
ANALYSE VAN DE VERKEERSCONGESTIE IN BELGIË

Rapport in opdracht van:

Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer

Directoraat-generaal Mobiliteit en Verkeersveiligheid, Directie Mobiliteit, City Atrium

Vooruitgangsstraat 56

1210 Brussel

15 oktober 2008



 **TRANSPORT & MOBILITY
LEUVEN**

Your link to integrated analyses !

TRANSPORT & MOBILITY LEUVEN
VITAL DECOSTERSTRAAT 67A BUS
0001

3000 LEUVEN

BELGIË

TEL +32 (16) 31 77 30

FAX +32 (16) 31 77 39

<http://www.tmlouven.be/>

Rapportnummer:

07.15

Auteurs:

Sven Maerivoet

Isaak Yperman

Voorwoord

De congestie van het wegverkeer vormt een uitdaging van primordiaal belang voor onze mobiliteit, waarbij verwacht wordt dat het wegverkeer zal blijven groeien. Om hier een concreet overzicht van te krijgen, brengt dit rapport de groei van de verkeersvraag en de grootte van de congestie en haar gevolgen in kaart voor België. De doelstellingen van deze studie zijn de volgende:

- De grootte van de congestie bekijken, dit in zowel plaats als tijd. Er wordt hierbij vertrokken van de huidige toestand, die gebaseerd is op het volume en de spreiding van de verkeersvraag nu en in de toekomst.
- De evaluatie van de economische gevolgen (onder meer voor het vervoer van de goederen), sociale gevolgen (reistijdverliezen zonder economische waardering), en de gevolgen voor het milieu (luchtvervuiling en energieverbruik).
- Het opsporen van mogelijke pistes van oplossingen in de vorm van beheersmaatregelen, met hun secundaire effecten, hun haalbaarheid, hun maatschappelijke aanvaarding, en een kwantitatieve raming van hun bijdrages.
- De evolutie van de congestie afleiden in een voluntaristisch scenario, dit in functie van de evolutie van het verkeer en de voorgestelde oplossingen.

Het nieuwe aan deze studie is dat ze zowel de congestie op autosnelwegen als op het onderliggend wegennet behandelt, in het bijzonder deze in het regionaal en stedelijk milieu. Hiervoor worden verkeersgegevens aangewend die gebaseerd zijn op zowel metingen van enkelvoudige lusdetectoren, als van GSM/GPS probes.

dr. Sven Maerivoet

dr. ir. Isaak Yperman

Inhoudstafel

Voorwoord	2
Inhoudstafel	3
Lijst van figuren	5
Lijst van tabellen	7
Lijst van afkortingen en symbolen	8
1. Verzamelen meetgegevens	9
1.1 Meetgegevens hoofdwegennet (HWN)	10
1.2 Meetgegevens onderliggend wegennet (OWN)	12
2. Resultaten	14
2.1 Analyse van de huidige congestie (2007—2008)	14
2.1.1 Hoofdwegennet (HWN)	14
2.1.2 Onderliggend wegennet (OWN)	18
2.1.2.1 Regionaal wegennet (RWN)	19
2.1.2.2 Stedelijk wegennet (SWN)	23
2.2 Prognose van congestie in 2020	26
2.3 Effecten van congestie in 2007 en 2020	33
2.3.1 Reistijdverliezen en voertuigverliesuren	33
2.3.2 Filelengtes op het HWN	37
2.3.2.1 Filelengtes in 2007	37
2.3.2.2 Filelengtes in 2020	41
2.3.3 Emissies en brandstofverbruik	44
2.4 Maatregelen tegen congestie en hun effecten	47
2.4.1 Scenario's aan vraag- en aanbodzijde	48
2.4.1.1 Scenario voor veranderingen aan de vraagzijde	48
2.4.1.2 Scenario voor veranderingen aan de aanbodzijde	49
2.4.2 Voluntaristisch scenario	50
2.4.2.1 Overzicht van mogelijke maatregelen en hun verwachte kwalitatieve effecten	50
2.4.2.2 Nadruk op robuustheid van een netwerk	52
2.4.2.3 Specifieke focus op rekeningrijden	52
3. Samenvatting	54
3.1 Analyse van de huidige congestie	54
3.2 Prognose van congestie in 2020	54
3.3 Reistijden en voertuigverliesuren	55
3.4 Filelengtes op het HWN	55
3.5 Emissies en brandstofverbruik	55
Appendix A: Gemeenten in de agglomeraties en in het Gewest Brussel	56
Appendix B: Verkeersvolumes op HWN en OWN in 2007 en 2020	57
B.1 Verkeersvolumes 2007	57
B.1.1 Hoofdwegennet	57
B.1.2 Onderliggend wegennet	59
B.2 Verkeersvolumes 2020	61
Appendix C: Omzetten meetgegevens onderliggend wegennet	64
Appendix D: Congestiecurven voor regio's	66
D.1 Bepalen van uurgemiddelde reistijden en verkeersvolumes	66
D.2 Opstellen congestiecurven	66
Appendix E: Beschrijving TREMOVE model	68
E.1 Structuur van het TREMOVE model	68
E.2 Beleidscontext van het TREMOVE model	69
E.3 Wetenschappelijke onderbouw	70
E.3.1 Economische benadering	70
E.3.2 Transportprijzen	73
Appendix F: File, filekans, filelengte en voertuigverliesuren in START-SITTER	74
F.1 Filedetectie	74

F.2	De filekans op een wegvak (FK).....	75
F.3	Filelengtes	75
F.4	Aantal voertuigverliesuren in een regio.....	76
Referenties		78

Lijst van figuren

<i>Figuur 1: Twee enkelvoudige lusdetectoren naast elkaar ingebed in het asfalt.</i>	10
<i>Figuur 2: Een groep van naburige lusdetectoren wordt een meetpost genoemd. Verschillende meetposten vlak voor en na een op- en afritcomplex wordt een meetcomplex genoemd. De gegevens van de enkele lusdetectoren worden naar een lokale verwerkingsseenheid (CTRL) gestuurd, waarna deze doorgestuurd worden naar databanken in het Vlaamse en Waalse Gewest. Zij worden op hun beurt gecentraliseerd in het federale START-SITTER systeem.</i>	11
<i>Figuur 3: Een overzicht van de ruimtelijke spreiding van de autosnelwegen in België.</i>	12
<i>Figuur 4: Een voertuig waarvan de bestuurder met zijn GSM belt, terwijl het van een zekere oorsprong naar een zekere bestemming volgens een specifieke route in het wegennet rijdt. Telkens het voertuig de grens tussen twee zesboekige cellen kruist, wordt dit in het systeem als een handover geregistreerd en wordt de reistijd over dat specifieke wegsegment bepaald.</i>	13
<i>Figuur 5: Het dagverloop van het totaal aantal voertuigkilometers in België, voor personenwagens en vrachtwagens tesamen, opgesplitst naar weekdays en weekends.</i>	14
<i>Figuur 6: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Vlaanderen.</i>	15
<i>Figuur 7: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Wallonië.</i>	15
<i>Figuur 8: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Brussel.</i>	15
<i>Figuur 9: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in de agglomeratie Antwerpen.</i>	16
<i>Figuur 10: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in de agglomeratie Gent.</i>	16
<i>Figuur 11: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in de agglomeratie Luik.</i>	16
<i>Figuur 12: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in het Gewest Vlaanderen.</i>	19
<i>Figuur 13: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in het Gewest Wallonië.</i>	19
<i>Figuur 14: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in het Gewest Brussel.</i>	19
<i>Figuur 15: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in de agglomeratie Antwerpen.</i>	20
<i>Figuur 16: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in de agglomeratie Gent.</i>	20
<i>Figuur 17: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in de agglomeratie Luik.</i>	20
<i>Figuur 18: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in het Gewest Vlaanderen.</i>	23
<i>Figuur 19: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in het Gewest Wallonië.</i>	23
<i>Figuur 20: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in het Gewest Brussel.</i>	23
<i>Figuur 21: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in de agglomeratie Antwerpen.</i>	24
<i>Figuur 22: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in de agglomeratie Gent.</i>	24
<i>Figuur 23: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in de agglomeratie Luik.</i>	24
<i>Figuur 24: In- en uitvoerschema voor TREMOVE om congestie-indicatoren voor het jaar 2020 te berekenen.</i>	26
<i>Figuur 25: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypes in het Gewest Vlaanderen.</i>	28
<i>Figuur 26: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypes in het Gewest Wallonië.</i>	28
<i>Figuur 27: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypes in het Gewest Brussel.</i>	29
<i>Figuur 28: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypes in de agglomeratie Antwerpen.</i>	29
<i>Figuur 29: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypes in de agglomeratie Gent.</i>	30
<i>Figuur 30: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypes in de agglomeratie Luik.</i>	30
<i>Figuur 31: Verkeersvolumes in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	31
<i>Figuur 32: Toename in Verkeersvolume 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	31
<i>Figuur 33: Reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	32
<i>Figuur 34: Reistijdtoename 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	32
<i>Figuur 35: Verliestijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	35
<i>Figuur 36: Verliestijdtoename 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	36
<i>Figuur 37: Voertuigverliesuren in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	36
<i>Figuur 38: Verliestijdtoename 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.</i>	37
<i>Figuur 39: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in België.</i>	38

<i>Figuur 40: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in het Gewest Vlaanderen.</i>	38
<i>Figuur 41: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in het Gewest Wallonië.</i>	39
<i>Figuur 42: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in de agglomeratie Antwerpen.</i>	39
<i>Figuur 43: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in de agglomeratie Gent.</i>	40
<i>Figuur 44: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in de agglomeratie Luik.</i>	40
<i>Figuur 45: Filelengte in functie van het aantal voertuigverliesuren o.b.v. START-SITTER data voor België in de periode 2000 – 2007.</i>	42
<i>Figuur 46: Voertuigverliesuren en filelengtes op het HWN in 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.</i>	43
<i>Figuur 47: Toename van de filelengte 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's op het HWN.</i>	44
<i>Figuur 48: Brandstofverbruik van benzienewagens per cc-klasse.</i>	45
<i>Figuur 49: Evolutie van emissies en brandstofverbruik tussen 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.</i>	47
<i>Figuur 50: Effecten van beprijzingsmaatregelen die invloed hebben op de vraagzijde van het transportprobleem (Vlaanderen, situatie 2020 -10%).</i>	48
<i>Figuur 51: Invloed van een capaciteitsuitbreiding op de totale reistijden.</i>	49
<i>Figuur 52: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Vlaanderen.</i>	66
<i>Figuur 53: Structuur van het REMOVE II model.</i>	69
<i>Figuur 54: De beslissingsboom voor bedrijfsvervoer.</i>	71
<i>Figuur 55: De beslissingsboom voor de gezinnen.</i>	72
<i>Figuur 56: Filedetectie in START-SITTER.</i>	75

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht classificatie meetgegevens.....	9
Tabel 2: Gemiddelde verkeersvolumes op het hoofdwegenet.....	17
Tabel 3: Gemiddelde reistijden op het hoofdwegenet.....	17
Tabel 4: Overzichtstabel met de parameters van alle congestiecurven voor het hoofdwegenet.....	18
Tabel 5: Gemiddelde verkeersvolumes op het regionaal wegenet.....	21
Tabel 6: Gemiddelde reistijden op het regionaal wegenet.....	21
Tabel 7: Overzichtstabel met de parameters van alle congestiecurven voor het regionaal wegenet.....	22
Tabel 8: Gemiddelde verkeersvolumes op het stedelijk wegenet.....	25
Tabel 9: Gemiddelde reistijden op het stedelijk wegenet.....	25
Tabel 10: Overzichtstabel met de parameters van alle congestiecurven voor het stedelijk wegenet.....	25
Tabel 11: Verkeersvolumes en reistijden voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor het HWN.....	27
Tabel 12: Verkeersvolumes en reistijden voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor het RWN.....	27
Tabel 13: Verkeersvolumes en reistijden voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor het SWN.....	27
Tabel 14: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het HWN.....	34
Tabel 15: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het RWN.....	34
Tabel 16: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het SWN.....	35
Tabel 17: Een overzicht van de gemiddelde filelengtes in kilometer, dit voor de verschillende regio's in 2007, telkens opgesplitst naar ochtend- en avondspits. Daarnaast wordt ook de standaardafwijking op deze filelengte gegeven.....	41
Tabel 18: Voertuigverliesuren en filelengtes op het HWN in 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.....	43
Tabel 19: Brandstofverbruik en emissies in 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.....	46
Tabel 20: Een overzicht van de mogelijke maatregelen, hun verwachte kwalitatieve effecten en de impact ervan. Er wordt ook aangegeven in welke mate de structuur van en samenhang in het netwerk bijdraagt aan de realisatie van het doel en de maatregel. De maatregelen in het groen komen overeen met degene die werden geschetst in de scenario's in dit rapport (tabel gebaseerd op [IMSY]).....	51
Tabel 21: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het HWN in de verschillende Gewesten.....	57
Tabel 22: Volumefactoren voor de verschillende Gewesten.....	57
Tabel 23: Volumefactoren voor de verschillende agglomeraties.....	58
Tabel 24: Geschaalde uurgemiddelde verkeersvolumes op het HWN.....	58
Tabel 25: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het HWN in de verschillende regio's.....	58
Tabel 26: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het HWN voor 'Piek 2007'.....	58
Tabel 27: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het OVN in de verschillende Gewesten.....	59
Tabel 28: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN in de verschillende Gewesten (vtgkm/u).....	59
Tabel 29: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN in de verschillende Gewesten (vtgkm/u).....	59
Tabel 30: Weglengtes voor de verschillende wegtypes en regio's.....	60
Tabel 31: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het OVN in de verschillende regio's.....	60
Tabel 32: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN in de verschillende agglomeraties (vtgkm/u).....	60
Tabel 33: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN in de verschillende agglomeraties (vtgkm/u).....	60
Tabel 34: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN voor 'Piek 2007'.....	61
Tabel 35: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN voor 'Piek 2007'.....	61
Tabel 36: Bevolkingsgroei 2007-2020 in de verschillende Gewesten.....	61
Tabel 37: Economische groeivoet transportsector 2007 – 2020 in de verschillende Gewesten.....	62
Tabel 38: Passagierskilometers in 2007 en 2020 in de verschillende Gewesten.....	62
Tabel 39: Tonkilometers in 2007 en 2020 in de verschillende Gewesten.....	62
Tabel 40: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007 en 2020) voor de verschillende Gewesten.....	62
Tabel 41: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007 en 2020) voor de verschillende agglomeraties.....	63
Tabel 42: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het HWN voor 'Piek 2020'.....	63
Tabel 43: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN voor 'Piek 2020'.....	63
Tabel 44: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN voor 'Piek 2020'.....	63
Tabel 45: Lengte van het wegenet per Gewest.....	64

Lijst van afkortingen en symbolen

Afkortingen (algemeen)

BPR	Bureau of Public Roads
CFVD	Cellular Floating Vehicle Data
DVM	Dynamisch verkeersmanagement
FCD	Floating car data
FOD	Federale Overheidsdienst
FVD	Floating vehicle data
GPS	Global Positioning System
GSM	Groupe Spécial Mobile / Global System for Mobile communications
HWN	Hoofdwegennet
OWN	Onderliggend wegennet
RWN	Regionaal wegennet
START-SITTER	Systeem Trafiek Autowegen in Reële Tijd / Système Intelligent de Trafic en Temps Réel des autoroutes
SWN	Stedelijk wegennet

Afkortingen (emissies)

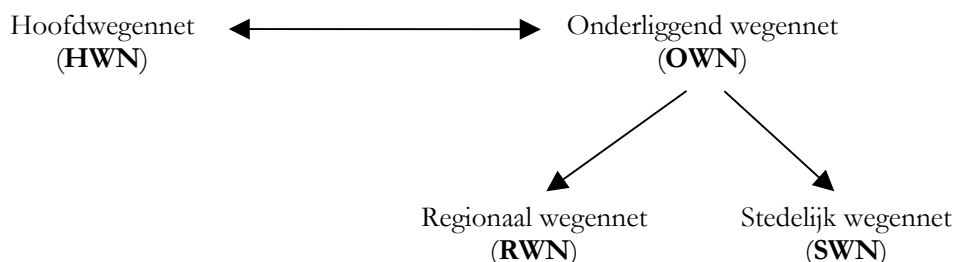
CO	Koolstofmonoxide
CO ₂	Koolstofdioxide
NO _x	Stikstofoxide
PM	Particulate matter (fijn stof)
SO ₂	Zwaveldioxide
VOC	Volatile organic compounds (vluchtige organische stoffen)

Symbolen

α	Parameter van de congestiecurve
β	Parameter van de congestiecurve
C	Maximaal verkeersvolume (<i>in voertuigkilometer/ uur</i>)
FK	Filekans op een wegvak
FL	Filelengte (<i>in kilometer</i>)
L	Lengte wegennet (<i>in kilometer</i>)
m	Evenredigheidsfactor
q	Verkeersvolume (<i>in voertuigkilometer/ uur</i>)
Q	Jaarvolume (<i>in voertuigkilometer/ jaar</i>)
T	Reistijd (<i>in seconden</i>)
T_{fr}	Reistijd in een onbelast netwerk met vrij-stromend verkeer (<i>in seconden</i>)
V	Verliestijd (<i>in seconden/ kilometer</i>)
VVU	Gemiddeld aantal voertuigverliesuren (<i>in voertuiguren/ uur</i>)

1. Verzamelen meetgegevens

Meetgegevens van het verkeer werden verzameld voor de periode van 09/10/2007 tot en met 31/03/2008, wat 175 dagen omvat. Er werd onderscheid gemaakt tussen gegevens voor het hoofdwegennet (HWN) en gegevens voor het onderliggend wegennet (OWN), aangezien deze op verschillende manieren uit verschillende bronnen komen. De periode 09/10/2007 tot en met 31/03/2008 overspant een half jaar. Ze werd zo gekozen vermits het systeem dat gebruikt werd om meetgegevens op het onderliggend wegennet te registreren, slechts in werking trad vanaf 09/10/2007.



De verzamelde meetgegevens worden geklassificeerd naar wegtype, ruimte en tijd. Deze classificatie verschilt in geringe mate voor HWN en OWN, zoals te zien in Tabel 1:

Hoofdwegennet	Onderliggend wegennet
Differentiatie naar wegtype Autosnelwegen	Differentiatie naar wegtype Regionale wegen (*) Stedelijke wegen (**)
Spatiale differentiatie Gewesten Vlaams Gewest Waals Gewest Brussels Gewest Agglomeraties Antwerpen Gent Luik	Spatiale differentiatie Gewesten Vlaams Gewest Waals Gewest Brussels Gewest Agglomeraties Antwerpen Gent Luik
Temporele differentiatie Tijdperiode Ochtendspits (6u - 9u) Middag (9u - 16u) Avondspits (16u - 19u) Nacht (19u - 6u) Dagtype werkdag niet-werkdag	Temporele differentiatie Tijdperiode Ochtendspits (6u - 9u) Dal (9u - 16u & 19u - 6u) (***) Avondspits (16u - 19u) Dagtype werkdag niet-werkdag

Tabel 1: Overzicht classificatie meetgegevens.

Enkele opmerkingen omtrent deze classificatie:

- Het hoofdwegennet (HWN) bestaat uit de autosnelwegen (A/E nummers) en ringwegen (R nummers kleiner of gelijk aan 9).
- Het regionaal wegennet (RWN) bestaat uit de gewest- en provinciewegen (N nummers) die de verschillende steden met elkaar verbinden, inclusief de ringwegen met R nummers groter of gelijk aan 10.
- Het stedelijk wegennet (SWN) bevat de verharde gemeentewegen.
- De agglomeraties Antwerpen, Gent en Luik en het Gewest Brussel worden gedefinieerd in Appendix A.
- Voor het OWN worden de tijdsperiodes ‘Middag’ en ‘Nacht’ samengenomen tot 1 ‘Dalperiode’.
- De niet-werkdagen in de beschouwde periode 09/10/07 tot en met 31/03/08 bevatten alle zaterdagen, zondagen, feestdagen (zijnde 01/11/07, 02/11/07, 25/12/07, 01/01/08), aangevuld met de dagen in de kerstvakantie 24/12/07, 26/12/07, 27/12/07, 28/12/07 en 31/12/07. Alle andere dagen in de beschouwde periode worden als werkdag beschouwd.

1.1 Meetgegevens hoofdwegennet (HWN)

Het HWN wordt voornamelijk bemeten door middel van **enkelvoudige inductieve lusdetectoren** die zijn ingebed in het wegdek¹. Deze sensoren zijn eigenlijk lussen van koperdraad die in het asfalt worden gelegd, typisch in een rechthoekige configuratie (zie bijvoorbeeld Figuur 1). Telkens een voertuig over een lus rijdt, wordt dit gedetecteerd. Indien er zich slechts 1 lus op een bepaalde meetlokatie bevindt, dan spreken we van een enkelvoudige lusdetector. Typische dimensies voor een enkelvoudige lusdetector zijn een breedte van 1.8 meter (dit komt overeen met de helft van de breedte van een typische rijstrook in België en Nederland), met een lengte van 1.5 meter. De breedte zorgt ervoor dat een typisch voertuig nog steeds kan gedetecteerd worden wanneer het van rijstrook zou veranderen (al is het wel zo dat motoren tussen de detectors door kunnen glippen). De lengte wordt groot genoeg genomen zodat een kleine vrachtwagen nog steeds door de lus als een enkel voertuig kan gezien worden; terzelfdertijd wordt aangenomen dat de lus klein genoeg is zodat individuele voertuigen nog steeds geteld kunnen worden in een gecongesteerde verkeersstoestand [Mae06].

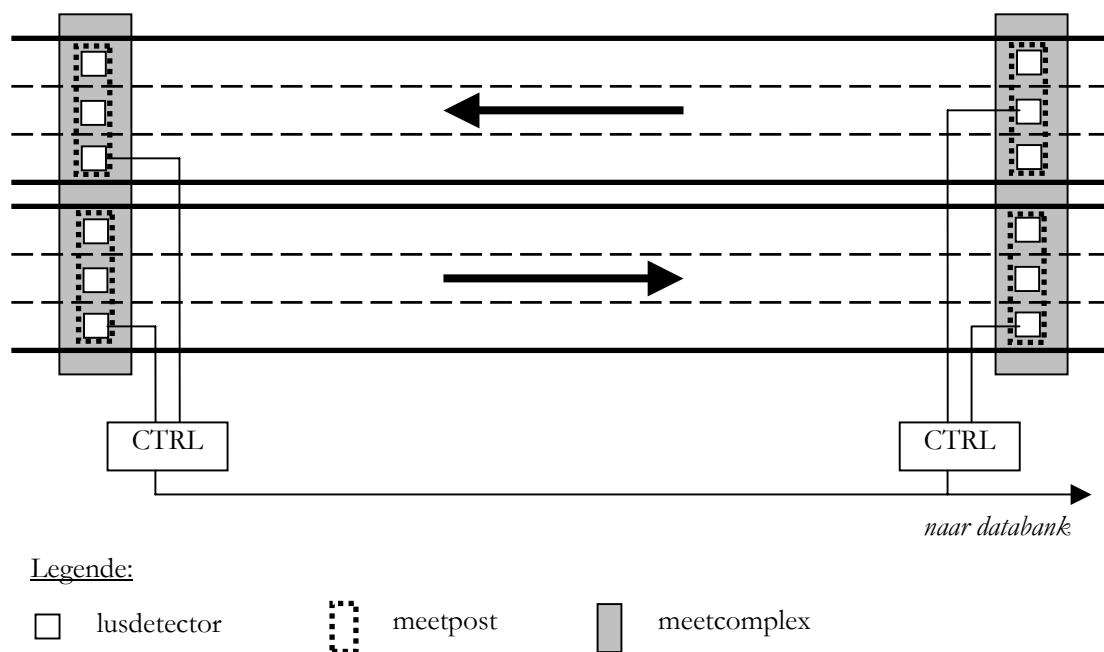


Figuur 1: Twee enkelvoudige lusdetectoren naast elkaar ingebed in het asfalt.

¹ Er zijn ook enkele dubbele inductieve lusdetectoren aanwezig, alsmede een aantal camera's, maar in de implementatie naar de databank met meetgegevens toe wordt er geen onderscheid naar het type meetsensor gemaakt.

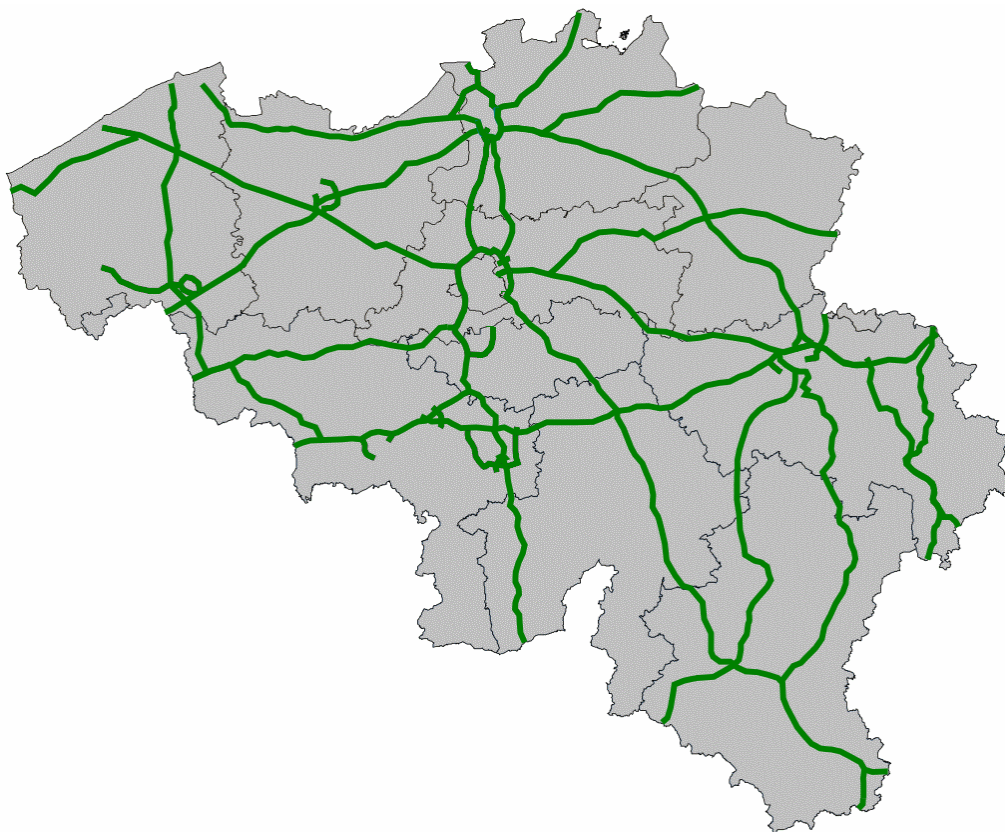
Deze enkelvoudige lusdetectoren registreren nu elke minuut het aantal personenwagens en het aantal vrachtwagens (dit zijn de verkeersvolumes), alsmede de gemiddelde snelheden van deze voorbijrijdende voertuigen.

Alle resulterende gegevens worden opgeslagen in het **START-SITTER** systeem, wat staat voor ‘*Système Trafiek Autoroutes in Réële Tijd*’ en ‘*Système Intelligent de Trafic en Temps Réel des autoroutes*’ [FOD]. In Figuur 2 wordt geschetst waar de lusdetectoren op een autosnelweg liggen. Er is 1 lusdetector per rijstrook. Een groep van naburige lusdetectoren (in aan elkaar grenzende rijstroken) wordt een **meetpost** genoemd. Een groep van meetposten vlak voor en na een op-/afrit wordt een **meetcomplex** genoemd. Deze meetcomplexen sturen elke minuut hun metingen naar centrale databanken in het Vlaamse en Waalse Gewest. Het federale START-SITTER systeem centraliseert de meetgegevens van beide databanken.



Figuur 2: Een groep van naburige lusdetectoren wordt een meetpost genoemd. Verschillende meetposten vlak voor en na een op- en afritcomplex wordt een meetcomplex genoemd. De gegevens van de enkele lusdetectoren worden naar een lokale verwerkingseenheid (CTRL) gestuurd, waarna deze doorgestuurd worden naar databanken in het Vlaamse en Waalse Gewest. Zij worden op hun beurt gecentraliseerd in het federale START-SITTER systeem.

Merk op dat enkelvoudige lusdetectoren bekend staan om hun vrij grote meetfout voor de gemiddelde snelheid, wat maakt dat de resultaten altijd met deze opmerking in het achterhoofd dienen geïnterpreteerd te worden.



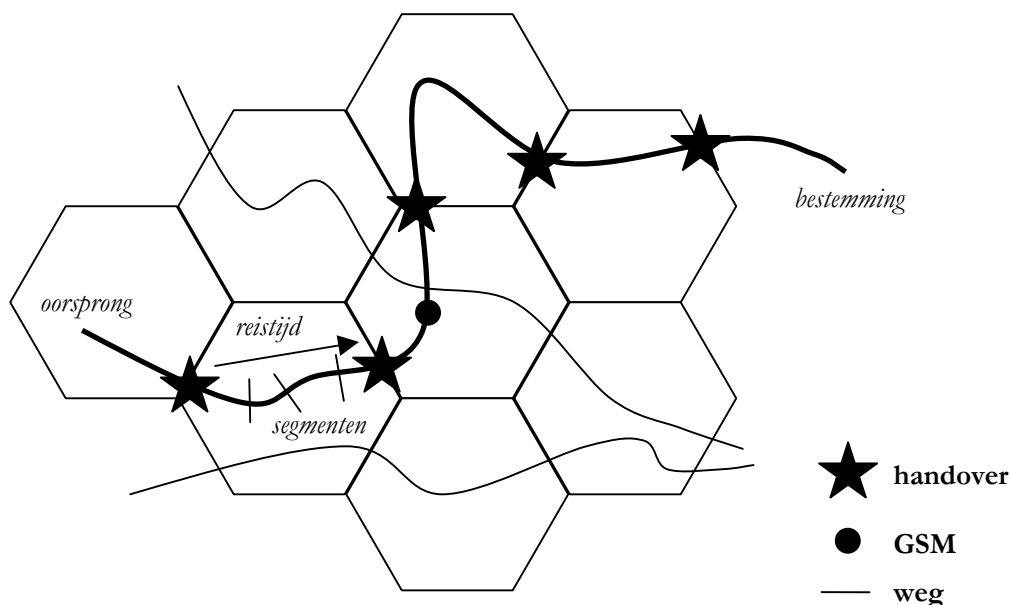
Figuur 3: Een overzicht van de ruimtelijke spreiding van de autosnelwegen in België.

Een overzicht van de ruimtelijke spreiding van de autosnelwegen in België is te zien in Figuur 3. Belangrijk om hierbij op te merken is dat de R0 ring rond Brussel grotendeels tot het Gewest Vlaanderen behoort. Dit maakt dat het aandeel autosnelweg voor het Gewest Brussel zeer klein is (slechts 11 kilometer in lengte), wat als gevolg heeft dat de resultaten voor dit wegtype en deze regio niet altijd als representatief kunnen genomen worden wegens een lagere statistische nauwkeurigheid.

Voor deze studie worden de metingen van alle meetposten in het Belgische autosnelwegennet uit de START-SITTER databank gehaald, wat aanleiding geeft tot het aantal voertuigkilometers per uur en de gemiddelde snelheid per uur voor een gemiddeld uur in de Ochtend, Middag, Avond en Nacht en dat voor alle regio's gedurende de betreffende studieperiode van 09/10/2007 tot en met 31/03/2008.

1.2 Meetgegevens onderliggend wegennet (OWN)

Het OWN wordt bemeaten op basis van mobiele communicatie, waaronder **GSMs** (we spreken hier over '*cellular floating vehicle data*', oftewel CFVD). Het idee hierachter is dat elke GSM informatie omtrent zijn lokatie uitwisselt met een basisstation. Deze worden gemodelleerd als een rooster van zeshoekige cellen, waarbij in het midden van elke cel een radio-antenne staat. Indien er met een GSM gebeld wordt, dan staat deze constant in verbinding met minstens een welbepaalde antenne. Terwijl de bestuurder van een voertuig rond rijdt en zich verder van een antenne begeeft, zal het signaal tussen de GSM en de antenne verzwakken. Van zodra de bestuurder met zijn voertuig aan de rand van een zeshoekige cel komt, zal zijn GSM een nieuwe verbinding tot stand brengen met de antenne in de nieuw aangrenzende zeshoekige cel. Op dat moment spreken we van een '*handover*'. Wanneer twee dergelijke handovers optreden, kan het meetsysteem bepalen hoe lang het duurde om van een punt naar een ander te rijden, wat een rechtstreekse meting van de reistijd oplevert (zie Figuur 4 voor een overzicht). Deze reistijd wordt vervolgens door het systeem automatisch gekoppeld aan een digitale wegenkaart wat ons de reistijden op het OWN geeft [ML07].



Figuur 4: Een voertuig waarvan de bestuurder met zijn GSM belt, terwijl het van een zekere oorsprong naar een zekere bestemming volgens een specifieke route in het wegennet rijdt. Telkens het voertuig de grens tussen twee zeshoekige cellen kruist, wordt dit in het systeem als een handover geregistreerd en wordt de reistijd over dat specifieke wegsegment bepaald.

In België is Be-Mobile² het bedrijf dat deze verkeersgegevens op basis van mobiele informatie oplevert. Zij gebruiken naast de GSMs ook de GPS toestellen die in sommige voertuigen zitten (bijvoorbeeld van koerierbedrijven die continu hun wagenpark volgen). Men spreekt hier van *'floating car data'* (FCD), of meer algemeen *'floating vehicle data'* (FVD).

De mobiele verkeersgegevens worden per wegsegment en per tijdsinterval van vijf minuten verzameld. Op basis hiervan aggregereert Be-Mobile zelf de gegevens en levert het gemiddelde reistijden per kilometer weg op het RWN en SWN op, dit telkens voor een gemiddeld uur in de Ochtend, Avond en Dal, en dat voor alle regio's.

Merk op dat de verkeersvolumes zelf **niet** rechtstreeks door het systeem gemeten kunnen worden. In deze studie werd daarom een methode uitgewerkt die het mogelijk maakt om toch nog zinvol met verkeersvolumes op het OVN te kunnen werken (zie Appendix B.1.2 voor meer details hieromtrent).

Met betrekking tot de aard van de meetgegevens afkomstig van het OVN, merken we op dat dat kans bestaat dat een GSM meer gebruikt wordt in de files dan in vrij-stromend verkeer. Daarnaast is het zo dat dit systeem een benadering geeft waarbij er een zekere foutenmarge inherente aan de meetgegevens eigen is.

² <http://www.be-mobile.be/>

2. Resultaten

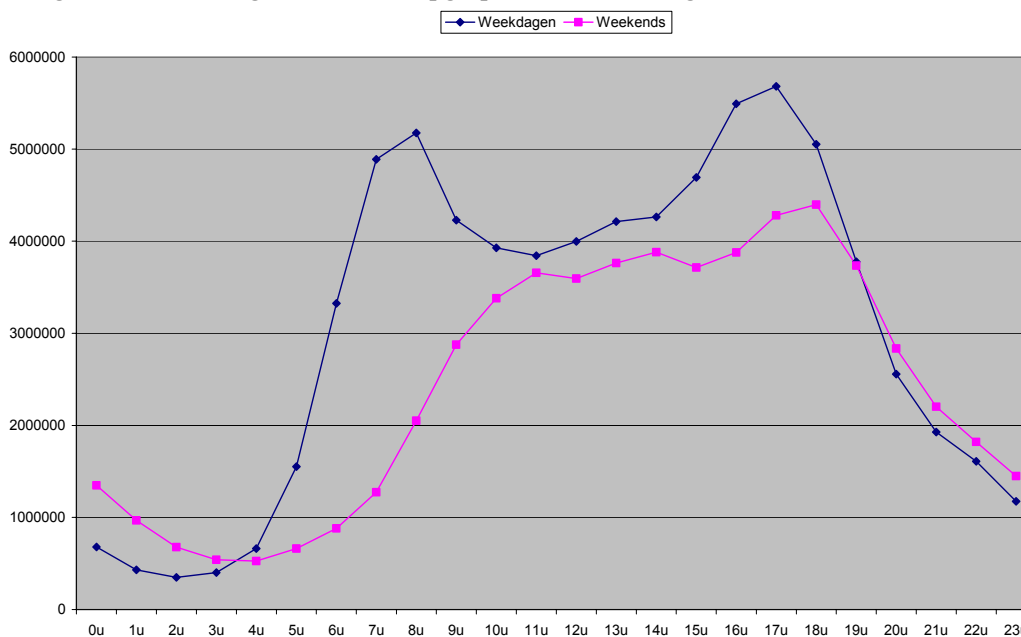
2.1 Analyse van de huidige congestie (2007—2008)

De verkeersstoestand in een regio wordt gekenmerkt door een gemiddeld verkeersvolume (aantal voertuigkilometer per uur) en een gemiddelde reistijd per afgelegde kilometer. Beiden geven aan in welke mate een verkeersstoestand gecongesteerd is, wat een indicatie van de filevorming geeft.

Voor de beschouwde periode van 09/10/2007 tot en met 31/03/2008 worden deze congestie-indicatoren bepaald voor de verschillende wegtypes, verschillende regio's en verschillende tijdsperiodes. Op basis van de meetgegevens worden ook congestiecurven bepaald zoals uitgelegd in Appendix D. Deze curven, die aangeven hoe reistijden evolueren in functie van verkeersvolumes, sluiten zo nauw mogelijk aan bij de meetgegevens. Ze worden gebruikt om de congestie in 2020 in te schatten, alsmede de effecten van congestie in 2007 en 2020.

2.1.1 Hoofdwegennet (HWN)

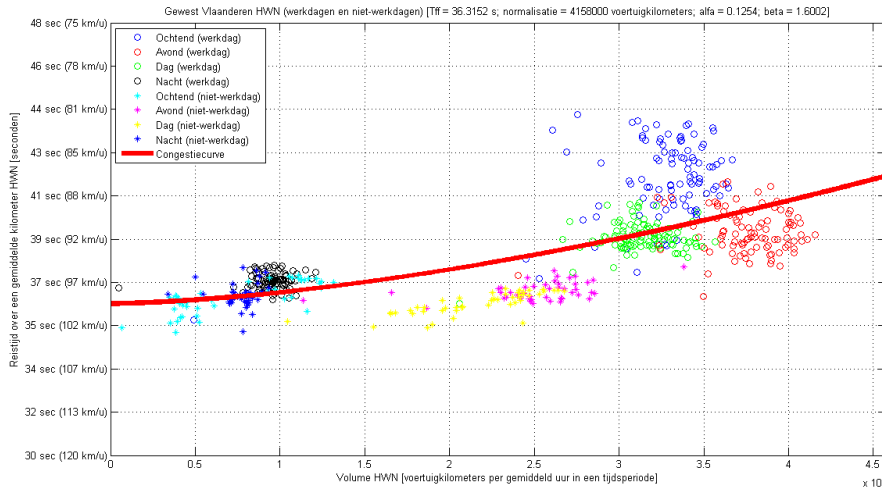
Voor het HWN worden alle geregistreerde datapunten in de periode 09/10/2007 tot en met 31/03/2008 voor de verschillende regio's weergegeven in Figuur 6 tot en met Figuur 11. Ook de congestiecurve die zo nauw mogelijk aansluit bij deze meetpunten wordt telkens gegeven. Voor het bepalen van de congestiecurve wordt verwezen naar de methodiek uitgelegd in Appendix D. In Figuur 5 wordt een overzicht getoond van het dagverloop van het totaal aantal voertuigkilometers in België, dit voor personenwagens en vrachtwagens tesamen, opgesplitst naar weekdays en weekends.



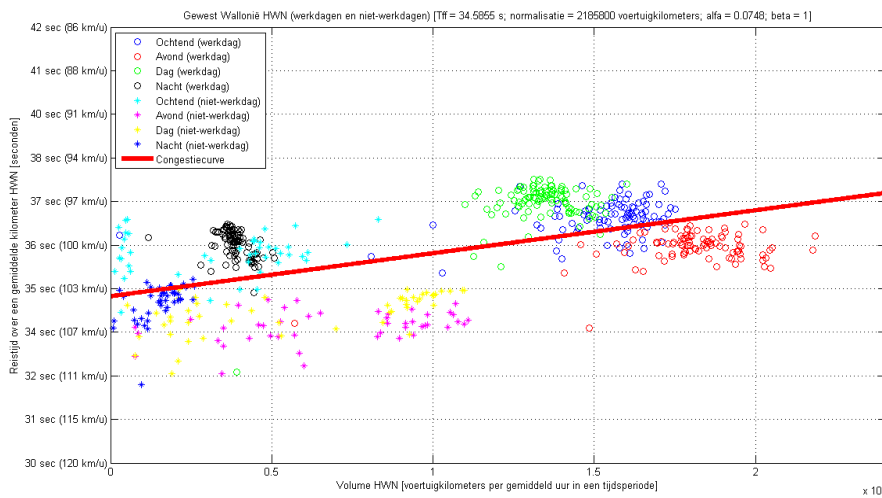
Figuur 5: Het dagverloop van het totaal aantal voertuigkilometers in België, voor personenwagens en vrachtwagens tesamen, opgesplitst naar weekdays en weekends.

Elk meetpunt geeft voor een bepaald verkeersvolume (aantal voertuigkilometers per gemiddeld uur in een tijdsperiode, dit is per gemiddeld uur in de Ochtend, Middag, Avond of Nacht) een gemiddelde reistijd per kilometer. Het bepalen van uurgemiddelde reistijden en verkeersvolumes in regio's wordt besproken in Appendix D. Meetpunten in een verschillende tijdsperiode krijgen een verschillende kleur mee. Ook wordt onderscheid gemaakt tussen werkdagen en niet-werkdagen.

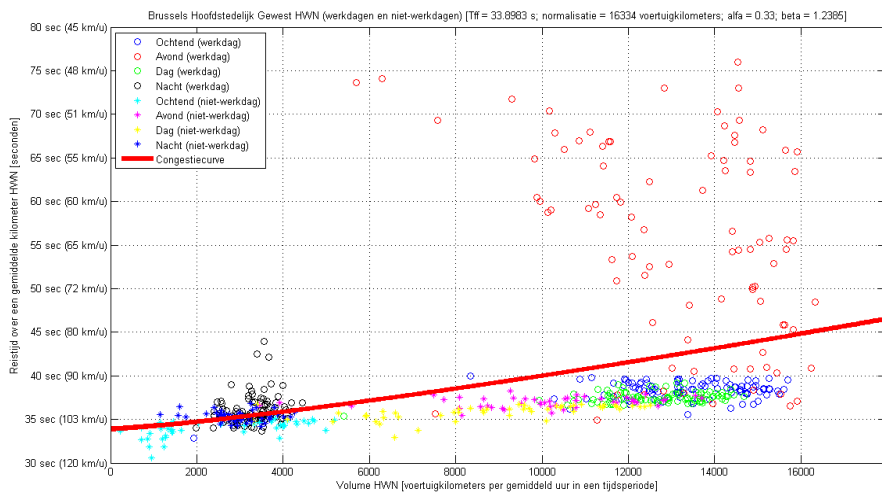
De gebruikte congestiecurven zijn een manier om congestie in te schatten, dit op een voldoende geaggregeerd niveau wat dus een simplificatie van de werkelijkheid inhoudt.



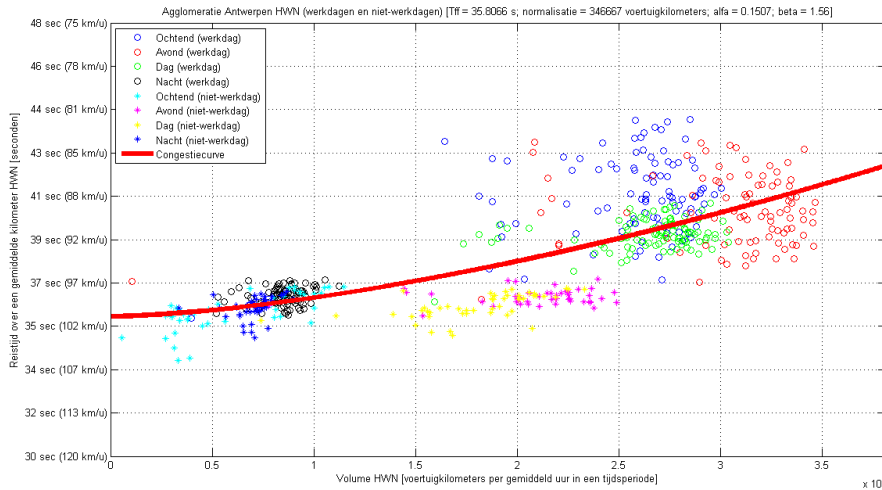
Figuur 6: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Vlaanderen.



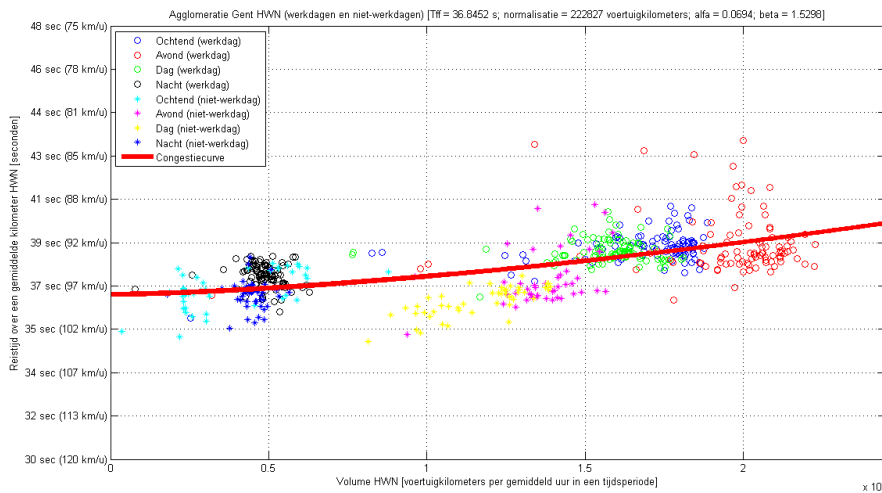
Figuur 7: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Wallonië.



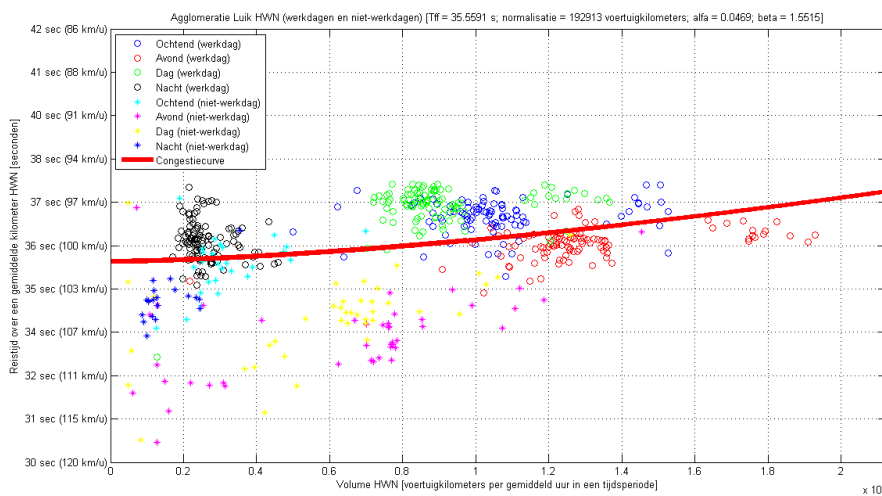
Figuur 8: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Brussel.



Figuur 9: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in de agglomeratie Antwerpen.



Figuur 10: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in de agglomeratie Gent.



Figuur 11: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in de agglomeratie Luik.

Voor elke regio worden nu alle meetpunten die behoren tot een bepaalde tijdsperiode (Ochtend, Middag, Avond of Nacht) uitgemiddeld over de beschouwde periode van 175 dagen. Dit levert de gemiddelde verkeersvolumes en gemiddelde reistijden, weergegeven in Tabel 2, respectievelijk Tabel 3.

HWN	Gemiddeld verkeersvolume (voertuigkilometer/uur)							
	Werkdag				Niet-werkdag			
Regio	Ochtend	Avond	Dag	Nacht	Ochtend	Avond	Dag	Nacht
Gewest Vlaanderen	3.255.800	3.754.700	3.133.300	945.730	737.150	2.527.300	2.153.800	778.500
Gewest Wallonië	1.534.600	1.807.400	1.338.400	387.450	336.010	691.930	600.850	151.470
Gewest Brussel	13.276	13.162	12.641	3.263	2.651	10.019	8.778	2.953
Agglomeratie Antwerpen	256.870	303.720	265.100	84.831	61.242	209.010	180.990	70.384
Agglomeratie Gent	169.270	195.030	157.180	48.599	38.333	137.730	116.600	44.858
Agglomeratie Luik	105.810	130.030	90.945	26.599	32.370	57.667	54.043	14.248

Tabel 2: Gemiddelde verkeersvolumes op het hoofdwegenet.

HWN	Gemiddelde reistijd (seconden/kilometer)							
	Werkdag				Niet-werkdag			
Regio	Ochtend	Avond	Dag	Nacht	Ochtend	Avond	Dag	Nacht
Gewest Vlaanderen	41,48	39,29	39,09	37,25	36,57	36,85	36,32	36,67
Gewest Wallonië	36,75	35,94	37,16	36,02	35,76	33,76	34,16	34,43
Gewest Brussel	38,34	55,53	37,52	35,55	33,95	36,97	35,86	35,15
Agglomeratie Antwerpen	40,87	40,16	39,22	36,65	36,02	36,61	36,24	36,16
Agglomeratie Gent	38,82	38,94	38,65	37,63	37,05	37,51	36,56	36,82
Agglomeratie Luik	36,80	36,05	37,11	35,96	35,42	32,92	33,35	34,42

Tabel 3: Gemiddelde reistijden op het hoofdwegenet.

In het Gewest Vlaanderen liggen de reistijden iets hoger dan in de andere Gewesten. Evenzo worden in de agglomeratie Antwerpen iets hogere reistijden genoteerd dan in de andere agglomeraties. Reistijden in Vlaanderen en Antwerpen ontlopen elkaar nauwelijks. Hetzelfde geldt voor reistijden in Wallonië en Luik.

Voor alle regio's treedt de belangrijkste congestie op in de ochtend en avond van werkdagen. In het algemeen worden 's avonds hogere verkeersvolumes waargenomen dan 's ochtends, maar heeft de ochtend hogere reistijden. De ochtendspits is iets heviger maar meer geconcentreerd, de avondspits kent een grotere spreiding, zowel in de ruimte als in de tijd.

Lagere verkeersvolumes en reistijden treden op in de middag van een werkdag. Verkeersvolumes nemen vervolgens verder af van de avond op een niet-werkdag, over de middag op een niet-werkdag, de nacht op een werkdag, de nacht op een niet-werkdag tot de ochtend op een niet-werkdag. Reistijden worden kleiner in dezelfde volgorde. Enkel 's nachts op een werkdag wordt relatief traag gereden, trager dan op een niet-werkdag.

Op bovenstaande algemeenheden vallen enkele uitzonderingen te noteren:

- In het Gewest Brussel hebben de ochtend en avond op een werkdag gelijkaardige verkeersvolumes, maar de reistijd is beduidend hoger in de avond.
- In het Gewest Wallonië en in de agglomeratie Luik zijn op werkdagen de reistijden het hoogst in de middag. Op niet-werkdagen zijn reistijden 's ochtend en 's nachts hoger dan in de avond en de middag.
- In de agglomeratie Antwerpen zijn de verkeersvolumes 's middags op een werkdag erg hoog, zelfs iets hoger dan 's ochtends.

De congestiecurven in bovenstaande figuren sluiten steeds zo nauw mogelijk aan bij de meetpunten (zie ook Appendix D). Zij geven aan hoe reistijden evolueren in functie van verkeersvolumes. Ze hebben volgende functionele vorm:

$$T = T_{ff} \left(1 + \alpha \left(\frac{q}{C} \right)^\beta \right)$$

waarbij T_{ff} = reistijd in een onbelast netwerk met vrij-stromend verkeer (seconden),
 q = verkeersvolume (voertuigkilometer per uur),
 C = maximaal verkeersvolume (voertuigkilometer per uur),
 α = constante,
 β = constante.

Tabel 4 geeft een overzicht van de parameters van deze congestiefunctie voor de verschillende regio's op het HWN:

HWN	T_{ff}	C	α	β
Regio	(seconden)	(voertuigkms)	(-)	(-)
Gewest Vlaanderen	36,32	4.158.000	0,1254	1,6002
Gewest Wallonië	34,59	2.185.800	0,0748	1,0000
Gewest Brussel	33,90	16.334	0,3300	1,2385
Agglomeratie Antwerpen	35,81	346.667	0,1507	1,5600
Agglomeratie Gent	36,85	222.827	0,0694	1,5298
Agglomeratie Luik	35,56	192.913	0,0469	1,5515

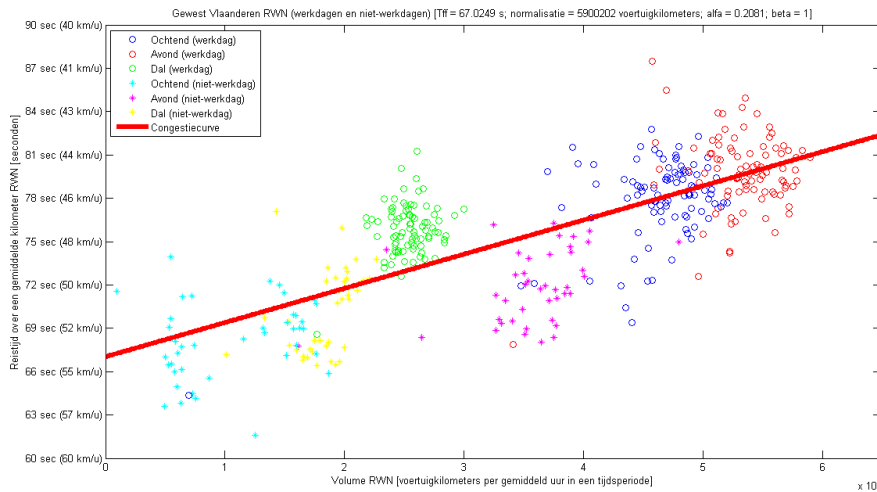
Tabel 4: Overzichtstabel met de parameters van alle congestiecurven voor het hoofdwegennet.

2.1.2 Onderliggend wegennet (OWN)

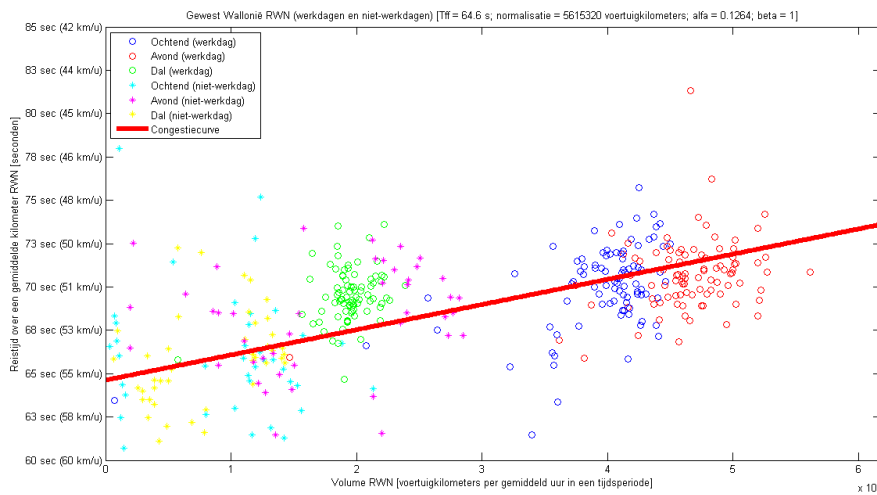
Voor het OWN worden alle meetpunten in de periode 09/10/07 tot en met 31/03/08 voor de verschillende regio's weergegeven in Figuur 12 tot en met Figuur 23. Hierbij tonen Figuur 12 tot en met Figuur 17 de meetpunten tonen voor het regionaal wegennet (RWN), gegroepeerd in Sectie 2.1.2.1. Figuur 18 tot en met Figuur 23 tonen deze voor het stedelijk wegennet (SWN) geven, gegroepeerd in Sectie 2.1.2.2.

Elk meetpunt geeft een gemiddelde reistijd per km voor een bepaald verkeersvolume (aantal voertuigkilometer per gemiddeld uur in een tijdsperiode). Merk op dat reistijden op het RWN en SWN verkregen werden na omzetting van de brongegevens. Meer informatie hierover kan gevonden worden in Appendix C. De verkeersvolumes op het RWN en SWN zijn een omzetting van de verkeersvolumes op het HWN. In Appendix B wordt beschreven hoe deze verkregen worden.

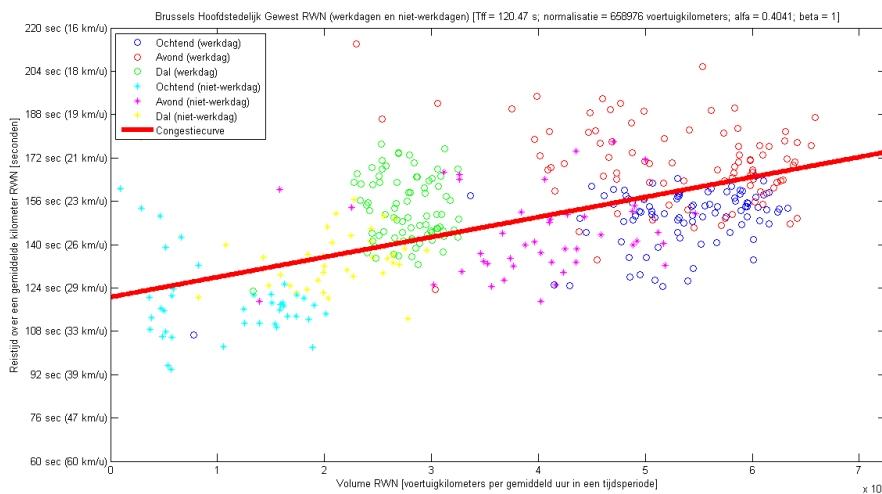
2.1.2.1 Regionaal wegennet (RWN)



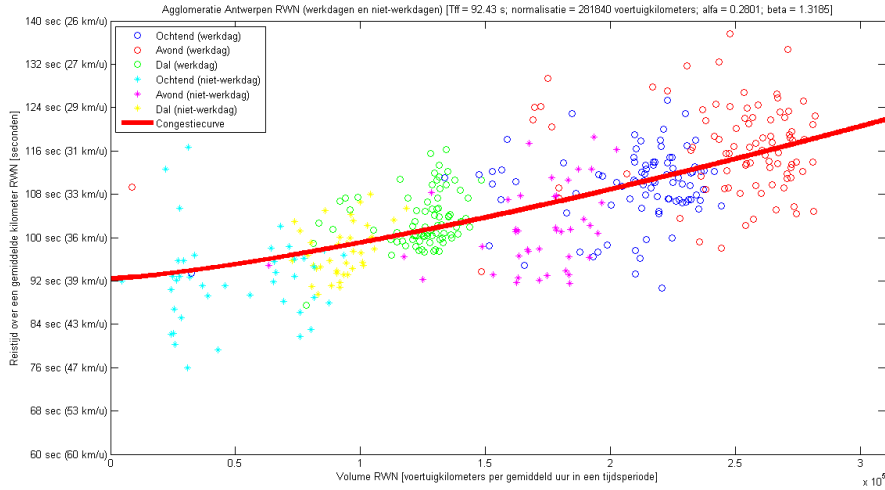
Figuur 12: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in het Gewest Vlaanderen.



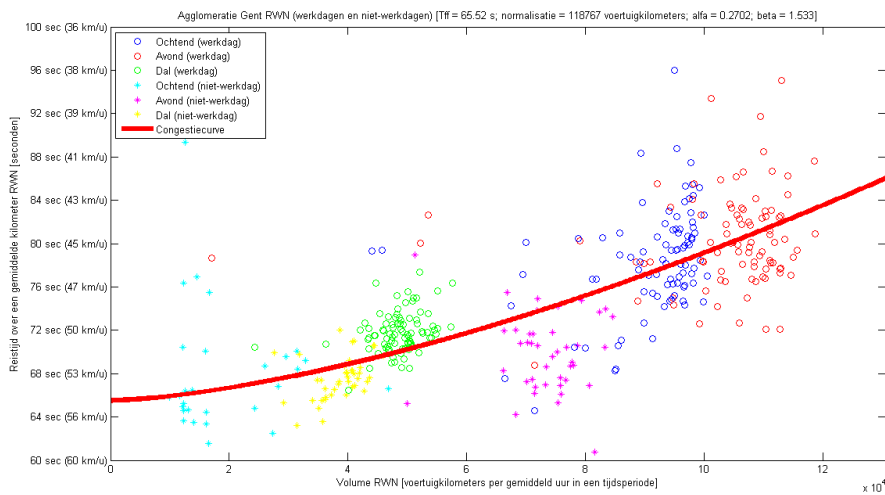
Figuur 13: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in het Gewest Wallonië.



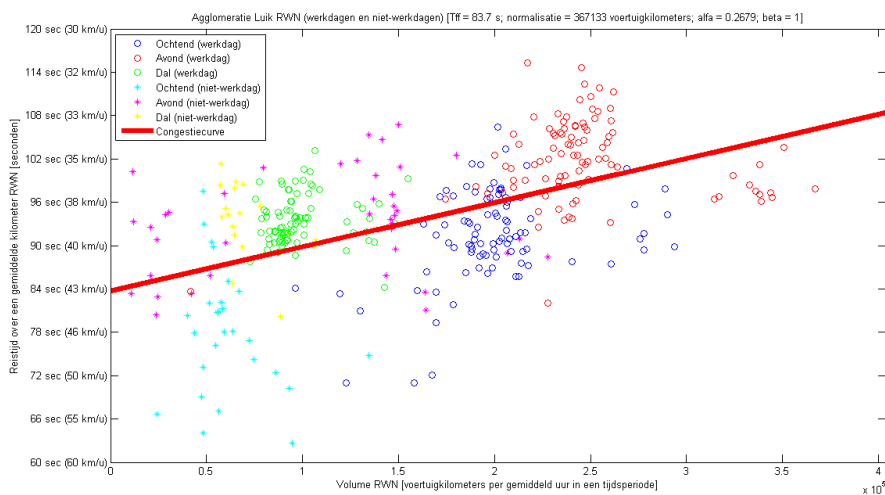
Figuur 14: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in het Gewest Brussel.



Figuur 15: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in de agglomeratie Antwerpen.



Figuur 16: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in de agglomeratie Gent.



Figuur 17: Meetpunten en congestiecurve voor het RWN in de agglomeratie Luik.

Gemiddelde verkeersvolumes en gemiddelde reistijden over de beschouwde periode van 175 dagen voor het regionaal wegennet worden samengevat in Tabel 5 en Tabel 6:

RWN	Gemiddeld verkeersvolume (voertuigkilometer/uur)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
Regio	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Gewest Vlaanderen	4.614.800	5.320.100	2.541.300	1.034.800	3.576.200	1.852.600
Gewest Wallonië	3.940.600	4.627.800	1.941.300	872.020	1.761.000	807.510
Gewest Brussel	533.580	528.650	276.440	104.640	399.470	213.640
Agglomeratie Antwerpen	208.230	246.510	124.710	49.226	168.690	92.180
Agglomeratie Gent	90.041	103.530	48.533	20.235	73.216	38.525
Agglomeratie Luik	199.800	246.740	98.786	61.182	108.570	71.809

Tabel 5: Gemiddelde verkeersvolumes op het regionaal wegennet.

RWN	Gemiddelde reistijd (seconden/kilometer)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
Regio	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Gewest Vlaanderen	77,05	78,90	75,02	66,59	68,65	68,50
Gewest Wallonië	69,25	69,90	68,69	65,76	65,17	64,33
Gewest Brussel	148,38	168,35	150,95	117,29	137,50	134,24
Agglomeratie Antwerpen	108,08	115,09	101,97	89,96	96,87	95,37
Agglomeratie Gent	77,32	80,35	71,84	64,34	66,70	65,97
Agglomeratie Luik	90,30	100,78	92,49	78,09	87,99	93,31

Tabel 6: Gemiddelde reistijden op het regionaal wegennet.

Op het regionaal wegennet (RWN) zijn reistijden het hoogst in het Gewest Brussel, gevolgd door de agglomeraties Antwerpen, Luik en Gent en tenslotte de Gewesten Vlaanderen en Wallonië. Vooral in Brussel zijn de reistijden erg groot, ruim dubbel zo groot als in Vlaanderen en Wallonië.

Voor alle regio's worden de grootste verkeersvolumes en reistijden waargenomen in de avond van een werkdag, gevolgd door de ochtend. Verkeersvolumes nemen vervolgens af van de avond op een niet-werkdag over de dalperiode van een werkdag, terwijl de reistijden in deze dalperiode hoger zijn dan in de avond van een niet-werkdag. Ook hier blijkt dus dat er 's nachts op werkdagen relatief traag gereden wordt.

De kleinste verkeersvolumes en reistijden treden op in de dalperiode van een niet-werkdag en tenslotte in de ochtend van een niet-werkdag.

Uitzonderingen hierop zijn de volgende:

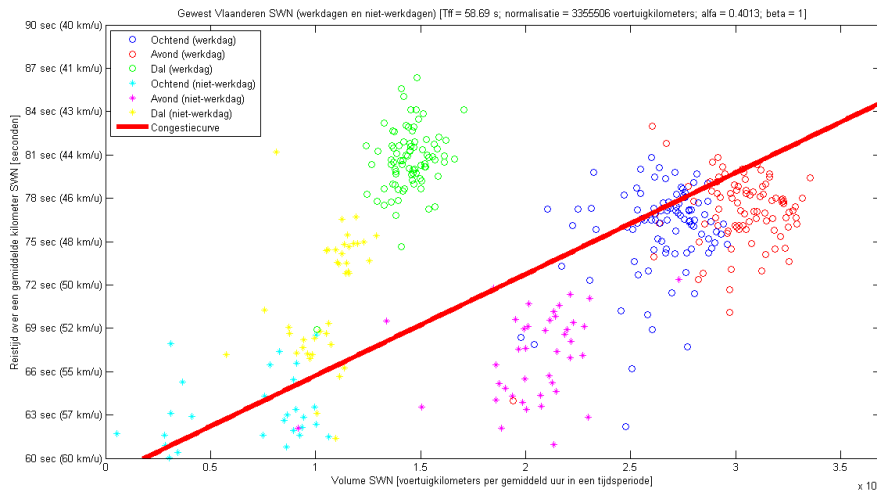
- In het Gewest Brussel heeft de ochtend op een werkdag iets hogere verkeersvolumes dan de avond, maar eigenlijk ontlopen beiden elkaar niet veel.
- De agglomeratie Luik kent erg hoge reistijden in de dalperiodes, zowel op werkdagen als op niet-werkdagen.

Tabel 7 geeft een overzicht van de parameters van de congestiecurven voor de verschillende regio's op het stedelijk wegennet:

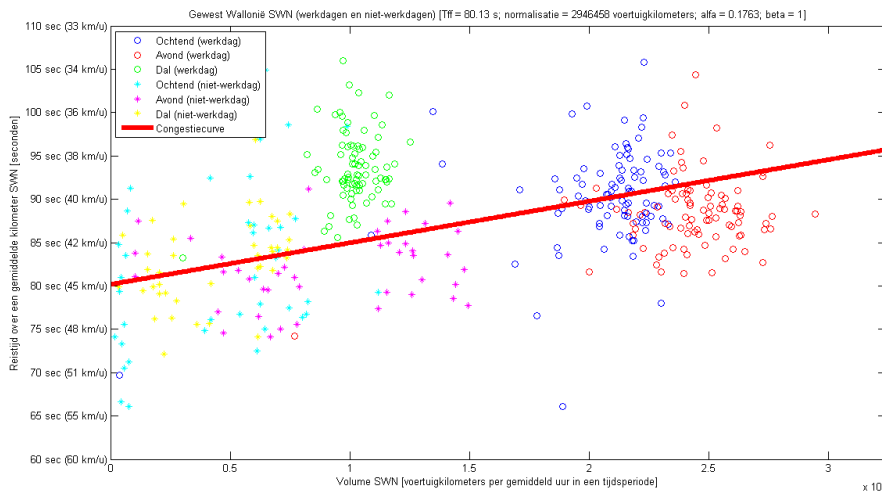
RWN	T_{ff}	C	α	β
Regio	(seconden)	(voertuigkms)	(-)	(-)
Gewest Vlaanderen	67,02	5.900.202	0,2081	1,0000
Gewest Wallonië	64,60	5.615.320	0,1264	1,0000
Gewest Brussel	120,47	658.976	0,4041	1,0000
Agglomeratie Antwerpen	92,43	281.840	0,2801	1,3185
Agglomeratie Gent	65,52	118.767	0,2702	1,5330
Agglomeratie Luik	83,70	367.133	0,2679	1,0000

Tabel 7: Overzichtstabel met de parameters van alle congestiecurven voor het regionaal wegennet.

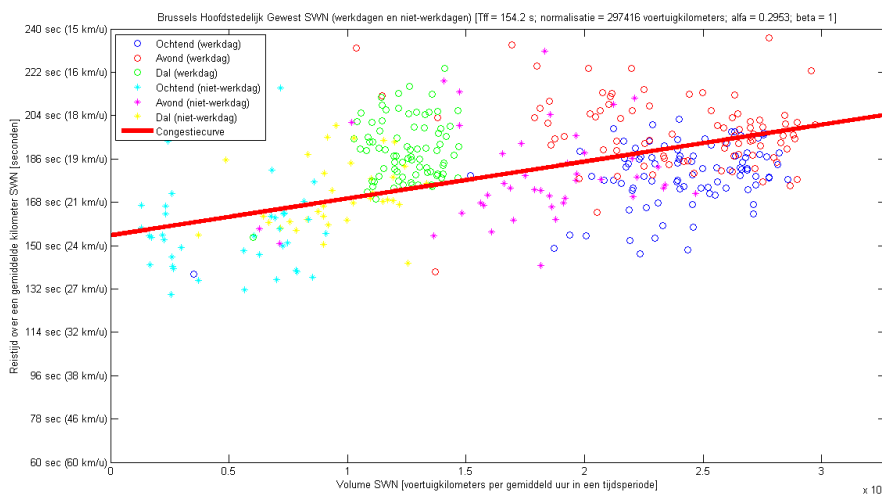
2.1.2.2 Stedelijk wegennet (SWN)



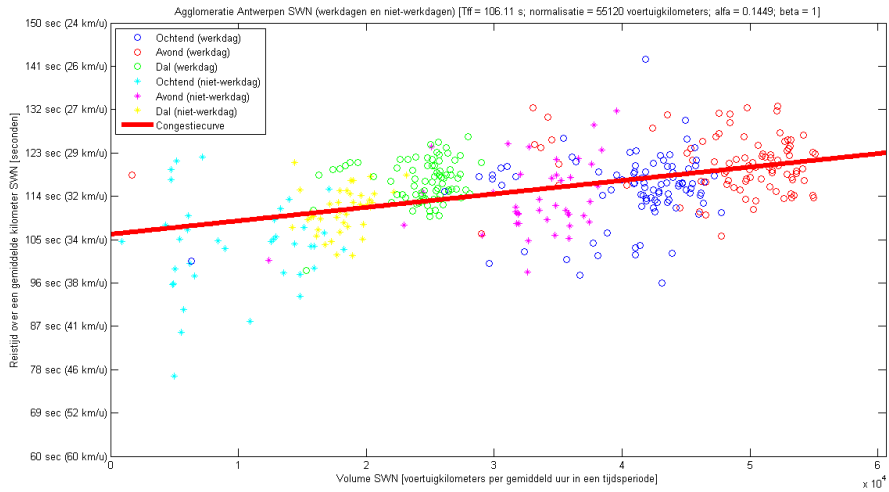
Figuur 18: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in het Gewest Vlaanderen.



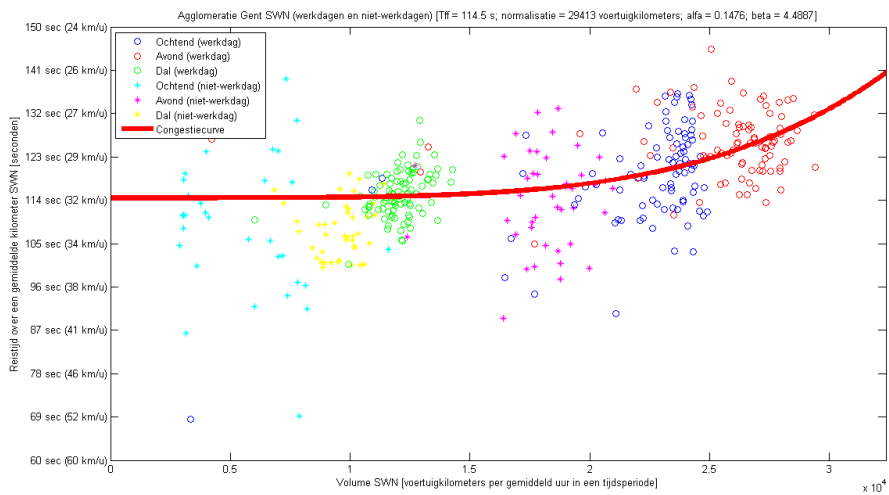
Figuur 19: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in het Gewest Wallonië.



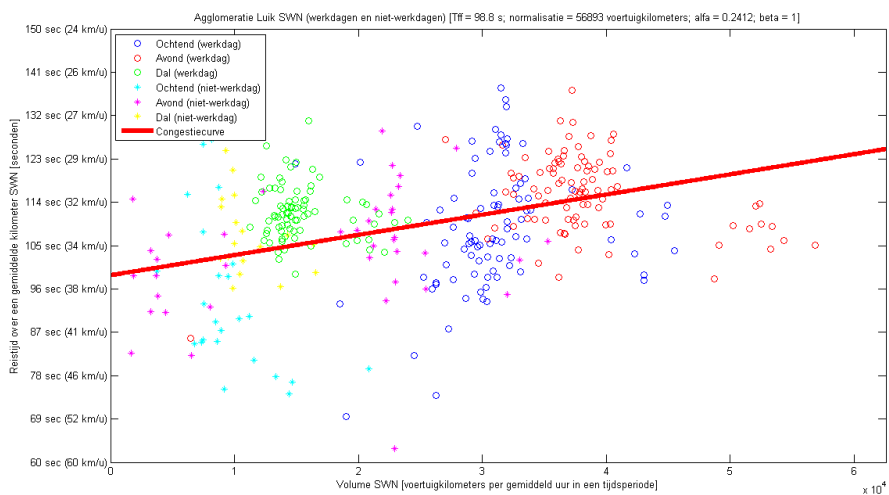
Figuur 20: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in het Gewest Brussel.



Figuur 21: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in de agglomeratie Antwerpen.



Figuur 22: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in de agglomeratie Gent.



Figuur 23: Meetpunten en congestiecurve voor het SWN in de agglomeratie Luik.

Gemiddelde verkeersvolumes en gemiddelde reistijden over de beschouwde periode van 175 dagen voor het stedelijk wegennet worden samengevat in Tabel 8 en Tabel 9:

SWN	Gemiddeld verkeersvolume (voertuigkilometer/uur)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Gewest Vlaanderen	2.624.500	3.025.600	1.445.200	588.510	2.033.800	1.053.600
Gewest Wallonië	2.067.700	2.428.300	1.018.600	457.570	924.030	423.720
Gewest Brussel	240.820	238.590	124.760	47.228	180.290	96.424
Agglomeratie Antwerpen	40.724	48.210	24.391	9.627	32.990	18.028
Agglomeratie Gent	22.299	25.641	12.020	5.011	18.132	9.541
Agglomeratie Luik	30.963	38.236	15.308	9.481	16.825	11.128

Tabel 8: Gemiddelde verkeersvolumes op het stedelijk wegennet.

SWN	Gemiddelde reistijd (seconden/kilometer)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Gewest Vlaanderen	74,82	76,22	79,69	59,85	64,02	69,48
Gewest Wallonië	89,35	87,46	92,53	82,93	78,37	81,69
Gewest Brussel	177,35	194,95	187,33	156,83	172,80	171,42
Agglomeratie Antwerpen	114,00	119,29	115,58	104,47	108,42	108,37
Agglomeratie Gent	117,61	125,85	115,15	111,47	108,97	105,21
Agglomeratie Luik	107,70	114,95	110,66	97,92	98,94	107,04

Tabel 9: Gemiddelde reistijden op het stedelijk wegennet.

Ook op het stedelijk wegennet (SWN) zijn de reistijden het hoogst in het Gewest Brussel. De reistijden nemen vervolgens af van de agglomeraties Gent over Antwerpen en Luik, naar de Gewesten Wallonië en ten slotte Vlaanderen. En ook hier zijn de reistijden in Brussel ruim dubbel zo groot als in Vlaanderen en Wallonië.

Per regio houden de reistijden in de ochtend, avond en dalperiode van een werkdag elkaar nogal in evenwicht. In Brussel en in de beschouwde agglomeraties zijn de reistijden 's avonds het grootst, terwijl in de Gewesten Vlaanderen en Wallonië de hoogste reistijden in de dalperiode worden waargenomen. Werkdagen hebben steeds hogere reistijden dan niet-werkdagen. Op niet-werkdagen liggen de reistijden in de dalperiode en 's avonds hoger dan 's ochtends.

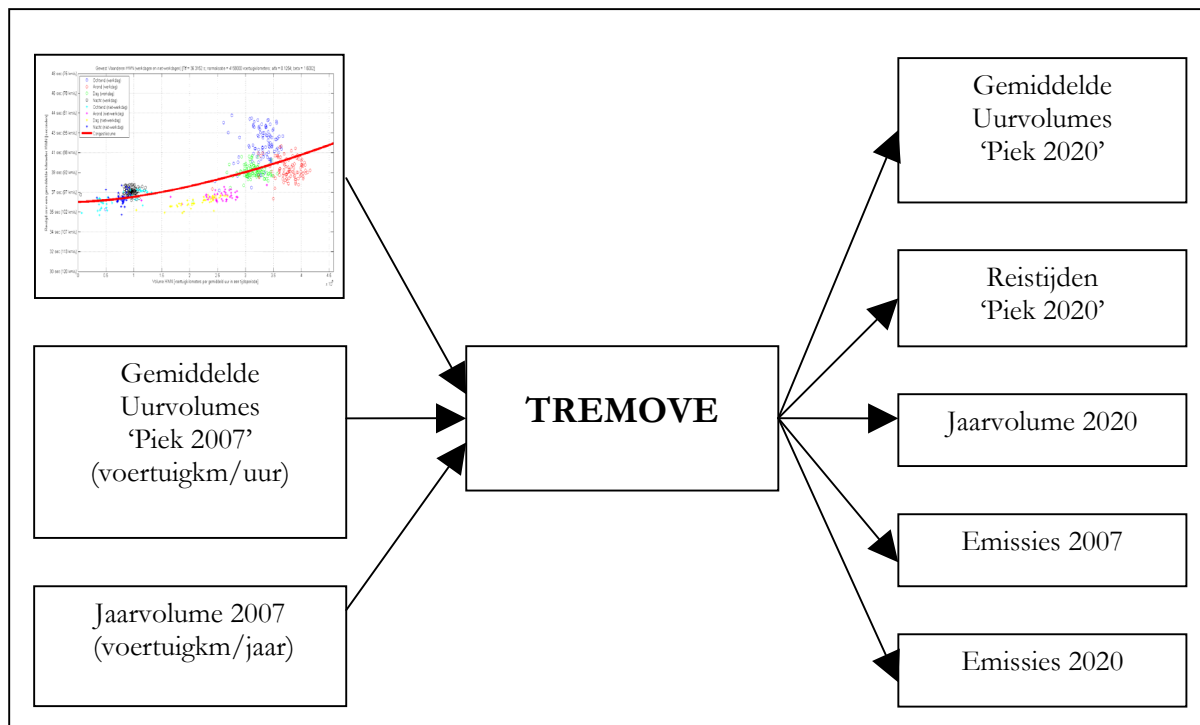
Tabel 10 geeft een overzicht van de parameters van de congestiecurven voor de verschillende regio's op het stedelijk wegennet:

SWN	T_{ff}	C	α	β
Regio	(seconden)	(voertuigkms)	(-)	(-)
Gewest Vlaanderen	58,69	3.355.506	0,4013	1,0000
Gewest Wallonië	80,13	2.946.458	0,1763	1,0000
Gewest Brussel	154,20	297.416	0,2953	1,0000
Agglomeratie Antwerpen	106,11	55.120	0,1449	1,0000
Agglomeratie Gent	114,50	29.413	0,1476	4,4887
Agglomeratie Luik	98,80	56.893	0,2412	1,0000

Tabel 10: Overzichtstabel met de parameters van alle congestiecurven voor het stedelijk wegennet.

2.2 Prognose van congestie in 2020

Om voor het jaar 2020 de congestie-indicatoren ‘gemiddeld verkeersvolume’ en ‘gemiddelde reistijd’ te bepalen voor de verschillende wegtypes en regio’s, wordt beroep gedaan op het TREMOVE model (zie ook Appendix E). Op basis van het verkeersvolume in 2007 en op basis van het verband tussen de verkeersvolumes en reistijden berekent TREMOVE deze voor het jaar 2020 (zie Figuur 24):



Figuur 24: In- en uitvoerschema voor TREMOVE om congestie-indicatoren voor het jaar 2020 te berekenen.

In het TREMOVE model wordt onderscheid gemaakt tussen de drie Gewesten Vlaanderen, Wallonië en Brussel. Ook de agglomeraties Antwerpen, Gent en Luik worden gedefinieerd in het model. Verder worden ook de drie wegtypes HWN, RWN en SWN onderscheiden. Zodoende kan de in- en uitvoer per regio en per wegtype bepaald worden.

Een eerste invoer voor het TREMOVE model zijn dus de hierboven bepaalde congestiecurven. Ze geven het verband weer tussen verkeersvolumes en reistijden. Voor de verschillende wegtypes en regio’s wordt ook telkens het totaal aantal voertuigkilometers ingevoerd, afgelegd over het hele jaar 2007 (TREMOVE rekent steeds per jaar). Hiervoor worden de cijfers van de FOD Mobiliteit en Vervoer³ gebruikt, zoals beschreven in Appendix B.

Een andere invoer voor TREMOVE is het uurgemiddelde verkeersvolume voor de periode ‘Piek 2007’. Wat de tijdsdifferentiatie betreft, maakt TREMOVE onderscheid tussen piek en dal. In wat volgt concentreren we ons op de voor het congestieprobleem relevante piekperiode. Deze piekperiode wordt gedefinieerd als het gemiddelde van de ochtend- en avondspits op werkdagen. Voor de periode ‘Piek 2007’ dienen nu in TREMOVE uurgemiddelde verkeersvolumes ingevoerd te worden. Deze verkeersvolumes worden bepaald als het gemiddelde van de in de periode 09/10/2007 tot en met 31/03/2008 opgemeten volumes in ochtend- en avondspits op een werkdag, maar eerst worden deze opgemeten volumes geschaald zodanig dat ze in overeenstemming zijn met de totale jaarlijks afgelegde voertuigkilometers in 2007. Dit schaalproces wordt beschreven in Appendix B. Ook de congestiecurven worden geschaald om deze overeenstemming te bereiken.

³Bron: *Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Verkeerstellingen 2006, nr. 39, appendix B, pagina B5-B6.*

Op basis van de hierboven beschreven invoergegevens berekent TREMOVE dan verkeersvolumes en reistijden voor de periode 'Piek 2020'. De bijhorende reistijden worden afgelezen uit de congestiecurven; de resultaten worden samengevat in Tabel 11 tot en met Tabel 13:

HWN	volume (vtgkm/u)	volume (vtgkm/u)	reistijd (s/km)	reistijd (s/km)	Toename reistijd
Regio	2007	2020	2007	2020	2007-2020 (%)
Gewest Vlaanderen	4496301	5210759	39,8	40,7	2,3%
Gewest Wallonië	3087067	3545855	36,6	36,9	0,8%
Gewest Brussel	82723	104603	42,5	45,4	6,8%
Agglomeratie Antwerpen	359544	416675	39,7	40,7	2,5%
Agglomeratie Gent	233650	268374	38,7	39,2	1,1%
Agglomeratie Luik	217850	275471	36,3	36,7	0,9%

Tabel 11: Verkeersvolumes en reistijden voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor het HWN.

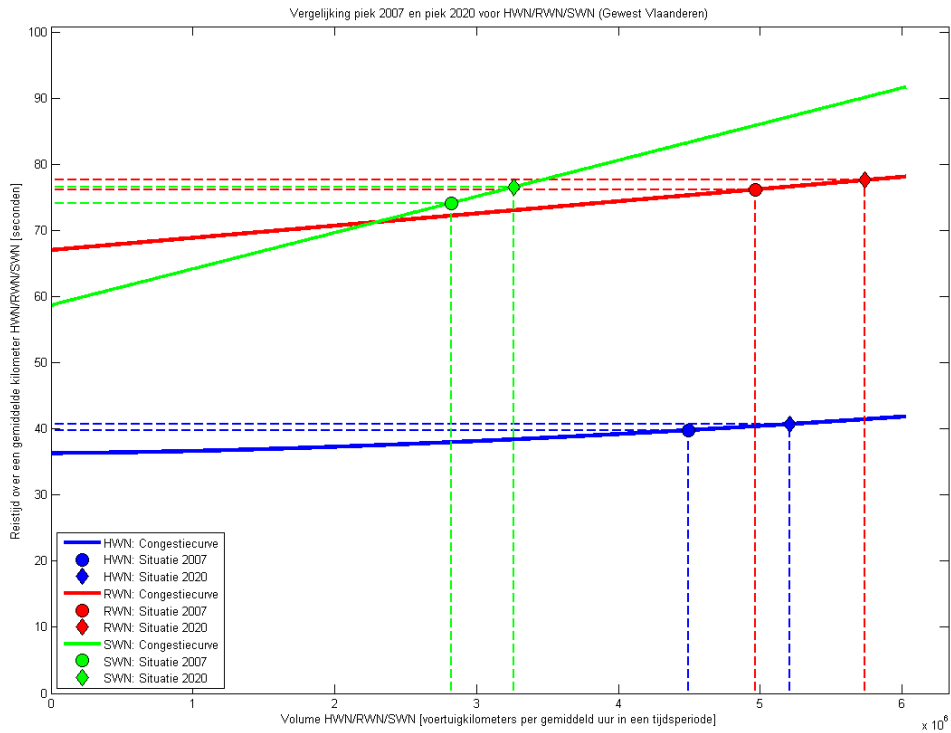
RWN	volume (vtgkm/u)	volume (vtgkm/u)	reistijd (s/km)	reistijd (s/km)	Toename reistijd
Regio	2007	2020	2007	2020	2007-2020 (%)
Gewest Vlaanderen	4967450	5739920	76,2	77,6	1,9%
Gewest Wallonië	4284200	4945212	68,0	68,5	0,8%
Gewest Brussel	531115	669853	126,7	128,4	1,3%
Agglomeratie Antwerpen	227370	262727	106,5	109,4	2,8%
Agglomeratie Gent	96786	111719	74,4	76,5	2,9%
Agglomeratie Luik	223270	281593	91,1	93,0	2,1%

Tabel 12: Verkeersvolumes en reistijden voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor het RWN.

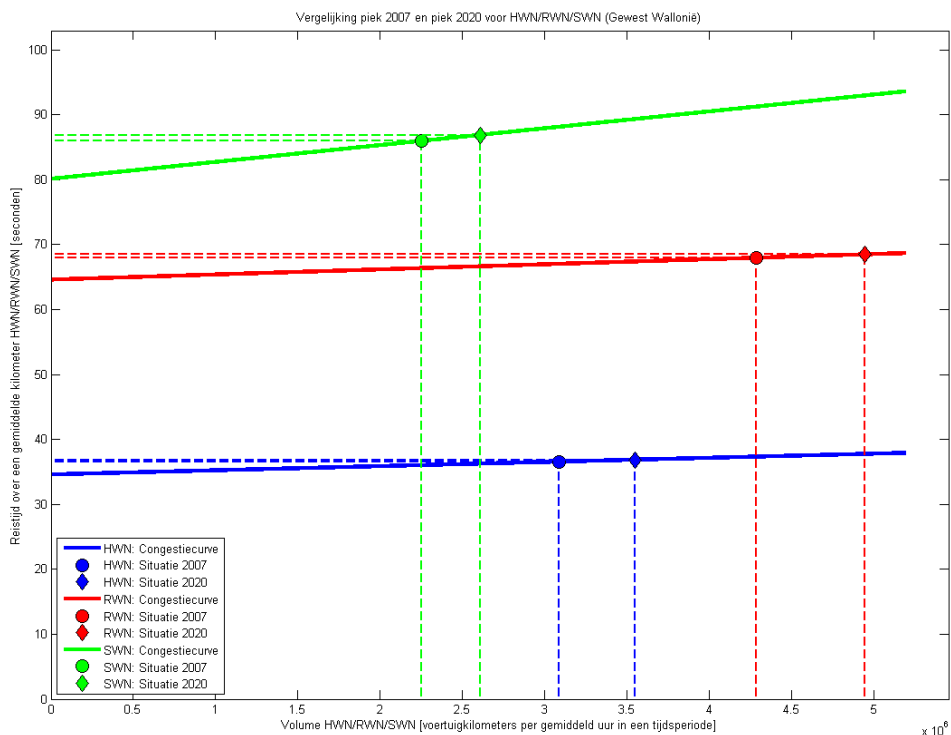
SWN	volume (vtgkm/u)	volume (vtgkm/u)	reistijd (s/km)	reistijd (s/km)	Toename reistijd
Regio	2007	2020	2007	2020	2007-2020 (%)
Gewest Vlaanderen	2825050	3264673	74,1	76,6	3,2%
Gewest Wallonië	2248000	2606075	86,0	86,9	1,1%
Gewest Brussel	239705	293820	160,1	161,4	0,8%
Agglomeratie Antwerpen	44467	51387	115,8	117,3	1,3%
Agglomeratie Gent	23970	27788	116,7	118,8	1,8%
Agglomeratie Luik	34600	42411	106,6	108,4	1,7%

Tabel 13: Verkeersvolumes en reistijden voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor het SWN.

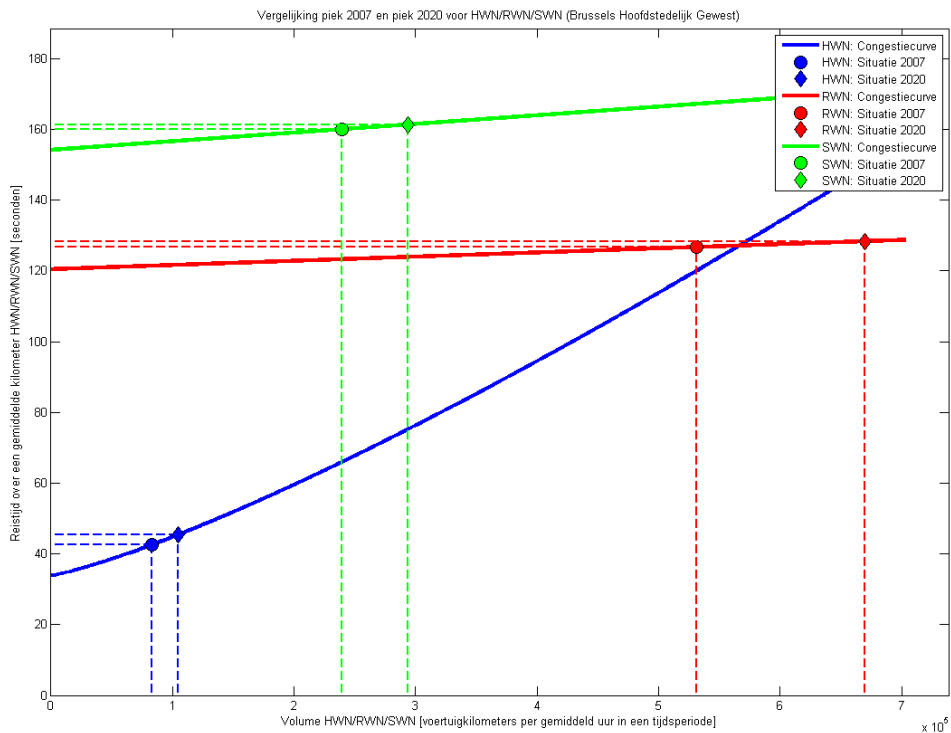
Figuur 25 tot en met Figuur 30 geven voor elke regio de verschillende congestiecurven per wegtype. Op elke congestiecurve worden de gemiddelde verkeersvolumes en reistijden aangeduid voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020'.



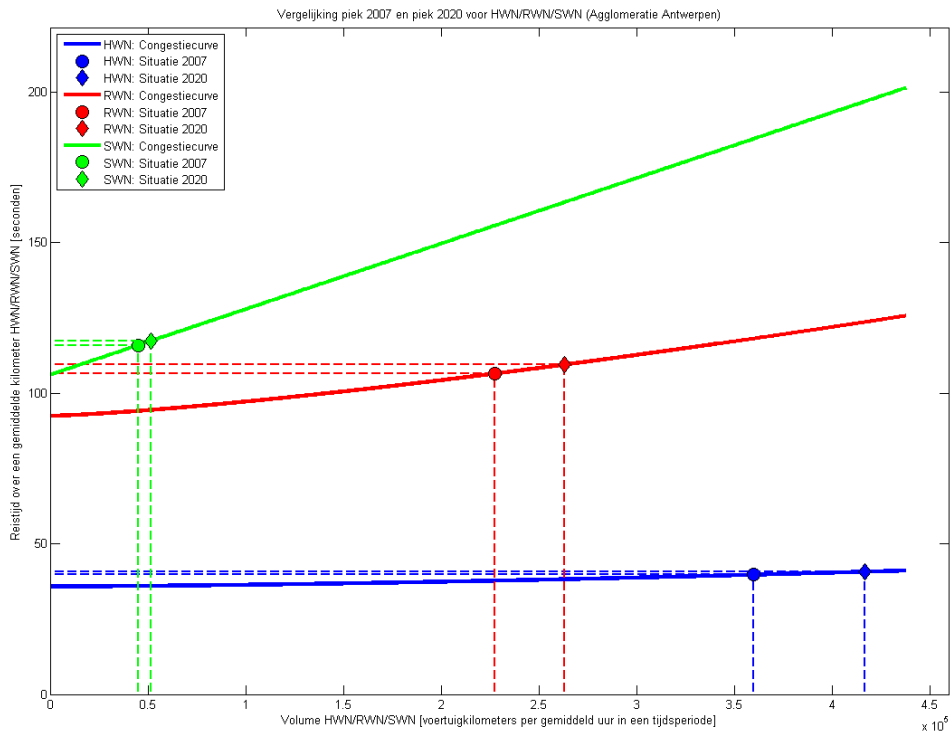
Figuur 25: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in ‘Piek 2007’ en ‘Piek 2020’ voor de verschillende wegtypen in het Gewest Vlaanderen.



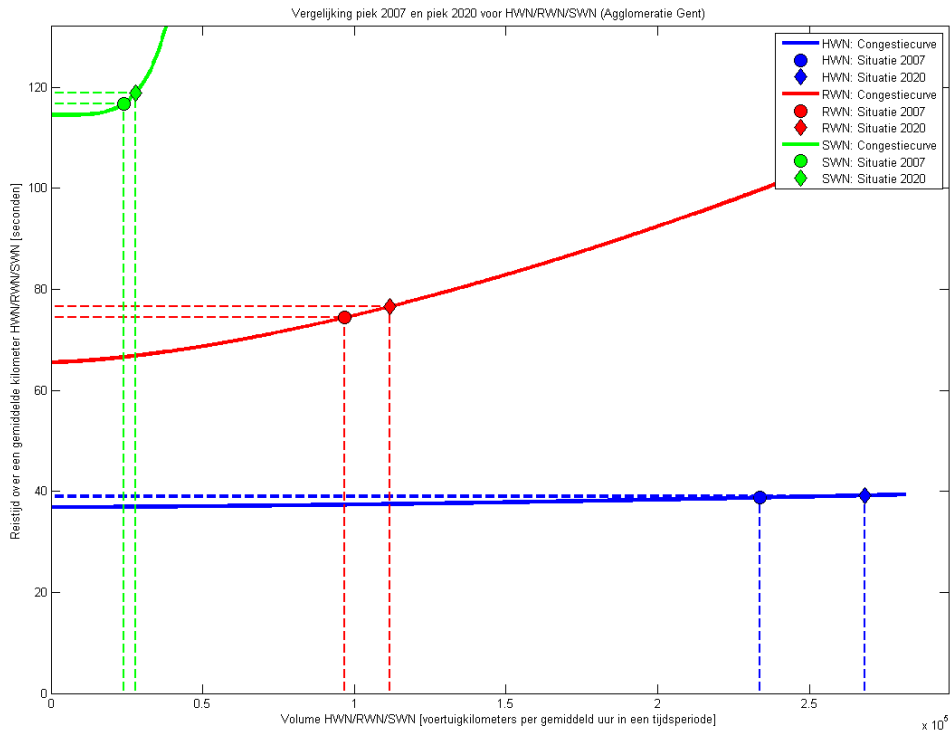
Figuur 26: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in ‘Piek 2007’ en ‘Piek 2020’ voor de verschillende wegtypen in het Gewest Wallonië.



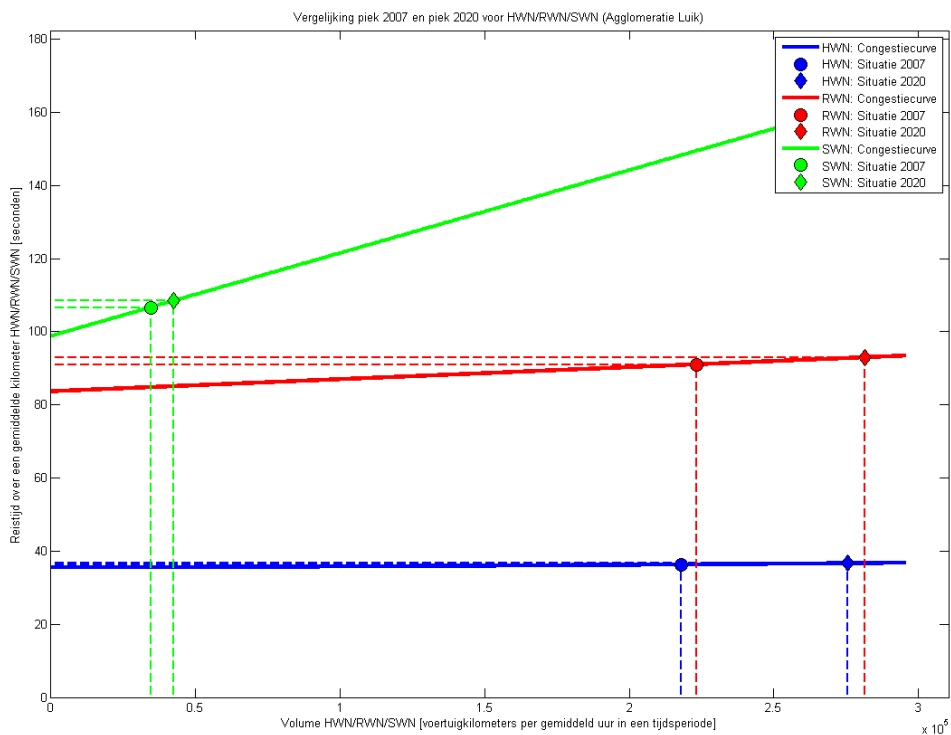
Figuur 27: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypen in het Gewest Brussel.



Figuur 28: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende wegtypen in de agglomeratie Antwerpen.

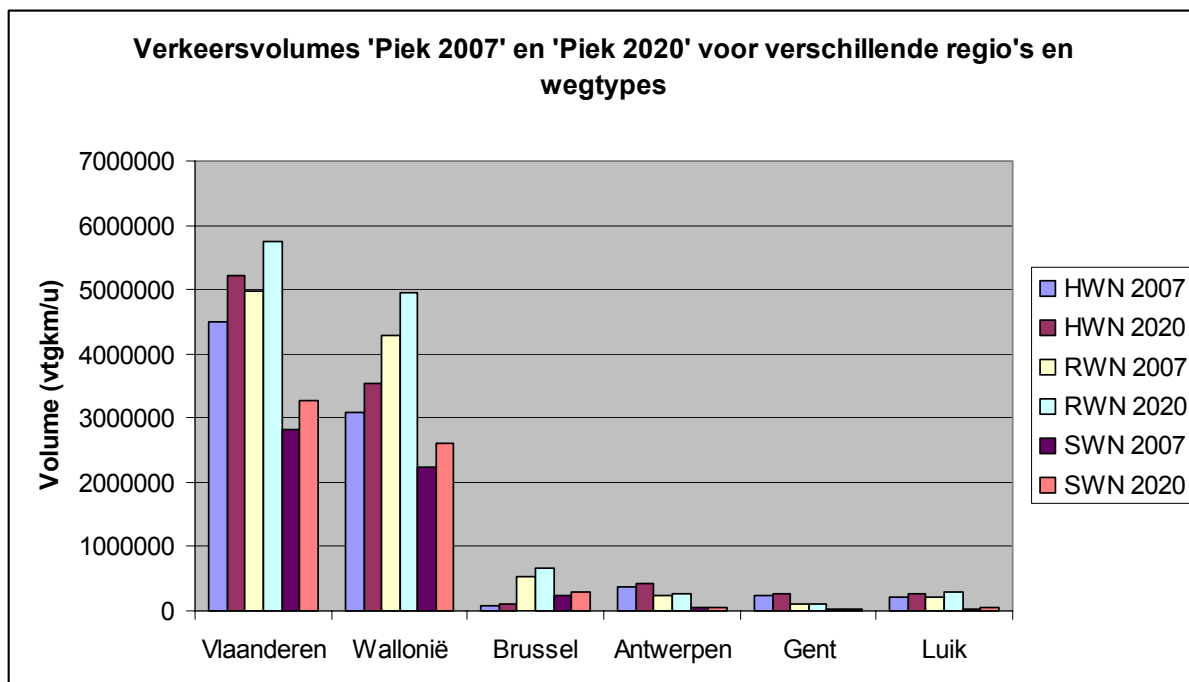


Figuur 29: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in ‘Piek 2007’ en ‘Piek 2020’ voor de verschillende wegtypen in de agglomeratie Gent.



Figuur 30: Congestiecurven en gemiddelde verkeersvolumes en reistijden in ‘Piek 2007’ en ‘Piek 2020’ voor de verschillende wegtypen in de agglomeratie Luik.

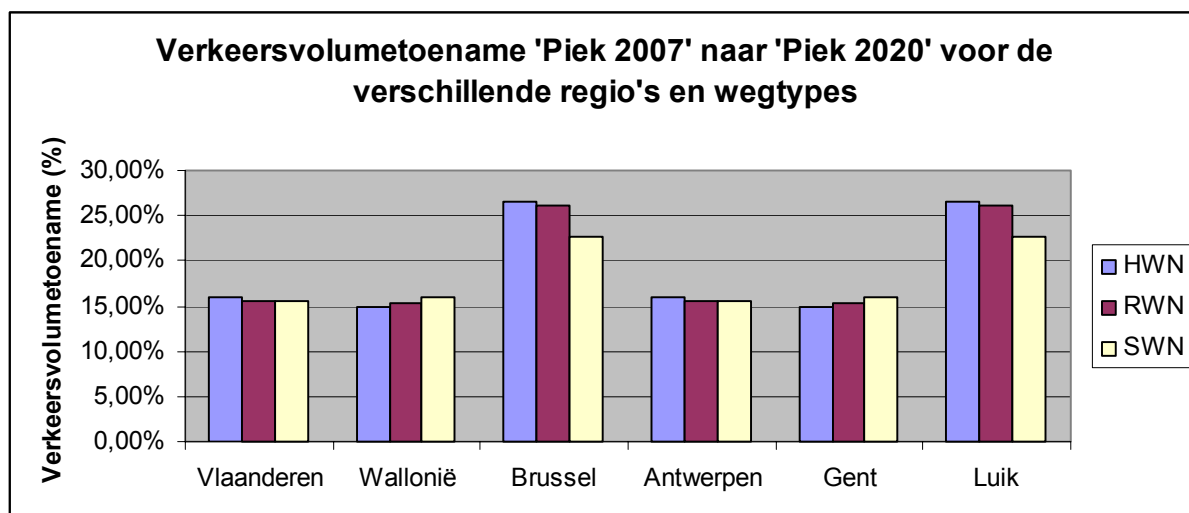
De gemiddelde verkeersvolumes voor de verschillende regio's en wegtypes in 2007 en 2020 worden ter vergelijking geplot in Figuur 31.



Figuur 31: Verkeersvolumes in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

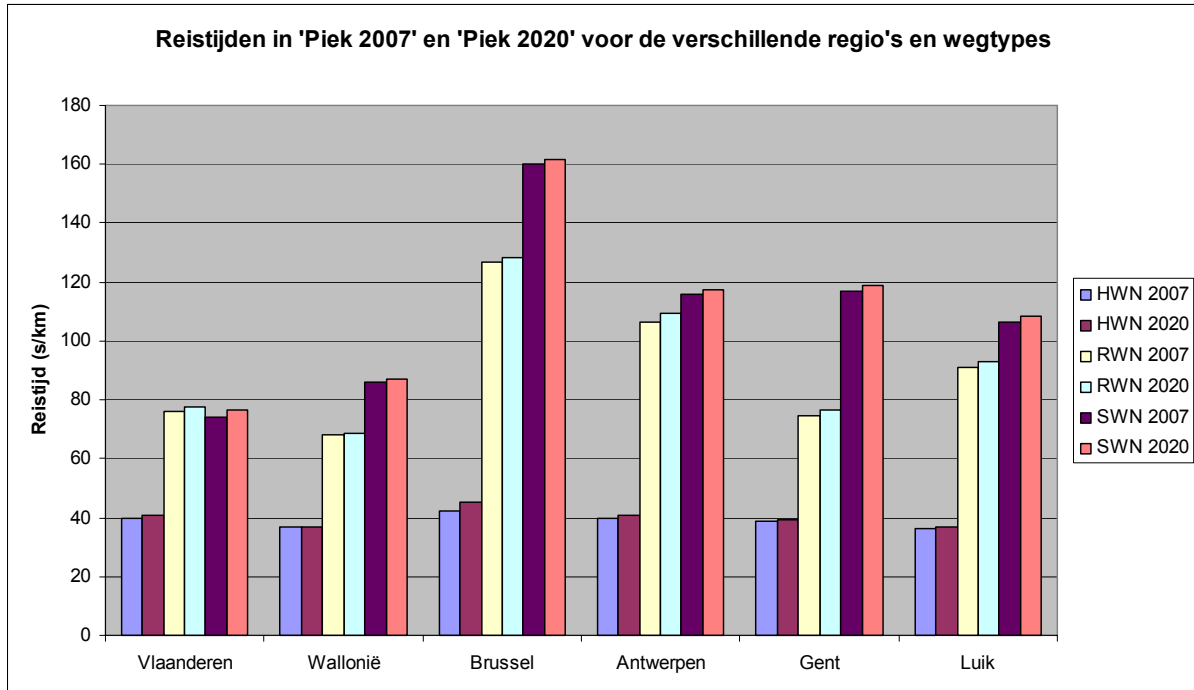
Het valt op dat de verkeersvolumes het grootst zijn in de Gewesten Vlaanderen en Wallonië en nemen vervolgens af over het Gewest Brussel naar de agglomeraties Antwerpen, Luik en Gent.

In Vlaanderen en Wallonië zijn de verkeersvolumes het grootst op het RWN, gevolgd door het HWN en tenslotte het SWN. Het HWN in het Gewest Brussel is erg beperkt in omvang, wat de lage verkeersvolumes op dit wegennet verklaart. In de agglomeraties zijn de volumes het grootst op het HWN, gevolgd door het RWN en tenslotte het SWN. Volumes in 2020 zijn altijd groter dan in 2007. De toename is het grootst in Brussel (+26%), gevolgd door Vlaanderen (+16%) en Wallonië (+15%). Deze toename in verkeersvolumes wordt voor de verschillende regio's en wegtypes geschetst in Figuur 32.



Figuur 32: Toename in Verkeersvolume 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

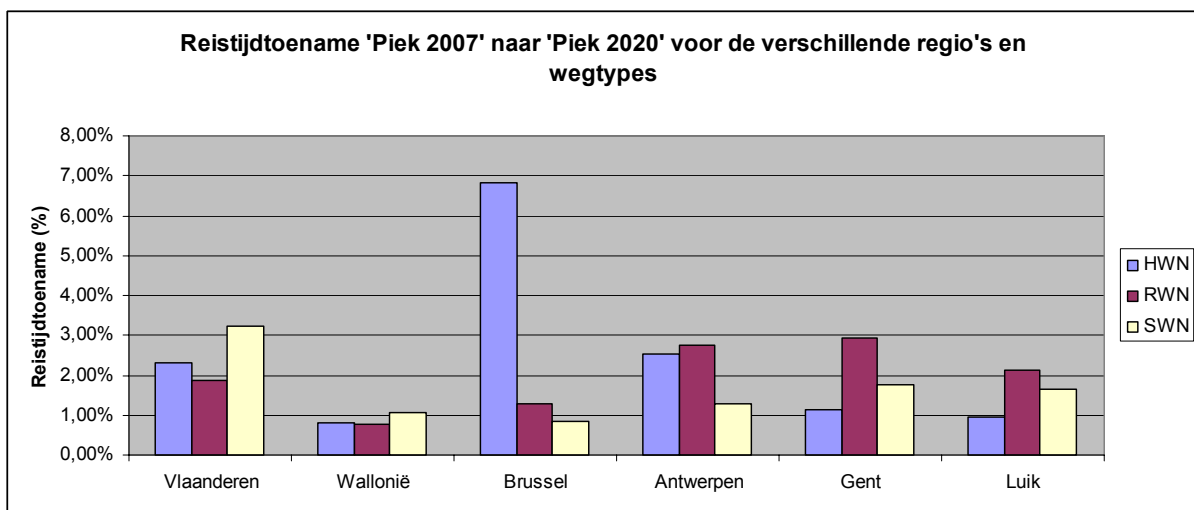
De gemiddelde reistijden voor de verschillende regio's en wegtypes in 2007 en 2020 worden ter vergelijking geplot in Figuur 33.



Figuur 33: Reistijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

Reistijden zijn vooral groot in het Gewest Brussel en nemen vervolgens af over de agglomeraties Antwerpen, Gent en Luik tot de Gewesten Vlaanderen en Wallonië. Reistijden zijn het grootst op het SWN, gevolgd door het RWN en tenslotte het HWN. Reistijden in 2020 zijn altijd groter dan in 2007.

Figuur 34 schetst de reistijdtoename van 2007 naar 2020 voor de verschillende regio's en wegtypes. Op het HWN valt de grootste toename in reistijd te noteren voor het Gewest Brussel, gevolgd door het Gewest Vlaanderen en de agglomeratie Antwerpen. Op het RWN nemen de reistijden vooral in de agglomeraties toe en op het SWN kent het Gewest Vlaanderen de grootste toename in reistijd.



Figuur 34: Reistijdtoename 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

2.3 Effecten van congestie in 2007 en 2020

2.3.1 Reistijdverliezen en voertuigverliesuren

Voor de periodes 'Piek 2007' en 'Piek 2020' worden gemiddelde verliestijden en voertuigverliesuren bepaald. Beiden geven een goede indicatie van congestie.

Gemiddelde verliestijden worden gedefinieerd als het verschil van de gemiddelde reistijd en de reistijd in een onbelast netwerk met vrij-stromend verkeer. Ze geven weer hoeveel tijd een gemiddeld voertuig verliest per km op een gemiddeld uur in een periode:

$$V = \max\{0, T - T_{\text{ff}}\}$$

waarbij V = gemiddelde verliestijd (seconden/kilometer),

T = gemiddelde reistijd (seconden/kilometer),

T_{ff} = reistijd in een onbelast netwerk met vrij-stromend verkeer (seconden/kilometer).

De reistijd in een onbelast netwerk met vrij-stromend verkeer wordt berekend als de mediaan van de 15% laagst opgemeten reistijden. Indien de gemiddelde reistijd kleiner is dan de deze reistijd onder vrij-stromend verkeer, dan wordt de verliestijd gelijkgesteld aan nul. Deze situatie kan voorkomen in tijdsperiodes die gekenmerkt worden door lage reistijden, bijvoorbeeld 's nachts.

Voertuigverliesuren worden gedefinieerd als het produkt van verkeersvolumes en verliestijden. Ze geven weer hoeveel verliestijd door alle voertuigen samen geboekt wordt op een gemiddeld uur in een periode:

$$VVU = \frac{qV}{3600}$$

waarbij VVU = gemiddeld aantal voertuigverliesuren (voertuiguren/uur),

q = verkeersvolume (voertuigkilometer/uur),

V = verliestijd (seconden/kilometer).

Voor de periodes 'Piek 2007' en 'Piek 2020' kunnen gemiddelde verliestijden berekend worden voor de verschillende regio's en wegtypes op basis van de reistijden onder vrij-stromend verkeer.

Voertuigverliesuren worden verkregen door de verliestijden te vermenigvuldigen met de verkeersvolumes die aan deze verliestijden worden blootgesteld. Er dient opgemerkt te worden dat de verliestijden slechts op bepaalde gedeelten van het netwerk geregistreerd werden. Deze verliestijden kunnen toegekend worden aan de verkeersvolumes die zich op deze bemeten netwerkgedeelten bevinden, maar ze zijn niet zonder meer van toepassing op alle verkeersvolumes in het netwerk. Bepaalde verkeersvolumes worden niet geregistreerd en hiervoor kan niet zomaar uitgegaan worden van dezelfde verliestijden. Zo worden bijvoorbeeld op het OWN door Be-Mobile enkel de verkeersvolumes op *NavTeq* niveau's 2, 3 en 4 geregistreerd (cfr. Appendix C). Het verkeer op de kleinste wegen (*NavTeq5* niveau) wordt niet in beschouwing genomen. Aan de verkeersvolumes op dit *NavTeq* niveau worden dan ook geen verliestijden toegekend.

Voor het berekenen van de voertuigverliesuren worden volgende aannames gemaakt:

- De verliestijden die geregistreerd werden op het HWN zijn van toepassing op de totale verkeersvolumes op dit HWN.
- De verliestijden die geregistreerd werden op de *NavTeq* niveau's 2, 3 en 4 zijn van toepassing op de totale verkeersvolumes op deze *NavTeq* niveau's.
- De (niet-geregistreerde) verkeersvolumes op *NavTeq5* niveau ondervinden geen verliestijden.
- Het RWN bestaat uit *NavTeq2* en een deel *NavTeq3* (cfr. Appendix C) en is volledig bemeten.
- Het SWN bestaat uit een deel *NavTeq3* en uit *NavTeq4* en *NavTeq5*. Het SWN is bemeten op *NavTeq3* en *NavTeq4* niveau, wat overeenkomt met 42% van de weglengte van het SWN (cfr. Appendix C).
- Volumes op het SWN zijn gelijkmatig verdeeld over de weglengte van dit netwerk, d.w.z. dat de verliestijden op het SWN ondervonden worden door 42% van het verkeersvolume op dit SWN.

Samengevat:

$$VVU_{HWN} = \frac{q_{HWN} V_{HWN}}{3600},$$

$$VVU_{RWN} = \frac{q_{RWN} V_{RWN}}{3600},$$

$$VVU_{SWN} = \frac{0,42 q_{SWN} V_{SWN}}{3600}.$$

Er kan opgemerkt worden dat bovenstaande aannames niet noodzakelijk zouden zijn indien we voor de verschillende *NavTeq* niveau's zouden weten welke verkeersvolumes de geregistreerde verliestijden ondergaan. In dat geval zou ook de conversie van de *NavTeq* indeling naar de RWN-SWN indeling (cfr. Appendix C) niet noodzakelijk zijn. We beschikken echter niet over verkeersvolume gegevens op de verschillende *NavTeq* niveau's. De resultaten worden samengevat in Tabel 14 tot en met Tabel 16.

HWN	Verliestijd (s/km)	VVU (vtgu/u)	Verliestijd (s/km)	VVU (vtgu/u)
Regio	2007	2007	2020	2020
Gewest Vlaanderen	3,5	4334	4,4	6358
Gewest Wallonië	2,0	1700	2,3	2242
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

Tabel 14: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het HWN.

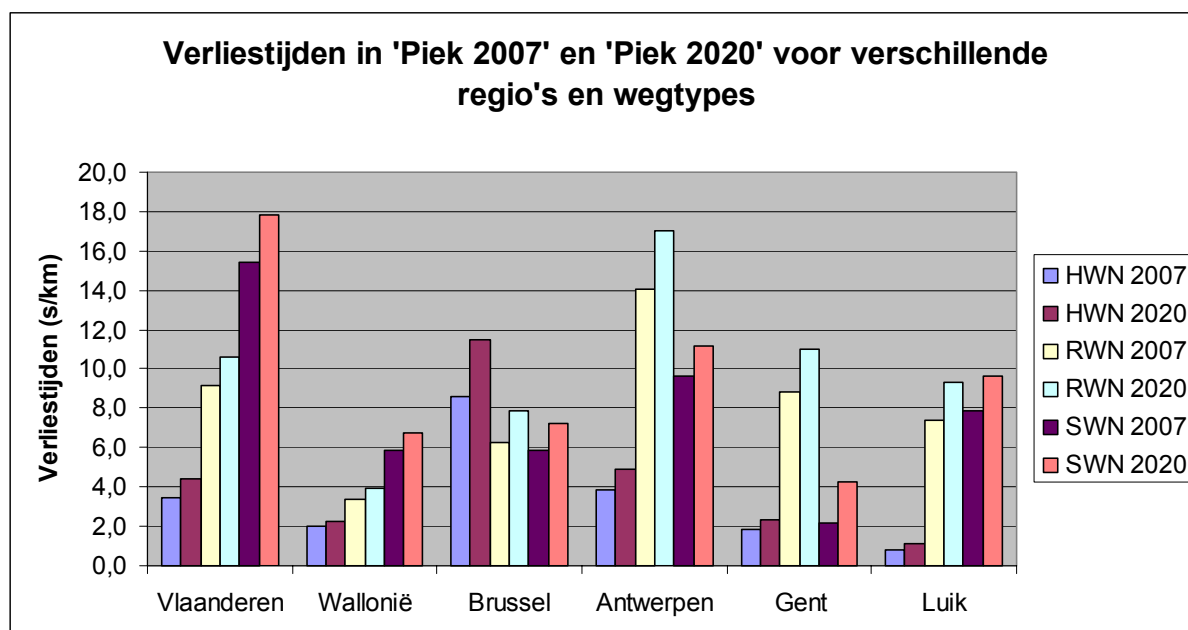
RWN	Verliestijd (s/km)	VVU (vtgu/u)	Verliestijd (s/km)	VVU (vtgu/u)
Regio	2007	2007	2020	2020
Gewest Vlaanderen	9,1	12625	10,6	16858
Gewest Wallonië	3,4	4018	3,9	5353
Gewest Brussel	6,3	925	7,9	1471
Agglomeratie Antwerpen	14,0	887	17,0	1240
Agglomeratie Gent	8,8	237	11,0	341
Agglomeratie Luik	7,4	458	9,3	728

Tabel 15: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het RWN.

SWN	Verliestijd (s/km)	VVU (vtgu/u)	Verliestijd (s/km)	VVU (vtgu/u)
Regio	2007	2007	2020	2020
Gewest Vlaanderen	15,5	5125	17,9	6844
Gewest Wallonië	5,8	1538	6,8	2067
Gewest Brussel	5,9	120	7,2	181
Agglomeratie Antwerpen	9,7	50	11,2	67
Agglomeratie Gent	2,2	6	4,3	14
Agglomeratie Luik	7,8	32	9,6	48

Tabel 16: Gemiddelde verliestijden en gemiddeld aantal voertuigverliesuren voor de verschillende regio's voor het SWN.

Ter vergelijking worden de gemiddelde verliestijden in 2007 en 2020 geplot in Figuur 35.

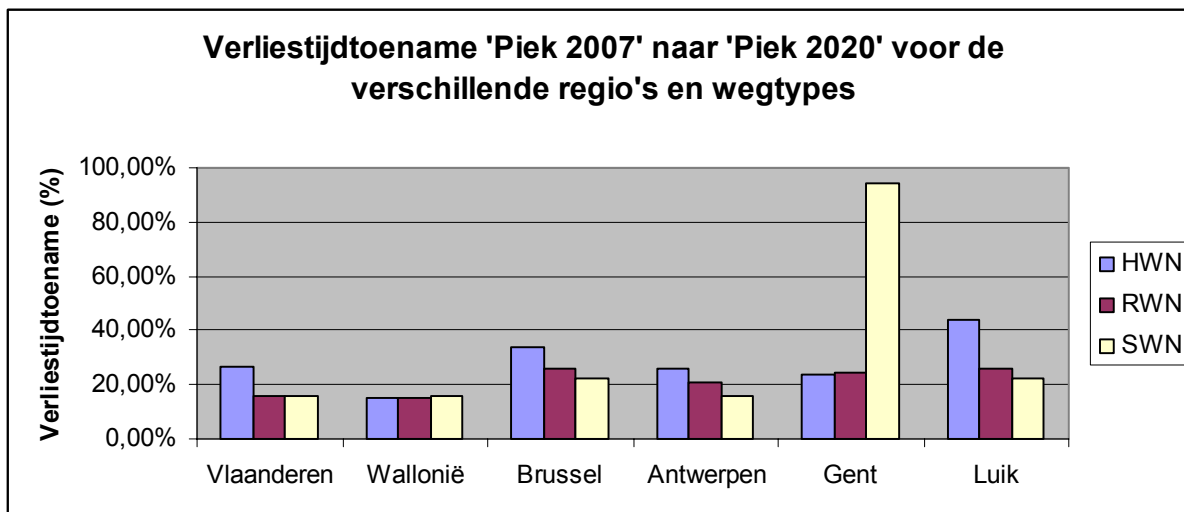


Figuur 35: Verliestijden in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

Enkele vaststellingen met betrekking tot de berekende verliestijden:

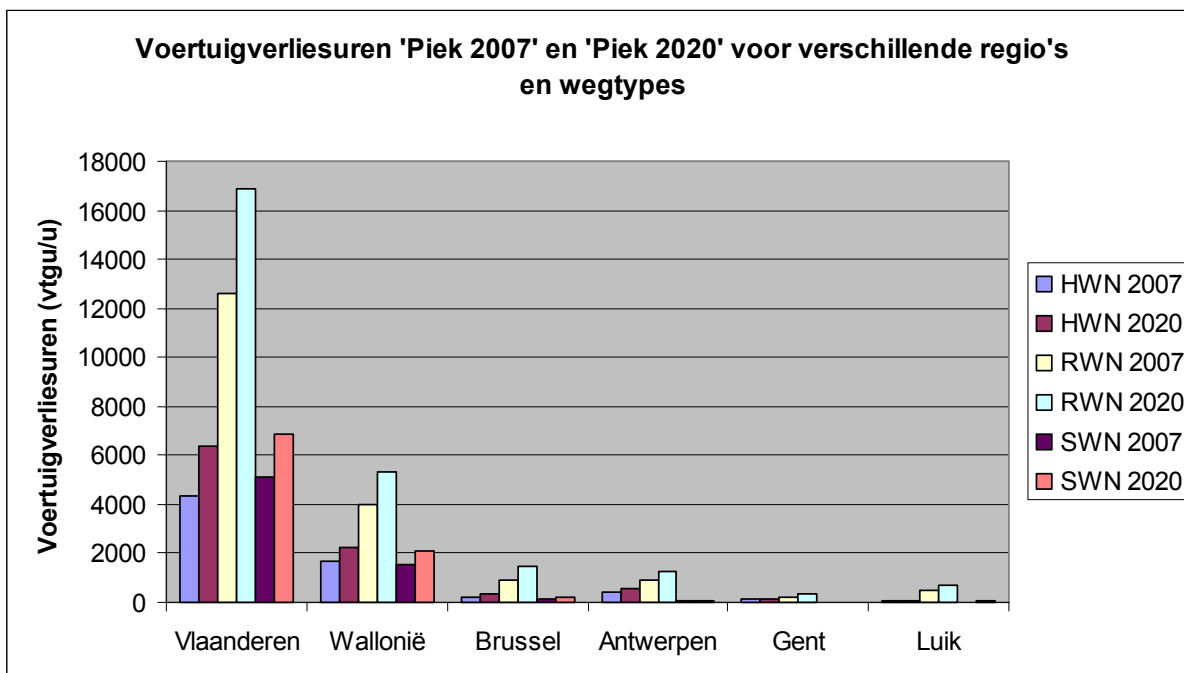
- Verliestijden zijn vooral groot in de agglomeratie Antwerpen, en de Gewesten Vlaanderen en Brussel. Ze zijn kleiner in de agglomeraties Luik, Gent en het Gewest Wallonië.
- Verliestijden op het OVN zijn veelvoudig van de verliestijden op het HWN. Enkel het Gewest Brussel met hoge verliestijden op het HWN vormt hierop een uitzondering.
- In de Gewesten worden de grootste verliestijden opgelopen op het SWN, vervolgens op het RWN en de kleinste verliestijden worden op het HWN opgetekend. Het Gewest Brussel wijkt hiervan af, de volgorde wordt er omgekeerd.
- In de agglomeraties zijn verliestijden het grootst op het RWN, vervolgens op het SWN en ze zijn het kleinst op het HWN. Enkel in de agglomeratie Luik heeft SWN iets grotere verliestijden dan RWN.
- Tussen 2007 en 2020 is in alle regio's sprake van een toename van verliestijden.

De toename van verliestijden tussen 2007 en 2020 wordt voor de verschillende regio's en wegtypes geschetst in Figuur 36.



Figuur 36: Verliestijdtoename 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

Ter vergelijking worden ook de gemiddelde voertuigverliesuren in 2007 en 2020 geplot in Figuur 37.

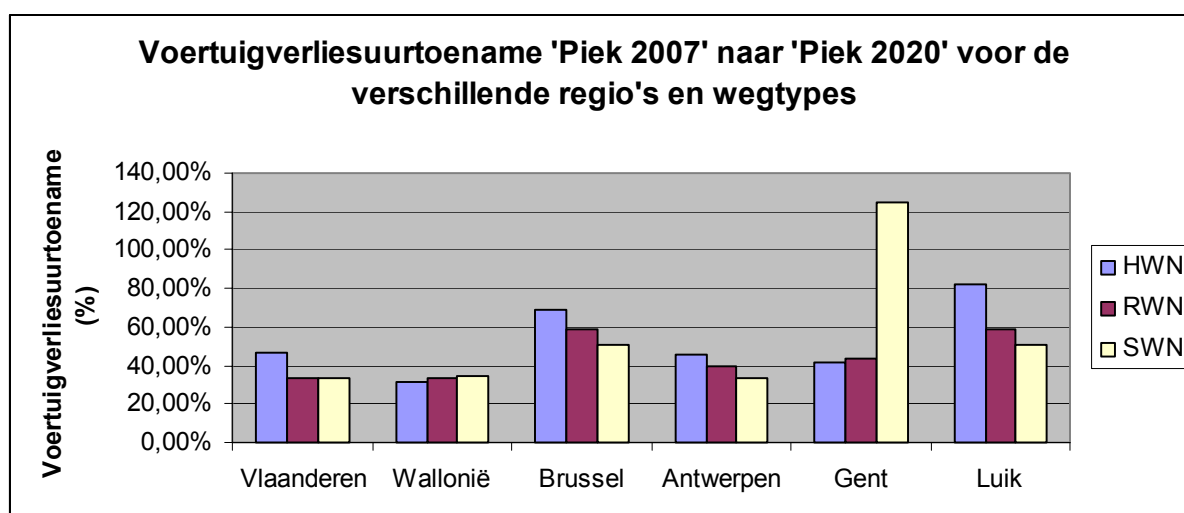


Figuur 37: Voertuigverliesuren in 'Piek 2007' en 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

Enkele vaststellingen met betrekking tot de voertuigverliesuren:

- De voertuigverliesuren worden vooral in Vlaanderen opgelopen (67%). De agglomeraties Antwerpen en Gent samen zijn slechts verantwoordelijk voor 6% van deze Vlaamse voertuigverliesuren.
- Het aantal voertuigverliesuren op het OWN is een veelvoud van het aantal voertuigverliesuren op het HWN. Voor heel België (som van de drie Gewesten) is het aantal voertuigverliesuren op het OWN een factor 3,9 groter in vergelijking met het HWN.
- De meeste voertuigverliesuren worden opgelopen op het RWN. Voertuigverliesuren op het SWN en het HWN ontlopen elkaar niet veel. In de Gewesten Vlaanderen en Wallonië zijn de verliestijden op het SWN groter dan op het RWN, maar de grotere volumes op het RWN zorgen uiteindelijk voor grotere voertuigverliesuren. In de agglomeraties worden op het HWN meer voertuigverliesuren geboekt dan op het SWN. De verliestijden zijn wel groter op het SWN, maar de grotere volumes op het HWN geven er aanleiding tot grotere voertuigverliesuren.
- Tussen 2007 en 2020 is in alle regio's sprake van een toename van het aantal voertuigverliesuren. Voor heel België (dus de som van de drie gewesten) stijgt het aantal voertuigverliesuren met 35%.

De toename van voertuigverliesuren tussen 2007 en 2020 wordt voor de verschillende regio's en wegtypes geschetst in Figuur 38.

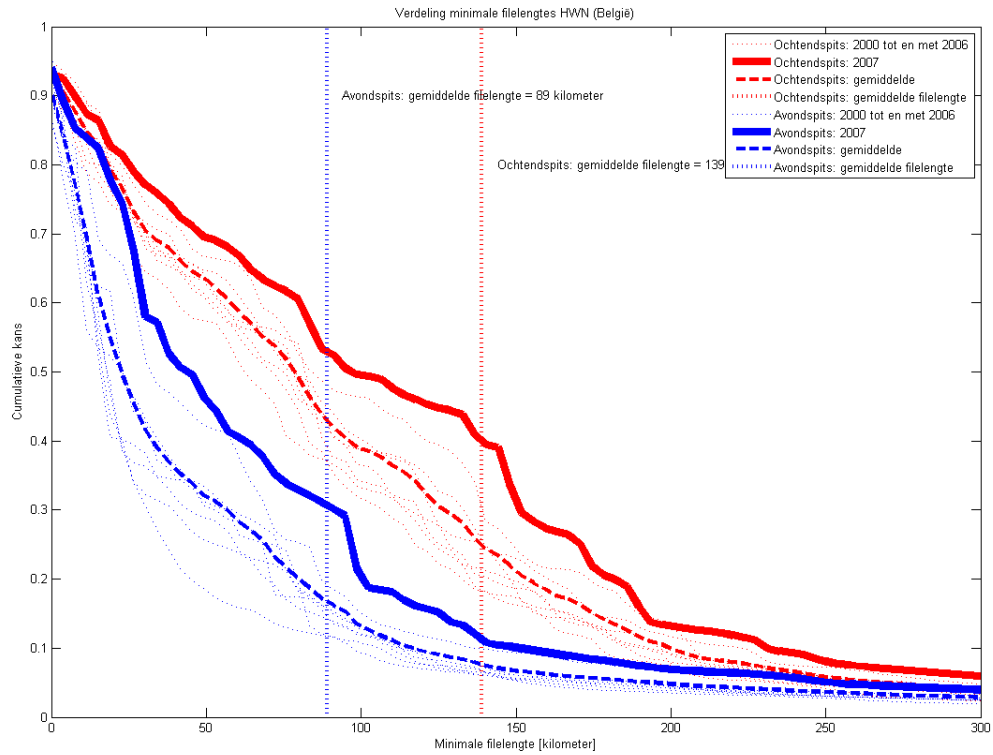


Figuur 38: Verliestijdtoename 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's en wegtypes.

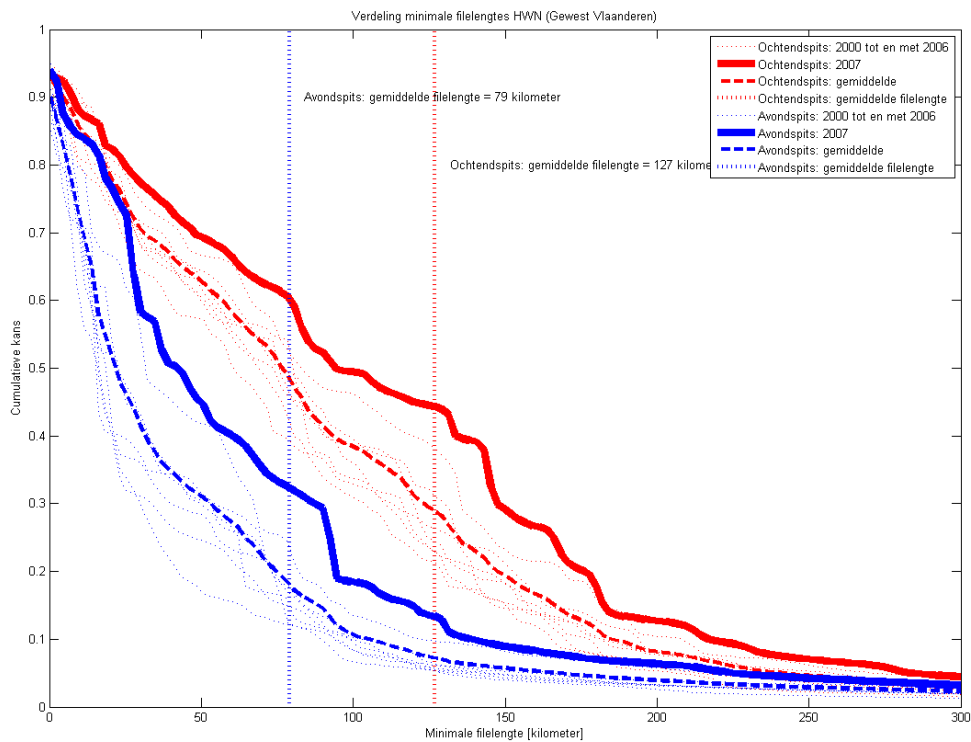
2.3.2 Filelengtes op het HWN

2.3.2.1 Filelengtes in 2007

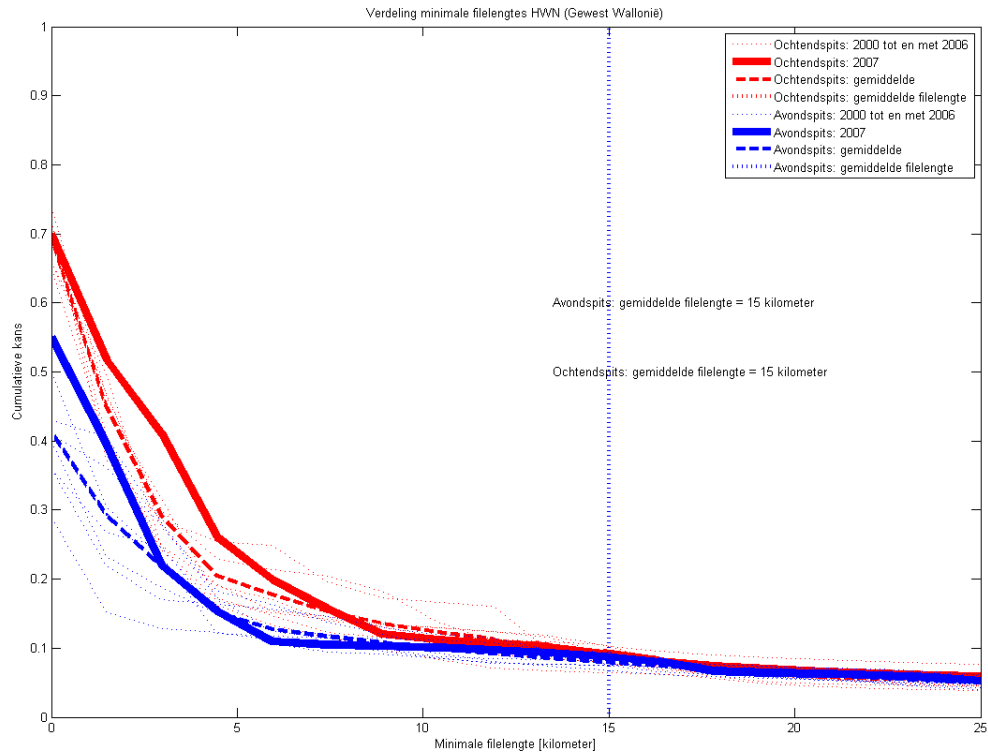
De filelengtes op het hoofdwegennet worden berekend op basis van de informatie die in START-SITTER zit. Details omtrent deze berekening zijn terug te vinden in Appendix F. In Figuur 39 tot en met Figuur 44 worden de cumulatieve verdelingen van de filelengtes op werkdagen weergegeven. De rode curven stellen telkens de ochtendspits voor, de blauwe curven de avondspits. De dunne stippelijntjes zijn de filelengtes voor de individuele jaren van 2000 tot en met 2007, de dikke stippelijnen duiden op de gemiddelde filelengte over heel deze periode genomen. De dikke lijnen ten slotte duiden op de filelengtes voor het meest recent gemeten jaar 2007.



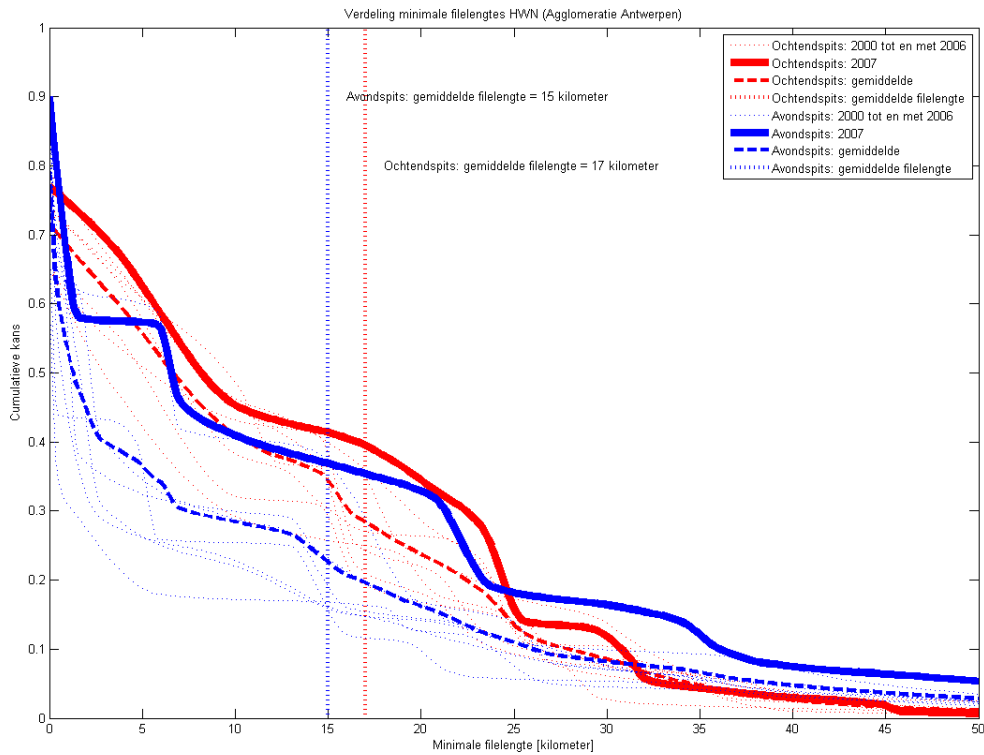
Figuur 39: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in België.



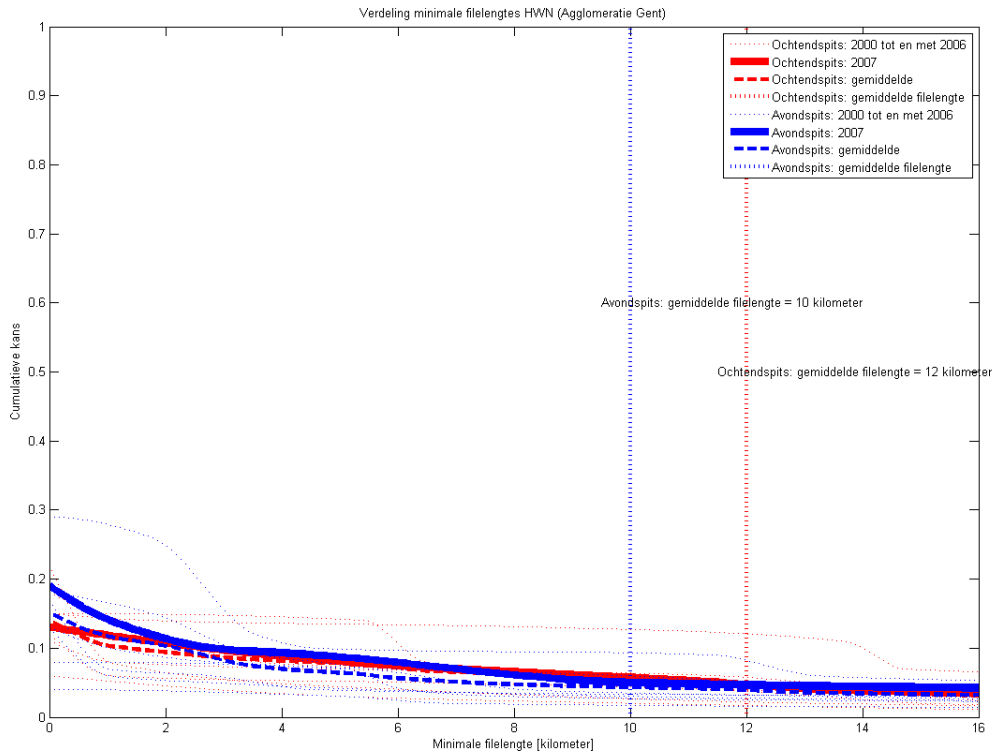
Figuur 40: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in het Gewest Vlaanderen.



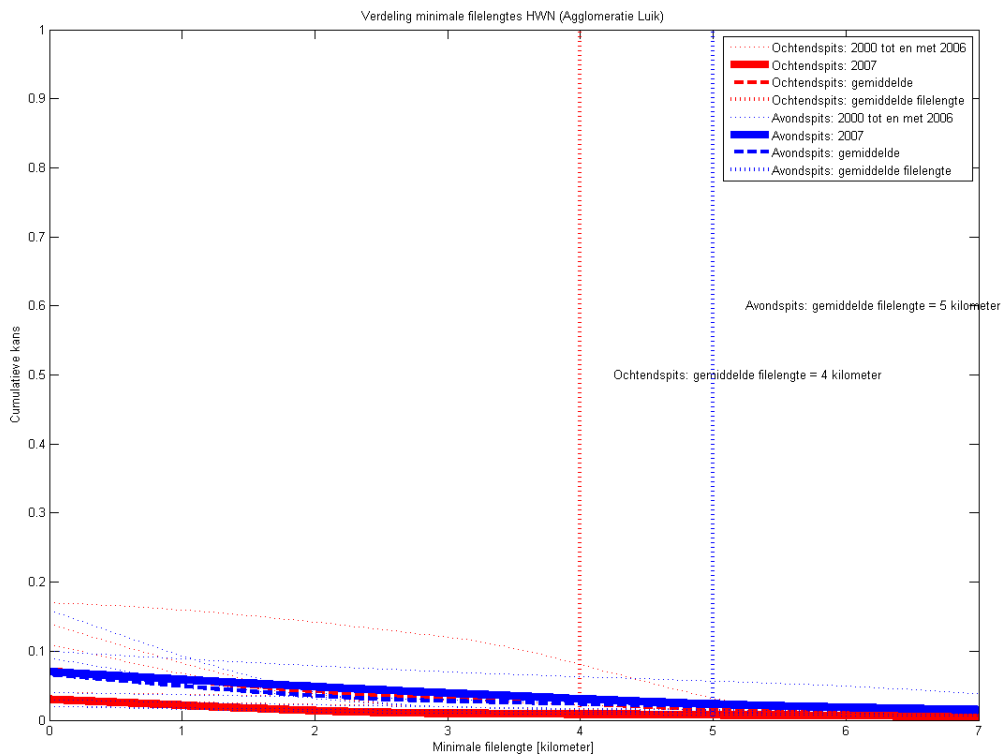
Figuur 41: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in het Gewest Wallonië.



Figuur 42: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in de agglomeratie Antwerpen.



Figuur 43: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in de agglomeratie Gent.



Figuur 44: De cumulatieve kansverdeling voor het minimum aantal kilometer file op het HWN in de agglomeratie Luik.

Een samenvatting van de gemiddelde filelengtes voor de verschillende regio's is terug te vinden in Tabel 17, waar een opsplitsing werd gemaakt naar de ochtend- en avondspits. Daarnaast wordt ook de statistische standaardafwijking gegeven.

2007 Regio	Gemiddelde filelengtes		Standaardafwijking		
	Ochtendspits	Avondspits	Ochtendspits	Avondspits	
België	139	89	131.6959	131.1348	km
Gewest Vlaanderen	127	79	97.9	94.6	km
Gewest Wallonië	15	15	45.2	56.0	km
Brussels Hoofdstedelijk Gewest	1	1	0.5	0.5	km
Agglomeratie Antwerpen	17	15	12.2	14.9	km
Agglomeratie Gent	12	10	9.9	11.5	km
Agglomeratie Luik	4	5	3.5	4.5	km

Tabel 17: Een overzicht van de gemiddelde filelengtes in kilometer, dit voor de verschillende regio's in 2007, telkens opgesplitst naar ochtend- en avondspits. Daarnaast wordt ook de standaardafwijking op deze filelengte gegeven.

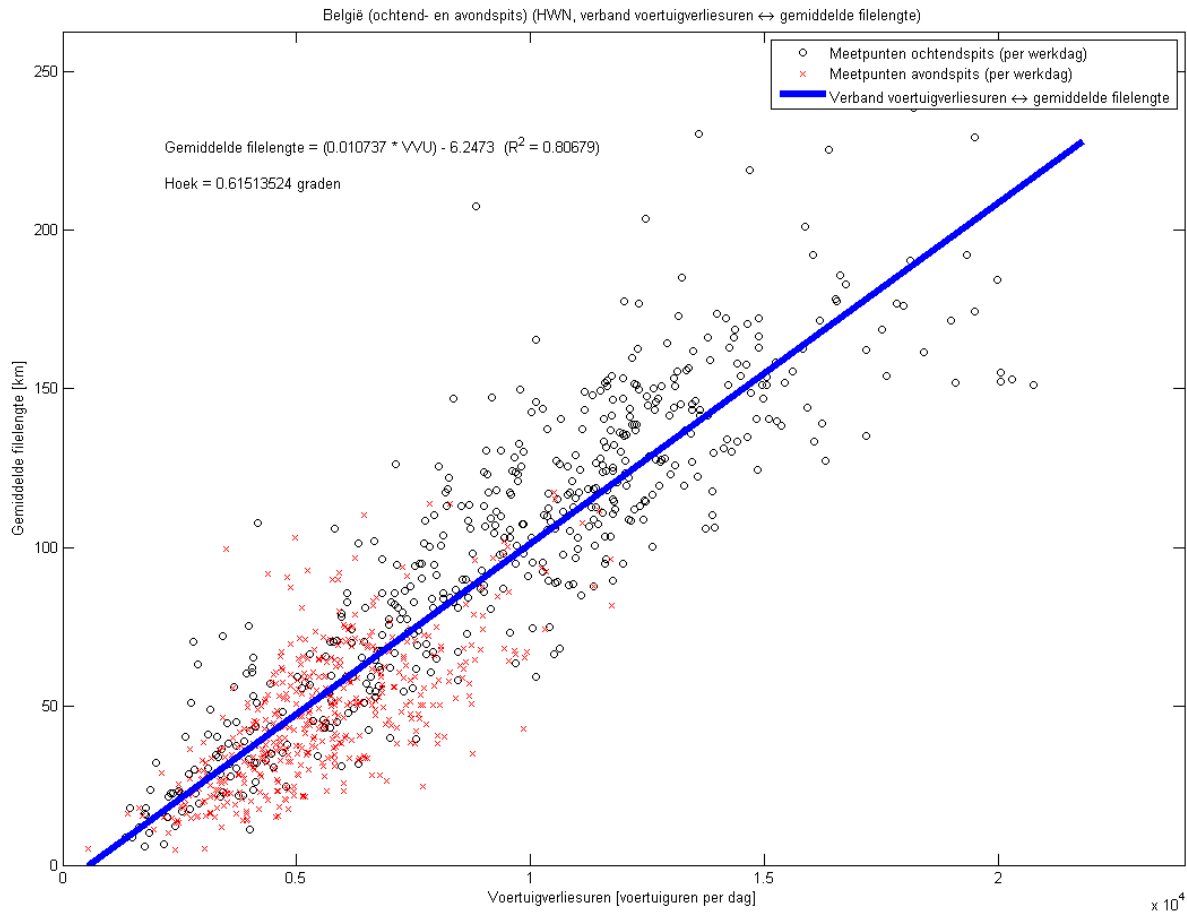
Deze filelengtes worden gegeven voor het drukste uur in de ochtendspits, en het drukste uur in de avondspits wat overeenkomt met de periode tussen 8u en 9u, en 17u en 18u, respectievelijk. Na analyse van de berekeningen stellen we vast dat:

- In de regel zijn de gemiddelde filelengtes korter voor de avondspits dan voor de ochtendspits.
- Het gros van de files is te vinden in het Gewest Vlaanderen, wat de grootste bijdrage aan België geeft.
- De agglomeratie Antwerpen neemt in deze studie de hoofdbrok file voor de agglomeraties in. Het Gewest Brussel heeft zeer weinig file, wat te wijten is aan het feit dat de beschouwde autosnelwegen hier slechts enkele kilometers tellen, en niet als representatief kunnen genomen worden.
- Het Gewest Wallonië heeft gedurende de spitsperiodes een filelengte die vergelijkbaar is met die van de agglomeraties.

Een opmerking die bij de interpretatie van de berekeningen wel in het achterhoofd dient gehouden te worden, is dat de filelengte systematisch onderschat wordt, omdat niet altijd het hele autosnelwegennet door START-SITTER in rekening kan worden gebracht.

2.3.2.2 Filelengtes in 2020

Om de filelengtes in 2020 te schatten wordt eerst een verband gezocht tussen het aantal voertuigverliesuren en de filelengte. Dit gebeurt op basis van START-SITTER data voor heel België in de periode 2000 tot en met 2007. In het drukste ochtend- en avonduur (respectievelijk van 8u tot en met 9u en van 17u tot en met 18u) van elke werkdag in deze periode wordt steeds de filelengte (km) uitgezet in functie van het aantal voertuigverliesuren (voertuiguren/dag). Dit geeft het resultaat te zien in Figuur 45.



Figuur 45: Filelengte in functie van het aantal voertuigverliesuren o.b.v. START-SITTER data voor België in de periode 2000 – 2007.

Voor de definitie en de bepaling van het aantal voertuigverliesuren in START-SITTER wordt verwezen naar Appendix F.

Het verband tussen filelengte en voertuigverliesuren kan benaderd worden door een lineaire vergelijking, die als volgt dimensieloos kan uitgedrukt worden:

$$\frac{FL_y^{België}}{FL_x^{België}} = m \frac{VVU_y^{België}}{VVU_x^{België}} = 1,06 \cdot \frac{VVU_y^{België}}{VVU_x^{België}}$$

waarbij $FL_y^{België}$ = filelengte op het drukste uur van de dag in België voor tijdsperiode y (kilometer),

$VVU_y^{België}$ = voertuigverliesuren in België voor tijdsperiode y (voertuiguren/dag),

m = evenredigheidsfactor.

Als we er nu vanuit gaan dat dit verband ook geldig is voor alle afzonderlijke regio's en dat dit verband geëxtrapoleerd kan worden naar 2020, dan kunnen we op basis van bovenstaande vergelijking de te verwachten filelengtes voor 2020 berekenen voor de verschillende regio's:

$$FL_{2020}^{Vlaanderen} = FL_{2007}^{Vlaanderen} m \frac{VVU_{2020}^{Vlaanderen}}{VVU_{2007}^{Vlaanderen}} ; \quad FL_{2020}^{Wallonië} = FL_{2007}^{Wallonië} m \frac{VVU_{2020}^{Wallonië}}{VVU_{2007}^{Wallonië}} ;$$

$$FL_{2020}^{Brussel} = FL_{2007}^{Brussel} m \frac{VVU_{2020}^{Brussel}}{VVU_{2007}^{Brussel}} ; \quad FL_{2020}^{Antwerpen} = FL_{2007}^{Antwerpen} m \frac{VVU_{2020}^{Antwerpen}}{VVU_{2007}^{Antwerpen}} ;$$

$$FL_{2020}^{Gent} = FL_{2007}^{Gent} m \frac{VVU_{2020}^{Gent}}{VVU_{2007}^{Gent}} ; \quad FL_{2020}^{Luik} = FL_{2007}^{Luik} m \frac{VVU_{2020}^{Luik}}{VVU_{2007}^{Luik}} ;$$

waarbij $FL_{2020}^{Vlaanderen}$ = filelengte op het drukste uur van de dag voor Vlaanderen in 2020 (kilometer),

$VVU_{2020}^{Vlaanderen}$ = voertuigverliesuren voor Vlaanderen in 'Piek 2020' (voertuigen/uur),

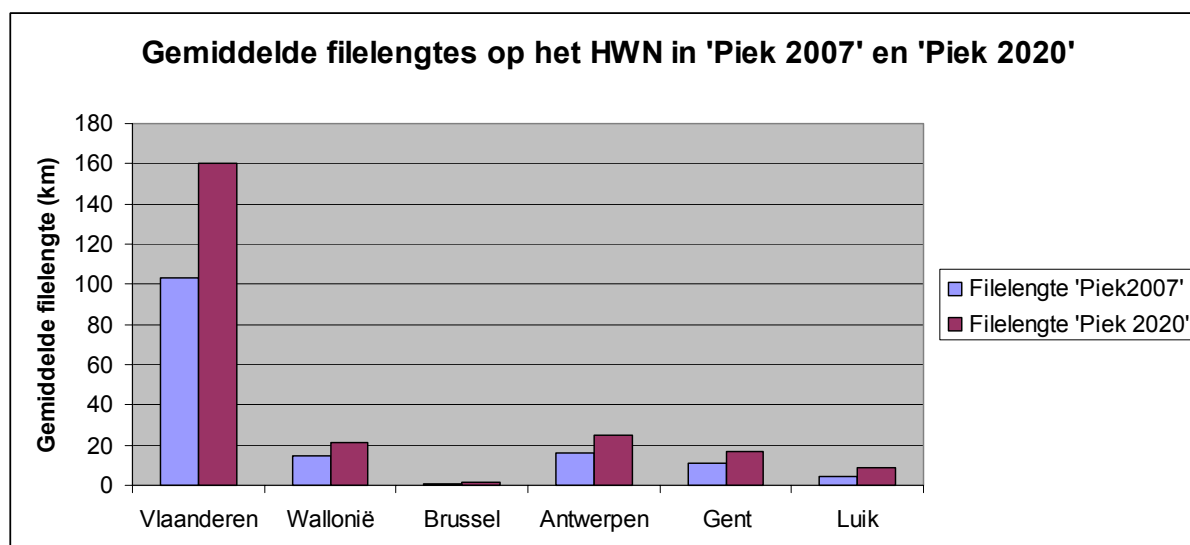
...,

m = evenredigheidsfactor.

De te verwachten filelengtes voor 'Piek 2007' en 'Piek 2020' worden samengevat in onderstaande tabel. Ter vergelijking worden ze ook weergegeven in onderstaande Figuur 46.

HWN	VVU (vtgu/u)	Filelengte (km)	VVU (vtgu/u)	Filelengte (km)
Regio	2007	2007	2020	2020
Gewest Vlaanderen	4334	103	6358	160
Gewest Wallonië	1700	15	2242	21
Gewest Brussel	198	-	335	-
Agglomeratie Antwerpen	387	16	565	25
Agglomeratie Gent	122	11	173	17
Agglomeratie Luik	47	5	86	9

Tabel 18: Voertuigverliesuren en filelengtes op het HWN in 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.

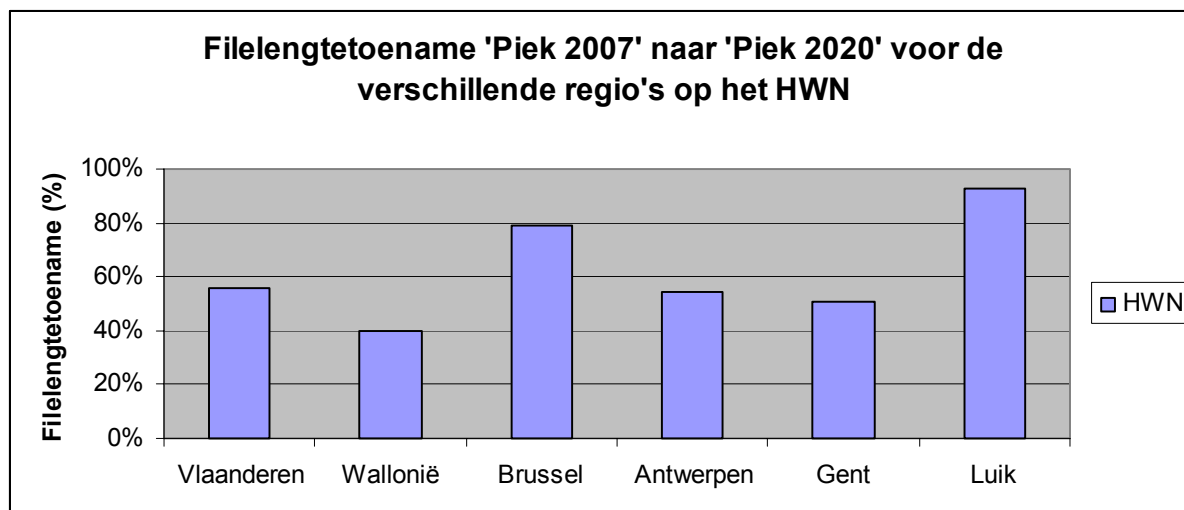


Figuur 46: Voertuigverliesuren en filelengtes op het HWN in 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.

Files op het HWN komen vooral voor in Vlaanderen (91%). In de agglomeraties Antwerpen en Gent zijn de filelengtes ongeveer even groot als in het hele Waalse Gewest. Het HWN in Brussel heeft een te beperkte omvang om relevante cijfers te verkrijgen.

Tussen 2007 en 2020 wordt op het HWN een forse toename in filelengte vastgesteld. Voor heel België (som van de 3 Gewesten) stijgt de filelengte op het HWN met 54%.

De toename in filelengte op het HWN tussen 2007 en 2020 wordt voor de verschillende regio's geschetst in Figuur 47.



Figuur 47: Toename van de filelengte 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' voor de verschillende regio's op het HWN.

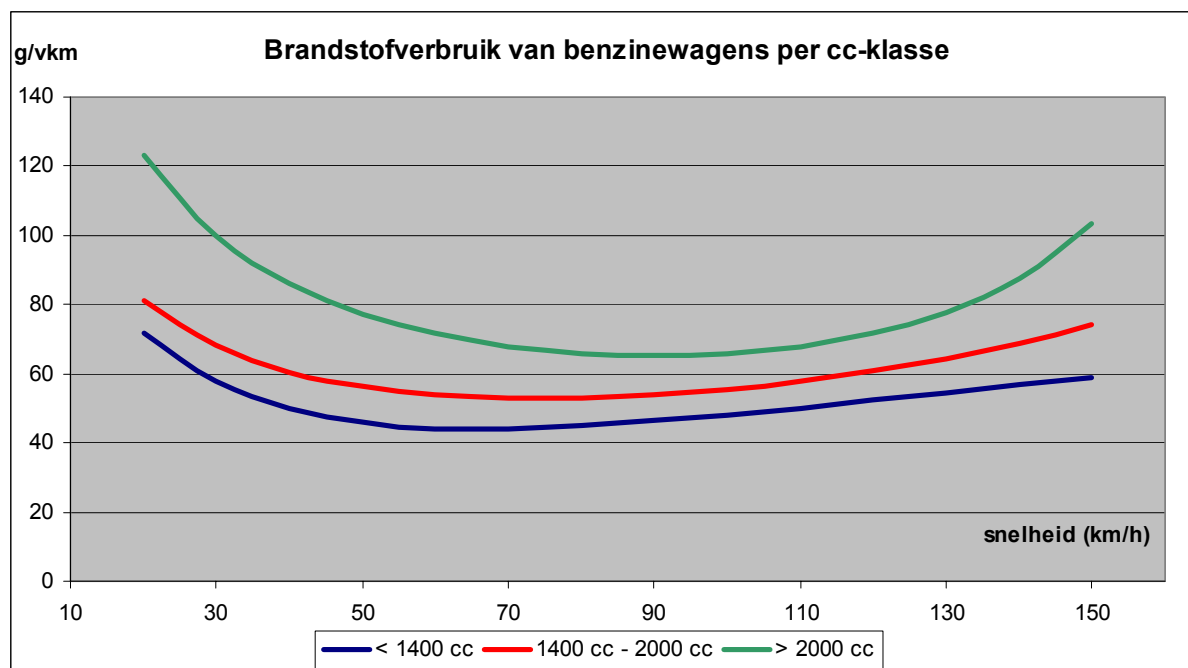
Merk op dat voertuigverliesuren sterker toenemen op het HWN dan op het OVN en dat bovendien filelengtes sneller toenemen dan voertuigverliesuren.

Verder dient opgemerkt te worden dat de te verwachten filelengtes voor 2020 geschat zijn op basis van een aantal veronderstellingen (zie hoger) waarvan het realiteitsgehalte verder niet onderzocht werd. De resultaten worden daarom voorgesteld onder het nodige voorbehoud. Ze hebben vooral een indicatieve waarde en pretenderen geenszins een exacte weergave van de realiteit te zijn, wat verder onderzoek zou vereisen.

2.3.3 Emissies en brandstofverbruik

Emissies en brandstofverbruik worden in het TREMOVE model berekend op basis van verkeersvolumes en congestiecurven voor de verschillende regio's en wegtypes. Emissiefactoren worden bepaald via twee sleutelparameters:

1. **Vloot:** De uitstoot van een voertuig is sterk afhankelijk van enkele karakteristieke eigenschappen. Zo is bijvoorbeeld een ouder voertuig meer vervuילend dan een nieuw voertuig doordat de huidige wetgeving op emissiestandaarden strenger is dan in het verleden. Maar ook door de hogere leeftijd, onder andere door slijtage aan katalysatoren, presteren oudere voertuigen slechter. Verder zijn over het algemeen grotere motoren (in cc) meer vervuילend dan kleinere motoren en zijn er verschillen tussen diesel en benzine wagens.
In het kader van een project voor de FOD Mobiliteit en Vervoer en FEBIAC kon TML een gedetailleerde structuur van de vloot in België opstellen [LVHVZ06]. Hieruit werd de huidige vlootsamenstelling bepaald en op basis van verkoops cijfers en de gekalibreerde levensverwachting van voertuigen, werden toekomstige vlootsamenstellingen gesimuleerd.
2. **Gemiddelde snelheid:** Een andere belangrijke parameter voor de bepaling van de emissiefactoren is de gemiddelde snelheid. Deze snelheid moet beschouwd worden als een indicatie van het snelheidsregime gedurende een bepaalde periode (bijvoorbeeld de Piekperiode) en in een bepaald gebied. Typisch zal het verbruik het laagst liggen bij een gemiddelde snelheid van 80 km/u, met een breed bereik tussen 40 km/u en 120 km/u waarin slechts een lichte toename van brandstofverbruik optreedt (zie ook Figuur 48). Dit verloop is gelijkaardig voor verschillende groottes van motoren, al zal het snelheidsoptimum lager zijn bij kleinere motoren.
Bij lagere gemiddelde snelheden zal er sprake zijn van veelvuldig stoppen en vertrekken (zoals bij congestie), wat aanleiding geeft tot een hoog verbruik. Bij hoge gemiddelde snelheden is het de toenemende luchtweerstand die het verbruik doet toenemen.



Figuur 48: Brandstofverbruik van benzine wagens per cc-klasse.

Hoewel hier enkel gepresenteerd voor brandstofverbruik, zien we voor alle pollutanten een gelijkaardig patroon.

De berekening van de pollutanten met TREMOVE geschiedt nu als volgt:

- (1) Gegeven de verkeersvolumes kan op basis van de congestiecurven telkens de overeenkomstige gemiddelde snelheid per wegtype bepaald worden.
- (2) Deze gemiddelde snelheid wordt in TREMOVE gebruikt om vervolgens, gegeven een verdeling van het wagenpark (de vloot), de emissiefactoren voor elk pollutant te bepalen. Dit laatste gebeurt aan de hand van snelheidsafhankelijke functies, zoals eerder gepresenteerd.

Voor dit project werden in TREMOVE de emissiefactoren voor brandstofverbruik, CO, CO₂, NO_x, PM, SO₂ en VOC bepaald voor de richtjaren 2007 en 2020, uitgaande van de gegeven verkeersvolumes en congestiecurven voor de verschillende regio's en wegtypes, en uitgaande van de vlootontwikkeling in België. De resultaten voor de verschillende regio's worden samengevat in Tabel 19.

	BELGIË			Gewest Vlaanderen		
	2007	groei 07-20	2020	2007	groei 07-20	2020
	(ton/jaar)	(%)	(ton/jaar)	(ton/jaar)	(%)	(ton/jaar)
brandstof	7132278	107.2%	7646191	4072313	107.0%	4358302
CO	65847	41.1%	27075	37562	41.4%	15569
CO2	22442810	107.1%	24044911	12814250	107.0%	13705659
NOx	78328	39.7%	31092	45139	39.8%	17981
PM	4071	20.9%	852	2328	21.0%	488
SO2	521	29.3%	152	297	29.2%	87
VOC	10244	42.2%	4320	5783	42.0%	2427

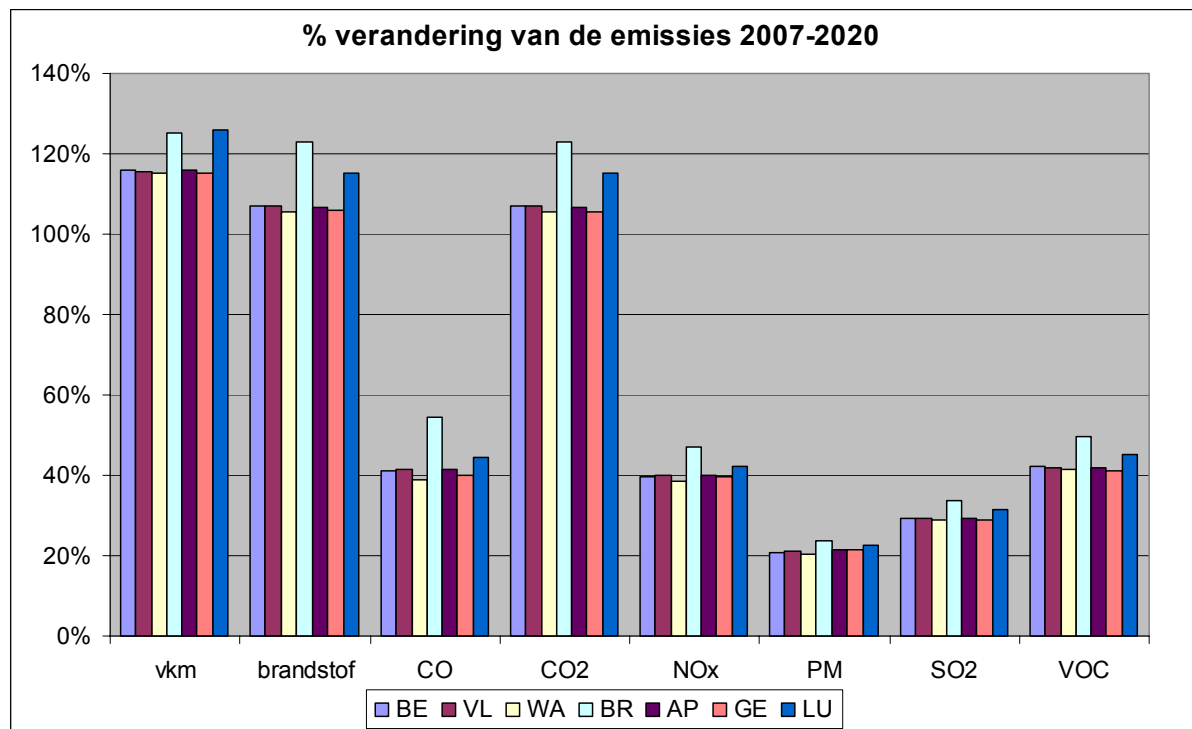
	Gewest Wallonië			Gewest Brussel		
	2007	groei 07-20	2020	2007	groei 07-20	2020
	(ton/jaar)	(%)	(ton/jaar)	(ton/jaar)	(%)	(ton/jaar)
brandstof	2735171	105.6%	2888017	324794	123.1%	399872
CO	25194	39.0%	9826	3091	54.4%	1680
CO2	8606677	105.5%	9081760	1021882	123.1%	1257492
NOx	29751	38.6%	11495	3438	47.0%	1616
PM	1548	20.5%	317	195	23.8%	47
SO2	200	28.8%	58	24	33.6%	8
VOC	3936	41.5%	1633	525	49.5%	260

	Agglomeratie Antwerpen			Agglomeratie Gent		
	2007	groei 07-20	2020	2007	groei 07-20	2020
	(ton/jaar)	(%)	(ton/jaar)	(ton/jaar)	(%)	(ton/jaar)
brandstof	194069	106.6%	206920	101293	105.8%	107128
CO	1377	41.3%	569	722	40.1%	289
CO2	610640	106.5%	650616	318729	105.7%	336836
NOx	2263	39.9%	904	1191	39.7%	473
PM	103	21.5%	22	54	21.6%	12
SO2	14	29.1%	4	7	28.9%	2
VOC	195	41.7%	81	97	41.2%	40

	Agglomeratie Luik		
	2007	groei 07-20	2020
	(ton/jaar)	(%)	(ton/jaar)
brandstof	120870	115.4%	139438
CO	851	44.6%	380
CO2	380314	115.3%	438448
NOx	1379	42.2%	583
PM	64	22.8%	15
SO2	9	31.5%	3
VOC	127	45.2%	57

Tabel 19: Brandstofverbruik en emissies in 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.

Als we in detail kijken naar de evolutie van de emissies tussen 2007 en 2020 voor de verschillende polluenten, dan stellen we volgende trends vast zoals weergegeven in Figuur 49.



Figuur 49: Evolutie van emissies en brandstofverbruik tussen 2007 en 2020 voor de verschillende regio's.

Voor alle polluenten, behalve brandstofverbruik en bijgevolg CO₂, in alle regio's stellen we, ondanks een toename van het wegverkeer, een sterke daling van de emissies vast. Deze daling wordt voornamelijk in de hand gewerkt door de continue vernieuwing van het wagenpark, met op de achtergrond de steeds strenger wordende emissiestandaarden voor nieuw gekochte voertuigen. Enkel voor CO₂ is er een stijging van de emissies omdat nieuwe voertuigen onvoldoende zuiniger zijn om de toename van het verkeer te compenseren.

2.4 Maatregelen tegen congestie en hun effecten

In vorige Secties werd gekeken naar het huidige niveau van de congestie in België, en naar de te verwachten groei van zowel het personenwagverkeer als het vrachtwagverkeer. Op basis van deze informatie werd een analyse gemaakt van de te verwachten effecten op het wegennet, dit op vlak van zowel pure congestie (uitgedrukt in filelengtes en verliestijden), als op het vlak van emissies (polluenten en energieverbruik).

In wat volgt kijken we vanuit een vogelperspectief naar welke mogelijke maatregelen getroffen kunnen worden om de gevolgen van de congestie af te zwakken, door in eerste instantie trachten de congestie zelf in te dijken. Hiervoor schetsen we eerst twee scenario's die daartoe kunnen leiden, namelijk een dat inwerkt op de vraagzijde van het transportsysteem en een dat inwerkt op de aanbodzijde ervan. Daarna geven we beknopt een voluntaristisch scenario, waarin we een combinatie van mogelijke maatregelen bekijken, met telkens een oplijsting van de verwachte kwalitatieve effecten.

2.4.1 Scenario's aan vraag- en aanbodzijde

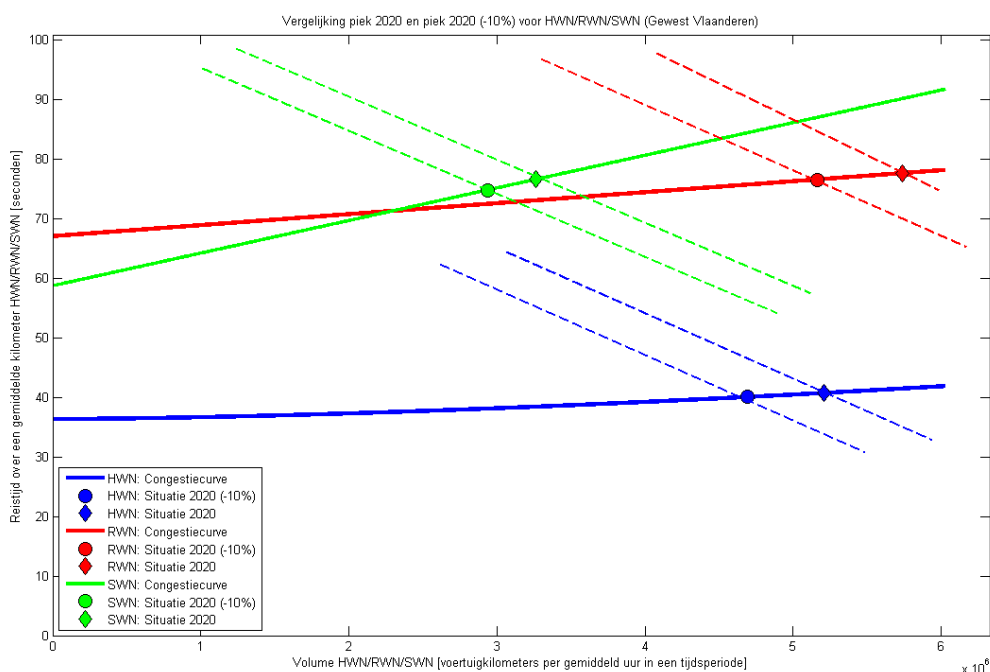
In deze sectie geven we een overzicht van twee algemene scenario's die door maatregelen gesteund kunnen worden, namelijk sleutelen aan de vraagzijde van het transportsysteem, en sleutelen aan de aanbodzijde ervan.

Merk op dat de inschatting van kwantitatieve effecten van maatregelen vereist dat we de meetgegevens gebruiken en deze voeden aan een simulatiemodel, waarna een uitspraak gedaan kan worden. Vermits het voor deze studie echter niet mogelijk is om voor elke maatregel een doorrekening te doen, kunnen we enkel terugvallen op de verwachte kwalitatieve effecten. Deze laatste zijn gestoeld op inzicht en laten ons toe een inschatting te geven. Om deze alsnog kwantitatief te benaderen dient echter een expliciet simulatiemodel opgezet te worden.

2.4.1.1 Scenario voor veranderingen aan de vraagzijde

Een eerste manier om congestie in te perken is door de vraagzijde aan te pakken. Het idee is dat men hier rechtstreeks ingrijpt op het verplaatsingsgedrag van de reizigers. Een van de meest effectieve manieren om dit te doen is door het invoeren van rekeningrijden, waarmee men de verkeersvraag kan milderen (meer details omtrent rekeningrijden zijn terug te vinden in Sectie 2.4.2.3). Aanpassingen aan de vraagzijde vereisen dus beleids- en/of beprijzingsmaatregelen.

Het idee hierachter is dat weggebruikers enkel met zichzelf rekening houden, dat zij meerbepaald enkel rekening houden met de eigen kosten (zoals bijvoorbeeld voertuigbezit en -gebruik, taksen, reistijdskosten, ...). Daarnaast zijn er ook externe kosten gerelateerd aan het gebruik van het transportsysteem, waarbij ieder individu ook kosten veroorzaakt aan anderen (een extra voertuig in een drukke spitsperiode kan een lawine-effect teweegbrengen). Indien men bijvoorbeeld een tol heft, of rekeningrijden invoert, dan zullen de weggebruikers dienen te betalen voor het gebruik van de infrastructuur. Op termijn geeft dit aanleiding tot een verschuiving in de vraagcurve, zoals bijvoorbeeld te zien is in Figuur 50 waar voor het Gewest Vlaanderen de verkeersvraag met 10% afneemt (dit voor het planjaar 2020).



Figuur 50: Effecten van beprijzingsmaatregelen die invloed hebben op de vraagzijde van het transportprobleem (Vlaanderen, situatie 2020 -10%).

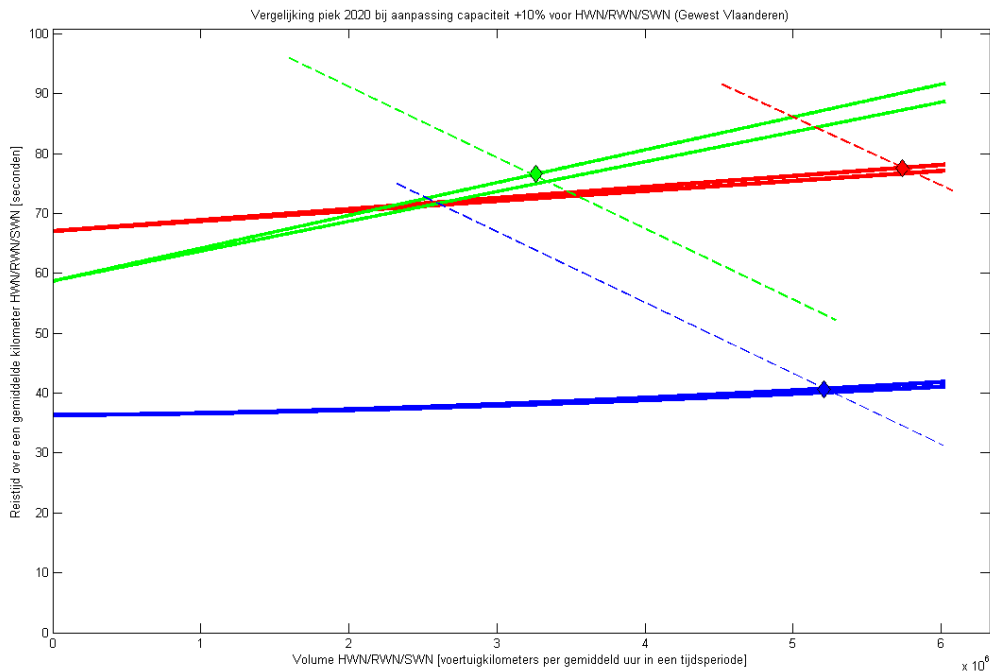
In Figuur 50 is te zien hoe een verandering van 10% aan de vraagzijde, een effect heeft op de winst van de totale reistijden. Dit effect is groter naarmate we in een drukker wegennet zitten, zoals het SWN.

2.4.1.2 Scenario voor veranderingen aan de aanbodzijde

In tegenstelling tot de vorige Sectie, waar gekeken werd naar de vraagzijde van het transportsysteem, kan men ook maatregelen treffen die veranderingen teweeg brengen in de aanbodzijde ervan. Dit houdt onder andere in dat men bijvoorbeeld de capaciteit van het wegennet gaat uitbreiden⁴. Dit werkt net zolang de groei in de verkeersvraag niet deze van de aanbodzijde overstijgt. Capaciteitsuitbreidingen dienen echter met een korrel zout genomen te worden. Vooreerst is er de vraag of deze uitbreidingen wel fysiek mogelijk zijn (is er voldoende plaats om een nieuwe ruimtelijke infrastructuur te voorzien?). Indien men toch beslist om lokaal een capaciteitsverhoging door te voeren, dan zal deze maatregel op korte termijn wel zeker een positief effect hebben. Op lange termijn is het natuurlijk zo dat ook de vraagzijde zich zal aanpassen, waarbij we dan spreken van aanzuigeffecten en een latente verkeersvraag, welke de positieve effecten teniet kunnen doen.

Ook het verbeteren van andere vervoersmodi (zoals bus, trein, tram, ...) behoren tot veranderingen aan de aanbodzijde, zij het dat de toepassing hiervan iets ingewikkelder wordt daar nu ook de afweging dient gemaakt te worden welk vervoersmiddel een reiziger kiest. Dit laatste impliceert dat ook het economisch keuzeprocess expliciet gemodelleerd wordt, wat we in deze studie niet doen. Andere klassieke methodes om de aanbodzijde aan te pakken staan opgelijst in Sectie 2.4.2.1.

Hier geven we als voorbeeld een globale capaciteitsverhoging van het wegennet, wat mogelijk kan gemaakt worden indien een pakket van geïntegreerde maatregelen ervoor zorgt dat de capaciteit op alle kritieke punten uitgebreid wordt. Concreet komt het erop neer dat we in de congestiecurven uitgaan van een grotere capaciteit, stel een toename met 10%. Een voorbeeld resultaat voor het Gewest Vlaanderen is te zien in Figuur 51 (waarbij gekeken werd naar de verwachte verkeersvraag in het planjaar 2020), waar de aanbodcurve (dit is de congestiecurve) verschoven wordt.



Figuur 51: Invloed van een capaciteitsuitbreiding op de totale reistijden.

⁴ Traditioneel gezien zijn capaciteitsuitbreidingen de meest voor de hand liggende oplossingen om congestie tegen te gaan. Geschikte lokaties hiervoor zijn plaatsen waar regelmatig structurele congestie optreedt.

Belangrijk om te zien is dat een globale capaciteitsverhoging enkel een significant effect lijkt te hebben op het OWN en niet zozeer op het HWN. Dit levert op dat er meer verkeer op een vlottere manier kan afgewikkeld worden.

2.4.2 Voluntaristisch scenario

Op basis van de geanalyseerde informatie in deze studie, kunnen we nu een voluntaristisch scenario afleiden. Om tot dit scenario te komen is het nodig een combinatie van een aantal maatregelen te nemen die positieve effecten sorteren. In wat volgt geven we een overzicht van dergelijke maatregelen en vermelden we telkens welke kwalitatieve effecten we daarbij verwachten.

2.4.2.1 Overzicht van mogelijke maatregelen en hun verwachte kwalitatieve effecten

Gezien de centrale rol die het autosnelwegnet vervult in de afwikkeling van het verkeer, en gegeven de hoge standaard en het hoge investeringsniveau hierop van toepassing, worden veel maatregelen dan ook op dit niveau genomen. Een goede aanpak van congestie vereist dan ook maatregelen die zich niet beperken tot louter het autosnelwegennet, maar veeleer een integratie van alle niveau's omvatten.

Voorbeelden van dergelijke maatregelen zijn:

- Met directe effecten op de verkeersstroom:
 - Filewaarschuwingen.
 - (Variërende) snelheidsbeperkingen opleggen.
 - Snelheidsharmonisering voor alle voertuigen in een verkeersstroom.
 - Toeritdosering.
 - Bufferen.
 - Een inhaalverbod voor vrachtwagens.
 - Aparte rijstroken voor specifieke doelgroepen.
 - ...
- Met indirecte effecten op de verkeersvraag:
 - Intelligente herrotering (o.a. naar aanleiding van incidenten, bij werkzaamheden, omleidingen,...).
 - Rekeningrijden.
 - Capaciteitsaanpassingen.
 - ...

In Tabel 20 geven we een overzicht van deze maatregelen⁵. Hierbij wordt gekeken naar het beoogde effect, de meerwaarde en omvang van de maatregelen in kwestie. Afhankelijk van de haalbaarheid, geven we daarnaast ook een inschatting van de kwantitatieve effecten op de congestie (bijvoorbeeld de invloed van (lokale) veranderingen in het vraagpatroon, globale effecten van snelheidsaanpassingen, ...). De maatregelen zijn zo geselecteerd dat de structuur en de samenhang van het wegennetwerk van groot belang is om het beoogde effect te realiseren [IMSY].

⁵ Deze maatregelen worden als 'DVM maatregelen' bestempeld, wat staat voor dynamisch verkeersmanagement; men probeert op een intelligente manier het verkeer zo te sturen opdat aan een bepaald optimaliteitscriterium voldaan wordt (bijvoorbeeld de afwikkeling vlotter laten verlopen, de veiligheid verhogen, de emissies beperken, et cetera).

DVM maatregel	(Beoogd) effect	Meerwaarde van netwerk	Omvang
Informereren/adviseren			
Informereren over alternatieve route(s) ingeval van incidenten, wegwerkzaamheden en overige gevallen van congestie	Verdelen verkeersstroom over minder zwaar belaste delen van het netwerk	Alleen mogelijk indien sprake van terugvalopties en samenhang in het netwerk	Significant positief
Waarschuwen			
Filewaarschuwing gepaard laten gaan met informatie over alternatieve routes	Aanbieden van (snellere) alternatieve routes	Alleen mogelijk indien sprake van terugvalopties en samenhang in het netwerk	Significant positief
Sturen en regelen			
Afsluiten en omleiden	Verkeer via alternatieve routes omleiden	Alleen mogelijk indien men beschikt over alternatieve routes en samenhang in het netwerk	Significant positief
Snelheidsbeperking	Aanpassen snelheid aan wensnelheid; betere verdeling van het verkeer op de rijbaan	Sluipverkeer via OWN	Beperkt negatief
Toeritdosering	Afvlakken pieken in het vraagpatroon; beperking van de instroom van een weg	Sluipverkeer (gewenst of ongewenst) via OWN naar andere toeritten	Beperkt positief of beperkt negatief
Bufferen	Afvlakken pieken in het vraagpatroon; beperking van de instroom van een weg	Sluipverkeer via OWN naar andere toeritten	Beperkt negatief
Afkruisen stroken, werken in uitvoering	Tijdig en veilig verkeer over de beschikbare rijstroken afwickelen	Netwerk faciliteert uitwijkgedrag	Beperkt negatief
Doelgroepen	Reservering capaciteit voor specifieke voertuigen (bijvoorbeeld HOV)	Reservering rijstroken alleen mogelijk als er voldoende ruimte is voor het overige verkeer	Beperkt positief
Incident management	Veilige en snelle hulpverlening; informeren en begeleiden verkeer ter vermijding van congestie	Verkeer (bij stroomopwaartse incidenten) kan via alternatieve routes worden afgewikkeld	Significant positief
Netwerk services	Specifieke maatregel	Rol netwerk	Omvang effect
Beïnvloeden doorstroming	Beïnvloeden afwikkeling verkeer	Geen significante rol	Tweede orde effecten
Herverdelen verkeersstromen	Beïnvloeden voorkeursroutes	Grote rol	Significant positief
Beïnvloeden verkeersvraag	Omleiden verkeer, beperken van de instroom, bevorderen van de uitstroom	Grote rol	Significant positief
Beïnvloeden capaciteit (verkeersaanbod)	Incident management, maximaliseren en herverdelen van de capaciteit	Grote rol bij incident management, beperkte rol bij de overige maatregelen	Significant positief
Algemene netwerkservice	Verkeersinformatie	Indirect via bijvoorbeeld routekeuze	Tweede orde effecten

Tabel 20: Een overzicht van de mogelijke maatregelen, hun verwachte kwalitatieve effecten en de impact ervan. Er wordt ook aangegeven in welke mate de structuur van en samenhang in het netwerk bijdraagt aan de realisatie van het doel en de maatregel. De maatregelen in het groen komen overeen met degene die werden geschetst in de scenario's in dit rapport (tabel gebaseerd op [IMSY]).

Zoals reeds eerder aangehaald, hebben de meeste DVM maatregelen enkel effect op het HWN. De reden hiervoor is enerzijds dat het HWN een centrale en significante rol vervult voor de verkeersafwikkeling, en anderzijds dat er een hoge standaard voor dit wegennetwerk wordt geëist. Een van de conclusies van deze

studie is echter dat een aanzienlijk deel van de verkeersafwikkeling op het OWN gebeurt (tot ongeveer vijfmaal zoveel voertuigkilometers en verliesuren worden hier verreden).

Dit maakt dat het aanpakken van de congestie in het Belgische wegennet, een integratie vereist tussen slimme maatregelen op zowel het HWN als het OWN, daar waar deze voorheen zich eerder op het HWN situeerden.

Een ander aspect aan het congestieprobleem, is dat het wegverkeer slechts een onderdeel van de transportketen vormt. Indien men succesvol de congestie wilt bestrijden, dan is het nodig dat de hele verplaatsingsketen beschouwd wordt. Om de reiziger kwaliteit te bieden dan is het nodig dat heel deze keten onder de loep genomen wordt, en dat er afstemming tussen de verschillende niveau's voorzien wordt (zowel op het vlak van verschillende transportmodi, als op het vlak van de verschillende types wegennetten).

Merk op dat het slagen of falen van bepaalde maatregelen gekoppeld is aan het hebben van een geschikte onderliggende netwerkstructuur. Dit met name voor wat betreft maatregelen die behoefte hebben aan terugvalopties, omleidroutes, buffers, ... in het wegennetwerk. Bij zware belasting van het wegennetwerk, is de nood aan reservecapaciteit het grootst. Immers, de minste verstoring van het systeem kan vrij verregaande gevolgen creëren. Hoe dichter men bij de capaciteit komt, hoe fragieler het verkeerssysteem zich gedraagt.

2.4.2.2 Nadruk op robuustheid van een netwerk

Een belangrijk aspect bij het opvangen van mogelijke congestie, is door een zekere robuustheid in het wegennetwerk in te bouwen. De kerngedachte hierbij is dat er een reservecapaciteit dient voorzien te worden, zodanig dat kortstondige veranderingen in het vraag- en/of aanbodpatroon de verkeersafwikkeling in het netwerk niet al te zwaar verstoren.

De structuur van een wegennetwerk kan vanuit twee standpunten bekeken worden. Enerzijds kan men het wegennetwerk beschouwen als een hoofdstelsel met toeleidende wegen, of men kan anderzijds uitgaan van een hiërarchie van stelsels waarbij deze in elkaar vervlecht zitten.

- Indien een wegennetwerk op basis van een hoofdstelsel gebouwd is, dan impliceert dit dat alle verplaatsingen elk op een specifiek deel van het stelsel worden afgewikkeld. Het grote nadeel hieraan is de kwetsbaarheid, waarbij een enkele lokale verstoring grote gevolgen kan hebben voor een aanzienlijk deel van het netwerk.
- Indien daarentegen een wegennetwerk hiërarchisch opgebouwd is, dan is het van cruciaal belang dat de ontvlechting op correcte wijze gebeurt. Een automatische meerwaarde hierbij is de aanwezigheid van voldoende buffer-/reservecapaciteit, wat de robuustheid van het netwerk sterk ten goede komt.

Uiteindelijk is het de bedoeling om op deze manier te komen tot een netwerk waarin zowel fluctuaties aan de aanbodzijde als aan de vraagzijde opgevangen kunnen worden.

2.4.2.3 Specifieke focus op rekeningrijden

Een belangrijke maatregel die vandaag de dag zeer relevant is bij de bestrijding van congestie op het wegennet, is rekeningrijden. In Duitsland bestaat bijvoorbeeld al de Maut, een kilometerheffing voor vrachtwagens waarbij alle vrachtwagens op het hoofdwegennet per kilometer dat ze rijden dienen te betalen.

Een kilometerheffing biedt een goede oplossing om aan de verkeersvraag te sleutelen. Het is ook belangrijk om dit op een slimme manier te doen, waarbij men bijvoorbeeld in de spitsperiodes meer betaalt dan in de dalperiodes, waarbij vervuilende personen- en vrachtwagens meer betalen, et cetera.

Deze differentiatie zit zowel in tijd (binnen of buiten de spits⁶), als in plaats (waar laat je de mensen betalen en waar niet), en als in de voertuigklasse (vrachtwagens betalen meer dan personenwagens). Op dit moment bestaan er al goede voorbeelden, waaronder Nederland waar een heffing is voor zowel personenwagens als vrachtwagens op alle wegen, Zwitserland waar voor alle vrachtwagens op alle wegen een heffing van kracht is, Frankrijk waar men péage op het hoofdwegennet heft, London waar men een ‘congestion charge’ binnen de stadszone heft. Meer informatie is terug te vinden in [CV06].

⁶ Indien buiten de spits een constante tol wordt geheven, dan zou dit tot negatieve welvaartseffecten kunnen leiden.

3. Samenvatting

In wat volgt geven we een beknopt overzicht van de meest in het oog springende conclusies in deze studie. We leggen hierbij achtereenvolgens de nadruk op:

- Een analyse van de huidige congestie.
- Een prognose van de congestie in 2020.
- De verwachte evolutie van de reistijden en verliesuren.
- De filelengtes op het hoofdwegennet.
- De gevolgen op het vlak van emissies en het brandstofverbruik.
- De mogelijke maatregelen om de congestie in te perken.

Merk tot slot op dat het in dit rapport geschetste toekomstbeeld uitgaat van een ongewijzigd aanbod, met name geen significante veranderingen in het wegennet. In dat opzicht kan onze analyse bekeken worden als een worst-case scenario. De verwachtingen zijn dan ook dat de congestie zich in zowel tijd als ruimte uitbreidt, wat aanleiding geeft tot files op meer plaatsen, en files gedurende langere periodes doorheen de dag.

Nu de congestie in België in kaart gebracht werd, kan verder onderzoek zich toeleggen op de specifieke kwantitatieve effecten die bepaalde maatregelen met zich mee brengen. Op deze manier kan men trachten de congestie in te perken op gepaste, relevante en efficiënte wijze.

3.1 Analyse van de huidige congestie

Voor de verschillende regio's en wegtypes worden de verzamelde meetgegevens uitgezet in een diagram dat de gemiddelde reistijd relateert aan de gemeten verkeersvolumes. Congestiecurven geven vervolgens tussen beide het functioneel verband weer.

Op het HWN worden in de ochtendspits de hoogste reistijden waargenomen, terwijl de avondspits de grootste verkeersvolumes te verwerken krijgt. Over het algemeen is de ochtendspits iets heviger maar meer geconcentreerd, en kent de avondspits een grotere spreiding. Verkeersvolumes en reistijden nemen vervolgens af van 's middags op een werkdag, naar 's avonds, 's middags en 's ochtends op een niet-werkdag. 's Nachts op een werkdag wordt er trager gereden dan gelijk wanneer op een niet-werkdag.

Op het RWN worden in het algemeen de grootste reistijden en verkeersvolumes waargenomen in de avondspits van een werkdag, gevolgd door de ochtendspits van een werkdag, de avond van een niet-werkdag en de dalperiode van een werkdag. Reistijden nemen af in dezelfde volgorde, met uitzondering van de dalperiode op een werkdag, waar relatief traag gereden wordt.

Op het SWN houden reistijden in de ochtend, avond en dalperiode van een werkdag elkaar nogal in evenwicht. In Brussel en in de beschouwde agglomeraties zijn de reistijden 's avonds het grootst, terwijl in de Gewesten Vlaanderen en Wallonië de hoogste reistijden in de dalperiode worden waargenomen.

3.2 Prognose van congestie in 2020

Verkeersvolumes en reistijden in 2020 worden geraamd in het TREMOVE model op basis van het verkeersvolume in 2007, een aantal groei-indicatoren, en op basis van de opgestelde congestiecurven. De verkeersvolumes en reistijden voor 2020 kunnen dan vergeleken worden met deze voor basisjaar 2007.

Reistijden zijn vooral groot in het Gewest Brussel en nemen vervolgens af over de agglomeraties Antwerpen, Gent en Luik tot de Gewesten Vlaanderen en Wallonië. Reistijden zijn het grootst op het SWN, gevolgd door het RWN en tenslotte het HWN.

In Vlaanderen en Wallonië zijn de verkeersvolumes het grootst op het RWN, gevolgd door het HWN en tenslotte het SWN. In de agglomeraties zijn deze op het HWN groter dan op het RWN. De toename in verkeersvolume tussen 2007 en 2020 is het grootst in Brussel.

3.3 Reistijden en voertuigverliesuren

Verliestijden en voertuigverliesuren geven een goede indicatie van congestie. Ze worden bepaald voor richtjaren 2007 en 2020 op basis van de gemiddelde volumes, reistijden en free-flow reistijden.

Verliestijden zijn vooral groot in Antwerpen, Vlaanderen en Brussel. Ze zijn kleiner in Luik, Gent en Wallonië. Verliestijden op het OWN zijn veelvoud van de verliestijden op het HWN. Enkel het Gewest Brussel met hoge verliestijden op het HWN vormt hierop een uitzondering.

67% van het aantal voertuigverliesuren wordt in Vlaanderen opgelopen. Het aantal voertuigverliesuren op het OWN is een veelvoud van het aantal voertuigverliesuren op het HWN. Voor heel België (som van de drie Gewesten) is het aantal voertuigverliesuren op het OWN een factor 3,9 groter in vergelijking met het HWN. Tussen 2007 en 2020 is in alle regio's sprake van een toename van het aantal voertuigverliesuren. Voor heel België (som van de drie Gewesten) stijgt het aantal voertuigverliesuren met 35%.

3.4 Filelengtes op het HWN

Deze filelengtes werden bekeken voor het drukste uur in de ochtendspits, en het drukste uur in de avondspits wat respectievelijk overeenkomt met de periode tussen 8u en 9u, en 17u en 18u. Er werd vastgesteld dat de gemiddelde filelengtes korter voor de avondspits dan voor de ochtendspits zijn.

Daarnaast is het gros van de files te vinden in het Gewest Vlaanderen, wat de grootste bijdrage aan België geeft (91%). De agglomeratie Antwerpen neemt in deze studie de hoofdbrok file voor de agglomeraties in. Het HWN in Brussel heeft een te beperkte omvang om relevante cijfers te verkrijgen. Het Gewest Wallonië heeft een filevorming die qua omvang gelijkaardig is aan de agglomeraties.

Tussen 2007 en 2020 wordt op het HWN een forse toename in filelengte vastgesteld. Voor heel België (som van de 3 Gewesten) stijgt de filelengte op het HWN met 54%.

3.5 Emissies en brandstofverbruik

Emissies en brandstofverbruik worden voor 2007 en 2020 in het TREMOVE model berekend op basis van verkeersvolumes en congestiecurven voor de verschillende regio's en wegtypes. Hierbij wordt rekening gehouden met de steeds evoluerende vlootsamenstelling en met de typische snelheidsregimes op verschillende wegtypes en in verschillende regio's.

Voor alle pollutanten, behalve brandstofverbruik en bijgevolg CO₂, wordt in alle regio's een sterke daling van de emissies vastgesteld, ondanks de toename van het wegverkeer. Deze daling wordt voornamelijk in de hand gewerkt door de continue vernieuwing van het wagenpark, met in de achtergrond de steeds strenger wordende emissiestandaarden voor nieuw gekochte voertuigen. Enkel voor CO₂ is er een stijging van de emissies omdat nieuwe voertuigen onvoldoende zuiniger zijn om de toename van het verkeer te compenseren.

Appendix A: Gemeenten in de agglomeraties en in het Gewest Brussel

Deze Appendix inventariseert de gemeenten met hun postcodes die tot de verschillende agglomeraties en tot het Gewest Brussel behoren.

Agglomeratie Antwerpen		Agglomeratie Luik		Agglomeratie Gent	
gemeente	postcode	gemeente	postcode	gemeente	postcode
Antwerpen	2000	Luik	4000	Gent	9000
Antwerpen	2018	Luik	4020	Mariakerke	9030
Antwerpen	2020	Luik	4030	Drongen	9031
Antwerpen	2030	Angleur	4031	Wondelgem	9032
Antwerpen	2040	Chênée	4032	Sint-Amandsberg	9040
Antwerpen	2050	Engis	4480	Oostakker	9041
Antwerpen	2060	Ans	4430	Mendonk	9042
Deurne	2100	Loncin	4431	Ledeberg	9050
Borgerhout	2140	Xhendremael	4432	Sint-Denijs-Westrem	9051
Merksem	2170	Beyne-Heusay	4610	Zwijnaarde	9052
Ekeren	2180	Chaufontaine	4050	De Pinte	9840
Berchem	2600	Vaux-sous-Chèvremont	4051	Merelbeke	9820
Wilrijk	2610	Beaufays	4052	Sint-Martens-Latem	9830
Hoboken	2660	Embourg	4053		
Aartselaar	2630	Fléron	4620		
Boechout	2530	Retinne	4621		
Boom	2850	Magnée	4623		
Borsbeek	2150	Romsée	4624		
Brasschaat	2930	Herstal	4040		
Edegem	2650	Vottem	4041		
Hemiksem	2620	Liers	4042		
Hove	2540	Oupeye	4680		
Kapellen	2950	Saint-Nicolas	4420		
Mortsel	2640	Seraing	4100		
Niel	2845	Jemeppe-sur-Meuse	4101		
Schelle	2627	Ougrée	4102		
Schoten	2900	Soumagne	4630		
Wommelgem	2160	Evegnée	4631		
Stabroek	2940	Cérexhe-Heuseux	4632		
Kontich	2550	Melen	4633		
Wijnegem	2110	Grâce-Hollogne	4460		
		Flémalle	4400		

Gewest Brussel	
gemeente	postcode
Brussel	1000
Laken	1020
Neder-over-Heembeek	1120
Haren	1130
Schaarbeek	1030
Etterbeek	1040
Elsene	1050
Sint-Gillis	1060
Anderlecht	1070
Sint-Jans-Molenbeek	1080
Koekelberg	1081
Sint-Agatha-Berchem	1082
Ganshoren	1083
Jette	1090
Evere	1140
Sint-Pieters-Woluwe	1150
Oudergem	1160
Watermaal-Bosvoorde	1170
Ukkel	1180
Vorst	1190
Sint-Lambrechts-Woluwe	1200
Sint-Joost-ten-Node	1210

Appendix B: Verkeersvolumes op HWN en OWN in 2007 en 2020

B.1 Verkeersvolumes 2007

B.1.1 Hoofdwegennet

Voor de Gewesten wordt het totaal aantal afgelegde voertuigkilometers in 2007 geschat op basis van de cijfers van de FOD Mobiliteit en Vervoer⁷ voor 2006. Aangenomen wordt dat de groei van het verkeer per Gewest tussen 2005 en 2006 wordt doorgezet naar 2006-2007. Dit levert de resultaten in Tabel 21 op.

HWN	Verkeersvolume 2007
Regio	(miljard vtgkm/jaar)
Gewest Vlaanderen	21,84
Gewest Wallonië	12,61
Gewest Brussel	0,41

Tabel 21: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het HWN in de verschillende Gewesten.

Deze jaarlijks afgelegde voertuigkilometers worden gebruikt als invoer voor het REMOVE-model. Gezien ook de opgestelde congestiecurven ingevoerd worden in REMOVE, dienen de daartoe gebruikte uurgemiddelde verkeersvolumes in overeenstemming gebracht te worden met de jaarlijks afgelegde voertuigkilometers.

Indien de door START-SITTER opgemeten verkeersvolumes (zie ook Tabel 2) geëxtrapoléerd zouden worden naar jaarvolumes, levert dit een onderschatting van het jaarvolume op omdat het START-SITTER systeem geen volledige data bevat. De factoren waarmee de opgemeten volumes voor de Gewesten vermenigvuldigd moeten worden om deze overeenstemming te bereiken zijn gegeven in Tabel 22. Deze volumefactoren worden voor elke regio berekend als volgt:

$$VF = \frac{\text{Jaarvolume}}{240(3U^{\text{werkdag ochtend}} + 3U^{\text{werkdag avond}} + 7U^{\text{werkdag middag}} + 11U^{\text{werkdag nacht}}) + 125(3U^{\text{niet-wd ochtend}} + 3U^{\text{niet-wd avond}} + 7U^{\text{niet-wd middag}} + 11U^{\text{niet-wd nacht}})}$$

waarbij VF = volumefactor (-),

Jaarvolume = Verkeersvolume 2007 (vtgkm/jaar),

U = Verkeersvolume over een gemiddeld uur (vtgkm/uur).

HWN	Volumefactor
Regio	(-)
Gewest Vlaanderen	1,28
Gewest Wallonië	1,85
Gewest Brussel	6,26

Tabel 22: Volumefactoren voor de verschillende Gewesten.

Voor de agglomeraties worden de volumefactoren gebruikt uit het overeenkomstige Gewest, zoals gegeven in Tabel 23

⁷ Bron: Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, *Verkeerstellingen 2006*, nr. 39, appendix B, pagina B5-B6.

HWN	Volumefactor
Regio	(-)
Agglomeratie Antwerpen	1,28
Agglomeratie Gent	1,28
Agglomeratie Luik	1,85

Tabel 23: Volumefactoren voor de verschillende agglomeraties.

Na toepassing van deze volumefactoren krijgen we geschaalde uurgemiddelde verkeersvolumes voor de verschillende regio's in 2007, zoals gegeven in Tabel 24.

HWN	Geschaald Gemiddeld Verkeersvolume (vtgkm/u)							
	Werkdag				Niet-werkdag			
Regio	Ochtend	Avond	Dag	Nacht	Ochtend	Avond	Dag	Nacht
Gewest Vlaanderen	4.176.323	4.816.279	4.019.188	1.213.119	945.567	3.241.852	2.762.751	998.608
Gewest Wallonië	2.835.076	3.339.057	2.472.609	715.789	620.757	1.278.297	1.110.032	279.831
Gewest Brussel	83.079	82.366	79.106	20.418	16.588	62.697	54.931	18.480
Agglomeratie Antwerpen	329.496	389.592	340.053	108.816	78.557	268.104	232.162	90.284
Agglomeratie Gent	217.128	250.171	201.620	62.340	49.171	176.671	149.567	57.541
Agglomeratie Luik	195.477	240.222	168.015	49.140	59.802	106.536	99.841	26.322

Tabel 24: Geschaalde uurgemiddelde verkeersvolumes op het HWN.

Overeenkomstige jaarlijkse verkeersvolumes worden gegeven in Tabel 25.

HWN	Verkeersvolume 2007
Regio	(miljard vtgkm/jaar)
Gewest Vlaanderen	21,84
Gewest Wallonië	12,61
Gewest Brussel	0,41
Agglomeratie Antwerpen	1,83
Agglomeratie Gent	1,14
Agglomeratie Luik	0,87

Tabel 25: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het HWN in de verschillende regio's.

De uurgemiddelde verkeersvolumes voor de in TREMOVE gedefinieerde periode 'Piek 2007' worden berekend als het gemiddelde van de geschaalde uurgemiddelde ochtend- en avondvolumes van elke werkdag in de meetperiode 9/10/2007 – 31/03/2008, wat de resultaten in Tabel 26 oplevert.

HWN	volume (vtgkm/u)
Regio	2007
Gewest Vlaanderen	4496301
Gewest Wallonië	3087067
Gewest Brussel	82723
Agglomeratie Antwerpen	359544
Agglomeratie Gent	233650
Agglomeratie Luik	217850

Tabel 26: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het HWN voor 'Piek 2007'.

B.1.2 Onderliggend wegennet

Voor de verkeersvolumes op het OWN hebben we geen rechtstreekse meetgegevens. Uit verschillende tellingen op het OWN en HWN blijkt echter dat de spreiding van het verkeer over een dag op OWN en HWN elkaar nauwelijks ontloopt [FODb]. In wat volgt nemen we aan dat de spreiding van het verkeer over een dag op RWN en SWN dezelfde is als de spreiding over een dag op het HWN.

Totale jaarvolumes worden afgeleid uit de jaarlijkse verkeersvolumes die gerapporteerd worden door de FOD Mobiliteit en Vervoer⁸, waarbij aangenomen wordt dat de trends tussen 2005 en 2006 zich doorzetten naar 2006 – 2007, zoals gegeven in Tabel 27.

Regio	Verkeersvolume 2007 (vtgkm/jaar)	
	RWN	SWN
Gewest Vlaanderen	21,49	21,35
Gewest Wallonië	15,95	12,09
Gewest Brussel	2,36	8,21

Tabel 27: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het OWN in de verschillende Gewesten.

De verdeling van deze totale volumes over de afzonderlijke dagen en de afzonderlijke tijdsperiodes wordt overgenomen van het HWN. We verkrijgen dan de informatie zoals in Tabel 28 en Tabel 29.

RWN	Gemiddeld Verkeersvolume (vtgkm/u)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Gewest Vlaanderen	4.614.800	5.320.100	2.541.300	1.034.800	3.576.200	1.852.600
Gewest Wallonië	3.940.600	4.627.800	1.941.300	872.020	1.761.000	807.510
Gewest Brussel	533.580	528.650	276.440	104.640	399.470	213.640

Tabel 28: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN in de verschillende Gewesten (vtgkm/u).

SWN	Gemiddeld Verkeersvolume (vtgkm/u)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Gewest Vlaanderen	2.624.500	3.025.600	1.445.200	588.510	2.033.800	1.053.600
Gewest Wallonië	2.067.700	2.428.300	1.018.600	457.570	924.030	423.720
Gewest Brussel	240.820	238.590	124.760	47.228	180.290	96.424

Tabel 29: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN in de verschillende Gewesten (vtgkm/u).

Voor de agglomeraties worden totale jaarvolumes op het OWN geschat op basis van de jaarvolumes van de overeenkomstige Gewesten. Als evenredigheidsfactor wordt de verhouding van de weglengtes van het beschouwde wegennet weerhouden:

$$\begin{aligned}
 Q_{RWN}^{\text{Antwerpen}} &= \frac{L_{RWN}^{\text{Antwerpen}}}{L_{RWN}^{\text{Vlaanderen}}} Q_{RWN}^{\text{Vlaanderen}}, & Q_{RWN}^{\text{Gent}} &= \frac{L_{RWN}^{\text{Gent}}}{L_{RWN}^{\text{Vlaanderen}}} Q_{RWN}^{\text{Vlaanderen}}, & Q_{RWN}^{\text{Luik}} &= \frac{L_{RWN}^{\text{Luik}}}{L_{RWN}^{\text{Wallonië}}} Q_{RWN}^{\text{Wallonië}}, \\
 Q_{SWN}^{\text{Antwerpen}} &= \frac{L_{SWN}^{\text{Antwerpen}}}{L_{SWN}^{\text{Vlaanderen}}} Q_{SWN}^{\text{Vlaanderen}}, & Q_{SWN}^{\text{Gent}} &= \frac{L_{SWN}^{\text{Gent}}}{L_{SWN}^{\text{Vlaanderen}}} Q_{SWN}^{\text{Vlaanderen}}, & Q_{SWN}^{\text{Luik}} &= \frac{L_{SWN}^{\text{Luik}}}{L_{SWN}^{\text{Wallonië}}} Q_{SWN}^{\text{Wallonië}},
 \end{aligned}$$

waarbij Q = jaarvolume (voertuigkilometer/jaar),
 L = lengte wegennet (kilometer).

⁸ Bron: Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, *Verkeersstellingen 2006*, nr. 39, appendix B, pagina B5-B6.

De weglengtes voor de Gewesten en agglomeraties worden respectievelijk overgenomen uit [FODb], en afgeleid uit de weglengtes voor de verschillende *NanTeq* niveau's (zie ook Appendix C).

Regio	Totale weglengte (km)		
	HWN	RWN	SWN
Gewest Vlaanderen	883	6.035	53.346
Gewest Wallonië	869	7.579	48.494
Gewest Brussel	11	320	1.540
Agglomeratie Antwerpen	79	290	880
Agglomeratie Gent	36	118	454
Agglomeratie Luik	70	392	739

Tabel 30: Weglengtes voor de verschillende wegtypes en regio's.

De resulterende verkeersvolumes voor de agglomeraties zijn dan:

Regio	Verkeersvolume 2007 (vtgkm/jaar)	
	RWN	SWN
Gewest Vlaanderen	21,49	21,35
Gewest Wallonië	15,95	12,09
Gewest Brussel	2,36	8,21
Agglomeratie Antwerpen	1,03	0,20
Agglomeratie Gent	0,42	0,10
Agglomeratie Luik	0,83	0,13

Tabel 31: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007) op het OWN in de verschillende regio's.

Ook voor de agglomeraties wordt de verdeling van deze totale jaarsvolumes over de afzonderlijke dagen en de afzonderlijke tijdperiodes overgenomen van het HWN. We krijgen:

RWN	Gemiddeld Verkeersvolume (vtgkm/u)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Agglomeratie Antwerpen	208.230	246.510	124.710	49.226	168.690	92.180
Agglomeratie Gent	90.041	103.530	48.533	20.235	73.216	38.525
Agglomeratie Luik	199.800	246.740	98.786	61.182	108.570	71.809

Tabel 32: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN in de verschillende agglomeraties (vtgkm/u).

SWN	Gemiddeld Verkeersvolume (vtgkm/u)					
	Werkdag			Niet-werkdag		
	Ochtend	Avond	Dal	Ochtend	Avond	Dal
Agglomeratie Antwerpen	40.724	48.210	24.391	9.627	32.990	18.028
Agglomeratie Gent	22.299	25.641	12.020	5.011	18.132	9.541
Agglomeratie Luik	30.963	38.236	15.308	9.481	16.825	11.128

Tabel 33: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN in de verschillende agglomeraties (vtgkm/u).

De uurgemiddelde verkeersvolumes voor de in TREMOVE gedefinieerde periode 'Piek 2007' worden berekend als het gemiddelde van de geschaalde uurgemiddelde ochtend- en avondvolumes van elke werkdag in de meetperiode 09/10/2007 tot en met 31/03/2008:

RWN	volume (vtgkm/u)
Regio	2007
Gewest Vlaanderen	4967450
Gewest Wallonië	4284200
Gewest Brussel	531115
Agglomeratie Antwerpen	227370
Agglomeratie Gent	96786
Agglomeratie Luik	223270

Tabel 34: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN voor 'Piek 2007'.

SWN	volume (vtgkm/u)
Regio	2007
Gewest Vlaanderen	2825050
Gewest Wallonië	2248000
Gewest Brussel	239705
Agglomeratie Antwerpen	44467
Agglomeratie Gent	23970
Agglomeratie Luik	34600

Tabel 35: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN voor 'Piek 2007'.

B.2 Verkeersvolumes 2020

Om de transportvraag in 2020 in te schatten werd een beroep gedaan op het TREMOVE model. TREMOVE bepaalt de verwachte evoluties van het aantal afgelegde passagierkilometers en het aantal afgelegde tonkilometers tussen 2007 en 2020, dit per regio en per wegtype. Op basis hiervan werden in TREMOVE ook de evolutie van het aantal afgelegde voertuigkilometers berekend. Voor meer informatie over de werking van het TREMOVE model wordt verwezen naar Appendix E.

Bij het bepalen van de evolutie van het aantal passagierkilometers per Gewest wordt rekening gehouden met de verschillende verwachtingen van de bevolkingstoename per regio. In TREMOVE werd hiervoor beroep gedaan op volgende cijfers van de FOD⁹:

	bevolkingsaantal 2007 (miljoen)	jaarl. Groeivoet 07-20 (%)	totale groei 07-20 (%)	bevolkingsaantal 2020 (miljoen)
België	10,45	0,21	2,78	10,72
Gewest Vlaanderen	6,04	0,15	1,96	6,14
Gewest Wallonië	3,42	0,29	3,81	3,55
Gewest Brussel	0,99	0,32	4,24	1,03

Tabel 36: Bevolkingsgroei 2007-2020 in de verschillende Gewesten.

Bij het bepalen van de evolutie van het aantal tonkilometers per Gewest wordt rekening gehouden met de verschillende verwachtingen van de Bruto Toegevoegde Waarde (economische groeivoet) van de transportsector per regio. In TREMOVE werd hiervoor een beroep gedaan op cijfers van het Federaal Planbureau¹⁰ van 2007 tot 2012. Voor 2012-2020 wordt aangenomen dat de jaarlijkse groeivoet dezelfde blijft:

⁹ Bron: FOD Economie, *Algemene Directie Statistiek en Economisch Informatie*
http://www.statbel.fgov.be/figures/d23_nl.asp

¹⁰ Federaal Planbureau, "Uitwerking van een regionaal projectiemodel. Een eerste toepassing van het HERMEG model op de nationale economische vooruitzichten 2007-2012".

	jaarlijkse economische groei voet transportsector 2007 - 2020	totale economische groei voet transportsector 2007 - 2020
	(%)	(%)
België	2,8	43,2
Gewest Vlaanderen	2,5	37,9
Gewest Wallonië	1,8	26,1
Gewest Brussel	5	88,6

Tabel 37: Economische groei voet transportsector 2007 – 2020 in de verschillende Gewesten

Passagierskilometers 2007-2020 groeien proportioneel met de bevolkingstoename per regio. Volgende cijfers worden bekomen:

	passagier-kms 2007	jaarlijkse groei voet	totale groei 07-20	passagier-kms 2020
	(miljard)	(%)	(%)	(miljard)
België	130,3	1	14	148,5
Gewest Vlaanderen	73,4	1	13,3	83,2
Gewest Wallonië	51,3	1,1	14,8	58,9
Gewest Brussel	5,6	1,1	14,8	6,4

Tabel 38: Passagierskilometers in 2007 en 2020 in de verschillende Gewesten.

Tonkilometers van 2007 tot en met 2020 groeien proportioneel met de economische groei voet van de transportsector. Volgende cijfers worden bekomen:

	ton-kms 2007	jaarlijkse groei voet	totale groei 2007-2020	ton-kms 2020
	(miljard)	(%)	(%)	(miljard)
België	42,1	1,2	16,2	48,9
Gewest Vlaanderen	25,3	1,3	18,4	29,9
Gewest Wallonië	15,3	0,6	8,3	16,6
Gewest Brussel	1,5	3,8	61,9	2,4

Tabel 39: Tonkilometers in 2007 en 2020 in de verschillende Gewesten.

Dit uit zich dan in volgende voertuigkilometers:

	Verkeersvolumes 2007			Verkeersvolumes 2020		
	HWN	RWN	SWN	HWN	RWN	SWN
	(miljard vtgkm / jaar)			(miljard vtgkm / jaar)		
België	34,86	39,8	21,35	40,31	46,22	24,77
Gewest Vlaanderen	21,84	21,49	12,09	25,31	24,83	13,97
Gewest Wallonië	12,61	15,95	8,21	14,48	18,41	9,52
Gewest Brussel	0,41	2,36	1,04	0,52	2,97	1,28

Tabel 40: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007 en 2020) voor de verschillende Gewesten.

De evolutie van het aantal afgelegde voertuigkilometers tussen 2007 en 2020 in de agglomeraties wordt gelijk verondersteld aan de evolutie in de overeenkomstige Gewesten. Voertuigkilometers in de agglomeraties zien er als volgt uit:

	Verkeersvolumes 2007			Verkeersvolumes 2020		
	HWN	RWN	SWN	HWN	RWN	SWN
	(miljard vtgkm / jaar)			(miljard vtgkm / jaar)		
Agglomeratie Antwerpen	1,83	1,03	0,2	2,12	1,19	0,23
Agglomeratie Gent	1,14	0,42	0,1	1,3	0,48	0,12
Agglomeratie Luik	0,87	0,83	0,13	1,1	1,04	0,15

Tabel 41: Jaarlijkse verkeersvolumes (2007 en 2020) voor de verschillende agglomeraties.

De uurgemiddelde verkeersvolumes voor de in REMOVE gedefinieerde periode 'Piek 2020' worden berekend op basis van de volumes voor 'Piek 2007'. De toename in verkeersvolume van 'Piek 2007' naar 'Piek 2020' wordt gelijk verondersteld aan de toename van de jaarlijkse verkeersvolumes van 2007 naar 2020. We krijgen:

HWN	volume (vtgkm/u)
Regio	2020
Gewest Vlaanderen	5210759
Gewest Wallonië	3545855
Gewest Brussel	104603
Agglomeratie Antwerpen	416675
Agglomeratie Gent	268374
Agglomeratie Luik	275471

Tabel 42: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het HWN voor 'Piek 2020'.

RWN	volume (vtgkm/u)
Regio	2020
Gewest Vlaanderen	5739920
Gewest Wallonië	4945212
Gewest Brussel	669853
Agglomeratie Antwerpen	262727
Agglomeratie Gent	111719
Agglomeratie Luik	281593

Tabel 43: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het RWN voor 'Piek 2020'.

SWN	volume (vtgkm/u)
Regio	2020
Gewest Vlaanderen	3264673
Gewest Wallonië	2606075
Gewest Brussel	293820
Agglomeratie Antwerpen	51387
Agglomeratie Gent	27788
Agglomeratie Luik	42411

Tabel 44: Uurgemiddelde verkeersvolumes op het SWN voor 'Piek 2020'.

Appendix C: Omzetten meetgegevens onderliggend wegnennet

Reistijden op het OVN worden in originele vorm gegeven per *NavTeg* niveau. De wegategorisering volgens *NavTeg* verschilt van de voor deze studie gebruikte indeling van het OVN in RWN en SWN. Een indeling volgens *NavTeg* niveau's is in deze studie niet bruikbaar omdat we geen gegevens hebben over de verkeersvolumes op deze verschillende *NavTeg* niveau's. Daarom dringt zich een conversie op van de *NavTeg* indeling naar de RWN-SWN indeling. Brondata op het OVN zijn gegeven op de niveau's *NavTeg2*, *NavTeg3* en *NavTeg4*. Hoe hoger het *NavTeg* niveau (1 = hoogste niveau; 5 = laagste niveau), hoe meer primair de wegen die tot dit niveau behoren.

Het converteren van de *NavTeg* niveau's naar de niveau's RWN en SWN gebeurt op basis van de lengtes van de respectievelijke wegnennetten.

Onderstaande tabel geeft de lengte van het RWN en SWN¹¹, en de lengte van het wegnennet horende bij de verschillende *NavTeg* niveau's¹² voor de verschillende Gewesten:

Regio	Totale weglengte (km)				
	RWN	SWN	Navteq 2	Navteq 3	Navteq 4
Gewest Vlaanderen	6.035	53.346	4.302	6.468	17.800
Gewest Wallonië	7.579	48.494	3.532	7.871	16.648
Gewest Brussel	320	1.540	205	255	335

Tabel 45: Lengte van het wegnennet per Gewest.

Er wordt aangenomen dat het RWN bestaat uit *NavTeg2* en een deel *NavTeg3*, en dat het SWN bestaat uit een deel *NavTeg3* en uit *NavTeg4* en uit *NavTeg5*. Het aandeel *NavTeg3* dat tot het RWN behoort, wordt zodanig bepaald dat de lengte van *NavTeg2* samen met dit aandeel *NavTeg3* overeenkomen met de lengte van het RWN:

$$L_{\text{RWN}} = L_{\text{Navteq2}} + x L_{\text{Navteq3}}$$

waarbij L de lengte van het wegnennet voorstelt (kilometer).

Dit levert dan volgende fracties op:

$$\begin{aligned} \text{Vlaanderen:} & \quad \text{RWN} = \text{NavTeg2} + 26,8 \% \text{ NavTeg3}, \\ \text{Wallonië:} & \quad \text{RWN} = \text{NavTeg2} + 51,4 \% \text{ NavTeg3}, \\ \text{Brussel:} & \quad \text{RWN} = \text{NavTeg2} + 45,0 \% \text{ NavTeg3}. \end{aligned}$$

Deze fracties worden tenslotte gebruikt om de reistijdgegevens om te zetten:

$$T_{\text{RWN}} = \frac{T_{\text{Navteq2}} L_{\text{Navteq2}} + T_{\text{Navteq3}} x L_{\text{Navteq3}}}{L_{\text{RWN}}}$$

waarbij T = gemiddelde reistijd (seconden/kilometer),

L = lengte van het wegnennet (kilometer).

Voor de agglomeraties worden de conversiefactoren toegepast van de overeenkomstige Gewesten.

¹¹ Bron: <http://www.mobiliteit.fgov.be/data/mobil/broroutn.pdf>

¹² Bron: Be-Mobile.

Het SWN bestaat uit de resterende fracties $NavTeq3$ en uit $NavTeq4$ en $NavTeq5$. Reistijden werden enkel geregistreerd op $NavTeq$ niveau's 3 en 4. Voor het SWN worden ze berekend als volgt:

$$T_{SWN} = \frac{T_{Navteq3} \cdot y \cdot L_{Navteq3} + T_{Navteq4} \cdot L_{Navteq4}}{L_{SWN-bemeten}}$$

waarbij $y = 1 - x(\dots)$.

De lengte van het bemeten gedeelte van het SWN wordt berekend via:

$$L_{SWN-bemeten} = y \cdot L_{Navteq3} + L_{Navteq4}$$

De lengte van het bemeten deel van het SWN t.o.v. de totale lengte van het SWN (cfr. Tabel 45) wordt dan:

Vlaanderen:	$\frac{L_{SWN-bemeten}^{Vlaanderen}}{L_{SWN}^{Vlaanderen}} = \frac{22.535 \text{ km}}{53.346 \text{ km}} = 42,2\%$
Wallonië:	$\frac{L_{SWN-bemeten}^{Wallonië}}{L_{SWN}^{Wallonië}} = \frac{20.472 \text{ km}}{48.494 \text{ km}} = 42,2\%$
Brussel:	$\frac{L_{SWN-bemeten}^{Brussel}}{L_{SWN}^{Brussel}} = \frac{475 \text{ km}}{1.540 \text{ km}} = 30,8\%$
België:	$\frac{L_{SWN-bemeten}^{België}}{L_{SWN}^{België}} = \frac{43.482 \text{ km}}{103.380 \text{ km}} = 42,0\%$

Appendix D: Congestiecurven voor regio's

Deze Appendix beschrijft de methode voor het opstellen van een congestiecurve voor een regio. Congestiecurven geven reistijden weer in functie van verkeersvolumes. Op die manier beschrijven ze de mogelijke verkeerstoestanden in het gebied waar ze betrekking op hebben. Verkeerstoestanden worden gekenmerkt door een gemiddeld verkeersvolume (aantal voertuigkilometers per uur) en een gemiddelde reistijd per kilometer. Congestiecurven karakteriseren dus het verkeersaanbod van het beschouwde gebied, gegeven een bepaald verkeersvolume zeggen ze hoe hoog de gemiddelde reistijd per km zal zijn.

D.1 Bepalen van uurgemiddelde reistijden en verkeersvolumes

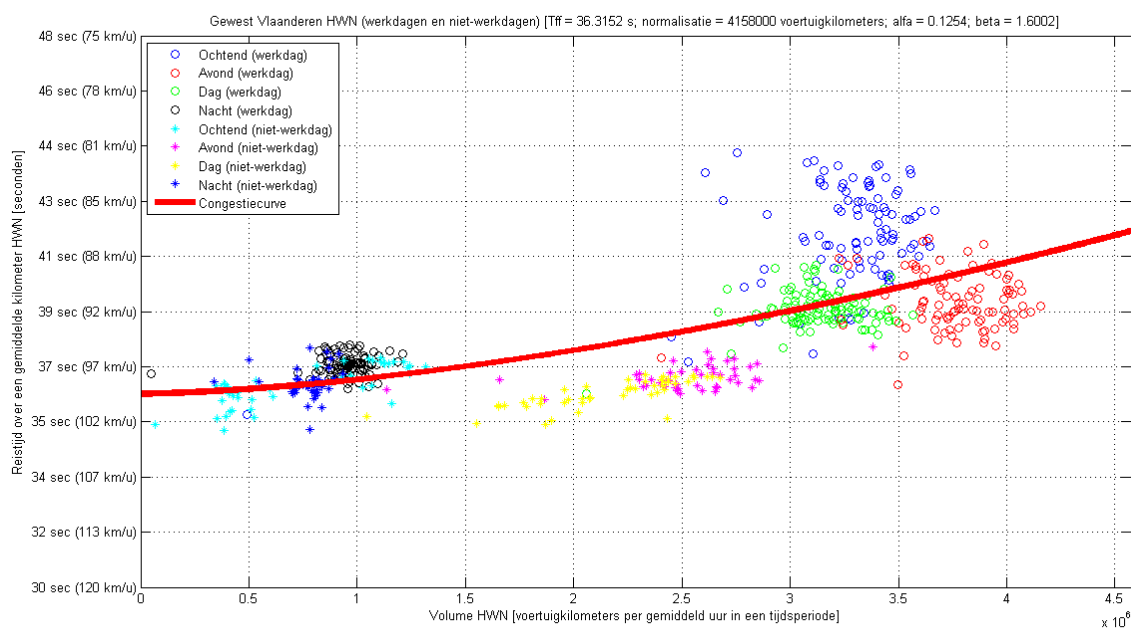
De gegevens die uit het START-SITTER systeem komen omvatten per uur het totaal aantal personenwagens en het totaal aantal vrachtwagens, alsmede hun gezamenlijke gemiddelde snelheid gedurende dat uur.

Om deze gegevens om te zetten naar een voor deze studie bruikbare definitie, hebben we deze als volgt getransformeerd:

- Eerst werd per uur een totaal volume berekend, dit op basis van het PCUs (*passenger car units*) waarbij een vrachtwagen voor twee personenwagens werd geteld [Mae06].
- Vervolgens werd de gemiddelde snelheid die door een meetpost werd vastgesteld, geïnverteerd en vermenigvuldigd met de lengte van het wegvak waarvoor de meetpost in kwestie verantwoordelijk is. Dit levert de gemiddelde reistijd over dit wegvak op.

D.2 Opstellen congestiecurven

Op het HWN en OWN hebben we nu voor elke dag vier, respectievelijk drie, meetpunten per regio. Voor de vier of drie tijdsperiodes per dag kennen we een gemiddeld verkeersvolume per uur voor zo'n tijdsperiode en kennen we een gemiddelde reistijd per kilometer voor de beschouwde regio. Deze punten worden nu afgebeeld in een diagram dat de reistijd relateert aan het verkeersvolume, waarbij meetpunten in verschillende tijdsperiodes een verschillende kleur meekrijgen. Figuur 52 toont een voorbeeld voor het HWN in het Gewest Vlaanderen. Door deze meetpunten wordt vervolgens een congestiecurve getrokken die zo goed mogelijk aansluit bij de meetpunten.



Figuur 52: Meetpunten en congestiecurve voor het HWN in het Gewest Vlaanderen.

De congestiecurve heeft volgende functionele vorm¹³:

$$T = T_{\text{ff}} \left(1 + \alpha \left(\frac{q}{C} \right)^{\beta} \right).$$

waarbij T_{ff} = reistijd in een onbelast netwerk met vrij-stromend verkeer (seconden),

q = verkeersvolume (voertuigkilometer per uur),

C = maximaal verkeersvolume (voertuigkilometer per uur),

en waarbij parameters α en β bepaald worden zodanig dat de congestiecurve zo goed mogelijk aansluit bij de datapunten volgens de methode der kleinste kwadraten. Hierbij geldt de randvoorwaarde $\beta \geq 1$, die opgelegd wordt ten gevolge van verkeersstroomtheoretische beschouwingen. Voor het voorbeeld van het HWN in Vlaanderen krijgen we volgende waarden voor de verschillende parameters:

$$T_{\text{ff}} = 36.32 \text{ s,}$$

$$C = 4.158.000 \text{ voertuigkilometer/uur,}$$

$$\alpha = 0.1254,$$

$$\beta = 1.6002.$$

De reistijd bij vrij-stromend verkeer T_{ff} wordt berekend als de mediaan van de 15% laagst opgemeten reistijden.

Een grote meerwaarde die door deze studie geleverd wordt, is dat de kalibratie van de congestiecurven volledig gebeurt op de verkeersgegevens. Daar waar men vroeger eerder vaste waarden voor α en β nam (0.15 en 4, respectievelijk), worden deze parameters nu geschat per regio op basis van werkelijk gemeten verkeersgegevens die een significante tijdsperiode van een half jaar bestrijken [DCM07].

¹³ Een veelgebruikte vorm voor congestiecurven is de zogenaamde BPR reistijdcurve, wat staat voor “*Bureau of Public Roads*”, de organisatie die het gebruik van deze curven startte [BPR64,Bra76,Mae06]:

Appendix E: Beschrijving REMOVE model

In deze Appendix wordt het transporteconomische model REMOVE toegelicht. De structuur van het model, de beleidscontext en de wetenschappelijke onderbouw komt aan bod.

E.1 Structuur van het REMOVE model

TREMOVE is een transport- en emissiemodel dat beleidsopties doorrekenen en evalueert. Zowel transport, economische als milieumaatregelen die een effect hebben op de emissies van de transportsector, kunnen doorgerekend worden. Het is een geïntegreerd simulatiemodel dat ontwikkeld is om strategische analyses van een breed scala aan beleidsinstrumenten en maatregelen door te rekenen op zowel regionaal, nationaal als Europees niveau.

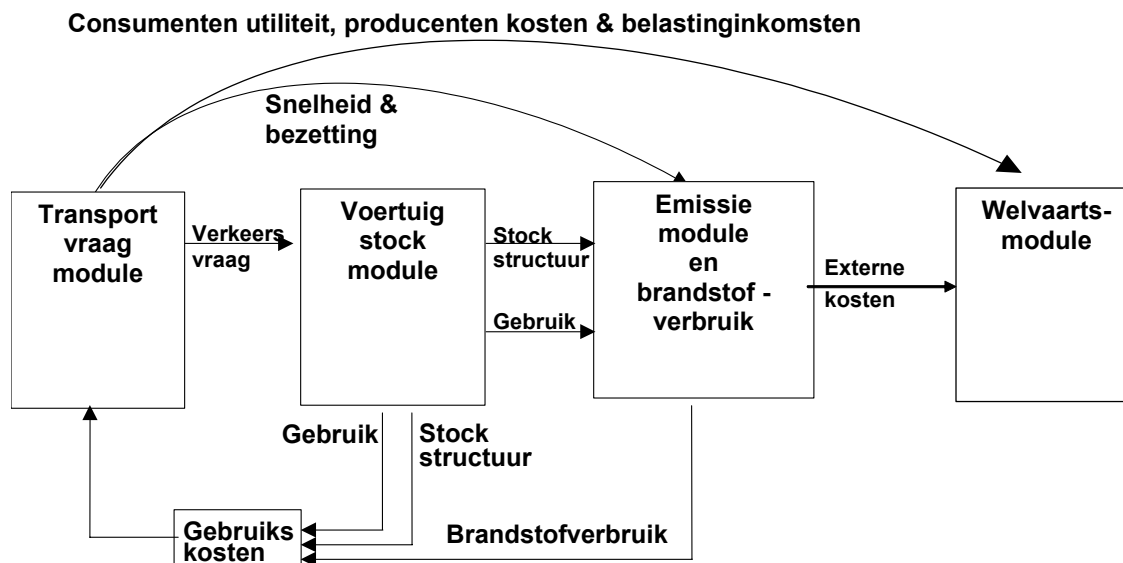
Het REMOVE België model wordt per jaar (1990 tot en met 2030) opgezet. Dit houdt in dat relevante gegevens verzameld werden, modelparameters gekalibreerd zijn en dat verschillende scenario's doorgerekend worden. Gedetailleerde informatie en documentatie vindt u op de website¹⁴ en in de verschillende REMOVE rapporten [DC05b].

Het REMOVE model voor een land beschrijft de transportstromen (passagiers en goederen) en emissies in drie regio's: een gebied rond een grote metropool (Brussel), een aggregaat van alle andere stedelijke omgevingen en de rurale gebieden. Verplaatsingen in het niet-stedelijke gebied worden verder opgesplitst in korte (minder dan 500 km) en lange (meer dan 500 km) verplaatsingen. Het model neemt expliciet in rekening, dat vervoerswijzen en wegtypes verschillen per gebied. De numerieke waarden verschillen telkens per land, maar de modelstructuur is gelijk voor verschillende landen.

Figuur 53 schetst de structuur van het model dat uit verschillende gekoppelde modules bestaat.

- De **transport vraag module** geeft weer welke verkeersvolumes afgelegd worden. Het is een economisch partieel evenwichtsmodel waarbij de transporthoeveelheden een functie zijn van de prijzen en tijdskosten van alle vervoerswijzen. In Sectie E.3 wordt deze module verder toegelicht.
- De **voertuigstock module** houdt bij hoe de voertuigvloot evolueert. Dit gebeurt voor verschillende typevoertuigen (vb kleine benzinevoertuigen, grote vrachtwagens, bestelwagens, ...) maar ook voor andere vervoerswijzen (vb treinen). Per jaar wordt dan berekend hoeveel en welke voertuigen verschroot worden en hoeveel nieuwe voertuigen aangekocht worden. De samenstelling en leeftijd van het wagenpark beïnvloedt op zijn beurt de gebruikerskost die in de transportvraag module gebruikt wordt.
- In de **emissiemodule** wordt op basis van de voertuigvloot en de snelheden uit de transportvraag module, de emissies per regio gemodelleerd. Hieruit vloeit ook het brandstofgebruik voort dat de prijs in de transportvraag module beïnvloedt.
- De **welvaartmodule** schetst hoe de totale welvaart van een land evolueert. Hier worden externe kosten, consumenten en producenten surplus en de belastingontvangsten uit de transportsector verrekend.

¹⁴ <http://www.tremove.org/>



Figuur 53: Structuur van het TREMOVE II model

E.2 Beleidscontext van het TREMOVE model

De eerste versie van het TREMOVE model werd eind de jaren negentig door de KULeuven en Standard & Poor's DRI¹⁵ ontwikkeld. De maatregelen van het Europese Auto-Oil II programma van de Europese commissie werden er analytisch mee onderbouwd.

Op basis van deze eerste TREMOVE versie werd door de KULeuven de hervorming van de transportfiscaliteit in Vlaanderen onderzocht¹⁶. Ook het onderzoeksproject Susatrans¹⁷ steunt op verdere ontwikkeling van TREMOVE.

Ondertussen is TREMOVE verder ontwikkeld voor ondermeer de Europese commissie in het kader van het CAFE (Clean Air For Europe) programma. Deze tweede versie is gekalibreerd voor 21 Europese landen. Belangrijke onderdelen van het Europese milieubeleid voor de transportsector wordt aan de hand van TREMOVE voorbereid (bijvoorbeeld Euro V en National Emission Ceilings).

Het model werd eveneens gebruikt voor de tussentijdse evaluatie van de voortgang en impact van de TEN-netwerken en de andere beleidsmaatregelen van het Europees Witboek voor Transport uit 2001^{18 19}.

Ook voor nationale overheden wordt het ingezet om het fiscaal, milieu en transportbeleid mee vorm te geven²⁰. Recent werd het model gebruikt om emissies van het Belgisch wegverkeer te berekenen en de impact van verschillende maatregelen in te schatten²¹.

Recent zijn de werkzaamheden gestart voor een verdere ontwikkeling van TREMOVE. In deze derde versie wordt het model voor 31 landen opgezet.

¹⁵ Europese Commissie, Standard & Poors' DRI, K.U.Leuven (1999), *The AOP II Cost – Effectiveness Study*.

¹⁶ Proost S., Meire E., Knockaert J. (2004), *Hervorming Transportfiscaliteit in Vlaanderen*, Rapport voor de Vlaamse overheid.

¹⁷ De Vlioger I., Pelkmans L., Verbeiren S., Cornelis E., Schrooten L., Int Panis L. – VITO Proost S., Knockaert J. – ETE-CES (2005), *Sustainability assessment of technologies and modes in the transport sector in Belgium (SUSATRANS)* – Eindverslag, Onderzoekscontracten n° CP/67/431, CP/01/432 gesponsord door het Federaal Wetenschapsbeleid.

¹⁸ Europese Commissie (2001), *White Paper – European transport policy for 2010: time to decide*.

¹⁹ De Ceuster G. et al (2005), ASSESS Final Report, DG TREN, Europese Commissie.

²⁰ Proost S., Meire E., Knockaert J. (2004), *Hervorming Transportfiscaliteit in Vlaanderen*. Rapport voor de Vlaamse overheid.

²¹ Logghe S., Van Herbruggen B., Van Zeebroeck B. (2006), *Emissions of road traffic in Belgium 1990-2030* – Verslag voor FEBIAC en FPS Mobiliteit en Transport.

E.3 Wetenschappelijke onderbouw

De transportvraag module geeft, voor een gegeven jaar en vervoerswijze, het aantal passagierskilometer (pkm) of tonkilometer (tkm) weer per modelgebied. Deze transporthoeveelheden per jaar worden verder opgesplitst naargelang ze tijdens of buiten spitsperiodes gebeuren, of het korte of lange verplaatsingen zijn, en naargelang het verplaatsingsmotief.

TREMOVE modelleert deze transportstromen zonder expliciete netwerkweergave. Dit laat ons toe om een volledig land te analyseren zonder gedetailleerde netwerkstructuren te moeten invoeren. De basisgegevens van de verkeersvolumes komen echter uit Scenes²², dat een Europees netwerk model is. Voor de Belgische versie van TREMOVE werden verdere verfijningen met verschillende databronnen afgestemd.

E.3.1 Economische benadering

Binnen de transportvraag module wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen private en bedrijfsverplaatsingen.

De vraag naar private verplaatsingen (woon-werk en niet-werk verplaatsingen) is het resultaat van een beslissingsproces van alle huishoudens in een land. We nemen aan dat huishoudens hun consumptiepatroon kiezen onder een beperkt inkomen.

De beslissingsstructuur van gezinnen wordt gemodelleerd in een nutsfunctie met geneste Constant Elasticity of Substitution (CES) functies²³. Uitgaande van de huidige geconsumeerde hoeveelheden en prijzen van alle vervoerswijzen en uitgaven aan andere goederen, wordt de utiliteitswaarde geschat. Deze voorkeur relatie van alle gezinnen geeft de keuze weer van de verschillende transportopties. Doordat we de substitutie tussen de verschillende vervoerswijzen kennen, is het mogelijk de verandering van transporthoeveelheden te modelleren als reactie op veranderende transportprijzen.

De vraag naar zakelijke verplaatsingen en goederentransport wordt gemodelleerd als het resultaat van een beslissingsproces van alle bedrijven. Alle bedrijven produceren op basis van productiefactoren een hoeveelheid goederen en diensten. De vraag naar transport komt hierin als een productiefactor naar voor. Tijdens de kalibratie wordt de veralgemeende prijs van alle productiefactoren, de gebruikte hoeveelheden ingegeven. Door de substitutie tussen de verschillende transportopties te gebruiken, is het mogelijk de verandering in gebruikte transporthoeveelheden te modelleren wanneer de prijs van een optie verandert. Daarbij wordt aangenomen dat de totale te produceren hoeveelheid van alle bedrijven constant blijft, terwijl elk bedrijf probeert z'n kosten te minimaliseren. Ook hier wordt een geneste CES functie gebruikt.

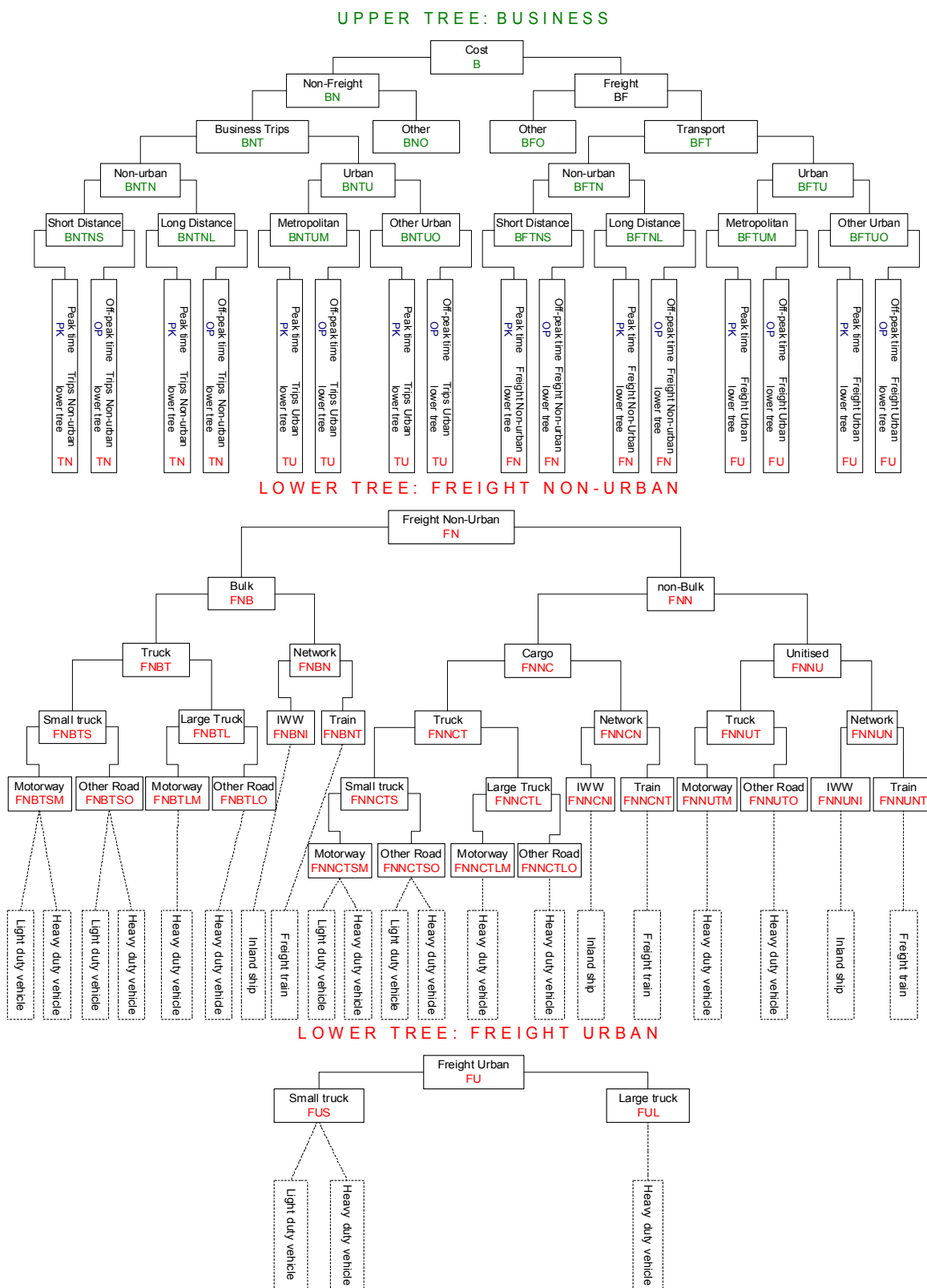
De vervoerswijzen voor passagiers omvatten kleine en grote wagens, motoren, de trage modes (voetgangers en fietsers), bus, trein en vliegtuig. Goederentransport verloopt via binnenvaart, treinen of over de weg met kleine of grote vrachtwagens. Er zijn drie categorieën van goederen : bulk, *unitized* en algemene cargo.

Figuur 54 schetst de structuur van de beslissingsboom van de bedrijven. De upper tree schetst de centrale hoofdkeuze die bedrijven tussen verschillende productiefactoren kunnen maken. Centraal staat daarbij of ze goederentransport, zakelijk verkeer of andere productiefactoren in zetten. De structuur van de goederen splitst zich verder op naargelang de geografische regio (metropolitan staat voor het Gewest Brussel), de nationaliteit van het transport (short distance is nationaal, long distance staat voor internationaal), tijdsperiodes (spits of buiten de spits). Onder deze upper tree hangt dan, afhankelijk van de regio, de non-urban of urban freight beslissingsboom. Daarin komen type goederen, vervoersmodes (binnenvaart of iww, rail of road), type vrachtwagen en wegtype aan bod.

²² Marchial Echenique & Partners (2000), *SCENES European Transport Forecasting model and Appended Module: Technical Description*. SCENES Deliverable 4 voor de Europese Commissie.

²³ Keller W. (1976), *A nested CES-type utility function and its demand and price index functions*. European Economic Review 5, pages 175—186.

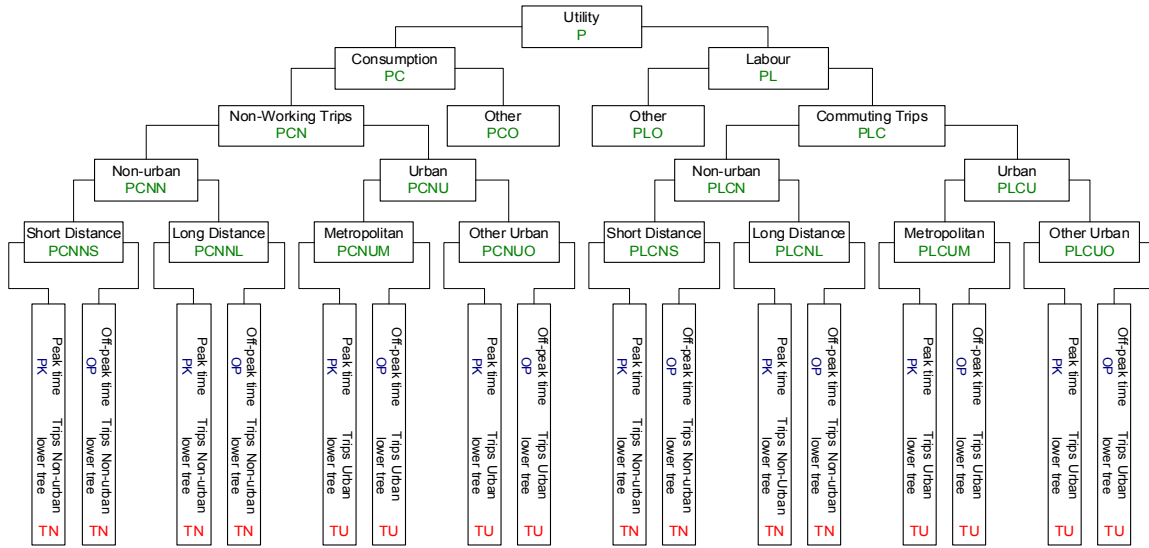
Figuur 54: De beslissingsboom voor bedrijfsvervoer



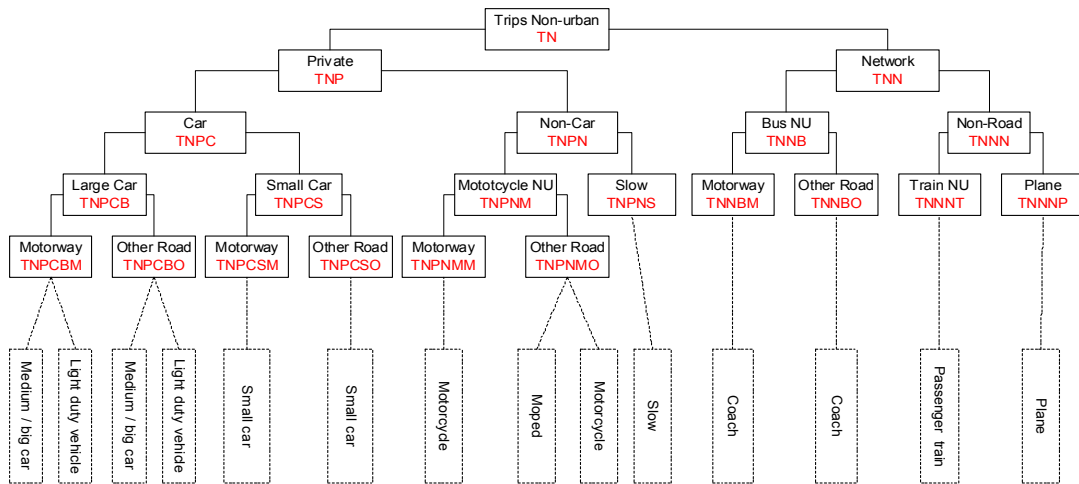
Analoog als de beslissingsboom van bedrijven, beschouwen we ook de beslissingsboom van consumenten. Zij hebben de keuze uit twee soorten verplaatsingen : woon-werk (commuting) en andere (non-working trips). De verdere opsplitsing loopt gelijkaardig aan deze binnen de zakelijke verplaatsingen.

Figuur 55: De beslissingsboom voor de gezinnen

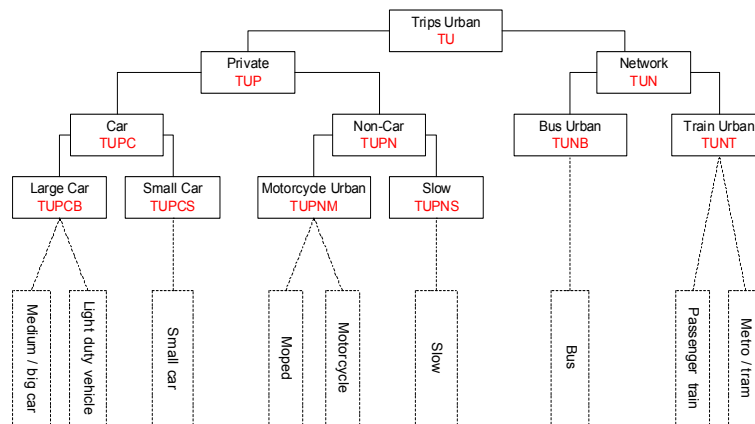
PRIVATE TRANSPORT: UPPER TREE



LOWER TREE: TRIPS NON-URBAN



LOWER TREE: TRIPS URBAN



E.3.2 Transportprijzen

Transportgebruikers reageren op een veralgemeende prijs. In TREMOVE wordt de prijs echter in detail uitgesplitst. Alle prijzen worden berekend in Euro per tonkilometer of passagierkilometer.

De basisprijs van een transportoptie bestaat uit de productieprijs. Deze wordt in detail berekend in de voertuigstockmodule (vb. aankoopkosten, onderhoud, ...) en de emissie- en brandstofmodule (brandstofkosten). Op deze manier wordt er rekening gehouden met de samenstelling van het wagenpark. De leeftijd van voertuigen beïnvloeden met name de brandstofkosten.

Naast de basisprijs betalen we ook taksen of is er een subsidie. Deze taksen en subsidies worden per optie berekend. Het onderscheid tussen de werkelijke kosten en de belastingbijdrage is belangrijk om indirecte effecten en externe kosten te berekenen.

Daarnaast wordt ook een tijdskost bepaald. Deze tijdskost hangt af van de snelheid van de transportwijze en de tijdswaardering. De tijdswaardering verschilt dan weer volgens het reismotief, het type van goederen, het al of niet in de spits reizen, en per vervoerswijze. De snelheid voor wegverkeer wordt expliciet berekend als functie van de verkeersdrukte. Afhankelijk van wegtype, tijdsperiode en regio wordt er hierdoor een afzonderlijk congestieniveau gemodelleerd.

De som van basisprijs, taksen en tijdskosten vormt het tarief dat transportgebruikers betalen. Het is op basis van dit tarief dat gebruikers hun verplaatsingbeslissing nemen.

Appendix F: File, filekans, filelengte en voertuigverliesuren in START-SITTER

In deze Appendix wordt aangegeven hoe files, filekansen, filelengtes en voertuigverliesuren bepaald worden uit het START-SITTER systeem.

F.1 Filedetectie

In START-SITTER worden files gedetecteerd aan de hand van onderstaand file-algoritme.

Per detector wordt elke minuut bepaald of er al of niet file is.

START: Een file start wanneer de minuutwaarde van de genormaliseerde snelheid zakt onder de 50 km/u.

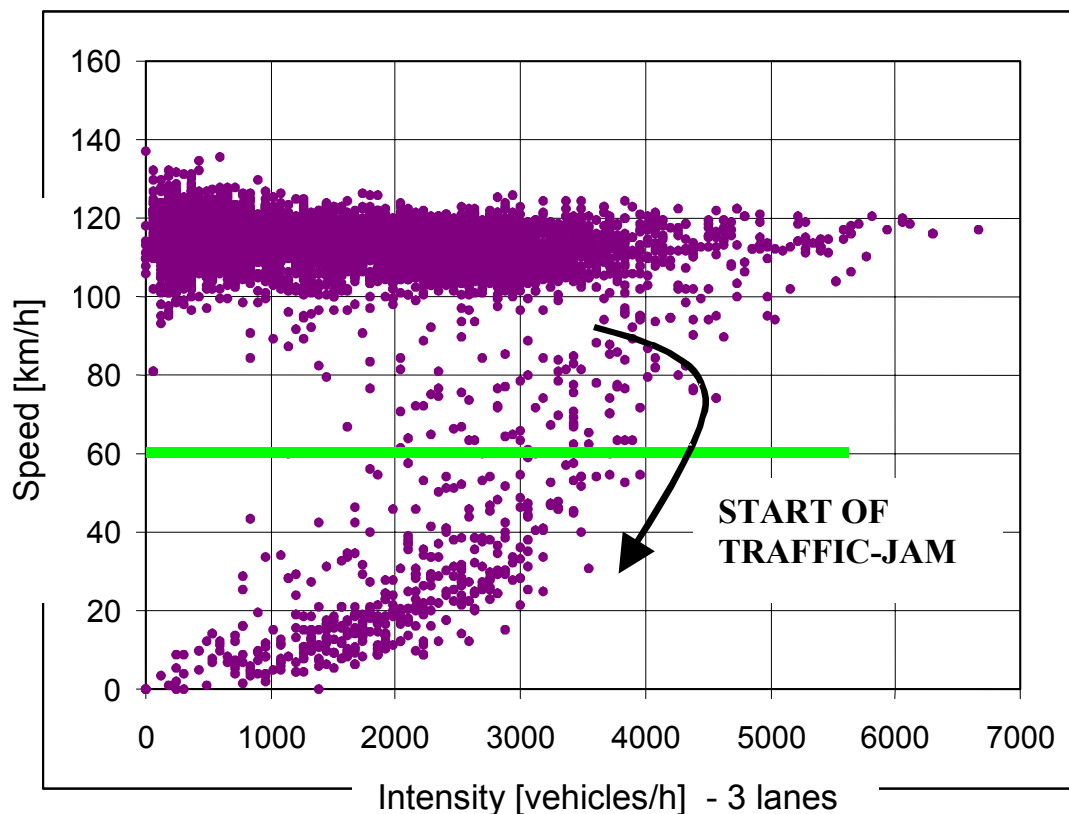
EINDE: Een file eindigt wanneer het volume daalt onder de

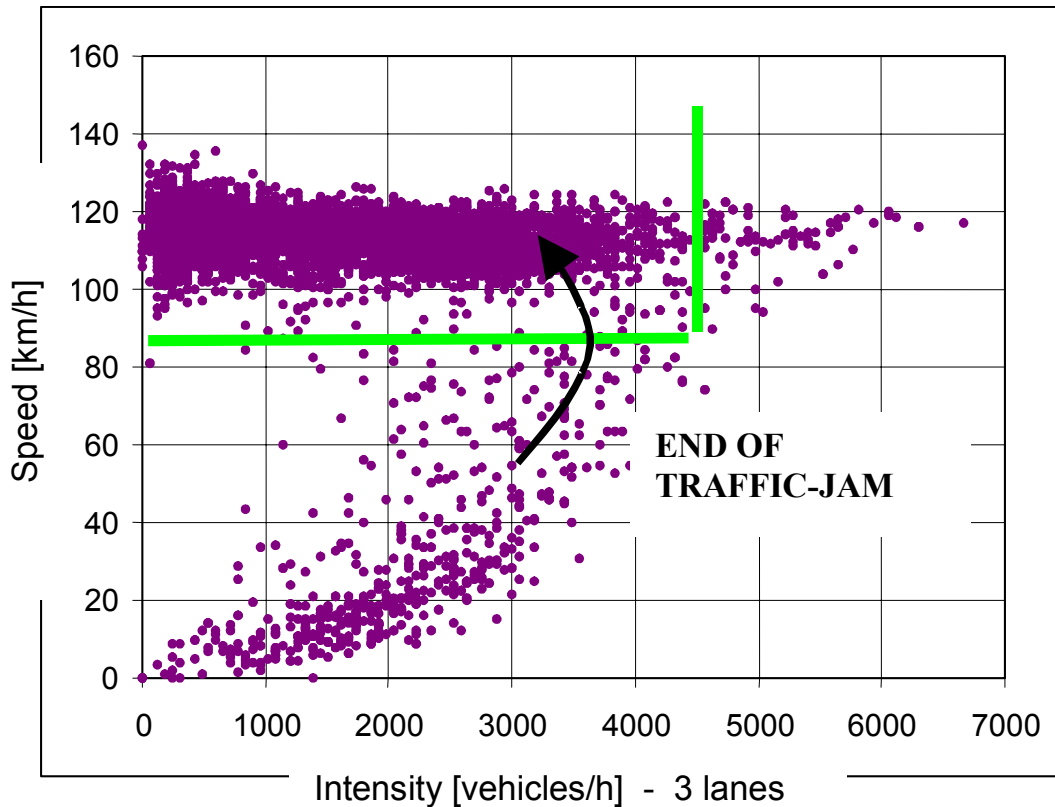
- 50 voertuigen per minuut voor een autosnelweg met 2 rijstroken;
- 75 voertuigen per minuut voor een autosnelweg met 3 rijstroken;
- 100 voertuigen per minuut voor een autosnelweg met 4 rijstroken.

én wanneer de genormaliseerde snelheid stijgt boven de 75 km/u.

Om valse meldingen te vermijden worden te korte files of te korte perioden van vrij verkeer daarna weer verwijderd:

1. Een periode van vrij verkeer van korter dan 10 minuten wordt als file beschouwd.
2. Een file korter dan 10 minuten wordt weggelaten.





Figuur 56: Filedetectie in START-SITTER.

F.2 De filekans op een wegvak (FK)

De filekans op een wegvak geeft aan hoe groot de kans is dat er op het betreffende wegvak file is tijdens het beschouwde uur van de dag.

De filekans FK op wegvak i en uur b wordt berekend als

$$FK_{i,b} = \frac{\sum_{d=1}^D \delta_d}{D}$$

waarbij δ_d weergeeft of er al dan niet file is op het wegvak i tijdens uur b en dag d . De bepaling of er al dan niet file optreedt, gebeurt aan de hand van de in de database opgeslagen filedata (zie hoger).

F.3 Filelengtes

De filelengtes worden berekend op basis van de filekansen:

- voor de ochtendspits (8u-9u), op basis van FK_8 (kans op file op een bepaald wegvak, tussen 8u en 9u)
- voor de avondspits (17u-18u), op basis van FK_17 (kans op file op een bepaald wegvak, tussen 17u en 18u)

Voor elke beschouwde regio wordt voor elk van de spitsperioden (ochtendspits en avondspits) vervolgens een cumulatieve kansverdeling voor de filelengten opgesteld, door een som van wegvaklengten te maken, als volgt.

Beschouw als voorbeeld de kans op file van 50% in de ochtendspits.
 Zoek voor de beschouwde regio, alle wegvakken op waarvoor de FK_8 minstens 50% bedraagt.
 Maak vervolgens de som van de wegvaklengten die horen bij de opgezochte wegvakken.
 Op die manier wordt een bepaalde lengte “X” verkregen, horende bij filekans van 50% of meer.
 Dit getal “X” kan ook geïnterpreteerd worden als: de kans op minstens “X” kilometer file is 50%.

Door bovenstaande redenering te herhalen voor elke filekans tussen 0% en 100% (in intervallen van 1%), wordt een cumulatieve kansverdeling voor de filelengten verkregen.

F.4 Aantal voertuigverliesuren in een regio

De voertuigverliesuren geven aan hoeveel reistijdverlies er opgetreden is in een bepaalde regio gedurende een bepaalde periode. Elke vertraging wordt meegerekend, niet enkel de files.

De berekening verloopt als volgt:

Elk moment dat niet de (genormaliseerde) free-flow snelheid wordt gehaald, treedt er reistijdverlies op. Merk op dat hier dus eender welke vertraging wordt meegerekend, niet enkel de echte files zoals die door het filedetectie-algoritme (zie hoger) worden vastgelegd.

De genormaliseerde free-flow snelheden worden in START-SITTER in de voorbereiding (bij de normalisatie van de snelheden, zie Deel 1 in Vanhove2008) bepaald voor elke dag en voor elk wegvak.

Deze snelheden worden apart als referentiewaarde weggeschreven in de databank voor de personenwagens ($S1_{ref}$) en voor de vrachtwagens ($S2_{ref}$), voor elke telpost i en dag d .

Het aantal voertuigverliesuren wordt dan voor personenwagens (VU1) en vrachtwagens (VU2) apart berekend als volgt:

$$VVU1 = \sum_i \left\{ \sum_{u,v \leq 0.9S1_{i,d}^{ref}}^{maand/jaar} \left[q_i^{pers}(u) l_i (R_i^{pers}(u) - \frac{1}{S1_{i,d}^{ref}}) \right]_{\text{personenwagens}} \right\}$$

$$VVU2 = \sum_i \left\{ \sum_{u,v \leq 0.9S2_{i,d}^{ref}}^{maand/jaar} \left[q_i^{vracht}(u) l_i (R_i^{vracht}(u) - \frac{1}{S2_{i,d}^{ref}}) \right]_{\text{vrachtwagens}} \right\}$$

Hierin stelt $q_i^{pers}(u) l_i (R_i^{pers}(u) - \frac{1}{S1_{i,d}^{ref}})$ het reistijdverlies voor tijdens uur u (van dag d) voor wegvak i (het gedeelte voor de personenwagens). Daarbij is $q_i^{pers}(u)$ het volume tijdens uur u op wegvak i met lengte l_i , en $R_i(u)$ de gemiddelde reistijd per kilometer tijdens uur u op wegvak i (uitgedrukt in uur per kilometer). Om kleine schommelingen in de snelheid uit te sluiten, worden enkel reistijdverliezen bij een snelheid lager dan 90% van de free-flow snelheid meegenomen (of dus bij een snelheid die maximaal $0.9S1^{ref}$ respectievelijk $0.9S2^{ref}$ bedraagt).

$R_i(u)$ wordt verkregen door het gemiddelde te nemen van de minuutwaarden van de reistijden als volgt:

$$R_i^{\text{pers}}(u) = \frac{\sum_{m=1}^{60} q_i^{\text{pers}}(m)}{60 \cdot \sum_{m=1}^{60} q_i^{\text{pers}}(m)}$$

waarbij $S1(m)$ de minuutwaarde van de snelheid is en $q_i^{\text{pers}}(m)$ de minuutwaarde van de volumes.

De sommatie van VVU1 of VVU2 over alle uren van de beschouwde periode (maand/jaar) en over alle telposten geeft de verliestijd voor de regio, uitgedrukt in voertuiguren.

Referenties

- [BPR64] **Bureau of Public Roads**, U.S. Department of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C., *Traffic Assignment Manual*, 1964.
- [Bra76] D. Branston, **Link Capacity Functions: A Review**, *Transportation Research*, vol. 10, nr. 4, pagina's 223—236, 1976.
- [CV06] B. Cardinaels en S. Vernyns, **Toepassing van prijsmechanisme op het Belgische wegennet**, Licentiaatsverhandeling, Katholieke Universiteit Leuven, juni 2006.
- [DC05] G. De Ceuster et al., **ASSESS Final Report**, DG TREN, European Commission, 2005.
- [DC05b] G. De Ceuster G. (ed.), L. Franckx, (ed.), B. Van Herbruggen, S. Logghe, B. Van Zeebroeck, S. Tastenhoye, S. Proost, J. Knockaert, I. Williams, G. Deane, A. Martino, D. Fiorello, **TREMOVE 2.30 Model and Baseline Description**, verslag voor de Europese Commissie, DG Environment, 2005.
- [DCM07] G. De Ceuster en S. Maerivoet, **Marginal External Costs of Congestion based on Observed Speed-Flow Data**, *European Transport Conference*, 18 oktober 2007.
- [LVHVZ06] S. Logghe, B. Van Herbruggen en B. Van Zeebroeck, **Emissions of road transport in Belgium**, *Transport & Mobility Leuven*, januari 2006.
- [Mae06] S. Maerivoet, **Modelling Traffic on Motorways: State-of-the-Art, Numerical Data Analysis, and Integrated Dynamic Traffic Assignment**, *PhD thesis*, Katholieke Universiteit Leuven, juni 2006.
- [ML07] S. Maerivoet en S. Logghe, **Validation of Travel Times based on Cellular Floating Vehicle Data**, in *proceedings of the 6th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, ITS'07, Aalborg, Denemarken, 18-20 juni 2007*.
- [FOD] **START-SITTER (Systeem Trafiek Autowegen in Reële Tijd / Système Intelligent de Trafic en TEmps Réel des autoroutes)**, Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Directoraat-generaal Mobiliteit en Verkeersveiligheid, Directie Mobiliteit.
- [FODb] Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, **Algemene Verkeerstellingen 2005**, deel IV, nr. 37, pagina IV.24.
- [FODc] Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, **Verkeerstellingen 2006**, nr. 39, appendix B, pagina B5-B6.
- [TML07] *Transport & Mobility Leuven*, **TREMOVE – Service contract for the further development and application of the transport and environmental TREMOVE model. Lot 1 (Improvement of the data set and model structure)**, Eindrapport voor de Europese Commissie, Directoraat Generaal Milieu, Unit C.5. Energie and Milieu, 1049 Brussel, 9 juli 2007.
- [Van08] F. Vanbove, **Analyse van de mobiliteit op de Belgische autosnelwegen – Verkeersindices 2002 - 2005**, Rapport voor de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Directoraat-generaal Mobiliteit en Verkeersveiligheid, Directie Mobiliteit, juni 2008.