

Beleidsondersteunende paper

***CONGESTIEKOST VOOR
WEGVERVOER: ONTWIKKELING
GENERIEK MODEL EN
TOEPASSING VOOR VLAANDEREN***

Juni 2015

Ghillain Gérard, Els Struyf, Christa Sys,
Eddy Van de Voorde & Thierry Vanelslander

Wettelijk depotnummer: D/2015/11.528/4

Steunpunt Goederen- en personenvervoer (MOBILO)

Prinsstraat 13

B-2000 Antwerpen

Tel.: -32-3-265 41 50

Fax: -32-3-265 47 99

steunpuntmobilo@uantwerpen.be

<http://www.steunpuntmobilo.be>

CONGESTIEKOST VOOR WEGVERVOER: ONTWIKKELING GENERIEK MODEL EN TOEPASSING VOOR VLAANDEREN

Het Steunpunt Goederen- en personenvervoer doet beleidsrelevant onderzoek in het domein van transport en logistiek. Het is een samenwerkingsverband van het Departement Transport en Ruimtelijke Economie van de Universiteit Antwerpen en het Departement MOSI – Transport en Logistiek van de Vrije Universiteit Brussel. Het Steunpunt Goederen- en personenvervoer wordt financieel ondersteund door de coördinerende minister Ingrid Lieten, viceminister-president van de Vlaamse Regering en Vlaams minister van Innovatie en Overheidsinvesteringen, Media en Armoedebestrijding en Hilde Crevits, Vlaams minister van Mobiliteit en Openbare Werken, de functioneel aansturende en functioneel bevoegde minister



Managementsamenvatting

Congestie op de weg, in een stedelijke omgeving maar ook elders, brengt grote bedrijfseconomische en maatschappelijke kosten met zich mee. Iedereen is het er dan ook over eens dat een combinatie van maatregelen nodig zal zijn om hieraan tegemoet te komen.

Literatuurstudie toont aan dat de congestieproblematiek in het algemeen en voor het wegvervoer in het bijzonder uitvoerig werd bestudeerd. Zo blijkt er ruime aandacht voor de oorzaken en de gevolgen van congestie op de weg, maatregelen (vnl. focus op rekeningrijden) ter bestrijding van de congestie, opstellen van congestie-indicatoren, enz. Daarentegen komt de modellering van de congestiekost voor het wegvervoer binnen een ketenbenadering opvallend minder aan bod. Bovendien is er weinig eensgezindheid betreffende de kosten van congestie die de actoren binnen de keten dragen. Tijdens een rondetafelgesprek met alle actoren binnen de keten kwam naar voor dat de kost van congestie een onderdeel van het vrachttarief kan zijn en dus doorgerekend kan worden aan de opdrachtgever. Hiertoe is een grondige kennis van de verschillende soorten kosten vereist.

De voorliggende paper onderzoekt de congestiekost voor wegvervoer in Vlaanderen. De studie kadert in de brede problematiek van de verbetering van de capaciteitsbenutting in de logistieke keten. Het onderwerp past binnen het meerjarenplan van het Steunpunt Mobilo. Inzicht in de maatschappelijke kosten van congestie is nodig om gepaste maatregelen te kunnen nemen. Daarmee kan een overheid de concurrentiepositie van de industriële- en dienstenbedrijven, inclusief de logistieke sector en de economische poorten zoals de havens wil beschermen en vergroten.

Om een totaal overzicht te krijgen van de kosten van congestie en om als dusdanig een aangepast (bedrijfs-/maatschappelijk) beleid te kunnen voeren, is in eerste instantie het opzetten van een generiek model nodig dat toelaat een zorgvuldige analyse te maken van het tijdverlies dat gepaard gaat met congestie en de daarbij horende kosten. Hierbij wordt tevens rekening gehouden met het feit dat naast goederenvervoer, ook woon-werkverkeer, transitverkeer en privéverplaatsingen in belangrijke mate bijdragen tot de congestie(-kost), maar er ook zelf de nadelen van ondervinden.

Het uitgangspunt om het model op te bouwen en toe te passen, is de benadering van Blauwens et al. (2012) waarbij de kosten van een transportprestatie ingedeeld worden in tijds- en kilometerkosten. Deze benadering wordt uitgebreid met herplanningskosten en maatschappelijke kosten. Soms beperkte databeschikbaarheid en moeilijk in te schatten kosten dragen ertoe bij dat er gewerkt wordt met assumpties.

De voornaamste bevinding is de noodzaak aan een generiek model om de private en maatschappelijke kosten van congestie op een transparante manier te bepalen aan de hand van de meest recente data. Er dient dus werk gemaakt te worden van een accurate dataverzameling.

Keywords: Congestie, wegvervoer, transportkosten, maatschappelijke kosten

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Lijst van figuren	5
Lijst van tabellen.....	6
Lijst met afkortingen	8
Congestie op de weg: enkele feiten	9
Probleemstelling.....	13
Doel van het onderzoek	14
Deel 1 – Literatuur.....	15
1.1 Omschrijving/definiëring van congestie.....	15
1.2 Soorten congestie.....	16
1.3 Gevolgen van congestie.....	16
1.3.1 Daling gemiddelde snelheid	16
1.3.2 Verliesuren	16
1.4 Kosten(model)	18
Deel 2 - Ontwikkeling generiek model	22
2.1 Basisformule	22
2.2 Uitwerking van model	23
2.2.1 STAP 1 - Wegingsfactor van de verschillende betrokkenen.....	24
2.2.2 STAP 2 – Kosten voor de verschillende voertuigcategorieën.....	25
Deel 3 - Toepassing: Congestie in Vlaanderen	28
3.1 Vlaamse congestiesituatie.....	28
3.1.1 Congestie op het hoofdwegennet (i.e. autosnelwegen).....	28
3.1.2 Congestie op het onderliggend wegennet	30
3.1.3 Stedelijke congestie.....	32
3.1.4 Niet-structurele congestie.....	33
3.2 Berekening congestiekost Vlaanderen.....	34
3.2.1 Dataverzameling (voor Vlaanderen)	34
3.2.2 Toepassing aan de hand van een voorbeeld	49
Conclusie en aanbevelingen.....	56
Bibliografie.....	58
Bijlagen	61

Bijlage 1 – Verdeling goederenvervoer en passagiersvervoer over verschillende modi	61
Bijlage 2 – Uitbreiding wegecapaciteit over de periode 2000-2010.....	62
Bijlage 3 – Stopafstanden	63
Bijlage 4 – Kosten uitstoot schadelijke stoffen, data VMM (2010).....	64
Bijlage 5 – Definities gehanteerd door Verkeerscentrum.....	66

Lijst van figuren

Figuur 1: Procentueel aandeel van verschillende vervoerswijzen in het totale Vlaamse goederenvervoer (in tkm)	9
Figuur 2: Overzicht van verschillende gebruikers wegvervoer	11
Figuur 3: Broeikasgassen per goederenvervoermodus in 2011 (voorlopige cijfers) - Vlaanderen	12
Figuur 4: Vergelijking gegeneraliseerde kost modi voor traject Antwerpen-Basel.....	12
Figuur 5: Kost van congestie, berekend als % van het BBP (uitgedrukt in koopkracht/ per inwoner) .	13
Figuur 6: Verliesuren (in absolute waarden) voor regio Antwerpen (excl. R1) en regio Brussel.....	17
Figuur 7: Verliesuren (procentueel) voor regio Antwerpen (excl. R1) en regio Brussel	17
Figuur 8: Filezwaarte op het hoofdwegennetwerk, in kilometeruren per dag (voortschrijdend jaargemiddelde)	18
Figuur 9: Kosten van congestie.....	20
Figuur 10: Schematisch overzicht voertuigcategorieën	23
Figuur 11: Locatie van de structurele filevorming op het hoofdwegennetwerk tijdens de ochtendspits	29
Figuur 12: Locatie van de structurele filevorming op het hoofdwegennetwerk tijdens de avondspits	29
Figuur 13: Evolutie aantal geregistreerde 'hinderincidenten' op jaarbasis (Hoofdwegennet Vlaanderen 00:00-24:00)	33
Figuur 14: Brandstofverbruik van benzine-wagens (per cc-klasse).....	43
Figuur 15: Fileinformatie zoals beschikbaar op de website van Touring	49

Lijst van tabellen

Tabel 1: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het hoofdwegenet.....	31
Tabel 2: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het regionaal wegenet	31
Tabel 3: Vergelijking van de gemiddelde verkeersvolumes op het hoofdwegenet en het regionaal wegenet voor 2007 en 2020	32
Tabel 4: Congestiecijfers voor Brussel, Antwerpen en Luik	32
Tabel 5: Grootste max. gecumuleerde filelengte met dagen en kenmerken (2013)	34
Tabel 6: Gemiddelde snelheid en daarmee gepaard gaande stopafstand	36
Tabel 7: Gemiddelde snelheid en daarmee gepaard gaande veiligheidsafstand.....	37
Tabel 8: Verkeerssamenstelling op hoofdwegenet en onderliggend wegenet Vlaanderen (voor 2005) (%)	37
Tabel 9: Verkeerssamenstelling op hoofdwegenet en onderliggend wegenet Vlaanderen (voor 2005), motoren en bussen buiten beschouwing gelaten (%)	37
Tabel 10: Aantal vrachtwagens en niet-vrachtwagens op 8 drukste wegvakken	38
Tabel 11: Fracties verschillende voertuigcategorieën voor het hoofdwegenet (%)	39
Tabel 12: Fracties verschillende voertuigcategorieën voor het onderliggend wegenet.....	39
Tabel 13: Uurcoëfficiënt (2013) voor verschillende voertuigcategorieën	41
Tabel 14: Bezettingsgraad per voertuig (1995 - 2005).....	41
Tabel 15: Bezettingsgraad per voertuig 2009 (België en Vlaanderen).....	41
Tabel 16: Brandstofverbruik verschillende voertuigcategorieën	43
Tabel 17: Aandeel van kostencomponenten in kilometercoëfficiënt	44
Tabel 18: Herberekende kilometercoëfficiënt, enkel van toepassing op specifieke filesituatie	45
Tabel 19: Externe, directe kosten wegvervoer (€)	45
Tabel 20: Schade van emissies van landmodi per (100) voertuigkilometer (€)	47
Tabel 21: Marginale geluidskosten per voertuigkilometer (€/vkm)	48
Tabel 22: Marginale ongevalskosten (€/100vkm)	49
Tabel 23: Tijdskosten per voertuigcategorie.....	51
Tabel 24: Totale tijdskost met bezettingsgraad	51
Tabel 25: Kengetal (km).....	51
Tabel 26: Extra brandstofkost per voertuig.....	52
Tabel 27: Kilometercoëfficiënt lichte en zware vracht.....	52
Tabel 28: Brandstofkosten per voertuig (€)	52
Tabel 29: Totale brandstofkost (€)	53
Tabel 30: Uitstootkost schadelijke stoffen per voertuigcategorie (€).....	53

Tabel 31: Totale uitstootkost schadelijke stoffen (€).....	53
Tabel 32: Uitstootkost schadelijke stoffen per voertuigcategorie.....	54
Tabel 33: Totale uitstootkost geluid (€)	54
Tabel 34: Ongevaskost per voertuigcategorie (€)	54
Tabel 35: Totale ongevalskost (€).....	55
Tabel 36: Totale filekosten	55

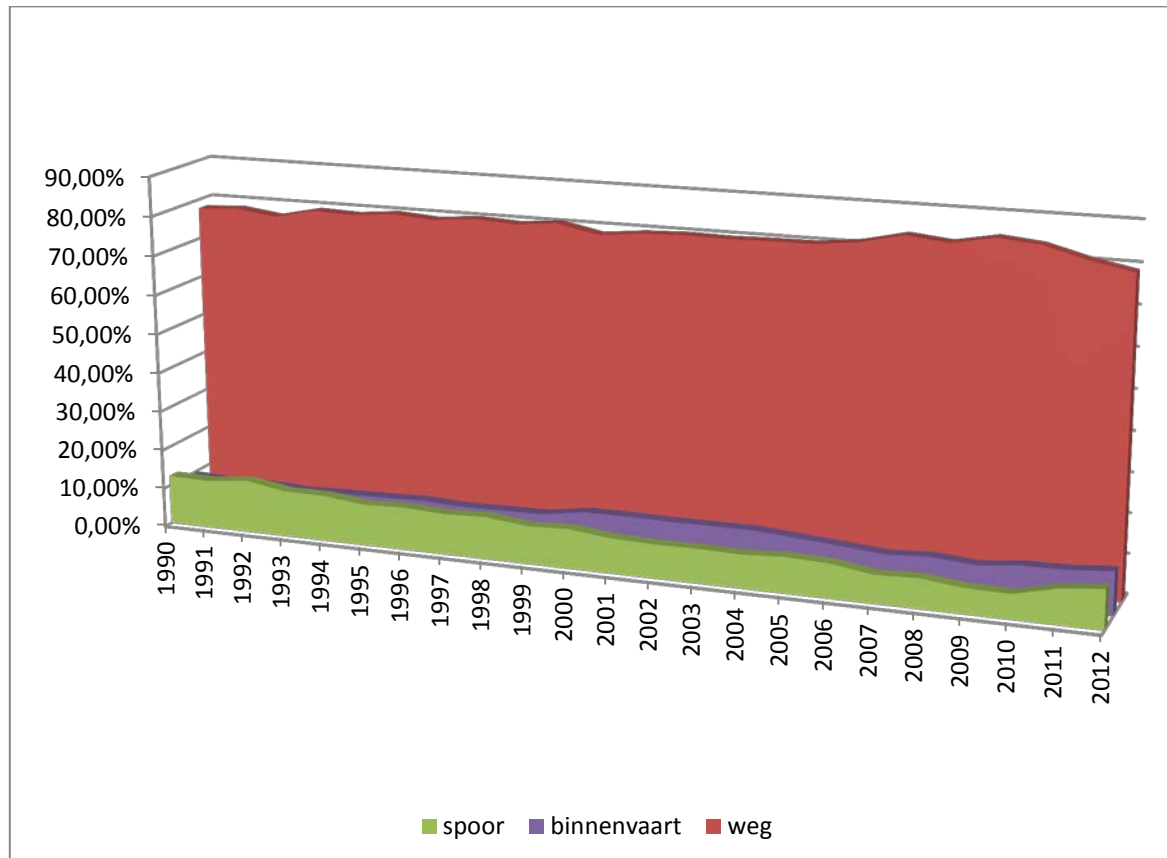
Lijst met afkortingen

EIL	Emissie Inventaris Lucht
FOD MV	Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer
MIRA	Milieurapport Vlaanderen
MOW	Departement Mobiliteit en Openbare Werken
NBB	Nationale Bank van België
PBV	Promotie Binnenvaart Vlaanderen
tkm	tonkilometer
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VOT	Value of Time of tijdswaarde

Congestie op de weg: enkele feiten

Congestie op de weg is een problematiek die de laatste jaren groeiende aandacht krijgt in België en de rest van Europa. Wegvervoer is en blijft dan ook de vaakst gebruikte modus. In de EU wordt bijna de helft van het goederenvervoer, uitgedrukt in tonkilometer¹, vervoerd over de weg. Ook voor personenvervoer (uitgedrukt in passagierskilometer) is de weg een populaire modus: meer dan 70% van het vervoer gaat via de weg (zie Bijlage 1). In Vlaanderen wordt zelfs ongeveer 80% van de tonkilometer gepresteerd op de weg (Figuur 1)

Figuur 1: Procentueel aandeel van verschillende vervoerswijzen in het totale Vlaamse goederenvervoer (in tkm)



Bron: Meersman et al., 2015, op basis van FOD MV, PBV, NBB, Eurostat en de Studiedienst van de Vlaamse Regering

De Europese Commissie voorspelt, op basis van het TRANS-TOOLS-model, dat in het goederenvervoer de weg dominant zal blijven. Het aandeel van het wegvervoer zal slechts een kleine daling kennen, namelijk van 46,5% (in 2005) naar 40,3% (in 2050). (Sessa, C. & Enei, R., 2010)

Vooruitzichten voor België van het Federaal Planbureau tonen bovendien, bij een ongewijzigd beleid², een aanzienlijke groei van het personen- en goederenvervoer tegen 2030. Ten opzichte van 2008 stijgt het totaal aantal reizigerskilometer met 20%. In 2030 blijft de auto de dominante

¹ De term 'tonkilometer' is een eenheid die wordt gebruikt om de evolutie in het goederenverkeer aan te geven. Het aantal ton wordt hiertoe vermenigvuldigd met het aantal kilometer. De waarde wordt als volgt geïnterpreteerd: 1 tonkilometer is het vervoer van 1 ton of 1000 kg over 1 kilometer, of elk ander product van afstand en gewicht dat tot hetzelfde resultaat leidt.

² Onder "ongewijzigd beleid" wordt verstaan dat het huidige prijsbeleid wordt voortgezet en dat de bestaande Europese Richtlijnen worden gevolgd. Verder wordt ook uitgegaan van een geleidelijke integratie van hybride en volledig elektrische auto's.

transportmodus voor het personenvervoer (80% van de reizigerskilometers). Ook het totaal aantal tonkilometer stijgt met 68% over de periode 2008-2030. Hoewel een deel van het goederenvervoer over de weg naar spoor en binnenvaart verschuift, blijft wegvervoer (vrachtwagens en bestelwagens) dominant, nl. 71% van de tonkilometer in 2030, waarvan 67% per vrachtwagen. (Federaal Planbureau, 2012a)

Het beleid werkte een legio aan maatregelen uit, hetzij om te trachten de negatieve impact ervan te verminderen (i.e. de capaciteit uitbreiden) en/of proberen congestie te vermijden door de oorzaken aan te pakken (i.e. wegvervoer ontmoedigen en alternatieven zoeken).

Cijfers van Eurostat (zie bijlage 2) tonen aan dat er in de periode 2000-2010 binnen de EU vele uitbreidingen van het wegennet plaatsvonden. Deze maatregelen zijn echter niet zaligmakend. Door tal van factoren blijft er immers een vraagoverschot bestaan. Één van de opvallende ontwikkelingen die hierbij aangehaald kan worden, is het feit dat bestelwagens meer en meer aandeel winnen op de wegen en dit omwille van diverse redenen. Zo wint e-commerce, een sector waarbij pakketjes met bestelwagens worden afgeleverd, aan belang. Bovendien wordt ook voor traditioneel goederenvervoer de vrachtwagen meer en meer vervangen door bestelwagens. Bestelwagens zijn voor bedrijven namelijk aantrekkelijker omdat ze fiscaal voordeliger zijn. Ook gelden er andere reglementeringen dan voor vrachtwagens. Chauffeurs van kleine bestelwagens moeten niet over een speciaal rijbewijs beschikken en ze zijn niet gebonden aan rij- en rusttijden³. Ook snelheidsbegrenzing is voor bestelwagens, in tegenstelling tot vrachtwagens, niet van toepassing. Beperkingen op vrachtwagens die in vele steden en gemeenten worden ingevoerd (cf. invoeren van milieuzones⁴, digitale vrachtwagensluis,...), werken dit fenomeen nog verder in de hand en dit maakt dat goederen die normaal gezien in één vrachtwagen worden getransporteerd, nu verdeeld worden over meerdere bestelwagens waardoor het aantal bestelwagens op onze wegen enorm in aantal toenam. De laatste 10 jaar is het aantal met 40 % gestegen van 456.000 voertuigen in 2003 naar 641.000 in 2013 (FOD Mobiliteit en Vervoer 2014). De evolutie van het aantal tonkilometers voor bestelwagens wordt verwacht over de periode 2008-2030 toe te nemen met 71% (Federaal Planbureau, 2012b).

Wegen zijn de meest veelzijdige elementen van een transportinfrastructuur aangezien ze zowel voor goederenvervoer (zowel voor eigen rekening als beroepsgoederenvervoer) als voor personenvervoer toegankelijk zijn en beschikbaar zijn voor individuele gebruikers.

³ Rij- en rusttijden zijn van kracht vanaf een maximum toegelaten massa van meer dan 3,5 ton.

⁴ Milieuzones zijn zones waarbinnen sterk vervuillende vrachtwagens niet meer toegestaan worden (Maes, et al., 2011).

Goederenvervoer omvat zowel vervoer voor logistiek en transport (door vrachtwagens op (snel)wegen)⁵ en voor distributie⁶ (door bestelwagens, voornamelijk in stedelijke gebieden). Onder personenvervoer vallen zowel professionele weggebruikers, zijnde (woon)werkverkeer in personenwagens, als privéweggebruikers die voor niet-professionele doelen (vrije tijd, boodschappen, vakantie, ...) op pad zijn. Bij personenvervoer is de grens tussen professionele en niet-professionele verplaatsingen soms vaag. Een voorbeeld illustreert: iemand die na het werk naar huis rijdt en onderweg nog stopt voor boodschappen is wel onderweg van het werk naar zijn woonplaats, maar hij/zij verplaatst zich tevens voor privédoeleinden.

Figuur 2 toont een overzicht van de verschillende gebruikers van de transportinfrastructuur. Dit overzicht vormt tevens de bouwsteen van het ontwikkelde model.

Figuur 2: Overzicht van verschillende gebruikers wegvervoer



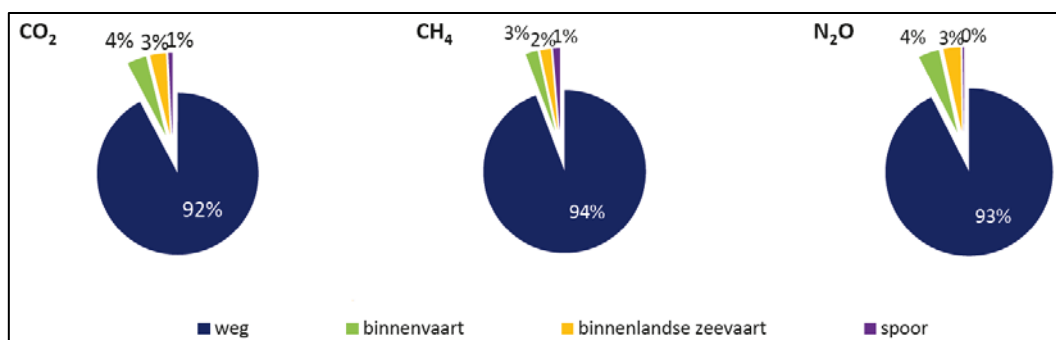
Bron: Eigen samenstelling

Echter, wegvervoer brengt hoge kosten met zich mee, zowel afstands- als tijdsgelateerd: een chauffeur onderweg voor privédoeleinden moet naast brandstof immers ook andere kosten zoals afschrijvingen, verzekering en belastingen in rekening brengen. Bij professioneel vervoer komt daar ook nog eens de loonkost van de chauffeur bij. Daarenboven zijn er, naast deze bedrijfseconomische kosten, ook nog de kosten die de maatschappij draagt, onder andere de kosten die veroorzaakt worden door de negatieve impact op het milieu: geluidsoverlast, emissies, schade aan de infrastructuur, enz. (Blauwens et al., 2012) De transportgroei leidt dan ook tot een toename van de broeikasgasemissies – waarvan het wegvervoer het overgrote deel voor zijn rekening neemt (zie Figuur 3).

⁵ Onder goederenvervoer wordt verstaan het overbrengen van goederen (met een vrachtwagen) van de producent of afzender naar de uiteindelijke bestemming, gebruik makende van de (openbare) wegen. De term 'goederenvervoer' wordt hier gebruikt voor alle eigen vervoer en alle ondernemingen, waarvan het vervoer van goederen over de weg met vergunningplicht voor rekening van derden de hoofdactiviteit is.

⁶ Lichte vracht heeft meestal betrekking op kleine colli's, d.w.z. dat de vervoeronderneming goederen ophaalt bij één of meerdere producenten en die goederen worden dan gebracht naar de talrijke bestemmingen.

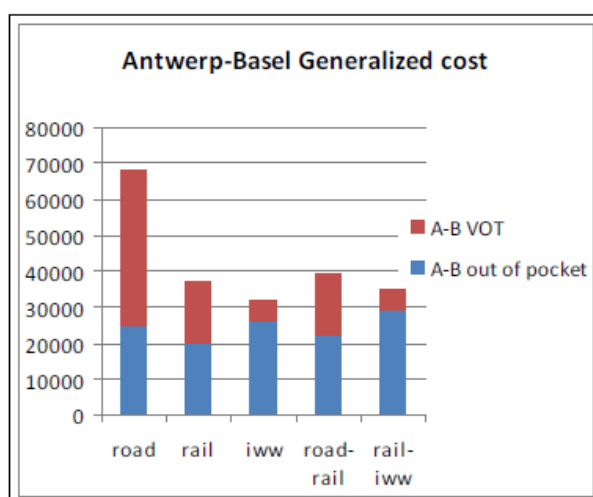
Figuur 3: Broeikasgassen per goederenvervoermodus in 2011 (voorlopige cijfers) - Vlaanderen



Bron: Meersman et al., 2013, op basis van MIRA

Een studie van Grosso (2011) omtrent het goederenvervoer maakt een berekening van monetaire kosten voor verschillende routes, waaruit blijkt dat de gegeneraliseerde kost voor het wegvervoer hoger is dan voor andere unimodale en intermodale alternatieven. Ter illustratie toont figuur 4 de *out-of-pocket*-kost en de waarde van tijd (VOT) voor het vervoer van 1000 ton van Antwerpen naar Bazel.

Figuur 4: Vergelijking gegeneraliseerde kost modi voor traject Antwerpen-Basel



Bron: Grosso M., 2011

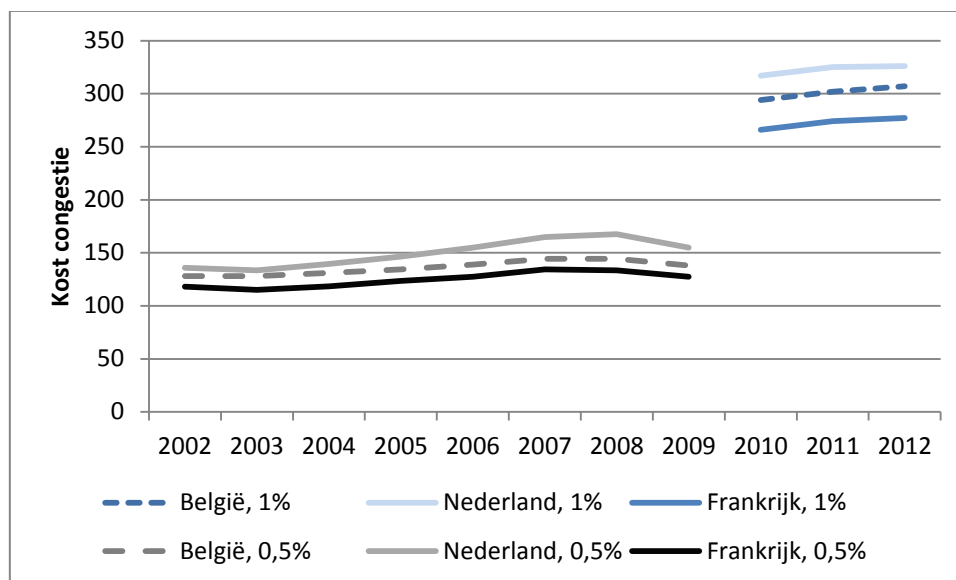
Wegvervoer blijkt dus niet de goedkoopste modus te zijn: de *out-of-pocket*'kost⁷ van wegvervoer is hoog.

De populariteit van het wegvervoer is dan ook te danken aan andere factoren zoals betrouwbaarheid, flexibiliteit, frequentie, kans op verlies en schade van de goederen (Grosso, 2011). Hoe belangrijk deze factoren zijn, is ook nog eens afhankelijk van de waarde van de goederen. De groei van het goederenvervoer blijft echter niet zonder negatieve effecten op de wegcongestie. de verkeerssituatie op het wegennet blijft achteruitgaan: tussen 2008 en 2030 daalt de gemiddelde snelheid met 29% tijdens de spitsperiode en met 16% tijdens de dalperiode (Sessa & Enei, 2010).

⁷ Gegeneraliseerde kosten zijn samengesteld uit monetaire en niet-monetaire kosten. Onder monetaire kosten worden de *out-of-pocket*-kosten verstaan. De niet-monetaire kosten zoals betrouwbaarheid, flexibiliteit en transporttijd worden omgezet in monetaire waarden, waardoor de gegeneraliseerde kost uitgedrukt kan worden in geldwaarden.

Het grote probleem van congestie is dat het samengaat met een verhoging van de eerder vermelde kosten: het verlaagt de betrouwbaarheid van aankomst en dat brengt grote kosten met zich mee: economische, maar ook sociale en milieukosten. De kost van wegcongestie in Europa werd in 2004 op 0,5% van het BBP geschat (Commissie van de Europese Gemeenschappen, 2004). Sinds 2010 wordt er uitgegaan van een kost equivalent aan 1% van het BBP (o.a. Christidis & Ibanez-Rivas, 2012). Figuur 5 geeft hiervan de berekening weer voor België, Nederland en Frankrijk.

Figuur 5: Kost van congestie, berekend als % van het BBP (uitgedrukt in koopkracht/ per inwoner)



Bron: Eigen berekening op basis van Eurostat, 2014

In feite is congestie een indicator voor de problematische kostenstructuur van wegvervoer: de werkelijke prijs wordt niet aangerekend omdat de externe kosten die wegvervoer met zich meebrengt niet worden doorgerekend (Schallaböck & Petersen, 1999). Nochtans kan deze externe kost van congestie meegerekend worden in de vrachtprijs. De sector van het beroepsgoederenvervoer, een sterk gefragmenteerde sector⁸, slaagt er zelden in om dit te onderhandelen, gezien zijn vaak minst gunstige negotiatiepositie.

Probleemstelling

Het probleem is meerlaags, terwijl de literatuur omtrent de eigenlijke congestiekost zeer beperkt is.

Ten eerste is de wetenschappelijke literatuur veelal toegespitst op kilometerheffing en/of beperkt zich tot congestie binnen de stedelijke context. Literatuur die toch berekeningen bevat, is vaak gelimiteerd. Enerzijds is het onderzoeksgebied dikwijls niet ruim genoeg. Zo beperken studies zich tot transport en laten daarbij de logistieke kosten achterwege. Ook worden er bij goederenvervoer vaak enkel vrachtwagens in acht genomen, terwijl lichte vracht (max. 12 ton) over het hoofd gezien wordt, hoewel deze sector toch aan aandeel op de weg wint. Anderzijds zijn gemaakte berekeningen vaak niet transparant en hangen de resultaten meestal af van gemaakte veronderstellingen in een specifieke context die gerelateerd is aan de doelstelling van het model. Zo zijn studies uit andere landen niet altijd toe te passen op de Belgische of Vlaamse context omdat ze gevals specifiek zijn. De

⁸ Ongeveer 43% van de wegtransporteurs beschikt over één voertuig (ITLB, 2014).

gebruikte data zijn bovendien vaak achterhaald: ze dateren vaak van voor 2008 en laten de economische crisis dus buiten beschouwing.

Ten tweede proberen ook andere instanties tevergeefs deze problemen het hoofd te bieden. Zo proberen beroepsrelevante artikelen wel een inschatting te maken van de kosten voor zowel transport als voor de logistieke sector, maar ook daar ontbreekt transparantie en cijfers kennen geen eenduidigheid. Inschattingen op hoger niveau (cf. Commissie van de Europese Gemeenschappen, 2004) beschrijven wel hoe de congestiekost berekend kan worden, maar ook daar vallen kritische bemerkingen bij te maken. Wanneer de kost van congestie (simpelweg) in verband wordt gebracht met de evolutie van het BBP zal de stijgende congestiekost enkel maar de stijging van het BBP weergeven en andere factoren zoals knelpunten in het hinterlandvervoer buiten beschouwing laten. Ook modellen en berekeningen van private instanties (TomTom, INRIX) kunnen complementair zijn. Ze spitsen zich toe op andere onderzoeksvelden (bv. dataverzameling voor het onderliggend wegennet in plaats van het hoofdwegennet) of ze hanteren andere dataverzamelingmethoden (bv. GSM of GPS data). Echter, ook hier gelden beperkingen zoals het feit dat data enkel voor grote steden verzameld worden en zo toch maar een gedeeltelijk beeld van de realiteit weergeven.

Dit alles heeft tot gevolg dat er nog steeds onvoldoende zicht op de kost van congestie bestaat. Daarop wil deze paper een antwoord geven.

Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een (modulair) rekeninstrument waarmee een gedetailleerde berekening gemaakt kan worden van de (private en/of maatschappelijke) kosten die met congestie gepaard gaan. Het ontwikkelde model beoogt op een transparante en consistente manier alle kosten van congestie voor het wegvervoer te berekenen en dit vormt net de meerwaarde van het model. Tevens laat dit, als tweede doelstelling, toe om in kaart te brengen welke informatie verzameld moet worden. Op basis daarvan kan dan nagegaan worden of de kost van congestie voldoende groot is om de kosten van corrigerende maatregelen (zoals kilometerheffing) te kunnen verantwoorden. Zulke beleidsaanbevelingen vormen dan ook de derde doelstelling van voorliggend onderzoek.

De werkwijze om te komen tot het rekeninstrument omvat een uitgebreid literatuuronderzoek en een rondetafelgesprek om tussentijdse resultaten te valideren⁹. De verdere structuur van het paper is als volgt. Allereerst zal de term congestie gedefinieerd worden en zal gekeken worden naar wat de oorzaken en gevolgen (kosten) zijn. Deze informatie zal dan samengebracht worden in een generiek model waarmee, op basis van scenario's voor Vlaanderen, de kostprijs van een specifieke file berekend kan worden.

⁹ Op 16 juni 2014 werd een rondetafelgesprek met betrekking tot een onderzoek naar congestie georganiseerd. Universiteiten, overheid, bedrijfsleven, politie en onderzoeksinstituten alsook belangrijke spelers in dit verhaal, waaronder de belangenverenigingen Febetra, TLV, UPTR, OTM alsook de private sector waren uitgenodigd om hun input te geven.

Deel 1 – Literatuur

Literatuuronderzoek richt zich op de definiëring van het begrip ‘congestie’, de soorten congestie, de gevolgen ervan alsook de kosten van congestie.

Dit resulteert in een literatuurstudie over de periode 1969 – juli 2014. Een analyse van de relevante literatuur toont aan dat de meerderheid van de studies Europa als onderzoekdomein hebben, gevolgd door de Verenigde Staten. Verder valt op dat vanaf het begin van de jaren 2000 het aantal studies sterk toeneemt en dit nog versterkt wordt door de publicatie van het recentste Europese witboek Transport in 2011.

1.1 Omschrijving/definiëring van congestie

Het begrip “congestie” kent vele omschrijvingen. Congestie kan heel algemeen beschreven worden aangezien het een fenomeen is dat zich op meerdere vlakken of in verschillende sectoren kan voordoen:

Schallaböck & Petersen (1999) hanteren volgende definitie:

“Congestion means a reduction in service quality in infrastructure due to excessive demand or to other reasons. The users suffer from speed reduction, i.e. time penalties”.

(Schallaböck & Petersen, 1999)

Uiteraard zijn er ook definities van congestie die meer specifiek van toepassing zijn op de transportsector in het algemeen:

- *“Congestion is a situation in which transport participants cannot move in a usual or desirable manner. Vehicles of all kinds and pedestrians can experience congestion. It is a general phenomenon when the capacity of an infrastructure is exceeded. This capacity is defined by the number of traffic participants passing per time unit”.*
(Schallaböck & Petersen, 1999)
- *“Congestion may be defined as a state of traffic flow on a transportation facility characterised by high densities and low speeds, relative to some chosen reference state”*
(Bovy & Salomon, 1999)

Maar ook specifiek op transport over de weg:

- *“Congestion is a temporary situation in which the demand for road space exceeds the capacity, on a given section of the network.”*
(Bovy & Salomon, 1999)

En dan zijn er nog de definities waarbij ook gespecificeerd wordt welke economische gevolgen een congestiesituatie met zich meebrengt:

“Broadly speaking, traffic congestion occurs when the cost of travel is increased by the presence of other vehicles, either because speeds fall or because greater attention is required to drive safely”

(Lindsey & Verhoef, 2000)

Op basis van voorgaande wordt in dit onderzoek verder gewerkt met volgende definitie:

“Congestie is een verkeersfenomeen waarbij de bestuurder geconfronteerd wordt met een beperkte verkeersdoorstroming omdat de capaciteit van de infrastructuur (tijdelijk) niet aan de vraag kan voldoen. Dit resulteert in hoge dichtheid en lage(re) snelheden met als gevolg dat de (tijds- en afstandsgebonden) kost van reizen verhoogt en de betrouwbaarheid van wegverkeer daalt.”

1.2 Soorten congestie

Het is belangrijk in het achterhoofd te houden dat er verschillende soorten congestie onderscheiden kunnen worden. Een eerste duidelijk onderscheid is er tussen structurele congestie en congestie ten gevolge van eenmalige, tijdelijke gebeurtenissen (zoals ongevallen of infrastructuurwerken). Bovendien is er een verschil tussen congestie die zich voordoet tijdens piekuren en tijdens daluren. Tot slot is er nog de tegenstelling tussen congestie op snelwegen of in stedelijk gebied.

De kostprijs zal afhankelijk zijn van welk soort congestie zich voordoet: de kost van een structurele file op een drukke autosnelweg tijdens de ochtendspits is anders dan die van een file ten gevolge van een ongeval in de namiddag. Dit komt ook tot uiting in het berekeningskader dat verder wordt voorgesteld.

1.3 Gevolgen van congestie

Dat congestie verregaande gevolgen heeft voor de actoren in de keten, staat buiten kijf. De (gemiddelde) snelheid van het verkeer zal dalen, waardoor tijdsverlies onvermijdelijk is en dat brengt dan weer kosten met zich mee. Verder zijn er uiteraard ook nog andere kosten die met congestie gepaard gaan: extra brandstofkosten, maatschappelijke kosten en sociale kosten. Tevens wordt de concurrentiekracht van de industriële- en dienstenbedrijven (inclusief de logistieke sector) en de economische poorten zoals de havens verzwakt.

1.3.1 Daling gemiddelde snelheid

Het voornaamste gevolg van congestie is het dalen van de (gemiddelde) snelheid. Dit kan worden bekeken voor verschillende soorten wegen, waarbij drie categorieën in acht genomen kunnen worden, afhankelijk van de snelheid bij een onbelast netwerk:

- wegen met een snelheid onder de 50 km/u, die verondersteld worden te liggen binnen de bebouwde kom van een stad of dorp;
- wegen met een snelheid tussen de 80 en 100 km/u;
- wegen met een snelheid boven de 100 km/u, wat overeenkomt met autosnelwegen of hoofdwegen

(Christidis & Ibanez-Rivas, 2012).

Congestieproblemen kunnen zich voordoen in stedelijke gebieden en op hoofdwegen. De studie van Christidis & Ibanez-Rivas (2012) stelt dat problemen op hoofdwegen echter veel minder voorkomen en in grote mate beperkt zijn tot wegen in Nederland, België, Luxemburg, het Verenigd Koninkrijk en Duitsland en daarnaast wederom rond grote stedelijke gebieden (zoals Parijs, Madrid, Rome, Milaan, ...). België behoort hier tot de uitzonderingen, met als gevolg dat er in België heel wat meer aandacht wordt besteed aan congestie op het hoofdwegennet dan in andere EU-landen (Christidis & Ibanez-Rivas, 2012).

1.3.2 Verliesuren

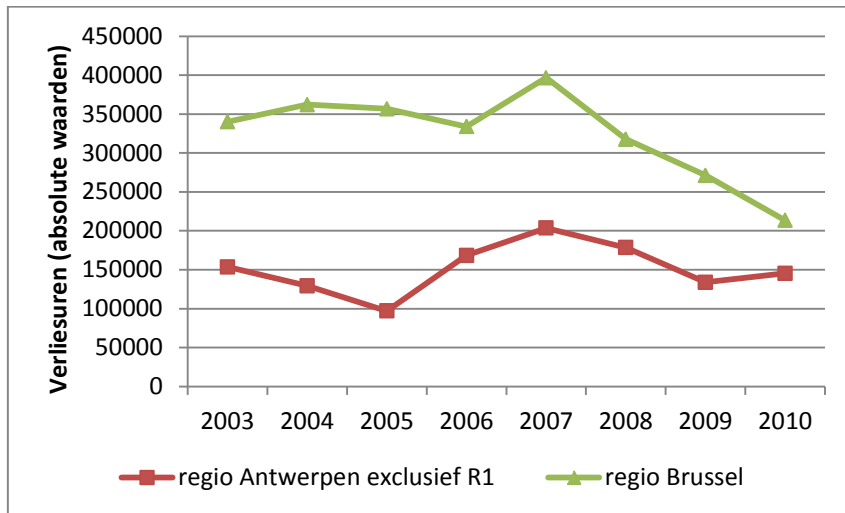
Een belangrijk gevolg van de daling in gemiddelde snelheid is uiteraard het tijdsverlies dat ermee gepaard gaat. In Vlaanderen steeg procentueel het aantal verliesuren¹⁰ de afgelopen jaren, vooral in de buurt van grote steden (Figuur 7). Vanaf 2008 is een daling van het aantal verliesuren in absolute waarden¹¹ vast te stellen, zowel in Antwerpen als Brussel. Voor de regio Antwerpen is het tijdelijk

¹⁰ Onder verliesuren wordt het volgende verstaan: verschil tussen de werkelijke op de weg gepresteerde trajecttijd en de tijd die in normale omstandigheden hiervoor nodig was geweest.

¹¹ Cijfers zijn te raadplegen in Meersman et al., 2012, op basis van data Vlaamse Overheid, MOW en Verkeerscentrum 2010

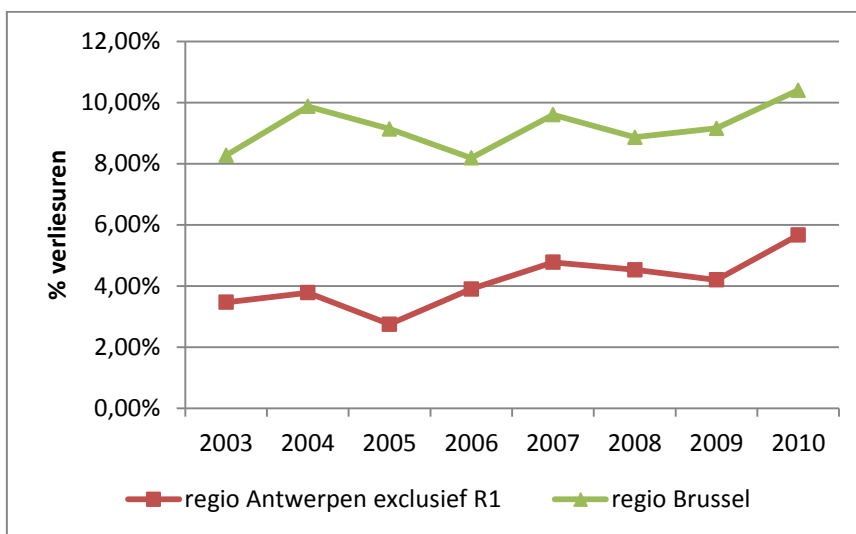
effect van de economische crisis en de onderhoudswerken aan de Antwerpse ring in 2005 merkbaar (Figuur 6).

Figuur 6: Verliesuren (in absolute waarden) voor regio Antwerpen (excl. R1) en regio Brussel



Bron: eigen samenstelling op basis van Meersman et al.,2012,
op basis van data Vlaamse Overheid, MOW en Verkeerscentrum 2010

Figuur 7: Verliesuren (procentueel) voor regio Antwerpen (excl. R1) en regio Brussel



Bron: eigen samenstelling op basis van Meersman et al.,2012,
op basis van data Vlaamse Overheid, MOW en Verkeerscentrum 2010

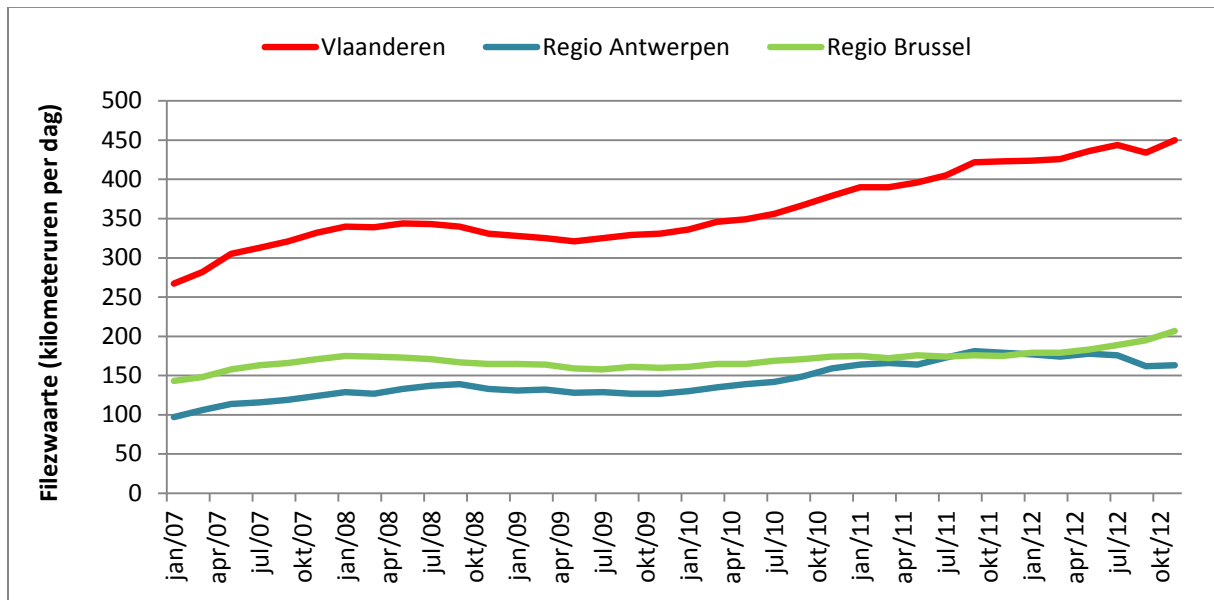
Een belangrijke opmerking bij Figuur 6 en Figuur 7 is dat er slechts tot en met het jaar 2010 data beschikbaar zijn. Recentere data ontbreken omdat in Vlaanderen enkelvoudige detectoren of slangdetectoren vervangen worden door dubbelvoudige lusdetectoren¹² waardoor meting tijdelijk niet mogelijk was. Daarom werd de indicator “verliesuren” (tijdelijk¹³) vervangen door de indicator “filezwaarte” (zie Figuur 8), die het product van filelengte en fileduur weergeeft, gesommeerd over alle tijdstippen. Het voordeel is een betere visualisatie van het fileprobleem, maar toch gaat belangrijke informatie verloren.

¹² Enkelvoudige lusdetectoren telt enkel het aantal voertuigen terwijl dubbelvoudige lusdetectoren het type voertuig kan onderscheiden aan de hand van de opgemeten snelheid.

¹³ Vanaf 2015 zouden voor het jaar 2014 de verliesuren wel opnieuw berekend kunnen worden en beschikbaar gesteld worden.

De filewaarte is immers minder geschikt dan de voertuigverliesuren voor het bepalen van de economische kost van congestie, maar beide indicatoren zijn wel aan elkaar gerelateerd. Indien de filewaarte van elke afzonderlijke file gekend is, en er eveneens informatie beschikbaar is over de filelengte en de duur van elke file, dan is het mogelijk om deze duurtijden te vermenigvuldigen met de verkeersvolumes om de voertuigverliesuren te bepalen.

Figuur 8: Filewaarte op het hoofdwegenetwerk, in kilometeruren per dag (voortschrijdend jaargemiddelde)



Bron: Meersman et al., 2015, op basis van MOW & Verkeerscentrum Vlaanderen

1.4 Kosten(model)

Het literatuuronderzoek toont tenslotte aan dat het aantal specifieke modelstudies die de kost van congestie berekenen niet talrijk zijn. Verder wordt vastgesteld dat vaak modellen met andere doelen (bv. het berekenen van de optimale congestietaks) opgesteld worden. Daarenboven zijn modellen en hun resultaten zeer afhankelijk van de veronderstellingen die gemaakt worden. Desalniettemin kunnen uit de bestaande literatuur wel inzichten gehaald worden om een model te ontwikkelen.

Ten eerste is de kost ten gevolge van tijdsverliezen voor elk congestiemodel belangrijk ongeacht de tijdswaarden die hierbij worden gebruikt. Om de tijdsverliezen te bepalen wordt inspiratie opgedaan in het model van Van Woensel & Cruz (2008) dat gebruik maakt van een "speed-flow"-relatie. Daarnaast wordt de weg opgedeeld in segmenten die als service-stations kunnen worden beschouwd, waarbij aan de hand van de doorstroming en de capaciteit van het service-station door gebruik van een wachtrijmodel een gemiddelde wachttijd kan worden bepaald.

Ten tweede tonen Blauwens et al. (2012) echter aan dat de transportkosten (en dus ook extra transportkosten of congestiekosten) meer inhouden dan tijdskosten¹⁴ alleen. Ook afstandskosten¹⁵ (zoals extra brandstofverbruik) dienen in rekening te worden genomen. Daarnaast vermelden Blauwens et al. (2012) ook externe kosten van transport, zijnde congestiekosten, infrastructuurkosten, milieukosten en ongevalskosten. Deze inzichten komen ook onder andere in de studie van Santos (2004) naar voor komen. Santos (2004) beschouwt in zijn congestiemodel ook meerdere kostencategorieën. De studie hanteert het concept “geaggregeerde transportkost” die de som is van de tijdskosten en de zogenaamde afstandskosten (o.a. benzineverbruik). De studie haalt aan dat congestiemodellen ook de effecten van congestie op andere “externe effecten” in het verkeer (vb. de kans op ongevallen, wijzigingen in verbruik en uitstoot, ...) kunnen meenemen (Santos, 2004).

Tot slot zijn er studies die aanwijzingen geven omtrent de parameters die opgenomen moeten worden in het model. Zo haalt Kristofferson (2013) aan dat er verschillende categorieën verkeersgebruikers zijn. In tegenstelling tot het model in deze paper¹⁶, veronderstelt Kristofferson (2013) wel dat de gebruikers binnen eenzelfde categorie homogeen zijn. Verder haalt deze studie nog aan dat verschillende categorieën weggebruikers *verschillende kosten* in rekening nemen (Kristofferson, 2013). Ook is er literatuur die expliciet rekening houdt met congestie op verschillende tijdstippen. Zo wordt er melding gemaakt van ochtend- en avondpieken en wordt een lagere congestiekost tijdens de daluren verondersteld ten gevolge van kleinere verkeersvolumes. Ook wordt er verondersteld dat woon-werkverkeer grotendeels tijdens de piekuren wordt verwerkt. Het gevolg is dat de verhoudingen tussen woon-werkverkeer en privéverkeer op de weg zullen verschillen tussen de piek- en de daluren (Kristofferson, 2013; Armelius, 2005; Olszewski & Xie, 2005).

Dit alles in acht nemend, is er nood aan de uitwerking van een generiek model dat de verschillende soorten kosten, zijnde (directe en indirecte) private kosten en (milieugerelateerde en sociale) maatschappelijke kosten, voor de verschillende categorieën weggebruikers in rekening brengt. Daartoe dient eerst de fracties van die verschillende weggebruikers binnen het totale verkeersvolume berekend te worden. Waarna vervolgens de verschillende kosten voor deze weggebruikers berekend kunnen worden.

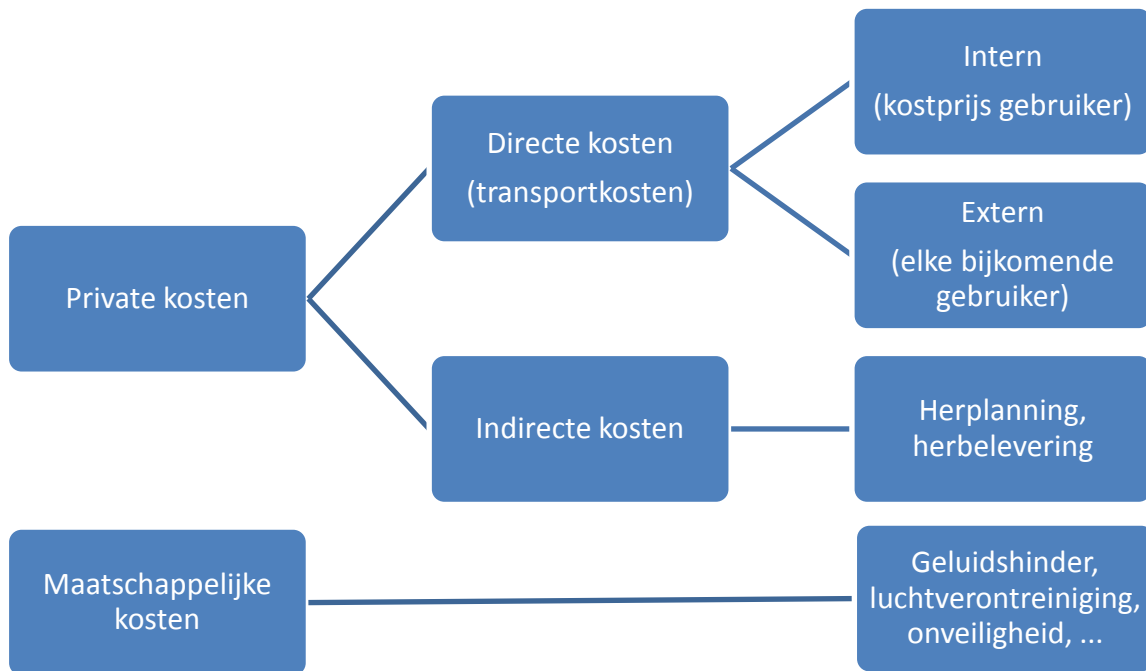
Figuur 9 geeft een overzicht van de kostencategorieën. Vervolgens wordt elke kostencategorie toegelicht.

¹⁴ Onder tijd- of uurkosten wordt begrepen de intrest en afschrijving (vast tarief), verzekering, verkeersbelastingen, uurloon (incl. alle premies en heffingen) en andere kosten (zoals gebouwen, management, administratie).

¹⁵ Onder afstand- of kilometerkosten vallen de kostenelementen interest en afschrijving (variabel tarief), brandstof, banden, onderhoud, herstelling en boetes.

¹⁶ In deze paper wordt er bijvoorbeeld al een onderscheid gemaakt tussen logistiek en transport en distributie wat betreft goederenvervoer. Dit omdat voor vrachtwagens of bestelwagens andere regels gelden en dit implicaties voor de kosten kan hebben.

Figuur 9: Kosten van congestie



Bron: Eigen samenstelling, op basis van Blauwens et al. (2012)

Allereerst zijn er **directe kosten** die onbetwistbaar aan de congestiesituatie toegewezen kunnen worden. Deze omvatten transportkosten, die kunnen worden onderverdeeld in een tijdskost en een kilometerkost.

- De tijdskost is verschillend naargelang om welke weggebruiker het gaat; zo is deze van een werkend persoon anders dan die van een vrijetijdsreiziger. Bij werknemers wordt er rekening gehouden met het uurloon dat het bedrijf dient te betalen terwijl bij privévervoer eerder gekeken wordt naar de prijs die men zou willen betalen¹⁷ om zijn tijd elders te kunnen spenderen.
- Naast tijdskosten kunnen door congestie ook de kilometerkosten verhogen. Zo houdt congestie bijvoorbeeld in dat men langer onderweg is en dus meer brandstof verbruikt¹⁸. Ook zou het voertuig meer slijtage kunnen ondervinden waardoor de onderhoudskosten verhogen.

Belangrijk is op te merken dat deze directe kosten enerzijds interne kosten omvatten, i.e. kosten die de chauffeur van het voertuig zelf oploopt doordat hij in de file staat. Anderzijds veroorzaakt de chauffeur op zijn beurt ook kosten voor de andere weggebruikers - door elke bijkomende weggebruiker zal de file immers langer worden en ondervinden andere chauffeurs meer tijdverlies. Dit zijn externe, directe kosten. (Blauwens et al., 2012)

¹⁷ Zulke waardering van tijd kan worden achterhaald door middel van een 'stated preference' onderzoek. In de praktijk wordt voor de tijdskost van privépersonen een bepaald percentage van de loonkost per uur genomen.

¹⁸ Dankzij de technologische vooruitgang daalden deze kosten ten opzichte van het verleden: autoconstructeurs voorzien nieuwe wagens nu vaak van een start/stop systeem waardoor ze bij stilstand (file, verkeerslichten, ...) niets verbruiken/uitstoten omdat motor stilvalt.

Verder zijn er ook nog **indirecte kosten**. Deze worden ervaren en gedragen door andere actoren dan diegenen die in de congestiesituatie zitten. Hier kan bijvoorbeeld gedacht worden aan herplannings- of herbeleveringskosten voor verladers, bestemmingen van goederen of zakenpartners waarmee afspraken gepland waren. Golob en Regan (2001) halen bijvoorbeeld aan dat onder andere gekoelde cargo en intermodaal vervoer serieuze problemen ondervinden door congestie. Ook opportuniteitskosten worden hieronder gerekend: een zakenman die zijn afspraak mist moet deze verplaatsen naar een moment waarop hij eigenlijk andere dingen gepland had; het kan bijvoorbeeld ten koste van privé-tijd gaan – ook daaraan zijn kosten verbonden.

Naast deze private kosten, zijn er aan een congestiesituatie ook **maatschappelijke kosten**¹⁹ verbonden. Wegvervoer in het algemeen, maar dus ook congestie, veroorzaakt aanzienlijke gevolgen voor het milieu, zowel voor de natuurlijke omgeving als voor de menselijke gezondheid. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen regionale en wereldwijde gevolgen. Regionale effecten zijn een toename in de uitstoot van fijn stof en andere luchtvervuilende deeltjes, ozonvorming, zure regen, geluidsoverlast, ongevallen, ... Op wereldwijde schaal zijn vooral de toename van broeikasgassen in de atmosfeer en de uitputting van niet-hernieuwbare grondstoffen negatieve gevolgen. De milieu-impact van congestie vloeit voort uit het feit dat de motor langer draait. Schallaböck en Petersen (1999) halen aan dat emissie van CO₂ (koolstofdioxide) en HC (koolwaterstoffen) verhogen bij lagere snelheden. Ook Barth en Boriboonsomsin (2008) stellen dat CO₂-emissies stijgen wanneer de snelheid daalt.

Ook sociale gevolgen zijn maatschappelijke kosten; congestie heeft een impact op de maatschappij. Zo kan congestie zorgen voor de lagere bereikbaarheid van sommige regio's waardoor op lange(re) termijn sociale contacten verwateren (Schallaböck & Petersen, 1999). Ook stress of een minder aangename woonomgeving kunnen gevolgen zijn van congestie. Veel wegverkeer houdt ook in dat de verkeersveiligheid voor chauffeurs en andere weggebruikers in het gedrang kunnen komen. Dit zit onder andere omvat in de marginale ongevalskosten: doordat het verkeer toeneemt, zal ook de kans op ongevallen en dus verkeersslachtoffers toenemen en dit brengt kosten met zich mee.

¹⁹ Het is van belang rekening te houden met het feit dat ook emissie van brandstofproductie kosten met zich meebrengt. Deze vallen echter buiten de scope van deze paper.

Deel 2 - Ontwikkeling generiek model

Een file kan zich voordoen op het hoofdwegennet²⁰ en/of op het onderliggend wegennet en dit al dan niet binnen een stedelijke context. Echter, omdat zowel hoofdwegen als onderliggende wegen de steden doorkruisen is het moeilijk onderscheid te maken tussen beide. Christidis & Ibanez-Rivas (2012) haalden ook aan dat congestie binnen een stedelijke context aanzienlijk is door de hoeveelheid verkeer die er wordt aangetrokken. Bovendien komen binnen steden lokaal verkeer en doorstromend verkeer met elkaar in aanraking. Tot slot blijkt dat ook niet-structurele congestie moeilijk af te bakenen valt, maar toch aanzienlijk is. In Vlaanderen stijgt bijvoorbeeld het aantal hinderincidenten beduidend.

Het feit dat dus de verschillende soorten files moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn, maakt dat in deze paper wordt gekozen om te werken met een generiek model.

In deel 2 ligt de focus dan ook op de ontwikkeling van een modulair opgebouwd rekeninstrument. Het model, dat in alle toepassingsgebieden (goederenvervoer, woon-werk, transitverkeer en privévervoer) en voor alle actoren (transportbedrijven, logistieke sector, enz.) kan worden gebruikt, wordt stapsgewijs opgebouwd. Om hiertoe te kunnen komen, wordt gekeken naar de kostprijs van één file, waarbij rekening gehouden wordt met verschillende scenario's (werkdag – weekenddag; piekuren – daluren; hoofdwegennet – onderliggend wegennet; ...). Nadien kan dan, door middel van statistieken zoals filezwaarte²¹, een (eerste) inschatting van de kostprijs van congestie in het algemeen gemaakt worden.

Het voordeel hiervan is dat de gedetailleerde berekeningen per toepassingsgebied, per kostenelement en al dan niet per actor weergegeven kunnen worden.

2.1 Basisformule

Om de kosten van een file te kunnen berekenen, moet eerst nagegaan worden wat de kost van transport juist inhoudt. Dit zal dan de grondslag worden van de formule waarmee de totale kost van de file berekend wordt.

Startend van de redenering zoals weergegeven door Blauwens et al. (2012), valt de transportkost uiteen in een afstandsgebonden kost en een tijds-kost. Afstandsgebonden kosten zijn kosten die afhankelijk zijn van de afstand die het voertuig aflegt (bv. brandstofkost) en ze worden berekend door het bedrag per kilometer (d) te vermenigvuldigen met de effectief afgelegde afstand (D). Tijds-kosten ontstaan door het verstrijken van tijd (bv. verzekering, uurloon van de chauffeur) en dus wordt een bepaald bedrag per uur (u) vermenigvuldigd met de verstreken tijd (U). Daarbij kunnen dan nog andere kosten (Z) opgeteld worden die onafhankelijk zijn van de afgelegde afstand of de verstreken tijd (bv. tolgelden)

$$\text{Transportkost} = uU + dD + Z \quad (1)$$

²⁰ Onder de term 'Hoofdwegennet' wordt begrepen een autosnelweg, waar het verkeer een snelheid haalt van >100 km/u (Christidis & Ibanez-Rivas, 2012)

²¹ Filezwaarte wordt berekend als het product van de filelengte en de -duur en dit gesommeerd over alle tijdstippen. (<http://aps.vlaanderen.be/sgml/largereeksen/5477.htm>).

Wanneer in de basisformule de externe kosten ook meegenomen worden, moet een onderscheid gemaakt worden tussen goederen- en personenvervoer. Voor **goederenvervoer** moet er rekening gehouden worden met de invoering van een kilometerheffing vanaf 2016. De afstandscoëfficiënt (d) zal dan moeten worden opgesplitst in een algemene kost per kilometer (d_1D_1) en een kost van de kilometerheffing (d_2D_2). Ook de uurcoëfficiënt dient te worden aangepast (naar u') aangezien kosten zoals verkeersbelasting zullen wijzigen.

$$\text{Transportkost}_g = u'U + (d_1D_1 + d_2D_2) + Z_g \quad (2)$$

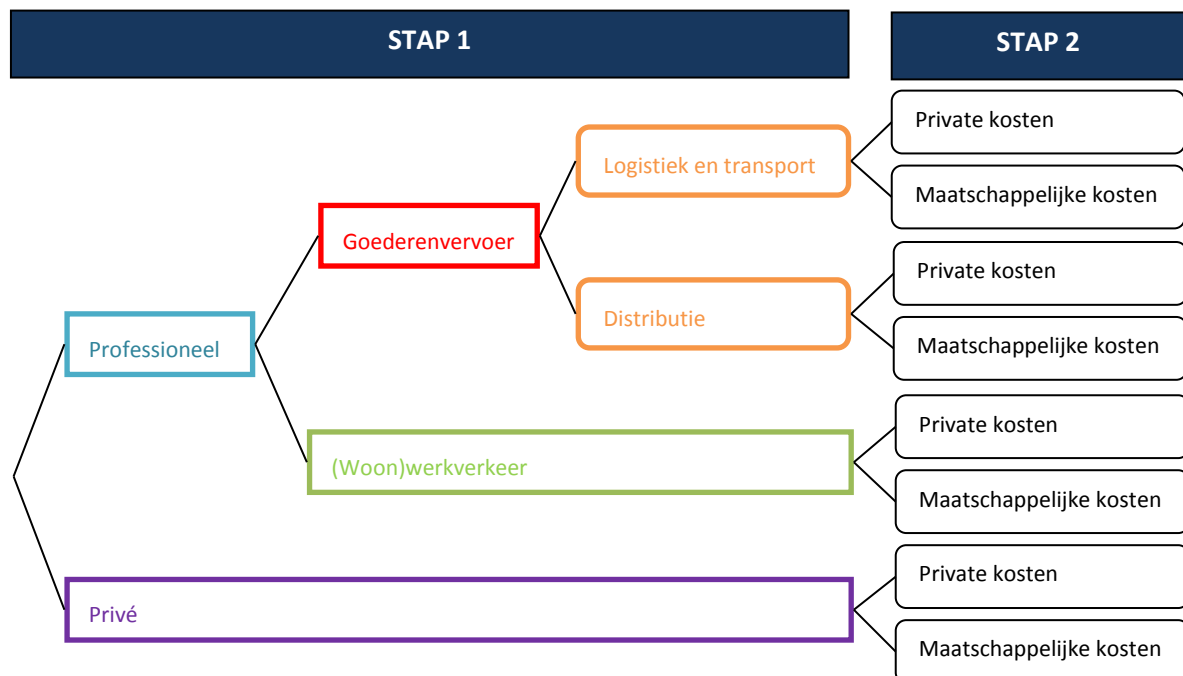
Voor **personenvervoer** zal de externe kost echter nog steeds doorgerekend worden aan de hand van een vignet²² (hetwelk vervat zit in de term Z). Indien overgegaan worden naar een systeem met kilometerheffing, moet variabele d verder verfijnd worden.

$$\text{Transportkost}_p = uU + dD + Z_p \quad (3)$$

2.2 Uitwerking van model

Het model zal worden opgebouwd in verschillende stappen. Allereerst zal gekeken worden naar de wegingsfactor van de verschillende elementen die betrokken zijn in een congestiesituatie (stap 1). Daarna zal bekeken worden welke kosten de verschillende voertuigcategorieën veroorzaken (stap 2). Figuur 10 geeft schematisch een overzicht van de vier mogelijke voertuigcategorieën (logistiek en transport, distributie, (woon)werkverkeer en privé).

Figuur 10: Schematisch overzicht voertuigcategorieën



Bron: Eigen samenstelling

²² In de veronderstelling dat de nieuwe regering vooralsnog opteert voor kilometerheffing.

2.2.1 STAP 1 - Wegingsfactor van de verschillende betrokkenen

Aangezien kan worden aangetoond dat verschillende weggebruikers verschillende kosten ervaren, is het in de eerste plaats belangrijk in te schatten welke weggebruikers er in de file staan.

Vragen die bij deze eerste stap gesteld dienen te worden zijn dan ook:

- Hoeveel wagens zijn er betrokken bij de file? Dit aantal bepaalt immers de afstandskosten van de volledige file.
- Hoeveel personen zitten er gemiddeld in de betrokken wagens? Dit heeft een invloed op de totale tijdskost van de file.
- Tot welke categorie van weggebruikers behoren deze wagens/personen?

Deze concrete vragen worden in de eerste stap omgezet in een formule:

$$\text{Kost van een file} = \alpha Q K_G + \beta Q K_W + \gamma Q K_P \quad (4)$$

$$\text{Kost van een file} = (\alpha_1 Q K_{LT} + \alpha_2 Q K_D) + \beta Q K_W + \gamma Q K_P \quad (5)$$

$$\text{Kost van een file} = Q[(\alpha_1 K_{LT} + \alpha_2 K_D) + \beta K_W + \gamma K_P] \quad (6)$$

Waarbij Q = aantal voertuigen betrokken
 $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ = aandeel van goederenvervoer
 waarbij α_1 = aandeel van logistiek en transport
 α_2 = aandeel van distributie
 β = aandeel van (woon)werkverkeer
 γ = aandeel van privéverkeer

K_G = kost voor goederenvervoer
 waarbij K_{LT} = kost voor logistiek en transport
 K_D = kost voor distributie

K_W = kost voor (woon)werkverkeer
 K_P = kost voor privéverkeer

In de eerste stap van het proces zullen de waarden voor de parameters Q , α (α_1 en α_2), β en γ achterhaald worden.

- Bepalen van Q (aantal betrokken voertuigen): door middel van de **lengte van de file** in verband te brengen met de **gemiddelde lengte van een vrachtwagen, bestelwagen en personenwagen** kan het aantal betrokken voertuigen berekend worden.

De lengte van de file kan oplopen naargelang de duurtijd van de file.

Onder "duurtijd" kunnen twee dingen verstaan worden: "de tijd die nodig is om met een voertuig van het einde tot het begin van de file te rijden" of "de tijd die verstrijkt vooraleer de blokkering op de weg opgeheven is". Voor de eerste omschrijving zal de term "doorlooptijd" gebruikt worden, voor de andere omschrijving wordt gekozen voor "blokkeringstijd".

Aan de hand van de blokkeringstijd kan ook het aantal betrokken voertuigen berekend worden: door te kijken hoeveel voertuigen er gemiddeld gedurende die tijd een punt zouden kunnen passeren, aan een gemiddelde snelheid per voertuig.

- Bepalen van het **aandeel van de verschillende categorieën**: door middel van data voor verschillende tijdstippen (werkdag/vrije dag – piek/dal) en plaatsen (snelweg/stedelijk gebied).

2.2.2 STAP 2 – Kosten voor de verschillende voertuigcategorieën

In een volgende stap zal bekeken worden hoe de kosten voor de verschillende weggebruikers (K_{LT} , K_D , K_W en K_P) berekend moeten worden.

Hierbij worden verschillende kostenonderdelen meegenomen, gebaseerd op eerder beschreven redenering:

- Private kosten:
 - Directe kosten = (extra) transportkosten – volgens de basisformule
 - Indirecte kosten = kosten voor herplanning, herbeleving, ...
- Maatschappelijke kosten = uitstootkosten

Formule (6) kan dan, analoog aan Figuur 10, verder uitgewerkt worden als volgt:

$$Q[(\alpha_1 (K_{LTpk} + K_{LTmk}) + \alpha_2 (K_{Dpk} + K_{Dmk}) + \beta (K_{Wpk} + K_{Wmk}) + \gamma (K_{Ppk} + K_{Pmk}))] \quad (7)$$

Waarbij	K_{LTpk} = private kost voor logistiek en transport
	K_{LTmk} = maatschappelijke kost voor logistiek en transport
	K_{Dpk} = private kost voor distributie
	K_{Dmk} = maatschappelijk kost voor distributie
	K_{Wpk} = private kost voor (woon)werkverkeer
	K_{Wmk} = private kost voor (woon)werkverkeer
	K_{Ppk} = private kost voor privéverkeer
	K_{Pmk} = maatschappelijke kost voor privéverkeer

2.2.2.1 STAP 2: Private kosten

De eerste component van de private kost is de interne, directe kost. Hiervoor wordt teruggegrepen naar de basisformule:

$$Transportkost = u'U + (d_1D_1 + d_2D_2) + Z \quad (8)$$

Belangrijk hierbij in het achterhoofd te houden is dat in dit model niet gekeken wordt naar de totale transportkost, maar naar de kost van een file, i.e. de extra transportkost wanneer het voertuig zijn snelheid moet doen dalen en daardoor dus langer onderweg is om dezelfde afstand te overbruggen.

Bijkomende directe transportkosten zijn in alle gevallen de volgende: extra tijdskosten, extra brandstofkosten²³. Hoeveel deze extra kosten bedragen, is wel voor de voertuigcategorieën of betrokken personen verschillend.

- Extra tijdskosten zijn afhankelijk van de hoeveelheid extra rijtijd en het **uurloon** (voor professioneel verkeer) of de **tijds waarde** (voor privéverkeer) die daarmee gepaard gaat.

Extra rijtijd = gemiddelde snelheid bij vlotte verkeersdoorstroming – gemiddelde snelheid bij congestie

⇒ het uurloon blijft hetzelfde (u onveranderd), enkel de rijtijd verhoogt (ΔU)

- Extra brandstofkosten zijn afhankelijk van de **(gemiddelde) prijs van de brandstof**, het **(gemiddelde) verbruik van het voertuig** en de afgelegde afstand.

Zoals echter bovenstaand vermeld, zal de afgelegde afstand in een congestiesituatie dezelfde zijn als wanneer het voertuig niet in file zou staan. Toch zal het brandstofverbruik hoger liggen doordat de wagen langer onderweg is en de motor dus langer draait²⁴. De bijkomende brandstofkosten zullen dus weergegeven worden doordat de kilometercoëfficiënt (d_1) wijzigt. Op d_2 en D_2 (die gerelateerd zijn aan de kilometerheffing) heeft de file geen impact.

⇒ de gereden afstand blijft dezelfde (D_1), de kilometercoëfficiënt wijzigt (Δd_1).

$$\Rightarrow \text{Extra transportkosten} = u \Delta U + \Delta d_1 D_1 \quad (9)$$

De tweede component van de private kosten zijn de externe, directe kosten. Een extra voertuig op het transportnetwerk zal, zoals aangegeven in sectie 1.4, ook voor andere weggebruikers extra vertraging en dus tijdverlies veroorzaken.

De derde en laatste component van de private kosten zijn de indirecte kosten.

Deze kosten kwantificeren is echter in de praktijk zeer moeilijk²⁵. De kosten kunnen erg verschillen en in bepaalde gevallen heel hoog oplopen. Verder hangt de hoogte van deze kosten immers ook niet (altijd) samen met het type of de waarde van de goederen.

Bijvoorbeeld: wanneer binnen een bedrijf één onderdeel niet tijdig toekomt, kan een volledige productie stilliggen. Dat onderdeel kan evengoed laagwaardig, maar toch cruciaal zijn voor het vlot verlopen van een productieproces.

²³ Andere kostenposten (interest & afschrijving, verzekering, verkeersbelasting, boetes) blijven ongewijzigd. Tijdens het rondetafelgesprek (dd. 16 juni 2014) werd gesteld dat vooral de (hoog)dringendheid van de goederen en/of het belang voor het productieproces speelt en dit niet noodzakelijk de waarde van de goederen reflecteert.

²⁴ Dankzij het eerder vernoemde start/stop-systeem zullen sommige (personen)wagens echter geen extra brandstofverbruik hebben. Voor vrachtwagens is het verbruik ook afhankelijk van het type vrachtwagen. Tankwagens, betonmixers, koelwagens... verbruiken immers steeds brandstof omwille van de externe systemen die aangedreven moeten worden.

²⁵ In Nederland, maar ook in andere landen, gebeurt het kwantificeren van indirecte kosten aan de hand van onderzoek naar de waarde van onbetrouwbaarheid. Stated preference onderzoek leent zich hiervoor. Echter, in Vlaanderen werd een dergelijke oefening nog niet uitgevoerd. Het verdient dan ook de aanbeveling.

2.2.2.2 STAP 2: Maatschappelijke kosten

Voertuigen veroorzaken ook kosten voor het milieu en de maatschappij. Deze kunnen zeer verregaand zijn wat ook kwantificering moeilijk maakt. Omdat echter deze kosten niet over het hoofd gezien mogen worden, neemt het model de kosten van uitstoot mee, zijnde geluidsoverlast en uitstoot van schadelijke stoffen. Daarnaast zullen ook de ongevalskosten meegenomen worden.

De uitstoot van schadelijke stoffen van een voertuig is onder andere afhankelijk van het verbruik van het voertuig en het type brandstof. Het verbruik wordt dan weer bepaald door karakteristieken van het voertuig (leeftijd, grootte motor in cc, enz.) en de snelheid (Maerivoet & Yperman, 2008).

Ook is het geluid (of de geluidsoverlast) die een vrachtwagen produceert niet dezelfde als dat van een personenwagen. Hier zijn karakteristieken van het voertuig, de gereden snelheid en de kwaliteit van het wegdek bepalende factoren.

Wanneer de kosten voor de verschillende weggebruikers (K_{LT} , K_D , K_W en K_P) berekend worden, kan volgende formule dus gehanteerd worden:

$$\left. \begin{array}{l} K_{LT} \\ K_D \\ K_W \\ K_P \end{array} \right\} (u \Delta U + \Delta d_1 D_1) + I + M \quad (10)$$

Waarbij:

- Private kosten:
 - $u \Delta U + \Delta d_1 D_1$ = Directe kosten = (extra) transportkosten
 - I = Indirecte kosten = kosten voor herplanning, herbeleving, ...
- M = Maatschappelijke kosten = uitstootkosten

Bovenstaande formule (10) toont aan dat voor de verschillende voertuigcategorieën de kostenposten dezelfde zijn, alleen zal de waarde ervan anders liggen omdat verschillende parameters gelden. Zo zijn gemiddelde snelheid, gemiddeld verbruik, uurloon of tijdswaarde niet hetzelfde voor elke betrokkene en dit heeft zijn invloed op de kosten.

Totale kost van een file

$$\begin{aligned} &= Q[(\alpha_1(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_{LT} + \alpha_2(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_D) \\ &+ \beta(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_W + \gamma(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_P] \end{aligned} \quad (11)$$

Deel 3 - Toepassing: Congestie in Vlaanderen

Bij de ontwikkeling van het model werd gekozen voor de uitwerking van een generiek model waarbij abstractie gemaakt wordt van waar of wanneer de file zich voordoet. Wanneer het model toegepast dient te worden op de Vlaamse congestiesituatie, is het van belang na te gaan of zulk een uitgebreid model accuraat is. Daarom wordt eerst de congestiesituatie in Vlaanderen beschreven waarna invulling voor de (nodige) parameters gezocht wordt.

3.1 Vlaamse congestiesituatie

Ook voor Vlaanderen moet eerst te worden nagegaan waar de files zich voordoen: op het hoofdwegennet, onderliggend wegennet en/of in steden. Verder moet in kaart worden gebracht in hoeverre Vlaanderen slachtoffer is van niet-structurele congestie.

3.1.1 Congestie op het hoofdwegennet (i.e. autosnelwegen)

De congestie op het hoofdwegennet wordt in beeld gebracht a.d.h.v. meerdere indicatoren, nl. de filezwaarte, congestiekaarten en voertuigverliesuren. In Vlaanderen zijn daartoe in het wegdek lusdetectoren ingebed waarvoor een dekkingsgraad van bijna 90% geldt (in % van de totale lengte van het snelwegennet) (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2009). Dit maakt dat er rondom verkeer en dus ook congestie op autosnelwegen veel data beschikbaar zijn.

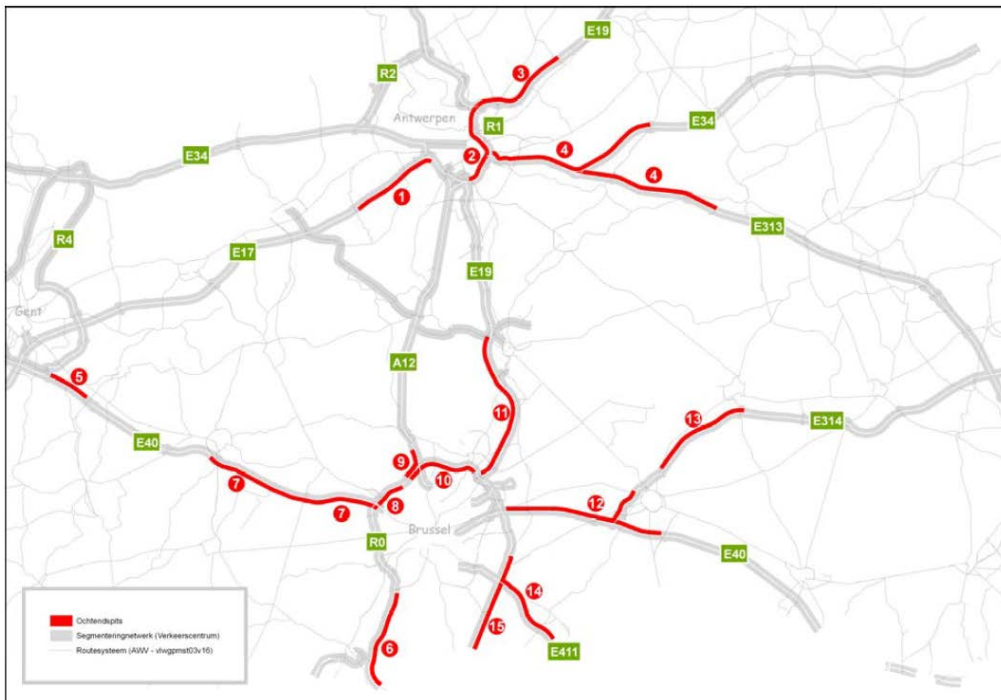
Eerder (in sectie 1.3.2) werd al aangegeven dat door de vervanging van de enkelvoudige detectoren door dubbelvoudige detectoren voor de meest recente jaren geen verliesuren berekend kunnen worden. Echter, de afgelopen jaren steeg het aantal verliesuren, en dit vooral in de buurt van grote steden.

De indicator filezwaarte²⁶ kon wel worden weergegeven en Figuur 8 geeft dan ook aan dat de filezwaarte voor het Vlaamse hoofdwegennet sterk is toegenomen. Een stijging van het voortschrijdend jaargemiddelde van 267 kilometeruren in 2007 tot 445 kilometeruren eind 2012 betekent een stijging van 67%. Ook de situatie in Antwerpen en Brussel toont niet veel verbetering.

Congestiekaarten voor Vlaanderen (Figuur 11 en Figuur 12) geven de locatie van de structurele files tijdens de ochtendspits resp. de avondspits weer. Hieruit blijkt dat de structurele files op het hoofdwegennet vooral geconcentreerd zijn rond de ringwegen van Antwerpen en Brussel. Echter, het Vlaamse wegennet is zo opgebouwd dat vele wegen uitkomen op de ringwegen rond grote steden en dat daar de capaciteit niet meer verhoogd werd sinds de jaren '60-'70. Hierdoor zal ook filevorming optreden op deze assen, hoewel de capaciteit ervan op zich wel voldoende groot is.

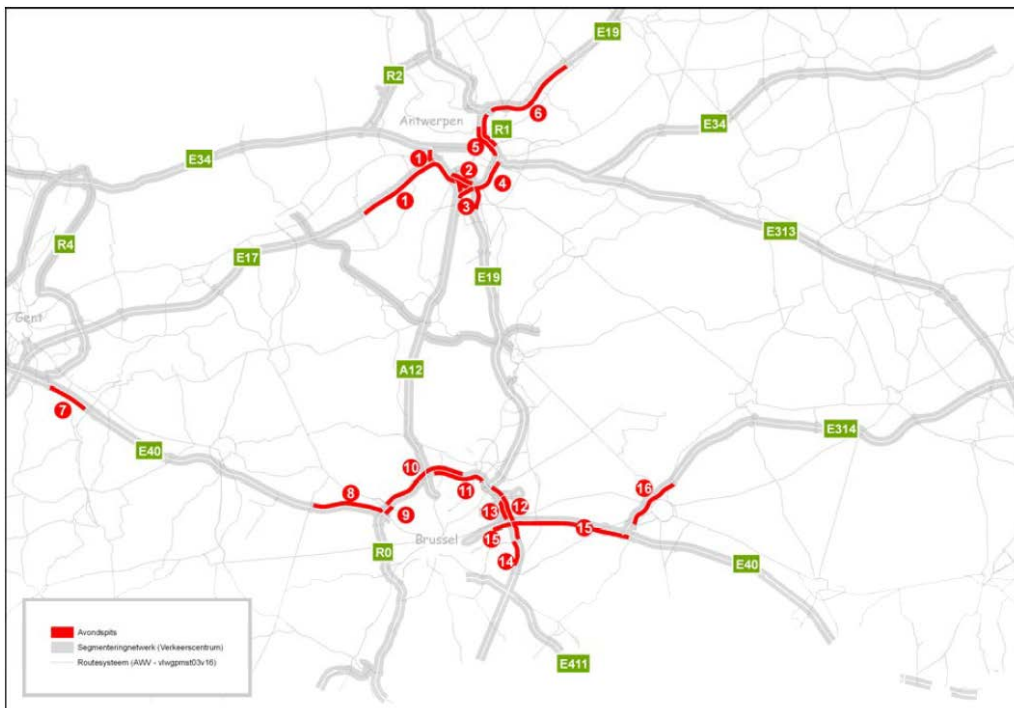
²⁶ Wat betreft filezwaarte, is er ook data beschikbaar omtrent het procentueel aandeel van verschillende wegen in de totale filezwaarte.

Figuur 11: Locatie van de structurele filevorming op het hoofdwegenetwerk tijdens de ochtendspits



Bron: Verkeersindicatoren hoofdwegenet Vlaanderen 2013 (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2014)

Figuur 12: Locatie van de structurele filevorming op het hoofdwegenetwerk tijdens de avondspits



Bron: Verkeersindicatoren hoofdwegenet Vlaanderen 2013 (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2014)

De website van het Verkeerscentrum Vlaanderen biedt verder een interactieve toepassing waar de filelengte al naargelang het tijdstip van de dag²⁷ kan worden weergegeven.

²⁷ Kaarten kunnen per kwartier gegenereerd worden.

3.1.2 Congestie op het onderliggend wegennet

Daar waar voor het hoofdwegennet veel data beschikbaar zijn door de installatie van lusdetectoren, ligt de situatie voor het onderliggend wegennet anders. Ook hier werden detectoren ingebed in het wegdek, maar de dekkingsgraad daarvan is veel lager: voor slechts een kleine 20% van de totale lengte van het wegennet kunnen data opgevraagd worden aan de hand van de detectoren (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2009).

Daarnaast worden voor het onderliggend wegennet ook cijfers verzameld door privéinstanties zoals Be-Mobile en TomTom, maar deze data zijn echter niet publiek beschikbaar.

Een studie die wel tracht de situatie op de Vlaamse onderliggende wegen in kaart te brengen, is deze van Maerivoet en Yperman (2008). Hierin wordt een idee gegeven van de congestievorming op het onderliggend regionaal wegennetwerk in verhouding tot congestie op het hoofdwegennet.

Het regionaal wegennet wordt in deze studie omschreven als:

“Het geheel van de gewest- en provinciewegen²⁸ (N nummers) die de verschillende steden met elkaar verbinden, inclusief de ringwegen met R nummers groter of gelijk aan 10”

Met behulp van het REMOVE-model maken Maerivoet en Yperman (2008), op basis van cijfers voor 2007 een schatting voor 2020. De indicatoren die worden gebruikt zijn de verliestijden (in seconden/km) en de voertuigverliesuren (in voertuiguren/uur) (zie Tabel 1 en Tabel 2). Voertuigverliesuren worden berekend aan de hand van de volgende formule:

$$VVU = (q \cdot V) / 3600 \quad (12)$$

waarbij:

V = de verliestijd in seconden/km

q = de verkeersvolumes, die worden uitgedrukt in voertuigkm/uur

De voertuigverliesuren die in de studie van Maerivoet & Yperman (2008) worden berekend zijn de voertuigverliesuren/uur, m.a.w. de totale tijdsverliezen die alle voertuigen op een gemiddeld uur oplopen. Vermenigvuldiging met 8.760 (aantal uren per jaar) levert dan ook een schatting op voor het totale aantal voertuigverliesuren per jaar, geaggregeerd over alle voertuigcategorieën.

De cijfers van Maerivoet & Yperman (2008) zijn reeds enigszins gedateerd, maar desondanks relevant als de bevindingen voor het hoofdwegennetwerk vergeleken worden met deze op het regionaal wegennetwerk. Tijdens het rondetafelgesprek werd aangegeven dat voor Vlaanderen vanaf 2014 opnieuw verliesuren zullen worden berekend dankzij de ingebruikname van de dubbelvoudige lusdetectoren (die de enkelvoudige slangdetectoren vervangen). Dit zal bijdragen tot het verhogen van de betrouwbaarheid van de recente data.

²⁸ Op 1 januari 2009 werden de bovenlokale provinciewegen overgedragen aan het Vlaamse Gewest. Het zijn nu gewestwegen. Op 1 oktober 2008 werden de provinciewegen met een lokale functie reeds overgedragen aan de gemeenten en zijn nu gemeentewegen. (<http://www.vlaamsbrabant.be/verkeer-mobiliteit/wegen/wie-beheert-welke-weg/index.jsp>).

Tabel 1: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het hoofdwegennet

Regio	Verliestijd (seconden/km)	VVU (voertuig- uren/uur)	Verliestijd (seconden/km)	VVU (voertuig- uren/uur)
	2007	2007	2020	2020
Gewest Vlaanderen	3,5	4.334	4,4	6.358
Gewest Wallonië	2,0	1.700	2,3	2.242
Gewest Brussel	8,6	198	11,5	335
Agglomeratie Antwerpen	3,9	387	4,9	565
Agglomeratie Gent	1,9	122	2,3	173
Agglomeratie Luik	0,8	47	1,1	86

Bron: Maerivoet en Yperman (2008)

Tabel 2: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het regionaal wegennet

Regio	Verliestijd (seconden/km)	VVU (voertuig- uren/uur)	Verliestijd (seconden/km)	VVU (voertuig- uren/uur)
	2007	2007	2020	2020
Gewest Vlaanderen	9,1	12.625	10,6	16.858
Gewest Wallonië	3,4	4.018	3,9	5.353
Gewest Brussel	6,3	925	7,9	1.471
Agglomeratie Antwerpen	14	887	17	1.240
Agglomeratie Gent	8,8	237	11	341
Agglomeratie Luik	7,4	458	9,3	728

Bron: Maerivoet en Yperman (2008)

Uit Tabel 1 en Tabel 2 kan worden opgemaakt dat het totale aantal verliesuren dat wordt gepresenteerd in elke regio hoger is voor het regionale wegennet dan voor het hoofdwegennet. Dit is enerzijds te wijten aan de hogere verliestijden op het regionale wegennet, maar anderzijds krijgt het regionale wegennet ook zeer grote verkeersvolumes te verwerken in bepaalde regio's (gemeten in voertuigkm per uur).

Formule 12, waarmee voertuigverliesuren te bepalen uit de verliestijden per km berekend werden, laat toe om terug te rekenen naar de verkeersvolumes die door Maerivoet en Yperman (2008) werden bepaald. De formule dient daartoe te worden herschreven als volgt:

$$q = (3600 \cdot VVU) / V \quad (13)$$

De berekende waarden voor q op het hoofdwegennet en het regionaal wegennet worden weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Vergelijking van de gemiddelde verkeersvolumes op het hoofdwegennet en het regionaal wegennet voor 2007 en 2020

Regio	Hoofdwegennet (voertuigkm/uur)	Regionaal wegennet (voertuigkm/uur)	Hoofdwegennet (voertuigkm/uur)	Regionaal wegennet (voertuigkm/uur)
	2007	2007	2020	2020
Gewest Vlaanderen	4.457.829	4.994.505	5.202.000	5.725.358
Gewest Wallonië	3.060.000	4.254.353	3.509.217	4.941.231
Gewest Brussel	82.884	528.571	104.870	670.329
Agglomeratie Antwerpen	375.231	228.086	415.102	262.588
Agglomeratie Gent	231.158	96.955	270.783	111.600
Agglomeratie Luik	211.500	222.811	281.455	281.806

Bron: Maerivoet en Yperman (2008)

Uit de cijfers blijkt dat voor alle regio's, behalve de agglomeraties Antwerpen en Gent, het regionaal wegennet grotere volumes te verwerken krijgt dan het hoofdwegennet, zowel in de cijfers van 2007 als de voorspelling voor 2020.

3.1.3 Stedelijke congestie

Het feit dat steden veel verkeer te verwerken krijgen door de economische activiteit die er gevestigd is (Christidis & Ibanez-Rivas, 2012) en dat lokaal verkeer er zich mengt met doorgaand verkeer, maakt dat stedelijke congestie bestaat en ook in Vlaanderen een probleem vormt.

Echter, ook in Vlaanderen lopen zowel hoofdwegen als regionale wegen langs en door steden. Antwerpen en Brussel zijn hiervan duidelijke voorbeelden met de grote ringwegen, maar ook in andere Vlaamse steden (zoals Gent, Hasselt, Mechelen, Leuven, Kortrijk) is dit het geval. Daardoor is het fenomeen "stedelijke congestie" moeilijk af te bakenen en zijn data hieromtrent lastig te verkrijgen. Private bedrijven zoals TomTom en INRIX rapporteren over congestie in steden: beiden publiceren een index die uitdrukt hoeveel hoger de reistijden liggen tijdens de piekperiodes, in vergelijking met een onbelast wegennetwerk.

TomTom publiceert echter enkel gegevens over steden met meer dan 800.000 inwoners en Europese hoofdsteden met minder dan 800.000 inwoners, terwijl INRIX focust op die steden waar de vertragingen het grootst zijn. In de TomTom Congestion Index is daarom enkel Brussel opgenomen, hoewel voor het jaar 2013 op de TomTom-website ook cijfers voor Antwerpen en Luik worden gepresenteerd. In de INRIX Traffic Scorecard komen zowel Antwerpen als Brussel aan bod. Andere Vlaamse steden worden niet in aanmerking genomen. (TomTom, 2013; TomTom, 2014; INRIX, 2014).

Tabel 4: Congestiecijfers voor Brussel, Antwerpen en Luik

Cijfers tweede kwartaal 2013	Brussel	Antwerpen	Luik
Congestie-index (gemiddeld index cijfer)	34%	28%	16%
Ochtendspits	71%	62%	33%
Avondspits	92%	79%	36%
Snelwegen	30%	27%	10%
Niet-snelwegen	37%	32%	25%

Bron: Tom Tom's Traffic Index (TomTom, 2013)

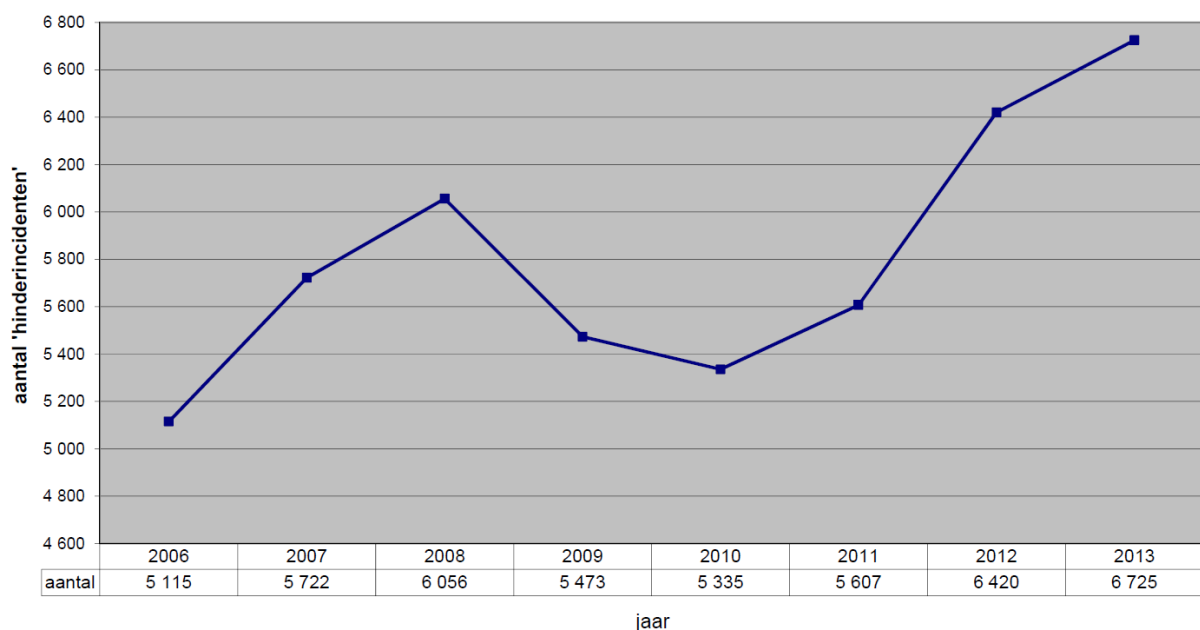
Tabel 4 geeft cijfers weer op basis van TomTom's Traffic Index, die verkeersopstoppingen in stedelijke gebieden rapporteert. Daaruit blijkt dat de gemiddelde files in Brussel verder zijn toegenomen. Gebaseerd op cijfers van het tweede kwartaal van 2013, is nu een indexcijfer van 34% gemeten in Brussel, wat betekent dat een rit in Brussel gemiddeld 34% langer duurt door congestie. Voor Antwerpen werd een gemiddeld indexcijfer van 28% gemeten en voor Luik 16%.

Wanneer dit cijfer naar tijd en ruimte verfijnd wordt, valt af te lezen dat voor de drie steden de avondspits veel gevoeliger is dan de ochtendspits. Ook blijken files op snelwegen (i.e. hoofdwegen) beter mee te vallen dan op andere wegen (i.e. onderliggend regionaal wegennet).

3.1.4 Niet-structurele congestie

Doordat de oorzaken van niet-structurele congestie zo divers zijn (slechte weersomstandigheden, tijdelijke wegenwerken, ongevallen) is niet-structurele congestie moeilijk te meten en is ook het aandeel daarvan ten opzichte van structurele congestie moeilijk te kwantificeren. Het aantal hinderincidenten op het Vlaamse hoofdwegennet geeft echter wel een indicatie van de ernst van het probleem. Figuur 13 geeft weer dat de afgelopen jaren een enorme toename in aantal hinderincidenten²⁹ genoteerd kan worden.

Figuur 13: Evolutie aantal geregistreerde 'hinderincidenten' op jaarbasis (Hoofdwegennet Vlaanderen 00:00-24:00)



Bron: Verkeersindicatoren hoofdwegennet Vlaanderen 2013 (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2014)

Daarnaast kan ook de gemiddelde maximale filelengte aangeven in hoeverre niet-structurele files voorkomen. Maximale filelengte wordt namelijk gedefinieerd als de lengte van de files in Vlaanderen op dat moment van de dag dat de totale gecumuleerde filelengte het grootst is. Het bestaan van sterke uitschieters ten opzichte van het gemiddelde toont hierbij aan dat niet-structurele files een belangrijk deel uitmaken van de totale filekost. Data van het Vlaams Verkeerscentrum (Verkeersindicatorenrapport 2013) geven een overzicht van zulke uitschieters en halen daarbij ook de oorzaak aan. Hieruit blijkt dat weersomstandigheden ongevallen in de hand werken waardoor de situatie escaleert. Ook andere redenen zoals een treinstaking zorgen voor langere files.

²⁹ Hinderincidenten wordt door Verkeerscentrum Vlaanderen (2014) omschreven als volgt: "niet geplande voorvallen op de weg of met andere woorden een mix van verkeersongevallen, ladingverlies, versperde rijstroken (met uitzondering van wegenwerken) etc." Gedetailleerdere data (per weg en rijrichting) is tevens beschikbaar.

Tabel 5: Grootste max. gecumuleerde filelengte met dagen en kenmerken (2013)

Dag	Maximale gecumuleerde filelengte Vlaanderen (km) (van 0:00 tot 24:00)	Kenmerken
Dinsdag 12 maart 2013	658	Sneeuw ochtendspits + veel ongevallen
Maandag 11 maart 2013	593	Sneeuw avonds spits + veel ongevallen
Dinsdag 23 november 2013	375	Cumulatie van ongevallen (1 ^{ste} dag na lang weekend)
Dinsdag 5 november 2013	366	Treinstaking + regenweer
Donderdag 10 oktober 2013	361	Regenweer
Dinsdag 21 mei 2013	357	Hevige regenbuien (1 ^{ste} dag na lang weekend)
Donderdag 23 mei 2013	345	Hevige regenbuien
Maandag 21 oktober 2013	341	/
Dinsdag 19 november 2013	334	Miezerweer
Maandag 13 mei 2013	328	Zware ongevallen in regio Antwerpen en regio Brussel (Liefkenshoek tolvrij + afsluiting E40 Affligem-Aalst tussen 8u30 en 17u)
Gemiddelde maximale filelengte op werkdag buiten de schoolvakantie	204	

Bron: Verkeersindicatoren hoofdwegennet Vlaanderen 2013 (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2014)

Hoewel het exacte belang van niet-structurele files moeilijk kwantificeerbaar is, mag de omvang ervan in Vlaanderen zeker niet onderschat worden.

3.2 Berekening congestiekost Vlaanderen

Uit sectie 3.1 blijkt dat ook in Vlaanderen verschillende soorten files vast te stellen zijn. Aangezien het onderscheid moeilijk te maken valt, is ook Vlaanderen gebaat met de berekening van de filekost waarbij abstractie gemaakt wordt van waar of wanneer de file zich voordoet. Het voorgestelde generieke model zal dus in zijn totaliteit, inclusief alle parameters, voor Vlaanderen ingevuld worden.

Totale kost van een file

$$\begin{aligned}
 &= Q[(\alpha_1(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_{LT} + \alpha_2(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_D) \\
 &+ \beta(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_W + \gamma(u\Delta U + \Delta d_1 D_1 + I + M)_P]
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

3.2.1 Dataverzameling (voor Vlaanderen)

Allereerst moet dus, aan de hand van de stappen omschreven in sectie 2.3 een oplisting gemaakt worden van de benodigde data. Om deze overzichtelijk weer te geven, zal teruggerepen worden naar de eerder vernoemde stappen.

STAP 1 – Bepalen van het aantal betrokken wagens (Q) en fracties van verschillende voertuigen (α , β en γ)

Aantal betrokken wagens (Q)

Hoeveel wagens bij de file betrokken zijn, is afhankelijk van twee factoren: de lengte van de file en de lengte van de voertuigen. Daarbij dient uiteraard de afstand tussen de voertuigen ook in acht genomen te worden. Indirect zal de plaats van de file ook meespelen; zo zullen bij een file op een autosnelweg met twee of drie rijstroken meer voertuigen betrokken zijn dan wanneer een file zich manifesteert op een gewestweg met maar één rijstrook.

- De lengte van de file is een parameter die situatie-specifiek is en dus voor elke file afzonderlijk gegeven zal worden.

Wanneer de lengte van de voertuigen beschouwd wordt, wordt deze vaak uitgedrukt in personenauto-equivalenten (pae)³⁰. Een rapport van het Verkeerscentrum Vlaanderen (2014) verwijst naar een pae van 1,5 voor lichte vrachtwagens en 2 voor zware vrachtwagens. Gezien de toepassing in Vlaanderen, zal in dit onderzoek ook de waarde 2 gehanteerd worden.

- Omdat voertuigen uiteraard afstand bewaren wanneer ze zich in het verkeer begeven, is het ook van belang dit mee te nemen. De waarde die hiervoor gehanteerd kan worden, is de veilige remafstand. Deze is gerelateerd aan de snelheid waarmee het voertuig zich verplaatst en is ook afhankelijk van de staat van het wegdek (i.e. droog of nat wegdek³¹). Echter, wanneer de remafstand als maatstaf wordt genomen, wordt de reactietijd³² over het hoofd gezien. Bij de stopafstand wordt hiermee wel rekening gehouden wat maakt dat dit een betere maatstaf is om mee te nemen. De stopafstand is dus ook gerelateerd aan de snelheid waarmee het voertuig zich verplaatst en de staat van het wegdek. Stopafstanden voor verschillende snelheden zijn terug te vinden in bijlage 3.
- Om de stopafstand nu toe te wijzen aan de verschillende voertuigsoorten gebruikt in het generieke model (i.e. vrachtwagen, bestelwagen of personenauto), wordt gekeken naar de gemiddelde snelheid van dit type voertuigen. Deze gemiddelde snelheid is verschillend naargelang het soort wegennet (hoofdwegennet, onderliggend wegennet of stedelijk wegennet) waarop het voertuig zich bevindt. Terugvallend op de studie van Christidis & Ibanez-Rivas (2012) kan de snelheid op deze drie typen wegennet als volgt worden beschreven:
 - Stedelijk wegennet (binnen bebouwde kom): < 50 km/u
 - Onderliggend wegennet (buiten bebouwde kom): > 80 km/u en < 100 km/u
 - Hoofdwegennet: > 100 km/u

Dit kan gerelateerd worden aan de maximumsnelheden die op die types wegen gereden mag worden. Ook hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen de types voertuigen aangezien vrachtwagens op snelwegen slechts 90 km/u mogen rijden waar er voor personenwagens een maximumsnelheid van 120 km/u geldt.

Het BIVV (2013) noteert dat op wegen waar een maximumsnelheid van 50 km/u geldt, personenwagens gemiddeld 52,5 km/u rijden. Gemiddelde snelheden op wegen met een maximumsnelheid van 70 of 90 km/u liggen respectievelijk op 71,9 km/u en 82,1 km/u.

De studie van het BIVV (2013) omvat echter geen data omtrent vrachtwagens. Hoewel uit bovenstaande gegevens reeds blijkt dat de maximumsnelheid niet steeds gerespecteerd wordt door voertuigen, blijkt dat de gemiddelde snelheden toch vaak zeer dicht aanleunen bij de maximumsnelheden. Daarom wordt ervan uitgegaan dat ook voor vrachtwagens

³⁰ In de literatuur worden verschillende waarden voor naar voren geschoven. De Pauw et al. (2014) verwijst naar onderzoek uitgevoerd door Transportation Research Board, National Research Council (2010) waarin vrachtwagens en bussen gelijk gesteld worden aan 1,5 keer de lengte van een personenwagen. Een Europese Richtlijn (1999) geeft aan dat voor pae de maximumwaarde 4 mag bedragen. Desalniettemin gebruikt CE Delft et al. (2008) voor de bepaling van congestiekosten voor het wegvervoer een set van hogere pae's. (bv. trekkeroplegger een pae van 4,7). De gevoeligheidsanalyse toont aan dat de totale congestiekosten voor goederenvervoer aanzienlijk lager uitvallen in vergelijking met personenvervoer. In de gevoeligheidsanalyse werd met een pae van 2,2 voor goederenvervoer gewerkt, wat in lijn ligt met de gekozen waarde voor Vlaanderen.

³¹ Op een nat wegdek wordt de remafstand groter. Bij een zeer nat wegdek, is er geen remspoortekening waardoor de remafstand exponentieel toeneemt.

³² De reactietijd is de tijdsduur die verstrijkt vanaf het opmerken van een hindernis tot het op volle druk komen van de remmen van het voertuig. Literatuur toont aan dat door 98% van de bestuurders een reactietijd van 0,83 seconden wordt bereikt. (Christiaens, D., 2014). Hierbij worden uiteraard niet-geïntoxiceerde bestuurders bedoeld.

hetzelfde geldt en de gemiddelde snelheid voor vrachtwagens op het onderliggend wegennet dus hetzelfde bedraagt als die van personenwagens.

Wat betreft Belgische autosnelwegen (i.e. hoofdwegennet), schrijft het BIVV (2012) dat de gemiddelde voertuigsnelheid (voor personenwagens en bestelwagens) buiten de spits³³, dus onder normale verkeersomstandigheden, 117,9 km/u bedraagt. De gemiddelde snelheid van vrachtwagens daarentegen bedraagt 89,2 km/u en ligt daarmee net onder de voor deze voertuigen geldende maximumsnelheid.

Tabel 6 geeft de gemiddelde snelheden en daaraan gekoppelde stopafstanden weer.

Tabel 6: Gemiddelde snelheid en daarmee gepaard gaande stopafstand

Maximumsnelheid		Gemiddelde snelheid (km/u)	Stopafstand droog wegdek	Stopafstand nat wegdek
Max. 50 km/u	Personen- en vrachtwagen	52,5	+/- 26,8 m	+/- 31,4 m
Max. 70 km/u		71,9	+/- 44,7 m	+/- 53,8 m
Max. 90 km/u		82,1	+/- 55,1 m	+/- 67,0 m
Max. 120 km/u	Personenwagen	117,9	+/- 74 m	+/- 134,3 m
	Vrachtwagen	89,2	+/- 66,7	+/- 81,8

Bron: BIVV (2012 & 2013)

Hoewel deze stopafstanden bij hoge snelheden zeer groot lijken, mag ervan uitgegaan worden dat ze toch realistisch zijn wanneer we ze toetsen aan de veiligheidsafstand. Het BIVV (2012 & 2013) haalt aan dat in de Wegcode geen duidelijke kwantitatieve regel opgenomen is met betrekking tot de veiligheidsafstand die personenwagens moeten aanhouden. Volgens artikel 10 van de Wegcode moet de bestuurder "rekening houdend met zijn snelheid tussen zijn voertuig en zijn voorligger een voldoende veiligheidsafstand houden". De bestuurder moet tevens "in alle omstandigheden kunnen stoppen voor een hindernis die kan worden voorzien". Het BIVV (2012&2013) gaat dus uit van de regel die in Frankrijk geldt en als richtlijn ook in België wordt aanbevolen, zijnde een verschil van twee seconden met de voorligger. Wanneer een voertuig 30 km/u rijdt, is die afstand 17 meter en bij 90 km/u is het 50 meter. Voor een voertuig met een snelheid van 120 km/u komt dit overeen met een afstand van 67 meter.

Vrachtwagens zijn het enige voertuigtype waarvoor wel een cijfermatige regel bestaat in de Wegcode. Volgens artikel 18 moeten vrachtwagens namelijk een onderlinge afstand van ten minste 50 meter aanhouden, wat overeenkomt met de 2 secondenregel die in Frankrijk geldt.

Tabel 7 geeft de veiligheidsafstanden voor de verschillende gemiddelde snelheden weer.

³³ In het weekend worden zeer stabiele snelheden gemeten. Door de week neemt de snelheid overdag echter af, vooral tijdens de spitsuren. Zelfs als de spitsuren niet in aanmerking worden genomen, speelt de verkeersdichtheid onmiskenbaar een rol in deze snelheidsdaling. 's Nachts ligt de snelheid op weekdays hoger dan in het weekend, net als op de andere wegtypes. (BIVV, 2012)

Tabel 7: Gemiddelde snelheid en daarmee gepaard gaande veiligheidsafstand

Maximumsnelheid		Gemiddelde snelheid (km/u)	Veiligheidsafstand (2 secondenregel) rekening houdend met gemiddelde snelheid (m)
Max. 50 km/u	Personen- en vrachtwagens	52,5	29,17
Max. 70 km/u		71,9	39,94
Max. 90 km/u		82,1	45,61
Max. 120 km/u	Personenwagen	117,9	65,50
	Vrachtwagen	89,2	49,56

Bron: Eigen berekening

Wanneer Tabel 6 en Tabel 7 dan samengenomen worden, gelden volgende gemiddelde afstanden per voertuig op een droog wegdek: 28 meter bij een maximumsnelheid van 50 km/u, 42 meter bij een maximumsnelheid van 70 km/u, 50 meter bij een maximumsnelheid van 90 km/u en 70 meter voor personenwagens en 58 meter voor vrachtwagens bij een maximumsnelheid van 120 km/u.

Fracties van verschillende voertuigen (α , β en γ)

Hoewel de som van deze fracties steeds 1 (of 100%) bedraagt, zullen de fracties van de verschillende voertuigen verschillen in de tijd.

Verkeerstellingen van 2005 (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2007) geven cijfers over de gemiddelde verkeerssamenstelling in Vlaanderen in 2005 weer zoals aangegeven in Tabel 8. Wanneer abstractie gemaakt wordt van andere vervoersmiddelen zoals motoren en bussen, worden resultaten zoals aangegeven in Tabel 9 bekomen.

Tabel 8: Verkeerssamenstelling op hoofdwegenet en onderliggend wegenet Vlaanderen (voor 2005) (%)

	Hoofdwegenet (autosnelwegen)			Onderliggend wegenet		
	Werkdag	Zaterdag	Zondag	Werkdag	Zaterdag	Zondag
Personenwagens	70,46	85,50	87,44	77,93	84,60	87,13
Bestelwagens	9,08	8,70	8,30	11,27	10,55	9,12
Vrachtwagens (gelede en ongelede)	19,46	4,45	1,97	8,37	2,82	1,3
Andere (motor, bus, ...)	1,00	1,35	2,29	2,43	2,03	2,45

Bron: Verkeerstellingen van 2005 (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2007)

Tabel 9: Verkeerssamenstelling op hoofdwegenet en onderliggend wegenet Vlaanderen (voor 2005), motoren en bussen buiten beschouwing gelaten (%)

	Hoofdwegenet (autosnelwegen)			Onderliggend wegenet		
	Werkdag	Zaterdag	Zondag	Werkdag	Zaterdag	Zondag
Personenwagens	71,17	86,67	89,49	79,87	86,35	89,32
Bestelwagens	9,17	8,82	8,49	11,55	10,77	9,35
Vrachtwagens (gelede en ongelede)	19,66	4,51	2,02	8,58	2,88	1,33

Bron: Eigen berekening op basis van Verkeerstellingen van 2005 (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2007)

Aangezien deze cijfers reeds van 2005 dateren, kunnen ze achterhaald zijn. Daarom worden ze geverifieerd aan de hand van cijfers voor het hoofdwegennet voor 2013 (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2014). Daarin worden enerzijds de 40 wegvakken met hoogst aantal vrachtwagens per dag en anderzijds de 40 wegvakken met hoogst niet-vrachtwagens³⁴ per dag weergegeven. Acht wegvakken³⁵ komen voor in beide tabellen en op basis daarvan kan het percentage vrachtwagens en niet-vrachtwagens dan berekend worden. De resultaten zijn te vinden in Tabel 10. Hieruit blijkt dat het percentage vrachtwagens ook in 2013 op de drukste wegvakken rond de 19% ligt, wat maakt dat besloten kan worden dat de cijfers uit 2005 nog betrouwbaar zijn.

Tabel 10: Aantal vrachtwagens en niet-vrachtwagens op 8 drukste wegvakken

Wegvakken	TOTAAL	niet-vrachtwagens	vrachtwagens	% vrachtwagens
Berchem>Borgerhout	137.346	112.340	25.006	18,21
Borgerhout>Antwerpen-Oost	134.294	110.262	24.032	17,9
Borgerhout>Berchem	128.374	104.215	24.159	18,82
Borgerhout tussen afrit en oprit (buitenring)	121.610	97.825	23.785	19,56
Antwerpen-Zuid>Berchem	121.044	96.850	24.194	19,99
Berchem>Antwerpen-Zuid	117.099	93.545	23.554	20,11
Deurne>Antwerpen-Oost	105.627	86.248	19.379	18,35
oprit E313>oprit Borgerhout (binnenring)	106.277	85.144	21.133	19,88
Antwerpen-Oost>Deurne	103.324	84.930	18.394	17,8
Gemiddeld percentage vrachtwagens				18,96

Bron: Eigen berekening op basis van Verkeerscentrum Vlaanderen (2014)

Naast de verschillen tussen werkdagen en weekenddagen, zullen de fracties ook veranderen afhankelijk van het moment van de dag. Op werkdagen zal tijdens de piekuren³⁶ het aandeel van het (woon)werkverkeer (β) bijvoorbeeld veel hoger liggen dan tijdens de daluren terwijl het omgekeerde geldt voor het aandeel privéverkeer (γ). Het aandeel van vrachtwagens (α_1) en bestelwagens (α_2) wordt verondersteld gelijk te blijven.

Om nu de onderverdeling te maken tussen personenwagens die gebruikt worden voor (woon)werkverkeer enerzijds en privéverkeer anderzijds, kan een beroep gedaan worden op schattingen uit onderzoek van Verhetsel, Vanoutrive & Zijlstra (2014). In hun studie wordt het begrip dat hier “(woon)werkverkeer” is, opgedeeld in verkeer tussen de woonst en het werk en verkeer dat voor het werk onderweg is. Uit de resultaten van Verhetsel et al. (2014) blijkt dat gedurende de ochtendspits – die hier gezien wordt als verkeer tussen 06u00 en 09u00 – 36% van het totale verkeer vertegenwoordigd wordt door woon-werkverkeer en dat 2,5% van het totale verkeer doorheen de ganse dag met werkdoeleinden onderweg is. Dezelfde percentages kunnen aangehouden worden voor de avondspits (hier tussen 16u00 en 19u00) zodat ervan uitgegaan kan worden dat 38,5% van het totale verkeer (woon)werkverkeer is.

³⁴ Onder niet-vrachtwagens worden de personenwagens en bestelwagens geklasseerd (m.a.w. voertuigen met een maximale lengte van 6,9m) terwijl onder vrachtwagens de voertuigen met een lengte van meer dan 6,9m verstaan worden, zowel gelede als ongelede vrachtwagens. (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2014)

³⁵ Deze acht wegvakken zijn: “Berchem>Borgerhout”, “Borgerhout>Antwerpen-Oost”, “Borgerhout>Berchem”, “Borgerhout tussen afrit en oprit (buitenring)”, “Antwerpen-Zuid>Berchem”, “Berchem>Antwerpen-Zuid”, “Deurne>Antwerpen-Oost”, “oprit E313>oprit Borgerhout (binnenring)” en “Antwerpen-Oost>Deurne”.

³⁶ Onder “piekuren” worden de ochtendspits en avondspits verstaan. De ochtendspits is het (drukkere) verkeer tussen 07u00 en 09u00, terwijl de avondspits plaatsvindt tussen 16u00 en 18u00. (Agentschap Wegen en Verkeer, 2014)

De studie geeft niet apart weer hoeveel het aandeel van (woon)werkverkeer gedurende de daluren bedraagt. Wel wordt het globale aandeel van woon-werkverkeer in alle verplaatsingen aangehaald als zijnde 11,4%. Zoals reeds vermeld, vindt een groot deel hiervan (72%) plaats gedurende de zes uren ochtend- en avondspits. Het aandeel (woon)werkverkeer tijdens de daluren bedraagt dus 3,2%. Dit aandeel moet dan nog vermeerderd worden met de 2,5% verkeer dat voor werkdoeleinden onderweg is waardoor het (woon)werkverkeer gedurende de daluren kan geschat worden op 5,7%.

Wat weekenddagen betreft, wordt in deze paper uitgegaan van het feit dat het aandeel (woon)werkverkeer aanzienlijk lager is, ongeacht bedrijfsactiviteiten met continue dienstverlening zoals industrie, politie, brandweer, ziekenhuizen. Een kengetal variërend tussen 0 en 5,7 is aangewezen.

Samengevat, kunnen de fracties α_1 , α_2 , β en γ voor de twee soorten wegennetwerken worden weergegeven als volgt (Tabel 11 en Tabel 12):

Tabel 11: Fracties verschillende voertuigcategorieën voor het hoofdwegennet (%)

Hoofdwegennet	Piekuren werkdag	Daluren werkdag	Zaterdag	Zon- en feestdag
Vrachtwagens (α_1)	19	19	5	2
Bestelwagens (α_2)	9	9	9	8
(Woon)werkverkeer (β)	38,5	5,7	0 – 5,7	0 – 5,7
Privéverkeer (γ)	33,5	66,3	86	90

Bron: Eigen berekening op basis van FOD Mobiliteit en Vervoer (2007) en Verhetsel et al. (2014)

Tabel 12: Fracties verschillende voertuigcategorieën voor het onderliggend wegennet

Onderliggend wegennet	Piekuren werkdag	Daluren werkdag	Zaterdag	Zon- en feestdag
Vrachtwagens (α_1)	9	9	3	1
Bestelwagens (α_2)	12	12	11	9
(Woon)werkverkeer (β)	38,5	5,7	0	0
Privéverkeer (γ)	40,5	73,3	86	90

Bron: Eigen berekening op basis van FOD Mobiliteit en Vervoer (2007) en Verhetsel et al. (2014)

STAP 2 – Kosten voor de verschillende voertuigcategorieën

Nu de parameters voor het aantal betrokken wagens en de fracties van de voertuigcategorieën zijn weergegeven, kan voor elke voertuigcategorie bekeken worden welke kosten een file met zich meebrengt. Naar analogie met sectie 1.4 worden deze kosten onderverdeeld in enerzijds private kosten, direct of indirect, en anderzijds maatschappelijke kosten.

Voor het berekenen van de kosten voor de verschillende voertuigcategorieën wordt een beroep gedaan op data uit het Kengetallenboek van de Standaardmethodiek voor MBKA (Vlaamse Overheid, 2013). Dit gebeurt om een eerste stap te zetten naar standaardisering van modellen binnen Vlaanderen.

Private kosten (1): Directe kosten – extra transportkosten

De directe, private kosten omvatten kosten die onbetwistbaar aan de congestiesituatie toegewezen kunnen worden. Deze omvatten de (extra) transportkosten, die kunnen worden onderverdeeld in een tijds-kost en een kilometerkost, die gedragen worden door diegene die bij de file betrokken is.

Tijdskosten

Om zicht te krijgen op de tijdskosten zal, zoals eerder aangegeven, de basisformule van Blauwens et al. (2012) toegepast worden waarbij tijdskosten berekend kunnen worden op basis van een uurcoëfficiënt (u) en de verstreken tijd (U). In de opbouw van het model (sectie 2.2.2) werd reeds aangegeven dat de uurcoëfficiënt niet zal wijzigen door de congestiesituatie, maar de tijd die verstrijkt wel zal oplopen. Echter, de uurcoëfficiënt zoals weergegeven door Blauwens et al. (2012) dient wel geactualiseerd te worden zodat deze toepasbaar is op de verschillende voertuigcategorieën.

Wat betreft de wijziging van de verstreken tijd (ΔU) moet bekeken worden hoeveel tijd men langer onderweg is, wat afhankelijk is van de normale snelheid waarmee men het traject kon afleggen en de snelheid waarmee het verkeer zich in de filesituatie verplaatst.

- De normale snelheid waarmee men het traject zou afleggen, kan ingeschat worden op basis van de normale gemiddelde snelheid van het voertuig. Dit werd eerder weergegeven in Tabel 6 en Tabel 7) (zie stap 1).
- De snelheid waarmee het verkeer zich in de filesituatie verplaatst, wordt voor elke file in Vlaanderen aangegeven door het Verkeerscentrum.

Om de tijdskosten verder te berekenen, dient de extra rijtijd vermenigvuldigd te worden met de uurcoëfficiënt (u). Deze omvat intrest en afschrijving (vast tarief); verzekering; verkeersbelastingen; uurloon (incl. alle premies en heffingen); andere kosten (zoals gebouwen, management, administratie) en is dus voor elk van de voertuigcategorieën verschillend. Zo zal bijvoorbeeld de verzekeringskost van een personenwagen verschillen met die van een vrachtwagen. Ook de uurlonen kunnen verschillen, zelfs binnen het goederenvervoer (bv. vrachtwagen type, nationaal vervoer, internationaal vervoer en vervoer van gevaarlijk goed).

- Wat betreft goederenvervoer, dient een onderscheid gemaakt te worden tussen de uurcoëfficiënt van lichte vracht (distributie met voertuigen met een maximaal toegelaten massa van minder dan 12 ton) en zwaar vervoer (getypeerd door een trekker-trailercombinatie met een maximaal toegelaten massa van 40 ton). Voor deze categorieën voertuigen zijn in het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) waarden van respectievelijk €34,07/uur en €36,40/uur terug te vinden. Analoog aan de redenering van Blauwens et al. (2012) omvatten deze waarden de loonkosten en onkosten van de chauffeur, overheadkosten, verzekeringen, voertuigbelastingen en 50% van de afschrijvings- en financieringskosten van het voertuig.

Deze waarden reflecteren het prijspeil in 2010 en dienen dus te worden geïndexeerd. Hiervoor werd beroep gedaan op inflatiecijfers, gerapporteerd door de Nationale Bank van België (2014). Na indexering bedraagt de uurcoëfficiënten voor licht vervoer dan € 36,59/uur en voor zwaar vervoer € 39,09/uur.

- Wat betreft personenwagens, drukt het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) de tijds waarde voor personen met verschillende reismotieven uit als zijnde €33,1/uur voor zakelijk verkeer, €9,6/uur voor woonwerkverkeer en €6,6/uur voor personenverkeer met andere motieven. Ook deze cijfers moeten geïndexeerd worden wat resulteert in waarden van €35,55/uur voor zakelijk verkeer, €10,31/uur voor verkeer met werkdoeleinden en €7,09/uur voor privéverkeer. In voorliggende studie wordt het personenverkeer dat met andere motieven onderweg is, als “privéverkeer” beschouwd. Het zakelijk en werkverkeer wordt echter onder de noemer “(woon)werkverkeer” samengenomen en daarvoor zal dus een tijds waarde van €11,95/uur gekozen worden. Deze waarde werd berekend door een gewogen

gemiddelde te nemen van beide waardes, gebaseerd op het aandeel zakelijk en werkverkeer zoals weergegeven door Verhetsel et al. (2014).

Tabel 13 vat de uurcoëfficiënten voor de verschillende voertuigcategorieën samen.

Tabel 13: Uurcoëfficiënt (2013) voor verschillende voertuigcategorieën

	Uurcoëfficiënt
Lichte vracht	36,59
Zware vracht	39,09
(Woon)werkverkeer	11,95
Privéverkeer	7,09

Bron: Eigen berekening o.b.v. Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013)

Belangrijk is dat, naast deze berekening van uurcoëfficiënt (u) en extra verstreken tijd (ΔU) ook rekening wordt gehouden met het feit dat de tijdkost beïnvloed wordt door de bezettingsgraad van het voertuig. De tijdkost moet namelijk vermenigvuldigd worden met het aantal personen per voertuig.

- Volgens verkeerstellingen in 2005 (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2007), bedroeg het gemiddeld aantal personen in een personenwagen voor Vlaanderen 1,418 en voor België 1,392. Dit laatste cijfer kan echter nog uitgesplitst worden naar het type van weg, zoals aangegeven in Tabel 14.

Uit Tabel 21 valt echter ook af te leiden dat het aantal personen per voertuig daalde in de loop der jaren. Daarom is het nuttig om zo recent mogelijke cijfers te hanteren. Verkeerstellingen uit 2009 (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2011) geven weer dat in 2009 het aantal personen per voertuig nog verder daalde tot een gemiddelde van 1,349 personen per voertuig voor Vlaanderen en 1,373 voor België. Ook hier wordt de opsplitsing naar verschillende soorten wegen gemaakt (zie Tabel 15)

Tabel 14: Bezettingsgraad per voertuig (1995 - 2005)

	Vlaanderen	België			
		Globaal	Hoofdwegennet	Regionale en provinciewegen	Lokale wegen
1995	1,493	1,458	1,525	1,456	1,370
1996	1,499	1,441	1,507	1,440	1,349
1997	1,478	1,447	1,513	1,446	1,357
1998	1,448	1,435	1,492	1,437	1,349
1999	1,430	1,419	1,465	1,424	1,342
2000	1,424	1,419	1,472	1,423	1,334
2001	1,424	1,417	1,477	1,417	1,326
2002	1,424	1,414	1,455	1,424	1,336
2003	1,424	1,394	1,438	1,404	1,310
2004	1,424	1,394	1,427	1,408	1,318
2005	1,418	1,392	1,436	1,399	1,313

Bron: Verkeerstellingen 2005 (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2007)

Tabel 15: Bezettingsgraad per voertuig 2009 (België en Vlaanderen)

2009	Globaal	Hoofdwegennet	Andere N-wegen	Gemeentewegen
België	1,373	1,420	1,380	1,300
Vlaanderen	1,349	1,400	1,350	1,270

Bron: Verkeerstellingen 2009 (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2011)

Brandstofkosten

De formule van Blauwens et al. (2012) omvat naast tijdskosten ook afstandsgebonden kosten. In een congestiesituatie zullen de brandstofkosten namelijk oplopen doordat de motor van het voertuig langer draait dan wanneer het voertuig dezelfde afstand zou afleggen onder normale verkeersomstandigheden.

Met andere woorden, analoog aan wat voor de tijdskosten beschreven werd, zal nu de kilometercoëfficiënt wijzigen (Δd) terwijl de gereden afstand (D) identiek blijft. De formule van Blauwens et al. (2012) werd, rekening houdend met de invoering van een kilometerheffing, nog verder opgedeeld in kilometercoëfficiënten d_1 en d_2 en de gereden afstand wordt ook opgedeeld in een afstand waar de kilometerheffing wel (D_2) of niet (D_1) van toepassing is. De congestiesituatie zal impact hebben op de kilometercoëfficiënt d_1 terwijl de andere variabelen (d_2 , D_1 en D_2) ongewijzigd blijven.

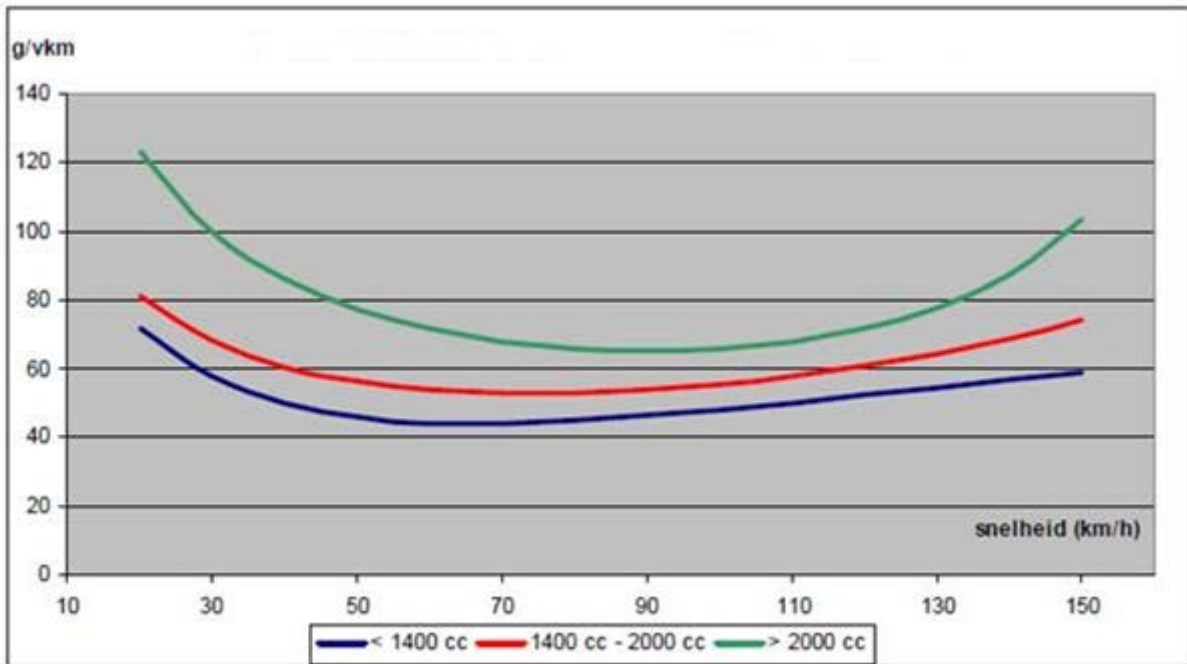
Er wordt uitgegaan van het feit dat de gereden afstand bij een congestiesituatie dezelfde blijft. Uiteraard bestaat de kans dat chauffeurs de file gaan vermijden en een alternatieve (langere) route gaan nemen wat wel impact heeft op de afgelegde afstand voor hetzelfde traject. Het is echter onmogelijk om in te schatten welke routes genomen zouden worden door welke chauffeurs omdat dit zeer situatiegebonden is. Stel dat er op de kortste alternatieve route zich ook een file vormt, dan zal de extra afgelegde afstand oplopen. Bovendien werd tijdens het rondetafelgesprek vermeld dat dat uitwijkgedrag (of sluijverkeer) nooit loont. Om deze redenen zullen uitwijkkosten niet worden meegenomen in deze studie en blijft de stelling dat de afgelegde afstand ongewijzigd blijft in een congestiesituatie overeind.

Wat betreft de kilometercoëfficiënt, dienen ook eerst de waarden geactualiseerd worden alvorens het extra brandstofverbruik ingecaluleerd kan worden.

- Conform Blauwens (2012) wordt voor de kilometercoëfficiënt van het goederenvervoer interest en afschrijving, brandstofkost, kost voor banden en onderhoudskosten in rekening genomen. Het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) hanteert voor 2010 hiervoor een waarde van €24,28 per 100 vkm voor lichte vracht en €50,05 per 100 vkm voor zware vracht. Na indexatie worden dan waarden van respectievelijk €26,08 per 100 vkm (of €0,26/vkm) en €53,72 per 100 vkm (of €0,54/vkm) bekomen.
- Voor personenvervoer worden enkel de brandstofkosten (excl. BTW) weergegeven. Uiteraard liggen kilometergebonden kosten voor personenwagens hoger dan enkel de brandstofkosten. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan slijtage van de banden en verhoogde onderhoudskosten door congestiesituaties. Echter, aangezien deze minimaal zullen zijn in verhouding tot de brandstofkosten zal hiervan abstractie gemaakt worden. De brandstofkosten (excl. BTW) bedragen €9,39 per 100 vkm voor benzine wagens en €6,16 per 100 vkm voor diesel wagens. Inclusief 21% BTW en na indexatie komt dit overeen met waarden van respectievelijk €12,20 per 100 vkm (of 0,12/vkm) en €8,01 per 100 vkm (of 0,08/vkm).

Zoals aangegeven is enkel actualisatie van de kilometercoëfficiënt niet voldoende. Door betrokken te zijn bij een file, zal een wagen zijn motor langer laten draaien en zal zijn motor meer verbruiken omdat de gereden snelheid zal dalen (zie Figuur 14). Dit houdt in dat de brandstofkosten hoger zullen liggen en dus ook zijn kilometercoëfficiënt (d) zal wijzigen.

Figuur 14: Brandstofverbruik van benzineauto's (per cc-klasse)



Bron: Maerivoet en Yperman (2008)

Hoeveel hoger de brandstofkosten zullen liggen, is afhankelijk van het verbruik van (de motor van) het voertuig en van de prijs van de brandstof. In een filesituatie zal de rijnsnelheid afnemen en deze daling is afhankelijk van de normale gemiddelde snelheid van het voertuig (zie Tabel 6) en de snelheid waarmee het verkeer zich nu beweegt (die voor elke file telkens vermeld zal worden door de bevoegde instanties (bv. Verkeerscentrum,...)).

Aan de hand van het verschil in snelheid, kan een kengetal berekend worden om een indicatie te geven van het extra verbruikte aantal liter brandstof gevonden kan worden. Wanneer dit vermenigvuldigd wordt met de brandstofprijs die op het moment van de file geldt, is de extra brandstofkost door de congestie gekend.

- Het kengetal kan berekend worden door de normale gemiddelde snelheid (Tabel 6 en Tabel 7), de gemiddelde snelheid in de file (gegeven door instanties) en de filelengte samen te nemen.
- Het verbruik van een voertuig wordt uitgedrukt in liter per voertuigkilometer en daaromtrent zijn in het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) volgende waarden vermeld:

Tabel 16: Brandstofverbruik verschillende voertuigcategorieën

	Verbruik (l/100 vkm)
Lichte vrachtwagen	14,00
Zware vrachtwagen	34,30
Personenwagen – benzine	7,80
Personenwagen – diesel	6,20

Bron: Vlaamse Overheid (2013)

- De gemiddelde brandstofprijzen die geldig zijn op het moment van de congestiesituatie zijn online te vinden (bv. www.vab.be/reizen/europesewegeninfo/brandstofprijzen).

De berekening van het kengetal houdt in dat er wordt gekeken hoeveel extra kilometers het voertuig, onder vlotte verkeersdoorstroming, zou afgelegd hebben in de tijdsperiode dat het stilstond in de file³⁷. Dit wordt verduidelijkt met een voorbeeld: stel dat er op de autosnelweg een file ontstaat van 15 km. Een vrachtwagen zou deze 15 km normaal afleggen tegen gemiddeld 90 km/u en dat zou 10 minuten in beslag nemen. Door de file daalde de gereden snelheid echter tot 10 km/u wat inhoudt dat dezelfde vrachtwagen nu 90 minuten nodig heeft om de 15 km af te leggen. Hij is dus 80 minuten langer onderweg en op die 80 minuten zou hij, tegen zijn normale gemiddelde snelheid, reeds 120 km verder op zijn traject zijn. Het kengetal bedraagt in dit geval dus 120 (extra kilometers).

Dit kengetal geeft samen met het verbruik en de brandstofprijs een indicatie van de extra brandstofkost. Het voorbeeld kan dus verder uitgewerkt worden als volgt:

- De vrachtwagen gebruikte daarbij 16,8 liter extra brandstof wanneer het om lichte vracht gaat en 41,16 liter wanneer het om zware vracht gaat.
- Wanneer de vrachtwagen diesel als brandstof gebruikt en de prijs van diesel is op dat moment €1,45 per liter, zou dit overeenkomen met een extra kost van €24, 36 voor lichte vracht en €59,68 voor zware vracht.

Deze informatie moet bij goederenvervoer³⁸ nu nog verwerkt worden in de kilometercoëfficiënt.

Analoog aan Blauwens et al. (2012) gaan we uit van volgende kostencomponenten: interest en afschrijving (variabel tarief); brandstof; banden; onderhoud, herstelling en boetes. En dit aan de percentages zoals weergegeven in Tabel 17.

Tabel 17: Aandeel van kostencomponenten in kilometercoëfficiënt

	Data zoals in Blauwens et al. (2012)		Aandeel van kosten in kilometercoëfficiënt	Berekeningen op basis van Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013)	
	€/km	€/100 vkm		Lichte vracht €/100 vkm	Zware vracht €/100 vkm
Interest en afschrijving (variabel tarief)	0,04	4,00	13,33%	3,48	7,16
Brandstof	0,22	22,00	73,33%	19,13	39,39
Banden	0,01	1,00	3,33%	0,87	1,79
Onderhoud, herstelling en boetes	0,03	3,00	10,00%	2,61	5,37
TOTAAL (kilometercoëfficiënt)	0,30	30,00		26,08	53,72

Bron: Eigen berekening o.b.v. Blauwens et al. (2012) en Vlaamse overheid (2013)

³⁷ Het verbruik van voertuigen verschilt naargelang de snelheid. Het kengetal en de verdere berekening zou dus een overschatting kunnen zijn van de werkelijke extra brandstofkost. Echter, aangezien geen inschatting gemaakt kan worden van het werkelijk verbruik in een specifieke file, zal in deze paper de benadering door het kengetal gehanteerd worden.

³⁸ Zoals aangegeven zal voor personenvervoer enkel de extra brandstofkosten in rekening gebracht worden en dienen deze dus niet meer geïntegreerd te worden in een kilometercoëfficiënt.

- Voor lichte vracht zien we dat 100 vkm overeenkomen met €19,13 aan brandstofkosten, ook uit te drukken als €0,1913/vkm, terwijl dit voor zware vracht hoger ligt, namelijk op €0,3939/vkm. De normale brandstofkost voor de 15 km file zou dus voor lichte vracht €2,8695 bedragen en voor zware vracht €5,9085. Doordat de vrachtwagen echter de 15 km aflegde aan een lagere snelheid, zal het brandstofverbruik verhogen naar €27,2295 voor lichte vracht en €65,5885 voor zware vracht. Dit komt overeen met respectievelijk €1,8153/vkm en €4,3726/vkm. Door deze waarden in te vullen in Tabel 17, worden voor de kilometercoëfficiënt nieuwe waarden³⁹ bekomen die dan kunnen worden toegepast op de afgelegde afstand, zijnde 15 km (zie Tabel 18).

Tabel 18: Herberekende kilometercoëfficiënt, enkel van toepassing op specifieke filesituatie

	Berekeningen op basis van Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013)	
	Lichte vracht €/100 vkm	Zware vracht €/100 vkm
Interest en afschrijving (variabel tarief)	3,48	7,16
Brandstof	181,53	437,26
Banden	0,87	1,79
Onderhoud, herstelling en boetes	2,61	5,37
TOTAAL (kilometercoëfficiënt)	188,49	451,58

Bron: Eigen berekening o.b.v. Blauwens et al. (2012) en Vlaamse Overheid (2013)

Private kosten (2): Externe, directe kosten

Een extra voertuig op het transportnetwerk zal ook voor andere weggebruikers extra vertraging en dus tijdverlies veroorzaken. Ook hiermee gaan kosten gepaard die verschillend zijn qua voertuigcategorie, maar ook naargelang waar de vervoersprestatie geleverd wordt. In het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) zijn hiervoor volgende waarden terug te vinden:

Tabel 19: Externe, directe kosten wegvervoer (€)

(per 100 vkm)		Personenwagen en bestelwagen (< 3,5 ton)	Vrachtwagen (en bus)
Hoofdwegen Vlaamse Ruit	Piek	3,97	7,93
	Dal	3,43	6,86
Hoofdwegen buiten Vlaamse Ruit	Piek	2,82	5,64
	Dal	2,43	4,87
Regionaal wegennet	Piek	5,28	10,56
	Dal	3,09	6,19
Stedelijk wegennet	Piek	8,08	16,17
	Dal	2,72	5,44
Gemiddelde Vlaanderen		4,32	8,64

Bron: Vlaamse overheid (2013)

³⁹ Belangrijk hierbij is op te merken dat, zoals de titel van Tabel 18 al aangeeft, deze herberekende kilometercoëfficiënt enkel van toepassing is op de situatie waarbij de snelheid daalde naar 10 km/u en dit voor vrachtwagens die over een afstand van 15 km in de file staan. Bij andere parameters, zal de kilometercoëfficiënt anders liggen.

Echter, deze kosten zijn gerelateerd aan wegvervoer in het algemeen en niet specifiek aan een congestiesituatie. Wanneer een bestuurder in een file staat, zal de externe, directe kost niet toenemen. Wat betreft de filekost, kan de externe, directe kost dan ook genegeerd worden.

Private kosten (3): Indirecte kosten

Naast directe private kosten, zal een congestiesituatie ook indirecte private kosten met zich meebrengen.

Bestemmingen van vervoerde goederen kunnen bijvoorbeeld hun levering laattijdig ontvangen waardoor hun voorraad of productieproces in gedrang komt of ze zelfs geconfronteerd worden met neen-verkopen. Daarnaast kunnen bepaalde goederen (zoals bederfbare etenswaren) ontwaarden. Ook chauffeurs in personenwagens kunnen (ongewild) indirecte kosten veroorzaken doordat ze bijvoorbeeld bepaalde afspraken niet halen en daardoor hun gesprekspartner laten wachten of hun afspraak moeten verzetten wat tijdskosten voor de tegenpartij met zich meebrengt.

Dit alles heeft te maken met het feit dat door de congestiesituatie het verkeer – of beter de reistijd – onbetrouwbaar wordt. Het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) haalt aan dat bij een toename van congestie een opslag van 25% op de kosten van de stijging van de verliestijden toegepast kan worden.

Bovendien kunnen deze indirecte gevolgen op hun beurt ook consequenties inhouden. Hierbij kan gedacht worden aan de administratieve diensten van bedrijven die overuren moeten maken om de planning te herzien. Gezien dit sneeuwbaaleffect, kunnen de indirecte private kosten zeer hoog oplopen en mogen dus niet genegeerd worden. Echter, het inschatten van deze kosten is, mede door de omvang en de complexe samenstelling ervan, zeer moeilijk.

Ook kunnen er geen indicatoren aangeduid worden. Aan de hand van proxy-variabelen kan toch een inschatting gemaakt worden. De waarde of het type van de goederen kan bijvoorbeeld niet als indicator dienen omdat ook laagwaardige goederen zeer belangrijk kunnen zijn voor het productieproces van een bedrijf. Dit kan verduidelijkt worden met een voorbeeld: wanneer een groot producerend bedrijf zijn productie moet stilleggen omdat één van de machines een kunststoffen dichting mist, brengt dit zeer grote kosten met zich mee, hoewel voor de dichting normaal geen grote prijs betaald moet worden.

Maatschappelijke kosten

Onder de maatschappelijke kosten worden kosten verstaan die gedragen worden door de hele maatschappij. Zo kan het bestaan van wegverkeer in het algemeen bijvoorbeeld een impact hebben op de (on)veiligheid van een buurt, stad of regio. Ook het stressniveau van de inwoners en de woonomgeving worden beïnvloed door het verkeer. Deze kosten zijn, net als de indirecte private kosten, zeer omvangrijk en dus moeilijk in te schatten.

Maatschappelijke kosten die wel te kwantificeren zijn, zijn de effecten die wegverkeer en congestie hebben op het milieu. De uitstoot van schadelijke stoffen en geluid hebben een grote impact en worden, vooralsnog, niet door de veroorzaker vergoed, wat maakt dat de kosten onder de noemer “externe kosten” vallen.

Analoog aan Blauwens et al. (2012) dienen ook marginale ongevalskosten opgenomen te worden bij de maatschappelijke kosten.

De maatschappelijke kosten die opgelijst worden zijn, zoals reeds vermeld, niet enkel gerelateerd aan een congestiesituatie maar gelden ook bij normaal wegverkeer. Daarom zijn de kosten telkens uitgedrukt in euro per (100) voertuigkilometer. Om de maatschappelijke kosten dan toe te wijzen aan de congestiesituatie, kan telkens op dezelfde manier gewerkt worden, nl. aan de hand van het eerder genoemde kengetal.

Uitstoot schadelijke stoffen

Wegverkeer stoot bij de verbranding van brandstof meerdere soorten pollutanten uit. Hieronder vallen onder andere stikstofoxiden (NO_x), vluchtige organische stoffen, zwaveloxiden (SO₂), fijn stof, broeikasgassen (CO₂, CH₄ en N₂O), zware metalen, ...

Tabel 20 geeft een monetaire kost weer voor uitstoot van schadelijke stoffen per elke 100 voertuigkilometer die door een personenwagen, lichte vrachtwagen of zware vrachtwagen gereden worden op verschillende wegennetwerken. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen broeikasgassen en luchtvervuiling omdat bij luchtvervuiling, in tegenstelling tot bij broeikasgassen, de locatie van de emissies wel een rol speelt. De schade omvat hier immers gezondheidsproblemen en schade aan gebouwen en gewassen. De kosten voor deze luchtvervuiling dienen dan ook geïndexeerd te worden, wat niet het geval is bij de kosten ten gevolge van de uitstoot van broeikasgassen.

Het verbruik – en dus de uitstoot – van voertuigen verschilt echter naargelang de omstandigheden waarin het voertuig gebruikt wordt. Bijvoorbeeld de snelheid en de staat van het wegdek kunnen invloed hebben op het verbruik van een voertuig. Daarom is het van belang om ook de kosten uit te splitsen.

Tabel 20: Schade van emissies⁴⁰ van landmodi per (100) voertuigkilometer (€)

per 100 vkm		Directe emissie broeikasgassen 2010	Directe luchtvervuiling 2010	Indirecte emissie broeikasgassen 2010	Indirecte luchtvervuiling 2010
Personenwagen	Autosnelweg	0,348	0,758	0,050	0,474
	Stedelijk	0,525	2,809	0,075	0,706
	Landelijk	0,349	0,696	0,050	0,475
	Gemiddelde alle wegtypes	0,386	1,158	0,055	0,525
Lichte vrachtwagen	Autosnelweg	0,576	2,360	0,085	0,756
	Stedelijk	0,874	7,561	0,127	1,132
	Landelijk	0,709	3,164	0,102	0,915
	Gemiddelde alle wegtypes	0,718	3,985	0,104	0,931
Zware vrachtwagen	Autosnelweg	1,607	6,822	0,235	0,092
	Stedelijk	2,349	17,877	0,344	3,064
	Landelijk	1,840	7,883	0,269	2,399
	Gemiddelde alle wegtypes	1,859	9,344	0,271	2,423

Bron: Vlaamse Overheid (2013)

⁴⁰ Directe emissies zijn de uitstoot van de voertuigen. Onder indirecte emissies wordt slijtage van de remmen, de banden en het wegdek en opwaaiend stof veroorzaakt door het voertuig gerekend.

Hierbij dient te worden vermeld dat andere bronnen (zoals VMM, 2010) ook nog een verschil maken tussen de soorten brandstof die voertuigen gebruiken en dit omdat de uitstoot van bijvoorbeeld dieselwagens al anders is dan die van benzinewagens. Dit kan andere kosten opleveren wanneer gewerkt wordt met de waarden van het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013). Echter, de data die hieromtrent beschikbaar zijn, dateren reeds van 2008 en zijn dus ouder en mogelijk minder accuraat dan diegenen opgenomen in het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) waarvan de waarden gelden voor 2010. Daarom werd beslist om in voorliggende studie een beroep te doen op data uit het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013). Ter volledigheid wordt de data van VMM (2010) wel opgenomen in bijlage 4.

Uitstoot geluid

Verkeer stoot ook geluid uit, en het werd aangetoond dat geluid met een lage frequentie (zoals bij spoorvervoer en binnenvaart) minder hinderlijk is dan het continue geluid van wegvervoer. Het geluid dat wegvervoer produceert hangt niet enkel af van het aantal voertuigen, maar ook van andere factoren zoals het wegdek, het type banden, de snelheid waarmee het voertuig rijdt, enz. Zo stoten bijvoorbeeld benzinewagens minder geluid uit dan dieselwagens en maken vrachtwagens en bussen meer lawaai dan personenwagens. (VMM, 2010)

Het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) geeft waarden voor de marginale schade van geluidshinder per 100 voertuigkilometer (zie Tabel 21) en maakt daarbij een onderscheid tussen het type voertuig en de plaats waar de vervoersprestatie geleverd wordt.

Tabel 21: Marginale geluidskosten per voertuigkilometer (€/vkm)

	Landelijk verkeer (i.e. tussen steden)		Stedelijk verkeer		Gemiddeld	
	2010	Geïndexeerd naar 2013	2010	Geïndexeerd naar 2013	2010	Geïndexeerd naar 2013
Personenwagen	0,0180	0,0193	2,4220	2,6012	0,5230	0,5617
Lichte vracht (<12 ton)	0,0930	0,0999	12,1120	13,0083	2,8570	3,0684
Zware vracht (>12 ton)	0,1720	0,1847	22,2870	23,9362	4,1530	4,4603

Bron: Vlaamse Overheid (2013)

De vraag of een file meer geluidshinder veroorzaakt dan gewoon wegvervoer, is niet eenvoudig te beantwoorden. De auto's in een file rijden immers met een lagere snelheid en zouden dus minder geluid kunnen produceren dan wanneer ze tegen normale snelheid zouden passeren. Echter, doordat er congestie optreedt, zijn de wagens wel langer onderweg en veroorzaken ze dus geluidshinder voor een langere tijd.

Marginale ongevalskosten

Het Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013) drukt de marginale ongevalskosten uit per 100 voertuigkilometer (zie Tabel 22). Dit heeft uiteraard betrekking op wegvervoer in het algemeen, maar kan via het berekende kengetal ook berekend worden voor congestiesituaties. Vaak brengen deze namelijk ongevallen met zich mee door bv. wagens die inrijden op de staart van een file.

Tabel 22: Marginale ongevalskosten (€/100vkm)

		Marginale ongevalskosten	
		2010	Geïndexeerd naar 2013
Personenwagen	Snelwegen	2,14	2,30
	Andere wegen	4,42	4,75
	Alle wegen	3,62	3,89
Vrachtwagen	Snelwegen	3,15	3,38
	Andere wegen	5,10	5,48
	Alle wegen	3,86	4,15

Bron: Vlaamse Overheid (2013), incl. eigen berekeningen

3.2.2 Toepassing aan de hand van een voorbeeld

Om de mogelijkheden van het opgestelde model te tonen, wordt een voorbeeld van een bestaande filesituatie uitgewerkt. Touring Mobilis maakte op donderdag 19 juni 2014 om 9u23 melding van een file van 15,1 km op de E19 (A1) tussen Brecht en Kleine Bareel waarbij de gemiddelde snelheid 10 km/u bedroeg.

Informatie die hieruit afgeleid kan worden, is dat het om een file gaat op een werkdag gedurende de daluren op een snelweg (maximumsnelheid bedraagt 120 km/u) met 2 rijstroken.

Figuur 15: Fileinformatie zoals beschikbaar op de website van Touring



Aantal betrokken voertuigen en fracties

Uit Tabel 6 en Tabel 7 valt dan af te leiden dat voor wagens zonder snelheidsbegrenzing⁴¹ geldt dat gemiddeld 69 meter afstand aangehouden moet worden terwijl bij vrachtwagens (die zich wel aan een snelheidsbegrenzing moeten houden) een afstand van 58 meter geldt.

Tabel 11 leert dat het verkeersvolume gedurende de daluren op een werkdag op het hoofdwegennet voor 19% bestaat uit verkeer met snelheidsbegrenzing (vrachtwagens) en voor 81% uit verkeer zonder snelheidsbegrenzing (zijnde 9% bestelwagens, 5,7% (woon)werkverkeer en 66,3% privéverkeer).

De lengte van de file is 15,1 km (of 15.100 m). Dit wordt omgezet in aantal voertuigen door gebruik te maken van de personenwagenequivalent waarbij één vrachtwagen gelijk gesteld wordt aan twee personenwagens. Voor de personenwagens geldt een gemiddelde lengte van 4 meter.

Vrachtwagens dienen dus gerekend te worden aan 66 meter (8 meter lengte, incl. de te houden afstand van 58 meter) en wagens zonder snelheidsbegrenzing aan 74 meter (4 meter lengte, incl. de te houden afstand van 70 meter).

Met deze informatie kan voor de file van 15.100 meter het aantal betrokken voertuigen berekend worden als zijnde 208 wagens.

$$\begin{aligned}15100 &= 0,19Q (8 + 58) + 0,81 Q (4 + 70) \\15100 &= Q (12,54 + 59,94) \\Q &= \frac{15100}{72,48} = 208\end{aligned}$$

Wanneer daarop de fracties zoals weergegeven in Tabel 11 worden toegepast, kan aangenomen worden dat er per rijstrook 39 vrachtwagens, 19 bestelwagens, 12 personenwagens (woon)werkverkeer en 138 privéwagens rijden.

In de betrokken file, waarbij er 2 rijstroken zijn, kan dus uitgegaan worden van 78 vrachtwagens, 38 bestelwagens, 24 personenwagen (woon)werkverkeer en 276 privéwagens⁴².

Kosten per voertuigcategorie

Private, direct kosten - Tijdskosten

De gemiddelde snelheid die in de file gehaald wordt, bedraagt 10 km/u. Wagens zonder snelheidsbeperving zouden onder normale omstandigheden gemiddeld 117,9 km/u rijden en vrachtwagens rijden gemiddeld 89,2 km/u.

De afstand die de file bedraagt (15,1 km) zouden wagens zonder snelheidsbeperving dus afleggen in 7,63 minuten en wagens met een snelheidsbeperving in 10,09 minuten. Nu neemt het echter meer tijd in beslag: er is 90 minuten nodig om een afstand van 15,1 km te overbruggen tegen een snelheid van 10 km/u. Voor wagens zonder snelheidsbegrenzing geldt dus een extra rijtijd van 82,37 minuten terwijl wagens met snelheidsbegrenzing 79,91 minuten langer onderweg zijn.

⁴¹ Wagens zonder snelheidsbeperving zijn personenwagens en bestelwagens terwijl vrachtwagens zich wel aan een maximumsnelheid van 90 km/u moeten houden op snelwegen.

⁴² Bij wegen met meerdere rijstroken, zal de verdeling van de wagens over de verschillende rijstroken mogelijk anders zijn (bv. vele vrachtwagens rijden op de rechterrijstrook), maar de verhouding tussen vrachtwagens, personenwagens en andere wagens blijft dezelfde.

Deze extra rijtijd dient vermenigvuldigd te worden met de correcte uurcoëfficiënt (zie Tabel 13) om de tijdskosten voor de verschillende voertuigcategorieën te berekenen. (zie Tabel 23 Tabel 30)

Tabel 23: Tijdskosten per voertuigcategorie

	Extra rijtijd	Uurcoëfficiënt	Tijdskosten per voertuigcategorie (€)
Vrachtwagens - zware vracht	79,91 minuten (of 1,33u)	39,09	52,06
Bestelwagens - lichte vracht	82,37 minuten (of 1,37u)	36,59	50,23
(Woon)werkverkeer	82,37 minuten (of 1,37u)	11,95	16,41
Privéwagens	82,37 minuten (of 1,37u)	7,09	9,73

Om de tijdskosten van de file te berekenen, dient naast het aantal voertuigen per categorie ook rekening gehouden worden met de bezettingsgraad per voertuig. Voor vrachtwagens en bestelwagens wordt uitgegaan van een bezettingsgraad van één persoon per voertuig, terwijl voor personenwagens op het hoofdwegennet in Vlaanderen een bezettingsgraad van 1,4 wordt geteld (zie Tabel 15 en Tabel 24 Tabel 31).

Tabel 24: Totale tijdskost met bezettingsgraad

	Tijdskosten per voertuigcategorie (€)	Aantal voertuigen	Aantal personen per voertuig	Totale tijdskost (€)
Vrachtwagens/zware vracht	52,06	78	1	4060,68
Bestelwagens/lichte vracht	50,23	38	1	1908,74
(Woon)werkverkeer	16,41	24	1,4	551,38
Privéwagens	9,73	276	1,4	3759,67
TOTAAL				10280,47

Private, direct kosten – Brandstofkosten

Allereerst moet het kengetal berekend worden. (zie Tabel 25)

Tabel 25: Kengetal (km)

	Extra rijtijd	Normale gemiddelde snelheid (km/u)	Kengetal (km)
Vrachtwagens/zware vracht	79,91 minuten (of 1,33u)	89,2	118,80
Bestelwagens/lichte vracht	82,37 minuten (of 1,37u)	117,9	161,86
(Woon)werkverkeer	82,37 minuten (of 1,37u)	117,9	161,86
Privéwagens	82,37 minuten (of 1,37u)	117,9	161,86

Dat dient dan in verband gebracht te worden met het verbruik, wat afhankelijk is van het type voertuig (zie Tabel 16) en het type brandstof.

De prijs van één liter diesel bedroeg op 19 juni 2014 gemiddeld €1,45 terwijl één liter benzine gemiddeld €1,69 bedroeg. Op basis van de tabel in bijlage 6 kan worden gesteld dat 38% van de personenwagens gebruik maakt van benzine terwijl de overige 62% diesel tankt⁴³. Voor zware en lichte vracht wordt uitgegaan van het feit dat diesel als brandstof gebruikt wordt. (zie Tabel 26)

⁴³ Hierbij werd abstractie gemaakt van het gebruik van andere mogelijke brandstoffen zoals LPG.

Tabel 26: Extra brandstofkost per voertuig

	Kengetal (km)	Extra brandstof verbruikt (l)	Extra brandstofkost per voertuig door lagere gemiddelde snelheid (€)
Vrachtwagens/zware vracht	118,80	40,58	58,84
Bestelwagens/lichte vracht	161,86	22,66	32,86
(Woon)werkverkeer - diesel	161,86	12,63	18,31
(Woon)werkverkeer - benzine	161,86	10,04	16,97
Privéwagens - diesel	161,86	12,63	18,31
Privéwagens - benzine	161,86	10,04	16,97

Voor het goederenvervoer dient deze brandstofkost nog te worden verwerkt in de kilometercoëfficiënt zoals gedaan werd in Tabel 18.

Voor de 15,1 km die de wagens nu in file doorbrengen, zou lichte vracht een brandstofkost van €2,89 gehad hebben en zware vracht een brandstofkost van €5,95. Deze wordt nu verhoogd met respectievelijk €32,86 en €58,84 door de lagere snelheid over de 15,1 km wat maakt dat de huidige brandstofkost van lichte vracht €35,75 (of 2,3675/vkm) bedraagt en van zware vracht €64,79 (of €4,2907/vkm. (zie Tabel 27)

Tabel 27: Kilometercoëfficiënt lichte en zware vracht

	Berekeningen op basis van Kengetallenboek (Vlaamse Overheid, 2013)	
	Lichte vracht €/100 vkm	Zware vracht €/100 vkm
Interest en afschrijving (variabel tarief)	3,48	7,16
Brandstof	236,75	429,07
Banden	0,87	1,79
Onderhoud, herstelling en boetes	2,61	5,37
TOTAAL	243,71	443,39
Kilometercoëfficiënt (per vkm)	2,44	4,43

Voor de overige voertuigcategorieën dient, zoals vermeld, de extra brandstofkost niet meer verrekend te worden in de kilometercoëfficiënt. (zie Tabel 28 ne)

Tabel 28: Brandstofkosten per voertuig (€)

	Gereden afstand (km)	Kilometercoëfficiënt	Brandstofkosten per voertuig (€)
Vrachtwagens/zware vracht	15,1	4,43	66,89
Bestelwagens/lichte vracht	15,1	2,44	36,84
(Woon)werkverkeer – diesel	15,1	/	18,31
(Woon)werkverkeer – benzine	15,1	/	16,97
Privéwagens – diesel	15,1	/	18,31
Privéwagens – benzine	15,1	/	16,97

Tabel 29: Totale brandstofkost (€)

	Brandstofkosten per voertuig (€)	Aantal voertuigen	Totale brandstofkost (€)
Vrachtwagens/zware vracht	66,89	78	5.217,42
Bestelwagens/lichte vracht	36,84	38	1.399,92
(Woon)werkverkeer – diesel	18,31	15 (62% van 24)	274,65
(Woon)werkverkeer – benzine	16,97	9 (38% van 24)	152,73
Privéwagens – diesel	18,31	171 (62% van 276)	3.131,01
Privéwagens – benzine	16,97	105 (38% van 276)	1.781,85
TOTAAL			€ 11.957,58

Private, externe, directe kosten

Aangezien de file waarover hier sprake zich voordoet op een hoofdweg binnen de Vlaamse Ruit en tijdens de daluren, zullen de kosten door tijdsverlies die weggebruikers veroorzaken aan andere weggebruikers liggen op €3,43 voor elke personen- en bestelwagen en op €6,86 voor elke vrachtwagen.

Dat komt dan overeen met een kost van €535,08 voor vrachtwagens en €1.159,39 voor de personen- en bestelwagens, wat een totale externe directe kost van **€1.694,47** betekent.

Maatschappelijke kosten – uitstoot schadelijke stoffen

Tabel 20 toont dat de uitstoot van schadelijke stoffen op een autosnelweg voor personenwagens overeenkomt met €1,630 per 100 vkm. Voor lichte vracht ligt deze kost op €3,777 per 100 vkm en voor zware vracht op €8,756 per 100 vkm.

Aan de hand van het kengetal kan dan de kost van uitstoot van schadelijke stoffen voor deze file berekend worden. (zie Tabel 30)

Tabel 30: Uitstootkost schadelijke stoffen per voertuigcategorie (€)

	Kengetal (km)	Kost per 100 vkm (€)	Uitstootkost schadelijke stoffen per voertuigcategorie (€)
Vrachtwagens/zware vracht	118,80	8,756	10,4021
Bestelwagens/lichte vracht	161,86	3,777	6,1135
(Woon)werkverkeer	161,86	1,630	2,6383
Privéwagens	161,86	1,630	2,6383

Deze bedragen dienen dan nog vermenigvuldigd te worden met het aantal voertuigen binnen elke categorie. (zie Tabel 31)

Tabel 31: Totale uitstootkost schadelijke stoffen (€)

	Uitstootkost schadelijke stoffen per voertuigcategorie (€)	Aantal voertuigen	Totale uitstootkost schadelijke stoffen (€)
Vrachtwagens/zware vracht	10,4021	78	811,36
Bestelwagens/lichte vracht	6,1135	38	232,31
(Woon)werkverkeer	2,6383	24	63,32
Privéwagens	2,6383	276	728,17
TOTAAL			1.835,16

Maatschappelijke kosten – uitstoot geluid

Tabel 21 toont dat de uitstoot van geluid op verkeer tussen steden voor personenwagens overeenkomt met € 0,0193/vkm. Voor lichte vracht ligt deze kost op € 0,0999/vkm en voor zware vracht op € 0,1847/vkm.

Aan de hand van het kengetal kan dan de kost van uitstoot geluid voor deze file berekend worden. (zie Tabel 32)

Tabel 32: Uitstootkost schadelijke stoffen per voertuigcategorie

	Kengetal (km)	Kost per vkm (€)	Uitstootkost schadelijke stoffen per voertuigcategorie
Vrachtwagens/zware vracht	118,80	0,1847	21,9424
Bestelwagens/lichte vracht	161,86	0,0999	16,1698
(Woon)werkverkeer	161,86	0,0193	3,1239
Privéwagens	161,86	0,0193	3,1239

Deze bedragen dienen dan nog vermenigvuldigd te worden met het aantal voertuigen binnen elke categorie. (zie Tabel 33)

Tabel 33: Totale uitstootkost geluid (€)

	Uitstootkost geluid per voertuigcategorie (€)	Aantal voertuigen	Totale uitstootkost geluid (€)
Vrachtwagens/zware vracht	21,9424	78	1.711,51
Bestelwagens/lichte vracht	16,1698	38	614,45
(Woon)werkverkeer	3,1239	24	74,97
Privéwagens	3,1239	276	862,20
TOTAAL			3.263,13

Maatschappelijke kosten – ongevalskosten

Tabel 29 toont dat marginale ongevalskosten op autosnelwegen voor personenwagens overeenkomt met € 2,30 per 100 vkm en voor vrachtwagens met € 3,38 per 100 vkm.

Aan de hand van het kengetal kan dan de ongevalskost voor deze file berekend worden. (zie Tabel 34)

Tabel 34: Ongevalskost per voertuigcategorie (€)

	Kengetal (km)	Kost per 100 vkm (€)	Ongevalskost per voertuigcategorie (€)
Vrachtwagens/zware vracht	118,80	3,38	4,0154
Bestelwagens/lichte vracht	161,86	2,30	3,7228
(Woon)werkverkeer	161,86	2,30	3,7228
Privéwagens	161,86	2,30	3,7228

Deze bedragen dienen dan nog vermenigvuldigd te worden met het aantal voertuigen binnen elke categorie. (zie Tabel 35)

Tabel 35: Totale ongevalskost (€)

	Ongevalskost per voertuigcategorie (€)	Aantal voertuigen	Totale ongevalskost (€)
Vrachtwagens/zware vracht	4,0154	78	313,20
Bestelwagens/lichte vracht	3,7228	38	141,47
(Woon)werkverkeer	3,7228	24	89,35
Privéwagens	3,7228	276	1027,49
TOTAAL			1571,51

Som van de private, directe kosten en de maatschappelijke kosten

Tabel 36 vat de bovenstaande kosten samen en berekent het totaal.

Tabel 36: Totale filekosten

Kostenelementen	Kost	Procentuele verdeling
Private, directe kosten - Tijdskosten	€ 10.280,47	34%
Private, directe kosten - Kilometerkosten	€ 11.957,58	39%
Private, externe, directe kosten	€ 1.694,47	6%
Maatschappelijke kosten – uitstoot schadelijke stoffen	€ 1.835,16	6%
Maatschappelijke kosten – uitstoot geluid	€ 3.263,13	11%
Maatschappelijke kosten – ongevalskosten	€ 1.571,51	5%
TOTAAL	€ 30.602,32	100%

Deze kosten dienen nog verhoogd te worden met 25% om de indirecte kosten ook mee te nemen, wat maakt dat de filesituatie zoals beschreven (15,1 km met een gemiddelde snelheid van 10 km/u op een autosnelweg met 2 rijstroken gedurende de daluren op een werkdag) een totale kost van **€38.252,9** heeft. Dit is een minimumbedrag, want daarbij moeten nog de private externe indirecte kosten geteld worden, die zoals aangegeven sterk kunnen variëren.

Conclusie en aanbevelingen

Wil Vlaanderen de concurrentiepositie behouden en verstevigen, dan is het in de eerste plaats een kwestie dat er werk gemaakt wordt van de congestie in en rond de havens, maar ook elders. Immers, files kosten veel geld en bezorgen de industriële- en dienstenbedrijven, inclusief de logistieke sector, een reëel concurrentienadeel. Dit kan zowel op het niveau van het wegvervoer zelf, waarbij concurrentie wordt ondervonden van andere vervoersmodi, maar ook op het niveau van individuele bedrijven of regio's die zich in een gebied met (structurele) congestieproblemen bevinden. De hoogte van de congestiekost blijft een twistpunt. Het is daarom aangewezen dat Vlaanderen beschikt over één generiek model om de congestiekosten te berekenen over de gehele keten.

Het vervoer over de weg blijft een belangrijke factor, ondanks de inspanningen om de modal split meer in evenwicht te brengen. In 2030 worden een toename van het goederenvervoer en personenverkeer verwacht. Dat beeld wordt geschetst in een studie van het Federaal Planbureau, maar ook in andere publicaties in opdracht van de Europese Unie. De kilometerheffing voor vrachtwagens en het wegevennet voor voertuigen onder 3,5 ton is gepland voor 2016. Een kilometerheffing heeft enkel potentieel om de congestieproblematiek in Vlaanderen te verbeteren, mits een aangepaste prijszetting. Om een correct en transparante prijszetting te onderbouwen, is inzicht in de kost van congestie noodzakelijk.

Het doel van voorliggende paper is drievoudig. Na de uitgebreide literatuurstudie wordt eerst een generiek model ontwikkeld om de congestiekost te bepalen. De congestiekost omvat zowel de (directe en indirect) private als de (milieugerelateerde en sociale) maatschappelijk kosten. Een meerwaarde van het instrument is het integreren van kosten voor herlevering, claims en herplanning. Ten tweede reikt de paper een kader aan dat aangeeft welke informatie/data verzameld en verwerkt dient te worden. Ten derde wordt het ontwikkelde model toegepast op een concreet voorbeeld voor Vlaanderen.

De literatuur betreffende de congestieproblematiek is enorm. Analyse van de literatuur maakte duidelijk dat er geen pasklare of eenduidige antwoorden voor bovenstaande vragen bestaan. Bovendien kunnen de uitkomsten betreffende de kosten nogal verschillend zijn. De (vaak verouderde) gebruikte data en parameters, alsook onderliggende assumpties, verklaren deze verschillen. Dit alles heeft tot gevolg dat er nog steeds onvoldoende zicht bestaat op de kost van congestie. Hierdoor drong het ontwikkelen van een instrument zich op.

Het ontwikkelde model laat toe een inschatting te maken van de kosten die gepaard gaan met congestie. Hierbij werd uitgegaan van het feit dat het verkeer kan worden opgesplitst in drie categorieën, nl. goederenverkeer, woon-werkverkeer en privéverkeer, met elk hun eigen geassocieerde kost per voertuig. Uit de uitwerking van het model werd besloten dat, hoewel de kostencategorieën wel benoemd kunnen worden, deze soms zeer moeilijk te berekenen zijn. Zo is het zeer lastig om het effect van congestie op stock-out kosten te bepalen. Een andere conclusie is dat het grootste aandeel (73%) van de totale filekost toegerekend kan worden aan de geassocieerde private directe kosten, meerbepaald tijd- en kilometerkosten.

Vanuit de toepassing van het model op een voorbeeld konden enkele aanbevelingen worden geformuleerd. Vlaanderen heeft nood aan één instrument dat op een transparante wijze de kost van congestie op een duurzame manier berekent. Dergelijk instrument kan bijvoorbeeld ook gebruikt worden om het succes van congestiemaatregelen in te schatten. Daarom is het aangewezen dat systematisch accurate data verzameld wordt. Tijdens het onderzoek werd immers duidelijk dat a) beschikbare data vaak achterhaald zijn, b) dateert van voor 2008 en de economisch crisis dus buiten beschouwing laat en c) versnipperd is over verschillende instanties. Het Verkeerscentrum kan hier eventueel (bij)sturend optreden.

Het is belangrijk dat nieuwe waarderingskengetallen (i.e. voor het moneteriseren van de economische, externe en sociale kost) voor Vlaanderen worden verzameld. Voor het waarderen van tijdverlies van het personenverkeer kan gewerkt worden met '*stated preference*' onderzoek. Zo kan ook verder gedacht worden aan het systematisch monitoren van de data en evaluatie van cruciale parameters alsook het opvolgen van nationale en internationale wetenschappelijke ontwikkelingen. Navraag naar de relevantie van kengetallen voor het goederenvervoer kan best op regelmatige basis (bv. tweejaarlijks) en dit door het opnieuw afoetsen met de betrokken actoren en belangenorganisaties van de evolutie van de transport en logistieke kosten.

Bibliografie

- Agentschap Wegen en Verkeer (2014), "Liefkenschoektunnel tolvrij tijdens spits van 5 mei tot 20 juni", laatst geraadpleegd op 23 juli 2014
- Armeliuss, H. (2005), "An integrated approach to Urban Road Pricing", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 39, No. 1
- Barth, M. & Boriboonsomsin, K. (2008), "Real-world carbon dioxide impacts of Traffic Congestion"
- Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid (BIVV) – Kennisinstituut Verkeersveiligheid (2012), "Nationale gedragsmeting snelheid op autosnelwegen – 2011"
- Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid (BIVV) – Kennisinstituut Verkeersveiligheid (2013), "Nationale gedragsmeting snelheid – 2012"
- Blauwens, G., De Baere, P. & Van de Voorde, E. (2012), "Transport Economics" Fifth Edition
- Bovy, P. & Salomon, H. (1999), "Traffic congestion in Europe – Netherlands", Report of the hundred and tenth round table on transport economics
- Christidis, P. & Ibanez-Rivas, J.N. (2012), "Measuring road congestion" European Commission Joint Research Centre
- Christiaens, D. (2014), Rem- en stopafstanden van de voertuigen, laatst geraadpleegd op 05/09/2014 uit: <http://www.dirkchristiaens.be/hoofdstuk1.htm>
- Commissie van de Europese Gemeenschappen (2004), "Mededeling van de Commissie aan de Raad, het Europees Parlement, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's – naar een thematische strategie voor het stadsmilieu"
- de Palma, A. & Lindsey, R. (2011), "Traffic congestion pricing methodologies and technologies"
- De Pauw, E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E. & Wets, G. (2014), "Snelheidscamera's en trajectcontrole op Vlaamse autosnelwegen: Evaluatie van het effect op snelheidsgedrag en verkeersveiligheid", Instituut voor Mobiliteit – Universiteit Hasselt, 193 p
- Europese Commissie (2014), Statistical Pocketbook 2013 – EU Transport in Figures
- Eurostat (2014), Statistische database, laatst geraadpleegd op 31/07/2014 uit: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/transport/data/main_tables
- De Standaard (2014, 5 juni), "Spits mijden werkt, ook zonder beloning"
- Federaal Planbureau (2012a), Economische analyses en vooruitzichten "Bestemming 2030: chaos op de autowegen of alternatieve trajecten?" Perscommuniqué 17 september 2012
- Federaal Planbureau (2012b), Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2030, Presentatie gegeven door Marie Vandresse op 18 september 2012
- Federaal Planbureau (2014), verscheidene transportdatabanken, laatst geraadpleegd op 15/07/2014
- FOD Mobiliteit en Vervoer - Mobiliteit en Verkeersveiligheid (2007), "Algemene verkeerstellingen 2005 deel IV - Vijfjaarlijkse verkeerstellingen van de voertuigcategorïen inbegrepen het aantal personen per voertuig, en de evolutie van het zwaar vervoer volgens de voorschriften van het Bureau van de Verenigde Naties te Genève (UNECE)"
- FOD Mobiliteit en Vervoer (2014), "Het Belgische bedrijfsvoertuigenpark blijft groeien" Persbericht 14 april 2014
- Feng Xiao, Zhen (Sean) Qian & H. Michael Zhang (2013), "Managing bottleneck congestion with tradable credits"

- FOD Mobiliteit en Vervoer (2011), Verkeerstellingen 2009
- Gérard, G. (2014), Congestie in Europa. Universiteit Antwerpen
- Golob, T.F. & Regan, A.C. (1999), "Impacts of Highway Congestion on Freight Operations: Perceptions of Trucking Industry Managers"
- Grosso, M. (2011), "Improving the competitiveness of intermodal transport: applications on European corridors" PhD thesis, Genua, Antwerpen
- INRIX (2014), "INRIX Traffic Scorecard", laatst geraadpleegd op 16/07/2014 uit: <http://scorecard.inrix.com/scorecard/>
- Kristoffersson, I. (2013), "Impacts of time-varying cordon pricing: Validation and application of mesoscopic model for Stockholm", *Transport Policy*, Vol. 28, July 2013, p. 51-60
- Lindsey, C.R. & Verhoef, E.T. (2000), "Congestions Modelling", Handbook of Congestion Modelling, Vol. 1., Elsevier Science, Oxford
- Maerivoet, S. & Yperman, I. (2008), "Analyse van de verkeerscongestie in België"
- Meersman Hilde, Sys Christa, Van de Voorde Eddy, Vanelslander Thierry, Verberght Edwin, e.a. (2012), Indicatorenboek duurzaam goederenvervoer Vlaanderen 2010-2011 Antwerpen, Universiteit Antwerpen, Departement Transport en Ruimtelijke Economie, Steunpunt Goederen- en personenvervoer, 126 p
- Meersman, H., et al. (2014), Indicatorenboek 2012 Duurzaam goederenvervoer Vlaanderen, Antwerpen, Universiteit Antwerpen, Departement Transport en Ruimtelijke Economie, Steunpunt Goederen- en personenvervoer
- Meersman, H., et al. (2015), Indicatorenboek 2013 Duurzaam goederenvervoer Vlaanderen, Antwerpen, Universiteit Antwerpen, Departement Transport en Ruimtelijke Economie, Steunpunt Goederen- en personenvervoer
- Nationale Bank van België (2014)
- Olszewski, P. & Xie, L. (2005), "Modelling the effects of road pricing on traffic in Singapore", *Transportation Research Part A* 39 (2005), p. 755-772
- Richtlijn Europees Parlement en Raad E.G. van 17 juni 1999
 Richtlijn 1999/62/EG van 17 juni 1999 van het Europees Parlement en de Raad betreffende het in rekening brengen van het gebruik van bepaalde infrastructuurvoorzieningen aan zware vrachtvoertuigen - Bijlage III bis Minimumeisen voor de toepassing van een externe kostenheffing, laatst geraadpleegd op 25/07/2014 uit: <http://navigator.fenb.be/fiscdb-consult/plainWettekstServlet?wettekstId=153284&lang=nl>
- Santos, G. (2004), "Urban Congestion Charging: A Second-Best Alternative", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38, No. 3
- Schallaböck, K.-O. & Petersen, R. (1999), "Traffic Congestion in Europe – Germany", Report of the hundred and tenth round table on transport economics
- Sessa, C. & Enei, R. (2010), "EU Transport GHG: Routes to 2050? – EU transport demand: Trends and drivers"
- TomTom (2013), "Nog meer file-alarm in Brussel als meest filegevoelige Belgische stad", laatst geraadpleegd op 16/07/2014 uit: <http://www.tomtom.com/news/category.php?ID=4&NID=1476&Lid=12>
- TomTom (2014), TomTom European Traffic Index 2013
- Transportation research board, National Research Council (2010), "Highway Capacity Manual 2010", Washington, D.C.

- Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare werken (2013), Standaardmethodiek voor MKBA van transportinfrastructuurprojecten. Kengetallenboek
- Van Woensel, T. & Cruz, F.R.B. (2008), "A stochastic approach to traffic congestion costs", *Computers & Operations Research*, Vol. 36, issue 6
- Verhetsel, A., Vanoutrive, T. & Zijlstra, T. (2014), *Het woon-werkverkeer in Vlaanderen: zoektocht naar indicatoren*, Steunpunt Goederen en Personenvervoer, Universiteit Antwerpen, 56 blz
- Verkeerscentrum Vlaanderen - Departement Mobiliteit en Openbare Werken (2014), Verkeersindicatoren hoofdwegennet Vlaanderen 2013
- VMM (Vlaamse MilieuMaatschappij) (2010), "Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen (Eindrapport)" – Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA, Milieurapport Vlaanderen

Bijlagen

Bijlage 1 – Verdeling goederenvervoer en passagiersvervoer over verschillende modi

EU 28	Goederenvervoer (1000 miljoen TKM)							Passagiersvervoer (1000 miljoen PKM)							
	Weg- vervoer	Spoor- vervoer	Binnen- vaart	Pijplijn	Zee- vaart	Lucht- vaart	Totaal	Passagiers- auto	Motor- rijwielen	Bus	Spoor- vervoer	Tram & Metro	Lucht- vaart	Zee- vaart	Totaal
1995	1.289	388	122	115	1.154	2	3.069	3.937	116	504	352	72	348	44	5.372
1996	1.303	394	120	119	1.168	2	3.105	4.005	118	508	350	73	368	44	5.466
1997	1.352	411	128	119	1.201	2	3.213	4.090	122	509	352	73	392	44	5.581
1998	1.414	394	131	126	1.240	2	3.308	4.194	126	516	352	75	411	43	5.716
1999	1.472	385	129	125	1.276	2	3.390	4.310	130	518	360	76	427	43	5.864
2000	1.522	405	134	127	1.323	2	3.513	4.358	108	549	372	78	460	42	5.966
2001	1.563	388	133	134	1.343	2	3.563	4.458	112	548	374	79	455	42	6.068
2002	1.613	386	133	130	1.364	2	3.628	4.546	114	545	367	80	447	43	6.142
2003	1.634	394	124	132	1.387	2	3.673	4.590	117	545	363	81	466	43	6.205
2004	1.751	419	137	133	1.437	3	3.879	4.657	120	544	369	83	496	43	6.312
2005	1.803	416	139	138	1.471	3	3.969	4.597	124	541	380	84	530	42	6.297
2006	1.858	438	139	137	1.515	3	4.089	4.641	123	537	391	86	552	42	6.372
2007	1.925	452	145	132	1.542	3	4.199	4.695	119	549	398	88	575	43	6.468
2008	1.892	443	146	126	1.508	3	4.118	4.704	124	554	413	91	564	43	6.493
2009	1.700	364	131	121	1.345	2	3.662	4.779	122	533	405	91	525	43	6.498
2010	1.764	394	156	122	1.424	3	3.862	4.721	122	528	407	92	526	40	6.435
2011	1.745	422	142	118	1.417	3	3.847	4.703	125	529	415	93	579	39	6.484
2012	1.693	407	150	115	1.401	3	3.768	4.613	126	526	418	94	577	38	6.391
1995 -2012	31,3%	4,9%	22,8%	-0,1%	21,4%	25,8%	22,8%	17,2%	8,1%	4,4%	19,0%	30,9%	65,8%	-15,1%	19,0%
per jaar	1,6%	0,3%	1,2%	0,0%	1,1%	1,4%	1,2%	0,9%	0,5%	0,3%	1,0%	1,6%	3,0%	-1,0%	1,0%
2000 -2012	11,2%	0,4%	12,0%	-9,7%	5,9%	2,7%	7,3%	5,8%	16,8%	-4,2%	12,5%	20,0%	25,5%	-9,6%	7,1%
per jaar	0,9%	0,0%	0,9%	-0,8%	0,5%	0,2%	0,6%	0,5%	1,3%	-0,4%	1,0%	1,5%	1,9%	-0,8%	0,6%
2011-2012	-3,0%	-3,6%	5,6%	-3,1%	-1,1%	0,0%	-2,1%	-1,9%	0,4%	-0,6%	0,7%	0,8%	-0,3%	-3,6%	-1,4%

Bijlage 2 – Uitbreiding wegecapaciteit over de periode 2000-2010

	Snelwegen (in km)			Lokale wegen (in km)		
	2000	2010	Wijziging (%)	2000	2010	Wijziging (%)
België	1.702	1.763	3,58	145.419	153.447	5,52
Bulgarije	324	437	34,88	36.977	19.019	-48,57
Cyprus	240	257	7,08%	10.901	12.226	12,15
Denemarken	953	n.b.	n.b.	70.710	n.b.	n.b.
Duitsland	11.712	12.819	9,45	n.b.	n.b.	n.b.
Estland	93	115	23,66	51.317	58.297	13,6
Finland	549	779	41,89	101.892	105.068	3,12
Frankrijk	9.766	11.392	16,65	979.330	1.038.725	6,06
Griekenland	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Hongarije	448	n.b.	n.b.	29.533	n.b.	n.b.
Ierland	103	n.b.	n.b.	95.627	n.b.	n.b.
Italië	6.478	6.668	2,93	161.247	248.737	54,26
Kroatië	411	1.244	202,68	27.712	28.089	1,36
Letland	0	0	0	58.566	58.926	0,61
Litouwen	417	309	-25,9	75.100	81.821	8,95
Luxemburg	114	n.b.	n.b.	2.739	n.b.	n.b.
Malta	n.b.	n.b.	n.b.	2.190	n.b.	n.b.
Nederland	2.265	n.b.	n.b.	n.b.	128.651	n.b.
Oostenrijk	1.633	1.719	5,27	104.997	112.871	7,5
Polen	358	857	139,39	372.725	406.122	8,96
Portugal	1.482	2.737	84,68	n.b.	10.386	n.b.
Roemenië	113	332	193,81	72.794	82.054	12,72
Slovenië	427	771	80,56	37.976	38.281	0,8
Slowakije	296	416	40,58%	17.442	42.910	146,02
Spanje	9.049	14.262	57,61%	154.508	151.525	-1,93
Tsjechië	499	734	46,98%	127.209	129.937	2,14
Verenigd Koninkrijk	3.600	3.673	2,03%	414.835	415.953	0,27
Zweden	1.499	n.b.	n.b.	137.673	n.b.	n.b.

Noot: De cijfers uit deze (niet voor alle landen volledige) Eurostat data dienen enigszins genuanceerd te worden omwille van de vraag in hoeverre de wijzigingen louter aan het aanleggen van wegen te wijten zijn. De meting van niet-snelwegen in Bulgarije doet namelijk enig vermoeden ontstaan dat een deel van de verschillen eveneens te wijten zijn aan classificatieverschillen, aangezien de helft van de wegen in dit land op 10 jaar tijd “verdwenen” is.

Bijlage 3 – Stopafstanden

snelheid	Remafstand en stopafstand op droog wegdek		Remafstand en stopafstand op nat wegdek	
	remafstand (remspoorlengte)	stopafstand (met 1 sec. reactietijd)	remafstand (remspoorlengte)	stopafstand (met 1 sec. reactietijd)
10 km/u = 2,78 m/s	0,5 m	3,3 m	0,5 m	3,3 m
20 km/u = 5,55 m/s	2,0 m	7,6 m	2,0 m	7,6 m
30 km/u = 8,33 m/s	4,6 m	13,0 m	4,6 m	13,0 m
40 km/u = 11,11 m/s	8,2 m	19,4 m	8,2 m	19,4 m
50 km/u = 13,89 m/s	12,9 m	26,8 m	12,9 m	26,8 m
60 km/u = 16,70 m/s	18,5 m	35,2 m	18,5 m	35,2 m
70 km/u = 19,44 m/s	25,2 m	44,7 m	25,2 m	44,7 m
80 km/u = 22,22 m/s	32,9 m	55,1 m	32,9 m	55,1 m
90 km/u = 25,00 m/s	41,7 m	66,7 m	41,7 m	66,7 m
100 km/u = 27,70 m/s	51,5 m	79,0 m	51,5 m	79,0 m
110 km/u = 30,50 m/s	62,2 m	92,7 m	62,2 m	92,7 m
120 km/u = 33,30 m/s	74,0 m	107,4 m	74,0 m	107,4 m
130 km/u = 36,10 m/s	87,0 m	123,0 m	87,0 m	123,0 m
140 km/u = 38,89 m/s	100,8 m	140,0 m	100,8 m	140,0 m
150 km/u = 41,70 m/s	115,7 m	157,4 m	115,7 m	157,4 m

Bijlage 4 – Kosten uitstoot schadelijke stoffen, data VMM (2010)

Marginale externe milieukosten voor alle polluenten samen, in euro per 100 km (Vlaanderen - constante prijzen 2009)

Voertuigtype	Brandstof	2008
Personenwagen	Benzine	0,740
	Diesel	1,205
	DNG	0,520
	LPG	0,688
	Elektrisch	-
	Hybride	0,438
Motorfiets	Benzine	6,454
Lichte vrachtwagen	Benzine	1,628
	Diesel	2,117
Vrachtwagen 3,5-7,5	Diesel	2,643
Vrachtwagen 7,5-12	Diesel	3,302
Vrachtwagen 12-28	Diesel	4,061
Vrachtwagen 28-40	Diesel	3,845
Lijnbus	Diesel	3,498
	CNG	-
Reisbus	Diesel	4,186

Bron: VMM (2010)

Marginale externe milieukosten voor alle polluenten samen, in euro per 100 km (Vlaanderen - constante prijzen 2009) - voor enkele specifieke situaties

Voertuigtype en brandstof	Type weg	2008
Personenwagen Benzine	Snelweg	0,428
	Regionale weg	0,418
	Stedelijke weg	0,766
Personenwagen Diesel	Snelweg	0,829
	Regionale weg	0,647
	Stedelijke weg	1,751
Vrachtwagen 28-40 Diesel	Snelweg	2,169
	Regionale weg	2,604
	Stedelijke weg	10,905

Bron: VMM (2010)

Dat de gebruikte type voertuigen en brandstof uit bovenstaande representatief zijn, blijkt uit cijfers van het Federaal Planbureau (2014). De meerderheid (> 98%) van alle personenwagens uit het Belgisch personenwagenpark maakte in 2011 gebruik van benzine of diesel, terwijl de meerderheid (> 93%) van het Belgisch vrachtwagenpark reed op diesel.

Belgisch personenwagen- en vrachtwagenpark, opgedeeld naar type brandstof

2011	Vrachtwagens		Personenwagens	
Benzine	2.444	2,31%	2.024.193	37,89%
Diesel	98.826	93,61%	3.259.322	61,01%
LPG	245	0,23%	35.931	0,67%
Elektriciteit	2	0,00%	63	0,00%
Aardgas	2	0,00%	76	0,00%
Andere	4.058	3,84%	23.080	0,43%
TOTAAL	105.577	100%	5.342.665	100%

Bron: Eigen berekeningen op basis van Federaal Planbureau (2014)

Bijlage 5 – Definities gehanteerd door Verkeerscentrum

Bron: Verkeerstellingen 2012/2013

'file'

Een vertraging op een wegvak van de Vlaamse snelwegen wordt in de verkeersinformatie als 'file' bestempeld in het geval de 'Level Of Service (LOS)' 1 of 2 bedraagt.

De Level Of Service wordt bepaald op basis van de combinatie van de gemiddelde snelheid op en de bezettingsgraad van het wegvak. Gelet op de verschillende karakteristieken van de wegvakken (hoofdrijbaan, aansluiting in een knooppunt, op- of afrit, verschillende toegelaten snelheid, etc.) verschillen de grenswaarden voor de snelheid en de bezettingsgraad per (type) wegvak.

'filezwaarte'

De zwaarte van een file is gelijk aan het product van de lengte van de file en de duur van de file en dit gecumuleerd over de verschillende fases van de file (cf. de filelengte evolueert in de tijd). Filezwaarte wordt uitgedrukt in kilometeruren (km.uren). Door de filezwaarte van de verschillende files te sommeren kan de filezwaarte worden bekomen voor een bepaalde regio en/of dagdeel.

'maximale (gecumuleerde) filelengte'

De gecumuleerde filelengte op een bepaald tijdstip is de som van de lengte van alle aanwezige files op dat welbepaalde tijdstip. De maximale (gecumuleerde) filelengte is de maximale waarde van de gecumuleerde filelengte in een specifieke periode.

'filekans' of 'aantal file-uren'

Op basis van de fileberichten (eventdata) werd voor iedere weg, voor ieder kilometerpunt bepaald gedurende hoeveel tijd (aantal uur per jaar) zich op deze locatie file heeft voorgedaan. Dit is een maat voor de filekans. Overlappende files in de verkeersinformatieberichten werden slechts eenmaal meegeteld.

'hinderincident'

Een hinderincident is een niet gepland voorval op de weg. Dit is een mix van verkeersongevallen, ladingsverlies, versperde rijstroken (uitgezonderd wegenwerken), etc. Dit betreft niet alle incidenten die zich hebben voorgedaan, cf. een defect voertuig op de pechstrook of een ongeval zonder hinder wordt vaak niet gedetecteerd of gemeld. Vandaar de term 'hinderincident', aangezien dit slaat op alle voorvallen die verkeershinder hebben veroorzaakt en bijgevolg normaliter wel worden gedetecteerd of gemeld en zodoende in de verkeersinformatie zijn opgenomen.

voertuigklassen 'vrachtwagens' en 'niet-vrachtwagens'

- 'niet-vrachtwagens': som van de voertuigklassen 'personenwagens' en 'bestelwagens' of m.a.w. alle voertuigen met een (elektrische) lengte tussen 0 en 6.9m.
- 'vrachtwagens': som van de voertuigklassen 'gelede vrachtwagens of bussen' en 'ongelede vrachtwagens' of m.a.w. alle voertuigen met een (elektrische) lengte groter dan 6.9m

'dagtypes'

In voorliggende rapportage worden cijfers aangegeven voor één of meer van onderstaande dagtypes:

- 'weekdag': maandag tot en met zondag
- 'werkdag': maandag tot en met vrijdag
- 'werkdag buiten de schoolvakantie': maandag tot en met vrijdag exclusief schoolvakanties (krokus, paas, zomer, herfst, kerst), feestdagen of bruidsdagen
- 'weekend': zaterdag en zondag

Steunpunt Goederen- en personenvervoer (MOBILO)

Prinsstraat 13

B-2000 Antwerpen

Tel.: -32-3-265 41 50

Fax: -32-3-265 47 99

steunpuntmobilo@uantwerpen.be

<http://www.steunpuntmobilo.be>