TVW

Tijdschrift Vervoerswetenschap
Jaargang 47, nummer 1
oktober 2011
Pagina 44-64
ISSN: 1571-9227
www.vervoerswetenschap.nl

Naar Betere Beleidsinformatie voor Duurzaam Goederenvervoer in de Randstad

L.A. Tavasszy
Technische Universiteit Delft (TUD)[1] / Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO)[2]

N. Anand
Technische Universiteit Delft (TUD)

I. Davydenko
TNO / TUD

J.H.R. van Duin
Technische Universiteit Delft (TUD)

B. Wiegmans
Technische Universiteit Delft (TUD)

M. Zhang
Technische Universiteit Delft (TUD)

H.L.F. de Groot
Vrije Universiteit Amsterdam (VU)

M. Lankhuizen
Vrije Universiteit Amsterdam (VU)

1. Inleiding tot het programma

Het belang van regio's en het belang van afstand in een in toenemende mate globaliserende wereld neemt – paradoxaal genoeg – eerder toe dan af. Op het gebied van internationale handelsstromen neemt Nederland een bijzondere positie in als belangrijke 'Gateway to Europe'. Inzicht in regionale handelsstromen en de daarmee gepaard gaande goederenstromen is daarmee in toenemende mate van belang. Er wordt de komende decennia een forse groei verwacht van het goederenvervoer, onder andere vanuit de opkomende markten, en dit zal ook voor de Randstad resulteren in forse uitdagingen op het gebied van milieu, leefbaarheid, congestie en economische vitaliteit (zie o.a. CPB e.a., 2006 en Havenbedrijf Rotterdam, 2011). Er worden bereikbaarheidsproblemen verwacht rond de Rotterdamse haven zodra de Tweede Maasvlakte

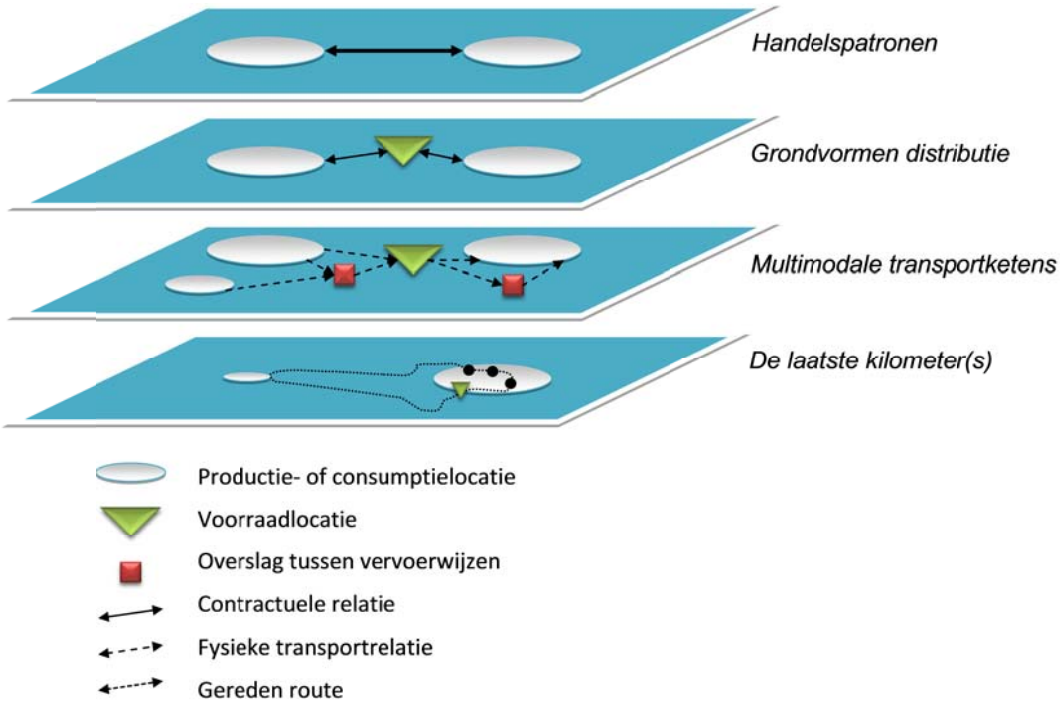
[1] P.O. Box 5015, 2600 GA, Delft, T: +31(0)152786343, F: +31(0)152782719, E: l.a.tavasszy@tudelft.nl
[2] Postbus 49, 2600 AA, Delft, T: +31(0)88 866 85 32

volledig operationeel is en ook in de Amsterdamse haven wordt gerekend op een forse groei van het goederenvervoer. Daarnaast zal ook Schiphol (fors) blijven groeien en ook deze groei zal leiden tot de nodige uitdagingen op het terrein van economie, transport en milieu. Dit resulteert in diverse nieuwe beleidsvragen voor de Randstad (zie ook het verkenning van de topsector Logistiek in Ministerie EL&I, 2011):

- Welke internationale ketens worden momenteel door de Randstad bediend (naar herkomst, bestemming en goederensoort)?
- Hoe is de verwachte ontwikkeling van de aantrekkelijkheid van de Randstad als knooppunt voor internationale logistieke ketens, zowel als doorvoerhaven als regio voor waardetoevoeging?
- Welke maatregelen zijn nodig om de verwachte groei van stromen in de Randstad op lange termijn te accommoderen?
- Hoe ziet een duurzaam, multimodaal kernnetwerk voor het goederenvervoer er uit?
- Welk beleid is nodig om een doorbraak op grote schaal te bereiken in duurzame stedelijke distributie?

Onze huidige kennis van het goederenvervoersysteem schiet tekort om goed onderbouwde antwoorden te geven op deze vragen. Ten eerste weten we te weinig over de samenhang tussen handel en transport om betrouwbare prognoses te kunnen maken of om voorgestelde beleidsmaatregelen goed te kunnen beoordelen. Het effect van toekomstige economische ontwikkelingen op de locatiekeuze van distributiecentra is onbekend. Ten tweede is onbekend of de veronderstelde groei van internationale stromen geaccommodeerd kan worden, mede gezien het dreigende conflict met de lokale ruimte en toegankelijkheidsbehoeften in de Randstad. Ten derde ontbreekt het ons aan methoden en technieken om beleidsmaatregelen te beoordelen, zowel qua nationale multimodale infrastructuur als qua stedelijk beleid. De ontwikkeling van goederenmodellen staat nog in haar kinderschoenen en loopt decennia achter op de ontwikkeling van personenvervoermodellen. Het programma *Towards a Sustainable Freight Transport System for the Randstad area* beoogt in deze kennisbehoeften te voorzien.

Het programma bestaat uit vier deelprojecten, die verschillende facetten van de goederenketens dekken waarvan Nederland economisch en qua duurzaamheid afhankelijk is. Het raamwerk van het programma is weergegeven in Figuur 1. Het eerste project beschrijft de samenhang tussen handels- en transportrelaties in Nederland, waardoor we beter kunnen voorspellen wat het effect zal zijn van veranderingen in de wereldwijde handel op internationale goederenstromen. Het tweede project vult een kennislacune op het gebied van grondvormen van distributie op, waardoor we zicht krijgen op de toekomst van regio's in Nederland als distributieregio voor nationale en internationale ketens, en als voorraadpunt in de keten. Het derde project ontwikkelt methodieken waarmee één samenhangend, multimodaal netwerk ontworpen kan worden dat ruimte en flexibiliteit biedt voor alle goederenstromen. Het vierde project heeft tot doel om duurzame oplossingen te vinden voor de beruchte "laatste kilometer", waarbij de goederen doordringen in de stedelijke leefomgeving en bij de consument terechtkomen. Terwijl de eerste twee projecten vooral gericht zijn op een beter begrip van de economische drijfveren van actoren in de keten, zijn het derde en vierde project ontwerpgedreven, en gericht op de vorming van niet alleen economisch haalbare maar ook duurzame oplossingen. Wij hanteren hierbij een 'enge' definitie van duurzaamheid waarbij vooral naar de directe effecten op de leefomgeving wordt gekeken in de vorm van milieuvervuiling en onveiligheid.



Figuur 1. Conceptueel raamwerk van het goederenvervoersysteem

Het programma is duidelijke afgebakend in termen van het type beleidsmaatregelen dat het ondersteunt. De nadruk ligt op infrastructurele maatregelen en marktbeïnvloeding door financiële instrumenten (beprijzen en subsidies). Maatregelen in de sfeer van operationeel netwerkbeheer zoals dynamisch verkeersmanagement worden slechts beperkt behandeld. In termen van fysieke aangrijpingspunten van beleid is het onderzoek vooral gericht op de achterlandmodaliteiten weg, rail en binnenvaart (inclusief het intermodale vervoer) en de knooppunten waarop deze aansluiten (mainports, distributiecentra, terminals). Het ruimtelijke bereik omvat het stedelijke vervoer tot en met de wereldwijde relaties waarvan stromen in de Randstad onderdeel uitmaken. Het programma heeft echter niet tot doel prognoses te maken van het wereldwijde goederenvervoer; dit is onderwerp van ander, lopend onderzoek. Dit programma verschaft een strategisch beeld van stromen en netwerken in en om de Randstad, dat als kader kan dienen voor vervolgonderzoek naar maatregelen van operationele aard voor individuele knooppunten of relaties.

Het programma ontwikkelt nieuwe modellen voor het goederenvervoer waarmee lange termijn beleidsanalyses kunnen worden gemaakt. De modellen zijn een uitbreiding van de geaggregeerde vervoermodellen zoals in gebruik in Nederland en sluiten aan op de bestaande beleidsondersteunende modellen. Het programma voedt de nationale Roadmap voor Goederenvervoermodellen, die in opdracht van Rijkswaterstaat door TNO samen met het bedrijfsleven, planbureaus en kennisinstellingen is ontwikkeld (TNO, 2009). Hiermee is bij aanvang zoveel mogelijk geborgd dat modelontwikkelaars en –gebruikers op de hoogte zijn van deze ontwikkeling en de modellen snel ingezet kunnen worden. Naast de inbedding in de Roadmap Goederenvervoermodellen wordt een werkrelatie opgebouwd met andere partijen die binnen deze roadmap een belangrijke rol als innovator of ontwikkelaar van nieuwe modellen vervullen. Zo wordt samengewerkt met het CBS in het kader van de doorontwikkeling van de statistiek van het goederenvervoer, waarbij het CBS gegevens levert en meedenkt over de analyses. Daarnaast is samenwerking opgezet met TNO en met het KiM, die tevens als sparring partner betrokken is bij het programma.

Dit artikel beschrijft de opzet en de tussenresultaten van het programma en is als volgt opgebouwd. Achtereenvolgens presenteren we steeds in een paragraaf één van de vier deelprojecten. Wij vatten de tussenresultaten samen en kijken vooruit naar de tweede helft van het programma in de laatste, afsluitende paragraaf.

2. Complexe structuren van het goederenvervoer: handel en transport

Beleidsrelevantie: Een nieuwe consistente set van handels- en transportstatistieken

Het deelproject *Modelling complex freight demand structures – trade and transport data* beoogt een kwantitatief overzicht te geven van nationale en internationale goederenstromen van, naar en door Nederland op regionaal niveau. Het project behelst de integratie van economische statistieken over de nationale en internationale goederenstromen met transportstatistieken. De transportstatistieken van het CBS geven informatie over inkomend en uitgaand transport op regionaal niveau (COROP[3]) naar gewicht, vervoersmodaliteit en goederensoort. Wat ontbreekt in de huidige statistieken is het type stroom. We weten met andere woorden niet wat de economische aard van het transport is. Gaat het om productie van Nederlandse goederen voor de binnenlandse markt, consumptie van binnenlands geproduceerde goederen, invoer van goederen uit het buitenland, etc.? Ook doorvoer wordt niet onderscheiden in de transportstatistieken. Dit project heeft als doel de transportstatistieken uit te breiden met het type stroom. Deze uitbreiding maakt het mogelijk de effecten van diverse nationale en internationale economische ontwikkelingen op (de vraag naar) transport beter te kunnen analyseren. Onze aanpak bestaat er uit (i) de regionale goederenstromen samenhangend met regionale productie en verbruik en internationale invoer of uitvoer in kaart te brengen en (ii) deze af te zetten tegen de geobserveerde transportstromen. Een overschot van transport bovenop wat verwacht kan worden op basis van de zogenaamde handelsrelaties wordt beschouwd als regionale doorvoer. Het project genereert twee belangrijke producten, namelijk een multiregionale input-outputtabel en een uniek geïntegreerd bestand met informatie vanuit zowel handels- als transportstatistieken.

Goederenstromen van, naar en binnen Nederland op regionaal niveau – de multiregionale input-outputtabel

Een eerste belangrijk resultaat van dit project is verbeterd inzicht in de regionaal economische structuur van Nederland en de onderlinge samenhang tussen regio's. Hoe zijn economische activiteiten in Nederland verdeeld over de ruimte (locatie van productie) en hoe verspreidt deze productie zich over de ruimte naar diverse categorieën van verbruik (intermediaire verbruik door andere ondernemingen, consumptie en investeringen, maar ook uitvoer)? Voor dit doel ontwikkelen we een multiregionale input-outputtabel voor Nederland. We splitsen de Nederlandse economie op naar 40 (COROP) regio's, gebruikmakend van gegevens uit de Nationale en Regionale Rekeningen. Het resultaat is een kwantitatief beeld van de goederen- en (verhandelbare) dienstenstromen binnen en tussen regio's die verband houden met productie, intermediair verbruik, finale consumptie en investeringen.[4] De tabel geeft ook een gedetailleerd beeld van de invoer en uitvoer van verschillende typen goederen en diensten van en naar het buitenland op regionaal niveau.

Bij het opstellen van de multiregionale input-outputtabel houden we expliciet rekening met de rol van afstand. Dit volgt vanuit de gedachte – prominent in de graviteitsliteratuur – dat regio's die dicht bij elkaar liggen *ceteris paribus* meer met elkaar handelen dan regio's die ver van elkaar

[3] Corop stemt overeen met NUTS-3. Nederland telt 40 Corop-gebieden.
[4] We onderscheiden 37 goederen- en dienstencategorieën (SBI 1993).

verwijderd zijn. We onderscheiden in dit project verschillende afstandsvervalfuncties voor verschillende productgroepen. Nieuw is dat we de samenstelling van min of meer homogene productgroepen niet *ex ante* bepalen (zoals bijvoorbeeld Rauch, 1999, en Möhlmann e.a., 2010), maar endogeen afleiden. Goederen (en verhandelbare diensten) worden dus gecategoriseerd op afstandsgevoeligheid op basis van onderliggende kenmerken. Dit vormt een belangrijke bijdrage aan het "death of distance"-debat in de wetenschappelijke literatuur (zie bijvoorbeeld Leamer, 2007), omdat het beter inzicht verschaft in de mate waarin handel in verschillende typen goederen reageert op veranderingen in handelskosten (waarbij zowel naar fysieke als meer zachte transactiekosten zal worden gekeken[5]). Het huidige project breidt de analyse verder uit door productcategorieën op een laag aggregatieniveau (SITC 3-digit) te onderscheiden.

Deze ontwikkeling sluit aan bij de toegenomen belangstelling in de afgelopen twee decennia voor de regionale economie, zowel bij economen als beleidsmakers. Economische theorie leert dat productieactiviteiten niet gelijkmatig verdeeld zijn over de ruimte. Veelal is er sprake van concentratie van bepaalde sectoren in bepaalde regio's. De gedachte hierachter is dat regio's zich toeleggen op economische activiteiten waarin zij comparatieve voordelen hebben ten opzichte van andere regio's, bijvoorbeeld vanwege de aanwezigheid van personeel met de juiste kwalificaties, een gunstige geografische ligging, agglomeratievoordelen, of een gunstige afzetmarkt. Een nationale focus doet geen recht aan de diversiteit die op regionaal niveau bestaat. Onder andere de CPB studies 'Stad en Land' en 'The Netherlands of 2040' illustreren dat de focus van beleid in toenemende mate van het nationale naar het regionale of zelfs stedelijk niveau verschuift.

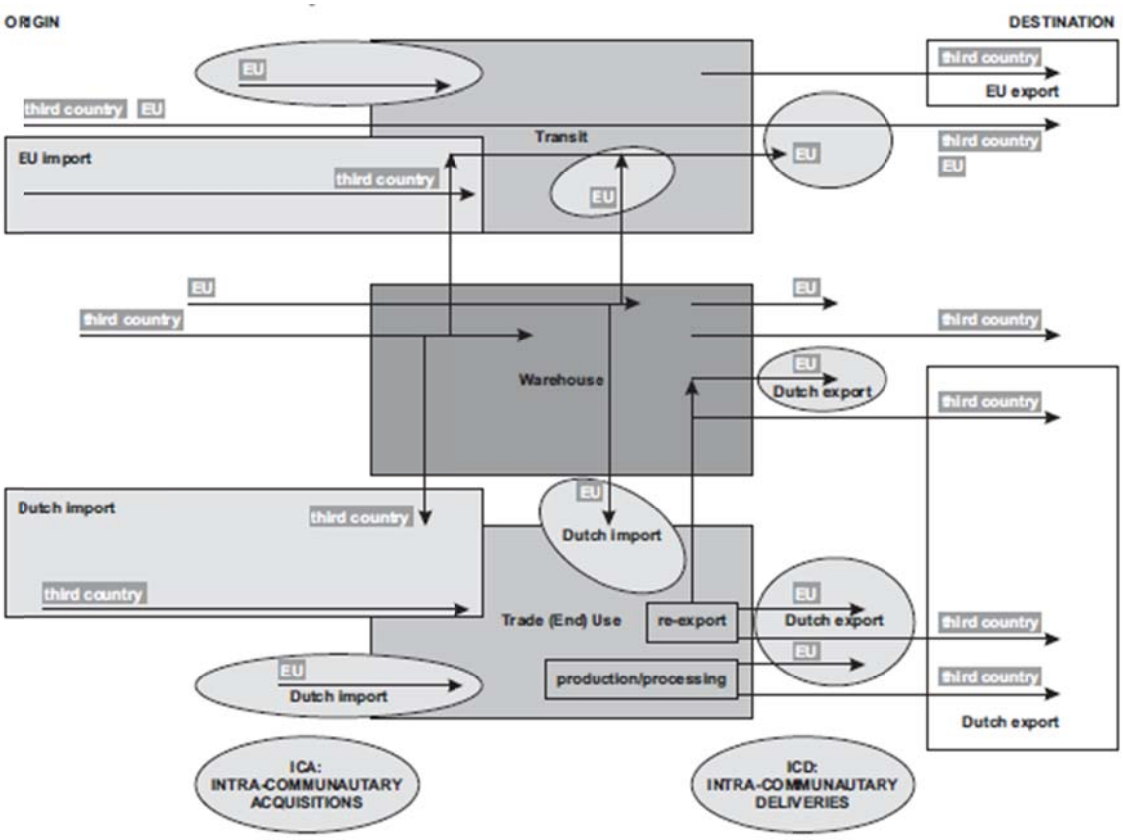
De statistische informatie loopt achterop bij deze trends. Directe informatie over de stroom van goederen van en naar regio's is over het algemeen beperkt (zie onder andere McCann, 2005, Miller en Blair, 2009). In Nederland zijn eenmalig provinciale input-outputtabellen gemaakt voor het statistiekjaar 1992 (Oosterhaven e.a., 1999). Jaarlijkse updates zijn alleen voor de drie Noordelijke provincies gemaakt. De Economische Verkenning Metropoolregio Amsterdam is een voorbeeld van een studie waarvoor op kleinere schaal een specifieke multiregionale input-outputtabel is ontwikkeld. Dit project beoogt te voorzien in een informatiebehoefte op dit punt. Een methodologische bijdrage van dit project op het gebied van input-outputanalyse is dat we gebruik maken van de additionele informatie over goederenstromen op regionaal niveau die in de transportstatistieken besloten ligt.

Goederenstromen van, naar en binnen Nederland op regionaal niveau – een geïntegreerde statistiek van nationale en internationale goederen- en goederenstromen

Het tweede product van dit project is de integratie van de economische statistieken over de nationale en internationale goederenstromen (de multiregionale input-outputtabel uit de vorige stap) met transportstatistieken. Met goederenstromen is ook transport gemoeid. Op regionaal niveau is het transport van goederen samenhangend met productie en verbruik, internationale invoer en uitvoer niet noodzakelijkerwijs – en sterker nog, waarschijnlijk niet – gelijk aan het totale transport van en naar een regio. Het verschil is de zogenaamde doorvoer. Doorvoer betreft een goederenstroom die niet afkomstig is uit een bepaalde regio (productie) en daar ook niet voor bestemd is (verbruik), maar wel via deze regio wordt vervoerd (overlading). De verklaring voor goederenstromen van en naar een regio die niet rechtstreeks gekoppeld zijn aan productie of verbruik van goederen in die regio is de aanwezigheid van overslag- of distributiecentra.

[5] Het effect van afstand op internationale handel is blijkend uit twee recente meta-analyses vrij constant over de tijd (cf. Disdier en Head, 2008, en Linders e.a., 2011). Dit is opvallend aangezien wordt aangenomen dat de kosten van internationale handel voortkomend uit transport en communicatie de afgelopen decennia zijn gedaald. Daarnaast is er de continue liberalisering van de wereldhandel. Dit resultaat kan wellicht worden toegeschreven aan een toenemend belang juist van culturele en institutionele barrières (zie ook De Groot e.a., 2004).

We definiëren regionale doorvoer als het overschot van transport bovenop wat verwacht kan worden op basis van de zogenaamde handelsrelaties. Hiertoe dienen we de economische gegevens over de nationale en internationale goederenstromen uit de vorige stap te integreren met de transportstatistieken. Voor de integratie van de twee statistieken wordt gebruik gemaakt van een integratiemodel van het Centraal Bureau voor de Statsitiek (CBS). Dit model is eerder toegepast op de integratie van transportstatistieken met internationale handelsstatistieken (zie Linders e.a., 2008, en Boonstra e.a., 2010). Figuur 2 geeft een overzicht van de typen (internationale) stromen die in dat project werden onderscheiden. Het huidige project breidt deze integratie uit naar regionaal niveau en onderscheid naast internationale handel (invoer en uitvoer) dus ook binnenlandse productie en verbruik. De uitkomst is een geïntegreerd, kwantitatief overzicht van nationale en internationale goederenstromen van, naar en door Nederland op een regionaal niveau. De nieuw ontwikkelde data bevatten informatie over bruto gewicht, type stroom (productie, verbruik, invoer, uitvoer, doorvoer), goederensoort, landengroep van laden/lossen en vervoersmodaliteit.



Figuur 2. Internationale handelsstromen door Nederland (Linders e.a., 2008)

Het model is in eerste instantie gebaseerd op een aantal vereenvoudigende aannames over hoe goederen worden vervoerd. De productie/verbruik-matrix uit de multiregionale input-outputtabel dient vervolgens als input voor het kalibreren en valideren van het logistiek model in het tweede deelproject. De resultaten van dit logistieke model ten aanzien van de vraag waar de distributiecentra zitten, zullen vervolgens gebruikt worden om de schattingen van regionale doorvoer uit de eerste schattingsronde te verfijnen en te verbeteren.

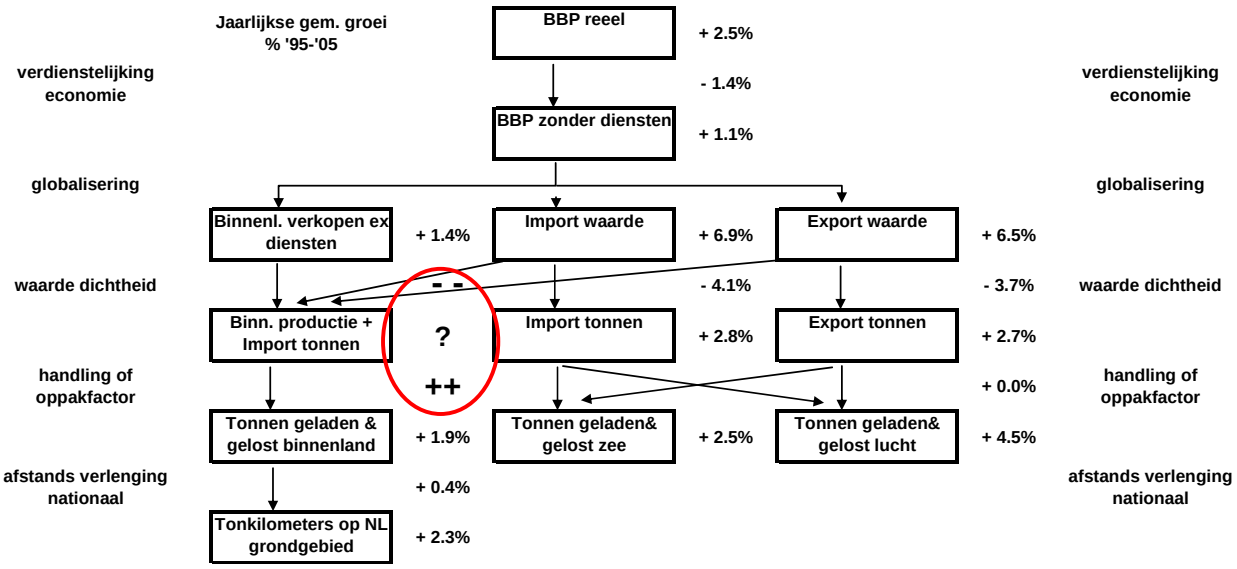
3. Complexe structuren van het goederenvervoer: distributieketens

Beleidsrelevantie: invloed van distributiestructuren op goederenstromen

De ontwikkeling van Nederland als draaischijf voor de Europese goederenstromen is in de jaren tachtig en negentig van de vorige eeuw sterk gegroeid, mede dankzij een gunstige positie als locatie voor internationale distributiecentra (DC's). Vooral nadat in 1992 de grensoverschrijdende distributie van goederen binnen Europa een stuk eenvoudiger was geworden, werd Nederland de voorkeurslocatie voor Amerikaanse, Japanse en Koreaanse DC's. Inmiddels is het tij echter aan het keren: niet alleen is het zwaartepunt van de markt voor halffabricaten en consumentengoederen oostwaarts verschoven, er is ook een trend ingezet van decentralisatie van logistieke structuren waarbij DC's minder ver van de consument staan dan vroeger. De achtergrond hiervan is een combinatie van stijgende transportkosten, strengere klanteneisen en veranderingen in productietechnologie. En niet alleen internationaal maar ook in het binnenland veranderen logistieke structuren met de economische omgeving mee. Door ontwikkelingen als 'e-commerce' en venstertijden in steden zijn bedrijven genoodzaakt de locaties van opslag en overslag regelmatig te herzien. Dit tweede deelproject beoogt dit fenomeen te vangen in nieuwe wiskundige modellen.

De dynamiek in distributiestructuren zal mede de goederenstromen van de toekomst bepalen. Voor het beleid op het gebied van het goederenvervoer is het daarom van groot belang tijdig de belangrijkste geografische verschuivingen te kunnen onderkennen en de invloed van beleid hierop te kunnen verklaren. Momenteel is onze kennis van de bovengenoemde ontwikkelingen echter nog te beperkt. Het ontbreekt niet alleen aan empirisch materiaal (statistieken, kengetallen) maar vooral aan fundamenteel inzicht in het logistieke keuzegedrag van bedrijven en de uitwerking daarvan op de locatie van distributiecentra en de goederenstromen in en door Nederland.

De analyse is niet alleen van belang voor inzicht in logistieke structuren, maar ook voor een beter begrip van de ontwikkeling van de goederenstromen. Momenteel voert het KiM in het kader van de Mobiliteitsbalans regelmatig een analyse uit van de ontwikkeling in goederenstromen in Nederland en de relatie met de economie (KiM, 2007). Een belangrijke ontbrekende schakel bij de verklaring van de waargenomen ontwikkelingen is de zogeheten oppak- of handling factor, de factor die aangeeft hoe vaak goederen in een handelsketen worden geladen en gelost (zie Figuur 3). Het vraagteken in de figuur duidt het probleem aan dat de oppakfactor een duidelijk maar moeilijk te verklaren effect heeft.



Figuur 3. Analyse van de relatie tussen goederenvervoer en economie (KiM, 2007)

Het aantal distributiecentra speelt hierin een belangrijke rol. Het modelleren van deze ketens zoals in dit programma gebeurt, maakt het mogelijk om een completere ex post analyse uit te voeren van waargenomen veranderingen in goederenstromen. Doel van dit deelproject is om nieuwe methoden, technieken en data te produceren waarmee we inzicht krijgen in de effecten van ruimtelijke keuzegedrag van bedrijven ten aanzien van distributieketens en daarmee meer grip krijgen op het prognosticeren van goederenstromen.

State of the art: enkele modellen met een beperkte empirische onderbouwing

Het literatuuronderzoek op dit gebied heeft opgeleverd dat dit onderwerp, het modelleren van de voorraadkant van logistieke ketens, grotendeels *terra incognita* is in het goederenvervoeronderzoek. Nederland heeft een beperkte maar ook unieke traditie op dit terrein met het model SMILE (Tavasszy, 1998). Dit model werd in opdracht van Rijkswaterstaat ontwikkeld in de periode 1993–1998 en heeft een uitgebreide module voor het analyseren van distributieketens. Vanwege de grote complexiteit is het model dit jaar vervangen door een veel eenvoudiger model met beperkter capaciteiten; het ontwikkeltraject van SMILE en ruim een decennium aan toepassingen hebben echter naast nieuwe beleidsinzichten ook een impuls gegeven aan het (internationale) onderzoek. In het afgelopen decennium zijn in diverse andere landen initiatieven gestart om voorraadstructuren te modelleren (zie onder andere Williams e.a., 2005, Maurer, 2008, Chow, 2009 en Friedrich, 2010).

Uit de inventarisatie ontstaat het beeld dat modellen die op bedrijfsniveau opereren een zodanige databehoefte hebben dat toepassing voor meerdere sectoren niet aan de orde is, terwijl *gebiedsgerichte* (lees: regionale, nationale en internationale) goederenmodellen nog veel logistiek detail missen en empirisch nog beter kunnen worden onderbouwd. Dit project kiest als ingang de gebiedsgerichte modellen om de positie van regio's in nationale en internationale ketens van goederenstromen te kunnen laten zien. Hierbij is naast een empirische, beschrijvende analyse (waar zijn deze ketens en knooppunten in Nederland) ook een verklarende analyse nodig, waarbij de positie van de regio in de keten verklaard kan worden en geprognotiseerd kan worden bij veranderende omstandigheden.

Uit de literatuur zijn drie alternatieve benaderingen voor een dergelijk verklarend model gevonden, waarvan er in dit project minstens twee onderzocht zullen worden. De eerste

benadering is die van het zwaartekrachtmodel, dat al ruimschoots toegepast wordt in vervoermodellen, maar in de logistiek ook in een normatieve context (locatiekeuze van DC's) in zwang is. De tweede benadering is die van een (aggregaat dan wel disaggregaat) discreet keuzemodel voor distributieketens, gelijk de aanpak in SMILE. De derde benadering is die van het hypernetwerk, waarin distributieketens worden gevormd door routekeuze in een virtueel netwerk die alle logistieke afwegingen uitbeeldt. In het kader van dit onderzoek is in het najaar van 2009 een congres georganiseerd in samenwerking met de universiteit van Tokyo om de vooruitgang op dit gebied in de laatste jaren te bespreken (Ueda e.a., 2009). De resultaten van de literatuurstudie zijn gepresenteerd op het World Conference for Transport Research in 2010 en beschreven in Tavasszy e.a. (2010).

Aanpak van de modelontwikkeling

Het onderzoek heeft als hoofddoel om de vorming van voorraadketens als verklarende factor toe te voegen aan modellen van (inter-)nationale goederenstromen, op basis van de publiekelijk beschikbare gegevens. De hiervoor vrij beschikbare data is zeer summier en gepubliceerde statistieken zijn nagenoeg afwezig; distributieactiviteiten (in de 'enge' zin van voorraadvorming) worden tot nu toe niet voldoende in detail gemeten. De enige reële mogelijkheid om gegevens te verkrijgen is (naast het zelf verzamelen ervan, waarvoor dit onderzoek niet bedoeld is) onze toevlucht te nemen tot indirecte methoden, door proxy-waarnemingen en statistische schattingstechnieken.

In het onderzoek worden dus de beschikbare bronnen zo goed mogelijk gebruikt en gecompleteerd met modellen waarmee diverse soorten gegevens gekoppeld kunnen worden. Via het CBS is toegang verkregen tot niet eerder gepubliceerde onderdelen van de jaarlijkse vervoersenquête waarin indirect informatie wordt gegeven over het gebruik van distributiecentra. Daarnaast is op nationaal en internationaal verband apart informatie beschikbaar over zowel handel als transport, beide in de vorm van herkomst/bestemming-tabellen (H/B-tabellen). Het verschil tussen deze twee tabellen kan verklaard worden door zgn. additionele vervoersgeneratoren, zoals overslag, maar ook opslag. Door het combineren van deze gegevens kunnen we nieuwe vervoersmodellen samenstellen. De analyse richt zich op:

(i) de haalbaarheid van het gebruik van de gegevens (CBS, EU) voor de analyse van distributieketens;

(ii) de empirische analyse om ruimtelijke wetmatigheden te ontdekken in distributieketens;

(iii) de ontwikkeling van diverse modellen voor de keuze van distributieketens op basis van CBS data en (inter)nationale H/B-tabellen.

Figuur 4. Belang DC-transport in NL: volumes van goederen afkomstig van DC (wegvervoer in tonnen, 2007)

Een deel van het onderzoek vertoont parallellen met het eerste deelproject, waarin het effect van afstand op handel wordt onderzocht (cf. het debat over de "death of distance") voor multimodale, internationale vervoerketens, met behulp van zwaartekrachtmodellen. De eerste analyses waren gericht op het onderscheid tussen verschillende soorten transporten in termen van afstandsafhankelijkheid. Hiertoe zijn modellen gekalibreerd op de verkregen CBS-data. In tegenstelling tot wat in goederenmodellen wereldwijd wordt aangenomen, blijken er grote variaties in afstandsafhankelijkheid te zijn tussen transporten van en naar distributiecentra. Een deel van de verklaring blijkt te liggen in het feit dat de kostenstructuren anders zijn op deze segmenten. In dit tweede deelproject onderzoeken we daarom verder de mogelijkheid om in plaats van afstand kosten als verklarende variabele te gebruiken in de modellen. De eerste resultaten laten zien dat afstand inderdaad een beperktere verklarende factor is en beter vervangen kan worden door een meer generiek toepasbaar concept van ruimtelijke weerstand, zoals de gegeneraliseerde logistieke kosten. In 2011 worden de eerste modellen verwacht waarmee de waargenomen logistieke structuren beschreven kunnen worden en de eerste "what-if"-scenario's kunnen worden doorgerekend.

4. Optimalisatie van multimodale netwerken

Beleidsrelevantie: strategische planning van multimodale netwerken

Ondanks de uitgebreide ruimtelijke planningscultuur in Nederland is er op nationaal niveau nog steeds geen sprake van een samenhangende ruimtelijke visie of strategie voor het multimodale transportnetwerk. Parallel aan de aanleg van de Betuweroute, de Tweede Maasvlakte en de

verbrede A15 bestaat een aantal minder zichtbare investeringslijnen in het netwerk van de drie modaliteiten. Deze lijnen zijn grotendeels gericht op de aan- en afvoer van containers via bi- of trimodale terminals van Veendam tot Oss en de containerterminal in de Alblasserwaard. Daarnaast zijn er private initiatieven voor multimodale diensten zoals de Heineken-terminal in Alphen aan den Rijn en de Extended Gateway Service van ECT naar Venlo. Deze terminals bedienen hoofdzakelijk het internationale vervoer. Hoewel de totale overslagcapaciteit van deze terminals in het Nederlandse achterland slechts zo'n 10% bedraagt van de totale containeroverslag in de haven van Rotterdam, is het groeipotentieel aanzienlijk, gegeven de verwachte groei van de overslag in Rotterdam (totaal een factor twee tot drie) en de belangrijke rol die spoor en binnenvaart wordt toegedicht in het opvangen van deze groei. Welke terminals snel zullen groeien en welke minder, is nog onduidelijk. Deels is deze onduidelijkheid niet te vermijden: het betreft concurrerende alternatieven die in kleine stappen ontwikkeld zullen worden, via lokaal ondernemerschap en reagerend op de ontwikkeling van de vraag naar vervoer. Een al te grote onzekerheid is echter onwenselijk. De externe effecten zijn niet onaanzienlijk en ook de vraag of de totale capaciteit in de toekomst voldoende is, kan beter niet onbeantwoord blijven. In haar advies aan het huidige kabinet voor innovaties in het "Topgebied Logistiek" (Ministerie EL&I, 2011) heeft het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie de aanbeveling gedaan om een visie te ontwikkelen op het multimodale kernnet van Nederland. Ons onderzoek draagt direct bij aan de kennisontwikkeling op dit gebied.

Dit derde deelonderzoek heeft als doel om methoden en technieken te ontwikkelen waarmee een effectief multimodaal netwerk ontworpen kan worden. De complexiteit van dit ontwerpprobleem is enorm. De vele dimensies (herkomstregio's, bestemmingen, goederensoorten, modaliteiten, locaties van overslag, routes, vertrektijdstippen, interne en externe effecten, etc.) maken het ontwerpprobleem lastig te formaliseren in wiskundige modellen. Het niet-lineaire, combinatorische karakter van de opgave maakt het ook lastig om op realistische schaal tot goede oplossingen te komen. De literatuur laat slechts enkele voorbeelden zien van multimodale netwerkoptimalisatie, waarbij modellen óf functioneel zo sterk vereenvoudigd zijn dat ze niet bruikbaar zijn voor beleidsanalyse, óf de haalbare berekeningen beperkt zijn tot onrealistisch kleine netwerken.

Het aspect duurzaamheid is uiteraard van groot belang maar heeft een ondergeschikte positie in de voorkeuren van verladers en vervoerders. Een deel van het onderzoek is erop gericht om de trade-offs in het netwerkontwerp tussen deze interne logistieke voorkeuren en de externe effecten in kaart te krijgen. Voortbouwend op het werk van Kim (2010) wordt de vraagzijde van het vervoer (de volumes en onderling belang van keuzecriteria) aan de analyse van intermodaal vervoer toegevoegd.

Aanpak en voortgang in modelontwikkeling

Er wordt gebruik gemaakt van de Randstad Freight Database (RFD) (op basis van de CBS statistieken voor het goederenverkeer). Mede op basis van deze database is er een GIS-gebaseerd multimodaal goederentransportmodel ontwikkeld om zo de goederenstromen van, naar en door Nederland te visualiseren. Ook worden er scenario's ontwikkeld en netwerkberekeningen gemaakt om zo aanbevelingen te doen voor infrastructurele aanpassingen en worden beleidsimplicaties (bijvoorbeeld op het gebied van duurzaamheid) bekeken. Met behulp van de optimalisatiefunctie kunnen er specifieke oplossingen en aanbevelingen worden beoordeeld voor beleidsmakers en gevoeligheidsanalyses worden uitgevoerd.

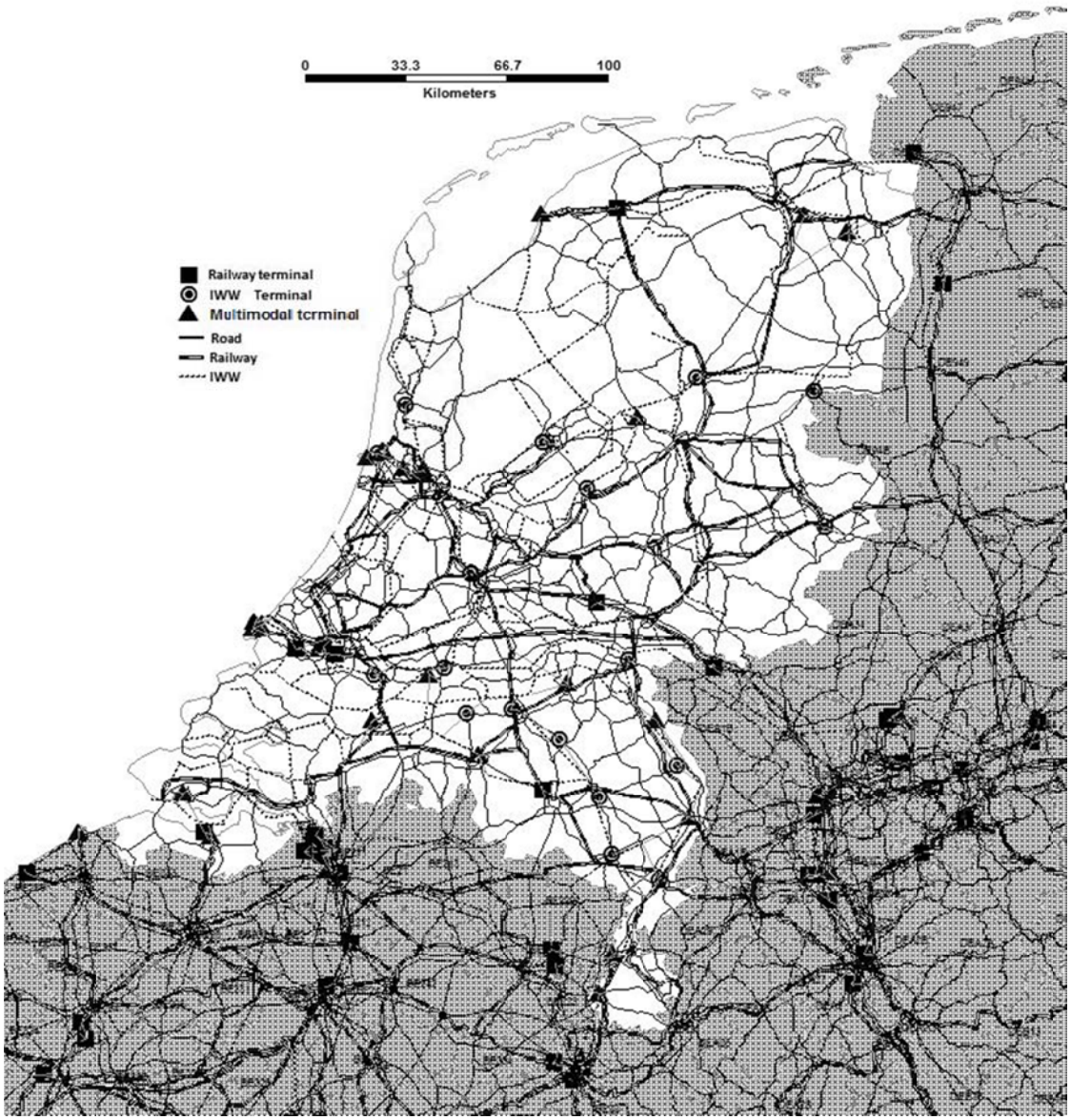
De tool combineert de economische aspecten van netwerkontwerp met duurzaamheidsdata tot een geïntegreerd optimalisatiemodel voor de Randstad, uiteraard in een Europese context. Het model werkt met een gedetailleerd Nederlands containertransportnetwerk waarbij er tevens verbindingen zijn met het gehele Europese goederenvervoernetwerk. Drie transportmodi die belangrijk zijn voor het goederenvervoer in Nederland zijn gebruikt om het netwerk te

construeren: binnenvaartvervoer, wegvervoer en railvervoer. Tegelijk zijn de circa 500 Europese intermodale overslagterminals opgenomen in het netwerk (450 railterminals, 21 binnenvaartterminals en 29 trimodale terminals met zowel rail- als binnenvaarttoegang). Het netwerk van wegen, vaarwegen en railverbindingen functioneert dankzij deze terminals als één verbonden netwerk. Het model berekent via de routekeuze in dit zogeheten supernetwerk de modal split van het goederenvervoer, inclusief intermodale transportketens. Hierbij wordt rekening gehouden met de beschikbare capaciteit en de al aanwezige belasting door het personenvervoer. Het uitgangspunt voor het intermodale verkeer is dat de goederenstromen op elke terminal kunnen worden overgeslagen als dat nodig mocht zijn.

Het model wordt gebruikt om: (i) goederenvervoer stromen van en naar Nederland te simuleren onder verschillende beleidsscenario's en ook om de verdeling van goederenstromen over het netwerk en de benutting van de infrastructuurnetwerken in te schatten; (ii) een optimale inschatting te maken voor netwerkinvesteringen en prijzen voor CO_2 waarbij het doel is om tot minimale systeemkosten te komen (de som van interne en externe kosten). Het tweede doel zal de komende periode worden uitgebreid om de beste waarde voor belasten en subsidiëren van CO_2 te berekenen (zie ook Zhang e.a., 2011). Voor dit laatste doel wordt er een genetische optimalisering tool ontwikkeld om het optimalisatie proces uit te voeren.

Vanuit de CBS-handelsstromendatabase is een H/B-matrix afgeleid waarin regionale geaggregeerde goederenvervoer stromen van regio naar regio zijn opgenomen. Het model beschrijft de goederenstromen binnen Nederland en van en naar 1732 Europese gebieden. Deze stromen zijn gebaseerd op de geharmoniseerde goederenvervoerbestanden van het CBS. Goederenstromen van en naar andere continenten worden ook in de analyse meegenomen, via de havens van Rotterdam en Amsterdam en Luchthaven Schiphol. De H/B-database herschikt regio naar regio goederenvervoer stromen naar modaliteit, naar goederen type en naar richting op basis van 240.000 shipment records. Deze database wordt ingebed in het model om het referentie scenario te genereren.

Het model is ontwikkeld in een GIS-gebaseerde softwareomgeving dat de netwerken en containerstromen in Nederland visualiseert. Figuur 5 laat de hierbij ontwikkelde kaart van multimodale terminals zien.



Figuur 5. Multimodale terminals in Nederland (Zhang e.a., 2011)

Uitkomsten van de eerste analyses

De eerste analyse met een vereenvoudigde prototype van het model betroffen scenario's die de effecten van CO_2 beprijzen vergelijken met scenario's waarbij biodiesel wordt gebruikt in de verschillende transportmodi (Van den Driest, 2010). De optimalisatie vindt dan plaats op basis van de gebruikerskosten, de systeemkosten, de modal split en de resulterende emissies van CO_2 onder de verschillende scenario's.

In de studie naar de optimale CO_2-prijs valt bij de eerste resultaten op dat een 'redelijke' CO_2-prijs (25% van de brandstofkosten) nauwelijks zal leiden tot een modal shift van weg naar intermodaal goederenvervoer. Vanuit de bestudering van de effecten van de CO_2-beprijzing vergeleken met biodiesel concluderen we ook dat de impact van het beprijzen van CO_2 beperkt is in de zin van het reduceren van de emissies. Een hoge prijs van €200 per ton CO_2-emissie resulteert slechts in een reductie van de CO_2-uitstoot van 8.3%. Verder is de conclusie dat biodiesel B30 ongeveer dezelfde uitkomst geeft op het gebied van modal shift als het beprijzen

van CO_2 met een bedrag van tussen de 80 en 90 euro per ton uitstoot. Echter, de uitstoot van CO_2 levert bij de prijs van 90 euro per ton een emissiereductie op van 4%, terwijl bij biodiesel de uitstoot van CO_2 met 20% afneemt. Deze eerste resultaten zullen in meer detail worden onderzocht en nader onderbouwd met verbeterde gegevens en keuzemodellen.

5. Evaluatie van beleidskeuzes in het stedelijk goederenvervoer

Beleidsrelevantie: selectie van kansrijke initiatieven in stedelijke distributie

Het toegenomen belang van milieu-effecten en sociale gevolgen van stedelijke activiteiten voegt extra dimensies aan het probleem van de steden, die blijven groeien in omvang en dichtheid. Goederenvervoer draagt naar schatting 10–30% bij aan de verkeersstroom in verschillende steden, maar naar schatting 40% in vervuiling en lawaai (COST321, 1998). Vanuit het duurzaamheidsdenken zien we een groeiende aandacht voor het vrachtvervoer om leveringen in stedelijke gebieden (zie initiatieven zoals BinnenstadService, GreenCity Distribution & CargoHopper) volgens milieuvriendelijke, logistieke concepten te ontwikkelen. Bij de ontwikkeling van dergelijke concepten zijn tal van partijen betrokken met vaak tegenstrijdige doelstellingen, wat besluitvorming lastiger maakt en de uitkomsten minder zeker. Bovendien hebben verschillende logistieke ontwikkelingen zoals 'Just in Time' een verder complicerende invloed op de besluitvorming. Een betere kennis van de interacties tussen partijen in stedelijke distributie geeft inzicht in de oorzaken van de problematiek en de haalbaarheid van oplossingen. Vanuit deze optiek dringen wij aan op een meer systematische en op gedrag georiënteerde benadering van de analyse van nieuwe projecten.

Modelleren van stedelijk goederenvervoer – inventarisatie en noodzaak tot vernieuwing

Om tot een systematische aanpak te komen is eerst de literatuur doorgenomen. Dit heeft geleid tot een analyseraamwerk. Dit raamwerk neemt de diversiteit en complexiteit van de hedendaagse stadslogistiek in beschouwing. Het omvat ook de verschillende aspecten van het modelkeuzeproces, waarbij een onderscheid wordt gemaakt naar:

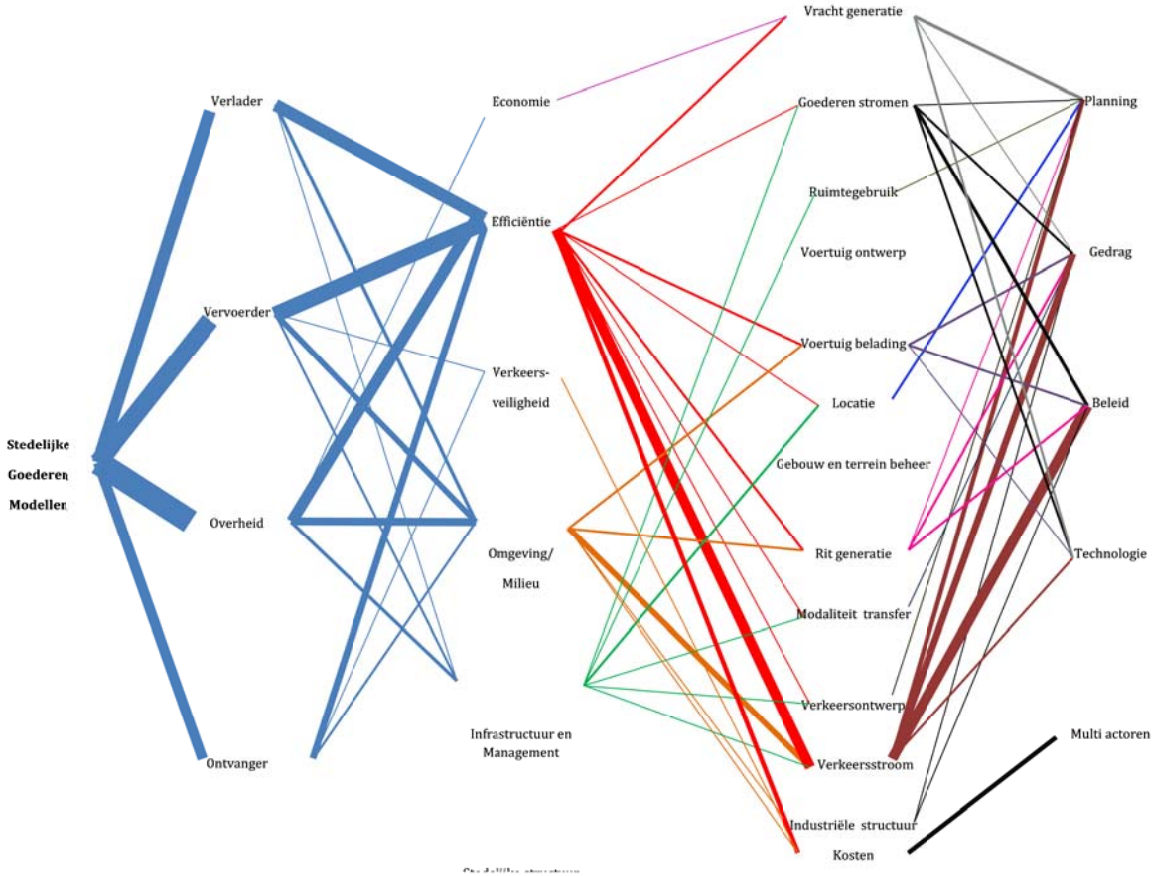
(i) de actor-betrokkenheid

(ii) de doelstellingsfunctie van het gebruikte model

(iii) de criteria van beoordeling

(iv) het gezichtpunt van de doelstellingfunctie, het thematische topic.

De verschillende perspectieven van modellering van stadsdistributie zijn weergegeven in Figuur 6. Dit raamwerk kan gebruikt worden om tot een samenhangende, integrale modelontwikkeling te komen. Hiertoe wordt een formeel systeemmodel ontwikkeld waarin stadslogistieke problemen vervat zijn in een specifiek hiervoor ontworpen ontologie – hiermee wordt het mogelijk om een laboratorium in te richten waarin een reeks van beleids(simulatie-) experimenten systematisch kunnen worden uitgevoerd (Anand e.a., 2010).



Figuur 6. Modellen voor stedelijk goederenvervoer – Trends en witte vlekken

In het verleden werden pogingen van modellering uitsluitend uitgevoerd vanuit het beheerder/gemeentelijk oogpunt zonder rekening te houden met het gedrag van andere belanghebbenden. Alleen de meest recente stadsdistributiemodellen overwegen gedrag en eigenschappen van andere partijen voor het modelleren van stedelijke goederenvervoeractiviteiten en kiezen het multi-actor perspectief. Dergelijke modellen trachten de interactie tussen de verschillende belanghebbenden te modelleren om zo de dynamica van de stadslogistieke processen te kunnen analyseren en beter te begrijpen. Een breed scala van onderwerpen/vraagstukken wordt beschouwd bij de evaluatie van stedelijk goederenvervoer modellering waarbij vervoersvraag, de ritgeneratie, de verkeers- en goederenstroom, de dichtheid van de stomen, de vervuiling en de transportkosten het meest worden toegepast. Ook hierbij wordt de analyse wederom slechts opgesteld vanuit het beheerderperspectief, terwijl hierbij ook thema's beschouwd moeten worden zoals service en kosten, reislengte, distributie, laadtarief welke afkomstig zijn van betrokken partijen uit de particuliere sector (zie ook Quak, 2008;2010).

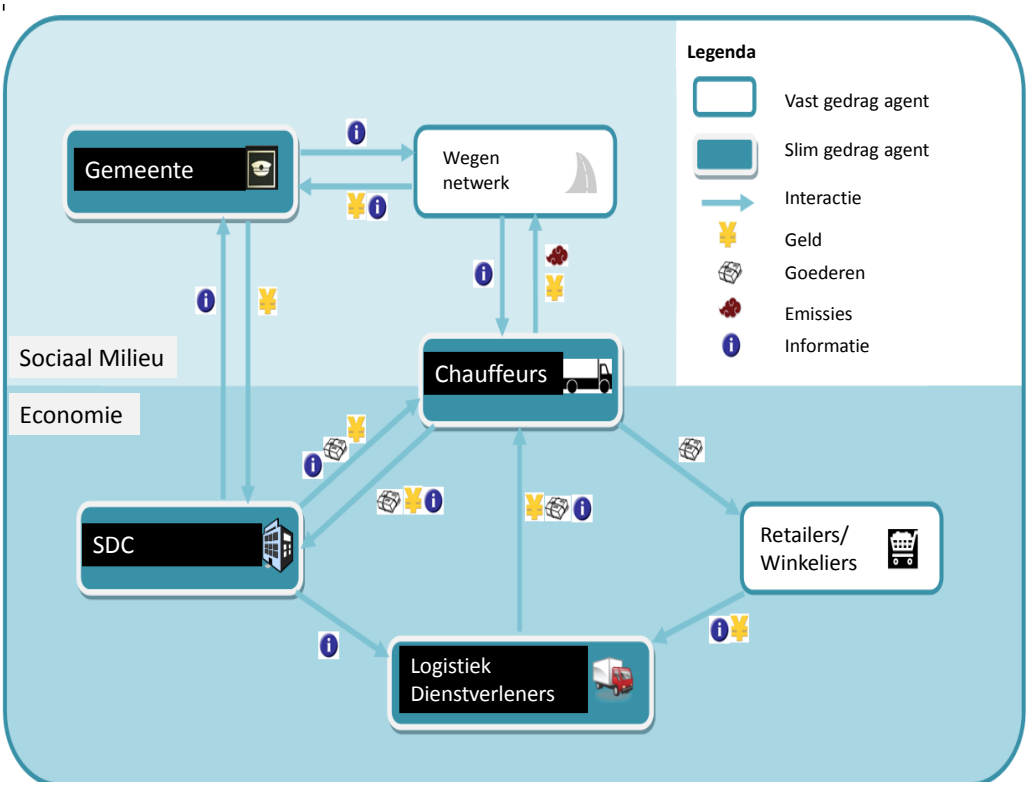
Resultaten van eerste vingeroefeningen met een agent based model

Als casus is gekozen voor de bestudering van het concept stadsdistributiecentrum (Van Kolck, 2010, Van Duin e.a., 2011). Een stadsdistributiecentrum (SDC) is erop gericht leveringen te consolideren voor latere levering naar het gebied in een geschikt voertuig met een hoge bezettingsgraad, waardoor de noodzaak van voertuigen die deelleveringen leveren wordt beperkt. In de praktijk heeft dit concept veel belangstelling gekregen. De voornaamste zorg in de praktijk is de financiële levensvatbaarheid. In de praktijk blijkt slechts 15 van de 200 centra nog

te bestaan na 5 jaar (Browne e.a., 2005), vaak zwaar gesubsidieerd en ondersteunend met regulerende maatregelen. Business cases achter de SDCs zijn onderzocht op basis van kosten-batenanalyses (Van Duin e.a., 2008, Van Duin e.a., 2010) en lieten een lage financiële haalbaarheid zien met een sterke behoefte aan overheidssubsidie en een beperkte impact op het goederenvervoer.

De belangrijkste beleidsmaatregelen die bijdragen aan de succesvolle werking van een SDC zijn tolheffing, subsidieverstrekking en/of tijdvensters in de binnenstad. De potentiële ondersteunende rol zal worden geanalyseerd in een multi-agent-model. Hiermee kan gedetailleerd inzicht worden verkregen in de dynamische interactie tussen vervoerders, detailhandel, de exploitant van het SDC en de gemeente. Andere modellen kunnen op deelaspecten ook inzichten verschaffen, zoals bijvoorbeeld (Holguin-Veras & Patl, 2008) met hun vrachtmarktsimulatie waarbij de prijzen van transport worden afgeleid op basis van game-theory door het vinden van het Cournot-Nash-equilibrium. Het nadeel is dat slechts één facet (in dit geval prijs) geanalyseerd kan worden en andere facetten van het stedelijk goederenvervoer niet worden beschouwd. In een multi-agent-model zijn de individuele belanghebbenden met hun gedrag en acties expliciet gemodelleerd hetgeen meer overeenkomt met de werkelijkheid. Met deze modellen kan bijvoorbeeld het effect van prijsstijgingen op de dynamiek van het gedrag van dienstverleners worden ingeschat (Tamagawa e.a., 2010, Roorda e.a., 2010).

Het eerste eenvoudige prototype van ons multi-agent-model is schematisch weergegeven in Figuur 7, waar de agenten en stromen zijn vertegenwoordigd. Hierin zijn de wegen, kruisingen en verladers louter reactieve agenten. Het SDC en vrachtvervoerders zijn belangrijke functie-agenten en nemen zelf beslissingen. Zij maken gebruiken van de beschikbare 'real-time'-informatie op de verschillende wegen en kruispunten (met variabele doorstroomsnelheden) en bepalen dan met een TABU-search algoritme de kortste route langs hun klanten op dat moment. Bij verandering van de wegcondities kan zelfs de chauffeur een alternatief kortste pad kiezen. Met het model zijn simulatie-experimenten uitgevoerd met 3 transportbedrijven, 1 SDC, 12 –18 vrachtwagens, 240 retailers en een netwerk van wegen (inclusief 300 wegen, 114 straten en 60 node agenten).



Figuur 7. Grafische representatie van het multi-agent model

In de experimenten hebben we waargenomen dat een verhoging van het SDC-gebruik resulteert in een afname van de NOx-emissies en kilometers in de binnenstad. De NOx-emissie daalt met 19% met een standaarddeviatie van 14% en de km-telling neemt af met 19% met een standaarddeviatie van 13% in vergelijking zonder SDC. Dit lijkt niet in overeenstemming met de 60% reductie van voertuigkilometers in een andere case in Kassel (Köhler, 2004), maar de uitkomsten lijken realistisch als de berekeningen gebaseerd zijn op een maximale gemiddelde bezettingsgraad van 42% – in de praktijk rijdt ieder voertuig leeg terug – en men de gemiddelde gebruikspercentages van het SDC beschouwt die duidelijk lager zijn (rond de 20%) ten opzichte van het gedwongen gebruik in Kassel. Verschillende prijsmaatregelen of toepassing van toltarieven hebben geen significante invloed op het verminderen van de NOx-emissies. Subsidieverstrekking voor het SDC heeft geen invloed op de NOx-reductie, maar vormt alleen een positieve stimulus voor de financiële levensvatbaarheid van het SDC. De enige positieve business case voor een SDC is gevonden met een subsidieregeling van 50%, hetgeen in lijn der verwachtingen ligt van eerdere onderzoeksresultaten (Browne e.a., 2005; van Duin e.a., 2008). De vergelijking met andere onderzoeksresultaten wordt hier slechts aangehaald om te laten zien dat het model geen irreële uitkomsten genereert, waarbij verdere validatie van het model nog moet plaatsvinden. Ter verbetering van de financiële prestaties van het SDC is ook een tijdsafhankelijke SDC-vergoeding getest. De vergoeding varieerde gedurende de verschillende uren van de dag. De financiële resultaten en de stromen bleken sterk afhankelijk van het precieze prijsschema. Een verdere evaluatie van alle mogelijke instellingen voordynamische vergoeding is nodig om de potentie van dynamische prijsinstellingen goed te kunnen vast stellen.

In de laatste experimenten zijn de verkeerssituaties in de binnenstad gewijzigd naar zwaar overbelast. Voor het inkomen van het SDC is een aanzienlijke stijging van de gemeente subsidies nodig van 33% van het SDC-gebruikstarief. Aangezien er geen significante afname van de NOx-emissie of km-telling is geconstateerd tussen de scenario's, dienen gemeenten te zoeken naar een andere motivatie van eventuele subsidies zoals het sociale of zakelijke welzijn van burgers.

Uit dit onderzoek wordt duidelijk dat het genereren van een positieve business case voor een SDC een grote uitdaging is, hoezeer dit ook om milieuredenen gewenst kan zijn. Om een SDC winstgevend te krijgen, lijkt het noodzakelijk om permanent subsidie te ontvangen, stringente regulerende maatregelen op niet-gebruikers van het SDC toe te passen (bvijvoorbeeld tijdvensters) en/of additionele toegevoegde waarde activiteiten te ontwikkelen op het SDC, zoals bijvoorbeeld pre-retail diensten, om de winstgevendheid te verhogen. Naar onze mening geeft de aanpak van multi-agent-modellering hiermee een eerste indruk van haar waarde voor het begrijpen van het dynamische multi-stakeholder-gedrag . De ontwikkeling van het model zal worden voortgezet in diverse stadsdistributie-casestudies die met steden in Nederland worden opgebouwd.

6. Tussentijdse conclusies van het programma

Het DBR-programma, gericht op duurzaam goederenvervoer in de Randstad, heeft in de eerste jaren belangrijke stappen gezet in de opbouw van het instrumentarium voor onderzoek. Hieronder valt niet alleen het conceptuele en theoretische raamwerk voor analyse van goederenstromen en -netwerken maar ook de data die verzameld moesten worden voor de analyses en de mathematische modellen die gespecificeerd en geïmplementeerd zijn. Bovendien zijn de eerste analyses verricht die direct potentieel beleidsrelevante informatie hebben opgeleverd. Enkele resultaten van het programma die van nut kunnen zijn voor de beleidsvoorbereiding op het gebied van goederenvervoer en logistiek zijn de volgende:

- Dankzij de nauwe samenwerking met het CBS is het mogelijk transport- en handelsgegevens te gebruiken voor analyse, in een vorm en omvang die niet eerder mogelijk was. In de nabije toekomst kunnen nieuwe statistische publicaties worden verwacht op het gebied van internationale goederenketens waarbij de handelsdata in overeenstemming zijn met de transportwaarnemingen. Tevens is een begin gemaakt met de ontginning van nieuwe gegevens uit de vervoersenquête voor de ontwikkeling van modellen van distributieketens. Deze data zijn van belang voor de beleidsgerichte onderbouwing van de wereldwijde handels- en transportfunctie van Nederland.
- De effecten van een CO2-prijs voor het goederenvervoer heeft een zeer beperkt effect op de verdeling over de vervoerwijzen en daarmee op de uitstoot van CO2. De invoering van biodiesel is effectiever tegen lagere kosten. Door de hogere prijs van biodiesel is er een aanvullend modal shift effect. Prijsmaatregelen hebben wel ruimtelijke effecten in de zin van de routering van de stromen en daarmee de bezetting van multimodale terminals. Nader onderzoek is nodig om uit te wijzen of een CO2-prijs negatief kan uitpakken voor de exploitatie van bestaande terminals.
- Voor het SDC-concept geldt dat de financiële haalbaarheid van het concept in bijna alle bekende business cases zwak is. In scenario's met dynamische prijsmechanismen liggen er nog interessante mogelijkheden voor de verbetering van de financiële haalbaarheid van het SDC. De effecten op emissies zijn echter gering indien het gebruik wordt overgelaten aan de vrije markt, zonder aanvullend beleid.

Dit zijn slechts enkele resultaten die gedurende de opbouw van het onderzoek het licht hebben gezien. De fase van de probleemanalyse en het verzamelen van de ingrediënten voor onderzoek heeft bevestigd dat de problemen beleidsmatig complex en relevant zijn en de nodige instrumenten ontbreken. In het vervolg van het programma zal de nadruk liggen op de toetsing van de modellen, de koppeling van de deelprojecten en de toepassingen met het beleidsondersteunende instrumentarium in case studies.

Referenties

Anand, N., J.H.R. van Duin, en L.A. Tavasszy (2010). Multi agent modeling for city logistics policy analysis: potentials and challenges. In: *Proceedings of The 45th Annual Conference Transportation and Logistics Trends and Policies: Successes and Failures*, Canadian Transportation Research Forum, IslandBlue Printorium Bookworks, Victoria, British Columbia, Canada, pp. 582–596.

Boonstra, H.J., C.J. de Blois, en G.J.M. Linders (2010). *Combining information from different data sources at an aggregate level - An application to the integration of transport and trade statistics*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Heerlen/Den Haag.

Browne, M., M. Sweet, A. Woodburn, en J. Allen (2005). *Urban Freight Consolidation Centres*, *Final Report*, University of Westminster, London.

COST321 (1998). *Urban Goods Transport*, *Final Report,* European Commission, Brussels.

Crainic, T.G., N. Ricciardi, en G. Storchi (2009). Models for evaluating and planning city logistics systems. *Transportation Science*, 43(4), 432–454.

Crainic, T.G., N. Ricciardi, en G. Storchi (2004). Advanced freight transportation systems for congested urban areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12(2), 119–137.

CPB, MNP, en RPB (2006). *Welvaart en Leefomgeving, een scenariostudie voor Nederland in 2040*. Centraal Planbureau/Milieu- en Natuurplanbureau/Ruimtelijk Planbureau, Den Haag/Bilthoven.

Disdier, A.C., en K. Head (2008). The Puzzling Persistence of the Distance Effect on Bilateral Trade. *Review of Economics and Statistics*, 90, 37–41.

Driest, M. van der (2010). *Reducing CO2-emissions of container transport in the Netherlands, Master thesis*, Delft University of Technology, Delft.

Duin, J.H.R. van, L. Tavasszy, en E. Taniguchi (2007). Real time simulation of auctioning and re-scheduling processes in hybrid freight markets. *Transportation Research Part B*, 41, 1050–1066.

Duin, J.H.R. van, H.J. Quak, en J. Munuzuri (2008). Revival of Cost Benefit Analysis for evaluating the city distribution centre concept. In: E. Taniguchi and R.G. Thompson (eds.), *Innovations in City Logistics* (pp.97-114). New York: Nova Science Publishers.

Duin, J.H.R. van, H.J. Quak, en J. Muñuzuri Sanz (2010). New challenges for urban consolidation centers: A case study in The Hague. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 6177–6188.

Friedrich, H. (2010). *Simulation of logistics in food retailing for freight transportation analysis, PhD Thesis*, Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Germain, R., C. Droge, en N. Spears (1996). The implications of just-in-time for logistics organization management and performance. *Journal of Business Logistics*, January 1, 1996.

Groot, H.L.F. de, G.J.M. Linders, P. Rietveld, en U. Subramanian (2004). The Institutional Determinants of Bilateral Trade Patterns. *Kyklos*, 57(1), 103–123.

Groot, H.L.F. de, G. Marlet, C. Teulings, en W. Vermeulen (2010). *Stad en Land*, Centraal Planbureau, Den Haag.

Harris, R., en A. Liu (1998). Input–output modelling of the urban and regional economy: the importance of external trade. *Regional Studies*, 32(9), 851–862.

Havenbedrijf Rotterdam (2011). *Port Compass, Ontwerp Havenvisie 2030*, Havenbedrijf Rotterdam, Rotterdam.

Holguín-Veras J., en G. Patil (2008). A multicommodity integrated freight origin-destination synthesis model. *Networks and Spatial Economics*, 8(2-3), 309–326.

Huschebeck, M., en J. Allen (2005). *BESTUFS Policy and research recommendations I: Urban Consolidation Centres, last mile solutions*, BESTUFS EU Thematic Network, Brussels.

Jong, G. de, en M. Ben-Akiva (2007). A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice. *Transportation Research Part B*, 41, 950–965.

KiM (2007). *Mobiliteitsbalans*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.

Kim, N-S. (2010). *Intermodal Freight Transport on the Right Track?, PhD Thesis*, Delft University of Technology, Delft.

Köhler, U. (2004). New ideas for the city logistics project in Kassel. In: E. Taniguchi en R.G. Thompson (eds.), *Logistics systems for sustainable cities, proceedings of the 3rd international conference on city logistics* (pp. 321–332), Amsterdam: Elsevier.

Kolck, A. van (2010). *Multi-Agent Model for the Urban Distribution Centre - Scenario search and dynamic urban distribution centre pricing, Master Thesis,* Delft University of Technology, Delft.

Leamer, E.E. (2007). A flat world, a level playing field, a small world after all, or non of the above? A review of Thomas L. Friedman's The World is Flat. *Journal of Economic Literature*, 45(1), 83–126.

Linders, G.J., C.J. de Blois, H.J. Boonstra, H.L.F. De Groot, en J. Exel (2008). *Integration of International Trade and Transport Flow Statistics for the Netherlands*, available at www.cbs.nl, Statistics Netherlands, Heerlen/Den Haag.

Linders, G.J.M., H.L.F. de Groot, R.J.G.M. Florax, en P. Nijkamp (2011). Persistent Distance Decay Effects in International Trade. In: M.N. Jovanović (ed.), *International Handbook on the Economics of Integration, Volume II* (pp. 324–347). Cheltenham: Edward Elgar.

Marcucci, E., en R. Daniels (2008). The potential demand for a urban freight consolidation centre. *Transportation*, 35, 269–284.

Maurer, H.H. (2008). *Development of an Integrated Model for Estimating Emissions from Freight Transport, PhD Thesis*, University of Leeds, Institute for Transport Studies.

McCann, P. (2005). *Urban and Regional Economics*. New York: Oxford University Press Inc.

Miller, R.E., en P.D. Blair (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions (2nd Edition)*. Cambridge University Press, Cambridge.

Ministerie EL&I (2011). *Partituur naar de top: adviesrapport van het topteam Logistiek*, Ministerie EL&I, Den Haag.

Quak, H.J., en M. de Koster (2009). Delivering Goods in Urban Areas: How to deal with urban policy restrictions and the environment. *Transportation Science*, 43(2), 221–227.

Quak, H.J. (2008). *Sustainability of urban freight transport retail distribution and local regulations in cities*, Erasmus research institute of management, Rotterdam.

Roorda, M., R. Cavalrcante, S. McCabe, en H. Kwan (2010). A conceptual framework for agent-based modeling in logistics services. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(1), 18–31.

Tamagawa, D., E. Taniguchi, en T. Yamada (2010). Evaluating city logistics measures using a multi-agent model. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 6002–6012.

Tavasszy, L.A., I. Davydenko, en C.J. Ruijgrok (2010). Incorporating the drivers of change in logistics services into freight transport models. In: *Proceedings of the 12th Meeting of the World*

Conference on Transport Research Society, Lisbon.

Ueda, T., en A. Koike (2009, eds.). *Proceedings of the The 1st Conference on Integration of SCGE and Transport Modeling*, University of Tokyo, Tokyo.

Williams, I., X. Jin, G. Deane, en Y. Zhu (2005). *The EUNET2.0 Freight and Logistics Model – Final Report*, WSP, Project for Department for Transport, England (DFT) Contract PPAD 8/134/24.

Zhang, M., M. van den Driest, B. Wiegmans, en L.A. Tavasszy (2011). *The Impact of CO2 Pricing or Biodiesel on Container Transport in and through the Netherlands*, unpublished working paper, Delft University of Technology, Delft.