

Vernieuwing stedelijke verkeersmodellen: wij raken nooit uitgeleerd!

Will Clerx – gemeente Rotterdam – wcg.clerx@rotterdam.nl

Erik de Romph – TNO – erik.deromph@tno.nl

Bruno Kochan – IMOB Hasselt – Bruno.Kochan@uhasselt.be

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2017, Gent

Samenvatting

De grote steden in Nederland worden de komende jaren geconfronteerd met een toenemende groei. Dit vergt nu reeds beslissingen over de inrichting van de stad. Voor de onderbouwing van deze beslissingen worden meestal verkeersmodellen gebruikt. Echter, veel vragen die bestuurders op dit moment hebben kunnen onvoldoende beantwoord worden met de huidige modellen. Met name als het gaat om nieuwe ontwikkelingen zoals e-bikes, auto-delen, autonome auto's en MaaS. Hierdoor wordt nu nog teruggegrepen op experimenten. De potentie van sommige van deze ontwikkelingen is echter zo groot en zo ingrijpend dat de behoefte aan modellen die hier inzicht in verschaffen nog steeds groot is. Om hier grip op te krijgen moeten die modellen wel aan een aantal eisen voldoen. Ze moeten:

- Gedesaggregeerd zijn (incl. life-style-achtige kenmerken) en daarmee meer grip op individueel gedrag geven.
- Ketenverplaatsingen kunnen modelleren, omdat verplaatsing complexer worden en fietsen en openbaar vervoer belangrijker worden om de leefbaarheid van steden te borgen.

Door de verschuiving van "auto-faciliteren" naar leefkwaliteit is er een grotere behoefte aan integrale modellen waarin de impact op bereikbaarheid, leefbaarheid, gezondheid en economische vitaliteit integraal beoordeelt kunnen worden.

Agent of Activity Based Modellen hebben de potentie om te voldoen aan deze eisen en zouden de toekomstige generatie modellen kunnen vormen. Het is echter niet eenvoudig om de huidige generatie van geaggregeerde stedelijke modellen zomaar te vervangen voor Activity Based Modellen (ABM). Er zijn weliswaar een aantal academische pilots geweest maar er is nog nooit een volledig ABM voor een stad gebouwd. De Gemeente Rotterdam en TNO zijn de eerste stappen aan het zetten om zo'n model te maken. Als startpunt wordt hiervoor FEATHERS gebruikt, een ABM ontwikkeld aan de Universiteit van Hasselt. Alle stappen voor de bouw van zo'n model worden doorlopen zodat ervaring wordt opgebouwd en inzicht wordt verkregen of ABM deze beloftes kan waarmaken. De eerste ervaringen leren ons dat de potentie groot is, maar ook dat er nog een aantal problemen opgelost moeten worden, zoals de omgang met extern verkeer, de inter-huishoud relaties en de nauwkeurigheid van de dagboekjes.

Om ABM in Nederland echt van de grond te tillen is het van belang dat de Nederlandse steden, de centrale overheid en de kennisinstellingen hierin samen optrekken. Dit maakt het mogelijk om grotere stappen gezamenlijk te zetten en te borgen dat deze kennis en technologie in de praktijk toegepast gaat worden. Dit is van groot belang om de steden te ondersteunen met de juiste instrumenten gezien de transitie die ze de komende decennia gaan doormaken.

1. Inleiding

Europa trekt naar de steden. Ook Nederland. Steden en dorpen groeien aaneen tot geclusterde stedelijke regio's. Met nieuwe economische dynamiek en dus nieuwe behoeften voor mobiliteit en ruimte: internationale verbindingen bijvoorbeeld. Die focusverschuiving moet zichtbaar worden in beleid en plannen. De G4 (Rotterdam, Amsterdam, Utrecht en Den Haag) zijn door Goudappel Coffeng begeleid bij het opstellen van hun gezamenlijke visie op mobiliteit en ruimte. Hierbij is niet sectoraal gekeken, maar juist vanuit de brede doelstelling en ambitie.

In het Stedelijk Verkeersplan Rotterdam 2016-2030+ (Rotterdam, 2017) geeft de gemeente Rotterdam aan dat mobiliteit geen doel op zich is, maar een essentiële bijdrage moet leveren aan een sterke economie, gezondheid en aan de ruimtelijke kwaliteit van Rotterdam. In het plan schetst de gemeente hoe zij op langere termijn een betrouwbaar functionerend stedelijk netwerk kan creëren, waarbij de verschillende soorten vervoer (voetganger, fiets, auto en OV) in evenwicht met elkaar zijn. Die langetermijnvisie levert een vernieuwende blik op. Deze blik speelt adequaat en in samenhang in op de toekomstige ontwikkelingen, bijvoorbeeld de Next Economy en transformatie van de woonmilieus. De kansen voor specifieke gebieden worden vergroot, de kwaliteit van leven in wijken en buurten wordt verbeterd. Dit levert tegelijkertijd een bijdrage aan een betere gezondheid van Rotterdammers.

Om deze transitie van de stedelijke mobiliteit te stimuleren, doen burgers, bedrijven en gemeenten vaak kleinschalige experimenten waarmee zichtbaar wordt of een project of pilot kans van slagen heeft. Het blijft echter lastig om goed onderbouwde beslissingen te nemen over de investeringen en de bijdrage die dit levert, omdat (1) er weinig bekend is over de effecten en (2) het instrumentarium te beperkt is. Daar komt bij dat vanuit het beleid of de politiek juist gevraagd wordt wat er mogelijk is als een kleinschalig experiment op grote schaal wordt toegepast of in een veel groter gebied wordt uitgerold.

Het programma "Slimme en Gezonde Stad" (SGS) is een programma van I&M dat op zoek gaat naar slimme oplossingen voor gezonde, duurzame en leefbare steden zonder hierbij nieuwe normen op te leggen. In 2016 is aan alle SGS Pilotsteden gevraagd kennisvragen in te dienen. Rotterdam heeft de volgende vragen voorgelegd, die door TNO in samenwerking met Universiteit Utrecht zijn uitgewerkt:

- Welke transities (in relatie met mobiliteit) zijn mogelijk om de stad aantrekkelijk, gezond en bereikbaar te houden en met welke maatregelen zijn deze transities in de stad te realiseren?"
- Wat voor soort instrumentarium (modellen) geeft daarbij inzicht in de effecten van deze maatregelen op aantrekkelijkheid, gezondheid en bereikbaarheid?"

Op basis de uitkomsten van het SGS project is TNO een vervolgonderzoek gestart in samenwerking met de gemeente Rotterdam om de modelstructuur verder uit te werken en te testen.

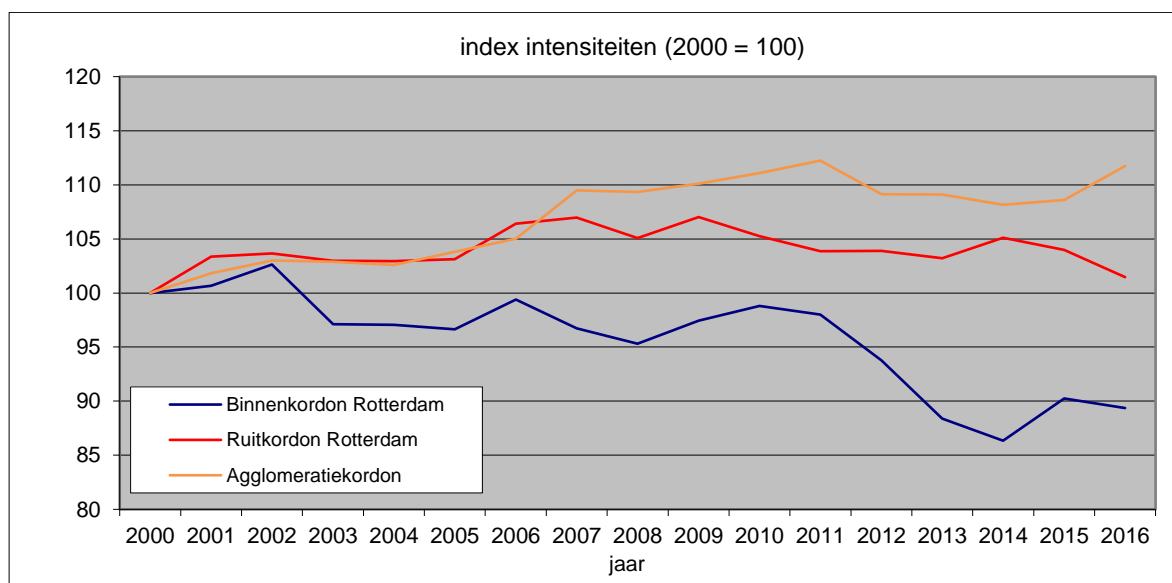
Deze paper gaat allereerst in op de problemen met de huidige modellen (paragraaf 2), schetst vervolgens in paragraaf 3 belangrijkste transities in de steden. In paragraaf 4 wordt het instrumentarium beschreven dat beter kan aansluiten bij de vraagstelling in de

steden. Een eerste verkenning met het modelconcept is beschreven in hoofdstuk 5. De paper sluit af met een aantal eerste conclusies en aanbevelingen. Deze paper betreft een tussenstand van de gezamenlijke verkenning van TNO en Rotterdam. Op het CVS presenteren de auteurs het volledige resultaat van het project.

2. Problemen met huidige modellen

De huidige verkeersmodellen in de meeste grote steden in Nederland zijn gebaseerd op de klassieke geaggregeerde modeltechnieken die in de jaren 70 en 80 zijn ontwikkeld¹. De modellen zijn wel groter en gedetailleerder geworden (veel meer zones en veel gedetailleerdere netwerken) en er zijn steeds meer "lagen" (bijv. meer modaliteiten, motieven, dagdelen) en hulpconstructies (bijv. voor P+R modellering, stimulering fiets) aan de modellen toegevoegd. Dat heeft de beschrijvende waarde van de modellen op onderdelen aanzienlijk beter gemaakt en de toepasbaarheid vergroot. Daarentegen zijn omvang, complexiteit en beheersbaarheid van het modelsysteem steeds meer een issue aan het worden en is het de vraag of wij op de ingeslagen weg moeten door gaan.

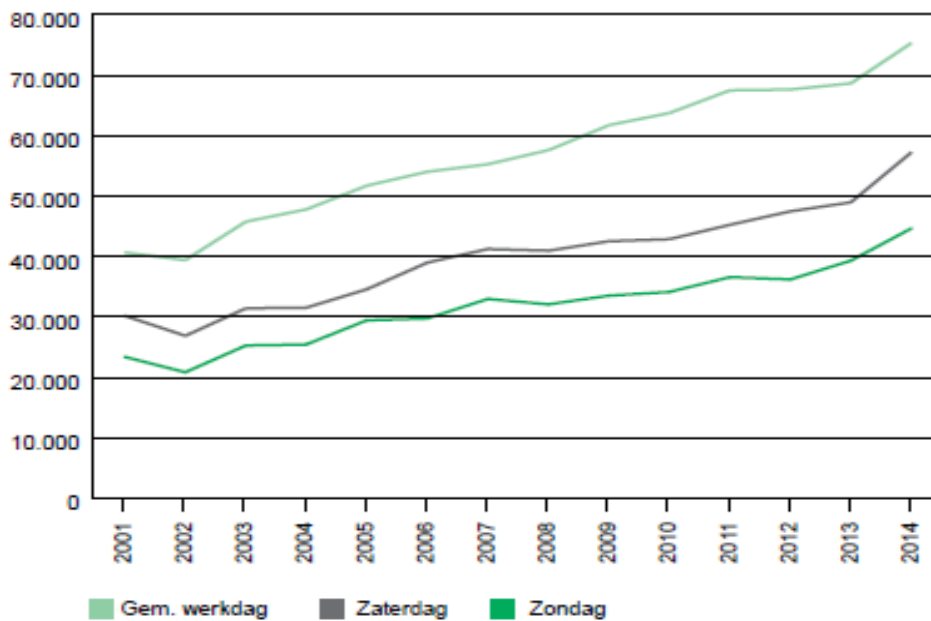
Daarnaast zien wij dat prognoses lang niet altijd meer stroken met de feitelijke ontwikkeling. Modellen geven bijvoorbeeld nog een aanzienlijke ontwikkeling van het autoverkeer naar de stad (Goudappel, 2013), terwijl wij zien dat het verkeer op het kordon rond de binnenstad van Rotterdam de afgelopen 15 jaar niet is gegroeid en zelfs langzaam afneemt ook na de economische crisis (figuur 1). Het fietsverkeer in Rotterdam is daarentegen de afgelopen 10 jaar met 60% gegroeid, terwijl de modellen over dezelfde periode een stabilisatie te zien gaven (figuur 2). Uiteraard zijn er allerlei rekenregels en correcties bedacht om tot meer realistische prognoses te komen, maar dit blijven hulpconstructies en de verklarende waarde van de modellen wordt steeds beperkter.



Figuur 1 Feitelijke ontwikkeling autoverkeer Binnenstadskordon Rotterdam

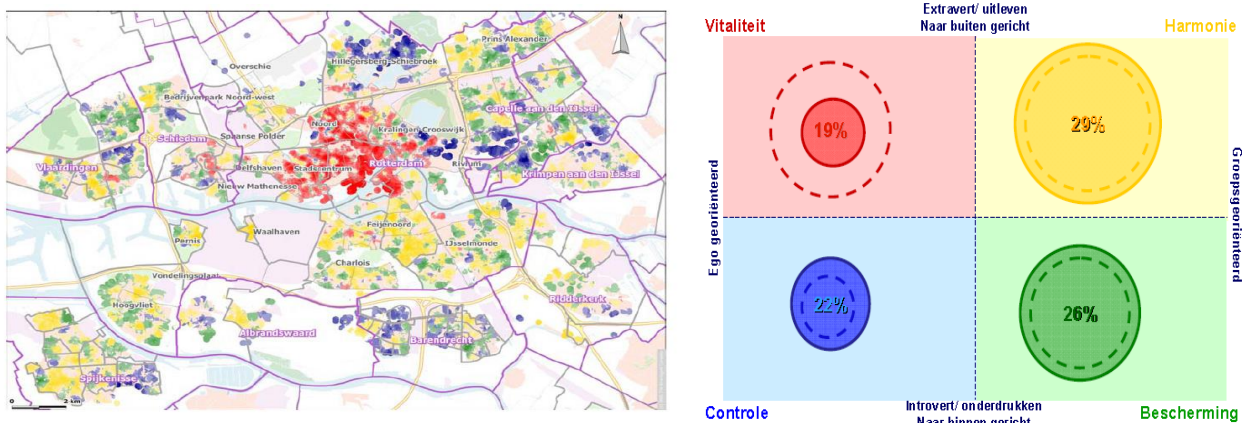
¹ Het VerkeersModel Amsterdam (VMA) vormt een uitzondering. Dit is een gedesaggregeerd model. Ook het Landelijk Model Systeem (LMS) en de vier Nederlandse Regionale Modellen (NRM's) zijn gedesaggregeerde modellen.

Groei fietsintensiteit in Rotterdam



Figuur 2 Ontwikkeling fietsverkeer in afgelopen 15 jaar (gemeente Rotterdam, 2016)

De theorie van de verkeerskundige gedragsmodellen die wordt gebruikt voor stedelijke modellen is nauwelijks veranderd in de afgelopen 30 jaar. De meeste stedelijke en regionale modellen onderscheiden bijv. alleen de groepen autobestuurder en niet autobestuurder als onderscheidend voor de keuze van bestemming en vervoerwijze. Dit doet geen recht aan de diversiteit van doelgroepen (qua huishoudtype, levensfase, opleiding, maatschappelijke participatie en attitude of leefstijl). In figuur 3 geeft een beeld van de verschillende leefstijlen in Rotterdam (SmartAgent, 2008).



Figuur 3 Leefstijlen in Rotterdam

Verder wordt ketenmobiliteit steeds belangrijker. Zo stijgt het fietsgebruik als voor- en natransport voor de trein sterk en zijn de onlangs gebouwde mega fietsenstallingen bij de grote NS vaak al binnen enkele jaren te klein. Hoewel er pogingen worden gedaan om in modellen de verschillende deelnetwerken te koppelen berekenen de modellen vooral cijfers per hoofdmodaliteit, waardoor lopen en fietsen in het voor- en natransport onzichtbaar blijven. Ook nieuwe vormen van vervoer- en vervoersdiensten (bijv. MAAS)

en hybride vervoersvormen (waveboard, speed pedelec) kunnen niet (goed) worden gemodelleerd.



Figuur 4 Nieuwe vormen van mobiliteit

Transities betreffen nu kleinschalige pilots, adaptief beleid. In het beleid wordt juist gezocht naar effecten van opschaling van de experimenten:

- "Wat als er overal deelfietsen worden aangeboden"
- "Wat als het principe van droomstraten over de hele stad wordt aangeboden.

Ook zijn systematische en goede evaluaties van pilots nog schaars. Er zijn daarmee onvoldoende empirische data om modellen te voeden of om op z'n minst onderbouwde rekenregels te kunnen toevoegen.

3. Transitie in de steden

3.1 Vraagstelling Pilot studie SGS

Rotterdam wil een aantrekkelijke, gezonde en bereikbare stad zijn en heeft dit o.a. uitgewerkt in het Stedelijk verkeersplan Rotterdam 2030+. Om deze ambitie te realiseren is een aantal transitie nodig. Het autogebruik kan niet meer onbeperkt doorgroeien en om de stad leefbaar te houden worden diverse maatregelen overwogen, zoals investeringen in nieuwe fiets- en OV-verbindingen, meer ruimte voor de voetganger, stimuleren van deelmobiliteit (auto en fiets), last mile oplossingen voor het openbaar vervoer, Mobility as a Service (MaaS) etc. Het is voor de gemeente echter bijzonder moeilijk om goed onderbouwde beslissingen te nemen over de mogelijke investeringen die hiermee gepaard gaan en de bijdrage in te schatten die dit levert aan de doelstellingen van het verkeersplan. Ten eerste is er nog relatief weinig bekend over de effecten van dit soort maatregelen en de wijze waarop je de gebruikers mee kunt krijgen in deze transitie (welke groepen gaat het treffen, hoe bereik je hen en wat kun je doen om het huidige gedrag te veranderen). Ten tweede is het instrumentarium (verkeersmodellen) dat nu gebruikt wordt om inzicht in de effecten te krijgen, vrijwel uitsluitend gebaseerd op reistijd, kosten en bereikbaarheid. Daarnaast neemt het de

effecten op gezondheid en aantrekkelijkheid niet in beschouwing. De hoofdvraag voor het onderzoek, dat in het kader van SGS is uitgevoerd, luidde derhalve:

- Welke transities (in relatie met mobiliteit) zijn mogelijk om de stad aantrekkelijk, gezond en bereikbaar te houden en met welke maatregelen zijn deze transities in de stad te realiseren.
- Wat voor soort instrumentarium (modellen) geeft daarbij inzicht in de effecten van deze maatregelen op aantrekkelijkheid, gezondheid en bereikbaarheid.

3.2 Transities in kaart gebracht

Eerst zijn in een workshop met TNO en de gemeente Rotterdam de transities in kaart gebracht. Daarna zijn 11 transities verder uitgewerkt met de Universiteit Utrecht. Er is gekeken naar:

- het effect van de transitie
- de uitdaging (positief of negatief) voor Nederlandse steden
- het beleid dat de effecten van transities positief of negatief kan beïnvloeden
- de eisen die het stelt aan instrumentarium dat besluitvorming ondersteunt

Transities		Input vanuit de workshop
Demografie	Vergrijzing bevolking en toename gezonde levensjaren in Nederland.	-
	Bevolkingstoename in de steden	Verdichting van de stad; Trek van hoogopgeleide naar Noord, minder OV naar zuid; Leefbaarheid voor gezinnen
Economie	Opkomst deeleconomie en de omslag van "bezit" naar "gebruik"	Opkomst deeleconomie
	Het nieuwe werken, flexibeler van arbeid (anytime, anywhere) zet door	-
Technologie	Technologische versnelling, convergentie van technologieën.	Voertuigtechnologie, Opkomt van autonome voertuigen, Elektrificatie van vervoer,
	Voortgaande informatisering en digitalisering van samenleving.	Digitalisering; MAAS
Klimaatverandering	Gevolgen en schade door klimaatverandering worden zichtbaarder en nemen toe	Klimaat adaptatie
Energie	Goedkopere en schonere energie	Energietransitie: elektrificatie & waterstof als brandstof
Politiek	Relatie overheid – samenleving verandert: primaat komt bij maatschappelijk initiatief	
Sociaal	Bewustwording consumenten en bedrijven neemt toe.	Hogere eisen aan de omgeving vanuit gezondheid van de inwoners; Meer fiets en voetgangers.
	Voortgaande individualisering en emancipatie	Sociale weerbaarheid (iedereen moet kunnen meedoen)

Figuur 5 Overzicht van de geïnventariseerde transities

Voor de complete uitwerking wordt verwezen naar het eindrapport van de SGS pilot studie (TNO 2017 R10461, Eindrapportage SGS Rotterdam, Het effect van transities en bijbehorend instrumentarium, L. Kootstra, 2017).

3.3 De betekenis voor verkeersmodellen

De belangrijkste conclusie van de SGS pilot studie is dat transities een grote invloed kunnen hebben op bereikbaarheid, gezondheid, leefbaarheid en economische vitaliteit van Rotterdam, maar het effect vaak nog onzeker is. Meer inzichten in de effecten van transities zijn nodig en zijn nu te verkrijgen via expert opinion, adaptief beleid, experimenten en/of modellen. Het huidige modelinstrumentarium beschrijft de effecten van transities onvoldoende. Dit blijkt o.a. uit de volgende punten:

1. Het klassieke geaggregeerde model voldoet niet in geval van enkele transities, om de volgende redenen:

- De kenmerken van individuen zoals inkomen/opleiding maar ook attitude (status, innovatief, duurzaamheid) spelen een toenemende rol in keuzes.
 - Het aantal mogelijkheden neemt toe, meer modaliteiten (shared, e-bikes).
 - Verplaatsingen worden ketens waarbinnen verschillende motieven en modaliteiten gecombineerd worden.
 - De fiets is belangrijk en vaak onderdeel van een ketenverplaatsing.
 - De verplaatsingspatronen worden complexer door o.a. Het Nieuwe Werken, dat steeds minder vanuit één vaste werkplek.
2. Er is behoefte aan integratie van domeinen:
- Bereikbaarheid, gezondheid, economie integraal benaderen.
 - Effect op leefkwaliteit is moeilijk kwantificeerbaar.
3. Er is de wens van de gemeente om:
- De rol van parkeren (capaciteit en kosten) beter te kunnen modelleren.
 - Het fietsgebruik en bijbehorende gedragskeuzes beter in de modellen op te nemen.
 - Lopen als vervoerwijze toe te voegen, zowel als hoofdvervoerwijze maar ook als onderdeel van een ketenverplaatsing.

4. Inzet van instrumentarium

4.1 Grip krijgen op transities

In verschillende modelstudies wordt geëxperimenteerd met de invloed van transities op stedelijke en regionale mobiliteitsontwikkeling. Dat gebeurt met name via what if benaderingen, rekenregels of exogene aanpassingen van de model in-of output op basis van gezond verstand. Voorbeelden hiervan zijn de transitievarianten die zijn ontwikkeld in de studie naar een nieuwe westelijk stadsbrug in Rotterdam (Goudappel, 2016) en het MIRT onderzoek Bereikbaarheid Rotterdam – Den Haag (De Zwarte Hond e.a., 2017). Bij veel modelstudies bereikt men de grenzen van de mogelijkheden van het model.

Wij zijn echter op zoek naar (nieuwe) gedragsmodellen, waarin de effecten niet exogeen worden ingevoerd maar waarin ook sprake is van een belangrijke mate van verklarende waarde en waarin de diverse transities beter meegenomen kunnen worden. Op basis van de SGS studie komen een aantal eisen of wensen voor het modelinstrumentarium naar voren:

1. Mensen maken verschillende keuzes voor bijvoorbeeld bestemming, modaliteit of vertrek tijdstip. Deze keuzes zijn niet alleen afhankelijk van de kenmerken van een verplaatsing (zoals reistijd) of de kenmerken van een bestemming (zoals aantal arbeidsplaatsen) maar ook van persoonlijke kenmerken. Het autobezit en het inkomen van een persoon liggen voor de hand, maar met toenemende mate spelen andere kenmerken, zoals attitude naar het milieu een belangrijke rol in deze keuzes. Diverse maatregelen of innovaties raken specifieke doelgroepen. Om het effect van deze maatregelen goed in te schatten of te modelleren is het dus van belang om onderscheid te kunnen maken op basis van persoonskenmerken.
2. Steden worden geconfronteerd met nieuwe vervoersconcepten. Feit is dat er meer keuze mogelijkheden zijn dan een aantal jaar geleden. Er is al lang een wens om

fietsen beter in modellen te krijgen, maar het gaat niet alleen maar om het klassieke fietsen maar nu ook om e-bikes en speed-pedelecs. Binnen de modaliteit auto wordt het ook ingewikkelder met de komst van autonome auto's. Bij openbaar vervoer worden ook nieuwe concepten ontwikkeld. Het succes van de OV-fiets is een goed voorbeeld en ook hier zijn er experimenten met zelfrijdende voertuigen voor de first en last mile. Daarnaast worden er ook in toenemende mate deel-concepten aangeboden waarbinnen weer veel varianten voorkomen.

3. De verplaatsingspatronen van mensen worden complexer. De meeste stedelijke modellen gaan uit van een eenvoudig eendimensionaal patroon. Een rit wordt gemaakt met 1 motief, met 1 modaliteit van een 1 herkomst naar 1 bestemming. In werkelijkheid zijn veel ritten complexer. Bijvoorbeeld een rit waarin een persoon eerst zijn zoontje met de fiets naar de kinderopvang brengt, dan doorfietst naar het station om met de trein naar zijn werk te gaan. Daarbij moet hij nog een stukje lopen van het station naar zijn werk. Op zijn werk rijdt hij eind van de middag met een collega mee naar een klant. Vanuit die locatie pakt hij de metro naar het station en gaat hij weer met de trein naar huis. Op de terugweg fietst hij nog langs de supermarkt. Zijn vrouw haalt zijn zoontje op van de opvang.

In dit voorbeeld bestaat de rit uit diverse bestemmingen, motieven en modaliteiten en is er ook nog een relatie met andere leden van het huishouden en met een collega.

4.2 De grenzen van het klassieke model

Het eerste klassieke model was een unimodaal, 24 uren model. In dit model werden de verplaatsingen gemodelleerd voor bijvoorbeeld een stad als Rotterdam. Het studiegebied werd in zones verdeeld, de productie en attractie van elke zone werd bepaald, de distributie (HB matrix) berekend en vervolgens toegedeeld aan het netwerk. De computationele inspanning van dit model zouden we kunnen uitdrukken in de grote van de HB-matrix, dus het aantal zones (N) in het kwadraat. Na verloop van tijd kwam men erachter dat het model de situatie in de ochtendspits en de avondspits eigenlijk niet goed beschreef. Toen is besloten het model in drie delen op te splitsen, namelijk een ochtendspits, een avondspits en een restdag. Dit gaf een hele verbetering maar maakte het model drie keer zo groot. De inspanning werd $3 \times N \times N$. Toen kwam men erachter dat er toch wel een onderscheid was in ritten tussen huis en werk, zakelijke ritten en recreatieve ritten. Men splitste het model in verschillende motieven. De inspanning werd toen $3 \times 3 \times N \times N$. De volgende stap was dat openbaar vervoer en fietsen toch ook wel belangrijk was. Het model werd gesplitst in drie modaliteiten: $3 \times 3 \times 3 \times N \times N$.

Op dit moment kent het model van de regio Rotterdam ongeveer 5.800 zones, 5 motieven, 3 dagdelen en 4 modaliteiten (auto, OV fiets en vracht). Er worden daarmee dus 60 matrices berekend met voor elke matrix 33,6 miljoen cellen. Dit zijn ruim 2 miljard waardes. Van de 5.800 zones zijn er 3.800 die echt tot de regio Rotterdam behoren. De overige zones zijn het buitengebied en reiken tot in het buitenland. Als alleen die zones worden beschouwd gaat het om ruim 820 miljoen cellen.

Het wordt steeds moeilijker om het model nog verder uit te breiden met nieuwe modaliteiten (e-bike, shared vehicles, etc.) of het verder opsplitsen van motieven (beter gedrag). Behalve dat de inspanning nog verder toeneemt, wordt het ook lastig om de consistentie in het model te bewaren. Gaan er wel evenveel mensen in de ochtendspits heen als er in de avondspits teruggaan? Het modelleren van de impact van iets als de OV-fiets is ingewikkeld omdat het eigenlijk in geen enkele laag past, laat staan een concept als MaaS.

4.3 Nieuwe modellen

De regio Rotterdam telt op dit moment ongeveer 1,2 miljoen inwoners terwijl er in het model dus ongeveer 820 miljoen tot 2 miljard ritten worden berekend². Vanuit dat oogpunt is het de moeite waard om een modelstructuur te onderzoeken die uitgaat van het individu. Deze modelstructuur bestaat al best lang en valt onder de "activity of agent based" modellen (ABM). Deze modellen gaan uit van het individu en simuleren het verplaatsingsgedrag van een individu. Per individu worden een aantal keuzes doorlopen, dat begint met welke activiteiten worden ondernomen en op welke tijdstippen. Deze activiteiten vormen als het ware een soort dagschema waarna vervolgens wordt bepaald op welke locatie (bestemming) de activiteit wordt uitgevoerd en met welke modaliteit naar die locatie wordt gereisd. Er wordt dus per individu een soort dagschema gemaakt. Hierbij kan rekening gehouden worden met individuele kenmerken van de persoon, eventueel met kenmerken van zijn huishouden en met kenmerken van de locaties. Daarmee voldoet dit type model aan 2 van de eisen zoals gesteld in paragraaf 4.1, namelijk het meenemen van individuele kenmerken en het modelleren van ketenverplaatsingen. Ook het toevoegen van nieuwe modaliteiten of concepten als MaaS is in dit type model beter mogelijk. Daarmee voldoen ABM's beter aan de eisen die steden op dit moment stellen aan hun instrumentarium.

In Nederland is in de vorige eeuw al begonnen met de ontwikkeling van ABM aan de Universiteit van Eindhoven (D. Ettema, 1996, T. Arentze, H. Timmermans 2000). Wereldwijd vindt er veel onderzoek plaats aan universiteiten naar dit type modellen en in de VS worden deze modellen al een aantal jaren toegepast (J. Castiglione, 2015). In Nederland zijn er een aantal pilot studie geweest maar is er op dit moment nog geen ABM in de praktijk operationeel³. Een goed voorbeeld van een ABM waarmee de potentie van autonome voertuigen en auto-delen in te schatten is de OECD studie in Lissabon (OECD, 2015).

² De waarden in de cellen zijn fracties (floating point) en veel hebben een hele kleine waarde (< 0.1 of 0)

³ Een uitzondering is het Brutus model van de provincie Utrecht (<http://www.mobilitymodeling.com/brutus>)

5. Eerste verkenning met het modelconcept

5.1 Geschikte software

In 2015 is TNO begonnen met een onderzoek naar de potentie van ABM in de praktijk. Ondanks dat het concept van ABM al geruime tijd geleden is bedacht (D. Ettema, 1996 en J.L. Bowman, M. Ben-Akiva, 1999) zijn er nog maar een beperkt aantal toepassingen uit de praktijk bekend. Met name in de Verenigde Staten zijn ze hier wat verder mee (J. Castiglione, 2015).

In 2015 heeft TNO een intern onderzoek gedaan naar de "state of the practice" van ABM. De insteek van dit onderzoek was een aantal "producten" die in de praktijk zijn toegepast. Enerzijds is gekeken naar de functionaliteit en het aantal toepassingen en anderzijds naar de volwassenheid en toegankelijkheid van de software. TNO wil in eerste instantie namelijk geen nieuwe software voor ABM ontwikkelen maar software gebruiken die zich reeds heeft bewezen in de praktijk.

In dit onderzoek zijn de volgende producten bekeken

- MatSim (A. Horni, K. Nagel, K.W. Axhausen, 2016)
- DaySim (J. Bowman, M. Bradley, 2010)
- CT-RAMP (W. Davidson, P. Vovsha, J. Freedman en R. Donnelly, 2010)
- FEATHERS (T. Bellemans, D. Janssens, G. Wets, T. Arentze, H. Timmermans, 2010)

Er is ook gekeken naar een aantal academische ontwikkelingen zoals CEMDAP, TASHA, Albatross, ADAPTS; DASH, ILUTE en UrbanSim. Van deze producten is het echter erg moeilijk om de software te gebruiken. Soms omdat het niet beschikbaar wordt gesteld maar soms ook omdat de software niet het niveau heeft bereikt waarop het bruikbaar is voor andere partijen. Uiteindelijk is er voor gekozen om verder te gaan met FEATHERS. De belangrijkste reden was de toegankelijkheid van dit product. FEATHERS is een modulair opgebouwd ABM wat relatief gemakkelijk toepasbaar is in de praktijk. Het bevat vrijwel alle componenten die nodig zijn en met name de integratie van schattingsoftware is aantrekkelijk. Daarnaast is FEATHERS geïmplementeerd in Python wat het eenvoudig maakt om aanpassingen in de source code door te voeren. Bovendien was de Universiteit van Hasselt bereid een versie ter beschikking te stellen en ons uitgebreid te ondersteunen met de toepassing daarvan.

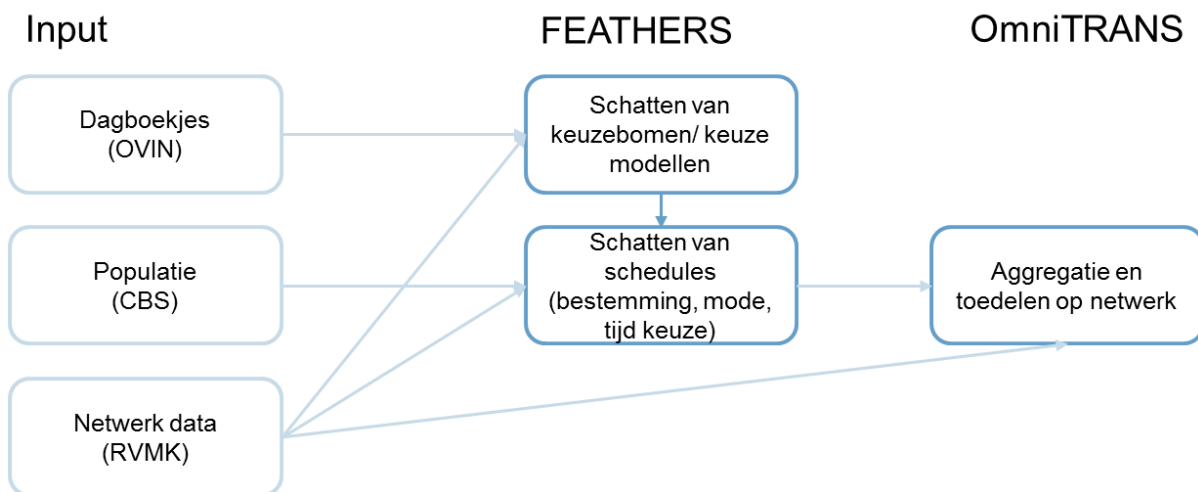
5.2 De bouw van een ABM

De ontwikkeling van software voor ABM is een enorme taak, maar ook het toepassen van de software, het daadwerkelijk bouwen van een ABM, is veel werk waar in de praktijk nog maar weinig ervaring mee is.

Om de potentie van ABM in Nederland te onderzoeken bouwt TNO momenteel een ABM voor Rotterdam. De intentie op dit moment is niet om het bestaande model van de regio Rotterdam nu al te vervangen maar puur om ervaring op te bouwen met dit soort nieuwe modellen. Dit levert ons inzicht in de data behoefte, de sterke en de zwakke punten en eventuele tekortkomingen. Aan het eind van deze pilot kunnen we een betere inschatting maken wat er nodig is om de transitie naar ABM te maken.

Een ABM modelleert de mobiliteitspatronen van een stad op individueel niveau. Elke inwoner wordt als het ware gesimuleerd. Hierin worden achtereenvolgens een aantal keuzes gemodelleerd, zoals "welke activiteiten (1 of meer)", "de duur van een activiteit", "op welke locatie (bestemming)", "met welke vervoerswijze" en "op welke tijdstippen". Per individu worden deze keuzes gesimuleerd. Per keuze worden decision trees of discrete keuze modellen gebruikt. Deze modellen moeten geschat worden op basis van waargenomen data. In dit onderzoek gebruiken we daar het Onderzoek Verplaatsing in Nederland (OVIN) voor van het CBS. Het netwerk is overgenomen uit het huidige RVMK model van de regio Rotterdam.

Op dit moment modelleren we alleen nog de mensen die zich binnen de regio Rotterdam verplaatsen. De mensen die buiten de regio reizen en mensen die van buiten de regio naar Rotterdam reizen, laten we nog buiten beschouwing. Ook de OVIN data is gefilterd op ritten binnen de regio. We gebruiken de data van de laatste 3 jaar.



Figuur 6: Overzicht ABM Rotterdam

5.3 Analyse van resultaten

Na een run van FEATHERS beschikken we per individu over een soort reisschema. Dit aggregeren we per modaliteit, motief en dagdeel zodat we de resultaten kunnen toedelen aan het netwerk op een vergelijkbare manier zoals dat in het RVMK gebeurt. Dit geeft ons een eerste beeld van de plausibiliteit van de resultaten. Daarnaast genereert FEATHERS een uitgebreid overzicht van statistieken en grafieken over het schattingsproces.

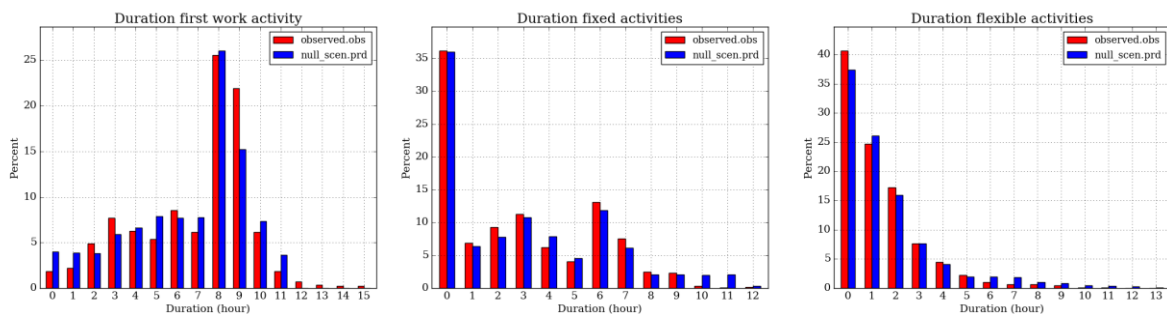
De controle van de resultaten pakken we gefaseerd aan. In eerste instantie kijken we alleen naar geaggregeerde resultaten. Zijn de resultaten plausibel op hoofdlijnen? We doen dit door te vergelijken met het OVIN en met het RVMK. We kijken dan voornamelijk naar het totaal aantal ritten, de activiteiten, de tijdligging, de motief verdeling en de modaliteitsverdeling. Ook kijken we naar het soort ketens dat gegenereerd wordt, bijvoorbeeld "home-work-home", "home-work-other-home", etc. Hiermee controleren we of het model op hoofdlijnen een juist beeld geeft.

In tweede instantie delen we de matrices toe en vergelijken we de toedeelresultaten met het RVMK. Dit geeft ons een meer gedetailleerd beeld van de stromen. Voor de toedelingen gebruiken we OmniTRANS.

Zoals gebruikelijk bij modelbouw is dit een iteratief proces. Elke iteratie lossen we een aantal problemen op uit de vorige iteratie en constateren vervolgens weer een aantal nieuwe. Wij zijn inmiddels een aantal iteraties op weg.

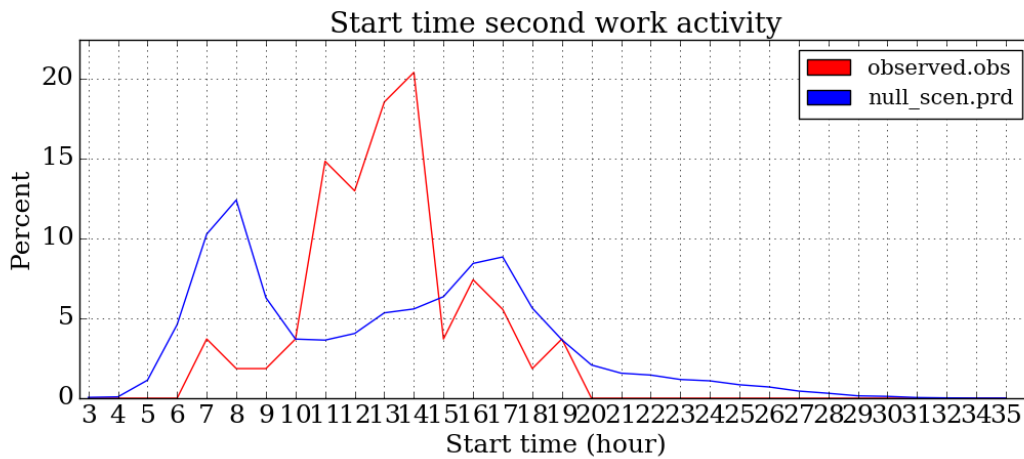
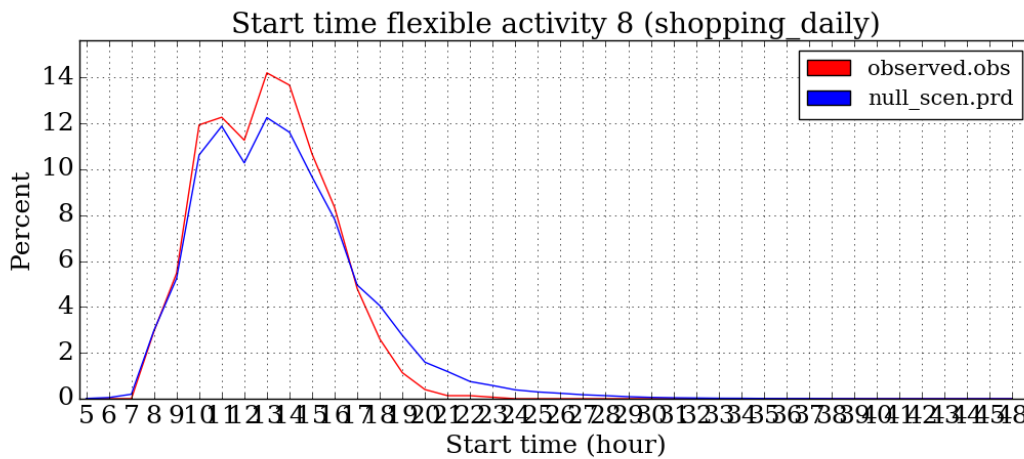
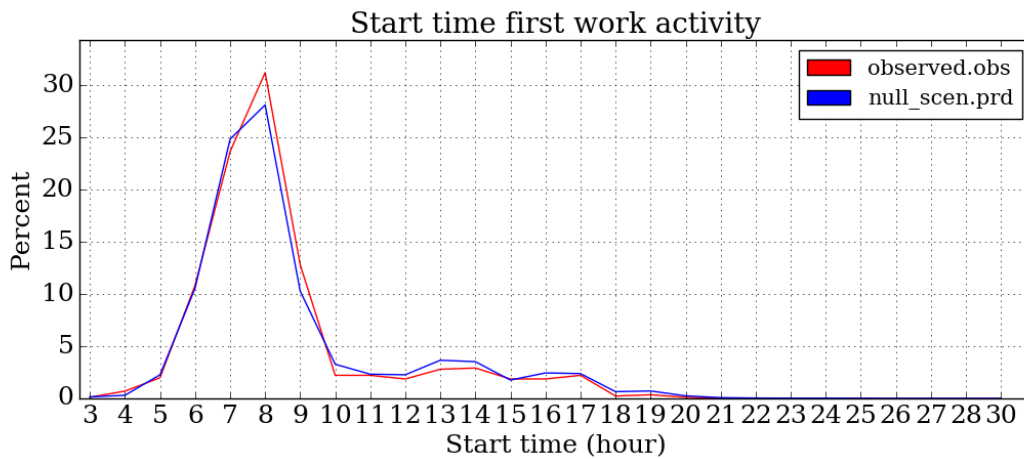
Zoals gezegd genereert FEATHERS een groot aantal grafieken waarin de OViN data wordt vergeleken met de modelresultaten. Dit geeft de mogelijkheid om de keuze processen in het model te volgen en te controleren of het model de waarnemingen goed reproduceert. Het aantal mogelijke analyses is vrijwel oneindig, omdat het bijvoorbeeld mogelijk is de keuzes per geslacht, leeftijdsklasse, inkomen, etc. op te splitsen. Het is dus een aanzienlijk taak om een goede aanpak in het iteratieve proces van modelbouw te vinden. Dit zijn we nog aan het ontwikkelen.

Om een indruk te geven worden een paar stappen toegelicht. In de eerste stappen van het model worden de activiteiten geschat en de duur van de activiteiten. Het model onderscheid een hoofd-activiteit (bijv. werk) en secundaire activiteiten (bijv. winkelen). Binnen de secundaire activiteiten wordt onderscheid gemaakt tussen "fixed-activities" (vast tijdstip, bv kinderen naar school brengen) en "flexible activities" (bijv. winkelen). In de volgende figuur staat een indruk van de prestatie van het model bij het schatten van de duur van een activiteit.



Figuur 7: Duur van activiteiten (Rood = OViN, Blauw = FEATHERS)

Zoals blijkt uit de grafieken wordt de duur van activiteiten vrij goed gereproduceerd. Dit geldt niet voor alle keuzes. De grafieken in figuur 8 laten de starttijd van de activiteiten zien. Hieruit blijkt dat de eerste "work-activity" en de "flexible activity" vrij goed geschat worden. Er zijn echter ook nog een aantal individuen die nog een tweede work activity op een dag hebben. Volgens OViN begint deze tweede activiteit meestal in de middag. FEATHERS schat ze juist aan de randen van de dag. Dit wordt nu nader onderzocht.



Figuur 8: Starttijd van activiteiten (Rood = OViN, Blauw = FEATHERS)

5.4 Verder onderzoek

Het bouwen van een ABM is behoorlijk data intensief en er zijn erg veel analyse mogelijkheden die allemaal plausibel moeten zijn. De kwaliteit van de dagboekjes is in grote mate bepalend voor de kwaliteit van de resultaten. Er gaat veel tijd zitten in het controleren van de data. Op dit moment beschikken we niet over OViN data op het detailniveau zoals dat

voor de schatting van bijvoorbeeld het LMS/NRM gebruikt wordt. Hierover zijn we in gesprek met het CBS.

Een ander aandachtspunt is het verkeer dat van buiten Rotterdam komt. Het concept van ABM, waarbij je iedere individu apart modelleert werkt goed voor de mensen die in het studiegebied wonen maar er komen natuurlijk ook veel mensen van buiten het gebied naar of door Rotterdam. Deze moeten apart gemodelleerd worden. In principe is het mogelijk om dit externe deel van de bevolking ook individueel te modelleren maar we onderzoeken nog een methode om dit te beperken. Wat we niet willen is deze externe stromen uit een geaggregeerd model halen.

Zoals blijkt uit bovenstaande analyse beschrijft dit artikel een lopend onderzoek. Op het moment van het congres beschikken we waarschijnlijk over nieuwe resultaten.

6. Discussie

Een transitie houd je als stad niet tegen, maar het is wel van belang om als stad te kunnen sturen of te anticiperen. Indien de effecten gunstig zijn kan je ook als stad faciliteren. Het effect van transities is echter grotendeels onzeker terwijl de potentiële impact van bepaalde transities wel eens heel groot zou kunnen zijn. Hoe houd je als stad de controle en neem je de juiste beslissingen? Inzichten in de effecten van transities zijn nodig en zijn te verwerven via expert opinion, adaptief beleid, experimenten en/of modellen. Met name als er sprake is van grote investeringen moet men vaak terugvallen op modellen. Met de huidige modellen echter is het moeilijk de effecten van sommige transities goed in kaart te brengen.

De auteurs van dit artikel menen dat er behoefte is aan modellen die:

- Gedesaggregeerd zijn (incl. life-style-achtige kenmerken) en daarmee meer grip op individueel gedrag geven.
- Ketenverplaatsingen kunnen modelleren, omdat verplaatsing complexer worden en fietsen en openbaar vervoer belangrijker worden voor de leefbaarheid van steden.
- In staat zijn allerlei nieuwe mobiliteitsconcepten te modelleren, zoals e-bikes, autonome voertuigen, MaaS.

Door de verschuiving van "auto-faciliteren" naar leefbaarheid is er een grotere behoefte aan integrale modellen waarin de impact op bereikbaarheid, leefbaarheid, gezondheid en economische vitaliteit integraal beoordeeld kunnen worden.

De gemeente Rotterdam en TNO zijn begonnen aan de inzet van Activity Based modellen om te voldoen aan de vragen waar gemeentes nu over na moeten denken. Deze stap van theorie naar praktijk kost tijd en vraagt een gefaseerde aanpak. In een klap een ABM voor een stad ontwikkelen zou veel te risicovol zijn. Samenwerking van steden, Rijk en kennisinstellingen bij deze ontwikkeling is een belangrijke voorwaarde. Daarmee kunnen de risico's gespreid worden en problemen rondom bijvoorbeeld data centraal opgepakt worden. Dit vraagt om een roadmap voor aanpak voor de langere termijn waar deze instanties van kunnen profiteren.

Wij willen dit artikel graag afsluiten met een aantal stellingen voor discussie tijdens het congres:

- De huidige generatie stedelijke en regionale modellen is aan het einde van zijn levensduur
- Er is een fundamentele vernieuwing van de opzet van deze modellen nodig om de veranderingen in de steden te kunnen modeleren en vragen bij een transitie naar een duurzaam mobiliteitssysteem te beantwoorden.
- Agent en activity based modellen gecombineerd met integrale netwerken voor auto, fiets en OV kunnen veel beter inspelen op vraagstukken op het gebied van transitie in het mobiliteitssysteem dan de huidige generatie stedelijke modellen.
- De stap naar de nieuwe generatie modellen kunnen de steden niet alleen maken. Het is een gezamenlijke opgave voor de steden, universiteiten en kennisinstellingen (fundamenteel onderzoek toepasbaar maken) en marktpartijen (doorontwikkeling software, implementatie in de praktijk). De focus op de grote steden als motor voor de economische ontwikkeling rechtvaardigt actieve steun van het Rijk hierbij.

Literatuur en referenties

Gemeente Rotterdam, Slimme bereikbaarheid voor een gezonde, economisch sterke en aantrekkelijke stad: Stedelijk verkeersplan Rotterdam 2016 – 2030+, februari 2016

Goudappel Coffeng, Verkeersmodel RVMK 3, Actualisering naar basisjaar 2010 (Technische rapportage), december 2013

Gemeente Rotterdam, Fietsplan 2016-2018: Fietsen heeft voorrang

SmartAgent, Woonbeleving Regio Rotterdam 2008. Leusden, 2008

TNO, Lucinda Kooistra, Eindrapportage Slimme en Gezonde Stad (SGS) Rotterdam, Het effect van transitie en bijbehorend instrumentarium, maart 2017

Goudappel Coffeng, Westelijke stadsbrug Rotterdam: Verkeersonderzoek, juli 2016

De Zwarte Hond/Goudappel/Rebel/Tauw, MIRT onderzoek Bereikbaarheid Rotterdam Den Haag: Eindrapport Analyse & oplossingsrichtingen fase, bijlage 7 Verkeerskundige analyse, juli 2017

OECD – International Transport Forum, Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars, could change city traffic, OECD/ITF, 2015

A. Horni, K. Nagel, K.W. Axhausen, The Multi-Agent Transport Simulation MATSim, Ubiquity Press Ltd, 2016

J. Bowman, M. Bradley, DaySim, website Bowman, 2010

•

Davidson, W., Vovsha, P., Freedman, J. and R. Donnelly, CT-RAMP Family of Activity-Based Models, Australasian Transport Research Forum 2010 Proceedings, Canberra, Australia, 2010

T. Bellemans, D. Janssens, G. Wets, T. Arentze, H. Timmermans, Implementation framework and development trajectory of the FEATHERS activity-based simulation platform, TRB 2010 Annual Meeting, 2010

J.L. Bowman, M.E. Ben-Akiva, Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules, Transportation Research Part A, 1999

D. Ettema, Activity-based travel demand modeling. Ph.D. Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 1996.

T. Arentze en H. Timmermans, ALBATROSS : a learning based transportation oriented simulation system, Eindhoven, EIRASS, 2000

J. Castiglione, M. Bradley, J. Gliebe, TRB's second Strategic Highway Research Program (SHRP 2) Report S2-C46-RR-1: Activity-Based Travel Demand Models: A Primer.