich richten op een duurzame stad: het energiegebruik van stad voor wonen, werken en transport, hittestress, wateroverlast, overstromingsrisico's etc. Een belangrijke vraag in dit kader is in welke mate deze ruimtelijke mitigatie/adaptatie maatregelen ook haalbaar/wenselijk zijn vanuit het perspectief van betaalbaarheid en beschikbaarheid van woningen, (zie het volgende punt over de inclusieve stad), maar ook vanuit vervoer en bereikbaarheid. Voor dergelijke afwegingen is de koppeling van verschillende deelmodellen, waaronder het LMS, noodzakelijk. Een eerste project waarin dergelijke vragen met behulp van TXL worden onderzocht, is het project Kansen voor Duurzame Verstedelijking bij het PBL.

Recente toepassingen, o.a. voor het MRDH en MRA gebied, laten zien dat er ook meer aandacht is voor de inclusieve stad: wat betekenen ontwikkelingen in het woningaanbod en prijzen, bereikbaarheid en transportkosten voor verschillende groepen en mogelijk ook voor de segregatie in stad? In hoeverre leiden processen op de woningmarkt tot verdringing van bepaalde groepen uit de stad en wat zijn de gevolgen daarvan voor mobiliteit, bereikbaarheid en het functioneren van de arbeidsmarkt? Een recente uitbreiding van TXL betreft het onderscheid van vier deelmarkten op de woningmarkt (huur en koop, één en meergezinswoningen). Dat is een eerste stap om TXL geschikt te maken voor de beantwoording van dergelijke vragen. Daarnaast zal beter inzicht nodig zijn over de budgetten van huishoudens: tot welke grens is wonen in de stad, dan wel pendelen naar de stad, betaalbaar voor bepaalde groepen?

Daarnaast zullen vragen over de invloed van nieuwe vervoers- en communicatietechnologie naar verwachting van belang worden. Denk daarbij aan de invloed van de elektrische fiets en elektrische auto, op termijn ook van meer of volledig autonome voertuigen ("zelfrijdende auto's"), maar ook van het Nieuwe Werken, internetshoppen en dergelijke. Voor zover deze ontwikkelingen hun invloed doen gelden via het vervoerssysteem, vergt de beantwoording van deze vragen eerder een aanpassing van het LMS dan van de ruimtelijke modules van TXL. Waar het gaat om veranderende locatievoorkeuren en gedrag van huishoudens en bedrijven, zal wel onderzocht moeten worden hoe TXL kan worden aangepast voor de beantwoording van deze vragen. We komen hier verderop op terug.

- Welke **contextfactoren** zijn van belang voor TXL-simulaties? Te denken valt aan demografische, sociale, economische en technologische ontwikkelingen, veranderingen in voorkeuren en gedrag, verschuivingen in beleid en de daarmee samenhangende kennisvragen.
- Nationale demografische en economische ontwikkelingen worden in Tigris XL als exogeen gegeven beschouwd. In veel gevallen worden de relevante randtotalen overgenomen van de WLO, wat betekent dat de demografische groei op nationaal niveau is gebaseerd op het 66% betrouwbaarheidsinterval van de CBS Bevolkingsprognose 2014, en de economische ontwikkeling op (een combinatie van) enkele Shared Socioeconomic Pathways (SSP) van het IPCC. De SSP geven overigens niet de voor Tigris noodzakelijke sectorspecifieke werkgelegenheidsraming voor Nederland; in de WLO 2015 is hiervoor een ad hoc oplossing gekozen maar voor toekomstige updates en toepassingen lijkt een meer structurele oplossing wenselijk. Momenteel wordt onderzocht of hiervoor mogelijkheden bestaan in de regionaal-economische modellen die binnen het PBL worden ontwikkeld voor de EU.
- In verschillende regio's in Nederland sprake van bevolkingskrimp, en dit zal in de toekomst naar verwachting voor steeds meer regio's gelden. Bij toepassingen op nationaal niveau blijkt dat TXL deze demografische krimp op regionaal niveau naar tevredenheid modelleert. Er zijn tot nu toe

geen regionale toepassingen geweest in krimpregio's. Voor een dergelijke toepassing zou het wel wenselijk zijn goed na te gaan in hoeverre TXL in staat is om de ruimtelijke ontwikkelingen in krimpregio's op het lokale niveau goed te reproduceren.

- woonvoorkeuren en locatiegedrag van huishoudens zijn in Tigris XL gebaseerd op schattingen op het niveau van bevolkings- en huishoudenssegmenten. In principe wordt er dus van uitgegaan dat voorkeuren en gedrag op dat niveau gelijk blijven. Op populatieniveau zal het gedrag naar de toekomst wel veranderen doordat de aandelen van de segmenten verschuiven, zo kan bijvoorbeeld de dynamiek woningmarkt op de woningmarkt afnemen door een groter aandeel oudere huishoudens. In standaard TXL toepassingen wordt gebruik gemaakt van deze empirisch geschatte vraagvoorkeuren. Daarnaast kan de gebruiker voor het doorrekenen van 'what-if' de gevoeligheid testen, voor mogelijke veranderingen van de woonvoorkeuren van de huishoudtypen, door het woonnut van bepaalde locaties (huishoudenstype-specifiek) aan te passen.
- Locatievoorkeuren en -gedrag van bedrijven zijn in Tigris XL niet expliciet gemodelleerd. De parameters van de regio- en sectorspecifieke ontwikkeling van banen zijn econometrisch geschat op historische data. Ook hier wordt er dus van uitgegaan dat de relevante factoren en hun invloed op sectorniveau hetzelfde zullen blijven als in het verleden. Het simultane karakter van het arbeidsmarktmodel, met interacties tussen sectoren en bewoners en sectoren onderling, maken dat er minder gemakkelijk "gespeeld" kan worden dan aan de wonen-kant.
- Voor veranderend mobiliteitsgedrag, bijvoorbeeld onder invloed van technologische ontwikkelingen, wordt gebruik gemaakt van de mogelijkheden die het LMS biedt. Dit valt buiten het bestek van deze visitatie.
- In de (beleids-)discussie speelt de verdeling van lasten en lusten recent een grotere rol. Daaraan kan deels tegemoet worden gekomen door de uitkomsten van Tigris XL zowel ruimtelijk als naar huishoudenstype te desaggregeren. Voor een diepgaandere analyse zou meer inzicht nodig zijn over de budgetten van de diverse huishoudentypen (zoals hiervoor genoemd onder hoofdje inclusieve stad).
- Welke **type beleidsprocessen en -besluiten** worden er en zullen naar verwachting mede op TXL-simulaties gebaseerd zijn, en welke kwaliteitseisen voor TXL vloeien daaruit voort?
- In veel gevallen gaat het om visievorming en de identificatie van (mogelijke) toekomstige regionale opgaven. Hiervoor is vooral de logische consistentie van belang in de regionale ramingen van bevolking, huishoudens en banen, en de mogelijkheid om op een logische manier te differentiëren tussen regio's en scenario's.
- Bij verkenning van strategische oplossingsrichtingen, zoals verstedelijkingsstrategieën, is van belang dat de relevante effecten van de verschillende voorstelde oplossingsrichtingen goed berekend kunnen worden. Bijvoorbeeld bereikbaarheidseffecten, regionaal-economische effecten (agglomeratiekracht), duurzaamheidseffecten of woningmarkteffecten (druk op de regionale woningmarkt als gevolg van al dan niet voldoende beschikbaarheid ruimte voor bouwen). MIRT-studies zoals uitgevoerd voor de MRDH zijn ook een voorbeeld van dergelijke verkenningen.
- Robuustheid van probleemanalyse en beleid probeert men te vergroten, met name door de relatie ruimte-mobiliteit explicieter te behandelen en zo tot meer integrale probleemanalyse / oplossingen te komen. Voor de berekening van de knelpunten in de infrastructuur is precieze en gedetailleerde informatie nodig over de ruimtelijke spreiding van bevolking en banen. De WLO scenario cijfers geven een onzekerheidsmarge op COROP-niveau, maar voor robuustheid van de knelpuntanalyse speelt het effect van de binnen regionale spreiding ook een belangrijke rol. In de studie Ruimtelijke robuustheid bereikbaarheid is gevarieerd met de binnen regionale spreiding van woningbouw om de effecten op knelpunten en de bereikbaarheid te verkennen.
- Hoe wordt de **doelgroep** bij de projecten betrokken?
Dit wisselt van project tot project.

- In veel gevallen worden de opzet van het onderzoek en de principes en het gebruik van het model in een vroeg stadium besproken met medewerkers van de meest betrokken overheden.
 - Vrijwel altijd worden voorlopige resultaten besproken met inhoudelijke deskundigen van rijk en/of regionale overheden, aan de hand van kaarten en tabellen. Het belang hiervan is tweeledig: enerzijds wordt lokale informatie opgehaald om de analyse mee te verbeteren, anderzijds wordt het draagvlak voor de gepresenteerde cijfers vergroot door deze in de discussie toe te lichten.
 - Dit laatste gebeurt ook vrijwel altijd na publicatie van de definitieve uitkomsten van de studie.
 - Sommige meer methodische studies (bijv de studie naar het Nulalternatief bij KBA van gebiedsontwikkeling, zie bijlage 2.II) zijn meer intern gericht; de interactie vindt dan vooral plaats met experts binnen de eigen organisatie en uit andere kennisinstellingen.
- Welke **indicatoren** zijn daarbij nodig om de besluiten te ondersteunen?
 - Op het meest globale niveau zijn vaak de regionale ontwikkelingen van belang van de aantallen inwoners (ook naar leeftijd en/of arbeidsmarktstatus), huishoudens (ook naar samenstelling) en banen (ook naar sector).
 - Bij mobiliteitsgerelateerde studies zijn diverse bereikbaarheidsindicatoren van belang. Traditioneel richten de studies van I&W zich op indicatoren die de prestaties van het vervoersnetwerk weergeven (modal split, voertuigkilometers, voertuigverliesuren, IC). Regionaal, bij PBL en ook in toenevende mate bij I&W is er meer aandacht voor geografische en geografisch economische bereikbaarheidsindicatoren, waarbij naast de snelheid de nabijheid van activiteiten een belangrijke rol speelt. Het TXL model is veelvuldig gebruikt bij het uitwerken en toepassen van deze 'bredere' bereikbaarheidsindicatoren.
 - Bij verkenningen van verstedelijkingsstrategieën zijn effectindicatoren van belang, zoals CO₂, -NO_x en PM₁₀ uitstoot door mobiliteit, CO₂ uitstoot van gebouwen, dichtheid en bereikbaarheid van banen als indicator van agglomeratiekracht, verhouding ontwikkeling arbeidsplaatsen en beroepsbevolking, ontwikkeling aantal woningen naar type, beschikbare woningen in relatie tot de vraag, ontwikkelwinst van bouwlocaties, parkeerdruk in de steden (auto's per ha), de schade door overstromingen en verlies aan open ruimte.
 - Voor veel beleidsafwegingen is het wenselijk of zelfs nodig dergelijke indicatoren zoveel mogelijk te moneteriseren. De gebruikte economische bereikbaarheidsmaat maakt het mogelijk om bereikbaarheid, inclusief het nabijheidseffect, te moneteriseren.
 - Gerelateerd aan het vorige punt: welke **output** / indicatoren moet TXL opleveren (variabelen, maar ook eventueel het verloop over de jaren heen)?
 - In principe levert TXL cijfers op over de bevolking (naar leeftijd en arbeidsmarktstatus) en huishoudens (naar samenstelling) op het niveau van 1400 LMS sub-zones, en banen (naar 7 sectoren) op het niveau van 400 gemeenten, voor alle jaren van het basisjaar (2014) tot het laatste zichtjaar (veelal 2050). Ook zijn gegevens beschikbaar over de loop van de bevolking (geboorte, sterfte en binnenlandse migratie - buitenlandse migratie is exogeen) op dit schaalniveau en voor deze jaren.
 - Via het LMS zijn gegevens beschikbaar voor de modaliteiten autobestuurder en passagier, trein, BTM, fiets, lopen: de vervoersvraag, modal split, verkeersprestaties, reistijden, kosten en specifiek voor auto de voertuigverliesuren, netwerkbelastingen. Als economische bereikbaarheidsmaat is de zogenoemde logsum maat beschikbaar waarbij over alle motieven en vervoerwijzen het verschil in nut wordt berekend waarbij zowel de reistijden, kosten als nabijheidsaspecten worden meegenomen. De maat is persoonstype specifiek afhankelijk van het reisgedrag van de persoon). Veelal 1 x per 5 jaar vanaf het basisjaar tot het laatste zichtjaar.
 - Op basis van deze data kunnen met behulp van diverse nabewerkingsmodulen de nodige indicatoren worden berekend. De nabewerkingsmodules in TXL bestaan veelal uit het samenvakken van informatie uit TXL (en externe info) om indicatoren te berekenen. Zo zijn er nabewerkingsmodules voor het berekenen van meerdere vormen van geografische bereikbaarheidsmaten(bijvoorbeeld

wel/niet rekening houdend met competitie), de parkeerdruk, het monetair uitdrukken van de logsum bereikbaarheid (inclusief de effecten naar huishoudtypen) of de uitstoot van emissies van auto's en vrachtwagens.

- Door de koppeling in het raamwerk integrale ruimtelijke modellen kunnen via nabewerking met andere modellen ook de effecten op de CO₂ uitstoot van gebouwen, de schade door overstromingen en de ontwikkelwinst van bouwlocaties berekend worden. In de koppeling wordt eerst informatie doorgegeven aan de RS waarna er voor enkele zichtjaren een veel gedetailleerdere spreiding van grondgebruik wordt bepaald. Vervolgens worden effectmodellen zoals het Vesta model, voor energiegebruik van gebouwen, of de Damagescanner, voor overstromingsrisico en schade, toegepast om indicatoren voor de CO₂ uitstoot van de gebouwde omgeving of overstromingsschade te berekenen. In de RS kan de ontwikkelwinst van de ruimtelijke inrichting worden doorgerekend, andersom wordt er bij toepassingen van TXL ook gebruik gemaakt van informatie uit de ruimtescanner bijvoorbeeld om een inschatting te maken in hoeverre er verdichting kan plaatsvinden in stedelijk gebied zonder subsidie.
- Op welke wijze (**visualisatie**) moet die output / die indicatoren uiteindelijk beschikbaar zijn (kaarten, tabellen, video's, ...). Wat betekent dit voor de output van het model?
- De resultaten worden door TXL weggeschreven in grote databestanden die door de modelleur met een nabewerkingsmodule kunnen worden geanalyseerd of kunnen worden ingelezen in Excel of een andere database, en vandaar verder verwerkt tot tabellen, grafieken en kaarten. Standaard is een rapportagetool beschikbaar die uit alle beschikbare uitvoer in Excel voor een geografische indeling (COROP, gemeente, zone) overzichtssheets genereert per kernvariabele bestaande uit geografie (rijen - bijvoorbeeld gemeenten) en tijd (kolommen - jaartallen) Het gaat om variabelen voor de bevolking (m/v, leeftijd), arbeidsplaatsen (zeven sectoren), huishoudens, beroepsbevolking, woningen (vier typen, nieuwbouw) en grondgebruik (tien typen).
- Deze variabelen kunnen, al dan niet in combinatie met output vanuit het LMS verwerkt worden tot de gewenste indicatoren.
- In Bijlage 5 worden enkele typerende voorbeelden gegeven van visualisaties van TXL-output/indicatoren.
- In hoeverre wordt er rekenschap gegeven van, en omgegaan met modelonzekerheden?
- Bij de parameterschattingen is stabiel gedrag van het resulterende model een belangrijk criterium. In het meest recente schattingsrapport is ook een gevoeligheidsanalyse opgenomen die kijkt hoe kleine veranderingen in de data-input doorwerken in de modeluitkomsten.
- Bij toepassingen wordt vrijwel altijd met meerdere scenario's gewerkt. Op deze manier wordt rekenschap gegeven van de omgevingsonzekerheden die bij de betreffende studie het meest van belang zijn. Tevens wordt daarmee duidelijk dat er niet één meest waarschijnlijke ontwikkeling is, maar een serie van mogelijkheden.
- Van de modelonzekerheden zelf is geen scherp getalsmatig beeld. Modelonzekerheden nemen toe naarmate er op een gedetailleerder niveau naar de resultaten wordt gekeken, bijvoorbeeld naar huishoudtypen, sectoren en specifieke zones, en naarmate het zichtjaar verder in de toekomst ligt. Daarmee wordt omgegaan door per studie af te wegen op schaalniveau, met welke onderverdelingen en voor welke jaren gerapporteerd wordt.

2 Modelarchitectuur

Dit hoofdstuk beschrijft de globale modelarchitectuur als input voor de beantwoording van de vragen die gesteld worden onder B in het toetsingskader.

2.1 Typologie model / familiegroep en positionering

Internationaal zijn er de afgelopen decennia meerdere grondgebruik en transport interactie systemen ontwikkeld. Een internationale vergelijkende studie (Wegener 2011) deelt een aantal van deze modellen (waaronder TXL) in naar verschillende typen grondgebruik en transport interactie modellen. De onderscheiden typen zijn:

Spatial interaction location models: deze modellen zijn geïnspireerd op Lowry en onderscheiden basic export-oriented industries naast non-basic industries. De basic industries zijn exogeen en de bevolking en vervolgens de non-basic industrie reageren daarop. Voorbeeld modellen van dit type zijn ITLUP (METROPILUS), MEPLAN, TRANUS and PECAS. In de modellen wordt veelal gebruik gemaakt van ruimtelijke input-output tabellen waarbinnen de randen (verdeling banen en bevolking) en HB stromen gelijktijdig worden bepaald.

Bid-rent location models: deze modellen zijn geïnspireerd op de economische theorie van Alonso (1964) voor het functioneren van de stedelijke grondmarkt waarbij marktpartijen bieden om grond en/of woningen te huren en andere marktpartijen deze aanbieden. De basisredenering is dat iets van functie zal veranderen als dat winstgevender is dan de oude functie (bijvoorbeeld de overgang van agrarisch naar industrieel grondgebruik), en dat de consumptie van vloeroppervlak/grond daalt bij stijgende prijzen. Voorbeelden van dit soort modellen zijn MUSSA, RURBAN, en de RuimteScanner.

Utility based location model: deze modellen zitten dicht tegen de bid-rent location models aan en het nut van een locatie/object hangt af van kenmerken van locatie (bijvoorbeeld groen), de omgeving (bijvoorbeeld bereikbaarheid), het object (bijvoorbeeld eengezinswoning) en de actor (bijvoorbeeld gezinsgrootte). Basis van deze modellen zijn discrete keuze modellen waarbinnen actoren (huishoudtypen) de verschillende opties wegen op basis van nut. Voorbeelden van dit type modellen zijn IRPUD, UrbanSim, Delta en TIGRIS XL.

De keuze van een modelfamilie voor het TXL model is in de beginfase van het traject 2002-2003 gemaakt op basis van een drietal verkenningen: 1) literatuuroverzicht bestaande modellen 2) beschikbare data en 3) economische theorie. In de voorliggende periode, de jaren 80 en 90, waren de *spatial interaction location models* in de praktijk dominant en deze optie is dan ook nadrukkelijk overwogen. Redenen om dit pad toch niet te kiezen waren dat: 1) in NL is de rol van de woningbouw in veel regio's dominant (banen volgen mensen meer dan dat mensen banen volgen), 2) invloed van *basic employment* is afgenomen en minder locatie-gebonden geworden. Daarnaast geldt dat op het simulatieniveau van sectoren dat deze veelal gemengd stuwend en volgend zijn, 3) het is lastig om binnen dit rigide raamwerk gebruik te maken van empirische, gedesaggregeerde data op het niveau van menselijk gedrag op de woningmarkt (WOoN) of transportmarkt (OVin); en in de praktijk zijn het bij dit type modellen vaak vooral dummies die er voor zorgen dat mensen of bedrijven op bepaalde

locaties zitten, en 4) praktisch argument was dat TXL dan stukken van LMS, productie en HB modellen anders zou gaan invullen, waardoor resultaten minder consistent zouden zijn met bestaande transportmodellen.

Het flexibelere *utility-based* raamwerk is uiteindelijk verkozen boven een meer rigide *bid-rent* benadering door de vele verstoringen van de economische marktwerking op met name de Nederlandse woning- en grondmarkt, o.a. bestaande uit een forse omvang van de sociale huursector en sturende rol van gemeenten bij de locatiekeuzen van woningbouw- en/of bedrijfslocaties. Binnen de familie van *utility-based models* kenmerkt het TXL model zich vooral door zijn empirische karakter, bestaande uit een formeel statistische schatting van de modules (coëfficiënt waarden, t-waarde, model fit), terwijl veel andere modellen informeel worden gecalibreerd door parameterwaarden te prikken, waarna er getoetst wordt op geaggregeerde waarden of op de reproductie van veranderingen. Uitgangspunt bij TXL was om de – internationaal gezien – riant beschikbaarheid van ruimtelijke data te gebruiken voor het empirisch schatten van de locatiekeuzen van huishoudens naar huishoudtypen, de WOON onderzoeken, en de ruimtelijke ontwikkeling van economische sectoren (arbeidsplaatsen) op basis van tijdserie data van LISA naar gemeenten.

Ontwikkelingen door de tijd

In de beginperiode is het TXL-model ontwikkeld in opdracht en eigendom van RWS-WVL, waarbij sterk de nadruk lag op de structurerende werking van infrastructuur, ofwel van ruimtelijke effecten van verandering in de infrastructuur. Het Landelijk Model Systeem, het nationale vervoersmodel van het Ministerie van Infrastructuur & Milieu, is dan ook sinds de eerste versie een volledig geïntegreerd onderdeel van TIGRIS XL. Dat betekent dat de vervoervraag die bij een bepaalde ruimtelijke structuur hoort, wordt berekend door het LMS en dat veranderingen in de bereikbaarheid vanuit het LMS worden doorgegeven aan de ruimtelijke modules.

Sinds 2007 maakt ook het Planbureau voor de Leefomgeving gebruik van TXL en is het planbureau in een later stadium ook mede-eigenaar geworden. Bij toepassingen voor het planbureau ging het veelal om de effecten van ruimtelijke inrichtingsvarianten, eventueel in combinatie met transportmaatregelen, op de bredere bereikbaarheid, inclusief nabijheid. Om dit inzichtelijk te maken niet alleen op de geografische bereikbaarheid maar ook op de economische bereikbaarheid, in de vorm van monetaire bereikbaarheidsbaten, zijn een aantal post-processing modules aan TXL toegevoegd, waaronder het berekenen van bereikbaarheidsbaten op basis van de zogenoemde logsum methode (Geurs et al., 2010).

Op basis van ervaringen uit het WLO 1 traject, waarbij ruimtelijke scenario's werden opgesteld op basis van meerdere sectorale modellen, is het TXL model door de planbureau('s) – PBL en CPB – steeds nadrukkelijker ingezet voor het opstellen van tussen regio's en sectoren consistente ruimtelijke scenario's. Inhoudelijk is hiervoor vooral de demografiemodule van TIGRIS XL aangepast aan het regionale bevolkings- en huishoudensprognosemodel (PEARL) van CBS/PBL. Kennis en data vanuit PEARL was nodig om recht te doen aan de regionale variatie in demografische processen. Voorbeelden van dit type toepassing zijn de ruimtelijke verkenningen, de deltasenario's en de WLO 2 scenario's. In de afgelopen periode is er een verschuiving te zien van studies op het interregionale niveau naar het meer intraregionale niveau, waarbij het model ook steeds vaker voor specifieke regio's wordt toegepast, zoals de MRA, MRDH of Brabant. Om de segmentatie van de bevolking binnen de regio's te verbeteren zijn het woningaanbod en de vraagmodellen in TXL recent uitgebreid met een onderscheid naar 4 woningtypen, namelijk eengezins- of meergezinswoningen in combinatie met huur of koop. Het gemaakte onderscheid biedt ook de mogelijkheid om nader te kijken naar de effecten van verschillende woningbouwscenario's of om de vraag naar woningtypen nader in beeld te brengen.

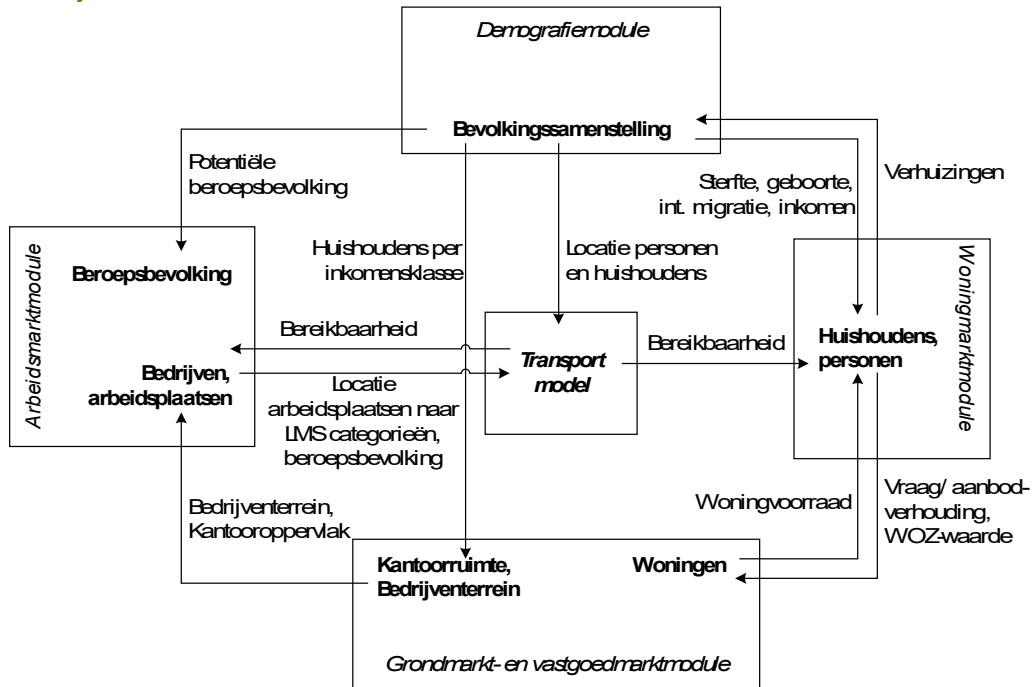
Nog recentere vragen die gesteld worden richten zich op een duurzame stad, het energiegebruik van de stad voor wonen, werken en transport, en een inclusieve stad, dus wat betekenen ontwikkelingen in het woningaanbod en -prijzen, en de bereikbaarheid en transportkosten voor de segregatie in de stad? Op pragmatisch niveau worden deze vraagstukken nu waar mogelijk ondersteund door TXL, maar voor een meer fundamentele bijdrage is er een grotere ontwikkelopgave. Hierbij kan gedacht worden aan – naast het nut – ook expliciet met budgetbeperkingen voor wonen en mobiliteit te werken. Hierdoor kan beter inzicht worden gekregen in prijsinvloeden op woningmarktkeuzen, gekoppeld aan de energiekosten voor de woning. Ook kan de samenhang tussen autobezitskeuzen en de woonlocatiekeuze beter gemodelleerd worden.

2.2 Modelontwerp

TIGRIS XL heeft een losse modulaire structuur waarbij per submodule voor de meest geschikte methode is gekozen. De keuze van methode en diepgang per submodule zijn gemaakt op basis van het belang van de module om de primaire beleidsvragen gesteld aan TIGRIS XL goed te kunnen beantwoorden, op basis van ervaringen met en literatuur over de methoden en de beschikbaarheid van benodigde data (mede gezien de eis tot empirische schatting van verhuisgedrag en arbeidsmarktontwikkelingen). De samenhang met andere modules is in de gaten gehouden bij de keuze van variabelen en bij gebruikte waarden tijdens het schatten van de modellen. Het instrument wordt ook in zijn geheel op een valide werking gecontroleerd door te checken op de plausibiliteit van ruimtelijke verschillen, snelheid van veranderingen e.d.

TIGRIS XL bestaat naast het transportmodel uit vier modules, voor respectievelijk demografie, grond- en vastgoedmarkt, woningmarkt en arbeidsmarkt. Figuur 1 geeft een overzicht van de architectuur van het systeem met deze modules, hun belangrijkste onderlinge koppelingen en de interacties met het transportmodel. De demografiemodule modelleert de bevolkingssamenstelling per zone, zowel het aantal personen per geslacht en leeftijdsgroep alsook het aantal huishoudens naar type. De woningmarktmodule richt zich op de vraagzijde van de woningmarkt (dat wil zeggen de verdeling van huishoudens en personen over de beschikbare woningen), de beschikbaarheid van vacante woningen, de prijsvorming van woningen en allocatie op de woningmarkt. Deze module heeft nauwe interactie met de grondmarkt- en vastgoedmarktmodule die het beschikbare grondoppervlak verdeelt over de grondgebruikstypen onder andere door RO-beleid en de ontwikkeling van nieuwe woningen simuleert. Afhankelijk van de instelling voor de vastgoedmarkt bestaat de mogelijkheid om ook de keuze van de projectontwikkelaar, voor wel of niet bouwen, expliciet mee te nemen. De arbeidsmarktmodule tenslotte modelleert de locatie van arbeidsplaatsen en de arbeidsparticipatie van de potentiële beroepsbevolking. De ruimtelijke verdeling van de arbeidsplaatsen en bevolking naar segmenten zijn invoer voor het transportmodel.

Figuur 1: Overzicht modules en belangrijkste koppelingen in TIGRIS XL (bron: Zondag et al. 2019)



In de onderstaande paragrafen worden een aantal belangrijke ontwerpaspecten bij het TXL model in meer detail besproken.

Evenwicht en tijdsdynamiek

Het TXL model is een dynamisch model dat rekent met tijdstappen van een jaar waarbij de stand in een toekomstjaar voor de ruimtelijke modules padafhankelijk is. Uitgangspunt van het model is de huidige situatie en de inspanning bij het uitwerken van het model heeft zich gericht op het verklaren van veranderingen in de ruimte en in de tijd. Dit is een belangrijk verschil met andere modellen, zoals bijvoorbeeld de Ruimtescanner, ruimtelijke algemene evenwichtsmodellen zoals RAEM of LUTI modellen zoals MEPLAN, die direct de stand in het zichtjaar simuleren. Argumentatie voor de gemaakte keuze bij TXL is:

1. Veranderingen in de ruimte zijn vaak gering ten opzichte van de stand. Het simuleren van de stand leidt vaak tot het werken met grootte impedances (dummies) om het patroon te reproduceren wat ten kosten gaat van de gevoeligheden voor variabelen die de verandering verklaren;
2. Bij een incrementele aanpak kan de dynamiek van de verandering beter in de hand gehouden worden door deze expliciet te simuleren en te schatten (bijvoorbeeld het aantal verhuizende huishoudens naar type op basis WOoN onderzoek);
3. Verschillen in tijdsdynamiek tussen processen in het model, bijvoorbeeld vraag naar woningen door huishoudens en realisatie nieuwbouw woningen, zorgen ervoor dat er wel richting een evenwicht wordt bewogen maar door reactietijdverschillen wordt dit niet bereikt.

Bij de uitwerking van het model is er voor gekozen om binnen een jaar gebruik te maken van een partieel evenwicht binnen modules, zoals op de woningmarkt en transportmarkt, waar vraag en aanbod in evenwicht worden gebracht. Het hele systeem beweegt zich naar een evenwicht toe door de tijd heen, waarbinnen informatie vanuit de ene module de ontwikkelingen in een andere module beïnvloeden. Zo kan een overvraag naar woningen naar type en locatie resulteren in additionele woningbouw op die locatie, afhankelijk of er nog ruimte is en of woningbouwontwikkeling is toegestaan. Andere voorbeelden

zijn de wederzijdse invloed van bevolking en arbeidsplaatsen op elkaar, waarbij in TXL deze relatie niet hiërarchisch is veronderteld (zoals bijvoorbeeld bij Lowry), maar empirisch wordt geschat naar economische sector en huishoudtypen.

Ruimtelijk schaalniveau

Het TXL model bestaat uit meerdere ruimtelijke schaalniveau's, waarbij de ontwikkelingen op nationaal niveau exogeen zijn zoals het totaal aantal immigranten of emigranten of arbeidsplaatsen naar sector. Het nationale niveau is een specifiek kenmerk van het TXL model in vergelijking met andere LUTI modellen die voornamelijk op het niveau van stedelijke agglomeraties worden toegepast. Argumenten voor de keuze om een LUTI model voor het hele land op te zetten zijn:

- 1) de geringe omvang van Nederland; veel andere LUTI modellen zijn dan wel voor stadsgewesten ontwikkeld, maar beslaan vaak half Nederland in oppervlak (bijvoorbeeld San Francisco bay area Model of LUTI model voor Sydney);
- 2) afbakening van stadsgewesten is lastig in Nederland en in een groot deel van het land overlappen woon- en arbeidsmarkten van de steden elkaar door de geringe afstand tussen de steden. Een stadsgewestelijk model krijgt al gauw problemen met afbakening en simulering 'buitengebied';
- 3) de ruimtelijk economische verschillen tussen regio's in Nederland zijn beperkt mede door de werking van nationale cao afspraken en relatief goede sociale voorzieningen. In Nederland worden de schaalniveau's COROP, gemeente en zone (1406 LMS zones) onderscheiden zodat verschillende processen op verschillende schaalniveau's gesimuleerd kunnen worden. Zo maakt de woningmarkt module voor lange afstand verhuizingen gebruik van het COROP niveau en voor regionale verhuizingen van het zoneniveau. Voor de arbeidsmarktmodule worden de schattingen uitgevoerd op gemeente niveau waarna een nadere detaillering plaatsvindt naar het zone. In het model fungeert het zone niveau als laagste schaalniveau waarop alle data wordt bijgehouden, waarbij de zonering is afgestemd op de bevolkingsomvang en een gemiddelde zone heeft zo'n 12 duizend inwoners. Zie figuur 2 voor een weergave van de 1406 zones.

Grondmarkt module en rol van regulering

De modellering van de grondmarkt in TXL verschilt van veel andere LUTI-modellen, vaak uit de Angelsaksische landen, door het sterk gereguleerde karakter van de Nederlandse ruimtelijke ordening. Waar andere LUTI-modellen vaak uitgaan van een vrije marktwerking zijn er in TXL allerlei opties ingebouwd zodat de gebruiker kan variëren tussen een vrije marktontwikkeling of een geheel gereguleerde ontwikkeling, waarbij deze via ingevoerde plannen verloopt. De instellingen kunnen per jaar verschillen en zo kan er bijvoorbeeld op korte termijn gerekend worden op basis van bestaande plannen en op de langere termijn de ontwikkeling aan de markt overgelaten worden.

Figuur 2: de 1406 LMS-zones (bron: LMS model)



Koppeling met gedesaggregeerd transportmodel

Binnen het TXL model is het LMS, het nationale transportmodel, geheel integraal gekoppeld via de TXL schil en voor het transportdeel zijn de doorrekeningen van TXL consistent met de standaard LMS doorrekeningen. De koppeling met het LMS heeft een aantal specifieke gevolgen voor het TXL-model en modelgebruik. Het LMS is een gedesaggregeerde discrete keuze transport model met een groot onderscheid naar persoons- en huishoudenkenmerken. Dit kenmerkt maakt het mogelijk om in TXL met huishoudtype specifieke bereikbaarheidsmaten ("logsums") te werken, afhankelijk van het type verplaatsingen van het huishouden. Het LMS is een multimodaal model en de gebruikte waarden bevatten de kenmerken van de verschillende vervoerwijzen. Het gebruik van het LMS geeft ook de mogelijkheid aan de uitvoer kant van het model te werken met een brede set aan bereikbaarheidsindicatoren, bestaande uit netwerkindicatoren (congestie), geografische bereikbaarheidsmaten (bereikbaarheid banen) en op nut gebaseerde economisch-geografische bereikbaarheidsmaten (monetaire bereikbaarheidsmaten).

Het nadeel van het werken met een grootschalig transportmodel is dat deze module van alle modules verreweg de langste rekentijd in beslag neemt bij het doorrekenen van een scenario, vooral vanwege het iteratieve proces om congestie te bepalen. De LMS-berekeningen voor één jaar kosten ongeveer 16 uur; de overige berekeningen voor één jaar ongeveer 25 minuten. Praktisch wordt hiermee omgaan door het transportmodel niet ieder toekomstjaar toe te passen maar één keer in de vijf jaar.

2.3 Deelmodellen TXL

In de onderstaande vier paragrafen wordt de werking van de deelmodellen, demografie, grond- en vastgoedmarkt, woningmarkt en arbeidsmarkt, op hoofdlijnen beschreven. Voor een gedetailleerdere beschrijving inclusief gebruikte formules en variabelen wordt verwezen naar de systeemdokumentatie van TXL.

Deelmodel demografie

De demografische module van TIGRIS XL modelleert het aantal personen en huishoudens per zone. Voor personen zijn persoonstypen onderscheiden, op basis van leeftijd, geslacht en huishoudpositie. Voor huishoudens is een onderverdeling gemaakt naar grootte, leeftijd van het hoofd, inkomen en aantal werkers. Binnen de demografiemodule worden twee submodules onderscheiden:

1. Demografie van personen

Demografische ontwikkelingen op persoonsniveau zijn geboorte, sterfte, veroudering van personen, transitie tussen huishoudposities en immi- en emigratie. Hiervoor worden exogene scenario specifieke geboorte- en sterftetekansen, transitiekansen en immi- en emigratie cijfers gebruikt die regio specifiek zijn, bijvoorbeeld een vrouw van 31 krijgt in Friesland gemiddeld meer kinderen dan in Amsterdam. De transitiekansen beschrijven de kans dat een persoon met kenmerken (leeftijd, geslacht, huishoudpositie) in een bepaald jaar van huishoudpositie verandert, bijvoorbeeld van positie kind naar alleenstaand indien de persoon dat jaar op kamer gaat (posities in model zijn kind, alleenstaand, samenwonend, alleenstaand ouder, overig hoofd, overig overig). Op basis van kengetallen wordt uit de huishoudposities het aantal huishoudens gegenereerd. De gebruikte demografische scenariowaarden in TXL worden overgenomen uit het PEARL model, het regionale demografische prognosemodel, ontwikkeld voor de PBL/CBS gemeentelijke bevolkings-, allochtonen en huishoudensprognose. Startpunt van de modellering is het basisjaar bestand (van CBS) met per zone de uitsplitsing naar personen per geslacht, leeftijdsjaar en huishoudpositie. In een rekenjaar x wordt dit bestand uit jaar $x-1$ aangepast, naast de demografische module wordt dit basisbestand in een rekenjaar ook aangepast door de woningmarktmodule om de stand te corrigeren voor de binnenlandse migratie.

2. Koppeling personen met huishoudens (QUAD-T procedure)

De transport- en woningmarktmodule in TIGRIS XL maakt gebruik van huishoudtypen bestaande uit personen naar demografische kenmerken (leeftijd, geslacht, huishoudensomvang) maar ook naar kenmerken zoals werkzaam of rijbewijsbezit. Voor de transportmodule gaat het om 311 huishoudentypen. De 14 huishoudentypen voor de woningmarktmodule kunnen hier door aggregatie uit worden afgeleid. Om het aantal personen per huishoudtype te bepalen in de zone moet gebruik gemaakt worden van verschillende databestanden waarbij met behulp van wiskundige technieken zo goed mogelijk een koppeling naar huishoudtypen gemaakt wordt. De zogenoemde quad module begint met het inlezen van de targets van de 311 huishoudtypen uit de prototype steekproef. De prototype steekproef is afgeleid uit het Mobiliteits Onderzoek Nederland (MON 2008 en 2009). Voor elk van de huishoudtypen geeft dit bestand aan wat de gemiddelde waarden zijn voor de randtotalen. Daarnaast leest QUAD-T de targets (randtotalen) op basis van andere databestanden zoals verwerkt in de sociaal - economische gegevens van de transportmodellen om de huishoudverdeling van het huidige jaar te berekenen. QUAD-T begint met de verdeling over de huishoudtypen uit de apriori verdeling en zal met behulp van de gemiddelde waarden voor de randtotalen en de doelvariabelen in de meest recente situatie een nieuwe verdeling vinden, door middel van kwadratische minimalisatie. QUAD-T zal zoeken naar een verdeling over de huishoudtypen door de doelvariabelen zo dicht mogelijk te benaderen en een verdeling te kiezen die zoveel mogelijk lijkt op de gebruikte apriori verdeling. Naar de toekomst toe beïnvloeden scenario invoer en modelberekeningen de zonale doelwaarden.

De invoer van de demografie module bestaat uit scenariowaarden voor de:

- Sterftetekansen per leeftijdsjaar en geslacht;
- Geboortefracties per leeftijdsjaar en huishoudpositie;
- Regionale verdeling sterfte- en geboortecijfers;
- Immigratie- en emigratiecijfers;
- Transitiefacties tussen huishoudposities per leeftijdsjaar en geslacht.

Invoerbestanden:

- Personen per zone, geslacht, leeftijdsjaar en huishoudpositie, (van woningmarkt t-1)
- Apriori distributie personen naar huishoudtypen, afgeleid uit enquête data

De uitvoer van de demografiemodule is een belangrijke basis voor de woningmarktmodule, het transportmodel en de arbeidsmarktmodule en bestaat uit:

- Personen per zone, geslacht, leeftijdsjaar en huishoudpositie (naar woningmarkt)
- Personen naar leeftijdscohort en geslacht, aantal huishoudens (naar transportmodel)
- Huishoudens per zone naar LMS huishoudtypen (naar leeftijdsklassen, werkenden (PT/FT, huishoudinkomen, rijbewijsbezit), (naar woningmarkt en transportmodel)
- Potentiële beroepsbevolking en bevolking per zone (naar arbeidsmarkt)

Deelmodel grond- en vastgoedmarkt

In TIGRIS XL deelt de grondmarkt het beschikbare grondoppervlak toe aan de verschillende typen grondgebruik, en de vastgoedmarkt bepaalt het aantal woningen naar type dat in gebieden met een woonfunctie aanwezig is. Vanwege het sterk gereguleerde karakter van de Nederlandse ruimtelijke ordening heeft deze module opties om de ontwikkeling via exogene invoer te sturen. Anderzijds is er ook de mogelijkheid om de locaties waar woningbouw plaatsvindt aan de vrije markt over te laten. De instellingen kunnen per jaar verschillen en zo kan er bijvoorbeeld op korte termijn gerekend worden op basis van bestaande plannen en op langere termijn de ontwikkeling aan de markt overgelaten worden. De uiteindelijke werking van woningmarkt hangt van de combinatie van instellingen in de grondmarkt en vastgoedmarkt. Dit deelmodel bestaat uit twee submodules.

1. Grondmarkt

Veranderingen in het grondoppervlak voor veel grondgebruiktypen, zoals natuur, water en bedrijfsterreinen, worden in TIGRIS XL bepaald door exogeen ingevoerd overheidsbeleid. De verandering in het grondoppervlak voor wonen kan zowel exogeen als endogeen bepaald worden afhankelijk van de gekozen instelling voor de marktwerking. Voor het simuleren van de interactie tussen de woningvraag en aanbod zijn in TIGRIS XL zijn binnen de grondmarkt zes optionele modellen beschikbaar, die variëren in de mate van overheidssturing. De modellen verschillen in de mate waarin exogene en endogene waarden worden gebruikt voor de verandering van agrarische grond naar woongebied en de verdichting van binnenstedelijke bebouwd gebied. Naast de instellingen in de grondmarkt module kan de daadwerkelijke bouw van woningen ook afhangen van de instellingen in de vastgoedmarkt.

2. Vastgoedmarkt

De vastgoedmarkt-submodule beschrijft de werking van de aanbodzijde van het vastgoed. De eerder beschreven grondmarkt is voorwaardescheppend voor de vastgoedmarkt op uitleglocaties door het bepalen van de mogelijk beschikbare grond voor woningbouwontwikkeling. Volgend op de keuzen in de grondmarkt worden de woningen gerealiseerd in de vastgoedmodule conform exogeen opgelegde waarden of als resultante van de vraagvoorkeuren van consumenten. Aanvullend bestaat de mogelijkheid om in de vastgoedmodule ook rekening te houden met de ontwikkelwinst van projectontwikkelaars, de hiervoor geïmplementeerde methode is gebaseerd op het woningmarktmodel Houdini van PBL. Het rekening houden met de ontwikkelwinst van projectontwikkelaars kan er voor zorgen dat er op locaties waar er wel vraag is toch niet gebouwd wordt doordat de ontwikkelwinsten te laag zijn (kan op termijn wijzigen door stijging prijzen ten gevolgen van schaarste).

De woningmarktmodule en arbeidsmarktmodule zijn afhankelijk van de grond- en vastgoedmarkt. Tussen de woningmarktmodule enerzijds en de grond- en vastgoedmarktmodule anderzijds vindt een interactie plaats die gebaseerd is op de vraag/aanbod-verhouding van woningen en de WOZ-waarde. Voor de arbeidsmarkt is het grondoppervlak dat beschikbaar is voor bedrijventerrein en het

kantooroppervlak van belang. TIGRIS XL veronderstelt geen terugkoppeling tussen de arbeidsmarkt en grondmarkt en vastgoedmarkt. Op gemeentelijk niveau wordt uitgegaan van een vraaggestuurde ontwikkeling, op basis vestigingsvoorkeuren van de economische sectoren, en op een lager ruimtelijk niveau, bij de verdeling over de subzones, wordt voor verschillende sectoren uitgegaan van een aanbodgestuurde ontwikkeling.

De invoer van de demografie module bestaat uit scenariowaarden voor de:

- Gekozen marktform grondmarkt en werking vastgoedmodule;
- Afhankelijk van marktform, woningbouw of sloop per zone naar type woning;
- Geplande veranderingen in het grondgebruik per zone;
- Ontwikkelkosten naar locatie en type woning.

Invoerbestanden:

- Grondgebruik naar type (van grond- en vastgoedmarkt t-1)
- Woningvoorraad naar type (van grond- en vastgoedmarkt t-1)
- Vraag/aanbod verhouding woningen naar type en locatie (van woningmarkt t-1)
- WOZ-waarde naar type woning en locatie (van woningmarkt t-1)
- Huishoudens naar type (van demografie)

Uitvoer:

- Grondgebruik naar type (naar arbeidsmarkt en grond- en vastgoedmarkt t+1)
- Woningvoorraad naar type (naar woningmarkt en grond- en vastgoedmarkt t+1)
- Oppervlak kantoorruimte, (naar arbeidsmarkt en grond- en vastgoedmarkt t+1)

Deelmodel woningmarkt

Het doel van de woningmarktmodule binnen TIGRIS XL is het ruimtelijke verhuispatroon van huishoudens per jaar te simuleren. De woningmarktmodule binnen TIGRIS XL hangt nauw samen met de andere modules in het model en er wordt gebruik gemaakt van gegevens uit de demografische module, de grond- en vastgoedmarktmodule en de transportmodule. In de woningmarkt worden aan de vraagkant verschillende huishoudtypen onderscheiden en aan de aanbodkant vier woningtypen naar locatie (LMS zone). De woningtypen in het model zijn koop-eengezinswoning, koop-meergezinswoning, huur-eengezinswoning en huur-meergezinswoning. De processen in de woningmarktmodule zijn verder opgesplitst naar submodules, namelijk:

1. Move/stay-module

In deze submodule wordt voor 14 verschillende huishoudtypen (naar leeftijd, omvang, aantal werkers en aantal kinderen), per zone de verhuiskans geschat. Deze verhuiskans hangt af van de kenmerken van het huishouden, de kenmerken van de betreffende zone, het woningtype, het aantal vacante woningen en de bereikbaarheid. Deze submodule bepaalt de dynamiek op de woningmarkt en de verhuiskans is geschat op basis van een stapeling van de WOON-enquêtes van 2006, 2009, 2012 en 2015, waarin verhuisinformatie is opgenomen over de jaren 2004 tot en met 2015. De gehanteerde methode is een binomiaal logitmodel waarbij per huishoudtype een nutsfunctie voor de kans op niet verhuizen wordt geschat.

2. Woonlocatiekeuze

In de woonlocatiekeuze-submodule worden de verhuizende huishoudens uit de move/stay-module meegenomen. De achtergelaten woning wordt meegenomen, in combinatie met de gegevens uit de grond- en vastgoedmarktmodule, om het aantal vacante woningen naar type per zone te bepalen (alternatieven). Het aantal vacante woningen is een belangrijke verklarende variabele in de

woonlocatiekeuze van een huishouden. De kans dat een huishouden een bepaalde locatie en woningtype kiest hangt verder af van kenmerken van het huishouden zelf, de woonomgeving, woningprijs, de bereikbaarheid van de locatie en de afstand, reistijd en reiskosten tussen de huidige en nieuwe locatie. Voor de woonlocatiekeuzemodule in TIGRIS XL zijn 14 separate modellen geschat voor dezelfde huishoudtypen als in de move/stay module.

Als primaire databron zijn ook hier de schattingen gedaan op een combinatie van het WoON-onderzoek uit 2006, 2009, 2012 en 2015, waarbij historische data voor verklarende variabelen zoals het aantal woningen naar type en zone, de WOZ-prijs naar type en woning en bereikbaarheid van de zones is gekoppeld. De woningdata is gebaseerd op bewerkingen van CBS data voor het woningregister en BAG en de bereikbaarheidsdata is berekend door het uitvoeren van LMS berekeningen voor historische jaren (backcasting op basis van invoer data voor 2004 en 2010). De locatie- en woningtypekeuze van huishoudens wordt net als de verhuiscens met een logit model bepaald. Als methodiek voor de schattingen is een nested logit (NL) model gebruikt omdat de mate van uitwisseling tussen alternatieven, bijvoorbeeld huur/koop of tussen zones, kan variëren in de data. Het NL-model heeft in totaal vijf niveaus waarbij de gebruikte neststructuur kan variëren per huishoudtype afhankelijk van de gevonden nest coëfficiënten bij de schattingen (geeft aan of er in de data een nesting waarneembaar is). Op het bovenste niveau in de neststructuur wordt een onderscheid gemaakt tussen verhuizingen binnen de COROP-regio en verhuizingen tussen COROP-regio's. De positie in de neststructuur van de overige vier keuzes is per huishoudtype wisselend; het gaat dan om de keuze tussen alternatieve COROP-regio's, zones binnen de gekozen COROP-regio, woningvorm (eengezins- of meergezinswoning) en huur- of koopwoningen. Lang niet alle nestcoëfficiënten tussen deze nestniveaus zijn significant: voor elk huishoudtype zijn 1 à 3 nestcoëfficiënten op de waarde 1 vastgesteld, in dat geval bevinden de twee betreffende keuzes zich op hetzelfde niveau.

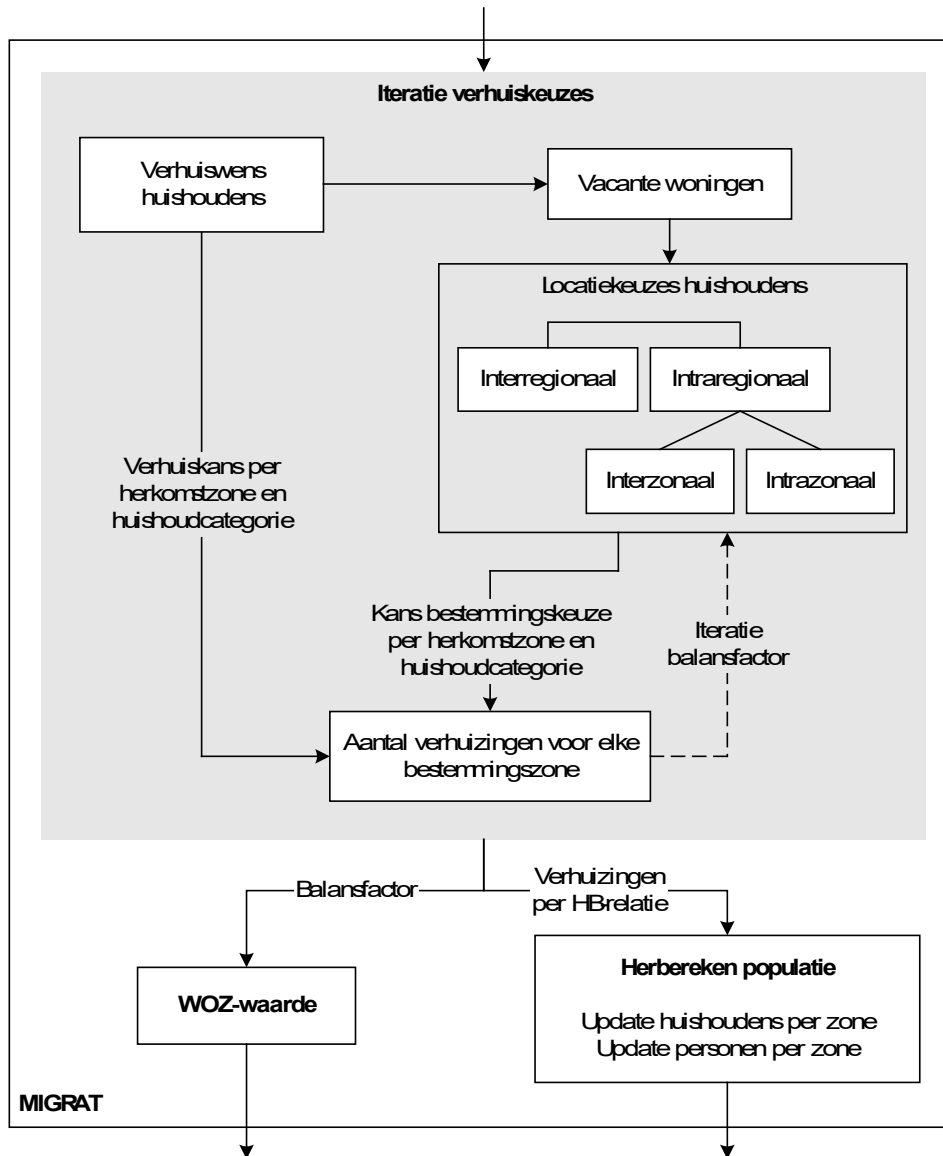
3. Balanceren vraag en aanbod en woningprijs

De uiteindelijke match tussen woningzoekende huishoudens en vacante woningen wordt gemaakt via een iteratief proces waarbinnen balanceerfactoren worden afgeleid. Hierbij wordt per iteratie een balansfactor per zone en woningtype berekend. Deze balansfactor corrigeert de locatiekeuzes voor een eventueel vraagoverschot: de locaties met een sterk vraagoverschot worden door de balansfactor minder aantrekkelijk, min of meer vergelijkbaar met een stijging van de woonprijs of een verlening van wachtlijsten, en andere locaties worden hierdoor relatief aantrekkelijker. Per iteratie wordt de balansfactor van een elke zone geüpdatet met de attractie/aanbod-verhouding in deze zone, waarbij de balansfactor kleiner of gelijk aan één moet zijn. Als de attractie/aanbodverhouding in een iteratie groter is dan één dan wordt de balansfactor kleiner om de attractie te corrigeren voor het aantal beschikbare woningen. De balansfactor is dus kleiner dan één als er lokaal krapte is op de woningmarkt. Anderzijds, als de attractie/aanbod-verhouding kleiner is dan één, dan is er sprake van leegstand van woningruimte in de zone. In dat geval is de balansfactor gelijk aan één, dit om te voorkomen dat er extra mensen worden aangetrokken naar regio's met een structurele leegstand. Het doel van de iteraties is om de balansfactoren zodanig vast te stellen dat voor elke zone het aantal inkomende huishoudens richting de beschikbare woonruimte gaat.

Na deze iteraties worden de definitieve verhuisstromen vastgesteld en wordt per zone een nieuwe WOZ-waarde berekend. De WOZ-waarde verandering hangt hierbij af van de krapte op de woningmarkt, dus lokaal sterkere stijging als de balansfactor onder de één ligt, hierbij wordt er gekeken naar de verhouding in de eerste iteratie. De woningprijs ontwikkeling wordt naar de toekomst toe verder aangepast op basis van nationale scenario aannamen over de inkomensontwikkelingen en financieringskosten.

De hele werking van het woningmarkt-deelmodel is nog eens samengevat in figuur 3.

Figuur 3: de structuur van de woningmarktmodule (Zondag et al. 2019)



(om de figuur toegankelijk te houden is de uitsplitsing naar woningtypen niet toegevoegd en gaat de figuur uit van 1 type woningen)

De invoer van de woningmarktmodule bestaat uit scenariowaarden voor de:

- Type woonmilieu;
- Gemiddelde aantal huishoudens per woning;
- Inkomensontwikkeling

Invoerbestanden:

- Huishoudens naar type (van demografie)
- Personen naar leeftijdsjaar, geslacht en huishoudpositie (van demografie)
- Grondgebruik naar type (van grond- en vastgoedmarkt)
- Woningvoorraad naar type (van grond- en vastgoedmarkt)
- Bereikbaarheid weerstanden verhuizen (van transportmodel t-x)

- Bereikbaarheid zones (van transportmodel t-x en arbeidsmarkt t-1)
- Arbeidsplaatsen regionaal (van arbeidsmarktmodel t-1)
- WOZ prijzen naar typen (van woningmarkt t-1)
- Verdeling huishoudtypen over woningtypen (van woningmarkt t-1)

Uitvoer:

- Huishoudens naar type (naar demografie t+1)
- Personen naar leeftijdsjaar, geslacht en huishoudpositie (naar demografie t+1)
- Vraag/aanbod verhoudingen naar type en locatie (naar grond- en vastgoedmarkt t+1)
- WOZ prijzen naar typen (naar woningmarkt t+1 en grond- en vastgoedmarkt t+1)
- Verdeling huishoudtypen over woningtypen (naar woningmarkt t+1)

Deelmodel arbeidsmarktmodule

De arbeidsmarktmodule binnen TIGRIS XL modelleert het aantal arbeidsplaatsen en de beroepsbevolking per zone. De arbeidsmarkt binnen TIGRIS XL gebruikt gegevens uit de demografische module, de grond- en vastgoedmodule en het transportmodel. De arbeidsmarktmodule bestaat uit drie submodules waarin de volgende processen zijn ondergebracht:

1. Simulatie arbeidsplaatsen op gemeenteniveau

De arbeidsmarktmodule binnen TIGRIS XL onderscheidt zeven economische sectoren waarvoor sector specifieke modellen zijn geschat, de onderscheiden sectoren zijn: landbouw, nijverheid, logistiek, detailhandel, consumentendiensten, zakelijke dienstverlening, overheid en zorg. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat de sterk verschillende karakteristieken van de sectoren bepalend zijn voor de ontwikkeling van het ruimtegebruik en de invloed van veranderingen in bereikbaarheid op het vestigingsgedrag. Op nationaal niveau worden exogeen per toekomstjaar projecties voor de verschillende sectoren gebruikt. De veranderingen op gemeenteniveau bestaan uit deze nationale veranderingen in economische structuur en uit gemeentespecifieke factoren per sector. De ontwikkelingen in het aantal arbeidsplaatsen per zone worden mede beïnvloed door de ontwikkelingen in de bevolking, het transport systeem en de verschillend economische sectoren beïnvloeden elkaar.

De beschikbare schattingsdata bestaat uit tijdserie-data (1996-2015) voor het aantal arbeidsplaatsen naar sector op gemeenteniveau op basis van de LISA-data. Deze data wordt aangevuld met CBS-data over de bevolking, beroepsbevolking en aantal woningen per gemeente voor de ze periode en grondgebruik data op basis van drie jaarlijkse bodemstatistiek voor de periode 1996-2015. Om de reisweerstand tussen gemeenten weer te geven wordt gebruik gemaakt van multimodale weerstandsmaten (logsum over OV en auto) op basis van historische LMS berekeningen met GM3 voor 2000, 2004 en 2010.

Bij de schatting van de arbeidsmarktmodule wordt gebruik gemaakt van een simultaan model zoals in de laatste 30 jaar in de ruimtelijke economische theorie ontwikkeld en empirisch getest door Steinnes (1977); Carlino en Mills (1987) en Boarnet (1994b). Deze methodiek gaat ervan uit dat bevolking en arbeidsplaatsen elkaar wederzijds beïnvloeden in tegenstelling tot gebruikte aannamen in het klassieke ruimtelijk-economisch monocentrische model. Volgend op de conclusie van de Graaff, van Oort en Boschman (2008) dat de banengroei in sommige sectoren ook kan afhangen van banengroei in andere sectoren wordt in het simultane model ook de intersectorale dynamiek meegenomen (invloed van sectoren op elkaar). De parameters van het model worden geschat door middel van een schattingsprocedure zoals ontwikkeld door Kelejian en Prucha (2004). Deze procedure controleert voor mogelijke endogeniteit (wederzijdse beïnvloeding van bevolking en arbeidsplaatsen) door gebruik te maken van ruimtelijke variatie in woon- en werkkeuze van omliggende gemeenten. Daarnaast controleert het

model voor afhankelijkheid binnen en tussen sectoren. Zo laat het model bijvoorbeeld toe dat de werkgelegenheid in de logistiek afhangt van de werkgelegenheid in de industrie.

2. Distributie arbeidsplaatsen op zone niveau

De onderverdeling van de veranderingen op gemeenteniveau naar het LMS-subzone niveau gebeurt op basis van sectorspecifieke toedelingsregels. Hierbij is voor bevolkingsvolgende sectoren, zoals detailhandel of overheid, het inwonertal van de zones maatgevend. Voor de sectoren nijverheid en logistiek is het aanbod aan bedrijventerrein op zoneniveau de maatgevende variabele waarop onderverdeeld wordt en voor zakelijke diensten is het aanbod aan kantoorruimte maatgevend.

3. Arbeidsparticipatie

De berekening van de werkzame beroepsbevolking in TIGRIS XL is onderverdeeld in zes subgroepen waarbij er onderscheid gemaakt wordt tussen mannen en vrouwen en de leeftijdsklassen 15-34, 35-54 en 54-75. Voor alle categorieën wordt de beroepsbevolking per zone bepaald door het aantal mannen en vrouwen naar leeftijdsklasse en de participatiegraad voor mannen en vrouwen naar leeftijdsklasse. Voor deze groepen wordt de omvang van de beroepsbevolking per zone in TIGRIS XL bepaald door veranderingen in de bevolking, berekend in de demografische en woningmarktmodule, en een verandering in de participatiegraad van mannen en vrouwen ten gevolge van scenario invoer. De verandering van de AOW leeftijd per toekomstjaar wordt opgegeven als scenario invoer voor de participatiegraad in de leeftijd 55-75. De totale werkzame beroepsbevolking bestaat uit alle zes de groepen gezamenlijk. Naast de scenario aanpassingen kan de participatiegraad regionaal beïnvloed worden door ontwikkelingen in de werkgelegenheid: waarbij een stijging van het aantal arbeidsplaatsen in een regio leidt tot een hogere participatiegraad en een daling omgekeerd. Het gaat hierbij om de ontwikkeling in verhouding tot de nationale ontwikkeling.

De invoer van de arbeidsmarktmodule bestaat uit scenariowaarden voor de:

- Arbeidsplaatsen naar sector nationaal;
- Ontwikkeling participatiegraad naar leeftijdsklassen en geslacht.

Invoerbestanden:

- Arbeidsplaatsen per zone naar sector (van arbeidsmarkt t-1)
- Potentiele beroepsbevolking en bevolking per zone (van demografie en woningmarkt)
- Grondgebruik naar type (van grond en vastgoedmarkt)
- Oppervlak kantoorruimte (van grond en vastgoedmarkt)
- Logsum weerstandsmaten bereikbaarheid (van transportmodel t-x)

Uitvoer:

- Arbeidsplaatsen per zone naar sector (naar arbeidsmarkt t+1),
- Arbeidsplaatsen per zone naar LMS sectoren (naar transportmodel en woningmarkt t+1)
- Werkzame beroepsbevolking naar leeftijd en geslacht naar transportmodel

3 Ervaringen, sterke punten, verbeterpunten en vooruitblik

Deze paragraaf beschrijft de ervaringen met TXL en de daaruit blijkende sterke punten en mogelijke verbeteringen, alsmede een vooruitblik op de eisen die mogelijke toekomstige toepassingen aan het model gaan stellen.

De ervaringen met toepassing van TXL in een zestal representatieve projecten is beschreven in bijlage 2 en kwamen al kort terug in paragraaf x. In deze paragraaf zullen we eerst de sterke punten van het model benoemen, zoals die uit de ervaringen met deze toepassingen naar voren komen, en daarna mogelijke verbeterpunten. Als derde bespreken we verwachte veranderingen in de toepassingsvelden van TXL, en welke aanpassingen deze mogelijk vragen. We sluiten af met een aantal mogelijke verbeteringen.

Sterke punten

Wonen, werken, grondgebruik en mobiliteit in één modelsysteem

De grote kracht van het model is dat het de ontwikkeling van wonen, werken, grondgebruik en mobiliteit in één modelsysteem gemodelleerd wordt, waardoor de onderlinge consistentie veel eenvoudiger bewaakt kan worden dan wanneer gebruik wordt gemaakt van een serie los van elkaar staande modellen.

Instrument voor meer integraal bereikbaarheidsbeleid

Hierdoor draagt het instrument ook bij aan een bredere beschouwing van bereikbaarheidsvraagstukken waarbij recht wordt gedaan aan de interactie tussen ruimte en mobiliteit. Dit sluit aan bij de wens om meer integraal bereikbaarheidsbeleid te ontwikkelen. Het model rekent op een consistente manier ruimtelijke variaties door die met een andere (handmatige) methode minder goed te onderbouwen zouden zijn. Het biedt ook de mogelijkheid om reistijdwinsten en nabijheidswinsten naast elkaar te onderscheiden.

Tijdpaden van basis- naar zichtjaar

De jaar-op-jaarberekeningen van TXL zijn waardevol omdat deze een zekere consistentie in de tijd (padafhankelijkheid) garanderen: een logische ontwikkeling van basis- naar zichtjaar. Hoewel deze tijdpaden in veel gevallen niet of maar gedeeltelijk worden gepubliceerd (zie bijvoorbeeld de WLO waar alleen de zichtjaren 2030 en 2050 zijn gepubliceerd), zijn deze wel belangrijk voor de onderbouwing en controle van de gemodelleerde ontwikkelingen.

Ruimtelijke detaillering

Iets dergelijks geldt voor de ruimtelijke detaillering van het model in een kleine 400 gemeenten en 1400 zones. Een dergelijke detaillering is nuttig om de ruimtelijke consistentie te garanderen bij de modellering van processen die grotendeels op dergelijke schaalniveaus plaatsvinden. De onzekerheden op deze schaalniveaus zijn echter groot, onder meer doordat ruimtelijk beleid van gemeenten en investeringsbeslissingen van individuele bedrijven hier een belangrijke rol spelen. Op welk schaalniveau de cijfers uiteindelijk worden gepubliceerd is een afweging die per toepassing wordt gemaakt; behalve het schaalniveau van de toepassing zelf (voor een toepassing voor de gemeente Amsterdam kan je niet volstaan met cijfers op COROP-niveau) speelt hier ook mee wat het zichtjaar van de studie is (hoe verder weg hoe groter de onzekerheden) en in hoeverre voldoende gedetailleerde informatie beschikbaar was over woningbouw en andere ruimtelijke plannen.

Empirische schatting

Internationaal gezien is een sterk punt van TXL de empirische schatting van de gebruikte parameters, op basis van grootschalige databestanden zoals het WoON en LISA en OVG. Omdat dergelijke gedetailleerde data in het buitenland vaak niet of beperkt beschikbaar zijn, worden modellen daar in het algemeen gekalibreerd op de geaggregeerde ontwikkeling.

Mogelijke verbeterpunten

Transparantie

Voor toepassing in scenariostudies is van belang dat de uitkomsten goed verklaard kunnen worden aan de hand van de scenarioveronderstellingen en de eigenschappen van het model. Dit is zowel van belang voor de beoordeling en aanpassing van scenario's tijdens het project, als voor de communicatie naar de gebruikers toe. Binnen TXL is dit voor landgebruik, woningmarkt en demografie naar onze ervaring voldoende mogelijk. Voor de arbeidsmarkt is dit in sommige gevallen lastiger door het simultane karakter van het betreffende deelmodel, waarbij de ontwikkelingen in de zeven economische sectoren onderling, en de bevolking, elkaar tegelijk beïnvloeden.

Aansluiting bij regionaal-economische modellering

De afhankelijkheid van exogene scenariodata op het nationale niveau is op zich geen beperking van het model, maar kan wel lastig zijn op het moment dat dergelijke data niet beschikbaar zijn. Voor de demografie kan altijd worden aangesloten op de periodieke CBS bevolkingsprognose, voor de arbeidsmarkt blijkt dit soms problematischer te liggen: sectorspecifieke werkgelegenheidsramingen voor Nederland worden niet periodiek gemaakt. Hiervoor lijkt een structurele oplossing wenselijk, bijvoorbeeld door aansluiting te zoeken bij de regionaal-economische modellen die binnen het PBL worden ontwikkeld voor de EU.

Gebruikersvriendelijkheid

De gebruikersvriendelijkheid van het model is in de loop der tijd verbeterd door toevoeging van een grafische gebruikersinterface. Toch vereist het model, alleen al door de nodige datavoorbereiding, een zekere mate van studie en kan het alleen door deskundigen gedraaid worden. Het is dus bijvoorbeeld niet geschikt om beleidsmakers of andere stakeholders eens zelf met het model te laten werken.

Rekentijd

De rekestijd van het model bedraagt grofweg 10 uur voor een run van 2015 tot 2050 zonder dat het LMS is ingeschakeld; ongeveer 5 etmalen als het LMS iedere vijf jaar, dus zeven maal, wordt ingeschakeld. Voor de meeste gangbare toepassingen van het model, met een relatief lange doorlooptijd, is dit geen probleem. Voor sommige vernieuwende toepassingen wel. Ook op een ander vlak is de

rekentijd een beperking. Gevoeligheidsanalyses waarbij met de inputdata wordt gevarieerd, zijn dus tijdrovend en worden in het algemeen dan ook slechts met een beperkt aantal varianten uitgevoerd. Monte-Carlo-analyse is praktisch uitgesloten, hoewel dit mogelijk wel meer inzicht zou kunnen geven in de modelonzekerheden.

Padafhankelijkheid op individueel niveau: naar micro-modellering?

De administratieve structuur van het model, waarbij gewerkt wordt op basis van bevolkings- en huishoudensegmenten, is weinig flexibel en niet goed geschikt om padafhankelijke kenmerken mee te nemen. In de huidige structuur wordt per segment de kans op bepaalde kenmerken meegenomen, bijvoorbeeld koop- of huurhuis, en de modellering berekent de aantallen per segment en verandering in de kansen (bijvoorbeeld door verhuisgedrag). Dit kwam onder andere naar voren bij een raming van de samenstelling van het woningaanbod dat vrijkomt als ouderen de woningmarkt verlaten (Eskinas & Ritsema van Eck 2018). Omdat babyboomers meer dan voorgaande generaties in koopwoningen wonen, wordt verwacht dat na 2030 op deze wijze een relatief groot aantal koopwoningen op de markt komt. In TXL bleek dit effect niet goed te modelleren, doordat het model geen koppeling op huishoudensniveau bijhoudt tussen huishoudens en woningen. Een huishouden dat van 64 jaar naar 65 jaar gaat neemt in dit geval niet de eigen woning mee naar het nieuwe segment, maar volgt de kansverdeling van het nieuwe segment. In de studie zelf is een eenvoudig toepassings specifiek model ontwikkeld dat op basis van TXL-output het bedoelde cohorteffect doorrekende. Een mogelijke structurele oplossing om de padafhankelijkheid en flexibiliteit te verbeteren is om het model op termijn om te zetten naar microniveau waarbij de kenmerken op persoonsniveau worden opgeslagen.

Welke eisen brengen verwachte toekomstige toepassingsvelden met zich mee?

We zien een ontwikkeling van de vraagbehoefte optreden vanuit de geschiedenis van het model van meer infrastructuur georiënteerde naar meer ruimtelijke vragen, en naar in de toekomst meer integrale en bredere vraagstukken. Dat volgt ook op veranderingen in beleid, zoals de overgang van infrastructuurfonds naar mobiliteitsfonds en de meer integrale benadering in de NOVI. Er is meer aandacht voor geografische nabijheidsmaten dan voorheen. De schaalniveaus waarbinnen analyses plaatsvinden, verplaatsen zich daarnaast van landelijk naar ook meer gebiedsgericht, stadsregio's naar binnenstedelijk (stedelijke bereikbaarheid). In relatie tot andersoortige maatschappelijke ontwikkelingen en opgaven is er ook meer vraag naar het vervlechten met aanverwante thematieken, zoals klimaatbeleid, duurzaamheid, sociale inclusie en nieuwe technologische ontwikkelingen.

Wat betekent dit voor TXL?

Regionaal beleid en aansluiting bij lokale informatie

Inhoudelijk verschuift het toepassingsbereik richting integrale gebiedsgerichte studies waarbij het instrument wordt ingezet voor zowel een strategische verkenning van het infrastructuurbeleid als van het verstedelijkingsbeleid. Bij het verstedelijkingsbeleid speelt een rationele onderbouwing van de woningmarktkeuzen, o.a. locatie en typen woningen, een belangrijke rol en gaat het om een onderbouwing van de bredere maatschappelijke kosten en baten (zie bijvoorbeeld duurzaamheid). De eisen aan de woningmarktmodule, bijvoorbeeld de reactie op lokaal transportbeleid zoals geen autovergunning of prijsgevoeligheid, nemen hierdoor toe. De verschuiving van het operationele schaalniveau van de TXL toepassingen naar het regionale schaalniveau stelt verder extra eisen aan de binnengemeentelijke distributie van de arbeidsplaatsen en geeft de uitdaging om beter aansluiting te vinden bij informatie uit regionale instrumenten (bijvoorbeeld verwerken OV varianten uit regionale bronnen).

Duurzaamheidsindicatoren

Voor vragen rondom duurzaamheid is vooral van belang dat diverse indicatoren voor duurzaamheid berekend kunnen worden. CO₂-uitstoot vanuit mobiliteit kan worden berekend aan de hand van de LMS-output, maar voor veel andere aspecten is koppeling aan andere modellen nodig, op een lager schaalniveau. Veelal kan dit via koppeling aan de Ruimtescanner. Langs die weg zijn koppelingen mogelijk met Mais/Vesta (energiegebruik van de bebouwde omgeving) en Damagescanner (overstromingsrisico's). Onderzocht moet worden in hoeverre op vergelijkbare wijze bijvoorbeeld ook gekeken kan worden naar lokale luchtkwaliteit en andere aspecten van duurzaamheid.

Doorwerking duurzaamheids- en klimaatbeleid

Daarnaast grijpen duurzaamheids- en klimaatbeleid vaak aan via nieuwe ontwikkelingen, waarvan het niet zo goed mogelijk is deze door te rekenen, omdat de modules daar niet op ingericht en geschat zijn. Bijvoorbeeld de lange termijneffecten van MAAS, rekeningrijden, milieuzones of restrictief parkeerbeleid op de woonlocatiekeuzes en verhuisweerstand. Iets dergelijks geldt ook voor de introductie van nieuwe vervoermiddelen, zoals de elektrische fiets, elektrische auto, op langere termijn de zelfrijdende auto, hogesnelheidstreinen, de hyperloop, en nieuwe vervoermiddelen tussen lopen en auto in (denk aan de Segway en elektrische steps). Hiervoor geldt echter dat de ontwikkelvraag in eerste instantie bij het LMS ligt en daarmee buiten de scope van deze audit valt. Veranderingen in weerstanden en mogelijke activiteitenpatronen werken in TXL door op locatiekeuzes.

Sociale inclusie: groepen en budgetten

Een beleidsterrein met veel regionale aandacht is sociale inclusie waarbij voor de verschillende beleidsscenario's expliciet gekeken wordt naar de effecten voor verschillende groepen. Het TXL model biedt door segmentatie in de woningmarktmodule en het LMS transportmodel de mogelijkheid om de effecten voor verschillende segmenten te bekijken, waarbij nog nader duidelijk moet worden in hoeverre dit ook de beleidsrelevante groepen zijn. In het huidige model wordt gekeken naar de groepen vanuit nutsmaximalisatie, maar voor het thema sociale inclusie lijkt het ook van belang dat het model meer inzicht geeft in de beperkingen, zoals de beschikbare budgetten voor wonen en mobiliteit van de diverse groepen. De vraag is echter in hoeverre vragen over de inclusieve stad en de budget-effecten voor verschillende groepen beantwoord kunnen worden zonder een betere en gedetailleerdere koppeling tussen huishoudens en woningen (zie ook onder verbeterpunten).

Samenhang woonlocatie- en mobiliteitskeuzen

Mede onder invloed van beleid lijken de ruimtelijke verschillen in mobiliteitsaanbod en mogelijkheden toe te nemen. Zo neemt het autobezit in veel landen in de steden af door beperkend beleid, maar neemt het buiten de steden nog toe. Of het OV wordt op het platteland versoerd en in de steden geïntensiveerd. De woonlocatiekeuzes en lange-termijn mobiliteitskeuzes interacteren daardoor sterker. Het succes of falen van nieuw zeer stringent autobezitsbeleid in de steden zal afhangen van de integrale aantrekkelijkheid van locatie, woningtype en -prijs en mobiliteitsmogelijkheden. In het huidige model worden deze keuzes deels gesimuleerd in de woningmarktmodule (namelijk locatie en type woning), en deels in het transportmodel (namelijk de ruimtelijke verdeling autobezit). Een mogelijke ontwikkelrichting is het integraal schatten en simuleren van deze lange-termijn keuzes als onderdeel van een woningmarkt- en vervoermiddelbezitsmodule (mogelijk inclusief aspecten als toegang tot deelauto).

Invloed technologische veranderingen op locatiekeuzes

Wat betreft de invloed van technologische veranderingen: voor een deel gaat het hier om nieuwe vervoermiddelen en dus om het LMS; voor een ander deel gaat het om de invloed van zaken als thuiswerken, internetshoppen, teleleren en dergelijke op de locatievoorkeuren van huishoudens en

bedrijven. Voor zover de betreffende ontwikkelingen al hebben plaatsgevonden, komen de effecten ervan tot uiting in de parameterschatting op basis van de data over de afgelopen jaren; daarmee lijkt de schatting van de effecten wel vrij conservatief. De vraag is in hoeverre het mogelijk is meer vooruit te blikken op de toekomstige effecten van deze ontwikkelingen, zonder het voordeel van de empirische basis onder TXL op te geven.

Literatuur

- Boarnet, M. C. (1994): The Monocentric Model and Employment Location, *Journal of Urban Economics* 36, 79–97.
- Carlino, G. A. and E.S. Mills (1987): The Determinants of Country Growth, *Journal of Regional Science* 27, 39–54.
- CPB/PBL (2012): *Het nulalternatief voor KBA's van grote gebiedsgerichte projecten: een verkenning op basis van de casus Schaalsprong Almere*. Den Haag: CPB/PBL.
- CPB/PBL (2015): *Welvaart en leefomgeving (WLO 2015), onderdeel Regionale ontwikkelingen en Verstedelijking*. Cahier en Achtergrondrapport. Den Haag: CPB/PBL.
- Delemarre, J. (2019): *Using simulation models and model interpretations for long-term policy-making in cities; Case study of long-term planning of office space in Amsterdam*. MSc thesis. Delft: UT.
- Eskinasi, E. & J. Ritsema van Eck (2018): *Uitstroom van ouderen uit de woningmarkt: een landsdekkende raming op basis van de WLO*. Den Haag: PBL.
- Graaff, T. de, F. van Oort, & S. Boschman, S. (2008): *Woon-werkdynamiek in Nederlandse gemeenten*, Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/Ruimtelijk Planbureau.
- Graaff, T. de & B. Zondag (2013) A Population-Employment Interaction Model as Labour Module in TIGRIS XL. In: Pagliara F., de Bok M., Simmonds D., Wilson A. (eds) *Employment Location in Cities and Regions. Advances in Spatial Science*, pp 57-77. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kelejian, H.H. & I.R. Prucha (2004): Estimation of simultaneous systems of spatially interrelated cross-sectional equation. *Journal of Econometrics* 118: 27-50.
- Steinnes, D. N. (1977): 'Do people follow jobs' or 'do jobs follow people'? A causality issue in urban economics, *Journal of Urban Economics* 4, 69–79
- Wegener M. (2011): Transport in spatial models of economic development, pp 46-66 in *Handbook of Transport Economics*, editors A. de Palma, R. Lindsey, E. Quinet and R. Vickerman.
- Zondag, B., M. de Bok, K. Geurs & E. Molenwijk (2015): Accessibility modeling and evaluation: The TIGRIS XL land-use and transport interaction model for the Netherlands. *Computers, Environment and Urban Systems* 49 115-125.
- Zondag, B., K. Ruijs, J. Willigers, J. Baak, T. de Graaff (2019): *Systeemdokumentatie Tigris XL v. 7*. Den Haag: Significance.
- Zwaneveld, P, G. Romijn, G. Renes & K. Geurs (2012) *Maatschappelijke kosten en baten van verstedelijkingsvarianten en openbaarvervoerprojecten voor Almere*. CPB-notitie 193. Den Haag: CPB/PBL.

Bijlage 1 Overzicht huidige en mogelijke toekomstige toepassingen Tigris XL

Huidige toepassingen	Voorbeeld	Beleidsproces	Output	Modeleisen
Regionale uitwerking van integrale scenario's	<ul style="list-style-type: none"> - RV2011 - Deltascenario's - WLO 	<ul style="list-style-type: none"> - Basis voor MKBA's - Achtergrond voor visievorming 	Kaartjes en tabellen van bevolking, huishoudens en banen in steekjaren (bv 2030 en 2050) op COROP-niveau	Consistente langetermijn-ontwikkeling regionale demografie en economie
Indirecte effecten infrastructuurprojecten	<ul style="list-style-type: none"> - Zuiderzeelijn - N18 	<ul style="list-style-type: none"> - MIRT-studies - MKBA 	Kaartjes en tabellen met veranderingen in arbeidsplaatsen en bevolking.	Effecten infrastructuurmaatregelen via bereikbaarheid op regionale woning- en arbeidsmarkt
Bereikbaarheids- effecten van verstedelijkingsstrategieën	<ul style="list-style-type: none"> - Robuuste Bereikbaarheid - MIRT A2 Deil-Vught - Gebiedsgericht beleid - TOD studie 	<ul style="list-style-type: none"> - Visievorming - Gevoeligheid NMCA - MIRT verkenning 	Kaarten en tabellen van diverse mobiliteits- en bereikbaarheidsindicatoren	Effecten (lokale) verstedelijkingspatronen op mobiliteit en bereikbaarheid (> LMS).
Bereikbaarheidseffecten van integrale beleidspakketten (verstedelijking en infra)	<ul style="list-style-type: none"> - Nederland later - Schaal sprong Almere - MRDH MIRT-onderz. - MRA-studie 	<ul style="list-style-type: none"> - Duurzaamheidsverkenning - Visievorming - MIRT onderzoeksfase 	Kaarten en tabellen met ruimtelijke-, mobiliteits-bereikbaarheid- en milieu indicatoren	Combinatie van effecten van infrastructuur en lokale verstedelijkingspatronen op mobiliteit en bereikbaarheid.
Duurzaamheidseffecten van verstedelijkingsstrategieën	<ul style="list-style-type: none"> - Kansen voor Duurzame Verstedelijking - denk o.a. aan klimaatbestendige / adaptieve steden. 	<ul style="list-style-type: none"> - Visievorming - Input voor NOVI, kennis voor regionale uitwerking 	Kaartjes en tabellen van bereikbaarheidsindicatoren, uitstoot diverse stoffen, overstromingsrisico's	Effecten (lokale) verstedelijkingspatronen op mobiliteit, uitstoot en luchtkwaliteit (> LMS), verduurzaming warmtevoorziening (>VESTA) en klimaatadaptatie (> RS)

Mogelijke nieuwe typen studies				
Bereikbaarheids- en verstedelijkingseffecten van verduurzaming mobiliteitssysteem	(nog geen) (denk aan effecten van elektrische auto's/ fietsen etc, maar bv ook rekeningrijden: systeem-sprongen; ander-soortige vervoersdiensten)	- O.a. Mogelijk ondersteuning uitwerking klimaatplan - Visievorming - Opgave- en gebiedsgericht werken, multi sectoraal	Kaartjes en tabellen van bereikbaarheid, spreiding bevolking en banen onder verschillende beleidsstrategieën. Risicogebieden, kosten, irt beheersmaatregelen. Verschuiving voorkeuren onder andere omstandigheden en RO impact.	Gedragseffecten (locatievoorkeuren en mobiliteit) van duurzame technologie en maatregelen Combineren databronnen (post processing?)
Bereikbaarheids- en verstedelijkingseffecten van nieuwe technologieën	(nog geen) (denk aan effecten van internet, zelfrijdende auto, hyperloop)	- Mogelijk gevoeligheid bij NMCA	Kaartjes en tabellen van bereikbaarheid, spreiding bevolking en banen onder verschillende technologische scenario's.	Gedragseffecten (locatievoorkeuren en mobiliteit) van nieuwe (vervoers- en communicatie-) technologieën
Inclusieve verstedelijking en mobiliteit, stedelijke bereikbaarheid, leefbare steden	(nog geen) (denk aan bereikbaarheidsarmoede) (denk aan kansen binnen grootschalige stedelijke gebieden)	- Kansen voor mensen onderdeel MIRT onderzoek - Regionaal vaak belangrijk thema - Opgave- en gebiedsgericht werken	Kaartjes en tabellen van diverse bereikbaarheids- en woningmarkt indicatoren met onderscheid tussen groepen Scherp inzicht in de ruimtelijke samenhang binnen gebieden en kansen duurzaamheid	Onderscheid tussen relevante groepen voor verschillen mobiliteit en bereikbaarheid (> LMS) en positie op de woningmarkt. Hoog detailniveau, gebiedsspecifieke parameters

Bijlage 2 Beschrijving van zes projecten met Tigris XL

I. WLO Regionale ontwikkelingen en verstedelijking ("WLO Regionaal").

Uitgevoerd zomer 2013 - december 2015 door PBL en CPB, met medewerking van Significance BV. Rapportage: <https://www.wlo2015.nl/rapporten-wlo/regionale-ontwikkelingen-en-verstedelijking>. In andere deelprojecten zijn de nationale demografische en economische ontwikkelingen (met behulp van andere modellen uitgewerkt voor twee referentiescenario's, Hoog en Laag. In dit deelproject zijn de nationale aantallen inwoners, huishoudens en banen regionaal verdeeld (op COROP-niveau) in de twee referentiescenario's (uitgaande van een trendmatige concentratie van de groei in de Randstad en andere stedelijke regio's) en twee onzekerheidsvarianten (Hoog met meer spreiding, en Laag met een (nog) sterkere concentratie van groei in de Randstad en enkele andere stedelijke regio's). Deze uitkomsten zijn vervolgens weer gebruikt als input in andere WLO-deelprojecten, zoals de WLO Mobiliteit, en andere ramingen zoals de studie De Toekomst van Kantoren (PBL/CPB 2017).

Het doel van de WLO was tweeledig. Enerzijds zijn de WLO-scenario's bedoeld als toekomstbeelden om toekomstige beleidsopgaven zichtbaar te maken. Daarnaast zijn de scenario's bedoeld als basis voor het beoordelen van beleidsvoorstellen, bijvoorbeeld met behulp van MKBA's. In de praktijk vormen de uitkomsten van de WLO Regionaal de basis van de ruimtelijke input in de mobiliteitsmodellen LMS en NRM die Rijkswaterstaat gebruikt bij de doorrekening van infrastructuurplannen. Hiervoor is een veel hoger detailniveau vereist dan COROP-niveau. Daarom laat Rijkswaterstaat de WLO-cijfers jaarlijks door derden uitwerken naar het niveau van ongeveer 6500 zones als basis voor het LMS/NRM. Daarnaast worden de WLO-cijfers vaak gebruikt als referenties bij toekomstvisies van regionale of lokale overheden. Zie Delemarre (2019) voor een voorbeeld hoe de WLO-cijfers via meerdere vertaalslagende basis vormen voor een lokale raming van kantoorbehoefte in Amsterdam.

• **Conclusies**

- Demografische en economische groei is de komende decennia het sterkst in de Randstad en enkele andere stedelijke regio's.
- Concentratie in de Randstad is na 2030 onzeker: deze ontwikkeling kan afremmen of juist versterken.
- Groei is in de meeste delen van het land geen vanzelfsprekendheid meer.

• **Aanbevelingen**

- De studie is bedoeld als basisinformatie voor beleidsverkenningen en beoordeling van beleidsvoorstellen.
- In het algemeen wordt aanbevolen om daarbij twee scenario's te gebruiken om de onzekerheden in beeld te brengen: de referentiescenario's Hoog en Laag. Deze geven vooral voor de Randstad de bandbreedte van plausibele ontwikkelingen goed weer.
- In regio's waar de bandbreedte van relevante ontwikkelingen veel kleiner is dan de nationale bandbreedte, wordt aangeraden ook de aanvullende onzekerheidsverkenningen te gebruiken: Hoog Spreiding en Laag Concentratie.

• **Relevante beleidsvragen:**

- Wat zijn plausibele toekomstige ontwikkelingen van de regionale bevolking, huishoudens en werkgelegenheid en wat zijn de daaruit voortvloeiende regionale opgaven op vlakken als woningbouw, bedrijfsruimten, infrastructuur en andere voorzieningen?
- Wat betekenen deze plausibele toekomstige ontwikkelingen van de regionale bevolking, huishoudens en werkgelegenheid voor de bandbreedte in maatschappelijke kosten en baten van specifieke ruimtelijke investeringen (in infrastructuur of anderszins)?

- **Contextfactoren:**

- Nationale demografische en economische ontwikkelingen worden in TXL als exogeen gegeven beschouwd. In het kader van de WLO zijn de demografische ontwikkelingen gebaseerd op het 66% betrouwbaarheidsinterval van de CBS bevolkingsprognose en huishoudensprognose. De economische ontwikkelingen zijn gebaseerd op (een combinatie van) enkele Shared Socioeconomic Pathways van het IPCC.
- De WLO gaat op het niveau van bevolking- en huishoudenssegmenten in principe uit van gelijkblijvende voorkeuren en gedrag. In de onzekerheidsvarianten van WLO Regionaal is wel gevarieerd met veranderingen in woonvoorkeuren, zoals een hogere waardering van een groene woonomgeving, om de onzekerheid van dit aspect in de toekomstige bevolkingsspreiding tot uitdrukking te brengen. Hiertoe is op basis van scenario-aannamen per huishoudentype het woonnut van groene locaties aangepast.
- Technologische ontwikkelingen kunnen in principe leiden tot veranderende voorkeuren en gedrag. Te denken valt daarbij aan de effecten van ICT en vervoerstechnologie op woonvoorkeuren en mobiliteitsgedrag. Voor wat betreft de mogelijkheden dit mee te nemen in de transportanalyses gebruikt TXL de mogelijkheden van het LMS. Ook voor wat betreft de invloed op woonlocatiekeuze neemt TXL de veranderingen uit het LMS mee. De gevolgen van technologische veranderingen op de woning, zoals de energietransitie, worden in TXL niet meegenomen in de woonlocatie/type voorkeuren.
- De WLO gaat bovendien niet uit van grote beleidswijzigingen ("minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid").
- Verschuivingen in beleid kunnen wel leiden tot nieuwe kennisvragen, waarvoor ook naar de WLO kan worden gekeken. Vanwege de toenemende beleidsaandacht voor regionale diversiteit is de regionale differentiatie in deze WLO veel gedetailleerder dan in de vorige (CPB, PBL en MNP 2006), toen slechts drie landsdelen werden onderscheiden. Ook zijn er twee onzekerheidsvarianten uitgewerkt met afwijkende regionale spreidingspatronen.

- **Type beleidsprocessen en besluiten**

- visievorming en identificatie van regionale opgaven. Hiervoor is vooral de logische consistentie van belang in de regionale ramingen voor bevolking, huishoudens en banen, en de mogelijkheid om op een logische manier te differentiëren tussen regio's en scenario's.
- investeringsbeslissingen op basis van MKBA. Hiervoor is precieze en gedetailleerde informatie nodig over de ruimtelijke spreiding van bevolking en banen. Hoewel deze cijfers binnen Tigris worden berekend op het niveau van ongeveer 1400 LMS-subzones (demografie) dan wel gemeenten (banen), zijn ze gerapporteerd op het niveau van COROP-regio's en wordt de ruimtelijke detaillering vervolgens overgelaten aan derden. Op een lager ruimtelijk schaalniveau spelen gemeentelijke plannen, en onzekerheden hierin, een belangrijke rol in de uiteindelijke ontwikkellocatie.

- **Betrekken doelgroep**

Met beleidsmakers is in de loop van het project op verschillende manieren geïnteracteed:

- Al voor de start van de WLO is twee maal (in 2010 en 2013) een interviewronde langs medewerkers van verschillende departementen gehouden, over de vraag hoe de WLO van 2006 in de praktijk werd gebruikt en hoe de bruikbaarheid van een volgende WLO vergroot kon worden. Met de uitkomsten van deze interviews is rekening gehouden bij de opzet van de WLO 2015, onder meer in de keuze voor 2 i.p.v. 4 scenario's en in de keuze voor "rustige" bandbreedtes.
- Voor ieder WLO-cahier, en dus ook voor de WLO Regio's, zijn drie seminars gehouden, namelijk een start-, midterm- en eindseminar waarbij resp. het projectplan, de eerste voorlopige resultaten en het concept eindrapport zijn besproken met wetenschappers en beleidsmakers van verschillende departementen, decentrale overheden en kennisinstellingen.

- Over de aanvullende verkenningen Laag-Concentratie en Hoog-Spreiding, zijn gesprekken gevoerd met medewerkers van IenW/ruimte, IenW/bereikbaarheid, BZK/wonen en EZK/regionaal-economisch beleid over de gebruiksdoelen van deze aanvullende verkenningen.
- Er zijn verschillende bijeenkomsten georganiseerd waarbij de voorlopige uitkomsten per provincie aan de hand van kaarten en tabellen met cijfers op corop-niveau zijn besproken met medewerkers van alle provincies. Daarbij zijn de resultaten toegelicht en zijn inhoudelijk onderbouwde suggesties voor verbetering opgehaald. Dit heeft tot verbeteringen in de scenario-cijfers geleid, en het draagvlak voor de cijfers bij de provincies versterkt.
- Na afloop is de studie gepresenteerd en toegelicht in diverse bijeenkomsten bij verschillende departementen, provincies en gemeenten; ook worden nog steeds met enige regelmaat vragen per mail beantwoord van medewerkers bij provincies, metropoolregio's of gemeenten.
- **Indicatoren/output**
Open data (op COROP-niveau, voor 2030 en 2050 in vier scenario's):
 - Bevolking naar geslacht en vier leeftijdscategorieën (0-14/15-34/35-64/65+)
 - Potentiële en werkzame beroepsbevolking
 - Aantal huishoudens
 - Banen in vier sectoren (landbouw/nijverheid/detailhandel/overige diensten)
 Aan Rijkswaterstaat zijn ook de cijfers voor 2040 geleverd.
In de rapportage zijn de uitkomsten geïllustreerd met kaartjes op corop-niveau.
- **Vorm (visualisatie):**
De resultaten worden door TXL weggeschreven in grote databestanden die door de modelleur kunnen worden ingelezen in Excel of een andere database, en vandaar verder verwerkt tot tabellen, grafieken en kaarten. Standaard is er de rapportagetool beschikbaar die uit alle beschikbare uitvoer in Excel voor een geografische indeling (COROP, gemeente, zone) overzichtssheets genereert per kernvariabele bestaande uit geografie (rijen bijvoorbeeld gemeenten), tijd (kolommen – jaartallen). Het gaat om variabelen voor de bevolking (m/v, leeftijd), arbeidsplaatsen (zeven sectoren), huishoudens, beroepsbevolking, woningen (typen, nieuwbouw) en grondgebruik (typen).
- **Onzekerheden:**
Fundamentele onzekerheden over toekomstige bevolkingsgroei, economische ontwikkeling en ruimtelijke voorkeuren zijn vertaald in scenario-invoer voor vier scenario's, die samen een beeld geven van de onzekerheden in de regionale ontwikkelingen. Daarbij is in de WLO 2015 gekozen voor een "rustige" bandbreedte (vergelijkbaar met het 66% betrouwbaarheidsinterval van een prognose). Dit vooral met het oog op toepassing in MKBA.
- **Modelonzekerheden:**
Modelonzekerheden nemen toe naarmate er op een gedetailleerder niveau naar de resultaten wordt gekeken, bijvoorbeeld naar huishoudtypen, sectoren en specifieke zones. In de WLO is hierom voor het Corop-niveau gekozen in combinatie met een beperkte segmentatie.

II. Nulalternatief Schaalsprong Almere

Volledige titel: Het nulalternatief voor KBA's van grote gebiedsgerichte projecten: een verkenning op basis van de case Schaalsprong Almere. Uitgevoerd in 2012 door CPB en PBL.

Rapportage : www.pbl.nl/onderwerpen/mobiliteit/publicaties/het-nulalternatief-voor-kba-s-van-grote-gebiedsgerichte-projecten-een-verkenning-op-basis-van-de-casus-schaalsprong-almere

Deze studie maakt deel uit van een programma gericht op de methodiek van MKBA van verstedelijkingsprojecten, samen met Plannen voor de stad (CPB & PBL 2013), en Planobjectivering (Hammers, Bijlsma en van Hoorn 2013). Na het verschijnen van de OEI-leidraad (2000) was het toepassingsgebied van MKBA verbreed van hoofdzakelijk infrastructuurinvesteringen naar (ook)

meer integrale gebiedsgerichte projecten. Daarbij traden enkele methodische problemen op. In de genoemde projecten werden mogelijke oplossingen voor deze problemen verkend, en werden aanbevelingen gedaan voor de toepassing van MKBA op verstedelijkingsprojecten.

Een van deze problemen was het bepalen van het nulalternatief. Voor grote projecten met significante bovenlokale ruimtelijke effecten is het van belang deze goed in kaart te brengen: waar wonen, werken en recreëren mensen, en waar ontstaan vervoersstromen, als het project wordt uitgevoerd, en waar als het niet wordt uitgevoerd? In het rapport is hiervoor een methodiek uitgewerkt aan de hand van de case van de Schaalsprong Almere (waarvoor al een MKBA was uitgevoerd: Zwaneveld e.a. 2009). Daarbij is voor het nulalternatief uitgegaan van een scenario uit de Ruimtelijke Verkenning 2011 (een ruimtelijke uitwerking van de WLO 2006 met behulp van TXL); de effecten van het project zijn in kaart gebracht met behulp van TXL, waarbij het effect is onderzocht van verschillende veronderstellingen over de reikwijdte van het project.

- **Conclusies**

- De methode is geschikt om de effecten van een project in beeld te brengen door vergelijking met de WLO-scenario's als nulalternatief.
- De vraag naar de reikwijdte van het project (waar wordt minder gebouwd als gevolg van het onderzochte grootschalige project) is daarbij van groot belang voor de uitkomsten van de KBA. In het geval van Schaalsprong Almere maakt de reikwijdte het verschil uit tussen een positief KBA-saldo (0,2 mlrd bij een reikwijdte van heel Nederland) en een negatief saldo (minus 0,3 mlrd als de reikwijdte alleen Amsterdam omvat). Dit verschil zit hem grotendeels in de grondopbrengsten.

- **Aanbevelingen**

- Gebruik bij een MKBA twee WLO-scenario's als nulalternatief.
- Een zorgvuldige onderbouwing van de gekozen reikwijdte van het project (waar wordt minder gebouwd) is daarbij van groot belang. Modelexercities met een model als Tigris XL kunnen daarbij inzicht bieden.

- **Relevante beleidsvragen**

Hoe kunnen, bij de MKBA van grote gebiedsgerichte projecten, de lokale en bovenlokale effecten van deze projecten het beste geraamd worden, en hoe dient het nulalternatief geconstrueerd te worden waarmee de effecten van het project vergeleken worden?

- **Contextfactoren**

Bij MKBA wordt aanbevolen om de onzekerheden in te schatten door uit te gaan van (minstens) twee scenario's. Daarvoor worden vaak de WLO-scenario's gebruikt. Deze studie uit 2012 is gebaseerd op de vorige WLO (CPB, MNP & RPB 2006). Hiervoor gelden ten aanzien van de contextfactoren veelal dezelfde opmerkingen als bij de nieuwe WLO (zie hiervoor).

- **Type beleidsprocessen en besluiten**

Voor investeringsbeslissingen op basis van MKBA zijn precieze en gedetailleerde gegevens nodig over de ruimtelijke spreiding van bevolking en banen. Zoals hierboven aangegeven wordt daarom de ruimtelijke detaillering van de WLO-cijfers op het binnenregionale niveau, waarbij gemeentelijke plannen en de onzekerheden daarin een grote rol spelen, overgelaten aan derden. Voor deze methodische studie speelde dit minder. Wel is hiervoor van belang dat het model op een plausibele manier de verschillende ruimtelijke ontwikkelingspaden kan ramen tussen het nulalternatief en de verschillende varianten bij uitvoering van het plan.

- **Betrekken doelgroep**

De studie is geschreven vanuit een gevoelde kennislacune bij MKBA's van gebiedsontwikkelingsprojecten en is dan ook gericht op de uitvoerders van dergelijke MKBA's. De studie is geadresseerd aan de Interdepartementale Commissie voor Infrastructuur en Milieu (ICIM). Bij het project waren direct KBA experts van PBL en CPB betrokken en via interne werksessies

zijn de resultaten besproken met betrokkenen vanuit verschillende disciplines. Aansluitend op de werksessies heeft de directie van CPB en PBL het advies uit studie overgenomen.

- **Indicatoren/output**

Ontwikkelingen van inwoners en banen op gemeenteniveau, alsmede verkeerstromen en congestie voor vier varianten (verschillende reikwijdten) en het nulalternatief; op basis daarvan een inschatting van de kosten baten termen van grondopbrengsten, reistijd-baten, agglomeratie-effecten aan de productiekant (op basis van banendichtheid) en aan de consumptiekant (op basis van bereikbaarheid voorzieningen) en de effecten op natuur en landschap.

- **Vorm/visualisatie**

Kaartjes van west- en midden-Nederland op gemeenteniveau van de verandering van het aantal woningen, arbeidsplaatsen, reistijd-baten en een aantal tabellen met andere bovengenoemde indicatoren, samengevat in een indicatieve KBA-tabel. Zie verder wat herover staat vermeld onder WLO, hierboven.

- **Onzekerheden**

Zoals hierboven aangegeven wordt aanbevolen om bij een MKBA onzekerheden in te schatten door uit te gaan van (minstens) twee scenario's. In deze methodische studie zou dat echter geen meerwaarde hebben: de methodiek is immers voor elk scenario hetzelfde. Wel is de methodiek gebaseerd op de WLO, waardoor voor het nulalternatief al meerdere scenario's "op de plank liggen".

- **Modelonzekerheden**

Modelonzekerheden nemen toe naarmate er op een gedetailleerder niveau naar de resultaten wordt gekeken, bijvoorbeeld naar huishoudtypen, sectoren en specifieke zones. In deze methodische studie zijn de resultaten om illustratieve redenen deels op gemeenteniveau gepresenteerd. Omdat het hier gaat om verschillen tussen de varianten en het nulalternatief, en een groot deel van deze onzekerheden voor alle varianten in dezelfde richting zal werken, gaan we ervan uit dat de cijfers voor totale bevolking en banen op gemeenteniveau voldoende betrouwbaar zijn.

III. Kansen voor Duurzame Verstedelijking

Uitvoering gestart in het najaar van 2018, loopt nog. Nog geen openbare rapportage beschikbaar.

Voortbouwend op "kennis aan tafel" ten behoeve van de voorbereiding van de Nationale Omgevingsvisie (NOVi) wordt in dit project onderzocht wat de duurzaamheidseffecten zijn van verschillende verstedelijkingsstrategieën, aansluitend bij twee van de strategische thema's uit de NOVi, namelijk toekomstbestendige en bereikbare woon- en werk omgeving en klimaatbestendige en klimaatneutrale samenleving. De onderzochte strategieën zijn onderscheiden op twee assen, namelijk urbaan of suburbaan bouwen en trendmatig mobiliteitsbeleid versus een versnelde transitie naar duurzame mobiliteit.

TXL wordt in samenhang met de grondgebruiksmodeel Ruimtescanner (RS) gebruikt om de ruimtelijke invulling van deze strategieën vorm te geven. RS wordt daarbij gebruikt om te berekenen waar ruimte is voor bouwen; TXL om te bepalen waar in welke mate vraag hiernaar is. Met name bij binnenstedelijke locaties kan de uitkomst zijn dat er te weinig ruimte is, dan wel dat de vraag beperkt is in vergelijking met andere (uitleg-)locaties. Vervolgens wordt ontwerpmatig gekeken welke stedelijke milieus op de betreffende locaties passend zijn. Alle varianten worden doorgerekend voor beide WLO-scenario's Hoog en Laag. De betaalbaarheid en regionale beschikbaarheid van woningen worden als harde randvoorwaarden opgelegd.

De effecten die in beeld worden gebracht zijn in ieder geval de bereikbaarheid van banen, lokale luchtkwaliteit, CO₂-uitstoot van mobiliteit, mogelijkheden tot verduurzaming van de

warmtevoorziening van woningen en bedrijfspanden, besparing open (groene) ruimte en overstroomingsrisico's. Hiertoe wordt TXL via de RS gekoppeld aan de effectmodellen MAIS/Vesta, DamageScanner en CasualtyScanner.

- **Conclusies**

Studie is nog niet afgerond dus conclusies zijn nog niet beschikbaar. Gedacht kan worden aan conclusies als:

- "Urbaan bouwen is bij een <hoog/laag> scenario duurzamer dan suburbaan bouwen op de aspecten A, B, C en juist minder duurzaam op de aspecten D en E."
- "Bij een hoog scenario zijn de duurzaamheidseffecten van <urbaan/suburbaan> bouwen groter dan bij een laag scenario; dat komt vooral door de aspecten P, Q en R."
- "Duurzaam mobiliteitsbeleid gaat het beste samen met een <urbane/suburbane> verstedelijkingsstrategie doordat op de volgende manieren synergie optreedt: X, Y, Z"

- **Aanbevelingen**

De studie is nog niet afgerond dus aanbevelingen zijn nog niet beschikbaar. De bedoeling is niet dat er concrete aanbevelingen worden gedaan voor een bepaalde verstedelijkingsstrategie, maar dat de voor- en nadelen van verschillende strategieën op een rijtje worden gezet.

- **Relevante beleidsvragen**

Wat zijn de duurzaamheidseffecten van verstedelijkingsstrategieën met een nadruk op binnenstedelijk transformeren en bouwen versus strategieën met meer nieuwbouw op uitleglocaties? Wat zijn onderlinge afhankelijkheden tussen deze verstedelijkingsstrategieën en duurzaam mobiliteitsbeleid? Hoe is de financiële haalbaarheid van deze verstedelijkingsstrategieën en hoe zouden deze vormgegeven kunnen worden teneinde de duurzaamheidseffecten te vergroten?

- **Contextfactoren**

- Zie wat hierover hierboven is gezegd (bij WLO).
- Bij politieke discussies over verstedelijking en verduurzaming speelt de vraag naar een eerlijke verdeling van lusten en lasten vaak een grote rol. Daaraan kan tegemoet worden gekomen door een aantal uitkomsten mbt de kosten zowel ruimtelijk als naar groepen huishoudens te desaggregeren.

- **Type beleidsprocessen en besluiten**

Het project is vooral gericht op de (gebiedsgerichte uitwerking van) de NOVi en de daarin te nemen beslissingen over verstedelijkingsrichtingen.

- **Betrekken doelgroep**

- De studie is een vervolg op analyses die gedaan zijn in het kader van "kennis aan tafel" ten behoeve van het projectteam NOVI van BZK. In dat kader zijn enkele presentaties gegeven van de voorlopige resultaten.
- De eerste case study vindt plaats in de MRA, waar veel beleidsruimte is op onderhavige thema's. Een aantal aspecten van de uitwerking van deze case worden bepaald in samenspraak met de inhoudelijke deskundigen van de MRA, zoals lokale plancapaciteit, parkeernormen, en randvoorwaarden bijvoorbeeld met betrekking tot groen in de woonomgeving. Om snel en efficiënt te kunnen 'halen en brengen' is een gedetacheerde van de provincie van Noord Holland in het projectteam opgenomen.

- **Indicatoren/output**

Het resultaat van het project is per scenario en beleidsvariant: een kaart (illustratief op 1 ha gridcel resolutie) van omgevingsrechtelijk en financieel haalbare en, afhankelijk van de beleidsvariant, min of meer duurzame toekomstige verstedelijking tussen nu en 2050, alsmede de effecten hiervan t.a.v. klimaat en bereikbaarheid.

- **Vorm/visualisatie**

Kaarten, grafieken en tabellen. Zie wat hierover hiervoor gemeld is bij de WLO.

- **Onzekerheden**

Naast de bekende scenario-onzekerheden uit de WLO (zie hierboven) speelt hier de vraag hoe snel de technische mogelijkheden voor verduurzaming zich zullen ontwikkelen (zowel voor de gebouwde omgeving als voor mobiliteit) en hoe snel deze mogelijkheden gemeengoed worden. Hiervoor sluiten we zoveel mogelijk aan bij wat hierover in de WLO is aangenomen, aangevuld met recentere inzichten uit bijvoorbeeld de NEv/KEv

- **Modelonzekerheden**

In dit project wordt intensief gebruik gemaakt van een aantal (deels nieuwe) modelmogelijkheden met betrekking tot de woningmarkt, zoals de raming van regionale woningbehoefte en woningprijzen met een onderscheid naar huur/koop en eengezins/meergezins. Deze mogelijkheden zijn voor oplevering reeds in enkele proefberekeningen getest. Toch blijft het belangrijk in de loop van het project de vinger aan de pols te houden of de uitkomsten hiervan plausibel en consistent blijken te zijn. Daarnaast vraagt het project om een ruimtelijke nauwkeurigheid (100 x 100 metercellen) die TXL in stand alone configuratie zeker niet ondersteunt. De RS wordt gebruikt om de TXL-uitkomsten aan de hand van geschiktheidskaarten te vertalen van LMS-zones naar de genoemde gridcellen.

IV. Ruimtelijke robuustheid bereikbaarheidsopgaven (RRB)

Uitgevoerd juni 2016 – april 2017 door Significance BV., iov RWS-WVL, IenW. Rapport/paper:

https://www.cvs-congres.nl/e2/site/cvs/custom/site/upload/file/cvs2017/ses-sie_c/c5/id_078_eric_molenwijk_ruimtelijke_robuustheid_van_bereikbaarheid.pdf

In de NMCA zijn op basis van twee standaard WLO scenario's en daarbij vastliggende ruimtelijke ontwikkeling bereikbaarheidsopgaven bepaald. In de studie RRB is onderzocht hoe alternatieve locaties voor woningbouw en arbeidsplaatsen invloed hebben op bereikbaarheidsopgaven zoals gesignaleerd in de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse 2017 (NMCA). Dit is gedaan voor **drie** alternatieve verstedelijkingsconcepten onderzocht op landelijke schaal (sterkere stedelijke concentratie en twee suburbanisatie varianten); en specifiek voor de Metropoolregio Amsterdam nog eens **vijf** inpassingsvarianten (eveneens een verdichting variant en meerdere ruimtelijke spreidingsvarianten vanuit het idee dat de bouwopgave in Amsterdam mogelijk niet gerealiseerd kan worden). Binnen deze studie wordt het scenario WLO HOOG 2040 als vetrekpunt gekozen (waarbij er 1.5 miljoen nieuwe woningen worden gerealiseerd). Binnen die context wordt er ruimtelijk gevarieerd. Dezelfde hoeveelheden woningen worden gerealiseerd alleen wordt er binnen de ruimte een andere ruimtelijke ontwikkeling verondersteld plaats te vinden, door specifieke plancapaciteit beschikbaar te stellen; andersoortige marktwerking aan te nemen waarmee specifieke verstedelijkingspatronen (stedelijke verdichting, en meer suburbane vormen) gesimuleerd worden. Dit is zowel op landelijke schaal als meer regionale schaal op effecten onderzocht. Het gaat in deze varianten om een herverdeling van 200-400 duizend woningen binnen stadsgewesten of daarbuiten, verdeeld over de provincies. En bij de MRA om herverdeling van 60 duizend woningen. De effecten zijn onderzocht op een breed raamwerk indicatoren.

Het doel van de gevoeligheidsanalyse is om enerzijds de zekerheid van optreden van bereikbaarheidsopgaven te onderzoeken en anderzijds te schetsen of en in welke mate de gevonden opgaven zich laten beïnvloeden door ruimtelijke ontwikkeling. Dit is van belang om te voorkomen dat de verkeerde problemen opgelost worden; om te voorkomen dat problemen te sectoraal en eenzijdig benaderd worden; en om beter de kansen vanuit het ruimtelijke domein te benutten.

De uitkomsten zijn in afgeslankte vorm opgenomen in het NMCA hoofdrapport- en bijlagenrapport.

- **Conclusies**

- De voorziene woonopgave tot 2040 heeft significante invloed op bereikbaarheid; de mate waarin verschilt sterk per provincie en van de locatie binnen de provincie
- Er zijn aanzienlijke (additionele) baten te behalen mits er een gecoördineerde ruimtelijke strategie wordt gevolgd (over sectoren en lagen heen)
- Een grondgebruikstrategie (ruimtelijke planning) is vooral waardevol voor de modaliteiten fiets en OV
- Een grondgebruikstrategie raakt alle gelaagten van de populatie, ook de niet-autobezitter en lagere inkomens
- Ruimtelijke analyse en het bredere palet bereikbaarheidsindicatoren (o.a. nabijheid), levert aanknopingspunten voor aanverwante doelstellingen zoals duurzaamheid, agglomeratiekracht en sociale inclusie
- **Aanbevelingen**
 - Onderken ruimtelijke gevoeligheid van bereikbaarheidsopgaven zeker in regio's die gevoelig zijn gebleken voor ruimtelijke strategie, exploreer en benut ruimte als onderdeel van de probleemanalyse en oplossingsrichtingen
 - Hanteer naast netwerkindicatoren ook geografische, zodat niet alleen infrastructuur (en snelheid) maar ook ruimte (nabijheid) een rol speelt (synergie)
 - De transitie van knelpuntopgaven naar gebiedsopgaven biedt goede mogelijkheden om de methode toe te passen waar zowel rijk als regio stakeholders zijn
 - Bij de te voltrekken woningbouwopgave is het waardevol deze niet 'sectoraal' te laten verlopen en bij de invulling in te zetten op het uitwerken van inrichtingsvarianten en bredere maatschappelijke doelen
 - Betrek al bij het ontwikkelen van plannen over nieuwe woningbouwlocaties de sociaal-economische voordelen van locaties op gecoördineerde wijze.
- **Relevante beleidsvragen:**
 - Welke (meer)waarde ontstaat er door bereikbaarheid vanuit een andere kijk, een meer ruimtelijke visie te benaderen?
 - Welke kansen levert tactvol inrichten van de ruimte voor het verkleinen of afwenden van knelpunten en het bereiken van aanvullende (bredere) doelstellingen?
 - Is de ene (provincie-)regio structureel gevoeliger voor ruimtelijke wijzigingen dan de ander? Wat betekent dat voor de interpretatie van knelpunten/opgaven in die gebieden en het te voeren beleid? En wat betekent dit voor de manier van onderzoeken- en evalueren?
 - Robuustheid van probleemanalyse en beleid vaststellen onder wisselende contextfactoren
- **Contextfactoren:**
 - Scenario randtotalen en autonome (sociaal, economische, technologische) ontwikkelingen zijn conform het standaard WLO HOOG scenario en liggen vast op nationale schaal. Een belangrijke factor is dat er t.o.v. de referentie in het HOOG scenario wordt verondersteld dat er in geheel Nederland 1.5 miljoen woningen gerealiseerd zullen worden.
 - Infrastructurele maatregelen cf. vastgesteld beleid (geen varianten) .
- **Type beleidsprocessen en besluiten**
 - Bijdragen aan de discussie over meer integraal bereikbaarheidsbeleid door het verbinden van ruimtelijke planning en infrastructuurbeleid, om kansen vanuit de ruimte niet onbenut te laten en synergie te bereiken en zo betere besluiten te nemen.
 - Visievorming en identificatie van regionale opgaven
- **Betrekken doelgroep**
 - Beleidsmedewerkers zijn hier de doelgroep maar in naaste processen ook de regionale partners en medewerkers binnen RWS. In aanloop en tijdens de uitvoering zijn in werkoverleggen de principes toegelicht en besproken (o. met KiM, DGB). Er zijn voorafgaand diverse pilots studies verricht die hebben geleid tot nauwere betrokkenheid (en begrip) van de doelgroep en uiteindelijk tot acceptatie van deze werkwijze binnen de NMCA. Na de uitvoering van de studie

is verder toelichting gegeven op de resultaten bij het CVS (2017), specifiek bij de stadsregio Amsterdam (een van de gevoelige regio's).

- **Indicatoren/output**

- Netwerkeffecten
 - o netwerkprestatie-indicatoren zoals IC (intensiteit-capaciteitsverhouding), HWI (hoofdwegennet indicator cq. filekosten) gebiedsgerichte netwerkmaten zoals VVU (voertuigverliesuren), tijd-in-file (gebieden)
- Ruimtelijke effecten
 - o Verandering in ruimtelijke ordening (verdeling van inwoners en arbeidsplaatsen- en huishoudkenmerken over de ruimte)
- Geografische bereikbaarheid
 - o Verandering van toegankelijk (banenbereikbaarheid uitgedrukt in het aantal banen dat binnen een redelijke tijd met een specifieke modaliteit bereikt kan worden).
 - o Bereikbaarheidsbaten ten gevolge van veranderingen in de nabijheid en snelheid

- **Vorm (visualisatie):**

De resultaten worden door TXL weggeschreven in grote tekstbestanden die door de modelleur kunnen worden ingelezen in Excel of een andere database, en vandaar verder verwerkt tot tabellen, grafieken en kaarten. Dat is bij deze studie gedaan op landelijk niveau alsmede uitsplitsingen voor de metropoolregio Amsterdam.

- **Onzekerheden:**

- Met what-if benadering en worden hoekstenen van het speelveld in kaart gebracht door met contextfactoren te variëren. De gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in de onzekerheid rondom vermeende bereikbaarheidsopgaven. En regio's aan te wijzen waar de onzekerheid als gevolg van een verhoogde gevoeligheid voor ontwikkelingen binnen die context, groot is.
- Er is alleen gevarieerd binnen het scenario HOOG. Doordat de ruimtelijke structuur grotendeels vastligt zijn er naar de toekomst toe vertaald vergelijkbare patronen zichtbaar en zijn er vergelijkbare effect gevoeligheden (c.q. onzekerheden). Bovendien was in deze studie de effect agv beweeglijkheid van verschuiving van volumes (what-if) meer onderwerp van studie dan het variëren van hoeveelheden binnen plangebieden als zodanig. **Modelonzekerheden**
- Het minimale schaalniveau waarop we opereren is dat van de grotere stadsregio's zodat er voldoende marktwerking mogelijk is om dynamiek te representeren.

V. Bereikbaarheidseffecten van alternatieve verstedelijkingsvormen

Uitgevoerd 2014 – oktober 2015 door Significance BV., iov IenW.

Rapport : geen url

Als onderdeel van een verkenning naar lange termijn investeringsopgaven voor infrastructuur, is onderzocht welke ruimtelijke beleidsonzekerheden van invloed kunnen zijn op investeringsopgaven en mogelijke sturingsopties die infrastructurele knelpunten kunnen beperken of kansen helpen benutten. Er zijn acht ruimtelijke inrichtingsvarianten onderzocht op landelijke schaal, dwz dat een vorm van ruimtelijk beleid van toepassing is voor het gehele land. Binnen deze studie wordt het scenario WLO HOOG 2040 als vetrekpunt gekozen. Binnen die context wordt er ruimtelijk gevarieerd. Dezelfde hoeveelheden woningen worden gerealiseerd alleen wordt er binnen de ruimte een andere ruimtelijke ontwikkeling verondersteld plaats te vinden, door specifieke plancapaciteit beschikbaar te stellen; andersoortige marktwerking aan te nemen waarmee specifieke verstedelijkingspatronen (stedelijke verdichting, en meer suburbane vormen) gesimuleerd worden. Dit is zowel op landelijke schaal als meer regionale schaal op effecten onderzocht. Het gaat in deze varianten om een herverdeling van 200 duizend woningen binnen stadsgewesten of daarbuiten, verdeeld over de provincies. Varianten volgen ofwel 1) transport gericht ruimtelijk beleid, waarbij ruimtelijke concentratie plaatsvindt op goed

bereikbare OV of auto locaties; ofwel 2) Concentratie van werken in de stad ; ofwel combinatie varianten. De effecten zijn onderzocht op een breed raamwerk indicatoren.

Doel van deze studie is specifiek nagaan in hoeverre ruimtelijk inrichten actief kan bijdragen aan het reduceren van (de zwaarte van) investeringsopgaven. Door vanuit de ruimte de druk op het wegennet te beperken (minder congestie) en het versterken / benutten van agglomeratiekracht.

Het indicatorenraamwerk is daartoe verbreed

- **Conclusies**

- De wijze waarop de verstedelijkingsopgave wordt gerealiseerd, levert substantiële verschillen in de bereikbaarheid, vooral de nabijheid van activiteiten. Verdichtingsvarianten zijn gunstig.
- Er zijn regionaal sterke verschillen in hoe ruimtelijke veranderingen doorwerken op het mobiliteitssysteem en de nabijheid.
- Er zijn grote effecten zichtbaar op de nabijheid afhankelijk van het gebied waarin de ontwikkeling plaatsvindt (lees: banenbereikbaarheid bij gelijkblijvende snelheid)
- Verdichting nabij OV-locaties levert forse bereikbaarheidseffecten op, met name in stedelijke gebieden met hoge dichtheid
- De berekende bereikbaarheidsbaten verschillen substantieel, variërende tussen -350mln en 520 miljoen euro per jaar. Geschat effect in NCW is 5-7 miljard euro. De reistijdbaten van 20% vormen daarin een bescheiden deel, de winst zit vooral in nabijheidswinsten.

- **Aanbevelingen**

- Gebruik een gebiedsgerichte benadering voor bereikbaarheidsonderzoek waarbij ruimtelijke structuurkeuzes integraal onderdeel uitmaken van de studie (zoals bij (pre) MIRT onderzoeken)
- Ga in gesprek met regio's over hoe de trendmatige ontwikkeling zich verhoudt tot alternatieve verstedelijkingsvormen en de gevolgen daarvan voor bereikbaarheid en agglomeratiekracht
- De geografische bereikbaarheidsmaat is geschikt gebleken inzicht te geven in bereikbaarheidseffecten als functie van nabijheid en snelheid en kan gebruikt worden om effecten te duiden en te waarderen.
- Gebruik de geografische bereikbaarheidsmaat ook voor het berekenen van monetaire effecten en in de MKBA
- Regionaal verschillen de effecten sterk. Aanbevolen wordt om regionale gevoeligheidsanalyses te verrichten om inzicht te krijgen in mogelijke bijdrage van ruimtelijke structuurkeuzes bij ontstaan/oplossen van knelpunten.
- Aanbevolen wordt ism de regio's specifieke varianten op te stellen om aan draagvlak te winnen

- **Relevante beleidsvragen:**

- Welke (meer)waarde ontstaat er door bereikbaarheid vanuit een andere kijk, een meer ruimtelijke visie te benaderen?
- Welke kansen levert tactvol inrichten van de ruimte voor het verkleinen of afwenden van (bereikbaarheids)knelpunten en het bereiken van aanvullende (bredere) doelstellingen?
- Op welke manieren kan de geografische bereikbaarheidsmaat het beleidsproces dienen?
- In hoeverre kan planning van RO/infra-maatregelen bijdragen en profiteren van een hogere agglomeratiekracht ?
- Is de ene (provincie-)regio structureel gevoeliger voor ruimtelijke wijzigingen dan de ander? Wat betekent dat voor de interpretatie van knelpunten/opgaven in die gebieden en het te voeren beleid? En wat betekent dit voor de manier van onderzoeken- en evalueren?
- Robuustheid van probleemanalyse en beleid vaststellen onder wisselende contextfactoren

- **Contextfactoren:**

- Vergelijkbaar met de contextfactoren zoals beschreven bij de WLO studie en RRB studie.

- **Type beleidsprocessen en besluiten**

- Verbreden van het onderzoeksveld over meerdere beleidsvelden om kansen vanuit de ruimte niet onbenut te laten en synergie te bereiken en zo betere besluiten te nemen
- Visievorming en identificatie van regionale opgaven
- **Indicatoren/output**
- Vergelijkbaar met de RRB studie, zie beschrijving aldaar.
- Aanvullend worden in deze studie de effecten uiteengezet naar bijdragers, uitsplitsing in reistijden, herkomst- en bestemmingseffecten.
- **Betrekken doelgroep**
- De studie is uitgevoerd in interactie met een bredere klankbordgroep vanuit het Ministerie van I&M, het KIM en RWS-WVL. Vanuit het Ministerie waren er vertegenwoordigers betrokken vanuit DG-ruimte, DG-mobiliteit weg en OV, MIRT programma's en de unit strategie. De in de studie doorgerekende varianten zijn in samenspraak met de klankbordgroep opgesteld en op basis van eerste rekenresultaten nader verfijnd. In de klankbordgroep zijn ook de studieresultaten en rapportage besproken en aanvullend heeft een tweetal externe reviewers een reactie gegeven op de rapportage.
- **Vorm (visualisatie):**
- De resultaten worden door TXL weggeschreven in grote tekstbestanden die door de modelleur kunnen worden ingelezen in Excel of een andere database, en vandaar verder verwerkt tot tabellen, grafieken en kaarten. Dat is bij deze studie gedaan op landelijk niveau alsmede uitsplitsingen voor de metropoolregio Amsterdam.
- **Onzekerheden:**
- De hier gehanteerde methode gaat op voorhand uit van een what-if benadering en tracht de hoekstenen van het speelveld in kaart te brengen door met contextfactoren te variëren. De verkenning heeft tot doel om onzekerheid rondom bereikbaarheidsopgaven, en de rol van de ruimtelijke ordening daarin, waaronder de (ruimtelijke) sturingsmogelijkheden, te verkennen.
- Er zijn kanttekeningen geplaatst bij de studieresultaten, namelijk
 - o De doorrekening is partieel (geen terugkoppeling met transport):
 - o Er is geen aanvullend mobiliteitsbeleid gehanteerd
 - o Geen agglomeratiebaten meegerekend agv hogere productie (generatieve effecten)
 - o Alleen de baten zijn in beeld gebracht
 - o De doorgerekende varianten zijn generiek van aard en voor alle regio's gelijk
- **Modelonzekerheden**
- Rekening gehouden met schaalniveaus, varianten opereren tot minimaal het niveau van stadsgewesten.

VI. MIRT-onderzoek MRDH

Uitgevoerd in 2017 door Significance BV., iov IenW.

Rapport : geen url

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, heeft als onderdeel van het MIRT-onderzoek Bereikbaarheid Rotterdam- Den Haag **vier** uiteenlopende integrale verstedelijkingsperspectieven (proef-tuinstad; groen & compact; Inclusieve stad; clusters in contact) opgesteld op de schaal van de metropool Rotterdam-Den Haag. Daarbij bestaat het integrale aspect uit een combinatie van ruimtelijke alternatieven en transportmaatregelen zoals investeringen in weg of OV infrastructuur en wijzigingen in de dienstregelingen. Binnen deze studie wordt het scenario WLO HOOG 2040 als vertrekpunt gekozen. Dezelfde hoeveelheden woningen worden gerealiseerd alleen wordt er binnen de ruimte een andere ruimtelijke ontwikkeling verondersteld plaats te vinden, door specifieke plancapaciteit beschikbaar te stellen; andersoortige marktwerking aan te nemen waarmee specifieke verstedelijkingspatronen (stedelijke verdichting, en meer suburbane vormen) gesimuleerd worden. Dit is zowel op landelijke schaal als meer regionale schaal op een breed raamwerk indicatoren onderzocht. Het gaat in deze

varianten om een herverdeling van 200 duizend woningen binnen 7 woonregio's zoals 'Haaglanden, Drechtsteden' etc.) . De infrastructurele maatregelen bestaan uit strategische infrastructuurpakketten voor weg, trein en/of BTM. Dit richt zich dan bijvoorbeeld op kleinschalige infrastructurele projecten, wegverbredingsprojecten, hogere frequenties OV, of nieuwe lijnen, HOV, leefbaarheidsmaatregelen (snelheidsverlaging), oeververbindingen. Doel van de studie is om te faciliteren bij het ontwerpen (en waarderen) van verstedelijkingsperspectieven (ontwerpend onderzoek) waarbij ruimtelijke en infrastructurele maatregelen elkaar zoveel mogelijk versterken en aansluiten bij de stedelijke ambitie (het verbeteren van de bereikbaarheid op een manier die bijdraagt aan het versterken van de economische structuur, leefbaarheid, kansen, en een aantrekkelijk mobiliteitssysteem). Daartoe is een breed raamwerk indicatoren ontwikkeld.

- **Conclusies**

- Invulling van de verstedelijkingsopgave geeft substantiële verschillen in de bereikbaarheid, vooral de nabijheid van activiteiten.
- Een afgemeten pakket aan maatregelen kan resulteren in het verbeteren van agglomeratiekracht, toename van interactie tussen regio's, toename van bereikbaarheid van het landschap op de fiets, vermindering van congestie.
- Met name modaliteit fiets blijkt grote invloed te hebben van ruimtelijke inrichtingskeuzes (irt nabijheid). Infrastructurele maatregelen werken vooral daar in specifiek regionale effecten.
- Verdichtingsvarianten resulteert in sterke bereikbaarheidsbaten vooral nabijheidsbaten
- Weginvesteringen zorgen voor baten door snellere verbindingen en compenseren deels voor lagere nabijheidsbaten.
- Verdichting langs HOV draagt het meest bij aan het versterken van de agglomeratiekracht

- **Aanbevelingen**

- Benut de mogelijkheden van de integratie van verstedelijkings- en mobiliteitsbeleid.
- Gebruik bereikbaarheid als middel om bredere maatschappelijke doelen en opgaven (waaronder klimaat en energietransitie) na te streven naast de opzichzelfstaande opgave om een zekere basiskwaliteit te leveren
- Ruimte. Koppel de trajecten die uit dit MIRT-onderzoek voortvloeien en de uitwerking van verstedelijkingsstrategie nog nadrukkelijker aan elkaar: Transit Oriented Development (TOD) waarbij wordt ingezet op multimodale knooppuntontwikkeling en economische kerngebieden.
- Economie. Concentreer nieuwe ontwikkeling zoveel mogelijk rond HOV en haak economische toplocaties beter aan. Bed werkgebieden beter in (in interactiemilieus).
- Sociaal: maak de impact en focus van oplossingen op verschillende doelgroepen veel explicie-ter in de afweging bij grote en kleine oplossingen.

- **Relevante beleidsvragen:**

- Welke ruimtelijke perspectieven zijn er denkbaar en welke (meer)waarde ontstaat er door bereikbaarheid vanuit een andere kijk, een meer ruimtelijke visie te benaderen?
- Welke kansen levert tactvol inrichten van de ruimte voor het verkleinen of afwenden van knelpunten en het bereiken van aanvullende (bredere) doelstellingen?
- Op welke manieren kan de geografische bereikbaarheidsmaat het beleidsproces dienen?
- Wat betekent dat voor de interpretatie van knelpunten/opgaven in die gebieden en het te voeren beleid? En wat betekent dit voor de manier van onderzoeken- en evalueren?

- **Contextfactoren:**

Vergelijkbaar met de contextfactoren zoals beschreven bij de WLO studie/ RRB studie.

- **Type beleidsprocessen en besluiten**

- Opstellen en onderzoeken van toekomstbeelden cq. verstedelijkingsperspectieven en het waarderen daarvan met een breed raamwerk bereikbaarheidsindicatoren irt stedelijke ambities.
- Verbreden van het onderzoeksveld over meerdere beleidsvelden om kansen vanuit de ruimte niet onbenut te laten en synergie te bereiken en zo betere besluiten te nemen

- Visievorming en identificatie van regionale opgaven
- **Betrekken doelgroep**
- Het MIRT onderzoek MRDH was een gezamenlijk project van rijk en betrokken regio. De TXL studie heeft binnen dit onderzoek plaatsgevonden in nauwe afstemming met de coördinerende consultants (Zwarte Hond, GC en Rebel) die in interactieve sessies met de regio de verschillende perspectieven hebben uitgewerkt. De met TXL berekende resultaten zijn in verschillende sessies besproken met vertegenwoordigers vanuit rijk en regio waarbij er in stappen getrechterd te werk is gegaan en er uiteindelijk twee 'geoptimaliseerde' perspectieven overbleven.
- **Indicatoren/output**
- Vergelijkbaar met studie RRB
- Specifiek: bereikbaarheid economische kerngebieden
- **Vorm (visualisatie):**
- De resultaten worden door TXL weggeschreven in grote tekstbestanden die door de modelleur kunnen worden ingelezen in Excel of een andere database, en vandaar verder verwerkt tot tabellen, grafieken en kaarten. Dat is bij deze studie gedaan op landelijk niveau alsmede uitsplitsingen voor de metropoolregio Amsterdam.
- **Onzekerheden:**
- De hier gehanteerde methode gaat op voorhand uit van een what-if benadering en tracht de hoekstenen van het speelveld in kaart te brengen door met contextfactoren te variëren. De gevoeligheidsanalyse heeft tot doel om onzekerheid rondom bereikbaarheidsopgaven, en de mogelijke rol van de ruimtelijke ordening daarin, waaronder de (ruimtelijke én infrastructuurele) sturingsmogelijkheden, te verkennen.
- Er zijn kanttekeningen geplaatst bij de studieresultaten, namelijk
 - De omvang van de bereikbaarheidseffecten en -baten zijn sterk scenario afhankelijk
 - De studie berekent alleen de bereikbaarheidsbaten, een volledige afweging vraagt om ene bredere set indicatoren
 - De infra pakketten zijn strategisch verkend (met LMS). Voor stedelijke infrastructuurmaatregelen zijn gedetailleerdere lokale modeluitwerkingen nuttig.

Bijlage 3 Samenvatting verslag brainstorm TIGRIS XL

Locatie: Den Haag, PBL

Datum: 7/11/2018

Aanwezigen: Danielle Snellen, Otto Raspe, Anne Wetering, Bart Rijken, Jan Ritsma van Eck (vz.) (PBL), Martien Schmitz, Barend Jansen (Provincie Zuid-Holland), Will Cerx (gemeente Rotterdam), Barry Zondag (Significance), Frank Hofman, Eric Molenwijk (nt) (RWS-WVL), Henk van Mourik (DGB WWV), Luuk Huttenhuis (DGB OVS).

RWS en het PBL werken sinds 2010 aan de gezamenlijke ontwikkeling van modelinstrumentarium TIGRIS XL bij een gedeeld eigenaarschap. Het model voorziet in landelijk en regionale strategische beleidsanalyse binnen het domein ruimte-mobiliteit, voor de lange termijn 2050. Gedurende deze bijeenkomst verkennen we in welke richting beleidsvragen zich mogelijk evolueren (op het snijvlak van ruimte-mobiliteit). Opbrengst van deze brainstorm is voedend aan model ontwikkelprogramma om beleidsvragen van de toekomst te beantwoorden.

Er is gediscussieerd in vier thematische blokken:

1. Klimaatverandering
2. Inclusieve stad
3. Technologische ontwikkelingen
4. Overige

Daarbij staat telkens centraal de verkenning hoe ten gevolge van maatschappelijke-technologische transitie er consequenties zijn voor de interactie ruimte-mobiliteit, en zo op nieuw te verwachten beleids- en kennisvragen.

Thema 1: **Klimaatverandering**

Er is gebrainstormd in termen van **mitigatie** (het reduceren van broeikasgasuitstoot) en **adaptatie** (het verminderen van de impact van klimaatverandering op de samenleving).

Mitigatie (reductie uitstoot)

- Andere vervoerwijzen en het effect daarvan op de ruimte (denk aan elektrische auto en elektrische fiets, maar ook geheel nieuwe vormen tussen auto en lopen)
- Wat zijn de gevolgen van invoering van een persoonlijk CO₂-budget?
- Kennisvragen rondom: kosten van verduurzaming irt verhuisgedrag (zowel huizen/ autobezit en gebruik); consequenties bijvoorbeeld grotere honkvastheid?

Adaptatie (reductie impact)

- In hoeverre veranderen risicogebieden / vrijwaringszones en wat zijn de effecten daarvan op verstedelijking en mobiliteit?
- Stel dat we niet meer bouwen in laag Nederland, wat gebeurt er dan?
- Evacuatiemogelijkheden; hoe voorkom je dat mensen in de file komen te staan?
- In hoeverre leidt adaptatie bijvoorbeeld via stadsparken, waterpleinen tot andere ruimteclaims en wat zijn de effecten hiervan op de vorm van verstedelijking?
- In hoeverre beïnvloedt klimaatverandering (via het weer op een bepaald moment) de vervoerwijzekeuze?

Thema 2: **Inclusieve stad**

Opgemerkt is dat het voor het Rijk eerder gaat om inclusief NL

- Bereikbaarheidsarmoede.
- Ontwikkeling op de woningmarkt: wat als het wonen in de stad onbetaalbaar wordt, wat betekent dat voor ruimtelijke patronen?

- Wegvallen van voorzieningen op het platteland en de consequenties daarvan
- Vergrijzing, langer zelfstandig wonen en betekenis daarvan.
- Andere indicatoren worden belangrijk: meer gericht op 'brede welvaart' dan beschikbaarheid banen etc.
- Onderscheid tussen groepen: haves and have nots maar daarnaast ook can and cannot ('functioneel analfabeten', mensen die buiten het systeem dreigen te vallen.)

Thema 3: **Technologie**

De vraag is hier vooral wat ontwikkelingen op dit domein betekenen voor gedrag, mogelijkheden en voorkeuren.

- Effecten van digitalisering, thuiswerken, flexwerken, internetshoppen, enz op gedrag en ruimte: in hoeverre houdt een systeem als TXL daar al rekening mee?
- MAAS en de effecten daarvan
- Effecten deelauto's
- Technologie en breverwet; in hoeverre geldt de breverwet (gemiddelde tijd besteed aan reizen is constant rond 75 minuten pppd) nog als de ervaring mobiliteit sterk verandert?
- Effecten snelle treinen / hyperloop
- Effect van afnemende hinder op verstedelijkingsvormen: mogelijkheden voor grotere functie-menging en nabijheid.

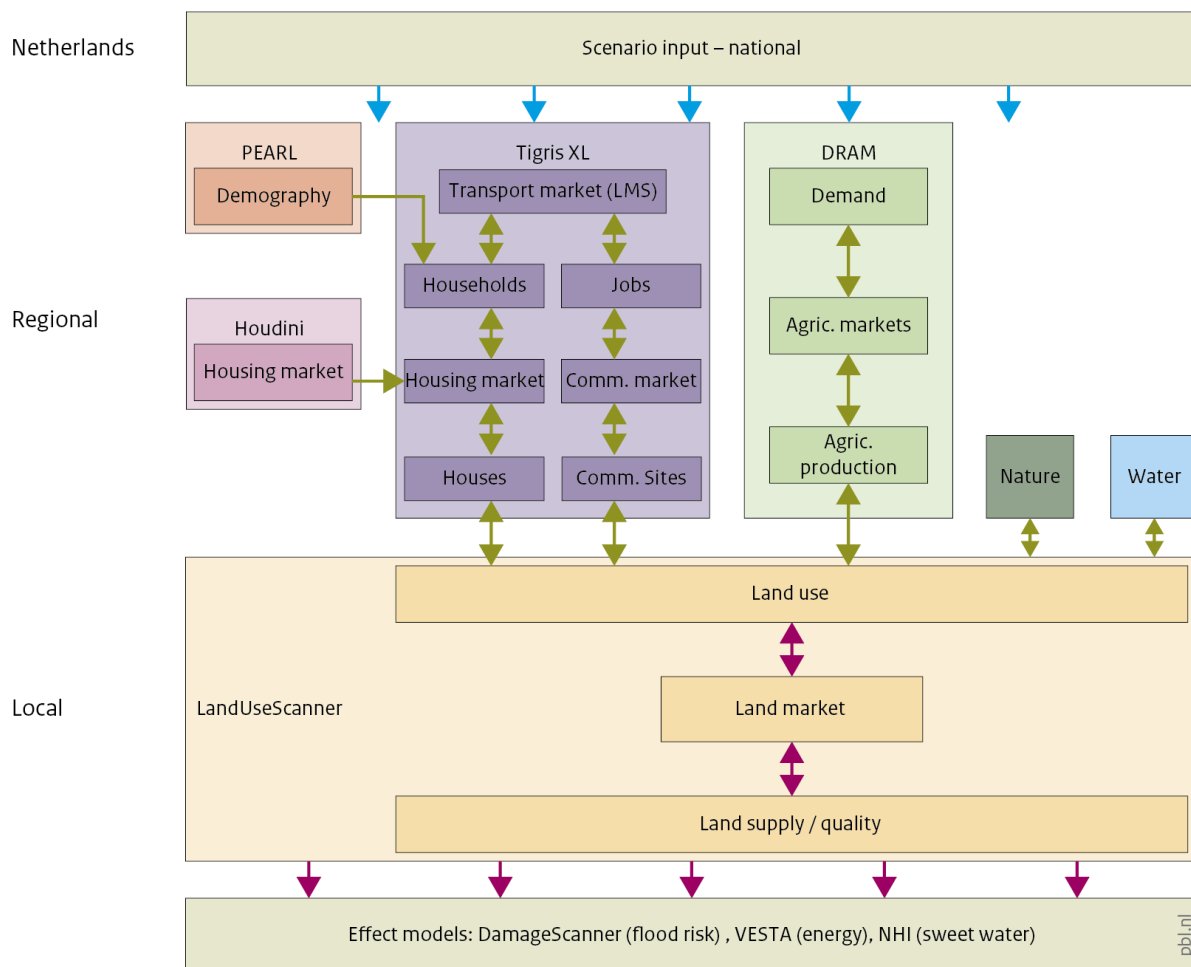
Thema 4: **Overige**

- Hoe houden we steden bereikbaar per auto (gezien de toenemende drukte mn op ringwegen)?
- Prioritering: wat is 'voldoende' bereikbaarheid en mobiliteit? Met onderscheid naar groepen en gebieden: autobereikbaarheid is vanuit stadsperspectief mogelijk minder relevant, maar voor landelijk gebied juist weer wel.
- Wat als we andere dingen belangrijk gaan vinden; bijv. wat als veiligheid en gezondheid veel hoger gaan waarden?

Bijlage 4 Het raamwerk voor integrale ruimtelijke modellering

Bij het PBL maakt het model TXL deel uit van een breder modellenraamwerk. Tot dit raamwerk behoren verder onder meer het model PEARL (een regionaal-demografisch model, gebruikt voor de CBS/PBL regionale bevolkings- en huishoudensprognose), de Ruimtescanner (een grondgebruiksmodel op de schaal van 100 x 100 m gridcellen) en effectmodellen als Mais/VESTA (voor de verduurzamingsmogelijkheden van verwarming van de gebouwde omgeving) en Damagescanner (voor overstromingsrisico's). Afhankelijk van de toepassing worden één of meerdere van deze modellen samen met TXL ingezet.

Framework land use modelling



Source: PBL, Netherlands Environmental Assessment Agency, 2013

De belangrijkste interacties met TXL zijn de volgende:

- Nationale scenario-input betreft vooral de nationale ontwikkeling van bevolking, huishoudens en banen naar sector. Voor bevolking en huishoudens kunnen de nodige gegevens worden ontleend aan de CBS bevolkings- en huishoudensprognoses (de eigenlijke prognose of de grenzen van het 67% of 95% betrouwbaarheidsinterval). Voor banen naar sector is een dergelijke periodieke prognose niet beschikbaar. Voor de WLO is het totaal aantal banen gebaseerd op de SES van de IPCC, terwijl de verdeling

over de sectoren is gebaseerd op een handmatige actualisatie van sectorstructuur uit de WLO 2006, die indertijd met het model Athena is gemodelleerd. Dit model is echter niet meer beschikbaar.

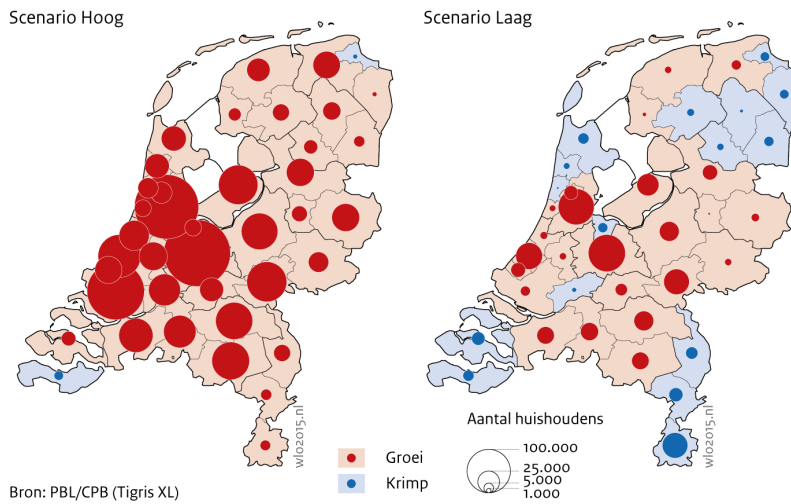
- Geboorte, sterfte en buitenlandse migratie worden gemodelleerd volgens dezelfde systematiek als in het regionaal-demografische model PEARL. Hiertoe kan een berekening in PEARL worden gemaakt conform de scenarioveronderstellingen; vanuit PEARL kunnen dan per zone de geboorte-, sterfte-, immigratie- en emigratiecijfers worden geïmporteerd. Merk op dat de binnenlandse migratie een andere systematiek volgt dan PEARL. In PEARL is deze gebaseerd op bestaande verhuispatronen (voor de lange afstand) en een ruimtelijk interactiemodel (voor de kortere afstanden); in TXL is deze gebaseerd op een modellering van het nut van een woonregio voor verschillende huishoudentypen op basis van kenmerken als het woonmilieu, de samenstelling van de woningvoorraad en de bereikbaarheid van banen en voorzieningen.

- Het woningmarktmodel Houdini is momenteel buiten gebruik, maar de werking van enkele opties in de vastgoedmodule is gebaseerd op de werking van dit model.

- De interactie met het grondgebruiksmodel Ruimtescanner is tweeledig. Enerzijds wordt de ruimtescanner gebruikt om op een laag schaalniveau (100m x 100m) te analyseren waar binnen iedere zone nog ruimte is voor woningbouw, rekening houdend met het huidige grondgebruik, geldende ruimtelijke ordeningsrestricties en andere ruimtelijke beperkingen, en lokaal gangbare dichtheden. De resulterende bovengrenzen aan de woningbouw per zone kunnen in TXL worden geïmporteerd. Anderzijds worden de gemodelleerde woningaantallen en huishoudens naar type in TXL, evenals aantallen banen, per gemeente of zone geïmporteerd in de Ruimtescanner en daar op basis van geschiktheidskaarten geallokeerd aan 100m x 100m gridcellen. Naast de stedelijke grondgebruiksklassen bevat de ruimtescanner ook gedetailleerde informatie over agrarisch grondgebruik en type natuur. Een voorbeeld toepassing waarbij de keten TXL – RS is gebruikt zijn de Deltascenario's waarbij stedelijke ontwikkelingen uit TXL in de RS nader zijn gedetailleerd en aangevuld met scenario-ontwikkelingen voor landbouw en natuur. Het betreffende toekomstige grondgebruikspatroon is invoer voor het Nationale Watermodel. Het schaalniveau van de 100m x 100m grid cellen in de Ruimtescanner is verder nodig voor analyses met effectmodellen als Damagescanner (voor overstromingsrisico's en schade) en Mais/Vesta waar de effecten van opties voor de warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving berekend kunnen worden.

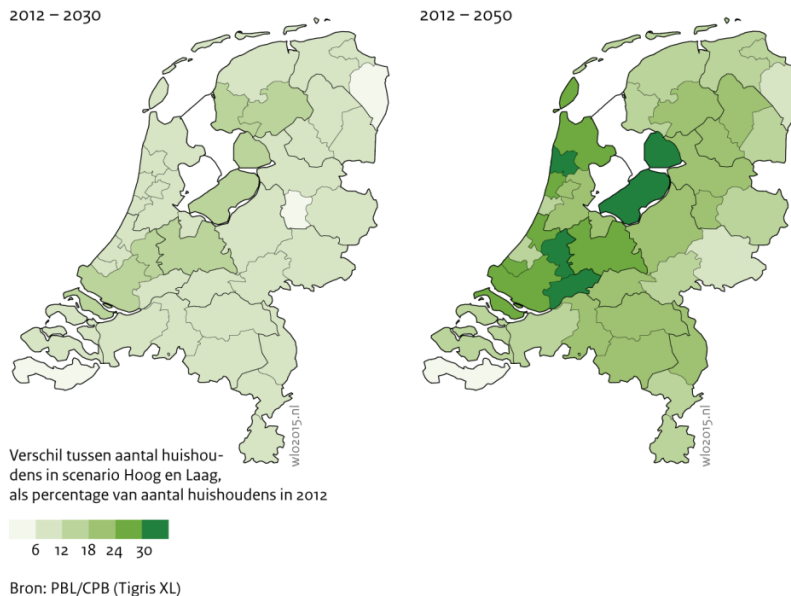
Bijlage 5 Enkele typerende voorbeelden van weergave van TXL-uitkomsten

Verandering van aantal huishoudens, 2012 – 2050



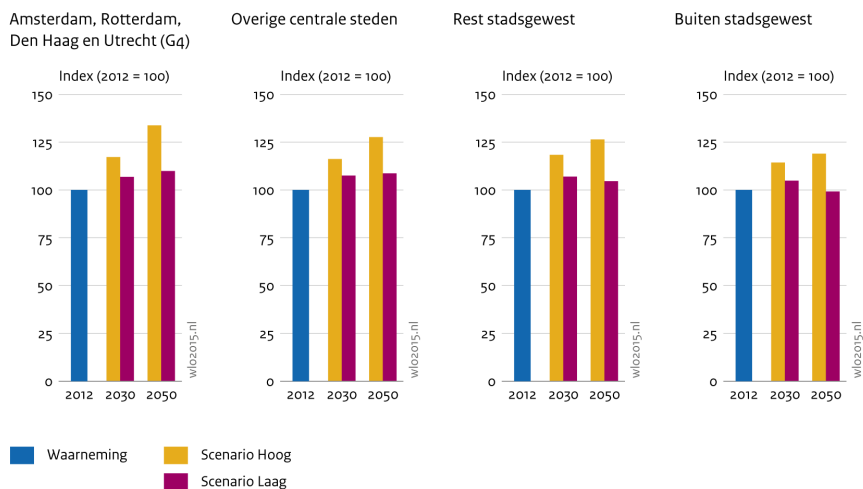
Figuur 1: Verandering van het aantal huishoudens per COROP-gebied, 2012-2050, in twee scenario's. Hier is gekozen voor een weergave van de absolute toename; het is natuurlijk ook mogelijk in een choropleeth de relatieve toename weer te geven. (WLO Regionale ontwikkelingen en Verstedelijking)

Bandbreedte van verandering van aantal huishoudens per COROP-gebied tussen WLO-scenario Hoog en Laag



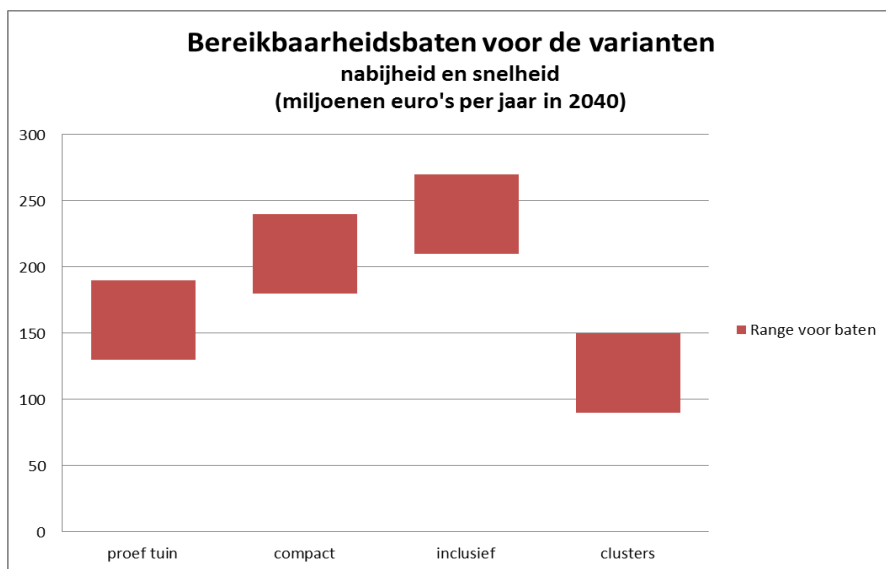
Figuur 2: Bandbreedte van het aantal huishoudens per COROP-gebied tussen de twee WLO referentiescenario's, in 2030 en 2050. (WLO Regionale ontwikkelingen en Verstedelijking)

Aantal huishoudens naar gemeentetype volgens WLO-scenario's

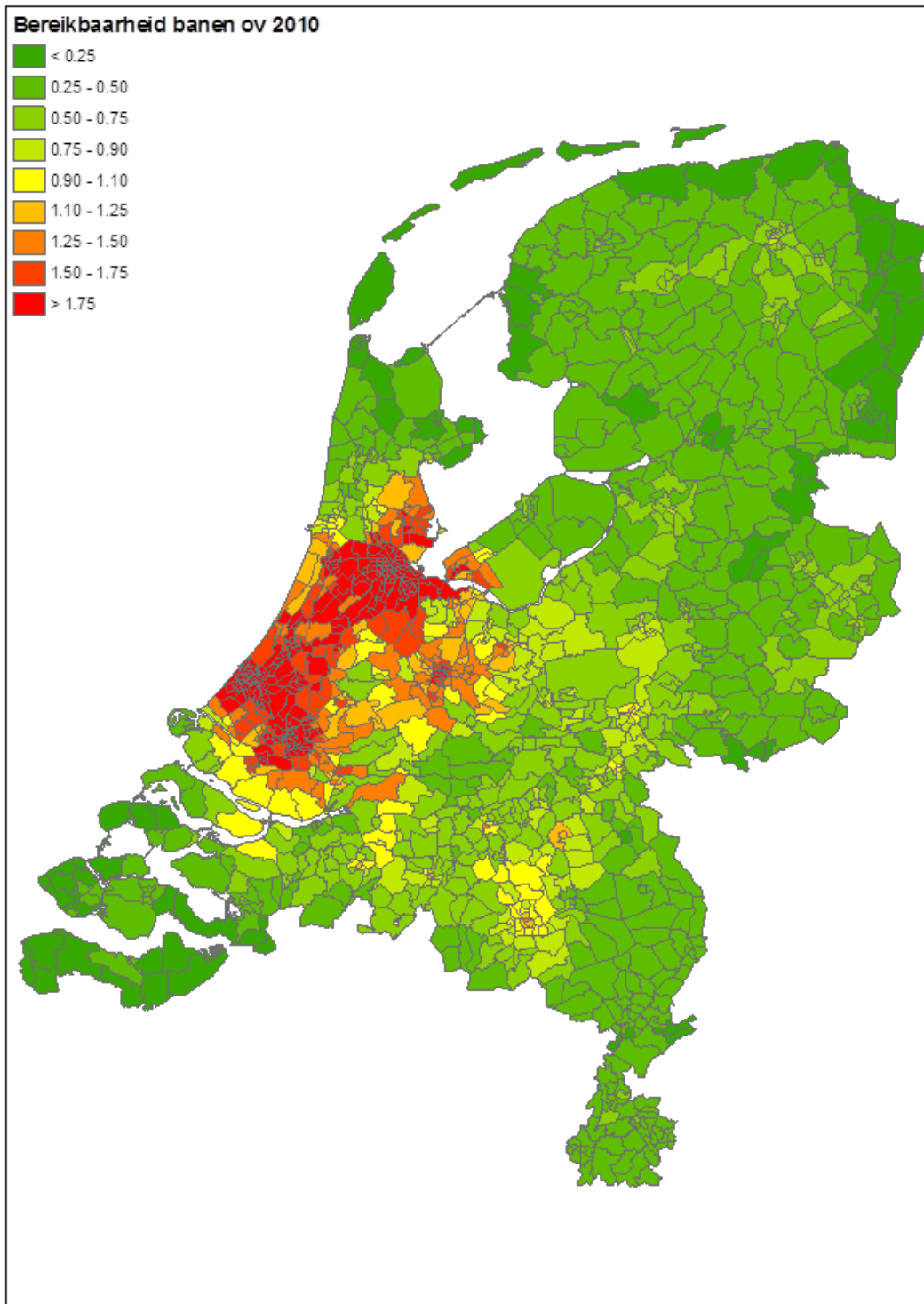


Bron: PBL/CPB (Tigris XL)

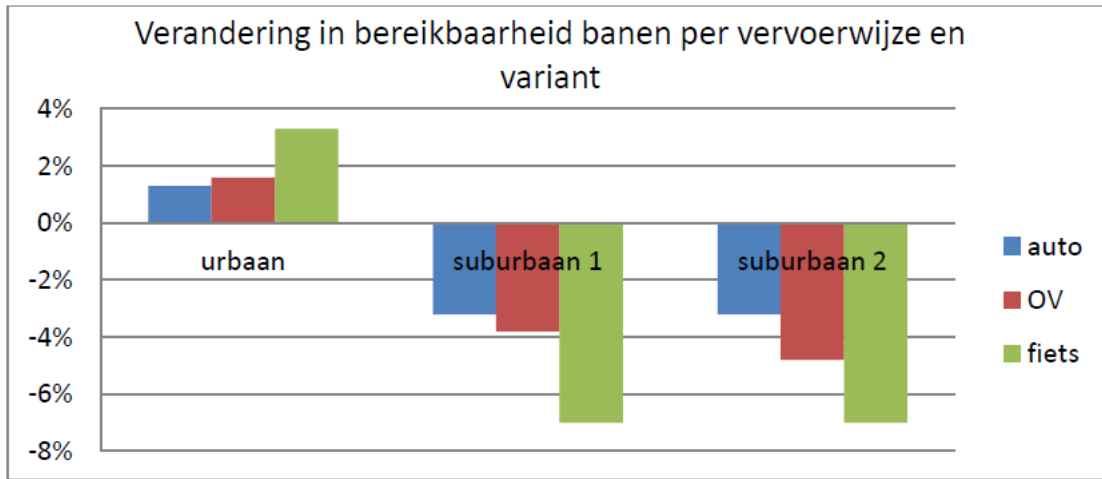
Figuur 3: Aantal huishoudens naar gemeentetype in 2012, 2030 en 2050 in twee scenario's. In principe is het mogelijk de gegevens voor iedere gewenste aggregatie van zones weer te geven. (WLO Regionale ontwikkelingen en Verstedelijking)



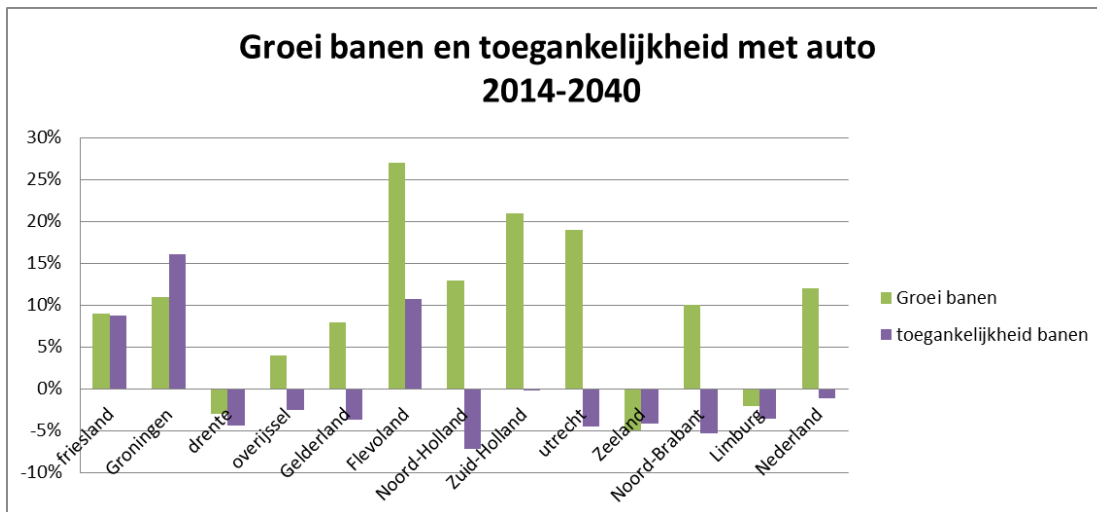
Figuur 4: Nabijheidsbaten (banenbereikbaarheid) bij een viertal ruimtelijke varianten waarbij er in locatie wordt gevarieerd met 200.000 woningen in 2040 binnen de metropoolregio Rotterdam - Den Haag. Verkenning MRDH alternatieven.



Figuur 5: bereikbaarheid van banen met openbaar vervoer, geschaald t.o.v. landelijk gemiddelde. Verkenning MRDH alternatieven.



Figuur 6: Verandering in bereikbaarheid banen per vervoerwijze bij de verschuiving van 200.000 (urbanisatie), en 400.000 (suburbanisatie 2x) in 2030. Uit studie RRB. Onderscheid is ook te maken over bevolkingsgroepen.



Figuur 7: Autonome groei banen en toegankelijkheid met de auto. Uit studie Perspectieven op toegankelijkheidsmaten in de beleidscontext.

Bijlage 6 Programma visitatiedagen

Datum	Datum	Taak	Samenvatting activiteiten
Dag-1	12-9 (do) Tijd: 11:00 – 16:00 Locatie: PBL, Den Haag, B30, zaal V3.063	Presentatie Zelfstudie	Organisatie geeft in vier blokken van een uur toelichting op de werking van het systeem, de model(techniek) en de gemaakte keuzes, het type toepassing (en voorziene vraagbehoefte) en vragen van de audit in de vorm van een toetskader, met ruimte voor 30 minuten discussie. Deze dag is ook van belang voor feitelijke verduidelijking en het vaststellen van de uitgangspunten van de audit. De commissieleden stellen het (definitieve) toetskader vast op grond waarvan er tevens taken verdeeld worden. Er is een lunch georganiseerd van 30 minuten.
Dag-2	30-10 (woe) Tijd: 11:00-17:00, gevolgd door diner Locatie: PBL, Den Haag, B30, Duinzaal	Presentaties bevindingen en discussie	Ieder commissielid geeft een korte presentatie over zijn bevindingen, als input voor het auditrapport, gevolgd door discussie. De schriftelijke input die wordt gepresenteerd, krijgen de commissieleden een week van te voren toegestuurd. De hoofdlijnen van het auditrapport komen middels de geleverde input grotendeels op deze dag tot stand. Deze dag wordt afgesloten met een etentje.
Dag-3	31-10 (do) Tijd: nader te bepalen Locatie: PBL, Den Haag, B30, Duinzaal	Afronding	Resterende punten van dag-2 worden opgepakt en afgehandeld. Op de derde dag kan verdieping plaatsvinden van de belangrijkste onderwerpen voor discussie. Aan het einde van de bijeenkomst geeft de commissie een samenvatting van de belangrijkste bevindingen. Na afloop vindt een borrel plaats.