

De emissiereductie van het wegtransport: zijn de klimaatdoelen haalbaar?

Michiel de Bok, TU Delft/Significance
Sebastiaan Thoen, Significance
Lóri Tavasszy, TU Delft

Samenvatting

Het reduceren van de CO₂ uitstoot van wegvervoer is een uitdagende opgave voor het bereiken van de klimaatdoelstellingen. In het 'Fit for 55' programma van de EC wordt een 55% reductie van de CO₂ uitstoot in 2030 gehanteerd ten opzichte van de uitstoot in 1991. De transitie die moet plaatsvinden zal gefaciliteerd moeten worden door een combinatie van nieuwe oplossingen. Maar in hoeverre is dit doel haalbaar?

Om de impact te toetsen passen we een gedesaggeerd simulatie model toe om te verkennen welke emissiereductie haalbaar zijn als maatregelen worden gehanteerd. De decarbonisatie scenario's zijn gebaseerd op een verkenning van de literatuur naar mogelijke maatregelen om de emissies van het wegvervoer te reduceren.

Inleiding

Het reduceren van de CO₂ uitstoot van wegvervoer is een uitdagende opgave voor het bereiken van de klimaatdoelstellingen: in het European White Paper on Transport (2011) werd voor 2050 een klimaatambitie neergelegd van een reductie van CO₂ uitstoot van goederenvervoer met 60%. Dit vertaalde zich pas in 2019 in een Green Deal: een strategie naar een klimaat neutraal Europa. Als onderdeel van deze Europese Green Deal heeft de Europese Commissie recent het 'Fit for 55' programma van de EC (EC, 2021) gelanceerd. Dit is een set voorstellen voor het aanpassen van regelgeving en Europees beleid om weer op het pad te komen van de klimaatdoelstelling: dat betekent in 2030 een reductie van CO₂ emissies met 55%. De transitie die moet plaatsvinden zal gefaciliteerd moeten worden door een combinatie van nieuwe oplossingen: zoals het uitfaseren van verbrandingsmotoren, prijsbeleid, oplaadinfrastructuur voor elektrisch of waterstof aangedreven voertuigen. Kwantitatieve onderbouwing van het uit te voeren beleid en haalbaarheid van de klimaatdoelstelling ontbreken echter.

In deze paper verkennen we de haalbaarheid van de klimaatdoelstelling. De effectiviteit van verschillend maatregelen is fragmentarisch onderzocht, en doorrekening in strategische prognosemodellen zijn zeer beperkt beschikbaar. Allereerst proberen we de vraag te beantwoorden: welke maatregelen en ontwikkelingen dragen bij aan het verschonen van het goederenvervoer? En welke inzichten zijn beschikbaar voor de kwantitatieve impact van deze maatregelen en ontwikkelingen? Hiervoor maken we een inventarisatie van de beschikbare kennis uit overzichtsstudies. Het meeste empirisch bewijs is verzameld voor een steekproef, of specifieke maatregel. Een uitdaging is het vaststellen van de gecombineerde effecten van alle maatregelen, en het opschalen naar systeem niveau: wat betekenen ze op de lange termijn prognoses goederenvervoer? Deze laatste vraag beantwoorden we door de empirische kennis te vertalen naar modelscenarios en door te rekenen in een geavanceerd simulatiemodel voor goederenvervoer. Hierin kunnen de emissies van het wegvervoer voor complete stedelijke regio's worden doorgerekend.

In de uitwerking richten we ons op een relevante regio voor de logistiek in Nederland: de provincie Zuid-Holland. We verkennen de effectiviteit van mogelijke decarbonisatie scenario's voor het wegvervoer in het scenario voor 2030 Hoog. Het doel is een zo breed mogelijke set beleidsmaatregelen mee te nemen. Verder geldt dat de studie zich richt op de tank-to-wheel emissies; de transitie in de energiesector wordt buiten beschouwing gelaten hier. In de eerste verkenning richten we ons op een optimistisch scenario waarin we uitgaan van optimistische verwachtingen die we in de literatuur hebben gevonden. Het doel is een eerste indruk te krijgen van de haalbaarheid van de klimaatdoelstelling.

We beschrijven eerst een kort literatuuroverzicht naar recente studies naar emissiereducties in wegvervoer. Vervolgens wordt de methode beschreven: het gebruikte simulatiemodel en de gebruikte scenario instellingen. Daarna volgende de resultaten en ten slotte de discussie.

Overzichtsstudies verlagen CO₂ uitstoot wegtransport

De laatste jaren zijn diverse studies beschikbaar met een inventaris van mogelijke ontwikkelingen en beleidsmaatregelen waarmee de CO₂ uitstoot van wegvervoer verlaagd gaan worden. We geven een kort literatuuroverzicht van recente studies, om te komen tot een set van concrete maatregelen die

mee genomen kunnen worden in de scenario vorming. In de beschikbare selectie van studies ligt de nadruk op strategische overzichtsstudies uit de internationale literatuur:

- “Fit for 55”, EC, (2021)
- “Roadmap Logistiek Laadinfrastructuur”, NAL (2021)
- “Decarbonising transport in Europe: non urban freight modelling”, ITF (2021)
- “The roadmap of the PI”, Alice (2020)
- “Roadmap Zero Emissie Stadslogistiek”, Rotterdam (2019)
- “Roadmap towards zero emissions logistics 2050”, Alice/SFC (2019)
- “Decarbonizing Logistics: distributing goods in a low carbon world”, McKinnon (2018)

Daarnaast zijn legio nationale en internationale individuele pilotstudies beschikbaar naar ervaringen of beleidsvoornemens voor specifieke maatregelen maar die vallen buiten de hier gepresenteerde inventaris.

In deze studies komen verschillende maatregelen aan bod. Deze maatregelen hebben we gecategoriseerd naar vier brede groepen. We benoemen ze hier en noemen de mogelijke maatregelen/ontwikkelingen die hieronder vallen:

- Demand Reduction (DR): prijsbeleid, product packaging, dematerialisatie, reduceren afval.
- Clean Energy (CE): elektrische trucks, elektrische bestelauto's, zero-emissie zones, alternatieve brandstoffen.
- Energy Efficiency (EE): brandstof efficiency, efficiënte rijstijl.
- Logistic Efficiency (LE): nieuwe stadslogistieke concepten (crowdshipping, microhubs), modulaire laadeenheden, optimalisatie ritplanning, asset-sharing

Uit de bronnen hebben we voor iedere maatregel of ontwikkeling zoveel mogelijk kwantitatieve verwachtingen gehaald. Deze gebruiken we om de aannames voor de decarbonisatie scenario's te onderbouwen. De verwachte impacts hebben een zekere bandbreedte en in deze eerste verkenning zijn we uitgegaan van een optimistische inschatting. De klimaatdoelstelling is behoorlijk ambitieus en in deze verkenning onderzoeken we of de orde grootte überhaupt haalbaar is.

Simulatiemodel voor stedelijk goederenvervoer

Structuur van het model

De basis voor de analyses is een microsimulatiemodel voor wegvervoer waarin een zendingen-gebaseerde aanpak gevolgd wordt en het gedrag van individuele bedrijven gesimuleerd wordt. Het model is ontwikkeld aan de TU Delft en de ontwerpfilosofie is bij de start van het traject gepresenteerd op de VLWD van 2018 (de Bok en Tavasszy, 2018). Kenmerkend voor de aanpak is het gebruik van een nieuwe gedetailleerde dataverzameling voor wegvervoer (XML-bestanden). In 2018 was het eerst werkende prototype van het model beschreven. In daarop volgende versies van het model zijn logistieke keuzes aan het model toegevoegd, zoals toerformatie (Thoen et al, 2020a) en voertuigtype- en zendingkeuze (de Bok et al, 2020).

Het model is opgezet in een gelaagde structuur waarin verschillende logistieke keuzes worden gesimuleerd. De eerste laag simuleert de lange termijn keuzes: keuze voor toeleverancier, distributiekanaal, zendinggrootte en voertuigtype. De tweede laag simuleert de dagelijkse keuzes in logistieke planning: het vormen van rondritten en tijdstipkeuze. Ten slotte wordt de route van voertuigen gesimuleerd in een netwerkmodel waarin ook belangrijke KPI's worden berekend voor transporttijden en afstanden en emissies.

Kenmerkend voor de aanpak is het gebruik van de CBS XML-dataverzameling voor wegvervoer (XML-bestanden). De datadichtheid van de XML dataverzameling is zeer groot: van alle laad- en loslocaties van de vrachtwagenritten worden de GPS coördinaten geregistreerd. Dit maakt meer

gedetailleerde verklarende analyses mogelijk op de ritpatronen.

Emissieberekeningen

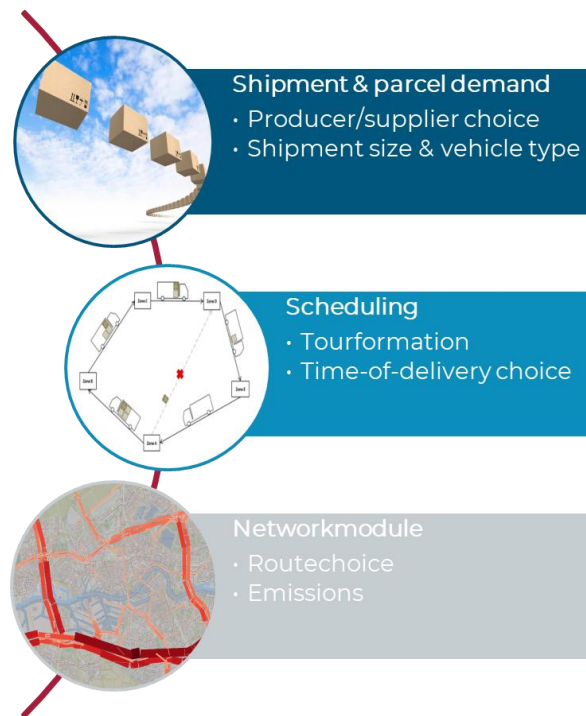
Het microsimulatiemodel voor wegvervoer bevat een aanvullende module die per logistieke (rond)rit de emissies berekent. Een noviteit in deze berekening is dat het routepad voor de vrachtwagen wordt afgeleid, en op basis van het type weg, de verkeersafwikkeling en de lading de emissie berekent. De methode is beschreven in wetenschappelijke publicaties (Thoen et al, 2020b), en is succesvol toegepast in praktijktoepassing als emissietool in goederenvervoer model BasGoed.

Gebruik van het model

Het model wordt gebruikt om diverse beleidsopties een maatregelen door te rekenen op het gebied van stadslogistiek. Een eerste succesvolle toepassing is een analyse van de impacts van de invoering van de zero-emissiezone voor stadslogistiek in Rotterdam (de Bok et al, 2021). De doorrekeningen lieten zien dat de lokale impact zeer gedifferentieerd kan zijn, zowel positief door wegvallen van emissies, als negatief door toegenomen vrachtverkeer rond de consolidatiecentra en ontwijkend verkeer die om de zone heenrijdt. Op een schaal van de gemeente Rotterdam namen de CO2 emissies met 9% af, mede doordat veel vrachtverkeer in en rond Rotterdam plaatsvindt in het gebied buiten de emissiezones: de havengebieden en de ring Rotterdam. Om werkelijk substantiële reducties van CO2 emissies in het wegvervoer mogelijk te maken zijn dus veel meer maatregelen nodig. Dat is ook de motivatie van de hier gepresenteerde analyse.

Decarbonisatie scenario

De geïnventariseerde maatregelen uit de literatuur zijn samengebracht in een decarbonisatie scenario. We beschrijven hier de uitgangspunten bij het eerste scenario, en de resultaten. Dit eerste scenario is een scenario waar we zijn uitgegaan van optimistische verwachtingen van iedere



Figuur 1: Hoofdstructuur MASS-GT model

maatregel. In vervolg analyses worden aanvullende scenario's opgesteld waarin de uitgangspunten worden verdiept, en ook gezocht wordt naar realistische of pessimistische verwachtingen.

Uitgangspunten

Het decarbonisatie scenario bestaat uit een breed palet aan ontwikkelingen en beleid die doorgerekend wordt. Al deze maatregelen zijn vertaald naar modelinstellingen. Deze lichten we hier kort toe. De Tabel geeft een overzicht van instellingen.

Tabel 1: Overzicht implementatie van maatregelen in de decarbonisatie scenario's.

Maatregel	Code	Implementatie
<i>Demand reduction</i>		
Prijsbeleid/ vrachtwagenheffing	DR1	Regionale vervoersmatrix uit BasGoed Km-heffing: 15ct/km, op hele network. Doorgevoerd in kostenparameters logistieke modellen: sourcing, voertuig type, tourformatie
Productpackaging	DR2	Verhogen beladingsgraad voertuigen: +5%
Dematerialisatie	DR2	Globale reductie volume goederenvervoer (-1% per jaar)
Reduceren afvalstromen	DR2	Reductie van goederensoort 'afval' met -10%
<i>Clean energy:</i>		
Electrification of trucks	CE1	Transitie zware vrachtauto's naar elektrisch: 20% marktaandeel (0 emissies voor nieuw elektrisch voertuigtype)
Electrification of vans	CE2	Transitie bestelauto's naar elektrisch: 50% marktaandeel (0 emissies voor nieuw elektrisch voertuigtype)
Zero emission zones	CE3	Transitie scenario met zero-emissie zones in 6 steden in Zuid-Holland (gebaseerd op Roadmap ZES, Rotterdam)
Clean fuels (hydrogen for trucks)	CE4	Transitie zware vrachtauto's naar waterstof: 30% marktaandeel (0 emissies voor nieuw voertuigtype)
<i>Energy efficiency:</i>		
Fuel efficiency	EE1	Reductie emissie factoren met: 30 %
Driving behaviour	EE2	Reductie emissie factors met: 20 %
<i>Logistic efficiency:</i>		
New last mile solutions	LE1	Scenario met crowdshipping en micro hubs in stadscentrum Rotterdam
Modular loading units	LE2	Herkalibratie tourformatie parameters met doel: +5% meer shipments/tour
Tour opt. (ICT, Pi)	LE2	Herkalibratie tourformatie parameters met doel: +5% meer shipments/tour
Asset sharing: DC's + fleet sharing + optimising tour	LE3	Herallocatie distributie van shipments via dichtsbijzijnde DC's en het uitvoeren consolidatie shipments vanuit deze DC's

Prijsbeleid is een duidelijk instrument om het vrachtverkeer (voertuigkilometers) te reduceren. Een prijsbeleid variant wordt gesimuleerd door de *regionale handelsmatrix* met prijsbeleid (uit strategisch model BasGoed) waarin model shift, en kortere transportafstanden in de handelspatronen zijn berekend. Daarnaast wordt het prijsbeleid meegenomen in de *kostenfactoren* in MASS-GT: dit heeft impact op keuze voertuigtype, zendinggrootte en de vorming van rondritten.

Toename in brandstof efficiency, of efficiënter rijgedrag van chauffeurs wordt gesimuleerd door aanpassing van de emissiefactoren. Daarnaast wordt verbeterde logistieke efficiency in de planning van rondritten of beter verpakkingsmateriaal, worden meegenomen in aanpassing van de logistieke parameters in de modellen voor rondritvorming. Deze parameters zijn geherkalibreerd op basis van de gestelde verwachting van een maatregel (bijvoorbeeld gemiddeld 10% meer zendingen per rondrit). Verandering van de inzet van nieuwe voertuigtypen (elektrisch, waterstof, LEV's) is doorgevoerd in transitie scenario's. Verwachte aandelen elektrische vrachtauto's of bestelwagens in stadslogistiek zijn op de betreffende segmenten doorgevoerd (elektrisch op kortere afstand; op langere afstand vast aandeel waterstof). Voor de transitie kansen rond zero emissie zones is gebruik gemaakt van de Roadmap ZES van de Gemeente Rotterdam (Rotterdam, 2020).

Om de volledige set aan maatregelen en ontwikkelingen toe te passen in een simulatiemodel zijn veel aannames gemaakt. Deze zijn gebaseerd op literatuuronderzoek, en de gerapporteerde verwachtingen in de literatuur zijn ook veelal expert based. Er is dus een grote bandbreedte van onzekerheid in de exacte uitkomsten. Wat we echter willen bewerkstelligen is op basis van alle beschikbare kennis en techniek te komen tot een zo goed als mogelijke best guess van impacts. Het verder testen en uitwerken van scenario varianten is onderdeel van verder onderzoek.

Resultaten

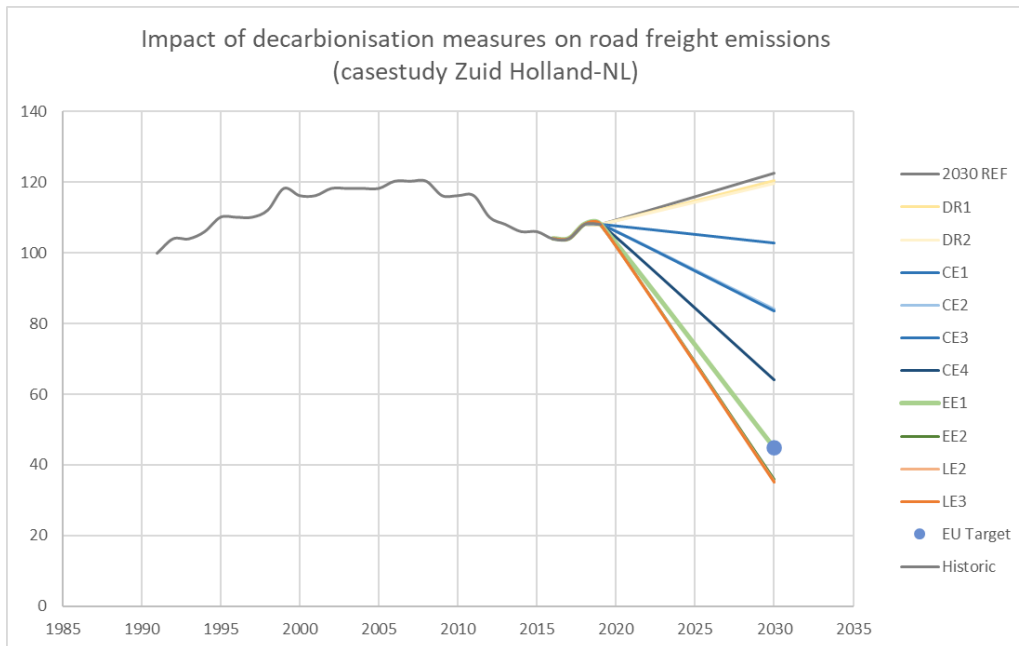
Om inzicht te krijgen in de impact van iedere individuele maatregel of ontwikkeling, is iedere maatregel stap voor stap toegevoegd aan de doorrekening. Dit betekent dat we binnen het scenario een serie van incrementele doorrekeningen hebben uitgevoerd.

De resultaten zijn samengevat in de volgende figuur. De grijze lijn geeft de historische trend van 1991 tot 2018 weer, en het referentie scenario tot 2030. De gekleurde lijnen visualiseren de extra impact van iedere maatregel: dus in geel de Demand Reduction measures (DR1 en Dr2), in groen de Clean Energy measures (CE1 tot en met CE4), etcetera.

De grootste impact wordt verwacht van de Clean energy scenario's: de electrificatie- van vrachtwagens (CE1), en waterstofvrachtwagens (CE4) leiden tot grote reducties in emissies. Ook Energie Efficiency maatregelen kunnen een grote bijdrage geven: vrachtwagens met schonere verbrandingsmotoren (EE1) en verbeteren van het rijgedrag van chauffeurs met drivertraining (EE2).

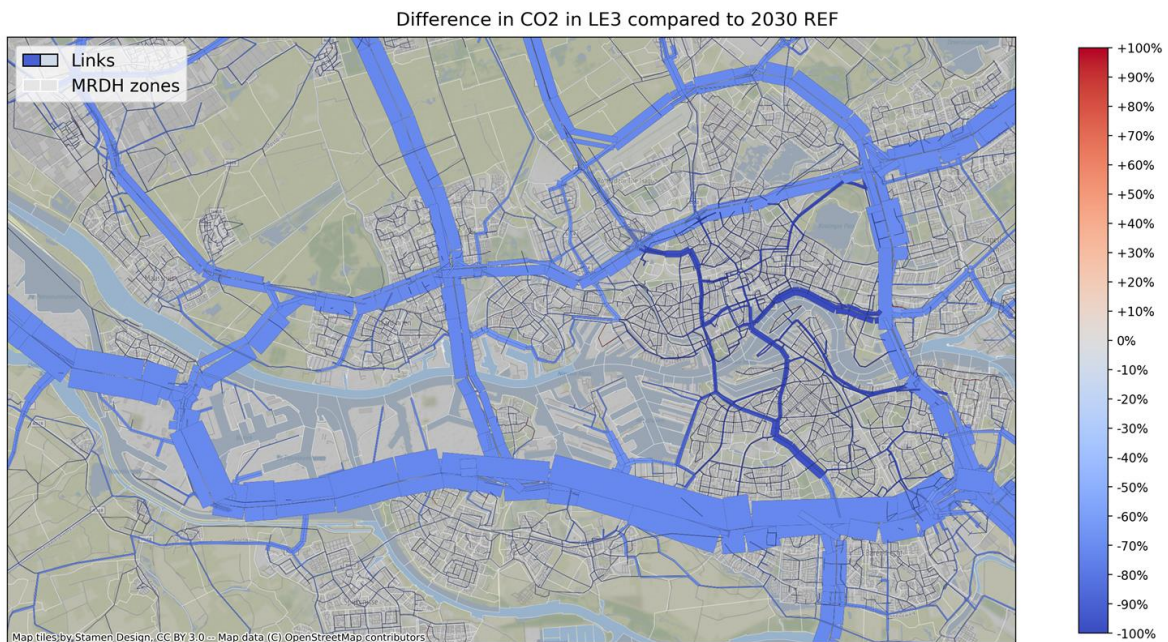
De maatregelen ter verbetering van logistieke efficiency hebben een meer bescheiden impact: verbeteren verpakkingsmateriaal (DR2), schone last-mile solutions zoals crowdshipping (LE1), het werken met modulaire eenheden, en verbeteren ritplanning (LE2), en asset sharing (LE3).

De over-all conclusie die we uit deze eerste doorrekening trekken is dat de klimaatdoelstelling in het Fit for '55 programma haalbaar zijn, maar dan wel in een heel optimistisch scenario. We zijn in deze doorrekening uitgegaan van de bovenkant van de bandbreedte van de verwachtingen bij losse maatregelen. Dit vereist dus een effectieve implementatie van een combinatie van deze maatregelen.



Figuur 2: Impacts van de decarbonisatie scenario's in het optimistische scenario

Bovenstaande figuur laat zien dat een reductie van orde grootte 55% haalbaar is. Dit is gevisualiseerd op net systeem niveau: dus voor al het wegvervoer in Zuid-Holland. Omdat een aantal maatregelen lokaal zijn (zero-emissiezones en consolidatiecentra) kunnen de impacts lokaal nog sterk verschillen. Onderstaande plot laat zien dat de emissies van wegvervoer op het netwerk rond Rotterdam sterk kan verschillen.



Figuur 3: Emissies wegvervoer in de regio Rotterdam in 2030 in het optimistische decarbonisatiescenario.

Discussie en verder onderzoek

De over-all conclusie die we uit deze eerste doorrekening trekken is dat de klimaatdoelstelling in het Fit for '55 programma haalbaar zijn, maar dan wel in een heel optimistisch scenario. We zijn in deze doorrekening uitgegaan van de bovenkant van de bandbreedte van de verwachtingen bij losse maatregelen. Dit vereist dus een effectieve implementatie van een combinatie van deze maatregelen. Ook is te verwachten de impacts lokaal sterk kunnen verschillen.

De transitie naar zero-emissie stadslogistiek en wegvervoer hebben grote impact op het vrachtverkeer: ritpatronen, en verwachte voertuigtypen. Dit heeft impact op emissies maar ook intensiteiten van het vrachtverkeer. Voor strategische analyses op lange termijn is het noodzakelijk deze veranderingen met voldoende detail door te rekenen. Om hier inzicht in te krijgen zijn gedesaggregeerde simulatiemodellen bruikbare tools. Voor een goede toepassing van simulatiemodellen is de specificatie van realistische transitie-scenarios een belangrijke taak. Goed overleg tussen betrokken modelspecialisten en brede domein experts heeft daarbij grote meerwaarde.

De hier gepresenteerde analyse wordt in vervolg analyses verder uitgewerkt. Er worden aanvullende scenario's opgesteld waarin de uitgangspunten worden verdiept, en ook gezocht wordt naar een consistente set aannames voor een meer realistische of pessimistische verwachtingen.

Referenties

ALICE (2019). A framework and process for the development of a Roadmap Towards Zero Emissions Logistics 2050, Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe (ALICE-ETP)

ALICE (2020). Roadmap to Physical Internet Executive Version_Final (web).pdf>, Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe (ALICE-ETP).

CE Delft (2018), Stream Goederenvervoer, Delft (https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_4H29_Stream_Goederenvervoer_2016_DEF_NL.pdf)

de Bok, M, I Bal, L Tavasszy, T Tillema (2020) Exploring the impacts of an emission based truck charge in the Netherlands, Case Studies on Transport Policy, Volume 8, Pages 887 – 894. (<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.05.013>)

de Bok, M, L Tavasszy, I Kourounioti, S Thoen, L Eggers, V Mayland Nielsen, J Streng (2021) Application of the HARMONY tactical freight simulator to a case study for zero emission zones in Rotterdam, Transportation Research Records, (<https://DOI.org/10.1177/03611981211012694>).

de Bok, M, L. Tavasszy (2018) De incrementele ontwikkeling van een data-driven agent-gebaseerd simulatiemodel voor goederenvervoer. Paper gepresenteerd op de Vervoerslogistieke Werkdagen.

ITF (2021). Decarbonising Transport in Europe: The Way Forward. Paris: International Transport Forum.

ITF (2021). The ITF urban freight transport model Insights and example outputs. Paris: International Transport Forum.

McKinnon (2018) "Decarbonizing Logistics: distributing goods in a low carbon world"

Moultak, M., N Lutsey, D Hall (2017). Transition to zero-emission heavy-duty freight vehicles. ICCT-white-paper. Washington: International Council on Clean Transportation (ICCT).

NAL (2021). Roadmap Logistieke Laadinfrastructuur, Nationale Agenda Laadinfrastructuur.

Rotterdam (2019). Roadmap ZECL: Moving towards Zero Emission City Logistics (ZECL) in Rotterdam in 2025. Rotterdam, City of Rotterdam.

Toen, S, L Tavasszy, M de Bok, G Correia, R van Duin (2020b) Descriptive modeling of freight tour formation: A shipment-based approach, Transportation Research Part E, Volume 140, Pages XX – XX (<https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101989>)

Toen, S, M de Bok and L Tavasszy (2020a) Shipment-based urban freight emission calculation. 2020 Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS) in Delft. (DOI: 10.1109/FISTS46898.2020.9264858)

EC (2021). Fit For '55, European Council and the European Parliament. (<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/eu-plan-for-a-green-transition/>)