Vlaanderen
is milieu

Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen: actualisering 2016

VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ

www.vmm.be

VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ

Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen: actualisering 2016

Eef Delhaye, Griet De Ceuster, Filip Vanhove, Sven Maerivoet

Transport & Mobility Leuven

Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA, Milieurapport Vlaanderen

Februari 2017

DOCUMENTBESCHRIJVING

Titel
Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen: actualisering 2016

Dit rapport verschijnt in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieurapport Vlaanderen. Dit rapport is ook beschikbaar via www.milieurapport.be.

Samenstellers
Eef Delhaye, Griet De Ceuster, Filip Vanhove, Sven Maerivoet
Transport & Mobility Leuven

Inhoud
In dit rapport worden de private kosten, de externe kosten en de graad van internalisering berekend voor de verschillende transportmodi van het personen- en goederenvervoer voor de periode 2000-2014.

Wijze van refereren
Delhaye E., De Ceuster G., Vanhove F., Maerivoet S. (2017) Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen: actualisering 2016, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, door Transport & Mobility Leuven.

Verantwoordelijke uitgever
Michiel Van Peteghem, Vlaamse Milieumaatschappij

Vragen in verband met dit rapport
Vlaamse Milieumaatschappij
Milieurapportering (MIRA)
Dr. De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
tel. 053 72 67 35
mira@vmm.be

Depotnummer
D/2017/6871/005
ISBN
9789491385568
NUR
973/943

Foto cover
Shutterstock

INHOUDSTAFEL

DOCUMENTBESCHRIJVING 4
Inhoudstafel 5
Inhoudstafel figuren 10
inhoudstafel tabellen 17
Samenvatting 21
Summary 39
1 Opzet van de studie 56
1.1 Achtergrond 56
1.2 Plan van aanpak 57
1.3 Verschil met de vorige studie 58
2 Private kosten 59
2.1 Voertuigtypes 59
2.1.1 Fiets traditioneel 60
2.1.2 Fiets elektrisch 61
2.1.3 Motorfiets benzine 63
2.1.4 Personenwagens benzine en diesel 64
2.1.5 Personenwagens CNG en LPG 66
2.1.6 Personenwagen elektrisch 67
2.1.7 Personenwagen hybride benzine 68
2.1.8 Lichte vrachtwagens benzine en diesel 69
2.1.9 Zware vrachtwagens 3,5-12 ton en 12-40 ton 71
2.1.10 Lijnbus 72
2.1.11 Reisbus 74
2.1.12 Bedrijfswagen benzine en diesel 75
2.1.13 Passagierstreinen nationaal diesel en elektrisch 76
2.1.14 Passagierstrein hst elektrisch 77
2.1.15 Goederentrein diesel en elektrisch 78
2.1.16 Binnenvaart Spits, Europa, Cargo 80
2.1.17 Zeevaart RoRo-Ferry, Container-Cargo, Bulk 81
2.1.18 Luchtvaart 83
2.2 Kosten bij de aankoop van het voertuig 85
2.2.1 Aankoop fietsen 85
2.2.2 Aankoop motorfiets 86
2.2.3 Aankoop personenwagen 87
2.2.4 Aankoop lichte vrachtwagens 93
2.2.5 Aankoop zware vrachtwagens 94

2.2.6 Aankoop bussen 95
2.2.7 Aankoop treinen 95
2.2.8 Aankoop schepen binnenvaart 96
2.2.9 Aankoop schepen zeevaart 97
2.2.10 Aankoop vliegtuigen 97
2.3 Onderhoud 98
2.3.1 Kosten van onderhoud van fietsen 98
2.3.2 Onderhoud motorfiets, personenwagen, vrachtwagen, bus 99
2.3.3 Onderhoud treinen 99
2.3.4 Onderhoud binnenvaart 99
2.3.5 Onderhoud zeevaart 99
2.3.6 Onderhoud luchtvaart 100
2.4 Vergoedingen voor diensten, en marketing en verkoop 100
2.4.1 Havengelden zeescheepvaart 100
2.4.2 Gronddiensten - luchtvaart 100
2.4.3 Luchtverkeersleiding 101
2.4.4 Verkoop en marketing luchtvaart 103
2.5 Jaarlijkse verzekeringen 103
2.5.1 Verzekeringen fietsen 103
2.5.2 Verzekeringen motorfietsen 103
2.5.3 Verzekeringen personenwagen 104
2.5.4 Verzekeringen vrachtwagen en bus 105
2.5.5 Verzekeringen trein 106
2.5.6 Verzekeringen binnenvaart 106
2.5.7 Verzekeringen zeevaart 106
2.5.8 Verzekering luchtvaart 107
2.6 Jaarlijkse vergunningen en keuringen 107
2.6.1 Keuringskosten personenwagen, vrachtwagen, bus 107
2.6.2 Vervoersvergunning vrachtwagens en bussen 108
2.7 Jaarlijkse taksen en subsidies 108
2.7.1 Verkeersbelasting motorfietsen 108
2.7.2 Verkeersbelasting personenwagens 108
2.7.3 Accijnscompenserende belasting op dieselwagens 110
2.7.4 Aanvullende verkeersbelasting LPG 111
2.7.5 Verkeersbelasting lichte vrachtwagens 112
2.7.6 Verkeersbelasting zware vrachtwagens 112
2.7.7 Verkeersbelasting bussen 113
2.7.8 Eurovignet vrachtwagens 113

2.7.9 Radiotaks personenwagen en vrachtwagen 114
2.8 Kilometertaksen en -subsidies 114
2.8.1 Vrachtwagens....114
2.8.2 Subsidies lijnbussen 115
2.8.3 Trein 116
2.8.4 Subsidies passagierstreinen nationaal 116
2.8.5 Binnenvaart....117
2.8.6 Luchtvaart 117
2.9 Subsidies woon-werkverkeer....118
2.9.1 Subsidies woon-werkverkeer fiets....118
2.9.2 Subsidies woon-werkverkeer privé personenwagens 119
2.9.3 Subsidies woon-werkverkeer bedrijfswagens 120
2.9.4 Subsidies woon-werkverkeer bus en trein....120
2.10 Personeelskosten 122
2.10.1 Personeelskosten trein 122
2.10.2 Personeelskosten vrachtwagen 122
2.10.3 Personeelskosten bus 123
2.10.4 Personeelskosten binnenvaart 124
2.10.5 Personeelskosten zeevaart 124
2.10.6 Personeelskosten luchtvaart....124
2.11 Energiekosten 125
2.11.1 Prijzen brandstoffen....125
2.11.2 Verbruik....129
2.12 Evolutie van de totale prijs van het verkeer 131
2.13 Vergelijking vervoerswijzen 133
2.13.1 Personenverkeer....133
2.13.2 Goederenverkeer 139
3 Externe kosten 145
3.1 Congestie en schaarste 146
3.1.1 Monetaire waarde van tijdsverlies 146
3.1.2 Wegvervoer....147
3.1.3 Spoorvervoer....154
3.1.4 Binnenvaart....157
3.1.5 Zeevaart 158
3.1.6 Luchtvaart 158
3.2 Luchtvervuiling en klimaatverandering 160
3.2.1 Monetaire waarde van emissies 160
3.2.2 Indirecte emissies 164

3.2.3 Wegvervoer 164
3.2.4 Spoorvervoer 169
3.2.5 Binnenvaart 171
3.2.6 Zeevaart 173
3.2.7 Luchtvaart 175
3.3 Ongevallen 177
3.3.1 Monetaire waarde van ongevallen 178
3.3.2 Wegvervoer 178
3.3.3 Spoorvervoer 182
3.3.4 Binnenvaart en Zeevaart 184
3.3.5 Luchtvaart 186
3.4 Geluid 188
3.4.1 Monetaire waarde van geluid 188
3.4.2 Wegvervoer 190
3.4.3 Spoorvervoer 191
3.4.4 Binnenvaart en zeevaart 192
3.4.5 Luchtvaart 192
3.5 Infrastructuur 193
3.5.1 Wegvervoer 194
3.5.2 Spoorvervoer 195
3.5.3 Binnenvaart 195
3.5.4 Zeevaart 196
3.5.5 Luchtvaart 196
3.6 Externe baten van actieve vervoerswijze 197
3.6.1 Betere gezondheid voor de fietser/stapper onder de vorm van vermeden vervroegde sterfte en/of verhoging van de levenskwaliteit 198
3.6.2 Besparingen voor de sociale zekerheid 201
3.6.3 Stijging van de productiviteit door daling van absenteïsme 202
3.6.4 Totaal 203
3.7 Marginale externe kosten 203
4 Graad van internalisatie 209
4.1.1 Overzicht alle vervoerswijzen 209
4.1.2 Wegvervoer 211
4.1.3 Spoorvervoer 233
4.1.4 Binnenvaart 238
4.1.5 Zeevaart 240
4.1.6 Luchtvaart 242
5 Vlaanderen op weg? 245

5.1.1 Evolutie over de tijd 245
5.1.2 Doorkijk naar 2016 249
5.1.3 Op de goede weg? 250
bijlage 1 : Private kosten – Evolutie 253
bijlage 2 : Schatten van de congestiefunctie 270
1 Aangereikte gegevens 270
1.1 Hoofdwegennet 270
1.1.1 Beschrijving aangereikte gegevens 270
1.1.2 Overzicht wegsegmenten 270
1.2 Onderliggend wegennet 272
1.2.1 Beschrijving aangereikte gegevens 272
1.2.2 Overzicht wegsegmenten 273
2 Voorbewerkingen 278
2.1 Hoofdwegennet 278
2.1.1 Afbakening wegsegmenten 278
2.1.2 Berekening aantal voertuigkilometer 280
2.1.3 Berekening reistijden 280
2.2 Onderliggend wegennet 281
3 Berekening reistijdverliesfuncties 281
3.1 Hoofdwegennet 281
3.1.1 Overzicht gebruikte metingen 281
3.1.2 Niet-lineaire optimalisatie 294
3.1.3 Vergelijking met gegevens Vlaams Verkeerscentrum 297
3.2 Onderliggend wegennet 299
3.2.1 Berekeningsmethodiek 299
3.2.2 Selectie gewestwegen (N-wegen) 301
3.2.3 Resultaten 303
3.2.4 Niet-lineaire optimisatie 305
bijlage 3 Voornaamste wijzigingen ten opzichte van Delhaye E., De Ceuster G. & Maerivoet S. (2010) 309

INHOUDSTAFEL FIGUREN

Figuur 1: Internaliseringgraad van externe kosten van alle vervoerswijzen (in %) (totale marginale externe kosten = 100 %), Vlaanderen, 2014. Bron: TML 22
Figuur 2: Internalisering van externe kosten van personenwagens, euro per 100 voertuigkm (totale marginale externe kosten = 100 %), Vlaanderen, 2014. Bron: TML....24
Figuur 3: Internalisering van externe kosten van vrachtwagens, euro per 100 voertuigkm (totale marginale externe kosten = 100 %), Vlaanderen, 2014. Bron: TML....25
Figuur 4: Internalisatie van externe kosten over de tijd (2000-2014) - wegtransport. Bron: TML....26
Figuur 5: Internalisatie van externe kosten over de tijd (2000-2014) – niet-wegtransport. Bron: TML....27
Figuur 6: Illustratie gebruik externe kosten, euro per 100 pkm, Vlaanderen 2014. Bron: TML 28
Figuur 7: Marginale externe kosten van het personenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014), euro per 100 personenkm. Bron: TML 30
Figuur 8: Marginale externe kosten van het personenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014) - ingezoomd, euro per 100 personenkm. Bron: TML 30
Figuur 9: Marginale externe kosten van het goederenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014), euro per 100 tonkm. Bron: TML....31
Figuur 10: Marginale externe kosten van het goederenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014) - ingezoomd, euro per 100 tonkm. Bron: TML 31
Figuur 11: Marginale externe milieukosten van personenvervoer (euro per 100 personenkm) – opgesplitst naar polluent. Bron: berekeningen TML 34
Figuur 12: Marginale externe milieukosten van goederenvervoer (euro per 100 tonkm) – opgesplitst naar polluent. Bron: berekeningen TML....35
Figuur 13: Totale prijs per personenkm in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. 36
Figuur 14: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 37
Figuur 15: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer - ingezoomd, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML....38
Figuur 16: Filezwaarte snelwegen Vlaanderen. Bron: Vlaams Verkeerscentrum (2016)....56
Figuur 17: Plan van aanpak....57
Figuur 18: Kengetallen fiets traditioneel en elektrisch 62
Figuur 19: Kengetallen motorfiets benzine 63
Figuur 20: Kengetallen personenwagen benzine en diesel 65
Figuur 21: Kengetallen personenwagen CNG....66
Figuur 22: Kengetallen personenwagen LPG....67
Figuur 23: Kengetallen personenwagen elektrisch 68
Figuur 24: Kengetallen personenwagen hybride benzine 69
Figuur 25: Kengetallen lichte vrachtwagen benzine en diesel 70
Figuur 26: Kengetallen zware vrachtwagen 3.5-12 ton en 12-40 ton 71

Figuur 27: Kengetallen lijnbus 73
Figuur 28: Kengetallen reisbus 74
Figuur 29: Kengetallen bedrijfswagen benzine en diesel 75
Figuur 30: Kengetallen passagierstrein nationaal diesel, nationaal elektrisch, hst elektrisch 78
Figuur 31: Kengetallen goederentrein diesel en elektrisch 79
Figuur 32: Kengetallen binnenvaart Spits, Europa, Cargo 81
Figuur 33: Kengetallen zeevaart RoRo-Ferry, Container-Cargo en Bulk 82
Figuur 34: Classificatie luchtvaart 83
Figuur 35: Aantal vliegbewegingen luchthavens. Bron: Eurostat 2016 85
Figuur 36: Tarieven en netwerk kilometerheffing vrachtwagens. Bron: Viapass (2016) 115
Figuur 37: Totale brandstofprijs in euro per liter, 2000-2016. Bron: berekeningen TML. 126
Figuur 38: Evolutie kerosineprijs – spotmarket – in lopende prijzen/gallon en constante prijzen 2015/gallon 129
Figuur 39: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 134
Figuur 40: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 134
Figuur 41: Totale prijs per voertuigkm in 2014, fietsen, motorfietsen en personenwagens, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 135
Figuur 42: Totale prijs per voertuigkm in 2014, fietsen, motorfietsen en personenwagens, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 135
Figuur 43: Totale prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 136
Figuur 44: Totale prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 137
Figuur 45: Relatieve prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 138
Figuur 46: Relatieve prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 139
Figuur 47: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 140
Figuur 48: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 140
Figuur 49: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 141
Figuur 50: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 142
Figuur 51: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer - ingezoomd, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 142
Figuur 52: Relatieve prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML 143

Figuur 53: Relatieve prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML....144
Figuur 54: BPR schatting congestiefunctie hoofdwegennet. Bron: TML....149
Figuur 55: BPR schatting congestiefunctie onderliggend wegennet. Bron: TML....150
Figuur 56: BPR schatting congestiefunctie stedelijk wegennet. Bron: TML, 2010....151
Figuur 57: Evolutie marginale externe milieukosten wegverkeer - licht vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: Berekeningen TML....166
Figuur 58: Evolutie marginale externe milieukosten wegverkeer - zwaar vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: Berekeningen TML....166
Figuur 59: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, wegtransport-licht vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....167
Figuur 60: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, wegtransport-zwaar vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....168
Figuur 61: Evolutie marginale externe milieukosten spoorverkeer – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....170
Figuur 62: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, spoorvervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....171
Figuur 63: Evolutie marginale externe milieukosten binnenvaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....172
Figuur 64: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, binnenvaart, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....172
Figuur 65: Evolutie marginale externe milieukosten zeevaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....174
Figuur 66: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, zeevaart, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....175
Figuur 67: Marginale externe milieukosten luchtvaart– euro per 100 voertuigkm – opgesplitst per polluent. Constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....177
Figuur 68: Evolutie marginale externe ongevalskosten personenwagen – euro/100 voertuigkm – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....181
Figuur 69: Evolutie marginale externe ongevalskosten wegtransport- personen– in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....181
Figuur 70: Evolutie marginale externe ongevalskosten spoorvervoer in euro/100 treinkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....184
Figuur 71: Fysieke inspanning van fietsen en stappen (lopen in de legende van de grafiek staat voor stappen) (Schepers en Wijnen, 2015)....198
Figuur 72: Marginale externe kosten euro per 100 personenkm –constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML....203
Figuur 73: Marginale externe kosten per 100 personenkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....204
Figuur 74: Marginale externe kosten per 100 personenkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....205

Figuur 75: Marginale externe kosten euro per 100 personenkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 206
Figuur 76: Marginale externe kosten euro per 100 tonkm – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 206
Figuur 77: Marginale externe kosten per tonkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML....208
Figuur 78: Marginale externe kosten per tonkm - ingezoomd – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 208
Figuur 79: Internalisering alle vervoerswijzen, euro per 100 km (totale marginale externe kosten = 100%), Vlaanderen, 2014 210
Figuur 80: Fietser - traditioneel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 211
Figuur 81: Fietser - elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....212
Figuur 82: Personenwagen benzine, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....213
Figuur 83: Personenwagen benzine (daluur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....213
Figuur 84: Personenwagen benzine (spitsuur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 214
Figuur 85: Personenwagen benzine (spitsuur, andere wegen), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 .215
Figuur 86: Personenwagen benzine (spitsuur, stad), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....215
Figuur 87: Personenwagen diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 216
Figuur 88: Personenwagen diesel (daluur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 217
Figuur 89: Personenwagen diesel (spitsuur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....217
Figuur 90: Personenwagen diesel (spitsuur, andere wegen), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....218
Figuur 91: Personenwagen diesel (spitsuur, stad), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 219
Figuur 92: Personenwagen CNG, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 220
Figuur 93: Personenwagen LPG, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 220
Figuur 94: Personenwagen elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....221
Figuur 95: Personenwagen hybride, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 221
Figuur 96: Bedrijfswagens benzine, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 222
Figuur 97: Bedrijfswagens diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 223
Figuur 98: Personenwagens, euro per 100 km (totale marginale externe kosten = 100%), Vlaanderen, 2014 224
Figuur 99: Motorfiets, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 225
Figuur 100: Lichte vrachtwagen benzine, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 226
Figuur 101: Lichte vrachtwagen diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 227
Figuur 102: Zware vrachtwagen 3,5-12 ton diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....227
Figuur 103: Zware vrachtwagen +12 ton diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014....228
Figuur 104: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (daluur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 229
Figuur 105: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (piek, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014229
Figuur 106: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (spitsuur, andere wegen), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 230

Figuur 107: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (spitsuur, stad), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 230
Figuur 108: Vrachtwagens, euro per 100 km (totale marginale externe kosten = 100%), Vlaanderen, 2014 231
Figuur 109: Lijnbus diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 232
Figuur 110: Reisbus diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 233
Figuur 111: Passagierstrein nationaal - diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 234
Figuur 112: Passagierstrein nationaal - elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 235
Figuur 113: Passagierstrein internationaal - elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 236
Figuur 114: Goederentrein - diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 237
Figuur 115: Goederentrein – elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 238
Figuur 116: Binnenvaart Spits, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 239
Figuur 117: Binnenvaart Europa, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 239
Figuur 118: Binnenvaart groot cargo schip, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 240
Figuur 119: Zeevaart RoRo, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 241
Figuur 120: Zeevaart Container, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 241
Figuur 121: Zeevaart Bulk, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014 242
Figuur 122: Luchtvaart passagiers, korte afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014 243
Figuur 123: Luchtvaart passagiers, lange afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014 243
Figuur 124: Luchtvaart cargo, korte afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014 244
Figuur 125: Luchtvaart cargo, lange afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014 244
Figuur 126: Evolutie graad internalisatie personenwagens 246
Figuur 127: Evolutie graad internalisatie vrachtwagens 246
Figuur 128: Evolutie graad van internalisatie spoor 247
Figuur 129: Evolutie graad internalisatie binnenvaart en zeevaart 248
Figuur 130: Evolutie graad internalisatie luchtvaart 248
Figuur 131: Sociale kost passagierstransport in 2014, euro/100 personenkm –constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML 251
Figuur 132: Sociale kost goederentransport in 2014, euro/100 tonkm –constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML 251
Figuur 133: Illustratie gebruik externe kosten, Vlaanderen 2014 – euro/100 pkm. Bron: TML 252
Figuur 134: Fiets traditioneel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 253
Figuur 135: Fiets elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 253
Figuur 136: Motorfiets, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 254
Figuur 137: Personenwagen benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 254
Figuur 138: Personenwagen diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 255

Figuur 139: Personenwagen CNG, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 255
Figuur 140: Personenwagen LPG, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 256
Figuur 141: Personenwagen elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 256
Figuur 142: Personenwagen hybride benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 257
Figuur 143: Lichte vrachtwagen benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 257
Figuur 144: Lichte vrachtwagen diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 258
Figuur 145: Zware vrachtwagen 3.5-12, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 258
Figuur 146: Zware vrachtwagen 12-40, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 259
Figuur 147: Lijnbus, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 259
Figuur 148: Reisbus, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 260
Figuur 149Bedrijfswagen benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 260
Figuur 150: Bedrijfswagen diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 261
Figuur 151: Passagierstrein nationaal diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 261
Figuur 152: Passagierstrein nationaal elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 262
Figuur 153: Passagierstrein hst elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 262
Figuur 154: Goederentrein diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 263
Figuur 155: Goederentrein elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro2015. Bron: berekeningen TML. 263
Figuur 156: Binnenvaart Spits, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 264
Figuur 157: Binnenvaart Europa, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 264
Figuur 158: Binnenvaart Cargo, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 265
Figuur 159: Zeevaart RoRo-Ferry, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen $euro_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 265

Figuur 160: Zeevaart Container-Cargo, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 266
Figuur 161: Zeevaart Bulk, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML. 266
Figuur 162: Luchtvaart Passagierstransport – korte afstand – lage kosten, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML. 267
Figuur 163: Luchtvaart Passagierstransport – korte afstand – full service, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML. 267
Figuur 164: Luchtvaart Passagierstransport – lange afstand, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML. 268
Figuur 165: Luchtvaart Goederentransport – korte afstand, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML. 268
Figuur 166: Luchtvaart Goederentransport – lange afstand, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML. 269
Figuur 167: Overzicht wegsegmenten hoofdwegennet, inclusief op- en afritten 271
Figuur 168: Verdeling van de segmentlengtes voor het hoofdwegennet inclusief op- en afritten 272
Figuur 169: Wegsegmenten in Lambert 72 coördinaten 273
Figuur 170: Wegsegmenten in WGS 84 / Pseudo Mercator coördinaten 274
Figuur 171: Wegsegmenten onderliggend wegennet in Lambert 72 coördinaten, enkel linktypes 4 en hoger 275
Figuur 172: Verdeling van de segmentlengtes voor het onderliggend wegennet 275
Figuur 173: Verdeling van de voertuigkm voor het onderliggend wegennet 276
Figuur 174: Correlatie tussen lengte van een segment en het aantal voertuigkm per etmaal 277
Figuur 175: Correlatie tussen lengte van een segment en het aantal voertuigkm per etmaal (ingezoomd) 277
Figuur 176: Overzicht wegsegmenten hoofdwegennet, exclusief op- en afritten 279
Figuur 177: Verdeling van de segmentlengtes voor het hoofdwegennet exclusief op- en afritten 280
Figuur 178: Evolutie filezwaarte 297
Figuur 179: Evolutie filelengte 298
Figuur 180: Evolutie voertuigverliesuren 299

INHOUDSTAFEL TABELLEN

Tabel 1: Totaal aantal fietsen (zowel traditioneel als elektrisch) per huishouden en aantal huishoudens in Vlaanderen. Bron van beide: Huishoudbudgetenquête, FOD Economie, 1999-2010, op 1 januari van het betreffende jaar....60
Tabel 2: Aantal km per dag per Vlaming, fiets als hoofdvervoermiddel. Bron: Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (OVG)....61
Tabel 3: Evolutie van de leeftijd van het voertuigenpark personenwagens. Bron: Febiac....64
Tabel 4: Beladingsgraad vrachtwagens. Bron: MIRA externe kosten 2010 op basis van MIMOSA....71
Tabel 5: Berekening bezettingsgraad lijn bus. Bron: OVG, FOD Economie en De Lijn....72
Tabel 6: Totaal gewicht van een goederentrein, in ton. Bron: NMBS cijfers verwerkt in het EMMOSS model 79
Tabel 7: Meest gebruikte toestellen luchtvaart - lange afstand (2015). Bron: IATA....84
Tabel 8: Capaciteit Bron: Boeing, 2016....84
Tabel 9: Tarieven BIV voor nieuwe motoren voor 2000-2016. Bron: FOD Mobiliteit en Verkeersveiligheid..87
Tabel 10: Prijs van personenwagens in 2009 exclusief BTW, reële prijzen. Bron: Febiac....88
Tabel 11: Tarieven belasting op inverkeerstelling, geldig tot 2011. Bron: FOD Mobiliteit en Verkeersveiligheid....89
Tabel 12: Gemiddelde BIV in 2009 voor personenwagens, reële prijzen....89
Tabel 13: Evolutie van de homologatie CO2 emissies (g/km) voor de Belgische vloot. Bron: Carolien Beckx, Tobias Denys (Vito), Analysis of the Belgian Car Fleet 2015, Study accomplished under the authority of the Flemish, the Walloon and the Brussels Capital Region, August 2016....90
Tabel 14: Gemiddelde BIV in 2012-2014 voor personenwagens, reële prijzen....91
Tabel 15: Gemiddelde BIV in 2016 voor personenwagens, reële prijzen....91
Tabel 16: Procentueel aandeel nieuw verkochte personenwagens in de vanaf 2005 vastgelegde CO2-klassen voor belastingvoordeel (België, 2002-2011). Cijfers vanaf 2008 slaan enkel op particulieren, voorheen particulieren + bedrijfswagens. Bron: VITO op basis van DIV & RDW....92
Tabel 17: Vlaamse premie elektrische wagen....93
Tabel 18: Prijs lichte vrachtwagens in 2009, exclusief BTW. Bron: Febiac....93
Tabel 19: Prijs zware vrachtwagens in 2009, exclusief BTW. Bron: TML, Logghe ea, 2006....94
Tabel 20: Kenmerken treinen. Bron: berekeningen TML op basis van interviews met Infrabel en spooroperatoren en jaarverslagen NMBS....96
Tabel 21: Aankoopprijs en leeggewicht binnenschip (2001)....96
Tabel 22: Aankoopprijs zeeschip (2009)....97
Tabel 23: Eigendom- en leasingkosten – euro/100 Available Seat Kilometer (ASK) – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML op basis van jaarverslagen....98
Tabel 24: Onderhoud zeeschip als percentage van de jaarlijkse leasekosten. Bron: COMPASS....99
Tabel 25: Havengelden zeescheepvaart (2009)....100
Tabel 26: Route charges Eurocontrol – euro per 100 ASK per passagier of ton. Bron: Eurocontrol tool.....102
Tabel 27: Terminal navigation charges – euro per ASK per passagier/ton in 2016 – constant prijzen 2015.103

Tabel 28: Luchtverkeersleidingkosten Belgocontrol, euro per 100 ASK per passagier/ton. Constante prijzen 2015. Bron: eigen berekeningen TML 103
Tabel 29: Simulatie verzekeringspremie motorfietsen, AXA, juni 2016. 104
Tabel 30: Taksen op verzekeringen. Bron: http://www.alleverzekeringen.be/taksenbijdragenverzekeringen.asp?L1=5 104
Tabel 31: Taksen op verzekeringen. Bron: http://www.alleverzekeringen.be/taksenbijdragenverzekeringen.asp?L1=5 106
Tabel 32: Verzekeringen binnenvaart, 2009. Bron: PINE rapport (2004).....106
Tabel 33: Verzekeringskosten zeeschip als percentage van de jaarlijkse leasekosten. Bron: COMPASS. 106
Tabel 34: Keuringskosten. Bron: GOCA. 107
Tabel 35: Verkeersbelasting voor personenwagen (bedragen voor 2016). Deze zijn geldig voor leasing personenwagens voor de periode 2000-2016 en voor gewone personenwagens voor periode 2000-2015. Bron: Vlaamse belastingdienst. 109
Tabel 36: Tarief accijnscompenserende belasting op dieselwagens, 2000-2007. Bron: Eigen berekeningen op basis van FOD Economie.....111
Tabel 37: Tarief aanvullende verkeersbelasting voor LPG, 2000-2016. Bron: Vlaamse belastingdienst. 111
Tabel 38: Eurovignet voor vrachtwagens in euro/jaar. Bron: FOD Financiën. 113
Tabel 39: Jaarlijkse Eurovignet opbrengsten in miljoen euro, 2000-2012, reële prijzen 2009. Bron: Vlaamse Middelenbegroting (tot 2006) Schriftelijk Vraag nr. 749 van 21 mei 2013, Vlaams Parlement (2007-2012)113
Tabel 40: Berekening van de dotatie per personenkm op basis van de verslagen van het Rekenhof voor 2001-2014 116
Tabel 41: Berekening van de dotatie per personen-km op basis van de jaarverslagen van de NMBS voor 2000-2015, België 117
Tabel 42: Opstijg- en passagiersvergoeding Brussels airport, euro per 100 ASK per passagier/ton, constante prijzen 2015. Bron: eigen berekeningen TML 118
Tabel 43: Percentage van het aantal fietskm voor woon-werkverkeer. Bron: Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen. 119
Tabel 44: Percentage woon-werkverkeer van de afstand afgelegd met het hoofdvervoermiddel lijnbus of trein. Bron: OVG Vlaanderen. 121
Tabel 45: Gemiddelde prijs treinticket binnenlands vervoer (België).....121
Tabel 46: Gemiddelde prijs busticket De Lijn 121
Tabel 47: Personeelskosten per gereden uur met de trein in 2009. Bron: gesprekken met Infrabel en spooroperatoren. 122
Tabel 48: Loonkosten De Lijn. Bron: jaarrekening 2015.....123
Tabel 49: Jaarlijkse personeelskosten zeescheepvaart (2009). Bron: COMPASS. 124
Tabel 50: Jaarlijkse gemiddelde prijs van elektriciteit in euro/kWh in België voor gezinnen met een verbruik rond de 3.500kWh. Bron: Eigen berekeningen op basis van Eurostat 128
Tabel 51: Jaarlijkse gemiddelde prijs van elektriciteit in euro/kWh in België voor grote industrie (klasse IE). Bron: Eigen berekeningen op basis van Eurostat 128
Tabel 52: Jaarlijkse brandstofverbruik zeescheepvaart, in ton (2009).....130

Tabel 53: Waarde van de tijd, euro 2015 prijzen . Bron: laadfactoren: zie eerder, VOT: eigen berekeningen op basis van KIM, 2013 147
Tabel 54: Parameters congestiefuncties, Vlaams gewest. Bron: TML 151
Tabel 55: Marginale externe congestiekosten– in euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 153
Tabel 56: Overzicht waardes literatuur marginale congestiekosten spoor 156
Tabel 57: Waarderingen emissies 2015 in euro/kg , waardes euro 2015; Bron: Eigen berekeningen gebaseerd op VITO (2010) en Ricardo/AEA (2014) 162
Tabel 58: Waardering $PM_{2,5}$ euro/kg, Vlaanderen, 2000-2014, constante prijzen 2015. Bron: eigen berekeningen op basis van VITO (2010) en Vlaamse Emissie-inventaris lucht (VMM) 163
Tabel 59: Waarderingen emissies “hoge schouwen” 2015 in euro/kg , waardes euro 2015; Bron: Eigen berekeningen gebaseerd op VITO (2010) en Ricardo/AEA (2014) 163
Tabel 60: Marginale externe milieukosten wegverkeer – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 165
Tabel 61: Marginale externe milieukosten spoorverkeer – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 169
Tabel 62: Marginale externe milieukosten binnenvaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 171
Tabel 63: % van emissies op de Noordzee die het vasteland bereiken en % dat in zee neervalt. Bron: eigen berekeningen gebaseerd op EMEP 173
Tabel 64: Marginale externe milieukosten zeevaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 174
Tabel 65: Marginale externe milieukosten luchtvaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 176
Tabel 66: Theta. Bron: Lindberg, G. (2006), Marginal cost case studies for road and rail transport Deliverable D3, GRACE 179
Tabel 67: Marginale externe ongevalskosten wegtransport – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 180
Tabel 68: Marginale externe ongevalskosten wegtransport- gemiddelde weg– in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 180
Tabel 69: Aantal ongevallen met derden, exclusief overwegen en exclusief zelfmoorden. Bron: eigen berekeningen op basis van Eurostat 182
Tabel 70: Treinkm in België. Bron: Federaal Planbureau (2000-2008) en Infrabel (2009-2016) – Jaarlijks veiligheidsverslag 2015 183
Tabel 71: Ongevalrisico per 100 miljoen treinkm. Bron: berekeningen TML 183
Tabel 72: Marginale externe ongevalskosten spoorvervoer in euro/100 treinkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 184
Tabel 73: Ongevallen vervoer over water – België (bron: Agentschap zorg en gezondheid) 185
Tabel 74: Luchtvaart: ongevallen en personenkm. Bron: EC (2015) en Eurostat 187
Tabel 75: Marginale externe ongevalskosten luchtvaart – euro per 100 voertuigkm – constante prijzen 2015. Bron. Berekeningen TML 188

Tabel 76: Schade van geluidshinder per blootgestelde persoon (euro per blootgestelde persoon per jaar, prijspeil 2010). Bron: Standaardmethodiek MKBA transport - kengetallenboek; gebaseerd op HEATCO (aangepast aan prijspeil). 189

Tabel 77: Percentage van de bevolking in Vlaanderen, dat blootgesteld wordt aan geluidsniveau van Lden >65 dB(A). Bron: Dekoninck L. (2016) Actualisatie van de geluidsindicatoren, draft 20 oktober 2016, studie i.o.v. MIRA 190

Tabel 78: Marginale externe geluidskosten van wegvervoer, 2000-2014, euro per 100 km, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 190

Tabel 79: Percentage van de bevolking in Vlaanderen dat blootgesteld wordt aan geluidsniveau van Lden >65 dB(A), als gevolg van luchtvaart. Bron: Dekoninck L. (2016) – persoonlijke communicatie. 192

Tabel 80: Marginale geluidskosten luchtvaart, euro per 100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML.....193

Tabel 81: Gemiddelde infrastructuurkosten Vlaanderen. Bron: Eigen berekeningen gebaseerd op De Ceuster (2012) en GRACE Deliverable 3 – prijzen 2010. Cijfers voor andere wegen zijn gebaseerd op cijfers gewestwegen.....194

Tabel 82: Marginale infrastructuurkosten voor vrachtwagens. Bron: berekeningen TML 195

Tabel 83: Marginale externe kosten per 100 personenkm – constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML.....204

Tabel 84: Marginale externe kosten euro per 100 tonkm – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML 207

Tabel 85: Invloed kilometerheffing op internalisatie, op totale kosten (netto en belastingen) en op belastingen/heffingen 249

Tabel 86: Invloed verandering BIV en de jaarlijkse verkeersbelasting op totale kosten (netto en belastingen) en op belastingen/heffingen 250

SAMENVATTING

Dit rapport is een actualisatie van het MIRA-onderzoeksrapport "Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen" (2010)[1]. Dit rapport beschreef de private en externe kosten van transport voor de periode 2000-2008, alsook de mate van internalisering. Zes jaar na datum is het echter tijd voor een update van dit rapport. Merk op dat zowat alle berekeningen opnieuw werden gemaakt op basis van de meest recente informatie. Hierdoor kunnen er voor de jaren 2000-2008 verschillen bestaan tussen de twee rapporten.

Wat is internaliseren van marginale externe kosten?
De gebruiker van transport is er zich wellicht niet altijd van bewust, maar het gebruik van transport veroorzaakt veel hinder. Dit is bv. luchtvervuiling, klimaatverandering, file, geluidshinder, ongevallen en – in het geval van vrachtwagens, spoor, binnenvaart en zeevaart – slijtage en schade aan de infrastructuur. Deze hinder leidt tot *marginale externe kosten* (MEK) van transport. Deze kosten worden extern genoemd omdat aan elk van die aspecten een prijskaartje hangt dat niet rechtstreeks door de veroorzaker betaald wordt, maar door de gehele samenleving. Ze zijn met andere woorden extern aan de gebruiker. De gebruiker houdt enkel rekening met zijn private kosten (bijvoorbeeld de brandstofkosten of de prijs van het ticket) en eventuele belastingen en heffingen (bijvoorbeeld de jaarlijkse verkeersbelasting). De externe kosten worden marginaal genoemd omdat de bijkomende maatschappelijke kosten worden beschouwd die een extra voertuigkilometer met zich meebrengt.

Internaliseren van externe kosten gaat dan over de vraag in welke mate de gebruiker via belastingen en heffingen toch rekening houdt met een deel van deze externe kosten. Bij een volledige internalisering betaalt de gebruiker via belastingen en heffingen voor alle kosten die hij veroorzaakt[2].

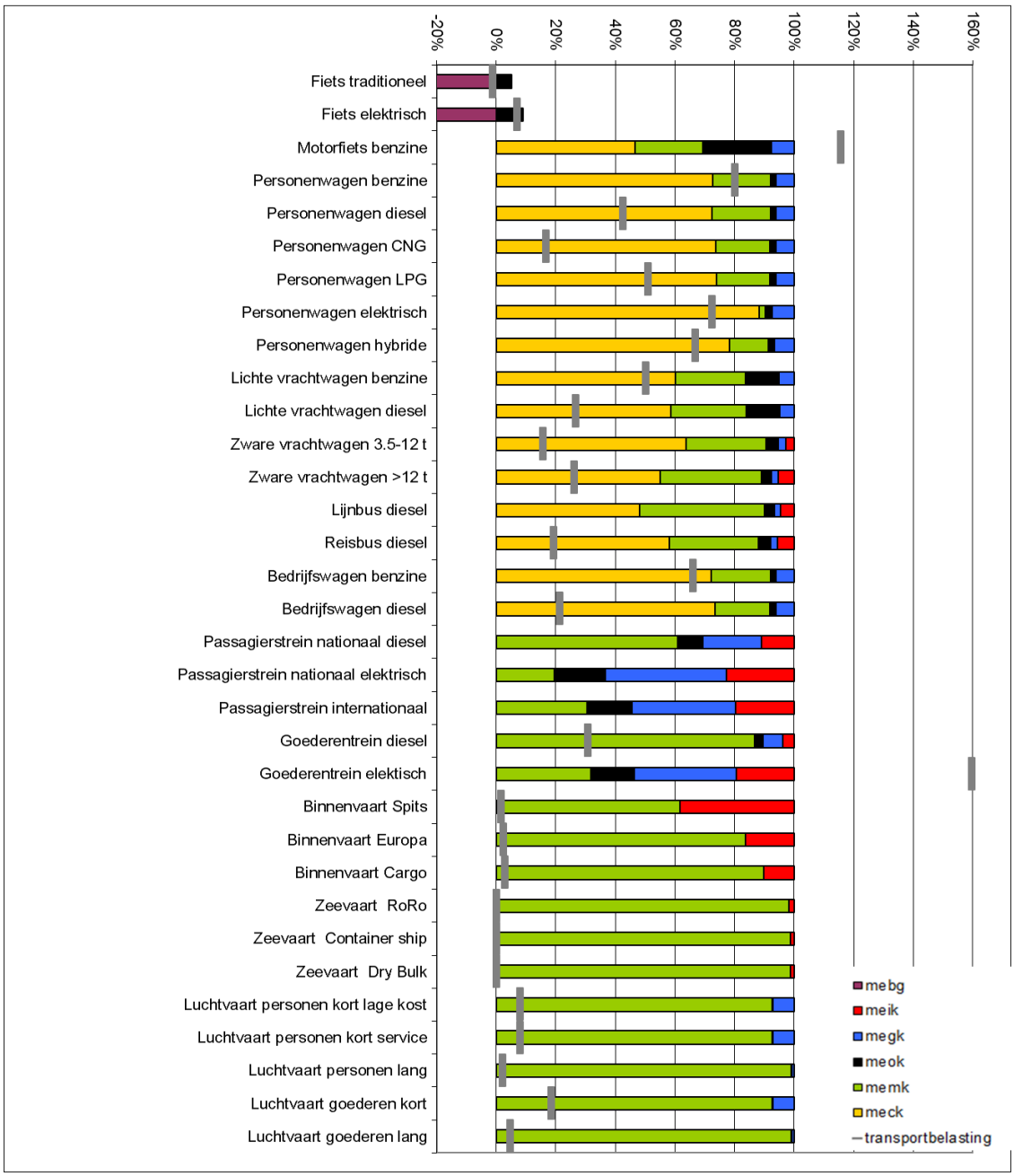
In welke mate internaliseert de transportgebruiker zijn externe kosten?
Momenteel betaalt de gebruiker in de meeste gevallen niet alle kosten voor de hinder die hij teweegbrengt. Onderstaande Figuur 1 toont de graad van internalisering voor de verschillende modi die onderzocht werden in deze studie. De cijfers zijn relatief: de som van alle externe kosten is 100 %. De grijze streepjes geven aan in welke mate de belastingen de marginale externe kosten dekken. Een negatieve belasting is een subsidie. Merk op dat de som voor fietsen niet gelijk is aan 100 %. Dit komt omdat de marginale baten groter zijn de marginale kosten.

Figuur 1 toont duidelijk dat via de huidige belastingen en heffingen op transport de overheid slechts een deel van de externe kosten recupereert. Voor het personenvervoer is over het geheel genomen de mate van internalisering het grootst voor het wegverkeer en meer bepaald voor motorfietsen en personenwagens. Motorfietsen betalen meer belastingen dan hun externe kosten. Bij personenwagens is het de benzinewagen die met 80 % zijn externe kosten het meest internaliseert. Voor de dieselwagen is dat maar 42 %. De bedrijfswagens (hieronder worden die bedrijfswagens verstaan die ook gebruikt worden voor privédoeleinden) internaliseren hun externe kosten minder, slechts 66 % voor benzine en 21 % voor diesel. Door de hoge subsidies voor het openbaar vervoer is er geen internalisering. De subsidies zijn ongeveer 7 maal hoger dan de externe kosten voor de lijnbus en 5 (diesel) tot 11 (elektrisch) maal hoger voor de trein

[1] http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/sectoren/transport/
[2] Men kan externe kosten ook internaliseren via verhandelbare emissie- of mobiliteitsrechten.

(passagiers nationaal vervoer). Voor de reisbus bedraagt de internalisering 19 %. Luchtvaart voor personen internaliseert op de korte afstand 8 %, maar op de lange afstand slechts 2 %.

Figuur 1: Internaliseringgraad van externe kosten van alle vervoerswijzen (in %) (totale marginale externe kosten = 100 %), Vlaanderen, 2014. Bron: TML

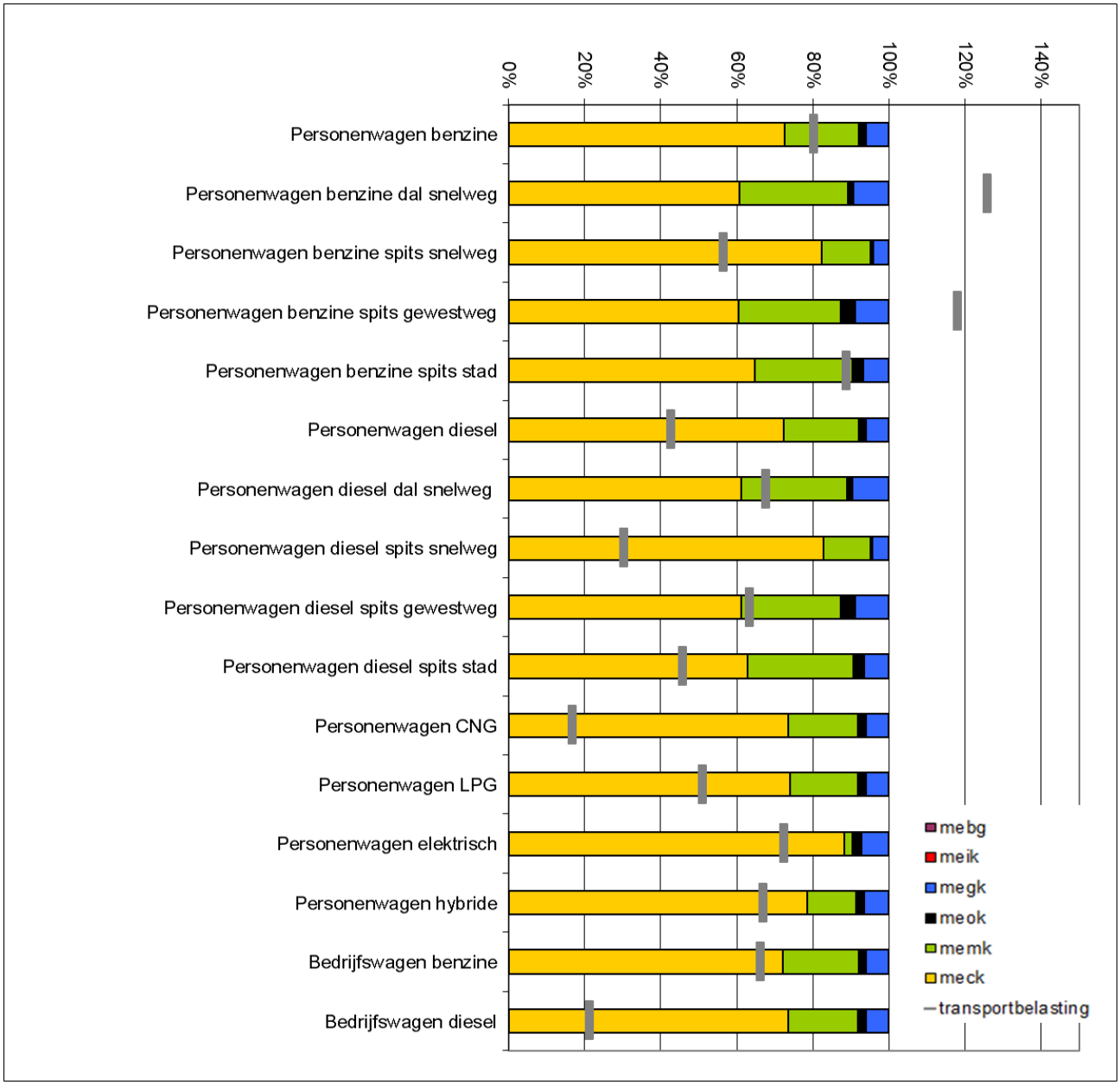


De graad van internalisering voor de lijnbus en passagierstrein valt buiten de schaal van deze grafiek. De internaliseringgraad voor de lijnbus is -744 %, voor passagierstrein nationaal diesel -540 % en voor passagierstrein nationaal elektrisch -1115 %.
mebg = marginale externe baat gezondheid, meik = marginale externe infrastructuurkost, megk = marginale externe geluidskost, meok = marginale externe ongevalskost, memk = marginale externe milieukost, meck = marginale externe congestiekost

Wat goederenvervoer betreft schommelt de mate van internalisering voor de lichte vrachtwagens tussen 27 % en 50 %, afhankelijk of de brandstof diesel of benzine is. Zware vrachtwagens internaliseren tussen de 15 % en de 26 % van hun externe kosten. Het goederenvervoer per spoor internaliseert rond de 30 % (diesel) en betaalt zelfs meer dan zijn kosten indien elektrisch (159 %). Voor het goederentransport via de lucht is er een groot verschil tussen de korte afstand (18 %) en de lange afstand (4 %). Zeevaart en binnenvaart internaliseren quasi niets.

Wat is het belang van gedifferentieerde belastingen voor wegverkeer?
Voor wegverkeer kan een verder onderscheid gemaakt worden naar het tijdstip (piek- versus daluren) en de plaats (snelwegen, gewestwegen en stadswegen) van verplaatsing. Gemiddeld internaliseert een benzinewagen zijn kosten niet volledig. Maar uit Figuur 2 blijkt dat de benzinewagen in sommige situaties te veel betaalt. Dit is bijvoorbeeld het geval op snelwegen in de daluren en op gewestwegen in de piek. Dieselwagens daarentegen internaliseren minder dan benzinewagens. Ze betalen in geen enkele situatie te veel. Bedrijfswagens – en zeker de dieselwagens – internaliseren veel minder dan “gewone” wagens. Bij de wagens met alternatieve brandstoffen zien we dat vooral CNG-wagens (over)gesubsidieerd worden. Hun marginale kosten zijn vergelijkbaar met die van de benzinewagens, maar ze betalen veel minder belastingen. De internalisatiegraad van andere wagens op alternatieve brandstoffen zit tussen deze van de benzine- en de dieselwagen in.

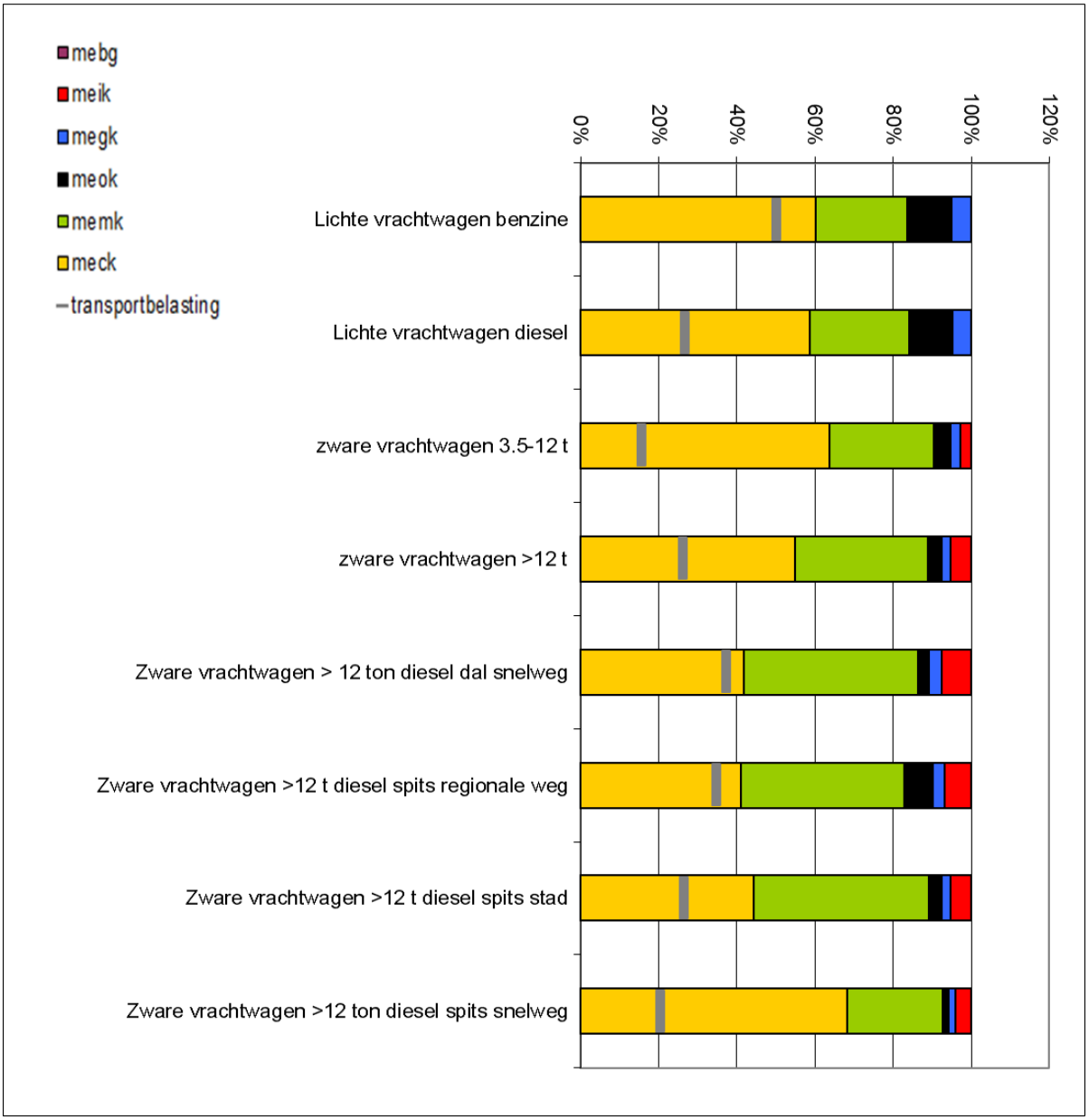
Figuur 2: Internalisering van externe kosten van personenwagens, euro per 100 voertuigkm (totale marginale externe kosten = 100 %), Vlaanderen, 2014. Bron: TML



mebg = marginale externe baat gezondheid
meik = marginale externe infrastructuurkost
megk = marginale externe geluidskost
meok = marginale externe ongevalskost
memk = marginale externe milieukost
meck = marginale externe congestiekost

Voor vrachtwagens zien we een gelijkaardig beeld (Figuur 3). In het algemeen betalen ze te weinig, maar ze betalen vooral te weinig in de spits – op snelwegen en in stedelijke omgevingen.

Figuur 3: Internalisering van externe kosten van vrachtwagens, euro per 100 voertuigkm (totale marginale externe kosten = 100 %), Vlaanderen, 2014. Bron: TML

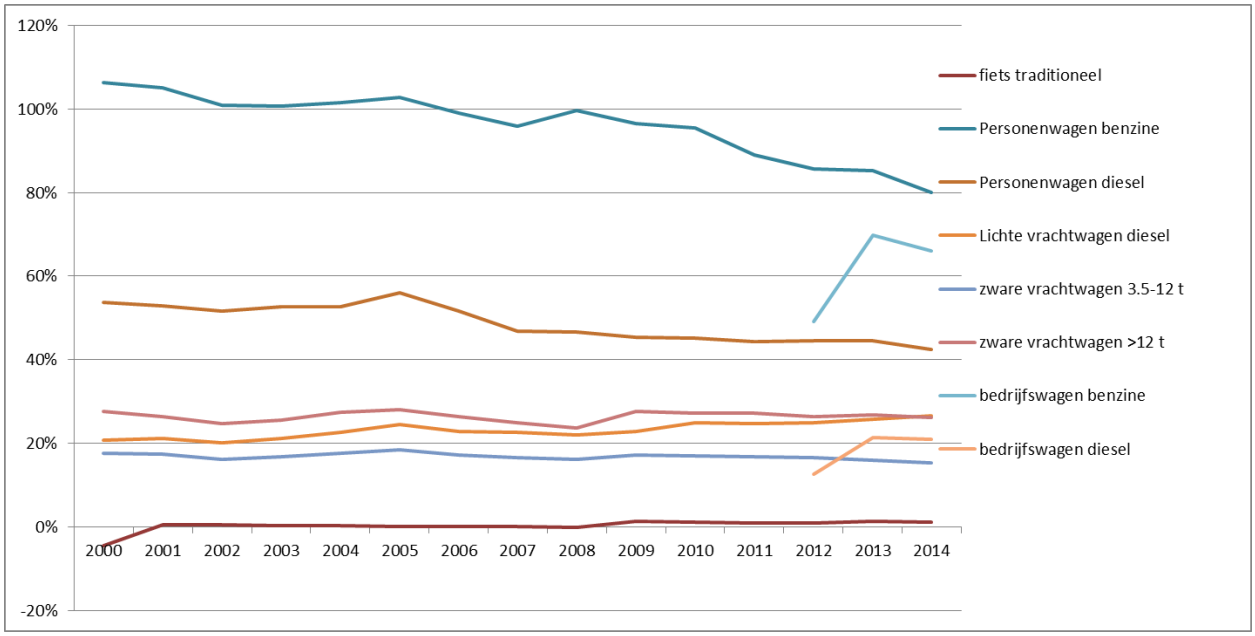


mebg = marginale externe baat gezondheid
meik = marginale externe infrastructuurkost
megk = marginale externe geluidskost
meok = marginale externe ongevalskost
memk = marginale externe milieukost
meck = marginale externe congestiekost

Voor wegtransport zou het economisch optimaal zijn om de belastingen te differentiëren naar zowel plaats en tijd van de verplaatsing als naar het brandstoftype[3]. De meeste belastingen op wegtransport die momenteel gedifferentieerd zijn, hangen vooral af van het brandstoftype/milieuprestatie van het voertuig. In 2016 werd met de kilometerheffing voor vrachtwagens wel een begin gemaakt met een plaatsafhankelijke heffing.

En hoe evolueerde deze internalisatie over de tijd?
Figuur 4 toont hoe de internalisatiegraad evolueert over de tijd voor het wegvervoer. Voor de meeste personenwagens daalt de graad van internalisatie. Dit heeft eerder te maken met de stijgende externe kosten -en meer precies van congestie- dan met een verlaging van belastingen. De belastingen bleven immers relatief constant. De belastingen op bedrijfswagens stegen wel tussen 2012 en 2014 door een verlaging van de BTW-aftrek en verhoging van het 'voordeel alle aard' dat aan werknemers wordt aangerekend voor hun woon-werkverkeer (en dus vermindering van de impliciete subsidie) sinds 2013. Dit heeft een verhoging van de internalisatiegraad tot gevolg. Bij de vrachtwagens wordt een min of meer constante internalisatiegraad vastgesteld (nog geen rekening houdend met de kilometerheffing). Lichte vrachtwagens op diesel vormen de uitzondering met een stijgende internalisatie.

Figuur 4: Internalisatie van externe kosten over de tijd (2000-2014) - wegtransport. Bron: TML

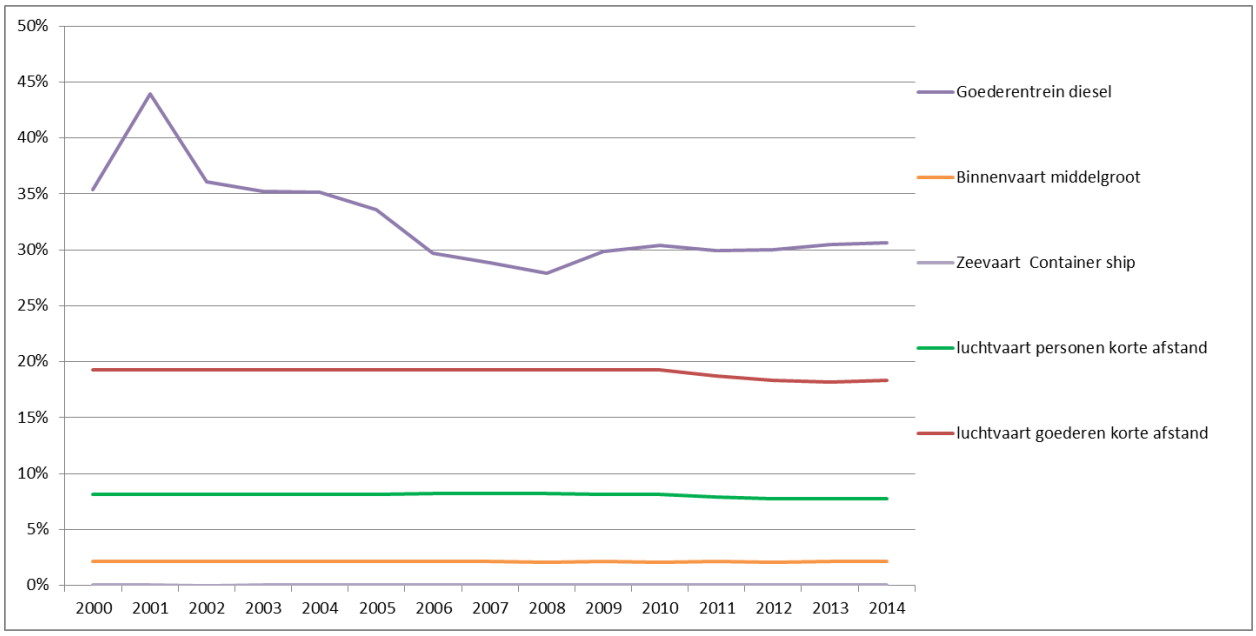


Figuur 5 geeft de internalisering van het niet-wegvervoer. Voor de goederentrein op diesel is de internalisering verminderd. Bij het elektrisch goederenvervoer per spoor en het internationaal spoorvervoer – niet zichtbaar op Figuur 5 – blijft de internalisatiegraad min of meer constant. Nationaal personentransport wordt echter meer en meer gesubsidieerd waardoor de internalisatiegraad sterk daalt. Voor de scheepvaart kan worden geconcludeerd dat de internalisatiegraad bij binnenvaart min of meer constant blijft,

[3] In de berekeningen wordt rekening gehouden met de gemiddelde milieuprestatie van de voertuigenvloot, maar wordt niet verder gedifferentieerd naar euronorm. Verschillende euronormen hebben een verschillende impact op de marginale milieukosten. Gegeven het belang van de congestiekosten lijkt het belangrijker om in de eerste plaats te differentiëren naar plaats en tijd.

terwijl deze voor zeevaart quasi nul blijft. Voor luchtvaart blijft de graad van internalisatie relatief constant – al komt dit deels omdat er geen gedifferentieerde jaarreeksen zijn voor alle gegevens.

Figuur 5: Internalisatie van externe kosten over de tijd (2000-2014) – niet-wegtransport. Bron: TML



In 2016 zijn er maatregelen genomen die in mindere of meerdere mate een invloed hebben op de internalisatiegraad: de invoering van de kilometerheffing voor zware vrachtwagens, een verandering in de belasting op inverkeersstelling (BIV) en een aangepaste verkeersbelasting voor personenwagens. De kilometerheffing zorgt ervoor (wanneer alle andere private en externe kosten constant gehouden worden) dat de internalisatiegraad voor zware vrachtwagens van 3,5-12 ton stijgt van 15 % naar 34 % en voor vrachtwagens van meer dan 12 ton van 26 % naar 45 %. De verandering in BIV en de jaarlijkse verkeers-belasting zorgt inderdaad ook voor een stijging in de internalisatiegraad – al is het effect kleiner. Wanneer alle andere private kosten en externe kosten constant gehouden worden dan stijgt de internalisatiegraad voor benzinewagens van 83 % naar 86 % en voor dieselwagens van 44 % naar 46 %.

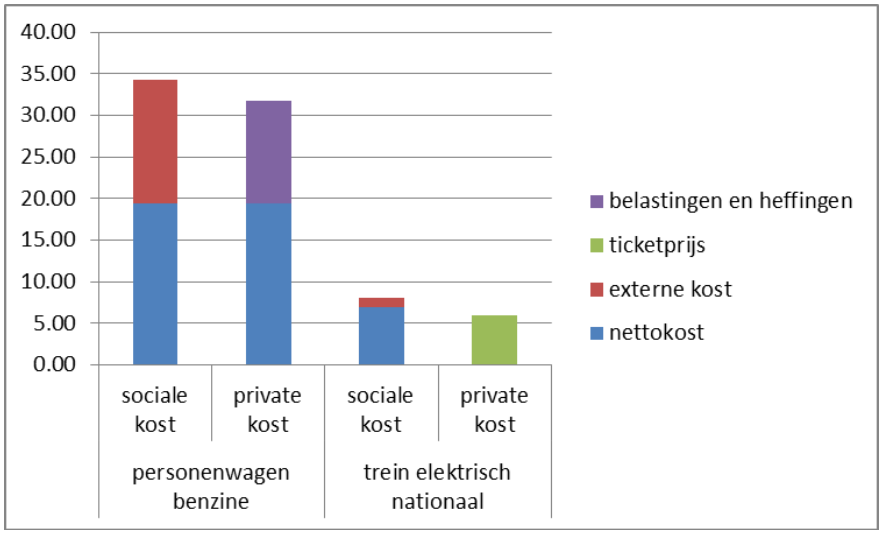
Is Vlaanderen dan op de goede weg?
Niet echt …

De graad van internalisatie wordt over de jaren eerder gestuurd door evoluties in externe kosten (verbetering milieuprestaties, stijgende congestie) dan door een gerichte aanpassing van de belastingen. Over het algemeen zien we eerder een dalende tendens in de graad van internalisatie. De laatste jaren zijn er wel een paar kenteringen. Bij de bedrijfswagens ziet men een duidelijke stijging in de graad van interna-lisatie, voornamelijk door de wijziging in de berekening van de voordelen alle aard in 2013. Maar het verschil met de gewone wagens blijft groot. Verder was de invoering van de kilometerheffing voor zware vrachtwagens in 2016 een eerste stap in de goede richting. Ook de aanpassing van de belasting op inverkeersstelling (BIV) en aangepaste verkeersbelasting voor personenwagens in 2016 had een beperkt positief effect.

Als we kijken naar de mate van internalisatie dan zien we grote verschillen tussen de verschillende modi. Wegtransport internaliseert relatief veel van haar externe kosten, maar binnenvaart en zeevaart dan weer niet. Goederen-spoor zit of op hetzelfde niveau als goederen-wegtransport (voor dieseltreinen) of betaalt meer dan zijn kosten (voor elektrische treinen). Bij luchtvaart is de graad van internalisatie eerder aan de lage kant. Bovendien zijn er ook grote verschillen binnen wegtransport zelf. Zo is de belasting voor CNG-wagens veel lager dan voor benzinewagens – al zijn de marginale externe kosten niet zo verschillend. Daarnaast zijn er ook zware subsidies voor publiek transport (bus en trein). Daarbij kan de vraag gesteld worden of het verschil met de andere modi niet te groot is – al kan men subsidies ook gebruiken om mensen te sturen naar modi met lagere externe kosten en spelen er ook andere - sociale - aspecten.

Aan de hand van Figuur 6 kan dit verder geïllustreerd worden. De kennis van externe kosten en of ze wel of niet in de gebruikersprijs vervat zijn, is een input in beleidsbeslissingen.

Figuur 6: Illustratie gebruik externe kosten, euro per 100 pkm, Vlaanderen 2014. Bron: TML



Links in Figuur 6 zijn de marginale sociale kosten (som van de netto private kosten en de externe kosten) en de private kosten (netto + belastingen en heffingen) van een benzinewagen opgenomen. In dit geval zijn de private kosten te laag en heeft men een te hoog gebruik van de wagen. Dit is een internalisatie die lager is dan 100 %. Indien men een hogere belasting oplegt, krijgt men een hogere private kost en stijgt de internalisatiegraad. Een congestieheffing of een heffing in functie van de graad van vervuiling heeft een dergelijk effect.

In het rechter gedeelte vinden we de marginale sociale kosten voor een ander vervoermiddel, bijvoorbeeld de trein. Daarnaast zijn de private kosten voor de gebruiker (netto kost – subsidies) geplaatst. We zien dat de private kosten voor de gebruiker lager zijn dan de netto kost. Dus de externe kosten worden helemaal niet meegeteld. De internalisatie is zelfs negatief. Dit kan een “second best” beleidsmaatregel zijn wanneer deze lage gebruikersprijs voor bijvoorbeeld de trein in de spits effectief het gebruik van andere vervoersmiddelen met hogere externe kosten (bv. de wagen) vermindert.

Vanuit economische theorie wil men dat de gebruikers de juiste prijs betalen. Dit wil zeggen dat de gebruikers de volledige marginale kosten betalen – en dit voor alle modi. Wanneer we de belastingen en heffingen volledig gelijk stellen aan de externe kosten, zien we dat de modi met de laagste sociale kost (= netto private kost + externe kost) fiets, spoor – elektrisch, bussen en luchtvaart zijn[4]. Merk op dat de lage sociale kost voor luchtvaart grotendeels door de hoge bezettingsgraad ingegeven wordt. Ook bij vrachtvervoer blijven alternatieve modi zoals spoor en water per tonkm merkelijk goedkoper. Het is dus niet zo dat omdat wegtransport nu de grootste internalisatie kent, een verdere internalisatie van andere modi zal leiden tot een wijziging in de onderlinge prijsrelaties.

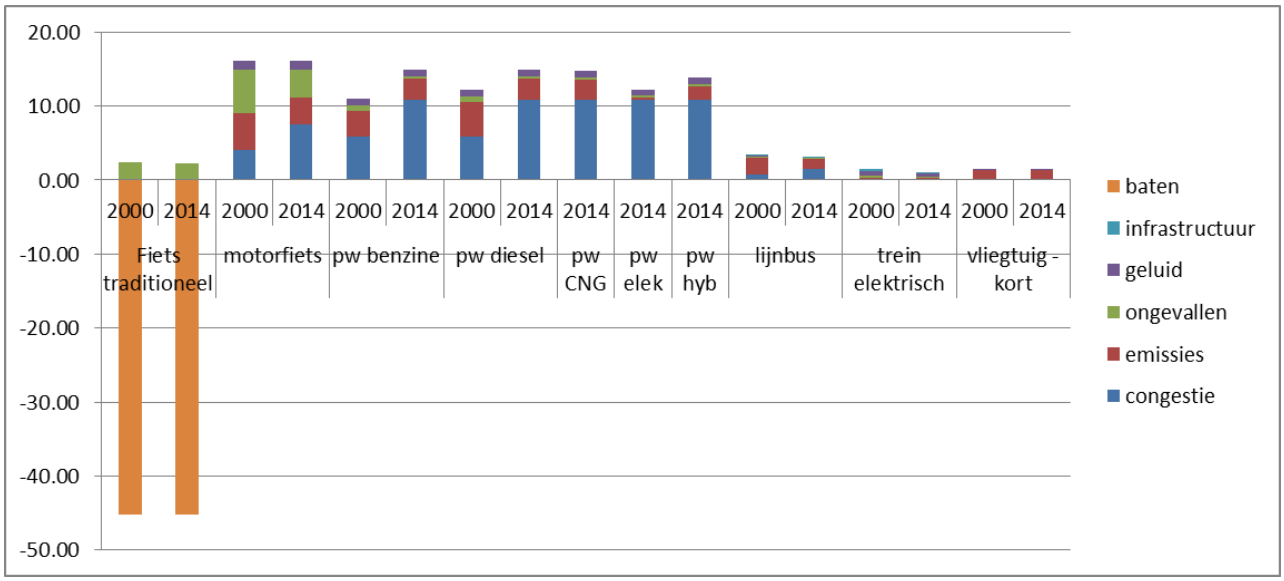
Tot slot zien we dat de belastingen tot nu toe vooral gedifferentieerd zijn naar de milieukenmerken van de voertuigen – als ze al gedifferentieerd zijn. Gegeven dat de externe kosten ook vooral afhangen van plaats en tijdsstip zou het beter zijn om deze verder te differentiëren. Bij vrachtwagens is hiermee begonnen met de kilometerheffing – met een differentiatie naar plaats, maar dit zou verder uitgebreid kunnen worden naar tijdstip en/of personenwagens. Met andere woorden, informatie over de externe kosten en de graad van internalisatie is een belangrijke input voor het beleid, maar andere aspecten moeten (soms) ook mee in rekening gebracht worden in beleidsbeslissingen.

Welke externe kosten worden beschouwd?
De externe kosten die in deze studie beschouwd worden, zijn de kosten door congestie, schade aan het milieu (emissies), ongevallen, geluid en schade aan de infrastructuur. In bepaalde gevallen zijn er ook externe baten, namelijk gezondheidsbaten bij het fietsen. Om de verschillende modi te kunnen vergelijken per vervoerde persoon of ton geven onderstaande figuren 7, 8, 9 en 10 de verschillende marginale externe kosten voor de verschillende voertuig- en brandstoftypes per 100 personenkilometer voor personenvervoer en per 100 tonkm voor goederenvervoer. We tonen steeds het volledige overzicht en zoomen dan iets beter in op de verschillende modi.

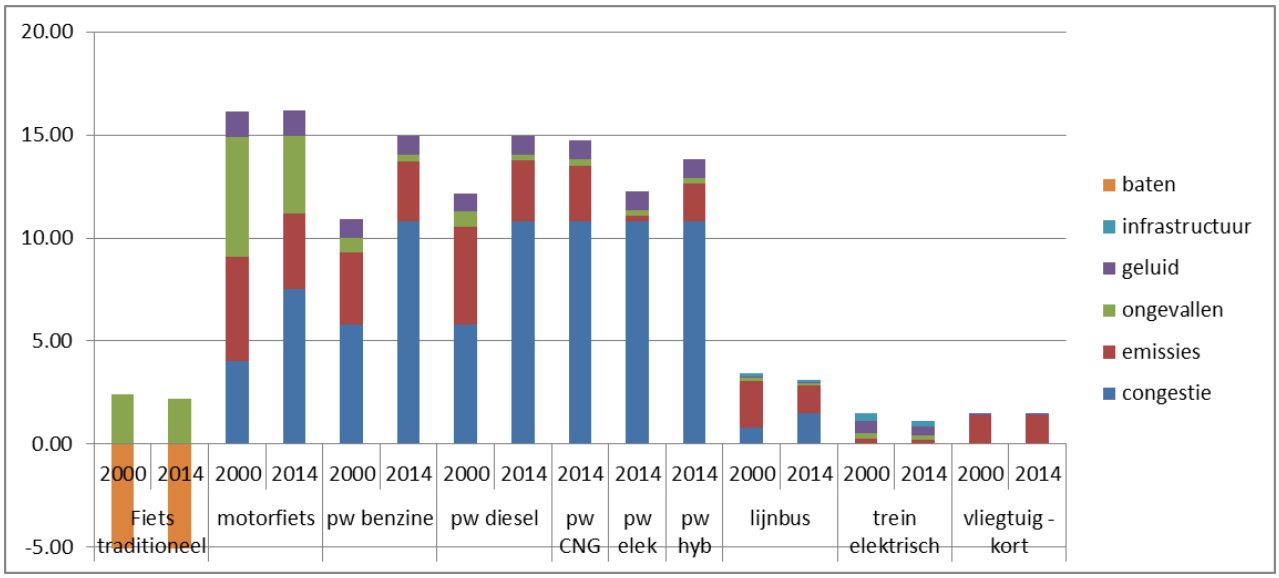
De *marginale externe congestiekosten* zijn tijdskosten die een weggebruiker veroorzaakt aan andere weggebruikers door het rijden van een extra voertuigkilometer. Het eigen tijdsverlies maakt geen deel uit van de marginale externe congestiekosten. Vooral tijdens de spits en in steden zijn deze externe kosten hoog. De congestiekosten in de figuren zijn het gemiddelde over spits- en dalperiode, en over alle wegtypes. Het is duidelijk dat de congestiekosten het overgrote aandeel hebben in de externe kosten van de personenwagens en de vrachtwagens.

[4] Zie Figuur 131 en Figuur 132 in het rapport.

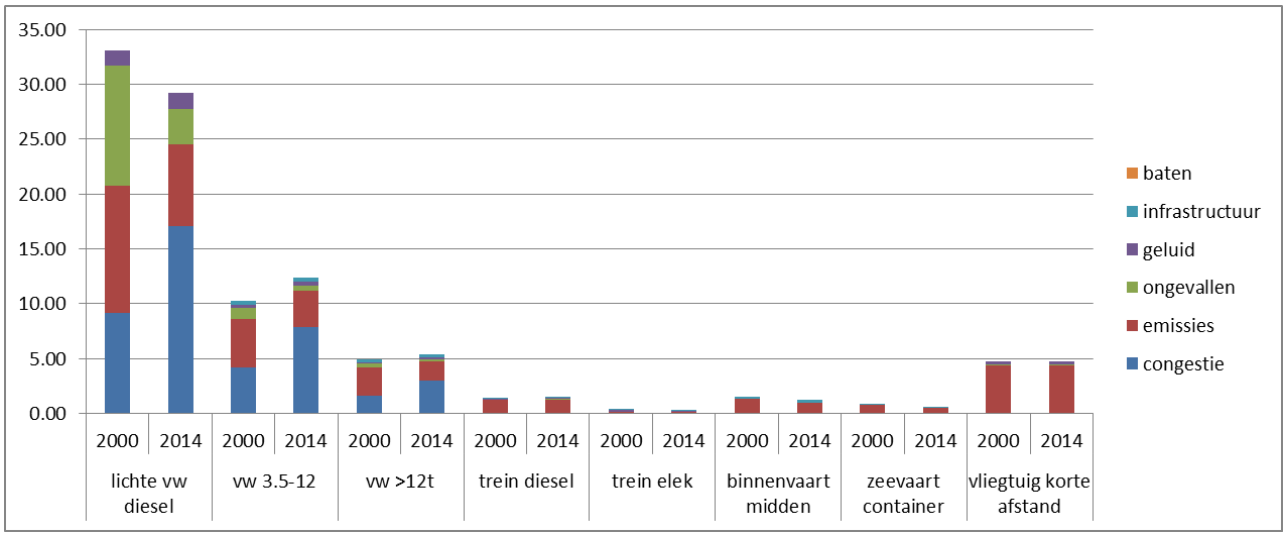
Figuur 7: Marginale externe kosten van het personenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014), euro per 100 personenkm. Bron: TML



Figuur 8: Marginale externe kosten van het personenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014) - ingezoomd, euro per 100 personenkm. Bron: TML

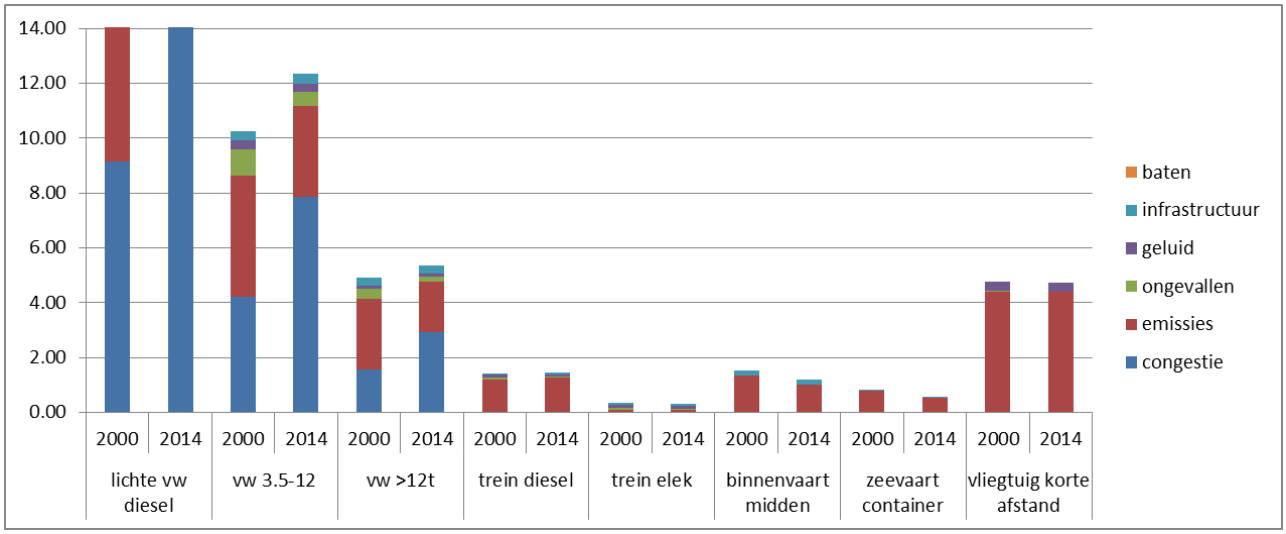


Figuur 9: Marginale externe kosten van het goederenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014), euro per 100 tonkm. Bron: TML



Voor zeevaart veronderstellen we dat de emissies op de Noordzee gebeuren en dat een deel van deze emissies het land niet bereiken, waardoor de schadekosten van emissies door zeevaart lager liggen.

Figuur 10: Marginale externe kosten van het goederenvervoer (Vlaanderen, 2000 en 2014) - ingezoomd, euro per 100 tonkm. Bron: TML



De *milieuschadekosten* zijn de kosten door klimaatverandering (CO_2, CH_4 en N_2O) en luchtverontreiniging (SO_2, NO_x, NMVOS, zware metalen, $PM_{2,5}$ en PM_{10}). De niet-uitlaatemissie van fijn stof en zware metalen werd ook mee in rekening gebracht bij de berekening van de milieuschadekosten. Uit de figuren blijkt dat het aandeel van de marginale milieuschadekosten (t.g.v. emissies) in de totale externe kosten gedaald is tussen 2000 en 2014.

De *marginale externe geluidskosten* zijn voor alle modi zeer laag, zowel in absolute als in relatieve termen.

De *marginale externe ongevalskosten* van het wegverkeer zijn de extra ongevalskosten aan de gemeenschap die een weggebruiker teweegbrengt door een kilometer meer te rijden. De schadekosten die vergoed worden door de voertuigverzekering maken geen deel uit van deze externe kosten. Vooral motorrijders hebben hoge marginale externe ongevalskosten omdat ze veel bij ongevallen betrokken zijn, die zware lichamelijke schade tot gevolg hebben. Fietsers hebben ook relatief hoge ongevalskosten – voornamelijk door het relatief hoge ongevalsrisico – al is hun "extern" deel kleiner. Vrachtwagens zijn relatief (per gereden kilometer) weinig bij ongevallen betrokken. Maar er is wel een groter deel van de gevolgen extern voor vrachtwagens omdat de kans dat de inzittenden van de vrachtwagen zwaargewond raken kleiner is dan de kans dat degene waartegen gebotst wordt zwaargewond raakt. Voor alle voertuigtypes daalde de ongevalskans de laatste jaren, waardoor deze externe kosten eveneens verminderden.

Van de *kosten verbonden aan het onderhoud van de infrastructuur*, is de slijtage van het wegdek, sluizen, dokken, etc. afhankelijk van het verkeersvolume. Een bijkomende vrachtwagen beschadigt, afhankelijk van zijn aslast, in mindere of meerdere mate het wegoppervlak. Voor een personenwagen zijn deze marginale kosten nul, aangezien de aslast miniem is. Voor vrachtwagens zijn ze slechts een klein deel van de totale externe kosten. Ook voor de andere goederenmodi zijn deze kosten relatief laag.

De *marginale baten van gezondheid* zijn uniek voor fietsen. Deze baten bestaan uit drie delen. De betere gezondheid voor de fietser onder de vorm van vermeden vervroegde sterfte en/of verhoging van de levenskwaliteit, de besparingen in de gezondheidszorg en de stijging van de productiviteit door minder afwezigheid door ziekte.

Inzoomend op de verschillen in marginale externe kosten tussen de verschillende modi van het personenvervoer kunnen volgende conclusies gemaakt worden (Figuur 7 en Figuur 8). Uitgedrukt per personenkilometer stegen de marginale externe kosten voor de personenwagens over de tijd. Voor de andere modi van het personenvervoer bleven ze nagenoeg constant, voor de elektrische trein daalden ze. De motorfiets heeft de hoogste totale marginale externe kosten per pkm in 2014, gevolgd door de personenwagens. Over de tijd zijn de marginale externe kosten voor motorrijders ongeveer gelijk gebleven, maar zijn de aandelen van de verschillende kosten veranderd. Zo zijn de milieu- en ongevalskosten gedaald, terwijl de congestiekosten stegen. Fietsers kennen marginale gezondheidsbaten. Tussen de personenwagens onderling zijn de verschillen niet zo groot, ook niet met de alternatieve brandstoffen. Dit komt omdat de congestiekosten hier domineren. De verschillen die er zijn, zijn volledig toe te wijzen aan het verschil in milieukosten. De marginale externe kosten van de elektrische wagen bedroegen 82 % van die van de dieselwagen in 2014. Omdat deze figuren uitgedrukt zijn per personenkilometer scoren het openbaar vervoer (bus en trein) en de luchtvaart door de schaalvoordelen veel beter dan de personenwagen. De bezettingsgraad is dus heel belangrijk bij deze vergelijking. Bij lijnbussen is er een sterke daling van de marginale milieukosten, maar dit wordt gecompenseerd door de stijging van de congestiekosten. Bij vliegtuigen wegen vooral de marginale milieukosten, en meer bepaald die van de broeikasgassen, door. Een elektrische trein heeft de laagste marginale externe kosten. Geluid heeft hier het grootste aandeel (41 %).

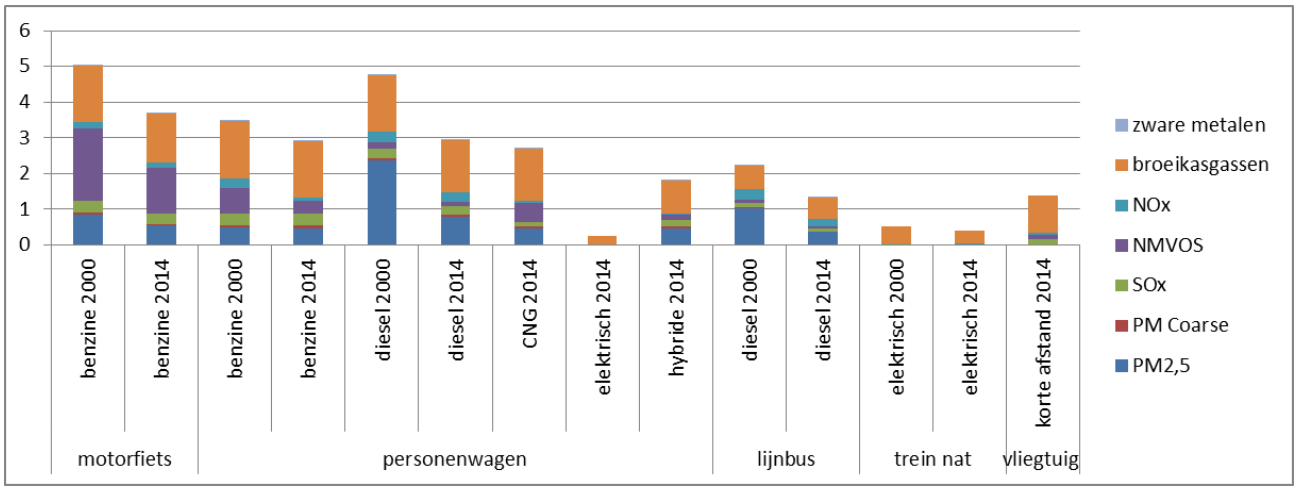
Voor goederentransport is het duidelijk dat wegtransport slechter scoort dan spoor, binnen- en zeevaart (Figuur 9 en Figuur 10). Voor wegtransport zijn hiervoor twee redenen. Ten eerste speelt congestie er een belangrijke rol, terwijl dit niet zo is voor de andere modi. Voor de vrachtwagens maakten de marginale externe congestiekosten in 2014 tussen 55 % en 64 % uit van het totaal, in 2000 was dit nog maar een derde. Ten tweede spelen de zeer lage laadfactoren voor wegtransport hier ook een negatieve rol in de vergelijking. De beladingsgraad voor wegtransport is minder dan 50 %, terwijl voor binnenvaart en zeevaart een beladingsgraad van 71 % verondersteld wordt.

Per tonkm uitgedrukt scoort de lichte vrachtwagen (LDV) duidelijk het slechtst door de relatief lage beladingsgraad. Vooral de daling in ongevalskosten en milieukosten bij lichte vrachtwagens valt op. Deze daling domineert op de stijging in congestie. Bij zware vrachtwagens tussen 3,5 en 12 ton stijgen de marginale externe kosten onder invloed van de stijgende congestie, bij de zwaardere vrachtwagens van meer dan 12 ton wordt dit gecompenseerd door de verbeterde milieuprestaties.
De zware vrachtwagen van meer dan 12 ton en het vliegtuig-korte afstand hebben vergelijkbare marginale externe kosten. De luchtvaart doet het minder goed dan de scheepvaart. De elektrische trein heeft de laagste marginale externe kosten.

Onderstaande figuren 11 en 12 gaan meer specifiek in op de verschillende milieuschadekosten van de modi van het personen- en goederenvervoer. Figuur 11 toont voor het personenvervoer de marginale milieu-kosten opgesplitst naar polluent voor de jaren 2000 (indien beschikbaar) en 2014. In absolute termen zijn de marginale milieuschadekosten voor elke voertuigcategorie gedaald in die periode, onder meer als gevolg van de verstrengde emissiewetgeving voor nieuwe voertuigen. Het verbruik en daaraan gekoppelde CO_2-emissie daalde gemiddeld ook licht voor de meeste voertuigcategorieën. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat de kosten vanwege broeikasgassen zwaar doorwegen. Door de relatief hoge waardering maken ze in de meeste gevallen ongeveer de helft uit van de totale milieukosten in 2014. We zien dat in 2000 de diesel-wagen veel hogere milieukosten had dan de benzinewagen. Maar tegen 2014 is dit verschil zo goed als onbestaande. Dit komt vooral door de zeer sterke daling in de uitstoot van $PM_{2,5}$- een polluent waarvan de waardering ook zwaar doorweegt in de marginale externe milieukosten. Bij de benzinewagens is er vooral een daling in NMVOS. Merk ook op dat CNG-wagens niet veel beter scoren dan de klassieke benzine- en dieselwagen. Voor lijnbussen zien we een sterke verbetering over de tijd – vooral op het vlak van $PM_{2,5}$. Per personenkm scoort de lijnbus duidelijk beter dan de personenwagens – met uitzondering van de elektrische wagen.

Uit een vergelijking van de verschillende modi in 2014 blijkt dat de motorfiets per personenkm de hoogste milieuschadekosten heeft, gevolgd door de personenwagens op de klassieke brandstoffen. Van de personenwagens op alternatieve brandstoffen scoort enkel de elektrische wagen beter dan de andere modi. Het vliegtuig en de lijnbus hebben vergelijkbare milieuschadekosten per personenkilometer, de elektrische trein scoort het best.

Figuur 11: Marginale externe milieukosten van personenvervoer (euro per 100 personenkm) – opgesplitst naar polluent. Bron: berekeningen TML

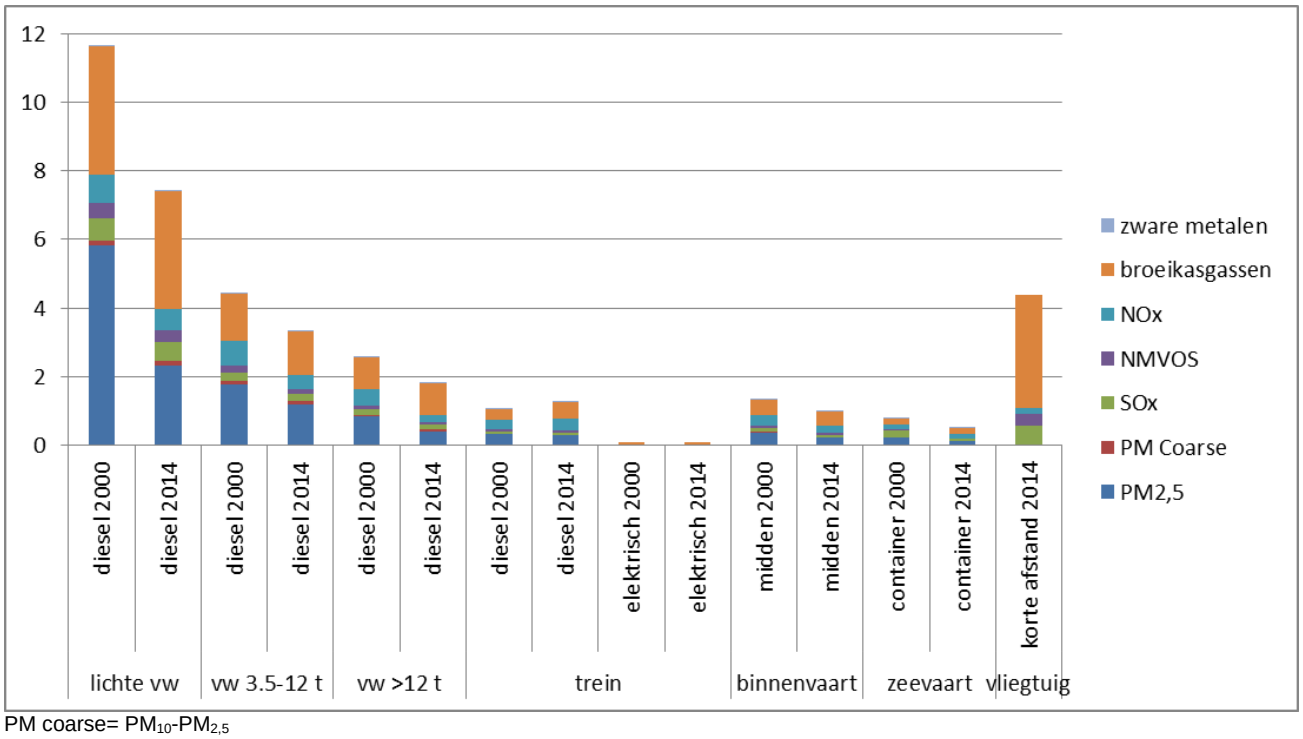


PM coarse= PM_{10}-$PM_{2,5}$

Voor goederentransport, zeker voor de niet-weg modi, nemen de marginale milieuschadekosten wel een groter deel in van de totale externe kosten. Voor de meeste modi dalen de marginale milieuschadekosten tussen 2000 en 2014. Voor goederenvervoer over de weg en voor de binnenvaart spelen vooral de uitstoot van $PM_{2,5}$, CO_2 en NO_x een rol in de milieukosten. Door het gebruik van de zwaardere maritieme brandstoffen is voor de zeevaart de uitstoot van SO_2 en $PM_{2,5}$ het belangrijkste, toch zeker in de eerdere jaren, naast ook NO_x en CO_2. Bij de waardering van de emissies door zeevaart werd er rekening mee gehouden dat deze emissies op zee gebeuren en dus een lagere impact en bijhorende schadekosten hebben. Bij vliegtuigen wegen vooral de broeikasgassen zwaar door.

In 2014 heeft de elektrische trein de laagste marginale milieuschadekosten per tonkilometer, gevolgd door de scheepvaart. De dieseltrein doet het iets beter dan de zwaarste vrachtwagens en door de schaalvoordelen doen de zware vrachtwagens het beter dan de lichte. Het vliegtuig doet het beter dan de lichte vrachtwagens maar minder goed dan de zware vrachtwagens.

Figuur 12: Marginale externe milieukosten van goederenvervoer (euro per 100 tonkm) – opgesplitst naar polluent. Bron: berekeningen TML



PM coarse= PM_{10}-$PM_{2,5}$

Hoe zijn de private kosten en taksen berekend?

Ook vandaag betaalt de gebruiker al voor het gebruik van transport. Transport is niet gratis. Er zijn kosten voor de gebruiker, de zogenaamde private kosten zoals de kosten van een trein- of busticket, brandstof-kosten, kosten voor de aankoop van een voertuig, verzekeringen, etc. en er zijn belastingen.

Voor wegtransport werden de kosten in detail berekend en werd er een onderscheid gemaakt naar brandstofkosten, kosten en subsidies bij de aankoop van een voertuig (aankoopprijs, BTW, taksen) en de jaarlijkse kosten zoals verkeersbelasting, onderhoud, verzekeringen en eurovignet (in 2016 vervangen door de kilometerheffing voor vrachtwagens). Onderstaande figuren 13, 14 en 15 geven de private kosten waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen de nettokosten (aankoopprijs, onderhoud … inclusief loonlasten) en de belastingen (inclusief BTW).

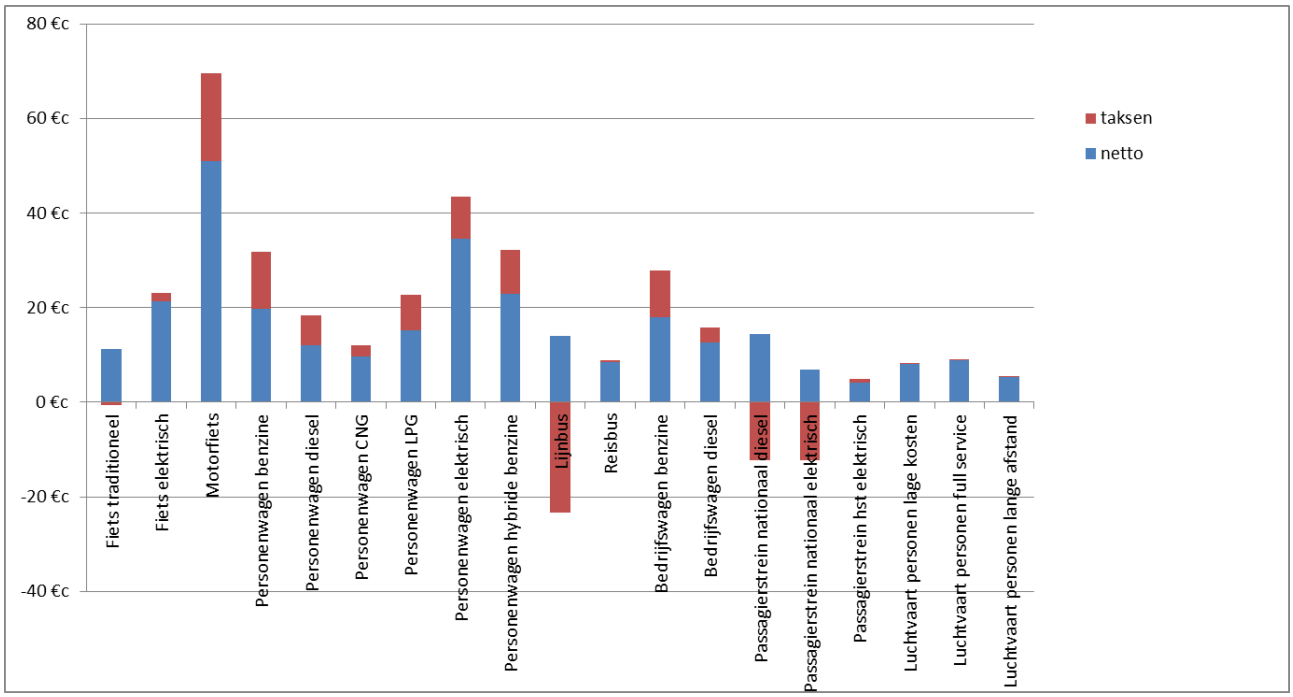
Elektrische wagens zijn duidelijk nog steeds duur door de hoge aankoopprijs. Wanneer deze wagens buiten beschouwing worden gelaten, dan betaalt de autogebruiker gemiddeld tussen de 12 en de 32 euro per 100 personenkilometer. Vooral de aankoopprijs weegt door in de totale kosten die een autobestuurder gemiddeld dient te betalen. Het verschil in aankoopprijs per kilometer wordt vooral bepaald door het verschil in het aantal kilometers dat gereden wordt. De aankoopkosten van een dieselwagen zijn vaak hoger dan deze voor een benzinewagen, maar dit wordt gecompenseerd doordat dieselwagens meer kilometers rijden onder meer door de lagere brandstofkosten.

Rijden met de moto is duurder dan met een personenwagen, met kosten van ongeveer 70 euro per 100 (personen)kilometer. Het taxatieniveau is ongeveer even hoog, maar de aankoopkosten en de verzekeringskosten zijn hoger per kilometer voor de motorrijder.

Rekening houdend met de subsidies zijn de kosten van de lijnbus -9,18 euro per 100 pkm. Dit wijst erop dat bussen overgesubsidieerd zijn. De subsidies zijn immers hoger dan de kosten.

Voor *spoorvervoer* werden de kosten in detail berekend. Personenvervoer per spoor betaalt 6 % BTW. Het verschil in BTW met het gewoon BTW-tarief van 21 % wordt aanzien als een subsidie en wordt bij de andere subsidies bijgeteld. Het personenvervoer per spoor is duidelijk zwaar gesubsidieerd.

Figuur 13: Totale prijs per personenkm in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$.
Bron: berekeningen TML



Onderstaande Figuur 14 geeft de nettokosten (inclusief loonlasten) en de transportbelastingen (inclusief BTW) voor goederentransport per 100 tonkm. In Figuur 5Figuur 15 zoomen we wat meer in. De kosten van vracht-transport over de weg variëren tussen de 11 en 140 euro per 100 tonkm. Voor vrachttransport zijn de loonkosten en -lasten het belangrijkste kostenelement (van 37 % van de totale kosten voor de zwaarste vrachtwagens tot ongeveer 70 % voor de lichte vrachtwagens). Voor goederentransport blijkt hieruit dat zeevaart (met uitzondering van de RoRo) de goedkoopste modus is per 100 tonkm, gevolgd door de grotere binnenvaartschepen.

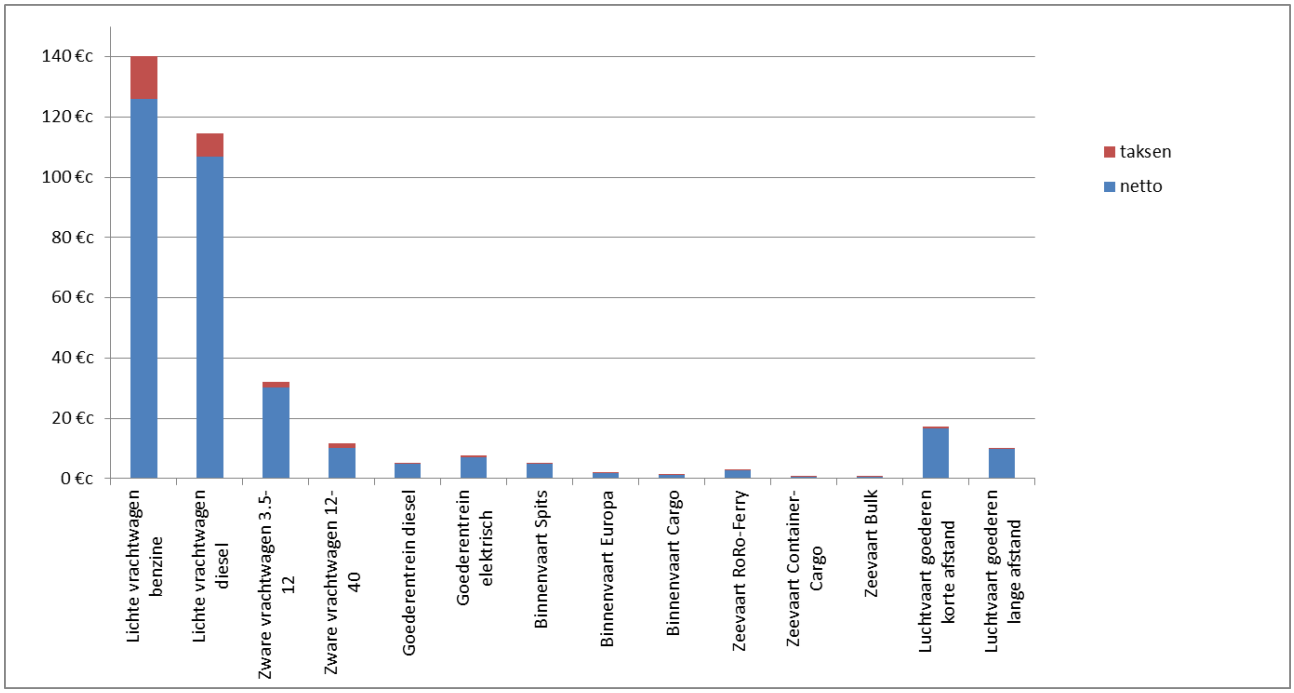
Voor *binnenvaart* werden de kosten van drie types van schepen berekend: de spits, een “Europees” schip en een groot cargo schip. Er werd een onderscheid gemaakt tussen de vaste kosten (personeelskosten, kosten van onderhoud en herstelling, etc.) en variabele kosten zoals de energiekosten en belastingen. De belangrijkste kosten voor binnenvaart zijn de brandstofkosten en de personeelskosten.

Voor *zeevaart* maken we een onderscheid naar 3 types van schepen: RoRo, containerschepen en bulk. Wat de kosten betreft onderscheiden we personeelskosten, verzekeringskosten, herstellings- en onderhouds-

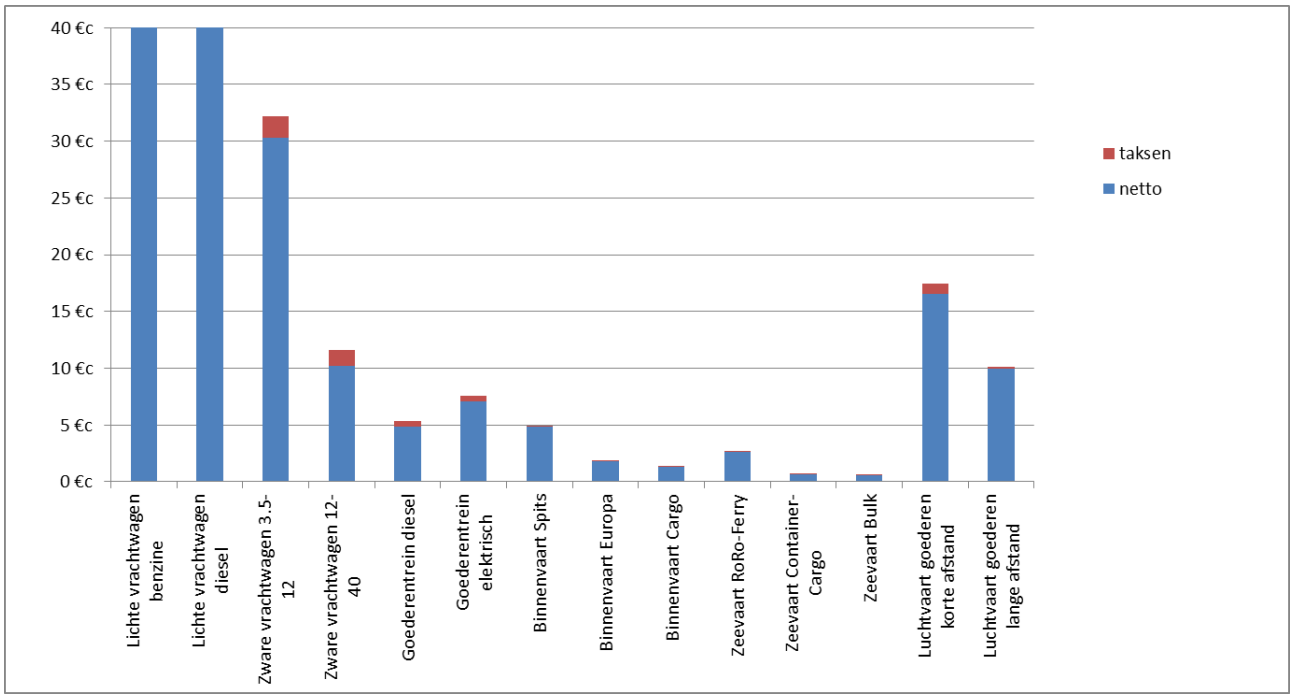
kosten, havengelden, brandstofkosten, etc. Voor zeevaart zien we meer variatie wat betreft de belangrijkste kostencategorieën. De belangrijkste kostenposten zijn ook hier de brandstofkosten, de kapitaalkosten (depreciatie- en interestkosten) en de personeelskosten.

Voor luchtvaart maken we een onderscheid naar korte en lange afstand. Wat de kosten betreft maken we een onderscheid naar aankoop/leasekost, luchtverkeersleiding, opstijg- en passagiersvergoedingen, onderhoud, gronddiensten, brandstof, lonen en verkoop & marketing.

Figuur 14: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



Figuur 15: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer - ingezoomd, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



SUMMARY

This report is an update and extension of the MIRA report "Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen" (2010)[5]. This report discussed the private costs, the external costs and the level of internalization of transport in Flanders for the period 2000-2008. Now, six years later, it is time to update this report. Note that we redid most calculations using the latest information available, so that time series for the period 2000-2008 are not necessarily comparable between the two reports.

What is internalization of marginal external costs?
The transport user is not always aware of the nuisances transport causes. Think for example of air pollution, climate change, noise nuisance, accidents and – for lorries, rail, inland waterway and sea transport – damage to infrastructure. This nuisance causes *marginal external costs* of transport. These costs are called external as each of these aspects comes at a price which is not paid directly by the polluter, but by society as a whole. They are, in other words, external to the user. The user only takes into account his private costs (for example, fuel costs and the price of a train ticket), taxes and levies (for example the annual road tax). They are called marginal as we only consider the additional external costs caused by an additional vehicle kilometre.

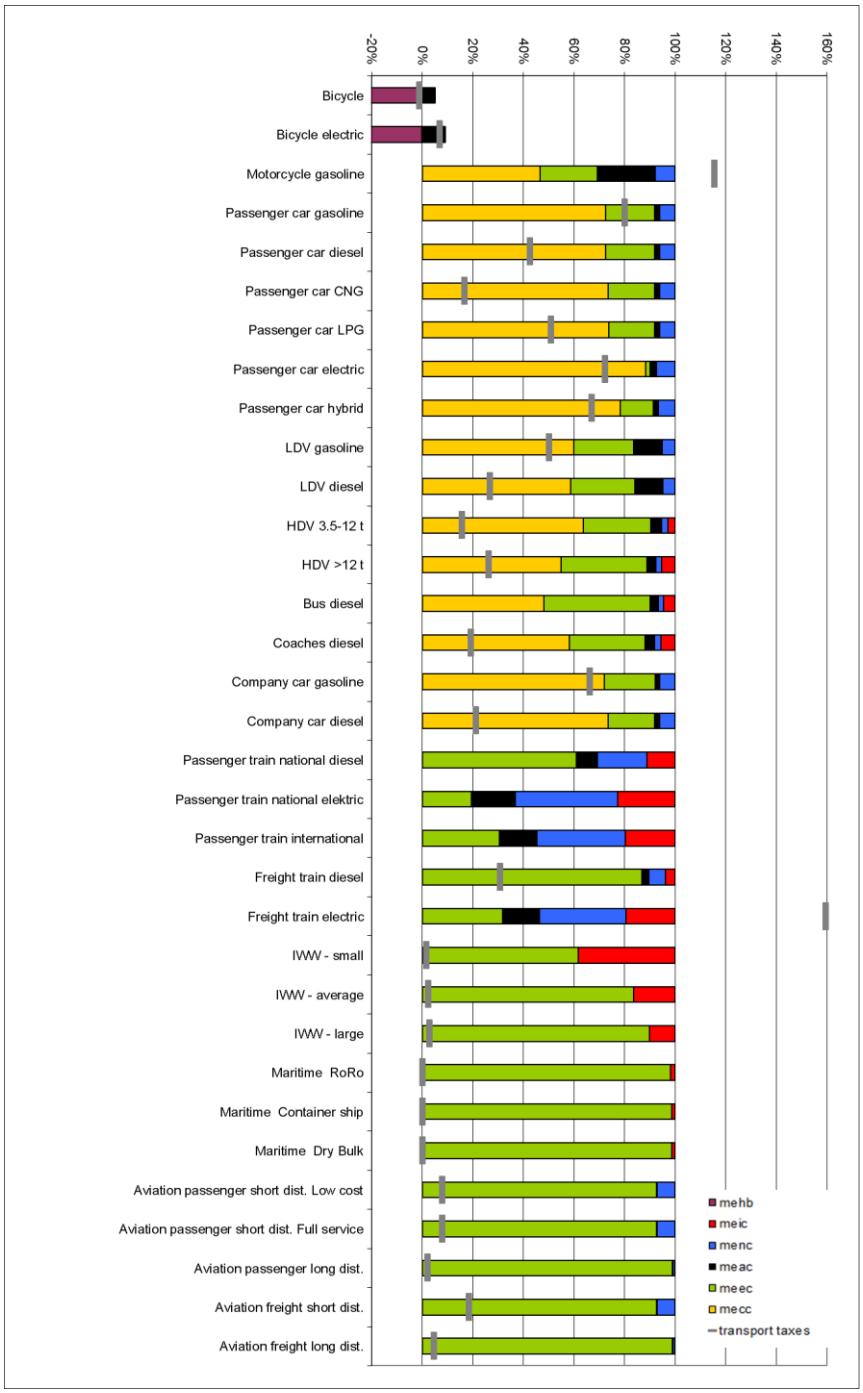
Internalization of external costs deals with the question to what extent the user pays for part of these external costs via taxes and levies. Full internalization means that the user pays for all the costs he causes via taxes and levies[6].

To what extent does the transport user internalize their external costs?
At the moment most users do not pay for the nuisances they cause. Figure 1 below shows the degree of internalization for the different modes examined in this study. The numbers are relative: the sum of all external costs equals 100 %. The small grey bars show to what extent the taxes cover the marginal external costs. A negative tax represents a subsidy. For cyclists, the marginal benefits are larger than the marginal costs, so that the sum of external "costs" does not equal 100 %.

Figure 1 clearly shows that current taxes and levies on transport capture only a portion of the external costs. We find that, in general, the degree of internalization is the largest for road transport, and for motorcycles and passenger cars in particular. The taxes for motorcycles are higher than their external costs. Among the passenger cars, the gasoline car has the highest level of internalization – 80 %. Diesel cars only internalize 42 %. Company cars (defined as those company cars which are also used for personal purposes) have a much lower level of internalization with only 66 % for gasoline cars and 21 % for diesel cars. Due to its high subsidization, public transport does not internalize its external cost. The subsidies are about 7 times higher than the external costs for buses and about 5 (diesel) to 11 (electric) times higher for rail (national passenger transport). Coaches only internalize 19 %. Air transport for passengers internalizes about 8 % on short hauls, and only 2 % on long hauls.

[5] http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/sectoren/transport/
[6] It is also possible to internalize external costs using tradeable emission or mobility rights.

Figure 1: Internalization of external costs for all transport modes, euro per 100 vehicle kilometers (total marginal external costs = 100 %), Flanders, 2014. Source: TML



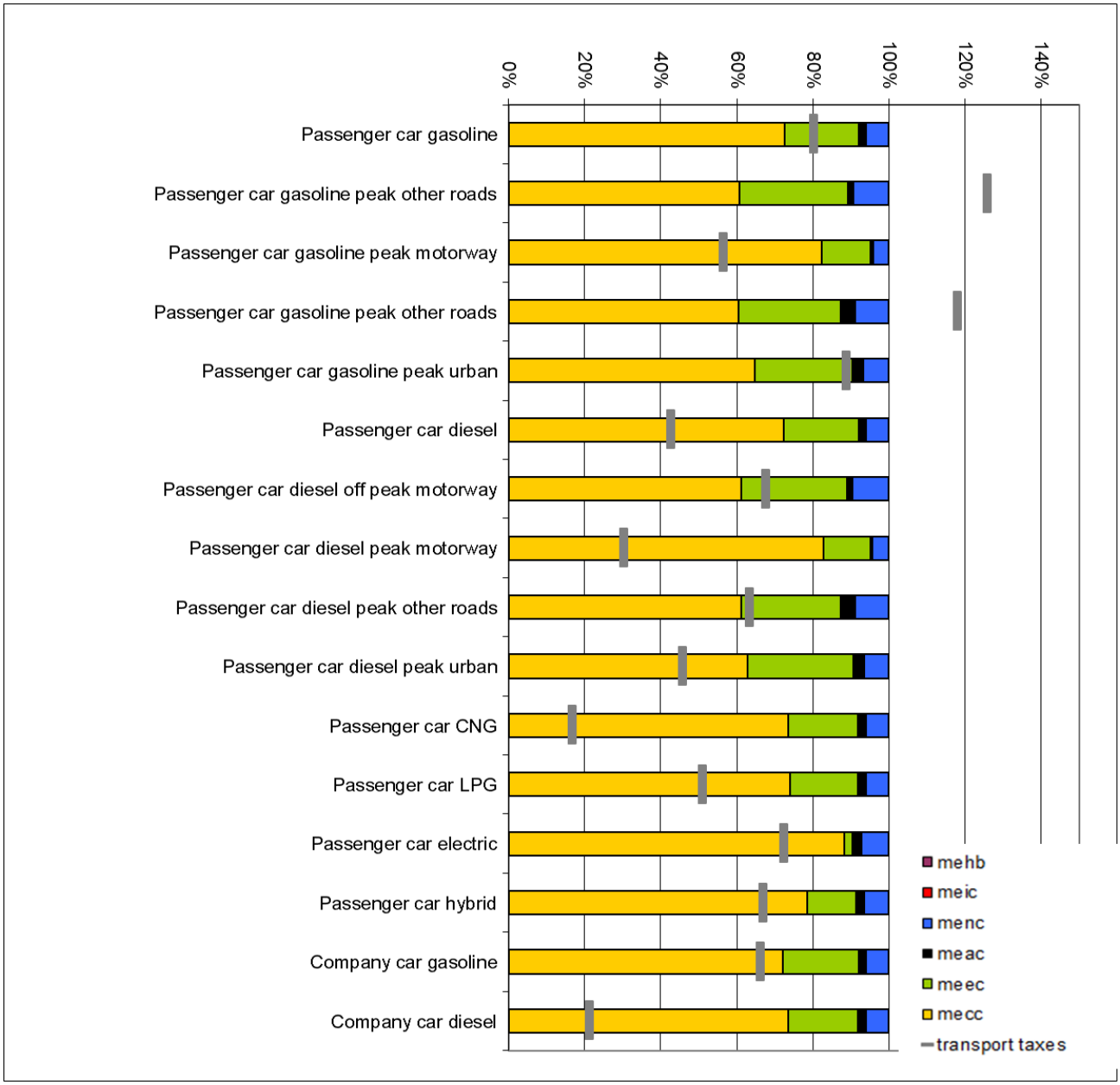
The degree of internalization for the modes bus and passenger train fall beyond the scale of this graph. The degree of internalization for bus is -744 %, for passenger train national diesel -540 % and for passenger train electric -1115 %.
mehb = marginal external health benefit, meic = marginal external infrastructure cost, menc = marginal external noise cost, meac = marginal external accident cost, meec = marginal external environmental cost, mecc = marginal external congestion cost

For freight transport, the level of internalization for light duty vehicles varies between 27 % and 50 % - depending on the fuel type (diesel versus gasoline). Heavy duty vehicles internalize between 15 % and 26 % of their external costs. Rail freight transport internalizes about 30 % (diesel) and even pays more than its costs when electric (159 %). For freight air transport there is a large difference between short (18 %) and long (4 %) distance. For maritime and inland waterways, the degree of internalization is low to inexistent.

What is the importance of differentiated taxes for road transport?

For road transport we can make a further distinction in terms of time (peak versus off-peak hours) and place (motorways, other roads, and urban roads) of transport. On average the gasoline car does not internalize its external costs. However, Figure 2 shows that gasoline passenger cars pay too much in some situations. This is the case for example during off-peak hours on motorways and in peak hours on "other roads". Diesel cars, on the other hand, internalize less than gasoline cars. They never pay too much. Company cars – and certainly diesel cars – internalize much less than "ordinary" cars. Within the group of passenger cars using alternative fuels, it is clear that CNG cars are (over)subsidized. Their marginal external costs are very similar to gasoline cars, but they pay far fewer taxes. The level of internalization for cars using alternative fuels lies between that of the diesel and the gasoline car.

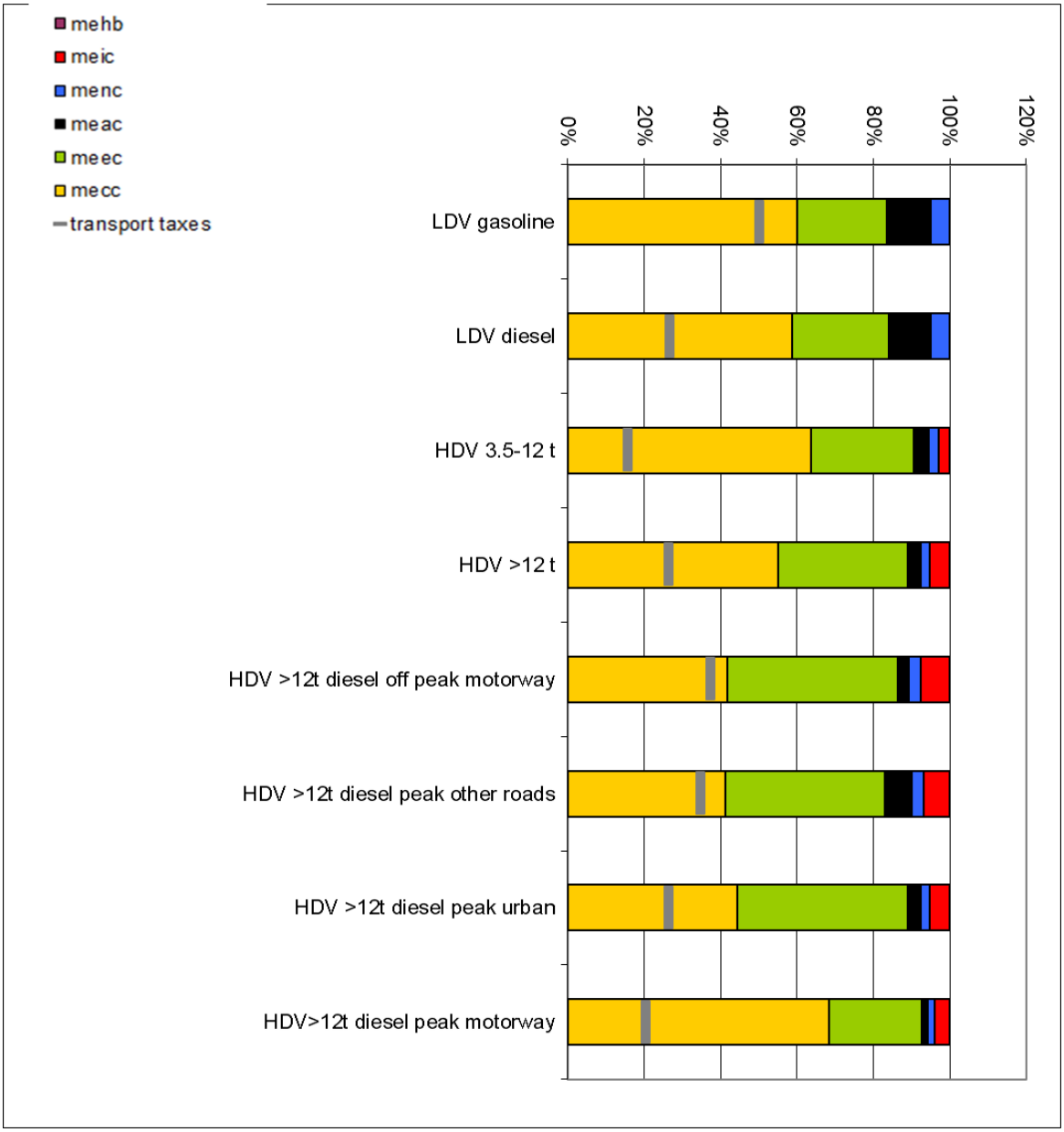
Figure 2: Internalization of external costs by passenger cars, euro per 100 vehiclekm (total marginal external costs = 100 %), Flanders, 2014. Source: TML



mehb = marginal external health benefit
meic = marginal external infrastructure cost
menc = marginal external noise cost
meac = marginal external accident cost
meec = marginal external environmental cost
mecc = marginal external congestion cost

A similar picture is obtained for lorries (Figure 3). In general, they pay too little, particularly in peak hours on motorways and in urban environments.

Figure 3: Internalization of external costs of lories, euro per 100 vehiclekm (total marginal external costs = 100 %), Flanders, 2014. Source: TML



mehb = marginal external health benefit
meic = marginal external infrastructure cost
menc = marginal external noise cost
meac = marginal external accident cost
meec = marginal external environmental cost
mecc = marginal external congestion cost

This implies that it would be economically optimal to differentiate taxes and levies in terms of fuel type, place, and time of transport[7]. Today, most taxes are dependent mainly on fuel type/environmental performance of the vehicle. In 2016 a start towards a location dependent charge was made with the introduction of the kilometre charge for heavy duty vehicles.

How did the level of internalization evolved over time?

Figure 4 shows the evolution of the level of internalization over time for road transport. For most passenger cars the level of internalization decreases. This is more linked to the increase in external costs – congestion in particular – than to a decrease in taxes. Taxes remained relatively constant over time. Taxes on company cars did increase between 2012 and 2014 due to the reduction of the VAT deduction and the increase in "benefits in kind" for commuting (and hence a decrease of the implicit subsidy) since 2013. This led to an increase in the level of internalization. For lorries the level of internalization is relatively constant (not yet taking into account the kilometre charge). Light duty vehicles on diesel are the exception with an increase in their level of internalization.

Figure 4: Internalization of external costs over time (2000-2014) – road transport. Source: TML

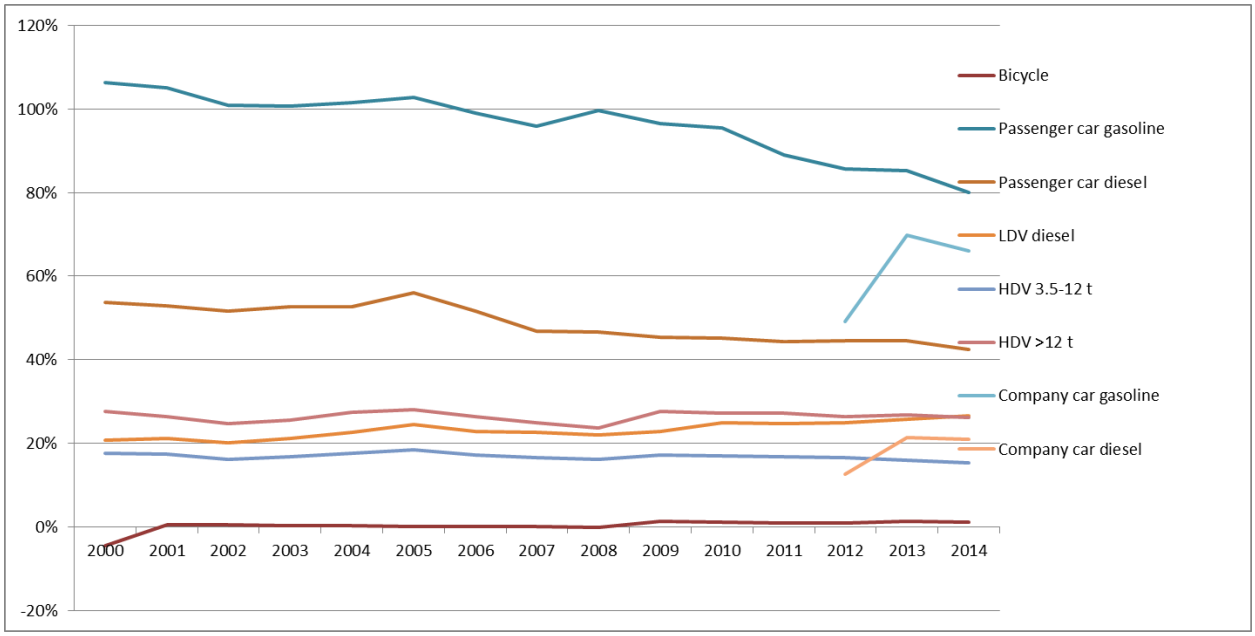
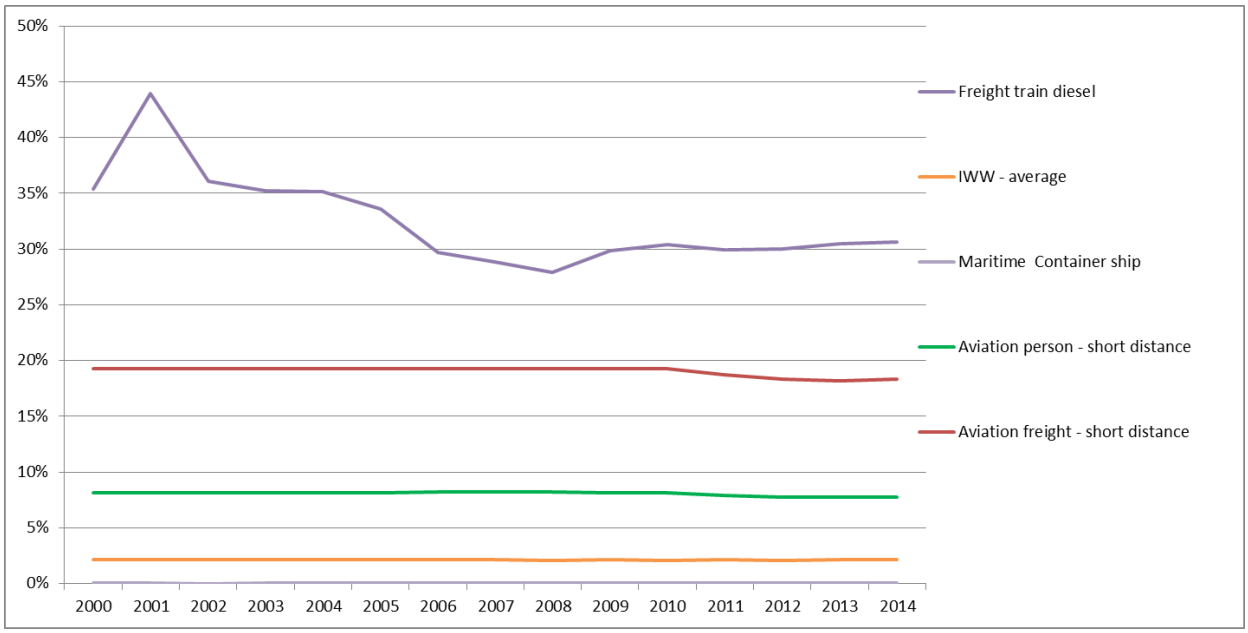


Figure 5 shows the level of internalization for non-road transport. For diesel freight trains, the level of internalization decreased. For electric freight trains and international passenger transport (not shown on Figure 5), the level of internalization remains rather constant. National passenger rail transport is more and more subsidized and hence the level of internalization decreases. For shipping, the level of internalization remains relatively constant for inland waterways, whereas it remains virtually zero for maritime shipping. For air transport, the level of internalization also remains relatively constant – although this is partly caused by the lack of differentiated time series for many elements.

[7] The calculations take account of the average environmental performance of the vehicle fleet, but do not further distinguish between Euro norm. Different Euro norms have a different impact on marginal external environmental costs. Given the importance of the congestion costs, it seems more important to differentiate with respect to time and place.

Figure 5: Internalization of external costs over time (2000-2014) – non-road transport. Source: TML



In 2016 several measures were taken which affect the level of internalization to a greater or lesser extent: the introduction of a kilometre charge for heavy duty vehicles, a change in the car registration tax (BIV) and the yearly road tax for passenger cars. The kilometre charge increases (when keeping all other private and external costs fixed at the level of 2014) the level of internalization for heavy duty vehicles 3.5-12t from 15 % to 34 % and from 26 % to 45 % for heavy duty vehicles of more than 12t. The change in the car registration tax and yearly road tax also increases the level of internalization – although to a lesser extent. When all other private and external costs are fixed at the level of 2014, the level of internalization increases from 83 % to 86 % for gasoline cars and from 44 % to 46 % for diesel cars.

Does this means that Flanders is on the right track?
Not really …

Over the years changes in the level of internalization are driven mainly by developments in external costs (improvements in environmental performance, increasing congestion) rather than by a targeted adjustment of taxes. Overall, we observe a declining trend in the level of internalization. Over the last years, there have been some changes. For company cars we see a marked increase in the degree of internalization, mainly due the change in “benefits in kinds” in 2013. But the difference with “ordinary” cars remains high. The introduction of the kilometre charge for heavy duty vehicles was a first step in the right direction. The changes to the car registration tax (BIV) and the yearly road tax for cars in 2016 also had a slightly positive effect.

If we look at the degree of internalization we see large differences between the different modes. Road transport internalizes relatively much of its external costs, but inland waterways and maritime shipping do not. Freight rail is at the same level as road freight transport (for diesel traction) or pays more than its costs (for electric traction). For aviation the level of internalization is relatively low. Moreover, there are also major differences within road transport itself. For example, the taxes levied on CNG cars are much lower than for gasoline cars – although the differences in external costs are small.

There are also large subsidies for public transport (bus and rail). The question can be asked whether the difference with the other modes is not too large? On the other hand, subsidies can be used to stimulate modes with lower external costs, and there are also other – social - issues.

This can be further illustrated using Figure 6 below. The knowledge of external costs and whether they are included in the user price, is an input into policy decisions.

Figure 6: Illustration of the use of external costs, Flanders 2014. Euro per 100 passenger km. Source: TML

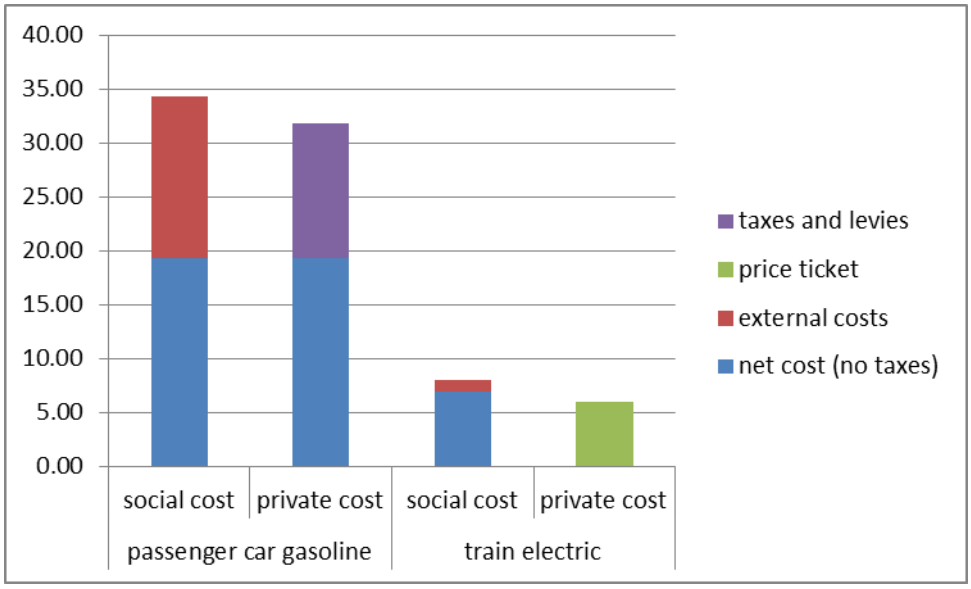


Figure 6 shows the marginal social costs (sum of the net private costs and the external costs) and the private costs (net + taxes and levies) of a gasoline car on the left-hand side. In this case, the private costs are too low and the use of the car is too high – from a social perspective. The level of internalization is lower than 100 %. If a higher tax is imposed, the private costs increase and the level of internalization rises. A congestion charge or a charge depending on environmental performance has such an effect.

The marginal social costs and the private costs for the user (net costs minus subsidies) for rail are shown on the right-hand side. The private costs for the user are lower than the net costs. Hence the external costs are not included. The level of internalization is even negative. This could be a “second best” policy if this lower price for rail in peak hours would effectively decrease the use of other transport modes with higher external costs (the car for example).

From an economic theory perspective, users have to pay the right price. This means that users pay the full marginal costs – for all modes. When we set the taxes and levies equal to the external costs, the modes with the lowest social costs (= net private costs and external costs) are bicycles, rail-electric, buses and aviation[8]. The most important reason for the low social cost for aviation is the high occupancy rate. Also in freight transport, the alternative modes such as rail and water remain considerably cheaper (per tonne-

[8] Figuur 131 and Figuur 132 in the report.

km). It is not because road transport has the largest level of internalization today that a further internalization for the other modes will lead to large changes in their relative prices.

Finally, today taxes are mostly differentiated with respect to the environmental performance of the vehicles – if they are differentiated. Given that external costs also depend on the time and place, it would be better to differentiate them further. This has started for road freight with the introduction of the kilometre charge – with a differentiation in terms of place, but this could be extended to time and/or passenger cars.

In summary, information on external costs and the degree of internalization is an important input for policy, but other aspects also have to be taken into consideration in policy decisions.

Which external costs are considered?
In this study we consider the following external costs: costs caused by noise, congestion, accidents, damage to infrastructure, and environmental costs. In some cases there are also external benefits such as the health benefits of cycling. Figures 7, 8, 9 and 10 show the different marginal external costs for different modes and fuel types per 100 passenger-km for passenger transport and per 100 tonne-km for freight transport. Each time we show the full picture and then zoom in.

The *marginal external congestion costs* are the time costs caused by a road user to other road users by driving an additional vehicle kilometre. The user's own time costs are not part of the marginal external congestion costs. These external costs are particularly high during peak hours and in urban areas. The congestion costs in the figures are averaged over peak and off-peak and over all road types. The figures also clearly show that the congestion costs account for the major share of the external costs for passenger cars and lorries.

Figure 7: Marginal external costs of passenger transport (Flanders, 2000 and 2014), euro per 100 passenger km. Source: TML

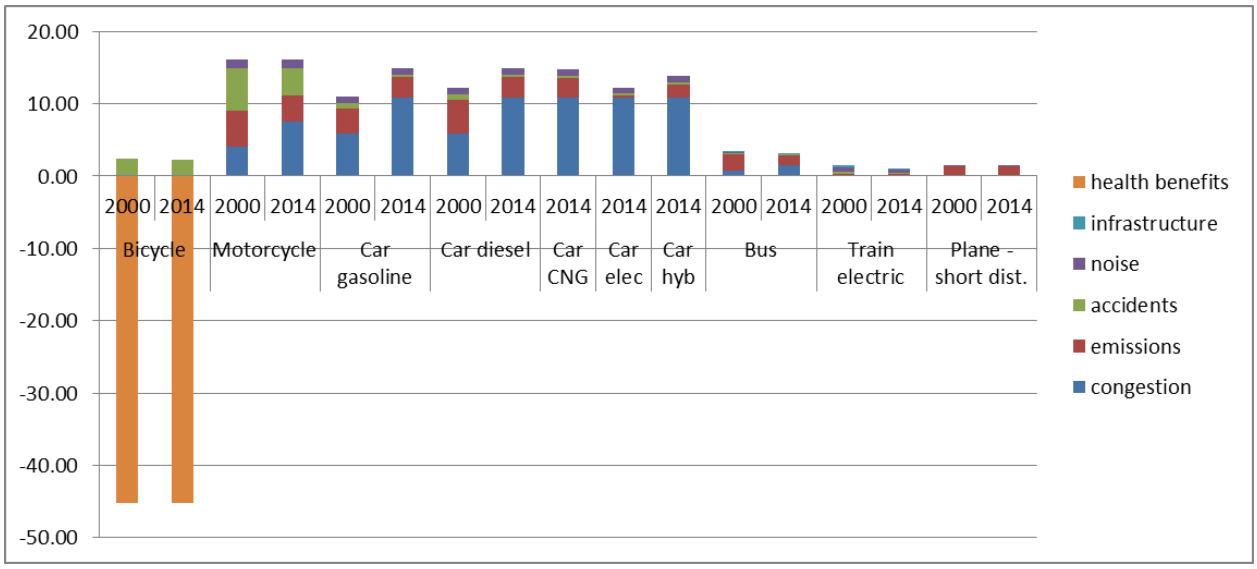


Figure 8: Marginal external costs of passenger transport (Flanders, 2000 and 2014) – zoom, euro per 100 passengerkm. Source: TML

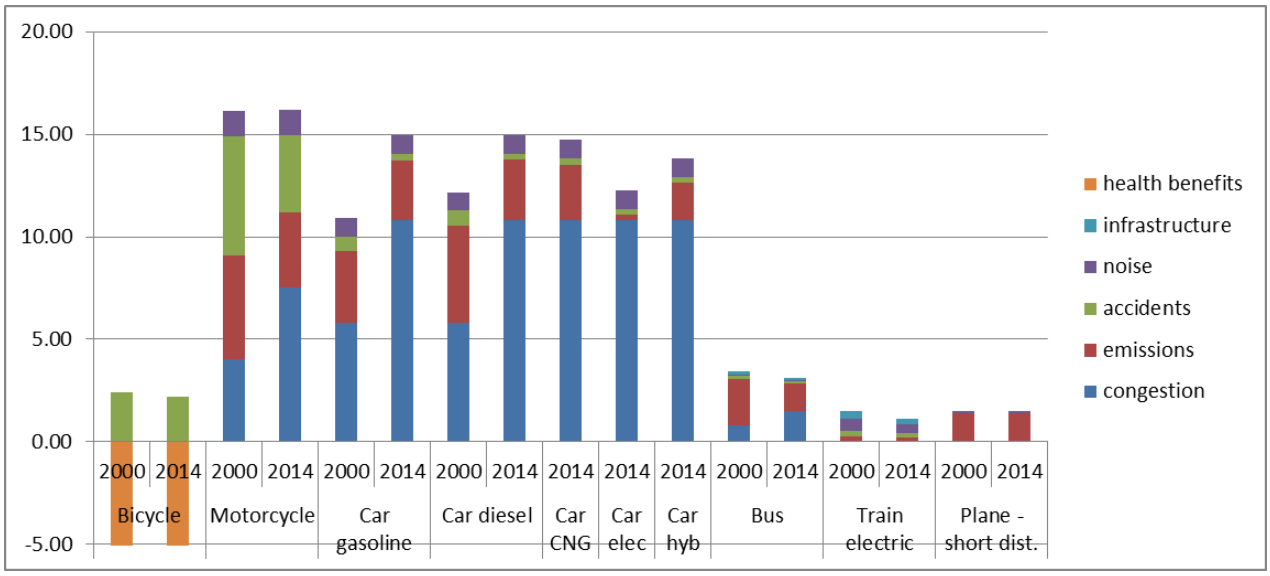
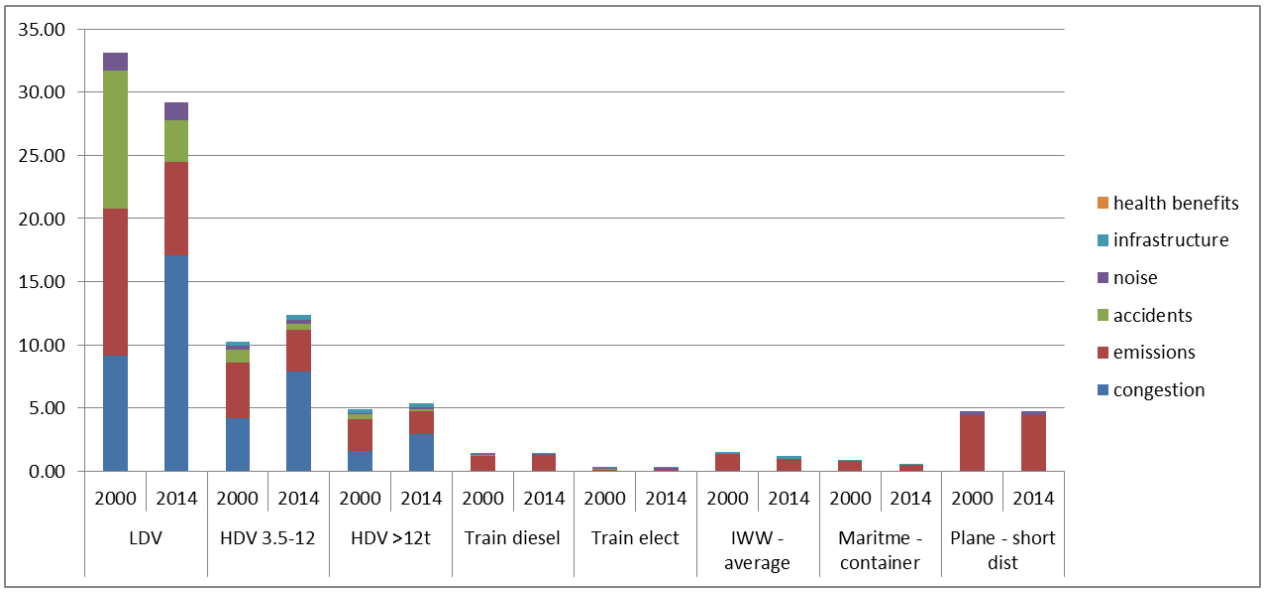
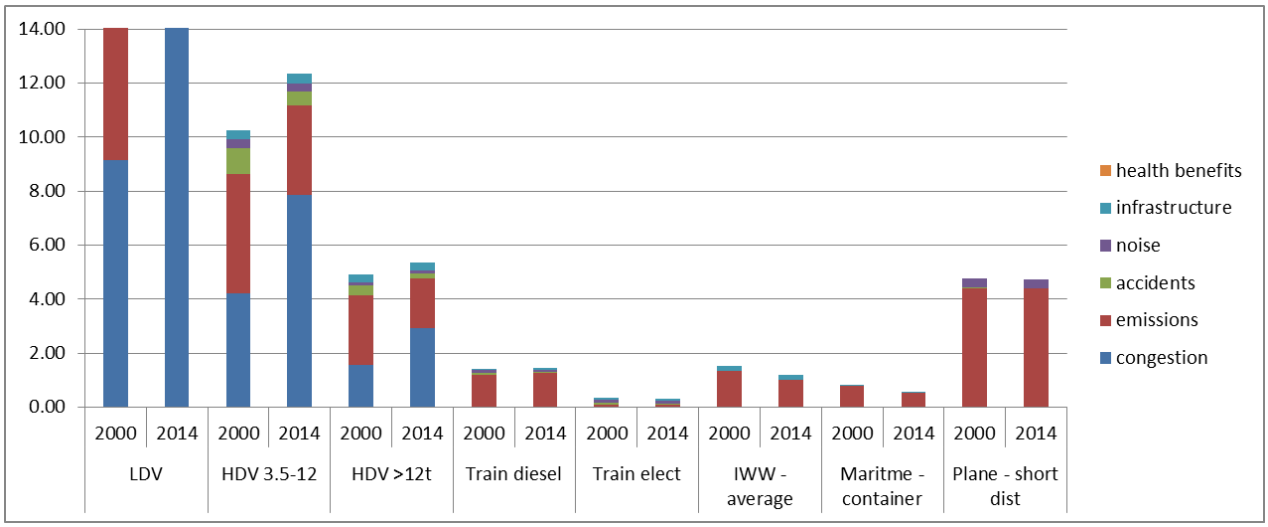


Figure 9: Marginal external costs of freight transport (Flanders, 2000 and 2014), euro per 100 tonkm. Source: TML



For maritime shipping we assume that not all emissions which happen on the North Sea reach the main land, leading to lower damage costs of emissions from maritime shipping.

Figure 10: Marginal external costs of freight transport (Flanders, 2000 and 2014) - zoom, euro per 100 tonkm. Source: TML



The *marginal external environmental costs* are the costs due to climate change (CO_2, CH_4 and N_2O) and air pollution (SO_2, NO_x, NMVOC, heavy metals, $PM_{2,5}$ and PM_{10}). The non-exhaust emissions of PM and heavy metals are also taken into account in the calculation of the marginal external environmental costs. The figure shows that the share of the marginal external environmental costs (as a consequence of emissions) in the total external costs decreased between 2000 and 2014.

The *marginal external noise costs* are very low for all modes, both in absolute and relative terms.

The *marginal external accident costs* of road transport are the additional accident costs for society due to a road user driving an additional kilometre. The damage costs covered by the insurance of the vehicle are not included in these external costs. Especially motorcyclists have high marginal external accident costs due to their high accident risk, especially accidents leading to severe physical damage. Cyclists also have relatively high accident costs, mainly as a consequence of their relatively high accident risk – although they have a much smaller "external" part. Lorries are, per driven kilometre, relatively less involved in accidents. However, a larger part of the accident costs are external for lorries as the probability that the lorry driver himself gets hurt is lower than the probability that the other party in the accident gets severely injured. For all vehicle types we see a decrease in the accident risk over the years, leading to a decreasing marginal external accident cost over time.

The *marginal external infrastructure costs* are the additional costs for maintenance and repair of the road surface, locks, docks, etc. which are dependent on the traffic volume. An additional lorry damages, depending on its axle weight, the road surface to a lesser or greater extent. For passenger vehicles these marginal costs equal zero as the axle weight is very limited. For lorries these costs represent only a small portion of the total external costs. Also for the other modes we see that the marginal external infrastructure costs are relatively low.

The *marginal benefits of health a*re unique for cyclists. These benefits are threefold: improved health for the cyclist in the form of avoided early death and/or increase in quality of life, savings for the social security system, and increase in productivity due to lower absence rates.

When we focus on the differences in marginal external costs between the different modes of passenger transport (Figure 7 and Figure 8) we can make the following conclusions. The marginal external costs per passenger kilometre increased over time for passenger cars. For the other passenger modes they remained relatively constant, for electric rail they decreased. In 2014 the highest marginal external costs (per passenger-km) for passenger transport were for motorbikes, followed by passenger cars. Over time the marginal external costs for motorcycling remained relatively constant, but the relative shares of the different costs changed. The environmental and accident costs decreased over time, while the congestion cost increased. Cyclists have marginal health benefits. The differences between the passenger cars are relatively low due to the predominance of the congestion costs – even when comparing with alternative fuel passenger cars. The differences that exist are entirely attributable to differences in environmental costs. In 2014 the marginal external costs of an electric care were about 82 % of the external costs of a diesel car. These figures express the marginal external costs per passenger kilometre, hence transport (bus and rail) and aviation have much lower marginal external costs due to their economies of scale. Hence, the occupancy rate is very important for this comparison. For buses there is a strong decrease in the marginal external environmental costs, but this is set off by the increase in the congestion costs. For aviation the most important costs are the environmental costs, and greenhouse gasses in particular. The electric train has the lowest marginal external costs – in which noise has the largest share (41 %).

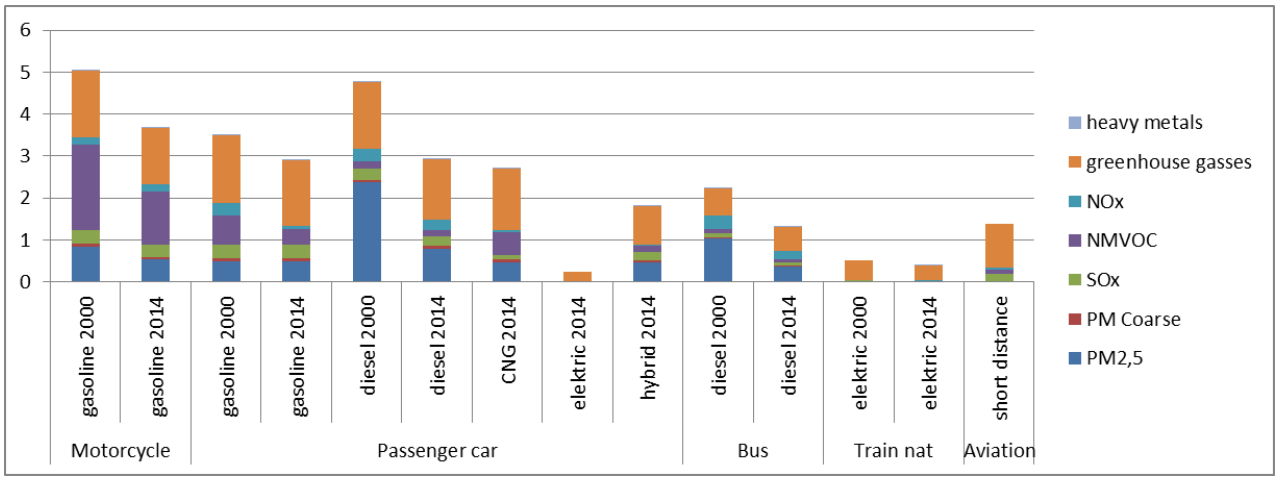
For freight transport it is clear that road transport performs worse than rail, inland waterways and maritime transport (Figure 9 and Figure 10). There are two reasons for this. Firstly, congestion plays an important role in the external costs of road modes. This is not the case for the other modes. For heavy duty vehicles the marginal external congestion costs represented 55 % to 64 % of the total external costs in 2014; in 2000 this was only one third. Secondly, the very low loading factors for road play a negative role in the comparison. The loading factor for road is below 50 %, whereas a loading factor of 71 % is assumed for inland waterways and maritime transport.

Per tonne-km the light duty vehicle performs worst due to its low occupancy rate. For this mode, the decrease in accident and environmental costs is notable. This decrease dominates the increase in congestion costs. For heavy duty vehicles between 3.5 and 12 t the marginal external costs increase due to the increase in congestion; for heavy duty vehicles >12 t this increase is compensated by the improved environmental performance. The heavy duty vehicle >12t and short-haul aviation have comparable marginal external costs. Aviation is outperformed by shipping. Electric rail has the lowest marginal external costs.

Figures 11 and 12 below focus on the different environmental costs of the different passenger and freight modes. Figure 11 shows the marginal environmental costs per pollutant for the year 2000 (when available) and 2014 for passenger transport. In absolute terms, the marginal environmental costs decreased for each vehicle type, inter alia, as a consequence of the stricter emission legislation for new vehicles. The fuel use and hence the CO_2 emissions also decreased for most vehicle types. This figure clearly shows the importance of the costs linked to greenhouse gases. Due to the relatively high valuation, they represent about half of the total environmental costs in most cases in 2014. In 2000 the diesel car had much higher environmental costs than the gasoline car. However, by 2014 this difference is almost non-existent. This is due to the very sharp decline in $PM_{2,5}$ emissions – a pollutant with a relatively high valuation. For gasoline cars we mainly see a decrease of NMVOC. Note that CNG cars do not perform much better than the classical gasoline and diesel cars. For buses we see a strong improvement over time, in particular for $PM_{2,5}$. Per passenger-km the bus outperforms the passenger car – with the exception of the electric car.

Comparing the different modes, the motorcycle has the highest marginal external environmental cost per passenger-km in 2014. Next are the passenger cars using conventional fuels. Of the passenger cars using alternative fuels, the electric car performs better than all other modes. Aviation and buses have a similar level of environmental costs.

Figure 11: Marginal external environmental costs of passenger transport (euro per passenger km) – per pollutant. Source: TML

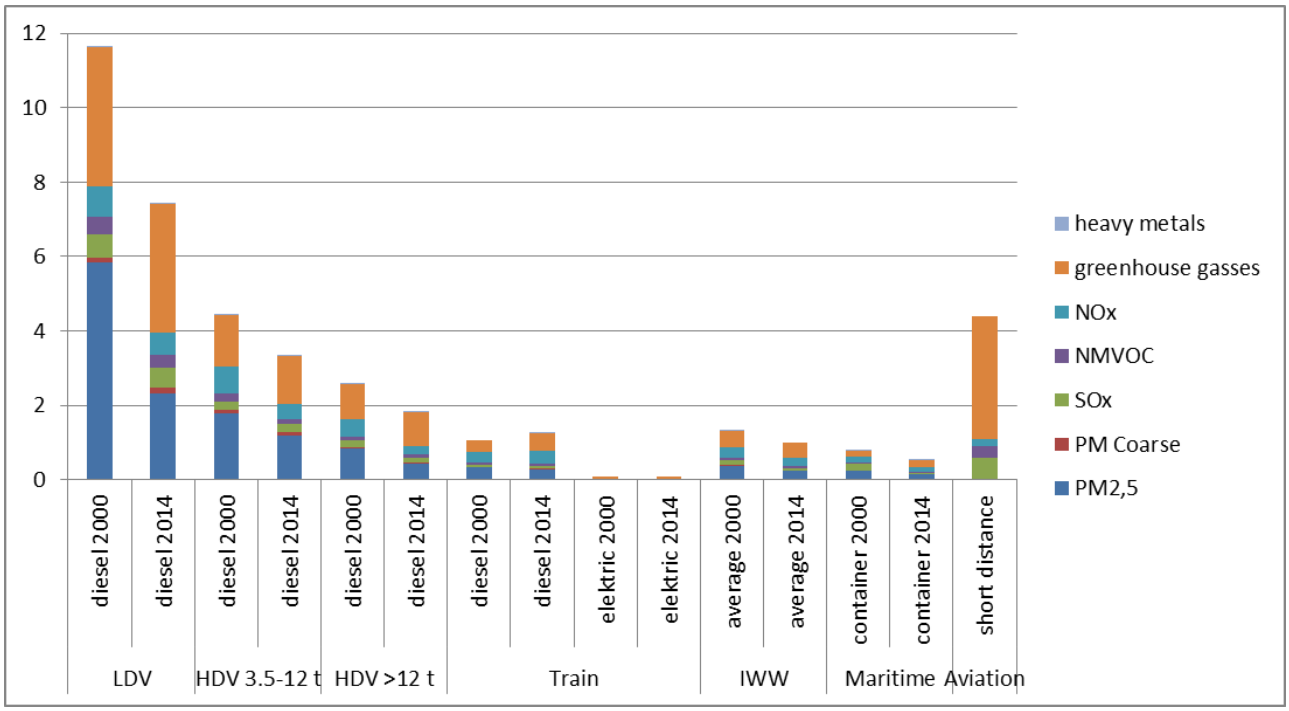


PM coarse= PM_{10}-$PM_{2,5}$

For freight transport, and especially for the non-road modes, the marginal environmental costs account for a much larger part of the total external costs. For most modes the marginal environmental costs decreased between 2000 and 2014. For freight transport using road and inland waterways, the most important pollutants are $PM_{2,5}$, CO_2 and NO_x . Due to the use of heavy maritime fuels, the emissions of SO_2 and $PM_{2,5}$ are the most important – especially in the earlier years, next to NO_x and CO_2 in maritime transport. In the valuation of the emissions of maritime transport, we did take into account that emissions on sea have a lower impact and hence lower damage costs. For aviation, the most important element is the emissions of greenhouse gasses.

In 2014 the electric train has the lowest marginal environmental costs, followed by shipping. The diesel train slightly outperforms the heaviest duty truck and due to economies of scale the heavy duty trucks outperform the light duty trucks. Aviation scores better than light duty trucks but worse than heavy duty trucks.

Figure 12: Marginal external environmental costs of freight transport (euro per tonkm) – per pollutant. Source: TML



PM coarse= PM_{10} - $PM_{2,5}$

How are private costs and taxes calculated?

Even today the user already pays for the use of transport modes. Transport is not for free. There are costs for the user, the so-called private costs (such as the cost of a train or bus fee, fuel costs, vehicle purchase costs, insurance costs, etc.) and there are taxes and levies.

For *road transport* the costs are calculated in great detail, distinguishing between fuel costs, costs and subsidies when purchasing a vehicle (purchase costs, VAT and taxes), and yearly costs such as the road tax, maintenance, insurance and the Eurovignet (replaced by the kilometre charge in 2016). Figures 13, 14 and 15 below show the private costs distinguishing between net costs (purchase cost, maintenance, etc. including labour taxes) and taxes (including VAT).

It is clear that electric vehicles are still expensive. Disregarding this type of vehicles, we see that the user pays between 12 and 32 euros per 100 passenger kilometres. The purchase costs and the VAT have the largest share in the total costs a car user has to pay. The difference in purchase price per kilometre is mainly determined by the differences in the number of kilometres people drive with their car. On average, the absolute purchase costs are higher for diesel cars than for gasoline cars, but this is compensated by the fact that diesel cars drive more kilometres due to the lower fuel costs.

Riding a motorbike is more expensive than a car with a cost of about 71 euros per 100 kilometres. The tax level is about the same, but the purchase cost and insurances per kilometre are higher for the motorbike rider.

Taking into account the subsidies, the costs for buses is about -9.18 euros per 100 passenger kilometres. This indicates that buses are over-subsidised as the subsidies are higher than the costs.

For *rail* we calculated the costs in detail. Passenger transport via rail only pays 6 % VAT. The difference with the normal VAT rate of 21 % is considered to be an indirect subsidy and hence is added to the other subsidies. It is clear from this picture that rail is heavily subsidized.

Figure 13: Total price per passenger km in 2014, passenger modes, in constant prices euro$_{2015}$. Source: TML

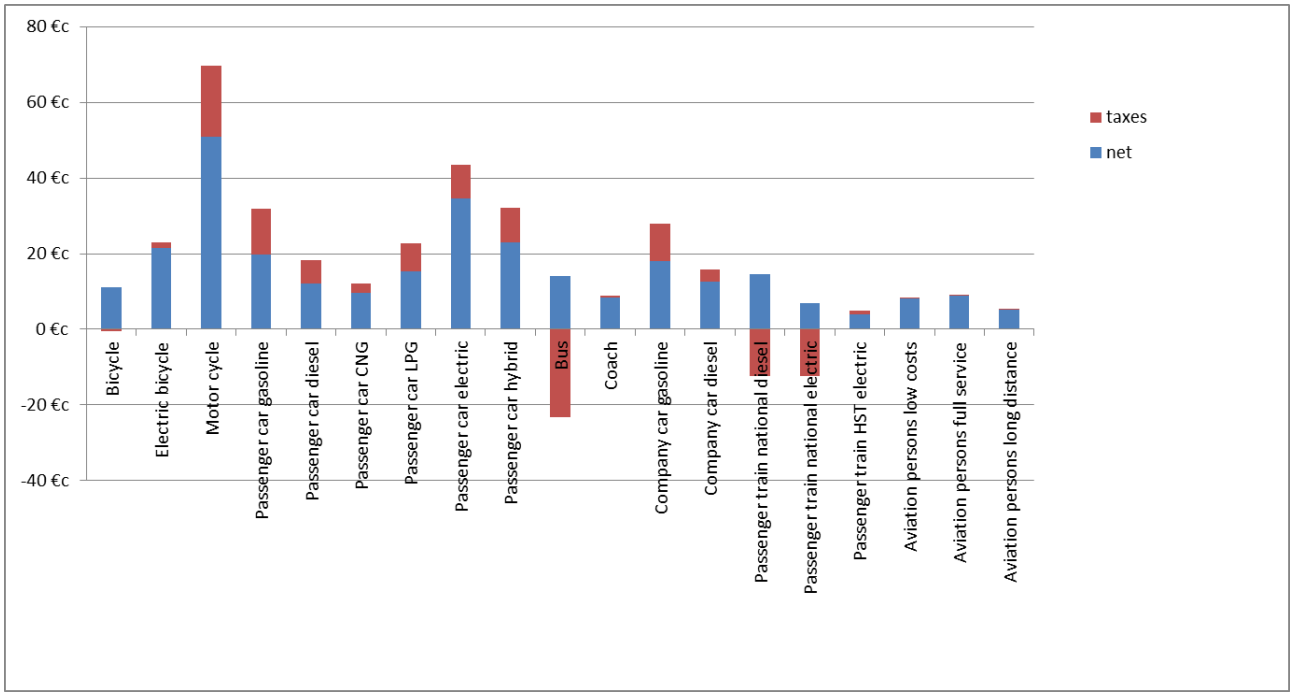


Figure 14 below shows the net costs (including labour taxes) and the transport taxes (including VAT) of freight transport per 100 tonne-km. In Figure 15 we zoom in on the same graph. The cost or road freight transport varies between 11 and 140 euros per 100 tonne-km. For road freight the most important cost element are the labour costs and labour taxes (varying from 37 % of total costs for the heaviest duty vehicle and about 70 % for the light duty vehicle). For freight transport the cheapest mode per tonne-km is maritime shipping (with the exception of RoRo), followed by the larger inland waterway vessels.

For *inland waterways* the costs for three types of vessels were calculated: “spits”, a “European Ship” and a large cargo ship. We distinguished between fixed costs (personnel costs, costs for maintenance and repair, etc.) and the variable costs such as energy and taxes. The most important costs for inland waterways are the fuel costs and the personnel costs.

For *maritime shipping* we distinguish between three types of vessels: RoRo, container and bulk. For the costs we distinguish between personnel costs, insurance costs, maintenance and repair costs, port costs, fuel costs, etc. For maritime transport we see more variation with respect to the most important cost categories. Important cost components are again the fuel costs, the capital costs (depreciation and interest costs) and the personnel cost.

For *aviation* we distinguish between short and long hauls. With respect to the costs we distinguish between purchase/leasing cost, costs of air traffic control, take-off fees, passenger fees, maintenance, ground services, fuel costs and personnel costs.

Figure 14: Total price per tonkm in 2014, freight modes, in constant prices euro$_{2015}$. Source: TML

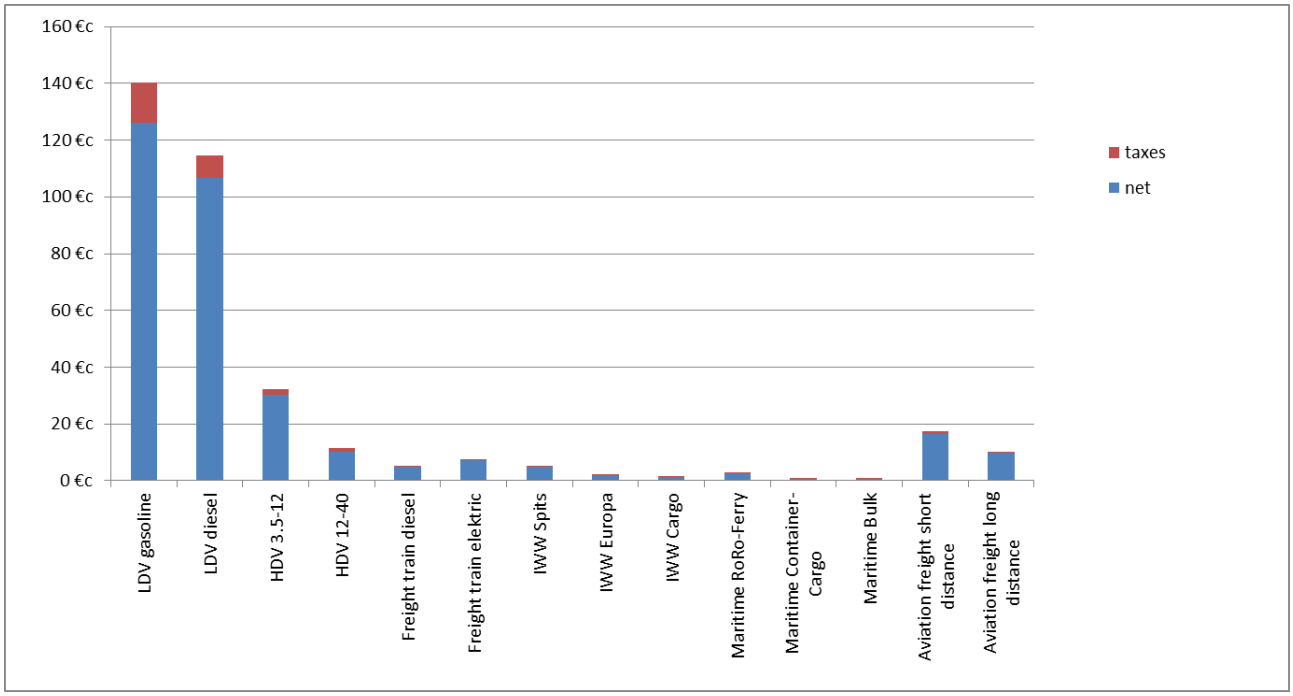
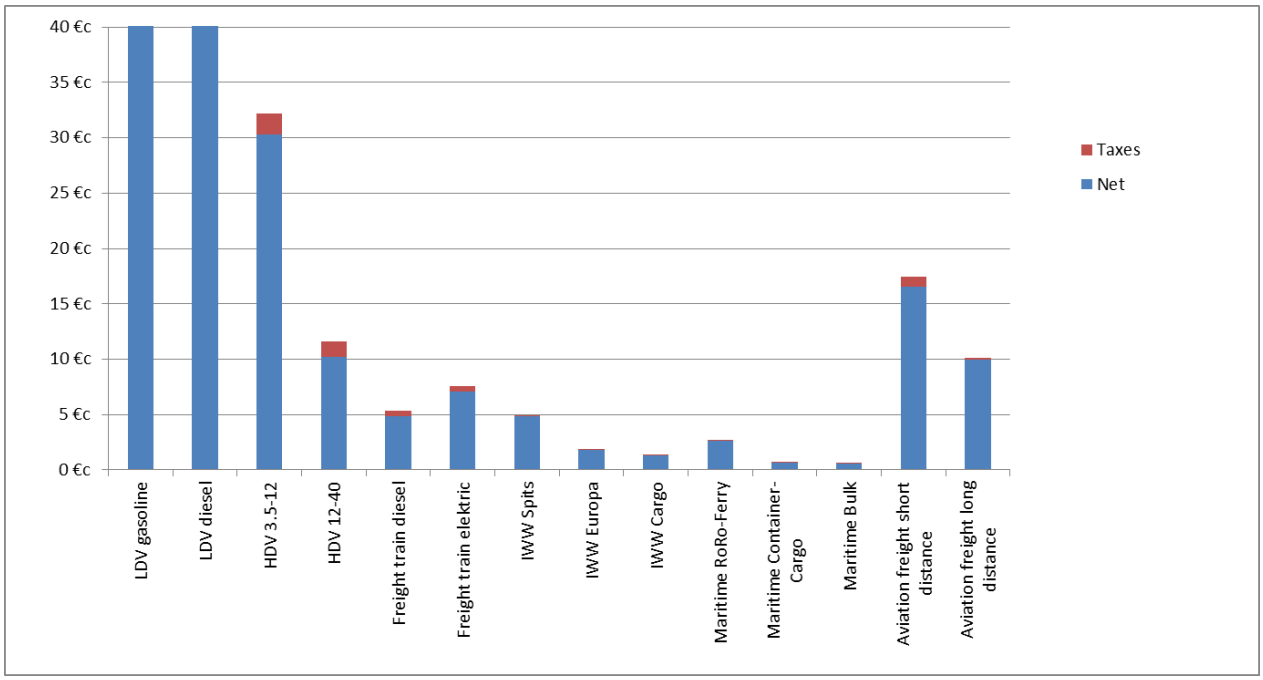


Figure 15: Total price per tonkm in 2014, freight modes - zoom, in constant prices euro$_{2015}$. Source: TML



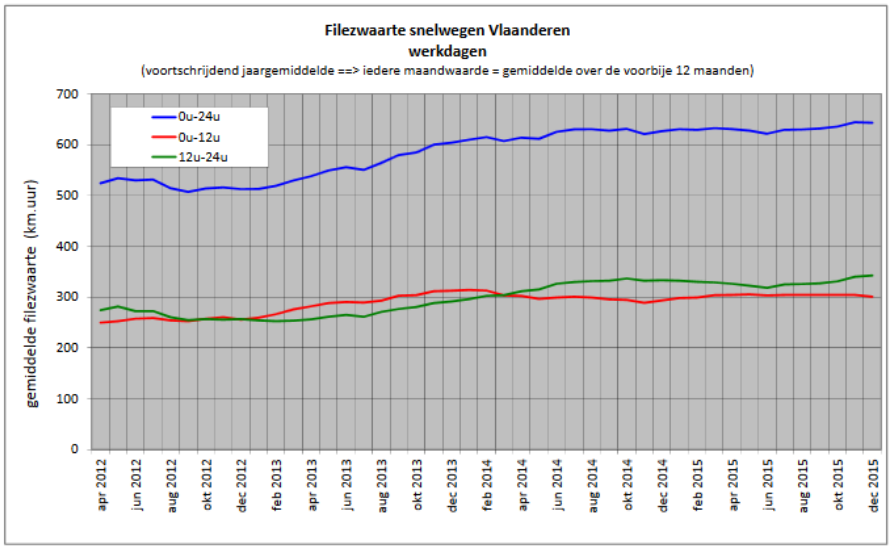
1 OPZET VAN DE STUDIE

1.1 Achtergrond

Het MIRA-onderzoeksrapport "Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen" (2010)[9] maakte een inschatting van de private en externe kosten van transport voor de periode 2000-2008, alsook van de mate van internalisering. Zes jaar na datum is het echter tijd voor een update van dit rapport. Er zijn hiervoor verschillende redenen:

- De verkeersintensiteit van wegtransport is toegenomen, wat tot nog meer congestie heeft geleid[10] zoals blijkt uit onderstaande figuur.

Figuur 16: Filezwaarte snelwegen Vlaanderen. Bron: Vlaams Verkeerscentrum (2016)



- Technische evoluties hebben gezorgd voor verbeteringen op vlak van milieu en verkeersveiligheid.
- Er zijn veranderingen in de taxatie en beprijzing van verschillende modi , bv. vernieuwde berekening van de Belasting op Inverskeersstelling (BIV) vanaf maart 2012.
- "Nieuwe" modi zoals de elektrische fiets winnen aan populariteit.
- Meer informatie is beschikbaar om nu ook luchtvaart mee op te nemen en zo de lijst van modi te vervolledigen.

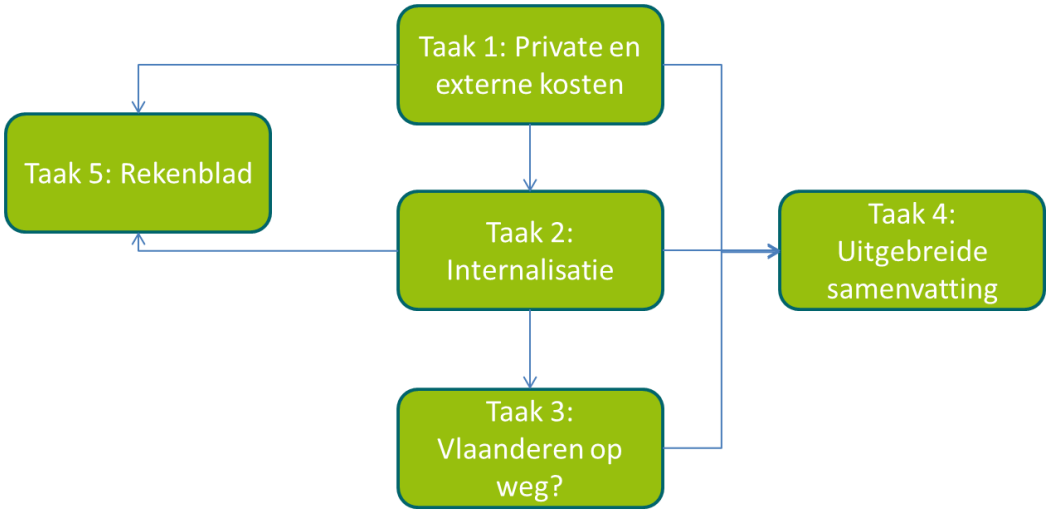
Daarnaast worden de cijfers uit het vorige rapport ook in ander werk gevraagd en is er van daar ook een vraag naar meer recente tijdreeksen.

[9] http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/sectoren/transport/
[10] Vlaams Verkeerscentrum (2016) Rapport Verkeersindicatoren Hoofdwegennet Vlaanderen 2015. http://www.verkeerscentrum.be/verkeersinfo/verkeersindicatoren/jaarrapport-2015-160302

1.2 Plan van aanpak

Ons plan van aanpak voor deze studie omvat vijf stappen of taken. Onderstaande figuur toont hun onderlinge samenhang. In een eerste taak berekenen we de private en externe kosten voor zowel goederen- als personenvervoer voor de verschillende modi voor de periode 2000-2014. Taak 2 gaat daarna de graad van internalisatie na. Dit wil zeggen: in hoe verre dekken de transportbelastingen de externe kosten af. Beide taken worden uitgewerkt in een rekenblad waarin de bronnen en berekeningen duidelijk te volgen zijn (Taak 5). Gegeven deze berekeningen gaan we dieper in op de evolutie over de tijd en gaan we na hoe de graad van internalisatie evolueert over de tijd (Taak 3). Is Vlaanderen op weg naar het principe "de vervuiler betaalt"? Wat was het effect van de maatregelen genomen in 2016? Welke stappen zijn nodig om te komen tot een betere beprijzing? Dit alles wordt tot slot uitgebreid samengevat (Taak 4).

Figuur 17: Plan van aanpak



De vervoerswijzen die worden behandeld zijn:

- Wegtransport (motorfiets, personenwagen, bestelwagen, vrachtwagen, bus)
- Spoor
- Binnenvaart
- Zeevaart
- Fietsen (gewone en elektrische)
- Luchtvaart

Binnen deze modi zullen we – waar relevant – werken met verschillende subtypes (naar brandstof, tijdstip, wegtype, etc.), echter wel beperkter dan in de vorige studie om de grote lijnen beter duidelijk te maken. Dit is vooral voor goederentransport het geval. Daarnaast werpen we ook een blik op 2016. In 2016 werden immers een aantal fiscale aanpassingen doorgevoerd zoals de kilometerheffing voor vrachtwagens, aanpassingen in accijnzen, verkeersbelasting en subsidies voor elektrische voertuigen.

1.3 Verschil met de vorige studie

Daar waar mogelijk vertrekken we van de methodologieën zoals gebruikt in de vorige studie. Waar relevant (bv. door recent onderzoek) kunnen we er ook van afwijken. De belangrijkste verschillen, naast de evidente update wat de jaarreeks en prijspeil betreft, met de vorige studie zijn:

1. Opnemen van de modi luchtvaart en elektrische fiets.
2. Minder onderverdeling binnen 1 modus (bijvoorbeeld 1 type vrachtwagen in plaats van 3, geen onderscheid familieschip bij binnenvaart). We focussen op het grotere plaatje waarbij kaderstukken zorgen voor verdieping waar relevant.
3. Update van de gebruikte waarderingen.
4. Update van de congestiecurves.
5. Andere brondata voor de berekening van de emissies.
6. Het opnemen van de indirecte emissies.

Merk op dat alle berekeningen opnieuw werden gedaan. Ook voor de cijfers 2000-2008 zullen er dus verschillen zijn met het vorige rapport. Meer uitleg over de verschillen is terug te vinden in bijlage 3.

2 PRIVATE KOSTEN

Het doel van dit hoofdstuk is om voor de verschillende modi de private kosten, dus de prijs die de gebruiker betaalt, te berekenen voor de jaren 2000 tot en met 2016. De prijs van de private kosten wordt uitgedrukt als een gemiddelde prijs van een voertuigkm. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar vaste en variabele kosten voor de eindgebruiker.

In deze analyse maken we steeds een onderscheid tussen personen- en goederenvervoer. De relevante modi zijn het wegvervoer, spoorvervoer, binnenvaart, zeevaart, fietsen en luchtvaart.

We bekijken 33 voertuigtypes:

- Fietsen: 2
- Motorfiets: 1
- Personenwagens: 8
- Vrachtwagens: 4
- Bussen: 2
- Spoor: 5
- Binnenvaart: 3
- Scheepvaart: 3
- Luchtvaart: 5

2.1 Voertuigtypes

In dit hoofdstuk worden de gebruikskenmerken en assumpties voor elk van de 33 voertuigtypes weergegeven.

- Beschrijving voertuigtype.
- Beschrijving motor- en brandstoftype.
- Overige kenmerken indien van toepassing.
- Voertuigenparken: omrekenen van cijfer voor heel Vlaanderen naar cijfers per voertuig.
- Jaarlijkse km per voertuig: omrekenen van jaarlijkse kosten naar kosten per km.
- Jaarlijkse km per voertuigtype: dit volgt uit de omvang van het voertuigenpark en het aantal km per voertuig. Het cijfer geeft een idee van de totale druk die het voertuigtype op het verkeer legt.
- Levensduur en totaal aantal km gedurende de levensduur: omrekenen van eenmalige kosten bij aankoop naar kosten per km.
- Snelheden: omrekenen van kosten per uur naar kosten per km.

2.1.1 Fiets traditioneel

Dit is een klassieke fiets voor volwassenen. Kinderfietsen worden niet meegerekend, elektrische fietsen zijn een ander voertuigtype.

Het voertuigenpark van fietsen is niet exact gekend. We weten wel hoeveel fietsen de huishoudens bezitten, op basis van de huishoudbudgetenquête[11]. Die geeft het aantal fietsen (excl. kinderfietsen) dat een gemiddeld gezin bezit, per gewest. Er zijn enkel cijfers beschikbaar voor 1999-2010. Door te vermenigvuldigen met het aantal huishoudens in Vlaanderen werd het aantal fietsen in Vlaanderen verkregen. Voor de cijfers voor het aantal fietsen voor 2011-2016 werd de lineaire trend van 2000-2010 overgenomen. Deze cijfers omvatten het totaal aantal fietsen. Om het aantal traditionele fietsen te verkrijgen, werd het aantal elektrische fietsen (zie volgende paragraaf) afgetrokken. Hoewel de totale trend in fietsen stijgend is, daalt het aantal traditionele fietsen de laatste jaren ten voordele van de elektrische fietsen.

Tabel 1: Totaal aantal fietsen (zowel traditioneel als elektrisch) per huishouden en aantal huishoudens in Vlaanderen. Bron van beide: Huishoudbudgetenquête, FOD Economie, 1999-2010, op 1 januari van het betreffende jaar

	Aantal fietsen per huishouden	Aantal huishoudens	Aantal fietsen
2000	1,913	2.395.748	4.581.900
2001	1,980	2.415.865	4.782.426
2002	2,051	2.436.662	4.997.311
2003	2,020	2.460.146	4.968.335
2004	2,083	2.482.343	5.171.912
2005	2,133	2.503.846	5.341.309
2006	2,139	2.527.984	5.406.617
2007	2,077	2.552.779	5.302.694
2008	2,050	2.580.049	5.289.205
2009	2,068	2.605.076	5.387.528
2010	2,224	2.629.734	5.848.911
2011 (trendlijn)			5.763.535
2012 (trendlijn)			5.859.304
2013 (trendlijn)			5.955.073
2014 (trendlijn)			6.050.842
2015 (trendlijn)			6.146.611
2016 (trendlijn)			6.242.379

Volgens het Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (2007-2012) rijdt de gemiddelde Vlaming zo'n 1,565 km per dag met de fiets tussen 2007 en 2012 (Tabel 2). Omgerekend naar het aantal fietsen per Vlaming (gemiddeld 0,91) betekent dit dat elke fiets jaarlijks 625,2 km aflegt. Dit cijfer is wat lager dat wat een Nederlandse studie[12] suggereert, namelijk 936 per jaar of 2,57 km per dag. Omdat het Vlaamse cijfer wellicht een onderschatting is – in het OVG houdt men alleen rekening met de fiets als hoofdvervoersmiddel – nemen we het Nederlandse cijfer over.

[11] Huishoudbudgetenquête, FOD Economie, 1999-2010.
[12] CBS – Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OViN) 2012.

Tabel 2: Aantal km per dag per Vlaming, fiets als hoofdvervoermiddel. Bron: Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (OVG)

Jaar	Aantal km per fiets (als hoofdvervoermiddel)
2000	0,405
2007	1,763
2008	1,687
2009	1,650
2010	1,466
2011	1,322
2012	1,501
gemiddelde 2007-2012	1,565

Nederlandse cijfers[13] suggereren een levensduur van 8 jaar voor een eenvoudige fiets. In de studie TML (2014)[14] werd een enquête gehouden bij Brusselse functionele fietsers. Zij rapporteerden een levensduur van 7,3 jaar. We gebruikten 8 jaar en veronderstellen dat dit cijfer constant blijft over de tijd. De gemiddelde snelheid werd 15 km/u verondersteld. Dit cijfer heeft geen invloed op de berekening van de kosten.

2.1.2 Fiets elektrisch

Een elektrische fiets is een fiets met trapondersteuning en een batterij die wordt opgeladen op het elektrische net voor consumenten. Opnieuw beschouwen we enkel fietsen voor volwassenen.

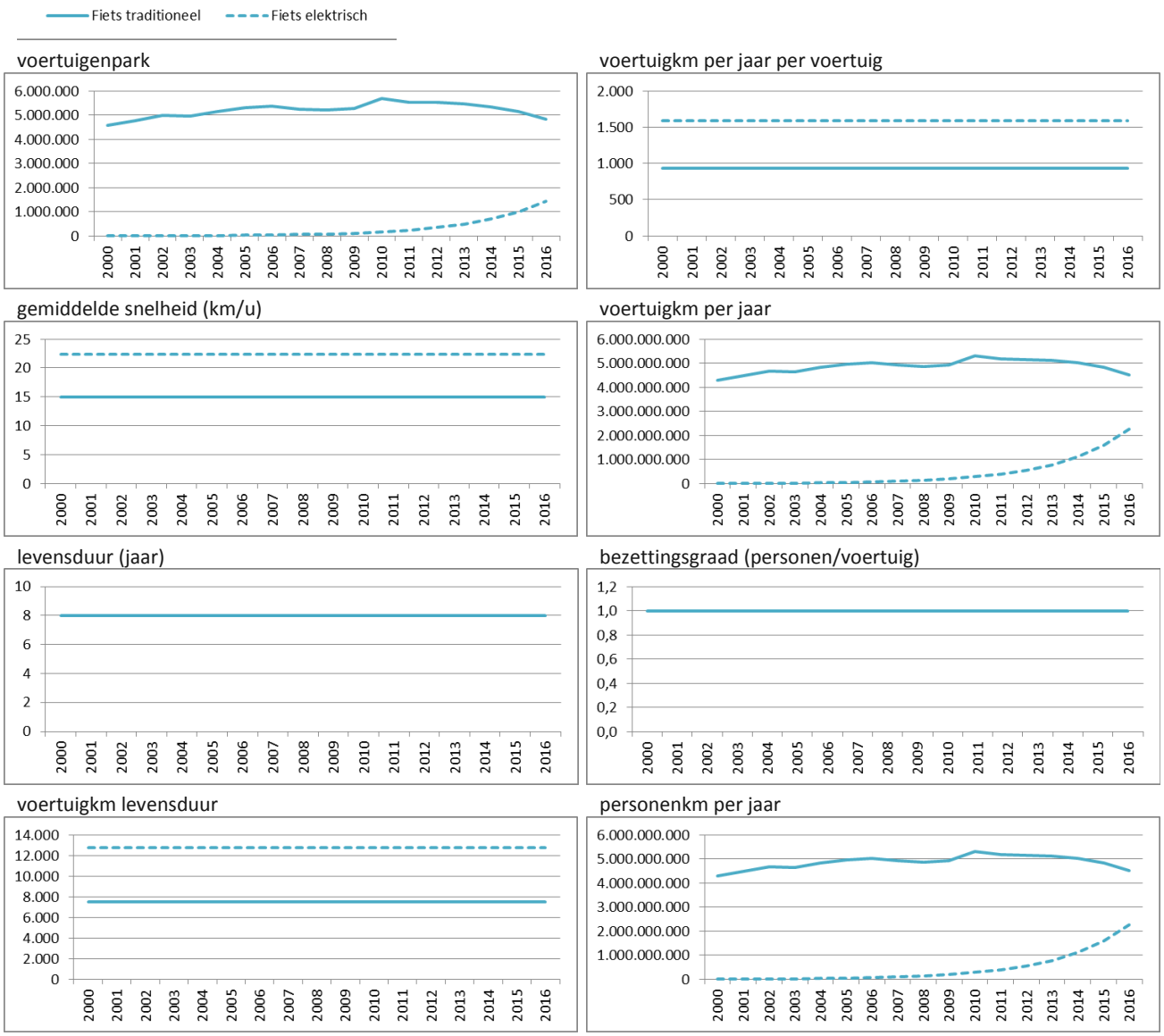
Er zijn slechts weinig bronnen die een beeld geven van het voertuigenpark van elektrische fietsen. De beurs Velofolies geeft verkoopcijfers voor 2014 en 2015: resp. 23,03 % en 31,40 % van de nieuw verkochte fietsen zijn elektrisch. Zij schatten het aandeel in het voertuigenpark op 11,6 % in 2015, wat exact hetzelfde cijfer is als wat de CROW[15] rapporteert voor Nederland in 2015. De CROW[16] toont verder aan dat de verkoop exponentieel stijgt. We veronderstelden een groei vanuit 0 % in 2000 naar 11,65 % 2016 die een exponentieel verloop kent.

Volgens een Nederlandse studie[17] rijdt een elektrische fiets 1,7 keer zo'n lange afstand als een traditionele fiets (31,3 km versus 18 km per week). Dit cijfer werd berekend op basis van de data uit fietscomputers. Deze factor werd gebruikt om de jaarlijkse km voor elektrische fietsen in te schatten op basis van de jaarlijks afgelegde afstand voor gewone fietsen (936 km). Zo komen we tot een jaarlijks afgelegde afstand van 1.591 km per jaar.

[13] TNO (2010) Fietsen is groen, gezond en voordeling – 10 argumenten om (meer) te fietsen.
[14] TML (2014) Impact en potentieel van fietsgebruik voor de economie en de werkgelegenheid in het Brussels Gewest. De directe en indirecte effecten van fietsgebruik in 2002, 2012 en 2020.
[15] CROW is een Nederlands kennisplatform. De naam CROW is oorspronkelijk een afkorting van Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek. Die naam dekte de lading niet meer toen de organisatie steeds meer een kennisplatform werd. Daarom is CROW niet langer een afkorting, maar een eigennaam.
[16] CROW, Fietsberaad publicatie 24, 2013 "Feiten over de elektrische fiets".
[17] CROW, 2012.

De levensduur van een elektrische fiets (inclusief de batterij) werd hetzelfde verondersteld als die van een traditionele fiets: 8 jaar. Voor de gemiddelde snelheid werd 22,4 km/u genomen, zoals uit de enquête[18] bij fietspendelaars van Mobiel21 blijkt. Dit cijfer heeft geen invloed op de berekening van de kosten.

Figuur 18: Kengetallen fiets traditioneel en elektrisch



[18] Het e-fietspotentieel. Resultaten online-bevraging e-fietspendelaars, 7 juli 2014 (v2) (Mobiel21)

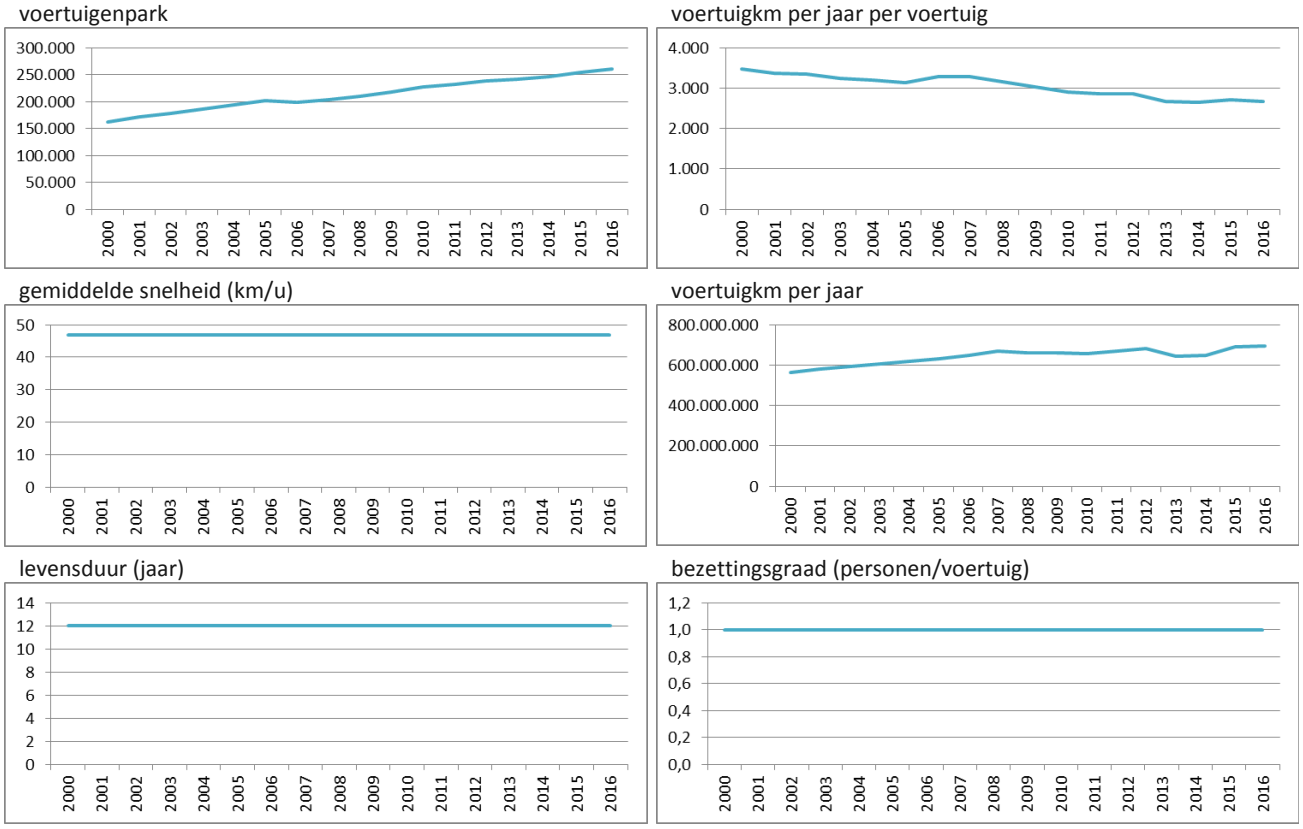
2.1.3 Motorfiets benzine

Dit gaat over motorfietsen, bromfietsen worden in deze studie niet behandeld. Een motorfiets is elk tweewielig motorvoertuig met een cilinderinhoud van meer dan 50 cm³ en/of het voertuig kan sneller rijden dan 45 km/h op een horizontale weg[19].

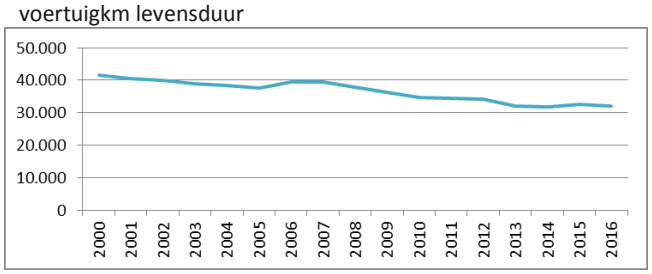
Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de Vlaamse Emissie-Inventaris lucht (VMM) na post-processing voor 2000-2014. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend.

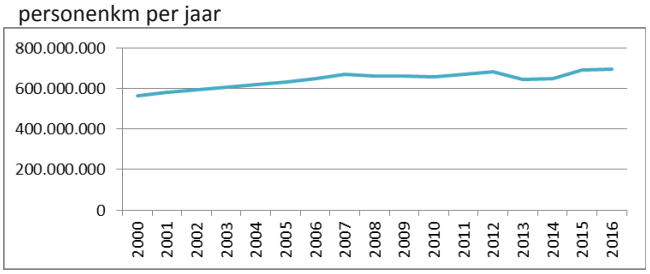
Voor de levensduur werd 12 jaar[20] verondersteld, constant over de tijd. Dit is in lijn met de studie uit 2010. Voor de gemiddelde snelheid werd 46,8 km/u genomen, hetzelfde als voor personenwagens. Dit bij gebrek aan specifieke data voor motorfietsen.

Figuur 19: Kengetallen motorfiets benzine



[19] Bron: Gratis Rijbewijs Online - http://www.gratisrijbewijsonline.be/theorie/leerstof-rijbewijs-am/verschil-klasse-a-klasse-b
[20] Bron: TREMOVE model. www.tremove.org





2.1.4 Personenwagens benzine en diesel

Hieronder worden de personenwagens besproken die eigendom zijn van privépersonen. De personenwagens die eigendom zijn van een bedrijf vallen onder een ander voertuigtype (zie 2.1.12). Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de emissie-inventaris na post-processing voor 2000-2014. De bedrijfswagens (zie verder) zijn hier vervolgens van afgetrokken. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend.

De levensduur van een personenwagen werd verkregen uit de Febiac cijfers die zich baseren op de database van Dienst Inschrijving Voertuigen (DIV). Febiac geeft de gemiddelde leeftijd van een personenwagen in het wagenpark. We gaan er van uit dat de totale levensduur twee keer zo lang is als de gemiddelde geobserveerde leeftijd. Dit is consistent met (oudere) cijfers van Eurostat die een gemiddelde levensduur van rond de 14 jaar geven. Om het cijfer voor 2016 te verkrijgen werd lineair geëxtrapoleerd tussen 2010 en 2015. Gezien geen onderscheid gemaakt wordt naar type personenwagen, veronderstelde we deze cijfers dezelfde voor alle types.

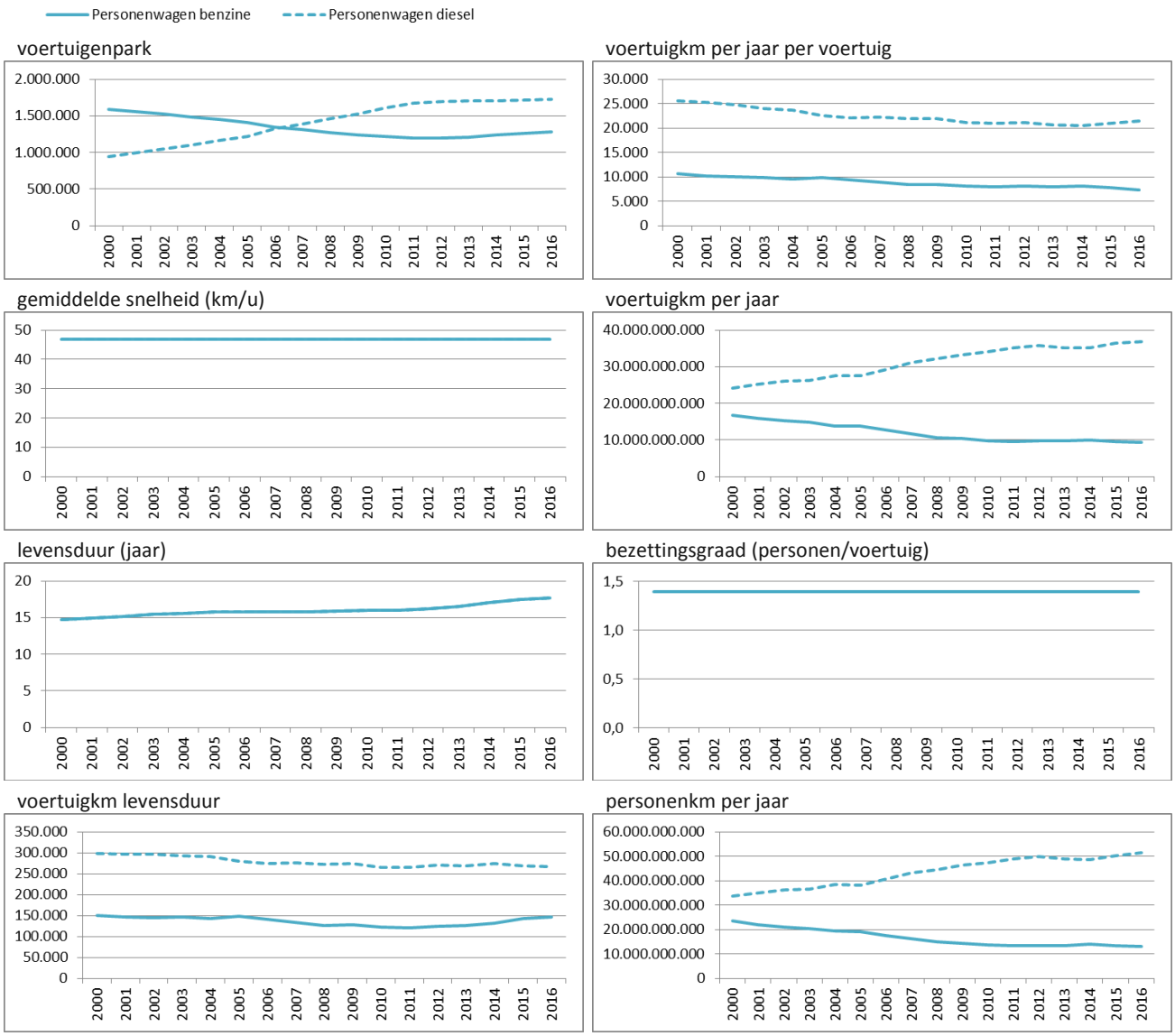
Tabel 3: Evolutie van de leeftijd van het voertuigenpark personenwagens. Bron: Febiac

	gemiddelde leeftijd	levensduur
2000	7 jaar, 4 maanden en 20 dagen	14,78 jaar
2001	7 jaar, 5 maanden en 22 dagen	14,95 jaar
2002	7 jaar, 7 maanden en 2 dagen	15,18 jaar
2003	7 jaar, 8 maanden en 22 dagen	15,45 jaar
2004	7 jaar, 9 maanden en 20 dagen	15,61 jaar
2005	7 jaar, 10 maanden en 21 dagen	15,78 jaar
2006	7 jaar, 10 maanden en 12 dagen	15,73 jaar
2007	7 jaar, 10 maanden en 20 dagen	15,78 jaar
2008	7 jaar, 10 maanden en 23 dagen	15,79 jaar
2009	7 jaar, 11 maanden en 17 dagen	15,93 jaar
2010	7 jaar, 11 maanden en 21 dagen	15,95 jaar
2011	7 jaar, 11 maanden en 23 dagen	15,96 jaar
2012	8 jaar, 1 maand en 13 dagen	16,24 jaar
2013	8 jaar, 3 maanden en 13 dagen	16,57 jaar
2014	8 jaar, 6 maanden en 5 dagen	17,03 jaar
2015	8 jaar, 8 maanden en 24 dagen	17,46 jaar

De gemiddelde snelheid werd op 46,8 km/u genomen, op basis van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG). Dit cijfer heeft geen invloed op de berekening van de kosten.

Als laadfactor werd 1,39 personen per voertuig verondersteld, de bron hiervoor is de FOD Mobiliteit. De eerdere studie uit 2010 gebruikte het cijfer 1,65. Dit cijfer heeft geen invloed op de berekening van de kosten per voertuigkm.

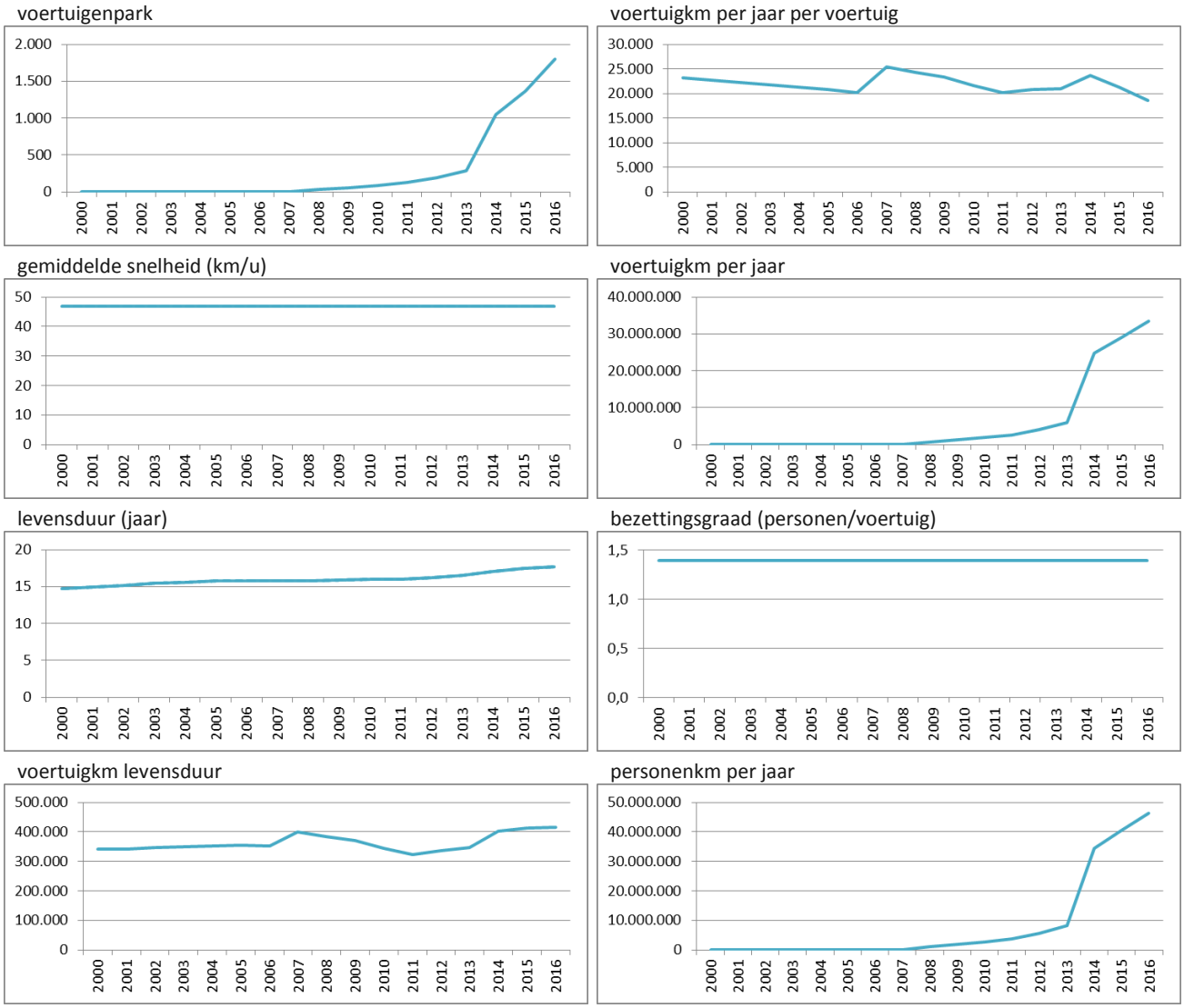
Figuur 20: Kengetallen personenwagen benzine en diesel



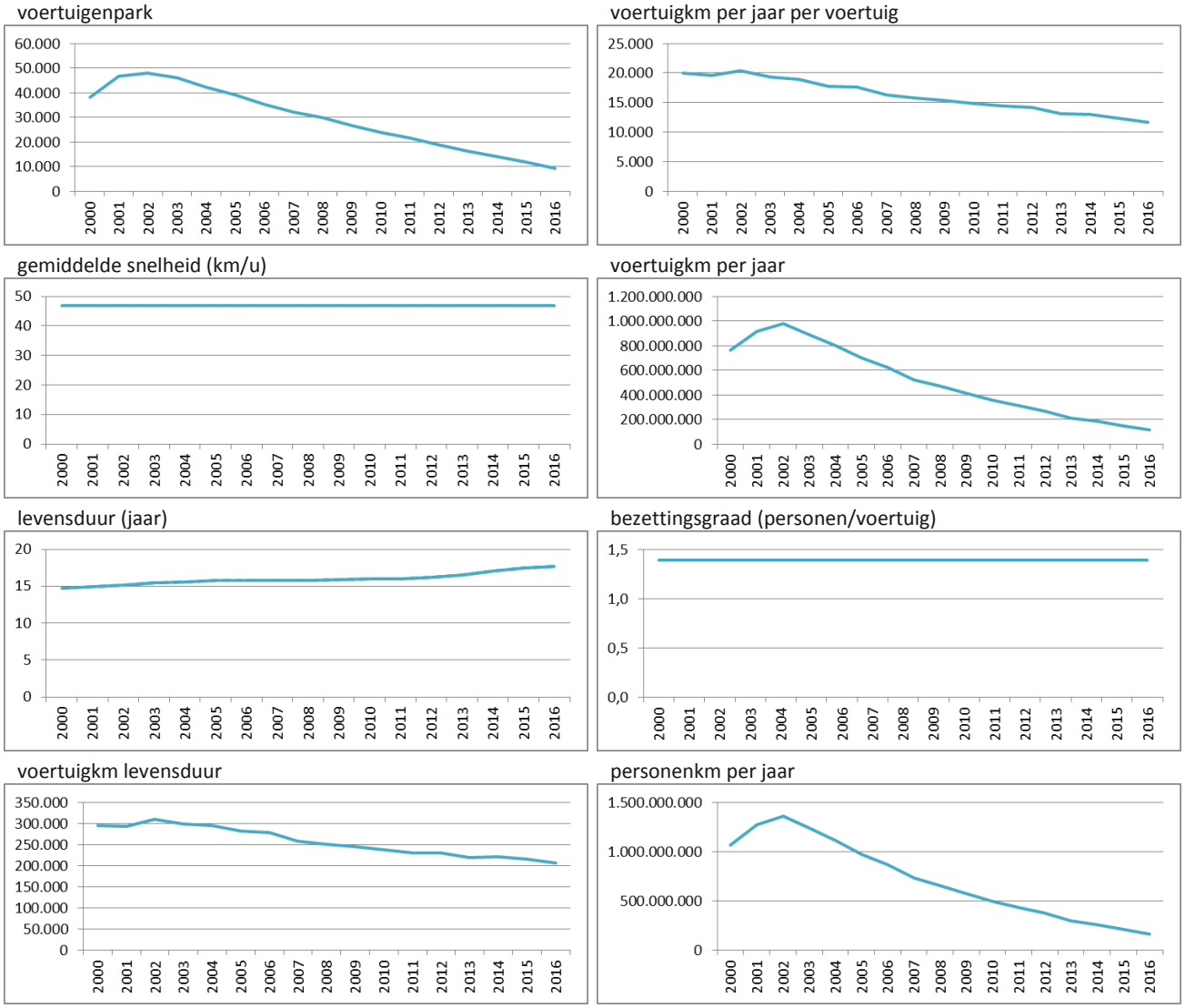
2.1.5 Personenwagens CNG en LPG

De bronnen van de cijfers en de veronderstellingen zijn dezelfde als die voor een personenwagen benzine.

Figuur 21: Kengetallen personenwagen CNG



Figuur 22: Kengetallen personenwagen LPG

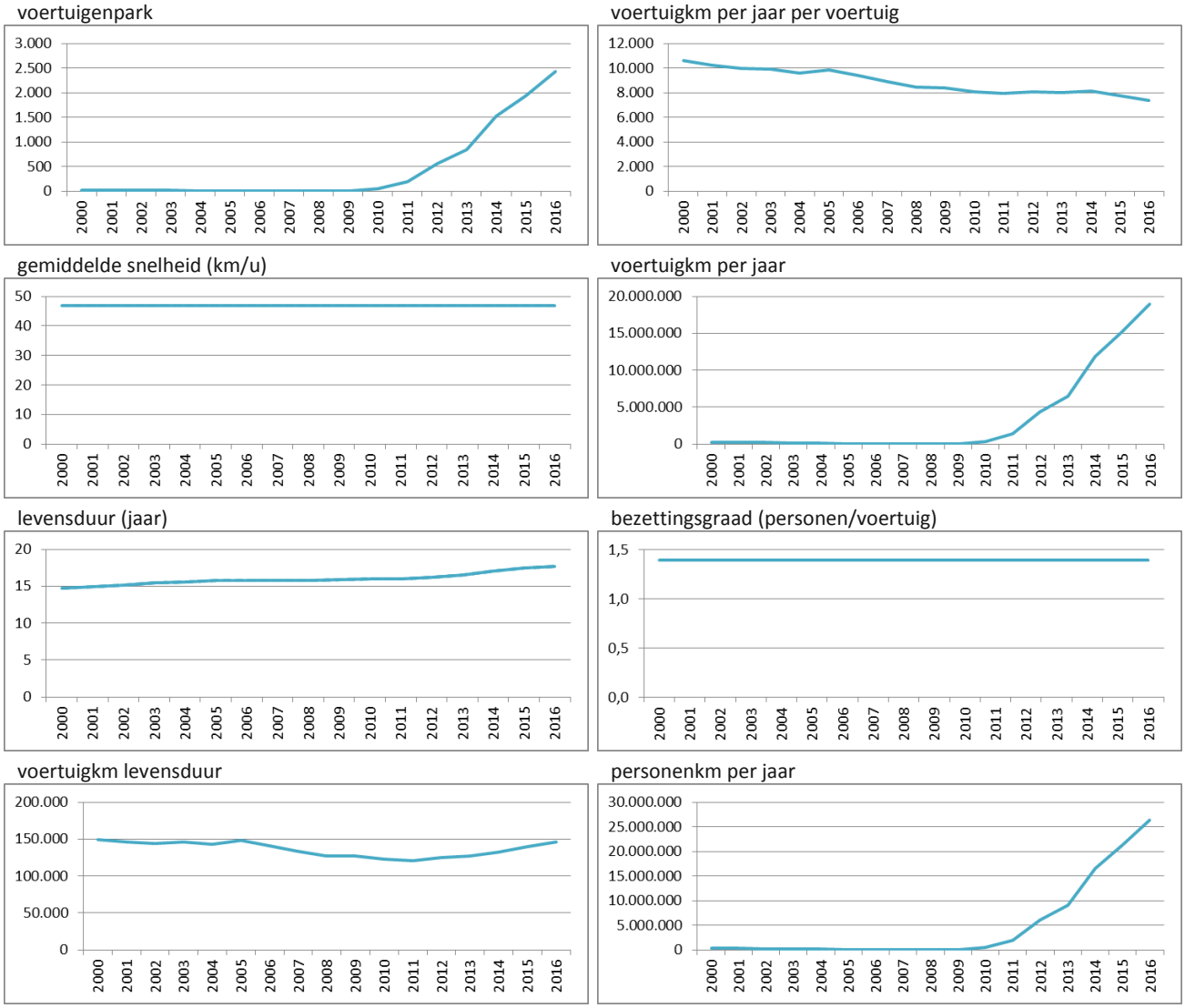


2.1.6 Personenwagen elektrisch

Hieronder worden de personenwagen opgenomen die 100% op elektriciteit rijden. Een typisch voorbeeld is een Tesla of de Nissan Leaf.

Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de Vlaamse Emissie-Inventaris lucht (VMM) voor post-processing voor 2000-2014. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend vanaf 2011. Voor alle andere cijfers gelden dezelfde bronnen als voor de andere personenwagens.

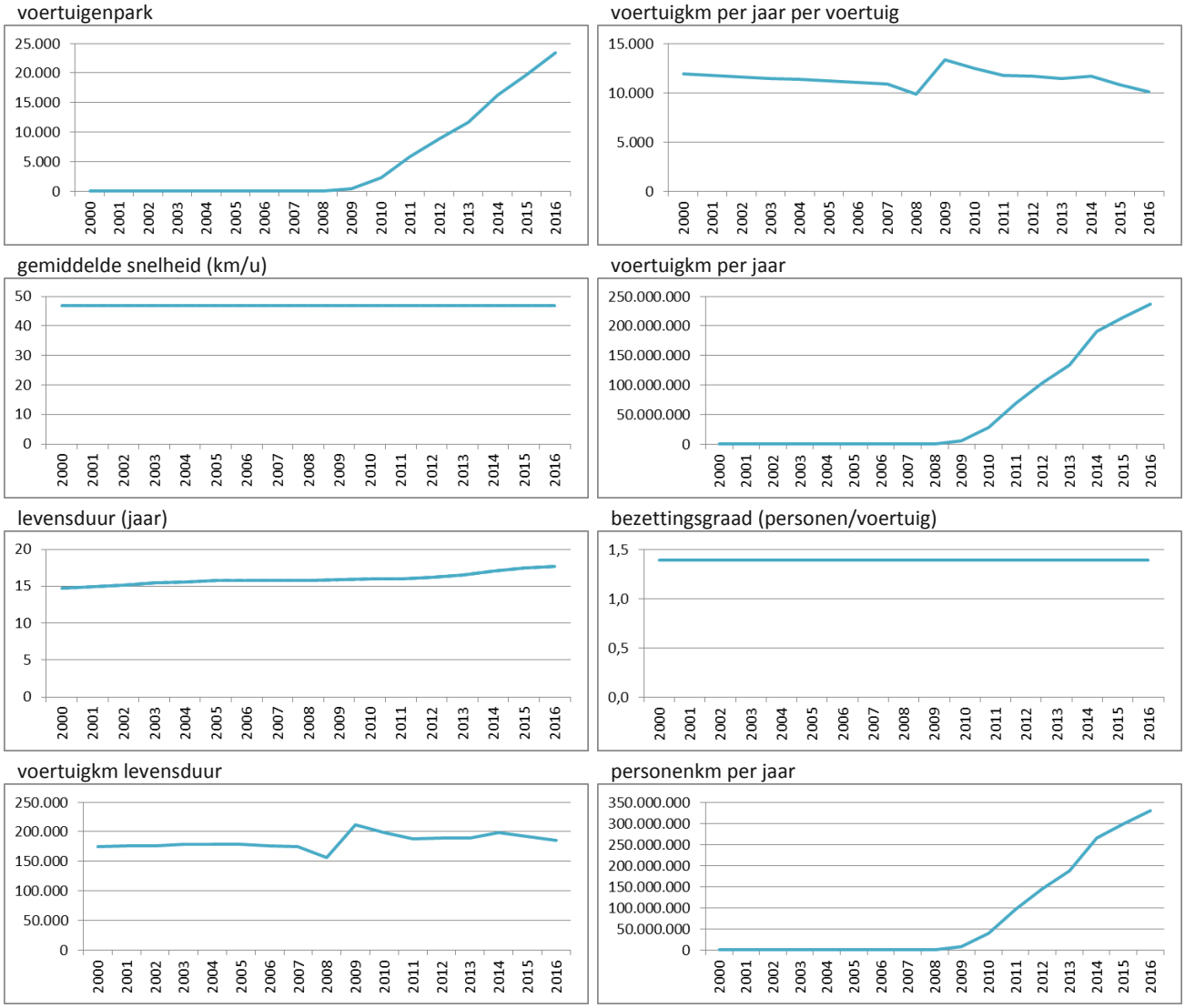
Figuur 23: Kengetallen personenwagen elektrisch



2.1.7 Personenwagen hybride benzine

Onder de 'personenwagens hybride benzine' worden de personenwagens verstaan die op benzine rijden, maar waar energie kan gerecupereerd worden via een batterij en elektrische motor. We gaan uit van een niet plug-in voertuig. Een typisch voorbeeld is een Toyota Prius. De bronnen van de cijfers en de assumpties zijn dezelfde als die voor een personenwagen benzine.

Figuur 24: Kengetallen personenwagen hybride benzine



2.1.8 Lichte vrachtwagens benzine en diesel

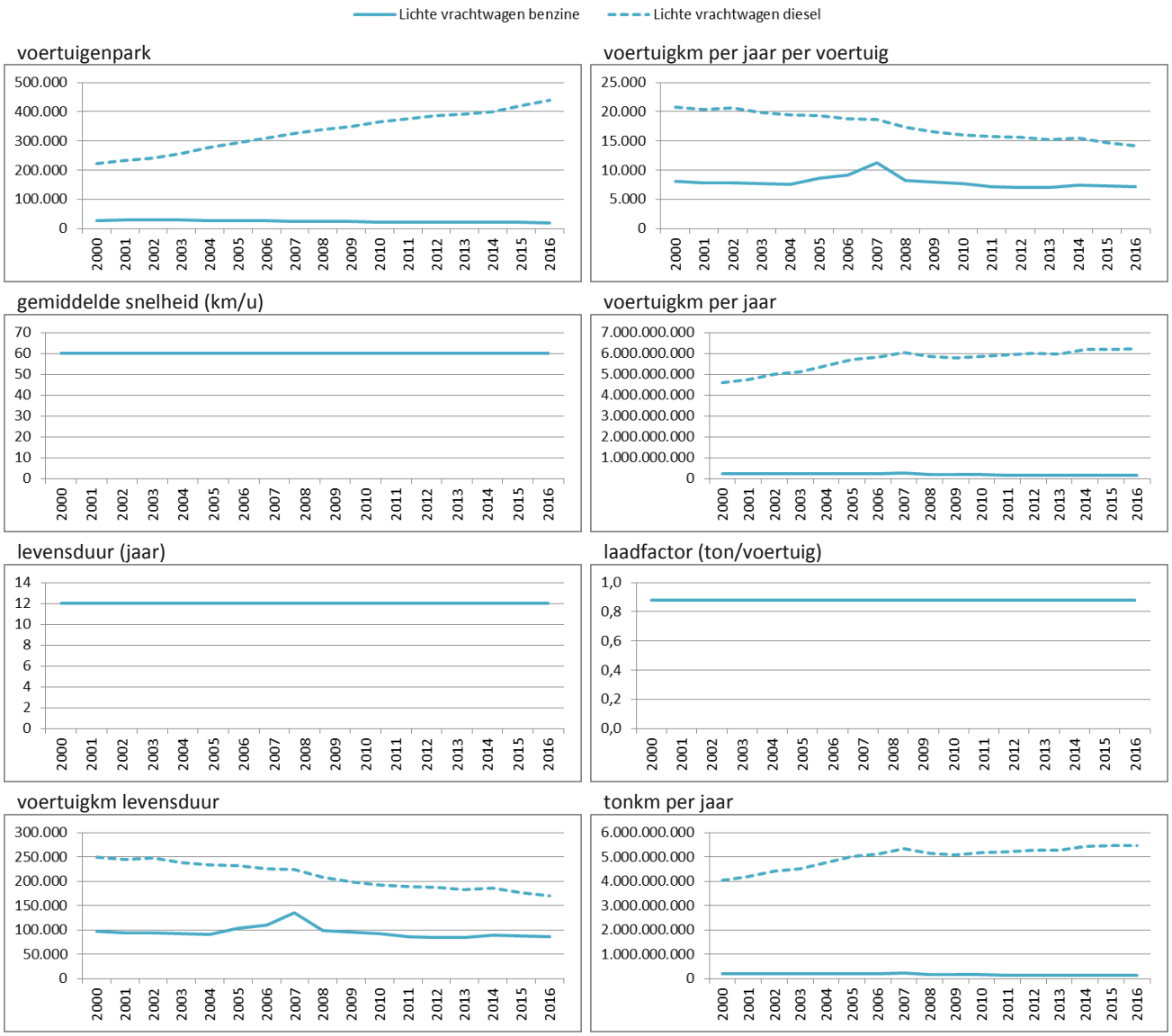
Lichte vrachtwagens zijn vrachtwagens kleiner dan 3,5 ton. Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de emissie-inventaris na post-processing voor 2000-2014. De cijfers vertonen een lichte knik rond 2007, die echter niet kan verklaard worden. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend.

De beladingsgraden voor vrachtwagens zijn berekend op basis van de COPERT- emissiefuncties, namelijk een gemiddelde belading van 50 % van de gemiddelde vrachtwagen in iedere klasse. Dit is voor een lichte vrachtwagen 0,88 ton/voertuig. Dit cijfer is identiek aan dat van de studie uit 2010.

Voor de levensduur werd 12 jaar[21] verondersteld, constant over de tijd. Dit is in lijn met de studie uit 2010.

De gemiddelde snelheid werd 60 km/u genomen, hetzelfde als in de studie van 2010. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

Figuur 25: Kengetallen lichte vrachtwagen benzine en diesel



[21] Bron: TREMOVE model.

2.1.9 Zware vrachtwagens 3,5-12 ton en 12-40 ton

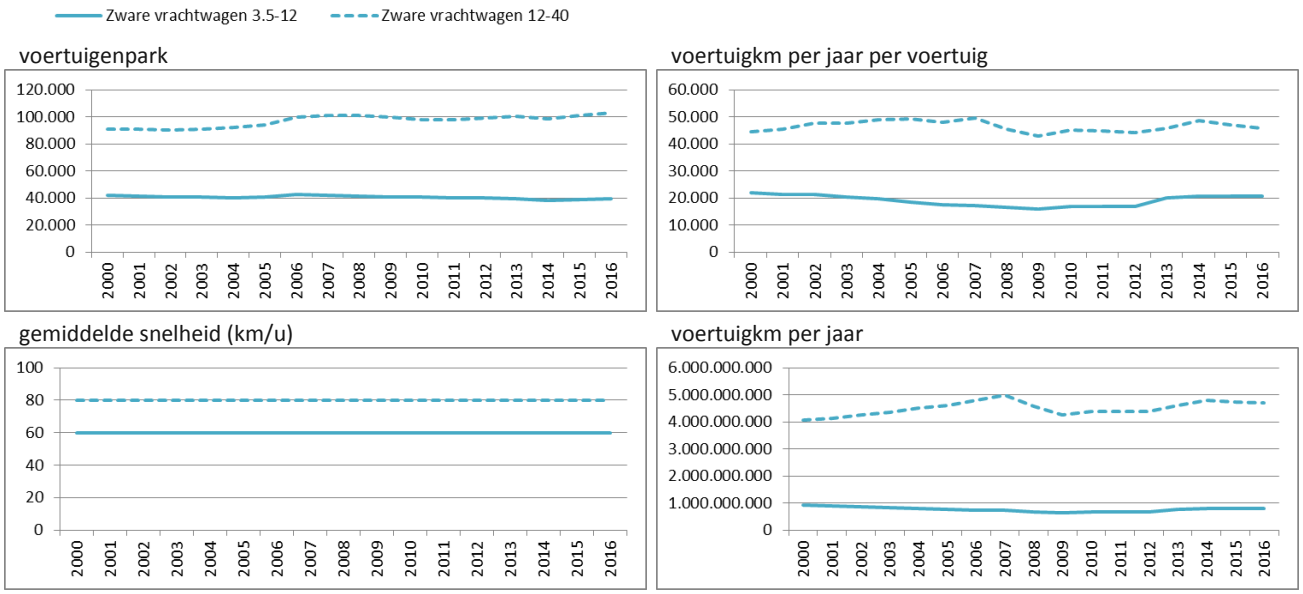
Er wordt vanuit gegaan dat zware vrachtwagens op diesel rijden. Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de emissie-inventaris na post-processing voor 2000-2014. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend. De beladingsgraden voor vrachtwagens zijn identiek als in de studie van 2010.

Tabel 4: Beladingsgraad vrachtwagens. Bron: MIRA externe kosten 2010 op basis van MIMOSA

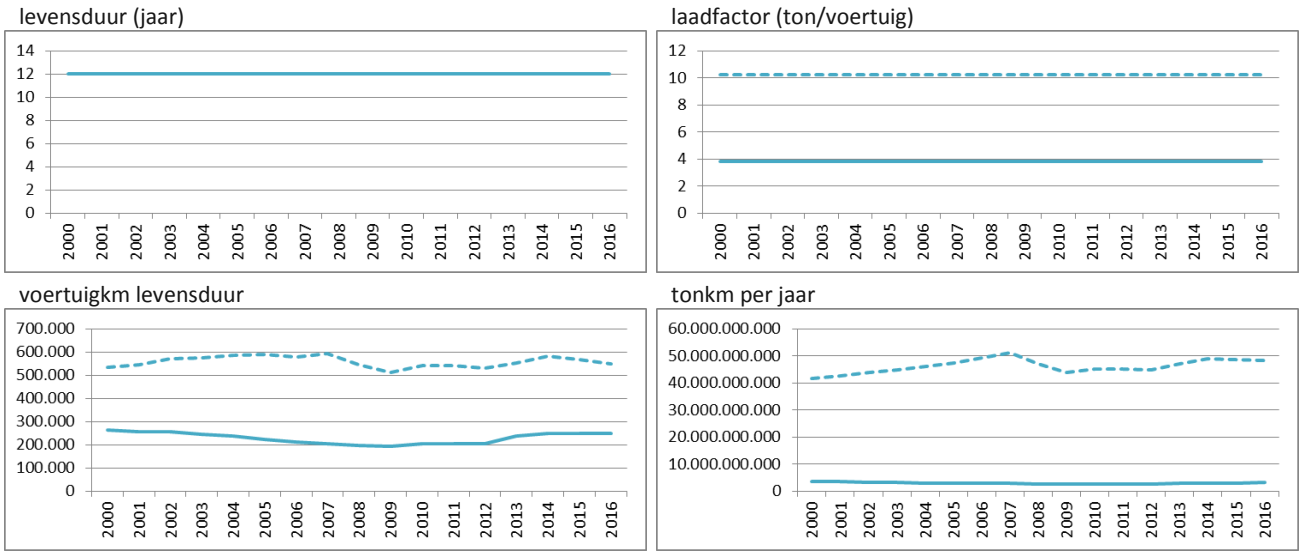
	Beladingsgraad (ton/voertuig)
Zware vrachtwagen 3.5-12	3,83
Zware vrachtwagen 12-40	10,25

Voor de levensduur werd 12 jaar[22] verondersteld, constant over de tijd. Dit is in lijn met de studie uit 2010. De gemiddelde snelheid voor de kleine zware vrachtwagens werd 60 km/u en voor grote zware vrachtwagens 80 km/u verondersteld, consistent met de studie uit 2010. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

Figuur 26: Kengetallen zware vrachtwagen 3.5-12 ton en 12-40 ton



[22] Bron: TREMOVE- model.



2.1.10 Lijnbus

Dit zijn de bussen die voor openbaar vervoer worden gebruikt door De Lijn. We gaan ervan uit dat bussen op diesel rijden. Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de emissie-inventaris na post-processing voor 2000-2014. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend.

Voor de levensduur werd 14 jaar[23] genomen, constant over de tijd. Dit is in lijn met de studie uit 2010. De gemiddelde snelheid werd 30 km/u genomen[24]. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

Het aantal personenkm kan berekend worden uit het Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen. Omdat dit cijfer nogal schommelt, werd eerst een gemiddelde bezettingsgraad van een bus berekend, en dit cijfer werd vervolgens toegepast op alle jaren.

Tabel 5: Berekening bezettingsgraad lijnbus. Bron: OVG, FOD Economie en De Lijn

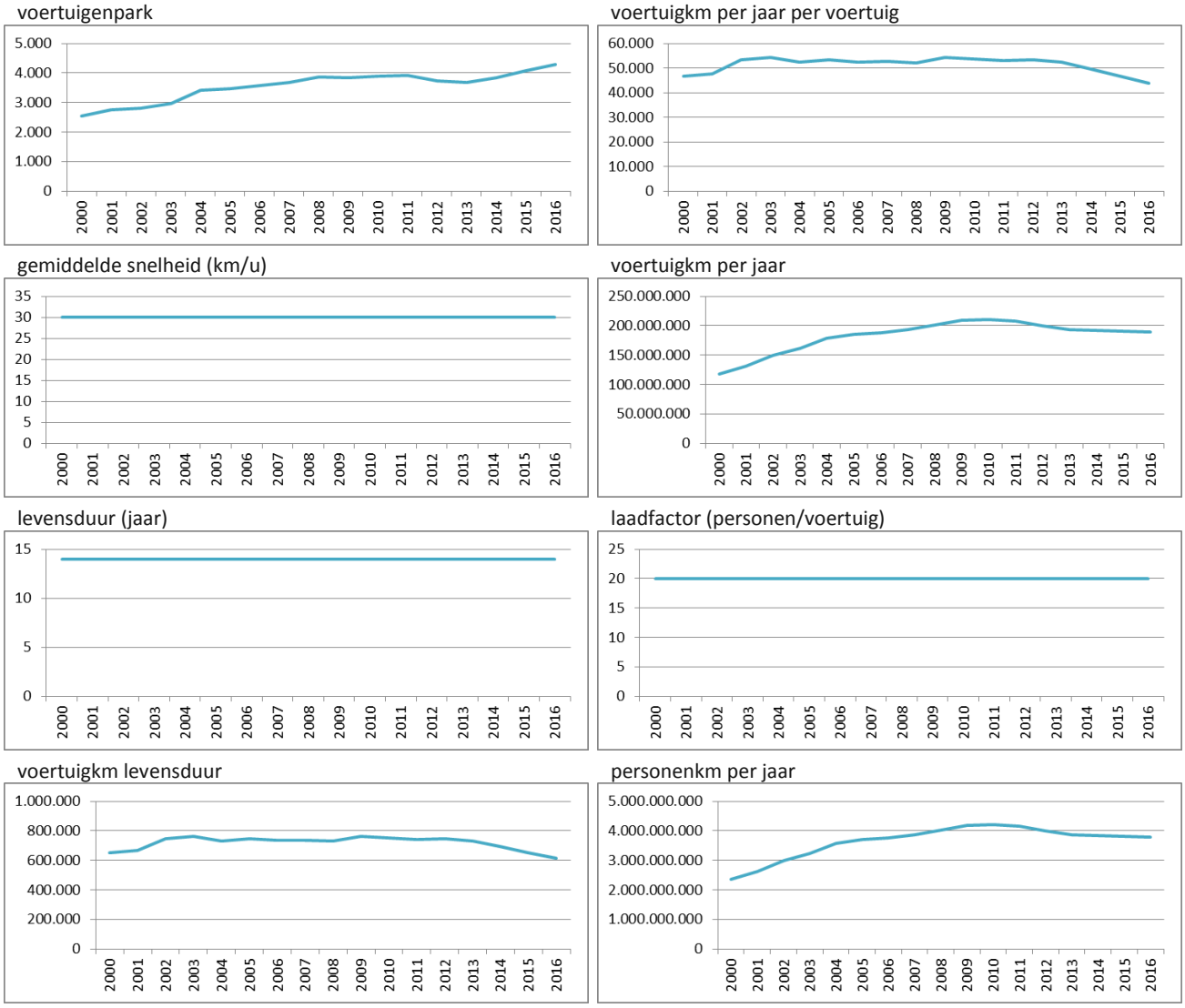
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	gemiddeld
Afgelegde afstand in km per inwoner per gemiddelde dag (hoofdvervoerwijze v.d. rit).	1,18	1,14	0,94	0,83	0,91	0,76	
Bevolking Vlaanderen.	6.117.440	6.161.600	6.208.877	6.251.983	6.306.638	6.350.765	
Miljoen personenkm De Lijn	2.642,168	2.564,980	2.120,081	1.892,936	2.098,985	1.759,560	
Miljoen voertuigkm	193,359	201,794	209,784	210,018	208,402	200,240	
Bezettingsgraad lijnbus	13,66	12,71	10,11	9,01	10,07	8,79	10,73

[23] Bron: Jaarverslag De Lijn, 2015, pagina 90.
[24] Bron: antwoord van Vlaams minister van mobiliteit Hilde Crevits op een schriftelijke vraag van Jan Roegiers (sp.a), 2010.

In de benchmarkstudie[25] van De Lijn van 2015 werden ook bezittingsgraden gegeven: een lichte stijging van 18 passagiers per bus in 2002 tot 24 in 2013. De FOD Mobiliteit geeft in haar statistieken een bezettingsgraad van de lijnbus tussen 15 (2000) en 22 (2013).

De gemiddelde bezettingsgraad van een bus is dus een onzeker cijfer. We nemen een vast cijfer van 20 passagiers per bus over de hele periode als assumptie. Dit cijfer heeft geen invloed op de uiteindelijke kostenberekeningen omdat die per voertuig worden berekend, en niet per passagier. Het heeft wel een invloed wanneer we de vervoerswijzen gaan vergelijken per personen-km.

Figuur 27: Kengetallen lijnbus



[25] De Lijn (2015). Actualisatie van de internationale benchmarkstudie openbaar vervoer. Eindrapport door PWC en Vito.

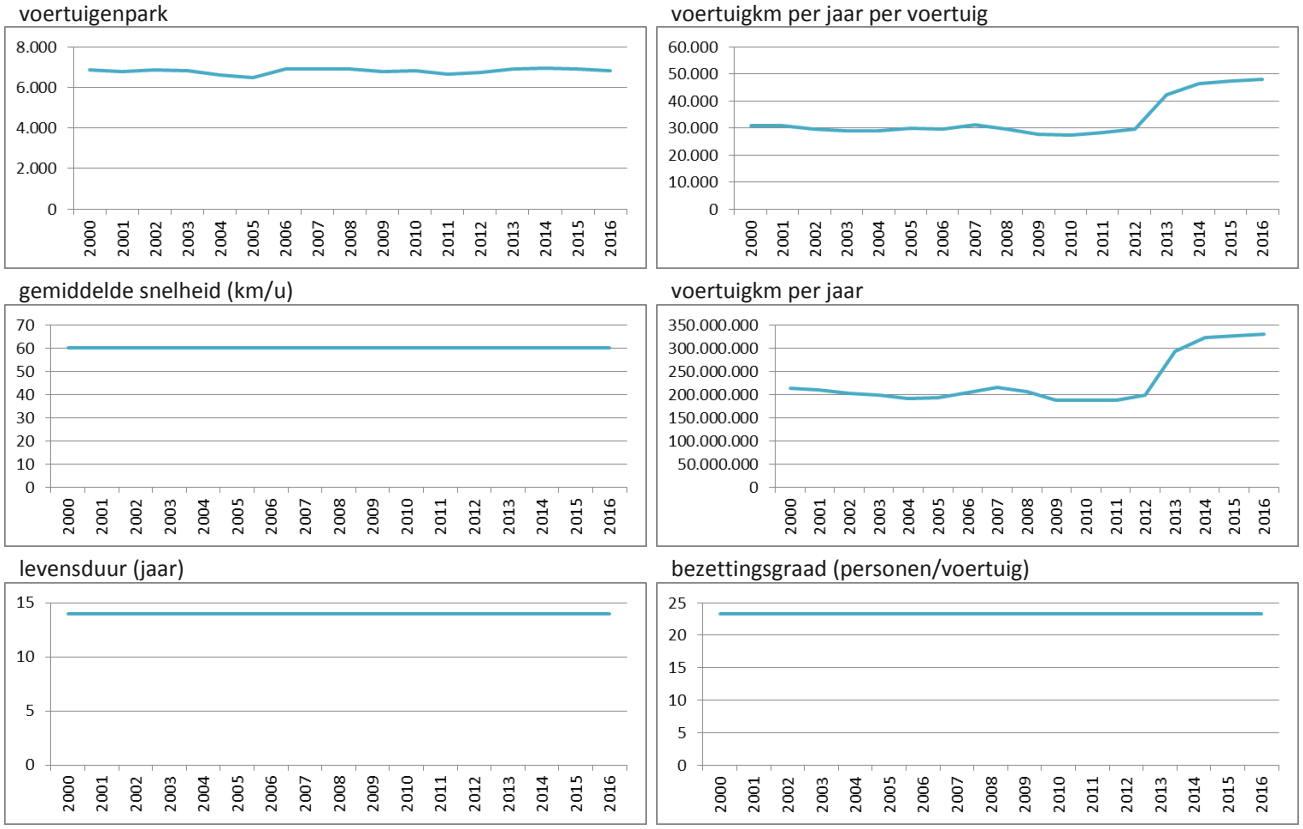
2.1.11 Reisbus

Dit zijn bussen die niet voor openbaar vervoer worden gebruikt. We gaan uit van een voertuig dat op diesel rijdt.

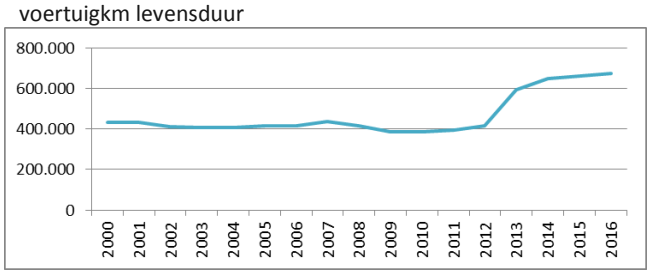
Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de emissie-inventaris na post-processing voor 2000-2014. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend. Het aantal voertuigkm per jaar vertoont een onverklaarbare sterkte stijgende trend in 2013 en 2014. Deze cijfers worden momenteel herzien door de FOD Mobiliteit en Vervoer, maar de nieuwe versie is nog niet beschikbaar. Dit werkt door in de berekening van de kosten per voertuigkm, zoals te zien is in hoofdstuk 2.12.

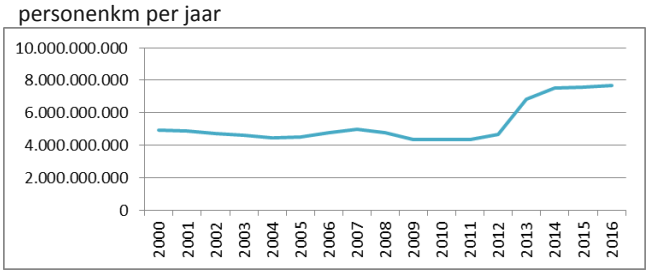
Voor de levensduur werd 14 jaar[26] verondersteld, constant over de tijd. Dit is in lijn met de studie uit 2010. De gemiddelde snelheid werd 60 km/u verondersteld, consistent met de studie uit 2010. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km. De gemiddelde bezettingsgraad van een reisbus is 23,3 personen/voertuig[27].

Figuur 28: Kengetallen reisbus



[26] Bron: TREMOVE model.
[27] Eigen berekeningen op basis van werkdocument FOD Mobiliteit en Vervoer.





2.1.12 Bedrijfswagen benzine en diesel

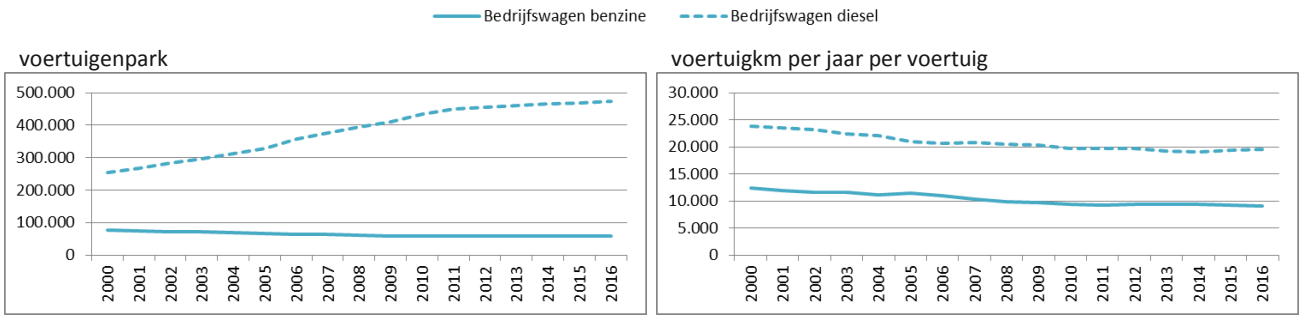
Dit zijn personenwagens die eigendom zijn van een bedrijf, en ingeschreven zijn als bedrijfswagens. Veel van deze wagens worden ook ter beschikking gesteld van het personeel voor persoonlijk gebruik en hebben een tankkaart. Bij de berekeningen van de kosten gaan we er van uit dat dit voor al deze wagens zo is.

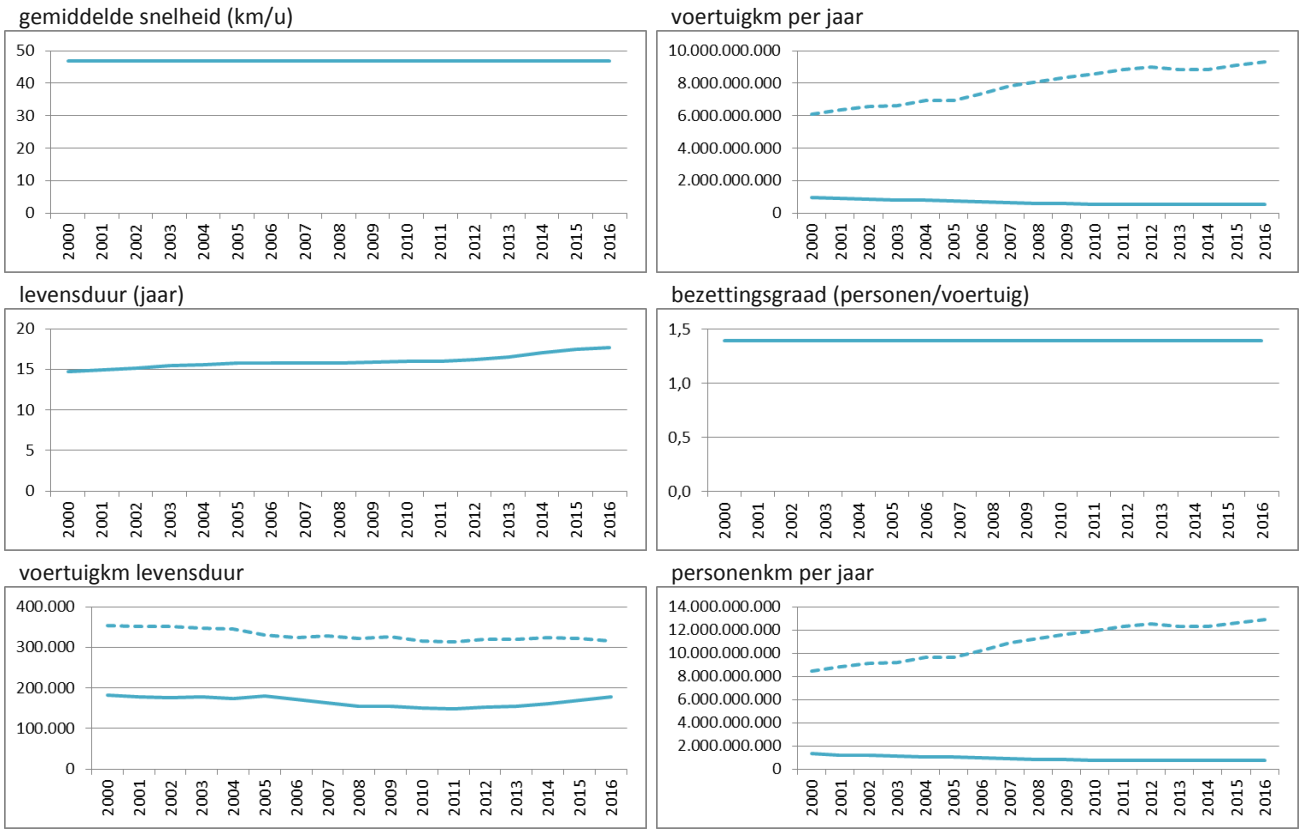
Het aantal voertuigkm en het voertuigenpark zijn afkomstig uit de DIV databank na post-processing voor 2012-2014. De jaren 2000-2011 werden aangevuld met als veronderstelling een constant aandeel bedrijfswagens t.o.v. gewone personenwagens. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend.

Voor de levensduur van een bedrijfswagen zijn geen gegevens beschikbaar. Ze werd identiek verondersteld als die van een gewone personenwagen. Uiteraard is de gemiddelde bedrijfswagen jonger dan de gemiddelde personenwagen. Dikwijls worden bedrijfswagens na een typische afschrijvingsperiode van 4 jaar als tweedehandswagen verkocht aan privépersonen. Het park aan bedrijfswagens is dus jonger maar de levensduur van het voertuig zal naar alle waarschijnlijkheid niet erg veel verschillen van die van een gewone personenwagen (14 à 15 jaar).

Voor de gemiddelde snelheid werd 46,8 km/u genomen, op basis van het OVG. Als laadfactor werd 1,39 personen per voertuig verondersteld, consistent met de TREMOVE-cijfers uit eerdere studie uit 2010. Dit cijfer heeft geen invloed op de berekening van de kosten.

Figuur 29: Kengetallen bedrijfswagen benzine en diesel





2.1.13 Passagierstreinen nationaal diesel en elektrisch

Het aantal voertuigkm is afkomstig uit het EMMOSS model v3.2 voor 2000-2014. De jaren 2015-2016 werden doorgetrokken volgens de lineaire trend tussen 2008 en 2014.

Het aantal personenkm komt uit de 16 jaarverslagen van de NMBS 2000-2015 waarbij de Belgische cijfers werden omgerekend naar de Vlaamse, en de splitsing elektrisch-diesel werd gemaakt op basis van de voertuigkm. Voor 2016 werd geëxtrapoleerd op basis van 2010-2015. Uit de voertuigkm en personenkm kan dan de bezettingsgraad worden afgeleid.

De gemiddelde levensduur van een dieseltrein is 25 jaar, dit volgt uit interviews met Infrabel en spoor-operatoren. Een trein is 1.950 uren per jaar operationeel.

De gemiddelde levensduur van een elektrische trein is 30 jaar, dit volgt uit interviews met Infrabel en spooroperatoren. De 16 jaarrekeningen van de NMBS tussen 2000 en 2015 maken slechts één keer melding van de leeftijd van de motorstellen: in 2015 was de gemiddelde leeftijd 22 jaar, wat als oud werd gezien. Het cijfer van 30 jaar dat werd genomen voor de totale levensduur is dus wellicht realistisch.

Het wagenpark aan diesel en elektrische motorstellen wordt in de jaarverslagen van de NMBS vermeld voor 2003. Na een splitsing naar Vlaanderen op basis van het aantal voertuigkm wordt de trend voor de andere jaren ook berekend op basis van de evolutie van het aantal voertuigkm.

De gemiddelde snelheid werd 60 km/u verondersteld voor elektrische treinen en 50 km/u voor diesel-treinen. Het cijfer is gebaseerd op de commerciële snelheden voor IC en IR treinen (elektrisch) en lokale (diesel)treinen zoals gerapporteerd door de NMBS[28] voor 3 jaren. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

2.1.14 Passagierstrein hst elektrisch

Dit omvat alle internationale treinen die hogesnelheidstreinen zijn. Uit de jaarverslagen van de NMBS zijn slechts een paar cijfers te vinden over het aandeel hst in de internationale treinen: 60 % in 2002, 68 % in 2003 en 95 % in 2010. Bij het omrekenen van het aantal internationale personen-km naar hst werd met deze cijfers rekening gehouden – voor de tussenliggende jaren werd lineair geïnterpoleerd. Vanaf 2011 werd constant 95 % verondersteld. Bovendien geeft de NMBS vanaf 2011 cijfers exclusief Eurostar en vanaf 2015 ook exclusief Thalys. Ook hiervoor werden correcties uitgevoerd. Hierna volgt nog een omrekening van de Belgische cijfers naar de Vlaamse, op basis van detailcijfers van 2000-2005 over de voertuigkm. Het aantal voertuigkm is afkomstig uit het EMMOSS model v3.2. Uit de voertuigkm en personenkm kan dan de bezettingsgraad worden afgeleid.

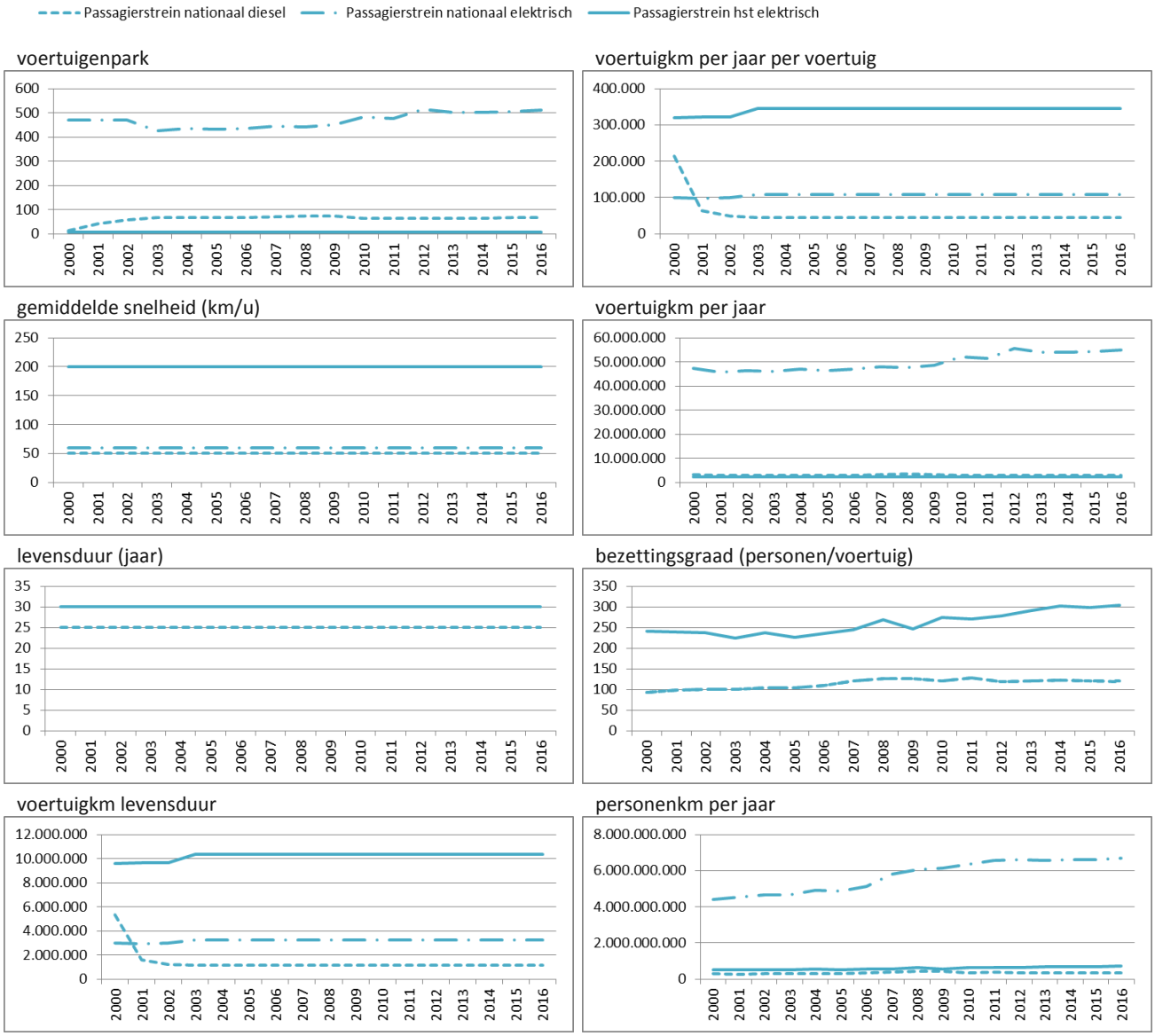
Er is geen informatie beschikbaar over de levensduur van een hst-trein. De gemiddelde levensduur van een elektrische trein is 30 jaar, dit volgt uit interviews met Infrabel en spooroperatoren. Deze wordt overgenomen voor een hst-trein.

Het voertuigenpark hst-treinen worden door de NMBS gerapporteerd voor 2003: 11 stuks voor België. Dit zijn niet alle treinen en bovendien worden de activiteiten in latere jaren afgesplitst van de NMBS zodat geen beeld kan gevormd worden van het werkelijke voertuigenpark. Voor de volledigheid worden deze cijfers toch gegeven.

De gemiddelde snelheid werd 200 km/u verondersteld, op basis van de berekende snelheid van de Thalys Brussel-Parijs (82 minuten over 300 km). Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

[28] Antwoord van minister van Overheidsbedrijven Inge Vervotte op een schriftelijke vraag van David Geerts (SP.A). De commerciële snelheid van NMBS-treinen, waarbij de tijd aan de haltes mee in rekening wordt gebracht, is in de periode 2007-2009 gedaald. Tijdens weekdagen was er voor IC-treinen een daling van 72,7 tot 71,2 km/uur, voor IR-treinen van 59,5 tot 58,1 km/uur, voor lokale treinen van 50,8 tot 48,4 km/uur, voor piekuurtreinen van 56,4 tot 55 km/uur en voor CR-treinen van 45,2 tot 43,7 km/uur.

Figuur 30: Kengetallen passagierstrein nationaal diesel, nationaal elektrisch, hst elektrisch



2.1.15 Goederentrein diesel en elektrisch

Dit is een gemiddelde goederentrein (locomotief + wagons), inclusief internationaal verkeer. Rangeerlocs en het rangeren zelf bij het laden van de trein, het veranderen van richting of de verplaatsing op een spoor-emplacement werden niet meegenomen in de berekening.

Het wagenpark aan diesel en elektrische goederenlocomotieven wordt in de jaarverslagen van de NMBS vermeld voor 2000-2003. Na een splitsing naar Vlaanderen op basis van het aantal voertuigkm wordt de trend voor 2004-2016 ook berekend op basis van de stijging van het aantal voertuigkm.

Het aantal voertuigkm is afkomstig uit het EMMOSS model v3.2 voor 2000-2014. De jaren 2015-2016 werden aangevuld met een lineaire trend vanaf 2008.

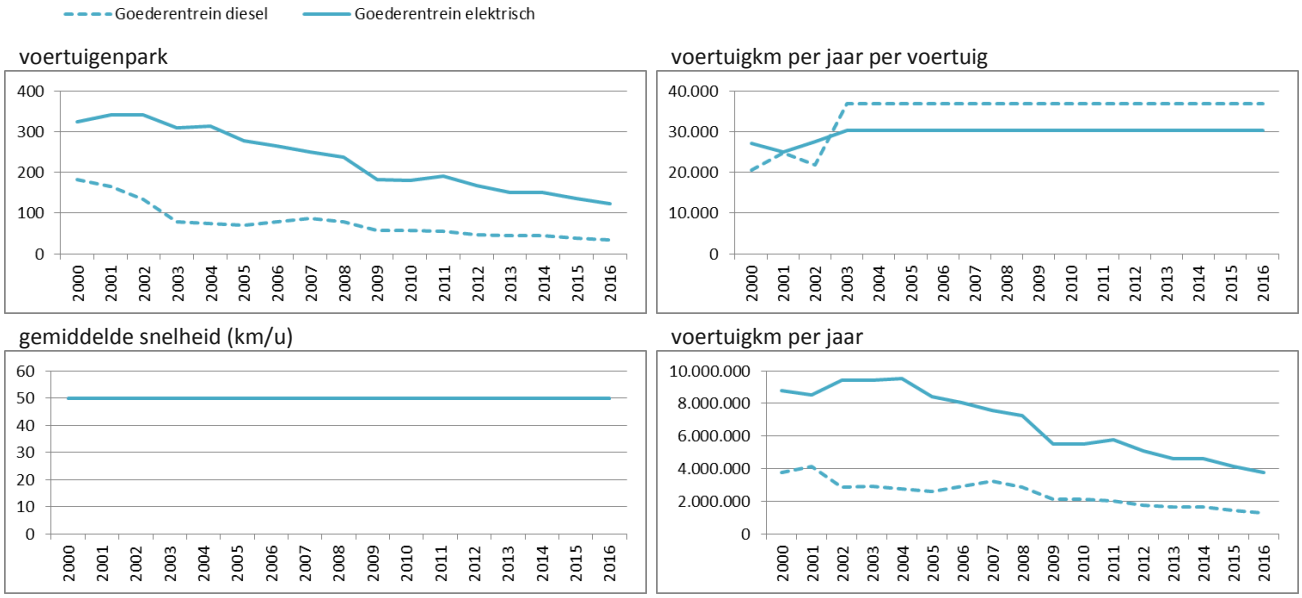
De cijfers voor de totale gewichten van de trein (inclusief lading) zijn afkomstig van de NMBS voor 2000-2009. Uit communicaties met Infrabel blijkt dat deze cijfers nog steeds actueel zijn. De cijfers voor 2010-2016 werden gelijk verondersteld aan die van 2009, gezien de stabiele trend de laatste jaren. De gewichten van de trein werden vervolgens omgerekend naar het gewicht van de belading, met een factor 2,55 (lading weegt 2,55 keer de lege goederentrein) (bron: EMMOSS).

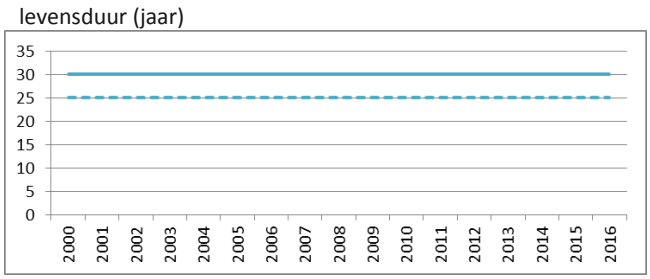
Tabel 6: Totaal gewicht van een goederentrein, in ton. Bron: NMBS cijfers verwerkt in het EMMOSS model

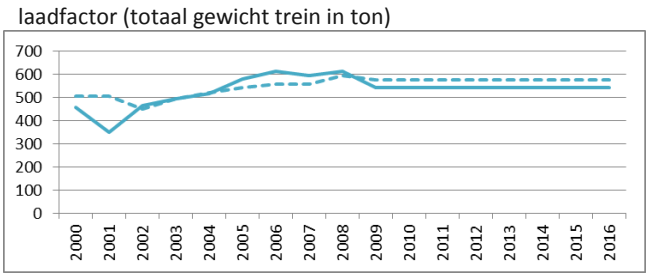
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
elektrisch	1.287	1.284	1.146	1.258	1.328	1.379	1.414	1.417	1.516	1.465
diesel	1.163	894	1.185	1.260	1.312	1.476	1.559	1.509	1.555	1.377

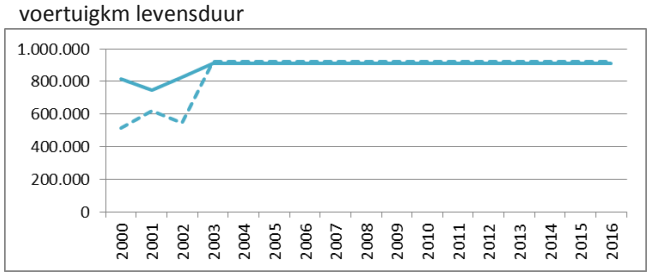
De gemiddelde levensduur van een dieseltrein is 25 jaar en die van een elektrische trein 30 jaar, dit volgt uit interviews met Infrabel en spooroperatoren. De gemiddelde snelheid werd 50 km/u genomen, op basis van cijfers van B-Logistics. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

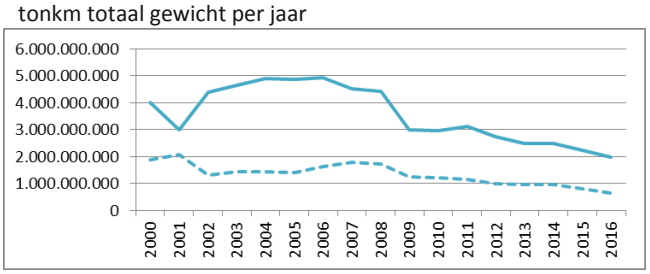
Figuur 31: Kengetallen goederentrein diesel en elektrisch











2.1.16 Binnenvaart Spits, Europa, Cargo

Voor binnenvaart nemen we 3 typische schepen, die een groot deel maar niet de volledige markt afdekken.

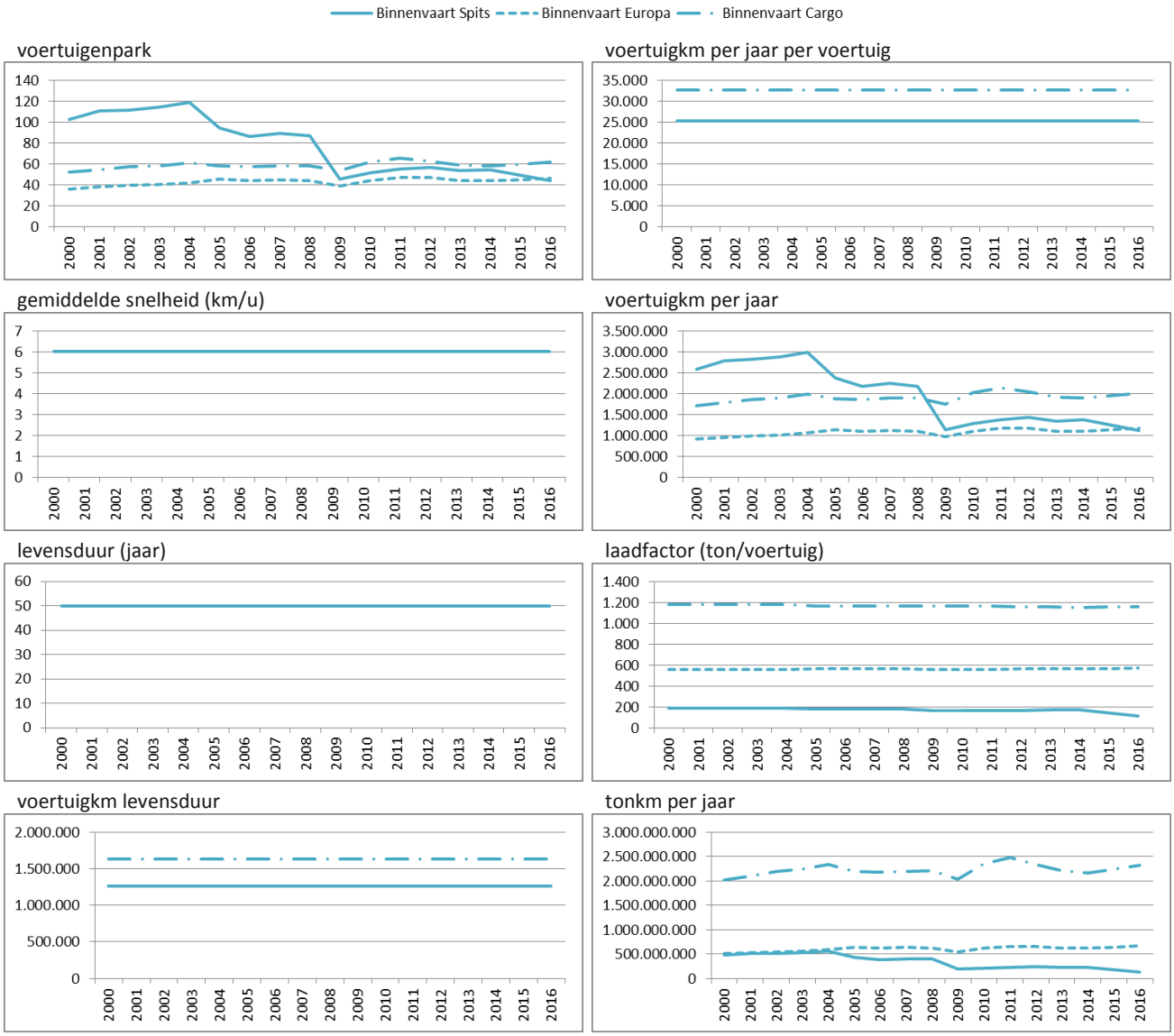
- Klein: Een M1 spits van 350 ton. Dit is het kleinste type van schepen. Dit type schip wordt niet meer in nieuwbouw aangeschaft. Het heeft een vermogen van 250 kW, met maten 38,5 op 5,05 op 2,5 meter. We veronderstellen dat deze schepen 14 uur per dag varen, 300 dagen lang.
- Middelgroot: Een “Europees” schip, een middelgroot M5 Verlengd Dortmund-Eemskanaalschip. Het heeft een leeggewicht van 1.280 ton, vermogen is 1.000 kW, self propelled met maten 80 op 8,2 op 2,7 meter. Deze schepen kunnen 14 uur per dag varen, 300 dagen lang.
- Groot: Een groot cargo schip, een M8 Groot Rijnschip. Het kan 200 TEU[29] laden op 4 lagen, vermogen 1.300 kW, met maten 110 op 11,4 op 3,5 meter. Deze schepen kunnen 24 h/dag varen (continu stelsel) of 18 u/dag (medium stelsel), 320 werkdagen.

We veronderstellen een gemiddelde levensduur van 50 jaar. De gemiddelde snelheid werd 6 km/u verondersteld, inclusief wachttijden. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

De voertuigkm en tonkm komen uit EMMOSS v3.2. De laadfactor volgt hier automatisch uit. Het voertuigenpark werd berekend voor 2015 op basis van de vlootgegevens van de Promotie Binnenvaart. De evolutie van de andere jaren volgt de evolutie van de voertuigkm, wat impliceert dat we dezelfde gevaren afstand per schip per jaar veronderstellen.

[29] TEU: Twenty foot equivalent unit – de eenheid gebruikt om aan te geven hoeveel containers van 20 voet lang er op een schip kunnen.

Figuur 32: Kengetallen binnenvaart Spits, Europa, Cargo



2.1.17 Zeevaart RoRo-Ferry, Container-Cargo, Bulk

Voor zeevaart nemen we 3 typische schepen, die een groot deel maar niet de volledige markt afdekken.

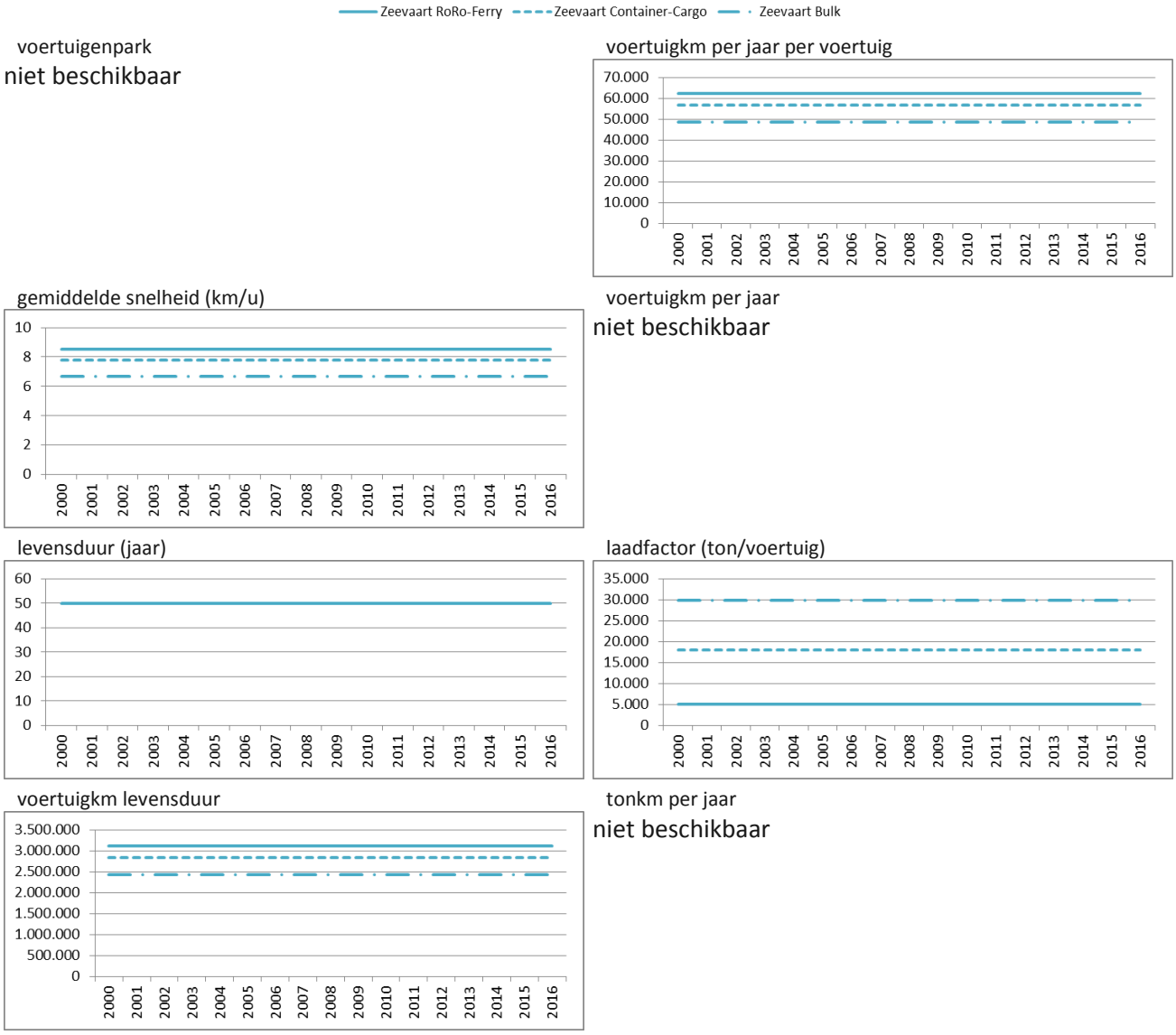
- Type 1: Dit schip omvat de types RoRo en Ferry. Deze vervoeren voornamelijk vrachtwagens. De belading van dit type schip is 5.000 ton.
  De gemiddelde snelheid[30] is 8,54 km/u. Dit cijfer heeft een invloed op de berekening van de kosten met betrekking tot omrekening van de loonkosten per uur naar kosten per km.

[30] Bron: COMPASS (2010)

Schepen varen gemiddeld 20u per dag, gedurende 365 dagen. Uit de snelheid kan dan de afgelegde afstand per jaar worden berekend: 62.354 km.

- Type 2: Dit type omvat container schepen en general cargo schepen. Ze zijn vooral gericht op inter-continentaal transport. De belading van dit type schip is 18.000 ton.
  De gemiddelde snelheid is 7,78 km/u.
  De afgelegde afstand per jaar is 56.778 km.
- Type 3: Een bulkschip voor het transport van droge of natte bulk goederen. De gemiddelde belading van dit type schip is 29.751 ton.
  De gemiddelde snelheid is 6,67 km/u.
  De afgelegde afstand per jaar is 48.667 km.

Figuur 33: Kengetallen zeevaart RoRo-Ferry, Container-Cargo en Bulk

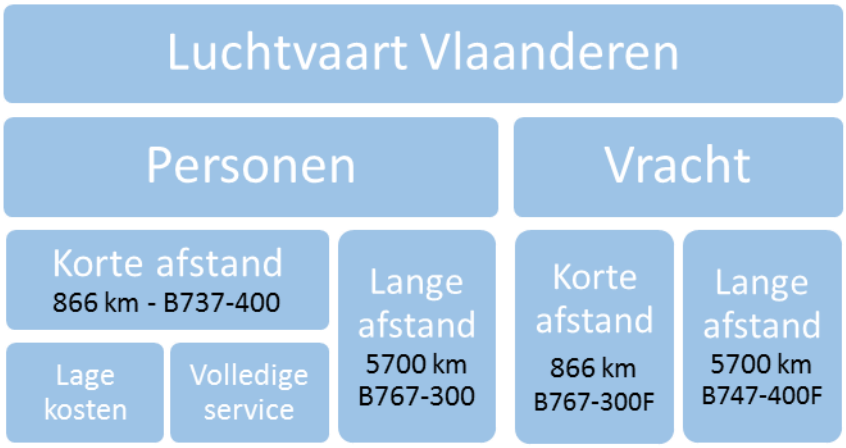


2.1.18 Luchtvaart[31]

Voor luchtvaart gaan we uit van 5 types. Onderstaande figuur toont de onderverdeling die we gaan gebruiken. Merk op dat de bespreking van luchtvaart licht verschilt van de bespreking van de andere voertuigen. Dit komt voornamelijk omdat de informatie niet altijd op hetzelfde niveau terug te vinden is.

We maken een onderscheid naar personen – en pure vracht luchtvaart. Daarnaast maken we ook een onderscheid tussen korte en lange afstandsvluchten. Voor passagierstransport maken we ook een onderscheid tussen lage kostenmaatschappijen en maatschappijen die een meer volledige service aanbieden. Deze verschillen immers sterk op het vlak van de private kosten. Voor de lage kostenmaatschappijen gebruiken we gegevens van Ryanair en Easyjet[32]. Dit zijn de grootste lage kostenmaatschappijen in Europa en beiden actief in België. Onderstaande figuur toont deze opdeling, de veronderstelde afstand en het "type" vliegtuig dat verondersteld wordt in de berekeningen.

Figuur 34: Classificatie luchtvaart



Voor het korte afstandsverkeer gaan we uit van het gebruik van 'narrow body' toestellen, vliegtuigen met slechts één gangpad waarbij passagiers maximaal met zes per rij zitten. De meest gebruikte types op korte en middellange afstanden zijn de A320 en de B737. De B737-400 is momenteel een verouderd toestel en vrijwel overal vervangen door de B737-800 (of andere) versie.

Voor lange afstanden worden voornamelijk 'wide body' vliegtuigen ingezet met twee gangpaden en zeven tot tien passagiers per rij. Onderstaande tabel geeft de meest gebruikte toestellen aan voor het jaar 2015 (IATA, 2015).

[31] De berekeningen voor de luchtvaartsector zijn deels gebaseerd op input geleverd door Laurens Linten. Deze input werd verzameld in het kader van zijn masterthesis.

[32] Kosten bij Easyjet worden uitgedrukt in 'pence per ASK', die we omrekenen naar € per 100 ASK. ASK staat voor "Available Seat Kilometers. Het is gelijk aan het aantal beschikbare zetels maal het aantal km gevlogen. We gebruiken hier een vaste wisselkoers (2015) om wisselkoersverschillen over verschillende jaren te elimineren. Bij Ryanair worden de totale kosten gepubliceerd. Om deze om te rekenen naar € per 100 ASK gebruiken we het totale jaarlijks aantal ASK.

Tabel 7: Meest gebruikte toestellen luchtvaart - lange afstand (2015). Bron: IATA[33]

Producent	Type	Aantal jaarlijkse vluchten
Airbus	A330	836.763
Boeing	B777	762.699
Boeing	B767	435.865
Boeing	B747	157.480
Airbus	A340	144.013

De B767-300ER is vooral populair bij Amerikaanse luchtvaartmaatschappijen voor onder meer trans-Atlantische vluchten en kan gezien worden als tegenhanger van de A330. Momenteel wordt dit toestel overal uitgefaseerd en vervangen door de B787-8.

De B767-300F is vergelijkbaar met de A300F die nog zeer frequent wordt gebruikt voor korte/middellange cargovluchten (DHL-hub Zaventem). Dit is in feite een omgebouwde B767-300ER versie. Voor lange afstands-cargo-vluchten is de B747-400F een zeer populair toestel (ook in Zaventem). De 400F is de echte cargoversie, maar ook de omgebouwde passagiersversie (400BCF) komt zeer frequent voor. Beide types verschillen gemiddeld zo'n 5 ton in maximale capaciteit, maar gebruiken in het algemeen dezelfde motoren waardoor we geen verder onderscheid maken.

Onderstaande tabel geeft de gekozen waarden voor capaciteit en startgewicht (ook wel aangeduid als maximaal startgewicht of in het Engels Maximum Take Off Weight (MTOW)) voor de gekozen types. We veronderstellen een gemiddelde beladingsgraad van 80%[34].

Tabel 8: Capaciteit. Bron: Boeing, 2016[35]

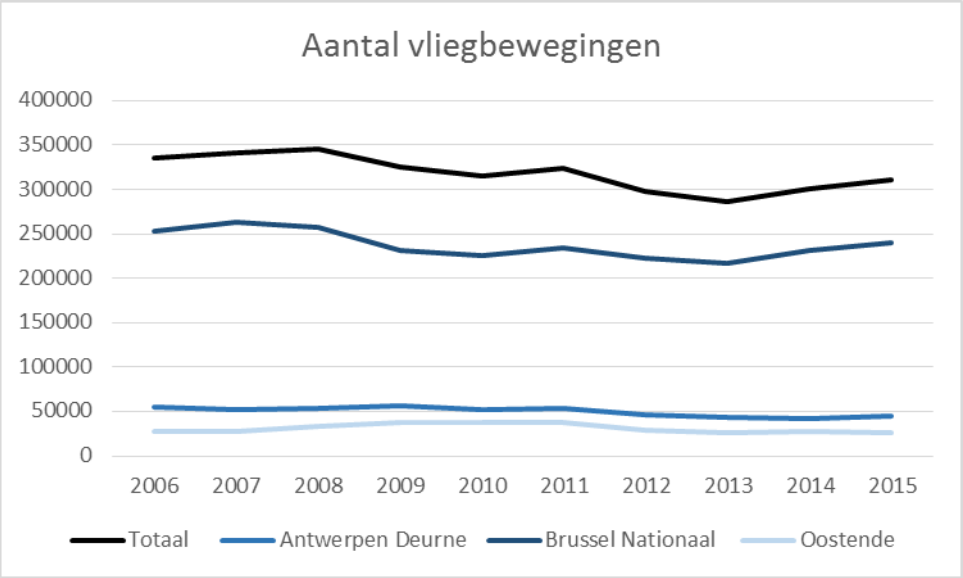
Type	Capaciteit	MTOW (ton)
B737-400	168 passagiers	68,04
B767-300	261 passagiers	186,80
B767F	52,70 ton	186,80
B747F	112,99 ton	396,89

Voor luchtvaart beschouwen we volgende kosten: aankoop/leasekost, luchtverkeersleiding, opstijg- en passagiersvergoedingen, onderhoud, gronddiensten, brandstof, lonen en verkoop & marketing.

Onderstaande figuur toont de evolutie in vliegbewegingen over de tijd voor de belangrijkste Vlaamse luchthavens.

[33] Planestories.iata.org/#sectionTop5
[34] Gebaseerd op de jaarrapporten van EasyJet, Ryanair, Norwegian en Wizz.
[35] http://www.boeing.com/commercial/#/products-and-services

Figuur 35: Aantal vliegbewegingen luchthavens. Bron: Eurostat 2016[36]



2.2 Kosten bij de aankoop van het voertuig

Dit hoofdstuk omvat de kosten die gemaakt worden bij aankoop van het voertuig. Dit is de aankoopprijs, maar omvat ook de belastingen (waaronder BTW), taksen en subsidies die daarmee gepaard gaan.

2.2.1 Aankoop fietsen

2.2.1.1 Aankoopprijs

Er zijn weinig cijfers beschikbaar over de gemiddelde aankoopprijs van een fiets. Nederlandse cijfers[37] suggereren een aanschafprijs van 900 euro inclusief BTW voor een gewone fiets. De prijs van een elektrische fiets is 1.600 euro incl. BTW. We kunnen deze cijfers echter niet zomaar toepassen op België. Nederland is een echt fietsland en het vele gebruik maakt dat er waarschijnlijk meer duurzame en duurdere fietsen gekocht worden. Ook het bestaan van 'fietsplannen' waardoor een werkgever om de drie jaar een fiets van 750 euro 'cadeau' kan doen aan zijn werknemers draagt hiertoe bij.

Het BITS-rapport[38] geeft informatie over de gemiddelde waarde van fietsen die geïmporteerd, geëxporteerd en geproduceerd worden. De gemiddelde waarde van fietsen die in ons land geïmporteerd wordt, komt neer op een 137-158 euro uit voor 2008. De waarde van de fietsen die we exporteren ligt ook eerder rond de 156 euro. Deze lage bedragen zijn deels te verklaren door de doorvoerfunctie van België wat betreft goedkope Aziatische fietsen. Als we puur kijken naar de waarde van de productie in België dan verkrijgen we een bedrag van 386 euro (voor fietsen met kogellagers).

[36] http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=avia_paoa&lang=en
[37] TNO (2010) Fietsen is groen, gezond en voordeling – 10 argumenten om (meer) te fietsen.
[38] BITS: Bicycle traffic indicators identification and harmonization of data sources, 2010.

Deze waarde van eigen productie komt overeen met het enige cijfer dat we terugvonden over de gemiddelde verkoopsprijs van fietsen in België[39]. In 2005 zou de gemiddelde prijs van een fiets voor een volwassene 377,74 euro zijn. Dit is een lichte stijging ten opzichte van 2004, waar de gemiddelde prijs 370,20 euro was.

In de studie TML (2014)[40] werd een enquête gehouden bij Brusselse functionele, sportieve en overige fietsers. Hieruit kwam een gemiddeld aankoopbedrag van 485,88 euro inclusief BTW, inclusief de aankoop van accessoires en uitrusting (helmen, verlichting, kinderzitjes, fietskledij …).

Voor de berekening gaan we uit van een aanschafprijs van 400 euro (excl. BTW) voor 2008, gebaseerd op bovenstaande literatuur. Daarnaast gaan we uit van 100 euro (excl. BTW) aan accessoires worden gekocht. Dit cijfer is consistent met de eerdere studie.

De prijs van een e-bike ligt rond de 2.050 euro volgens de enquête gehouden door Velofolies in 2014. Dit is iets hoger dan wat de CROW[41] in 2012 aangeeft (1.821 euro). We gaan uit van 2.050 euro incl. BTW voor 2014 en tellen hierbij net als voor de traditionele fiets 100 euro incl. BTW aan accessoires.

Voor de overige jaren werd een omrekening gemaakt naar het prijspeil van het betreffende jaar (correctie voor de inflatie). Daarvoor werd de prijsindex specifiek voor de aankoop van fietsen genomen voor 2006-2016, en de algemene prijsindex voor 2000-2006 omdat voor die jaren geen specifieke prijsindex beschikbaar is.

2.2.1.2 BTW

Op de aankoop van fietsen wordt 21 % BTW geheven. Die komt dus in mindering bij voorgaande prijzen om de nettokosten excl. BTW te berekenen.

2.2.1.3 Taksen en subsidies

Er zijn lokale initiatieven, bv. bij de Stad Gent, om de aankoop van fietsen te subsidiëren. Hiermee is geen rekening gehouden in de cijfers.

2.2.2 Aankoop motorfiets

2.2.2.1 Aankoopprijs

Voor motoren starten we met een prijs van 8.400 euro inclusief BTW voor het jaar 2008[42]. Voor de overige jaren werd de prijsindex specifiek voor de aankoop van motorfietsen genomen voor 2006-2016, en de algemene prijsindex voor 2000-2006.

2.2.2.2 BTW

Op de aankoop van motorfietsen wordt 21 % BTW geheven.

[39] http://www.bike-eu.com/facts-figures/market-reports/2369/belgium-2005-bike-sales-growing-slowly-but-surely.html
[40] TML (2014), Impact en potentieel van fietsgebruik voor de economie en de werkgelegenheid in het Brussels Gewest. De directe en indirecte effecten van fietsgebruik in 2002, 2012 en 2020. Rapport voor het Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.
[41] CROW 2012: De gemiddelde prijs van een nieuwe elektrische fiets is 1.821 euro (RAI/BOVAG/CBS/GfK Retail and Technology Benelux B.V., 2012).
[42] Bron: Motorcycle Council

2.2.2.3 BIV

Op motorfietsen (groter dan 50cc) wordt bij aankoop belasting op inverkeersstelling (BIV) geheven. De belasting is eenmalig en hangt af van het vermogen van de motorfiets, uitgedrukt in (kW). Motorfietsen vallen meestal in de categorie 86-100 kW en betalen 495 euro. Dit bedrag werd niet geïndexeerd gedurende deze periode. Deze belasting is enkele jaren geleden overgedragen van het federaal naar het Vlaamse niveau, maar voor motorfietsen niet veranderd.

Er werd van uitgegaan dat motorfietsen gedurende hun levensduur niet tweedehands worden verkocht.

Tabel 9: Tarieven BIV voor nieuwe motoren voor 2000-2016. Bron: FOD Mobiliteit en Verkeersveiligheid

Type voertuig (kW)	BIV
Tot 70 kW	61,5
71 - 85 kW	123
86 - 100 kW	495
101 - 110 kW	867
111 - 20 kW	1.239
121 - 155 kW	2.478
Meer dan 155 kW	4.957

2.2.2.4 Retributie nummerplaat

Bij de inschrijving van een nieuw voertuig bij de Dienst Inschrijving Voertuigen (DIV) moest in het verleden 62 euro (tot 2003 – lopende prijzen) en 31 euro (2004 en 2005 – lopende prijzen) aan fiscale zegels worden betaald. Vanaf 2006 zijn de zegels verdwenen en werd betaald per overschrijving. Momenteel bedraagt het bedrag 30 euro. Voor de tussenliggende jaren is er geen informatie. Er wordt verondersteld dat dit ook 30 euro was. Dit is een retributie, maar wordt in het kader van deze studie bij de taksen gerekend.

2.2.3 Aankoop personenwagen

2.2.3.1 Aankoopprijs

Wat de aankoopprijs betreft, kijken we enkele naar de prijs van nieuwe wagens. De aan- en verkoop van voertuigen gedurende de levensduur van een voertuig (tweedehandsmarkt) heeft op zich geen invloed op de prijs per kilometer, enkel de eigenaar wisselt. Er is wel een mogelijk effect door de import- en export van tweedehandsvoertuigen, maar daar werd geen rekening gehouden bij gebrek aan cijfers.

Febiac (2010) geeft een indeling van de nieuwe ingeschreven wagens naar prijsklasse en brandstoftype 2009. Deze cijfers werden al in de studie van 2010 gebruikt. Er zijn geen recentere cijfers beschikbaar bij Febiac of elders. Bedrijfswagens worden verondersteld even duur te zijn als gewone personenwagens.

Tabel 10: Prijs van personenwagens in 2009 exclusief BTW, reële prijzen. Bron: Febiac

Personenwagen benzine	14.330
Personenwagen diesel	21.030
Personenwagen CNG	18.972
Personenwagen LPG	16.970
Personenwagen elektrisch	34.402
Personenwagen hybride benzine	30.825
Bedrijfswagen benzine	14.330
Bedrijfswagen diesel	21.030

Voor de overige jaren werd de prijsindex specifiek voor de aankoop van personenwagens genomen voor 2006-2016, en de algemene prijsindex voor 2000-2006.

2.2.3.2 BTW

Op de aankoop van personenwagens wordt 21 % BTW geheven.

Voor de BTW op personenwagens gekocht door bedrijven gelden speciale regels voor het al dan niet recupereren van een deel van de BTW. Tot en met 2012 was de algemene regel dat 50 % van de BTW kon gerecupereerd worden. Vanaf 2013 is de regel ingewikkelder: ze houdt rekening met het gedeelte dat privé gebruikt wordt. Wanneer geen precieze berekening gedaan wordt door het bedrijf, gaat men uit van 65 % privé gebruik, de BTW is dan voor 35 % aftrekbaar. Wanneer wel een precieze berekening gedaan wordt door het bedrijf, kan men eventueel meer aftrekken, maar slechts tot een maximum van 50 %. In deze studie nemen we aan dat de BTW aftrek 50 % is tot 2012 en 35 % vanaf 2013.

2.2.3.3 Retributie nummerplaat

Bij de inschrijving van een nieuw voertuig bij de Dienst Inschrijving Voertuigen (DIV) moest in het verleden 62 euro (tot 2003 – lopende prijzen) en 31 euro (2004 en 2005 – lopende prijzen) aan fiscale zegels worden betaald. Vanaf 2006 zijn de zegels verdwenen en werd betaald per overschrijving. Momenteel bedraagt het bedrag 30 euro. Van de tussenliggende jaren is er geen informatie, er wordt verondersteld dat dit ook 30 euro was. Dit is een retributie, maar wordt in het kader van deze studie bij de taksen gerekend.

2.2.3.4 Belasting op de inverkeerstelling (BIV) personenwagen

De belasting op inverkeerstelling geldt enkel voor personenwagens en motorfietsen. Voor vrachtwagens en bussen moet geen BIV worden betaald. In de periode 2000-2016 waren 2 systemen van kracht.

Tot 2011

Tot 2011 werd de belasting op inverkeerstelling door de federale overheid geïnd. Dit hing af van het vermogen van de auto, uitgedrukt in fiscale paarden (PK) of kilowatt (kW). Wanneer de bedragen voor beide vermogens van elkaar verschillen dan wordt de hoogste waarde toegepast. Voor tweedehandswagen wordt er niet alleen rekening gehouden met het vermogen van de wagen, maar ook met het bouwjaar van de wagen. De korting op de BIV is 10 % per jaar, 5 % vanaf het 5^{e} jaar. Voor wagens ouder dan 15 jaar is het minimumbedrag van 61,5 euro verschuldigd. Het bedrag werd nooit geïndexeerd.

Tabel 11: Tarieven belasting op inverkeerstelling, geldig tot 2011. Bron: FOD Mobiliteit en Verkeersveiligheid

Type voertuig (PK)	Type voertuig (kW)	Benzine en diesel	LPG
Tot 8 PK	Tot 70 kW	61,5 euro	-
9 - 10 PK	71 - 85 kW	123 euro	-
11 PK	86 - 100 kW	495 euro	197 euro
12 - 14 PK	101 - 110 kW	867 euro	569 euro
15 PK	111 - 120 kW	1.239 euro	941 euro
16 - 17 PK	121 - 155 kW	2.478 euro	2.180 euro
Meer dan 17 PK	Meer dan 155 kW	4.957 euro	4.659 euro

Het gewogen gemiddelde volgens PK werd gemaakt voor nieuwe wagens voor de brandstoffen benzine, diesel en LPG met het wagenpark van het jaar 2009 om een gemiddeld tarief te verkrijgen. Er werd daarbij ook rekening gehouden met tweedehandsverkoop. Voor de andere jaren (2000-2011) veronderstellen we dat deze BIV constant is gebleven. Dit wil zeggen dat we veronderstellen dat binnen 1 brandstofklasse er geen verschuivingen zijn in grootteklassen. Dit is niet correct. Data over het aantal inschrijvingen van nieuwe personenwagens, opgesplitst naar brandstof en cilinderinhoud geven aan dat er een verschuiving is naar voertuigen met een lagere cilinderinhoud (<1400 CC). Omdat we deze gegevens niet per kW of PK hebben, houden we hier geen rekening mee.

In deze periode betaalde je voor een 100 % elektrische auto de minimum BIV van 61,5 euro, daarna 0 euro. Voor de BIV op hybride wagens werd de BIV voor het meest verkochte model, de Toyota Prius, genomen. De BIV voor dit model bedraagt 123 euro. Voor CNG personenwagens waren geen gegevens beschikbaar, er werd verondersteld dat het tarief hetzelfde is als voor LPG.

De onderstaande tabel geeft de resulterende cijfers voor de gemiddelde BIV bij verkoop, rekening houdend met de tweedehandsmarkt. Merk op dat een auto gemiddeld 3 keer wordt verkocht (1x nieuw, 2x tweede-hands), dus de BIV die moet betaald worden gedurende de levensduur van een voertuig is drie keer onder-staand bedrag.

Tabel 12: Gemiddelde BIV in 2009 voor personenwagens, reële prijzen

Benzine	405,30 euro
Diesel	510,50 euro
LPG/CNG	294,07 euro
Elektrisch	61,50 euro
Hybride	123,00 euro

2012-2015

Vanaf 2012 werd de BIV in Vlaanderen afhankelijk van de CO_2-emissies van de wagen. De berekening bevat ook parameters voor het type brandstof, en een factor die elk jaar het tarief doet stijgen. Daarnaast is er een factor die luchtvervuiling meerekent door middel van de euroklasse.

De formule wordt hieronder weergegeven:

$$BIV = \left(\left(\frac{CO_2 * f + x}{250} \right)^6 * 4500 + c \right) * LC$$

De correctiefactor brandstof f=0,88 voor LPG, f=0,93 voor CNG en f=1 voor benzine- en dieselwagens.

De CO_2-correctieterm x =4,5 g/km per jaar vanaf 2013.

De correctieterm c houdt rekening met luchtvervuiling en varieert van 2130,32 euro voor een euro 0 diesel tot 12,25 voor een euro 6 diesel.

Voor tweedehandswagens is er een korting op de BIV: 10 % per leeftijdsjaar, vanaf het tiende jaar blijft het tarief constant. De nieuwe berekening werd gelijkmatig ingevoerd gedurende 2012-2014 In 2012 werd de oude formule gebruikt voor 1/3 van de berekening, en de nieuwe voor 2/3. In 2013 was het andersom. Vanaf 2014 werd enkel de nieuwe formule gebruikt.

Op basis van de wagenparken van 2014 en de rekenmethode werd de gemiddelde BIV uitgerekend op basis van de verdeling van het park en de homologatiewaarden van de CO_2-emissies. Onderstaande figuur geeft de evolutie van de homologatie CO_2-emissies.

Tabel 13: Evolutie van de homologatie CO_2-emissies (g/km) voor de Belgische vloot. Bron: Carolien Beckx, Tobias Denys (Vito), Analysis of the Belgian Car Fleet 2015, Study accomplished under the authority of the Flemish, the Walloon and the Brussels Capital Region, August 2016

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Personenwagen benzine	179	176	173	170	166	163	159	156
Personenwagen diesel	157	155	152	148	147	144	141	139
Personenwagen CNG	139	143	141	133	136	132	114	111
Personenwagen LPG	214	214	212	210	210	208	207	206

Ook hier werd rekening gehouden met de tweedehandsmarkt. Onderstaande tabel geeft de gemiddelde BIV-tarief voor 2014. Gedurende de levensduur van een voertuig wordt drie keer onderstaand bedrag betaald.

Dieselwagens hebben gemiddeld een hoger tarief dan benzinewagens, omdat de parameters in de formule hoger zijn. Sinds 2012 is een 100 % elektrische auto vrijgesteld van BIV.

Door de verjonging van het wagenpark, en dus ook een verschuiving naar hogere euro-klassen, daalt het BIV langzaam tussen 2012 en 2015.

Leasingwagens volgen nog het oude systeem op basis van de fiscale PK (van voor 2012).

Tabel 14: Gemiddelde BIV in 2012-2014 voor personenwagens, reële prijzen

	2012	2013	2014
Personenwagen benzine	1011,55 euro	807,23 euro	602,84 euro
Personenwagen diesel	1262,67 euro	993,84 euro	725,01 euro
Personenwagen CNG	841,45 euro	800,69 euro	759,93 euro
Personenwagen LPG	641,44 euro	400,67 euro	159,90 euro
Personenwagen hybride benzine	295,43 euro	221,86 euro	148,29 euro
Bedrijfswagen benzine	1153,32 euro	1153,32 euro	1153,32 euro
Bedrijfswagen diesel	1603,59 euro	1603,59 euro	1603,59 euro

Vanaf 2016

In 2016 werden de parameters van de formule opnieuw bijgesteld, met iets hogere waarden voor de factor c. Voor diesel euro 6 wagens werd de factor fors verhoogd. Dit had als gevolg dat de gemiddelde BIV voor het wagenpark weer steeg tot ongeveer de cijfers uit 2011. De stijging was iets sterker voor diesel-wagens dan voor benzinewagens.

Leasingwagens volgen nog het oude systeem op basis van de fiscale PK (van voor 2012).

Tabel 15: Gemiddelde BIV in 2016 voor personenwagens, reële prijzen

Personenwagen benzine	1021,49 euro
Personenwagen diesel	1550,69 euro
Personenwagen CNG	1361,89 euro
Personenwagen LPG	273,63 euro
Personenwagen hybride benzine	248,92 euro
Bedrijfswagen benzine	1153,32 euro
Bedrijfswagen diesel	1603,59 euro

2.2.3.5 CO_2-premie personenwagen

De CO_2-premie bestaat sinds 2005. Sinds 1 juli 2007 gaf de federale overheid een rechtstreekse premie bij de aankoop van een nieuwe milieuvriendelijke personenwagen. Daarvoor werd de premie via een terug-gave op de personenbelasting gegeven. De premie werd afgeschaft eind 2011.

Voor elke personenwagen die minder dan 105 g CO_2 per km uitstoot is er een premie van 15 % op de aankoopprijs (BTW inbegrepen) met een maximum van 4.540 euro (voor het jaar 2010). Bij een uitstoot tussen de 105 en 115 g CO_2 per km is de premie 3 % met een maximum van 850 euro.

Onderstaande tabel geeft weer hoeveel wagens hiervoor in aanmerking komen.

Tabel 16: Procentueel aandeel nieuw verkochte personenwagens in de vanaf 2005 vastgelegde CO_2-klassen voor belastingvoordeel (België, 2002-2011). Cijfers vanaf 2008 slaan enkel op particulieren, voorheen particulieren + bedrijfswagens. Bron: VITO op basis van DIV & RDW

CO_2-klasse	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Personenwagen benzine										
0-105 g/km	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,6%	0,7%	1,9%	6,2%	14,0%	28,8%
105-115 g/km	0,1%	0,1%	0,2%	0,6%	4,4%	6,3%	6,4%	7,9%	8,5%	6,2%
Personenwagen diesel										
0-105 g/km	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,6%	2,8%	6,6%	32,8%	43,9%
105-115 g/km	3,9%	6,1%	5,8%	4,9%	4,6%	3,2%	5,4%	10,4%	11,6%	10,1%
Personenwagen LPG										
0-105 g/km					0,2%	0,3%	0,7%	0,3%	0,8%	0%
105-115 g/km					0,3%		0,5%	0,5%	0,3%	0,9%

Hybride wagens en elektrische wagens krijgen allen 15 % korting op de aankoopprijs. Voor CNG wagens zijn geen gegevens beschikbaar, we veronderstellen hetzelfde als voor LPG wagens.

2.2.3.6 LPG-premie auto

Personenwagens, auto's voor dubbel gebruik en minibussen kregen enkel in 2001 en 2002 een premie van 508,18 euro van de federale overheid, wanneer ze de benzinemotor in hun voertuig lieten ombouwen naar LPG. In Vlaanderen werden er in 2001 en 2002 respectievelijk 6.259 en 4.781 aanvragen voor omvorming naar LPG goedgekeurd.

2.2.3.7 Premie roetfilter

Voor dieselwagens met een roetfilter die maximum 5 milligram deeltjes per km uitstoot en een uitstoot onder de 130 g CO_2 per km is er een premie van 150 euro. Deze premie was geldig van 2007 tot 2010. Er is geen informatie te vinden over hoeveel wagens het precies gaat. Er wordt verondersteld dat het om niet zo veel wagens gaat, gezien de strenge eisen betreffende CO_2-emissies.

Naast deze federale premie was er ook een Vlaamse premie tussen 2009 en 2013 voor de installatie van half-open roetfilters, ingevoerd naar aanleiding van de smogperiodes eind 2008. De premie was begrensd op maximaal 400 euro (later 600 euro) en gold enkel voor euro 3 (later ook euro 4) personen- en bestel-wagens op diesel. Er werden 66 premies uitgereikt in 2009, 23 in 2010 en 67 in 2011. In 2012 en 2013 werden maar enkele premies meer uitgereikt.

Er werd met deze premies geen rekening gehouden in de kosten.

2.2.3.8 Aankooppremie elektrische wagen

Sinds januari 2016 kan je van de Vlaamse overheid een premie krijgen voor de aankoop van een 100 % elektrische wagen of een waterstofauto. De premie geldt enkel voor particulieren (natuurlijke personen) en je kunt ze dus niet gebruiken voor bedrijfs- of leasingwagens. Het premiebedrag daalt naargelang de auto duurder is en de maximumpremie daalt iedere jaar. In 2020 verdwijnt de premie volledig.

Tabel 17: Vlaamse premie elektrische wagen

Cataloguswaarde	2016	2017	2018	2019
Minder dan 31.000 euro	5.000 euro	4.000 euro	3.000 euro	2.000 euro
31.000 euro - 40.999 euro	4.500 euro	3.500 euro	2.500 euro	1.500 euro
41.000 euro - 60.999 euro	3.000 euro	2.500 euro	2.000 euro	1.500 euro
61.000 euro of meer	2.500 euro	2.000 euro	1.500 euro	1.000 euro

We veronderstellen de tweede prijsklasse, dus een premie van 4.500 euro.

In eerdere jaren was er een belastingvermindering bij de aankoop van een elektrisch voertuig. Deze vermindering was geldig voor natuurlijke personen die in België een belastingaangifte indienen en voor voertuigen die ingeschreven worden bij de DIV. De korting varieerde van 15 % (voor elektrische quadricycles) tot 30 % voor personenwagens. Dit voordeel is gestart in 2002 en werd begin 2013 afgeschaft.

2.2.4 Aankoop lichte vrachtwagens

2.2.4.1 Aankoopprijs

Voor lichte vrachtwagens maken we gebruik van de cijfers over de top 20 van verkochte bestelwagens in België[43]. Voor elke wagen hebben we op basis van de prijzen gegeven op auto-on-net de gemiddelde prijs berekend. Vervolgens hebben we een gewogen gemiddelde – volgens aandeel in de verkoop – berekend om tot een gemiddelde prijs te komen. Merk op dat lichte vrachtwagens gemiddeld goedkoper zijn dan personenwagens. Dat komt omdat de meeste verkochte modellen lichte vrachtwagens relatief klein zijn (3-deurs) en weinig opties hebben, in tegenstelling tot de personenwagens. In de tabel hieronder worden de cijfers voor 2009 gegeven. Voor de overige jaren werd de algemene prijsindex genomen.

Tabel 18: Prijs lichte vrachtwagens in 2009, exclusief BTW. Bron: Febiac

Lichte vrachtwagen benzine	12.610 euro
Lichte vrachtwagen diesel	15.716 euro

2.2.4.2 BTW

In principe geldt een BTW tarief van 21 % op de aankoop van alle voertuigen. Indien de aankoper zelf BTW-plichtig is, kan hij de BTW recupereren. We hebben verondersteld dat voor lichte vrachtwagens de BTW altijd wordt gerecupereerd omdat ze voornamelijk door BTW-plichtige ondernemingen gekocht worden.

2.2.4.3 Retributie nummerplaat

Bij de inschrijving van een nieuw voertuig bij de Dienst Inschrijving Voertuigen (DIV) moest in het verleden 62 euro (tot 2003 – lopende prijzen) en 31 euro (2004 en 2005 – lopende prijzen) aan fiscale zegels worden betaald. Vanaf 2006 zijn de zegels verdwenen en werd betaald per overschrijving. Momenteel bedraagt het bedrag 30 euro. Van de tussenliggende jaren is er geen info, er wordt verondersteld dat dit ook 30 euro was. Dit is een retributie, maar wordt in het kader van deze studie bij de taksen gerekend.

[43] Data verkregen via persoonlijke communicatie Febiac (2010).

2.2.5 Aankoop zware vrachtwagens

2.2.5.1 Aankoopprijs

De bruto marktprijzen voor vrachtwagens of een trekker schommelen tussen 30.000 en 130.000 euro (Logghe ea, 2006[44]). De kostprijs voor de aankoop van een eenvoudige huifoplegger begint vanaf 30.000 euro, maar loopt op tot 50.000 euro of meer voor specifiekere opleggers zoals gastanks, waarvoor meer materialen gebruikt worden die aan heel wat kwaliteits- en milieueisen moeten voldoen[45]. In Logghe et al. (2006) werden de gemiddelde aankoopprijzen, dit wil zeggen de bruto prijzen (dus zonder BTW, eventuele kortingen die aangeboden worden door de constructeur, toebehoren zoals airco, GPS …) op basis van prijsgegevens van verschillende vrachtwagenproducenten[46], geschat voor 2 klassen van voertuigen. Deze cijfers werden in een latere studie omgezet naar prijzen voor 2009, die in onderstaande tabel te vinden zijn. Voor de overige jaren werd de algemene prijsindex genomen.

Tabel 19: Prijs zware vrachtwagens in 2009, exclusief BTW. Bron: TML, Logghe e.a., 2006

Zware vrachtwagen 3.5-12t	51.686 euro
Zware vrachtwagen 12-40t	99.300 euro

2.2.5.2 BTW

In principe geldt een BTW tarief van 21 % op de aankoop van alle voertuigen. Indien de aankoper zelf BTW-plichtig is, kan hij de BTW recupereren. We hebben verondersteld dat voor zware vrachtwagens de BTW altijd wordt gerecupereerd omdat ze voornamelijk door BTW-plichtige ondernemingen gekocht worden.

2.2.5.3 Premie roetfilter

Tot 2013 was er een Vlaamse premie voor de vervroegde aankoop van een euro VI-vrachtwagen. In 2013 liep het bedrag hiervoor op tot 532.000 euro. Voor het investeren in een EEV-motor (enhanced environmentally friendly vehicle) in zware dieselvoertuigen, een technologie die voor een aantal polluenten meer milieuvriendelijk is dan de Euro V-norm, werd in 2013 een bedrag van 36.450 euro uitbetaald. Er werd met deze premies geen rekening gehouden in de kosten.

2.2.5.4 Retributie nummerplaat

Bij de inschrijving van een nieuw voertuig bij de Dienst Inschrijving Voertuigen (DIV) moest in het verleden 62 euro (tot 2003 – lopende prijzen) en 31 euro (2004 en 2005 – lopende prijzen) aan fiscale zegels worden betaald. Vanaf 2006 zijn de zegels verdwenen en werd betaald per overschrijving. Momenteel bedraagt het bedrag 30 euro. Van de tussenliggende jaren is er geen informatie, er wordt verondersteld dat dit ook 30 euro was. Dit is een retributie, maar wordt in het kader van deze studie bij de taksen gerekend.

[44] Logghe, S. e.a. (2006) Doorrekening met behulp van het TREMOVE model van de maatregel “80 km/u voor vrachtwagens”.
[45] Bron: www.truckweb.be en www.vanhool.be
[46] Bruto prijzen van Volvo, DAF, MAN en Mercedes.

2.2.6 Aankoop bussen

2.2.6.1 Aankoopprijs

Voor lijnbussen gaan we uit van gegevens verkregen van De Lijn. De gemiddelde prijs voor een lijnbus is 190.000 euro excl. BTW, voor een streekbus 226.000 euro en voor een gelede bus 291.000 euro. Gebruik makend van het voertuigenpark[47] hebben we zo een gewogen gemiddelde berekend: 240.801 euro in 2009. Voor 2016 is er een cijfer beschikbaar vanuit een persmededeling[48] die suggereert dat een klassieke lijnbus 206.000 euro zou kosten, wat de cijfers uit 2009 enigszins bevestigt.

De kosten voor exploitanten van De Lijn zijn vergelijkbaar[49], maar omdat hiervoor geen data beschikbaar zijn over de voertuigvloot veronderstellen we dat deze gelijk zijn aan deze van De Lijn zelf.

Voor reisbussen gaan we uit van 300.000 euro (prijzen in 2009), zoals in de vorige studie uit 2010.

2.2.6.2 BTW

In principe geldt een BTW tarief van 21 % op de aankoop van alle voertuigen. Indien de aankoper zelf BTW-plichtig is, kan hij de BTW recupereren. We hebben verondersteld dat voor bussen de BTW altijd wordt gerecupereerd omdat ze voornamelijk door BTW-plichtige ondernemingen gekocht worden.

2.2.6.3 Retributie nummerplaat

Bij de inschrijving van een nieuw voertuig bij de Dienst Inschrijving Voertuigen (DIV) moest in het verleden 62 euro (tot 2003 – lopende prijzen) en 31 euro (2004 en 2005 – lopende prijzen) aan fiscale zegels worden betaald. Vanaf 2006 zijn de zegels verdwenen en werd betaald per overschrijving. Momenteel bedraagt het bedrag 30 euro. Van de tussenliggende jaren is er geen informatie, er wordt verondersteld dat dit ook 30 euro was. Dit is een retributie, maar wordt in het kader van deze studie bij de taksen gerekend.

2.2.7 Aankoop treinen

2.2.7.1 Aankoopprijs

Treinen worden aangekocht of geleased door de spooroperator. We gaan hier uit van een aankoop van de locomotief en een lease van de wagons voor goederenvervoer (op basis van gesprekken met spooroperatoren), en een aankoop van de motorstellen voor personenvervoer (op basis van de jaarverslagen van de NMBS).

De prijs wordt berekend voor de standaardtreinen in onderstaande tabel. Deze cijfers gelden voor 2009. Voor de overige jaren werd de algemene prijsindex genomen.

[47] Jaarverslag De Lijn 2008.

[48] Zaterdag 20 februari 2016 — De Vlaamse Regering heeft De Lijn groen licht gegeven voor een investering van 27 miljoen euro in 131 bussen. Het contract gaat naar de Vlaamse constructeur VDL uit Roeselare.

[49] De gemiddelde aankoopprijs door exploitanten van De Lijn was 225.000 euro voor een gewone bus en 325.000 euro voor een gelede bus. Bron: persoonlijke communicatie met Van Hool en met De Lijn in 2009-2010.

Tabel 20: Kenmerken treinen. Bron: berekeningen TML op basis van interviews met Infrabel en spooroperatoren en jaarverslagen NMBS

type	diesel	elektrisch	elektrisch	diesel	elektrisch
	personen	personen	personen hst	goederen	goederen
LOCOMOTIEF	Desiro	Desiro	Fyra[50]	Class 66	BR 152
Aankoopprijs locomotief (inclusief veiligheidssysteem) (euro excl. BTW)	4.170.000	4.170.000	20.700.000	2.460.000	3.250.000
Levensduur (jaren)	25	30	30	25	30
Restwaarde (%)	0	0	0	0	0
WAGONS	Inbegrepen in de prijs van de locomotief			general cargo wagon Hbbillns305 met laadvermogen 28,5 ton	
Aantal wagons				25	25
Leaseprijs (euro/dag)				17,39 euro	17,39 euro
Aantal operationele dagen per jaar				300	300
OVERHEAD					
Overhead kosten	20%	20%	20%	20%	20%
TOTAAL (euro)	5.004.000	5.004.000	24.840.000	6.864.750	8.595.300

2.2.7.2 BTW

In principe geldt een BTW tarief van 21 % op de aankoop van alle voertuigen. Indien de aankoper zelf BTW-plichtig is, kan hij de BTW weer recupereren. We hebben verondersteld dat voor treinen de BTW altijd wordt gerecupereerd omdat zij uitsluitend door BTW-plichtige ondernemingen gekocht worden.

2.2.8 Aankoop schepen binnenvaart

2.2.8.1 Aankoopprijs

Volgens het PINE[51]-rapport zijn de gemiddelde leasekosten van een binnenschip 8 euro per ton leeggewicht per jaar (voor 2001), excl. BTW. Wanneer we dit omrekenen met het leeggewicht en de levensduur komen we tot de volgende aankoopprijs voor binnenschepen:

Tabel 21: Aankoopprijs en leeggewicht binnenschip (2001)

	leeggewicht	levensduur	aankoopprijs
Binnenvaart Spits	350 ton	50 jaar	140.000 euro
Binnenvaart Europa	1.280 ton	50 jaar	512.000 euro
Binnenvaart Cargo	3.000 ton	50 jaar	1.200.000 euro

[50] Er was geen informatie over de aankoopprijs van andere types hst, zoals de Thalys of Eurostar.
[51] PINE - Prospects of Inland navigation within the enlarged Europe, 2004

2.2.8.2 BTW

In principe geldt een BTW tarief van 21 % op de aankoop van alle voertuigen. Indien de aankoper zelf BTW-plichtig is, kan hij de BTW recupereren. We hebben verondersteld dat voor schepen de BTW altijd wordt gerecupereerd omdat ze voornamelijk door BTW-plichtige ondernemingen gekocht worden.

2.2.9 Aankoop schepen zeevaart

2.2.9.1 Aankoopprijs

De aankoopprijs van een zeeschip kan gehaald worden uit de COMPASS-studie[52]. Daar werden 7 scheeps-types bekeken die voor deze studie werden samengenomen. De studie geeft kosten vanwege het schip per dag die bestaat uit kapitaalkosten en interestkosten. Deze werden omgerekend naar leasekosten per jaar (365 dagen) en vervolgens naar totale kosten voor de hele levensduur van een schip (50 jaar).

Tabel 22: Aankoopprijs zeeschip (2009)

Zeevaart RoRo-Ferry	168.730.375 euro
Zeevaart Container	145.580.250 euro
Zeevaart Bulk	159.523.250 euro

2.2.9.2 BTW

In principe geldt een BTW tarief van 21 % op de aankoop van alle voertuigen. Indien de aankoper zelf BTW-plichtig is, kan hij de BTW weer recupereren. We hebben verondersteld dat voor schepen de BTW altijd wordt gerecupereerd omdat ze voornamelijk door BTW-plichtige ondernemingen gekocht worden.

2.2.10 Aankoop vliegtuigen

2.2.10.1 Aankoopprijs

Een luchtvaartmaatschappij kan haar vliegtuigen al dan niet zelf bezitten of leasen. Er bestaan verschillende soorten leasingcontracten die de maatschappij de keuze laat om enkel het toestel te leasen ('dry lease') of ook personeel, onderhoud en verzekering toe te voegen in het contract ('wet lease').

De verhouding vliegtuigen in eigendom/geleasede vliegtuigen schommelde bij Easyjet in de periode 2010-2015 rond 65/35. Bij Ryanair was dit eerder 80/20. De leasecontracten bij deze bedrijven bestaan echter voornamelijk uit dry lease waarbij enkel het vliegtuig wordt geleased. Wet leasecontracten worden bij deze maatschappijen enkel gebruikt om op korte termijn aan de gestegen vraag te voldoen, vooral tijdens de zomermaanden. We laten deze wetleasecontracten bijgevolg buiten beschouwing.

[52] COMPASS (2010)

Tabel 23: Eigendom- en leasingkosten – euro/100 Available Seat Kilometer (ASK) – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML op basis van jaarverslagen

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Easyjet	0,62	0,60	0,56	0,39	0,38	0,40	0,38	0,38	0,37	0,40	0,40	0,40
RYANAIR				0,39	0,36	0,37	0,38	0,37	0,35	0,36	0,36	0,38
Gemiddelde				**0,39**	**0,37**	**0,39**	**0,38**	**0,38**	**0,36**	**0,38**	**0,38**	**0,39**

Voor de passagiersvliegtuigen op de korte afstand nemen we bovenstaande gemiddelde kostprijs over.

Voor passagiersvluchten op de lange afstand en voor vrachtverkeer nemen we voor de respectievelijke vliegtuigtypes de aankoopkosten per "block hour" (=uur dat het vliegtuig in gebruik is) over voor het jaar 2008 uit de US Dot Forms 41. Deze zetten we om naar kosten per voertuigkm door een gemiddelde snelheid van 800 km/u te veronderstellen.

2.2.10.2 Belasting op inverkeerstelling

In principe is er in Vlaanderen een belasting op inverkeerstelling van 2.478,00 euro voor de allereerste inschrijving[53]. Gegeven het relatief lage bedrag en het feit dat we geen zicht hebben op waar de verschillende vliegtuigen zijn ingeschreven, nemen we dit niet mee.

2.2.10.3 BTW

In principe geldt een BTW tarief van 21 % op de aankoop van alle voertuigen. Voor luchtvaart geldt dat er geen BTW verplicht is indien de vliegtuigen voornamelijk voor internationaal transport gebruikt worden. Daarom gaan we uit van 0 % BTW voor luchtvaart.

2.3 Onderhoud

2.3.1 Kosten van onderhoud van fietsen

In de studie TML (2014)[54] werd een enquête gehouden bij Brusselse fietsers. Hieruit kwam een gemiddeld onderhoud van 98 euro per jaar inclusief BTW voor fietsen die voor woon-werkverkeer worden gebruikt. Het merendeel van de fietsen (in Brussel driekwart) wordt niet zo intensief gebruikt en heeft naar waarschijnlijkheid veel lagere onderhoudskosten.

TNO (2010) gaat uit van jaarlijkse onderhoudskosten van 65 euro voor een eenvoudige fiets. Gegeven de lagere aankoopprijs van een fiets in België gaan we uit van iets lagere onderhoudskosten, namelijk 50 euro per jaar in 2010 (41,32 euro exclusief 21 % BTW).

TNO (2010) gaat uit van jaarlijkse onderhoudskosten van 75 euro voor een elektrische fiets. We nemen deze over gezien de gelijkaardige prijzen voor de aankoop van elektrische fietsen in Nederland en België.

We veronderstellen dat de prijs over de jaren evolueert met de aankoopprijs van de fiets.

[53] Federale overheidsdienst Financiën (2015) Fiscaal Memento nr 27.
[54] Impact en potentieel van fietsgebruik voor de economie en de werkgelegenheid in het Brussels Gewest. De directe en indirecte effecten van fietsgebruik in 2002, 2012 en 2020. Rapport voor Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Transport & Mobility Leuven, 2014.

De BTW bedraagt 6 % voor onderhoud en reparatie. Dit laatste geldt slechts indien het bedrag voor de werkuren groter is dan het bedrag van de gebruikte stukken. In het andere geval geldt een BTW van 21 %. Aangezien we geen cijfers hebben betreffende de verdeling tussen beide categorieën gingen we uit van een 50/50 verdeling, de helft van het onderhoud onderworpen aan een tarief van 6 %, de andere helft aan een BTW tarief van 21 %.

2.3.2 Onderhoud motorfiets, personenwagen, vrachtwagen, bus

Een aantal websites laten toe de onderhoudskosten voor een wagen te berekenen op basis van de kenmerken van die wagen. Al naargelang de situatie wordt weergegeven dat elk jaar 2-5 % van de aankoopprijs besteed wordt aan onderhoud (inclusief onderdelen en banden). We nemen 3,5 % als waarde en veronderstelden dat dit percentage constant blijf over de periode 2000-2016. We veronderstellen hetzelfde % voor motorfietsen.

Voor vrachtwagens werden in Logghe 2006 de onderhoudskosten berekend op 3,5 %. We veronderstelden dezelfde cijfers voor bussen.

De BTW-tarieven werden dezelfde genomen als die bij aankoop. De BTW-aftrek is ook dezelfde: 50 % voor bedrijfswagens, 100 % voor bussen en vrachtwagens.

2.3.3 Onderhoud treinen

Het jaarlijkse onderhoud van treinen bedraagt 6,25 % van de aankoopprijs[55]. Op onderhoud wordt BTW geheven, maar die kan volledig gerecupereerd worden door de vennootschap.

2.3.4 Onderhoud binnenvaart

Het jaarlijkse onderhoud van binnenschepen bedraagt 6,25 % van de aankoopprijs[56]. Op onderhoud wordt BTW geheven, maar die kan volledig gerecupereerd worden door de vennootschap.

2.3.5 Onderhoud zeevaart

Het jaarlijks onderhoud kan gehaald worden uit de COMPASS-studie. Daar werden 7 scheepstypes bekeken die voor deze studie werden samengenomen. Het jaarlijks onderhoud wordt berekend als een percentage van de jaarlijkse leasekosten van het schip zelf.

Tabel 24: Onderhoud zeeschip als percentage van de jaarlijkse leasekosten. Bron: COMPASS

Zeevaart RoRo-Ferry	26,4 %
Zeevaart Container	5,6 %
Zeevaart Bulk	29,6 %

[55] Bron: MKBA IJzeren Rijn 2009, gebaseerd op “Vergelijkingskader modaliteiten” en eigen berekeningen.
[56] Bron: MKBA IJzeren Rijn 2009, gebaseerd op “Vergelijkingskader modaliteiten” en eigen berekeningen.

2.3.6 Onderhoud luchtvaart

Lage kosten maatschappijen vliegen met beperkt aantal types vliegtuigen. Dit zorgt voor een verhoging van efficiëntie in onderhoud, personeel, eigendom, brandstof en aankoopkosten. Beide hebben licentie van EASA om zelf onderhoud uit te voeren (part-45 contractors).

Er is een groot verschil (bijna factor 4) in onderhoudskosten tussen Ryanair en Easyjet – met 0,37 euro / 100 passagierskm voor Easyjet en 0,09 voor Ryanair in 2014. We hebben hiervoor niet direct een verklaring (berekeningswijze in jaarresultaten, wisselkoersverschillen, contractvoorwaarden). Voor lage kosten maatschappijen nemen we het gemiddelde – namelijk 0,23 euro/100 passagierskm over. Voor de volledige service korte afstand en voor de lange afstand baseren we ons op de onderhoudskosten per vlieguur zoals opgegeven door IATA (2015)[57]. Uit dit rapport blijkt dat er geen groot verschil is tussen een B737 en een B767. De onderhoudskosten van een B747-400 ligt veel hoger[58]. Gebruik makend van de gemiddelde snelheid zetten we de kosten weer om naar kosten per voertuigkm. Zo komen we tot onderhoudskosten van 0,6 euro/100 passagierskm voor korte afstand – volledige service en 0,38 euro/100 passagierskm voor de lange afstand. Voor vrachtvervoer bekomen we zo 1,91 euro/100 tonkm (korte afstand) en 1,33 euro / 100 tonkm (lange afstand).

Ook hier veronderstellen we dat er geen BTW geheven wordt.

2.4 Vergoedingen voor diensten, en marketing en verkoop

2.4.1 Havengelden zeescheepvaart

Wanneer een schip aanmeert, moeten havengelden worden betaald. Die kunnen gehaald worden uit de COMPASS studie, waarin alle kosten werden omgerekend naar gemiddeldes per dag. Daar werden 7 scheepstypes bekeken die voor deze studie werden samengenomen.

Tabel 25: Havengelden zeescheepvaart (2009)

	gemiddelde per dag	gemiddelde per jaar (365d)
Zeevaart RoRo-Ferry	2.100 euro	766.500 euro
Zeevaart Container	2.500 euro	912.500 euro
Zeevaart Bulk	2.300 euro	839.500 euro

2.4.2 Gronddiensten - luchtvaart

Belangrijke kosten bij luchtvaart zijn de gronddiensten. In de periode 2005-2010 bedroeg bij Easyjet het aandeel gronddiensten in de totale luchthavenkosten (gronddiensten + luchthaventarieven) gemiddeld 35 %. In de meest recente jaarresultaten worden de kosten echter samengeteld met de opgelegde tarieven

[57] IATA (2015) Airline maintenance costs. Executive commentary and presentation.
[58] Het exacte cijfer wordt niet gegeven, maar uit de presentie blijkt dat deze ongeveer 1.5 tot 1.8 keer hoger is. We gebruiken een multiplicator van 1.5.

van de luchthaven. Voor deze jaren worden de vermelde kosten opgesplitst volgens het gemiddelde aandeel in de periode 2005-2010 – met name 35 %. Ook bij Ryanair worden de kosten samengeteld. Hetzelfde aandeel van 35 % wordt toegepast. Voor de lage kosten maatschappijen nemen we de gemiddelde kosten voor Easyjet en Ryanair. Voor de passagiersvluchten korte afstand full service nemen we de kosten van Easyjet over. We veronderstellen dat deze gelijkaardige luchthavens aandoen – terwijl Ryanair vaker meer exotische luchthavens aandoet. Voor de lange afstand maken we een correctie voor de lengte van de vlucht. Voor cargo kennen we de kosten per 100 kg cargo voor Brussels Airport voor 2015 (0,35 euro per 100 kg cargo[59]).

2.4.3 Luchtverkeersleiding

In het Belgische (en Luxemburgse) luchtruim zorgen Eurocontrol en Belgocontrol voor de navigatie van vluchten. Belgocontrol begeleidt vluchten onder het niveau van 8.000 m. Boven het niveau van 8.000 m is Eurocontrol verantwoordelijk voor de luchtverkeersleiding.

In de berekening van de kosten voor luchtverkeersleiding is het enkel relevant om een onderscheid te maken tussen korte en lange afstandsvluchten en dus bijgevolg tussen de verschillende types toestellen. De data (maximaal gewicht bij opstijgen (MTOW), geluidsemissie) van de verschillende vliegtuigtypes halen we uit het European Aviation Environmental Report van EASA (2016). In deze dataset vinden we per type toestel (bv. B767) meerdere versies terug die andere motoren en een andere MTOW hebben, de twee belangrijkste factoren in het bepalen van de kosten voor luchtverkeersleiding. Omdat we geen onderscheid maken tussen deze types nemen we het gemiddelde van deze waarden.

Merk op dat de B737-400 een goede referentie is voor de periode 2000-2016[60], maar in huidige tariefzetting, gebruikt voor de berekening, valt dit type in een oude (duurdere) categorie. Hierdoor overschatten we mogelijk de kosten van luchtverkeersleiding voor de vroegere jaren.

2.4.3.1 Eurocontrol

Eurocontrol (CRCO office) int drie soorten lasten die gerelateerd zijn aan de kosten van luchtverkeersleiding: ‘route charges’, ‘terminal navigation charges’ en ‘communication charges’.

a) Route charges
De ‘route charges’ zijn de lasten die betaald worden door de luchtvaartmaatschappij voor de geleverde routebegeleiding in het Eurocontrol gebied. De parameters die de kosten definiëren zijn het MTOW, de afgelegde route en het tarief per land (Eurocontrol-lid), dat afhankelijk is van een bepaald tijdstip. Met behulp van de tarieven van september 2016 berekenen we de kosten voor korte en lange afstand. Om de kosten voor de overige jaren (2009-2015) te kunnen berekenen, gebruiken we de evolutie van het eenheidstarief van de totale en-route kosten uit de Eurocontrol Cost-Benefit Analyses (2015). Voor 2009 houden we het tarief constant.

[59] Brussels Airport (2015) Charges and fees at Brussels airport.
[60] https://www.easa.europa.eu/eaer/topics/technology-and-design/figures-and-tables

Korte afstand

Om de kosten van de route charges voor de korte afstanden te berekenen gebruiken we de 'gemiddelde afstand' (866 km) als vliegafstand. Als tarief gebruiken we het gemiddelde tarief (september 2016) van de landen met een bereikbare luchthaven binnen de straal van 866 km, nl. België/Luxemburg, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Ierland, Italië, Nederland, Oostenrijk, Polen, Tsjechië, Verenigd-Koninkrijk, Zweden, Zwitserland. We gebruiken de maximale opstijggewichten van de toestellen die eerder werden gedefinieerd.

Lange afstand

Voor de lange afstanden gebruiken we de Eurocontrol kosten van reële routes die worden uitgevoerd vanuit Brussels Airport. Eurocontrol dekt enkel een deel van de totale vlucht. Om tot gemiddelde kosten te komen is er gekozen om de kosten te berekenen voor 9 bestemmingen die het lange afstandsverkeer vanuit Brussel weerspiegelen en waarvan de trajecten voldoende uit elkaar liggen om verschillende Eurocontrol kosten te genereren. De bestemmingen zijn: Noord-Amerika (Chicago, New York en Miami), Afrika (Kinshasa, Entebbe en Accra) en Midden-Oosten en Azië (Dubai, Seoul en Bangkok). Concreet berekenen we dus de kosten per 'Eurocontrol-kilometer' van bovenstaande vluchten en vermenigvuldigen we die met 5700 om tot een schatting van de volledige kosten voor luchtverkeersleiding voor lange afstanden te komen.

Onderstaande tabel toont het resultaat.

Tabel 26: Route charges Eurocontrol – euro per 100 ASK per passagier of ton. Bron: Eurocontrol tool

		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
personen - korte afstand	lage kosten	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,50	0,47	0,48	0,47	0,47
personen - korte afstand	volledige service	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,50	0,47	0,48	0,47	0,47
personen - lange afstand		0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47	0,47
vracht - korte afstand		2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,65	2,50	2,57	2,49	2,49
vracht - lange afstand		1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,70	1,60	1,65	1,60	1,60

b) Communications charges

80 % van alle trans-Atlantische vluchten maken gebruik van de Shanwick ATC-regio en worden daarvoor bijkomend onderworpen aan de 'communications charge' die 45€ bedraagt per vlucht (voor het jaar 2016)[61]. Aangezien dit minieme kosten zijn, zullen we deze verwaarlozen.

c) Terminal navigation charges

Enkel vluchten die opstijgen vanop Brussels Airport zijn onderworpen aan 'terminal navigation charges', een vergoeding voor de diensten van Belgocontrol. De berekening houdt rekening met het maximale opstijggewicht van het toestel, een geluidsfactor en het tijdstip van opstijgen[62]. We kiezen voor een dagvlucht.

[61] https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/route-charges/information-circulars/cei-2016-01.pdf

[62] https://www.belgocontrol.be/opersite/eaip/eAIP_Next/html/eAIP/EB-GEN-4.2-en-GB.html

Tabel 27: Terminal navigation charges – euro per ASK per passagier/ton in 2016 – constante prijzen 2015

personen - korte afstand	lage kosten	0,21
personen - korte afstand	volledige service	0,21
personen - lange afstand		0,04
vracht - korte afstand		1,24
vracht - lange afstand		0,18

2.4.3.2 Belgocontrol

Ook Belgocontrol rekent een last door aan elk vertrekkend vliegtuig. Deze heffing is eveneens gebaseerd op het maximale opstijggewicht van het toestel, een geluidsfactor en het tijdstip van opstijgen[63]. We kiezen voor een dagvlucht.

Tabel 28: Luchtverkeersleidingkosten Belgocontrol, euro per 100 ASK per passagier/ton. Constante prijzen 2015. Bron: eigen berekeningen TML

		2015	2016
personen - korte afstand	lage kosten	0,14	0,14
personen - korte afstand	volledige service	0,14	0,14
personen - lange afstand		0,03	0,03
vracht - korte afstand		0,94	0,95
vracht - lange afstand		0,11	0,11

2.4.4 Verkoop en marketing luchtvaart

Vanuit de cijfers voor Easyjet en Ryanair weten we dat marketingkosten ongeveer 5 % van de totale andere kosten uitmaken. We passen dan ook dit % toe voor passagierstransport. Voor vrachtvervoer gaan we uit van een lager percentage: 2 %.

2.5 Jaarlijkse verzekeringen

2.5.1 Verzekeringen fietsen

Een verzekering voor fietsen is niet verplicht, maar wordt meer en meer aangeboden. Omdat er geen cijfers te vinden zijn van het aantal verzekerde fietsen, werd verondersteld dat het bedrag 0 euro is.

2.5.2 Verzekeringen motorfietsen

In de studie van 2010 werd 148,87 euro genomen als gemiddelde voor 2000, met als bron de COWI studie[64]. Omdat geen recentere gegevens beschikbaar zijn voor de gemiddelde vloot, nemen we deze over in deze studie. Voor de overige jaren werd de prijsindex specifiek voor de verzekering van motorvoertuigen

[63] https://www.belgocontrol.be/opersite/eaip/eAIP_Next/html/eAIP/EB-GEN-4.2-en-GB.html

[64] COWI AS (2001) Fiscal measures to reduce CO2 emissions from new passenger cars. Final report to the European Commission.

genomen voor 2006-2016, en de algemene prijsindex voor 2000-2006. Het tarief in 2016 is dan 188,51 euro. Hierbij komen nog 27,10 % taksen. Op verzekeringen wordt geen BTW geheven.

Met een steekproef (in volgende tabel) werd geverifieerd of de COWI cijfers van 2000 nog steeds in de juiste range liggen. Dat blijkt zo te zijn.

Tabel 29: Simulatie verzekeringspremie motorfietsen, AXA[65], juni 2016

	500cc ervaren bestuurder	250cc ervaren bestuurder	250cc jonge bestuurder
Jaarlijkse premie BA zonder taksen	140,34 euro	93,31 euro	207,36 euro
Taksen	38,03 euro	25,29 euro	56,19 euro
Totaal (incl. taksen)	178,37 euro	118,60 euro	263,55 euro

2.5.3 Verzekeringen personenwagen

Elke bestuurder van een personenwagen moet verzekerd zijn voor burgerlijke aansprakelijkheid (BA), een verzekering die de schade dekt die de automobilist aan derden aanbrengt. Omdat meerdere bestuurders een bepaald voertuig kunnen besturen, is de verzekeringsplicht gekoppeld aan het voertuig. Daarnaast kan men ook nog een bijkomende niet-verplichte omniumverzekering nemen. Daarmee kan men geheel of gedeeltelijk de schade dekken waarvoor de automobilist zelf aansprakelijk is of die veroorzaakt wordt door diefstal.

De premie voor de verzekering burgerlijke aansprakelijkheid en de eventuele omniumverzekering wordt in hoofdzaak bepaald door volgende parameters:

- leeftijd van de bestuurder
- woonplaats (stad of platteland)
- het soort auto (merk, type, vermogen)
- de schadegeschiedenis van de bestuurder.

De verzekeringspolissen zijn onderworpen aan een belasting van 9,25 %. Daarbij worden nog andere specifieke heffingen gevoegd, nl. voor het Vlaams Agentschap voor Personen met een Handicap, het Rode Kruis en het Rijksinstituut voor Ziekte- en Invaliditeitsvoorziening. Deze heffingen zijn niet gewijzigd in de periode 2000-2016.

Tabel 30: Taksen op verzekeringen. Bron: http://www.alleverzekeringen.be/taksenbijdragenverzekeringen.asp?L1=5

	Motorfietsen Personenwagens
Taks	9,25 %
VAPH	7,50 %
Rode kruis	0,35 %
RIZIV	10,00 %
TOTAAL	27,10 %

[65] https://equotemoto.axa.be/equotemoto/form.aspx?LANG=NL&WT.mc_id=IN_2015_MOTN_0028

Op verzekeringen wordt geen BTW geheven. In totaal gaat er dus 27,1 % taksen naar belastingen voor personenwagens. Deze taksen zijn in de periode 2000-2016 niet gewijzigd.

Om de verzekering voor wagens te berekenen baseren we ons op het huishoudbudgetonderzoek. Hieruit blijkt dat het Vlaamse gezin in de periode 2000-2010 jaarlijks een stabiel gemiddelde van 507 euro (inclusief belastingen) besteedde aan verzekeringen voor personenwagens.

Om dit om te rekenen naar de gemiddelde kosten voor 1 wagen, gebruiken we het Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen om de verdeling van het aantal voertuigen per gezin te weten. Dit onderzoek geeft cijfers voor de jaren 2000, 2007 en 2012. Gemiddeld bedraagt het aantal auto's per gezin voor deze jaren ongeveer 1,163. Door de cijfers van de huishoudenbudget te delen door bovenstaande cijfers, verkrijgen we de gemiddelde uitgave aan verzekeringen voor een personenwagen: 436 euro in 2010.

Voor de overige jaren werd de prijsindex specifiek voor de verzekering van motorvoertuigen genomen voor 2006-2016, en de algemene prijsindex voor 2000-2006.

2.5.4 Verzekeringen vrachtwagen en bus

De prijs van een verzekering[66] voor bedrijfsvoertuigen, waarvan de totale massa groter is dan 3,5 ton, is afhankelijk van het totale gewicht van de voertuigen in geladen toestand.
Voor een voertuig met een totaal gewicht van:

- maximaal 7,5 ton, bedraagt de jaarlijkse verzekering 900 euro;
- maximaal 16 ton, bedraagt de jaarlijkse verzekering 1.350 euro;
- maximaal 44 ton, onder de vorm van trekker + oplegger of vrachtwagen + aanhangwagen, bedraagt de jaarlijkse verzekering 2.100 euro.

We veronderstelden:

- Lichte vrachtwagen: 900 euro
- Zware vrachtwagen 3,5-12 ton: 900 euro
- Zware vrachtwagen 3,5-12 ton: 2.100 euro
- Lijnbus en reisbus: 2.100 euro (identiek aan zware vrachtwagens verondersteld).

Bovenstaande cijfers gelden voor 2006. Voor de overige jaren werd de prijsindex specifiek voor de verzekering van motorvoertuigen genomen voor 2006-2016, en de algemene prijsindex voor 2000-2006.

Boven de nettoprijs komt nog een taks - zie onderstaande tabel. Op verzekeringen wordt geen BTW geheven.

[66] Bron: Verzekeringskantoor Van Dessel, Koen Van Tricht, Administrator – Manager Transport

Tabel 31: Taksen op verzekeringen. Bron: http://www.alleverzekeringen.be/taksenbijdragenverzekeringen.asp?L1=5

	Bus Vrachtwagens 3,5-12 ton	Vrachtwagens 12-40 ton
Taks	1,40 %	0,00 %
VAPH	7,50 %	7,50 %
Rode kruis	0,35 %	0,35 %
RIZIV	5,00 %	5,00 %
TOTAAL	14,25%	12,85 %

2.5.5 Verzekeringen trein

De jaarlijkse verzekering op treinen bedraagt 1,5 % van de aankoopprijs[67]. Het is onbekend of hier taksen op worden geheven. Op verzekeringen wordt geen BTW geheven.

2.5.6 Verzekeringen binnenvaart

De verzekeringskosten binnenvaart omvatten hull[68], aansprakelijkheid en cargo. Ze worden jaarlijks betaald en zijn afhankelijk van het ton leeggewicht van het schip. De cijfers voor 2009 zijn te vinden in de volgende tabel. Voor de overige jaren werd de prijsindex specifiek voor de verzekering van motorvoertuigen genomen voor 2006-2016, en de algemene prijsindex voor 2000-2006.

Tabel 32: Verzekeringen binnenvaart, 2009. Bron: PINE rapport (2004)

Schip	Ton leeggewicht	Verzekeringspremie per ton leeggewicht en per jaar	Verzekeringspremie per jaar
Spits	350 ton	13 euro	4.225 euro
Europees schip	1.280 ton	13 euro	17.000 euro
Groot cargo schip	2.850 ton	10,5 euro	30.000 euro

2.5.7 Verzekeringen zeevaart

De jaarlijkse verzekeringskosten kan gehaald worden uit de COMPASS studie. Daar werden 7 scheepstypes bekeken die voor deze studie werden samengenomen. De jaarlijkse verzekeringskosten werden berekend als een percentage van de jaarlijkse leasekosten van het schip zelf.

Tabel 33: Verzekeringskosten zeeschip als percentage van de jaarlijkse leasekosten. Bron: COMPASS

Zeevaart RoRo-Ferry	15,5 %
Zeevaart Container	19,5 %
Zeevaart Bulk	19,9 %

[67] Bron: MKBA IJzeren Rijn 2009, gebaseerd op “Vergelijkingskader modaliteiten” en eigen berekeningen.
[68] De hull of de casco van het schip is de scheepsromp.

2.5.8 Verzekering luchtvaart

Voor luchtvaart hebben we geen informatie gevonden over de kostprijs van verzekeringen. Voor een deel zitten ze vaak vervat in de leasingkosten. We onderschatten dus hier deels de kosten.

2.6 Jaarlijkse vergunningen en keuringen

2.6.1 Keuringskosten personenwagen, vrachtwagen, bus

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste relevante kosten. Deze bedragen volgen jaarlijks de prijsindex.

Tabel 34: Keuringskosten. Bron: GOCA[69]

	2010	2016
Volledige keuring		
Personenwagen, auto voor dubbel gebruik, minibus of lijkauto	27,5 euro	30,6 euro
Autobus of autocar	49 euro	54,6 euro
Lichte vrachtwagen of kampeerwagen waarvan de MTM 3500 kg niet overtreft	31 euro	34,5 euro
Vrachtauto, trekker of kampeerwagen waarvan de MTM groter is dan 3500 kg	49 euro	54,6 euro
Aanhangwagen of oplegger waarvan de MTM de 3500 kg niet overtreft	27,5 euro	30,6 euro
Aanhangwagen of oplegger waarvan de MTM de 3500 kg overtreft	40,5 euro	45,1 euro
Keuring van de LPG- of CNG-installatie	15 euro	16,7 euro

Om de keuringskosten te bepalen, maken we een onderscheid tussen de voertuigtypes.

Voor personenwagens geldt dat deze op de dag dat het voertuig 4 jaar bereikt, gecontroleerd dient te worden. Daarna volgde in principe een jaarlijkse keuring. Sinds 2 mei 2006 is dit echter veranderd in een tweejaarlijkse controle voor wagens met inschrijvingsdatum na 2 januari 2002, een km stand lager dan 100.000 km en geen sanctiecode 1, 2 of 3 bij de vorige keuring[70]. In 2005 werd zo'n 25 % van de wagens afgekeurd, in 2008 was dit gedaald tot 22,85 % of 342.918 afkeuringen[71]. Uitgaande van het aantal afkeuringen, kunnen we het aantal keuringen berekenen, namelijk 1,5 miljoen keuringen. Dit wil zeggen dat ongeveer een derde van de wagens gekeurd wordt op een gegeven jaar. Gegeven een gemiddelde levensduur van 15 jaar, veronderstellen[72] we dat in de jaren 2000 en 2001 een nieuw aangekocht voertuig normaal 10 keer per 15 jaar naar de keuring gaat. Vanaf 2002 daalt dit tot 5 keer per 15 jaar.

De keuring van de LPG-of CNG-installatie vind plaats bij elke periodieke keuring. We veronderstellen dat dit op hetzelfde tempo is als een gewone personenwagen.

Bedrijfswagens zijn jonger en hebben dus minder keuringen. We gaan uit van de helft van een gemiddelde privépersonenwagen.

[69] Bron: www.goca.be
[70] Bron: www.goca.be
[71] Belga 30/08/2009
[72] We houden met andere woorden geen rekening met herkeuringen of extra keuringen bij verkoop, na een ongeval; opleggen voor laattijdig keuren, etc. omdat hiervoor de informatie niet gedetailleerd genoeg is. Herkeuringen zijn echter goedkoper. Belangrijker is dat we geen rekening houden met het aantal wagens van voor 2002 in de latere jaren. De berekening hier leidt dus tot een ondergrens voor de kosten van de keuring.

Voor motoren is een technische keuring niet verplicht. Enkel bij het importeren van een motor wordt er overgegaan tot een keuring. We veronderstellen dan ook dat deze kosten nul zijn voor motoren.

Autobussen en autocars zijn aan de keuring onderworpen vóór de eerste in verkeerstelling in België of de datum van opnieuw in verkeer stellen in België en vervolgens om de drie maand.

Vrachtwagens moeten elk jaar gekeurd worden, behalve als het A.D.R.-transport[73] gaat, dan is het om de 6 maanden.

2.6.2 Vervoersvergunning vrachtwagens en bussen

Iedere vennootschap of natuurlijke persoon moet een vervoersvergunning[74] aanvragen wanneer die het beroep van vervoerder wenst uit te oefenen. In totaal zijn er 4 soorten vervoervergunningen die elk een eigen karakter hebben volgens het gebruik van vrachtwagens, trekkers ... nl. de vergunning nationaal vervoer (VNV), de vergunning communautair vervoer (VCV), de extra-communautaire vervoervergunningen en de vergunning uitzonderlijk vervoer. Daarnaast is er nog een aparte vergunning voor het vervoer van reizigers. Voorheen moest voor de aanvraag van een vergunning éénmaal 5 euro betaald worden aan fiscale zegels, en jaarlijks 15 euro. Tegenwoordig gaat dit online en is het gratis. We houden in deze studie geen rekening met deze kosten.

2.7 Jaarlijkse taksen en subsidies

2.7.1 Verkeersbelasting motorfietsen

De verkeersbelasting moet elk jaar betaald worden door diegene die de motorfiets gewoonlijk gebruikt (de eigenaar, diegene die het huurt of leaset). De verkeersbelasting wordt jaarlijks geïndexeerd met de consumptieprijsindex. In 2016 was ze 55,97 euro(inclusief de opdeciemen). Motorfietsen onder 250 cc betalen geen verkeersbelasting – hier werd geen rekening mee gehouden in de berekening.

2.7.2 Verkeersbelasting personenwagens

Net als de belasting op inverkeerstelling is de verkeersbelasting voor personenwagens gekoppeld aan het vermogen van de auto (fiscale PK). Op de verkeersbelasting worden opdeciemen geheven, die ten goede komt aan de gemeente (in de tabellen zijn de bedragen steeds inclusief deze opdeciemen). Bovendien wordt ze geïndexeerd op de consumptieprijsindex en kan ze dus jaarlijks wijzigen. Deze berekeningswijze is geldig geweest voor de hele periode tot en met 2015 en is in 2016 ook nog geldig voor leasewagens.

Het tarief voor 2016 voor leasingwagens is te vinden in de volgende tabel. De tarieven voor de eerdere jaren werden herrekend op basis van de index op consumptieprijzen.

[73] ADR staat voor 'Accord européen relatif au transports international des marchandises Dangereuses par Route'. Het gaat hier met andere woorden over internationaal vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg. In België is dit verdrag ook van toepassing voor het binnenlands vervoer van de meeste gevaarlijke stoffen. Voor bepaalde producten, waaronder ontplofbare en radioactieve stoffen blijven er echter aparte reglementeringen van toepassing (http://www.gevaarlijke-stoffen.be/wat-is-adr.htm).
[74] Bron: http://www.mobilit.fgov.be

Tabel 35: Verkeersbelasting voor personenwagen (bedragen voor 2016). Deze zijn geldig voor leasing personenwagens voor de periode 2000-2016 en voor gewone personenwagens voor periode 2000-2015. Bron: Vlaamse belastingdienst

Belastbaar fiscaal vermogen	Bedrag geldig vanaf 1/7/2016
4 PK en minder	79,07 euro
5 PK	98,87 euro
6 PK	143,09 euro
7 PK	186,91 euro
8 PK	231,13 euro
9 PK	275,22 euro
10 PK	318,91 euro
11 PK	413,95 euro
12 PK	508,86 euro
13 PK	603,64 euro
14 PK	698,68 euro
15 PK	793,58 euro
16 PK	1.039,37 euro
17 PK	1.285,55 euro
18 PK	1.531,60 euro
19 PK	1.776,98 euro
20 PK	2.023,03 euro
Meer dan 20 PK, per PK	+110,22 euro

Vanaf 1 januari 2016 werd de verkeersbelasting hervormd voor alle niet-leasing voertuigen. De tarieven zijn naast PK ook afhankelijk van het type brandstof, de euronorm en de gehomologeerde CO_2-uistoot van de wagen.
Het nieuwe tarief voor gewone personenwagens is als volgt opgebouwd: als basis wordt het tarief van de leasingwagens genomen (Tabel 35 hierboven). Daarbovenop wordt voor gewone personenwagens het tarief gedifferentieerd als volgt:

- Gehomologeerde CO_2-uitstoot
  - Vermeerdering met 0,30 % voor iedere gram CO_2-uitstoot per kilometer boven 122 g en niet hoger dan 500 g (boven 500 g/km blijft vermeerdering dezelfde als voor 500 g/km).
  - Vermindering met 0,30 % voor iedere gram CO_2-uitstoot per kilometer onder 122 g maar hoger dan 24 g (onder 24g/km blijft vermindering dezelfde als voor 24g/km).
- Luchtterm (tabel met combinatie brandstofsoort en euronorm)

euronorm	benzine en andere brandstoffen	diesel
euro 0	30 %	50 %
euro 1	10 %	40 %
euro 2	5 %	35 %
euro 3	0 %	30 %
euro 3 + roetfilter	/	30 %
euro 4	-12,5 %	25 %
euro 4 + roetfilter	/	17,5 %
euro 5 of EEV	-15 %	17,5 %
euro 6	-15 %	15 %

Er is een belastingminimum van 40 euro geldig voor het totaalbedrag (gehele belasting) en bovenop het eindresultaat (gehele belasting) komt nog een opdeciem (+10 %).

Deze hervorming van de verkeersbelasting voor niet-leasingwagens leidde tot een differentiatie in 324 tarieven voor PK, brandstof en euroklasse, die dan telkens nog variëren naar de CO_2-uitstoot.

Met behulp van het wagenpark van 2014 uit de Vlaamse Emissie-Inventaris lucht (VMM), dat kunstmatig 'verjongd' werd naar 2016 werd een gemiddelde toeslag ten opzichte van het basistarief berekend wat euroklasse betreft:

- Benzinewagens: -11,9 %
- Dieselwagens: +20,0 %
- LPG wagens: -8,3 %

Voor 2014 blijkt de gemiddelde gehomologeerde CO_2-uitstoot[75] de volgende:

- Benzinewagens: 159 g/km
- Dieselwagens: 141 g/km
- LPG wagens: 207 g/km

Wat neerkomt op een verhoging van het tarief met resp. 5 %, 11 % en 29 %.

Voor LPG wagens is er nog een extra forfaitaire vermindering ingesteld van 100 euro, vanaf 2016.

Elektrische personenwagens en CNG personenwagens betalen geen verkeersbelasting meer vanaf 2016 (hybride wagens nog wel). Voordien betaalden ze de minimum verkeersbelasting van 77,35 euro.

2.7.3 Accijnscompenserende belasting op dieselwagens

Sinds 1 januari 1996 werd op personenauto's, auto's voor dubbel gebruik, minibussen en sommige lichte vrachtauto's waarvan de motor wordt aangedreven met diesel een accijnscompenserende belasting opgelegd. Met ingang van het aanslagjaar 2008 is deze belasting verdwenen. Deze belasting moest jaarlijks betaald worden aan de federale overheid en was niet geïndexeerd. Sinds 2004 is de belasting progressief afgebouwd (met 10 % in 2004, 20 % in 2005, 40 % in 2006 en 70 % in 2007 – in reële prijzen). De belasting hing af van het vermogen van de motor uitgedrukt in PK.

[75] Carolien Beckx, Tobias Denys (Vito), Analysis of the Belgian Car Fleet 2015, Study accomplished under the authority of the Flemish, the Walloon and the Brussels Capital Region, August 2016.

Tabel 36: Tarief accijnscompenserende belasting op dieselwagens, 2000-2007. Bron: Eigen berekeningen op basis van FOD Economie

	2000-2003	2004	2005	2006	2007
5 PK en minder	24,24 euro				
6 PK	43,92 euro				
7 PK	57,24 euro				
8 PK	70,8 euro				
9 PK	84,36 euro				
10 PK	97,68 euro				
11 PK	126,84 euro				
12 PK	155,88 euro				
13 PK	277,2 euro	90%	80%	60%	30%
14 PK	428,04 euro				
15 PK	486,12 euro				
16 PK	636,84 euro				
17 PK	787,44 euro				
18 PK	937,92 euro				
19 PK	1088,4 euro				
20 PK	1239,24 euro				
Meer dan 20 PK, per PK	+67,56 euro				
Gemiddelde voor het wagenpark van dat jaar	153,85 euro	135,52 euro	119,13 euro	88,41 euro	43,86 euro

2.7.4 Aanvullende verkeersbelasting LPG

Voor voertuigen die geheel of gedeeltelijk op LPG rijden is er een aanvullende verkeersbelasting. Het bedrag van de LPG-toeslag wordt berekend op grond van het vermogen van de motor van het voertuig en wordt niet geïndexeerd. De aanvullende verkeersbelasting op LPG werd ingevoerd in 1983 om conform te zijn met de Europese wetgeving, als alternatief voor de verplichte accijns van 125 euro per ton die op benzine en diesel wordt geheven, maar niet op LPG. Deze belasting heeft een vast tarief dat nooit geïndexeerd of veranderd is in de periode 2000-2016.

Tabel 37: Tarief aanvullende verkeersbelasting voor LPG, 2000-2016. Bron: Vlaamse belastingdienst

Belastbaar fiscaal vermogen	Bedrag
Max 7 PK	89,16 euro
Vanaf 8 PK tem 13 PK	148,68 euro
Vanaf 14 PK	208,20 euro

2.7.5 Verkeersbelasting lichte vrachtwagens

Lichte vrachtwagens betalen jaarlijks 19,32 euro per 500 kg maximaal toegelaten massa, met toepassing van de minimumbelasting van 35,86 euro. Hierbij komt nog de opdeciem.
Dit bedrag is geldig voor 2016 en wordt/werd jaarlijks geïndexeerd in de periode 2000-2016.

2.7.6 Verkeersbelasting zware vrachtwagens

Voor vrachtwagens wordt het belastingbedrag bepaald volgens het aantal assen, de aard van de ophanging en de maximale toegelaten massa (MTM). Op de verkeersbelasting worden opdeciemen geheven, die ten goede komt aan de gemeente.

Als het om een alleenrijdend voertuig gaat, is de in aanmerking te nemen MTM gelijk aan zijn eigen MTM; als het om een samengesteld voertuig gaat, is de in aanmerking te nemen MTM gelijk aan de som van de eigen MTM's van de voertuigen die deel uitmaken van het samenstel.

Er zijn in totaal 338 tariefklassen, verdeeld over 10 tabellen (de tarieven zijn nog te verhogen met de opdeciem). Volgende lijst geeft een overzicht van de tarieven voor 2015. De bedragen worden elk jaar geïndexeerd. Deze berekeningswijze is geldig geweest voor de hele periode tot en met april 2016.

- Alleenrijdende motorvoertuigen
    - Motorvoertuig met hoogstens twee assen (30 klassen – tarieven tussen 59,97 euro en 337,04 euro)
    - Motorvoertuig met drie assen (22 klassen – tarieven tussen 209,67 euro en 448,59 euro)
    - Motorvoertuig met vier assen (18 klassen – tarieven tussen 248,44 euro en 552,11 euro)
    - Motorvoertuig met meer dan vier assen (58 klassen – tarieven tussen 59,97 euro en 552,11 euro)
- Samengestelde voertuigen
    - Motorvoertuig met hoogstens twee assen en aanhangwagen of oplegger met één enkele as (50 klassen – tarieven tussen 59,97 euro en 524,15 euro)
    - Motorvoertuig met twee assen en aanhangwagen of oplegger met twee assen (30 klassen – tarieven tussen 260,29 euro en 705,98 euro)
    - Motorvoertuig met twee assen en aanhangwagen of oplegger met drie assen (16 klassen - tarieven tussen 471,00 euro en 771,35 euro)
    - Motorvoertuig met drie assen en aanhangwagen of oplegger met hoogstens twee assen (16 klassen – tarieven tussen 429,20 euro en 844,70 euro)
    - Motorvoertuig met drie assen en aanhangwagen of oplegger met drie assen (16 klassen – tarieven tussen 286,07 euro en 771,35 euro)
    - Samengestelde voertuigen met een andere dan voorgaande vermelde configuratie (82 klassen – tarieven tussen 59,97 euro en 808,01 euro)

Het gemiddelde tarief werd vervolgens berekend op basis van de samenstelling van het wagenpark: 192,01€ voor zware vrachtwagens kleiner dan 12 ton MTM en 459,87 euro voor grote zware vrachtwagens.

2.7.7 Verkeersbelasting bussen

Voor bussen geldt de volgende regel wat betreft de verkeersbelasting: wanneer het belastbaar vermogen kleiner is dan 10 PK, is de belasting vastgesteld op 70,12 euro. Wanneer het belastbaar vermogen 10 PK te boven gaat, bedraagt de aanslagvoet per PK en toepasselijk op het volledige belastbaar vermogen 4,44 euro, verhoogd met 0,24 euro per PK boven 10, met een maximum van 12,48 euro per PK. Hier bovenop komen nog opdeciemen (+10 %). Dit zijn cijfers voor 2015, zij worden jaarlijks geïndexeerd.

We veronderstellen dat reisbussen verkeersbelasting betalen, en lijnbussen (openbare dienstverlening) niet.

2.7.8 Eurovignet vrachtwagens

Sinds 1 januari 1995 is in België een bijkomende verplichting van toepassing op het rijden met zware vrachtwagens in het kader van een Verdrag betreffende de heffing van rechten voor het gebruik van bepaalde wegen , met name het Eurovignet. Het tarief bleef jaren ongewijzigd. Het Eurovignet werd begin 2016 afgeschaft en in de plaats werd vanaf 1 april 2016 een kilometerheffing voor vrachtwagens ingevoerd.

Het jaarlijks Eurovignet was van toepassing op motorvoertuigen en samengestelde voertuigen die uitsluitend bestemd zijn voor het vervoer van goederen over de weg en waarvan de maximaal toegelaten massa van de vrachtwagen of samengesteld voertuig minstens 12 ton bedraagt. Het bedrag van het eurovignet is afhankelijk van het aantal assen en de graad van vervuiling (de emissie- of euronorm) van het voertuig.

Tabel 38: Eurovignet voor vrachtwagens in euro/jaar. Bron: FOD Financiën

Aantal assen	Tijdvak	Ouder dan EURO I	EURO I	EURO II en nieuwer (schoner)
3 of minder	jaar	960	850	750
4 of meer	jaar	1.550	1.400	1.250
3 of minder	één maand	96	85	75
4 of meer	één maand	155	140	125
3 of minder	één week	26	23	20
4 of meer	één week	41	37	33
	één dag	8	8	8

Om de gemiddelde prijs per voertuig te berekenen, gebruiken we de totale inkomsten voor Vlaanderen en delen die door het wagenpark.

Tabel 39: Jaarlijkse Eurovignet opbrengsten in miljoen euro, 2000-2012, reële prijzen 2009. Bron: Vlaamse Middelenbegroting (tot 2006) Schriftelijk Vraag nr. 749 van 21 mei 2013, Vlaams Parlement (2007-2012)

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
75,01	66,81	58,89	63,24	78,85	76,71	87,77	76,68	58,39	93,35	89,92	88,39	73,39

Het gemiddelde tarief dat hier uit volgt is 739,02 in 2012. De overige jaren geven getallen in dezelfde grootteorde. Dit gemiddelde cijfer is lager dan het minimumtarief omdat niet elke zware vrachtwagen een

Eurovignet heeft – dat is alleen nodig wanneer men op het Europese TEN-T wegennetwerk[76] rijdt (wat ongeveer neerkomt op het snelwegennetwerk).

2.7.9 Radiotaks personenwagen en vrachtwagen

Tot en met 2001 moest een voertuig uitgerust met een radio een radiotaks betalen bij de Dienst Kijk- en Luistergeld. De taks was 27,4 euro per autoradio per jaar. Deze taks werd in 2002 afgeschaft in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en het Vlaams Gewest. Voor de jaren 2000-2001 nemen we hier de cijfers over zoals berekend in De Ceuster (2004)[77].

2.8 Kilometertaksen en -subsidies

Een kilometerheffing is in voege voor spoorverkeer, binnenvaart en vrachtwagens. Voor vliegtuigen zijn er de kosten voor de luchtverkeersleiding en de opstijgrechten. Lijnbussen en personentreinen worden gesubsidieerd via overheidsdotaties.

Er zijn ook nog subsidieregelingen voor woon-werkverkeer, bv. de fietsvergoeding. Die komen in een volgend hoofdstuk aan bod.

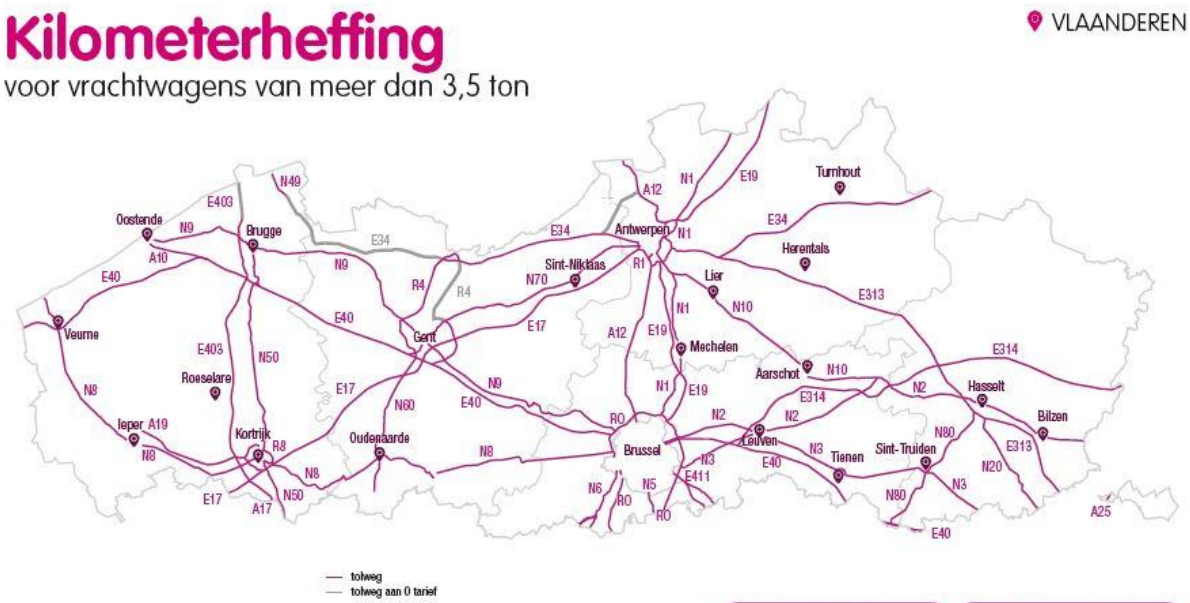
2.8.1 Vrachtwagens

Sinds april 2016 is een kilometerheffing voor vrachtwagens in voege op de snelwegen en enkele gewest-wegen. Tegelijk is het Eurovignet afgeschaft.

Het tarief en het netwerk zijn te vinden in volgende figuur.

[76] Trans European Network – Transport.
[77] De Ceuster (2004) Internalisering van externe kosten van wegverkeer in Vlaanderen.

Figuur 36: Tarieven en netwerk kilometerheffing vrachtwagens. Bron: Viapass (2016)



[€ / km]	VLAANDEREN, WALLONIË (EX BTW) BRUSSEL AUTOSNELWEG			BRUSSEL BINNENSTEDELIJK GEBIED*		
	3.5 - 12 TON	12 - 32 TON	> 32 TON	3.5 - 12 TON	12 - 32 TON	> 32 TON
Euro 0	0,146	0,196	0,200	0,188	0,263	0,292
Euro 1	0,146	0,196	0,200	0,188	0,263	0,292
Euro 2	0,146	0,196	0,200	0,188	0,263	0,292
Euro 3	0,126	0,176	0,180	0,163	0,238	0,267
Euro 4	0,095	0,145	0,149	0,132	0,207	0,236
Euro 5	0,074	0,124	0,128	0,109	0,184	0,213
Euro 6	0,074	0,124	0,128	0,099	0,174	0,203

(*) Binnenstedelijk gebied: alle lokale en regionale wegen die geen autosnelweg zijn.

Rekening houdend met de verdeling van het verkeer volgens gewicht en euroklasse, is het gemiddeld tarief voor een 3,5-12t vrachtwagen 0,098 euro/km. Voor een zware vrachtwagen van 12-40t is dat 0,137 euro/km.

Voor beide types gaan we er van uit dat het tarief voor 90 % van de gereden km geldt gezien vrachtwagens vooral op snelwegen en hoofdwegen rijden en slechts voor 10 % op gemeentewegen[78].

2.8.2 Subsidies lijnbussen

De Vervoersmaatschappij (VVM) De Lijn krijgt elk jaar een overheidsdotatie[79] om het verschil in inkomsten van de bustickets en de kosten te dekken. Er zijn ook (kleinere) subsidies die gegeven worden voor investeringen, deze worden niet meegenomen.

[78] FOD Mobiliteit en Vervoer.
[79] Bijdragen aan het openbaar vervoerbedrijf door derdebetalers worden niet meegerekend in deze indicator (derdebetalersystemen worden aanzien als directe inkomsten).

Het precieze bedrag van de dotatie staat niet vermeld in de jaarrekeningen van De lijn, maar wel in de verslagen van het Rekenhof. De methode van rapporteren was in het begin van de jaren 2000 verschillend, zodat niet elk cijfer te vergelijken is. Voor ontbrekende cijfers werden lineaire interpolaties gedaan.

Tabel 40: Berekening van de dotatie per personenkm op basis van de verslagen van het Rekenhof voor 2001-2014

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
De Lijn: Netto vervoerontvangsten (milj. euro)	110,4	105,4	102,9	110,6	113,7	119,1	126,2	131,5	133,7	137,1	138,5	142,6	148,6	150,3
Rekenhof VVM: 70-Lopende opbrengsten (milj. euro)	117,9						126,5	131,6	133,6	136,9	138,2	142,3	148,2	150,0
Rekenhof Vlaamse overheid: Andere ontvangst VMM (milj. euro)		158,3	168,0	187,4	183,8									
Rekenhof VVM: 74-Inkomens- en kapitaaloverdrachten (milj. euro)	368,7		503,0				764,8	851,4	896,9	873,4	881,5	859,1	876,2	875,2
Rekenhof Vlaamse overheid: Dotaties VVM (milj. euro)		528,6	546,0	697,7	763,8									
prijs (euro) ticket/personenkm berekend uit ontvangsten en personenkm	0,045	0,035	0,032	0,031	0,031	0,032	0,033	0,033	0,032	0,033	0,033	0,036	0,038	0,039
prijs (euro) dotatie/personenkm berekend uit dotaties en personenkm	0,140	0,162	0,156	0,180	0,189	0,194	0,198	0,211	0,214	0,208	0,211	0,215	0,227	0,229
Kostendekkingsgraad	24,2%	17,8%	17,0%	14,7%	13,9%	14,1%	14,2%	13,4%	13,0%	13,6%	13,6%	14,2%	14,5%	14,6%

De cijfers voor de kostendekkingsgraad voor 2015 en 2016 werden dezelfde verondersteld als die voor 2014. De omrekening van personen-km naar voertuigkm werd vervolgens gedaan op basis van de gemiddelde bezettingsgraad van de bussen.

2.8.3 Trein

Spooroperatoren betalen een infrastructuurheffing aan de netwerkbeheerder Infrabel. Die is variabel en hangt onder meer af van het gewicht van de trein en de locatie. We gaan uit van een gemiddelde heffing van 2,5 euro per gereden km in 2014[80]. Voor de overige jaren werd de algemene prijsindex genomen.

2.8.4 Subsidies passagierstreinen nationaal

De NMBS krijgt elk jaar een dotatie om het verschil in inkomsten van de treintickets en de kosten te dekken. De dotatie wordt enkel geven voor binnenlands reizigersvervoer, niet voor internationaal vervoer. Er was in de eerste helft van de jaren 2000 ook een kleine dotatie voor goederenvervoer, maar daarover is weinig informatie beschikbaar – dit werd niet opgenomen in deze studie. Er zijn ook subsidies die gegeven worden voor uitbouw en onderhoud van infrastructuur (nu vooral aan Infrabel, eerder ook aan de NMBS), deze worden ook niet meegenomen.

[80] Jo Cornu, Gedelegeerd Bestuurder NMBS, "Gedachtenwisseling over de bredere strategie en algemene doelstellingen van NMBS als vervoerder", Vlaams Parlement 25/03/2014.

Het precieze bedrag van de dotatie staat elk jaar vermeld in de jaarrekeningen van de NMBS. De berekening staat in de onderstaande tabel. Voor 2016 werd dezelfde dotatie per personen-km als voor 2015 verondersteld. De omrekening van reiger-km naar voertuigkm werd vervolgens gedaan op basis van de gemiddelde bezettingsgraad van de treinen.

Tabel 41: Berekening van de dotatie per personen-km op basis van de jaarverslagen van de NMBS voor 2000-2015, België

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
miljoen personen-km binnenland	6.599	6.317	6.790	6.928	7.328	8.111	8.521	8.851
omzet binnenlands reizigersvervoer (milj. euro)	330,2	340,7	362,9	347,5	404,1	484,3	522,6	551,9
exploitatiedotaties binnenland (milj. euro)	347,8	361,3	371,7	387,1	396,2	771,5	826,1	844,0
dotatie per personen-km (euro)	0,053	0,057	0,055	0,056	0,054	0,095	0,097	0,095
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
miljoen personen-km binnenland	9249	9361	9541	9890	9906	9871	9918	9927
omzet binnenlands reizigersvervoer (milj. euro)	577,9	611,7	577	598,9	612,5	611,3	687	659,3
exploitatiedotaties binnenland (milj. euro)	880,4	885,8	861,4	927,2	985,1	1022,3	1120,8	1137,3
dotatie per personen-km (euro)	0,095	0,095	0,090	0,094	0,099	0,104	0,113	0,115

2.8.5 Binnenvaart

Sinds 2000 is de infrastructuurvergoeding of het vaarrecht 0,00025 euro/tonkm[81] in Vlaanderen. Dit is een vast bedrag dat niet varieert met de prijsindex.

2.8.6 Luchtvaart

2.8.6.1 Opstijg- en passagiersvergoedingen Brussels airport

We beschouwen een enkele vlucht vertrekkend vanuit Brussels Airport. We houden dus enkel rekening met de opstijgvergoeding. Tarieven op basis van geluidsemissie, MTOW en tijdstip van de dag. We kiezen voor een dagvlucht (8h00-20h59).

Voor de passagiersvergoedingen gebruiken we de documenten 'Charges & fees at Brussels Airport' uit 2015 en 2016. Voor een schatting van de overige jaren gebruiken we een artikel waarin staat dat er een jaarlijkse tariefverhoging zal zijn in de periode 2010-2016 van 0,28 % (geen rekening gehouden met de jaarlijkse index van de consumentenprijzen van 0,40 %).

[81] FOD Mobiliteit en Vervoer – Maritiem vervoer (2007) Algemeen reglement der scheepvaartwegen van het Koninkrijk

Onderstaande tabel toont de som van de opstijg- en passagiersvergoeding. De jaarlijkse tariefverhoging van de passagiersvergoedingen is niet zichtbaar omdat we in constante prijzen werken.

Tabel 42: Opstijg- en passagiersvergoeding Brussels airport, euro per 100 ASK per passagier/ton, constante prijzen 2015. Bron: eigen berekeningen TML

		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
personen - korte afstand	lage kosten	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,55	3,49	3,46	3,48
personen - korte afstand	volledige service	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,55	3,49	3,46	3,48
personen - lange afstand		0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,55	0,54	0,54	0,54
vracht - korte afstand		0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,89	0,87	0,86	0,87
vracht - lange afstand		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14

2.9 Subsidies woon-werkverkeer

Dit hoofdstuk omvat de subsidie- en belastingsregelingen voor het woon-werkverkeer via de werkgever. Overheidsdotaties en -heffingen komen in het vorige hoofdstuk aan bod.

2.9.1 Subsidies woon-werkverkeer fiets

De fietsvergoeding woon-werkverkeer is een vergoeding die door een werkgever wordt toegekend aan werknemers die de afstand van hun woonplaats naar het werk geheel of gedeeltelijk overbruggen met de fiets.

De fietsvergoeding is vrij van inkomstenbelasting (aan werknemerszijde) en sociale zekerheidsbijdragen (aan werknemers- en werkgeverszijde). Deze vrijstelling is momenteel beperkt tot 0,22 euro/km sinds 2013 (artikel 38 van de wet op de personenbelasting). De fietsvergoeding is ingevoerd in 2001 en bedroeg toen 0,15 euro/km. In 2009 werd ze verhoogd naar 0,20 euro/km.

Volgens het Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (2007-2012) rijdt de gemiddelde Vlaming zo'n 12,87 % van zijn fietskm voor woon-werkverkeer.

Dit cijfer nemen we over als percentage van het aantal fietskm waarvoor een fietsvergoeding kan gegeven worden. Uit een enquête[82] weten we dat in Vlaanderen 88 % van de werknemers de mogelijkheid heeft om een fietsvergoeding te krijgen.

[82] Diagnostiek van het woon-werkverkeer, FOD Mobiliteit en Vervoer

Tabel 43: Percentage van het aantal fietskm voor woon-werkverkeer. Bron: Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen

jaar	Percentage woon-werk
2000	15,66 %
2007	14,67 %
2008	12,07 %
2009	13,72 %
2010	13,48 %
2011	11,65 %
2012	11,63 %
gemiddelde 2007-2012	12,87 %

Resulterend wordt voor een gemiddelde fietskilometer ongeveer 0,025 euro/km terugbetaald door de werkgever (voor 2013-2016).

2.9.2 Subsidies woon-werkverkeer privé personenwagens

Een werknemer heeft voor de beroepsmatige autokosten automatisch recht op het algemene kostenforfait. Dit forfait dekt alle beroepskosten, dus ook die met betrekking tot het beroepsmatig gebruik van de wagen. Dit kostenforfait schommelt gemiddeld tussen de 2.000-2.500 euro[83]. Voor inkomsten van 2008 bedroeg ze maximaal 3.950 euro.

Ongeacht het beroep kan men steeds kiezen voor de aftrek van de werkelijke beroepskosten. Vanaf ongeveer 66 km enkele reis zal dit voordeliger zijn dan het forfait te nemen. Men kan dan 2 soorten kosten fiscaal aftrekken met betrekking tot het beroepsmatige gebruik van de wagen:

- de kosten van het woon-werkverkeer. Deze werden voor het inkomstenjaar 2009 forfaitair geraamd op 0,15 euro per afgelegde km voor private wagens. Voor openbaar vervoer mogen de volledige kosten worden ingerekend.
- andere beroepsmatige autokosten. Deze kosten zijn aftrekbaar ten belope van 75 %. Het gaat hier bijvoorbeeld om kosten van bezoeken van dokters aan patiënten, van handelaars aan klanten, etc.

Kosten voor privé vervoer zijn niet aftrekbaar.

Deze kosten werden niet meegenomen in de berekening. Impliciet veronderstellen we hiermee dat elke werknemer het forfait kiest[84] op zijn belastingaangifte en dat dit bedrag eerder als een loonlastenverlaging moet gezien worden dan als een woon-werksubsidie.

[83] Bron: http://www.slimweg.be/partners/eigen_wagen/firma_wagen.htm?ComponentId=3751&SourcePageId=3832
[84] Uit cijfers van André Decoster blijkt dat 0,3% van de gezinnen met een werknemer in 2002 (toen het forfait een stuk lager lag dan nu) NIET het forfait koos.

2.9.3 Subsidies woon-werkverkeer bedrijfswagens

Indien een werknemer, bestuurder, zaakvoerder, enz. een bedrijfswagen gratis gebruikt voor privé doeleinden, dan wordt op het gebied van directe personenbelastingen een voordeel van alle aard aangerekend. Dat is een bedrag dat bij het loon wordt geteld (en niet uitbetaald in geld maar in natura – de bedrijfswagen) en waarop de normale inkomsensbelastingen worden geheven.

Voor de bepaling van het bedrag van dit voordeel hanteert de fiscus tot en met 2012 een forfaitair aantal km van:

- 5.000 km per jaar indien het dagelijkse woon-werktraject (enkele rit) van de werknemer beperkt blijft tot 25 km;
- 7.500 km per jaar indien het dagelijkse woon-werktraject (enkele rit) van de werknemer meer dan 25 km is;
- Voor werknemers zonder woon-werkverkeer geldt het minimumaantal van 5.000 km.

Op dit forfaitair aantal km werd dan tot inkomstenjaar 2009, afhankelijk van de fiscale PK van de bedrijfswagen een bij wet bepaald kilometertarief toegepast. Dit voordeel wordt dan, net als een gewone bezoldiging, belast tegen het progressieve tarief (maximum 50%).

Vanaf inkomstenjaar 2010 tot 2012 is het belastbaar voordeel niet langer afhankelijk van de fiscale pk, maar wel van de CO_2-uitstoot van de wagen. Er van uitgaande dat de werknemer belast wordt op 5.000 of 7.500 km, krijgt hij de andere km dus belastingvrij aangeboden. Gezien een bedrijfswagen gemiddeld 10.130 km (benzine) of 17.904 km (diesel) rijdt (in 2016), betekent dit een voordeel van 5.130 tot 10.404 km. Het fiscale tarief per km voor dat gedeelte van de km is 0,15 euro. Dit vertegenwoordigt dus een jaarloon dat niet belast werd van 769,52 tot 1.560,61 euro. Aan een gemiddeld belastingpercentage op de loonkosten van 53 % is dit 407,85 tot 827,13 euro niet-betaalde belastingen per jaar. Dit is een subsidie van ongeveer 0,05 euro/km gerekend over alle km.

Vanaf 2013 is er een nieuwe regeling in voege. De berekeningsformule voor het voordeel van alle aard ziet er als volgt uit:

- voor dieselwagens: cataloguswaarde x [5,5 + (CO2-89) x 0,1]% x 6/7
- voor benzinewagens: cataloguswaarde x [5,5 + (CO2-107) x 0,1]% x 6/7

Voor het gemiddelde wagenpark van bedrijfswagens komt dit neer op een voordeel van alle aard van 1.552 of 1.622 euro voor een benzine resp. een dieselwagen in 2013. Dit bedrag is ongeveer dubbel zo hoog als voordien (of omgerekend in km aan 0,15 euro/km: 10.347 tot 10.812 km zijn onderhevig aan normale inkomensbelastingen). Dat wil zeggen dat bedrijfswagens nu meer belast worden, en de subsidie woon-werkverkeer een stuk lager is. Voor benzinewagens valt ze zelfs helemaal weg, want het voordeel alle aard omvat de totale kosten van de wagen.

2.9.4 Subsidies woon-werkverkeer bus en trein

Woon-werkverkeer wordt voor de gebruiker gesubsidieerd door de werkgever en de overheid. De regel is dat 80 % van het abonnement door de werkgever wordt betaald en 20 % door de federale overheid. We gaan er van uit dat alle woon-werkverkeer op bus en trein (niet hst) op deze manier wordt terugbetaald.

Vanuit het OVG weten we welk percentage van de afgelegde km woon-werkverkeer is. Aangezien dit cijfer in het OVG nogal schommelt, werd een gemiddelde berekend en constant gehouden voor de gehele periode 2000-2016.

Tabel 44: Percentage woon-werkverkeer van de afstand afgelegd met het hoofdvervoermiddel lijnbus of trein. Bron: OVG Vlaanderen

	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	gemiddelde
lijnbus	36,97%	14,81%	21,21%	19,04%	10,10%	23,90%	19,36%	20,77%
trein	54,02%	43,29%	33,63%	46,13%	32,08%	50,23%	35,99%	42,20%

Het bedrag dat terugbetaald wordt is het reizigerstarief. Voor treinverkeer kan dit berekend worden uit de jaarverslagen van de NMBS.

Tabel 45: Gemiddelde prijs treinticket binnenlands vervoer (België)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
miljoen personenkm binnenland	6.599	6.317	6.790	6.928	7.328	8.111	8.521	8.851	9.249	9.361	9.541	9.890	9.906	9.871	9.918	9.927
omzet binnenlands reizigersvervoer (milj. euro)	330,2	340,7	362,9	347,5	404,1	484,3	522,6	551,9	577,9	611,7	577	598,9	612,5	611,3	687	659,3
prijs ticket in euro per 1.000 personenkm	50,04	53,94	53,45	50,17	55,14	59,71	61,33	62,36	62,48	65,34	60,48	60,56	61,83	61,93	69,27	66,42

Voor busverkeer werd dezelfde berekening gedaan op basis van de netto vervoersontvangsten van De Lijn.

Tabel 46: Gemiddelde prijs busticket De Lijn

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
miljoen personenkm	1.409	1.610	1.730	1.919	1.991	2.015	2.074	2.164	2.250	2.253	2.235	2.148	2.070	2.053	2.399
netto vervoerontvangsten De Lijn (milj euro)	110,4	105,4	102,9	110,6	113,7	119,1	126,2	131,5	133,7	137,1	138,5	142,6	148,6	150,3	169,8
prijs ticket in euro per 1.000 personenkm	78,35	65,49	59,46	57,65	57,12	59,08	60,85	60,75	59,40	60,87	61,96	66,38	71,78	73,23	70,79

2.10 Personeelskosten

2.10.1 Personeelskosten trein

Er wordt verondersteld dat, naast een bestuurder voor elke trein, een nationale personentrein 1 begeleider heeft (zoals voorgeschreven in de wet) en een hst 3 begeleiders.

Tabel 47: Personeelskosten per gereden uur met de trein in 2009. Bron: gesprekken met Infrabel en spooroperatoren

Personeelskosten bestuurder	65,33 euro/uur
Personeelskosten begeleider	57,18 euro/uur

Bovenop deze kosten wordt nog 20 % overhead gerekend[85]. We gaan uit van een loon dat bestaat uit 53 % belastingen en 47 % nettoloon[86]. Deze kosten worden omgerekend in kosten per km met behulp van de gemiddelde snelheid. De cijfers gelden voor 2009. Andere jaren werden berekend met behulp van de algemene prijsindex.

2.10.2 Personeelskosten vrachtwagen

De loonkosten van de chauffeur zijn belangrijk in het geval van vrachtwagens en bussen. In dit hoofdstuk berekenen we de loonkosten voor zware vrachtwagens. We veronderstellen dat die dezelfde zijn voor lichte vrachtwagens.

Personeelskosten zijn een belangrijke kostenfactor voor het wegtransport. Het bruto uurloon van een vrachtwagenchauffeur is onderhevig aan een aantal toeslagen:

- Indien een vrachtwagenchauffeur dient te werken op een zon- of een feestdag, wordt zijn bruto uurloon vermeerderd met honderd procent.
- Tijdens de overbruggingstijd (wachttijd) ontvangt een vrachtwagenchauffeur slechts 97 % van zijn bruto uurloon.
- De ARAB[87]-vergoeding is een terugbetaling van de kosten (die eigen zijn aan de onderneming), gedaan door de chauffeur buiten de onderneming. Omdat bepaalde kosten zoals drank en eten, sanitaire stops … groter zijn voor chauffeurs op de baan dan voor personeel in een kantoor, krijgen chauffeurs voor deze hogere kosten een extra vergoeding.
- De nachtvergoedingen tijdens de rusttijd ‘s nachts.
- Een verblijfsvergoeding is een vergoeding die toegekend wordt aan een arbeider wanneer die uit noodzaak van de dienst verplicht is zijn dagelijkse en / of wekelijkse rust te nemen, buiten zijn woonplaats of buiten de voorziene arbeidsplaats.
- Vrachtwagenchauffeurs krijgen bovendien ook een anciënniteittoeslag afhankelijk van het aantal jaren dienst in een bedrijf.

[85] Bron: NMBS.
[86] KU Leuven, Salarisenquête 2014: De Belgische werknemer verdient gemiddeld 3.261 euro bruto, 2.068 netto. Bovenop het brutoloon komt nog gemiddeld 35 % patronale RSZ. Het gedeelte taksen en belastingen van de totale loonkosten is dus gemiddeld 53 %.
[87] Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming.

Alle bedragen en vergoedingen uit de voorgaande paragrafen werden verrekend op basis van globale overzichten van de totale betaalde lonen van een sociaal secretariaat[88]. De totale loonkosten kwamen op 26,8 euro/uur voor 2005. Hiervan zijn ongeveer 25 % toeslagen en 75 % het basisloon zelf. Voor 2016 werd de berekening gedaan op basis van de loonwijzer[89]. De bruto maandlonen voor een vrachtwagenchauffeur blijken te liggen tussen 1.822 euro en 2.238 euro. Rekening houdend met extra loonlasten komt dit neer op 32,4 euro/uur wat overeenstemt met de cijfers uit 2005, rekening houdend met de inflatie.

Bovenop deze kosten wordt nog 20 % overhead gerekend. We gaan uit van een loon dat bestaat uit 53 % belastingen en 47 % nettoloon. Bovenstaande kosten worden omgerekend in kosten per km met behulp van de gemiddelde snelheid.

2.10.3 Personeelskosten bus

De loonkosten van een buschauffeur worden berekend aan de hand van de cijfers uit de jaarrekening van De Lijn.

Tabel 48: Loonkosten De Lijn. Bron: jaarrekening 2015

Aantal VTE personeel	7623,6
Aantal uren gepresteerd	11.790.719
Loonkosten (euro)	451.643.000
Gemiddelde loonkosten (euro/u)	38,30

Bovenop deze kosten wordt nog met 50 % overhead gerekend[90], hoger dan wat voor treinvervoer en vrachtwagens wordt gerekend (20 %).

Uit een vergelijking met de andere kosten volgt dan dat de personeelskosten 60 % van de totale kosten van de lijnbus uitmaken. Volgens het Rekenhof[91], die De Lijn citeert, is het werkelijke aandeel van de personeelskosten in de operationele kosten 69 % (in 2003), evenwel zonder het vervoer van de pachters[92] in rekening te brengen – die wellicht relatief minder overhead hebben. De recente jaarrekeningen van De Lijn geven hierover onvoldoende informatie, gezien tegenwoordig de helft van het vervoer door externe exploitanten gebeurt. We gaan uit van een loon dat bestaat uit 53 % belastingen en 47 % nettoloon.

Voor reisbussen werd verondersteld dat ze dezelfde personeelskosten hebben als de lijnbussen.

Bovenstaande kosten worden omgerekend in kosten per km met behulp van de gemiddelde snelheid.

[88] Sociaal kantoor Robert Krekelenbergh, Roeselare. Totaal van 300 chauffeurs in volledig jaar 2005.
[89] www.loonwijzer.be
[90] Bron: Jaarverslagen De Lijn
[91] Onderzoek van geregeld vervoer: kostprijs en gunning pachtcontracten Verslag van het Rekenhof aan het Vlaams Parlement, 2005.
[92] Een pachter of busexploitant is een privé-onderneming die busdiensten uitbaat voor De Lijn. De exploitant is een onderaannemer van de vervoermaatschappij. Hij voert de busdiensten uit voor een vaste prijs en heeft geen opbrengstverantwoordelijkheid. De exploitant is eigenaar van de bus en heeft de buschauffeur in dienst.

2.10.4 Personeelskosten binnenvaart

Spits en Europees schip: De personeelskosten hangen af van de wijze van uitbating. In Vlaanderen zijn er nog relatief veel onafhankelijke schippers. Indien familie ingezet wordt, liggen de personeelskosten lager en bedragen ongeveer 50-65.000 euro/jaar. Indien er personeel moet ingezet worden stijgen de personeelskosten naar 95.000 euro/jaar[93]. Hierbij wordt uitgegaan van 3 bemanningsleden.

Groot cargo schip: De personeelskosten hangen opnieuw af of het een familieonderneming is of niet. Belangrijks is ook of het schip continu vaart of in een stelsel van 18 uur. Bij continue vaart zijn er 7 tot 8 medewerkers nodig, bij 18 uur vaart 4. De meeste schepen varen niet continu, dus gaan we uit van 18 uur vaart. De personeelskosten zijn dan 172.000 euro indien personeel (1 onafhankelijke schipper + 3 werknemers) aangeworven wordt.

Hierbij worden nog 15 % overheadkosten geteld.

We gaan uit van een loon dat bestaat uit 53 % belastingen en 47 % nettoloon.

2.10.5 Personeelskosten zeevaart

Personeelskosten kunnen gehaald worden uit de COMPASS-studie. Daar werden 7 scheepstypes bekeken die voor deze studie werden samengenomen.

Tabel 49: Jaarlijkse personeelskosten zeescheepvaart (2009). Bron: COMPASS

Zeevaart RoRo-Ferry	887.498 euro
Zeevaart Container-Cargo	780.370 euro
Zeevaart Bulk	1.046.820 euro

2.10.6 Personeelskosten luchtvaart

In deze kosten zitten niet enkel vliegend personeel, maar ook het administratief personeel. In 2015 werkten er 9.164 personeelsleden bij Easyjet waarvan 93 % werkte als vliegend personeel of in de onderhouds- en grondoperaties. Bij Ryanair werkten in dat jaar 9.393 personeelsleden waarvan 96 % werkte aan boord of als technische personeel. De kostenverschillen tussen Easyjet en Ryanair zijn groot. Een mogelijke oorzaak is het aantal personeel per vliegtuig. We schatten dit op 37 voor Easyjet tegenover 31 bij Ryanair. We beschikken over de personeelskosten voor de lagekostenmaatschappijen. We gaan ervan uit dat zij werken met 2 piloten en 3 personen crew (1 persoon cabinepersoneel per 50 stoelen). Voor volledige service (korte en lange afstand) gaan we uit van 2 piloten en 4 respectievelijk 6,5 personen cabinepersoneel (1 per 40 stoelen). We passen steeds 20 % overhead toe op deze personeelskost. Zo berekenen we de relatieve personeelskost. Voor cargo nemen we de personeelskosten van personentransport over. Gegeven dat er voor cargo geen stewards nodig zijn, zou men kunnen veronderstellen dat de personeelskosten lager zijn.

[93] Hierbij wordt uitgegaan van een minimum bemanning.

Uit de literatuur blijkt echter dat de personeelskosten per “block hour” voor cargo vliegtuigen hoger zijn dan voor passagiersvliegtuigen[94]. Omdat we geen vergelijkbare gegevens hebben, gebruiken we de gegevens voor personentransport – wat waarschijnlijk een onderschatting is.

Net als bij de andere modi veronderstellen we dezelfde aandelen wat betreft de netto-loonkosten en de loonlasten – al kan dit zeker bij luchttransport erg verschillen van het land waarin het personeel ingeschreven is.

2.11 Energiekosten

Voor energiekosten maken we een onderscheid tussen de volgende brandstoffen: benzine, LPG, CNG en allerlei dieselsoorten. Voor elektrische voertuigen (trein, auto, fiets) worden ook de elektriciteitsprijzen besproken.

2.11.1 Prijzen brandstoffen

2.11.1.1 Benzine

Wat benzine betreft is er voornamelijk benzine 95 en benzine 98 verkrijgbaar. De benzine met octaangehalte 98 is iets klopvaster (en ook iets duurder) dan gewone benzine 95. In het verleden was er ook loodhoudende benzine in omloop. Deze is in 2001 uit de handel genomen. In de analyse focussen we ons op de meest gebruikte benzine 95.

Benzine wordt niet in zuivere vorm aan de pomp aangeboden, maar gemengd met de biobrandstoffen ethanol en methanol, in het kader van de Europese richtlijn over hernieuwbare brandstoffen in het vervoer[95]. Ze hebben lagere accijnzen om de hogere productiekosten te compenseren. De prijzen voor benzine houden rekening met het aandeel aan ethanol en methanol dat is bijgemengd.

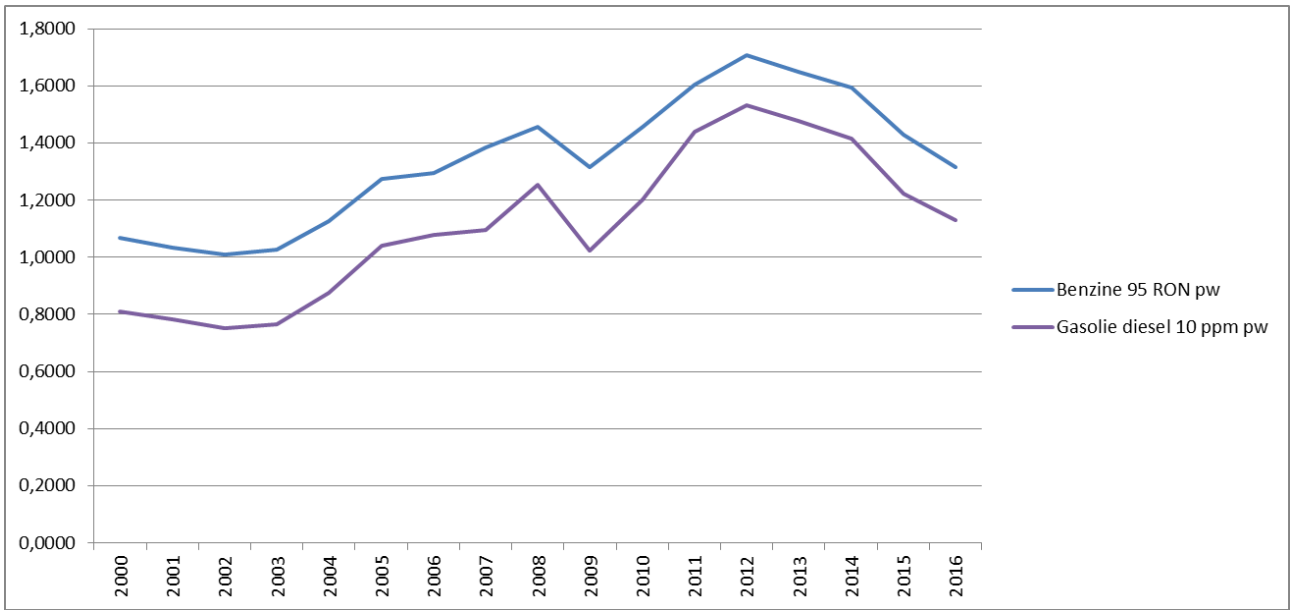
De prijs die de gebruikers voor motorbrandstof betalen kan onderverdeeld worden in:

- De **nettoprijs of basisprijs** (raffinaderijprijs, voorraadkosten, distributiekosten). Deze maximumprijzen voor motorbrandstoffen worden door de overheid bepaald. Dit werd op 1 augustus 1974 vastgelegd in een overeenkomst tussen de Belgische overheid en de Belgische Petroleum Federatie.
- de **heffingen**
    - gewone en bijzondere accijnzen: een vast bedrag dat per liter wordt geheven onafhankelijk van de maximumprijzen.
    - energiebijdrage: wordt sinds 1 augustus 1993 wordt er een geheven op benzine. Op 4 augustus 2003 werd de bijdrage verhoogd met 1,5 cent naar 2,86 cent per liter.
    - controlebijdrage: wordt sinds 1 januari 2002 geheven op benzine: van 0,5 cent per liter.
- **BTW**: 21 % bovenop de totale prijs (nettoprijs + accijnzen).

[94] Aircraft operating costs
[95] Richtlijn 2009/28/EG Bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen.

Volgende grafiek geeft een beeld van de evolutie van de totale brandstofprijs voor benzine en diesel voor personenwagens (in euro/l). Merk op dat er een dip zit in 2009 en een piek in 2012, wat ook merkbaar is in de totale kosten per voertuigkm in het volgende hoofdstuk 2.12.

Figuur 37: Totale brandstofprijs in euro per liter, 2000-2016. Bron: berekeningen TML



2.11.1.2 LPG

Liquefied Petroleum Gas (LPG) is een verzamelnaam voor een mengsel van vluchtige koolwaterstofverbindingen uit aardolie en aardgas. De belangrijkste bestanddelen van LPG zijn propaan en butaan. Op LPG worden geen accijnzen geheven.

2.11.1.3 CNG

Aardgas bestaat voor het merendeel uit methaan (CH_4) met kleine hoeveelheden zwaardere koolwaterstoffen, stikstof en water. Aardgas wordt momenteel gebruikt in personenwagens met benzinemotoren waarin een aardgasinstallatie (CNG) wordt ingebouwd. Voor bussen word het motorblok van de dieselmotor volledig omgebouwd naar een aardgasmotor.

De prijs van aardgas bestaat uit de energieprijs, de nettarieven en de heffingen. De nettarieven bestaan hier uit een toeslag voor de vervoerskosten (het vervoer van aardgas over het vervoernet beheerd door Fluxys) en de distributiekosten (het vervoer over het net tot de eindafnemer). Behalve BTW zijn er geen heffingen op CNG.

Cijfers voor de pompprijs van CNG zijn moeilijk te vinden, op 2 steekproeven na:

- 1,05 euro/kg op 9 september 2012
- 0,72 euro/kg op 22 juni 2016

We gaan uit van een constante prijs van 0,72 euro/kg.

2.11.1.4 Diesel wegverkeer

Diesel is het meest populair in België. De samenstelling van diesel is in de loop der tijd veranderd. De belangrijkste wijziging is de verlaging van het maximale zwavelgehalte in diesel. Dankzij de accijnsverlagingen voor zwavelarme diesel is de markt in 2001 overgeschakeld naar een zwavelgehalte gegaan van 350 ppm naar 50 ppm. In maart 2007 werd diesel 10 ppm geïntroduceerd, opnieuw door een verlaging van de accijnzen.

Diesel, gebruikt als motorbrandstof, heeft bij wet GN[96] code 2710 19 41 met een zwavelgehalte van niet meer dan 10 mg/kg. Hierop staan de volgende taksen:

- accijns: 198,3148 euro per 1.000 liter bij 15 °C;
- bijzondere accijns: 214,4996 euro per 1.000 liter bij 15 °C;
- bijdrage op de energie: 14,8736 euro per 1.000 liter bij 15 °C.

Professionele dieselgebruikers (zoals transportbedrijven) kunnen een gedeelte van de bijzondere accijns terugkrijgen van de Staat (art. 429, § 5, programmawet van 27 december 2004). Op 1 november 2015 was dit terug te betalen bedrag 79,0017 euro per 1.000 liter bij 15° C. Voor andere jaren werd dezelfde verhouding met de nettoprijs als de accijnzen verondersteld. Deze professionele diesel mag gebruikt worden door zware vrachtwagens en bussen (niet door lichte vrachtwagens).

2.11.1.5 Diesel spoorverkeer

Spoorverkeer tankt dezelfde kwaliteit diesel als wegverkeer, maar heeft daarvoor lagere taksen. Zij vallen immers niet onder “motorbrandstoffen” maar onder “motorbrandstof voor industriële en commerciële doeleinden” en dan onder artikel 420 §4 van de programmawet van 27 december 2004 “de voertuigen bestemd om buiten de openbare weg te worden gebruikt”.

Deze diesel, gebruikt als motorbrandstof voor spoorverkeer, heeft bij wet GN code 2710 19 41 met een zwavelgehalte van niet meer dan 10 mg/kg – het is dezelfde diesel als voor wegverkeer. Hierop staan de volgende taksen (anders dan voor wegverkeer):

- accijns: 18,5920 euro per 1.000 liter bij 15 °C;
- bijzondere accijns: 4,0880 euro per 1.000 liter bij 15 °C;
- bijdrage op de energie: 0 euro per 1.000 liter bij 15 °C.

Diesel voor spoorverkeer heeft dus totale taksen (excl. BTW) van 0,0223 euro/l, terwijl wegverkeer voor hetzelfde product 0,4277 euro/l taksen betaalt.

2.11.1.6 Diesel scheepvaart

Deze diesel is veel zwaarder dan de diesel voor weg- en spoorverkeer. Ze heeft bij wet de GN codes 2710 19 61 tot en met 2710 19 69. Hierop staan de volgende taksen:

- accijns: 23 euro per 1.000 kg;
- bijzondere accijns: 3,2 euro per 1.000 kg;
- bijdrage op de energie: 0 euro per 1.000 kg.

[96] Gecombineerde Nomenclatuur

2.11.1.7 Elektriciteit (consumenten)

Dit is van belang voor elektrische fietsen en personenwagens.

De elektriciteitsprijzen die de leveranciers aanrekenen aan de gezinnen bestaan uit de energieprijs, de nettarieven en heffingen. De energieprijs (40 tot 50 % van totale prijs) wordt vrij bepaald door de leverancier. De nettarieven zijn de tarieven die de netbeheerders aanrekenen voor het gebruik van hun net en voor de geleverde diensten zoals de transmissie en de distributie. De heffingen (5 tot 10 % van de totale prijs) worden bepaald door de verschillende overheden, en betreffen de energiebijdrage, de federale bijdrage, de toeslag beschermde klanten en de BTW.

Het doorsnee gezin heeft een elektriciteitsverbruik van zo'n 3.500 kWh per jaar[97]. Onderstaande tabel geeft de prijs van elektriciteit (euro/kWh) voor een gebruik van rond de 3.500 kWh.

Tabel 50: Jaarlijkse gemiddelde prijs van elektriciteit in euro/kWh in België voor gezinnen met een verbruik rond de 3.500 kWh. Bron: Eigen berekeningen op basis van Eurostat

	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
nettoprijs excl. BTW en heffingen (euro/kWh)	0,0730	0,0881	0,1067	0,1117	0,1227	0,1298	0,1257	0,1323	0,1434	0,1447	0,1495
heffing incl. BTW (euro/kWh)	0,0274	0,0332	0,0473	0,0514	0,0524	0,0539	0,0574	0,0365	0,0510	0,0575	0,0595

Eurostat heeft in 2007 de methodologie veranderd voor deze gegevens. Het grootste verschil is dat voor 2007 de energieprijzen voor een gezin met een verbruik van 3.500 kWh worden gegeven en na 2007 de prijzen voor een verbruik tussen 2.500 en 5.000 kWh.

2.11.1.8 Elektriciteit (industrie)

Wat spoorwegen betreft, wordt gebruik gemaakt van het tarief voor grote industrie, met een jaarlijks verbruik tussen 20.000 en 70.000 MWh.

Tabel 51: Jaarlijkse gemiddelde prijs van elektriciteit in euro/kWh in België voor grote industrie (klasse IE). Bron: Eigen berekeningen op basis van Eurostat

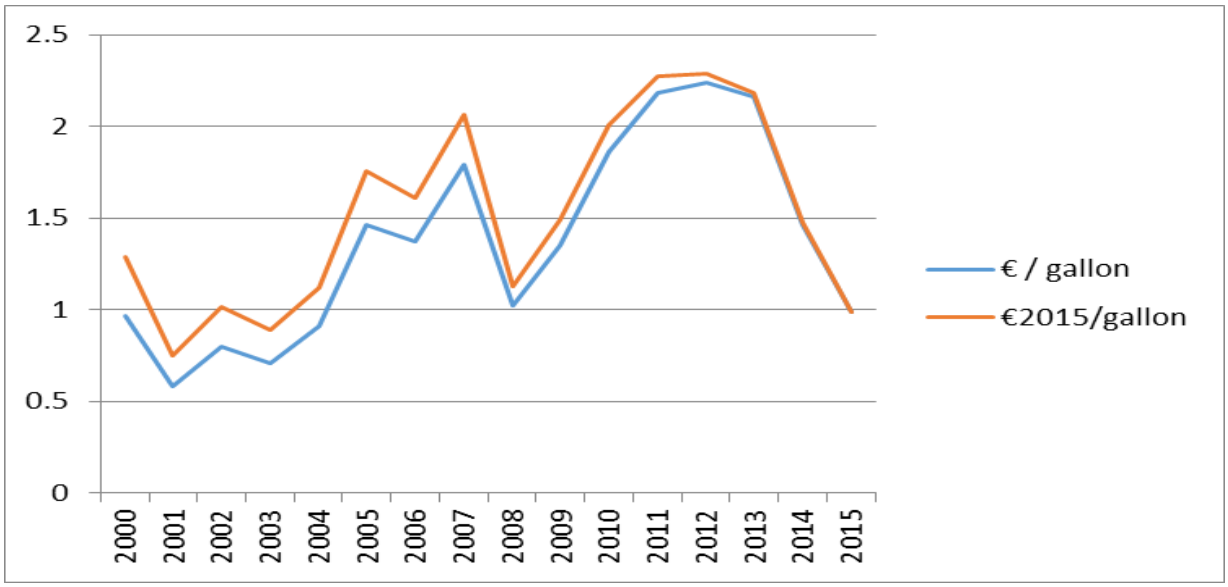
	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
nettoprijs (euro/kWh)	0,053	0,071	0,084	0,071	0,078	0,071	0,071	0,067	0,066	0,079	0,081
heffing incl. BTW (euro/kWh)	0,013	0,019	0,007	0,009	0,012	0,010	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010

[97] VREG (2010) Marktrapport 2009, RAPP 2010-3

2.11.1.9 Kerosine

Onderstaande figuur toont het verloop van de kerosineprijs. Het is duidelijk dat deze zeer sterk varieert over de tijd.

Figuur 38: Evolutie kerosineprijs – spotmarket – in lopende prijzen/gallon en constante prijzen 2015/gallon



Op kerosine voor luchtvaart worden geen BTW en accijnzen geheven. Er is wel een bijdrage voor energie van 19,4356 euro per 1.000 liter[98].

2.11.1.10 BTW

Op alle brandstoffen, met uitzondering van kerosine, wordt BTW geheven, zowel op de nettoprijs als op de accijnzen.

Bedrijven kunnen hun BTW recupereren:

- Vrachtwagens, bussen, schepen, treinen: volledig
- Personenwagens (bedrijfswagens): 50 % aftrekbaar

2.11.2 Verbruik

2.11.2.1 Elektrische fiets

De trapondersteuning van een elektrische fiets wordt geactiveerd door een motor die door een lithium accu wordt aangedreven. Je laadt de accu via het stopcontact. De mate waarin de motor ondersteunt, bepaal je zelf. De actieradius van de accu hangt sterk af van het gebruik en van de omstandigheden.

[98] Federale overheidsdienst Financiën (2015), Fiscaal Memento nr. 27

Aannames:

- Oplaadbeurt: 0,4kW
- Actieradius: 80 km

Dus 0,005 kWh/km.

2.11.2.2 Wegverkeer fossiele brandstoffen

Het verbruik werd gehaald uit de Emissie-Inventaris Lucht (VMM), inclusief het gebruik van biobrandstoffen.

2.11.2.3 Elektrische personenwagen

Het MIMOSA-model uit de studie van 2010 gaf aan dat het verbruik 16,11 kWh/100 voertuigkm is[99]. Dit werd verondersteld constant te zijn over de jaren.

2.11.2.4 Spoor

Het verbruik werd gehaald uit het EMMOSS v3.2 model. Dit geeft het brandstofverbruik in MJ per 100 voertuigkm voor de jaren 2000-2014. Voor 2015 en 2016 werd de lineaire trend doorgezet.

2.11.2.5 Binnenvaart

Het verbruik werd gehaald uit het EMMOSS v3.2 model. Dit geeft het brandstofverbruik in ton per 100 voertuigkm voor de jaren 2000-2014. Voor 2015 en 2016 werd de lineaire trend doorgezet.

2.11.2.6 Zeevaart

Brandstofverbruik kan gehaald worden uit de COMPASS-studie. Daar werden 7 scheepstypes bekeken die voor deze studie werden samengenomen.

Tabel 52: Jaarlijkse brandstofverbruik zeescheepvaart, in ton (2009)

Zeevaart RoRo-Ferry	12.026,75 ton
Zeevaart Container-Cargo	16.425,00 ton
Zeevaart Bulk	11.132,50 ton

2.11.2.7 Luchtvaart

Ook voor luchttransport vertrekken we van het brandstofverbruik zoals gebruikt voor de berekeningen van de emissies. Deze vermenigvuldigen we dan met de kerosineprijs. In de praktijk zullen er verschillen zijn. Deze kunnen liggen in de gevolgde aankoopstrategie (hedging) of andere bedrijfsstrategie. Bij Ryanair worden piloten bijvoorbeeld zeer strikt opgevolgd en gecontroleerd op hoeveel brandstof ze verbruiken.

[99] Op basis van DIV-cijfers voor Vlaanderen en testresultaten Autogids komen we op een gemiddeld verbruik van 17,7 kWh/100km (op basis van 6 elektrische autotypes die bijna 80 % van de geregistreerde elektrische wagens uitmaken.

2.12 Evolutie van de totale prijs van het verkeer

Als we alle resultaten samen zetten komen we tot een prijs per 100 voertuigkm (= eurocent per voertuig-kilometer).

Daarbij werden ook alle lopende (reële) prijzen uit de voorgaande hoofdstukken omgezet in constante prijzen $euro_{2015}$ met behulp van de prijsindex.

Netto kosten, belastingen en heffingen
In deze studie maken we een onderscheid tussen netto kosten, en belastingen en heffingen.

Belastingen zijn verplichte betalingen aan de overheid zonder dat daar een direct aanwijsbare tegen-prestatie tegenover staat. De doelstelling is het financieren van overheidsuitgaven. Nevendoelstellingen zijn bijvoorbeeld de vergroening en het ontmoedigen van ongewenst gedrag. Het internaliseren van externe kosten is niet het primaire doel, wat niet wil zeggen dat deze belastingen daar niet aan kunnen bijdragen. Voorbeelden zijn de accijnzen en de jaarlijkse verkeersbelasting.

Bij heffingen (of retributies) gaat het daarentegen om betalingen aan de overheid of mobiliteitsaanbieders waar een directe tegenprestatie tegenover staat. Voorbeelden zijn havengelden, infrastructuurheffingen en de vergoedingen bij luchtvaart. De vraag die zich hierbij stelt, is of deze aanzien kunnen worden als een internalisatie dan wel echt puur als een betaling voor een dienst. Voor de meeste modi is de aanbieder van de dienst de overheid en kan men stellen dat het hier eerder gaat over een belasting. Bovendien is voor luchtvaart de aanbieder vaak (deels) publiek. Hierover is in de literatuur geen consensus. Wij hebben ervoor gekozen om retributies ook mee op te nemen in de "belastingen".

De BTW is een algemene belasting, die in veel studies over internalisering van externe kosten buiten beschouwing wordt gelaten. In deze studie nemen we ze wel mee op, omdat er significante verschillen zijn tussen de BTW tarieven van de verschillende vervoerswijzen.

Belastingen op arbeid, kapitaal, winst en dergelijke worden wel buiten beschouwing gelaten, behalve wanneer het om expliciete verkeersmaatregelen gaat, zoals de vergoedingen voor het woon-werkverkeer en de vermijding van inkomensbelastingen bij een bedrijfswagen.

Subsidies zijn als financiële stromen van de overheid naar private partijen waar geen directe tegenpresta-tie voor worden verlangd. Die zijn in kleine mate aanwezig, bv. subsidies voor roetfilters en voor LPG installaties.

Ook de overheidsbijdragen aan vervoerders om specifieke diensten te verlenen worden meegenomen. Vanuit het perspectief van de reiziger van wie we het gedrag willen sturen, bestaat er geen verschil tussen subsidies en overheidsbijdragen. Zowel subsidies als overheidsbijdragen zorgen ervoor dat de prijs voor de reis voor de reiziger lager wordt dan de prijs die op de markt tot stand zou zijn gekomen.

In een volgend hoofdstuk zullen deze nettoprijzen en belastingen als volgt worden samengevoegd:
Nettoprijzen

- aankoop netto
- onderhoud netto
- verzekering netto
- personeelskosten en -belastingen
- brandstof netto
- vergunning en keuring
- vergoedingen voor diensten, en marketing en verkoop

Belastingen

- aankoop BTW
- aankoop BIV
- retributie nummerplaat
- aankoop subsidies
- onderhoud BTW
- verzekering taksen
- jaartaksen
- eurovignet
- kilometertaksen
- kilometersubsidies
- subsidie woon-werk
- brandstof accijnzen
- brandstof BTW

Deze onderverdeling is belangrijk omdat we dit later gebruiken om de graad van internalisatie te bepalen. Merk op dat we een eerder brede definitie van belastingen gebruiken. We zullen de graad van internali-satie dus eerder overschatten.

De evolutie van de nettoprijzen en belastingen per 100 voertuigkm van 2000 tot 2016 is te vinden in grafieken per voertuigtype – terug te vinden in bijlage 1. Voor elektrische en hybride wagens worden de cijfers pas vanaf 2009 weergegeven, omdat het wagenpark daarvoor te klein is. Opvallend is dat voor personenverkeer over de weg de aankoop van het voertuig de grootste kostenpost is. Voor goederenvervoer en openbaar vervoer zijn dat de personeelskosten.

Voor de meeste vervoerswijzen vertoont de prijs van het vervoer de afgelopen 15 jaar vrijwel constant gebleven. Schommelingen, lichte dalingen en stijgingen zijn in de meeste gevallen te verklaren door een evolutie in het aantal gereden km per jaar. Een stijging van het aantal gereden km zorgt voor een daling in de kosten per km voor de vaste kosten. Voor een aantal vervoerswijzen zijn sprongen in kosten te zien omdat de statistieken voor het aantal gereden km sprongen vertonen (personenwagens CNG, reisbussen. De details daarvan zijn in hoofdstuk 2.1 te vinden.

Verder is het effect van de evolutie van de brandstofprijzen te zien (dal in 2002, piek in 2008, dal in 2009, piek in 2012, en daarna weer dalend).

De hervorming van een aantal belastingen op wegverkeer (verkeersbelasting, BIV) is amper zichtbaar, omdat deze hervormingen veelal budgetneutraal zijn opgezet, waardoor de gemiddelde aanslagvoet nauwelijks wijzigt.

Omdat de methode voor het berekenen van subsidies gewijzigd is voor passagierstreinen is er een sprong in de kosten te zien in 2004.

2.13 Vergelijking vervoerswijzen

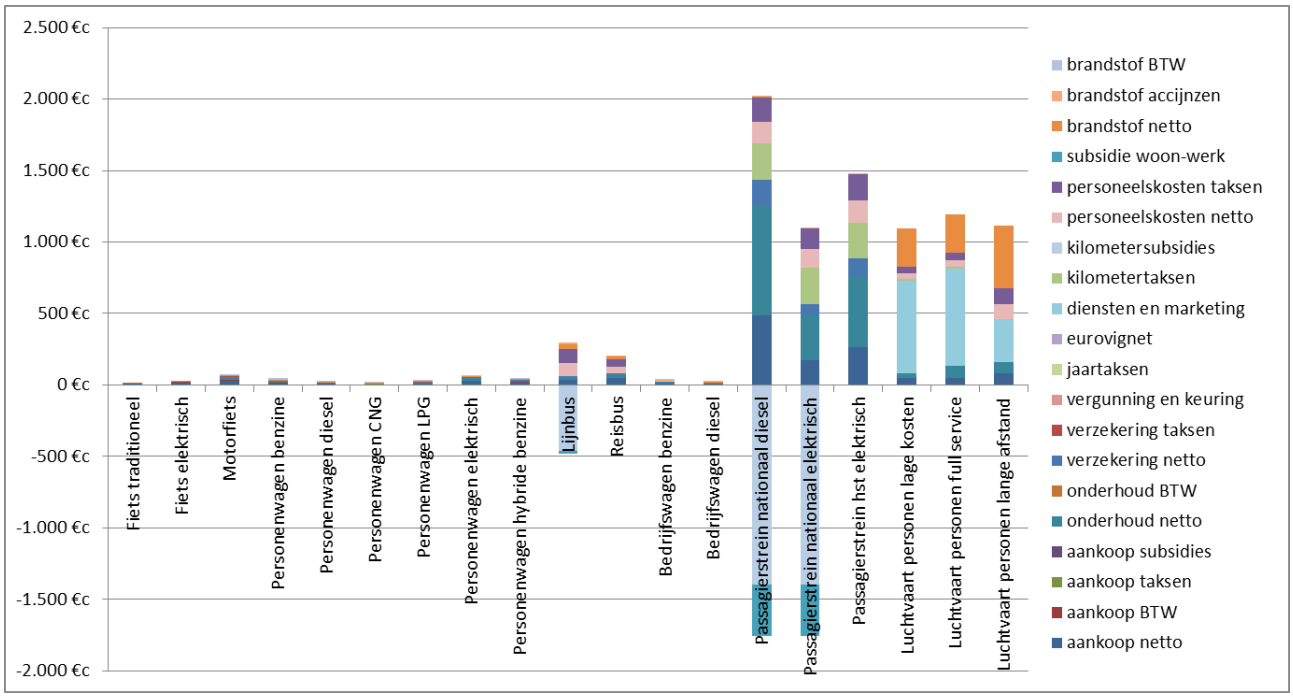
De figuren in dit hoofdstuk vergelijken de verschillende vervoerswijzen in 2014 wat betreft de kosten.

2.13.1 Personenverkeer

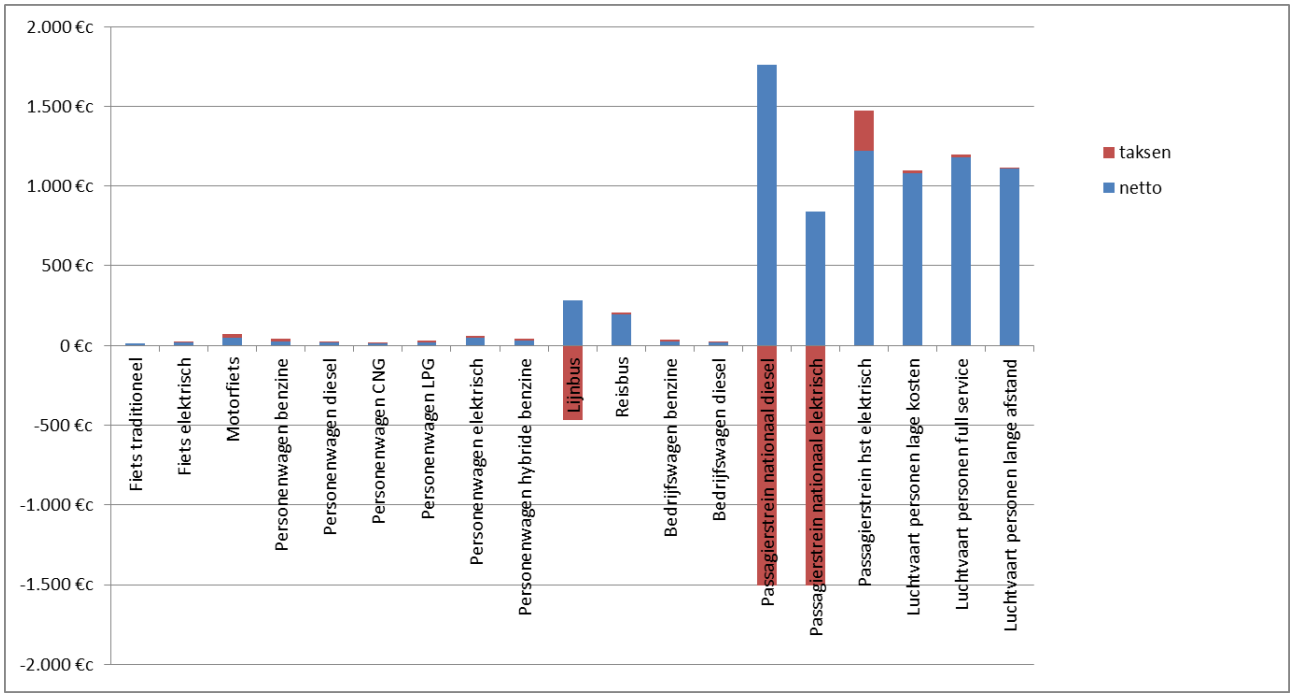
Onderstaande figuur geeft een overzicht van alle netto kosten en belastingen per vervoerswijze voor personenverkeer, uitgedrukt in €c per voertuigkm. In de volgende figuur zijn alle netto kosten en alle belastingen en subsidies samengeteld. Negatieve taksen (voor bus en trein) geven aan dat deze vervoerswijzen gesubsidieerd worden.

Omdat de figuur cijfers geeft per voertuigkm, valt uiteraard op dat grote voertuigen, zoals trein en vliegtuig hogere kosten hebben, zodat die voor personenwagens erg klein lijken. Om de verschillende vervoerswijzen beter te kunnen vergelijken worden verderop in deze paragraaf de cijfers per personenkm gegeven. Toch is het interessant om ook de cijfers per voertuigkm te hebben, in eerste instantie omdat deze in de volgende hoofdstukken worden vergeleken met de marginale externe kosten. Ten tweede, zijn deze cijfers ook betrouwbaarder, aangezien cijfers per personenkm sterk afhangen van de bezettingsgraad van de voertuigen, die niet altijd goed gekend is en bovendien sterk kan fluctueren naar plaats en tijdstip.

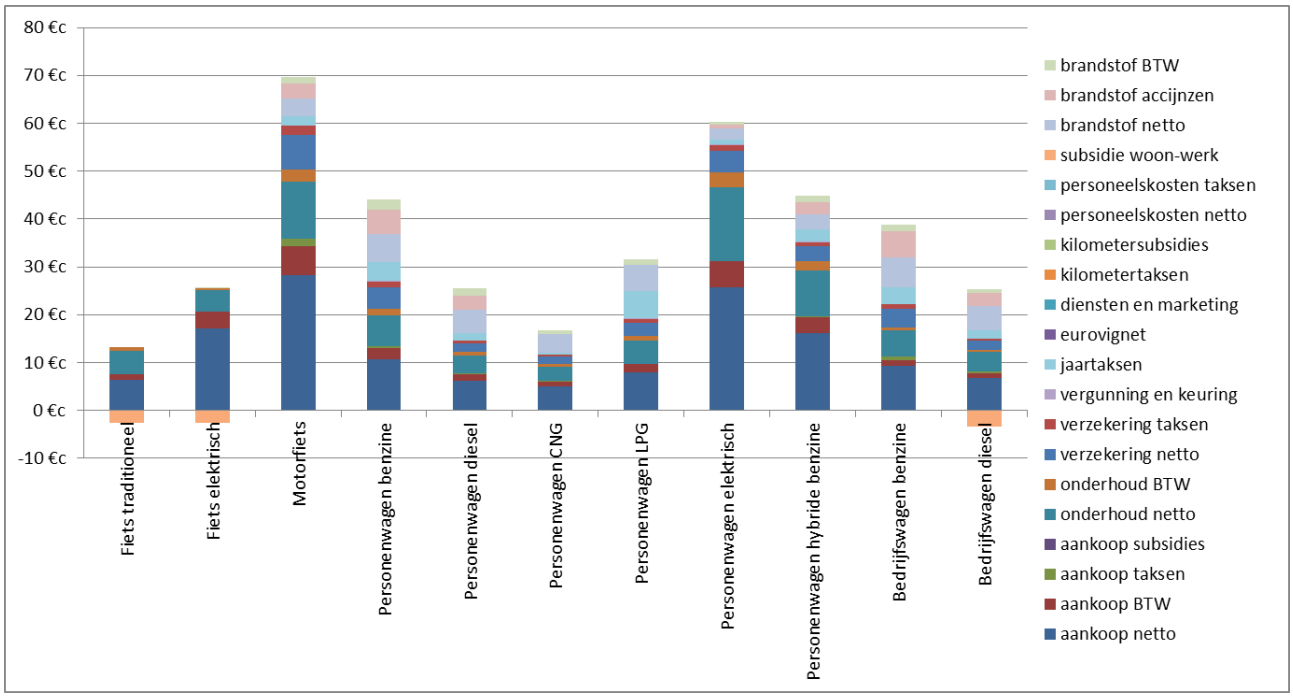
Figuur 39: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



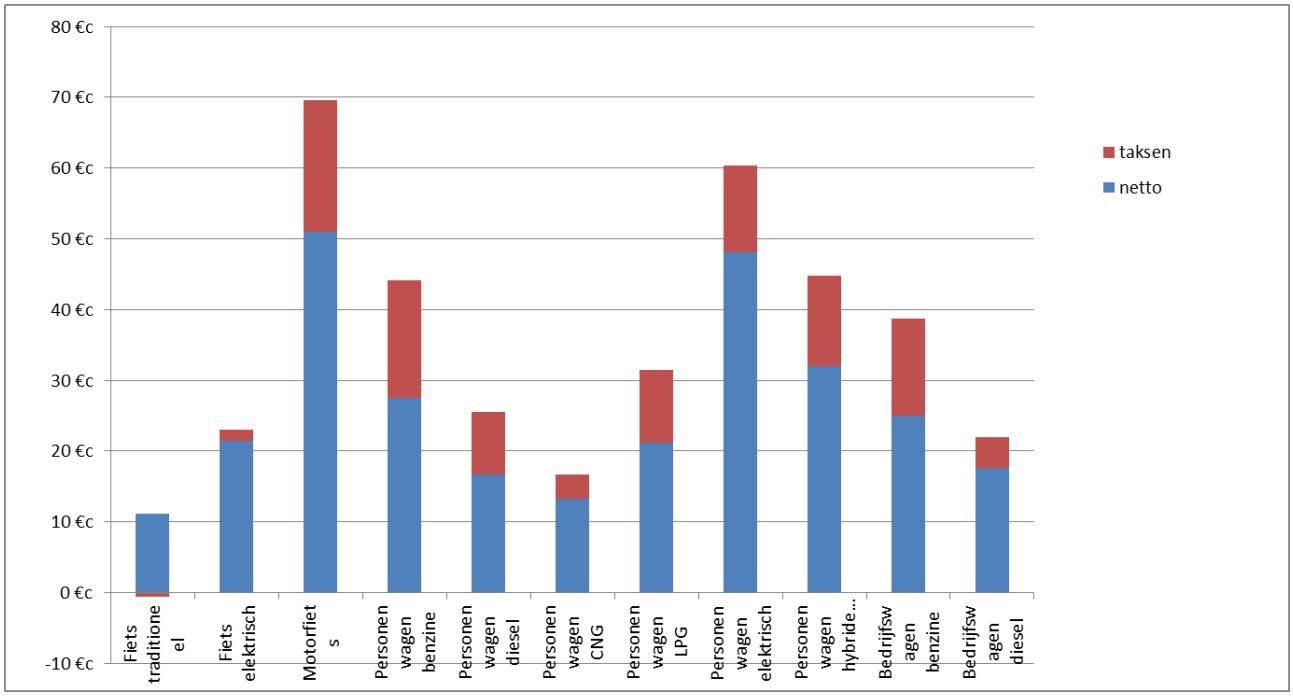
Figuur 40: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



Figuur 41: Totale prijs per voertuigkm in 2014, fietsen, motorfietsen en personenwagens, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



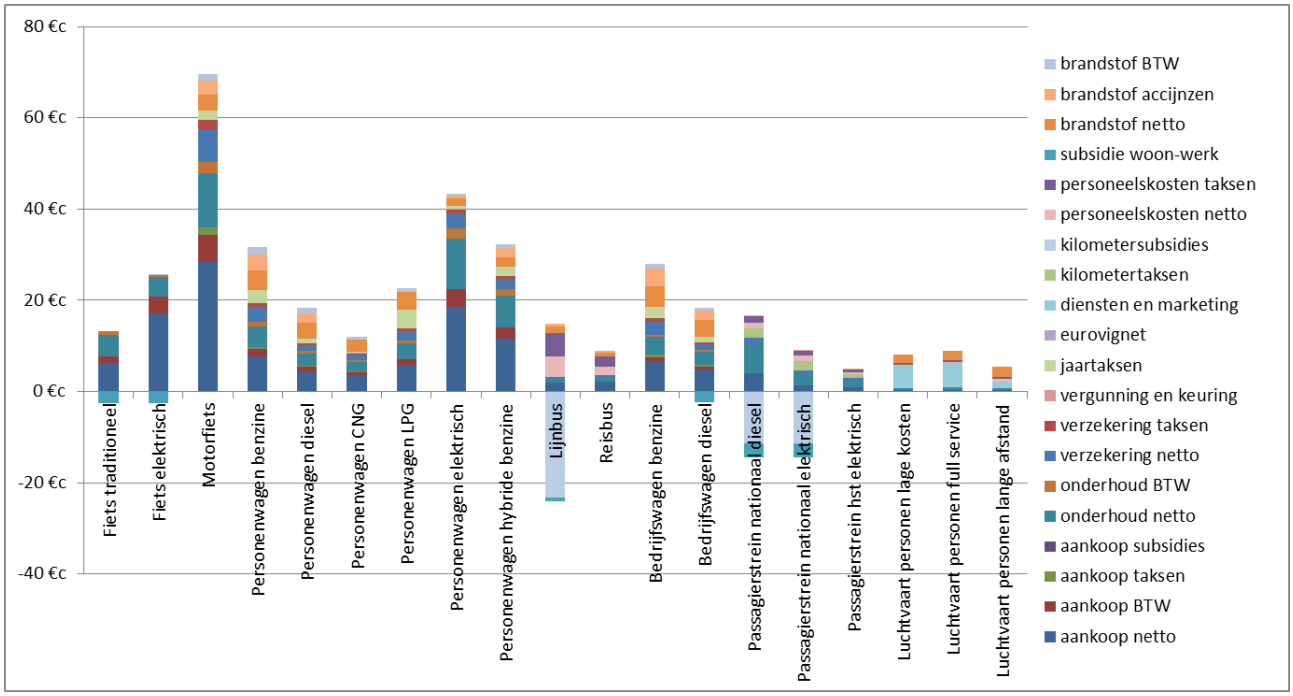
Figuur 42: Totale prijs per voertuigkm in 2014, fietsen, motorfietsen en personenwagens, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



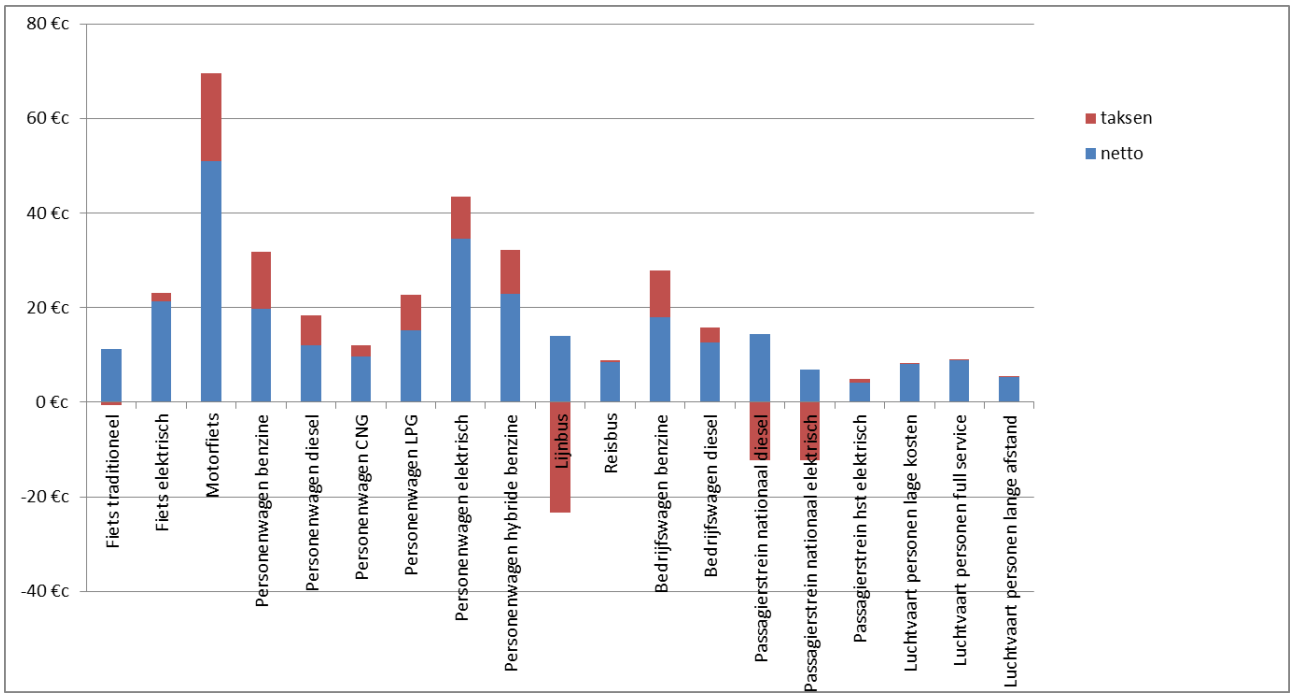
Door te delen door de gemiddelde bezettingsgraad voor elk voertuig, kunnen de netto kosten en belastingen per personen-km vergeleken worden. Merk op dat het hier gaat om gemiddeldes voor het huidige gebruik van het wagenpark in heel Vlaanderen. Een verandering van het ene vervoersmiddel naar het andere kan voor de individuele gebruiker een kostendaling zijn terwijl het gemiddelde een verhoging suggereert (of vice versa). Zo rijdt een benzinewagen bijvoorbeeld jaarlijks gemiddeld een stuk minder km dan een dieselwagen, wat tot gemiddeld hogere kosten per km leidt. Dat wil niet zeggen dat overschakelen van benzine naar diesel goedkoper zal uitvallen als met precies hetzelfde aantal km blijft rijden.

In de volgende figuur zijn alle netto kosten en alle belastingen en subsidies samengeteld en weergegeven in €c per peronen-km.

Figuur 43: Totale prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



Figuur 44: Totale prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



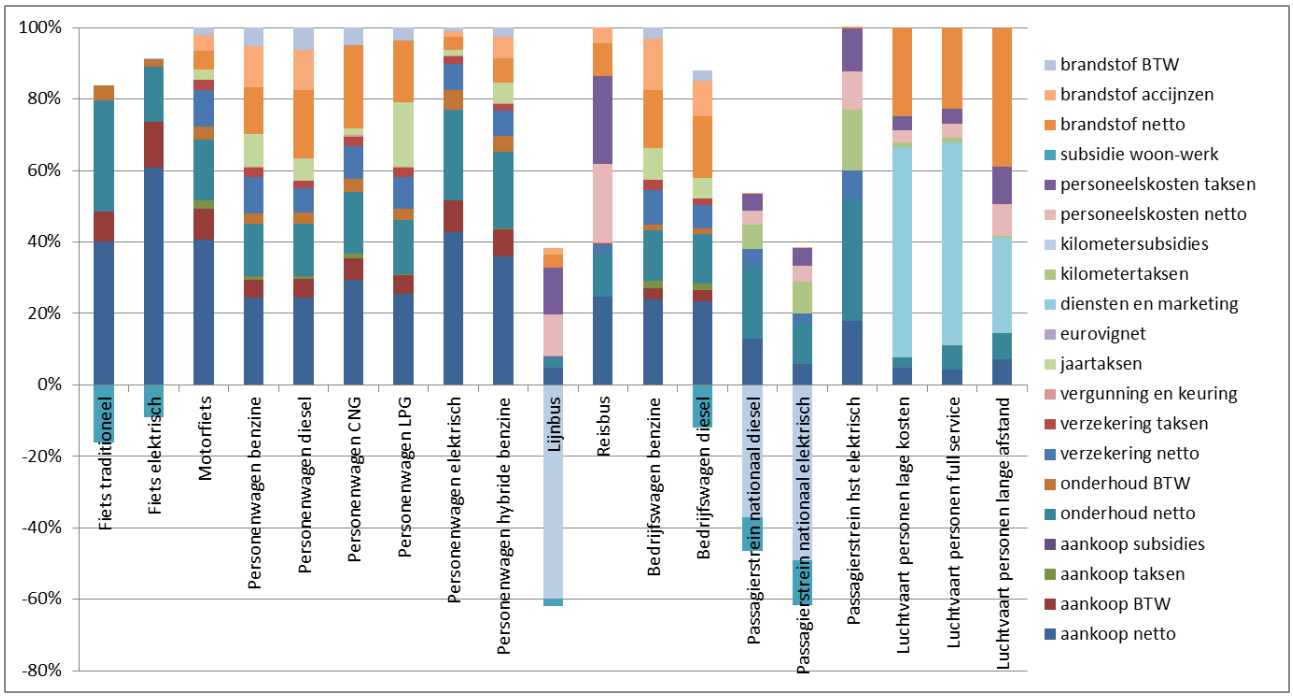
De meeste voertuigen betalen belastingen, maar de verschillen zijn groot. Personenwagens (benzine, LPG, diesel) en motorfietsen hebben het grootste aandeel belastingen. Bedrijfswagens betalen iets minder belastingen door het voordeel in belastingen via het loon, maar het verschil is minder opvallend dat het verschil tussen de brandstoffen.

Het subsidieniveau van bus en trein is ongeveer even hoog. Opmerkelijk is dat de subsidie hoger is dan de kosten. In werkelijkheid is de kostendekkingsgraad erg laag, maar niet negatief zoals hier. Door een consistente methodologie met de andere vervoerswijzen aan te houden werden een aantal overheadkosten niet meegerekend. Er werd enkele gekeken naar de operationele kosten (zowel de vaste zoals de aankoop van het voertuig als de variabele zoals de brandstofkosten) die nodig zijn om de dienst uit te voeren. De kosten die voortvloeien uit beleid of marketing (zoals bv. personeel en gebouwen) zijn niet meegenomen.

Gewone fietsen worden licht gesubsidieerd (woon-werkvergoeding) terwijl elektrische fietsen belastingen betalen (de BTW op de aankoop is hoger dan de woon-werkvergoeding).

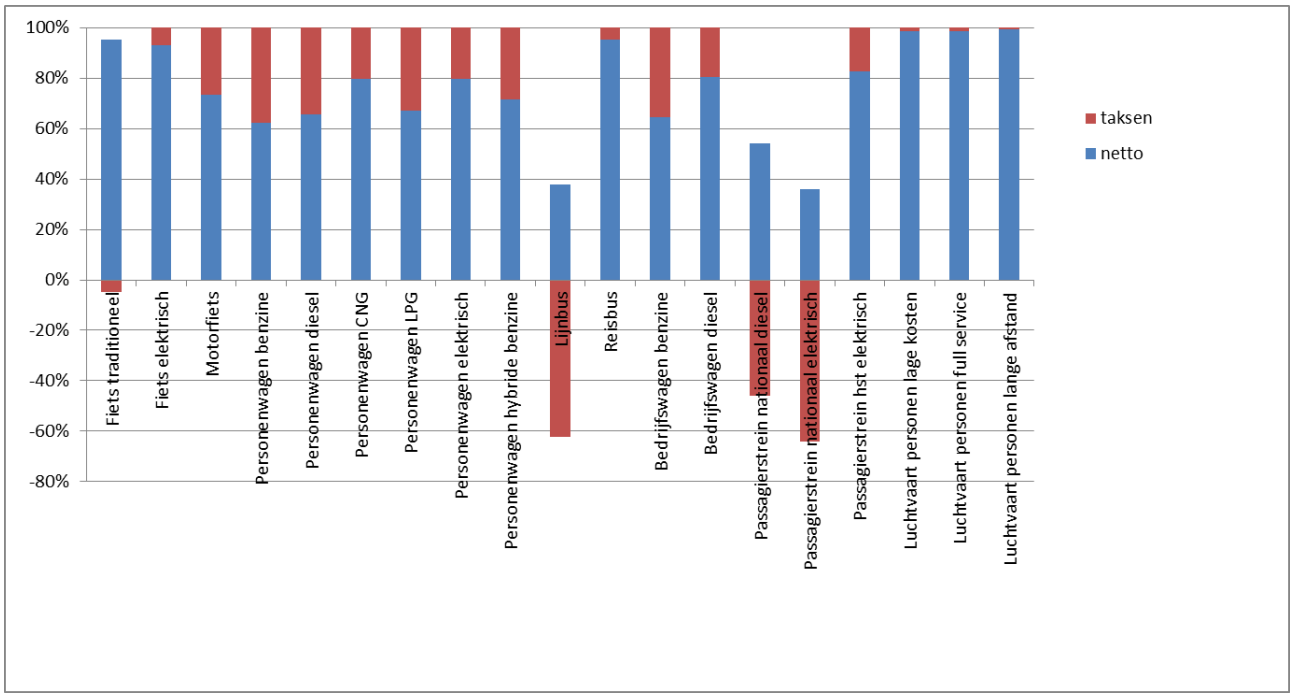
De taksen op reisbussen en vliegtuigen zijn klein. Dat komt deels doordat voor deze vervoerswijzen geen BTW werd gerekend – die kunnen bedrijven namelijk weer recupereren. Verder zijn de transporttaksen in ieder geval laag op alle vervoersmiddelen, behalve op personenwagens.

Figuur 45: Relatieve prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



Omdat in onderstaande figuur taksen en subsidies (negatieve taksen) zijn samengeteld tot 'taksen' is het deel onder de x-as verschillend met dat van de bovenstaande figuur. Alleen de voertuigen met resulterende subsidies (negatieve taksen) vertonen in onderstaande figuur nog een deel onder de x-as.

Figuur 46: Relatieve prijs per personen-km in 2014, alle vervoerswijzen personenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML

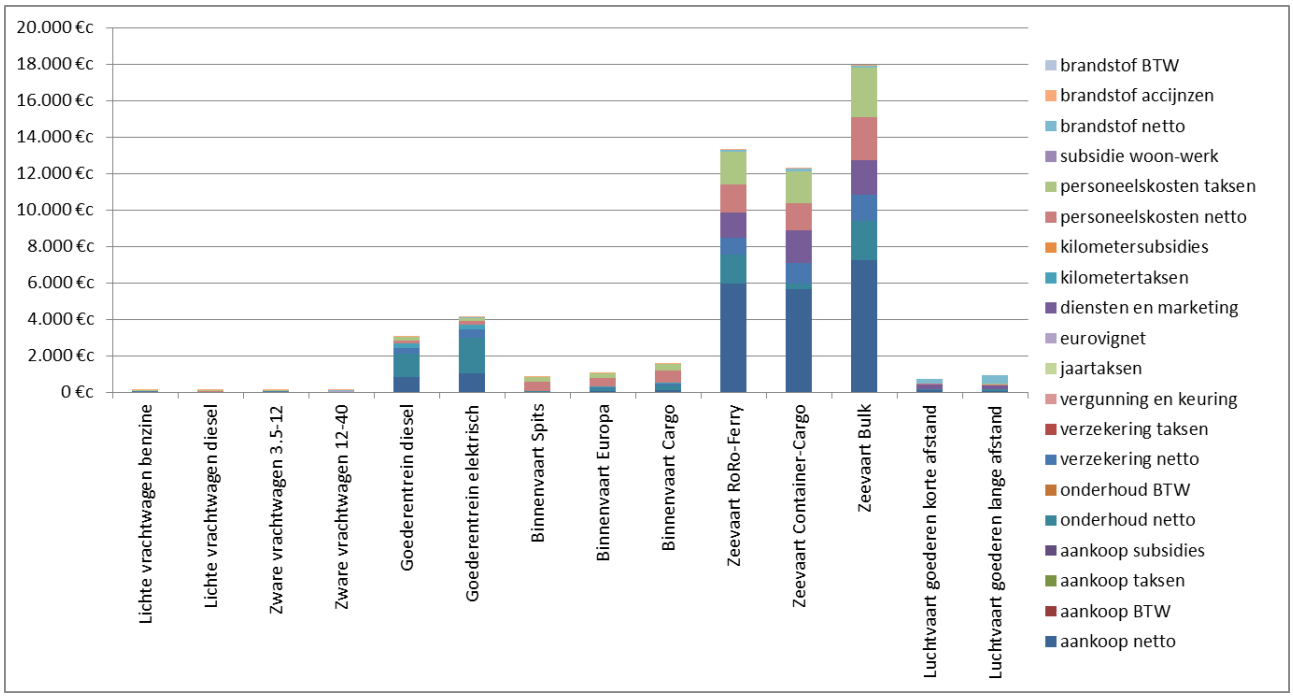


2.13.2 Goederenverkeer

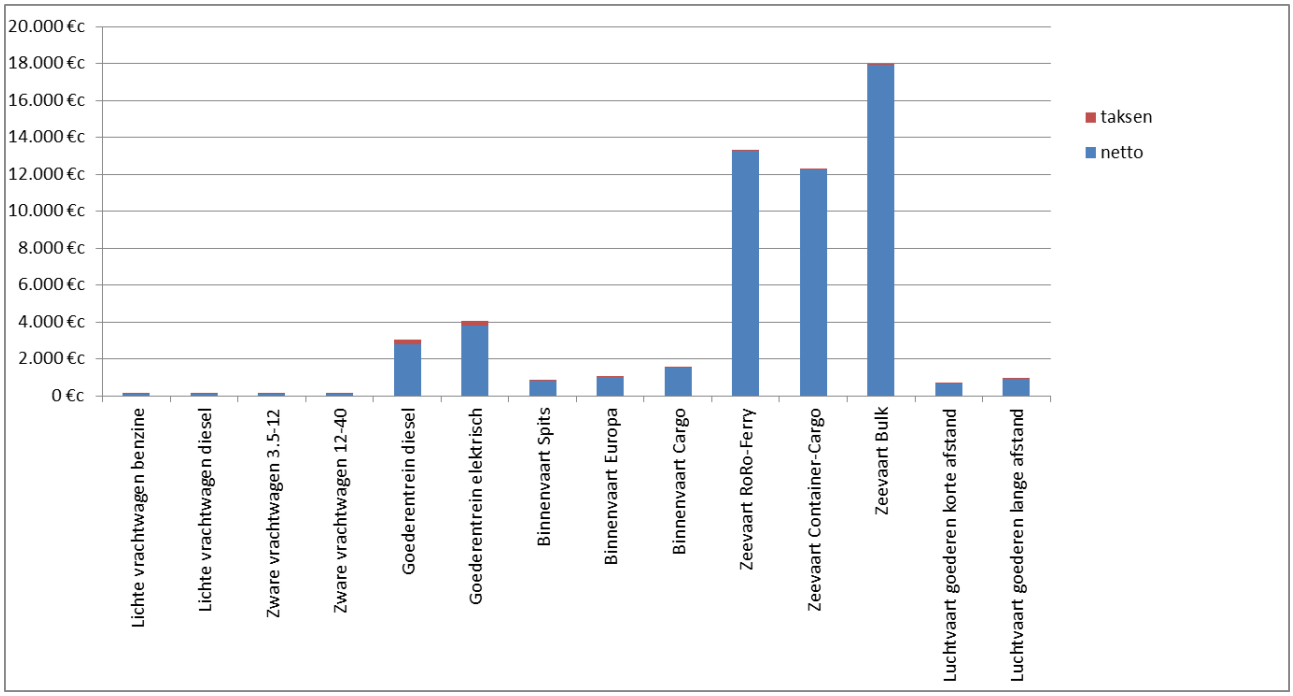
Onderstaande figuur geeft een overzicht van alle netto kosten en belastingen per vervoerswijze voor goederenverkeer, uitgedrukt in €c per voertuigkm. In de volgende figuur zijn alle netto kosten en alle belastingen en subsidies samengeteld. Negatieve taksen (zoals bij personenverkeer) zijn hier niet te vinden.

Omdat de figuur cijfers geeft per voertuigkm, valt uiteraard op dat grote voertuigen, zoals zeeschepen hogere kosten hebben, zodat die voor vrachtwagens erg klein lijken. Om de verschillende vervoerswijzen beter te kunnen vergelijken worden verderop in deze paragraaf de cijfers per tonkm gegeven. Toch is het interessant om ook de cijfers per voertuigkm te hebben, in eerste instantie omdat deze in de volgende hoofdstukken worden vergeleken met de marginale externe kosten. Ten tweede, zijn deze cijfers ook betrouwbaarder, aangezien cijfers per tonkm sterk afhangen van de beladingsgraad van de voertuigen, die niet altijd goed gekend is en bovendien sterk kan fluctueren naar plaats en tijdstip.

Figuur 47: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML

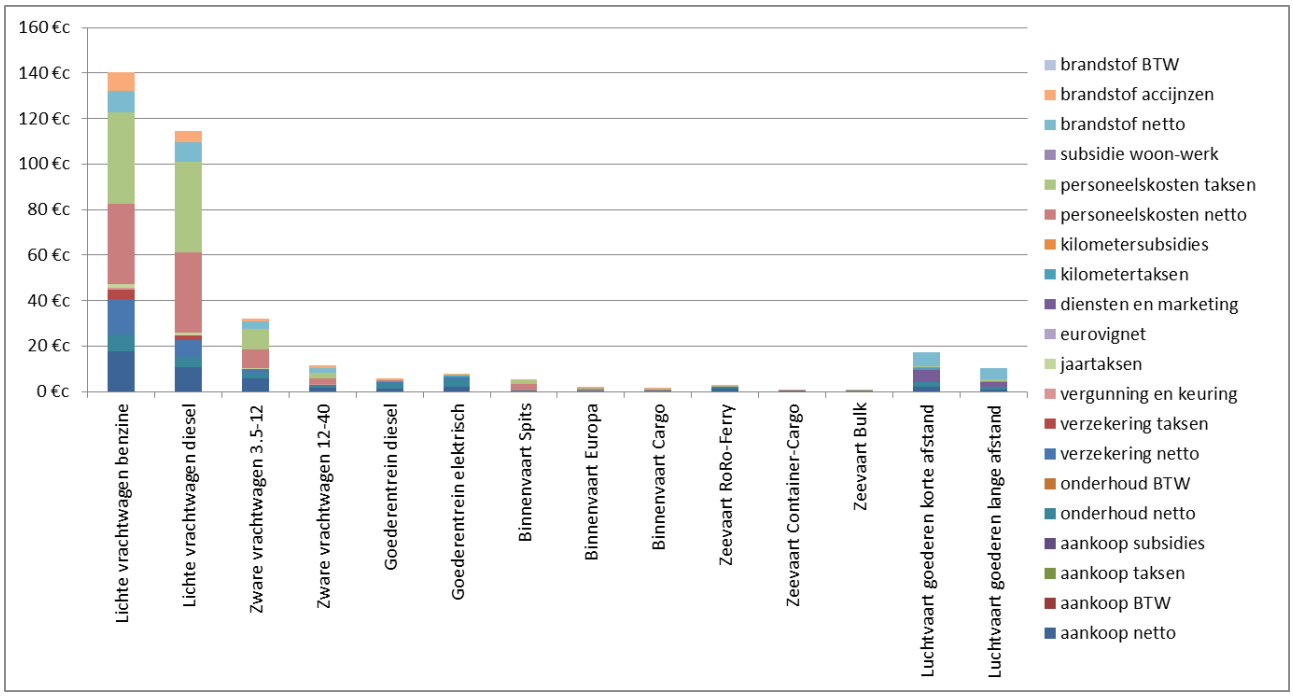


Figuur 48: Totale prijs per voertuigkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML

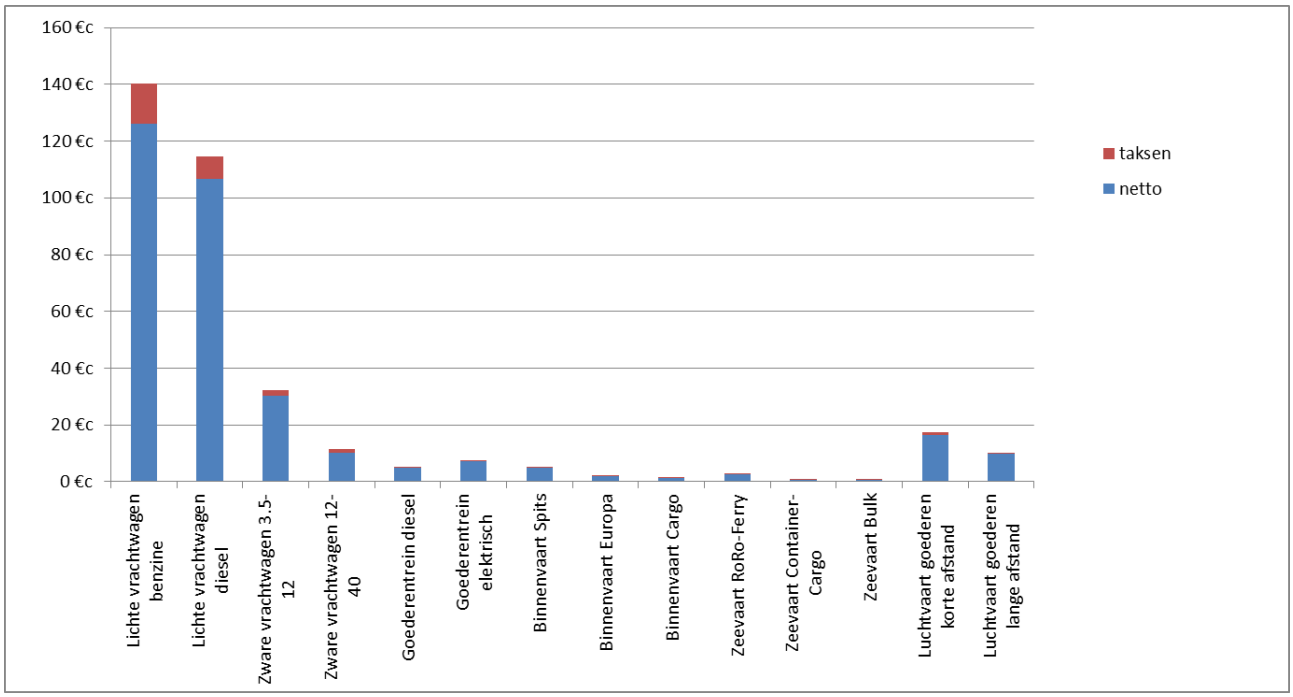


Door te delen door de gemiddelde beladingsgraad voor elk voertuig, kunnen de netto kosten en belastingen per tonkm vergeleken worden. In de volgende figuur zijn alle netto kosten en alle belastingen en subsidies samengeteld en weergegeven in €c per tonkm.

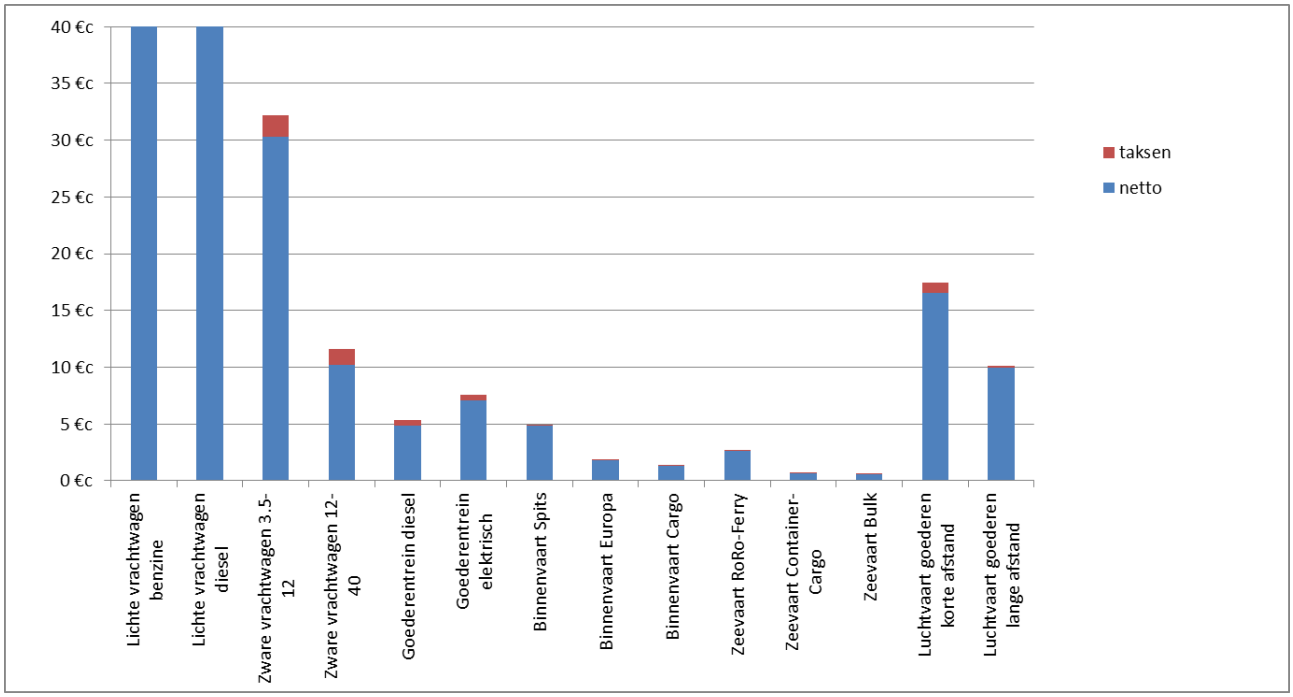
Figuur 49: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



Figuur 50: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



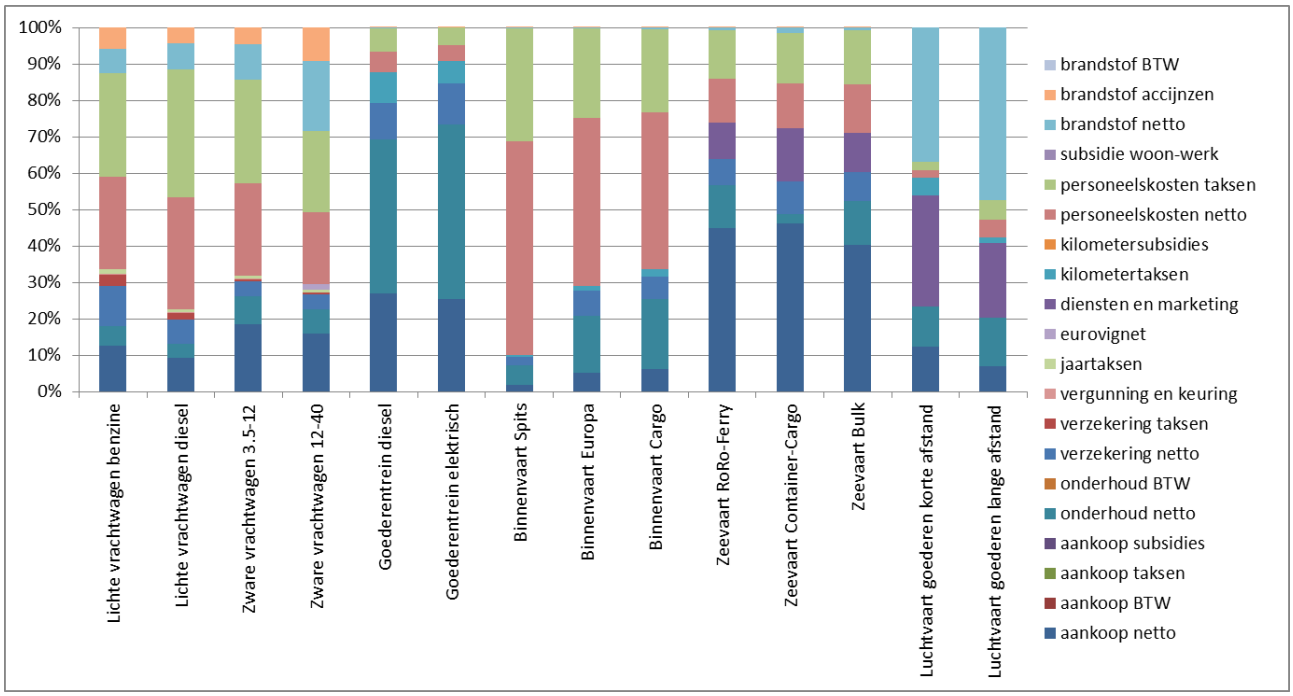
Figuur 51: Totale prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer - ingezoomd, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



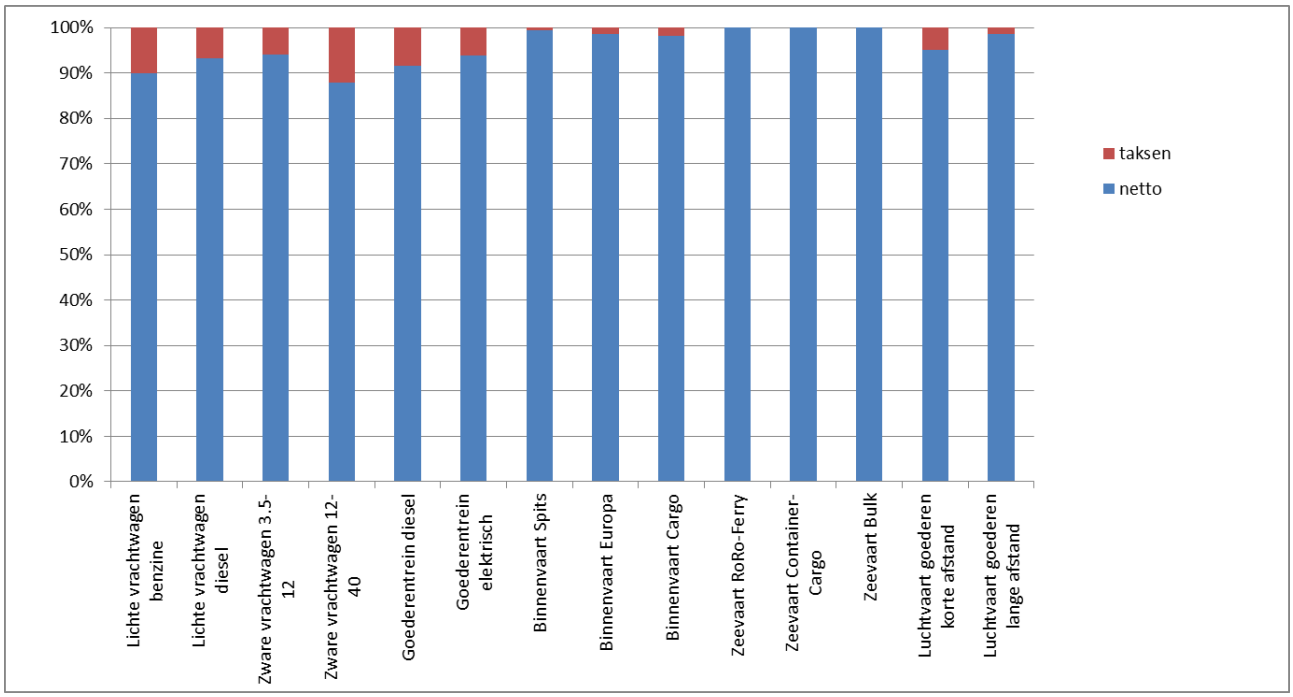
Alle voertuigen betalen belastingen, maar de verschillen zijn groot. Het belastingniveau van vrachtwagens is het grootste, dan volgen goederentreinen, luchtvaart en binnenvaart en het laagste percentage is bij de zeevaart te vinden. Lichte vrachtwagens worden relatief lager belast dan zware vrachtwagens (>12 ton).

De taksen op goederenvervoer zijn kleiner dan die op personenvervoer, met name personenwagens. Dat komt deels doordat voor deze vervoerswijzen geen BTW werd gerekend – die kunnen bedrijven namelijk weer recupereren. Verder zijn de transporttaksen in ieder geval laag op alle vervoersmiddelen, behalve op personenwagens.

Figuur 52: Relatieve prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



Figuur 53: Relatieve prijs per tonkm in 2014, alle vervoerswijzen goederenverkeer, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML



3 EXTERNE KOSTEN

Dit hoofdstuk focust op de marginale externe kosten van transport. Deze kosten zijn extern omdat de gebruiker geen rekening houdt met deze kosten. Ze zijn marginaal omdat het gaat over de bijkomende kosten veroorzaakt door zijn gebruik. Als iemand bijvoorbeeld van Leuven naar Brussel reist, dan bekijkt deze persoon wat voor hem het snelste, goedkoopste en het comfortabelste is: de trein, de bus, de auto … Hij kiest met andere woorden op basis van minimale private (of interne) kosten (in tijd, geld, comfort …). Hij houdt echter geen rekening met bijvoorbeeld de uitstoot die elke modus met zich meebrengt. Hij neemt met andere woorden deze uitstoot niet mee in zijn beslissing om een trip te maken noch bij zijn keuze voor een bepaalde modus – deze kosten zijn extern voor hem. Maar het zijn wel kosten voor de maatschappij. De som van de netto private kosten en de externe kosten worden ook de sociale kosten genoemd. Deze zijn – over het algemeen – hoger dan de totale private kosten. Het gevolg is dat er meer luchtverontreiniging is dan maatschappelijk optimaal. Hetzelfde geldt voor geluidshinder, files, klimaatverandering, ongevallen, etc. maar ook voor baten zoals de gezondheidsbaten van fietsen.

Gemiddelde versus marginale externe kosten

- Gemiddelde externe kosten zijn de kosten die elke gebruiker gemiddeld teweeg brengt gedurende een bepaalde periode, berekend per voertuigkm. De gemiddelde externe kosten zijn interessant om weten wanneer men verschillende voertuigen of vervoerswijzen met elkaar gaat vergelijken.
- Marginale externe kosten zijn de kosten die een extra voertuigkm teweegbrengt. In het algemeen zijn de marginale kosten veel hoger dan de gemiddelde kosten. Marginale kosten berekenen is van nut wanneer men optimale taxatie gaat bepalen. Het optimum wordt immers bereikt wanneer de marginale externe kosten gelijk zijn aan de belastingen. Via de belastingen houdt de gebruiker dan wel rekening met de schade die hij veroorzaakt.

In deze studie focussen we op marginale externe kosten omdat we vooral geïnteresseerd zijn in de mate van internalisatie.

Voor de verschillende modi maken we een onderscheid tussen volgende externe kosten en baten:

- de marginale externe congestiekosten
- de marginale externe kosten van luchtvervuiling en klimaatsverandering
- de marginale externe ongevalskosten
- de marginale externe geluidskosten
- de marginale externe infrastructuurkosten
- de marginale externe gezondheidsbaten (voor actieve modi)

Andere negatieve effecten zoals verlies aan ruimte, geurhinder, versnippering, parkeren, etc. worden niet mee opgenomen. Voornamelijk omdat ze niet marginaal zijn (bijvoorbeeld doorsnijding) en/of er geen literatuur rond is (bijvoorbeeld geur).

Deze externe kosten zijn meestal geen monetaire kosten van oorsprong. Voor een sociaal-economische waardering moet de schade (in gram, tijd …) worden omgerekend in geldeenheden.

3.1 Congestie en schaarste

Congestie is een externaliteit omdat de filerijder niet alleen zelf last ondervindt van de file maar haar ook veroorzaakt. De filerijder neemt de last van de file mee in zijn beslissing, maar het veroorzaken en het effect op de andere weggebruikers niet.

Congestie treedt op als verschillende reizigers gebruik willen maken van de gelimiteerde transportcapaciteit. Congestiekosten bestaan uit een intern en extern element. Interne of private congestiekosten zijn de gestegen tijds- en operationele kosten die de gebruiker zelf ervaart. De externe kosten bestaan uit de kosten die alle andere weggebruikers ondergaan door de komst van deze gebruiker.

Marginale externe congestiekosten treden dan ook op telkens wanneer een extra voertuig op de infrastructuur de snelheid van de andere voertuigen vermindert. Een lagere snelheid heeft als gevolg dat het tijdsverlies en daarbij ook de tijdskosten voor alle weggebruikers toenemen. Gegeven deze definitie zijn marginale externe congestiekosten het meest relevant voor wegtransport en minder voor geregeld transport zoals spoorvervoer en luchtvaart.

Voor geregeld transport spreekt men eerder van schaarste van sloten. Bij spoor is een deel van deze schaarste echter al geïnternaliseerd omdat de prijzen voor sloten in de piek voor spoorvervoer hoger zijn dan buiten de piek. De externaliteit bestaat dan uit het verschil in de bereidheid tot betalen voor een schaars slot en de bestaande marktprijs.

3.1.1 Monetaire waarde van tijdsverlies

Om tot monetaire tijdskosten te komen, wordt het tijdsverlies gewaardeerd aan de waarde van de tijd. Deze tijdswaardering wordt meestal bepaald door bereidheid-tot-betalen studies. Deze waarde van de tijd is verschillend voor verschillende modi. Voor personenvervoer is ze ook verschillend volgens het motief van de reiziger. Zo is ze hoger voor pendel- en zakentrips dan voor overige trips omdat de opportuniteitskosten hoger zijn. In plaats van in de wagen te zitten, zou men anders immers aan het werk zijn. Voor goederentransport hangt de waarde van de tijd rechtstreeks af van het type en dus de waarde van het goed.

In Delhaye ea (2010)[100] baseerden we ons op de waardes van het TREMOVE model voor België. Vandaag zijn er recentere gegevens beschikbaar. Daarom baseren we ons in deze studie op het KIM (2013)[101]. Het Federaal Planbureau (2015)[102] baseert zich ook op deze waardes voor personenvervoer. Onderstaande tabellen geven de tijdswaarderingen (value of time – VOT) waarmee we verder zullen werken. Voor personenvervoer zijn deze gemiddeld over de motieven.

[100] Delhaye E., De Ceuster G. & Maerivoet S. (2010) Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2010/10, Transport & Mobility Leuven.
[101] KIM (2013) De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbare reistijden.
[102] Federaal Planbureau (2015) Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2030.

Tabel 53: Waarde van de tijd, euro$_{2015}$ prijzen. Bron: laadfactoren: zie eerder, VOT: eigen berekeningen op basis van KIM, 2013

Voertuig	laadfactor (personen/voertuig, ton/voertuig)	VOT/eenheid	VOT/voertuig
Fiets traditioneel	1,00	9,72	9,72
Fiets elektrisch	1,00	9,72	9,72
Motorfiets	1,00	9,72	9,72
Personenwagen benzine	1,39	9,72	13,51
Personenwagen diesel	1,39	9,72	13,51
Personenwagen CNG	1,39	9,72	13,51
Personenwagen LPG	1,39	9,72	13,51
Personenwagen elektrisch	1,39	9,72	13,51
Personenwagen hybride benzine	1,39	9,72	13,51
Lichte vrachtwagen benzine	0,88	28,23	24,84
Lichte vrachtwagen diesel	0,88	28,23	24,84
Zware vrachtwagen 3.5-12	3,83	11,89	45,58
Zware vrachtwagen 12-40	10,25	4,45	45,58
Lijnbus	20,00	7,29	145,81
Reisbus	23,30	6,48	150,99
Bedrijfswagen benzine	1,39	28,35	39,41
Bedrijfswagen diesel	1,39	28,35	39,41
Passagierstrein nationaal diesel	121,30	9,99	1211,85
Passagierstrein nationaal elektrisch	121,30	9,99	1211,85
Passagierstrein hst elektrisch	290,14	9,99	2898,68
Goederentrein diesel	574,37	2,46	1414,17
Goederentrein elektrisch	539,84	2,46	1329,16
Binnenvaart klein	168,73	0,43	72,84
Binnenvaart middelgroot	560,96	0,43	242,15
Binnenvaart groot	1153,57	0,43	497,96
Zeevaart RoRo	5000,00	0,06	299,21
Zeevaart Container	18000,00	0,06	1077,15
Zeevaart Bulk	29751,00	0,06	1780,34
Luchtvaart personen - korte afstand	134,4	55,89	7511,96
Luchtvaart personen - lange afstand	208,8	55,89	11670,37
Luchtvaart vracht - korte afstand	42,16	242,81	10237,04
Luchtvaart vracht - lange afstand	90,392	242,81	21948,45

Voor zeevaart en binnenvaart zijn er geen waarderingen beschikbaar voor de verschillende scheepstypes. We nemen daarom de waardering van een lading voor een gemiddeld schip over.

3.1.2 Wegvervoer

Voor wegvervoer is de meest logische maatstaf voor congestie de gemiddelde snelheid of de gemiddelde reistijd op het wegennet. Indien er geen congestie is, dan kan iedereen aan (ongeveer) de lokaal maximaal toegelaten snelheid rijden. Naarmate er meer congestie is, daalt de gemiddelde snelheid. Doordat de gemiddelde snelheid daalt, zijn voertuigen langer onderweg en neemt hun gemiddelde reistijd toe. Hierdoor nemen ook de externe kosten ten gevolge van deze congestie toe.

Net zoals in Delhaye (2010) berekenen we hoe de gemiddelde snelheid varieert in functie van het verkeersvolume. Het functioneel verband wordt uitgedrukt in congestiefuncties, die aangeven hoe de reistijden monotoon stijgend verlopen in functie van het verkeersvolume. We veronderstellen hierbij dat een additionele voertuigkilometer de gemiddelde snelheid op de weg doet dalen, waarbij de gemiddelde reistijd dus stijgt. Het functieverband dat we hier gebruiken is dat van een BPR congestiefunctie; deze heeft volgende vorm:

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

Waarbij

- T_{ff} = reistijd in een onbelast netwerk waarin het verkeer vrij kan stromen (seconden)
- q = verkeersvolume (voertuigkilometer per uur)
- C = maximaal verkeersvolume (voertuigkilometer per uur)
- α = constante die bepaalt hoe vlak de functie is bij vrijstromend verkeer
- β = constante die bepaalt hoe sterk de functie stijgt van zodra er congestie optreedt

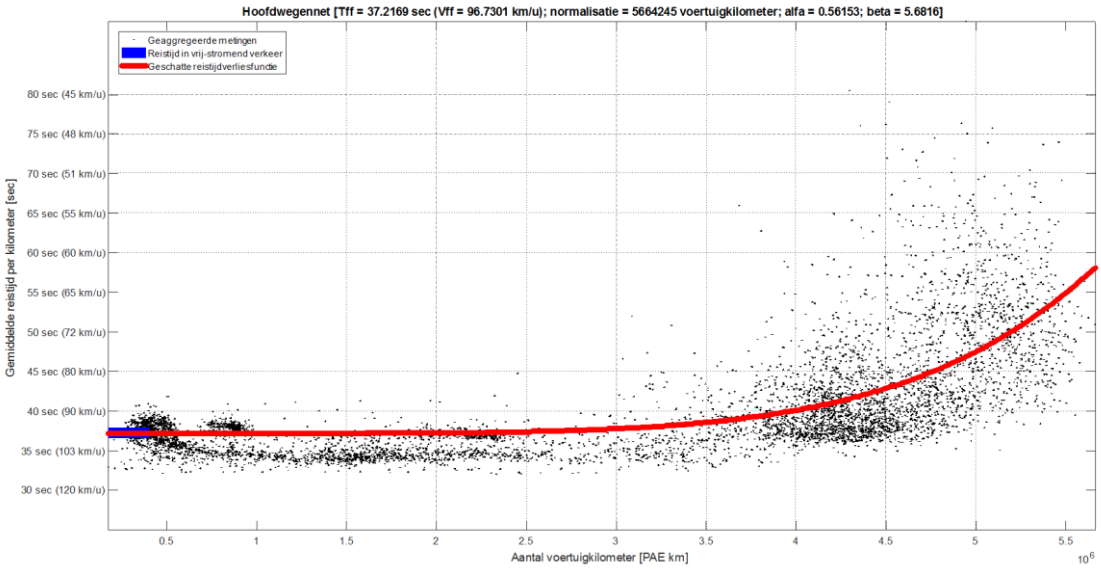
Typisch worden, in zowel algemene studies als academische literatuur, standaardwaarden voor deze functies gehanteerd (bijvoorbeeld α = 0,15 en β = 4). Het concept daarachter is wel juist (namelijk het gebruik van congestiefuncties), maar het achteloos gebruik ervan leidt tot verkeerde resultaten.
In theorie hadden we de vorige congestiefuncties kunnen gebruiken – rekening houdend met de evolutie in verkeersvolumes (q). Het volume verkeer en de congestie is echter gestegen – wat een significante invloed had op de congestiecurves. Daarom vonden we het opportuun om de congestiefuncties opnieuw in te schatten. Meer uitleg over de data en de schattingen zijn terug te vinden in bijlage 2.

We maken een onderscheid tussen verschillende types wegen:

- Het hoofdwegennet wordt in deze studie gedefinieerd als de autosnelwegen (A/E nummers en de ringwegen (R nummers gelijk of kleiner dan 9).
- Het onderliggend wegennet bestaat uit de gewest- en provinciewegen (N-nummers) die verschillende steden met elkaar verbinden, inclusief de ringwegen met R nummers groter of gelijk aan 10.
- Het stedelijk wegennet bevat de verharde gemeentewegen.

Voor het hoofdwegennet levert de schatting van de congestiefunctie volgende parameters op:

Figuur 54: BPR schatting congestiefunctie hoofdwegennet. Bron: TML



Hierbij zijn:

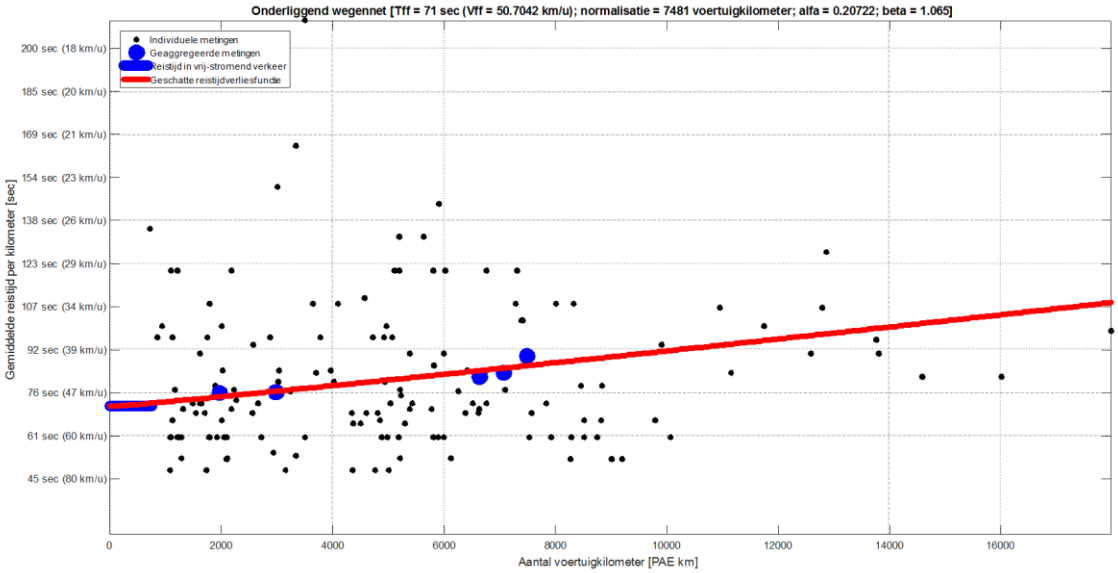
- Reistijd in vrij-stromend verkeer = 37,2169 sec (~ 96,7301 km/u)
- Alfa = 0,56153
- Beta = 5,6816
- Normalisatie (C) = 5 664 245 voertuigkilometer

In vergelijking met de vorige schatting van externe kosten in MIRA, liggen de α en β parameters nu veel hoger (toen 0,1741 en 2,7536 respectievelijk). De normalisatie lag lager, op 3 138 944 voertuigkilometer. De reistijd in vrij-stromend verkeer is quasi ongewijzigd gebleven. In de vorige studie maakten we ook nog een onderscheid tussen de “Vlaamse Ruit” en het gebied erbuiten. Deze keer hebben we dit onderscheid niet gemaakt.

Analoog aan de werkwijze voor het autosnelwegennet, levert een schatting van de congestiefunctie volgende parameters op (wanneer we werken met de ruimtelijk geaggregeerde metingen, voorgesteld door de blauwe punten op volgende grafiek).

\\\

Figuur 55: BPR schatting congestiefunctie onderliggend wegennet. Bron: TML



Hierbij zijn:

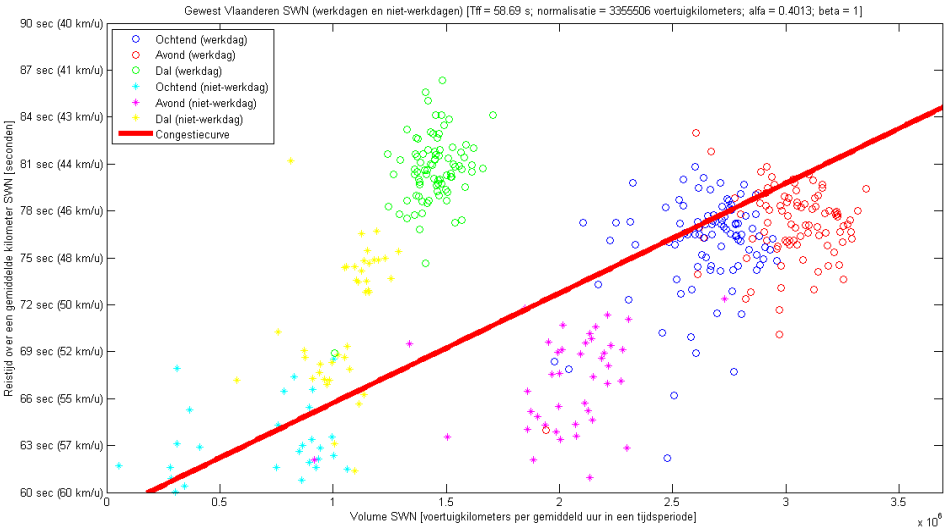
- Reistijd in vrij-stromend verkeer = 71 sec (~ 50,7042 km/u)
- Alfa = 0,20722
- Beta = 1,0649
- Normalisatie (C) = 7481 voertuigkilometer

Deze resultaten zijn zeer gelijkaardig aan vorige keer (toen 0,2081 en 1 respectievelijk).

Binnen dit project konden we de congestiefunctie voor het stedelijk wegennet niet meer opnieuw schatten. Daarom nemen we hiervoor de resultaten van vorige keer over.

\\\

Figuur 56: BPR schatting congestiefunctie stedelijk wegennet. Bron: TML, 2010



De berekeningen leverden volgende waarden voor de verschillende wegen:

Tabel 54: Parameters congestiefuncties, Vlaams gewest. Bron: TML

	T_{ff}	C	α	B
hoofdwegennet	37,217	5664245	0,562	5,682
onderliggend wegennet	71,000	7481	0,207	1,065
stedelijke wegen	58,690	3355506	0,401	1,000

Met deze reistijd-verkeersvolume relaties kunnen we bereken hoeveel extra reistijd één bijkomende voertuigkilometer teweeg brengt op deze wegen door hiervan de afgeleide te nemen. De waarde van een extra voertuigkilometer of de marginale externe congestiekosten (MECK) zijn gelijk aan:

$$MECK = \frac{\partial T}{\partial q} \cdot q \cdot VOT$$

$$= \left(\frac{1}{C}\right)^{\beta} \alpha \beta T_{ff} q^{\beta-1} \cdot q \cdot VOT$$

$$= \left(\frac{q}{C}\right)^{\beta} \alpha \beta T_{ff} \cdot VOT$$

We volgen hiermee de aanbevolen methode volgens het IMPACT handboek en Ricardo –AEA (2014)[103]. In Ricardo-AEA (2014) wordt dit het standaard statische link model[104] genoemd. Voor de verkeersvolumes (q) nemen we de verkeersvolumes zoals gebruikt in de schattingen. Voor het stedelijk wegennet zijn dit volumes voor het jaar 2007, voor het onderliggend wegennet 2016 en voor het hoofdwegennet 2015.

[103] Ricardo- AEA (2014), Update of the Handbook on External Costs of Transport.
[104] Een alternatieve benadering is via het "bottleneck model", maar volgens Ricardo-AEA (2014) is deze praktische bruikbaarheid van deze methode minder groot.

Om de evolutie over de tijd weer te geven, leiden we de volumes af met behulp van de groei in de verkeersvolumes op de verschillende types wegen zoals in de Vlaamse Emissie-inventaris lucht (VMM).

Onderstaande tabel toont de resultaten (de volledige jaarreeksen zijn terug te vinden in het bijhorend rekenblad). We vinden duidelijk veel hogere congestiekosten in de piek dan in de daluren. In de piek zijn de marginale congestiekosten ook veel hoger dan de congestiekosten op het onderliggend wegennet en in een stedelijke omgeving. Buiten de piek zijn de verschillen tussen de verschillende wegtypes veel kleiner. Over de tijd zien we een stijging in de marginale congestiekosten. Dit wordt volledig gestuurd door de stijging in volumes verkeer.

Merk op dat we eigenlijk eerst de marginale externe congestiekosten voor personenwagens schatten. Dit omdat de schattingen op basis van personenwagenequivalenten (PAE) gebeurden. We zetten dit om naar marginale externe congestiekosten voor vrachtwagens/bussen door te veronderstellen dat ze twee keer zoveel bijdragen aan congestie. Dit is ook een standaardveronderstelling in de verkeersmodellering. Dit houdt wel in dat we geen rekening houden met de “eigen” waarde van de tijd. Dit is geen grote fout, want vrachtwagens zullen vooral congestie veroorzaken voor personenwagens – die een veel groter aandeel in het verkeer hebben.

Vergeleken met de vorige studie zijn de marginale congestiekosten veel hoger dan vorige keer – en zeker in de piek en op het hoofdwegennet. Dit komt door de veel steilere congestiecurves. Deze zijn dan weer het resultaat van de stijging in verkeer én files. De resultaten zijn beter in lijn met eerdere studies, al zijn ze nog steeds aan de lage kant van het spectrum. Een ander verschil is dat we nu vinden dat de marginale congestiekosten groter zijn op het hoofdwegennet. In de vorige studie waren ze juist het laagste op het hoofdwegennet.

Tabel 55: Marginale externe congestiekosten – in euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

			2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
hoofdwegennet	Piek	motorfiets	5,39	6,99	9,68	10,59	11,51	11,25	12,11
		personenwagen	10,77	13,98	19,36	21,17	23,02	22,50	24,21
		lichte vrachtwagen	10,77	13,98	19,36	21,17	23,02	22,50	24,21
		vrachtwagen	21,55	27,97	38,73	42,34	46,04	45,01	48,43
		bus	21,55	27,97	38,73	42,34	46,04	45,01	48,43
	Dal	motorfiets	1,78	2,31	3,20	3,50	3,81	3,72	4,01
		personenwagen	3,56	4,63	6,41	7,00	7,62	7,45	8,01
		lichte vrachtwagen	3,56	4,63	6,41	7,00	7,62	7,45	8,01
		vrachtwagen	7,13	9,25	12,81	14,01	15,23	14,89	16,02
		bus	7,13	9,25	12,81	14,01	15,23	14,89	16,02
onderliggend wegennet	Piek	motorfiets	3,60	3,84	4,03	4,08	4,14	4,18	4,26
		personenwagen	7,20	7,68	8,06	8,17	8,28	8,36	8,53
		lichte vrachtwagen	7,20	7,68	8,06	8,17	8,28	8,36	8,53
		vrachtwagen	14,39	15,36	16,12	16,33	16,57	16,73	17,06
		bus	14,39	15,36	16,12	16,33	16,57	16,73	17,06
	Dal	motorfiets	2,38	2,53	2,66	2,69	2,73	2,76	2,82
		personenwagen	4,75	5,07	5,32	5,39	5,47	5,52	5,63
		lichte vrachtwagen	4,75	5,07	5,32	5,39	5,47	5,52	5,63
		vrachtwagen	9,50	10,14	10,64	10,78	10,94	11,04	11,26
		bus	9,50	10,14	10,64	10,78	10,94	11,04	11,26
stedelijke wegen	Piek	motorfiets	5,16	5,49	5,74	5,81	5,89	5,95	6,06
		personenwagen	10,31	10,97	11,48	11,63	11,78	11,90	12,12
		lichte vrachtwagen	10,31	10,97	11,48	11,63	11,78	11,90	12,12
		vrachtwagen	20,63	21,94	22,97	23,25	23,56	23,79	24,24
		bus	20,63	21,94	22,97	23,25	23,56	23,79	24,24
	Dal	motorfiets	2,62	2,79	2,92	2,96	3,00	3,03	3,09

		personenwagen	5,25	5,58	5,85	5,92	6,00	6,06	6,17
		lichte vrachtwagen	5,25	5,58	5,85	5,92	6,00	6,06	6,17
		vrachtwagen	10,50	11,17	11,69	11,83	11,99	12,11	12,34
		bus	10,50	11,17	11,69	11,83	11,99	12,11	12,34

3.1.3 Spoorvervoer

In Delhaye e.a. (2010) veronderstelden we dat de marginale congestiekosten voor spoorvervoer nul waren. Dit had vooral te maken met het gebrek aan eenduidige literatuur. Het verhaal van marginale externe congestiekosten voor spoor is immers minder eenduidig dan bij wegtransport.

Bij spoor wordt vaak nog een onderscheid gemaakt tussen de kosten van congestie en de kosten van schaarste (Quinet, 2003)[105]. De kosten van congestie omvatten de te verwachte vertragingen veroorzaakt door een bijkomende spoordienst. Een bijkomende spoordienst op het netwerk vermindert immers de mogelijkheden van de infrastructuurbeheerder om, na incidenten, de situatie te herstellen en verhoogt de kans op vertragingen. De kosten van schaarste omvatten voornamelijk de opportuniteitskosten. Dit zijn de kosten die ontstaan omdat de gewenste vertrek- of aankomsttijden niet beschikbaar zijn.

Waarom het niet eenvoudig is om de marginale congestiekosten bij spoor te berekenen
Over het algemeen is de schatting van de marginale congestiekosten veel moeilijker voor spoor dan voor wegverkeer en wel om de volgende redenen:

- De afhankelijkheid van treinen in een netwerk is zeer hoog. Vertragingen op één bepaalde lijn hebben niet enkel invloed op de passagiers van de trein met vertraging, maar ook op andere treinen die mogelijk op heel verschillende delen van het netwerk rijden en ook nog na een lange tijd. Er wordt dan ook gesteld dat – in tegenstelling tot bij wegverkeer – een netwerkbenadering te verkiezen is.
- De belangrijkste component van de gebruikerskosten zijn de bijkomende wachttijden en de vertragingen bij aankomst. Deze hangen niet alleen af van de totale lengte van de trip, maar ook van de verschuivingen ten opzichte van de initiële uurregeling. Dit impliceert dat de opzet van de planning zelf ook een sterke impact heeft op vertragingen en de kosten van vertragingen. Bij een lage frequentie stijgt bijvoorbeeld de kans op het missen van een aansluiting en een hogere vertraging.
- Omdat aansluitingen gemist kunnen worden, stijgen de gebruikerskosten niet noodzakelijk proportioneel met de vertragingen maar eerder sneller.
- Naast het pure wachteffect, hebben reizigers ook een waardering voor het comfort van een reis – bijvoorbeeld onder de vorm van de beschikbaarheid van een zitplaats. Dit effect op “comfort” door drukte is echter nog niet in detail berekend in de literatuur.

[105] Quinet, E. (2003) Short term adjustment in rail activity, Transport Policy 10(1), 73-79.

- Op middellange en lange termijn kunnen stijgende vertragingskosten positieve effecten hebben indien dit ertoe leidt dat de operator de frequentie gaat verhogen. Dit is het zogenaamde "Mohring effect".
- Treinvertragingen kunnen verschillende oorzaken hebben, die niets te maken hoeven te hebben met de vraag. De belangrijkste zijn weersomstandigheden, ongevallen, technische problemen, onderhoud, en zelfmoorden. Deze oorzaken, die tot 60-70% van alle vertragingen uitmaken, zouden uit de vertragingsstatistieken gehouden moeten worden om de marginale sociale gebruikerskosten te bepalen. Meer bepaald is het zo dat de primaire vertraging van deze accidentele gebeurtenissen niet meegenomen moeten worden, maar wel de gevolgvertragingen. Hoe drukker het net, hoe groter de afhankelijkheid tussen de treinen (zie eerste punt) en hoe groter de gevolgvertragingen.

Daarnaast is het ook zo dat bij gereguleerd transport, het bestaan van een aantal "grote" spelers een groot aandeel van de externe kosten kan verminderen, want kosten die opgelegd worden op anderen die deel uitmaken van dezelfde firma zijn intern voor deze firma. Hieruit zou men kunnen besluiten dat de externe congestiekosten voor spoor klein zijn. Aan de andere kant, bestaat een deel van de kosten uit vertragingen voor de reizigers. Dit zijn kosten die de spoorwegmaatschappij maar ten dele[106] mee in rekening brengt. Daarnaast is het ook zo dat we langzaam maar zeker evolueren naar een markt met meerdere spelers – zeker op het vlak van goederentransport.

3.1.3.1 Waardes uit de literatuur

Er is niet veel literatuur rond de marginale externe congestiekosten bij spoor. Bovendien is het moeilijk om de waardes met elkaar te vergelijken omdat sommigen deze uitdrukken per tonkm en anderen per treinkm – zonder vermelding van de gebruikte belading. Daarom geven we steeds de originele eenheid.

UNITE D7(2002)[107] stelt op basis van case studies in de UK en Zwitserland marginale externe congestiekosten voor spoor in de ochtendpiek voor van 0,20 euro/treinkm voor zowel passagierstreinen als goederentreinen. Aan de andere kant stellen ze ook dat dit cijfer moeilijk te generaliseren is omdat ze sterk afhangt van het lokale aanbod.

Johnson & Nash (2006)[108] maakten gebruik van een klein netwerkmodel om de marginale congestiekosten te berekenen. Vanwege de vertrouwelijkheid van de basisgegevens worden de cijfers echter enkel relatief ten opzichte van de bestaande operator in de piek gegeven. De cijfers suggereren een zeer grote heffing voor piekuren, waarbij de heffing buiten de piek maar 10 % van deze waarde zou zijn.

Maibach (2008)[109] neemt de waarde van 0,20 euro/treinkm uit UNITE over (voor Duitsland, euro2000).

---

[106] De NMBS geeft vandaag de dag wel degelijk een compensatie voor vertragingen, maar de voorwaarden zijn zo dat ze zeker geen rekening houden met alle vertragingen. Zo worden vertragingen van minimum 15 minuten maar vergoed bij een minimum van 20 vertragingen op een periode van 6 maanden (http://www. Belgianrail.be/nl/klantendienst/compensatie-bij-vertragingen.asp).
[107] Doll, C. (2002) UNITE, Case studies 7A to AD – Inter-urban road and rail user costs. Karlsruhe: UNITE, Working funded by the 5th Framework RTD Programme, ITS, Leeds University.
[108] Johnson, D & Nash, C (2006). Charging for Scarce Rail Capacity in Britain. Annex to Deliverable D3 Marginal cost case studies for road and rail transport, GRACE.
[109] Maibach, M. ea (2008) Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1. CEDelft.

Brons & Christidis (2013)[110] stellen dat voor de "Marco Polo calculator" de marginale externe congestie-kosten van de verschillende modi berekend werden met behulp van het TransTools model. Voor spoor gebruiken ze hiervoor de formule:

$$MECC_{Cong} = VOT * \frac{1}{\sum_i L_i Q_i} \sum_i \left(\frac{L_i Q_i}{V_i} - \frac{L_i Q_i}{V_i^*} \right)$$

Met L_i de lengte, Q_i het verkeersvolume, VOT de waarde van de tijd, V_i de werkelijke snelheid en V_i^* de snelheid in vrij verkeer. Zo komen ze tot een waarde van 0,4 euro/1000 tonkm . Deze formule impliceert echter dat de gemiddelde externe tijdskosten berekend worden, en niet de marginale externe kosten. Bovendien bevat het Trans-Toolsnetwerk op dit ogenblik geen capaciteitsbeperkingen voor spoor. Het lijkt dus waarschijnlijker dat Brons & Christidis zich voor spoor gebaseerd hebben op de waarderingen van UNITE[111].

Ricardo/AEA (2014) verwijst naar de meest recente versie van de Marco Polo calculator en geeft als referentiewaarde 0,2 euro per 1.000 tonkm (gemiddelde voor EU27, prijzen 2011) voor de marginale kosten van vrachtverkeer via spoor. Het gemiddelde is berekend door te veronderstellen dat in de meeste landen een waarde van 0,1 euro per 1.000 tonkm geldt. Voor Italië zijn de kosten geschat op 0,25 euro per 1.000 tonkm, voor Duitsland en Frankrijk op 0,4 euro per 1.000 tonkm en voor België en Nederland op 0,5 euro per 1.000 tonkm. Samengevat verkrijgen we dus:

Tabel 56: Overzicht waardes literatuur marginale congestiekosten spoor

	Goederentransport	Passagierstransport	Opmerkingen
Unite	0,20 euro/treinkm	0,20 euro/treinkm	
Maibach (2008)	0,20 euro/treinkm	0,20 euro/treinkm	Voor Duitsland, overgenomen van UNITE
Ricardo/AEA (2014) – gebaseerd op Brons & Christidis (2013)	0,20 euro/1.000 tonkm		EU gemiddelde
	0,25 euro/1.000 tonkm		Italië
	0,40 euro/1.000 tonkm		Duitsland, Frankrijk
	0,50 euro/1.000 tonkm		België, Nederland
	0,1 euro/1.000 tonkm		EU landen met uitzondering van Italië, Duitsland, Frankrijk, België en Nederland

Het lijkt er dus zeer sterk op dat men nog steeds werkt met de waarderingen die initieel in UNITE berekend werden en dat men deze op basis van eerder kwalitatieve vuistregels aangepast heeft.

3.1.3.2 Conclusie

De belangrijkste conclusie is dat er eigenlijk nog niet veel literatuur aanwezig is, en dat er momenteel ook nog geen sluitende definitie en methodologie is om de marginale externe congestiekosten voor spoor te berekenen. Een deel van de literatuur focust op de kosten van congestie en volgt min of meer de berekeningsmethodes zoals die ook voor wegtransport gebruikt worden. Een ander deel van de literatuur focust eerder op de kosten van schaarste en maakt gebruik van operationele (netwerk)modellen om de marginale externe congestiekosten te berekenen.

[110] Brons & Christidis, P. (2013) External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals – call 2013 version. JRC Scientific and Policy Reports, JRC81002.

[111] Ricardo- AEA (2014) stelt ook dat de Marco Polo calculator waarschijnlijk gewoon UNITE heeft overgenomen.

Een belangrijke discussie gaat over het “extern” zijn van de congestiekosten bij het spoor. Binnen personentransport - spoor is er vandaag immers maar één aanbieder en de idee kan zijn dat deze wel rekening houdt met de vertragingen die hij zelf veroorzaakt op zijn eigen voertuigen. Dit gaat grotendeels op voor mogelijke bijkomende operationele kosten die hij veroorzaakt, maar niet noodzakelijk voor de tijdskosten die bij de passagiers liggen. In de literatuur focust men ook meestal op de waarde van de tijd die de passagiers verliezen. Er is wel een zekere vorm van compensatie, maar gegeven de modaliteiten van deze compensatieregeling kan men zeker stellen dat niet alle congestiekosten geïnternaliseerd zijn. Wanneer we kijken naar de waardes die gebruikt worden in de praktijk dan komt steeds de gemiddelde waarde van 0,2 euro/treinkm uit de UNITE studie naar voren. De waarde van UNITE - gebaseerd op een Zwitserse case studie - lijkt namelijk moeilijk te generaliseren voor andere landen[112]. De lijnen zijn namelijk korter in Zwitserland dan in andere landen (al lijken ze wel vergelijkbaar voor België), maar belangrijker is dat de dienstregeling in Zwitserland vandaag al een redelijk grote buffer incorporeert. Hierdoor hebben vertragingen een kleinere impact en zijn de congestiekosten vermoedelijk lager dan in andere landen.

Consistent met Delhaye e.a. (2010) stellen we echter voor om voor spoor geen marginale externe congestiekosten mee te nemen. Niet omdat er geen marginale congestiekosten voor spoor bestaan, maar omdat de methodologie en de beschikbare kentallen nog niet voldoende op punt staan.

3.1.4 Binnenvaart

De congestiekosten van een bijkomend binnenvaartschip bestaan uit de bijkomende operationele kosten en de extra tijdskosten die het bijkomende schip veroorzaakt. Net zoals bij wegverkeer domineren de tijdskosten. Voor de meeste waterwegen zijn de marginale externe congestiekosten klein tot onbestaande[113]. Voor waterwegen met veel sluizen en bruggen die open moeten gaan, kan ze echter wel significant zijn. Maar dit maakt ook dat ze erg plaatsafhankelijk is. Op basis van hun sluismodel voor België werden door Ecorys (2005) voor twee specifieke sluizen de marginale externe congestiekosten berekend met volgende formule:

$$meck = \frac{\left(\text{totale wachttijd}\left(\text{t+1}\right)*VOT\right)-\left(\text{totale wachttijd}\left(\text{t}\right)*VOT\right)}{\#schepen\left(t+1\right)-\#schepen\left(t\right)}$$ met t het jaar

Deze waren gelijk aan 0,54 euro per passage voor de Royer Sluis en 0,42 euro per passage voor de Asper sluis. In GRACE[114] werden ook externe congestiekosten voor binnenvaart berekend voor een aantal case studies. De stijging in congestiekosten bij een stijging in volume met 1% varieerde van 0,15 euro tot 49,52 euro. Gegeven de grote bandbreedte werd in Delhaye ea (2010) besloten om geen richtlijn mee te geven voor marginale externe congestiekosten voor binnenvaart. De marginale externe congestiekosten van binnenvaart zijn te afhankelijk van lokale kenmerken van de waterweg. Er is geen nieuwe literatuur gevonden die dit tegenspreekt (Ricardo ea (2014)). Daarom nemen we ook nu geen congestiekosten mee voor binnenvaart.

[112] Wat ook erkent wordt in Tabel 4.1 van UNTIE D7 Marginal user cost and benefit case studies.
[113] Ecorys (2005)
[114] GRACE, Deliverable 4, www.grace-eu.org

3.1.5 Zeevaart

In Delhaye e.a. (2010) werd ook voor zeevaart verondersteld dat de marginale congestiekosten nul zijn. Net als voor binnenvaart is er weinig literatuur voorhanden en verwachten we dat – indien positief – de externe congestiekosten vooral gebonden zullen zijn aan de havens. In GRACE[115] vond men dat er in de onderzochte havens – waaronder de haven van Antwerpen – geen problemen van congestie waren. Dit omdat de meeste havens momenteel over overcapaciteit beschikken. Het lijkt ons niet dat dit veranderd is. Dit wordt ook bevestigd in Ricardo-AEA (2014).

3.1.6 Luchtvaart

In de periode 2000-2015 verdubbelde het totale aantal vervoerde vliegtuigpassagiers per jaar van 1,674 miljard in 2000 tot 3,441 miljard in 2015. Afgezien van de periodes 2001-2002 (aanslagen New York) en 2007-2009 (financiële crisis) nam het wereldwijde luchtverkeer de afgelopen 16 jaar dus sterk toe (Wereldbank, 2016[116]). Volgens de Central Office for Delays Analysis (CODA), een onderdeel van de

[115] GRACE, Deliverable 4, www.grace-eu.org
[116] http://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.PSGR

Europese luchtverkeersleider EUROCONTROL, werd tijdens het laatste kwartaal van 2015 37 % van alle vluchten vertrekkende uit een Europese luchthaven vertraagd met minimaal vijf minuten (EUROCONTROL, 2016[117]).

Bij luchtvaart spreekt men over congestie als een vliegtuig vertraging heeft en uit zijn originele aankomst / vertrek tijdsschema gehaald moet worden, waarbij het dan ook zorgt voor veranderingen in aankomst / vertrek bij andere vliegtuigen. Indien deze vertragingen niet goed gemaakt kunnen worden tijdens het vliegen, dan lopen de vertragingen op door heel het systeem om uiteindelijk terug te keren bij de luchthaven die de initiële vertraging opliep. Mede door deze wisselwerking zijn vertragingen dan ook moeilijk toe te schrijven aan één oorzaak. Bovendien worden vertragingen eerder veroorzaakt door random events dan door een teveel aan verkeer. Al stijgen de gevolgen natuurlijk wel met het volume verkeer.

Vertragingen – al dan niet door congestie - brengen belangrijke kosten met zich mee voor zowel luchtvaartmaatschappijen als passagiers. Voor de luchtvaartmaatschappij betekent een vertraging voornamelijk een verhoging van de operationele kosten (personeelskosten, brandstofkosten). Vertragingen voor passagiers zorgen voor opportuniteitskosten. De tijd die ze al wachtend spenderen, hadden ze immers waardevoller kunnen invullen. Door de waarde van deze verloren tijd te berekenen, kan men deze component omzetten in economische kosten.

Toch kan het zijn, in tegenstelling tot de modus wegtransport, dat er in de luchtvaartsector een bepaalde graad van internalisatie voor congestiekosten terug te vinden is. Dit is vooral het geval in drukbezette luchthavens die gebruikt worden als hub. In zulke luchthavens zijn er immers een of meerdere dominante carriers aanwezig die talloze vluchten per dag uitvoeren. Indien deze maatschappijen een extra vlucht plannen, kan men ervan uitgaan dat zij rekening houden met de impact op de eigen al geplande vluchten.

Het is dus moeilijk vast te stellen in welke mate luchtvaartmaatschappijen rekening houden met externe congestiekosten. Vooral in de Verenigde Staten wordt veel onderzoek gevoerd naar deze internalisatiegraad omdat maatschappijen er meer 'vrij spel' hebben in het plannen van hun vluchten (Daniel & Harback, 2008; Fageda & Flores-Fillol, 2016; Rupp, 2009[118]). In Europa daarentegen is een systeem van kracht waarbij toegangsrechten, zogenaamde 'slots', worden toegekend aan luchtvaartmaatschappijen om op een bepaald tijdstip gebruik te kunnen maken van de drukste, 'niveau 3', luchthavens. IATA (2015) classificeert een luchthaven als 'niveau 3' wanneer:

1. De vraag het aanbod (capaciteit) op bepaalde tijdstippen significant overstijgt;
2. Een capaciteitsuitbreiding op korte termijn onmogelijk is;
3. Pogingen om het probleem met vrijwillige aanpassingen in vluchtschema's op te lossen niet gelukt zijn.

Enkel Brussels Airport wordt beschouwd als een 'niveau 3' luchthaven (IATA, 2015). De studie van congestiekosten is dus enkel relevant voor deze luchthaven.
Uit cijfers van Belgocontrol uit 2015 lijkt Brussels Airport het goed te doen op het vlak van vertragingen.

[117] Eurocontrol (2016) CODA DIGEST Q4 2015 All-Causes Delay and Cancellations to Air Transport in Europe – Q4 2015 https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/facts-and-figures/coda-reports/digest-q4-2015.pdf
[118] Daniel & Harback (2008) (When)Do hub airlines internalize their self-imposed congestion delays? Journal of Urban Economics 63(2) 583-612; Fageda&Flores-Fillol (2016) How do airlines react to airport congestion? The role of networks. Regional Science and Urban Economics 56, 73-81; Rupp (2009) Do carriers internalize congestion costs? Empirical evidence on the internalization question. Journal of Urban Economics 65(1) 24-37.

Zo was in dat jaar de gemiddelde vertraging[119] per aankomst 0,06 minuten, de totale taxitijd voor bijna 97 % van de vluchten minder dan 15 minuten en kon 94 % van de vliegtuigen opstijgen maximaal drie minuten later dan voorzien (Belgocontrol, 2016).

In de literatuur (ook in Ricardo) is er weinig onderzoek naar de marginale congestiekosten voor luchtvaart. Cook (2011)[120] berekende de kosten van vertraging, maar het gaat hier om gemiddelde vertragingen en niet om de marginale congestiekosten.

Gegeven het gebrek aan literatuur, de gedeeltelijke internalisatie en dat het om een modus gaat met planning en sloten, nemen we geen congestiekosten mee voor luchtvaart.

3.2 Luchtvervuiling en klimaatverandering

Om de marginale externe kosten van luchtverontreiniging en klimaatsverandering te bepalen, vermenigvuldigen we voor alle modi de emissies (in kg per 100 voertuigkm) met de monetaire waardering van deze emissies (in euro per ton). Het resultaat zijn dan de marginale kosten in euro per voertuigkm. De emissies in kg per voertuigkm voor wegvervoer worden berekend op basis van de Vlaamse Emissie-inventaris lucht (VMM), de emissies voor spoorvervoer, binnenvaart en zeevaart vertrekken van het EMMOSS- model en de emissies voor luchtvaart van het EMMOL model. In Delhaye ea (2010) namen we indirecte emissies niet mee. Nu doen we dit wel. Deze zijn gebaseerd op CEDelft STREAMS (2011, 2015)[121].

Directe emissies zijn de emissies veroorzaakt bij het transport zelf. De indirecte emissies zijn de emissies bij de productie van de brandstof. Voor wegvervoer en spoorvervoer maken we bij de directe emissies ook een onderscheid tussen uitlaatemissies en de niet-uitlaatemissies. Deze laatste ontstaan door de wrijving van de banden met het wegdek en de wielen met het spoor, slijtage van de remmen, slijtage van de bovenleidingen.

3.2.1 Monetaire waarde van emissies

De waarderingen voor de luchtpolluenten zijn gebaseerd op de resultaten van de studie door VITO (2010)[122]. In deze studie werden specifiek voor Vlaanderen volgens de ExternE methode de schadekosten bepaald. Voor broeikasgassen wordt uitgegaan van 90 euro/ton CO_2 equivalenten (prijzen 2010) of 100 euro/ton CO_2 equivalenten (prijzen 2015)[123].

[119] Oorzaak bij: capaciteit, routing, personeelsbezetting, apparatuur, beheer luchtruim of uitzonderlijke incidenten.
[120] University of Westminster (2011) for the EUROCONTROL PRU, “European airline delay cost reference values” – March 2011.
[121] CE Delft (2011), STREAM International Freight 2011. Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database; CE Delft (2015) STREAM personenvervoer 2014. Studie naar Transportemissies van alle modaliteiten – emissiekentallen 2011.
[122] De Nocker L. et al. (2010) Actualisering van de externe milieuschadekosten (algemeen voor Vlaanderen) met betrekking tot luchtverontreiniging en klimaatverandering.
[123] Ricardo – AEA (2014) Update external costs.

In overeenstemming met VITO (2010) beschouwen we volgende polluenten:

- Een hoge concentratie stikstofoxiden (NO_x) vermindert de longfunctie en veroorzaakt ademhalingsproblemen. Bovendien zorgen de stikstofoxiden voor de vorming van ozon in de onderste luchtlagen. Ozon kan ademhalingsproblemen veroorzaken. NO_x draagt ook bij tot verzuring (samen met SO_2 en NH_3). Vroeger was de uitstoot van NO_x door benzine-, LPG- en dieselmotoren ongeveer gelijk (iets hoger voor diesel), maar hun uitstoot is – vooral bij benzine- en LPG-motoren en veel minder bij diesel – nu veel minder door het gebruik van katalysatoren. Nu is vooral de dieselmotor nog veroorzaker van NO_x.
- Niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) zorgen voor de vorming van ozon in de onderste luchtlagen. Een aantal NMVOS zijn bij inademing schadelijk op zich (longfunctie), enkele zijn kankerverwekkend. NMVOS uitstoot komt vooral van oude benzinemotoren.
- Zwaveloxiden (SO_2) ontstaan door de verbranding van de zwaveldeeltjes in brandstoffen. Het zwavelgehalte van de brandstoffen is in de loop der jaren fel gedaald. Een hoge concentratie van SO_2 is schadelijk voor de gezondheid. Emissie van zwaveldioxide (SO_2) leidt ook tot verzuring van het leefmilieu.
- Zowel het verhoogde voorkomen van luchtwegklachten, het aantal ziekenhuisopnames voor hart- en luchtwegklachten als vervroegde sterfte zijn in epidemiologische studies geassocieerd met de fijn stof fracties (PM_{10} en $PM_{2,5}$). De verbanden werden vastgesteld zowel bij kortstondige bloot-stelling (uren, dagen) aan hoge concentraties als bij langdurige blootstelling (jaren) aan lage con-centraties. De kleinste deeltjes dringen het diepst door in de longen, waarlangs ze vrij gemakkelijk en snel in de bloedbaan terechtkomen. PM worden vooral uitgestoten door dieselmotoren. PM wordt niet enkel uitgestoten via de uitlaat maar ook via slijtage van banden, remmen, wegdek en rails. We maken hier een onderscheid naar $PM_{2,5}$ en PM coarse. PM coarse wordt gedefinieerd als het verschil tussen PM_{10} en $PM_{2,5}$.
- CO_2, CH_4 en N_2O zijn broeikasgassen. Broeikasgassen dragen bij tot klimaatsverandering.
- De zware metalen cadmium (Cd), nikkel (Ni), lood (Pb) en chroom (Cr)De impacts van de uitstoot van zware metalen hebben betrekking op effecten op volksgezondheid door blootstelling aan concentraties in lucht en via opname door de voedselketen of drinkwater. Zware metalen komen vrij bij de verbranding van fossiele brandstof maar ook door slijtage van bv. bovenleidingen.
- Zink, arseen en koper, formaldehyde en dioxinen worden niet mee opgenomen in de analyse. Voor Zn en Cu werden geen externe kosten bepaald in de studie van VITO (2010), voor formaldehyde en dioxines zijn enkel cijfers voorhanden voor het wegverkeer.

Onderstaande tabel geeft weer welke waarderingen gebruikt worden. Het zijn cijfers voor 2015 (in prijzen 2015) inclusief het effect van de bevolkingsgroei op impacts en externe kosten, inclusief stijging koopkracht. In VITO (2010) worden de waarderingen voor twee zichtjaren gegeven: 2010 en 2020. Door middel van eenvoudige lineaire interpolatie berekenen we de cijfers voor 2015. We veronderstellen deze cijfers constant voor de periode 2000-2015.

Voor zware metalen zijn er geen specifieke cijfers voor transport. Daarom gebruiken we de waardering van lage schouwen. Er zijn ook geen tijdsevoluties. Daarom gebruiken we het cijfer voor 2010 – omgezet naar prijzen 2015.

Tabel 57: Waarderingen emissies 2015 in euro/kg, waardes euro 2015. Bron: Eigen berekeningen gebaseerd op VITO (2010) en Ricardo/AEA (2014)

Emissies - euro2015/kg	VITO	RICARDO	Gebruikte waarde
CO2	0,04	0,10	0,10
CH4	1,10	2,43	2,43
N2O	13,17	28,97	28,97
NOx	4,96	11,80	4,96
NMVOS	8,94	3,49	8,94
PM coarse (PM_{10}-$PM_{2,5}$)	30,86	-	30,86
SO2	12,91	14,71	12,91
Pb	384,02	-	384,02
Cd	121,54	-	121,54
Ni	5,51	-	5,51
Cr	31,27	-	31,27
$PM_{2,5}$_weg	257,96	-	257,96
$PM_{2,5}$_binnenvaart	167,49	65,24	167,49
$PM_{2,5}$_spoor	174,14	65,24	174,14
$PM_{2,5}$_stad	587,42	224,27	587,42
$PM_{2,5}$_snelweg	167,49	65,24	167,49
$PM_{2,5}$_platteland	172,97	37,57	172,97

Voor NO_x werd de waardering inclusief effecten op ozon genomen.

Voor de omrekening van de waardes voor CH_4 en N_2O vanuit de waarde voor CO_2 werden de GWP-waarden uit het 'Fourth Assessment Report' van IPCC gebruikt, overeenkomstig het gebruik in Ricardo-AEA (2014): 1 voor CO_2, 25 voor CH_4, 298 voor N_2O.

De waarde van $PM_{2,5}$hangt af van de plaats van de uitstoot. Daarom berekenen we voor $PM_{2,5}$ en voor weg-vervoer een gewogen gemiddelde. De weging is gebeurd aan het aandeel van de voertuigkm[124] dat op het platteland, snelweg respectievelijk in de stad wordt gereden, voor alle jaren. In bovenstaande tabel is het gemiddelde gewogen gemiddelde over alle modi en jaren genomen. Onderstaande tabel toont het resultaat van deze weging.

[124] Aandelen zoals verondersteld in de Vlaamse Emissie-Inventaris lucht (VMM)

Tabel 58: Waardering $PM_{2,5}$ euro/kg, Vlaanderen, 2000-2014, constante prijzen 2015. Bron: eigen berekeningen op basis van VITO (2010) en Vlaamse Emissie-inventaris lucht (VMM)

wegtransport	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
motorfiets	278,85	279,5	278,92	278,64	277,77	277,9	278,04	276,25	277,7	273,5	271,81
personenwagen	266,30	264,83	263,56	262,74	261,77	261,9	262,14	261,78	263,5	273,5	271,81
lichte vrachtwagen	270,11	270,12	269,07	268,46	267,47	267,61	267,85	265,58	266,81	273,5	271,81
zware vrachtwagen 3.5-12 t	244,73	241,3	238,66	236,36	235,52	235,63	235,85	233,89	234,76	284,39	282,62
zware vrachtwagen +12 t	227,26	222,56	220,65	218,96	218,72	219,07	219,28	217,86	216,87	248,85	247,56
lijnbus	380,19	380,19	380,19	380,19	380,19	380,19	380,19	380,19	380,19	380,19	380,19
reisbus	223,52	212,7	214,24	215,16	210,49	204,78	205,01	205,98	213,22	175,62	181,08

Voor luchttransport zijn geen specifieke cijfers berekend. De effecten van luchtpolluenten zijn echter afhankelijk van de hoogte waarop ze uitgestoten worden. Hoe hoger, hoe schadelijker NOx is voor de ozonlaag[125]. De hoogte speelt echter geen rol bij de schade door emissies van broeikasgassen. Voor broeikasgassen gebruiken we dus dezelfde waardering als voor de andere modi. Voor de luchtpolluenten (inclusief zware metalen) gebruiken we de waarderingen die VITO geeft voor de “hoge schouwen”. Ricardo/AEA (2014) geeft deze informatie niet. Omdat het rekenblad toelaat om ook de waarderingen van Ricardo/AEA te gebruiken, hebben we deze waarderingen proportioneel[126] aangepast.

Tabel 59: Waarderingen emissies “hoge schouwen” 2015 in euro/kg, waardes euro 2015. Bron: Eigen berekeningen gebaseerd op VITO (2010) en Ricardo/AEA (2014)

Emissies - euro2015/kg	VITO	RICARDO	Gebruikte waarde
CO2	0,04	0,10	0,10
CH4	1,10	2,43	2,43
N2O	13,17	28,97	28,97
NOx	4,97	11,83	4,97
NMVOS	8,95	3,49	8,95
PM coarse	6,30	6,30	6,30
SO2	12,65	14,41	12,65
Pb	363,51	363,51	363,51
Cd	109,49	109,49	109,49
Ni	3,01	3,01	3,01
Cr	17,35	17,35	17,35
$PM_{2,5}$	27,62	10,76	27,62

[125] Williams, Noland, Toumis (2002) Reducing the climate change impacts of aviation by restricting cruise altitudes. Transportation Research Part D 7, 451-464.
[126] Zelfde verhouding emissies hoge schouwen/transportemissies.

3.2.2 Indirecte emissies

Indirecte emissies zijn berekend op basis van de emissiefactoren in g/MJ uit tabel 36 & 37 van CEDELFT-STREAMS-passagiers-rapport (2014). Deze zijn dan omgezet naar g/kg brandstof[127] zodat het eerder berekende brandstofverbruik[128] gebruikt kon worden. Voor zware diesel (HFO en MDO) van zeevaart zijn de cijfers van diesel genomen.

Voor elektrische treinen zijn de emissiefactoren van het Planbureau (2015)[129] overgenomen. Deze liggen in dezelfde lijn als de indirecte emissies beschouwd in EMMOSS v3.2[130].

Voor elektrische voertuigen gebruiken we een verbruik van 16,11 kWh/100 km (MIMOSA[131]).

Merk op dat we niet voor alle polluenten emissiefactoren voor de indirecte emissies hebben. Zo zijn er geen gegevens voor indirecte emissies van $PM_{2,5}$, CH_4 en N_2O.

3.2.3 Wegvervoer

Voor wegvervoer berekenen we de emissiefactoren in kg/100 voertuigkm[132] aan de hand van de Vlaamse Emissie-inventaris lucht 2014, op basis van COPERT 4 v11.3 (VMM)[133].

COPERT
Merk op dat COPERT steunt op onafhankelijke metingen, en dus een veel betere weerspiegeling[134,135] zou moeten zijn van de emissies in reële rijomstandigheden dan de testcycli die gehanteerd worden voor de typegoedkeuring. Maar de COPERT-emissiefuncties worden ook voortdurend bijgewerkt, bijvoorbeeld wanneer er meer voertuigen van de nieuwste euronorm beschikbaar komen, en er dus meer metingen kunnen uitgevoerd worden. Zo werden in het najaar van 2016 (te laat om nog gebruikt te kunnen worden in deze studie) nieuwe versies van COPERT uitgebracht: COPERT 4 v11.4 en COPERT 5 v1.0. In deze nieuwe COPERT-versies werden significante wijzigingen aangebracht aan de NOx-emissiefactoren voor Euro 6-personenwagens en voor Euro5- en Euro6-bestelwagens[136]. Merk wel op dat er in 2014 nog niet zoveel Euro 6-personenwagens in de voertuigvloot waren, waardoor deze onderschatting nog niet zo zwaar doorweegt.

[127] https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density
[128] Zoals berekend op basis van Vlaamse Emissie-Inventaris lucht (VMM).
[129] Planbureau (2015), Transportvooruitzichten 2030.
[130] Om consistentieredenen gebruiken we niet EMMOSS voor de berekening van de indirecte emissies voor spoor. Voor diesel maken we immers gebruik van CEDelft STREAMS (2014) – die ook door het Planbureau (2015) gebruikt wordt.
[131] Op basis van DIV-cijfers voor Vlaanderen en testresultaten Autogids komen we op een gemiddeld verbruik van 17.7 kWh/100km (op basis van 6 elektrische autotypes die bijna 80 % van de geregistreerde elektrische wagens uitmaken).
[132] Bio-brandstoffen zijn mee opgenomen in de berekening van de emissiefactoren voor de luchtpolluenten. Merk op dat de CO2 uitstoot door biobrandstoffen niet is meegerekend. Dit wegens de conventie om geen uitlaat-CO2 mee te rekenen voor het aandeel biobrandstoffen.
[133] Bronbestand: wegverkeer FU 1990_2014 COPERT4v11.3 VVC2.1 BTEI01_5 dd 18 12 2015.xlsx.
[134] Naar aanleiding van het VW-dieselschandaal werd door de "European Research Group on Mobile Emission Sources" een information paper verspreid waarin ingegaan wordt op het verschil tussen de emissies gemeten volgens de normcycli en de emissies die berekend worden door emissiemodellen zoals COPERT. Deze information paper is beschikbaar via http://www.ermes-group.eu/web/node/196
[135] Zie ook Leonidas Ntziachristos, Giannis Papadimitriou, Norbert Ligterink, Stefan Hausberger, "Implications of diesel emissions control failures to emission factors and road transport NOx evolution", Atmospheric Environment, Volume 141, September 2016, Pages 542-551, ISSN 1352-2310, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231016305568
[136] Zie http://emisia.com/sites/default/files/Why_new_diesel_NOx_EF.pdf

De tabellen met de emissiefactoren voor de verschillende voertuig- en brandstoftypes zijn terug te vinden in het bijhorend rekenblad.

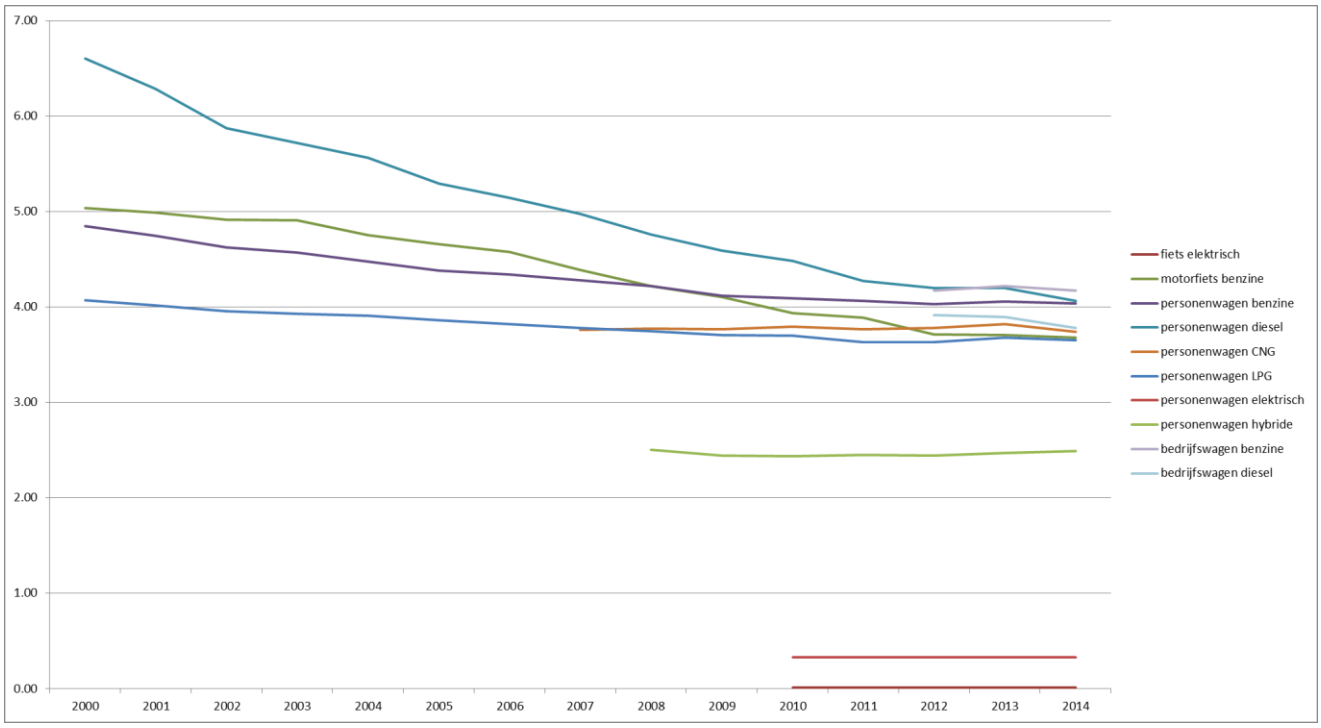
Deze emissiefactoren vermenigvuldigen we met de waarderingen zoals hierboven aangegeven. We verkrijgen dan de marginale externe kosten per polluent. Deze zijn terug te vinden in het bijhorende rekenblad. Gegeven de grootteordes groeperen we de zware metalen. Onderstaande tabel toont de totale marginale externe kosten voor luchtverontreiniging – directe emissies (uitlaat + niet-uitlaat)+ indirecte emissies.

Voor een aantal voertuigtypes hebben we geen volledige tijdreeksen beschikbaar in de Emissie-inventaris lucht (VMM). Vandaar dat een aantal waardes niet ingevuld zijn. Dit zal ook een weerslag hebben op de latere figuren.

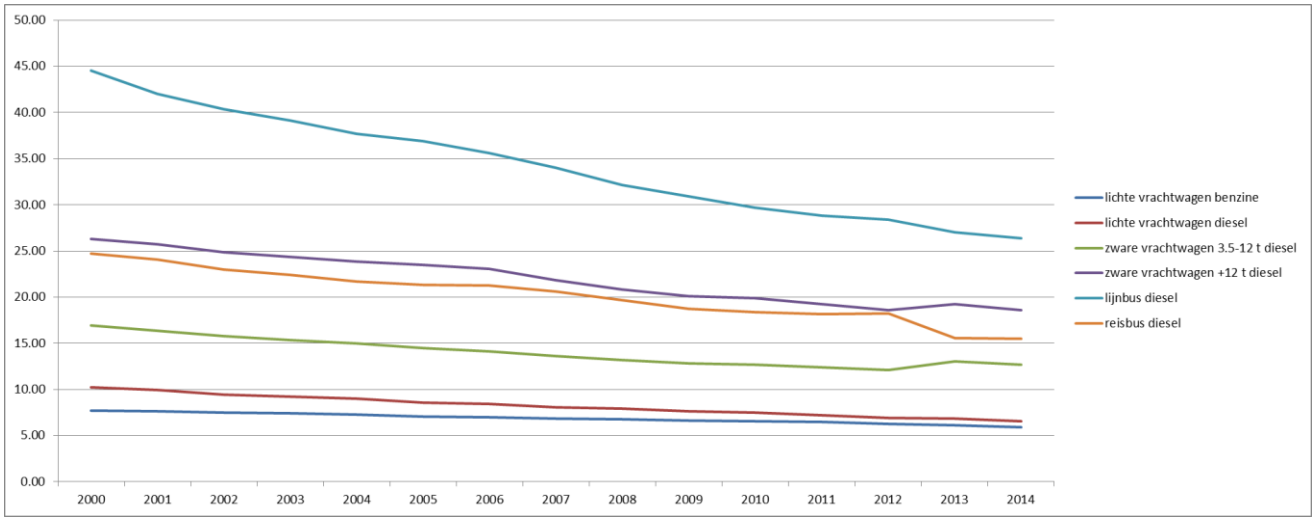
Tabel 60: Marginale externe milieukosten wegverkeer – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
fiets	traditioneel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fiets	elektrisch							0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
motorfiets	benzine	5,03	4,66	4,58	4,39	4,22	4,10	3,94	3,89	3,71	3,71	3,68
personenwagen	benzine	4,85	4,38	4,34	4,28	4,22	4,12	4,09	4,06	4,03	4,05	4,04
	diesel	6,60	5,29	5,14	4,97	4,76	4,59	4,48	4,27	4,20	4,20	4,07
	CNG				3,76	3,77	3,76	3,79	3,77	3,78	3,82	3,74
	LPG	4,07	3,86	3,82	3,78	3,75	3,70	3,70	3,63	3,63	3,68	3,65
	elektrisch							0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	hybride					2,50	2,44	2,43	2,45	2,44	2,47	2,49
lichte vrachtwagen	benzine	7,74	7,08	7,01	6,82	6,80	6,64	6,55	6,45	6,26	6,12	5,89
lichte vrachtwagen	diesel	10,23	8,57	8,40	8,08	7,89	7,66	7,52	7,19	6,93	6,86	6,52
zware vrachtwagen 3,5-12 t	diesel	16,93	14,48	14,13	13,59	13,21	12,85	12,69	12,38	12,13	13,01	12,70
zware vrachtwagen +12 t	diesel	26,32	23,51	23,03	21,86	20,82	20,07	19,91	19,25	18,61	19,21	18,58
lijnbus	diesel	44,55	36,87	35,59	33,98	32,12	30,89	29,67	28,79	28,38	27,05	26,35
reisbus	diesel	24,74	21,35	21,22	20,62	19,67	18,73	18,38	18,17	18,20	15,57	15,46
bedrijfswagen	benzine									4,17	4,22	4,17
bedrijfswagen	diesel									3,92	3,89	3,78

Figuur 57: Evolutie marginale externe milieukosten wegverkeer - licht vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: Berekeningen TML



Figuur 58: Evolutie marginale externe milieukosten wegverkeer - zwaar vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: Berekeningen TML



Voor (quasi) alle modi/brandstoftypes zien we een sterke daling over de tijd- met uitzondering van de hybride, elektrische en CNG-personenwagen wiens marginale milieukosten ongeveer constant blijven. De dieselwagen hebben grotere marginale milieukosten dan de benzinewagen. Dat verschil wordt kleiner over de jaren en is in 2014 bijna weggewerkt. CNG en LPG scoren iets beter, maar niet veel. De hybridewagen en de elektrische wagen zijn het meest milieuvriendelijk.

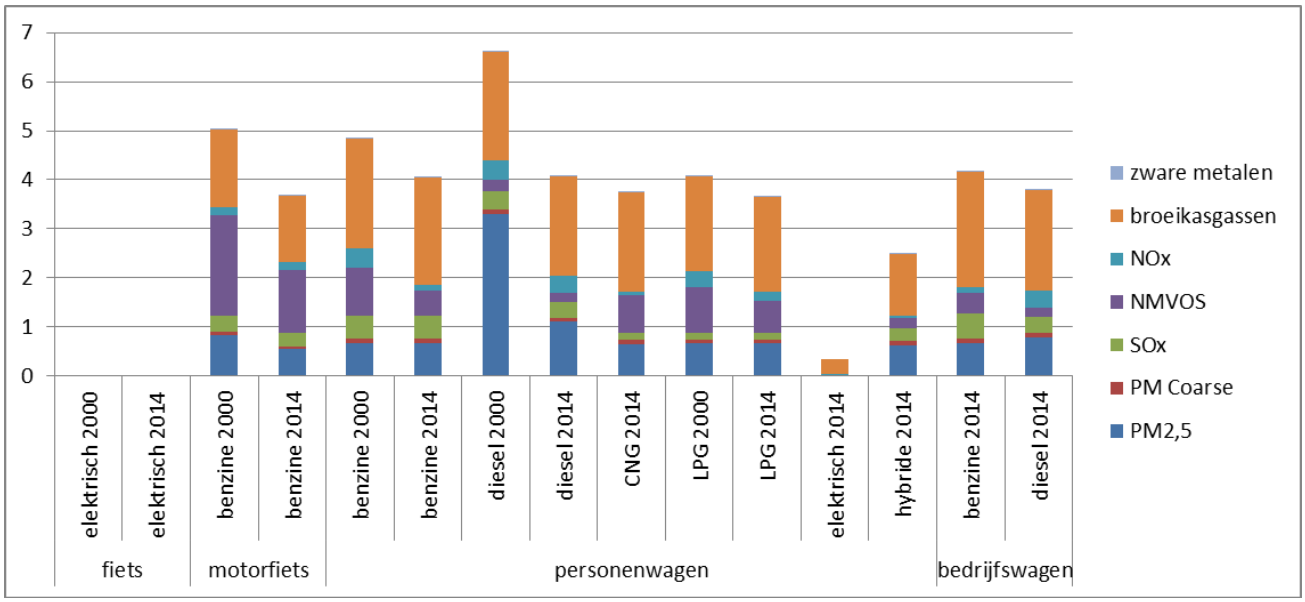
\\\

Opvallend is dat lijnbussen slechter scoren dan reisbussen. Over de jaren heen zien we de marginale milieukosten voor lijnbussen sterk dalen – en dit voor alle polluenten. Dit wijst erop dat er een grote vlootvernieuwing heeft plaatsgevonden in de tussenliggende jaren. De knik bij de reisbussen heeft te maken met de vreemde evolutie in de voertuigkm waarnaar eerder al verwezen werd in hoofdstuk 2.

Bij vrachtwagens zien we een kleine stijging in 2013. Dit heeft te maken met een stijging in de emissiefactoren voor de broeikasgassen – en deze worden relatief zwaar gewaardeerd (zie hieronder).

Onderstaande figuur toont de marginale milieukosten opgesplitst naar polluent voor de jaren 2000 (indien beschikbaar) en 2014.Uit deze figuur blijkt duidelijk dat de kosten vanwege broeikasgassen zwaar doorwegen. Door de relatief hoge waardering maken ze in de meeste gevallen ongeveer de helft uit van de totale milieukosten. We zien dat in 2000 de dieselwagen veel hogere milieukosten had dan de benzinewagen. Maar tegen 2014 is dit verschil zo goed als onbestaande. Dit komt vooral door de zeer sterke daling in de uitstoot van $PM_{2,5}$- een polluent waarvan de waardering ook zwaar doorweegt in de marginale externe milieukosten. Bij de benzinewagens zien we vooral een daling in NMVOS. Merk ook op dat CNG en LPG wagens niet veel beter scoren dan de klassieke benzine en dieselwagen. Wat de bedrijfswagens betreft zien we dat de benzinewagens er vervuilender zijn dan de gemiddelde benzinewagens, terwijl het omgekeerde geldt voor de dieselwagens.

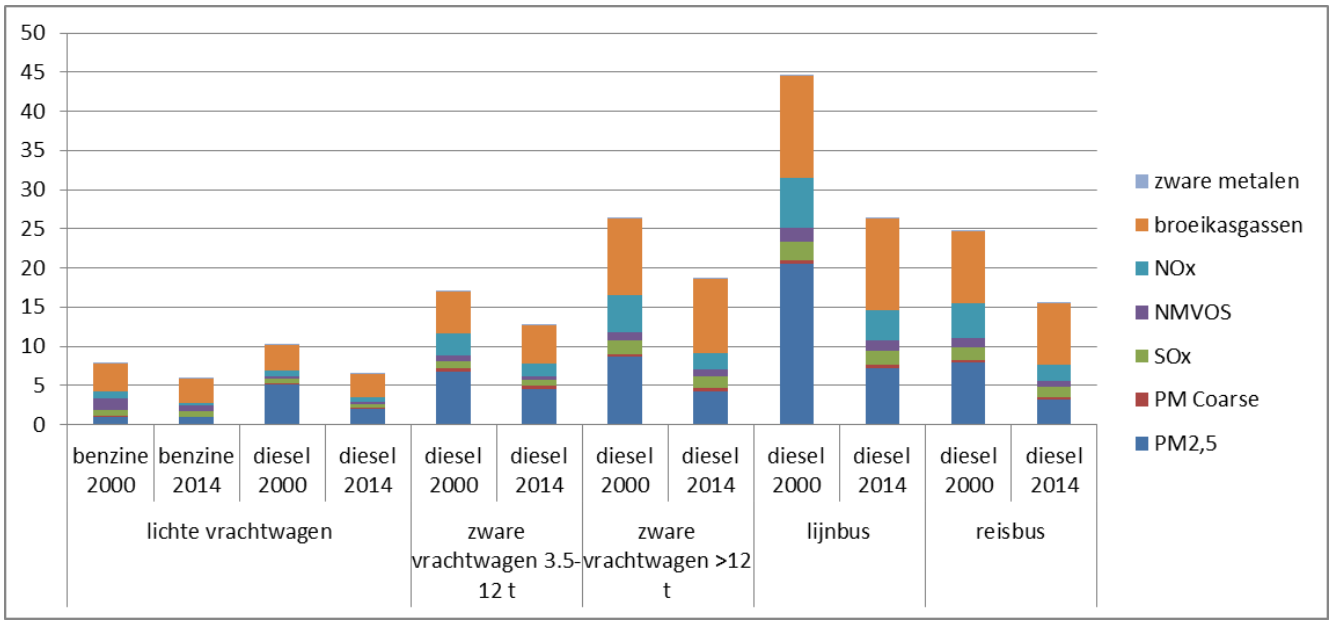
Figuur 59: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, wegtransport-licht vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Bij de zwaardere voertuigen zien we bij het vrachtvervoer een duidelijke relatie met het gewicht. Hoe zwaarder hoe vervuilender per voertuigkm. Ook hier zien we een sterke daling over de tijd. De daling wordt ook hier vooral gestuurd door de daling in uitstoot van $PM_{2,5}$, gevolgd door de daling in NO_x. Per voertuigkm zijn bussen vervuilender dan vrachtwagens (behalve de reisbus). Vergeleken met het personenvervoer is het aandeel van de broeikasgassen hier minder groot ten opzichte van de totale marginale

milieuschadekosten. De totale milieuschadekosten liggen vanzelfsprekend wel hoger voor het zwaar vervoer dan voor het licht vervoer.

Figuur 60: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, wegtransport-zwaar vervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Bedrijfswagens.
De emissiefactoren voor bedrijfswagens zijn op analoge wijze berekend. Hierbij moeten we wel twee opmerkingen maken. Ten eerste is de opdeling bedrijfsvoertuig/privé maar sinds 2012 beschikbaar en hebben we dus enkel informatie voor de periode 2012-2014. Ten tweede, hebben we geen afzonderlijke informatie over het aantal km per jaar per voertuig. Daarom is een gewogen gemiddelde gemaakt met de algemene kilometers (op het niveau van brandstoftype + grootte + klasse + euronorm). Dit wil zeggen dat voor elke voertuigklasse (bv. benzinewagen >2 liter euro 1) de voertuigkm berekend worden als het product van het aantal voertuigen met de jaarlijkse km per voertuig voor die voertuigklasse. Voor bedrijfswagens zijn het aantal voertuigen wel bekend maar niet de jaarlijkse km. Daarom is er voor de jaarlijkse km per voertuig hetzelfde cijfer genomen als voor alle (dus ook niet bedrijfswagens) samen.

Over het algemeen zijn de emissiefactoren per voertuigkm iets lager voor PM en NOx dan voor alle wagens samen, maar is de CO2 uitstoot door het brandstofverbruik iets hoger. Dit laatste kan verklaard worden door de gemiddeld iets zwaardere bedrijfswagens. Wat betreft de marginale externe milieukosten, is het duidelijk dat deze van bedrijfswagens (diesel) iets lager zijn dan deze van de gemiddelde diesel wagen. Dit heeft te maken met de relatief jonge leeftijd van deze wagens wat het verschil in grootte lijkt te compenseren. Voor de bedrijfswagens op benzine liggen de marginale milieukosten iets hoger dan die van de gemiddelde benzinewagen.

3.2.4 Spoorvervoer

De emissies voor spoor worden bepaald op basis van EMMOSS v3.2 en omgerekend naar emissies per voertuigkm met de meest recente cijfers die beschikbaar waren over het gemiddelde gewicht per trein (bron: NMBS).

De waardering van de emissies gebeurt aan de hand van Tabel 57. Voor de berekening van de marginale milieukosten maken we een onderscheid tussen goederen- en passagierstransport en tussen diesel en elektrische tractie. Op basis van het relatief aantal tonkm of personenkm dat respectievelijk gebruik maakt van diesel en elektrische tractie maken we een gewogen gemiddelde. De gebruikte emissiefactoren en de marginale externe milieukosten per polluent zijn terug te vinden in het bijhorend rekenblad. Onderstaande tabellen tonen dan de totale marginale externe kosten voor luchtverontreiniging nl. directe emissies (uitlaat + niet-uitlaat) en indirecte emissies.

Tabel 61: Marginale externe milieukosten spoorverkeer – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

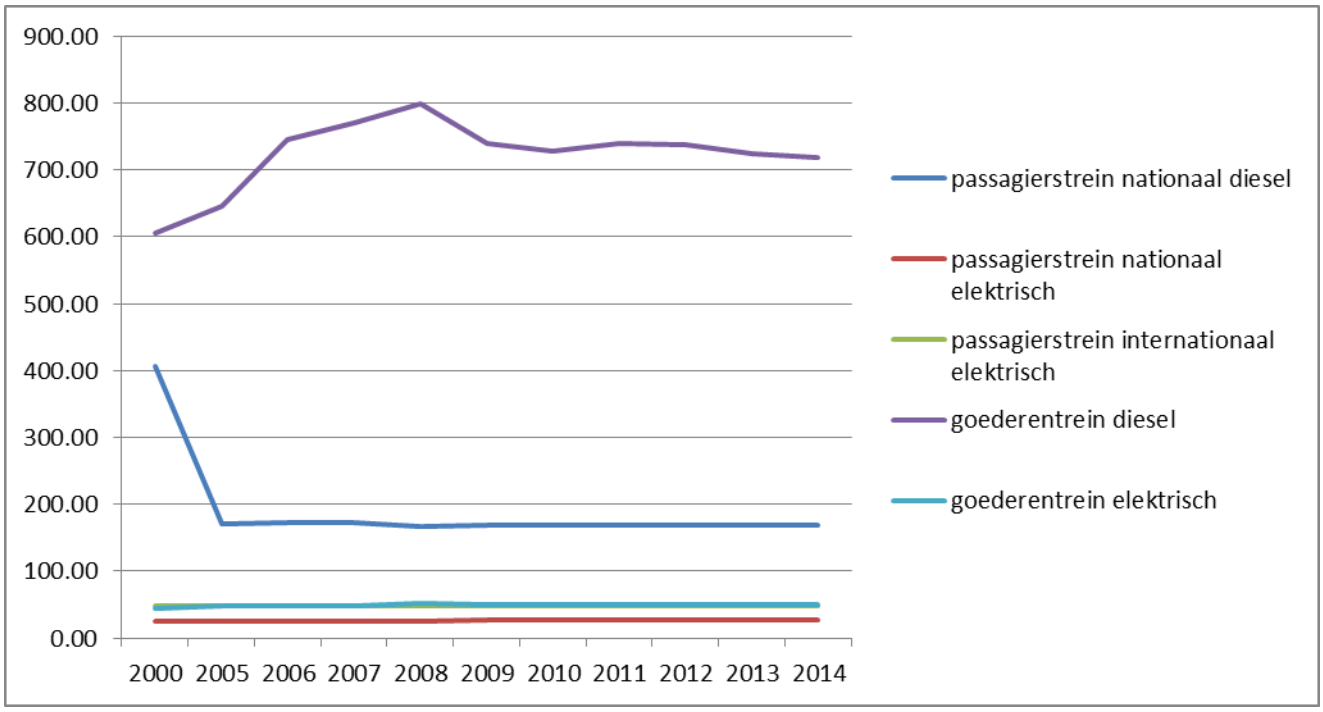
		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
passagierstrein nationaal	diesel	405,89	170,23	171,63	172,50	167,18	169,64	169,64	169,64	169,64	169,64	169,64
	elektrisch	24,81	25,57	25,43	25,68	25,77	26,19	26,19	26,19	26,19	26,19	26,19
passagierstrein internationaal	elektrisch	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72
goederentrein	diesel	604,65	645,77	745,67	770,57	798,64	739,43	727,47	739,53	737,83	723,45	718,75
goederentrein	elektrisch	44,34	47,51	48,71	48,81	52,25	50,46	50,46	50,46	50,46	50,46	50,46

Merk op dat de input in EMMOSS maar tot 2009 gaat. Met eventuele verschillen na 2009 is met andere woorden geen rekening gehouden – met uitzondering van de stijging in gewicht. Dit komt omdat er geen nieuwe gegevens beschikbaar zijn voor het model. Voor dieseltreinen-passagiers is de te verwachten fout klein. Sinds 2006 gebruikt de NMBS enkel nog de MU41 motorwagens voor diesel-passagierstransport.

Onderstaande figuur toont de evolutie over de tijd. De evolutie in de uitstoot wordt bepaald door de combinatie van de autonome evolutie naar schonere locomotieven, de invloed van andere operatoren en de evolutie in de treingewichten.

We zien dat nationale elektrische passagierstreinen minder uitstoten dan de internationale. Dit is te verklaren doordat in deze cijfers voor internationale passagierstreinen enkel HST-treinen worden beschouwd. De marginale externe milieukosten van personentreinen – diesel daalde met 58% over de jaren heen. Deze daling kan toegewezen worden aan het gebruik van schonere treinstellen en aan de daling in treingewichten. De marginale externe milieukosten van personentreinen- elektrisch daarentegen steeg licht (met 6%) – mede door de evolutie in treingewicht.

Figuur 61: Evolutie marginale externe milieukosten spoorverkeer – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Goederentreinen-elektrisch stoten minder uit dan goederentreinen-diesel. Voor beiden geldt dat de uitstoot steeg over de jaren. In 2014 lag de marginale milieukosten van goederentreinen-diesel 19% hoger dan in 2000, deze van goederentreinen- elektrisch 14%.

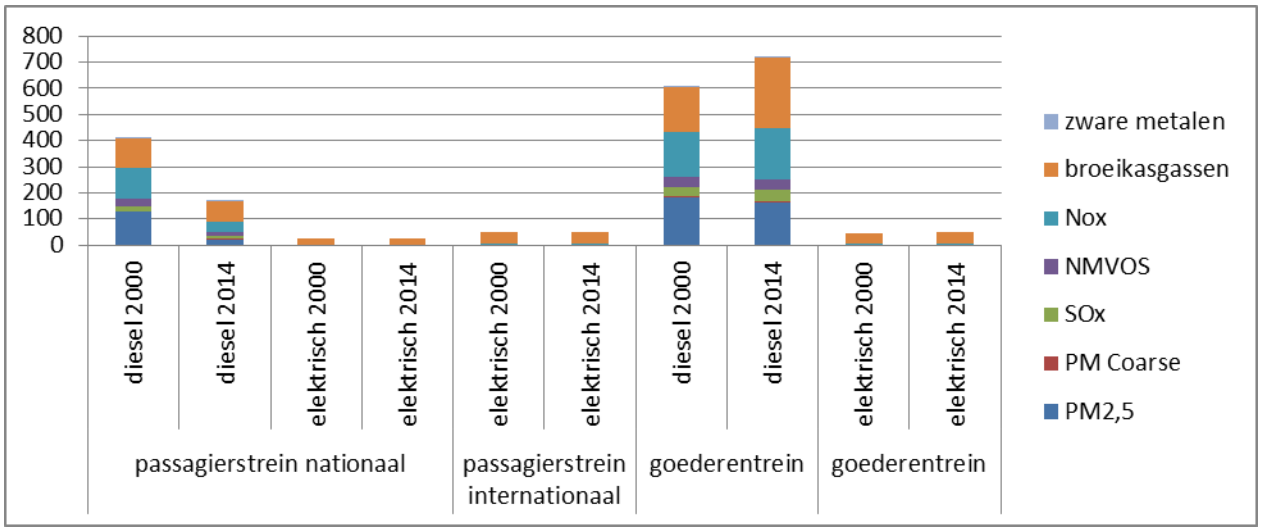
Het verloop van de emissiekosten van goederentreinen – diesel kent een erg fluctuerend verloop. Dit komt omdat in 2005 de andere operatoren zijn toegevoegd in EMMOSS[137]. Er wordt verondersteld dat deze andere operatoren volledig op diesel rijden én, indien er geen informatie is, dat dit gebeurt met oudere diesellocs.

Elektrische goederentreinen verbruiken door het hoge gewicht ook meer elektriciteit dan nationale elektrische passagierstreinen en hebben daardoor hogere marginale milieukosten.

Onderstaande figuur toont de marginale emissiekosten voor de jaren 2000 en 2014, opgesplitst naar de verschillende polluenten. Bij de elektrische treinen is het duidelijk dat de broeikasgassen de grootste externe kosten vormen (91%). Bij diesel zijn de belangrijkste polluenten de broeikasgassen, NOx en $PM_{2,5}$.

[137] Wegens gebrek aan informatie werd hier verondersteld dat het aandeel van andere operatoren na 2009 constant bleef.

Figuur 62: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, spoorvervoer, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



3.2.5 Binnenvaart

De emissiefactoren voor binnenvaart zijn afkomstig uit het EMMOSS v3.2-model. We geven de emissies van de drie scheepstypes waarvoor we ook de private kosten berekenden:

- Klein: M1 Spits
- Middelgroot: M5 Verlengd Dortmund-Eemskanaalschip “Europa”
- Groot: M8 Groot Rijnschip “Cargo”

Vergeleken met de vorige studie zijn volgende aanpassingen gedaan:

- Aanpassing van het grootste type (nu M8)[138]
- Omrekening naar emissies per voertuigkm op basis van voertuigkm beschikbaar in EMMOSS.

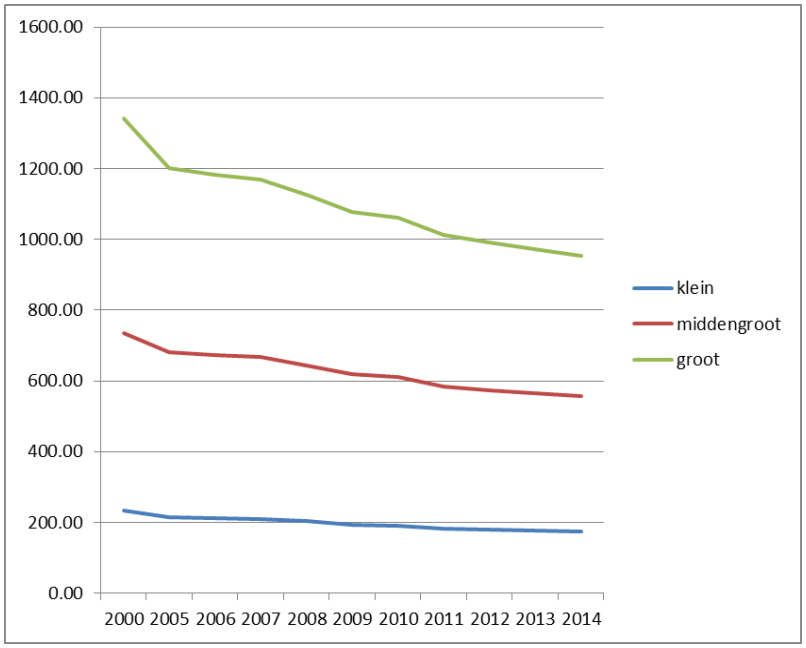
De emissiefactoren en de marginale externe milieukosten per polluent zijn terug te vinden in het bijhorend rekenblad. Onderstaande tabellen tonen de totale marginale externe kosten voor luchtverontreiniging – directe emissies (uitlaat) en indirecte emissies. Het is duidelijk dat over de tijd de marginale externe milieukosten dalen met 24 tot 29%.

Tabel 62: Marginale externe milieukosten binnenvaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Spits	232,64	214,41	213,13	210,28	203,67	193,72	191,19	182,43	179,67	175,85	173,78
Europa	734,81	681,64	673,69	666,23	643,56	617,60	609,63	584,37	573,13	563,80	556,24
Cargo	1342,14	1199,99	1183,78	1170,10	1125,53	1077,73	1061,83	1013,83	990,79	972,78	953,44

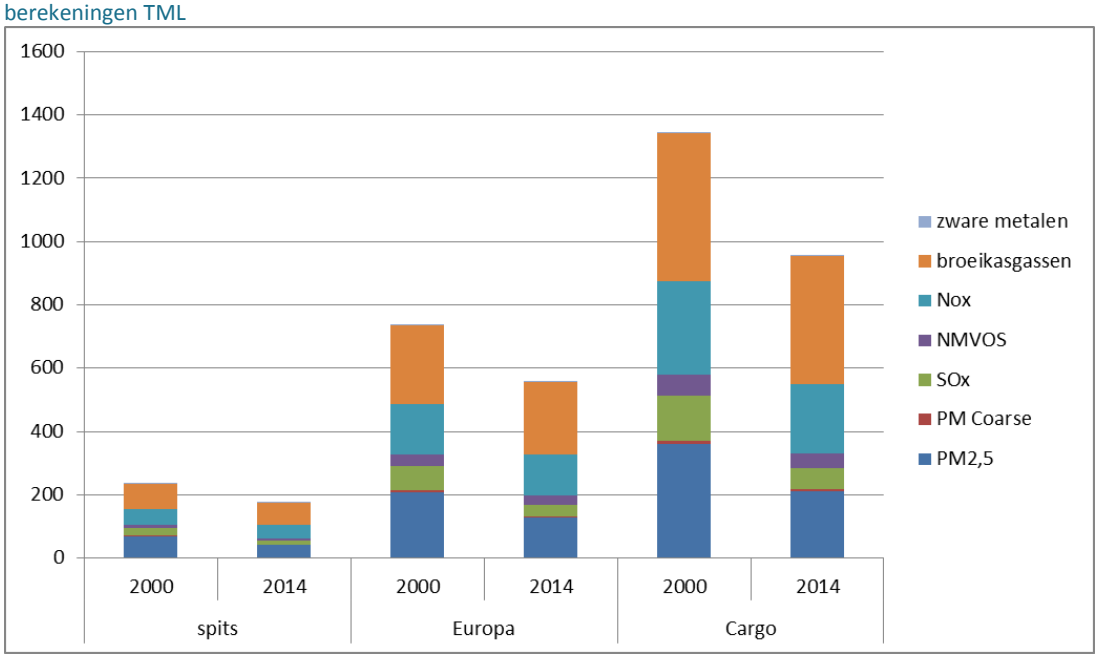
[138] In de vorige studie werd het type BIIa1 gebruikt, terwijl M8 het grootste aandeel in de totale trafiek heft. Beide types zijn vergelijkbaar van grootte

Figuur 63: Evolutie marginale externe milieukosten binnenvaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Onderstaande figuur geeft de opsplitsing naar de verschillende polluenten voor de jaren 2000 en 2014. De broeikasgassen vormen het belangrijkste aandeel (ongeveer 40%) gevolgd door $PM_{2,5}$ en NO_X (beiden rond de 23%). Over de tijd is vooral de uitstoot van SO_X (-50%) en $PM_{2,5}$ (-40%) gedaald.

Figuur 64: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, binnenvaart, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



3.2.6 Zeevaart

De emissiefactoren voor zeevaart zijn gebaseerd op verdere verwerking van data beschikbaar in het EMMOSS v3.2-model[139]. Samengevat werden volgende berekeningen gedaan:

a. emissies (inclusief brandstofverbruik) in ton uit EMMOSS;
   emissies delen door brandstofverbruik geeft emissies in ton/ton_fuel
b. gemiddeld brandstofverbruik in ton_fuel/dag uit COMPASS[140];
   combinatie met stap 1 geeft emissies in ton/dag
c. aantal km per dag: afgeleid op basis van
   i. gemiddelde vaarsnelheid (COMPASS)
   ii. gemiddeld aantal "operating hours" per dag (COMPASS)
d. combinatie van b. en c. geeft dan emissies in ton/voertuigkm

We geven de emissies van de drie scheepstypes waarvoor we ook de private kosten berekenden. De emissiefactoren per polluent zijn terug te vinden in het bijhorende rekenblad. We vermenigvuldigen deze eerst met de waarderingen voor binnenvaart omdat er voor zeevaart zelf geen waarderingen voorhanden zijn in De Nocker et al (2010). De uitstoot gebeurt echter op zee en hierdoor zijn de effecten minder groot dan voor binnenvaart. Aan de andere kant zien we in EMMOSS dat ongeveer 50% van de zeevaart-emissies in havens/binnenland wordt uitgestoten. Door gebruik te maken van informatie die weergeeft waar de emissies gebeuren en waar ze neervallen, passen we de marginale externe kosten aan. Onderstaande tabel geeft weer hoeveel % van de emissies die gebeuren op de Noordzee tot aan het vasteland geraken. Voor het % dat weer in de zee neervalt, veronderstellen we dat de marginale externe milieukosten gelijk zijn aan nul. Voor polluenten die niet mee opgenomen zijn, tellen we de volledige marginale milieukosten mee.

Tabel 63: % van emissies op de Noordzee die het vasteland bereiken en % dat in zee neervalt. Bron: eigen berekeningen gebaseerd op EMEP[141]

	% vasteland	% in zee
PM	82%	18%
SO_2	64%	36%
NO_X	77%	23%
VOS	99%	1%

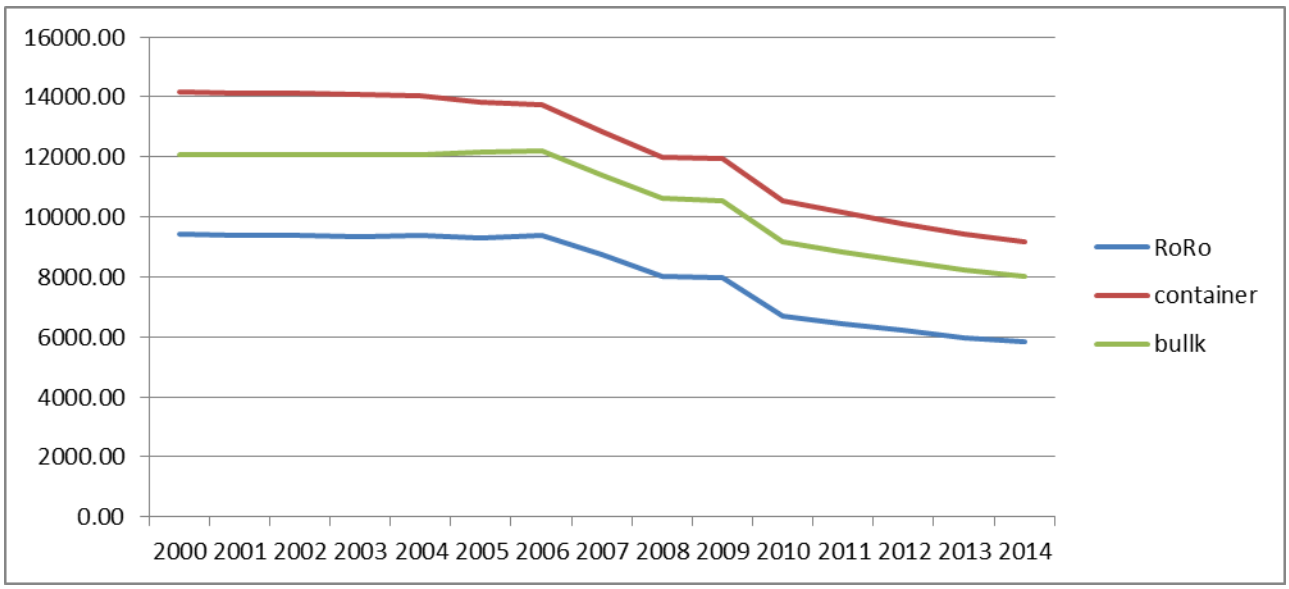
Onderstaande tabellen tonen dan de totale marginale externe kosten voor luchtverontreiniging – directe emissies (uitlaat) plus de indirecte emissies.

[139] De cijfers houden rekening met alle zeevaart – dus zowel binnenlandse als internationale zeevaart.
[140] Delhaye, E. ea (2010), COMPASS – The Competitiveness of European short-sea freight shipping compared with road and rail transport. Final Report.
[141] http://www.emep.int/mscw/SR_data/sr_tables.html
Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe 2010, EMEP Status Report 1/2012, ISSN 1504-6109(print), ISSN 1504-6192(on-line)

Tabel 64: Marginale externe milieukosten zeevaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
RoRo	9432,13	9319,99	9371,96	8741,35	8026,64	7994,76	6677,16	6445,54	6218,85	5985,05	5830,53
Container	14163,54	13813,76	13747,49	12851,37	11970,31	11969,02	10548,88	10157,00	9776,85	9412,41	9183,65
Bulk	12074,28	12156,84	12192,04	11406,22	10617,03	10521,31	9160,91	8847,27	8515,62	8217,76	8010,26

Figuur 65: Evolutie marginale externe milieukosten zeevaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

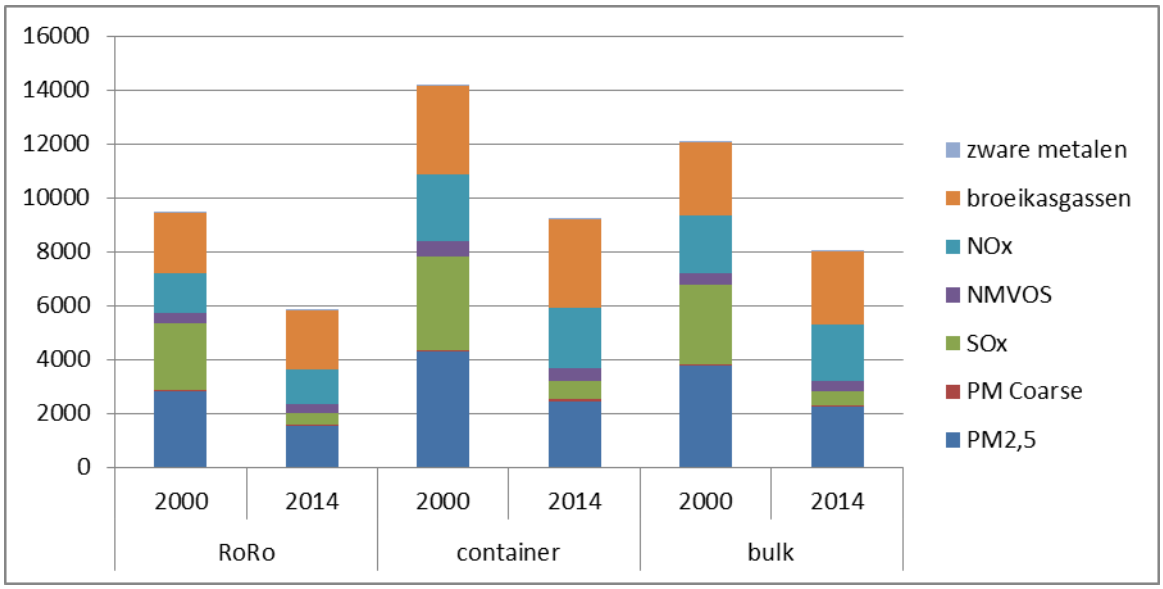


De milieukosten van de drie scheepstypes kent een parallel verloop en daalt sterk over de tijd – en vooral na 2006. Over de hele periode is de daling ongeveer 34 tot 38%.

Onderstaande grafiek toont de opdeling naar de verschillende polluenten. In 2000 waren de belangrijkste polluenten PM, SOx en broeikasgassen; in 2014 zijn dit PM en broeikasgassen. SOx is immers met een 80% gedaald. Maar ook de uitstoot van NO_x blijft relatief belangrijk voor de zeevaart.

De dalingen van zowel SOx- als PM-emissies worden grotendeels verklaard door dalingen van het zwavelgehalte in maritieme brandstof als opgelegd door verschillende richtlijnen.
Zo werd vanaf 2007 de Noordzee als SECA-zone (sulphur emission control area) ingesteld waardoor het zwavelgehalte van scheepsbrandstoffen in deze zone beperkt werd tot maximaal 1,5 %, met verdere dalingen tot maximale zwavelgehaltes van 1% in 2010 en 0,1% in 2015. Daarnaast werd in 2010 de Europese richtlijn 2005/33/EG van kracht die een zwavelgehalte van maximaal 0,1% oplegt voor alle brandstoffen gebruikt tijdens liggen aan de kade.

Figuur 66: Marginale milieukosten opgesplitst naar polluent, zeevaart, euro/100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



3.2.7 Luchtvaart

De emissies voor luchtvaart zijn gebaseerd op EMMOL v1.0. In de literatuur[142] beschouwt men voor luchtpolluenten de lokale luchtvervuiling die ontstaat bij landen en opstijgen (LTO). Gecombineerd met het feit dat we geen waarderingen hebben specifiek voor luchtvaart, kiezen we ervoor om voor de luchtpolluenten enkel rekening te houden met de LTO-emissies. Voor broeikasgassen houden we rekening met zowel LTO als CRUISE. De emissies door cruise zijn de emissies boven België ten gevolge van vluchten die vertrekken of aankomen op een luchthaven gelegen in Vlaanderen, vanaf een hoogte van 915 m.

We stellen voor om hiervoor geen tijdsevolutie te beschouwen (of dus zelfde cijfers voor alle jaren). Dit omwille van volgende redenen:

1. In de gemiddelde emissies (gedeeld door het aantal vluchten of de FC) voor 1990-2014 uit EMMOL, blijkt er niet echt een evolutie in te zitten. Als die er al is, dan is ze eerder licht stijgend. Dit komt waarschijnlijk door grotere/verder vliegende vliegtuigen.
2. Het is duidelijk dat de technische evoluties in luchtvaart zich op langere termijn afspelen dan de periode 2000-2014 die we nu beschouwen. Dit zie je bijvoorbeeld aan de Tier 1 emissiefactoren uit het EMEP/EEA Guidebook in tabel hieronder. Wat ze als “old” aangeven (B737-100) betreft een generatie vliegtuigen die geïntroduceerd werd eind jaren 60[143], terwijl de B737-400 voor de “average fleet” dateert van midden jaren 80. Uit de BELGOCONTROL-cijfers zien we zowel voor 2000 als 2014 dat de B737 derde generatie (B737 – 700/800) de meest voorkomende variant is in Zaventem (https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_737_Next_Generation).
   En als je de cijfers in de tabel hieronder bekijkt, zie je tussen de generaties ook geen hele grote verschillen (met uitzondering van CO en NMVOS).

[142] Givoni & Rietveld (2010) The environmental implications of airlines' choice of aircraft size. Journal of Air Transport Management, *16*, 159-167
[143] Wat in de tabel als “old” staat, gaat dus over nog veel oudere vliegtuigen dan we hier beschouwen (2000-2014)

Table 3–3 Emission factors and fuel use for the *Tier 1* methodology using jet kerosene as fuel. Emission factors are given on a representative aircraft basis

Tier 1 emission factors									
Domestic	**Fuel**	**SO_2**	**CO_2**	**CO**	**NO_x**	**NMVOC**	**CH_4**	**N_2O**	**$PM_{2.5}$**
LTO (kg/LTO) — average fleet (B737-400)	825	0.8	2600	11.8	8.3	0.5	0.1	0.1	0.07
LTO (kg/LTO) — old fleet (B737-100)	920	0.9	2900	4.8	8.0	0.5	0.1	0.1	0.10
Cruise (kg/tonne) — average fleet (B737-400)	-	1.0	3150	2.0	10.3	0.1	0	0.1	0.20
Cruise (kg/tonne) — old fleet (B737-100)	-	1.0	3150	2.0	9.4	0.8	0	0.1	0.20
International	**Fuel**	**SO_2**	**CO_2**	**CO**	**NO_x**	**NMVOC**	**CH_4**	**N_2O**	**$PM_{2.5}$**
LTO (kg/LTO) — average fleet (B767)	1617	1.6	5094	6.1	26.0	0.2	0.0	0.2	0.15
LTO (kg/LTO) — average fleet (short distance, B737-400)	825	0.8	2600	11.8	8.3	0.5	0.1	0.1	0.07
LTO (kg/LTO) — average fleet (long distance, B747-400)	3400	3.4	10717	19.5	56.6	1.7	0.2	0.3	0.32
LTO (kg/LTO) — old fleet (DC10)	2400	2.4	7500	61.6	41.7	20.5	2.3	0.2	0.32
LTO (kg/LTO) — old fleet (short distance, B737-100)	920	0.9	2900	4.8	8.0	0.5	0.1	0.1	0.10
LTO (kg/LTO) — old fleet (long distance, B747-100)	3400	3.4	10754	78.2	55.9	33.6	3.7	0.3	0.47
Cruise (kg/tonne) — average fleet (B767)	-	1.0	3150	1.1	12.8	0.5	0.0	0.1	0.20
Cruise (kg/tonne) — old fleet (DC10)	-	1.0	3150	1.0	17.6	0.8	0.0	0.1	0.20

Met andere woorden, wat betreft emissies gaan de technische evoluties in de luchtvaart niet erg snel, en verschillen in totale/gemiddelde emissies zullen meer afhangen van type en grootte van vliegtuig waarmee gevlogen wordt.

Op basis van de gemiddelde vliegafstanden in 2014, stellen we voor om te werken met twee types (Airbus A319 met gemiddelde vluchtafstand 866km en Airbus A330-300 met 5700km). Twee types die net als de B737 bovenaan in de lijst met meest voorkomende types staan.

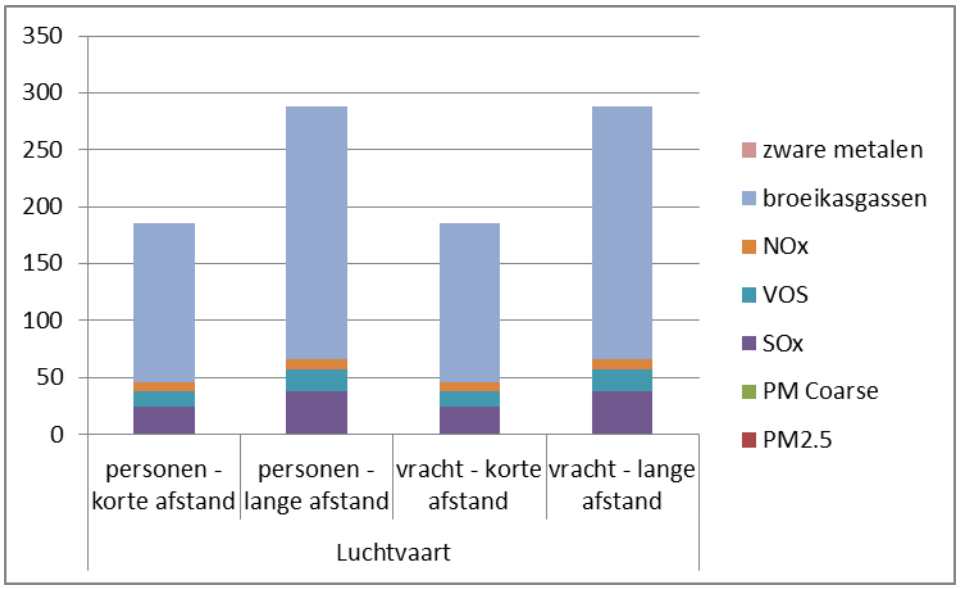
We verkrijgen dan volgend resultaat.

Tabel 65: Marginale externe milieukosten luchtvaart – totaal – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

		2000-2014
personen - korte afstand	lage kosten	185,42
personen - korte afstand	volledige service	185,42
personen - lange afstand		288,14
vracht - korte afstand		185,42
vracht - lange afstand		288,14

Wanneer we dit opsplitsen naar de verschillende polluenten krijgen we onderstaand beeld. Het is duidelijk dat bij luchtvaart de broeikasgassen domineren.

Figuur 67: Marginale externe milieukosten luchtvaart– euro per 100 voertuigkm – opgesplitst per polluent. Constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Voor broeikasgassen: LTO en cruise; voor de andere polluenten enkel LTO

3.3 Ongevallen

De marginale externe ongevalskosten van verkeer zijn de extra ongevalskosten die de gemeenschap draagt als een voertuig een km meer rijdt. Een groot deel van de ongevalskosten zijn al geïnternaliseerd via de verzekering, maar niet alle kosten worden hierdoor gedekt. Er is dus nog steeds een externaliteit.
In 2010 volgden we de benadering van Lindberg (2002, 2006)[144] om de marginale externe ongevalskosten te berekenen. Volgens Ricardo-AEA is dit nog steeds de meest gebruikte methode. Daarom blijven we ook bij deze benadering in deze update.

De achterliggende idee bij deze methode is dat wanneer een bijkomende gebruiker de vervoersstroom vervoegt, dan

- stelt hij zichzelf bloot aan de gemiddelde ongevalskosten, terwijl hij geen rekening houdt met alle ongevalskosten
- kan hij een invloed hebben op het ongevalsrisico voor anderen (over de verschillende modi heen) en daardoor op de geassocieerde kosten voor de maatschappij en deze andere modi

[144] Lindberg G. (2006) Marginal cost case studies for road and rail transport. Deliverable D3. GRACE. Funded by the Sixth Framework Programme. ITS, University of Leeds, Leeds.

Wanneer er economische waarden toegekend worden aan deze twee gevolgen dan geven zij de totale (interne en externe) ongevalskosten weer. De formule om de marginale externe ongevalskosten te berekenen is dan

$$MEOK = r(a+b)(1-\theta+E)+r(1+E)c$$

Met

- r: het ongevalsrisico
- a, b en c de kosten van een ongeval
- θ het aandeel van de totale ongevalskosten die voor de modi zelf is
- E: de risico-elasticiteit

3.3.1 Monetaire waarde van ongevallen

De totale sociale ongevalskosten bestaan uit drie delen: a+b+c

- a: de bereidheid tot betalen van de voertuigbestuurder zelf om een ongeval of lichamelijk letsel te vermijden
- b: de bereidheid tot betalen van vrienden en familie van de voertuigbestuurder om een ongeval te vermijden
- c: de zuiver economische kosten die veroorzaakt worden door een ongeval: verlies productieve werkuren, kosten voor ambulance, de politie, de medische kosten, de herstelkosten.

Voor (a) stellen we voor om de waardes te gebruiken die de HEATCO studie voor België voorstelt. Deze waarderingen werden ook in Delhaye (2010) gebruikt en worden ook in Ricardo-AEA voorgesteld als richtwaarden. Dit is 2.352.349 euro voor een dode, 356.849 euro voor een zwaargewonde en 23.006 euro voor een lichtgewonde (prijzen 2015). (b) wordt meestal geschat op 10-40% van de eigen bereidheid tot betalen (Jones Lee.1992). In deze studie gebruiken we 10%. Voor (c) merken we allereerst op dat het netto verlies aan productiviteit al in de bereidheid tot betalen zit. Over het algemeen worden medische kosten niet gedragen, terwijl administratie en materiële kosten voor 90% gedragen zijn – bijvoorbeeld door middel van verzekering. Dit hangt sterk af van het verzekeringssysteem en de sociale zekerheid. Voor België werd in het GRACE project[145] verondersteld dat de verhouding van (c) over de waarde van een mensenleven gelijk is aan 0,08 voor een dodelijk ongeval, 0,25 voor een zwaargewonde en 0,55 voor een lichtgewonde.

3.3.2 Wegvervoer

Het ongevalsrisico in Vlaanderen werd berekend door het aantal gewonden en doden te delen door het aantal voertuigkm. Het aantal doden en gewonden voor Vlaanderen volgens transportgebruikers halen we van Algemene Directie Statistiek. Deze maken immers een onderscheid naar de verschillende gewesten en naar de betrokken weggebruikers[146]. Merk op dat er een probleem is met onderrapportering van de

[145] GRACE, www.grace-eu.org

[146] In 2010 corrigeerden we voor het relevante risico: De statistieken geven immers het aantal doden en gewonden per gebruiker. Het relevante risico is echter de kans dat een weggebruiker een ongeval veroorzaakt met doden of gewonden als gevolg. De correctie gebeurt aan de hand van statistieken die weergeven wat het aandeel van 'eigen' slachtoffers is in de statistieken per gebruiker. Voor motorrijders is deze 95% voor dodelijke ongevallen. Dit wil zeggen dat bij de dodelijke ongevallen waarbij een motor betrokken is, motorrijders zelf 95% van de dodelijke slachtoffers uitmaken, terwijl slechts 5% van de doden vielen onder andere weggebruikers. Met andere woorden, als de statistieken zeggen dat er 100 doden onder motorrijders vielen, wil dit eigenlijk zeggen dat er in ongevallen waarbij een motorrijder betrokken is, er 105 doden te betreuren vielen. Voor

ongevalscijfers. De gegevens over dodelijke slachtoffers zijn het betrouwbaarst en stabielst. In dit geval is het immers erg waarschijnlijk dat de politie of het parket tussenbeide komt bij een ongeval. De gegevens voor lichtgewonden zijn meer onderschat, en zeker voor kwetsbare weggebruikers (voetgangers, fietsers). Net als in 2010 hebben we hiervoor niet gecorrigeerd[147]. Voor 2003 en 2004 worden geen ongevalscijfers gerapporteerd door Statbel. Dit komt omdat de gegevens niet betrouwbaar zijn vanwege de reorganisatie van de politiediensten. We hebben daarom de cijfers lineair ge-extrapoleerd voor deze twee jaren.

Het aantal voertuigkm nemen we over uit de Vlaamse Emissie-inventaris lucht (VMM). De zo verkregen ongevalsrisico's zijn terug te vinden in het bijhorende rekenblad.

Voor θ, het aandeel van de ongevalskosten dat voor de modi zelf is, nemen we de waardes van GRACE[148] over:

Tabel 66: Theta. Bron: Lindberg, G. (2006), Marginal cost case studies for road and rail transport Deliverable D3, GRACE

	θ
Fietser*	0,95
Motor**	0,80
Personenwagen	0,76
Lichte en zware vrachtwagen	0,22
Bus	0,16

* voor fietsers eigen veronderstelling op basis van de idee dat schade veroorzaakt door de fietser aan anderen, en die niet door een verzekering gedekt zijn, klein is.
* Fridström (2011) voor motor

Tot slot hebben we nog een waarde voor de risico-elasticiteit nodig. Lindberg stelt voor om, op basis van een uitgebreid literatuuronderzoek, een waarde van -0,25 te gebruiken. Fridström (2011[149]) maakt een onderscheid naar type voertuig en corrigeert voor hun respectievelijke aandelen in het verkeer. Hij suggereert dat de risico-elasticiteit vermenigvuldigd moet worden met de inverse van hun verkeersaandeel. Dit geeft bij hem risico-elasticiteiten van -0,655 voor auto's en lichte vracht en 0,321 voor zware voertuigen. Dit wil zeggen dat als er meer voertuigkm gereden worden door zware voertuigen, het risico voor ongevallen met zware voertuigen stijgt. Het omgekeerde is waar voor lichte voertuigen – een stijging in voertuigkm zorgt daar voor een daling van het ongevalsrisico. Ricardo-AEA (2014) stelt echter dat deze resultaten niet gegeneraliseerd kunnen worden naar andere landen en raadt aan om te blijven werken met -0,25[150]. Voor fiets zetten[151] we de risico-elasticiteit op -0,10. Dit wil zeggen dat meer fietsers leidt tot minder ongevallen, maar in mindere mate dan bij wagens.

wagens ligt dit aandeel rond de 70%, voor bestelwagens gemiddeld 47% en voor vrachtwagens rond de 13%. Gegeven de onzekerheid rond deze methode hebben we dit nu niet gedaan.

[147] Er zijn nu cijfers beschikbaar over de mate van onderrapportering, maar dit is geen tijdsreeks. We kunnen niet zeker zijn of deze onderrapportering constant is over de tijd.

[148] Lindberg G. (2006) Marginal cost case studies for road and rail transport Deliverable D3, GRACE. Funded by Sixth Framework Programme, ITS, University of Leeds, Leeds

[149] Fridström (2011), A framework for assessing the marginal external accident cost of road use and its implications for insurance ratemaking. International Transport Forum Discussion Paper No 2011-22

[150] Merk op dat met een risico-elasticiteit van -0,655 we marginale ongevalsbaten zouden uitkomen.

[151] Dit is een eigen veronderstelling. Er is literatuur (Fyhri ea (2016) Safety in Numbers: uncovering the mechanisms of interplay in urban transport, TOI report 1466/2016) dat aantoont dat hoe meer fietsers er zijn, hoe veiliger het is voor de fietser. Maar het is niet duidelijk of het volume aan fietsers in Vlaanderen al groot genoeg is om een positieve relatie te krijgen. Bovendien lijkt deze relatie enkel te gelden voor stedelijk verkeer.

We hebben nu alle gegevens om bovenstaande formule toe te passen. De marginale externe ongevalskosten zijn dan gelijk aan:

Tabel 67: Marginale externe ongevalskosten wegtransport – in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

Autosnelweg	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Personenwagen	0.35	0.31	0.24	0.27	0.25	0.20	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.17	0.12	0.12	0.18
Motor	1.76	1.72	1.47	1.67	1.62	1.33	1.59	1.55	1.72	2.00	1.73	1.78	0.99	0.94	1.42
Lichte vrachtwagen	4.56	3.28	3.47	3.33	3.06	2.55	2.65	2.38	2.63	3.21	2.01	2.06	1.90	1.78	1.57
Zware vrachtwagen	1.77	1.27	1.64	1.36	1.28	1.28	1.15	0.85	1.01	0.99	0.93	0.97	0.89	0.88	1.08
Bus	1.41	1.41	0.44	0.73	0.73	0.68	0.74	0.68	1.56	0.62	0.90	1.44	1.01	1.36	0.89
Andere wegen															
Fiets	2.83	2.54	2.41	2.51	2.42	2.41	2.33	2.36	2.37	2.24	1.99	2.29	2.11	2.05	2.10
Personenwagen	1.62	1.45	1.25	1.27	1.19	1.02	1.02	0.96	0.89	0.82	0.78	0.76	0.64	0.64	0.52
Motor	9.27	8.49	8.36	8.14	7.72	7.21	7.41	6.63	6.72	6.86	5.93	6.89	5.41	5.47	4.74
Lichte vrachtwagen	17.34	15.54	16.35	14.37	13.06	11.30	10.59	10.08	10.25	11.93	8.95	8.80	8.15	8.19	4.33
Zware vrachtwagen	6.74	6.03	7.72	5.84	5.45	5.64	4.56	3.57	3.92	3.69	4.13	4.10	3.80	4.03	2.97
Bus	6.06	6.58	2.26	3.56	3.54	3.50	3.63	3.31	6.70	2.94	3.99	6.55	4.98	6.53	2.56
Stad															
Fiets	2.00	1.90	2.01	2.05	2.03	2.17	2.08	2.21	2.26	2.17	1.90	2.25	2.15	2.03	2.33
Personenwagen	1.07	1.02	0.97	0.97	0.94	0.87	0.87	0.86	0.83	0.78	0.73	0.75	0.65	0.62	0.56
Motor	6.49	6.16	7.07	6.74	6.59	6.85	6.90	6.68	6.56	6.89	6.00	6.91	5.80	5.95	5.44
Lichte vrachtwagen	6.85	7.08	6.70	6.17	5.77	4.52	5.01	4.32	5.63	5.79	4.47	5.34	4.67	3.71	2.87
Zware vrachtwagen	2.65	2.71	3.10	2.46	2.36	2.16	2.08	1.50	2.12	1.77	1.99	2.41	2.12	1.76	1.87
Bus	4.95	5.09	4.85	5.12	5.09	5.02	5.02	4.36	6.76	4.57	5.70	7.84	5.31	4.21	4.49

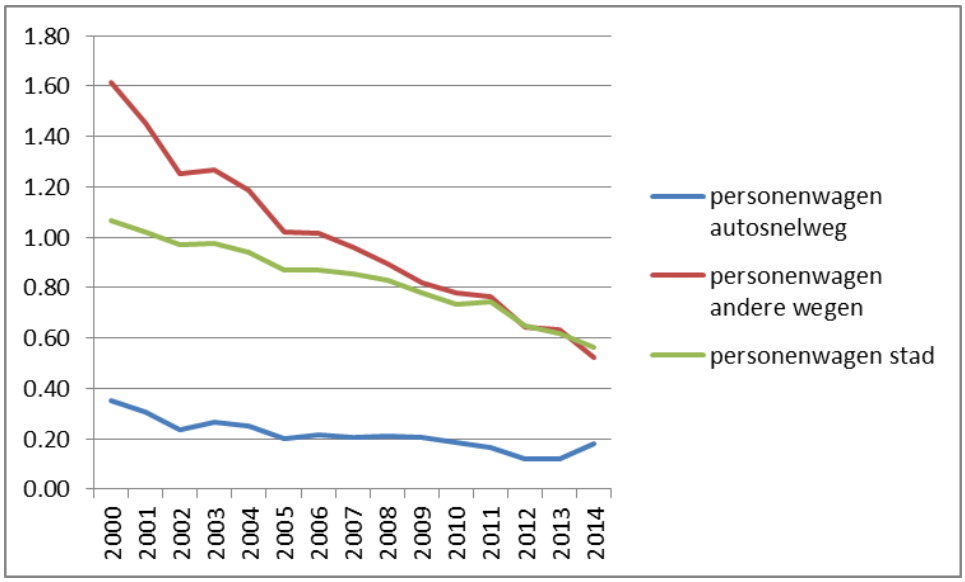
Wanneer we deze marginale externe ongevalskosten uitmiddelen volgens locatie dan verkrijgen we onderstaande waarden:

Tabel 68: Marginale externe ongevalskosten wegtransport- gemiddelde weg– in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

Gemiddelde weg	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Fiets	2.43	2.23	2.22	2.29	2.23	2.30	2.21	2.29	2.32	2.22	1.95	2.27	2.14	2.05	2.22
Personenwagen	1.01	0.93	0.82	0.84	0.79	0.70	0.70	0.67	0.65	0.60	0.57	0.56	0.47	0.45	0.41
Motor	5.84	5.46	5.63	5.53	5.31	5.13	5.29	4.95	5.00	5.25	4.55	5.19	4.05	4.10	3.72
Lichte vrachtwagen	9.58	8.63	8.84	7.97	7.30	6.12	6.08	5.59	6.17	6.97	5.14	5.40	4.89	4.48	2.85
Zware vrachtwagen	3.72	3.34	4.15	3.22	3.03	3.02	2.60	1.97	2.35	2.15	2.35	2.49	2.27	2.18	1.92
Bus	3.68	4.03	1.68	2.48	2.49	2.52	2.58	2.42	4.70	2.25	3.00	4.75	3.46	3.98	2.06

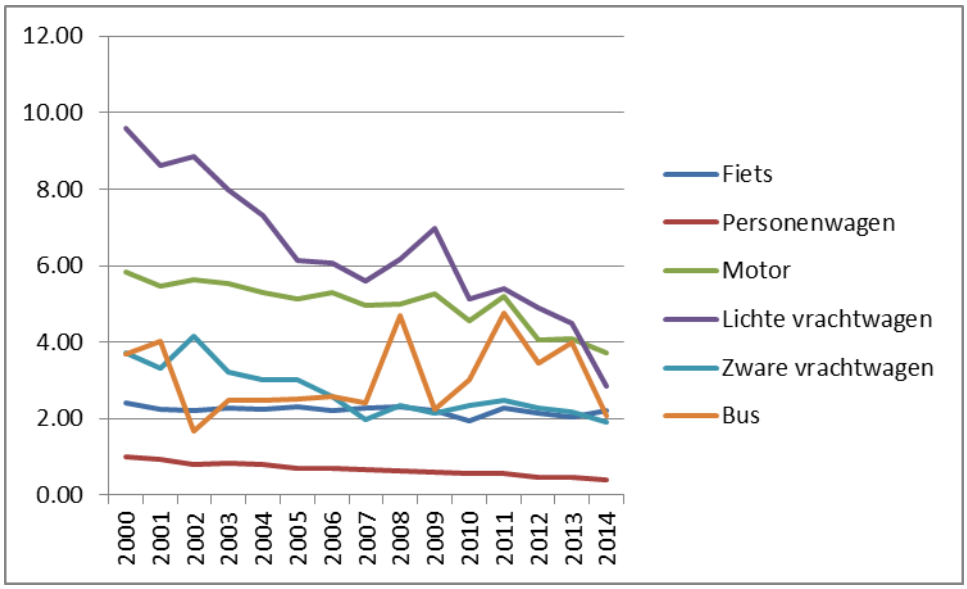
Voor personenwagens tonen we in onderstaande figuur de evolutie over heel de periode. Hierbij is duidelijk dat de daling in marginale externe ongevalskosten het grootste is voor andere wegen (daling met 68%). In de stad en op autosnelwegen is de daling 47%, respectievelijk 49%. De marginale ongevalskosten zijn het kleinst op snelwegen. Deze evoluties worden gestuurd door de evoluties in ongevalsrisico's – waarbij we duidelijk zien dat de verkeersveiligheid over de tijd gestegen is.

Figuur 68: Evolutie marginale externe ongevalskosten personenwagen – euro/100 voertuigkm – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Voor alle personenmodi samen krijgen we onderstaand beeld:

Figuur 69: Evolutie marginale externe ongevalskosten wegtransport- personen– in euro/100 voertuigkm; constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Hierbij zien we duidelijk dat het cijfer voor bus sterk fluctueert. Dit wordt vooral gestuurd door de fluctuaties in het aantal zwaargewonden. De lichte vrachtwagens hebben per voertuigkm de hoogste marginale ongevalskosten tot 2013. Maar het is ook de modus waarbij het ongevalsrisico het sterkste daalt over de tijd. In 2014 hebben de motor de hoogste marginale ongevalskosten. Over het algemeen zien we

voor alle vervoerswijzen een daling in de marginale ongevalskosten, voor de fiets blijft de waarde ongeveer constant.

3.3.3 Spoorvervoer

De marginale externe ongevalskosten voor treinverkeer zijn relatief laag. Om de externe kosten te berekenen houden we geen rekening met ongevallen waarbij passagiers of personeel betrokken is. Het idee is dat spoorwegen hiervoor ruim verzekerd zijn. We houden ook geen rekening met zelfmoorden. INFRAS 2000 stelt dat ongevallen die op overwegen gebeuren ook niet moeten worden meegenomen, aangezien de kosten van deze ongevallen bij de autobestuurders wordt gelegd (INFRAS 2000). In 2010 hadden we niet de data om deze ongevallen uit de statistieken te halen. Nu wordt deze correctie wel gemaakt[152].

Omdat treinongevallen erg random zijn, opteren we ervoor om steeds een gemiddelde te maken over de hele tijdsperiode. Hierdoor worden de grootste fluctuaties wat uitgevlakt. Dit is ook wat aangeraden wordt door Ricardo-AEA (2014). Het nadeel van deze methode is dat het niet meer mogelijk is om eventuele veranderingen in het ongevalsrisico weer te geven. Merk op dat we niet dezelfde gegevens kunnen gebruiken als in 2010. De cijfers worden niet meer bijgehouden door het Federaal Planbureau en de jaarrapporten van de NMBS noch van Infrabel zijn consistent in hun rapportage rond ongevallen over de jaren heen. We kiezen daarom voor het gebruik van Eurostat cijfers. Deze geven een jaarreeks voor 2004-2015. We gebruiken de eerdere gegevens niet omdat voor de overeenkomstige jaren (2004-2007) niet dezelfde cijfers verkregen worden. De cijfers van Eurostat zijn hoger. Merk op dat gemiddeld (over de periode 2004-2015) 42% van de spoorongevallen, ongevallen aan overwegen zijn. 38% zijn ongevallen met personen door bewegend rollend materiaal en 11% zijn botsingen tussen treinen/met obstakels[153]. Onderstaande tabel geeft dan het aantal ongevallen met derden voor de jaren 2004-2015.

Tabel 69: Aantal ongevallen met derden, exclusief overwegen en exclusief zelfmoorden[154]. Bron: eigen berekeningen op basis van Eurostat

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	gemiddelde
doden	7	7	7	7	1	10	7	17	4	9	10	3	7.42
gewonden	4	5	7	5	1	4	5	9	5	5	9	3	5.17

Om het ongevalrisico te berekenen per 100 voertuigkm delen we bovenstaande gemiddelde ongevalcijfers door het totaal aantal voertuigkm. Omdat de ongevalcijfers geen onderscheid maken tussen personen- en goederenvervoer, kunnen we voor de ongevalskosten dit onderscheid ook niet maken. Onderstaande tabel geeft het aantal voertuigkm door treinen op Belgisch grondgebied.

[152] Het verwijderen van ongevallen op overwegen heeft vooral een invloed op het aantal doden. Met overwegen is het gemiddelde 19, zonder overwegen 7. Het aantal gewonden daalt "maar" van gemiddeld 6.5 naar 5.2.
[153] % gebaseerd op Eurostat data (rail_ac_catnmbr).
[154] Eurostat stelt dat in principe zelfmoorden niet gerapporteerd worden en dus niet meegenomen zijn in de cijfers (http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Railway_safety_statistics)

Tabel 70: Treinkm in België. Bron: Federaal Planbureau (2000-2008) en Infrabel (2009-2016) – Jaarlijks veiligheidsverslag 2015

Jaar	Passagierstrein nationaal	Goederentrein	Totaal
2000	77122000	18434000	95556000
2001	76224000	17817000	94041000
2002	76850000	17901000	94751000
2003	77203000	17660000	94863000
2004	78167000	17409000	95576000
2005	77495000	15646000	93141000
2006	78306000	17320000	95626000
2007	79619000	18909000	98528000
2008	79661000	13158000	92819000
2009	79811750	15389000	95200750
2010	86381216	14277056	100658272
2011	86276814	14997450	101274264
2012	85323714	13931883	99255597
2013	84088962	12902197	96991159
2014	83736322	12902613	96638935
2015	83353765	13302078	96655843

Het ongevalrisico wordt dan:

Tabel 71: Ongevalrisico per 100 miljoen treinkm. Bron: berekeningen TML

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
doden	7.76	7.89	7.83	7.82	7.76	7.96	7.76	7.53	7.99	7.79	7.37	7.32	7.47	7.65	7.67
gewonden	5.41	5.49	5.45	5.45	5.41	5.55	5.40	5.24	5.57	5.43	5.13	5.10	5.21	5.33	5.35

Omdat we al enkel rekening houden met ongevallen met derden, stellen we θ gelijk aan 0. Voor de risico-elasticiteit, E, is er geen informatie beschikbaar in de literatuur. Daarom stellen we deze gelijk aan nul, wat impliceert dat de marginale externe ongevalskosten voor spoor gelijk worden gesteld aan de gemiddelde externe ongevalskosten.

Voor ongevallen met wagens maakten we een onderscheid naar zware en lichte gewonden. Voor spoor ontbreken hiervoor de data. Gegeven de aard van de ongevallen veronderstellen we dat het aandeel zware ongevallen groter zal zijn dan het aandeel lichte ongevallen. Daarom wegen we de ongevalskosten met 80% van de zware ongevallen en 20% van de lichte ongevallen.

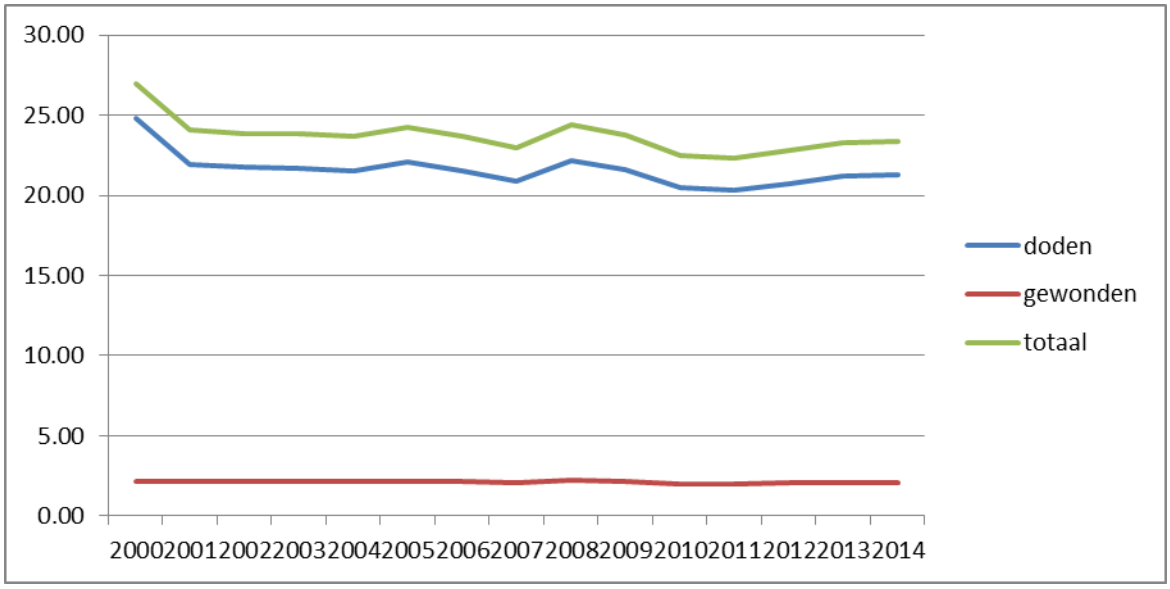
Gebruik makend van formule (zie eerder) verkrijgen we dan volgende marginale externe ongevalskosten.

Tabel 72: Marginale externe ongevalskosten spoorvervoer in euro/100 treinkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
doden	24,83	22,10	21,53	20,89	22,18	21,62	20,45	20,33	20,74	21,23	21,30
gewonden	2,12	2,18	2,12	2,06	2,19	2,13	2,02	2,00	2,05	2,09	2,10
totaal	26,96	24,28	23,65	22,96	24,37	23,76	22,47	22,33	22,79	23,32	23,40

Omdat we het ongevalsrisico constant hebben verondersteld, wordt de evolutie over de tijd vooral gedragen door de voertuigkm. We zien ook dat de kosten van de dodelijke slachtoffers de evolutie domineren. Vergeleken met de studie uit 2010 zijn de marginale ongevalskosten nu ook veel hoger. Dit komt vooral omdat in Eurostat meer doden gerapporteerd worden dan in de bron die in de studie uit 2010 gebruikt werd.

Figuur 70: Evolutie marginale externe ongevalskosten spoorvervoer in euro/100 treinkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Hierbij willen we nog opmerken dat we hier dezelfde a, b en c gebruiken als voor auto-ongevallen. Voor de menselijke kosten is dit geen probleem. De materiële kosten zullen echter wel verschillen. We hebben echter geen data om deze kosten in te schatten voor treinongevallen. Dit leidt waarschijnlijk tot een onderschatting van de marginale externe ongevalskosten voor spoor.

3.3.4 Binnenvaart en Zeevaart

Ongevalskosten zijn zeer klein bij binnenvaart en zeevaart. Het risico is beperkt en gaat meestal over een ‘eigen’ risicoschade. In België worden ongevallen dan ook niet systematisch bijgehouden voor

scheepvaart[155]. Ook Eurostat heeft geen gegevens voor België (slechts gegevens voor 8 landen). In Nederland wordt dit wel gedaan. Exclusief arbeidsongevallen varieert het aantal doden er rond de 4 personen/jaar (periode 2004-2009)[156].

VITO (2004)[157] berekende de marginale externe ongevalskosten voor binnenvaart op 0,0663 euro per 1.000 tonkm.

Ecorys (2005)[158] stelt dat risico-elasticiteit voor binnenvaart gelijk is 0,01 maar geeft ook aan dat er bijna geen menselijke slachtoffers zijn bij ongevallen met binnenschepen. Meestal is er enkel schade aan infrastructuur, schepen en cargo. Hoeveel van deze schade gedekt is door verzekeringen is niet bekend. Voor Nederland schatte Ecorys de externe ongevalskosten voor scheepvaart op 0,002-0,03 euro/tonkm. Planco (2007)[159] schatte de ongevalskosten voor binnenvaart in Duitsland op 0,3 euro/1000 tonkm.

Het IMPACT handboek beveelt aan deze kosten nul te veronderstellen voor zowel binnen- als zeevaart. Ricardo-AEA (2014) voegt hier geen nieuwe informatie aan toe.

In 2010 hebben wij de marginale externe ongevalskosten voor Vlaanderen geschat op 0,001 euro per voertuigkm. Hierbij gingen we uit van 2 doden per jaar (mediaan over de periode 1996-2004). Dit cijfers was lager dan de andere literatuur (zie hierboven). Dit kwam omdat we enkel dodelijke ongevallen meenamen en het bestaan van de aansprakelijkheidsverzekering die de helft van de kosten dekt.

De 2 doden per jaar waren gebaseerd op statistieken van de doodsoorzaken van alle sterfgevallen over heel België. Onderstaande tabel geeft deze evolutie weer tussen 2000 en 2004-2013. In de meeste jaren vallen er nog steeds maar 1 of 2 doden in de scheepvaart[160].

Tabel 73: Ongevallen vervoer over water – België (bron: Agentschap zorg en gezondheid[161])

	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ongeval met vaartuig leidende tot verdrinking en onderdompeling	1	1		1		1					
Ongeval met vaartuig leidende tot overig letsel										1	
Verdrinking of onderdompeling samenhangend met vervoer over water zonder ongeval met vaartuig				1				1			
Overige en niet gespecificeerde ongevallen met vaartuigen								1		1	
Totaal	*1*	*1*	*0*	2	0	1	0	2	0	2	0

Gegeven dat de beschikbare statistieken erop wijzen dat het aantal ongevallen niet echt veranderd is (1 of 2 per jaar) stellen we voor om te blijven werken met 0,001 euro/schipkm.

[155] Persoonlijke communicatie Promotie Binnenvaart
[156] http://www.informatie.binnenvaart.nl/algemeen/veiligheid/101-scheepsongevallen-binnenvaart
[157] VITO(2004) Groen Imago Rapport
[158] Ecorys (2005) Charging and pricing in the area of inland waterways. Practical guideline for realistic transport pricing.
[159] Planco (2007) Economical and Ecological Comparison of Transport modes: road, railway, inland waterways
[160] 1999 (niet getoond) was een uitzondering met 7 slachtoffers
[161] https://www.zorg-en-gezondheid.be/statistiek-van-de-doodsoorzaak

3.3.5 Luchtvaart

Om de ongevalskosten voor luchtvaart te berekenen, zou dezelfde methode als bij treinverkeer gevolgd kunnen worden. Eurostat[162] maakt echter geen onderscheid tussen slachtoffers (doden, zwaar- en lichtgewonden) aan boord en op de grond of tussen slachtoffers van cargo- en passagiersvluchten. Daarom zullen we veronderstellen dat de marginale externe ongevalskosten gelijk zijn voor cargo en passagiersvluchten. Eurostat baseert zich op cijfers van EASA (European Aviation Safety Agency). EASA publiceert sinds 2005 jaarlijks een veiligheidsrapport waarin o.a. data over ongevallen, in EASA-lidstaten of van luchtvaartmaatschappijen uit een lidstaat, worden gepubliceerd. Sommige jaarrapporten vermelden het aantal slachtoffers op de grond, maar dit gebeurt niet systematisch doorheen de jaren. Daarom kiezen we ervoor om slachtoffers als derde partij niet apart op te nemen in de berekening en om ze te beschouwen als slachtoffers aan boord. Merk wel op dat het (gerapporteerde) aantal slachtoffers op de grond beperkt is[163]. Daarnaast is het niet mogelijk om de slachtoffers van cargo- en passagiersvluchten te scheiden.

Net zoals bij treinongevallen zijn ook ongevallen met vliegtuigen eerder zeldzaam en random. Eurostat vermeldt in België slechts één dodelijk slachtoffer in de periode 2000-2015. In diezelfde periode is het Europees jaarlijks gemiddelde 75. Het zou onjuist zijn om hieruit te concluderen dat ons land dus veiliger is in vergelijking met het Europese gemiddelde. De leden van EASA zijn immers evenwaardig inzake veiligheidsnormen en -voorschriften. De verschillen in ongevalscijfers tussen landen hebben te maken met verschillen in jaarlijkse vluchtfrequenties – meer vluchten resulteren in een hoger aantal ongevallen – en ook met willekeur. Bovendien wordt het gemiddelde sterk beïnvloed door enkele ongevallen met veel slachtoffers, wat inherent is aan luchtvaart. Om de willekeur over landen en de vertekening in het aantal slachtoffers zo goed mogelijk te minimaliseren is het aangewezen om Europese cijfers te gebruiken. Net als bij treinverkeer wordt een constant, in dit geval Europees, ongevalsrisico berekend over de hele periode 2000-2015. Ook hier houdt het nadeel in dat er geen vergelijkingen over verschillende jaren kunnen gemaakt worden. Evoluties in veiligheid worden hierdoor eveneens genegeerd.

Drie ongevallen worden weggelaten uit de dataset: Metrojet vlucht 9268 en Germanwings 9525 in 2014 omdat beide moedwillig door een menselijke daad neerstortten (terreuraanslag en daad copiloot) en S7 vlucht 778 in 2006 omdat de maatschappij niet in een EASA-lidstaat (Rusland) gevestigd was en er een kans bestaat dat het onderhevig was aan minder strenge veiligheidsnormen.

Om het aantal doden terug te kunnen brengen tot het niveau per 100 personenkm worden gegevens van de Europese commissie gebruikt (EC, 2015) over de jaarlijks gevlogen afstanden. De ontbrekende waarden voor 2014 en 2015 worden ingevuld door de waarde van 2013 constant te houden voor deze jaren. Er bestaan echter geen gegevens over het totale aantal tonkilometers. In de publicatie van de EC en in Eurostat zijn enkel totale volumes terug te vinden en ook IATA (2015) publiceert geen totale aantallen cargovluchten of tonkilometers. Omdat het onmogelijk te achterhalen is welk deel van het totale volume cargo via passagiersvluchten of cargovluchten gebeurde, kan een analoge methode zoals bij passagiers niet gevolgd worden. Bovendien wordt in de Eurostat dataset geen onderscheid gemaakt tussen slachtoffers van cargo- en passagiersvluchten.

[162] Air accident victims in commercial air transport, by country of occurrence and country of registry of aircraft
[163] In 2007, 2008 en 2012 werden er respectievelijk 1, 2 en 1 slachtoffers op de grond gerapporteerd.

Wat dus wel wordt berekend, zijn de ongevalskosten voor passagiers aan de hand van geaggregeerde jaarlijkse slachtoffergegevens van passagiers en crew aan boord en derde partijen veroorzaakt door zowel passagiers- als cargovluchten. Het opnemen van cargovluchten zorgt voor een overschatting van de ongevalskosten per personenkm.

Onderstaande tabel geeft het aantal passagierskilometers, doden, zwaar- en lichtgewonden weer.

Tabel 74: Luchtvaart: ongevallen en personenkm. Bron: EC (2015) en Eurostat

Jaar	1000 personenkm	Doden	Zwaargewonden	Lichtgewonden
2000	460 000 000	124	10	80
2001	455 000 000	184	46	65
2002	447 000 000	52	18	37
2003	466 000 000	10	12	54
2004	496 000 000	17	14	26
2005	530 000 000	159	9	62
2006	552 000 000	34	67	52
2007	575 000 000	41	12	22
2008	563 000 000	164	78	34
2009	525 000 000	251	16	24
2010	539 000 000	4	23	35
2011	580 000 000	11	30	22
2012	574 000 000	21	49	70
2013	583 000 000	11	21	26
2014	583 000 000	119	16	20
2015	583 000 000	5	27	32
gemiddelde	/	75	28	41

Door het gemiddelde, over de hele periode, van het aantal doden, zwaar- en lichtgewonden per jaar te delen door het aantal passagierskilometers bekomt men het ongevalsrisico ‘r’ uit de formule voor de marginale ongevalskosten. Dezelfde waardes voor a, b en c voor de drie categorieën zijn van toepassing voor luchtvaart. De waarde ‘E’ stellen we, naar analogie van spoorverkeer gelijk aan 0. In feite worden dus niet de marginale, maar gemiddelde ongevalskosten berekend. Ook CE Delft (2011) gebruikt de gemiddelde ongevalskosten als proxy voor de marginale kosten. In tegenstelling tot spoorvervoer beschouwen we geen schade aan derde partijen omdat deze geïncorporeerd zijn in de dataset. Toch is het relevant deze (beperkte) kosten aan derden mee te nemen in de analyse. Dit doen we door θ arbitrair gelijk te stellen aan 0,99. Dit zorgt er voor dat een relatief groot deel van de ongevalskosten geïnternaliseerd wordt. Omdat cargo geen passagiers (enkel personeel) aan boord heeft, zijn in theorie hun externe ongevalskosten kleiner. Door θ zo hoog te zetten wordt de overschatting die we maken door geen onderscheid te maken naar cargo/passagiers dan ook kleiner.

Ricardo (2014) berekent de marginale ongevalskosten niet zelf, maar neemt de waarde over van CE Delft (2011) die 0,05 euro per 100 personenkm bedraagt. Dit is 10 keer meer dan de waarde die uit de berekeningen van dit onderzoek volgen. Toch zijn we geneigd de laagste waarde te nemen omdat we de marginale ongevalskosten laag inschatten omwille van de hoge graad van verzekering in de luchtvaartsector.

De evoluties over de tijd worden eerder gedreven door veranderingen in voertuigkm dan door veranderingen in veiligheid.

Tabel 75: Marginale externe ongevalskosten luchtvaart – euro per 100 voertuigkm – constante prijzen 2015. Bron. Berekeningen TML

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
personen - korte afstand – lage kosten	0,64	0,56	0,54	0,52	0,53	0,56	0,55	0,51	0,52	0,51	0,51
personen - korte afstand – volledige service	0,64	0,56	0,54	0,52	0,53	0,56	0,55	0,51	0,52	0,51	0,51
personen - lange afstand	1,00	0,87	0,83	0,80	0,82	0,88	0,85	0,79	0,80	0,79	0,79
vracht - korte afstand	0,64	0,56	0,54	0,52	0,53	0,56	0,55	0,51	0,52	0,51	0,51
vracht - lange afstand	1,00	0,87	0,83	0,80	0,82	0,88	0,85	0,79	0,80	0,79	0,79

3.4 Geluid

Voor de berekening van de marginale externe geluidskosten gebruiken we dezelfde methode[164] als in de studie uit 2010. Toen maakten we gebruik van volgende formule

$$megk = \frac{[(\#pers\ blootgesteld\ dB(A) > 65\ door\ mode\ i)_{t+1} - (\#pers\ blootgesteld\ dB(A) > 65\ door\ modi\ i)_t] * waarde\ van\ geluid}{\#vkm_{t+1} - \#vkm_t}$$

Hierbij gaan we uit dat geluid boven 65 dB(A) niet genegeerd kan worden. Daarna bepalen we het aantal huishoudens en mensen die blootgesteld wordt aan een bepaald geluidsniveau, gebruik makend van verschillende geluidsniveaugroepen. Deze worden dan gewaardeerd.

Om te komen tot marginale externe geluidskosten berekenen we de totale geluidskosten in twee verschillende jaren en delen dit dan door het verschil in volume.

3.4.1 Monetaire waarde van geluid

Waardes in de literatuur variëren tussen de 5 en de 50 euro per huishouden per dB per jaar (Ecorys 2005). Ecorys (2005) stelt voor om de mediaan, met name 23,50 euro per huishouden of ongeveer 10 euro per persoon te hanteren. Onderstaande tabel toont de waarderingen zoals voorgesteld in het Kentallenboek MKBA Infrastructuurprojecten.

[164] Gebaseerd op Ecorys (2005), Charging and pricing in the area of inland waterways. Practical guideline for realistic transport pricing.

Tabel 76: Schade van geluidshinder per blootgestelde persoon (euro per blootgestelde persoon per jaar, prijspeil 2010). Bron: Standaardmethodiek MKBA transport - kengetallenboek; gebaseerd op HEATCO (aangepast aan prijspeil).

Lden - dB(A)	Weg	Spoor	Luchtvaart
≥51	12	-	19
≥52	24	-	37
≥53	36	-	56
≥54	49	-	75
≥55	60	-	94
≥56	72	12	112
≥57	84	24	130
≥58	96	36	148
≥59	109	49	167
≥60	120	60	186
≥61	132	72	205
≥62	145	84	223
≥63	156	96	242
≥64	168	109	261
≥65	180	120	279
≥66	192	132	298
≥67	205	145	317
≥68	216	156	336
≥69	228	168	354
≥70	241	180	372
≥71	319	259	458
≥72	339	279	484
≥73	359	299	511
≥74	379	319	538
≥75	399	339	564
≥76	419	359	591
≥77	439	379	617
≥78	459	399	645
≥79	479	419	671
≥80	500	439	697
≥81	520	460	725

3.4.2 Wegvervoer

Geluid geproduceerd door wegvervoer hangt niet enkel af van het aantal voertuigen, maar ook van het wegdek, het type banden, de euroklasse van het voertuig, het brandstoftype en de snelheid waaraan het voertuig rijdt[165]. Het is daarom niet evident om veranderingen in geluid toe te schrijven aan veranderingen in voertuigkm. In de loop der jaren worden de voertuigen – door de strengere reguleringen – stiller, maar kan bijvoorbeeld het geluidsniveau toch stijgen door de slijtage van het wegdek. Volgens Ricardo-AEA (2014) is geluidsoverlast een groeiend probleem. Dit komt door het gecombineerd effect van een grotere urbanisatie en stijgend transportvolume.

De evolutie van het aandeel van de Vlaamse bevolking dat blootgesteld wordt aan geluidsdrukniveaus Lden van meer dan 65 dB(A) wordt getoond in onderstaande tabel. Merk op dat deze tabel een stijging toont terwijl het laatste Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO3) stelt dat het aandeel dat ernstig tot extreem gehinderd wordt door straatverkeer gedaald is.

Tabel 77: Percentage van de bevolking in Vlaanderen, dat blootgesteld wordt aan geluidsniveau van Lden >65 dB(A). Bron: Dekoninck L. (2016) Actualisatie van de geluidsindicatoren, draft 20 oktober 2016, studie i.o.v. MIRA

	2000	2001	2002	2003	2004	2005		2012	2013	2014	2015
Lden dag>65 dB(A)	22,60%	21,20%	22.,10%	22,50%	22,90%	23,80%		22,50%	22,50%	23,10%	23,30%

Merk op dat de gegevens tussen 2000-2005 niet vergelijkbaar zijn met de cijfers voor de periode 2012-2015 wegens verschillen in methodologie. Cijfers voor 2006-2011 ontbreken.

Gegeven deze percentages en de Vlaamse bevolking[166] kunnen we het aantal personen berekenen dat hinder ondervindt van geluid door wegvervoer. Dit geeft de teller uit bovenstaande formule. In 2010 hebben we een waarde van 10 euro per persoon gebruikt. De MKBA kentallen stellen voor geluid >65dB(A) een veel hogere waardering voor – met name 180 euro (prijzen 2010) of 194 euro per persoon (prijzen 2015). De noemer – de evolutie in het verkeer – wordt berekend op basis van de gegevens in de Vlaamse Emissie-inventaris lucht (VMM). In 2010 kozen we ervoor om het verschil te maken tussen het jaar 2006 en het jaar 2000. Indien we de jaarlijkse verschillen nemen, dan zien we grote fluctuaties in de marginale kosten van geluid en soms baten. Omdat de precieze redenen voor deze fluctuaties niet te achterhalen zijn (bv. verandering emissies wagens zelf, congestie, veranderingen in het wegdek, verandering in berekening, etc.) opteren we ervoor om de marginale externe geluidskosten constant te veronderstellen over de jaren heen. Gegeven dat de methode nog eens werd aangepast, maken we het verschil tussen 2015 en 2012.

Onderstaande tabel geeft dan het resultaat voor de marginale externe geluidskosten voor wegvervoer in Vlaanderen.

Tabel 78: Marginale externe geluidskosten van wegvervoer, 2000-2014, euro per 100 km, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

	2000	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
megk- euro/100 voertuigkm	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

[165] Botteldooren D. et al. (2007), Achtergronddocument Thema hinder: Lawaai, Milieurapport Vlaanderen, MIRA
[166] Statbel Belgische bevolking

Deze marginale externe geluidskosten zijn veel hoger dan in het rapport uit 2010. Hiervoor zijn 2 redenen:

- De waardering van het geluid. In het vorig rapport gebruikten we 10 euro/persoon en nu 194 euro/persoon
- We gebruiken nu de indicator Lden in plaats van LAeq, omdat dit de Europese standaard is.

Merk op dat we geen onderscheid kunnen maken tussen verschillende voertuigtypes en ook niet binnen de modi, terwijl het wel zo is dat

- benzine wagens minder geluid uitstoten dan dieselwagens
- hybride wagens in stedelijke omgeving minder geluid uitstoten, maar niet noodzakelijk in die situaties waar de benzinemotor ook vermogen moet leveren
- elektrische wagens nog stiller zijn. Al is er hier ook enige onzekerheid over hoeveel deze geluidsreductie zou zijn. Bovendien bevestigt de literatuur dat waarschijnlijk alleen bij lage snelheden een geluidsreductie te verwachten valt (dus bij stedelijk verkeer)[167]
- vrachtwagens en bussen meer geluid uitstoten dan gewone wagens.

3.4.3 Spoorvervoer

Naast het volume spelen ook voor spoorvervoer andere factoren mee in de emissie van geluid. De belangrijkste factor is de kwaliteit van de wielen en het spoor, waarbij onderhoud cruciaal is. Daarnaast moet men ook rekening houden met het type trein. Goederentreinen stoten over het algemeen meer geluid uit dan passagierstreinen. Elk jaar worden er ook geluidsschermen geplaatst. Het is daarom niet zo dat de geluidsemissies van spoorvervoer stijgen met het verkeersvolume.

De geluidskosten kunnen worden berekend aan de hand van dezelfde formule. Er zijn echter minder gegevens beschikbaar over de evolutie in het aantal personen dat gehinderd wordt door spoorgeluid. In het laatste SLO onderzoek[168] wordt gesteld dat het aandeel gehinderden door treinverkeer onveranderd blijft over de verschillende SLO-metingen heen en rond de 1% schommelt. Tussen de verschillende onderzoeken daalt ze van 1,1% (SLO0) naar 1% (SLO1 &SLO2) naar 0,9% (SLO3). Het achtergronddocument lawaai (MIRA, 2007) stelde dat in 1999 1,3% van de bevolking blootstond aan geluidsniveaus boven de 65 dB(A). In 2004 was dit gestegen tot 1,4%. Voor de periode 2004-2006 wordt er opgemerkt dat ondanks de lichte stijging in transportvolume (0,3%) het aandeel van de bevolking met hinder niet is gewijzigd. In Dekoninck L. (2016) is het % dat blootgesteld is aan Lden>65dB door spoor gelijk aan 3,2%. Ook hier wordt gesteld dat dit % onveranderd is over de tijd. Op basis van de SLO onderzoeken zouden we kunnen stellen dat er marginale baten zijn – want een stijging van spoorgebruik zorgt voor minder lawaai (bv. door het plaatsen van meer geluidsschermen).

In het rapport van 2010 gebruikten we de gegevens van MIRA en vonden geluidskosten van 3,3 euro per 100 treinkm. Er zijn geen gegevens beschikbaar om dit cijfer te verbeteren. Daarom stellen we voor om met dezelfde gegevens te werken – maar met een aangepaste waardering. We verkrijgen dan geluidskosten van 54,66 euro per 100 treinkm.

[167] Marbjerg (2013), Noise from electric vehicles – a literature review. COMPETT project

[168] LNE (2013), Uitvoeren van een uitgebreide schriftelijke enquête en een beperkte CAWI-enquête ter bepaling van het percentage gehinderden door geur, geluid en licht in Vlaanderen – SLO-3

Het is niet mogelijk om deze op te splitsen naar personen- en goederenvervoer. Daarvoor zouden we moeten weten wat het aandeel van de bevolking is dat specifiek last heeft van personen- dan wel goederenvervoer. Deze informatie is niet beschikbaar.

3.4.4 Binnenvaart en zeevaart

De marginale externe geluidskosten zijn minimaal door de ligging van de waterwegen. In de SLO onderzoeken is het % gehinderden door scheepvaart heel laag. Over de tijd stijgt het percentage ernstig tot extreem gehinderden van 0,1% (SLO0) eerst naar 0,4% (SLO1), om dan te dalen naar 0,2% (SLO2) tot 0% (SLO3). Daarom stellen we – in navolging van de aanbevelingen van Ricardo-AEA (2014), Maibach (2008)[169] en Ecorys (2005) – deze kosten gelijk aan nul voor deze modi. Dit werd ook zo gedaan in de studie van 2010.

3.4.5 Luchtvaart

Geluidskosten in luchtvaart ontstaan vooral bij het landen en opstijgen. Drie belangrijke kostendrijvers bepalen de grootte van de geluidskost: de bevolkingsdichtheid rond de luchthaven, het tijdstip van de vliegbeweging en het gebruikte type vliegtuig. Daarnaast speelt ook het spreidingsplan een grote invloed.

Gebruik makende van de formule kan een analoge berekening gevolgd worden zoals bij weg- en treinverkeer. Onderstaande tabel geeft het percentage van de bevolking weer dat ernstig tot extreem te lijden heeft onder ernstige tot extreme geluidshinder (Lden≥65 dB) door luchtverkeer. Deze percentages zullen toegepast worden op de hele Vlaamse bevolking om tot het aantal Vlamingen te komen met deze mate van last.

Tabel 79: Percentage van de bevolking in Vlaanderen dat blootgesteld wordt aan geluidsniveau van Lden >65 dB(A), als gevolg van luchtvaart. Bron: Dekoninck L. (2016) – persoonlijke communicatie.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Lden>65 dB(A)	1,58%	2,02%	1,63%	1,17%	0,83%	1,12%	1,09%	0,88%	0,90%	1,10%

Merk op dat de % sterk variëren over de tijd als gevolg van zeer sterke variatie door wijzigingen in vliegroutes, economische impact of luchthaven, verhuis DHL,…

Omdat de lengte van een vlucht geen drijver is voor de geluidskosten wordt deze, in tegenstelling tot weg- en treinverkeer, niet teruggebracht tot euro per passagierskilometer, maar tot euro per vliegbeweging (landen of opstijgen). De nodige data is terug te vinden in Eurostat. Eurostat geeft de keuze tussen “[total] aircraft movements” en “[total] commercial aircraft movements”. Om tot het totale aantal jaarlijkse ‘Vlaamse’ vliegbewegingen te komen wordt de som genomen van alle bewegingen op de luchthavens van Antwerpen-Deurne, Oostende en Brussel-nationaal.

Naast het aantal mensen met last van geluidshinder en het jaarlijkse aantal vliegbewegingen vormt de waarde van geluid het laatste aspect van de formule. Opnieuw wordt gekozen voor de MBKA-kentallen.

[169] Maibach et al (2008) Handbook on estimation of external costs in the transport sector, uitgevoerd voor de Europese Commissie http://www.ce.nl/publicatie/eindrapporten_impact_%28internalisation_measures_and_policies_for_all_external_cost_of_transport_%29/701?PHPSESSID=65a9ef55d614e15274e6eeb693736e80.

Voor luchtvaart is de waarde voor geluid '≥65 dB' gelijk aan 279 euro (prijzen 2010) ofwel 301 euro (prijzen 2015).

Vervolgens bereken we de jaarlijkse marginale kosten. Deze variëren echter heel sterk over de tijd (van meer dan 1000 euro tot 16 euro en zelfs negatief). Daarom verkiezen we – om net als bij spoor te werken met een gemiddelde. We verkrijgen dan geluidskosten van 121,08 euro. Dit is in de buurt van Ricardo (2014) waarin een gemiddelde geluidskosten van 83,06 euro (€2015) worden voorgesteld voor Brussels Airport.

Dit zijn de geluidskosten per vliegtuigbeweging. Om tot geluidskosten per km te komen delen we door het gemiddeld aantal km (866 km voor een korte vlucht en 5700 voor een lange vlucht). Hierdoor dalen de geluidskosten van lange afstandsverkeer relatief ten opzichte van korte vluchten. We kunnen geen onderscheid maken tussen passagier- en vrachttransport.

Tabel 80: Marginale geluidskosten luchtvaart, euro per 100 voertuigkm, constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
passagiers - kort - lage kosten	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98
passagiers - kort - service	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98
passagier - lang	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12
vracht kort	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98
vracht lang	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12

3.5 Infrastructuur

De marginale externe infrastructuurkosten zijn de stijging van de operationele kosten, van onderhoudskosten en van kosten van herstellingen van infrastructuur en technische voorzieningen, die een gevolg zijn van het gebruik van één bijkomend voertuig. In de literatuur worden er drie verschillende methodes gebruikt om deze te berekenen. Deze methoden hebben elk hun voor- en nadelen.

- De econometrische methode: deze methode gaat uit van geobserveerd gedrag, maar het gedrag hoeft niet noodzakelijk overeen te stemmen met de echte technologische noden en dus met de echte marginale infrastructuurkosten. Deze methode is ook heel data-intensief.
- Methode gebaseerd op ingenieurswetenschappen: deze methode gaat uit van technische relaties, maar heeft geen verband met wat er echt wordt uitgegeven aan infrastructuur. Ook deze methode vereist heel wat data.
- Kostallocatie methode: in deze methode worden de kosten opgedeeld in vaste en variabele kosten. Net als bij de econometrische methode komen deze kosten niet overeen met de werkelijke noden. Het voordeel van deze methode is dat er minder gegevens nodig zijn. Deze methode werd zowel in GRACE[170] als in UNITE[171] toegepast.

[170] GRACE, www.grace-eu.org
[171] UNITE – Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency. http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite

3.5.1 Wegvervoer

Verlichting, bewegwijzering, onderhoud van de bermen,.. nemen niet toe of af indien er meer verkeer op de baan is. De slijtage van het wegdek is echter wel afhankelijk van het verkeersvolume en meer bepaald van het aantal vrachtwagens. Een bijkomende vrachtwagen beschadigt namelijk in meer of mindere mate het wegdek. De schade hangt hierbij af van zijn aslast. Voor personenwagens zijn deze marginale kosten nagenoeg nul, aangezien de aslast minimaal is.

Deze schade leidt tot twee bijkomende kosten: de kosten van de reparatie van het wegdek en de kosten die andere weggebruikers ondervinden omdat de weg er niet goed bijligt.

Voor de berekening van de marginale infrastructuurkosten baseren we ons op de resultaten van GRACE[172] - net als in 2010. De marginale infrastructuurkosten zijn dan gelijk aan de elasticiteit van de kosten maal de gemiddelde infrastructuurkosten. In 2010 gebruikten we de gemiddelde kosten uit GRACE. Vandaag beschikken we over Vlaamse gegevens én kunnen we het onderscheid maken voertuigtypes, en tussen autosnelwegen en andere wegen. Deze liggen in dezelfde grootteorde. Onderstaande tabel toont de gemiddelde infrastructuurkosten voor vrachtwagens en personenwagens voor Vlaanderen en maakt de vergelijking met GRACE. De kosten van hernieuwing houden enkel rekening met de extra kosten die gemaakt moeten worden om het wegdek te hernieuwen, terwijl de kosten van hernieuwing en onderhoud ook rekening houden met de extra onderhoudskosten.

Tabel 81: Gemiddelde infrastructuurkosten Vlaanderen. Bron: Eigen berekeningen gebaseerd op De Ceuster (2012)[173] en GRACE[174] Deliverable 3 – prijzen 2010. Cijfers voor andere wegen zijn gebaseerd op cijfers gewestwegen.

		GRACE-vrachtwagen	vrachtwagen 3.5-12t	vrachtwagen >12t	personenwagen
autosnelweg	hernieuwing en onderhoud	0,059	0,02	0,046	0,01
	onderhoud		0,016	0,031	0,008
	hernieuwing	0,036-1,59	0,004	0,015	0,002
andere wegen	hernieuwing en onderhoud	0,059	0,03	0,07	0,013
	onderhoud		0,017	0,037	0,01
	hernieuwing	0,036-1,59	0,013	0,033	0,003

Onderstaande tabel geeft de gebruikte input en de marginale infrastructuurkosten voor vrachtwagens. De elasticiteiten komen uit GRACE D3 – en gelden enkel voor vrachtwagens. Voor wagens worden de marginale infrastructuurkosten gelijk aan nul verondersteld[175] Voor bussen gebruiken we de waardes voor vrachtwagens >12t.

Voor de verdere analyse gaan we uit van de lage waarde.

[172] GRACE, Deliverable 3, www.grace-eu.org
[173] De Ceuster (2012) Infrastructuurkosten Vlaanderen. Berekeningen op basis van gegevens van AWV in het kader van de kilometerheffing vrachtwagens
[174] De gemiddelde kosten zijn gebaseerd op 4 gevalsstudies in Europa. De exacte methode om deze kosten te berekenen verschilt van land tot land.
[175] Voor wagens zijn de marginale infrastructuurkosten gelijk aan nul. Dit wil niet zeggen dat de gemiddelde infrastructuurkosten gelijk zijn aan nul. Bij marginaal gaat het over de bijkomende schade aan de infrastructuur door een bijkomende voertuigkm. Dit is gelijk aan nul voor wagens.

Tabel 82: Marginale infrastructuurkosten voor vrachtwagens. Bron: berekeningen TML

			Gemiddelde infrastructuurkost (hernieuwing en onderhoud) - prijzen 2015			Marginale infrastructuurkost (prijzen 2015)	
		Elasticiteit vrachtwagens	vrachtwagen 3.5-12t	vrachtwagen >12t	personenwagen	vrachtwagen 3.5-12t	vrachtwagen >12t
autosnelweg	Laag	0,48	0,022	0,050	0,011	0,0104	0,0238
	Hoog	0,58	0,022	0,050	0,011	0,0125	0,0288
andere wegen	Laag	0,48	0,032	0,076	0,014	0,0156	0,0363
	Hoog	0,58	0,032	0,076	0,014	0,0188	0,0439
gemiddelde weg	Laag					0,0132	0,0287
	Hoog					0,0159	0,0347

3.5.2 Spoorvervoer

In 2010 baseerden we ons op de resultaten van de GRACE[176] studie. Munduch ea (2002)[177] vonden marginale kosten van 0,55 euro/ 1000 tonkilometer voor het spoornet in Oostenrijk. Een aantal auteurs (Andersson (2007), Johannson & Nilsson (2001) & Tervonen & Pekkarinen (2007)[178]) vinden iets lagere marginale kosten voor het spoornet in Zweden en Finland. (Wheat & Smith, 2006) vinden dan weer iets hogere marginale kosten voor het spoornet in het Verenigd Koninkrijk.

Volgens Thielen (2004) en Maurissen (2004) zijn dit geen externe kosten omdat spoorwegmaatschappijen zelf betalen voor het onderhoud van de sporen en de treinstellen via de infrastructuurheffing. Er is – vandaag – echter geen 1 op 1 relatie tussen de infrastructuurheffing en de marginale infrastructuurheffing.

Daarom, en op basis van niet publiek werk, nemen we in deze studie de waarde van Munduch (2002) over die zich in het midden van de schattingen vindt met 0,55 euro per 1000 tonkm of 0,307 euro per treinkm.

3.5.3 Binnenvaart

Infrastructuur voor binnenvaart is zeer tijdsbestendig. Oevers en kades zijn ontworpen om om te gaan met de golfslag van de schepen. Bruggen en sluizen verslijten niet sneller als ze meer of minder geopend worden. Baggeren gebeurt eerder om overmatige afzetting weg te halen dan dat ze een gevolg is van de scheepvaart zelf. Ecorys (2005) stelde een 4-stapsmethode voor om de marginale infrastructuurkosten voor binnen- en zeevaart te berekenen:

[176] GRACE, www.grace-eu.org
[177] Munduch, Pfister, Sögner, & Stiassny (2002), Estimating marginal costs for the Australian railway system. Vienna University Department of Economics Working Paper Series.
[178] Andersson (2007) Fixed Effects Estimation of Marginal Railway Infrastructure Costs in Sweden, VTI Working papers No 2007:11; Johannson &Nilsson (2001) An economic analysis of track maintenance costs, VTI. Tervonen & Pekkarinen (2007). Marginal Rail Infrastructure Costs in Finland 1997-2005, Finnish Rail Administration

- Bereken eerst hoeveel van de totale infrastructuurkosten (vaste en variabele kosten) toegeschreven kunnen worden aan de binnenvaart/zeevaart. Dit is gelijk aan het aandeel (%) dat toegeschreven kan worden aan de modi maal de totale infrastructuurkosten voor de waterwegen. Dit aandeel varieert tussen de 71 en 80%.
- Bepalen van de variabele kosten. Dit is gelijk aan het % dat gebruikersafhankelijk is maal het resultaat uit stap 1. In de Nederlandse toepassingen varieerde dit % tussen de 15 en de 28%.
- Bepalen van de variabele kosten die aan vrachtschepen kan toegewezen worden. Dit is gelijk aan het % maal het resultaat uit stap 2.
- De marginale externe kosten zijn dan gelijk aan $\frac{VarKostVracht_{t+1} - VarKostVracht_t}{\#vkm_{t+1} - \#vkm_t}$, met t het jaar.

In 2010 schatten we de marginale infrastructuurkosten voor Vlaanderen op basis van uitgaven aan infrastructuur in 2000. We verkregen toen een gemiddelde infrastructuurkosten van 1,729 euro/schipkm. Omdat we geen gegevens hadden voor een ander jaar, veronderstelden we hier dat de gemiddelde infrastructuurkosten gelijk zijn aan de marginale infrastructuurkosten.

In 2010 schatte CE Delft (2010)[179] op basis van cijfers voor 2010 de gemiddelde variabele infrastructuurkosten voor binnenvaart in België op 0,14 euro per 100 tonkm (prijzen 2010). Omdat de cijfers van CE Delft recenter zijn en focussen op de variabele kosten, maken we gebruik van deze cijfers en gebruiken dus 1,09 euro/schipkm (rekening houdend met gemiddelde beladingsgraad en omgezet naar prijzen 2015). Dit is lager dan wat vorige keer gebruikt werd.

3.5.4 Zeevaart

In de studie van 2010 berekenden we een gemiddelde infrastructuurkosten van 532 euro per binnenkomend/uitgaand schip voor zeevaart. In GRACE[180] werd de marginale infrastructuurkosten voor de haven van Antwerpen berekend. Deze was 706 euro per schip, en lag dus in lijn met het door ons verkregen resultaat. In GRACE wordt er ook opgemerkt dat indien geen sluizen gebruikt worden, er geen marginale infrastructuurkosten zijn voor zeevaart, omdat bijvoorbeeld de personeelskosten dan wegvallen.

Omdat het aantal schipkm voor zeevaart niet gekend is, gebruiken we dezelfde waarde voor de marginale externe kosten van infrastructuur als voor de binnenvaart, namelijk 1,09 euro/schipkm[181].

3.5.5 Luchtvaart

Elk commercieel vliegtuig betaalt op Brussels Airport 'landing & take-off charges'. Deze charges dienen om de kosten aan infrastructuur door slijtage door te rekenen aan de gebruikers. Elke vijf jaar maakt Brussels Airport de balans op van de status van de infrastructuur en plant het de nodige infrastructuurwerken. Eveneens worden er prognoses gemaakt over het verwachte verkeersvolume in diezelfde periode. De totale verwachte kosten en het aantal vluchten vormen de input voor de berekening van de eenheidskosten die gebruikt wordt om de 'landing and take-off charge' te berekenen. De

[179] Schroten, A. ea (2010). Externa land infrastructure costs of freight transport Paris-Amsterdam corridor. Deliverable 1 – Overview of costs, taxes and charges, CE Delft.
[180] GRACE, Deliverable 4, www.grace-eu.org
[181] Gegeven de opmerking in GRACE kiezen we ervoor om de marginale infrastructuurkosten per schpkm gelijk te stellen voor binnenvaart en zeevaart. Per tonkm impliceert dit lagere infrastructuurkosten voor zeevaart.

infrastructuurkosten voor luchtvaart kunnen dus niet gezien worden als externe kosten; tenzij er sprake is van een systematische overschatting van het toekomstig gebruik.

3.6 Externe baten van actieve vervoerswijze

Actieve vervoerswijzen, fietsen en stappen, veroorzaken nagenoeg geen van de bovenvermelde "externe" effecten, maar zorgen wel voor externe baten in de vorm van gezondheidseffecten. Het aantal studies dat expliciet focust op stappen en/of fietsen is vrij beperkt. Daarom beschouwen we ook studies die meer algemeen de impact van fysieke activiteit nagaan.

De gezondheidseffecten zijn de belangrijkste effecten[182] en de meeste studies focussen zich daarom hierop. Het effect op gezondheid is het grootste als een niet fietser begint te fietsen. Het marginaal nut van extra activiteit daalt naarmate je fitter bent. Het effect op gezondheid kan opgesplitst worden in volgende elementen:

- Betere gezondheid voor de fietser/stapper onder de vorm van vermeden vervroegde sterfte en/of verhoging van de levenskwaliteit;
- Besparingen in de gezondheidszorg;
- Stijging productiviteit door minder afwezigheid door ziekte.

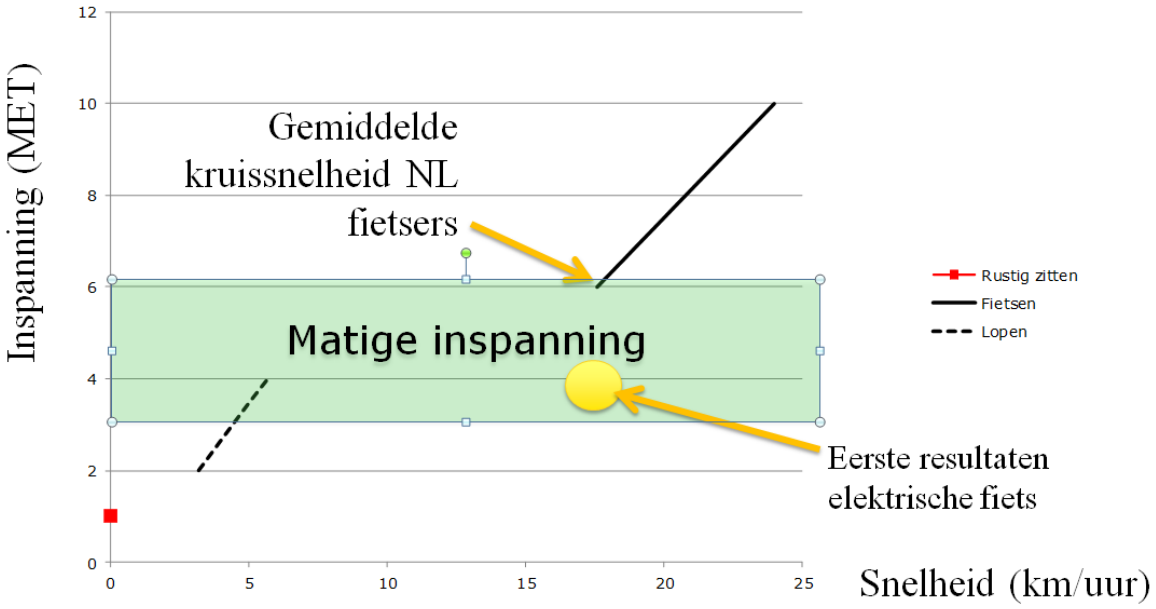
Vooraleer we deze verschillende elementen bespreken, gaan we even dieper in op de vraag of deze gezondheidseffecten ook geldig zijn voor de elektrische fietser.

Fishman (2015)[183] stelt op basis van recent literatuuronderzoek over gezondheidseffecten van elektrische fietsen dat het *waarschijnlijk* is dat de elektrische fiets per saldo een positief effect op de gezondheid heeft. De conclusie is nog niet definitief. De literatuur komt tot de conclusie dat fietsen met elektrische trapondersteuning een matige fysieke inspanning vergt die ligt tussen het gebruik van een normale fiets en stappen[184].

De onderstaande figuur illustreert dat elektrisch fietsen een matige inspanning vergt die tussen fietsen en stappen ligt. MET (Metabolic Equivalent of task) op de verticale as is een maat voor de inspanning. Activiteiten tussen 3 en 6 MET worden gekwalificeerd als matig intensief. De bewegingsnorm schrijft 30 min van dit soort activiteit voor, en dit 5 dagen per week.

[182] Andere mogelijke baten – die we hier niet beschouwen – zijn de recreatiebaten. Actieve modi hebben zeker ook zekere recreatiebaten, maar er is geen onderzoek verricht naar het al dan niet bestaan van marginale recreatiebaten.
[183] Fishman, E. (2015). E-bikes in the mainstream: Reviewing a decade of research. Submitted to Transport Reviews.
[184] Simons ea (2009), Electrically assisted cycling: a new mode for meeting physical activity guidelines? Medicine and science in sports and exercise 41 (11). Gojanovic ea (2011) Electric bicycles as a new active transportation modality to promote health. Medicine and science in sport and exercise 43(11), Langford, B.C. (2013) A comparative health and safety analysis of electric-assist and regular bicycles in an on-campus bicycle sharing system. University of Tennessee, Theurel ea (2012) Physiological and cognitive responses when riding an electrically assisted bicycle versus a classical bicycle. Ergonomics 55 (7), Sperlich ea (2012) Biomechanical, cardiorespiratory, metabolic and perceived responses to electrically assisted cycling. European Journal of Applied Physiology 112 (12)

Figuur 71: Fysieke inspanning van fietsen en stappen (lopen in de legende van de grafiek staat voor stappen) (Schepers en Wijnen, 2015[185])



De figuur toont ook aan dat de inspanning bij elektrisch fietsen lager ligt dan bij gewoon fietsen. Bovendien fietsen 'elektrische' fietsers een beetje sneller. Dit betekent dat het gezondheidseffect van fietsen groter is dan dat van elektrisch fietsen per km. Er bestaan daarover echter nog geen precieze cijfers. Daarnaast is het wel zo dat 'elektrische' fietsers meer fietskm afleggen. Wij gaan uit van 936 km voor de gewone fietser ten opzichte van 1591 km voor de 'elektrische' fietser. Schepers en Wijnen schuiven voorzichtig naar voor dat de grotere afstanden van de elektrische fiets de lagere intensiteit en hogere snelheid meer dan teniet doen met betrekking tot de gezondheidseffecten. De precieze kwantitatieve relatie is echter niet gekend. Daarnaast is het ook zo dat elektrische fietsen ten dele door ouderen worden gebruikt waar de gezondheidseffecten het grootst zijn.

Gegeven de onzekerheid hierrond gaan we ervan uit dat het totale gezondheidseffect hetzelfde is voor gewone en 'elektrische' fietsers. Dit wil zeggen dat het gezondheidseffect voor de 'elektrische' fietser lager is per km. Dit is een voorzichtige veronderstelling, gegeven het vermoeden dat het verschil in afstand domineert op de lagere intensiteit en hogere snelheid.

3.6.1 Betere gezondheid voor de fietser/stapper onder de vorm van vermeden vervroegde sterfte en/of verhoging van de levenskwaliteit

Er is veel variatie tussen de waarden voor gezondheidsbaten in verschillende studies. Als illustratie hernemen we de selectie van studies die we in de vorige versie van deze studie opnamen[186].

[185] Schepers & Wijnen (2015) Verkenning gezondheid en tweewielerbeleid en presentatie Onderzoek naar de gezondheidsvoordelen en baten van fietsen.
[186] Geen van onderstaande waardes werd omgerekend naar euro 2015. Dit verandert echter niets aan de grootte-ordes van de cijfers.

Volgens Cycling England (2007)[187] voorkomt 160 keer 3,9 km fietsen per jaar gezondheidsproblemen. Dit komt overeen met baten van 27 euro tot 285 euro, afhankelijk van de leeftijd en van het gezondheidsniveau van de bevolking. Als een gemiddelde voor alle leeftijden wordt een voorzichtige schatting van 71 euro voorgesteld voor Groot-Brittannië.

Andersen ea[188] stelt dan weer een waarde van 605 euro per Deense fietser voor. Nordic Council[189] berekent het gezondheidsvoordeel van 'nieuwe' fietsers op een 900 euro per jaar of (uitgaande van een dagelijks aantal van 16 km) 15 eurocent/km. De WHO[190] (Wereldgezondheidsorganisatie of WGO) stelt een richtwaarde van 81 eurocent/km per individu voor.
Het DfT/Sustrans model vertrekt van aantal doden ten gevolge van inactiviteit en stelt 149 euro per jaar voor. Hierbij vertrok men van het aantal doden dat het gevolg is van inactiviteit. Het MACAW model stelt 48 eurocent/km voor, als het fietsen verondersteld wordt deel te zijn van regelmatig fietsen op lange termijn.

Een belangrijk reden voor de grote variantie in de gegeven waarden is dat de gezondheidseffecten op verschillende manieren geëvalueerd en berekend werden. De recente Nederlandse studie "Verkenning gezondheid en tweewielerbeleid" (Schepers en Wijnen, 2015) verduidelijkt de verschillen tussen de verschillende evaluatie- en berekeningsmethodes. De verschillen in evaluatie zijn terug te brengen tot verschillen in drie variabelen:

- Evaluatie van het effect op mortaliteit van fietsen en/of wandelen.
- Effect op morbiditeit (ziektelast).
- Waardering van een mensenleven/levensjaren.

a) Evaluatie van het effect op mortaliteit van fietsen en/of wandelen
Het effect kan geëvalueerd worden door een grote populatie fietsers (wandelaars) en niet fietsers (wandelaars) te volgen gedurende een lange periode. Dit is de methode die Andersen gebruikte. De WGO baseert zijn berekeningen hierop. Men noemt deze methode de **all cause benadering**. Daarnaast kan het effect geëvalueerd worden op basis van de bewezen impact op de sterftecijfers van een aantal ziektes (**ziekte-impact benadering)**. Men gaat dan modelmatig berekenen hoeveel mensen minder zullen sterven aan een aantal ziektes dankzij fysieke activiteit (fietsen/wandelen). In totaal heeft fysieke activiteit een bewezen effect op 23 ziektes (Prat, 2015). De meeste studies die deze benadering volgen nemen de ziektes in beschouwing die de grootste impacts hebben en goed gedefinieerd en gedocumenteerd zijn, maar dus niet alle ziektes. Deze methode onderschat daarom de effecten van fysieke activiteit op de gezondheid. De studie van Cycling England die in de vorige versie als referentie werd genomen, hanteerde deze aanpak.

b) Effect op morbiditeit (ziektelast)
Naast een daling van de sterftecijfers, zorgt fietsen/wandelen ook voor minder ziektes of met andere woorden, een betere alledaagse gezondheid. Dit noemt men het effect op de morbiditeit of de ziektelast. Dit effect wordt ook modelmatig geëvalueerd zoals dat gebeurt met de tweede methode

[187] Macdonald B. (2007) "Valuing the benefits of cycling" voor "Cycling England Londen", SWW/Cycling England
[188] Copenhagen Heart Study/Rutter
[189] Saelensminde K. (2002) Walking- and cycling track networks in Norwegian cities. Cost-benefit analyses including health effects and external costs of road traffic, Oslo, Norwegian Institute of Transport Economics
[190] WHO (2007) Economic assessment of transport infrastructure and policies; methodological guidance of health effects related to walking and cycling.

voor de mortaliteit. Het gaat dus om een uitbreiding van deze methode. Ze zal dus een juister resultaat geven als de methode hier net boven. Toch blijft ze nog steeds de gezondheidseffecten onderschatten omdat ze nagenoeg nooit alle ziektes in beschouwing neemt.

c) Waardering van een mensenleven/levensjaren
Een aantal studies waarderen mensenlevens zoals dat gebeurt voor verkeersslachtoffers. In België ligt de waarde van dit mensenleven iets boven de 2 miljoen euro. De WGO gebruikt deze waardering in haar berekeningen samen met inschatting van de mortaliteit via de all cause mortality methode. Andere studies oordelen dat de gespaarde mensenlevens dankzij fietsen/stappen vooral "oudere" mensenlevens zijn en dus een lagere waarde hebben. Deze studies gebruiken de verloren levensjaren als waarderingsinstrument. De waarde van een verloren levensjaar is gelinkt aan de waarde van een mensenleven. Om het effect op de ziektelast (buiten mortaliteit) te evalueren schat men hoeveel de levenskwaliteit daalt ten gevolge van de ziekte. Een levensjaar met een bepaald ziektebeeld krijgt dan bijvoorbeeld nog slechts 50% van de waarde van een gezond levensjaar als waardering.

De bovenvermelde studie (Schepers en Wijnen, 2015) berekende voor Nederland ook de waarde van fietsen o.b.v. de drie bovenstaande variabelen.

Voor de eerste methode, all cause mortality met de waardering volgens een statistisch leven (WGO methode), waardeert deze studie een fietskm aan 1,29 euro/km. Deze methode overschat de baten bij ouderen omdat hun geredde levens even hoog worden gewaardeerd als geredde levens van jongeren. Volgens de tweede methode, all cause mortality met de waardering van enkel verloren levensjaren (niet de forfaitaire waarde van een mensenleven) schat de studie de waarde van een fietskm op 0,38 tot 0,63 euro/fietskm. Dit cijfer valt lager uit dan het vorige omdat de geredde oudere mensenlevens minder meetellen. Dit cijfer is een onderschatting omdat alleen naar sterfte wordt gekeken en niet naar betere gezondheid. Voor de derde methode die werkt op basis van de ziektelast, schat de studie de waarde van een fietskm op 0,28 tot 0,47 euro per fietskm. De studie nam 6 ziektes in beschouwing en onderschat dus de positieve gezondheidsimpact.

Gegeven de variatie in de schattingen gebruiken we voor de verdere berekeningen de lage schatting van de tweede methode, namelijk 0,38 euro/fietskm. Dit cijfer houdt dus een onderschatting in omdat de winst in ziektelast niet meegenomen wordt.

Dit eerste element, nl. betere gezondheid, kan volledig aanzien worden als een externe baat indien mensen fietsen of stappen niet zien als een middel om gezonder te worden/te blijven, maar louter als een praktische manier om zich te verplaatsen. Indien mensen echter de gezondheidseffecten meenemen in hun beslissing om te gaan fietsen of te gaan stappen, dan internaliseren zij de gezondheidsbaten van fietsen, en zijn het dus geen externe baten meer. We stellen als hypothese dat in een regio als Vlaanderen de meeste mensen die kiezen voor fietsen of stappen om zich te verplaatsen dit doen om praktische redenen, en niet om gezondheidsredenen.
We beschouwen daarom het merendeel van het gezondheidsvoordeel als externe baten. Voorzichtigheidshalve tellen we het persoonlijke gezondheidseffect slechts voor 60%[191] mee. Zo komen we op een 0,23 euro per fietskm. In de vorige versie van deze studie deden we deze correctie niet.

[191] We hebben geen onderzoek teruggevonden waarmee we dit % konden bepalen. 60% is dus een eigen inschatting.

Schepers en Wijnen (samen met andere studies (bv. Rable, 2012[192])) merken verder ook op dat de impact van de extra luchtvervuiling die de fietser of stapper bij extra inspanning inademt ten opzichte van bijvoorbeeld een automobilist slechts een zeer klein effect heeft op de gezondheidsbaten.

Samenvattend:

- We weerhouden gezondheidsbaten van 0,23 euro/"gewone" fietskm. Als we uitgaan van 936 km/jaar voor een "gewone" fietser, dan betekent dat gezondheidsbaten van 215 euro/jaar. Deze schatting ligt hoger dan de 71 euro/jaar die we bij de vorige versie hanteerden aangezien de huidige methode zich niet beperkt tot mortaliteit te wijten aan een (te beperkt) aantal ziekten.
- Voor de elektrische fiets stellen we als hypothese dat de totale gezondheidswinst gelijk is aan de gezondheidswinst voor de gewone fietser, dus 215 euro/jaar. Als we ervan uitgaan dat een elektrische fiets 1591 km/jaar aflegt, betekent dit een gezondheidswinst van 0,14 euro/voertuigkm – wat 40% lager is dan die van de gewone fietser.
- Dit cijfer houdt enkel rekening met de daling van de mortaliteit op basis van de gewonnen levensjaren dankzij fietsen/wandelen. Het houdt geen rekening met daling van de ziektelast en is dus een onderschatting van de werkelijkheid.
- Het houdt geen rekening met het feit dat bij een modal shift naar de fiets het dodelijk ongevalsrisico hoogstwaarschijnlijk toeneemt in Vlaanderen. Om die reden is het een overschatting.
- Er is bijkomend onderzoek nodig om na te gaan of onze inschatting om 60% van de gezondheidsbaten als extern te beschouwen strookt met de werkelijkheid en om de gezondheidsimpact van elektrische fietsen in te schatten (zie hoger en voetnoot 177).

3.6.2 Besparingen voor de sociale zekerheid

Een betere gezondheid leidt ook tot besparingen in de ziekteverzekering. Dit zijn duidelijk een externe baten aangezien personen die zich verplaatsen deze kosten niet voelen en niet meenemen in hun vervoerswijze keuze.

De internationale literatuur[193] gaat ervan uit dat fysieke inactiviteit verantwoordelijk is voor 1,5 tot 3% van de gezondheidsuitgaven. In 2011 bedroegen de uitgaven in de Belgische ziekteverzekering bijna 25 miljard euro wat betekent dat de kosten van fysieke inactiviteit ongeveer 500 miljoen euro/jaar bedragen (FOD sociale zekerheid, 2012).

Soms wordt het positieve effect van fysieke activiteit op de sociale zekerheidsuitgaven in vraag gesteld omdat fysiek inactieve mensen uiteindelijk minder lang leven en dus minder lang voor kosten zorgen. Toch geven de meeste studies die dit fenomeen bestuderen aan dat fysieke activiteit effectief winst oplevert voor de ziekteverzekering. Daarnaast is het belangrijk voor ogen te houden dat het doel van de ziekteverzekering moet zijn mensen zo lang mogelijk gezond te houden aan zo laag mogelijk kosten en niet een absolute reductie van de kosten (VIGeZ, 2014[194], Alisson, 1999[195]).

---

[192] Rable ea (2012) Benefits of shift from car to active transport, Transport Policy

[193] Oldridge NB (2008) Economic burden of physical inactivity: healthcare costs associated with cardiovascular disease. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 15, 130–139.

[194] VIGeZ. Advies verstrekt door het Vlaams instituut voor gezondheidspromotie en ziektepreventie vzw

[195] Allison (1999) The direct health care costs of obesity in the US. American Journal of Public Health

De besparing die fysieke activiteit oplevert hangt heel sterk af van het sociale zekerheidssysteem. In de vorige editie van deze studie beschikten we enkel over buitenlandse cijfers. Cycling England (2007) schatte de besparing in Groot-Brittannië op 34 euro/jaar per inactieve persoon die actief wordt. Andere studies spraken over 22,91-46,14 euro/jaar (Game Plan[196]) en 212,61 euro/jaar (Colditz US study[197] – op basis van een vergelijking in kosten tussen een actieve en een niet actieve persoon). Op basis van literatuuronderzoek meldt Kohl (2012)[198] $28,4 tot $334,4 in de UK, Zwitserland en Australië voor directe gezondheidszorgkosten en $154,7 tot $419 per persoon in Canada en US voor directe + indirecte gezondheidskosten.
Sinds de vorige studie is er ook in België beperkt onderzoek gebeurd naar de impact van fysieke activiteit. Een studie van De Smedt (2011)[199] omtrent de implementatie van een 10000 stappen plan geeft aan dat die mensen die actief worden de sociale zekerheid 1250 euro opleveren of 85 euro per jaar. Het gaat weerom om een onderschatting van de impact aangezien de studie slechts de impact op diabetes, coronaire hartziekten, beroertes en darmkanker meenam. Osteoporose, depressie, obesitas,…. werden niet in rekening gebracht.

We rekenen verder met de meer recente Belgische waarde van 85 euro/jaar in plaats van de 46,14 euro die we in de vorige versie gebruikten. Voor de elektrische fiets gaan we ervan uit dat deze baten ook 85 euro/jaar zijn.

3.6.3 Stijging van de productiviteit door daling van absenteïsme

Kosten voor de werkgever van inactiviteit zijn aanzienlijk. De directe kosten van de afwezigheid zijn de loonkosten van de afwezige werknemer in kwestie. De indirecte kosten omvatten de eventuele kosten van tijdelijk personeel, het productiviteitsverlies en de kosten van eventueel vervroegd pensioen en de kosten van nieuw personeel (Cycling England, 2007). TNO[200] vond dat werknemers die regelmatig naar het werk fietsen gemiddeld 1 dag per jaar minder ziek zijn dan niet fietsende collega's. Regelmatig wordt gedefinieerd als drie keer minimaal 3 km enkele reis of minimum vier keer minimaal 2 km enkele reis per week. Niet fietsende werknemers zijn mensen die minder dan 1 keer per week met de fiets naar het werk komen. Hoe langer de afstand en/of hoe hoger de frequentie, hoe lager het verzuim. De pure verzuimkosten per werkdag worden voor Nederland geschat op 280 euro/dag. Cycling England schat de kosten van het verlies aan productiviteit in Groot-Brittannië door afwezigheid in op 57,93 euro per dag. In Vlaanderen zijn de verzuimkosten voor 1 dag gelijk aan 123 euro (VITO, 2010).

We vonden voor dit gedeelte geen recentere gegevens ten opzichte de vorige studie. We vermelden wel dat Securex directe kosten voor afwezigheid rekent van 277 euro (inbegrepen vakantiegeld, eindejaarspremie, patronale kost) en totale kosten (direct + indirect) die tot 3 maal hoger liggen per afwezigheidsdag. We behouden de schatting van 123 euro om coherent te blijven met berekeningen van VITO die we gebruikten bij de waardering van polluenten.

---

[196] Game plan (2002): a strategy for delivering government's sport and physical activity objectives. http://www.gamesmonitor.org.uk/files/game_plan_report.pdf
[197] Colditz (1999), Economic costs of obesity and inactitivy. Medicine and science in sports and exercise 31((11suppl) 663-667.
[198] Kohl (2012), The pandemic of physical inactivity: global action for public health, the lancet.com.
[199] De Smedt ea (2011) A cost-effectiveness study of the community-based intervention "10.000 Steps Ghent". Public Health Nutrition
[200] TNO (2010) Fietsen is groen, gezond en voordelig – 10 argumenten om (meer) te fietsen.

We gaan ervan uit dat de impact van de elektrische fiets gelijkaardig is aan deze van de “gewone” fiets.

3.6.4 Totaal

De som van de gezondheidsbaten (215 euro), de baten voor de sociale zekerheid (85 euro) en de stijging in de productiviteit (123 euro) geeft gemiddelde baten van 423 euro/jaar in plaats van 240 euro/jaar in de vorige editie. Uitgaande van 936 km per jaar komt dit neer op baten van 0,452 euro/voertuigkm voor de gewone fiets.

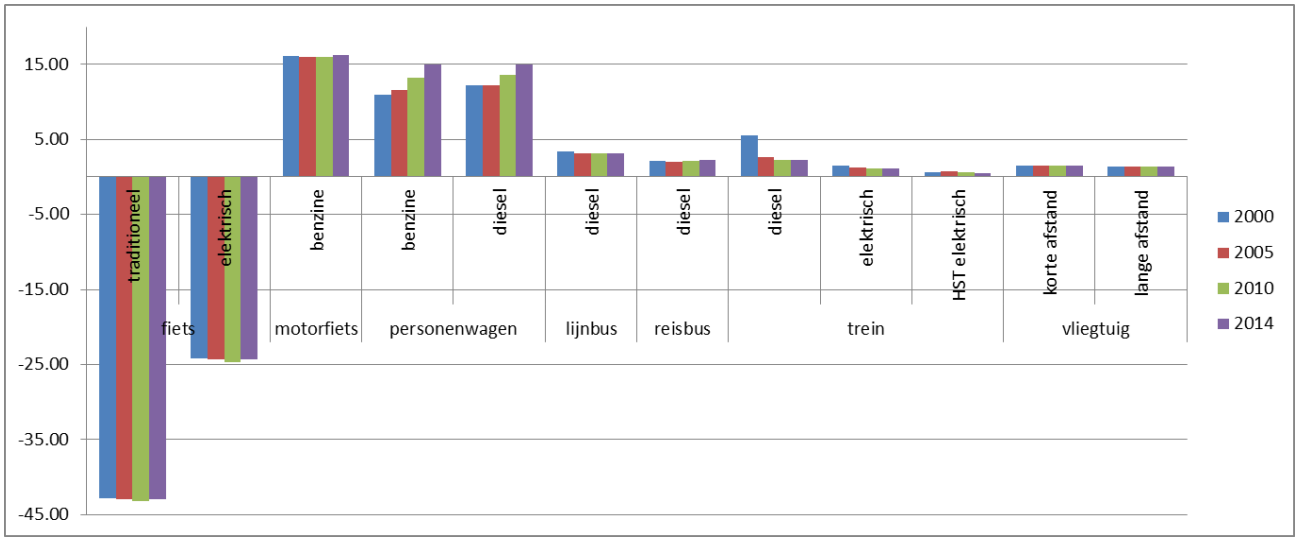
De externe baten zijn aanzienlijk groter dan in de vorige versie enerzijds omdat de schatting van de gezondheidsbaten naar boven werd herzien en anderzijds omdat het gemiddeld aantal afgelegde km per fietser gevoelig naar beneden werd herzien.

Voor de elektrische fiets gaan we uit van dezelfde totalen: gezondheidsbaten (215 euro), sociale zekerheidsbaten (85 euro) en de stijging van de productiviteit (123 euro), samen 423 euro/jaar. Per km bedragen de externe baten van “elektrisch” fietsen dan 0,266 euro.

3.7 Marginale externe kosten

We hebben nu alle informatie om de totale marginale externe kosten voor alle modi te berekenen. Onderstaande figuur en tabel tonen de totale marginale externe kosten per 100 personenkm voor de verschillende modi over de tijd. De motorfiets heeft de hoogste totale marginale externe kosten per pkm in 2014, gevolgd door de personenwagens. Voor de wagens zijn ze een factor 5 groter dan voor de lijnbus en een factor 13 groter dan voor de elektrische trein. De modus met de laagste marginale externe kosten per pkm is de HST-trein. Dit komt vooral door zijn relatief hoge bezettingsgraad. Voor vliegtuig-korte afstand zijn de marginale externe kosten per pkm 2,5 keer zo groot. Bij fietsen zien we een relatief grote baat. Dit komt deels omdat de veronderstelde fietskm relatief laag zijn.

Figuur 72: Marginale externe kosten euro per 100 personenkm –constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML

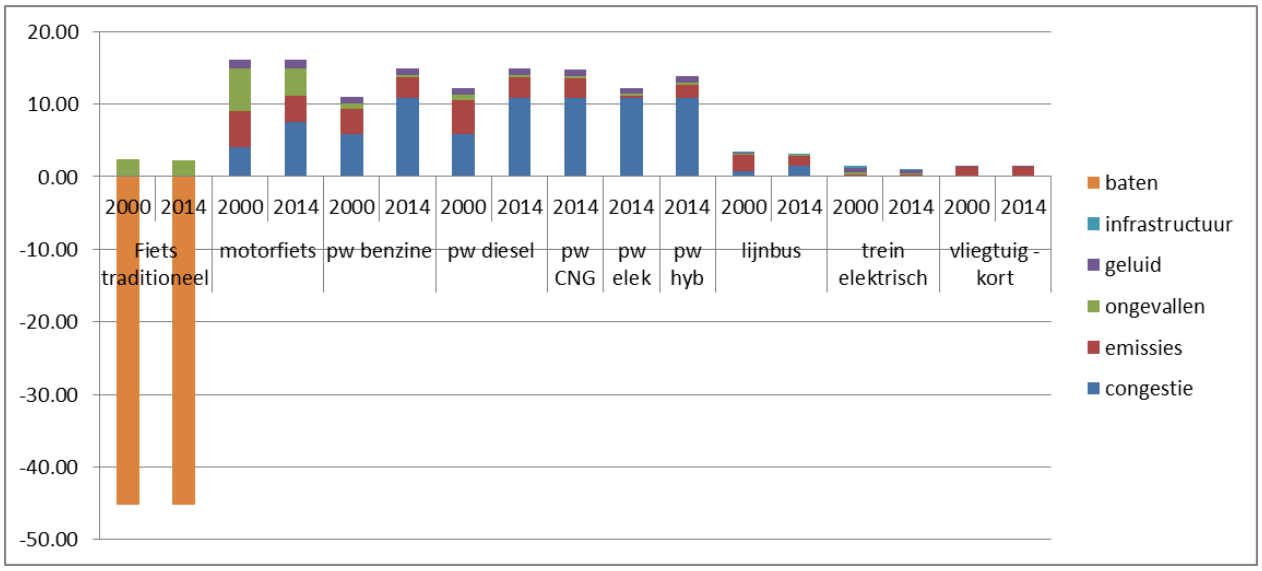


Tabel 83: Marginale externe kosten per 100 personenkm – constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML

			2000	2005	2010	2014
Wegtransport	fiets	traditioneel	-42,77	-42,90	-43,25	-42,98
		elektrisch	-24,16	-24,29	-24,63	-24,36
	motorfiets	benzine	16,15	15,93	16,01	16,18
	personenwagen	benzine	10,91	11,59	13,27	14,92
		diesel	12,17	12,25	13,55	14,95
	lijnbus	diesel	3,42	3,15	3,09	3,13
	reisbus	diesel	2,09	2,04	2,17	2,22
Spoorverkeer	trein	diesel	5,58	2,67	2,28	2,28
		elektrisch	1,48	1,29	1,10	1,11
		HST elektrisch	0,66	0,69	0,57	0,52
Luchtvaart	vliegtuig	korte afstand	1,49	1,49	1,49	1,49
		lange afstand	1,39	1,39	1,39	1,39

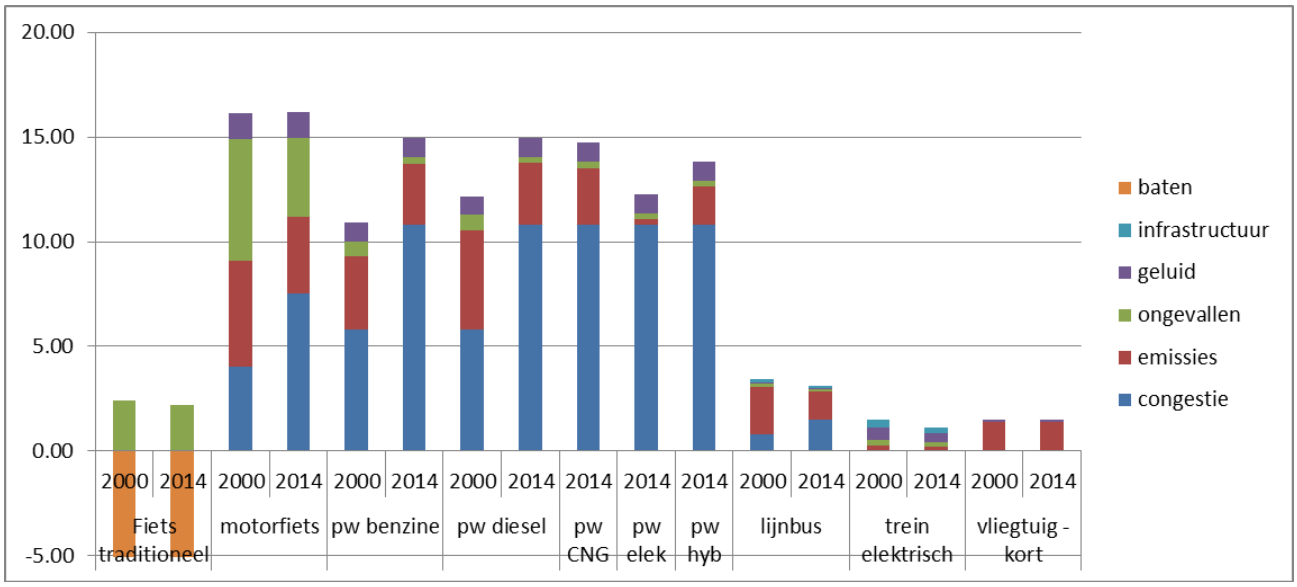
Opgesplitst naar type externe kosten verkrijgen we onderstaand resultaat (selectie van modi):

Figuur 73: Marginale externe kosten per 100 personenkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Of ingezoomd:

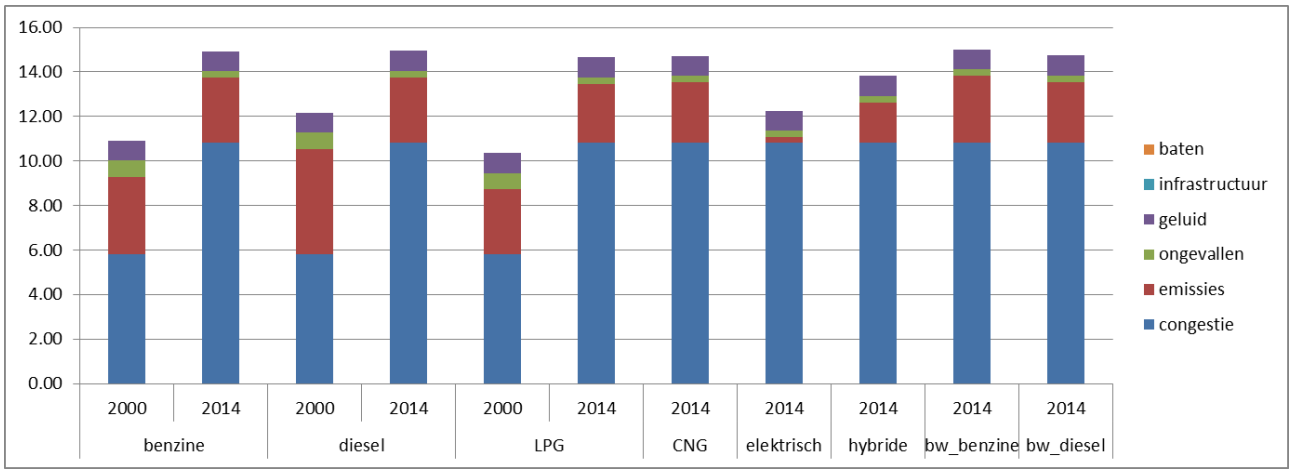
Figuur 74: Marginale externe kosten per 100 personenkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



In bovenstaande grafiek zien we duidelijk dat de gezondheidsbaten domineren bij de fietsen. Bij wegtransport valt vooral de sterke stijging van het aandeel congestie op tussen 2000 en 2014. In 2014 maakt congestie ongeveer 73% uit van de totale marginale kosten (met uitzondering van de elektrische wagen waarbij het aandeel van congestie 88% is). Hierdoor verschillen de externe kosten van personenwagens voor de verschillende brandstoftypes weinig in 2014. Daarnaast daalt ook het aandeel van ongevallen en emissies over de tijd. De marginale externe kosten van motorfietsen zijn relatief constant gebleven. Er is wel een daling van het aandeel van de ongevalskosten en een stijging van het aandeel congestie. Bij lijnbussen zien we een sterke daling van het aandeel emissies, maar dit wordt gecompenseerd door de stijging in congestie. Bij vliegtuigen wegen vooral de milieukosten, en meer bepaald de marginale milieukosten van broeikasgassen, door. Een elektrische trein heeft de laagste marginale externe kosten. Geluid heeft hier het grootste aandeel (41%).

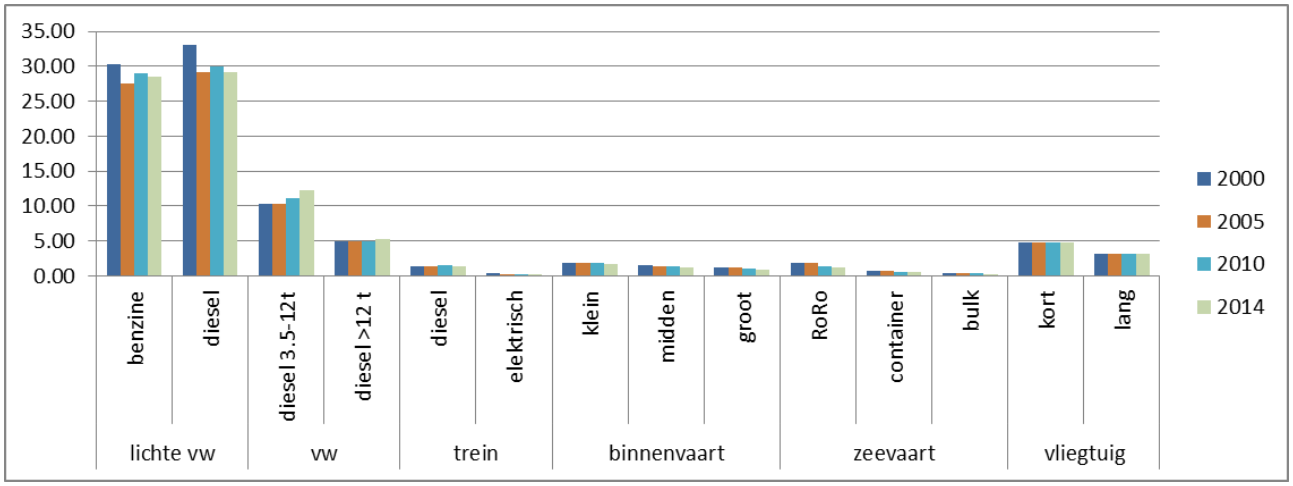
Het is ook interessant om te kijken hoe bovenstaande figuur eruit ziet voor de verschillende types personenwagens. Voor de types waarvoor we geen emissies hebben voor het jaar 2000 rapporteren we enkel het jaar 2014. We zien dat over de tijd de marginale externe kosten stijgen. Dit komt door de stijging in congestie. De marginale externe kosten door ongevallen en door emissies dalen over de tijd. Merk op dat door het belang van de congestiekost, de verschillen tussen de personenwagens relatief klein zijn. De verschillen die er zijn, zijn volledig toe te wijzen aan het verschil in milieukosten.

Figuur 75: Marginale externe kosten euro per 100 personenkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Voor goederentransport krijgen we volgend beeld:

Figuur 76: Marginale externe kosten euro per 100 tonkm – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Binnenvaart: klein is Spits, midden is Europa en groot is Cargo

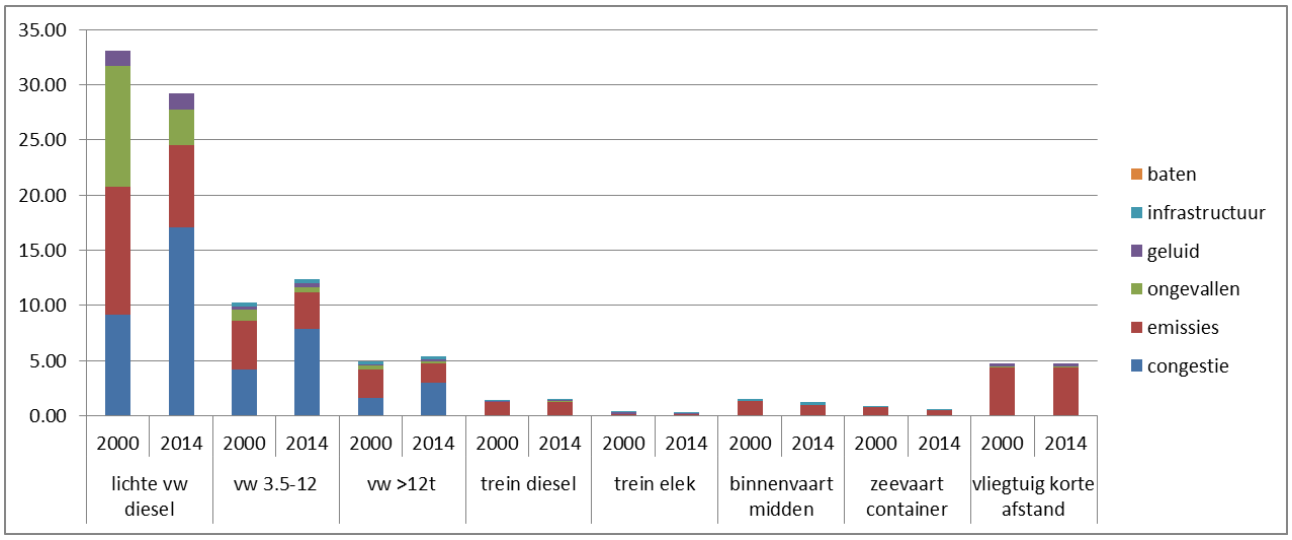
Tabel 84: Marginale externe kosten euro per 100 tonkm – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML

		2000	2005	2010	2014
lichte vw	benzine	30,26	27,55	28,95	28,46
	diesel	33,09	29,24	30,06	29,17
vw	diesel 3.7-12t	10,26	10,34	11,13	12,34
	diesel >12 t	4,90	4,90	5,02	5,34
trein	diesel	1,42	1,40	1,45	1,44
	elektrisch	0,34	0,27	0,29	0,29
binnenvaart	klein	1,85	1,80	1,81	1,67
	midden	1,52	1,39	1,29	1,18
	groot	1,23	1,12	1,00	0,92
zeevaart	RoRo	1,91	1,89	1,36	1,19
	container	0,79	0,77	0,59	0,52
	bulk	0,41	0,41	0,31	0,27
vliegtuig	kort	4,74	4,74	4,74	4,74
	lang	3,22	3,22	3,22	3,22

Per tonkm uitgedrukt scoort de lichte vrachtwagen (LDV) duidelijk het slechtst. Dit komt door de relatief lage beladingsgraad. Over het algemeen heeft wegtransport – per tonkm – de hoogste marginale externe kosten. Bij zware vrachtwagens tussen 3,5 en 12 ton stijgen de marginale externe kosten onder invloed van de stijgende congestie, bij de zwaardere vrachtwagens van meer dan 12 ton wordt dit gecompenseerd door de verbeterde milieuprestaties. Het vliegtuig-korte afstand en de zware vrachtwagen van meer dan 12 ton hebben vergelijkbare marginale externe kosten. De luchtvaart doet het minder goed dan de scheepvaart. De elektrische trein heeft de laagste marginale externe kosten.

In onderstaande figuur zien we duidelijker welke kosten belangrijk zijn. Voor de vrachtwagens maken de marginale externe congestiekosten in 2014 tussen 55% en 64% uit van het totaal, in 2000 was dit nog maar een derde. Vooral de daling in ongevalskosten en milieukosten bij lichte vrachtwagens valt op. Deze daling domineert op de stijging in congestie. Daarnaast zien we dat de milieukosten bij zowat alle modi dalen over de tijd.

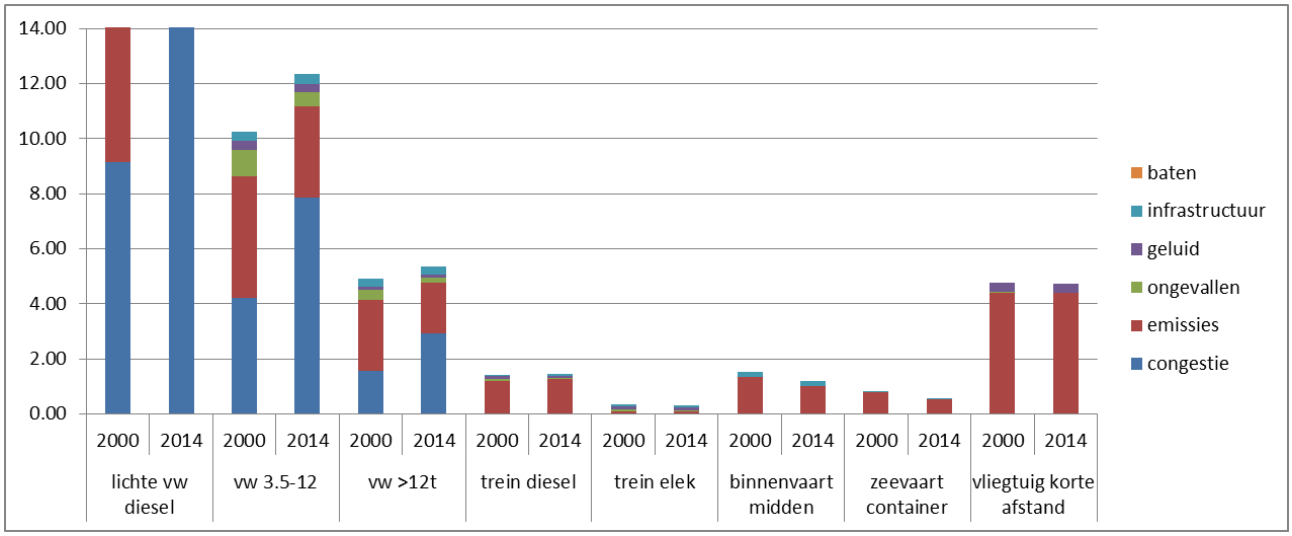
Figuur 77: Marginale externe kosten per tonkm – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



Binnenvaart: midden is Europa

Ingezoomd geeft dit:

Figuur 78: Marginale externe kosten per tonkm - ingezoomd – per type externe kosten – constante prijzen 2015. Bron: berekeningen TML



4 GRAAD VAN INTERNALISATIE

Naast de berekening van de private kosten en de marginale externe kosten wordt in dit hoofdstuk voor elke modus de graad van internalisering nagegaan.

Internaliseren van marginale externe kosten heeft vooral tot doel om de relatieve prijzen van de verschillende opties maatschappelijk juist te krijgen. Indien een milieubelasting correct de externe kosten internaliseert krijg je voor de economie in zijn totaliteit de volgende baten:

(Waarde van milieuvermindering - eventuele meerkosten milieuvriendelijk alternatief)
- Betaalde milieubelasting (=vermindering consumentensurplus)
+ Betaalde milieubelasting (= transfer naar overheid die deze terug uitkeert)

De eerste regel (waarde van milieuvermindering) wordt maximaal indien je de prijzen van milieuonvriendelijke goederen corrigeert, door een milieubelasting te heffen die gelijk is aan de marginale externe kosten.

In het geval van transport als goed gelden de transportbelastingen als milieubelasting. We bepalen de graad van internalisatie door de "transportbelastingen" te delen door de marginale externe kosten. Merk op dat we de "transportbelastingen" relatief ruim gedefinieerd hadden.

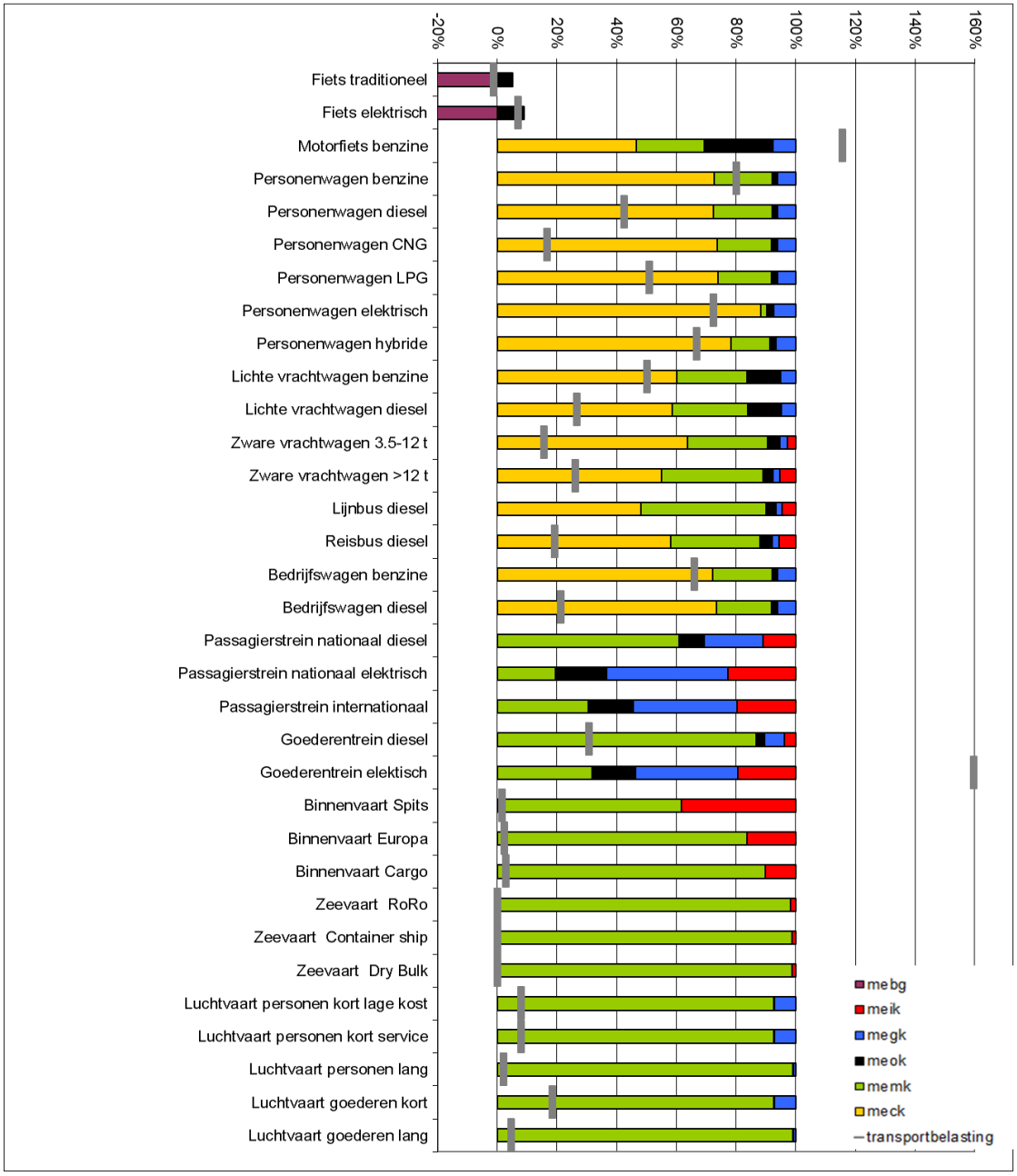
4.1.1 Overzicht alle vervoerswijzen

Volgende figuren geven een overzicht van alle vervoerwijzen voor 2014. De cijfers zijn relatief: de som van alle externe kosten is 100%.

De grafieken worden hierna in detail per vervoerwijze besproken. Omdat de cijfers ver uiteen liggen, tonen we een grafiek die ingezoomd is op de y-as.

Over het algemeen zien we dat wegtransport, samen met spoor elektrisch (internationaal passagierstransport en goederen spoor) de grootste internalisatiegraad heeft. Maar ook binnen wegtransport zijn er veel verschillen tussen personen/vracht en tussen de verschillende brandstoffen. Benzinewagens internaliseren veel meer dan dieselwagens. Over het algemeen internaliseren goederenmodi ook minder dan passagiersmodi. De modus met de laagste internalisatiegraad (abstractie makend van gesubsidieerde modi) is zeevaart.

Figuur 79: Internalisering alle vervoerswijzen, euro per 100 km (totale marginale externe kosten = 100%), Vlaanderen, 2014



In onderstaande figuren geven we de volledige tijdreeksen. In deze grafieken worden volgende afkortingen gebruikt

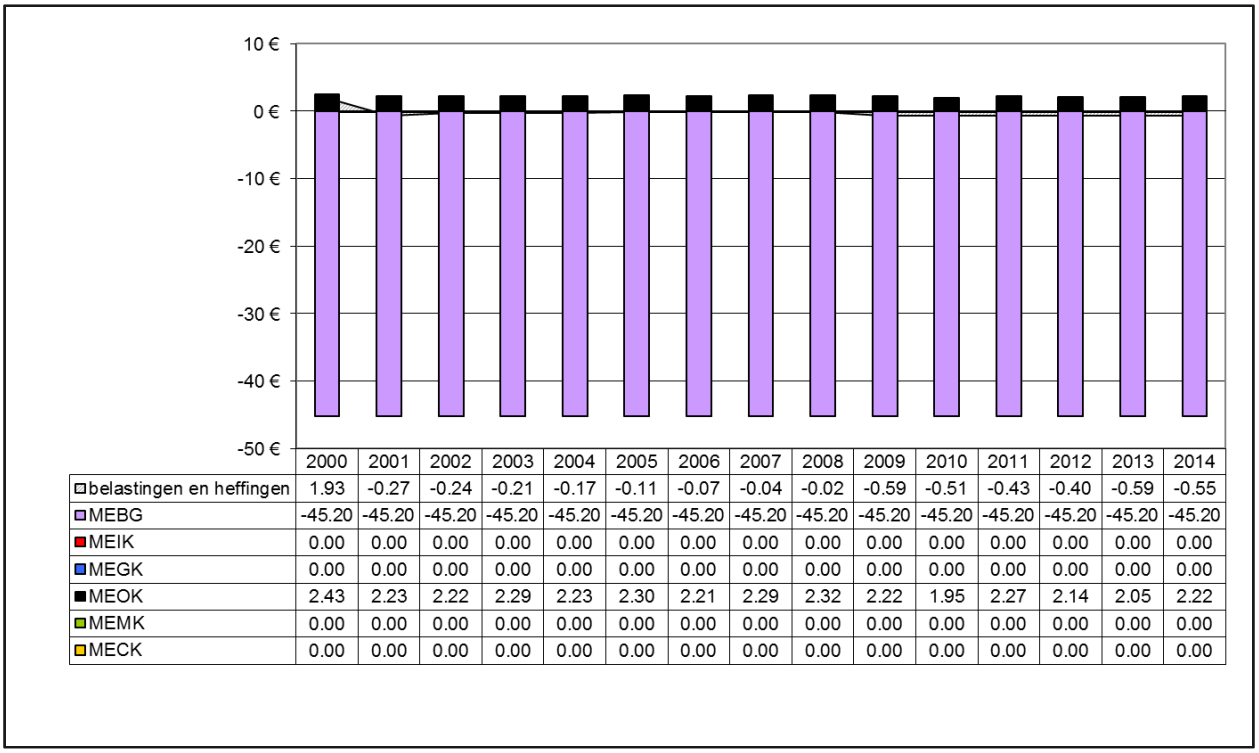
- MEBG: Marginale externe gezondheidsbaten
- MEIK: Marginale externe infrastructuurkost
- MEGK: Marginale externa geluidskost
- MEOK: Marginale externe ongevalskost
- MEMK: Marginale externe milieukost
- MECK: Marginale externe congestiekost

4.1.2 Wegvervoer

4.1.2.1 Fietsers

Onderstaande figuren tonen het resultaat voor de fietsers. De belangrijkste marginale kosten zijn de ongevalskosten. Daarnaast zijn er een relatief grote marginale baten van gezondheid. In het jaar 2000 betaalt de traditionele fiets belastingen (voornamelijk BTW). Na 2001 zien we een netto subsidie door de invoering van de woon-werksubsidie.

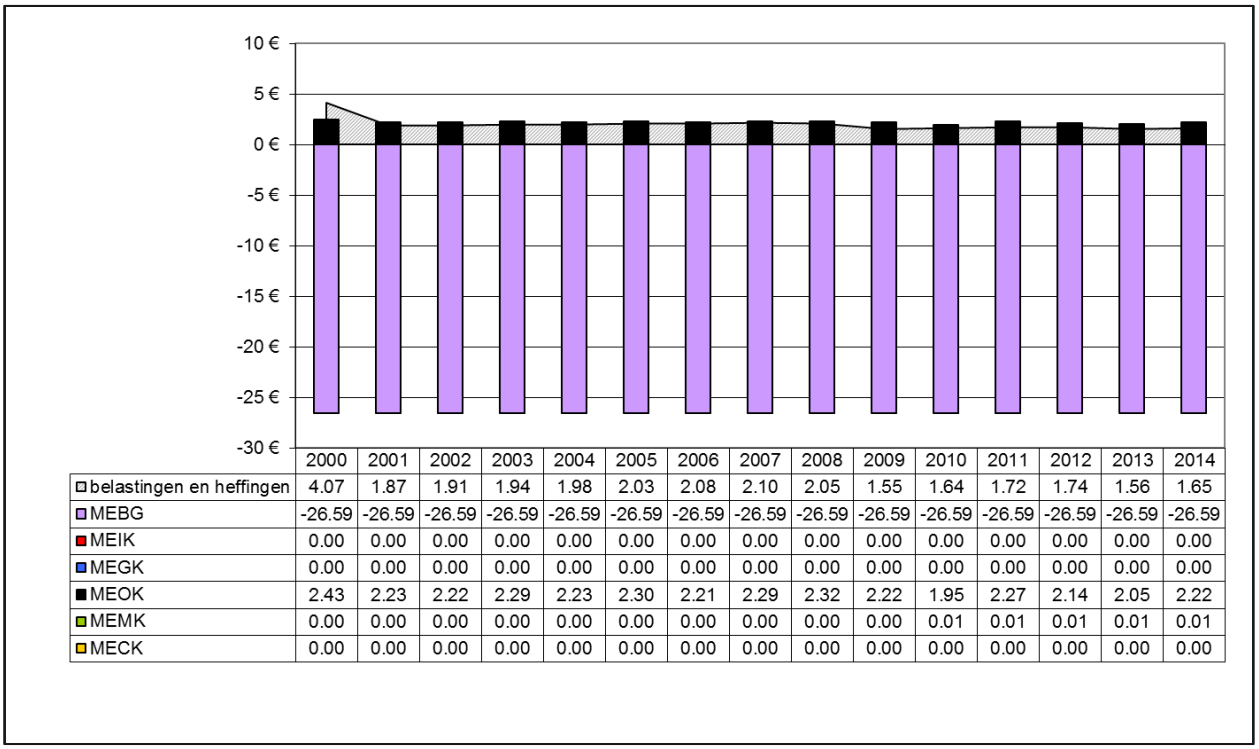
Figuur 80: Fietser - traditioneel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	1.93	-0.27	-0.24	-0.21	-0.17	-0.11	-0.07	-0.04	-0.02	-0.59	-0.51	-0.43	-0.40	-0.59	-0.55
MEBG	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20	-45.20
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	2.43	2.23	2.22	2.29	2.23	2.30	2.21	2.29	2.32	2.22	1.95	2.27	2.14	2.05	2.22
MEMK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Voor elektrische fietsen zien we een gelijkaardig beeld wat de externe effecten betreft. Alleen betaalt de elektrische fietser een netto belasting. Dit komt door de hogere aankoopprijs (en dus BTW) en de belastingen op energie. De belastingen zijn lager dan de marginale ongevalskosten, maar gegeven dat er ook nog een baat is, betaalt de fietser te veel. Internalisatie zou hier betekenen dat je een hogere subsidie geeft.

Figuur 81: Fietser - elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



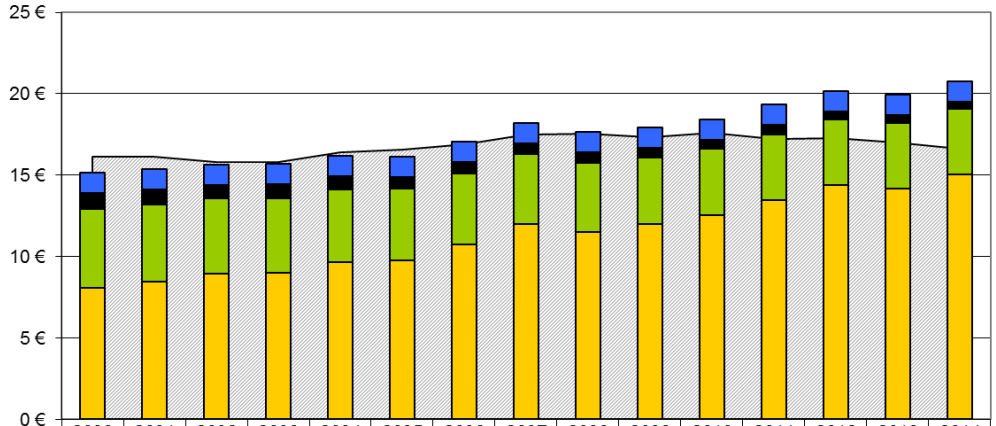
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	4.07	1.87	1.91	1.94	1.98	2.03	2.08	2.10	2.05	1.55	1.64	1.72	1.74	1.56	1.65
MEBG	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59	-26.59
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	2.43	2.23	2.22	2.29	2.23	2.30	2.21	2.29	2.32	2.22	1.95	2.27	2.14	2.05	2.22
MEMK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.1.2.2 Personenwagens

Volgende tabellen en figuren geven een overzicht van de internalisering van personenwagens. De grootse marginale kosten voor personenwagens zijn de congestiekosten, met daarnaast de milieukosten en ongevalskosten. De marginale externe kosten vanwege geluid zijn quasi nul.

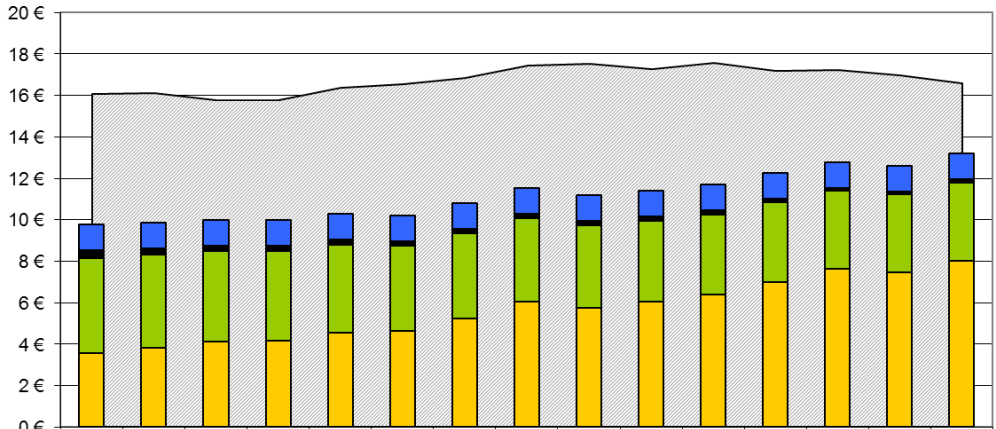
Benzinewagens internaliseerden hun marginale externe kosten in de beginjaren 2000 meer dan volledig (106%). Over de tijd daalt de graad van internalisering naar 80%. Dit komt vooral door de stijging in congestie over de tijd en door de lichte daling in transportbelastingen de laatste jaren. In sommige gevallen, bv. een daluur op de snelweg of tijdens de spits op gewestwegen, betaalt een benzinewagen zelfs een milieubelasting die hoger is dan de marginale externe kosten. Minder gunstig is het voor benzinewagens op snelwegen tijdens het spitsuur, waar de marginale externe kosten van congestie hoger zijn door de files en de internalisatiegraad daalt naar 56%. Tijdens de spitsuren in de stad internaliseert de benzinewagen zijn marginale externe kosten bijna volledig.

Figuur 82: Personenwagen benzine, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



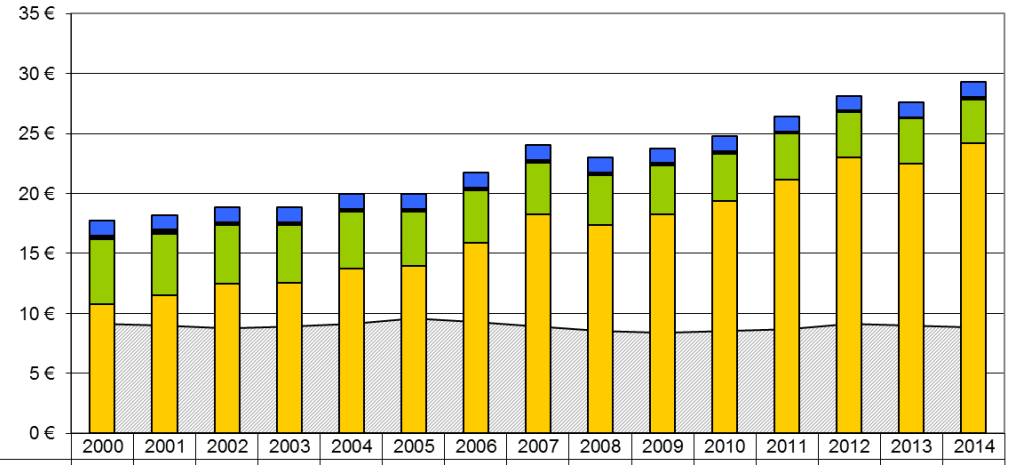
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	16,10	16,14	15,78	15,77	16,41	16,55	16,88	17,47	17,55	17,30	17,59	17,21	17,26	16,97	16,60
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	1,01	0,93	0,82	0,84	0,79	0,70	0,70	0,67	0,65	0,60	0,57	0,56	0,47	0,45	0,41
MEMK	4,85	4,75	4,62	4,57	4,48	4,38	4,34	4,28	4,22	4,12	4,09	4,06	4,03	4,05	4,04
MECK	8,06	8,44	8,97	9,02	9,66	9,79	10,77	12,01	11,52	11,97	12,54	13,45	14,39	14,17	15,05

Figuur 83: Personenwagen benzine (daluur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



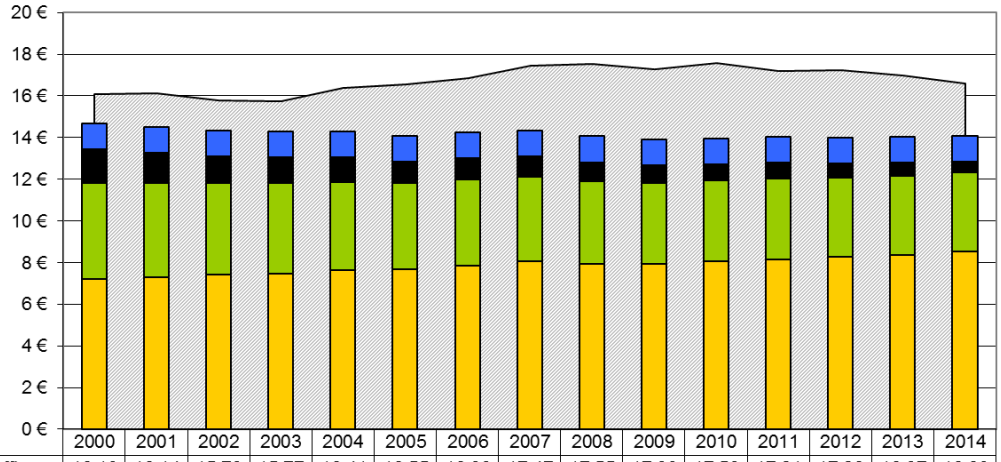
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	16,10	16,14	15,78	15,77	16,41	16,55	16,88	17,47	17,55	17,30	17,59	17,21	17,26	16,97	16,60
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,35	0,31	0,24	0,27	0,25	0,20	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,17	0,12	0,12	0,18
MEMK	4,60	4,50	4,38	4,33	4,24	4,14	4,11	4,04	3,99	3,89	3,86	3,83	3,80	3,80	3,78
MECK	3,56	3,80	4,13	4,16	4,56	4,63	5,25	6,04	5,75	6,05	6,41	7,00	7,62	7,45	8,01

Figuur 84: Personenwagen benzine (spitsuur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



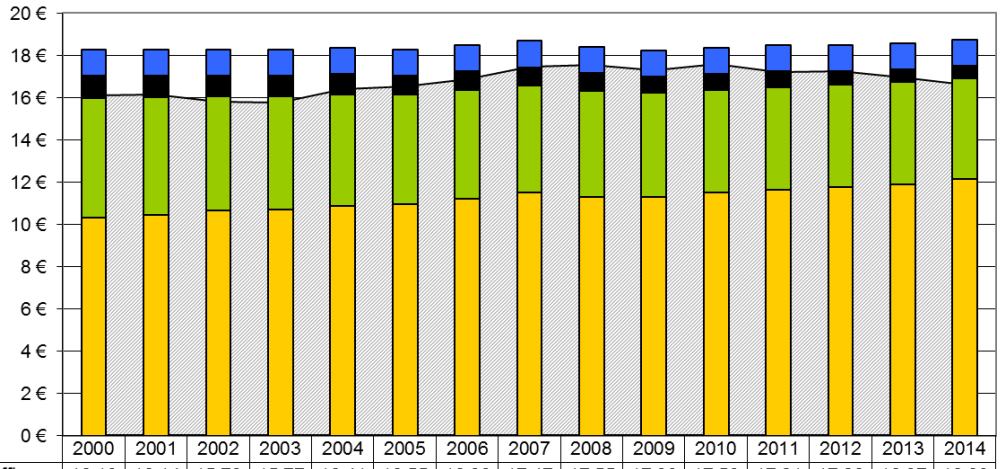
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	9,10	8,96	8,72	8,85	9,11	9,54	9,23	8,86	8,49	8,37	8,50	8,66	9,06	8,95	8,81
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,35	0,31	0,24	0,27	0,25	0,20	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,17	0,12	0,12	0,18
MEMK	5,38	5,17	4,90	4,80	4,70	4,53	4,43	4,30	4,16	4,03	3,96	3,81	3,76	3,74	3,64
MECK	10,77	11,48	12,47	12,56	13,77	13,98	15,86	18,27	17,37	18,29	19,36	21,17	23,02	22,50	24,21

Figuur 85: Personenwagen benzine (spitsuur, andere wegen), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	16,10	16,14	15,78	15,77	16,41	16,55	16,88	17,47	17,55	17,30	17,59	17,21	17,26	16,97	16,60
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	1,62	1,45	1,25	1,27	1,19	1,02	1,02	0,96	0,89	0,82	0,78	0,76	0,64	0,64	0,52
MEMK	4,61	4,52	4,39	4,34	4,25	4,15	4,12	4,06	4,00	3,90	3,87	3,85	3,81	3,81	3,79
MECK	7,20	7,30	7,44	7,46	7,62	7,68	7,86	8,07	7,92	7,93	8,06	8,17	8,28	8,36	8,53

Figuur 86: Personenwagen benzine (spitsuur, stad), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



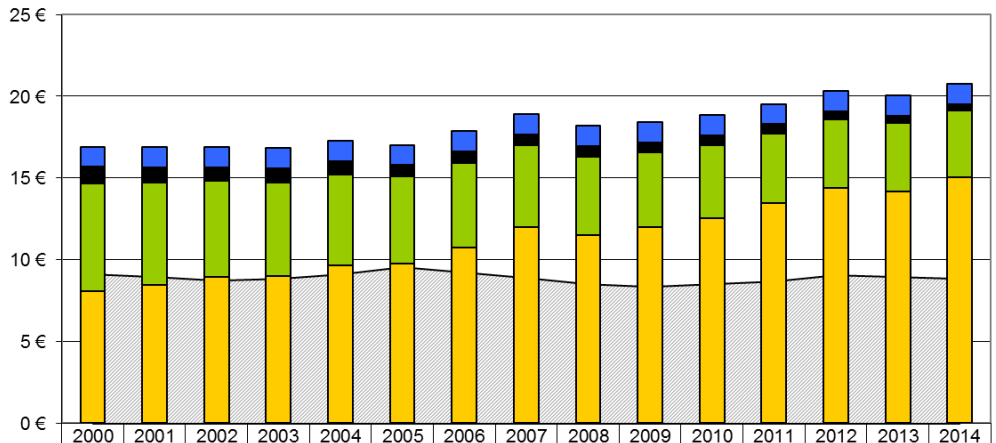
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	16,10	16,14	15,78	15,77	16,41	16,55	16,88	17,47	17,55	17,30	17,59	17,21	17,26	16,97	16,60
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	1,07	1,02	0,97	0,97	0,94	0,87	0,87	0,86	0,83	0,78	0,73	0,75	0,65	0,62	0,56
MEMK	5,65	5,55	5,42	5,36	5,27	5,17	5,14	5,07	5,01	4,91	4,88	4,86	4,82	4,82	4,80
MECK	10,31	10,46	10,65	10,68	10,89	10,97	11,23	11,51	11,30	11,31	11,48	11,63	11,78	11,90	12,12

De marginale milieukosten van dieselwagens waren in het verleden hoger dan voor benzinewagens. De laatste jaren werd het verschil kleiner en in 2014 waren ze ongeveer gelijk. De transportbelastingen van dieselwagens zijn wel lager. Gemiddeld betaalt de dieselwagen 42% van zijn marginale externe kosten. De graad van internalisatie daalde over de jaren.

In geen enkele situatie internaliseert de dieselwagen zijn externe kosten volledig. Een zeer ongunstige situatie is een dieselwagen tijdens het spitsuur op de snelweg. Door de hoge marginale congestiekosten wordt maar 30% van de marginale externe kosten door milieubelastingen gedekt.

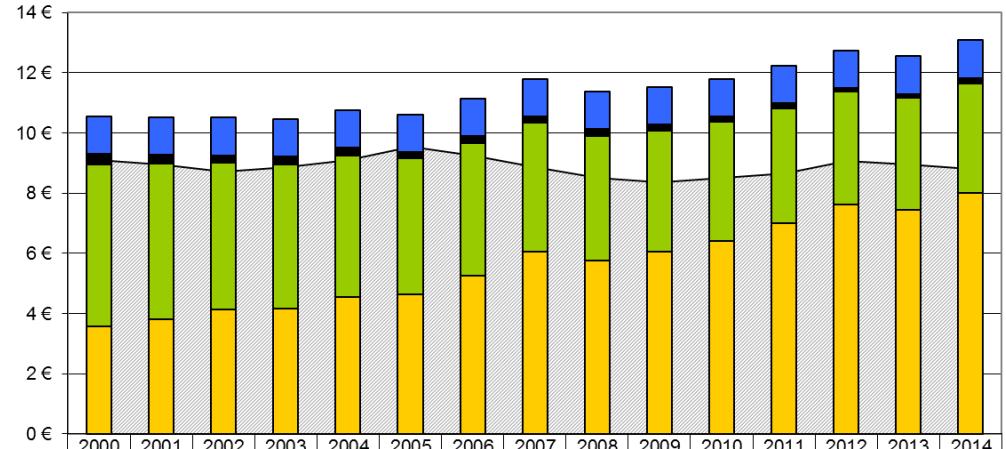
Ook in een situatie waarbij een dieselwagen op een gewestweg tijdens de spits rijdt, zijn de transportbelastingen te laag – al stijgt de internalisatiegraad naar 63%. In de stad wordt tijdens de spits 46% van de externe kosten gedekt. Dit is meer dan in de spits op de snelweg omdat de lagere congestiekosten domineren op de hogere waardering van fijn stof in de stad.

Figuur 87: Personenwagen diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



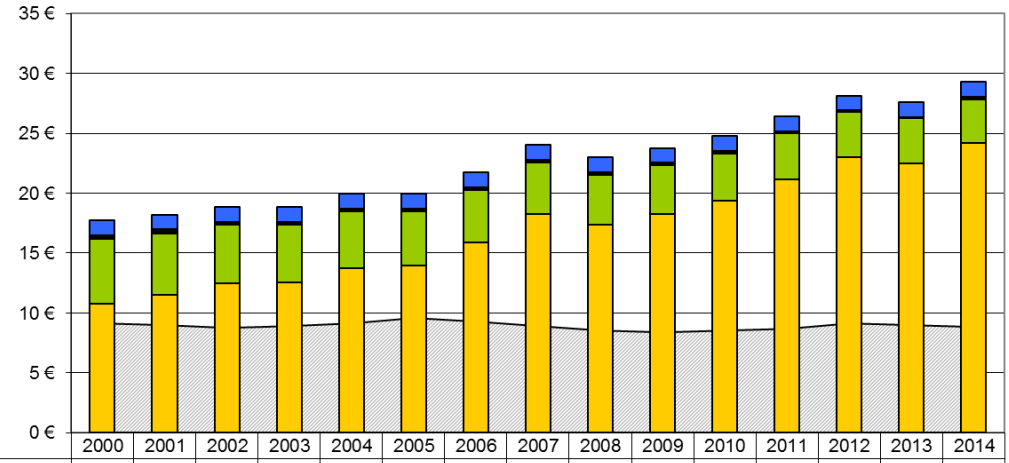
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	9,10	8,96	8,72	8,85	9,11	9,54	9,23	8,86	8,49	8,37	8,50	8,66	9,06	8,95	8,81
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	1,01	0,93	0,82	0,84	0,79	0,70	0,70	0,67	0,65	0,60	0,57	0,56	0,47	0,45	0,41
MEMK	6,60	6,29	5,87	5,72	5,57	5,29	5,14	4,97	4,76	4,59	4,48	4,27	4,20	4,20	4,07
MECK	8,06	8,44	8,97	9,02	9,66	9,79	10,77	12,01	11,52	11,97	12,54	13,45	14,39	14,17	15,05

Figuur 88: Personenwagen diesel (daluur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



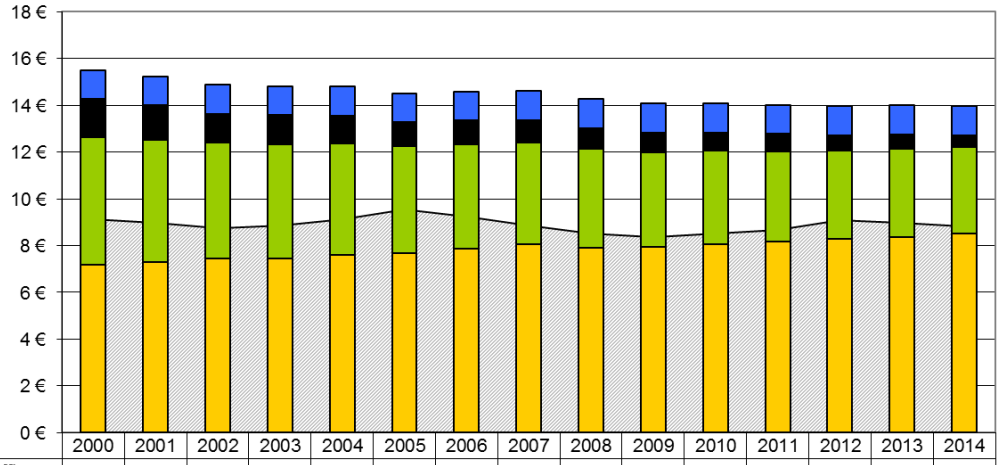
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	9,10	8,96	8,72	8,85	9,11	9,54	9,23	8,86	8,49	8,37	8,50	8,66	9,06	8,95	8,81
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,35	0,31	0,24	0,27	0,25	0,20	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,17	0,12	0,12	0,18
MEMK	5,38	5,17	4,90	4,80	4,70	4,53	4,43	4,30	4,16	4,03	3,96	3,81	3,76	3,74	3,64
MECK	3,56	3,80	4,13	4,16	4,56	4,63	5,25	6,04	5,75	6,05	6,41	7,00	7,62	7,45	8,01

Figuur 89: Personenwagen diesel (spitsuur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



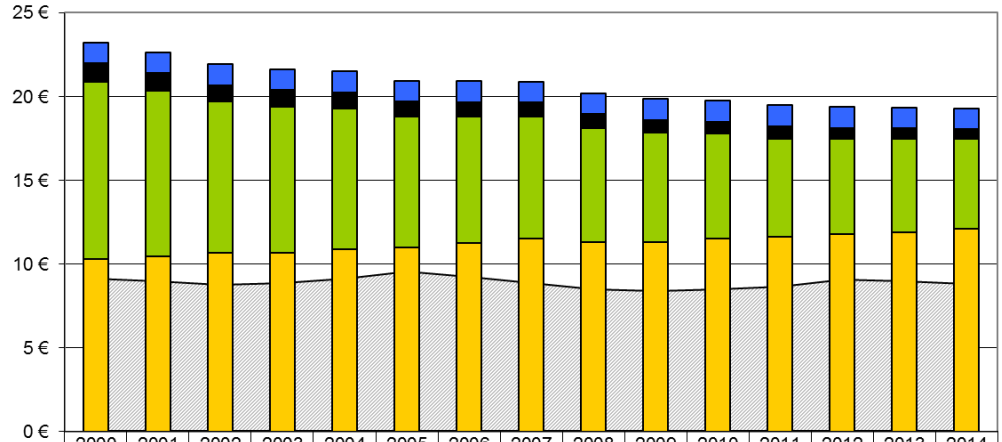
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	9,10	8,96	8,72	8,85	9,11	9,54	9,23	8,86	8,49	8,37	8,50	8,66	9,06	8,95	8,81
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,35	0,31	0,24	0,27	0,25	0,20	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,17	0,12	0,12	0,18
MEMK	5,38	5,17	4,90	4,80	4,70	4,53	4,43	4,30	4,16	4,03	3,96	3,81	3,76	3,74	3,64
MECK	10,77	11,48	12,47	12,56	13,77	13,98	15,86	18,27	17,37	18,29	19,36	21,17	23,02	22,50	24,21

Figuur 90: Personenwagen diesel (spitsuur, andere wegen), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	9,10	8,96	8,72	8,85	9,11	9,54	9,23	8,86	8,49	8,37	8,50	8,66	9,06	8,95	8,81
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	1,62	1,45	1,25	1,27	1,19	1,02	1,02	0,96	0,89	0,82	0,78	0,76	0,64	0,64	0,52
MEMK	5,45	5,23	4,95	4,85	4,75	4,57	4,47	4,34	4,20	4,07	3,99	3,84	3,78	3,76	3,66
MECK	7,20	7,30	7,44	7,46	7,62	7,68	7,86	8,07	7,92	7,93	8,06	8,17	8,28	8,36	8,53

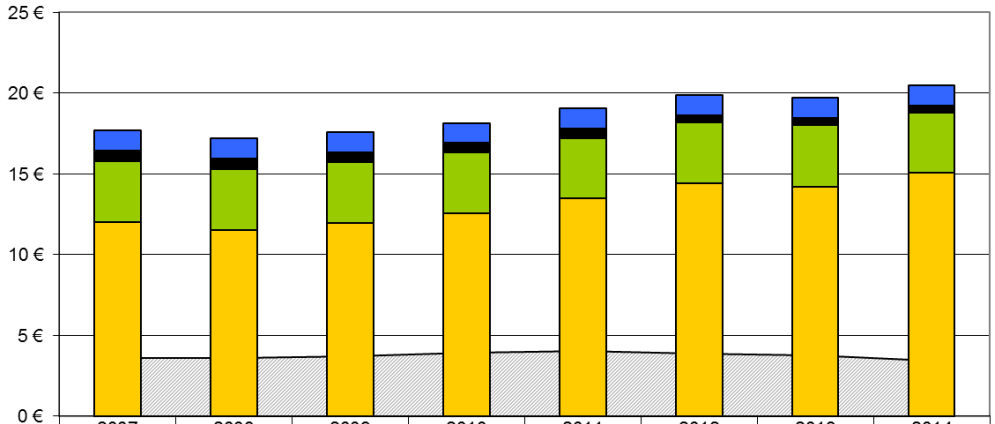
Figuur 91: Personenwagen diesel (spitsuur, stad), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	9,10	8,96	8,72	8,85	9,11	9,54	9,23	8,86	8,49	8,37	8,50	8,66	9,06	8,95	8,81
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	1,07	1,02	0,97	0,97	0,94	0,87	0,87	0,86	0,83	0,78	0,73	0,75	0,65	0,62	0,56
MEMK	10,58	9,90	9,05	8,72	8,41	7,83	7,55	7,26	6,81	6,51	6,28	5,86	5,69	5,57	5,35
MECK	10,31	10,46	10,65	10,68	10,89	10,97	11,23	11,51	11,30	11,31	11,48	11,63	11,78	11,90	12,12

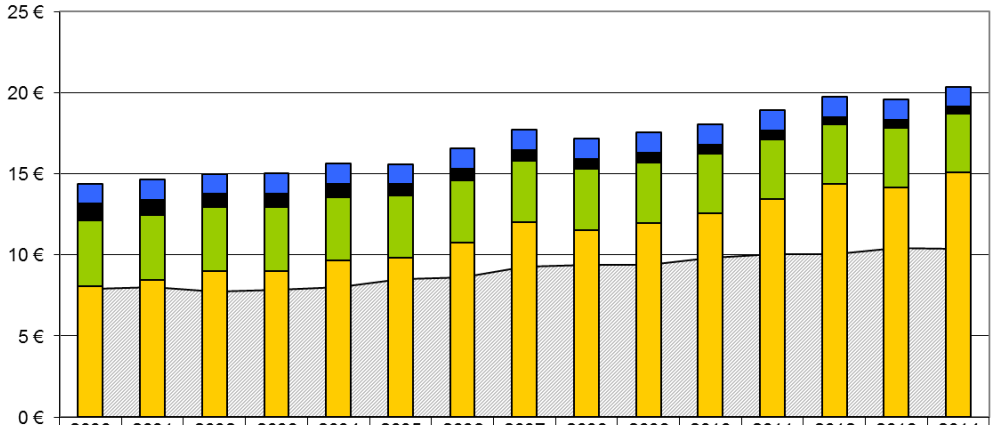
De volgende figuren geven een overzicht voor de alternatieven op CNG, LPG, en elektrische en hybride personenwagens. Voor sommige van deze alternatieven tonen we enkel de resultaten voor de jaren waarvoor gegevens voor de berekening van de emissies bekend zijn. We zien dat voor CNG-wagens de marginale externe kosten veel groter zijn dan de belastingen – maar 17% van hun externe kosten wordt gedekt door belastingen in 2014. Dit komt vooral omdat deze brandstof relatief lage belastingen en heffingen heeft (lagere jaartaksen en geen accijnzen). In mindere mate is dit ook zo voor de LPG-wagens (51%) en de hybride wagens (67%). De elektrische wagens betaalden in het verleden ongeveer 72% van hun schade.

Figuur 92: Personenwagen CNG, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



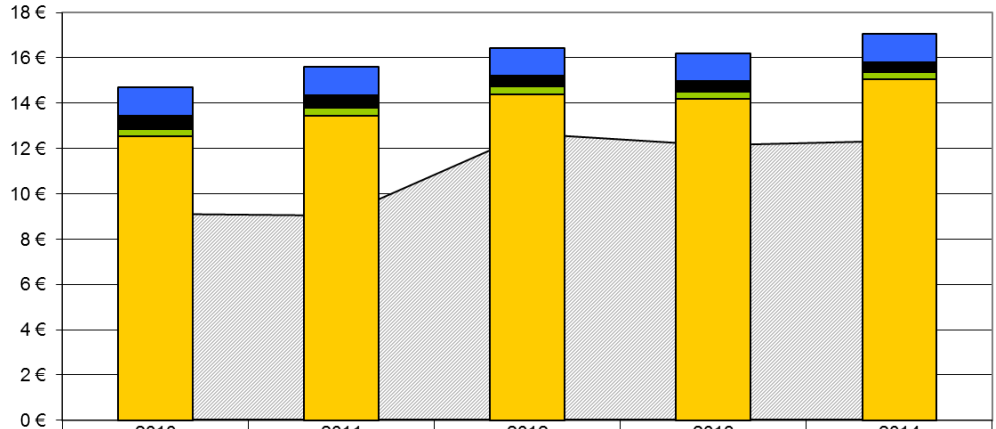
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	3,58	3,61	3,72	3,89	4,02	3,85	3,75	3,40
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,67	0,65	0,60	0,57	0,56	0,47	0,45	0,41
MEMK	3,76	3,77	3,76	3,79	3,77	3,78	3,82	3,74
MECK	12,01	11,52	11,97	12,54	13,45	14,39	14,17	15,05

Figuur 93: Personenwagen LPG, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



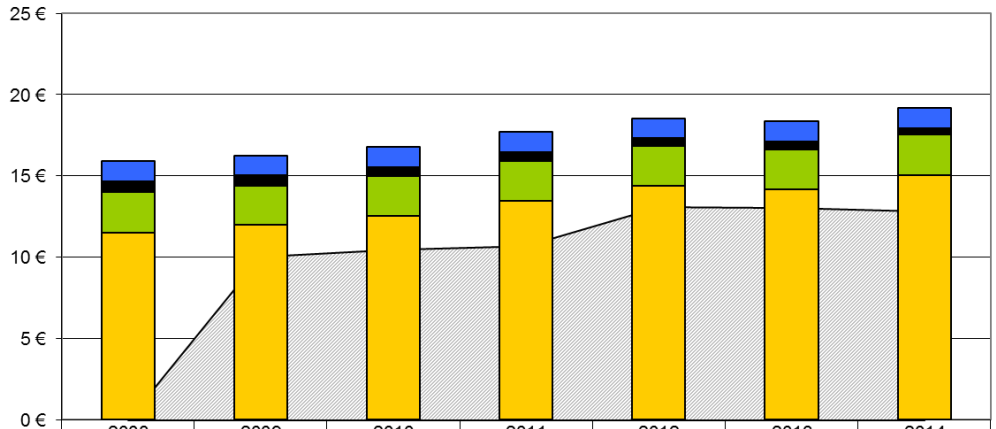
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	7,92	8,01	7,75	7,84	8,01	8,49	8,62	9,26	9,40	9,39	9,81	10,03	10,04	10,42	10,36
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	1,01	0,93	0,82	0,84	0,79	0,70	0,70	0,67	0,65	0,60	0,57	0,56	0,47	0,45	0,41
MEMK	4,07	4,01	3,96	3,93	3,91	3,86	3,82	3,78	3,75	3,70	3,70	3,63	3,63	3,68	3,65
MECK	8,06	8,44	8,97	9,02	9,66	9,79	10,77	12,01	11,52	11,97	12,54	13,45	14,39	14,17	15,05

Figuur 94: Personenwagen elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	9,08	8,99	12,63	12,11	12,32
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,57	0,56	0,47	0,45	0,41
MEMK	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
MECK	12,54	13,45	14,39	14,17	15,05

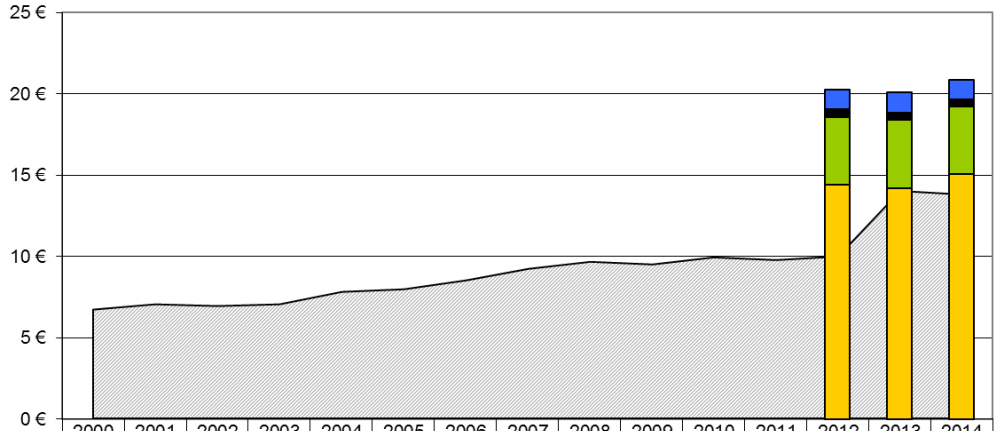
Figuur 95: Personenwagen hybride, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	0,00	10,03	10,44	10,67	13,07	13,04	12,82
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,65	0,60	0,57	0,56	0,47	0,45	0,41
MEMK	2,50	2,44	2,43	2,45	2,44	2,47	2,49
MECK	11,52	11,97	12,54	13,45	14,39	14,17	15,05

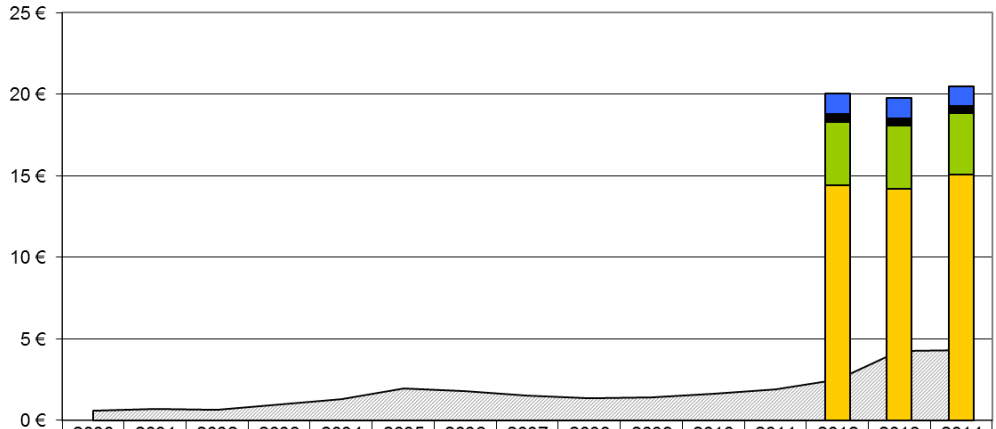
Wat de bedrijfswagens betreft zien we dat deze de marginale externe kosten veel minder internaliseren dan de gewone wagens. Een benzine bedrijfswagen internaliseert ongeveer twee derde van haar kosten (66%) – deels door de werkgever en deels door de werknemer - terwijl een gewone benzinewagen ongeveer 80% internaliseert. Voor diesel bedrijfswagens is de situatie nog erger. Zij internaliseren ongeveer 21% van hun marginale kosten in 2014 – vergeleken met 42% bij gewone dieselwagens. Al geldt voor beide types wel dat de situatie over de tijd verbeterd is.

Figuur 96: Bedrijfswagens benzine, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	6,71	7,02	6,89	7,00	7,77	7,96	8,48	9,20	9,63	9,50	9,93	9,73	9,96	14,02	13,79
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,45	0,41
MEMK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,17	4,22	4,17
MECK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,39	14,17	15,05

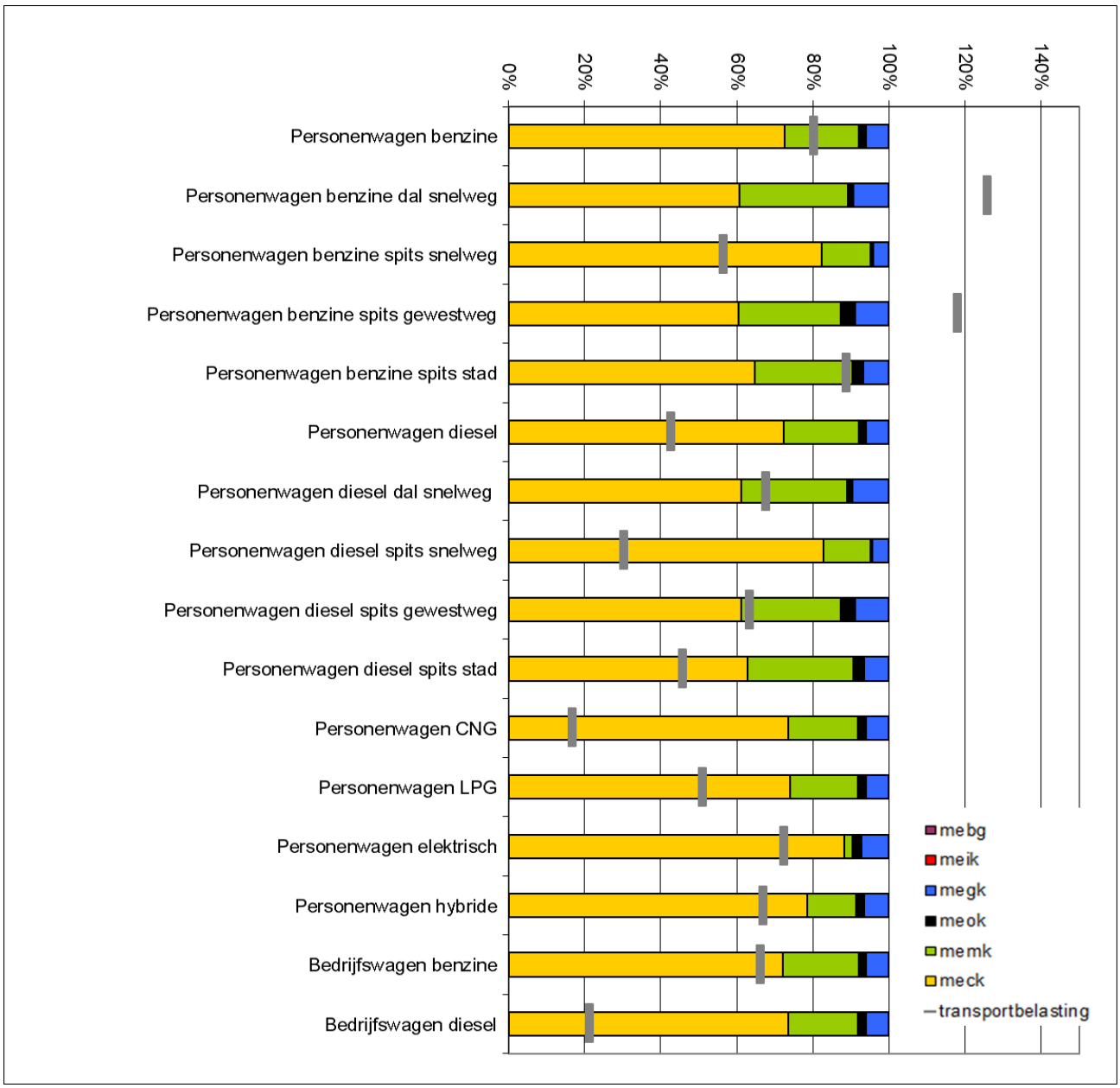
Figuur 97: Bedrijfswagens diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	0,60	0,71	0,65	0,97	1,32	1,95	1,80	1,51	1,39	1,41	1,66	1,92	2,54	4,25	4,33
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	1,25	1,25
MEOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,45	0,41
MEMK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,92	3,89	3,78
MECK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,39	14,17	15,05

De volgende figuur geeft een overzicht van de cijfers voor alle personenwagens voor 2014. De cijfers zijn relatief: de som van alle externe kosten is 100%.

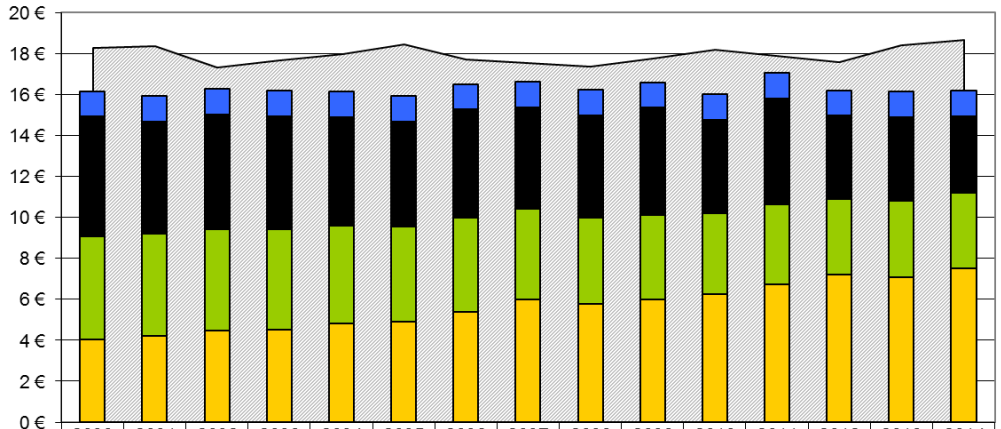
Figuur 98: Personenwagens, euro per 100 km (totale marginale externe kosten = 100%), Vlaanderen, 2014



4.1.2.3 Motorfietsen

In de vorige studie was de conclusie dat de marginale externe kosten van motorfietsen hoger waren dan die voor personenwagens, door hun hoog ongevalsrisico, maar ook door hun zeer hoge emissies. Deze studie toont echter aan dat motorfietsen te veel betalen. Dit komt vooral door de relatief hoge belastingen en heffingen (hoger dan voor personenwagens). Dit wordt dan weer veroorzaakt doordat motorfietsen relatief minder km rijden waardoor de vaste kosten hoger uitvallen.

Figuur 99: Motorfiets, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	18,28	18,38	17,32	17,66	17,96	18,46	17,73	17,55	17,37	17,75	18,18	17,87	17,58	18,42	18,67
MEBG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEGK	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
MEOK	5,84	5,46	5,63	5,53	5,31	5,13	5,29	4,95	5,00	5,25	4,55	5,19	4,05	4,10	3,72
MEMK	5,03	4,99	4,92	4,91	4,75	4,66	4,58	4,39	4,22	4,10	3,94	3,89	3,71	3,71	3,68
MECK	4,03	4,22	4,48	4,51	4,83	4,90	5,38	6,01	5,76	5,99	6,27	6,73	7,20	7,08	7,53

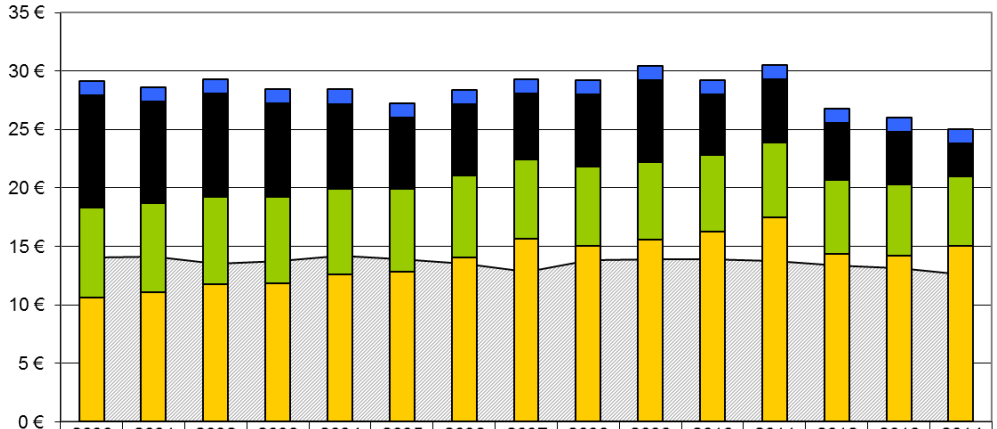
4.1.2.4 Vrachtwagens

Lichte vrachtwagens hebben marginale externe kosten rond de 25 euro per 100 voertuigkm, terwijl die voor zware vrachtwagens ongeveer een 50 euro zijn. Per tonkm heeft de lichte vrachtwagen de hoogste marginale externe kost.

Voor lichte vrachtwagens zijn de congestiekosten het hoogst, met daarnaast de ongevalskosten en milieukosten. Lichte vrachtwagens op diesel zijn iets minder milieuvriendelijk dan die op benzine en hebben dus hogere marginale externe kosten, terwijl het de lichte vrachtwagens op benzine zijn die de meeste transportbelastingen betalen. In beide gevallen zijn de belastingen lager dan de marginale externe kosten.

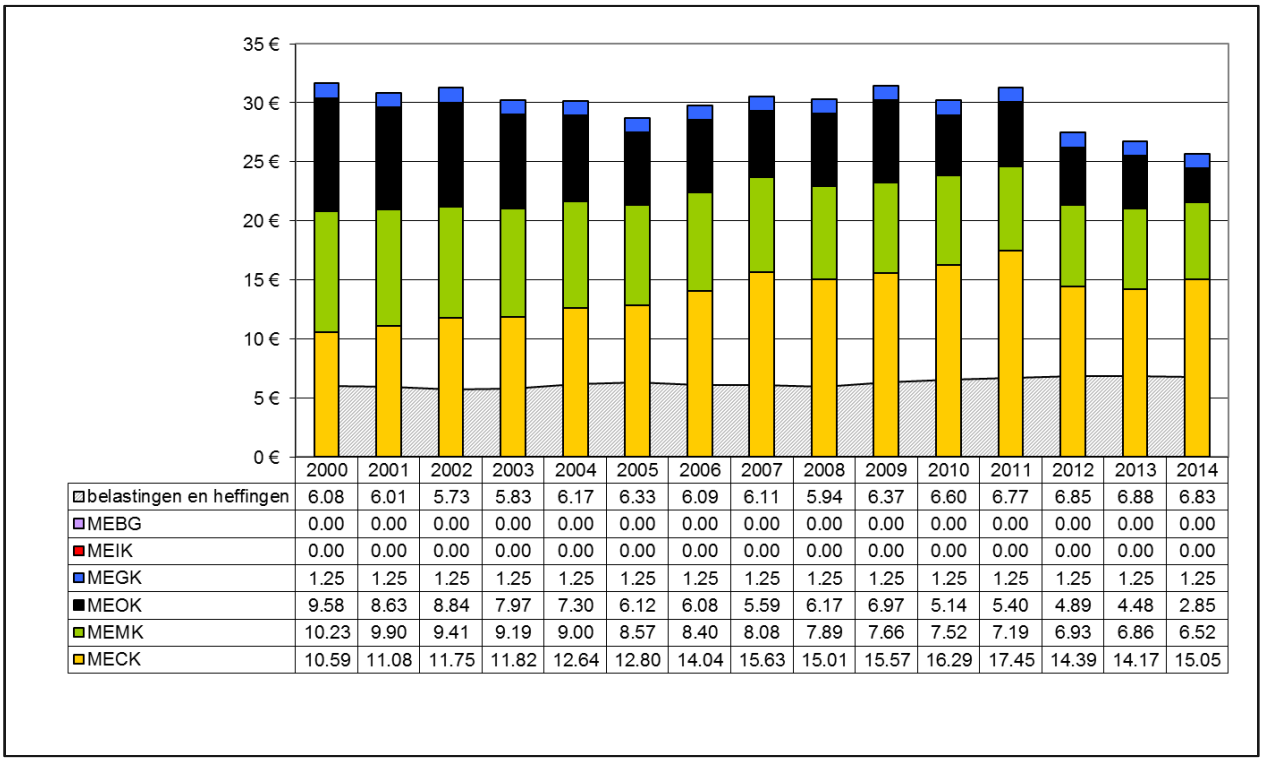
Het is duidelijk dat voor vrachtwagens de belastingen de marginale externe kosten niet dekken. Bij zware vrachtwagens is ook een vierde component belangrijk, naast congestie, milieu en ongevallen, namelijk de marginale schade aan de infrastructuur.

Figuur 100: Lichte vrachtwagen benzine, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



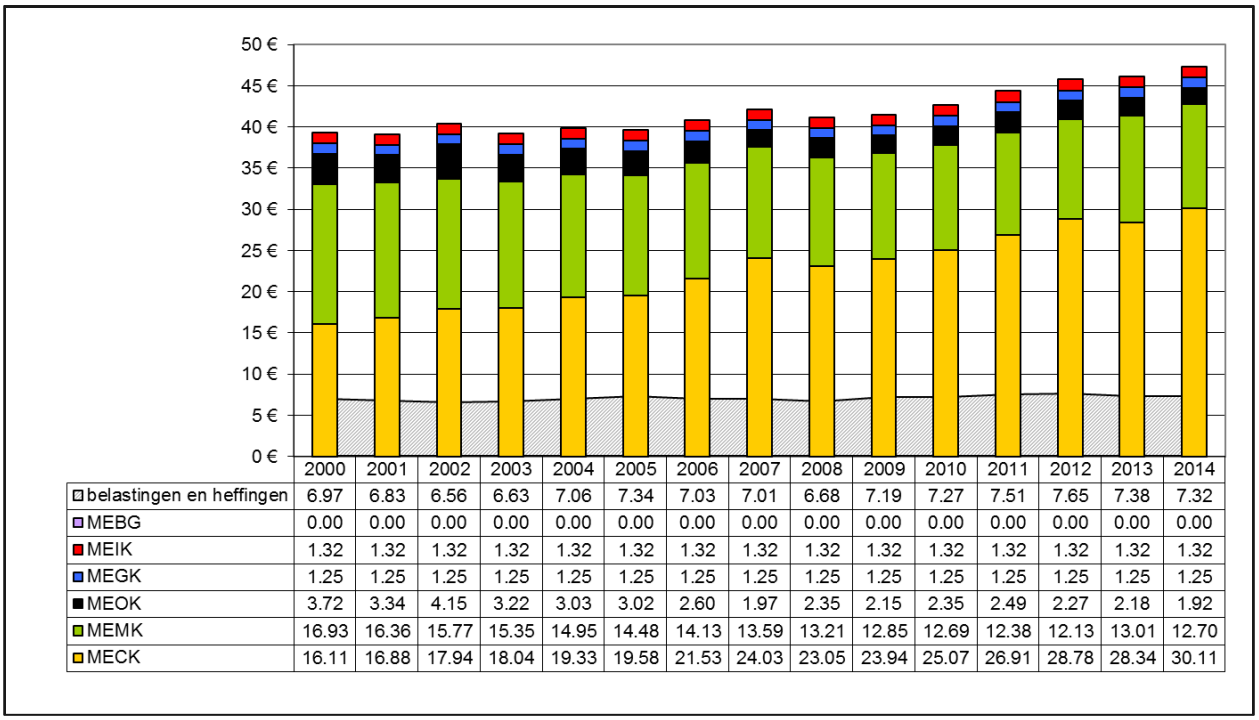
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	14.04	14.07	13.46	13.70	14.17	13.85	13.48	12.78	13.76	13.88	13.89	13.69	13.33	13.09	12.54
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	9.58	8.63	8.84	7.97	7.30	6.12	6.08	5.59	6.17	6.97	5.14	5.40	4.89	4.48	2.85
MEMK	7.74	7.64	7.47	7.42	7.25	7.08	7.01	6.82	6.80	6.64	6.55	6.45	6.26	6.12	5.89
MECK	10.59	11.08	11.75	11.82	12.64	12.80	14.04	15.63	15.01	15.57	16.29	17.45	14.39	14.17	15.05

Figuur 101: Lichte vrachtwagen diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



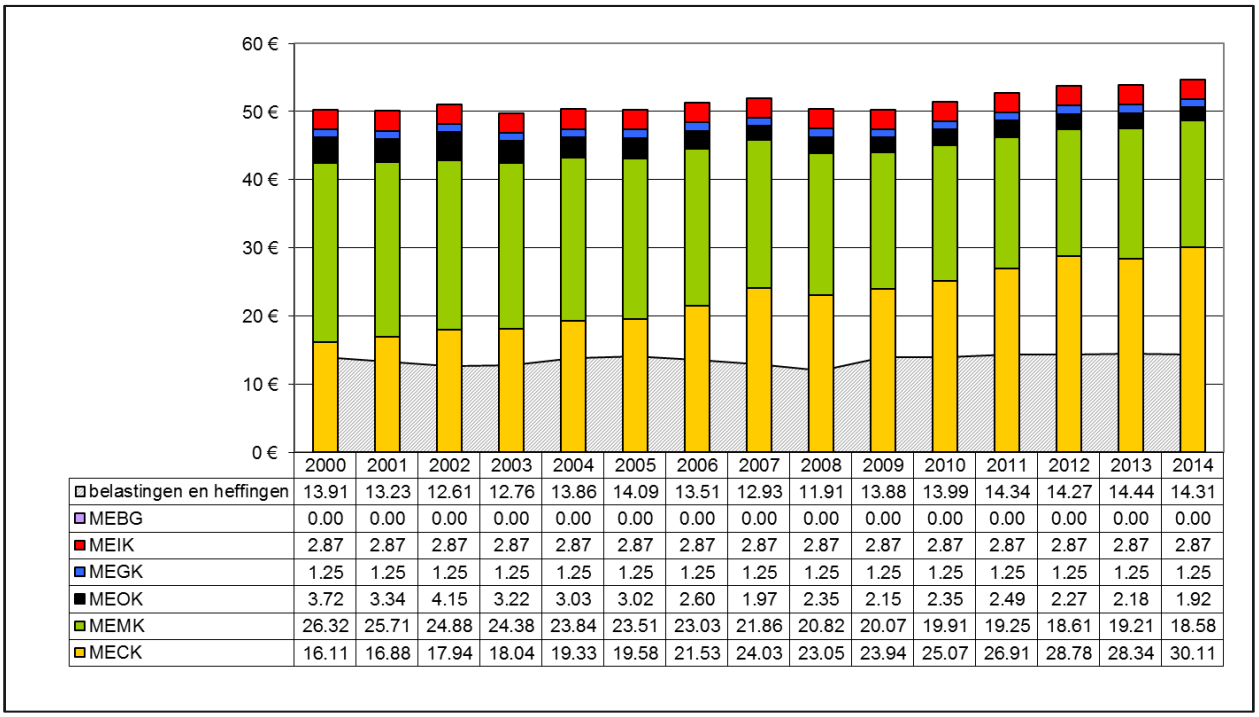
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	6.08	6.01	5.73	5.83	6.17	6.33	6.09	6.11	5.94	6.37	6.60	6.77	6.85	6.88	6.83
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	9.58	8.63	8.84	7.97	7.30	6.12	6.08	5.59	6.17	6.97	5.14	5.40	4.89	4.48	2.85
MEMK	10.23	9.90	9.41	9.19	9.00	8.57	8.40	8.08	7.89	7.66	7.52	7.19	6.93	6.86	6.52
MECK	10.59	11.08	11.75	11.82	12.64	12.80	14.04	15.63	15.01	15.57	16.29	17.45	14.39	14.17	15.05

Figuur 102: Zware vrachtwagen 3,5-12 ton diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	6.97	6.83	6.56	6.63	7.06	7.34	7.03	7.01	6.68	7.19	7.27	7.51	7.65	7.38	7.32
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	3.72	3.34	4.15	3.22	3.03	3.02	2.60	1.97	2.35	2.15	2.35	2.49	2.27	2.18	1.92
MEMK	16.93	16.36	15.77	15.35	14.95	14.48	14.13	13.59	13.21	12.85	12.69	12.38	12.13	13.01	12.70
MECK	16.11	16.88	17.94	18.04	19.33	19.58	21.53	24.03	23.05	23.94	25.07	26.91	28.78	28.34	30.11

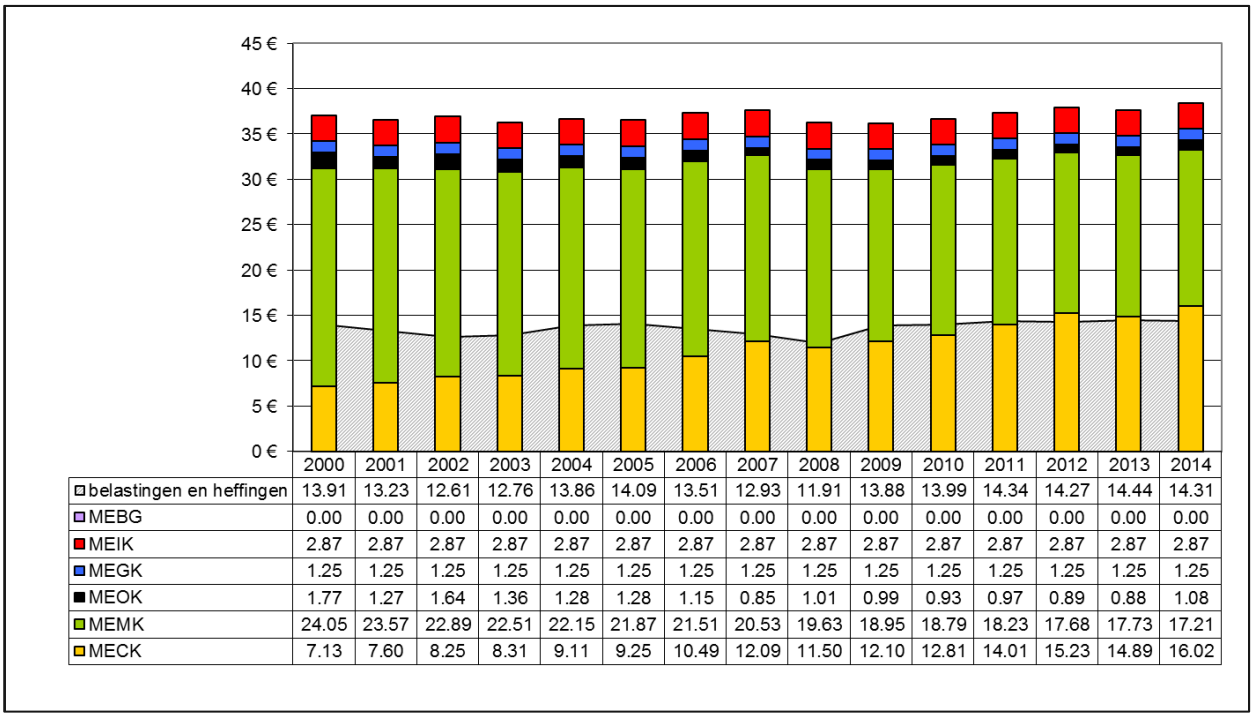
Figuur 103: Zware vrachtwagen +12 ton diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	13.91	13.23	12.61	12.76	13.86	14.09	13.51	12.93	11.91	13.88	13.99	14.34	14.27	14.44	14.31
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	3.72	3.34	4.15	3.22	3.03	3.02	2.60	1.97	2.35	2.15	2.35	2.49	2.27	2.18	1.92
MEMK	26.32	25.71	24.88	24.38	23.84	23.51	23.03	21.86	20.82	20.07	19.91	19.25	18.61	19.21	18.58
MECK	16.11	16.88	17.94	18.04	19.33	19.58	21.53	24.03	23.05	23.94	25.07	26.91	28.78	28.34	30.11

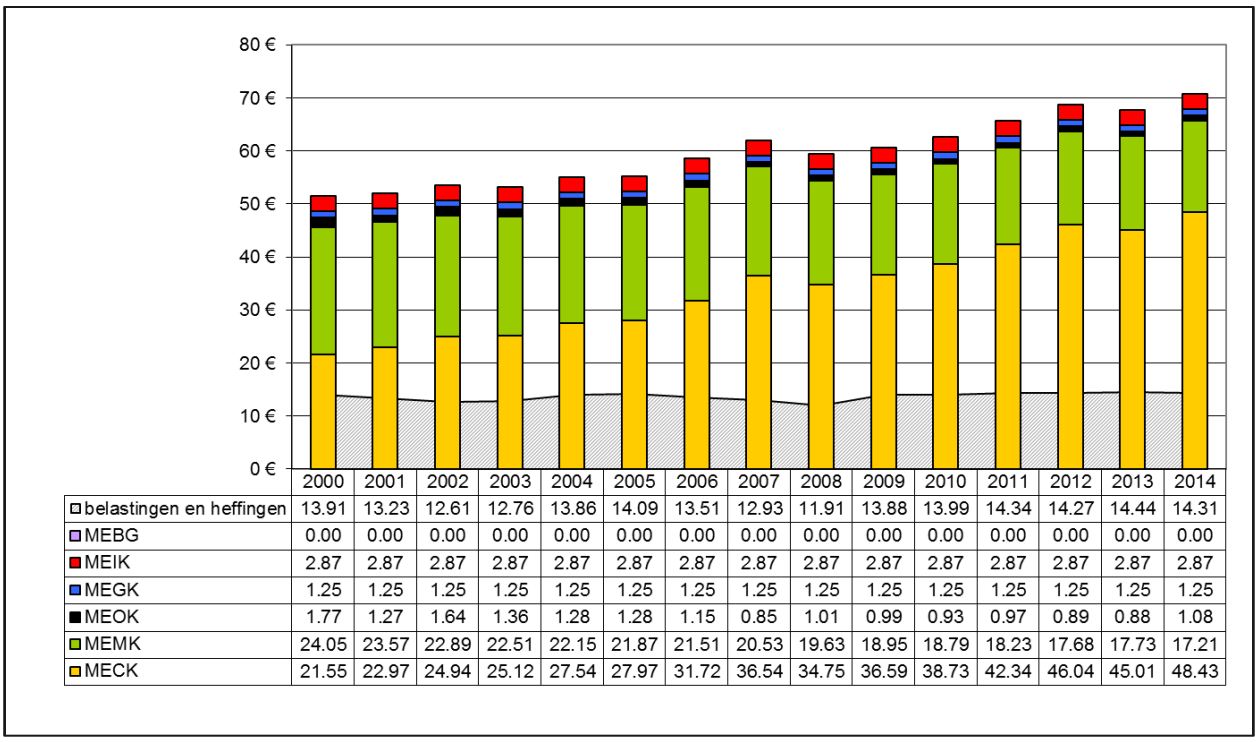
Voor de zwaarste categorie (+12 ton) werden ook enkele specifieke situaties berekend. Ook in de gunstige situatie zijn de marginale externe kosten veel groter dan de belastingen. Merk op dat deze figuur nog geen rekening houdt met de onlangs ingevoerde kilometerheffing.

Figuur 104: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (daluur, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



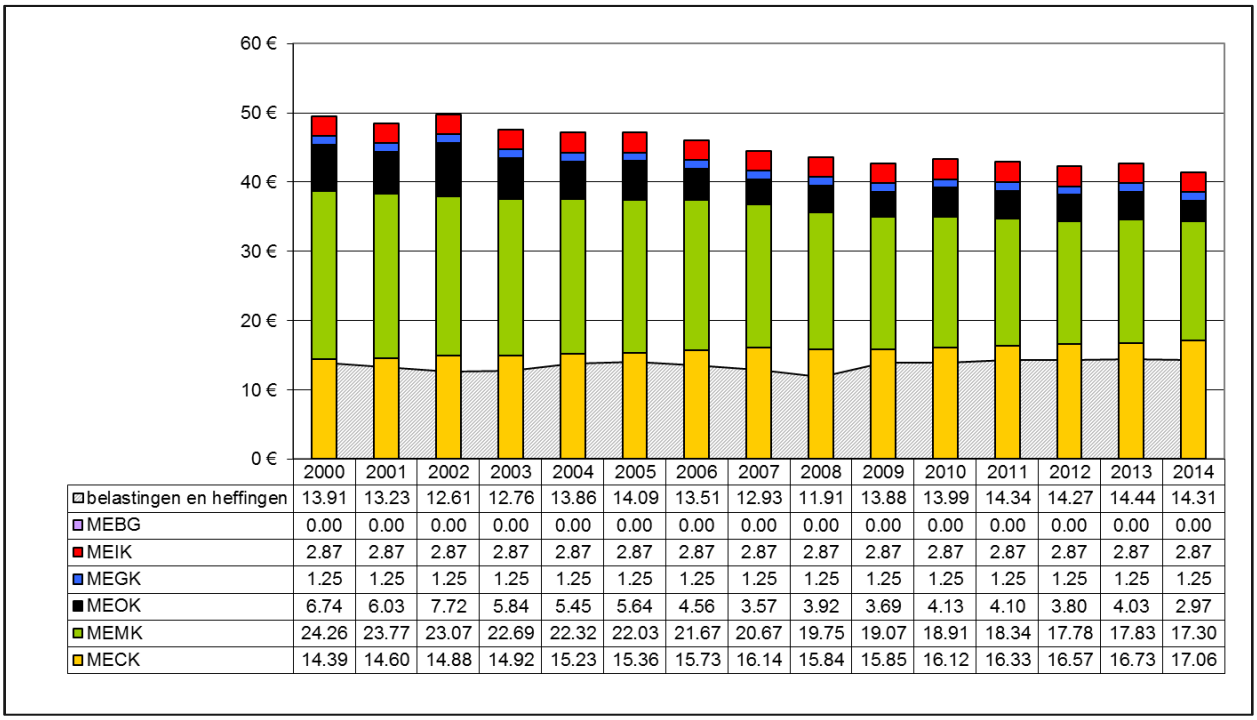
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	13.91	13.23	12.61	12.76	13.86	14.09	13.51	12.93	11.91	13.88	13.99	14.34	14.27	14.44	14.31
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	1.77	1.27	1.64	1.36	1.28	1.28	1.15	0.85	1.01	0.99	0.93	0.97	0.89	0.88	1.08
MEMK	24.05	23.57	22.89	22.51	22.15	21.87	21.51	20.53	19.63	18.95	18.79	18.23	17.68	17.73	17.21
MECK	7.13	7.60	8.25	8.31	9.11	9.25	10.49	12.09	11.50	12.10	12.81	14.01	15.23	14.89	16.02

Figuur 105: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (piek, snelweg), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



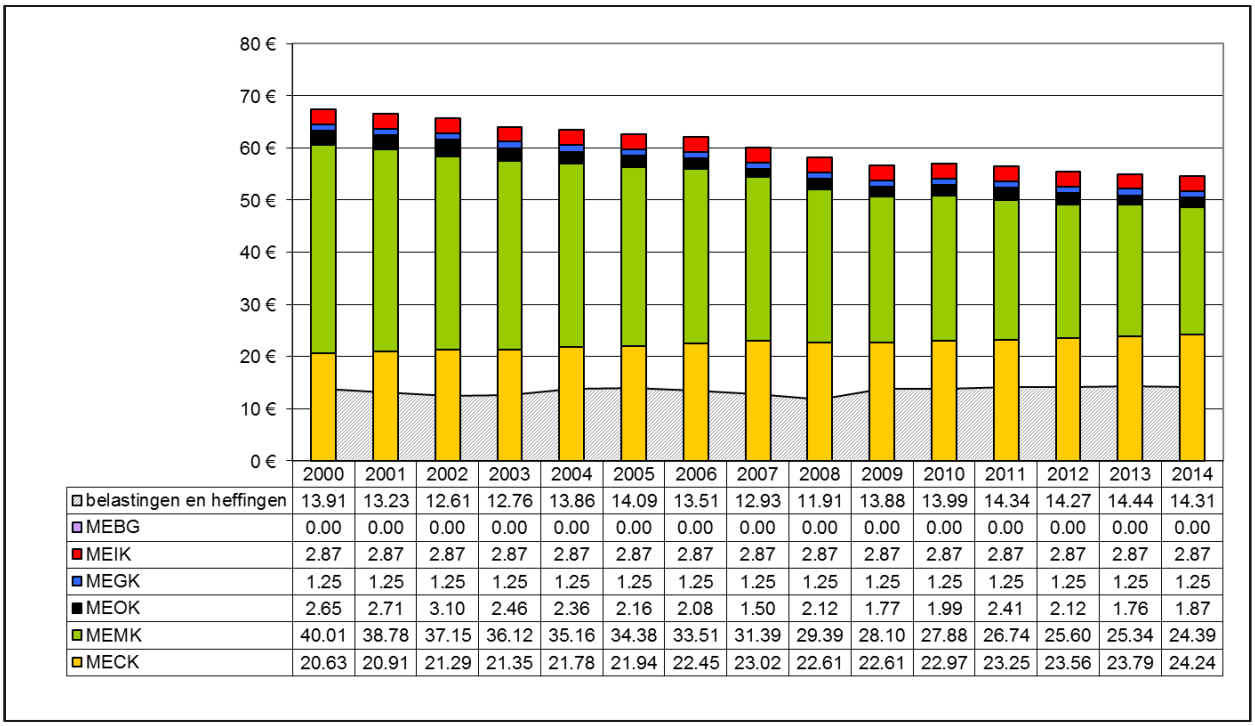
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	13.91	13.23	12.61	12.76	13.86	14.09	13.51	12.93	11.91	13.88	13.99	14.34	14.27	14.44	14.31
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	1.77	1.27	1.64	1.36	1.28	1.28	1.15	0.85	1.01	0.99	0.93	0.97	0.89	0.88	1.08
MEMK	24.05	23.57	22.89	22.51	22.15	21.87	21.51	20.53	19.63	18.95	18.79	18.23	17.68	17.73	17.21
MECK	21.55	22.97	24.94	25.12	27.54	27.97	31.72	36.54	34.75	36.59	38.73	42.34	46.04	45.01	48.43

Figuur 106: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (spitsuur, andere wegen), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	13.91	13.23	12.61	12.76	13.86	14.09	13.51	12.93	11.91	13.88	13.99	14.34	14.27	14.44	14.31
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	6.74	6.03	7.72	5.84	5.45	5.64	4.56	3.57	3.92	3.69	4.13	4.10	3.80	4.03	2.97
MEMK	24.26	23.77	23.07	22.69	22.32	22.03	21.67	20.67	19.75	19.07	18.91	18.34	17.78	17.83	17.30
MECK	14.39	14.60	14.88	14.92	15.23	15.36	15.73	16.14	15.84	15.85	16.12	16.33	16.57	16.73	17.06

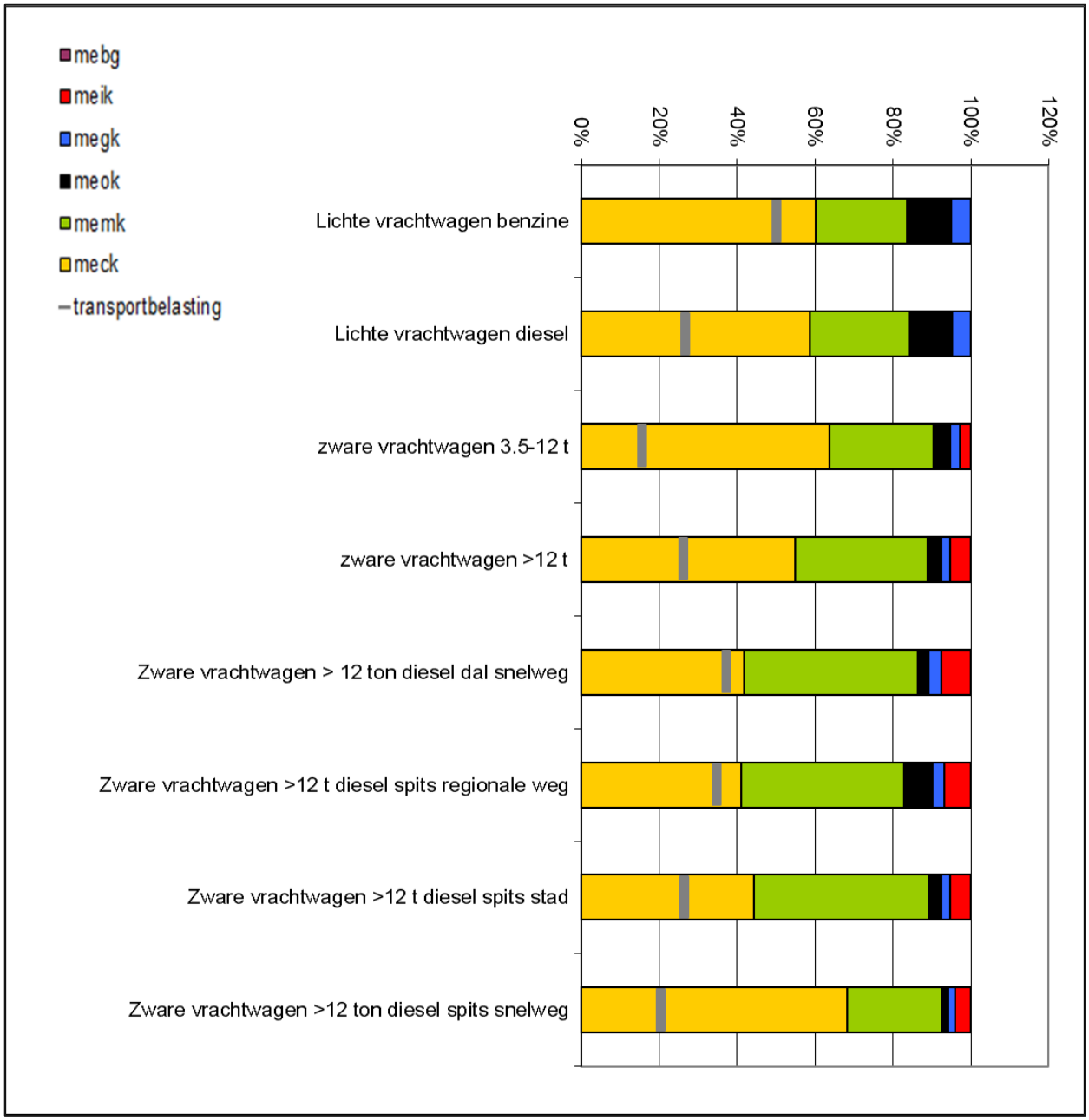
Figuur 107: Zware vrachtwagen +12 ton diesel (spitsuur, stad), euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	13.91	13.23	12.61	12.76	13.86	14.09	13.51	12.93	11.91	13.88	13.99	14.34	14.27	14.44	14.31
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	2.65	2.71	3.10	2.46	2.36	2.16	2.08	1.50	2.12	1.77	1.99	2.41	2.12	1.76	1.87
MEMK	40.01	38.78	37.15	36.12	35.16	34.38	33.51	31.39	29.39	28.10	27.88	26.74	25.60	25.34	24.39
MECK	20.63	20.91	21.29	21.35	21.78	21.94	22.45	23.02	22.61	22.61	22.97	23.25	23.56	23.79	24.24

De volgende figuur geeft een overzicht van de cijfers voor alle vrachtwagens voor 2014. De cijfers zijn relatief: de som van alle externe kosten is 100%.

Figuur 108: Vrachtwagens, euro per 100 km (totale marginale externe kosten = 100%), Vlaanderen, 2014

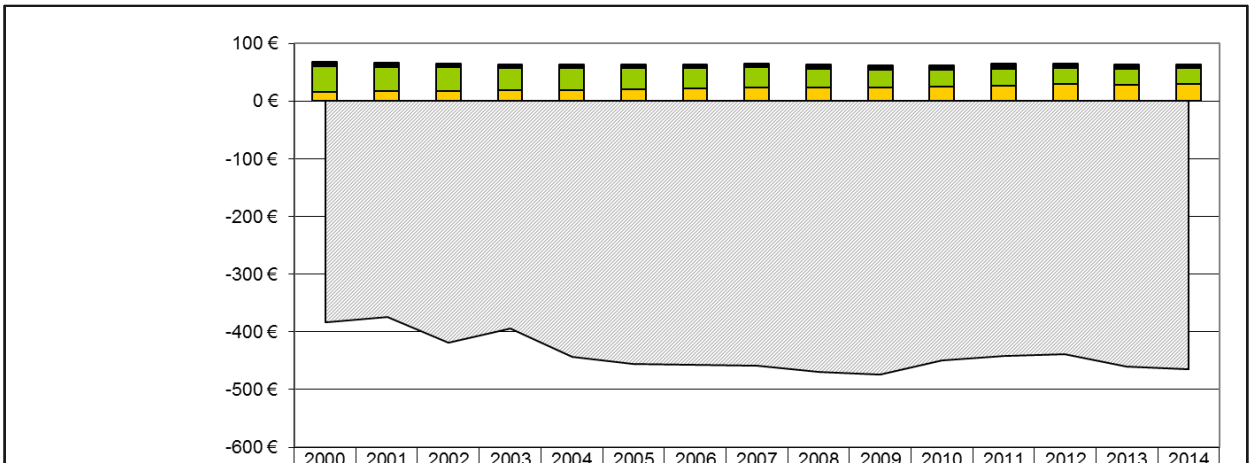


4.1.2.5 Bussen

Bussen hebben marginale externe kosten in dezelfde ordegrootte als die voor de zwaarste vrachtwagens (+12t).

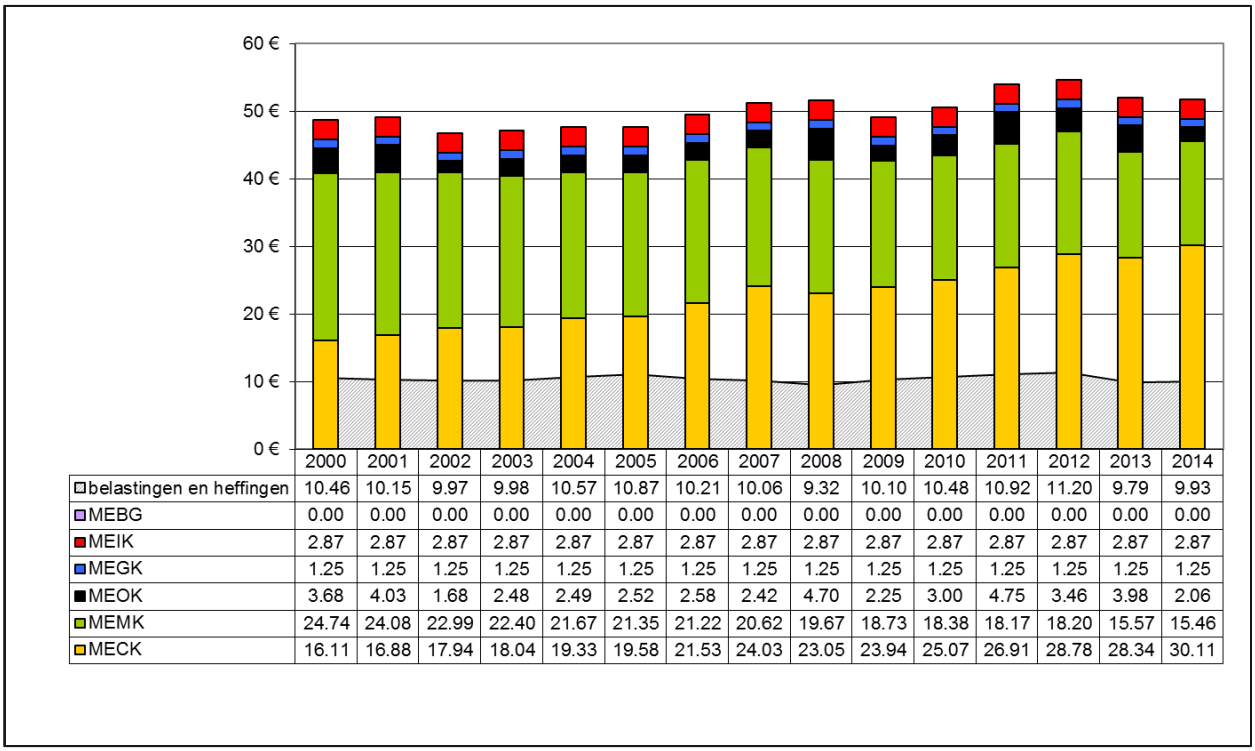
Lijnbussen hebben een negatieve graad van internalisering: in plaats van milieubelastingen te heffen, worden ze gesubsidieerd, waardoor de relatieve prijzen van de verschillende opties maatschappelijk vertekend worden. Dit kan een “second best” beleidsmaatregel zijn wanneer deze lage gebruikersprijs voor bijvoorbeeld de bus in de spits effectief het gebruik van andere vervoersmiddelen – met hogere externe kosten (bv. de wagen) vermindert. Ook kunnen er andere, sociale motieven meespelen.
Reisbussen betalen wel transportbelastingen en internaliseren ongeveer 19% van hun externe kosten.

Figuur 109: Lijnbus diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	-383.3	-374.4	-419.3	-395.3	-444.4	-456.4	-457.4	-459.2	-469.0	-473.8	-450.1	-441.5	-439.0	-460.2	-465.8
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	3.68	4.03	1.68	2.48	2.49	2.52	2.58	2.42	4.70	2.25	3.00	4.75	3.46	3.98	2.06
MEMK	44.55	42.01	40.38	39.11	37.66	36.87	35.59	33.98	32.12	30.89	29.67	28.79	28.38	27.05	26.35
MECK	16.11	16.88	17.94	18.04	19.33	19.58	21.53	24.03	23.05	23.94	25.07	26.91	28.78	28.34	30.11

Figuur 110: Reisbus diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	10.46	10.15	9.97	9.98	10.57	10.87	10.21	10.06	9.32	10.10	10.48	10.92	11.20	9.79	9.93
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
MEGK	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
MEOK	3.68	4.03	1.68	2.48	2.49	2.52	2.58	2.42	4.70	2.25	3.00	4.75	3.46	3.98	2.06
MEMK	24.74	24.08	22.99	22.40	21.67	21.35	21.22	20.62	19.67	18.73	18.38	18.17	18.20	15.57	15.46
MECK	16.11	16.88	17.94	18.04	19.33	19.58	21.53	24.03	23.05	23.94	25.07	26.91	28.78	28.34	30.11

4.1.3 Spoorvervoer

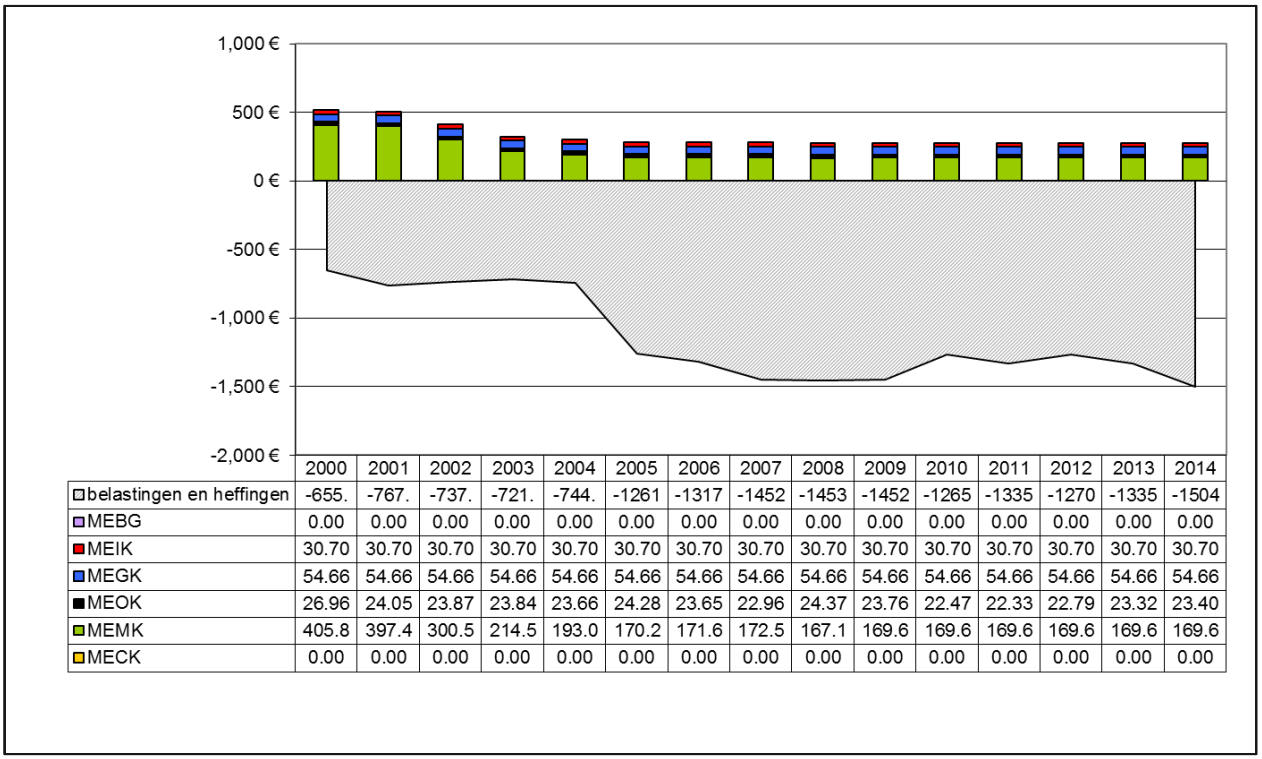
Het spoorvervoer heeft – per passagierskm - zeer lage marginale externe kosten, met kleine cijfers voor congestie, ongevallen en infrastructuur. Vooral de elektrische treinen scoren goed – door de zeer lage milieukosten.

Voor passagierstreinen is er, net zoals bij lijnbussen, een negatieve internalisering: in plaats van milieubelastingen te heffen, is het vervoermiddel gesubsidieerd. Naast de directe subsidies beschouwen we het verschil in BTW (6% in plaats van 21% BTW) op de ticketprijs ook als een vorm van subsidie. Merk op dat de reorganisatie bij de NMBS in 2005 ertoe leidt dat sommige cijfers een sprong maken in dat jaar (zie hoofdstuk 2.8.4).

Internationale passagierstreinen daarentegen betalen meer dan hun externe kosten.

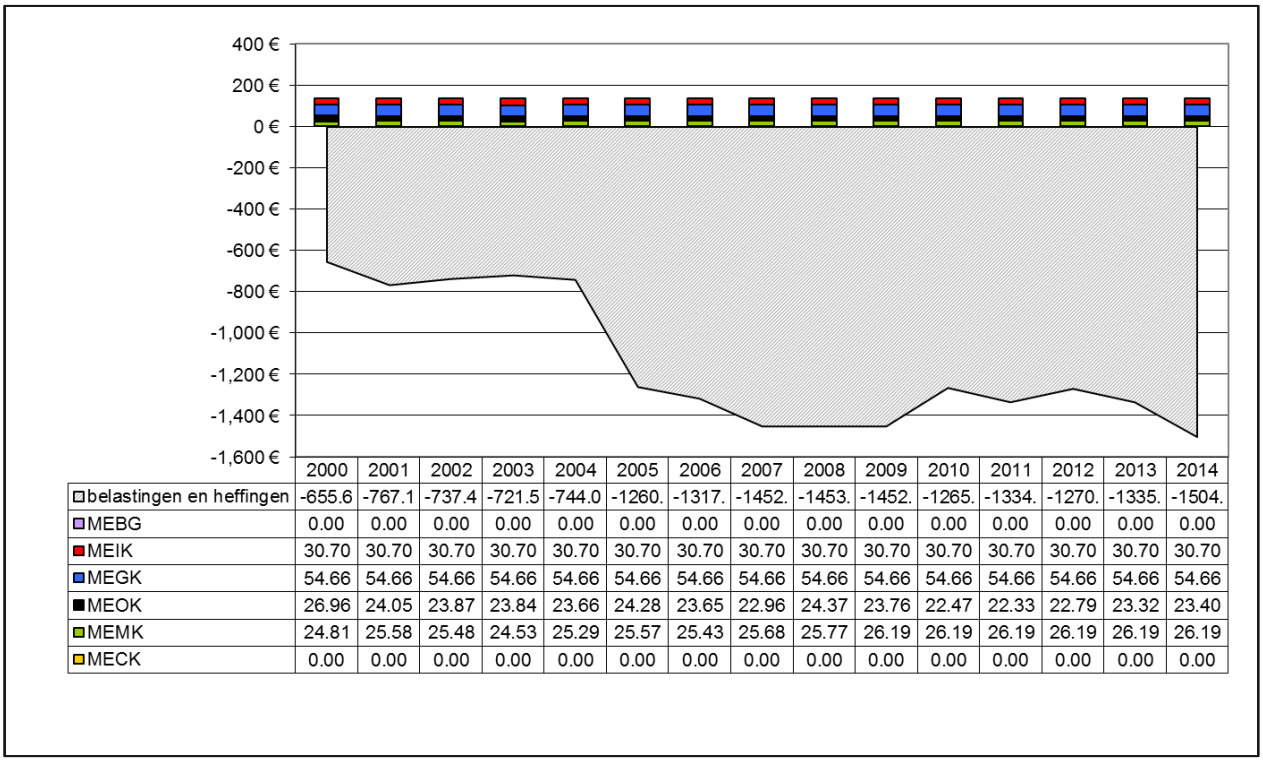
Bij goederenvervoer zien we dat dieseltreinen een deel van hun externe kosten betalen, terwijl elektrische treinen te veel betalen.

Figuur 111: Passagierstrein nationaal - diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



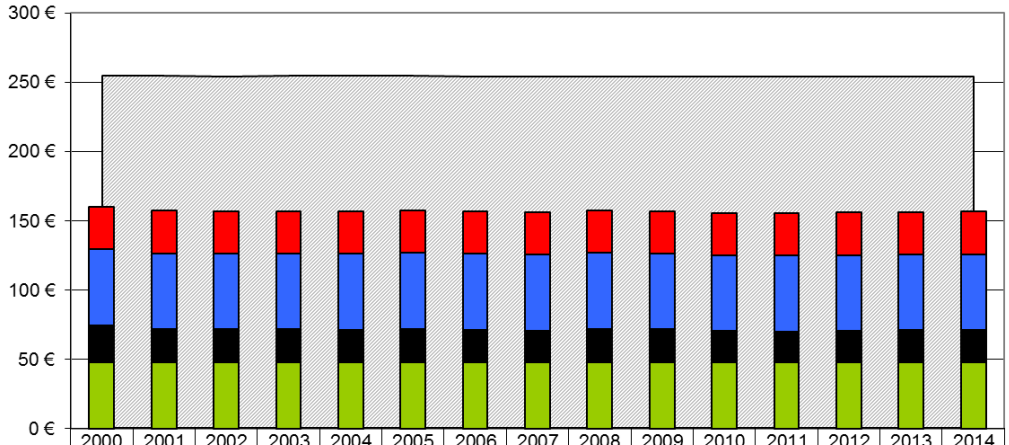
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	-655.	-767.	-737.	-721.	-744.	-1261	-1317	-1452	-1453	-1452	-1265	-1335	-1270	-1335	-1504
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70
MEGK	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66
MEOK	26.96	24.05	23.87	23.84	23.66	24.28	23.65	22.96	24.37	23.76	22.47	22.33	22.79	23.32	23.40
MEMK	405.8	397.4	300.5	214.5	193.0	170.2	171.6	172.5	167.1	169.6	169.6	169.6	169.6	169.6	169.6
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 112: Passagierstrein nationaal - elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



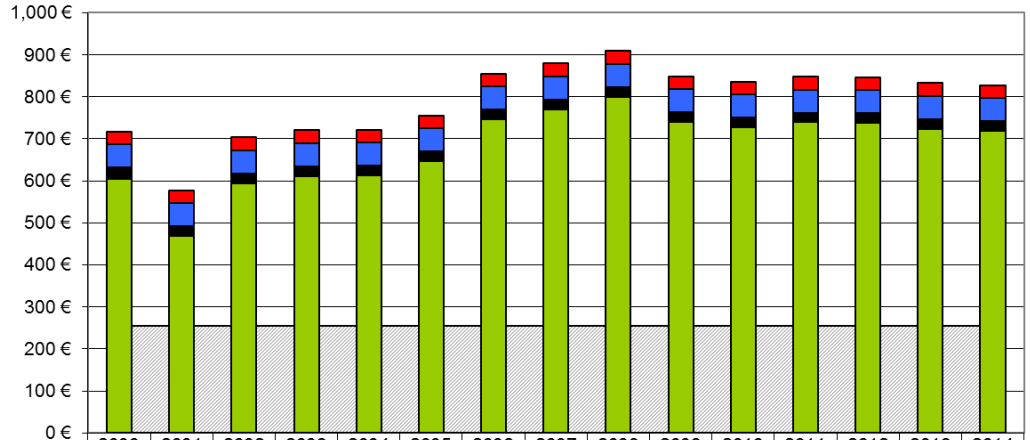
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	-655.6	-767.1	-737.4	-721.5	-744.0	-1260.	-1317.	-1452.	-1453.	-1452.	-1265.	-1334.	-1270.	-1335.	-1504.
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70
MEGK	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66
MEOK	26.96	24.05	23.87	23.84	23.66	24.28	23.65	22.96	24.37	23.76	22.47	22.33	22.79	23.32	23.40
MEMK	24.81	25.58	25.48	24.53	25.29	25.57	25.43	25.68	25.77	26.19	26.19	26.19	26.19	26.19	26.19
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 113: Passagierstrein internationaal - elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



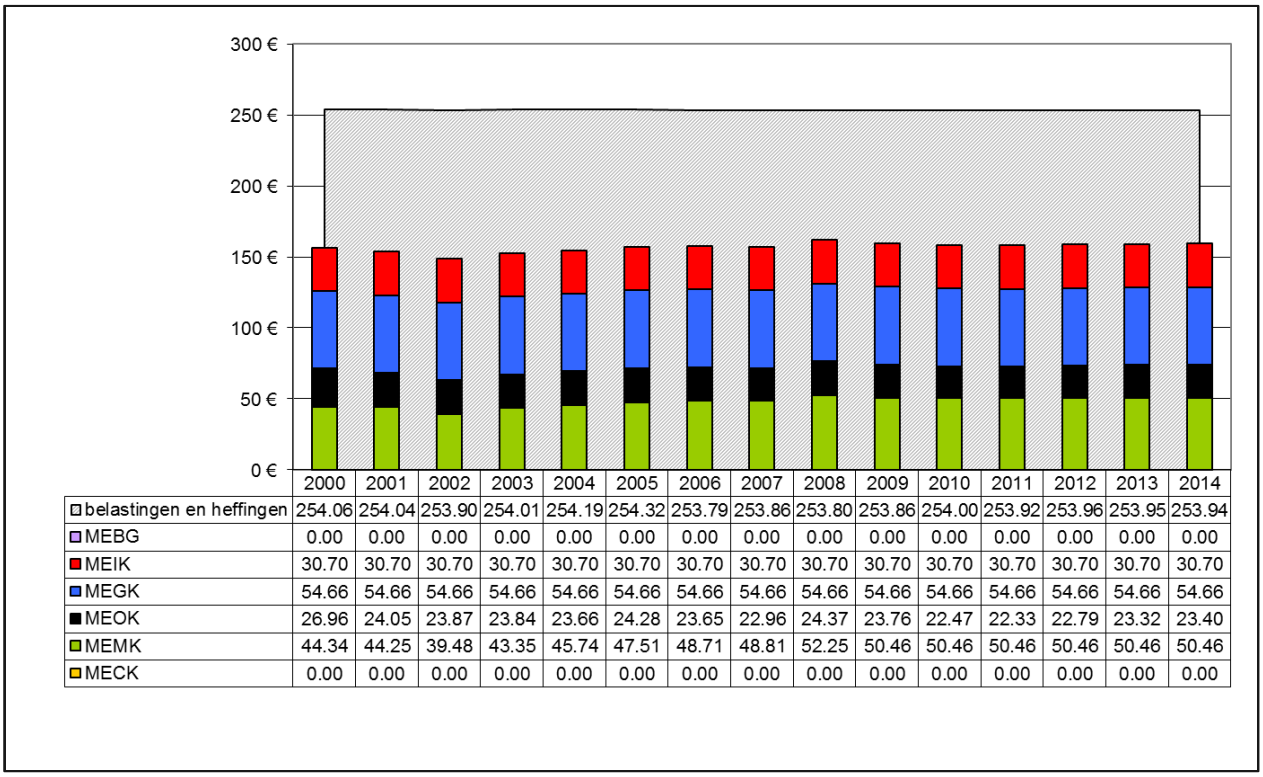
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	254.1	254.0	253.9	254.0	254.2	254.3	253.7	253.8	253.7	253.8	253.9	253.8	253.9	253.9	253.9
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70
MEGK	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66
MEOK	26.96	24.05	23.87	23.84	23.66	24.28	23.65	22.96	24.37	23.76	22.47	22.33	22.79	23.32	23.40
MEMK	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72	47.72
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 114: Goederentrein - diesel, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	253.61	253.59	253.61	253.62	253.63	253.66	253.68	253.68	253.67	253.68	253.69	253.70	253.71	253.70	253.70
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70
MEGK	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66
MEOK	26.96	24.05	23.87	23.84	23.66	24.28	23.65	22.96	24.37	23.76	22.47	22.33	22.79	23.32	23.40
MEMK	604.65	467.94	594.10	610.80	612.24	645.77	745.67	770.57	798.64	739.43	727.47	739.53	737.83	723.45	718.75
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 115: Goederentrein – elektrisch, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014

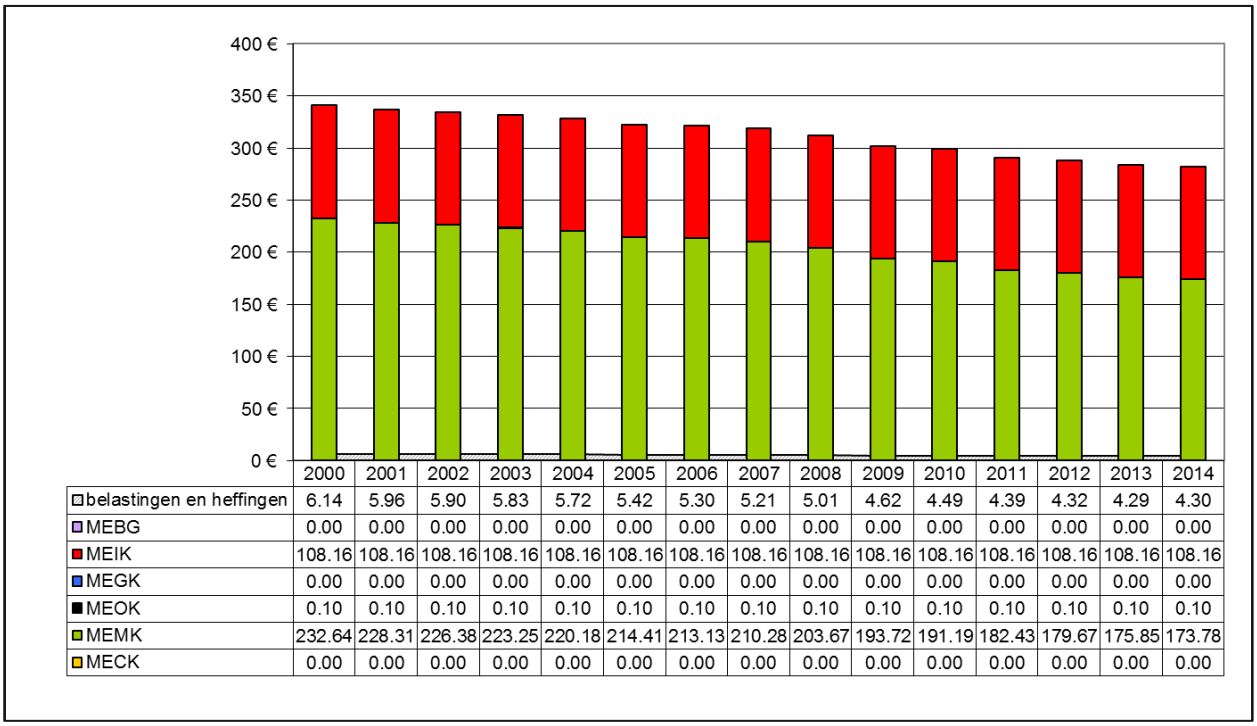


	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	254.06	254.04	253.90	254.01	254.19	254.32	253.79	253.86	253.80	253.86	254.00	253.92	253.96	253.95	253.94
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70
MEGK	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66
MEOK	26.96	24.05	23.87	23.84	23.66	24.28	23.65	22.96	24.37	23.76	22.47	22.33	22.79	23.32	23.40
MEMK	44.34	44.25	39.48	43.35	45.74	47.51	48.71	48.81	52.25	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.1.4 Binnenvaart

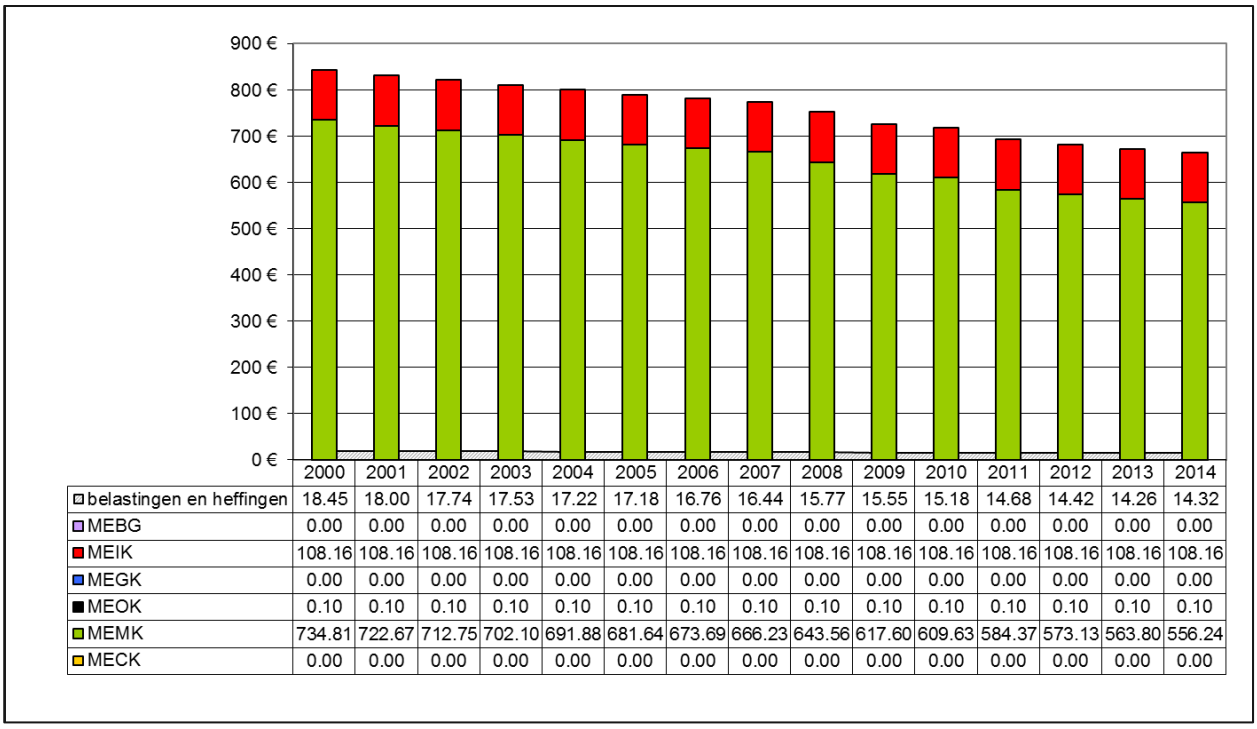
Volgende figuren geven een overzicht van de binnenvaart. De grootste marginale externe kosten zijn die voor milieu en infrastructuur. De transportbelastingen zijn zeer klein ten opzichte van de marginale externe kosten.

Figuur 116: Binnenvaart Spits, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



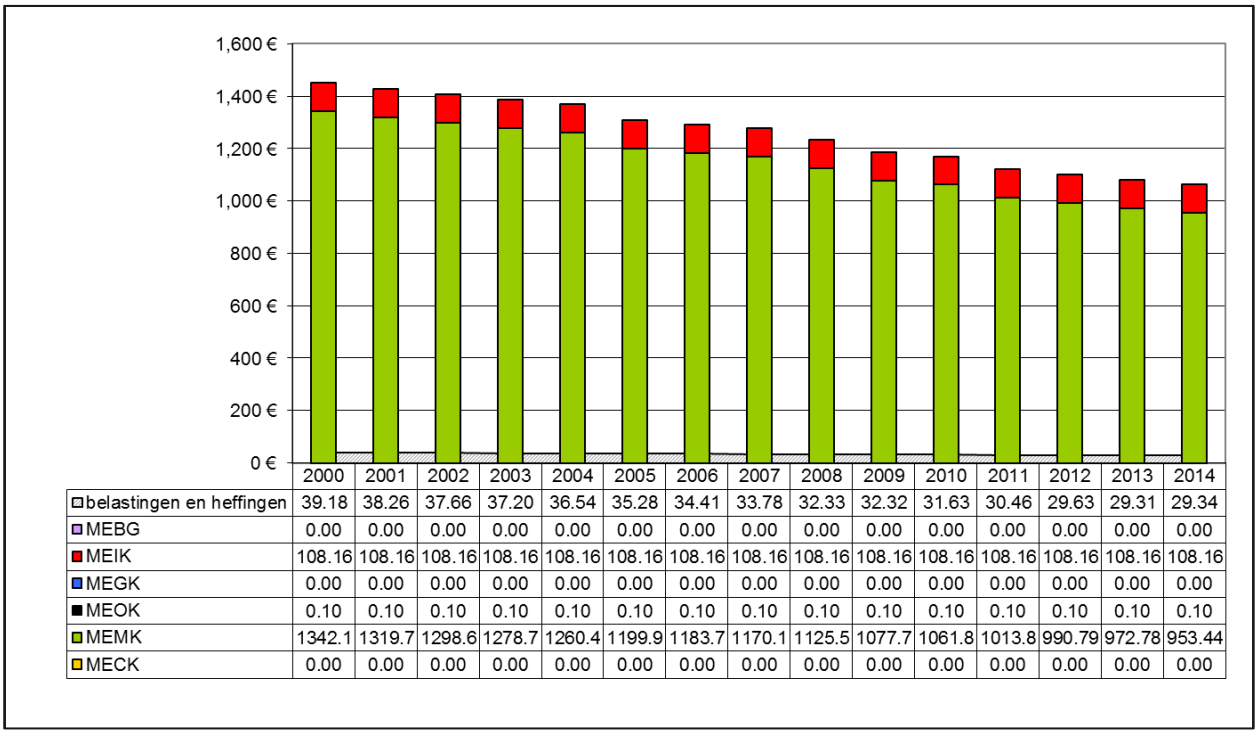
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	6.14	5.96	5.90	5.83	5.72	5.42	5.30	5.21	5.01	4.62	4.49	4.39	4.32	4.29	4.30
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MEMK	232.64	228.31	226.38	223.25	220.18	214.41	213.13	210.28	203.67	193.72	191.19	182.43	179.67	175.85	173.78
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 117: Binnenvaart Europa, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	18.45	18.00	17.74	17.53	17.22	17.18	16.76	16.44	15.77	15.55	15.18	14.68	14.42	14.26	14.32
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MEMK	734.81	722.67	712.75	702.10	691.88	681.64	673.69	666.23	643.56	617.60	609.63	584.37	573.13	563.80	556.24
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 118: Binnenvaart groot cargo schip, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014

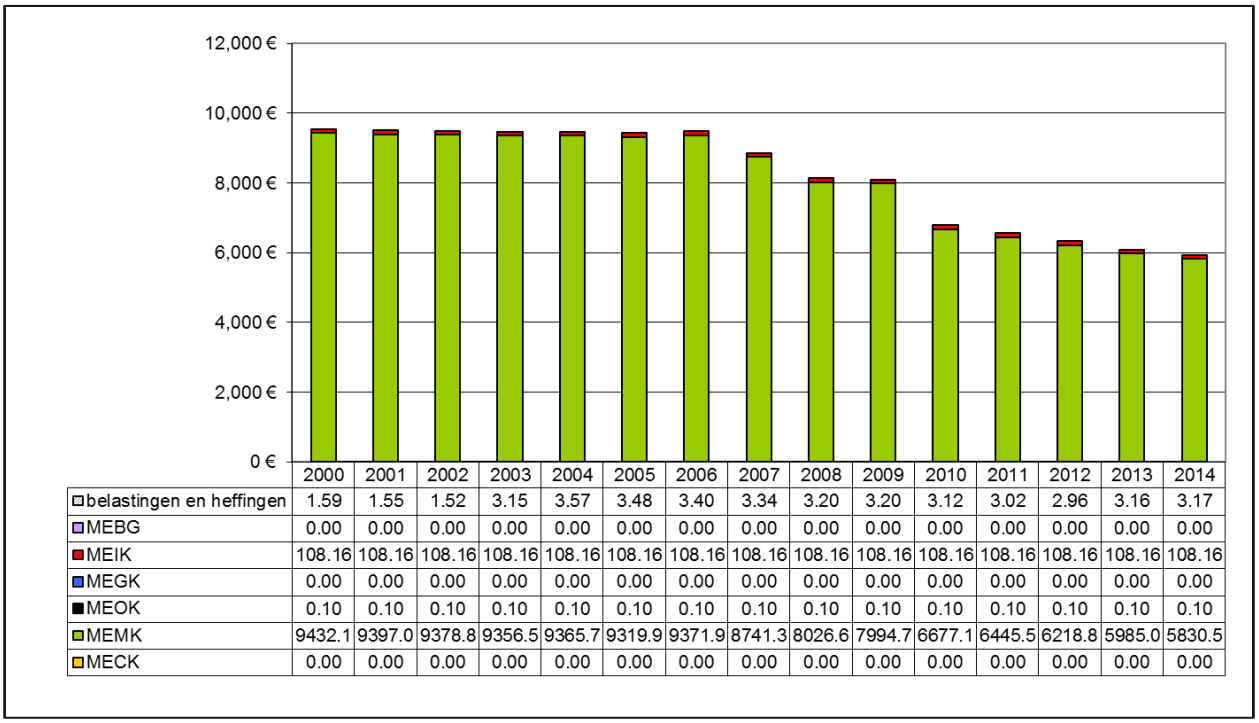


	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	39.18	38.26	37.66	37.20	36.54	35.28	34.41	33.78	32.33	32.32	31.63	30.46	29.63	29.31	29.34
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MEMK	1342.1	1319.7	1298.6	1278.7	1260.4	1199.9	1183.7	1170.1	1125.5	1077.7	1061.8	1013.8	990.79	972.78	953.44
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.1.5 Zeevaart

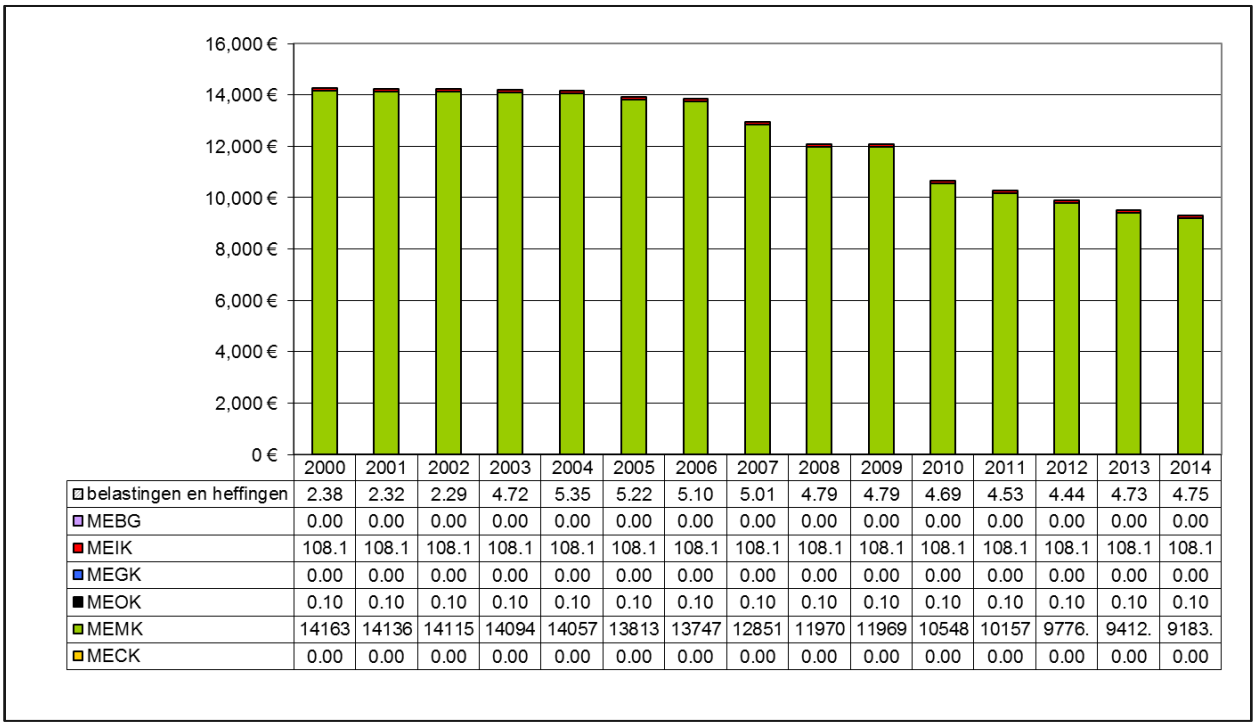
Volgende figuren geven een overzicht van de zeevaart. De grootste marginale externe kosten zijn die voor de emissies. Deze dalen sterk over de tijd. Zo werd vanaf 2007 de Noordzee als SECA-zone (sulphur emission control area) ingesteld waardoor het zwavelgehalte van scheepsbrandstoffen in deze zone beperkt werd tot maximaal 1,5 %, met verdere dalingen tot maximale zwavelgehaltes van 1% in 2010 en 0,1% in 2015. Er zijn weinig milieubelastingen voor zeevaart en de internalisatiegraad is dus quasi 0%.

Figuur 119: Zeevaart RoRo, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



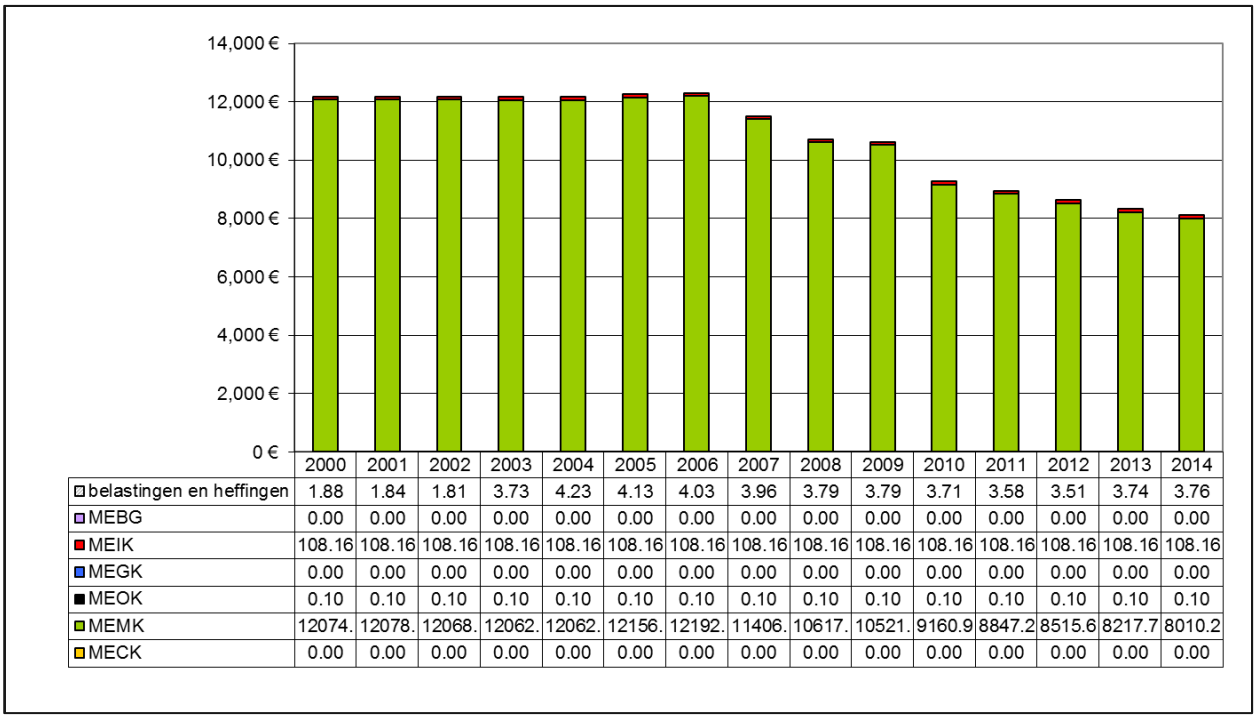
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	1.59	1.55	1.52	3.15	3.57	3.48	3.40	3.34	3.20	3.20	3.12	3.02	2.96	3.16	3.17
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MEMK	9432.1	9397.0	9378.8	9356.5	9365.7	9319.9	9371.9	8741.3	8026.6	7994.7	6677.1	6445.5	6218.8	5985.0	5830.5
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 120: Zeevaart Container, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	2.38	2.32	2.29	4.72	5.35	5.22	5.10	5.01	4.79	4.79	4.69	4.53	4.44	4.73	4.75
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1	108.1
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MEMK	14163	14136	14115	14094	14057	13813	13747	12851	11970	11969	10548	10157	9776.	9412.	9183.
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 121: Zeevaart Bulk, euro per 100 km, Vlaanderen, 2000-2014

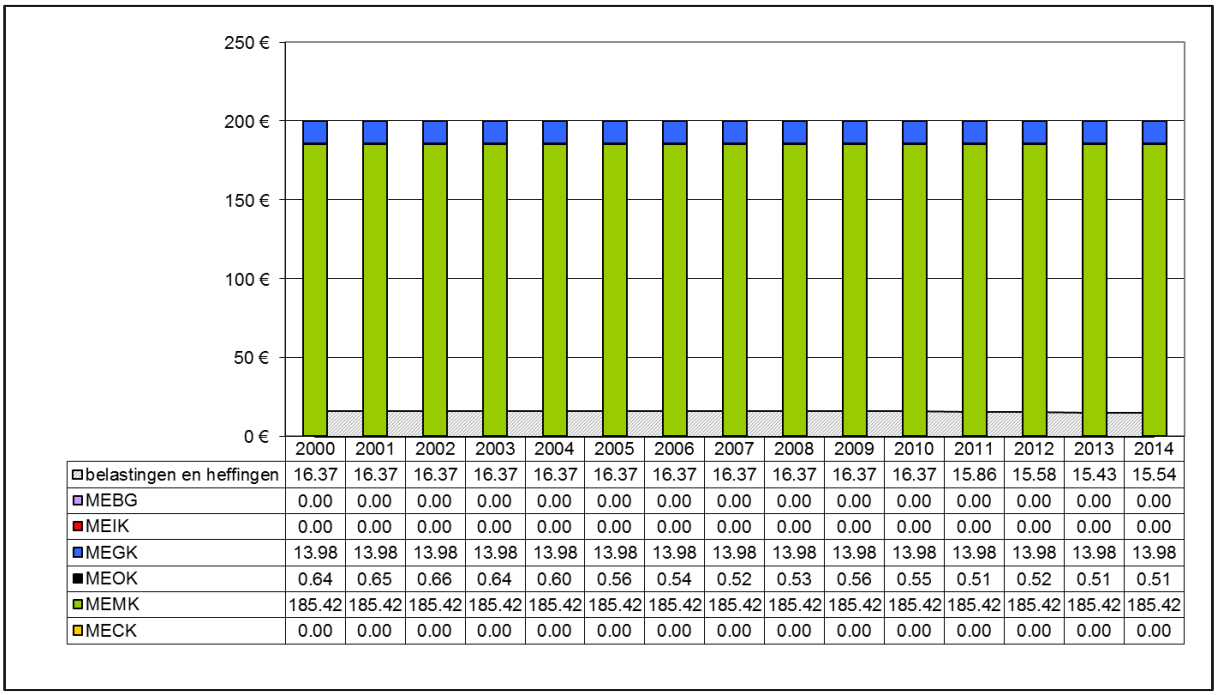


	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	1.88	1.84	1.81	3.73	4.23	4.13	4.03	3.96	3.79	3.79	3.71	3.58	3.51	3.74	3.76
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16
MEGK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEOK	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MEMK	12074.	12078.	12068.	12062.	12062.	12156.	12192.	11406.	10617.	10521.	9160.9	8847.2	8515.6	8217.7	8010.2
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.1.6 Luchtvaart

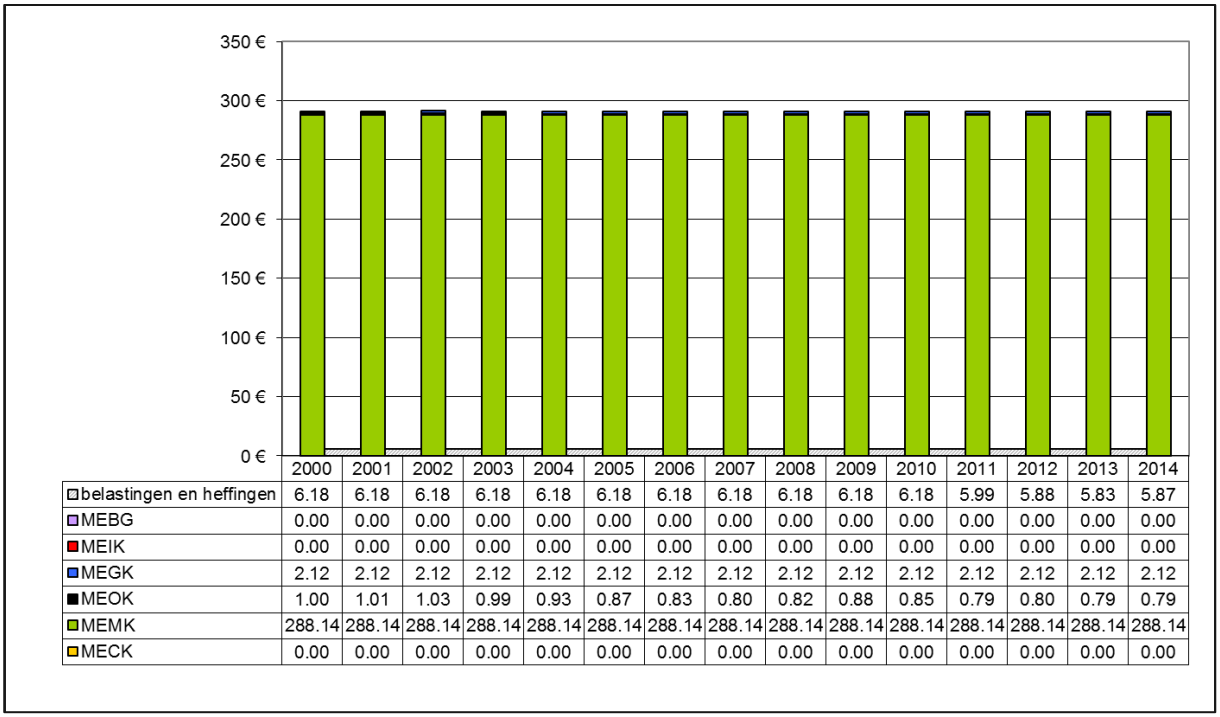
Voor luchtvaart zien we dat over het algemeen langere vluchten een lagere internalisatiegraad hebben dan korte vluchten. Dit komt deels omdat een aantal vaste belastingen bij lange vluchten over meer km gedeeld worden. Korte passagiersvluchten internaliseren 8% van hun externe kosten en lange vluchten slechts 2%. Goederen transport over de korte afstand internaliseert 19%, maar slechts 5% over de lange afstand. De belangrijkste externe kosten zijn de milieukosten.

Figuur 122: Luchtvaart passagiers, korte afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014



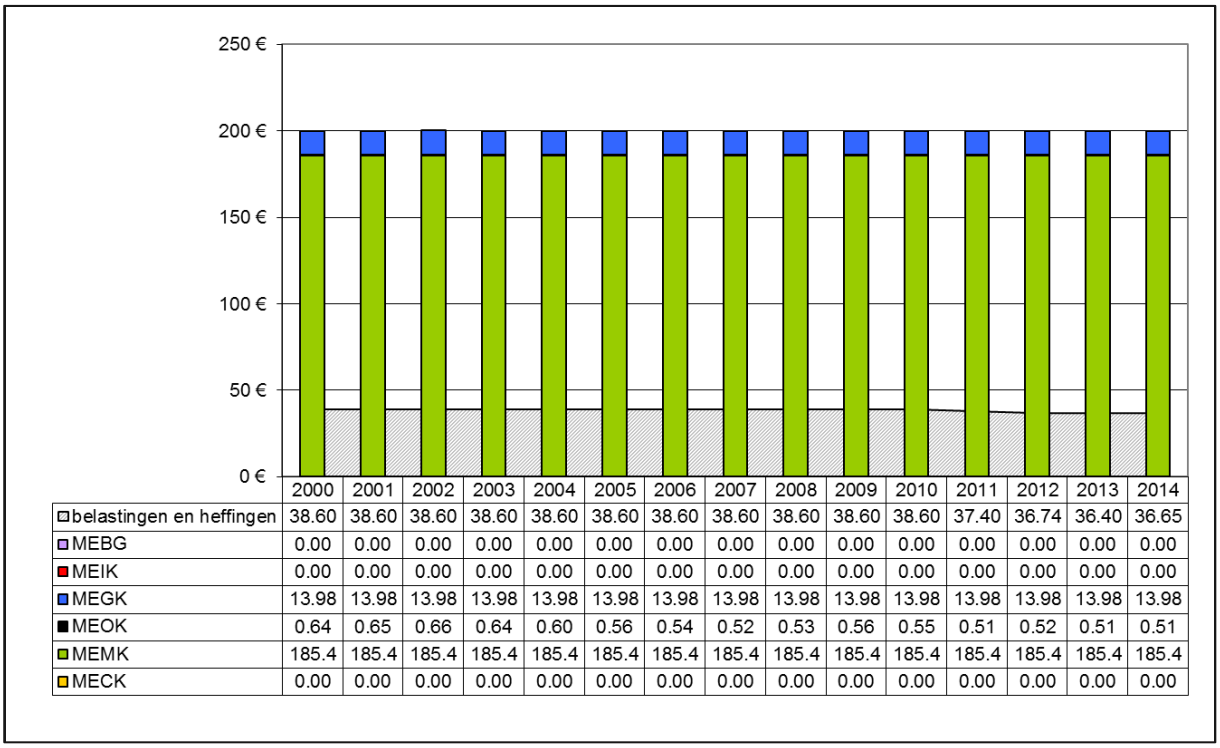
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37	15.86	15.58	15.43	15.54
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98
MEOK	0.64	0.65	0.66	0.64	0.60	0.56	0.54	0.52	0.53	0.56	0.55	0.51	0.52	0.51	0.51
MEMK	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42	185.42
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 123: Luchtvaart passagiers, lange afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014



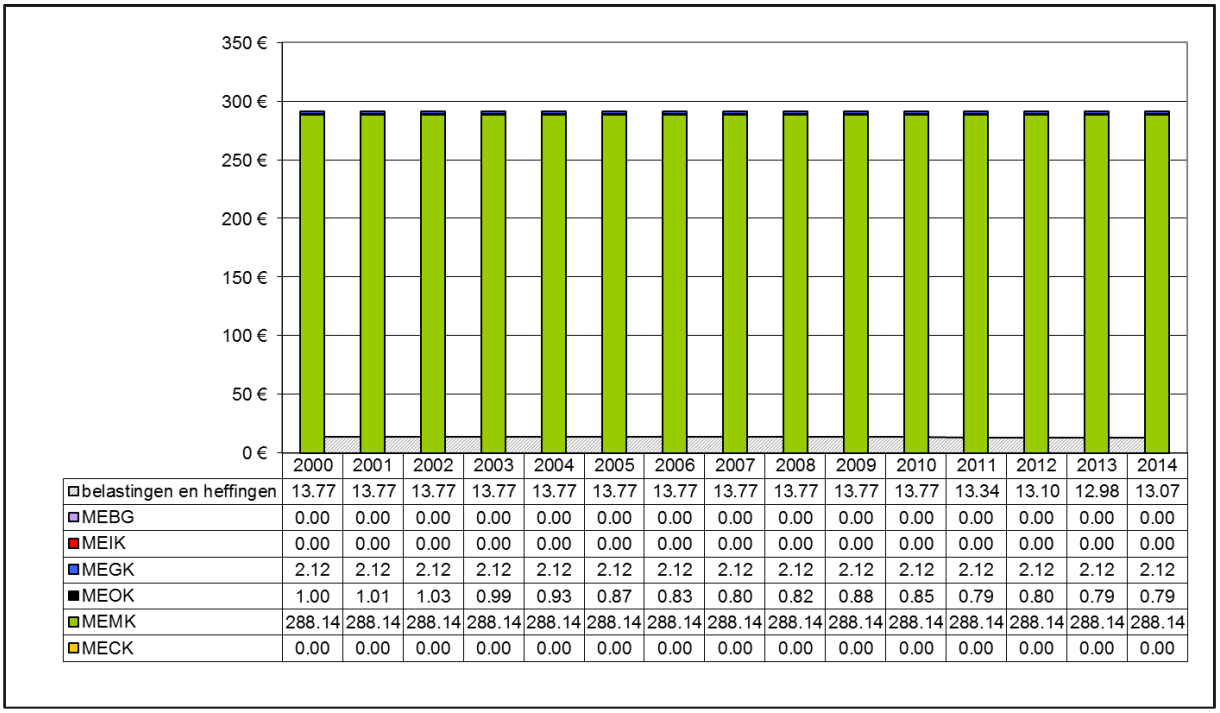
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	6.18	6.18	6.18	6.18	6.18	6.18	6.18	6.18	6.18	6.18	6.18	5.99	5.88	5.83	5.87
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
MEOK	1.00	1.01	1.03	0.99	0.93	0.87	0.83	0.80	0.82	0.88	0.85	0.79	0.80	0.79	0.79
MEMK	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 124: Luchtvaart cargo, korte afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	37.40	36.74	36.40	36.65
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98	13.98
MEOK	0.64	0.65	0.66	0.64	0.60	0.56	0.54	0.52	0.53	0.56	0.55	0.51	0.52	0.51	0.51
MEMK	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4	185.4
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figuur 125: Luchtvaart cargo, lange afstand, euro per 100 voertuigkm, 2000-2014



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
belastingen en heffingen	13.77	13.77	13.77	13.77	13.77	13.77	13.77	13.77	13.77	13.77	13.77	13.34	13.10	12.98	13.07
MEBG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEIK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEGK	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
MEOK	1.00	1.01	1.03	0.99	0.93	0.87	0.83	0.80	0.82	0.88	0.85	0.79	0.80	0.79	0.79
MEMK	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14	288.14
MECK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5 VLAANDEREN OP WEG?

Economisch gezien is het beter voor de maatschappij dat de gebruiker betaalt voor alle kosten – de private en de externe kosten. Dit wil zeggen dat hij de kosten internaliseert. In het vorige hoofdstuk focusten we op de graad van internalisatie en bespraken we vooral het jaar 2014. Op basis van de resultaten uit de vorige delen focussen we in dit deel op de evolutie doorheen de tijd. Is Vlaanderen op weg naar het principe "de vervuiler betaalt"? Wat is het effect van de maatregelen genomen in 2016? Welke stappen zijn nodig om te komen tot een correctere beprijzing? Kortom, welke beleidsaanbevelingen kunnen gegeven worden op basis van de eerdere bevindingen?

5.1.1 Evolutie over de tijd

5.1.1.1 Wegtransport

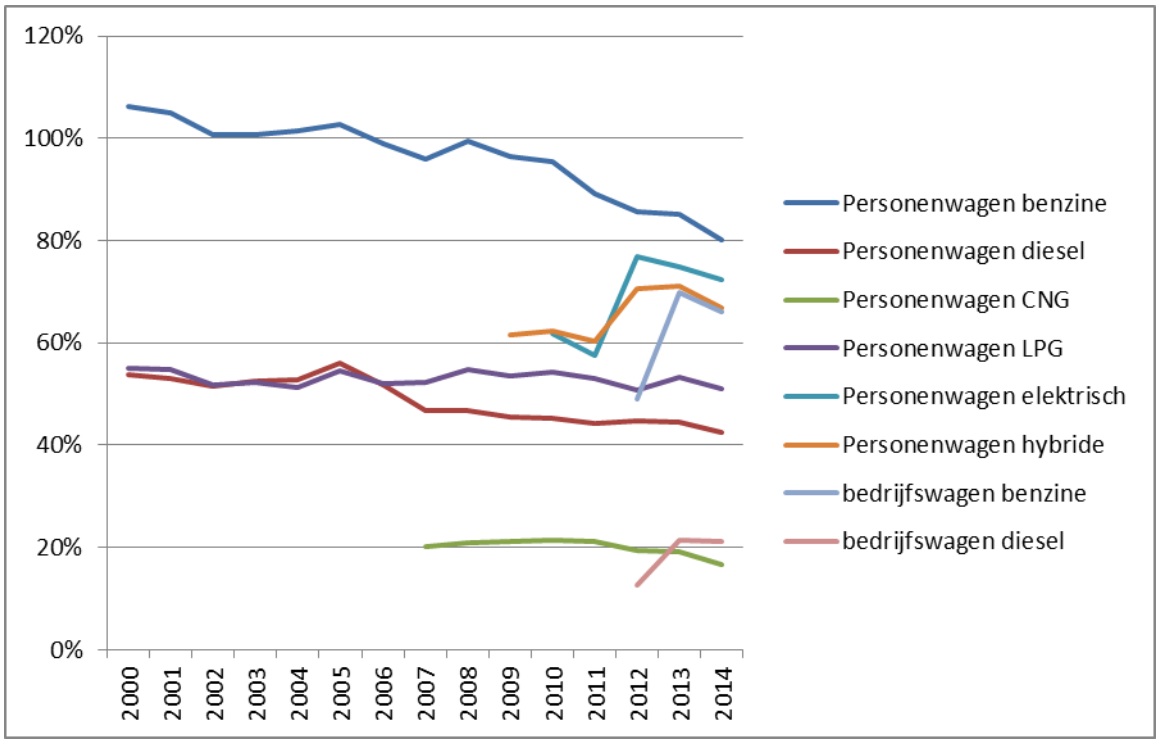
Wat de fietsen betreft zien we dat over de tijd de subsidie – in de vorm van de fietsvergoeding – gestegen is. Ze is echter nog steeds veel lager dan de baten die fietsen opleveren aan de maatschappij. Bij de elektrische fietsen zijn de baten kleiner, maar zien we ook netto belastingskosten – die weliswaar dalen over de tijd.

Voor lijnbussen is het de evolutie in de subsidies die de graad van internalisatie stuurt. Globaal genomen over heel de periode daalt de graad van internalisatie van -560% naar -744%. In de berekening gaan we uit van de kosten van het inleggen van de bus en de subsidies en inkomsten die hiervoor verkregen worden. We bekijken dit dus vanuit het oogpunt van diegene die het busvervoer organiseert – namelijk De Lijn. Voor de passagiers is de (ticket)prijs die hij betaalt van belang bij zijn beslissing om een trip te maken met een bepaald vervoersmiddel. Voor de ticketprijs zien we dat de kostendekkingsgraad van wat de reizigers zelf betalen gedaald is over de tijd van 24% in 2001 naar 14,6% in 2014. Dus ook vanuit dit standpunt daalt de internalisatiegraad.

Ook voor wagens wordt de evolutie in de graad van internalisatie nagegaan. Voor een aantal brandstoffen is geen volledige jaarreeks beschikbaar. Wat onmiddellijk opvalt is dat voor benzine, diesel, CNG en LPG de graad van internalisatie daalt. Dit heeft voornamelijk te maken met de stijging in congestiekosten – eerder dan met een daling in de belastingen. Deze zijn immers ongeveer gelijk gebleven – of in het geval van bv. de benzinewagens globaal over heel de periode 2000-2014 gestegen[201]. Voor de elektrische en hybride wagens stijgt de graad van internalisatie in 2012 door de afschaffing van de federale CO_2-ecopremie bij aankoop. De belastingen voor de bedrijfswagens zijn wel duidelijk gestegen tussen 2012 en 2014 door een verlaging van de BTW-aftrek en verhoging van het 'voordeel alle aard' dat aan werknemers wordt aangerekend voor hun woon-werkverkeer (en dus vermindering van de impliciete subsidie) sinds 2013. Bedrijfswagens op benzine hebben tussen 2013 en 2014 een licht dalende trend in taxatie door hun daling in brandstofverbruik (en dus accijnzen). Dit is ook zichtbaar in de graad van internalisatie.

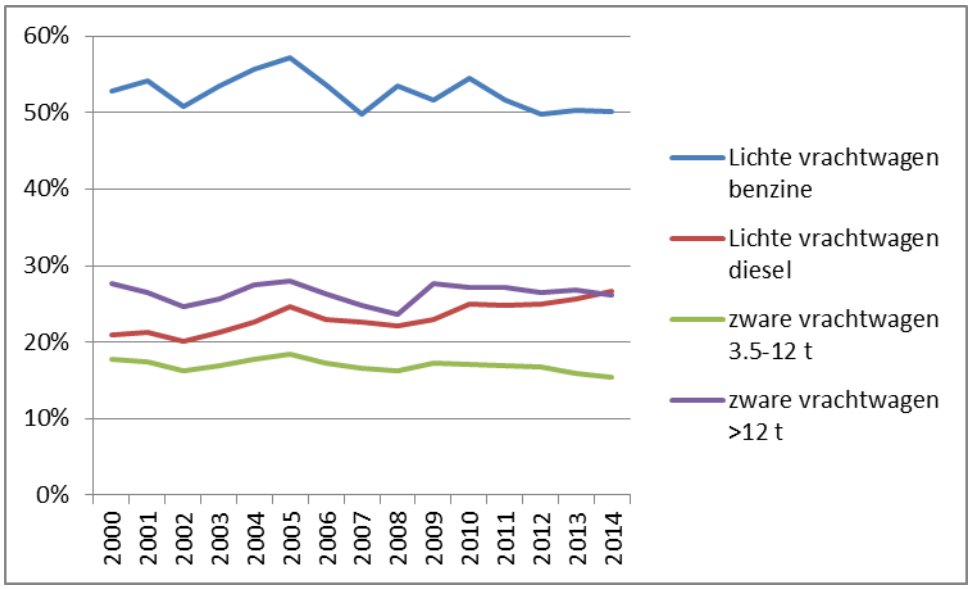
[201] Het verloop over de tijd kent heel wat fluctuaties. De belastingen en heffingen dalen eerst tot 2003, om dan te stijgen tot in 2008. In 2008-2010 zien we wat fluctuaties, om na 2010 weer te gaan dalen tot in 2014 op een niveau dat duidelijk nog hoger is dan in 2000. Na 2014 zien we weer een stijging in belastingen en heffingen.

Figuur 126: Evolutie graad internalisatie personenwagens



Bij de vrachtwagens (nog geen rekening houdend met de kilometerheffing) wordt een min of meer constante internalisatiegraad vastgesteld. Lichte vrachtwagens op diesel vormen de uitzondering met een stijgende internalisatie.

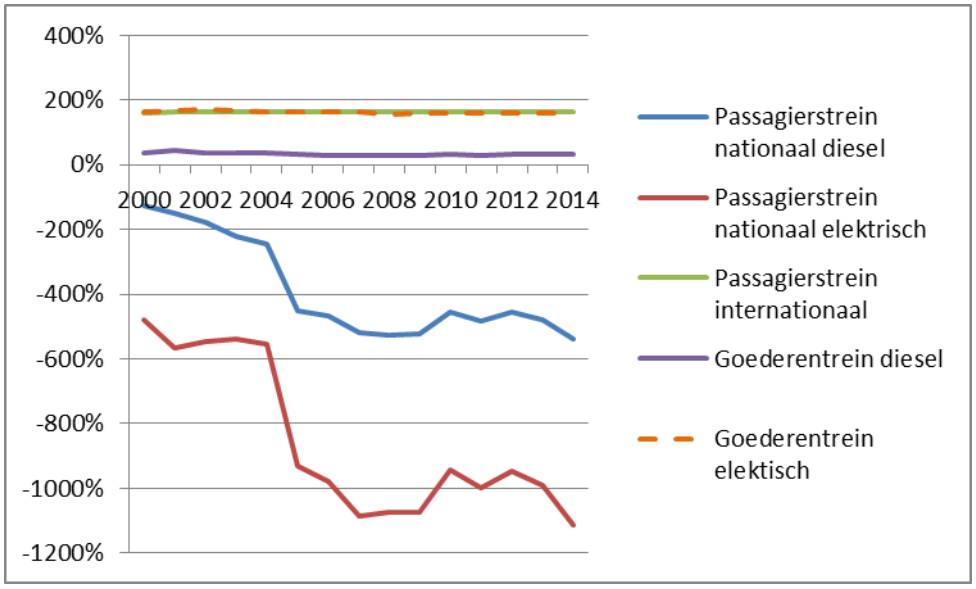
Figuur 127: Evolutie graad internalisatie vrachtwagens



5.1.1.2 Spoorvervoer

Bij spoorvervoer moeten we een onderscheid maken tussen goederentransport en passagierstransport, bij passagierstransport tussen nationaal en internationaal transport en ook tussen elektrisch en diesel. Volgens de cijfers betalen zowel goederentransport elektrisch als internationaal passagierstransport meer dan hun marginale kosten. Merk op dat dit vooral te maken heeft met het opnemen van de infrastructuurheffing bij de belastingen. De goederentrein diesel is maar deels geïnternaliseerd. Bij nationaal passagierstransport zien we een verslechtering van de internalisatie door de toenemende subsidies.

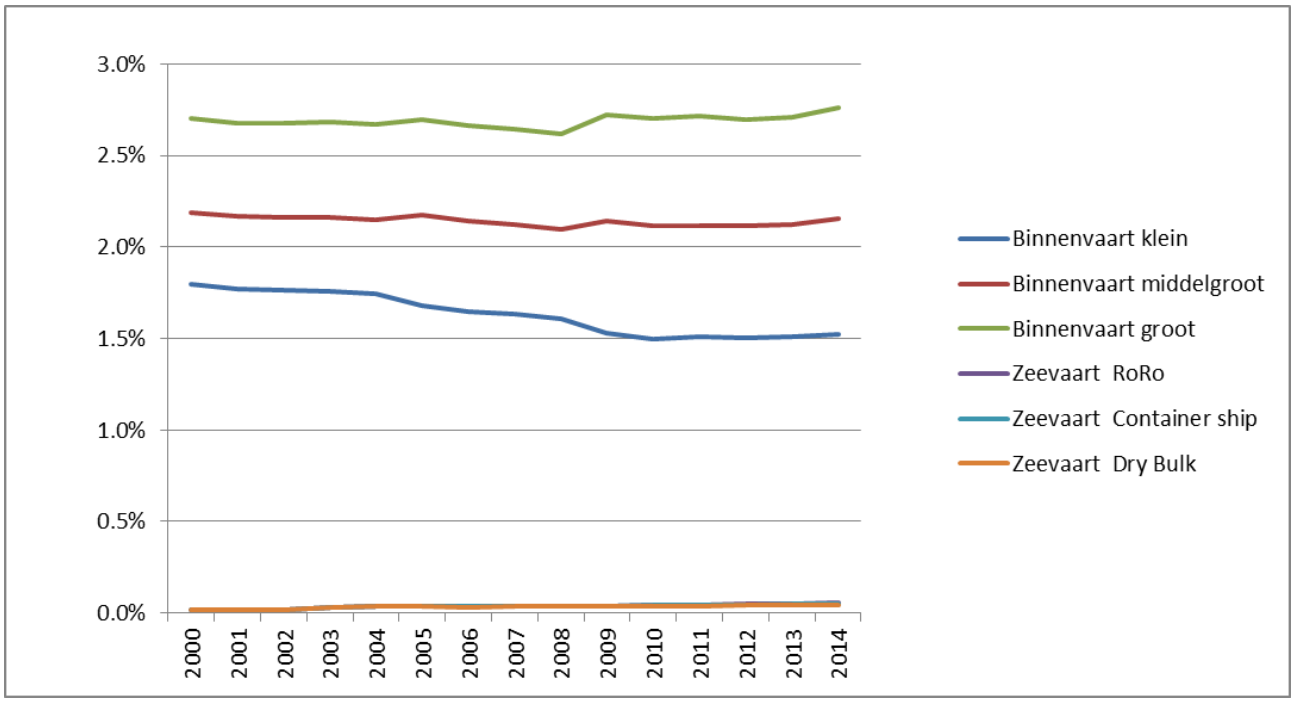
Figuur 128: Evolutie graad van internalisatie spoor



5.1.1.3 Binnenvaart en Zeevaart

Voor binnenvaart zien we dat over de tijd de internalisatiegraad weinig verandert Voor zeevaart is de internalisatiegraad quasi 0%.

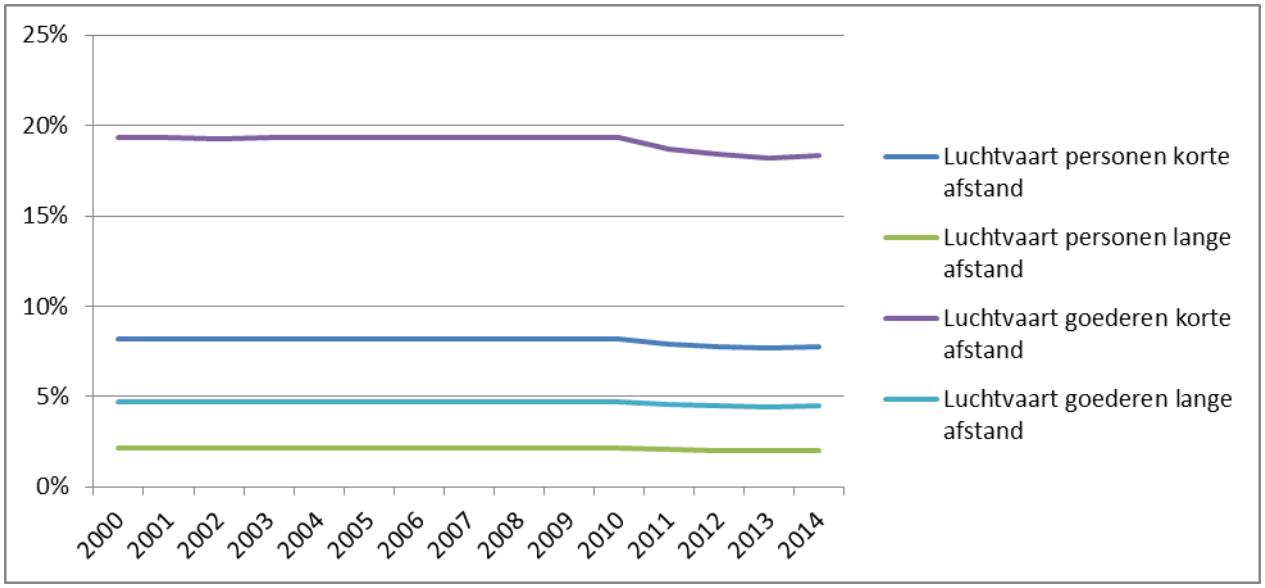
Figuur 129: Evolutie graad internalisatie binnenvaart en zeevaart



5.1.1.4 Luchtvaart

Voor luchtvaart is de internalisatiegraad relatief constant. Al heeft dit ook te maken met het feit dat voor heel wat gegevens (bijvoorbeeld de milieukosten en een aantal taksen) geen echte jaarreeksen voorhanden zijn.

Figuur 130: Evolutie graad internalisatie luchtvaart



5.1.2 Doorkijk naar 2016

In 2016 werden ondermeer de volgende twee veranderingen in de taxatie van wegtransport doorgevoerd:

- De invoering van de kilometerheffing bij vrachtwagens
- Een aanpassing van de belasting op inverkeersstelling en de jaarlijkse verkeersbelasting voor personenwagens

De invoering van de kilometerheffing had een duidelijke impact op de hoogte van de belastingen/heffingen voor zware vrachtwagens. Dit heeft ook gevolgen voor de internalisatiegraad. Let wel dat in de berekening wordt verondersteld dat:

- Alle kosten (netto en belastingen en heffingen) constant verondersteld worden tussen 2014-2016 – met uitzondering van het Eurovignet en de kilometerheffing
- er geen wijzigingen optreden in externe kosten tussen 2014 en 2016, omdat nog niet alle externe kosten 2016 momenteel kunnen berekend worden.

We willen namelijk het zuivere effect van de invoering van de kilometerheffing kennen. Uit onderstaande tabel is duidelijk dat in 2016 de graad van internalisatie sterk steeg voor de zware vrachtwagens (de vergelijking werd uitgevoerd t.o.v. de 'gemiddelde' situatie, dus rekening houdend met alle types wegen. De kilometerheffing geldt echter niet voor alle wegen).

De transportbelastingen dekten echter nog steeds maar een derde tot de helft van de marginale externe kosten. Indien de congestie verder toeneemt in 2016 is het mogelijk dat het effect op de internalisatie minder gunstig is, afhankelijk van de evolutie van de andere externe kosten. Een volledig correct beeld van de verandering zal dan ook pas kunnen gegeven worden als ook alle externe kosten 2016 beschikbaar zijn. Merk op dat de totale prijs voor vrachtvervoer stijgt met 7% tot 9% door de invoering van de kmheffing – indien we alle andere kosten constant houden.

Tabel 85: Invloed kilometerheffing op internalisatie, op totale kosten (netto en belastingen) en op belastingen/heffingen

		2000	2005	2010	2014	2016*	2016/2014
Internalisatiegraad (%)	zware vrachtwagen 3.5-12 t	18%	19%	17%	15%	34%	x2.2
	zware vrachtwagen >12 t	28%	28%	27%	26%	45%	x1.7
totale prijs (euro/100 voertuigkm)	zware vrachtwagen 3.5-12 t	117,13	125,87	130,50	123,35	132,16	7%
	zware vrachtwagen >12 t	113,56	114,02	118,28	118,76	129,31	9%
belastingen en heffingen (euro/100 voertuigkm)	zware vrachtwagen 3.5-12 t	6,97	7,34	7,27	7,32	16,13	120%
	zware vrachtwagen >12 t	13,91	14,09	13,99	14,31	24,86	74%

* Behalve Eurovignet en kmheffing worden alle andere private en externe kosten voor 2016 gelijk gesteld aan deze van 2014.

Vanaf 1 januari 2016 werd de formule om de BIV te berekenen ook aangepast. Hierbij werden de bedragen voor de luchtcomponent 'c' verhoogd. Daarnaast veranderde ook de jaarlijkse verkeersbelasting. Onderstaande tabel toont aan dat de graad van internalisatie inderdaad steeg hierdoor – al is de stijging klein. Aan de andere kant zorgde het wel voor een kentering in de steeds dalende internalisatiegraad.

Tabel 86: Invloed verandering BIV en de jaarlijkse verkeersbelasting op totale kosten (netto en belastingen) en op belastingen/heffingen

		2000	2005	2010	2014	2016*	2016/2014
Internalisatiegraad (%)	personenwagen benzine	106%	103%	95%	80%	83%	x1.04
	personenwagen diesel	54%	56%	45%	42%	45%	x1.06
totale prijs (euro/100 voertuigkm)	personenwagen benzine	39,62	41,44	46,31	44,14	44,80	2%
	personenwagen diesel	23,74	25,96	25,22	25,49	26,03	2%
belastingen en heffingen (euro/100 voertuigkm)	personenwagen benzine	16,10	16,55	18,44	16,60	17,26	4%
	personenwagen diesel	9,10	9,53	8,50	8,81	9,34	6%

* behalve BIV en jaarlijkse verkeersbelasting worden alle andere private en externe kosten voor 2016 gelijk gesteld aan deze van 2014

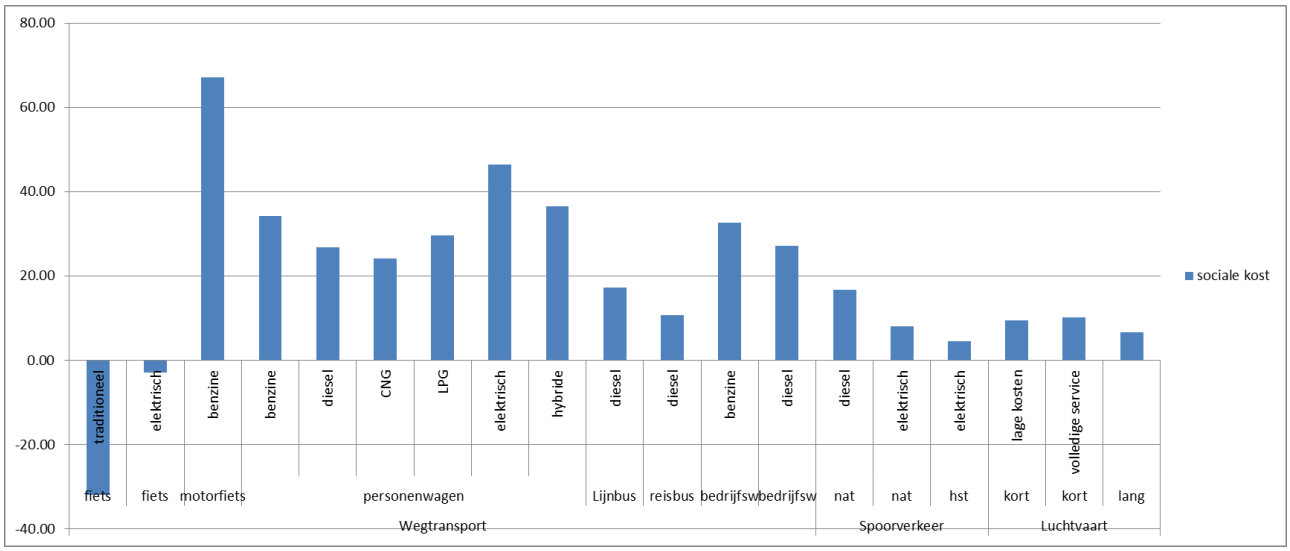
5.1.3 Op de goede weg?

Over het algemeen is er eerder een dalende tendens in de graad van internalisatie en komt een correcte beprijzing nog verder in het gedrang. In andere gevallen stagneert de internalisatie en/of is ze zeer laag. De graad van internalisatie wordt over de jaren eerder gestuurd door evoluties in externe kosten (verbetering milieuprestaties, stijgende congestie) dan door een gerichte aanpassing van de belastingen De laatste jaren zijn er wel een paar kenteringen. Bij de bedrijfswagens ziet men een duidelijke stijging in de graad van internalisatie, voornamelijk door de wijziging in de berekening van de voordelen alle aard in 2013 en de verlaging van de BTW-aftrek. Maar het verschil met de gewone wagens blijft groot. Verder was de invoering van de kilometerheffing voor zware vrachtwagens in 2016 een eerste stap in de goede richting. Ook de aanpassing van de belasting op inverkeersstelling (BIV) en een aangepaste verkeersbelasting voor personenwagens in 2016 had een beperkt positief effect.

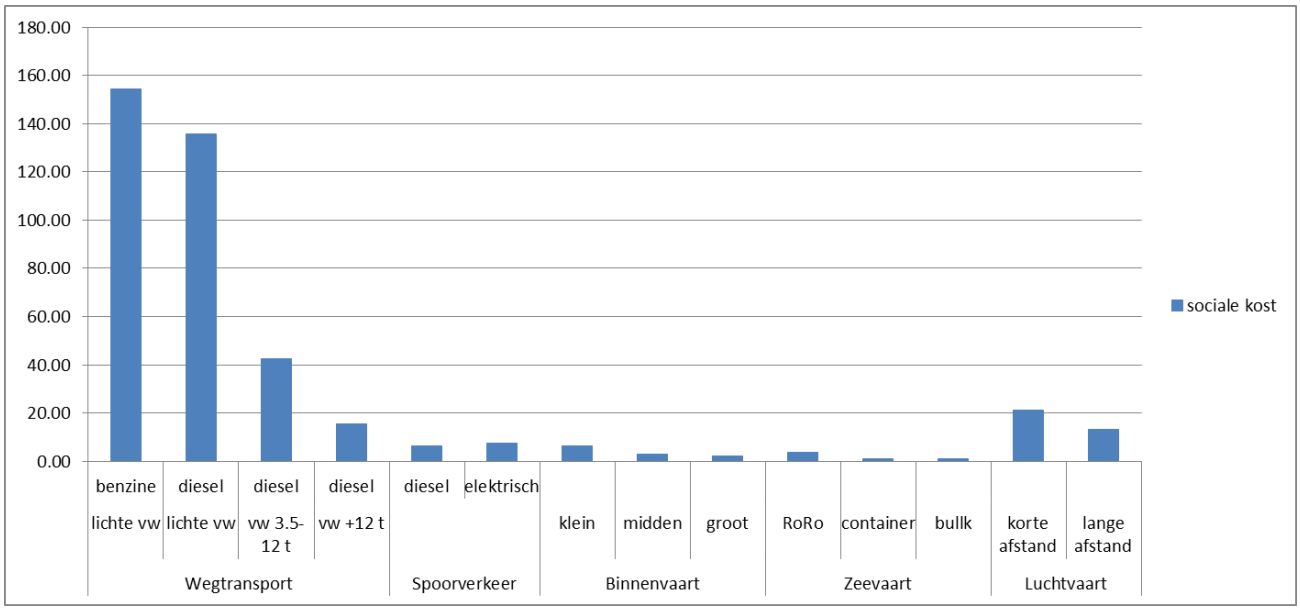
Als we kijken naar de mate van internalisatie dan zien we grote verschillen tussen de verschillende modi. Wegtransport internaliseert relatief veel van haar externe kosten, maar binnenvaart en zeevaart dan weer niet. Het goederenvervoer per spoor met dieseltreinen zit of op hetzelfde niveau als het goederentransport over de weg, het goederenvervoer per spoor met elektrische treinen betaalt meer dan zijn kosten. Bij luchtvaart is de graad van internalisatie eerder laag. Er zijn ook grote verschillen binnen wegtransport zelf voor de verschillende brandstoffen. Zo is de belasting voor CNG-wagens veel lager dan voor benzinewagens – al zijn de marginale externe kosten niet zo verschillend. Daarnaast zijn er ook zware subsidies voor publiek transport (bus en trein). De vraag is of het verschil met de andere modi niet te groot is – al kan men die subsidies ook beschouwen als een middel om mensen te sturen naar modi met lagere externe kosten (zie verder) en spelen er ook andere, sociale, aspecten.

Vanuit economische theorie wil men dat de gebruikers de juiste prijs betalen. Dit wil zeggen dat de gebruikers de volledige marginale kosten betalen – en dit voor alle modi. Onderstaande figuren tonen de gevolgen als we de belastingen en heffingen volledig gelijk stellen aan de externe kosten. Abstractie makend van de fietsen, zien we dat de modi met de laagste sociale kost (= netto private kost + externe kost) spoor – elektrisch,bussen en luchtvaart zijn. Merk op dat de lage sociale kost voor luchtvaart grotendeels door de hoge bezettingsgraad ingegeven wordt. Merk ook op dat de verschillen bij de wagens vooral gestuurd worden door verschillen in de netto private kosten – waar verschillen in jaarlijkse voertuigkm een belangrijke invloed hebben op het belang van de vaste kosten.

Figuur 131: Sociale kost passagierstransport in 2014, euro/100 personenkm –constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML



Figuur 132: Sociale kost goederentransport in 2014, euro/100 tonkm –constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML



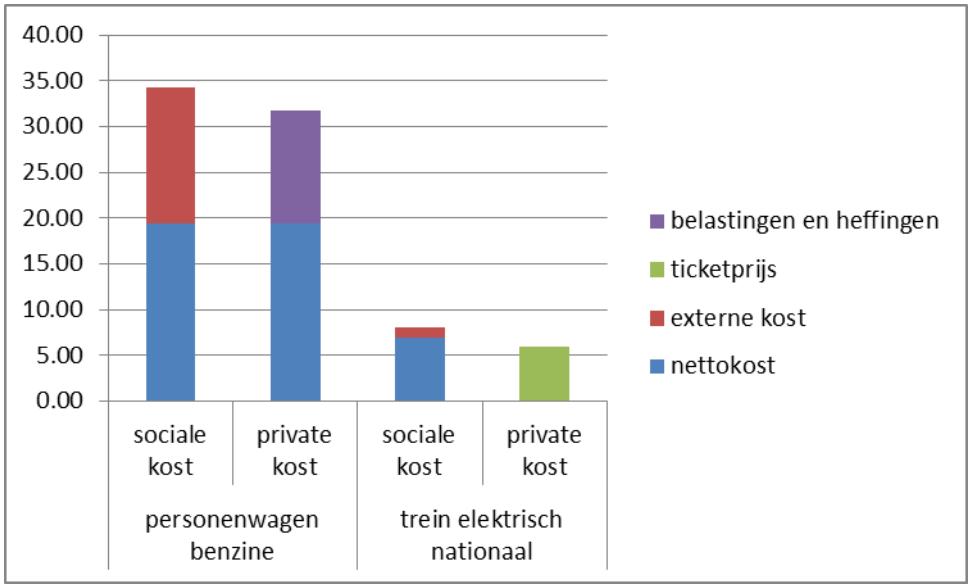
Het is dus niet zo dat omdat wegtransport nu de grootste internalisatie kent, een verdere internalisatie van andere modi zal leiden tot een wijziging in de onderlinge prijsrelaties. Alternatieve modi zoals spoor en water blijven per tonkm merkelijk goedkoper. Enkel bij spoor zien we dat dieseltreinen goedkoper worden dan elektrische treinen. In de praktijk zien we dat modi die eenvoudiger de belastingen kunnen ontwijken (zoals zeevaart, luchtvaart) minder betalen. Dit maakt dat het Europees/mondiaal kader en beleid hier waarschijnlijk meer gepast zijn.

Tot slot zien we dat bepaalde belastingen tot nu toe vooral gedifferentieerd zijn naar de milieukenmerken van de voertuigen – als ze al gedifferentieerd zijn. Gegeven dat de externe kosten ook vooral afhangen van

plaats en tijdsstip zou het beter zijn om deze verder te differentiëren. Bij vrachtwagens is hier een begin mee gemaakt met een differentiatie naar plaats, maar dit zou verder uitgebreid kunnen worden naar tijdstip. Ook voor personenwagens zou het nuttig zijn om de belastingen te differentiëren naar spitsuren/daluren en naar het type weg.

Om beleidsbeslissingen te onderbouwen is kennis over de grootte van de externe kosten en of ze wel of niet in de gebruikersprijs vervat zijn belangrijk. Maar ook andere aspecten spelen soms een rol. We kunnen dit illustreren met de volgende figuur.

Figuur 133: Illustratie gebruik externe kosten, Vlaanderen 2014 – euro/100 pkm. Bron: TML

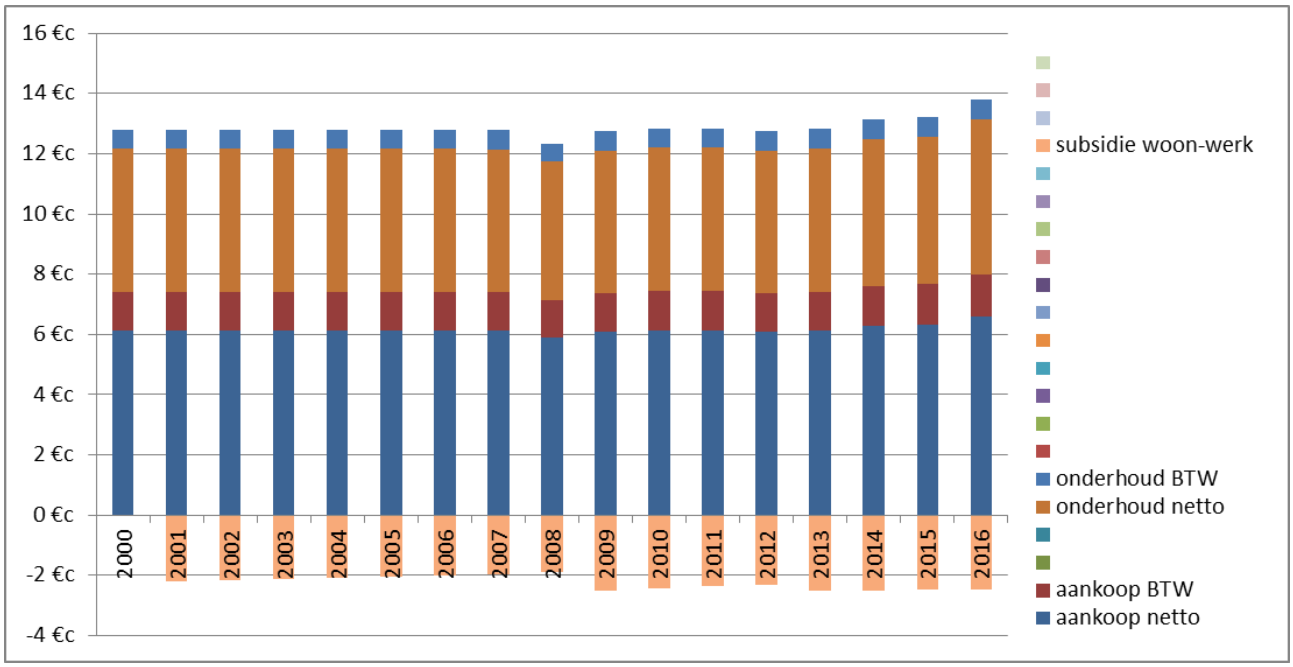


In het linkse deel van de figuur zijn de marginale sociale kosten (som van de private netto kosten en de externe kosten) en de private kost (nettokost + belastingen en heffingen) van een benzinewagen opgenomen. In dit geval zijn de gebruikerskosten te laag en heeft men een te hoog gebruik van de wagen. Dit is een internalisatie die lager is dan 100%. Indien men een hogere belasting oplegt, krijgt men een hogere private kost en stijgt de internalisatiegraad. Een congestieheffing of een heffing in functie van de graad van vervuiling heeft een dergelijk effect.

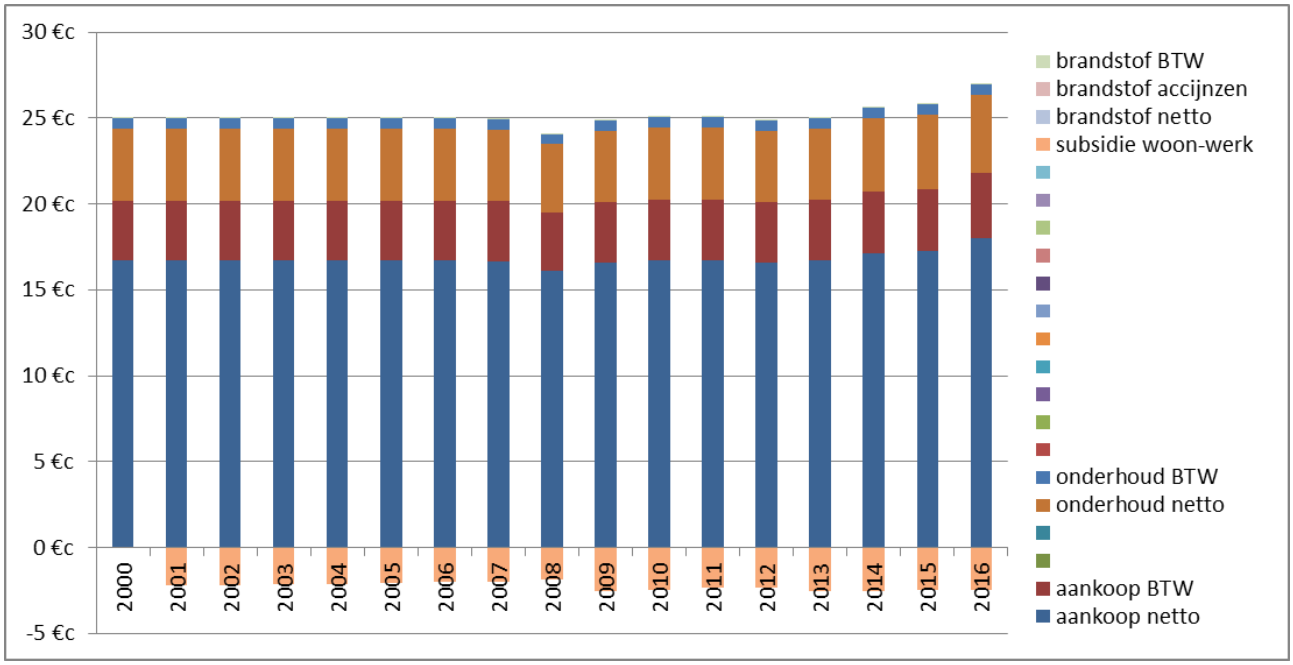
In het rechter gedeelte vinden we de marginale sociale kosten voor een ander vervoermiddel, bijvoorbeeld de trein. Daarnaast zijn de private kosten voor de gebruiker (netto kost – subsidies) geplaatst. We zien dat de private kosten voor de gebruiker lager zijn dan de netto kost. Dus de externe kosten worden helemaal niet meegeteld. De internalisatie is zelfs negatief. Dit kan een “second best” beleidsmaatregel zijn wanneer deze lage gebruikersprijs voor bijvoorbeeld de trein in de spits effectief het gebruik van andere vervoersmiddelen – met hogere externe kosten (bv. de wagen) verminderen. Met andere woorden, informatie over de externe kosten en de graad van internalisatie is belangrijke input voor het beleid, maar andere aspecten moeten (soms) ook mee in rekening gebracht worden in beleidsbeslissingen.

bijlage 1 : Private kosten – Evolutie

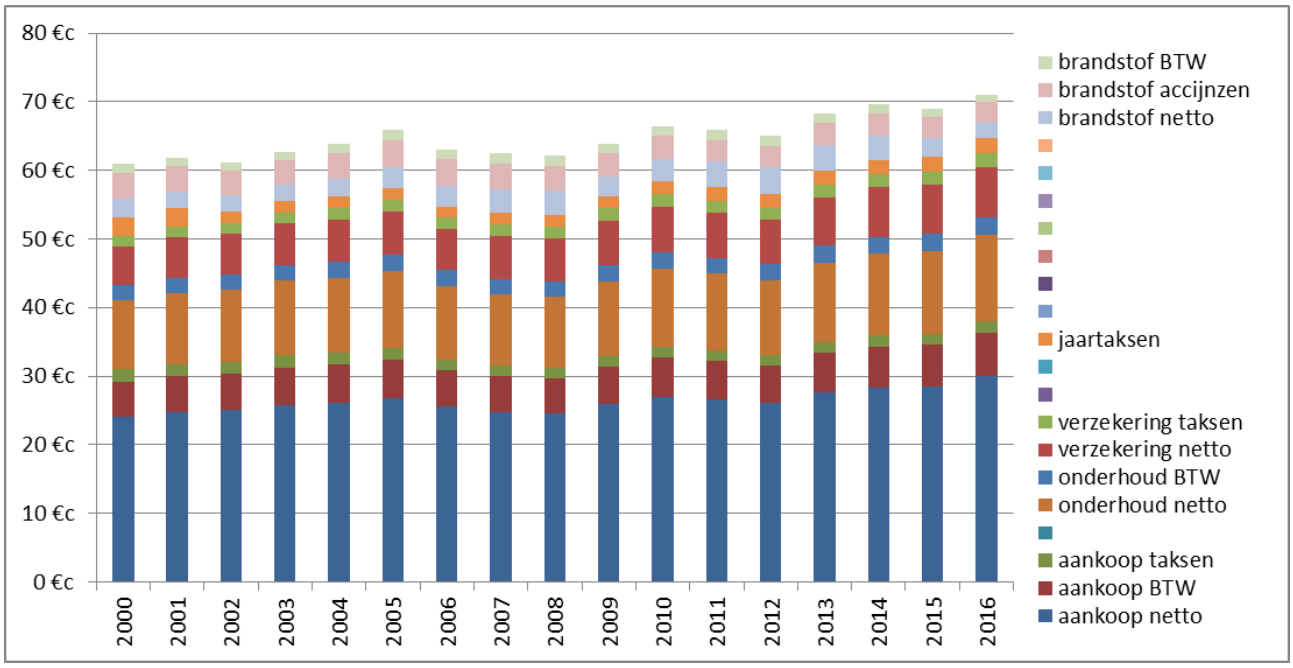
Figuur 134: Fiets traditioneel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



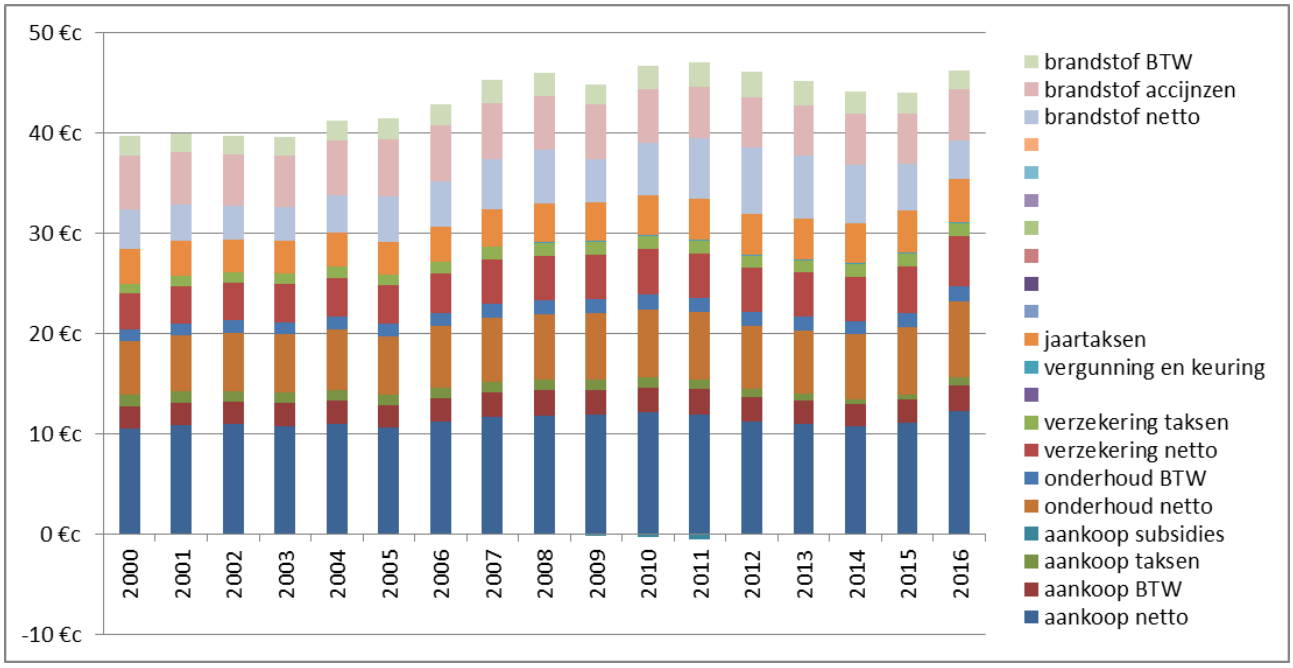
Figuur 135: Fiets elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



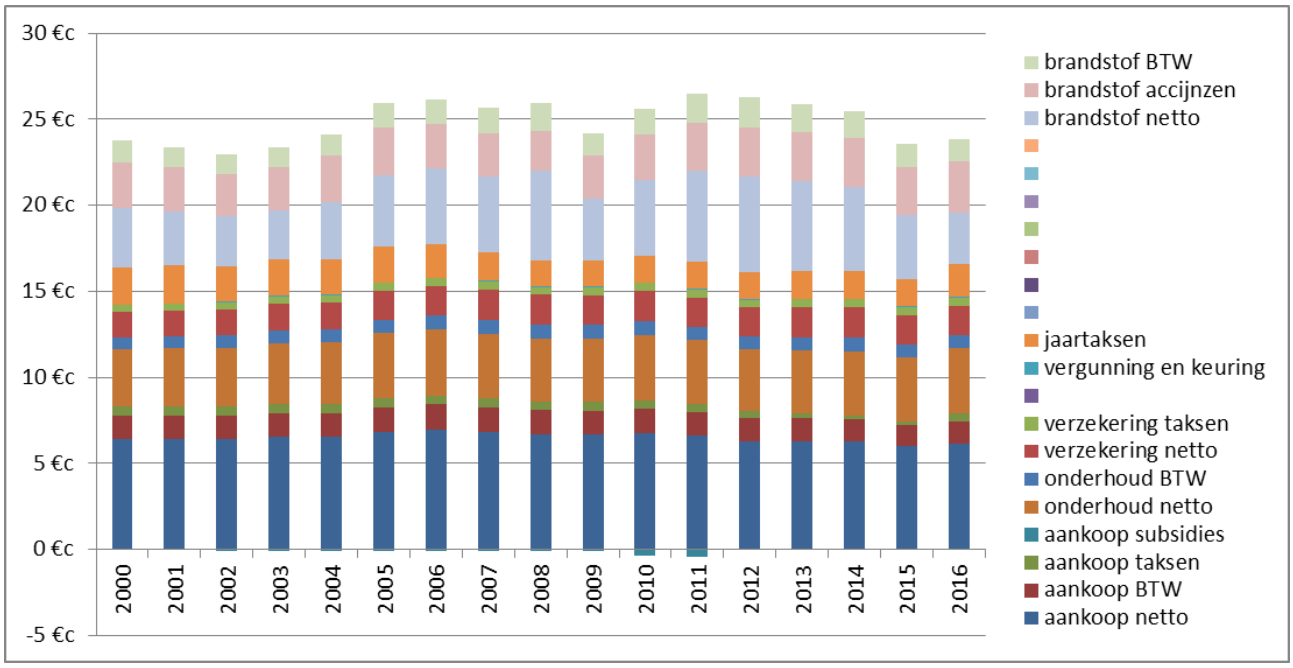
Figuur 136: Motorfiets, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



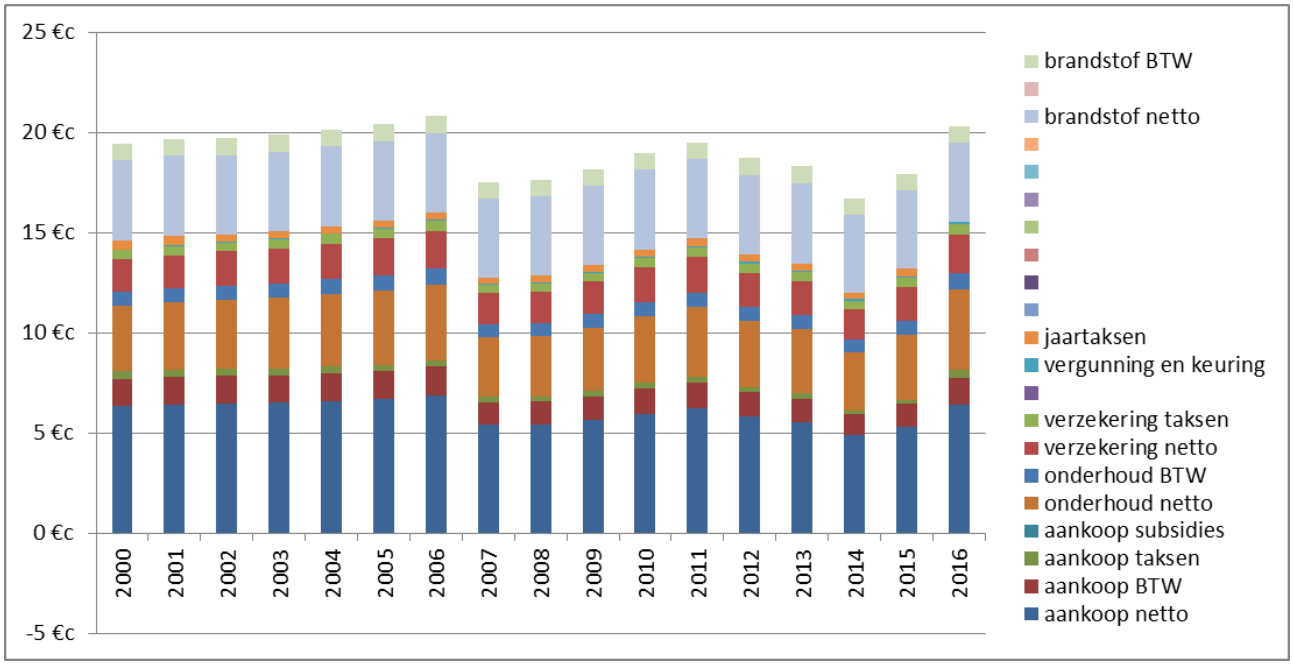
Figuur 137: Personenwagen benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



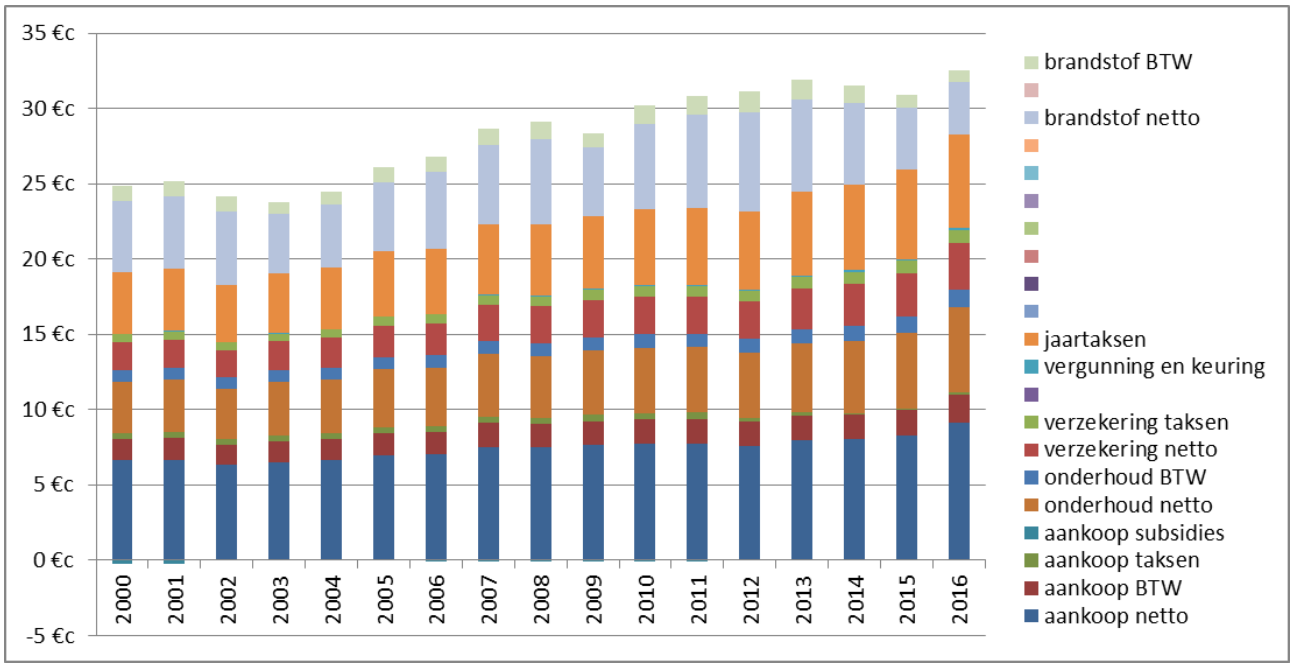
Figuur 138: Personenwagen diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



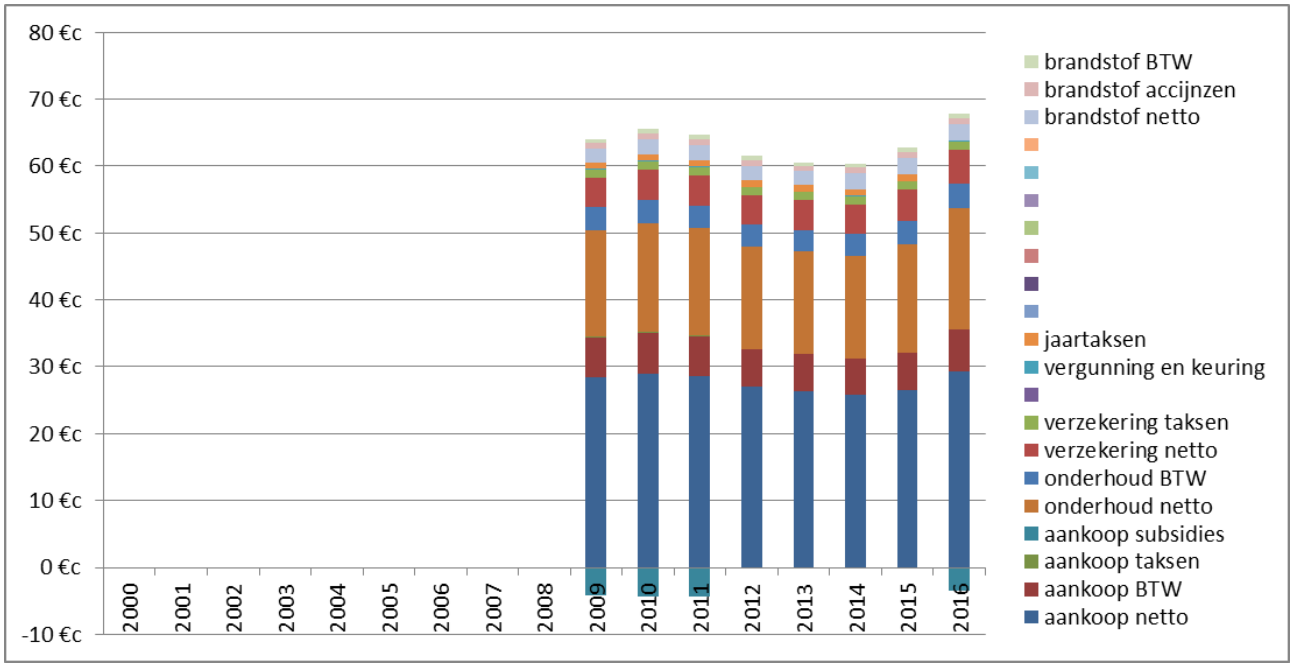
Figuur 139: Personenwagen CNG, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



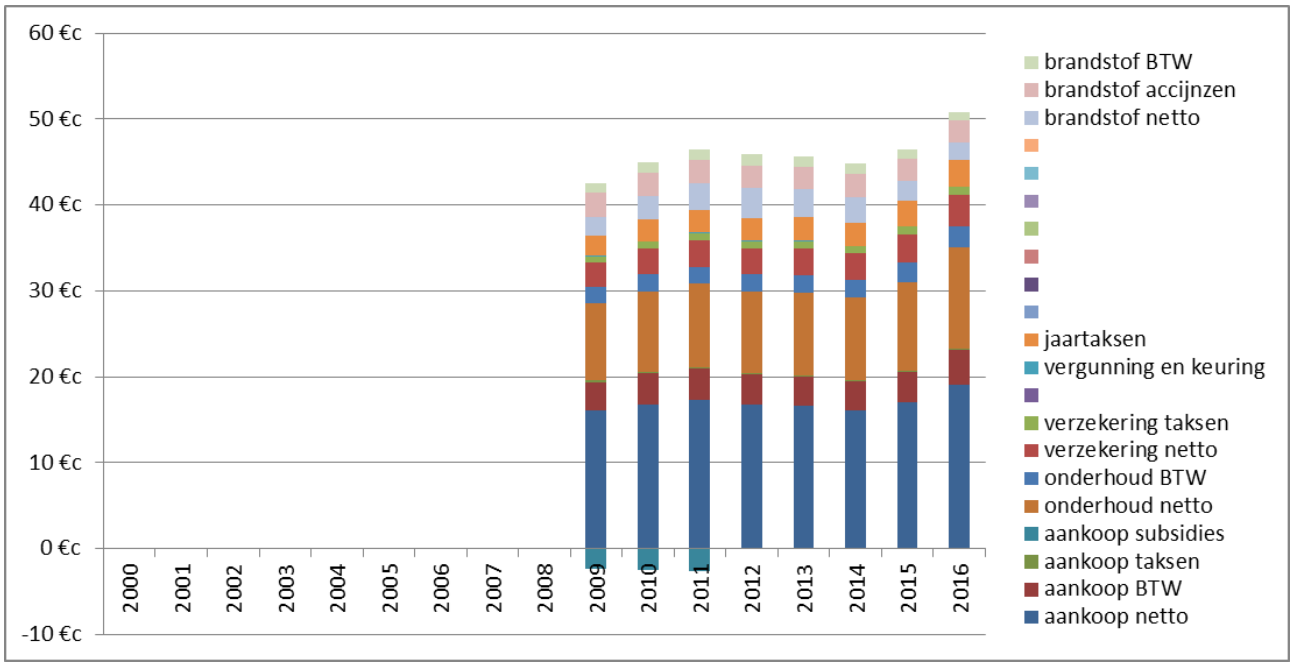
Figuur 140: Personenwagen LPG, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



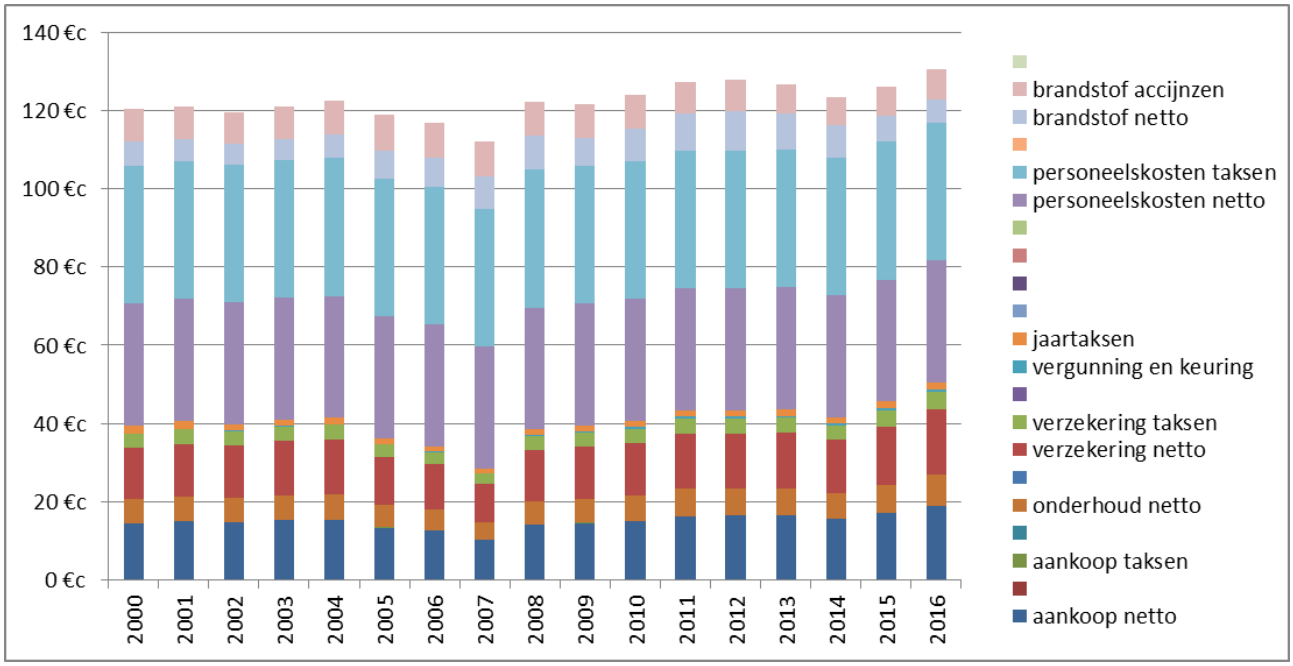
Figuur 141: Personenwagen elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



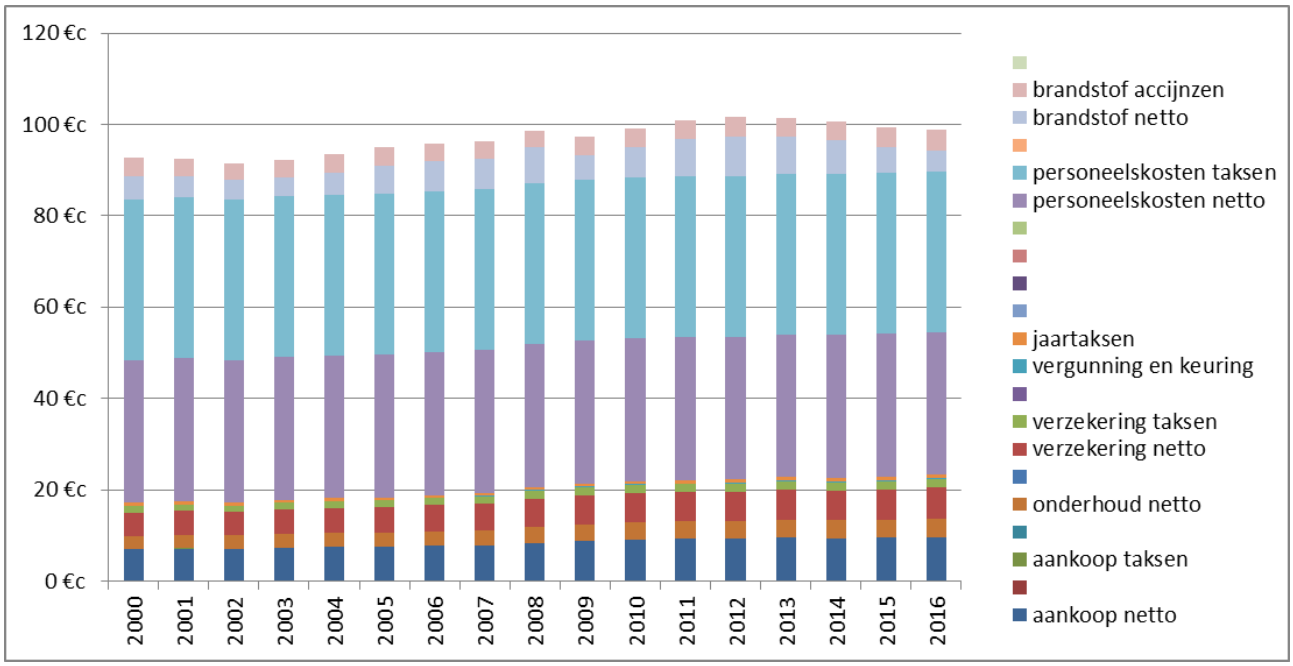
Figuur 142: Personenwagen hybride benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



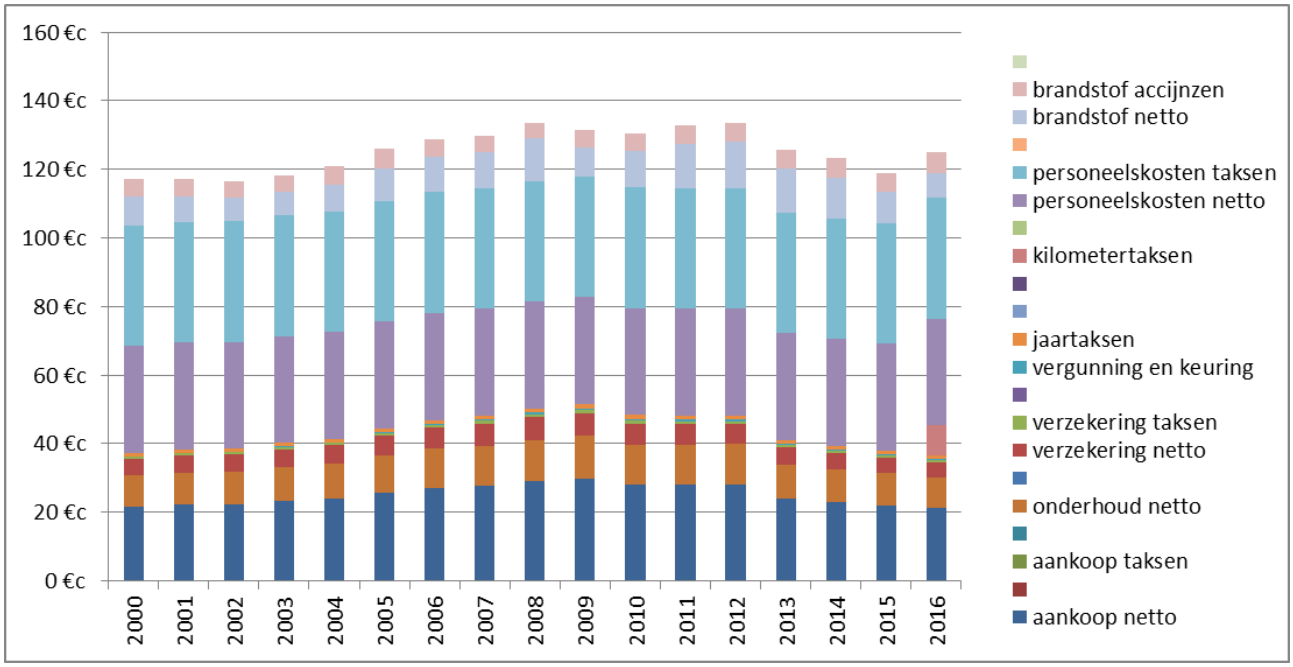
Figuur 143: Lichte vrachtwagen benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



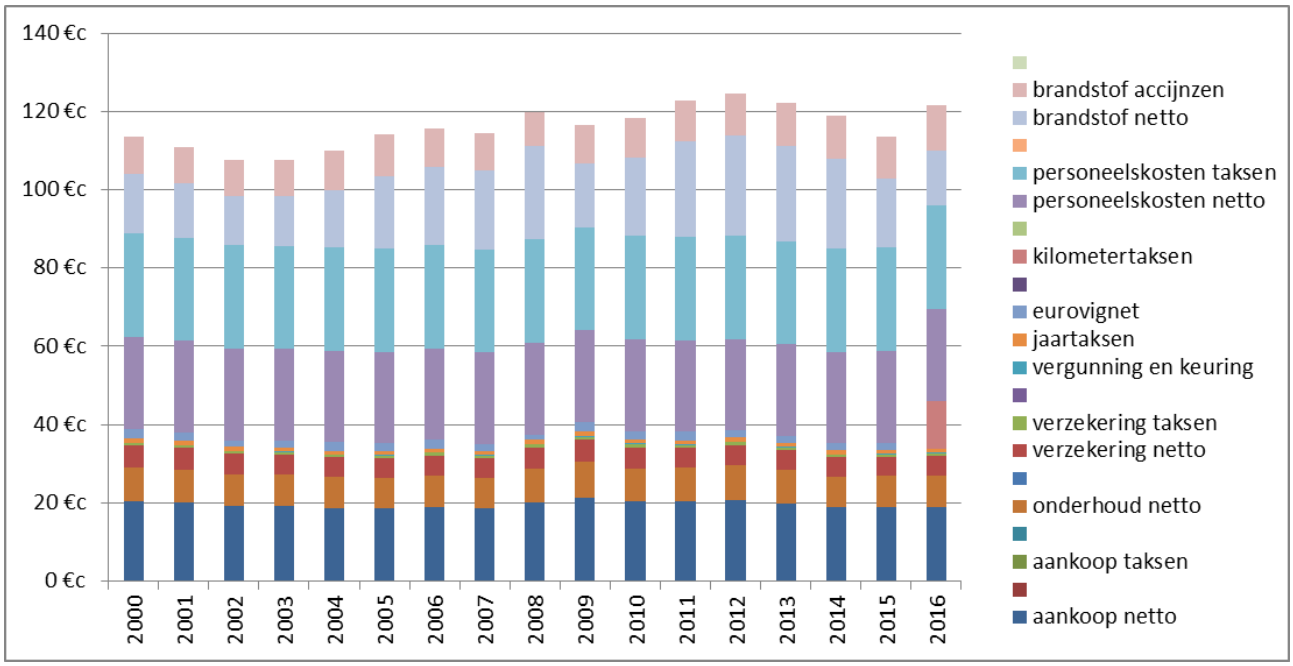
Figuur 144: Lichte vrachtwagen diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



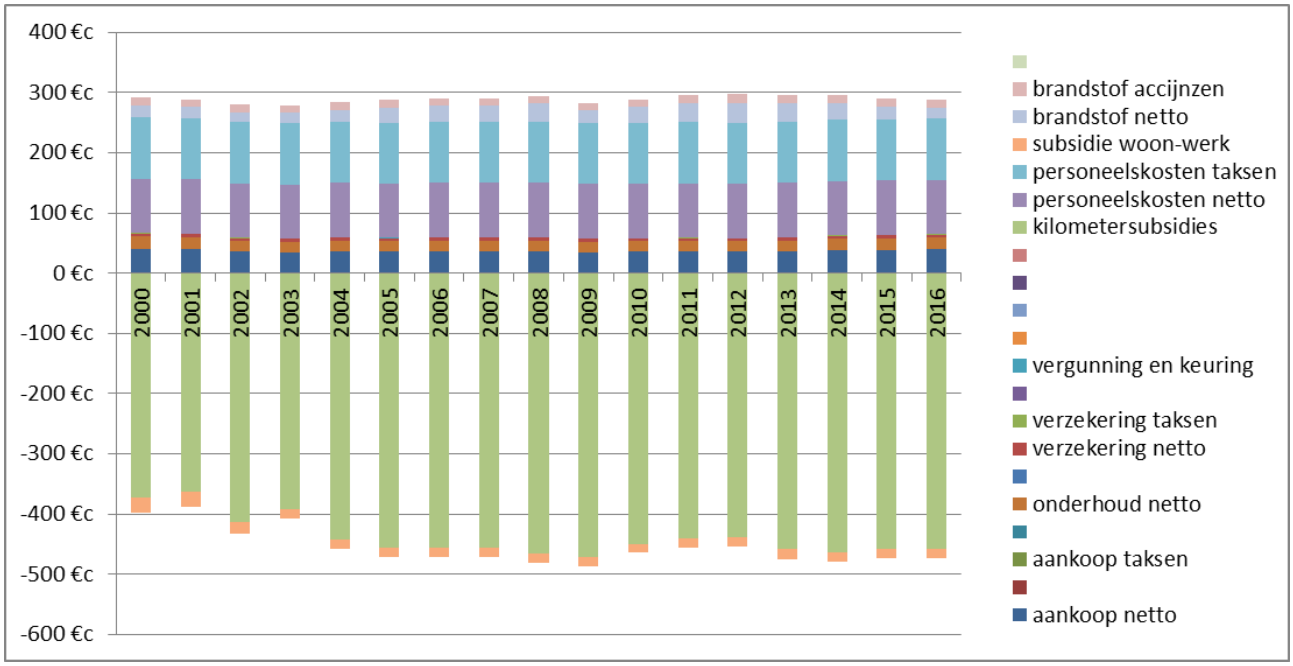
Figuur 145: Zware vrachtwagen 3.5-12, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



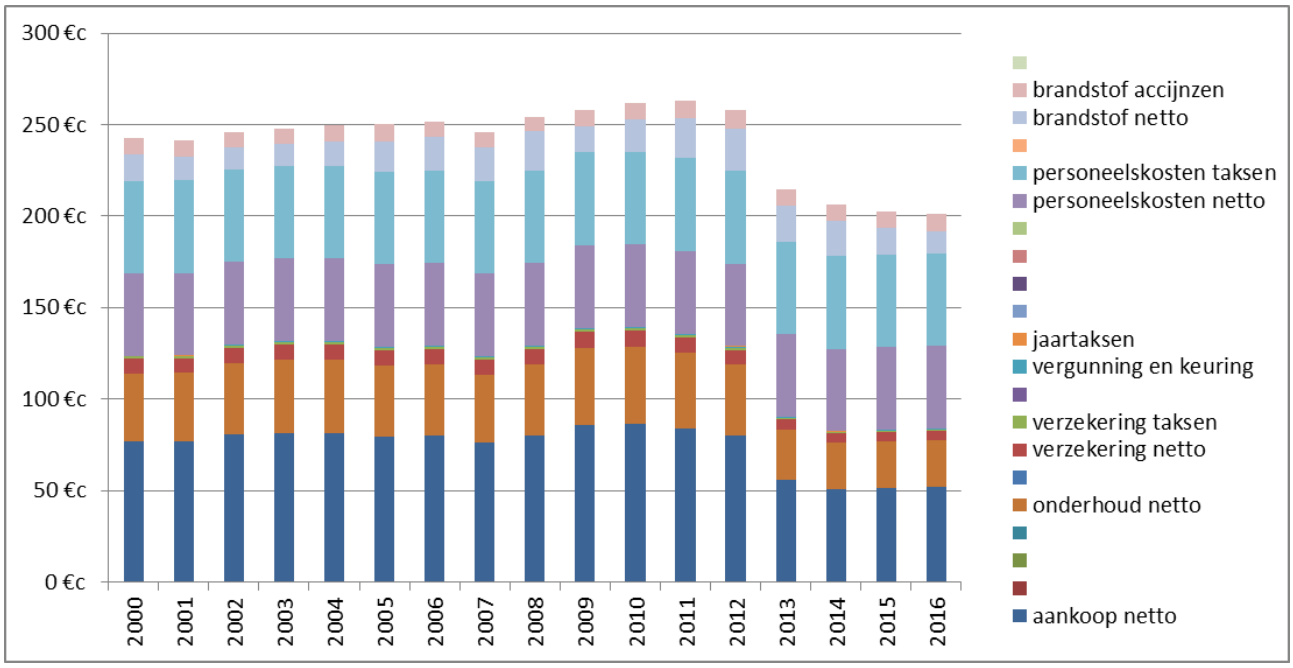
Figuur 146: Zware vrachtwagen 12-40, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



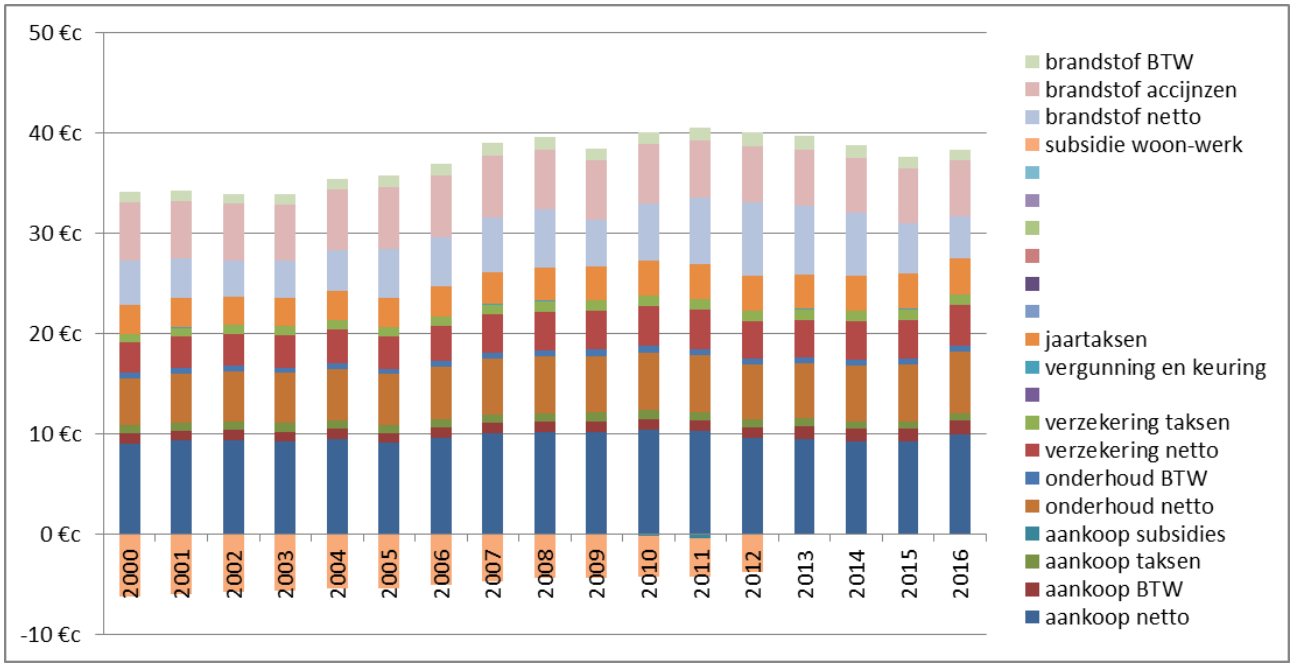
Figuur 147: Lijnbus, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



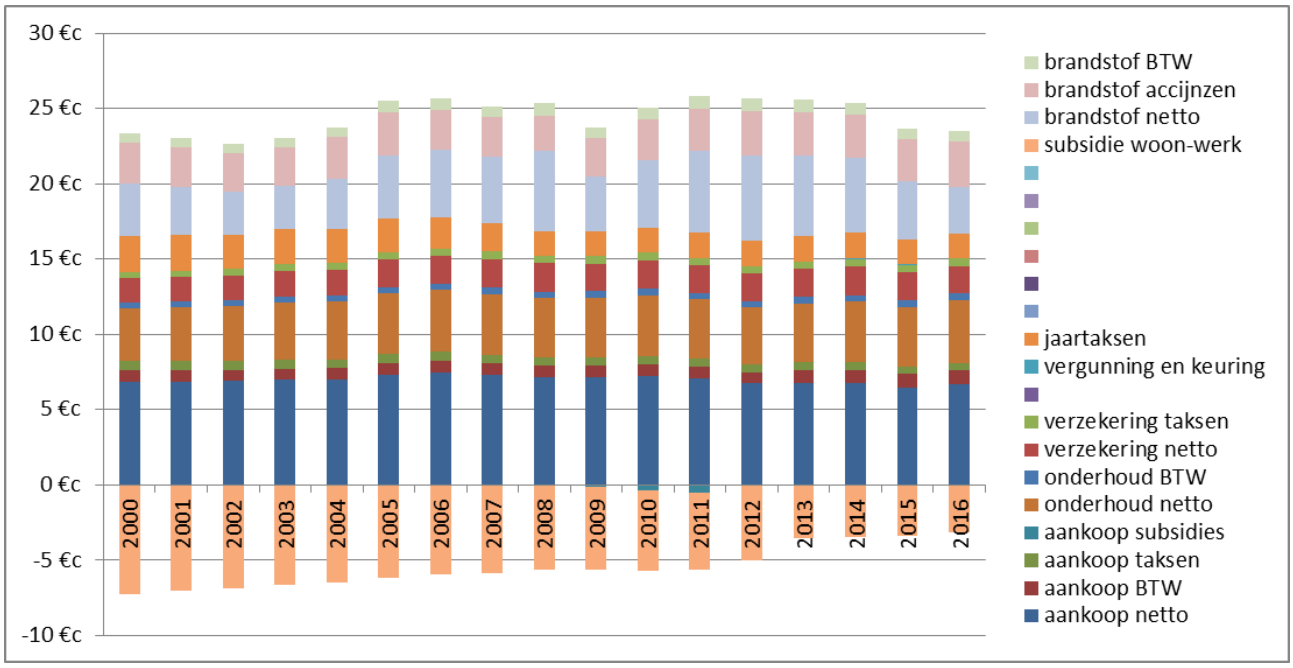
Figuur 148: Reisbus, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



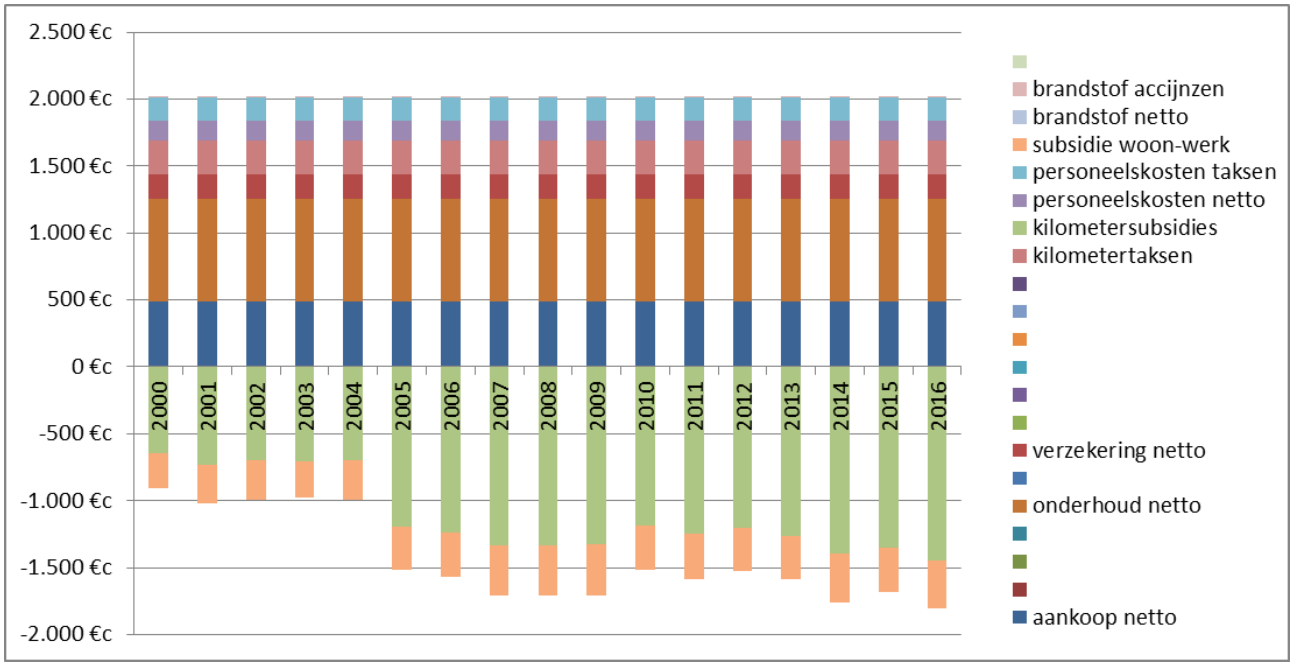
Figuur 149Bedrijfswagen benzine, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



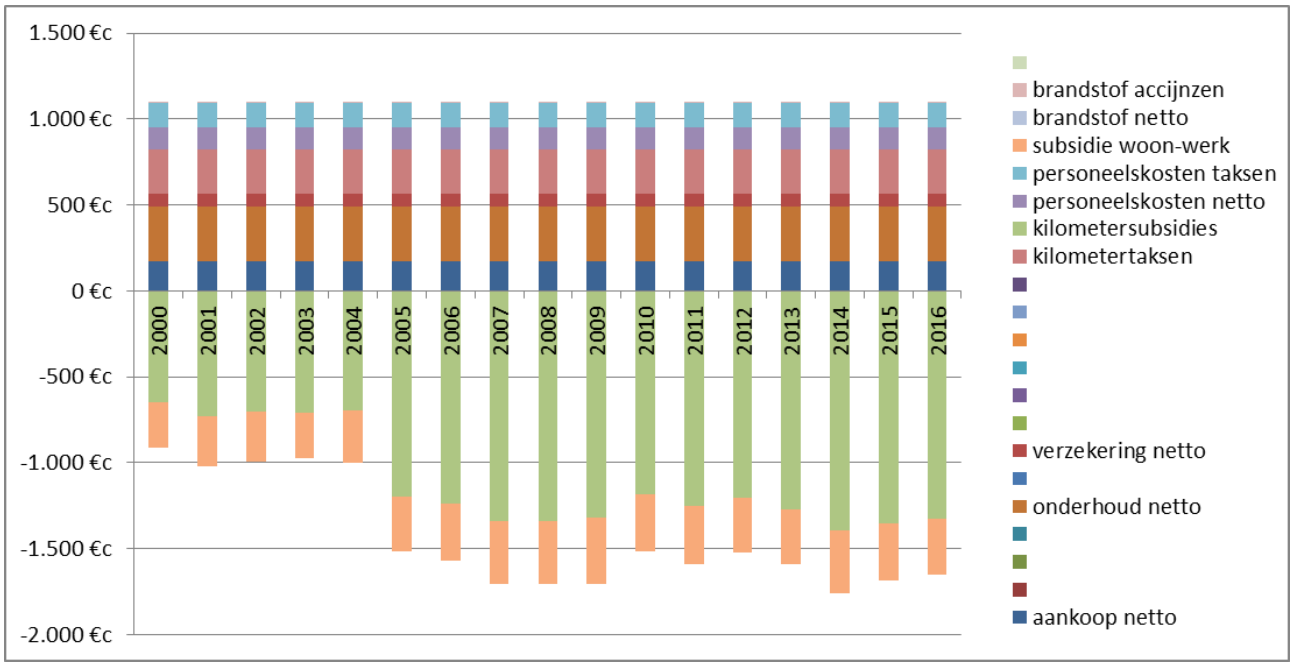
Figuur 150: Bedrijfswagen diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



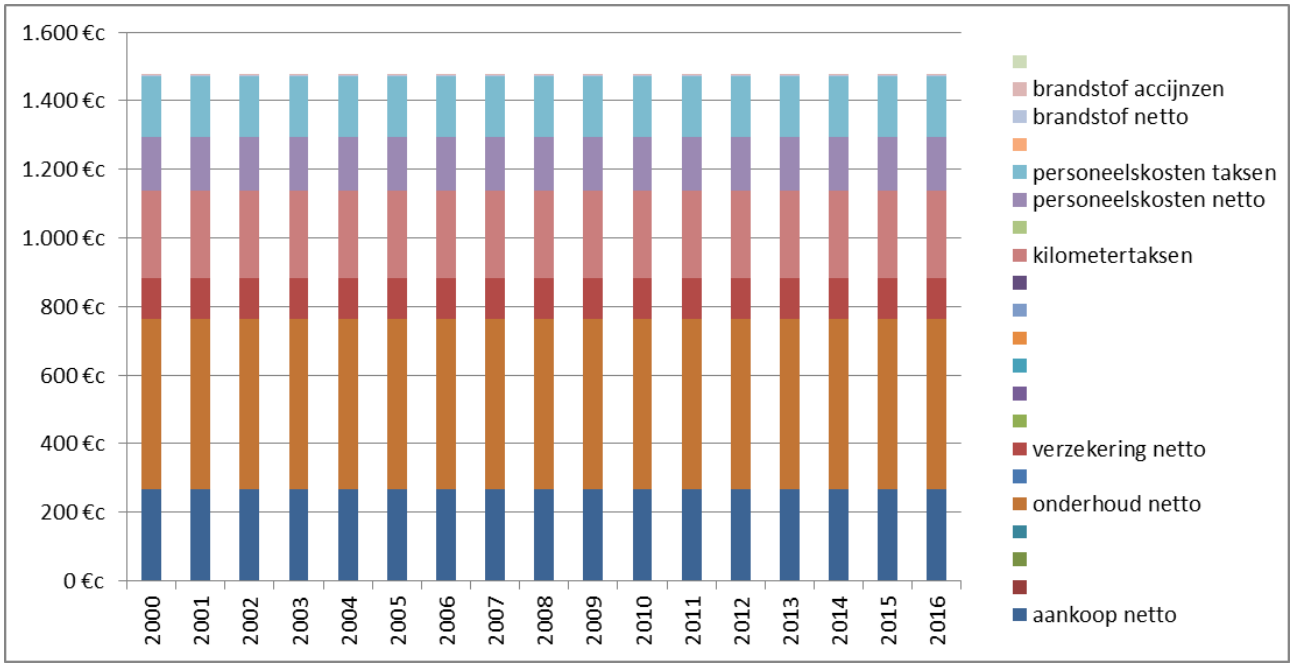
Figuur 151: Passagierstrein nationaal diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



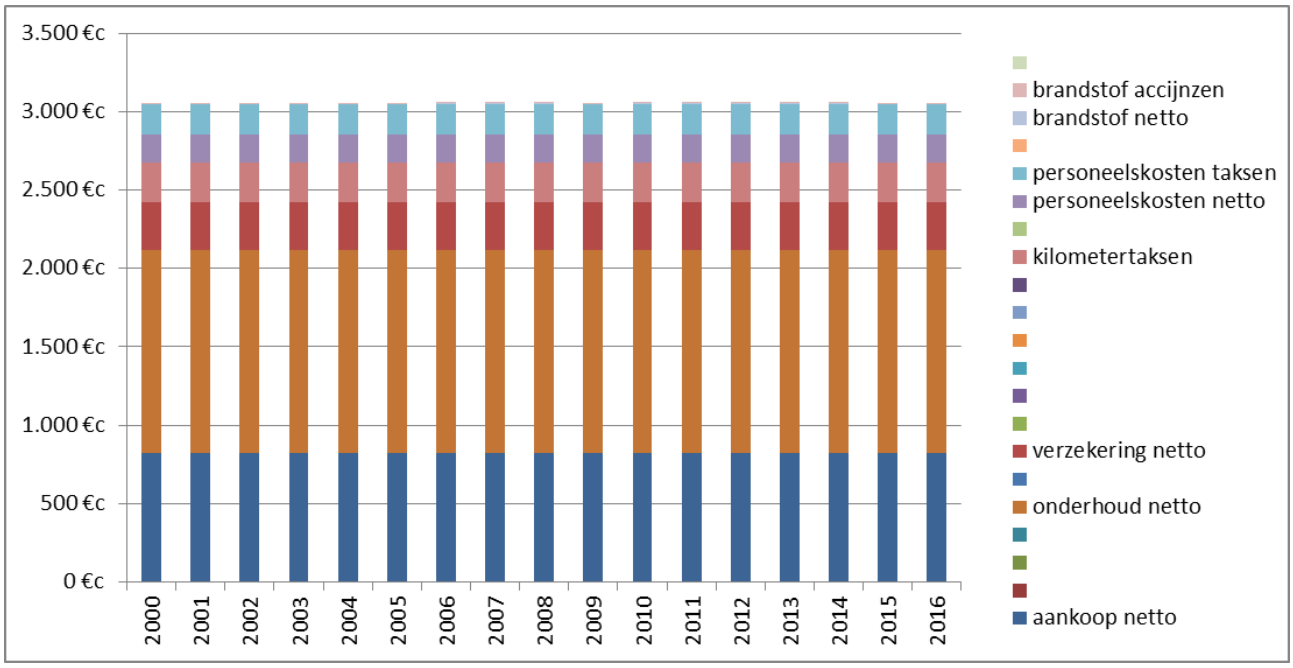
Figuur 152: Passagierstrein nationaal elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



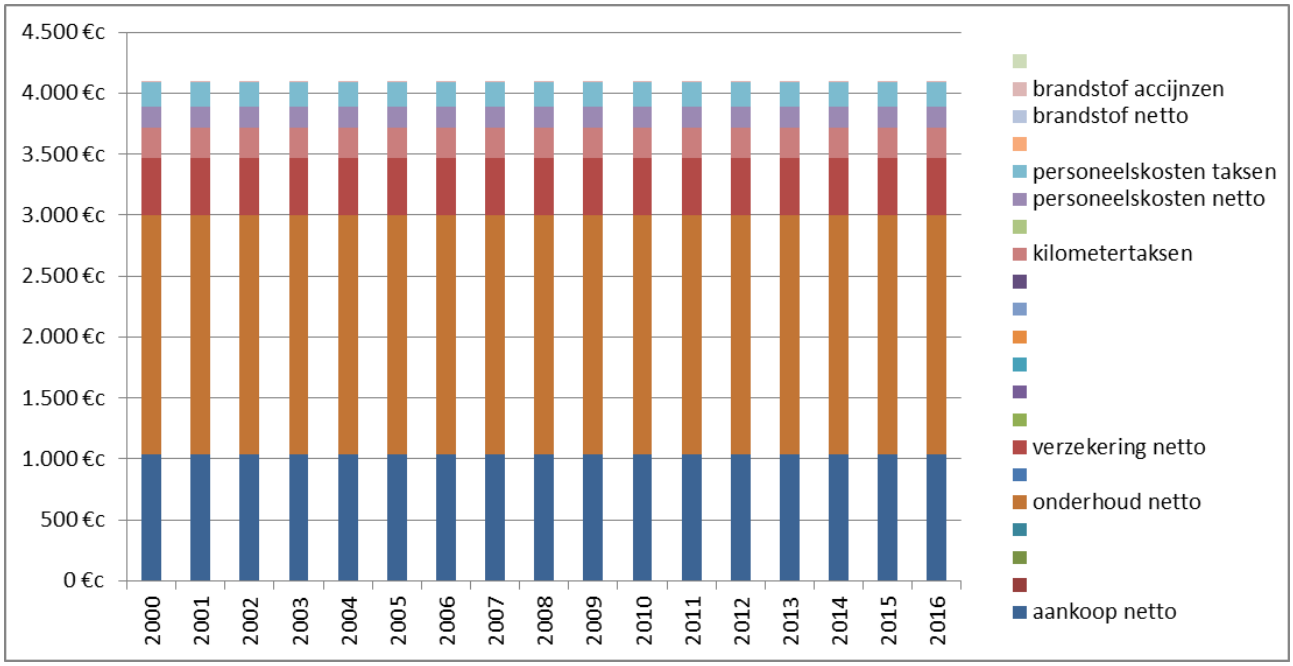
Figuur 153: Passagierstrein hst elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



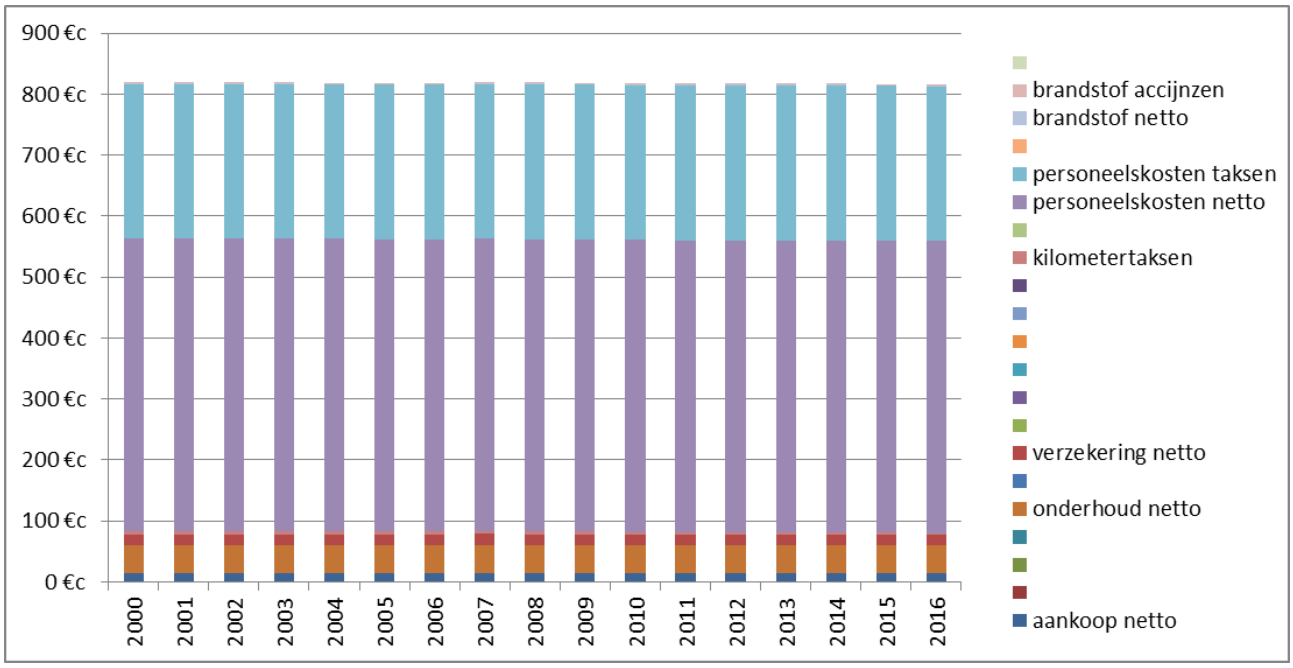
Figuur 154: Goederentrein diesel, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



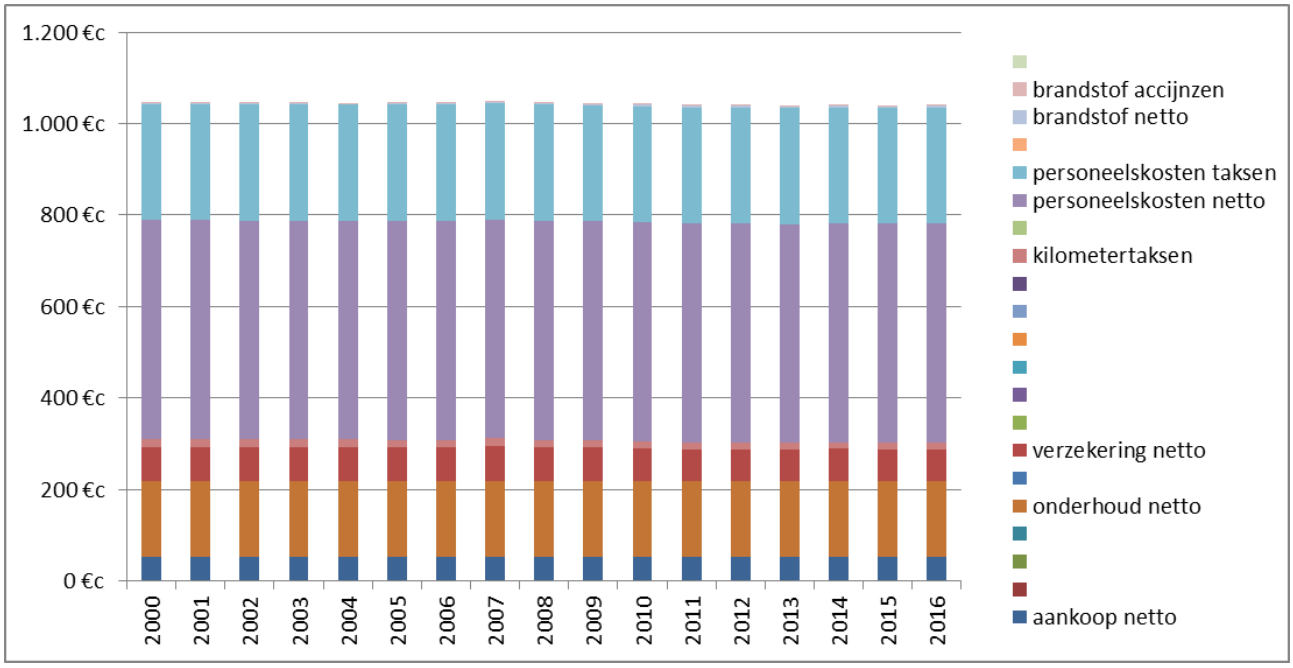
Figuur 155: Goederentrein elektrisch, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro2015. Bron: berekeningen TML.



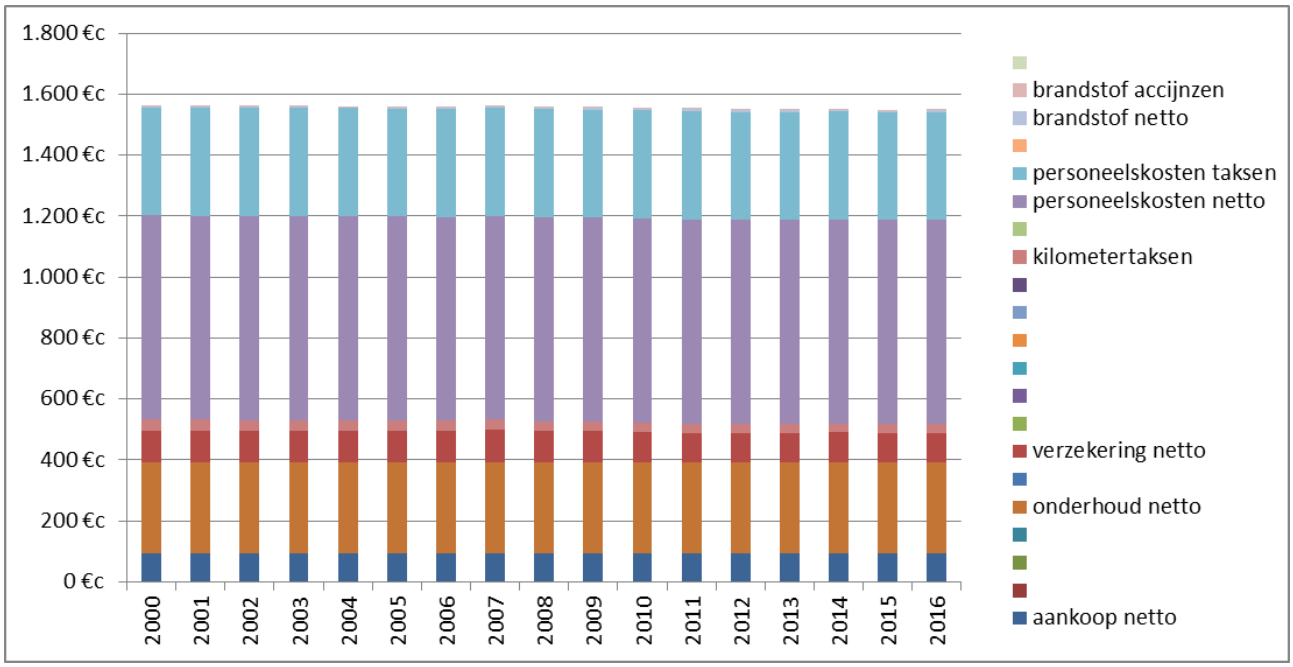
Figuur 156: Binnenvaart Spits, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



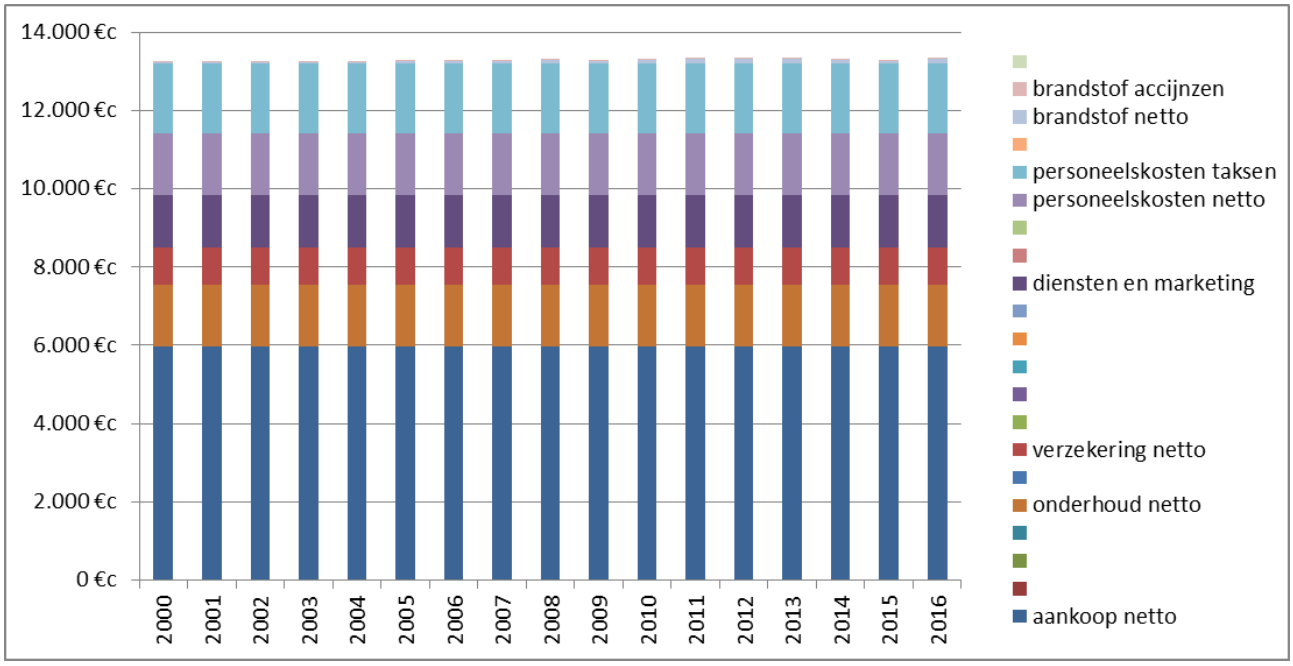
Figuur 157: Binnenvaart Europa, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



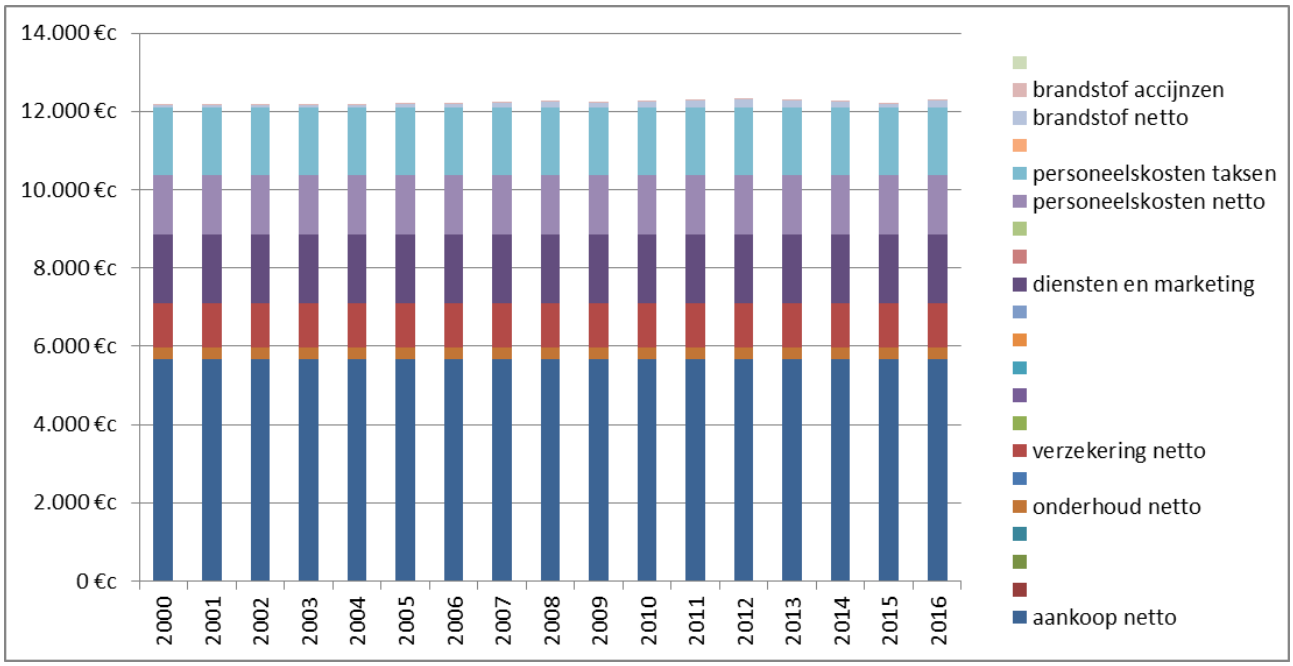
Figuur 158: Binnenvaart Cargo, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



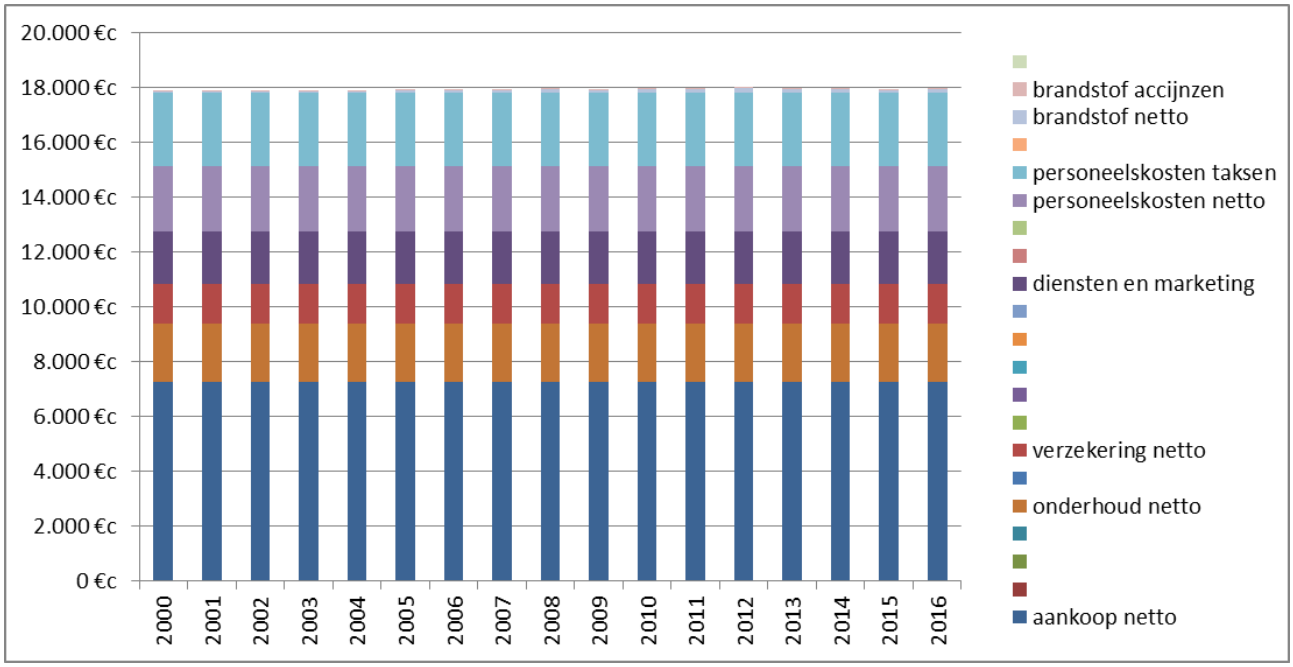
Figuur 159: Zeevaart RoRo-Ferry, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



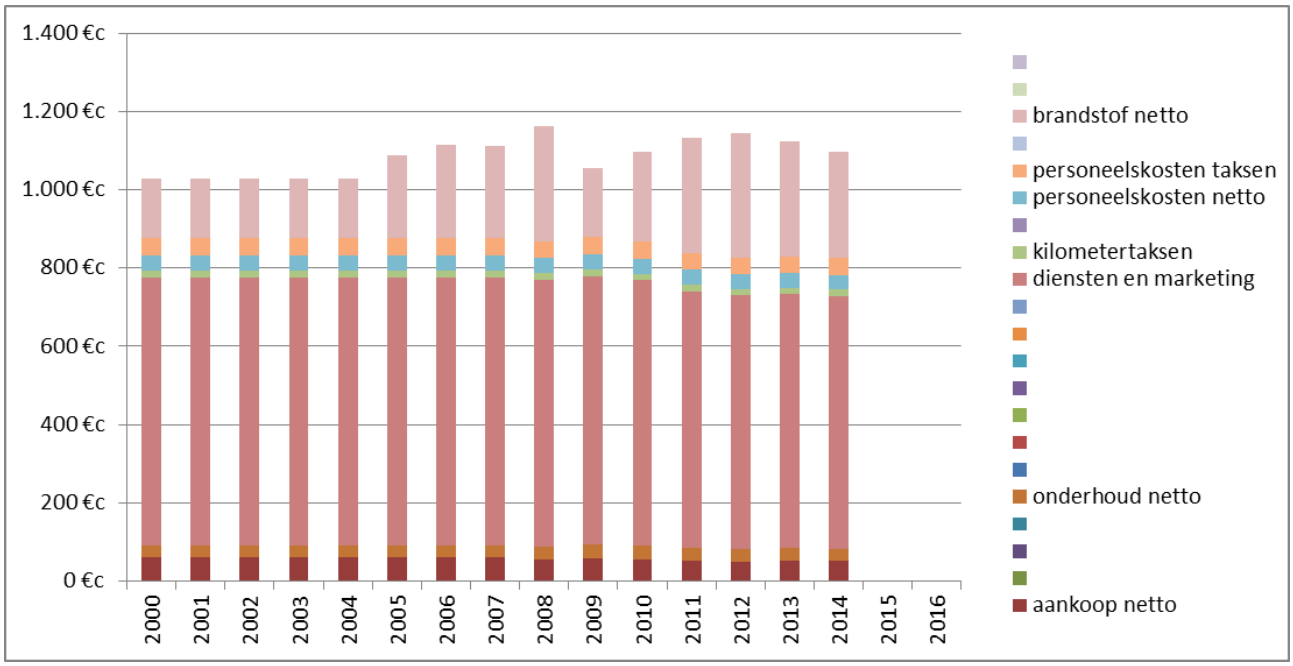
Figuur 160: Zeevaart Container-Cargo, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



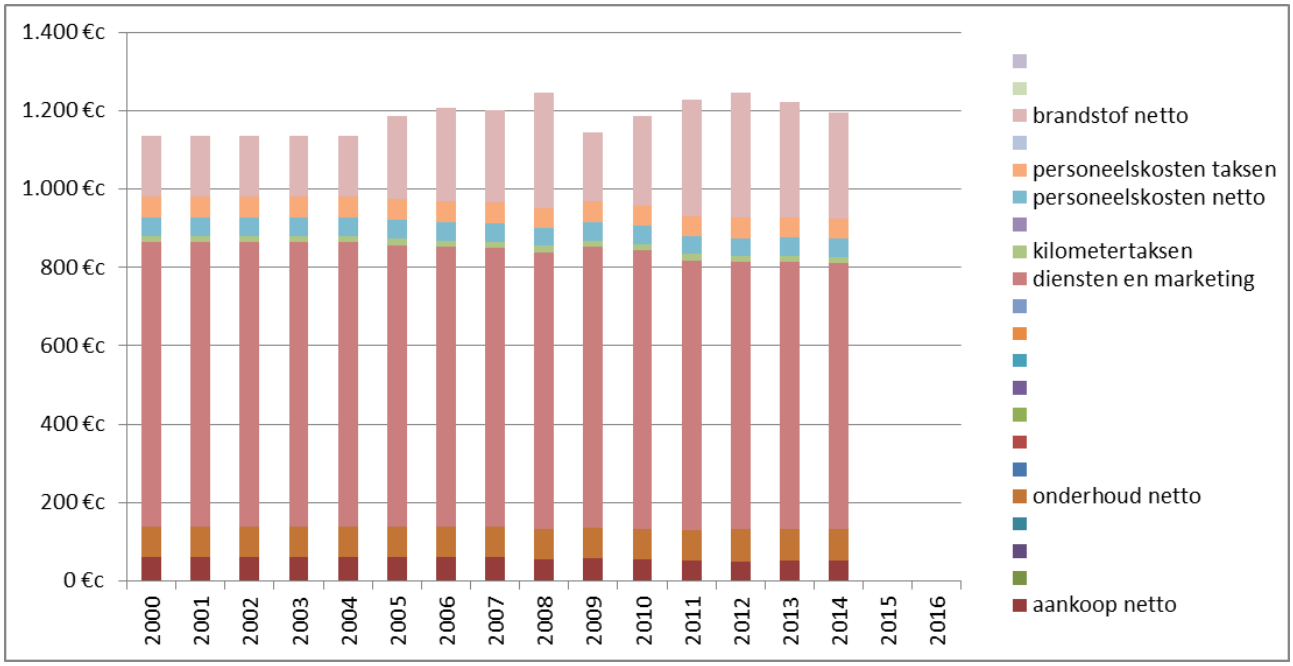
Figuur 161: Zeevaart Bulk, totale prijs per voertuigkm, 2000-2016, in constante prijzen euro$_{2015}$. Bron: berekeningen TML.



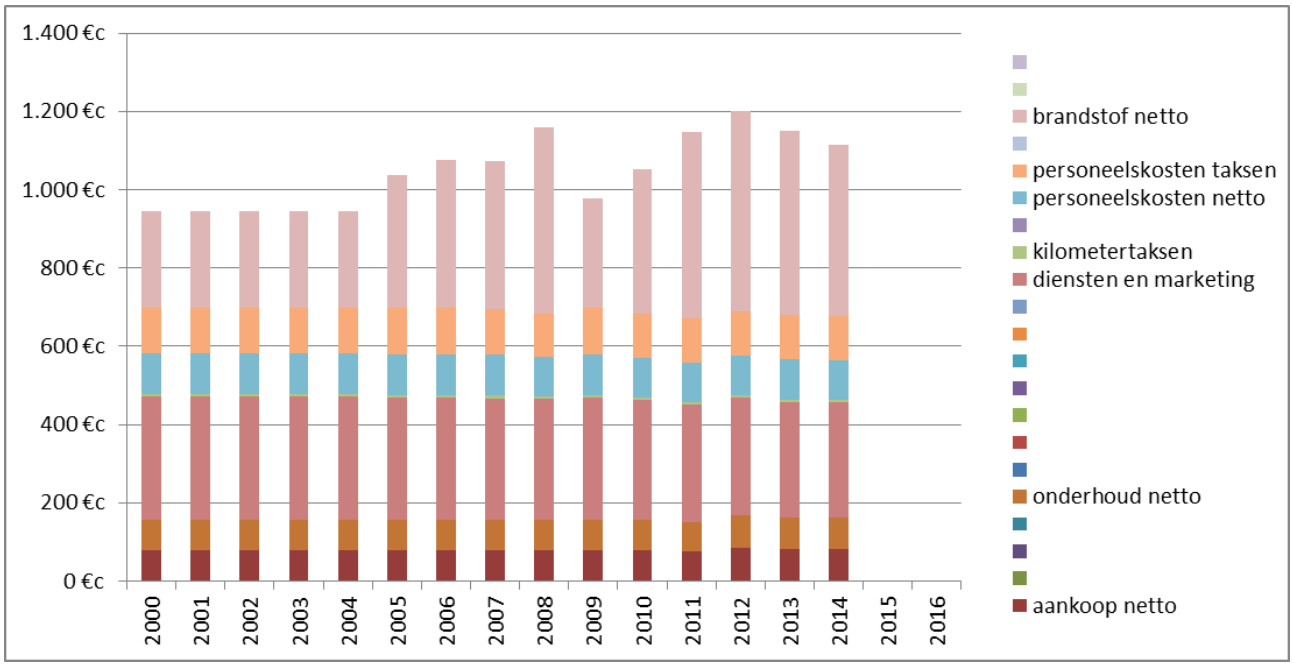
Figuur 162: Luchtvaart Passagierstransport – korte afstand – lage kosten, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML



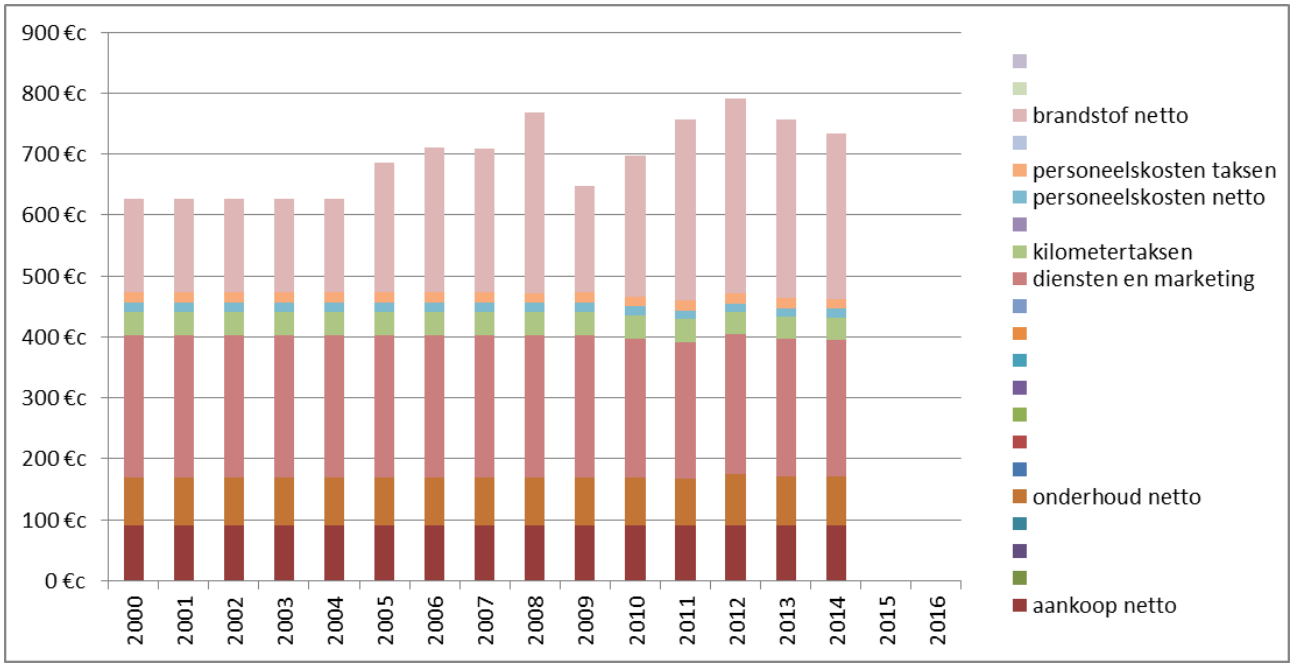
Figuur 163: Luchtvaart Passagierstransport – korte afstand – full service, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML



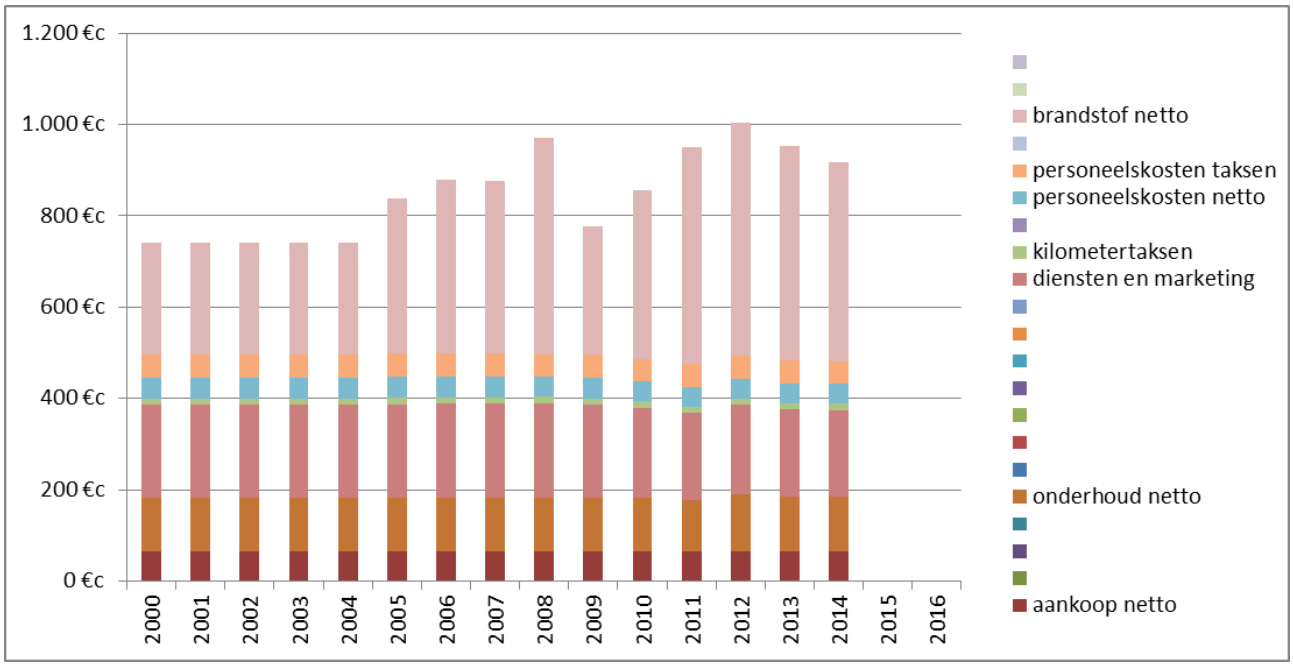
Figuur 164: Luchtvaart Passagierstransport – lange afstand, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML



Figuur 165: Luchtvaart Goederentransport – korte afstand, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML



Figuur 166: Luchtvaart Goederentransport – lange afstand, totale prijs per ASK, 2000-2015, in constante prijzen euro 2015. Bron: berekeningen TML



bijlage 2 : Schatten van de congestiefunctie

1 AANGEREIKTE GEGEVENS

1.1 Hoofdwegennet

1.1.1 Beschrijving aangereikte gegevens

In overleg met het Vlaams Verkeerscentrum (VVC) besloten we om volgende types gegevens te gebruiken:

- **Type**: gevalideerde en volledige intensiteiten en reistijden
- **Tijdsaggregatie**: voor elk uur van elke dag in het jaar 2015
- **Ruimtelijke aggregatie**: voor elk wegsegment
- **Voertuigklassen**: geaggregeerd voor voertuigklassen 1+2+3 en 4+5, wat een opsplitsing in licht en zwaar verkeer geeft

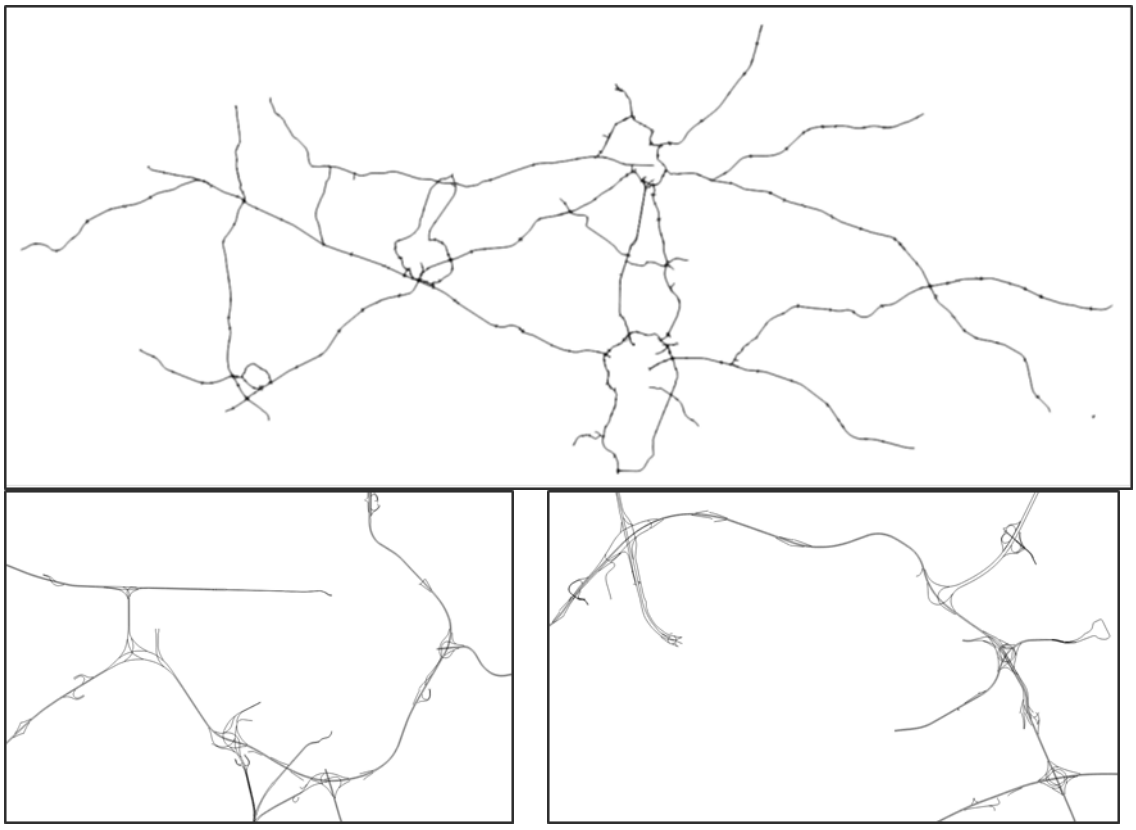
De gegevens zijn als volgt samengesteld:

- **Lengte segmenten**
  - Segment ID
  - Lengte in meter
- **Aantal voertuigen per kalenderdag per uur per wegsegment**
  - Segment ID
  - Tijdstip (JJJ-MM-DD HH:MM:SS)
  - Totale intensiteit voor voertuigklassen 1, 2 en 3 (licht verkeer)
  - Totale intensiteit voor voertuigklassen 4 en 5 (zwaar verkeer)
- **Reistijden per vijf minuten**
  - Segment ID
  - Tijdstip (JJJ-MM-DD HH:MM:SS)
  - Gemiddelde reistijd voertuigklassen 1, 2 en 3 (licht verkeer)
  - Gemiddelde reistijd voertuigklassen 4 en 5 (zwaar verkeer)

1.1.2 Overzicht wegsegmenten

In totaal definieerde het VVC 3341 wegsegmenten, zoals te zien is op volgende figuur. In close-up is te zien dat ook de op- en afritcomplexen mee werden opgenomen.

Figuur 167: Overzicht wegsegmenten hoofdwegennet, inclusief op- en afritten



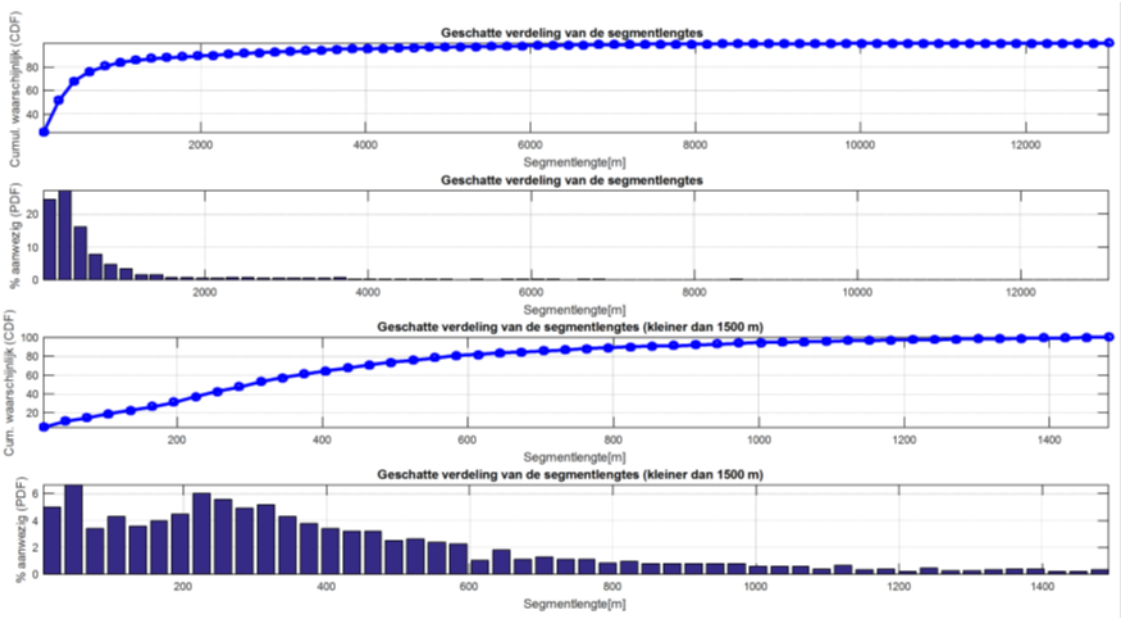
Voor elk wegsegment werd de lengte in meter gegeven, met de volgende statistische verdeling:

- Minimum: 1 m
- Maximum: 13.098 m
- Gemiddelde: 853 m
- Mediaan: 359 m
- Std. afw.: 1480 m

Dit is ook te zien op onderstaande figuur.

\\\

Figuur 168: Verdeling van de segmentlengtes voor het hoofdwegennet inclusief op- en afritten



We zien een verdeling met een lange staart, wat duidt op een klein aantal segmenten met betrekkelijk grote lengtes. De bulk (80%) van de segmenten heeft echter een lengte onder de 600 meter. De reden hiervoor is dat veel kleine segmentjes afkomstig zijn van delen van bijvoorbeeld verkeerswisselaars.

1.2 Onderliggend wegennet

1.2.1 Beschrijving aangereikte gegevens

Voor het onderliggend wegennet vertrekken we in eerste instantie van gegevens aangereikt door het PROMOVIA v2.1 model van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken.

In dit model worden de wegennetwerken van de provinciale verkeersmodellen (v3.6.1) gebruikt; daar worden vervolgens verkeerstellingen aangekoppeld welke dan verdeeld worden.

Voor de personenwagens kijken we naar volgende gereden voertuigkilometers per wegvak per dagdeel (telkens voor een gemiddelde werkdag[202]):

VTGK_PW_OSP	Ochtendspits:	07u → 10u (3u)
VTGK_PW_RST	Rest van de dag:	10u → 16u (6u)
VTGK_PW_ASP	Avondspits:	16u → 19u (3u)
VTGK_PW_EVE	Avond:	19u → 23u (4u)
VTGK_PW_NCH	Nacht:	23u → 07u (8u)

[202] Om een gemiddelde werkdag uit te drukken, worden dinsdagen en donderdagen in de maanden februari, maart, april, september, oktober en november beschouwd.

We gebruiken volgende types gegevens uit het PROMOVIA model:

- **Type**: voertuigprestaties (voertuigkilometers)
- **Tijdsaggregatie**: voor specifieke tijdsperiodes in het jaar 2015 (zie bovenstaande tabel)
- **Ruimtelijke aggregatie**: voor specifiek gekozen wegsegmenten
    - Stedelijke ringwegen
    - Grotere gewestwegen
- **Voertuigklassen**: geaggregeerd voor volgende klassen:
    - Personenwagens (PW)
    - Lichte vrachtwagens (VL)
    - Zware vrachtwagens (VZ)

De gegevens zitten vervat in GIS-lagen uit het model, en werden door het Vlaams Verkeerscentrum opgeleverd als Shape bestanden:

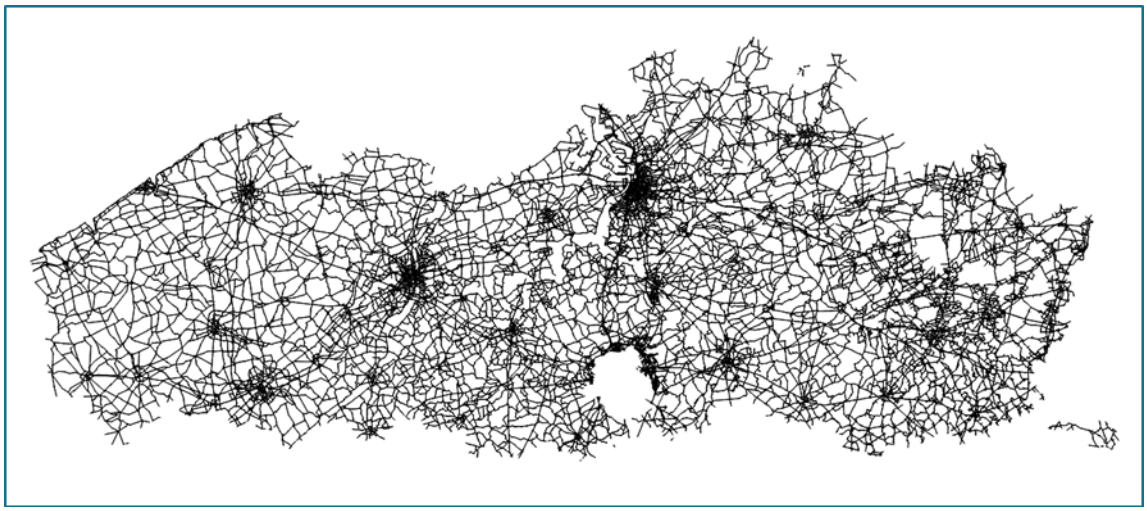
- Shape-bestand met intensiteiten en voertuigprestaties voor het jaar 2015 (jaartotaal)
- Shape-bestand met intensiteiten per dagdeel (voor een gemiddelde werkdag) voor het jaar 2015

Het coördinaat referentie systeem (CRS) van de Shape bestanden uit het model stemt overeen met het ouder gebruik van Lambert 72 coördinaten (EPSG: 4326). De huidige beschikbare kaarten, zoals Open Street Map (OSM) en Google Maps zitten in WGS 84 / Pseudo Mercator (EPSG:3857). Met behulp van de MapWindow Open Source GIS software konden we de bestaande Shape bestanden wel omzetten; de match is niet 100% correct (de kaart is hier en daar lichtjes verschoven), maar accuraat genoeg voor onze doeleinden.

1.2.2 Overzicht wegsegmenten

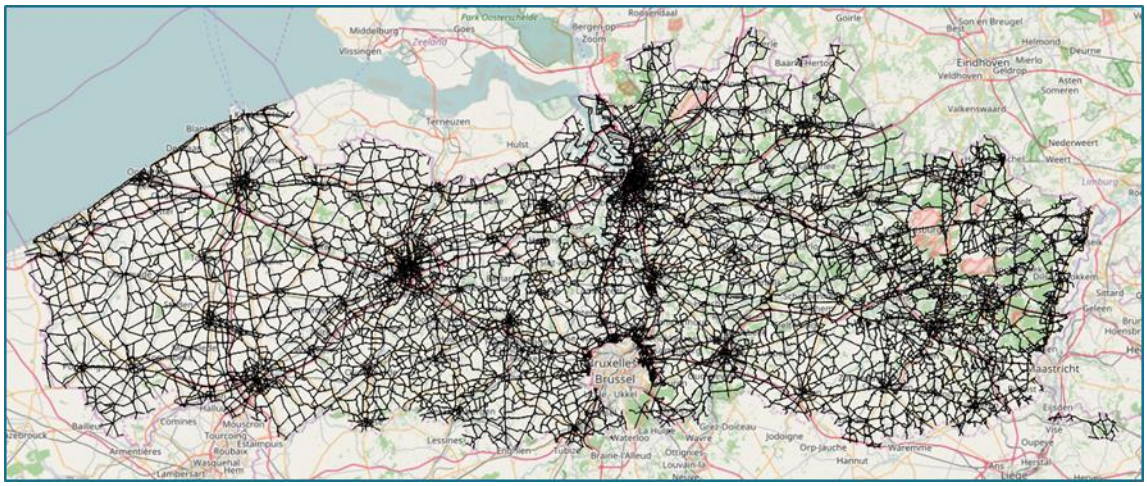
Er zijn in totaal 90.957 wegsegmenten beschikbaar:

Figuur 169: Wegsegmenten in Lambert 72 coördinaten



Na verandering van het CRS geeft dit volgend beeld:

Figuur 170: Wegsegmenten in WGS 84 / Pseudo Mercator coördinaten



Merk op dat in PROMOVIA verschillende wegtypes zitten, zoals te zien in volgende tabellen:

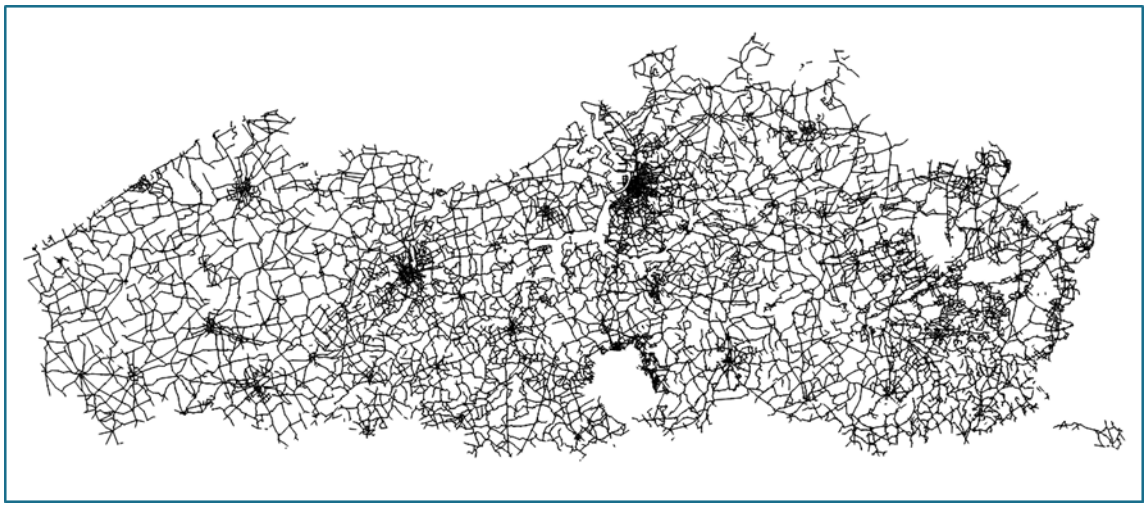
Categorie	Classificatie wegvak	Aantal rijstroken	Urbanisatiegraad
1	Snelwegen	Meer dan 2	Niet relevant
2	Snelwegen	Max. 2	Niet relevant
3	Op- en afritten	Niet relevant	Niet relevant
4	Onderliggend wegennet	Niet relevant	Urbaan en suburbaan
5	Onderliggend wegennet	Niet relevant	Landelijk

Categorie	LINKTYPE en LT2SOORT	Aantal rijstroken	Urbanisatiegraad
1	LINKTYPE = 1 of (LINKTYPE = 2 en LT2SOORT = 1)	Meer dan 2	Niet relevant
2	LINKTYPE = 1 of (LINKTYPE = 2 en LT2SOORT = 1)	Max. 2	Niet relevant
3	LINKTYPE = 2 en LT2SOORT = 2	Niet relevant	Niet relevant
4	LINKTYPE > 2 of (LINKTYPE = 2 en LT2SOORT = 3)	Niet relevant	1 en 2
5	LINKTYPE > 2 of (LINKTYPE = 2 en LT2SOORT = 3)	Niet relevant	3

Voor onze analyses van het onderliggend wegennet kijken we dan ook enkel naar wegcategorieën 4 en 5 (linktypes 4 en hoger).

\\\

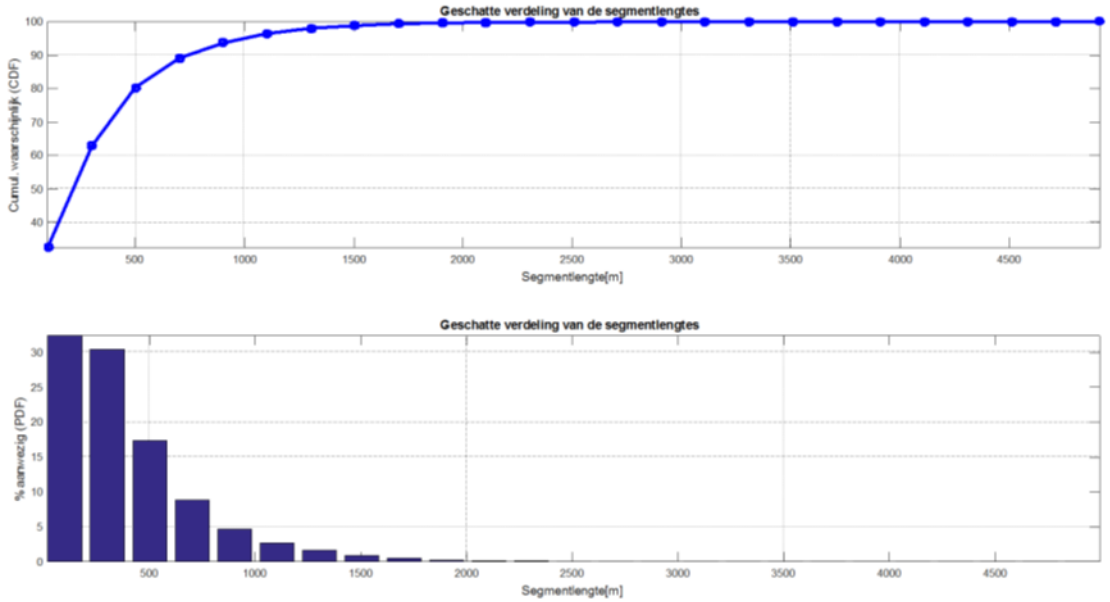
Figuur 171: Wegsegmenten onderliggend wegennet in Lambert 72 coördinaten, enkel linktypes 4 en hoger



Deze segmenten hebben volgende statistische verdeling voor de lengtes:

- Minimum: 0,07 m
- Maximum: 5014 m
- Gemiddelde: 400 m
- Mediaan: 305 m
- Std. afw.: 355 m

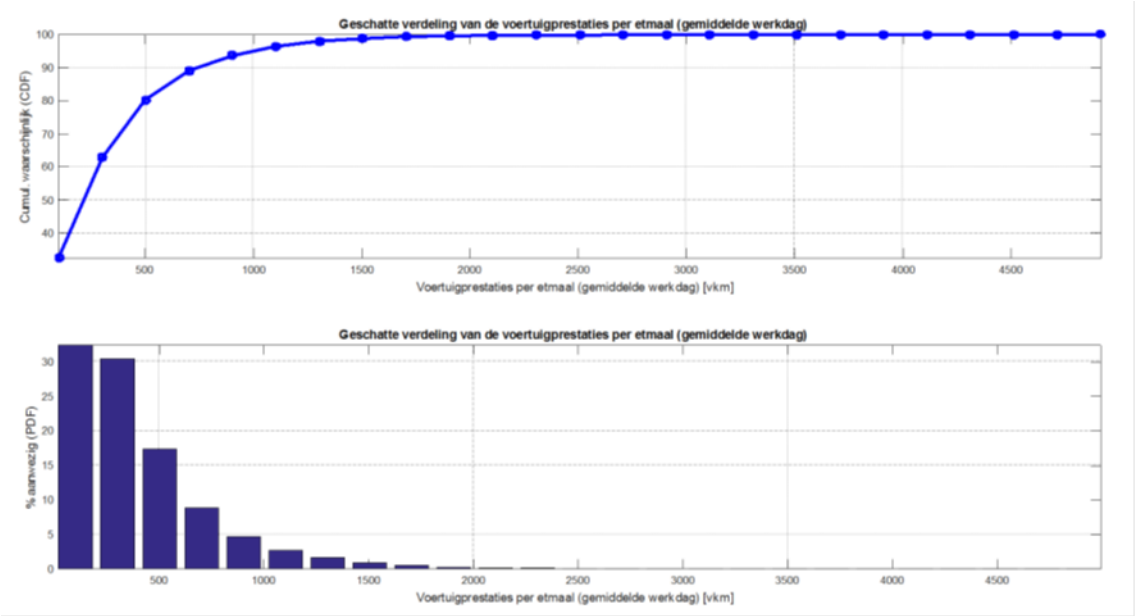
Figuur 172: Verdeling van de segmentlengtes voor het onderliggend wegennet



Deze segmenten hebben volgende statistische verdeling voor de voertuigprestaties (per etmaal):

- Minimum: 0 voertuigkm
- Maximum: 27061 voertuigkm
- Gemiddelde: 775 voertuigkm
- Mediaan: 394 voertuigkm
- Std. afw.: 1097 voertuigkm

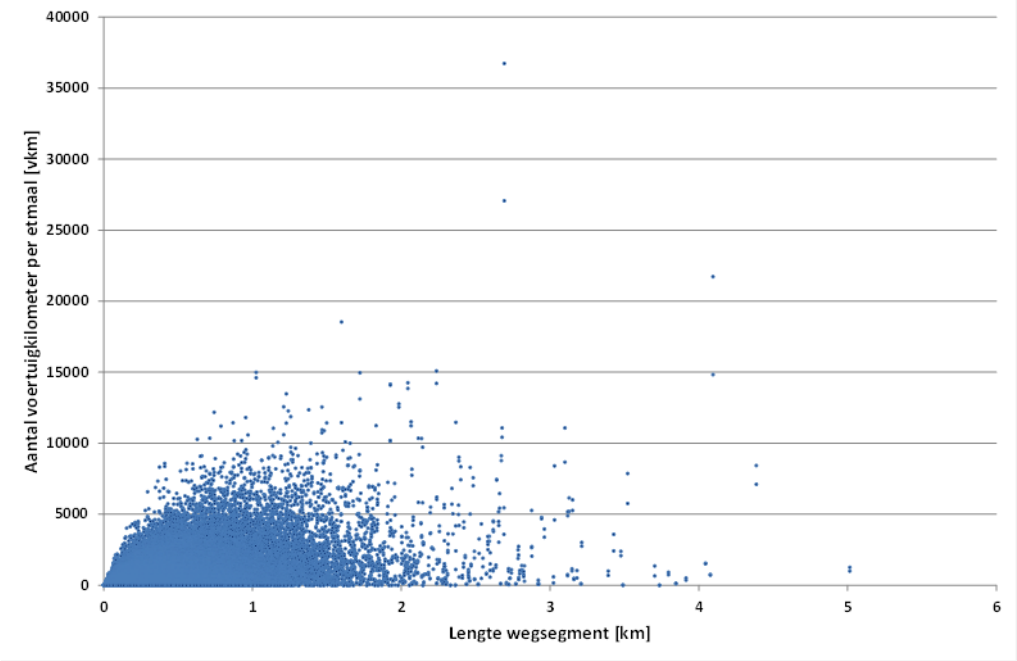
Figuur 173: Verdeling van de voertuigkm voor het onderliggend wegennet



We zien in beide gevallen dat er een weinig aantal segmenten zijn met een grote lengte of een groot aantal voertuigkilometers per etmaal. Als we beiden tegenover elkaar uitzetten, zien we volgende correlaties:

\\\

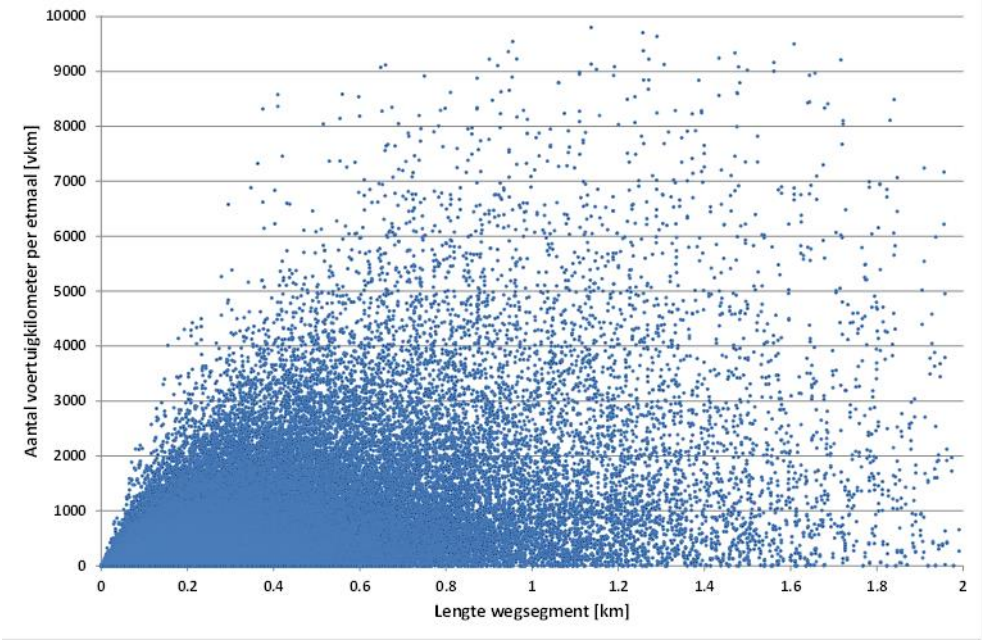
Figuur 174: Correlatie tussen lengte van een segment en het aantal voertuigkm per etmaal



Het valt op dat met de heel grote segmentlengtes er vaak ook proportioneel veel meer voertuigkilometers per etmaal gereden worden.

Een ingezoomd beeld van de metingen is te zien in volgende figuur:

Figuur 175: Correlatie tussen lengte van een segment en het aantal voertuigkm per etmaal (ingezoomd)



In het vervolg van onze analyses houden we geen rekening met segmenten die een hoog aantal voertuigkilometers per etmaal (boven 10.000) hebben, om zodoende geen vertekend beeld te krijgen.

2 VOORBEWERKINGEN

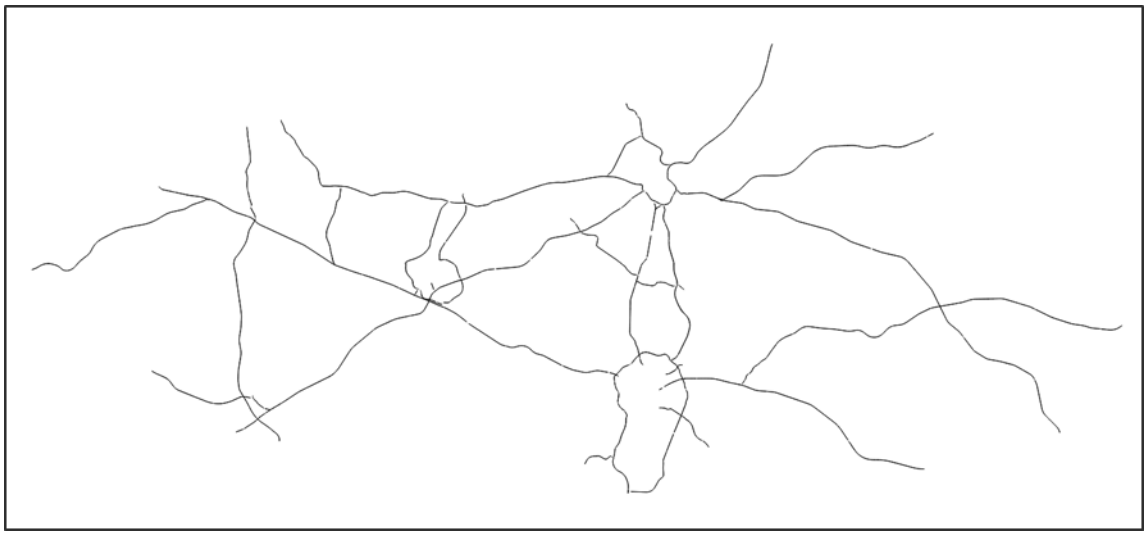
2.1 Hoofdwegennet

2.1.1 Afbakening wegsegmenten

De verschillende wegsegmenten vertonen een grote diversiteit, onder andere in hun lengte. Om de analyses zo correct mogelijk te houden, weren we alle kleine segmenten die overeenkomen met bijvoorbeeld op- en afritten, en kijken we enkel naar die stukken die tot de autosnelwegen zelf behoren (*hoofdrijbaan*). De selectie van deze segmenten gebeurt op basis van de wegcategorisering die aan de segmenten werd gegeven.

Code	Beschrijving
10	Hoofdrijbaan
15 tem. 19	Knooppunten
15	Doorgaande snelweg in het knooppunt
16	Parallelbaan in het knooppunt
17 tem. 19	Verbindingen in het knooppunt
21 tem. 32	Op- en afrittencomplexen
21 en 31	Opritten
22 en 32	Afritten
26	Parallelbaan
28 en 29	Verbindingen met parallelbanen
50	Parking
100 en hoger	Niet-snelwegen

Figuur 176: Overzicht wegsegmenten hoofdwegennet, exclusief op- en afritten

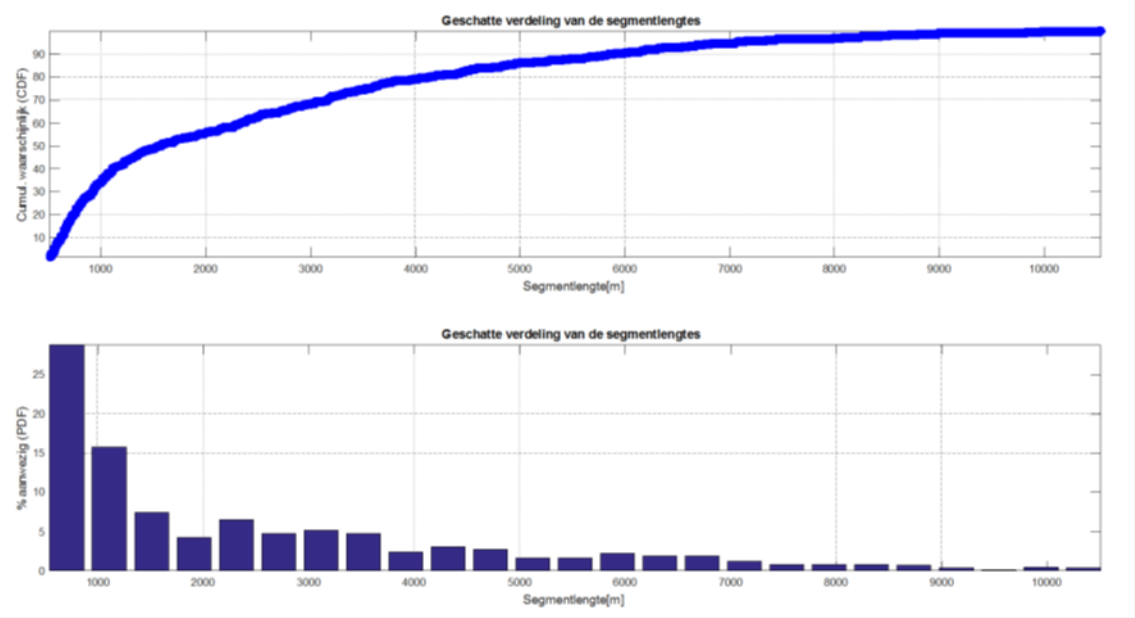


Zoals eerder vermeld definieerde het VVC in totaal 3341 segmenten. Voor 1301 daarvan werden er intensiteiten bepaald, en voor 2345 ervan werden er reistijden bepaald. We kozen vervolgens alle segmenten die tot autosnelwegen en hoofdwegen behoorden (categorieën 10, 15 en 100), en een minimale lengte van 500 meter hadden; dit leverde 834 segmenten op. Na matchen van de drie groepen werden er 659 segmenten gemeenschappelijk overgehouden (voor elke intensiteit dient er immers een overeenkomstige reistijd gebruikt te worden).

Analyse van deze weerhouden wegsegmenten leverde volgende informatie op:

- Minimum: 504 m
- Maximum: 10543 m
- Gemiddelde: 2499 m
- Mediaan: 1585 m
- Std. afw.: 2166 m

Figuur 177: Verdeling van de segmentlengtes voor het hoofdwegennet exclusief op- en afritten



2.1.2 Berekening aantal voertuigkilometer

We hebben de aangeleverde intensiteiten per segment per uur van de dag voor elke dag in 2015 omgezet naar voertuigkilometers. Hiervoor vermenigvuldigden we deze per segment telkens met de lengte van het wegsegment, gedeeld door 1000 (om van meter naar kilometer te gaan).

In totaal werden ruim 20 miljoen records met gegevens over intensiteiten aangereikt, met daarin telkens het segmentnummer, de datum-/tijdstempel van de meting en de geaggregeerde intensiteiten voor voertuigklassen 1+2+3 en 4+5.

Vervolgens werden alle datum-/tijdstempels omgezet naar zuiver numerieke waarden, waarbij we het jaartal, de maand, de dag en het uur berekenden en weerhielden. Daarenboven berekenden we ook de dag van de week.

2.1.3 Berekening reistijden

Ook hier werden alle datum-/tijdstempels omgezet naar zuiver numerieke waarden, waarbij we het jaartal, de maand, de dag en het uur berekenden en weerhielden. Daarenboven berekenden we ook de dag van de week. In totaal zijn er ruim 135 miljoen records beschikbaar.

De reistijden (uitgedrukt in seconden) werden aangeleverd in aparte bestanden per maand, weliswaar uitgemiddeld per vijf minuten. In eerste instantie aggregeren we alle vijf-minuten intervallen behorende tot hetzelfde uur met elkaar door ze uit te middelen (onderzoek op basis van een steekproef gaf aan dat er geen sterke verschillen tussen het gemiddelde en de robuustere mediaan waren). Dit leverde ruim 11 miljoen records op. Tot slot werden alle twaalf bestanden (één per maand) achter elkaar in één groot bestand gezet.

\\\

De voertuigkilometers en de reistijden zitten op dit moment in aparte bestanden. Om deze aan elkaar te koppelen is het nodig elk record uit het ene bestand uniek te associëren met een record uit het andere bestand, met als sleutel het segmentnummer, jaartal, maand, dag en uur. De zoekruimte hiervoor is enorm groot, wat tot een zeer inefficiënte manier van werken leidt. Om dit sterk te versnellen, splitsen we in deze voorbewerkingsstap alle bestanden op per segment.

Tot slot combineren we alle berekende voertuigkilometers en reistijden voor de in Sectie 2.1.1 geselecteerde segmenten met elkaar. Merk op dat we voertuigkilometers voor de vrachtwagens met 2 vermenigvuldigen, zodat alle voertuigkilometers in personen-auto-equivalenten (PAEs) uitgedrukt worden. Dit maakt dat er nog 659 segmenten gebruikt werden.

2.2 Onderliggend wegennet

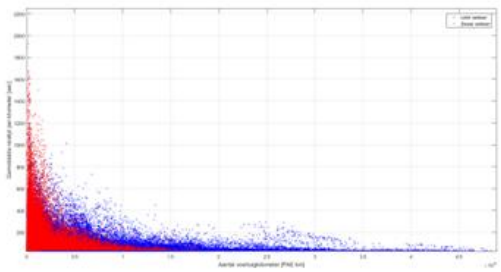
Op de meetgegevens van het onderliggend wegennet dienen we geen voorbewerkingen uit te voeren.

3 BEREKENING REISTIJDVERLIESFUNCTIES

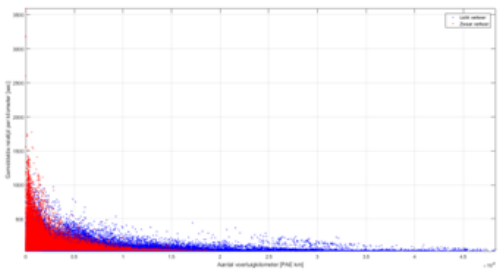
3.1 Hoofdwegennet

3.1.1 Overzicht gebruikte metingen

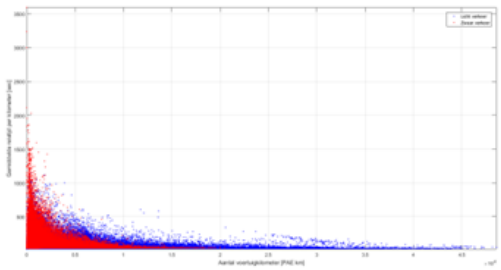
3.1.1.1 Alle weekdagen apart



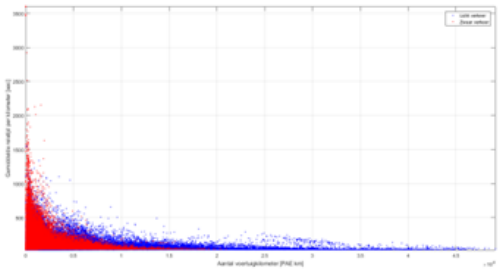
Maandagen



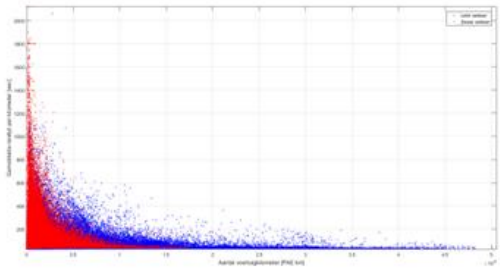
Dinsdagen



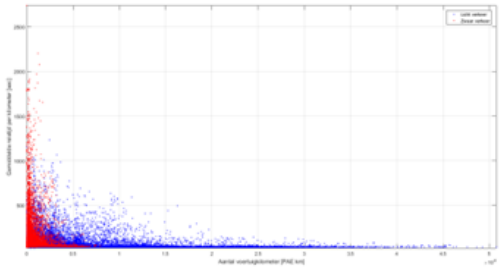
Woensdagen



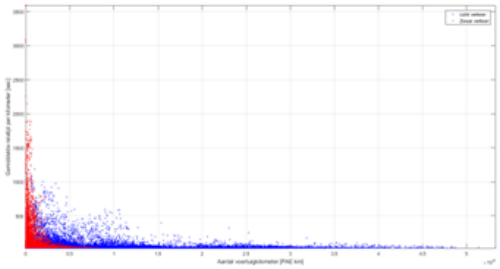
Donderdagen



Vrijdagen

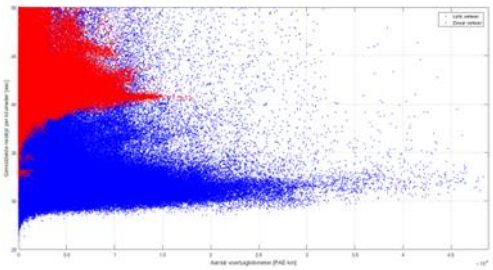


Zaterdagen

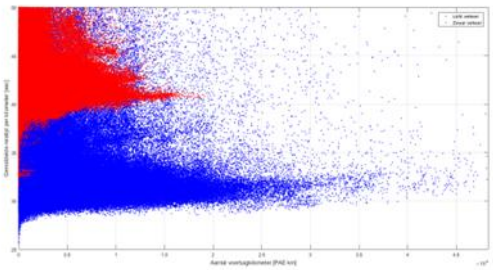


Zondagen

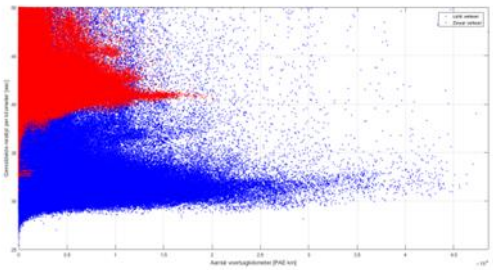
Close-ups (Ingezoomd op de Y-as):



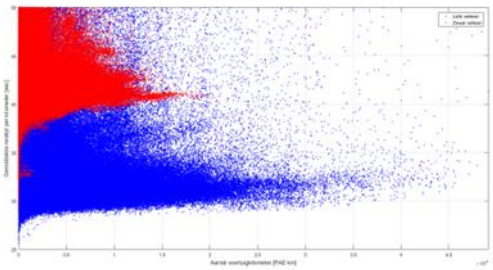
Maandagen



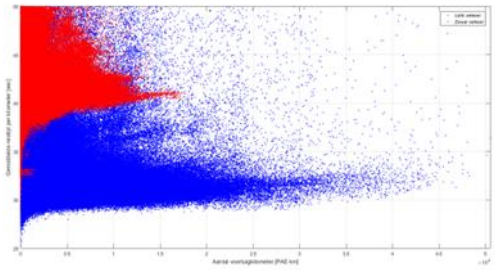
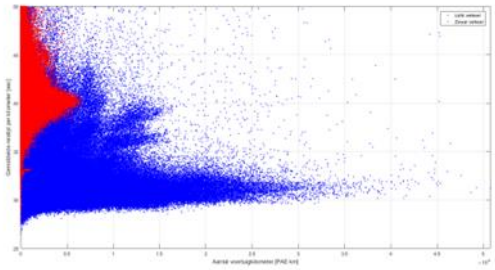
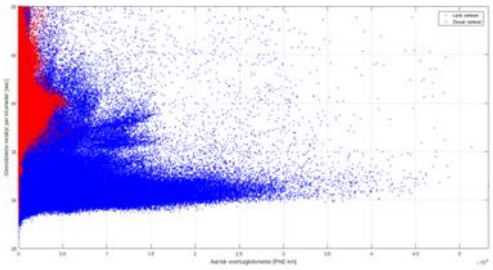
Dinsdagen



Woensdagen

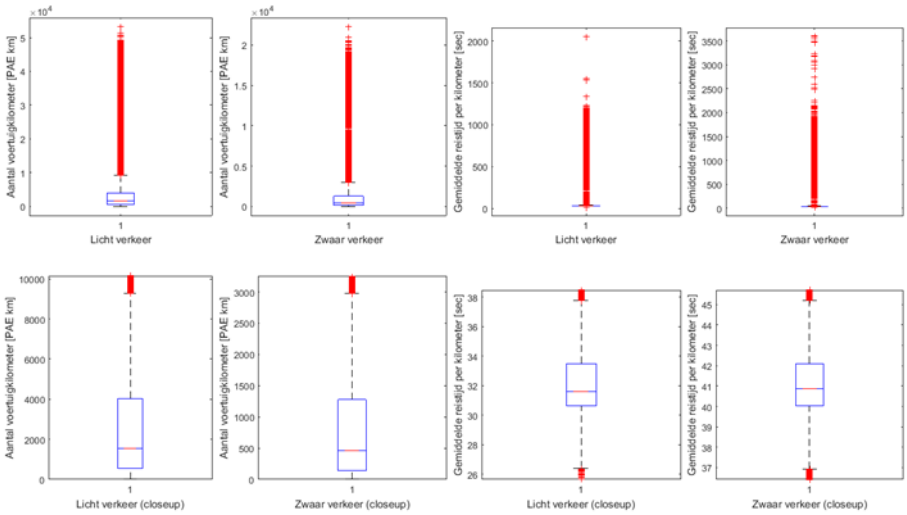


Donderdagen

 *Vrijdagen*	
 *Zaterdagen*	 *Zondagen*

3.1.1.2 Statistische analyses van de meetgegevens

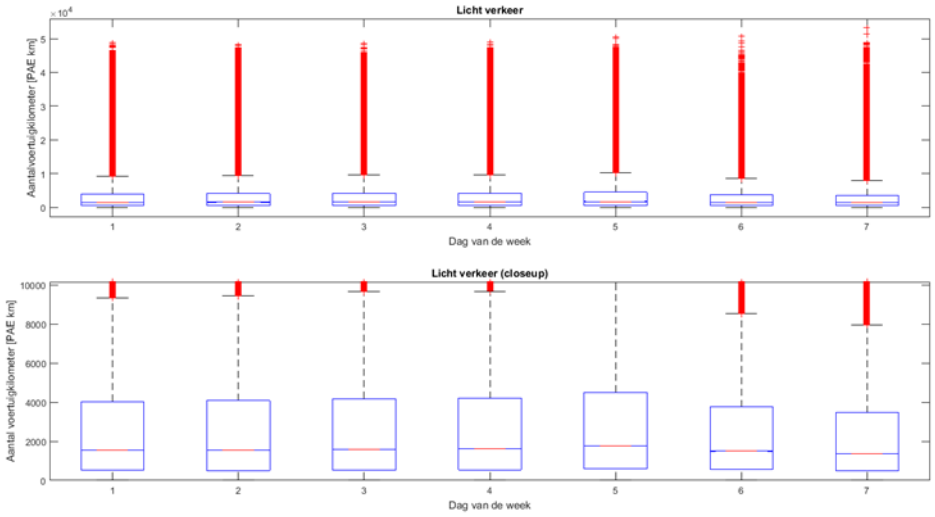
De puntenwolken hebben telkens een zeer specifieke vorm, waarbij er zeer veel punten met lage voertuigkilometers en hoge reistijden zijn. In wat volgt onderzoeken we deze puntenwolken met een statistische analyse.



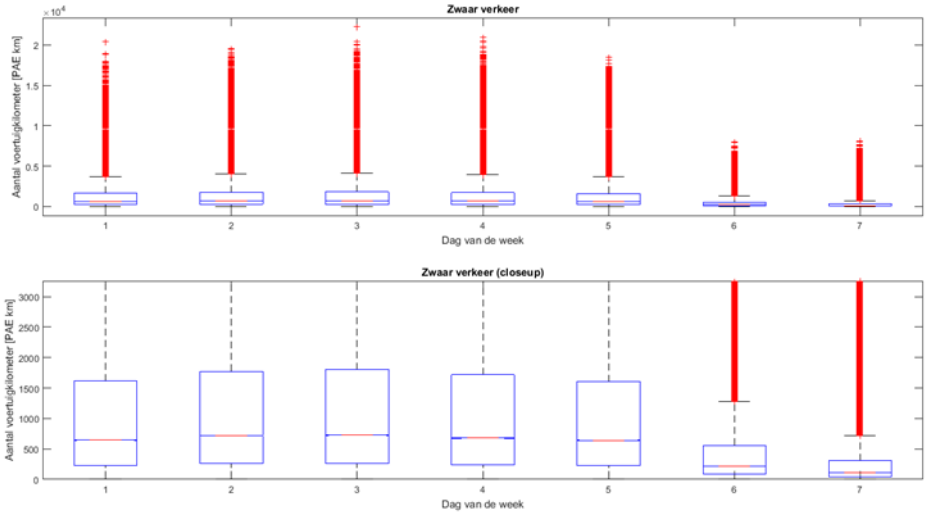
Op bovenstaande boxplots zien we duidelijk hoe het grootste deel van de gegevens buiten 1,5 keer de interkwartielafstand (= 75% van de data) valt. De close-ups op de tweede rij geven aan waar de mediane voertuigkilometers en reistijden zich bevinden, en wat de verwachte spreiding daarrond is. Dit toont aan dat er enerzijds een grote spreiding op de gegevens zit, en anderzijds dat er een hele groep gegevens zijn

die als statistische uitschieters kunnen beschouwd worden en niet tot de normale bulk van de data behoren.

In de volgende reeksen grafieken geven we telkens de boxplots weer, maar dan opgesplitst per dag van de week.



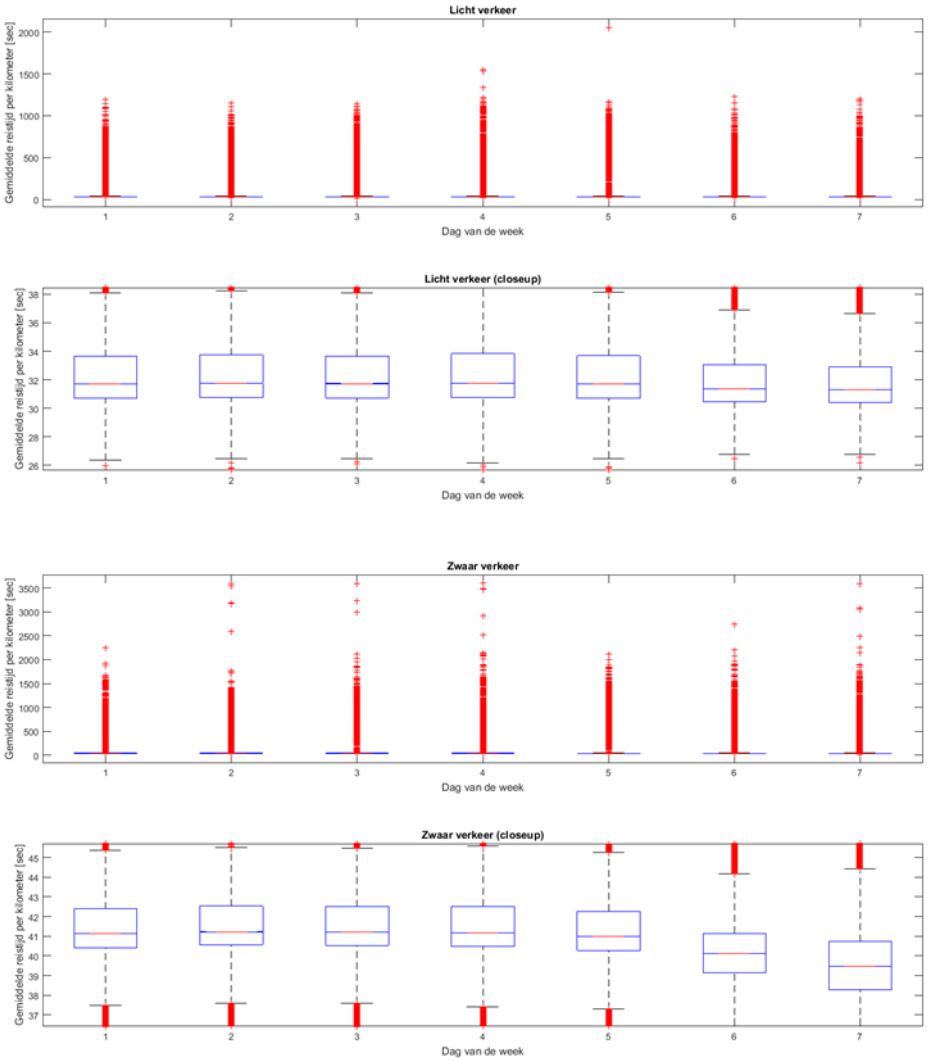
We zien op deze boxplots dat het aantal voertuigkilometers voor licht verkeer niet beduidend verschilt doorheen de verschillende werkdagen van de week, wel dat er een verschil is met het weekend. Eenzelfde vaststelling doen we bij het aantal voertuigkilometers voor zwaar verkeer, zoals te zien op volgende grafieken.



Het verschil tussen werkdagen en weekends is hier nog meer uitgesproken.

Dezelfde trends zien we ook terugkeren bij de boxplots van de gemiddelde reistijden in volgende grafieken.

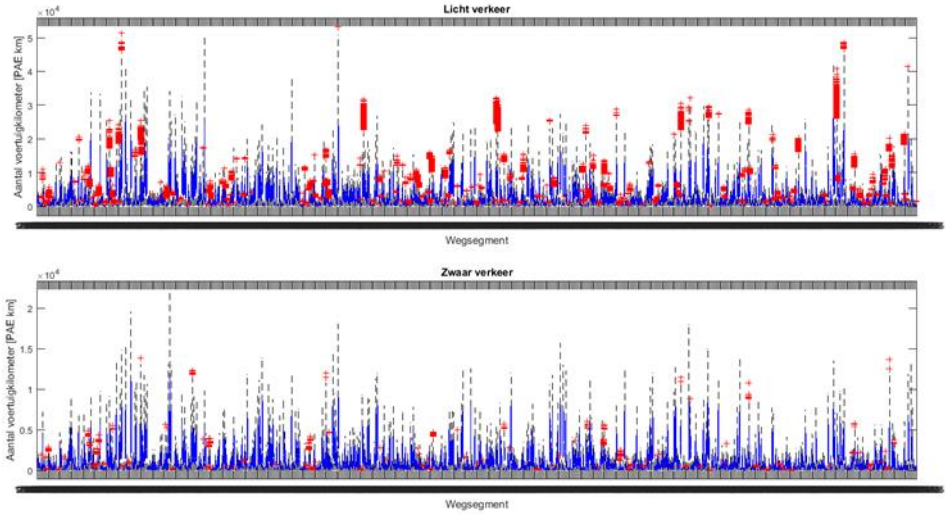
\\\



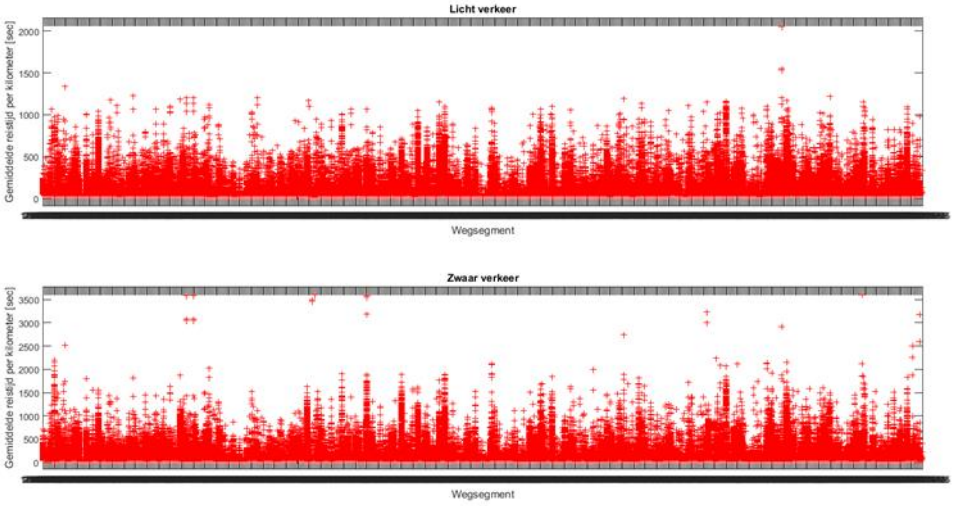
Telkens merken we dat de reistijden in het weekend lager liggen dan gedurende de werkdagen, wat logisch is aangezien er dan minder congestie op de wegsegmenten is.

De hoge gradatie van uitschieters valt sterk op; in volgende boxplots trachten we deze te verklaren aan de hand van specifieke wegsegmentkarakteristieken.

\\\

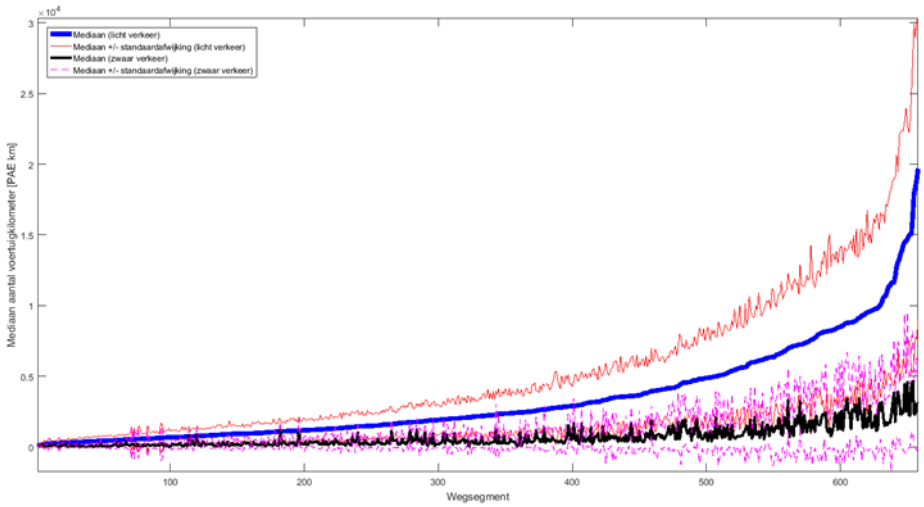


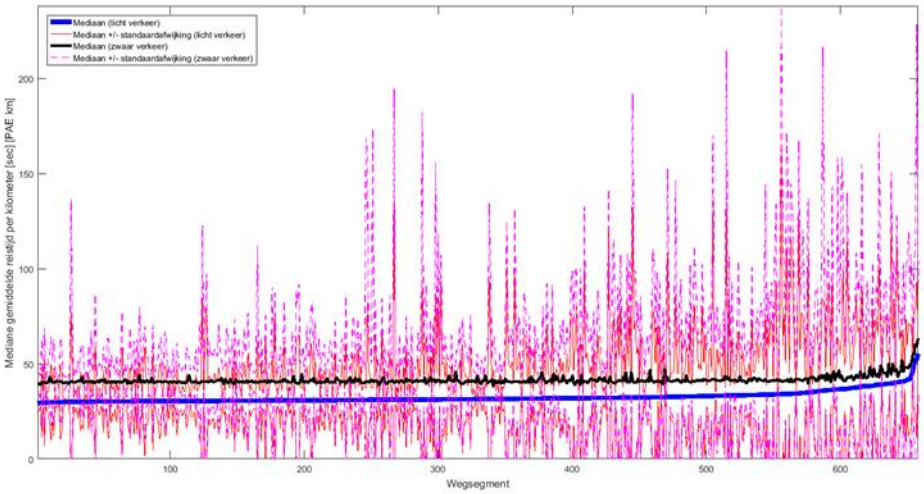
Analoog kijken we naar de boxplots voor de gemiddelde reistijden:



Het valt op dat er wel degelijk grote statistische verschillen zijn in voertuigkilometers en gemiddelde reistijden over de verschillende wegsegmenten heen.

In volgende grafieken onderzochten we een mogelijk verband van de grote variatie tussen de verschillende wegsegmenten met de lengte ervan. Hier wordt het aantal voertuigkilometers en de gemiddelde reistijden uitgezet per lengte van een wegsegment.



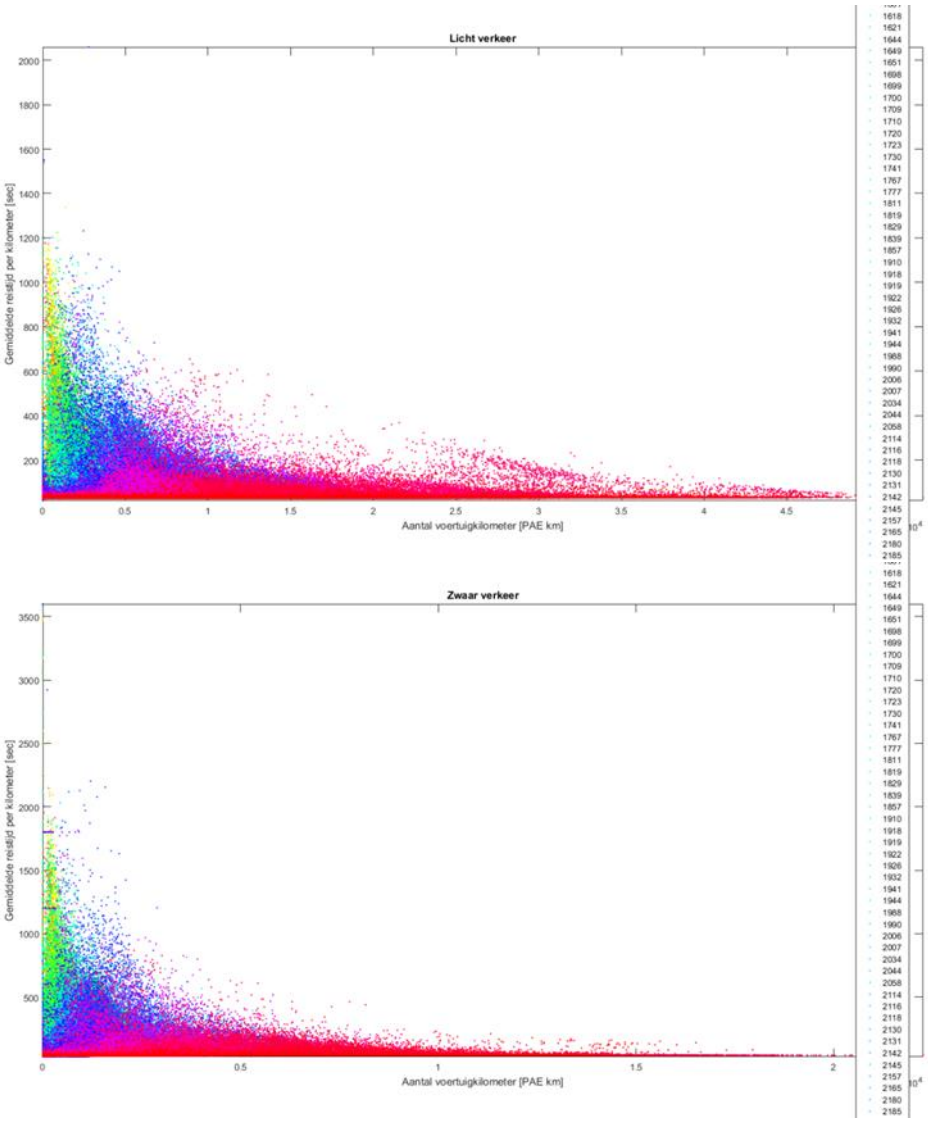


Het valt op dat naarmate een wegsegment langer is, de variatie op de metingen voor dat wegsegment toenemen. Dit in sterke mate voor de voertuigkilometers en iets mindere mate voor de gemiddelde reistijden.

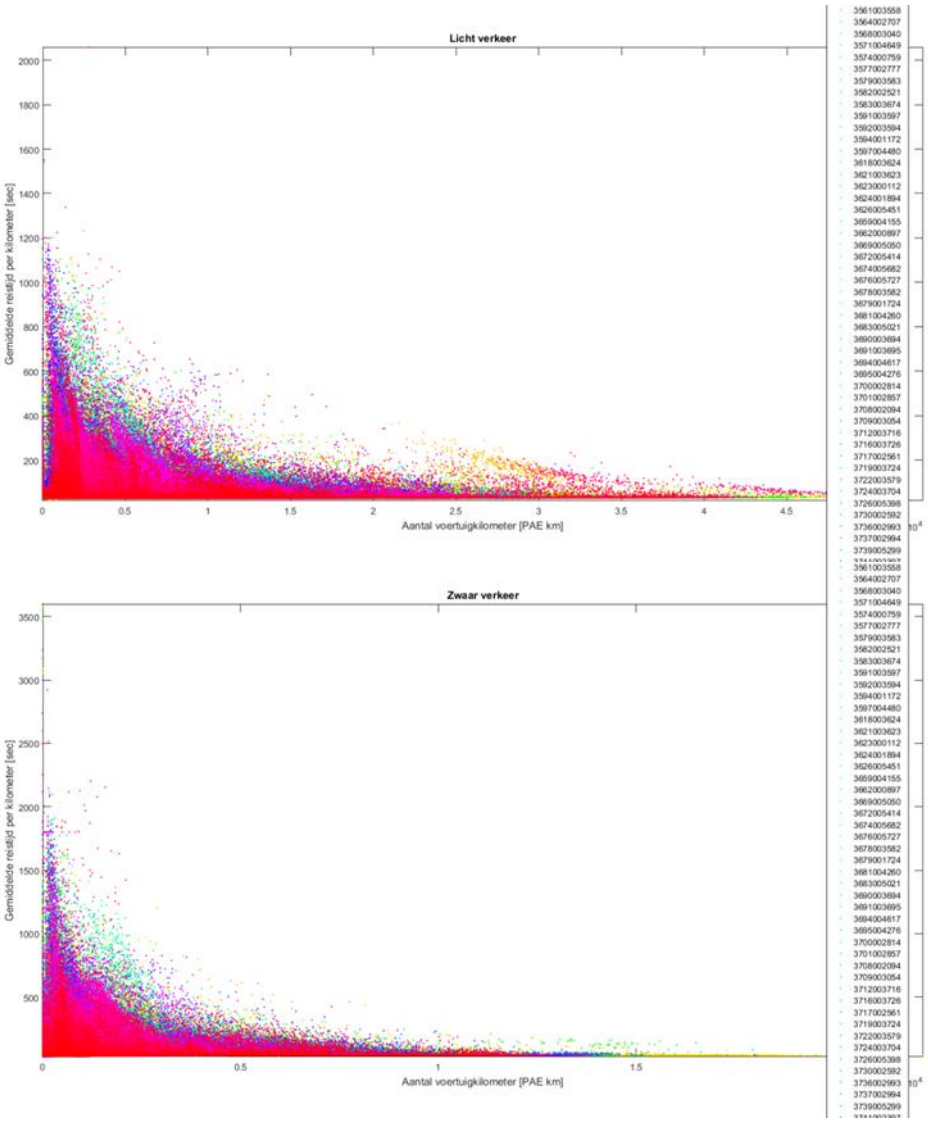
In volgende analyses tonen we de gecombineerde meetgegevens (voertuigkilometers en gemiddelde reistijden) waar deze telkens per wegsegment anders gekleurd zijn, enerzijds voor het licht verkeer en anderzijds voor het zwaar verkeer.

In beide grafieken zien we hoe de verschillende wegsegmenten relatief afgebakende gebieden in het vlak voorstellen, wat aangeeft dat hun meetgegevens in min of meer specifiekere intervallen zitten.

\\\



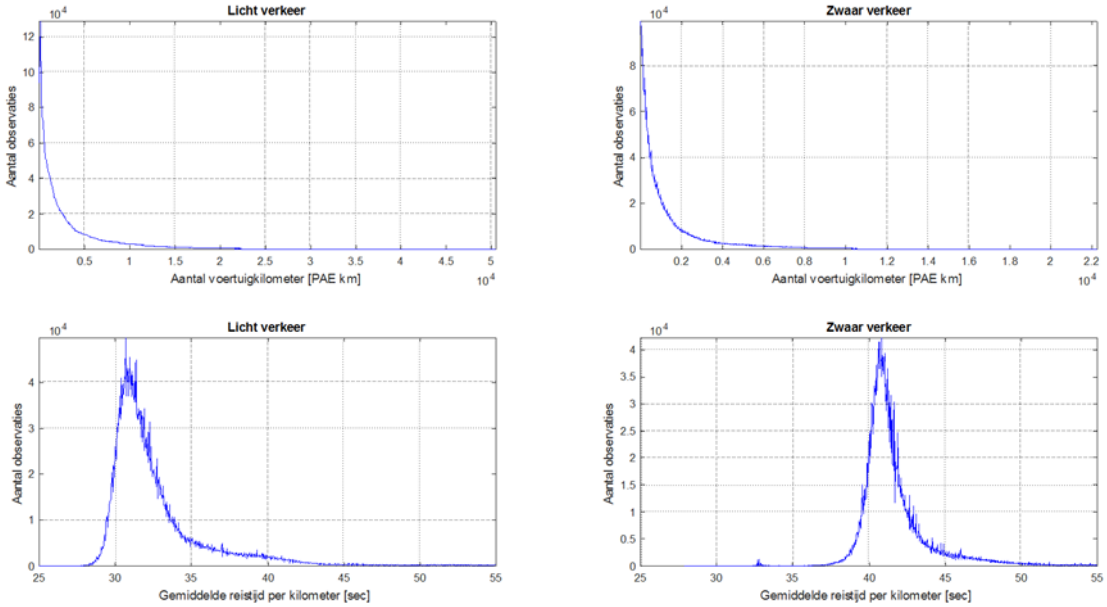
Analoog geven overzichtsgrafieken waarbij we in de kleuring onderscheid maakten naar de segmentlengtes:



Ook hier zien we sterk dat de verschillende lengtes van de wegsegmenten aanleiding geven tot specifieke intervallen van de meetgegevens.

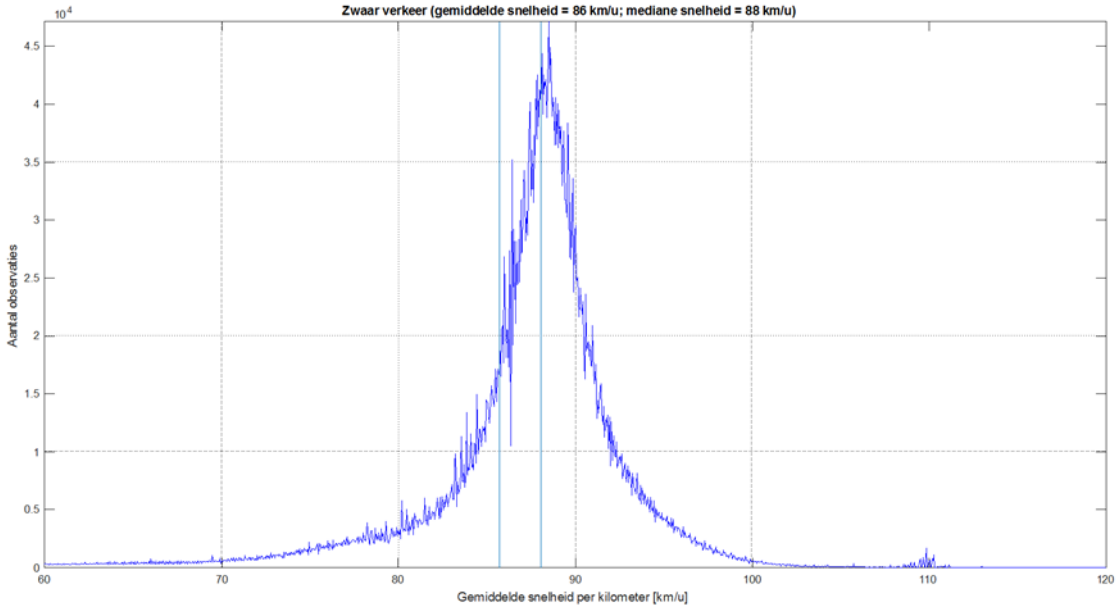
Tot slot kijken we naar de histogrammen van de meetgegevens, welke ons een idee geven van de spreiding ervan. We beperken ons hiervoor tot de meetgegevens van werkdagen (dus uitgezonderd zaterdagen en zondagen):

\\\



Het valt op dat de verdelingen van de voertuigkilometers voor zowel licht als zwaar verkeer zeer lange staarten hebben, weliswaar met weinig kansdichtheid. Ook de verdelingen van de gemiddelde reistijden hebben lange staarten, maar daar is wel een duidelijke aflijning van de gemiddelde reistijd te zien, welke voor zwaar verkeer – verwacht – hoger licht dan deze van licht verkeer.

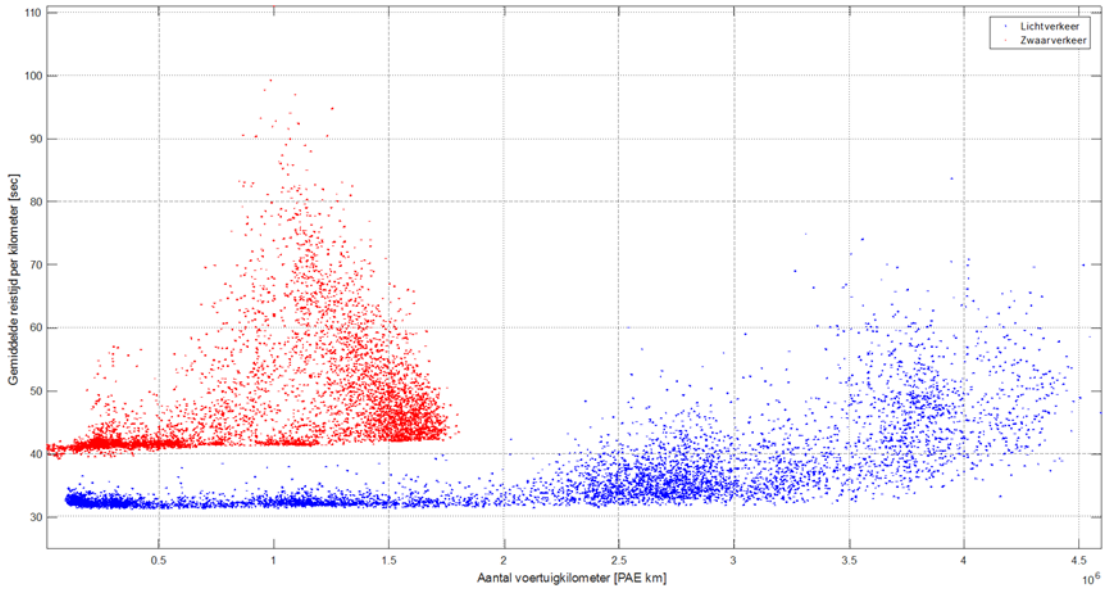
Meer detail voor zwaar verkeer is te zien in het volgende histogram, waarbij we de gemiddelde snelheid voor een gemiddelde kilometer gebruiken (weerom enkel voor werkdagen):

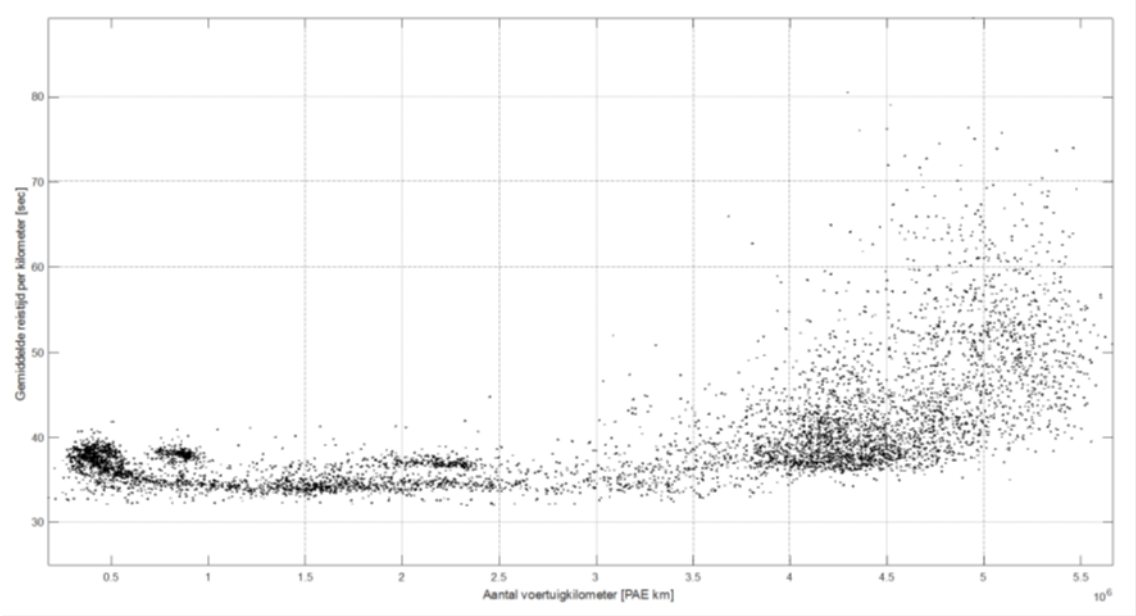


We zien dat de verdeling licht asymmetrisch is, waarbij het gemiddelde en de mediaan op 86 respectievelijk 88 km/u liggen.

3.1.1.3 Alle segmenten geaggregeerd

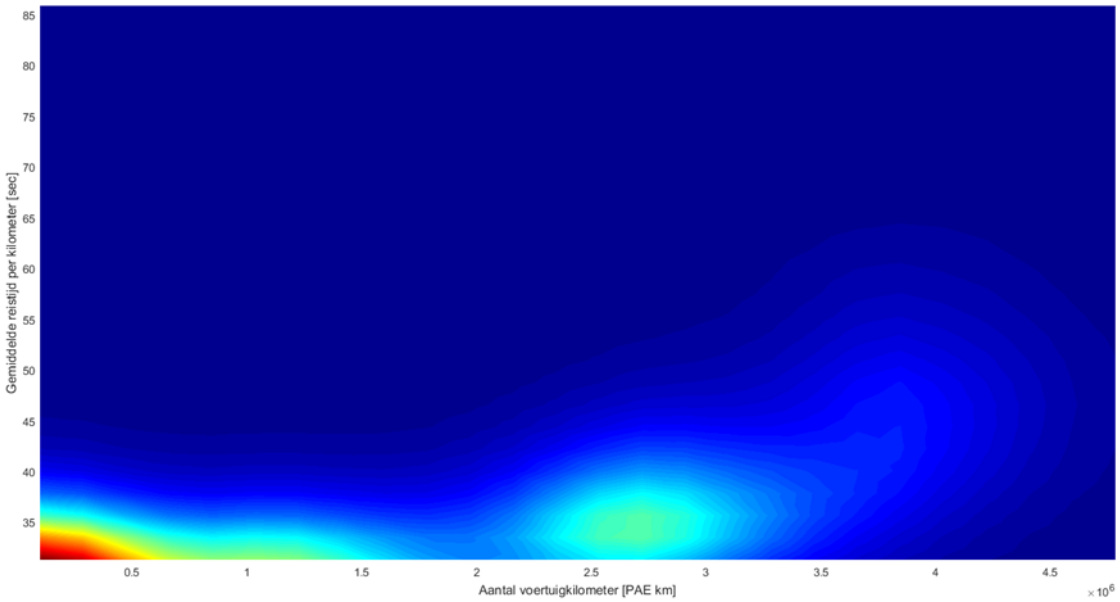
Om een trendvergelijking met de MIRA studie uit 2010 mogelijk te maken, aggregeren we de gebruikte gegevens over alle segmenten heen. Dit heeft als gevolg dat de congestie meer 'uitgesmeerd' is en in bepaalde gevallen ondergerapporteerd wordt. Het resultaat van deze aggregatie is te zien in volgende figuren (de eerste is voor licht en zwaar verkeer apart genomen, met zwaar verkeer tellende als 2 PAE, de tweede voor beiden tezamen genomen met gewogen gemiddeldes voor de reistijden):

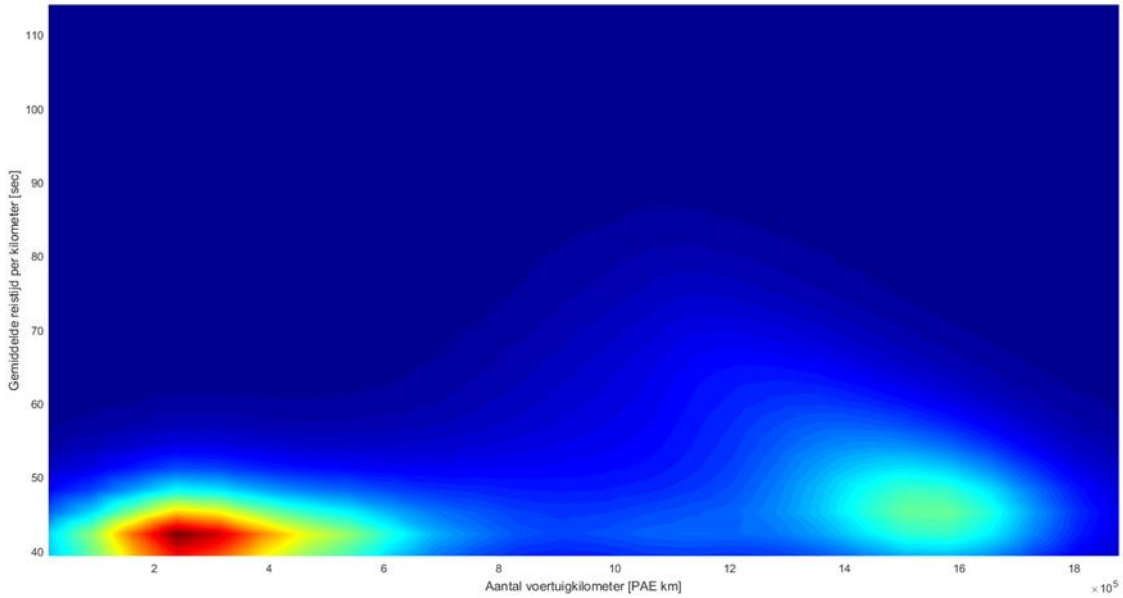




In volgende grafieken geven we weer waar in het vlak deze punten geconcentreerder zijn dan elders, eerst voor het licht verkeer en vervolgens voor het zwaar verkeer.

\\\





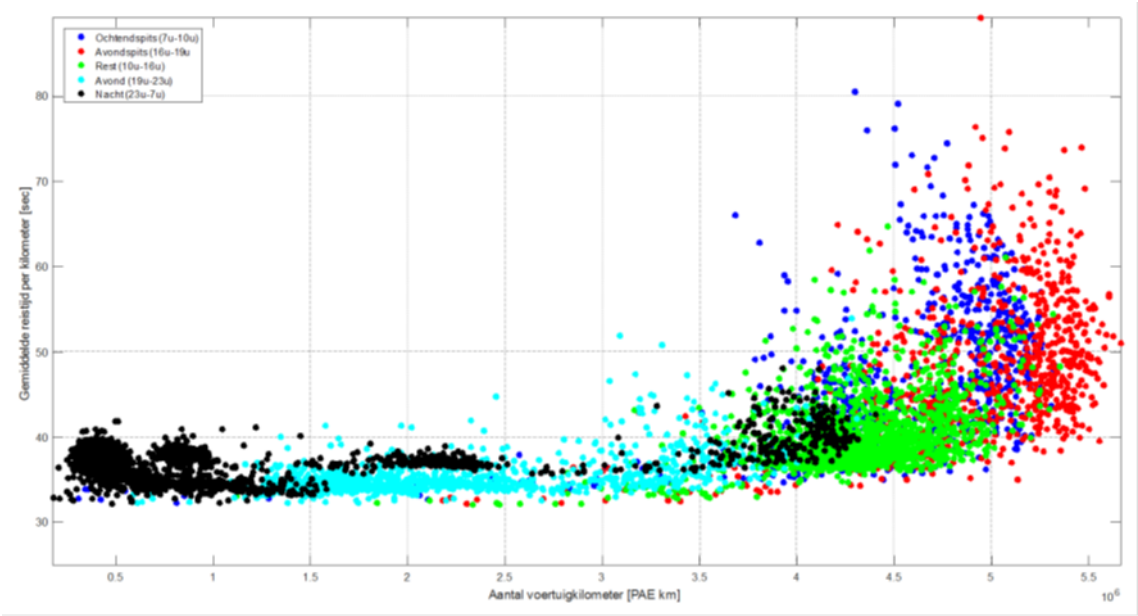
We zien hoe voor licht verkeer er twee duidelijk te onderscheiden kernen zijn, met name links in vrij-stromend verkeer en rechts in opgestopt verkeer. Voor het zwaar verkeer is dit gelijkaardig, zij het dat deze tweede kern voor een groter aantal voertuigkilometers en hoger ligt (aangezien zij per definitie ook trager rijden).

In analogie met het onderliggend wegennet, splitsen we de geaggregeerde metingen op in 5 tijdsperiodes (er zijn 365 x 24 = 8760 metingen beschikbaar):

- Ochtendspits: 07u → 10u = 3 uren ~ 1095 metingen
- Restdag: 10u → 16u = 6 uren ~ 2190 metingen
- Avondspits: 16u → 19u = 3 uren ~ 1095 metingen

- Avond: 19u → 23u = 4 uren ~ 1460 metingen
- Nacht: 23u → 07u = 8 uren ~ 2920 metingen

Dit geeft volgende correlaties tussen gereden voertuigkilometers en gemiddelde reistijden:

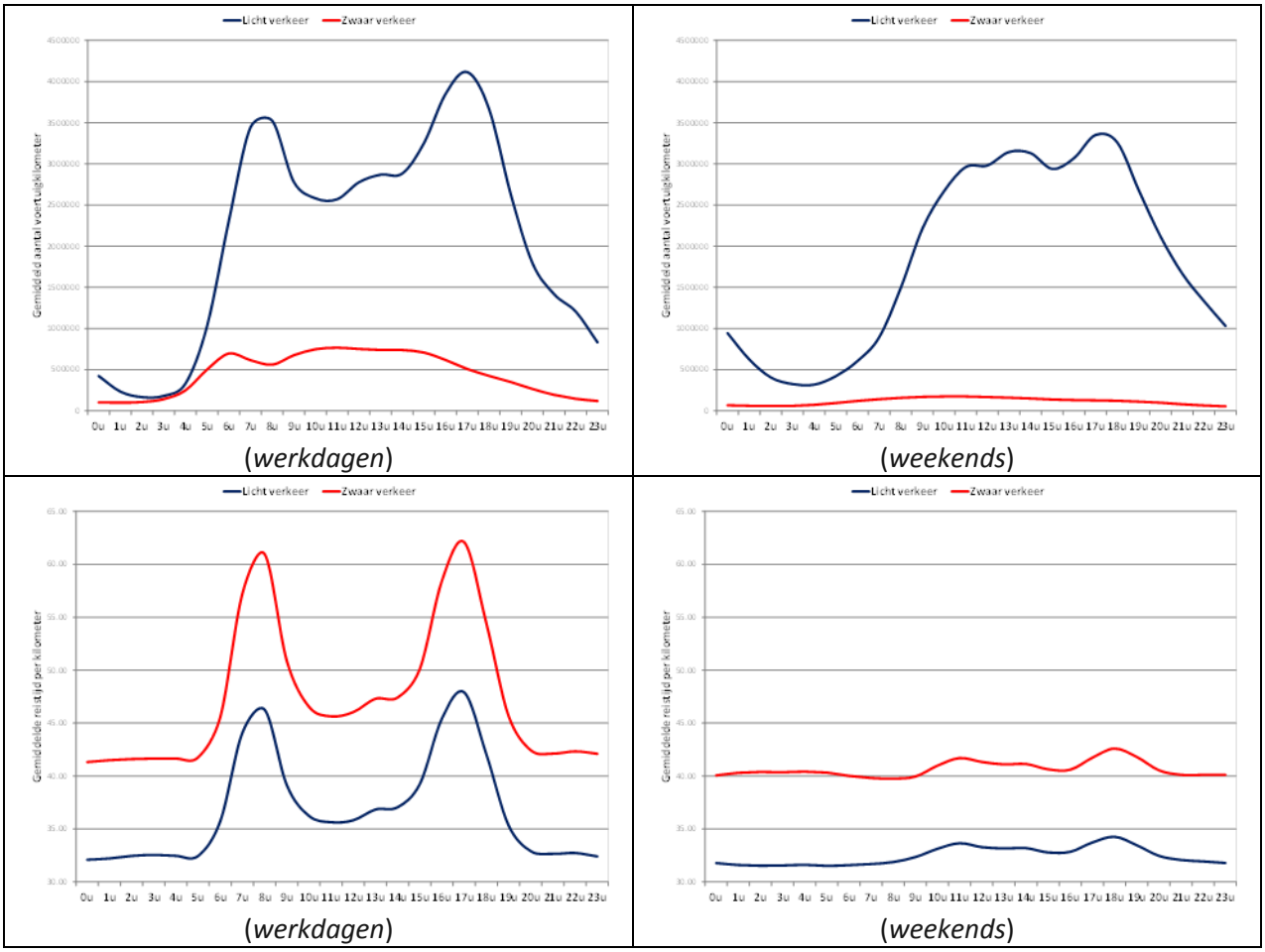


De gemiddeldes en medianen van deze puntenwolk zijn als volgt:

	Voertuigkilometer		Reistijd [sec]	
Tijdsperiode	Gemiddelde	Mediaan	Gemiddelde	Mediaan
Ochtendspits	4484507	4650391	46.7675	45.7196
Avondspits	4911922	5034931	47.8996	46.7247
Rest	4306925	4311694	40.3775	39.2228
Avond	2240895	2028080	35.4900	34.7205
Nacht	1192881	748727	37.0840	37.1812

Tot slot geven we nog een overzicht van de evolutie van de voertuigkilometers en reistijden doorheen de dag (gemiddeldes voor heel Vlaanderen):

\\\



3.1.2 Niet-lineaire optimalisatie

3.1.2.1 Bureau of Public Roads (BPR) congestiefunctie

Het functioneel verband voor een BPR congestiefunctie is als volgt[203]:

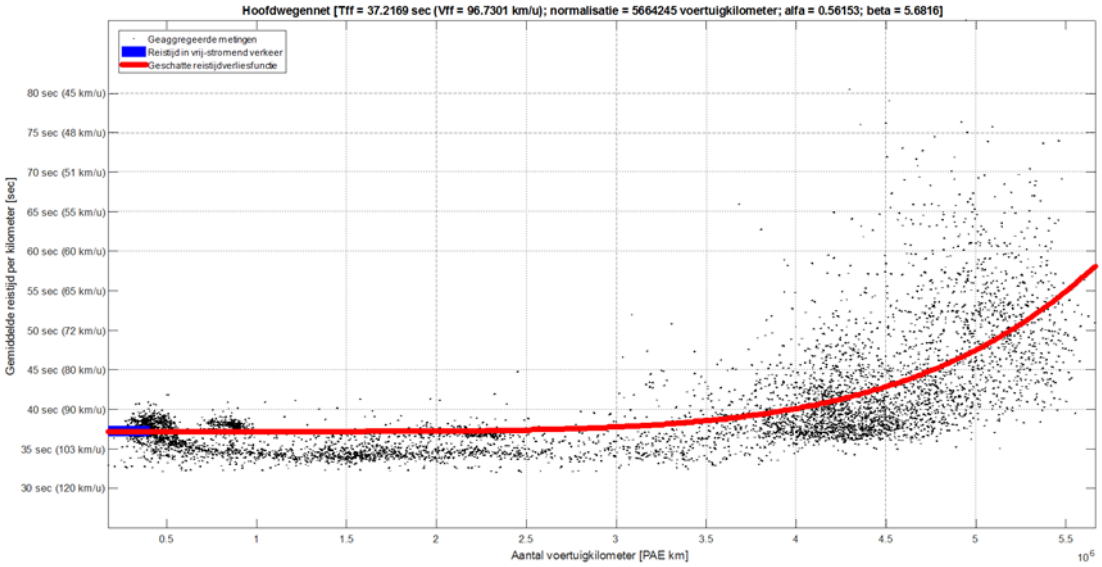
$$T = T_{\mathrm{ff}}\left(1+\alpha\left(\frac{q}{C}\right)^{\beta}\right)$$

De parameter C staat voor de "praktische capaciteit"; de interpretatie daarvan is echter niet eenduidig. Soms spreekt men van het verkeersvolume waarbij de snelheid onder 85% van de snelheid in vrij-stromend verkeer zakt, op andere momenten neemt men een vaste waarde gebaseerd op de weggeometrie (zoals beschreven in de *Highway Capacity Manual*).

[203] Traffic Assignment Manual, Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C., 1964

Tijdens de optimisatie maakt de waarde van C niet uit; we nemen deze daarom gelijk aan het hoogst gemeten volume. Een andere waarde zou leiden tot een BPR curve die exact dezelfde vorm heeft, maar met een andere α . Hoe dichter β bij 1 komt, hoe meer een lineaire congestiefunctie wordt benaderd.

Schatting van de congestiefunctie levert volgende parameters op:



Hierbij zijn:

- Reistijd in vrij-stromend verkeer = 37,2169 sec (~ 96,7301 km/u)
- Alfa = 0,56153
- Beta = 5,6816
- Normalisatie (C) = 5 664 245 voertuigkilometer

In vergelijking met de vorige schatting van externe kosten in MIRA, liggen de α en β parameters nu veel hoger (toen 0,1741 en 2,7536 respectievelijk). De normalisatie lag lager, op 3 138 944 voertuigkilometer. De reistijd in vrij-stromend verkeer is quasi ongewijzigd gebleven.

3.1.2.2 Akçelik's congestiefunctie

Het functioneel verband voor Akçelik's congestiefunctie is als volgt[204]:

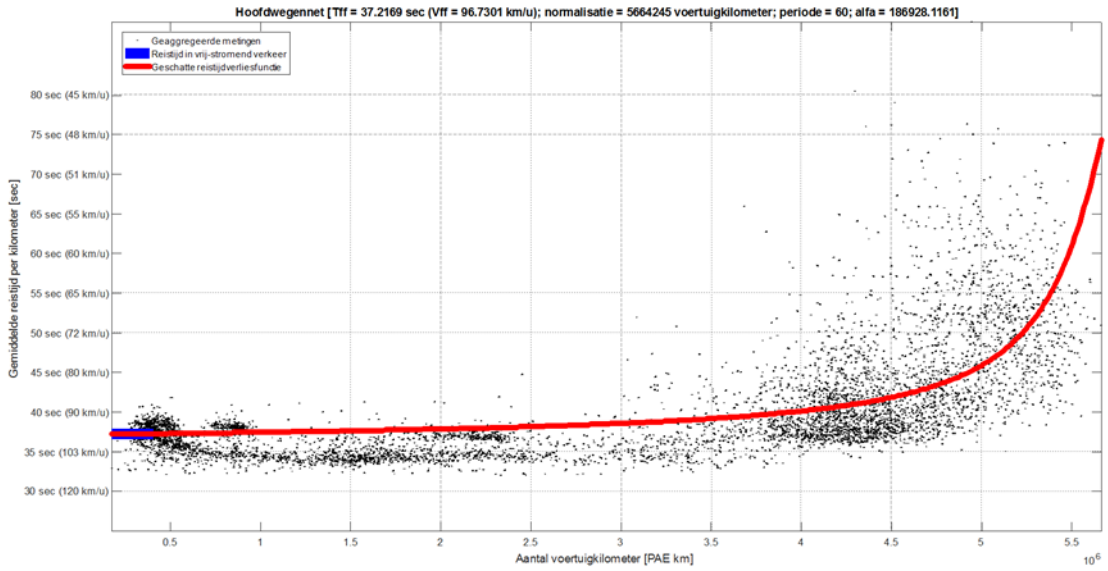
[204] R. Akçelik, Travel time functions for transport planning purposes: Davidson's function, its time-dependent form and an alternative travel time function, Australian Road Research, vol. 21, nr. 3, pagina's 49—59, 1991

$$T = T_{\mathrm{ff}}\left(1+\frac{P}{4}\left(\left(\frac{q}{C}-1\right)+\sqrt{\left(\frac{q}{C}-1\right)^2+\frac{8\alpha\frac{q}{C}}{CP}}\right)\right)$$

De parameter P duidt hier op de periode waarop de metingen betrekking hebben (e.g., 1 uur); α heeft hier de rol van *delay parameter*.

De uiteindelijke ligging van de curve wordt een deel beïnvloed door de keuze van C eens de andere parameters vastliggen. Indien we C ook laten optimiseren, dan komt er een waarde uit die in de buurt van het hoogst gemeten volume ligt. Bij een statistische analyse stelden we vast dat deze verandering een verwaarloosbare invloed heeft op de gemaakte fout. Tijdens de optimisatie nemen we de waarde van C daarom gelijk aan het hoogst gemeten volume.

Schatting van de congestiefunctie levert volgende parameters op:



Hierbij zijn:

- Reistijd in vrij-stromend verkeer = 37,2169 sec (~ 96,7301 km/u)
- Periode = 60
- Alfa = 186 928,1161
- Normalisatie (C) = 5 664 245 voertuigkilometer

\\\

3.1.3 Vergelijking met gegevens Vlaams Verkeerscentrum

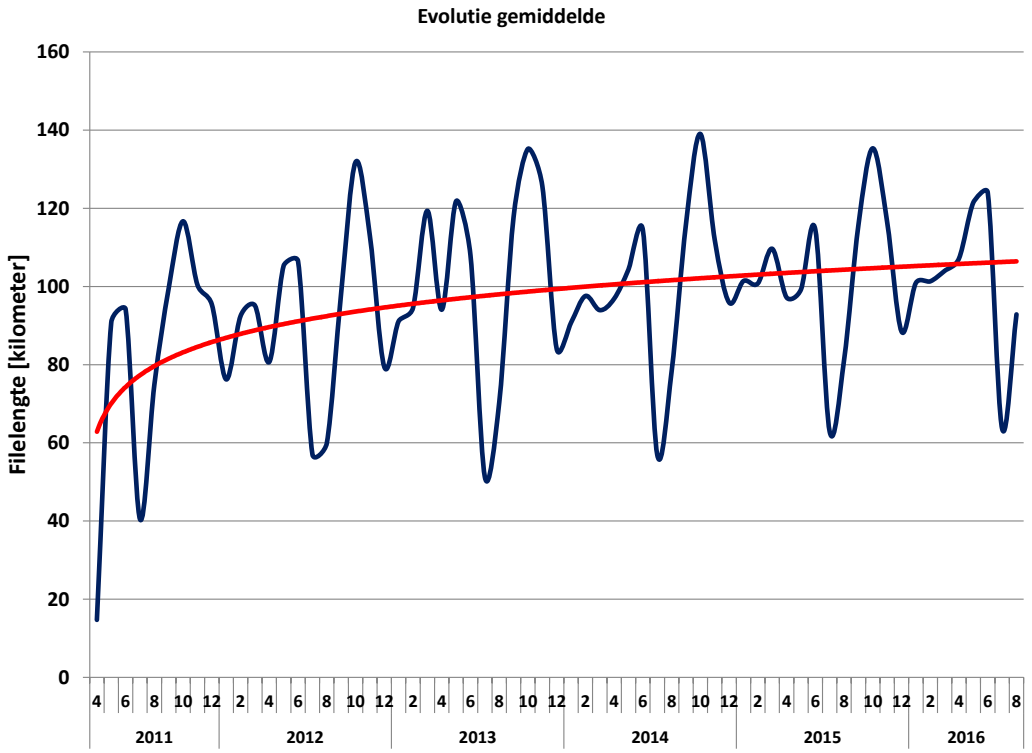
De website[205] van het Vlaams Verkeerscentrum biedt ook een portaal om bepaalde gegevens op te vragen; we bekijken daarvoor achtereenvolgens:

- evolutie filezwaarte
- evolutie filelengte
- evolutie voertuigverliesuren

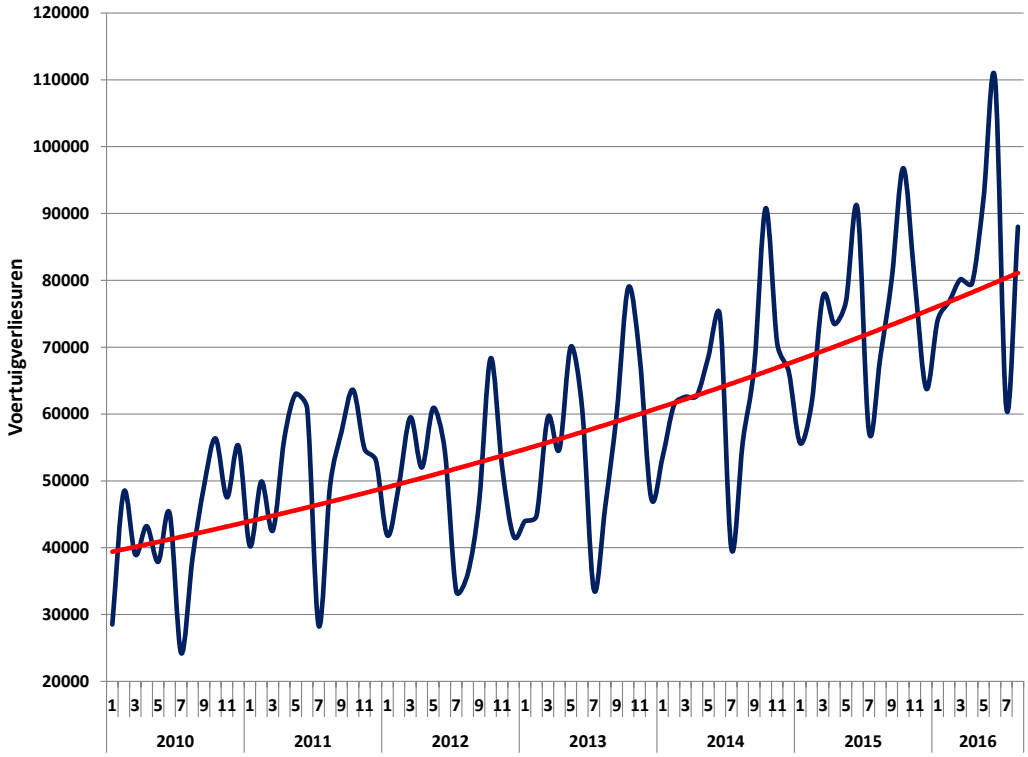
Figuur 178: Evolutie filezwaarte

[205] http://indicatoren.verkeerscentrum.be/vc.indicators.web.gui/indicator

Figuur 179: Evolutie filelengte



Figuur 180: Evolutie voertuigverliesuren



Uit deze figuren blijkt duidelijk dat de files zeer sterk gestegen zijn over de tijd. De files zijn langer in lengte en duren ook langer. Hierdoor verliezen de mensen meer en meer tijd.

3.2 Onderliggend wegennet

3.2.1 Berekeningsmethodiek

Om de congestiegevoeligheid van het onderliggend wegennet te schatten, koppelen we de gegevens uit het PROMOVIA model (voertuigkilometers) aan de reistijden van Google Maps. Hiervoor maken we eerst een selectie van een aantal representatieve (gewest)wegen in Vlaanderen (geen autosnelwegen). Voor elke weg voeren we daarna volgende stappen uit:

- Selectie van een N-weg in Google Maps
  ➔ Levert de begin- en eind GPS-coördinaten op
- Selectie van de bijhorende wegsegmenten in PROMOVIA's GIS laag
  ➔ Levert de voertuigkilometers per tijdsperiode in de dag op (voor de vrachtwagens doen we deze maal twee om ze te corrigeren voor hun PAE)
- Automatische berekening van de reistijd voor een toekomstige gemiddelde donderdag in de maand november (zo blijven we conform met PROMOVIA's aannames), telkens voor de specifieke tijdsperiodes (waarbij we het midden van het tijdsblok als representatief nemen):
  - Ochtendspits: 8u30 (UTC 1479367800)
  - Rest: 13u00 (UTC 1479384000)

- Avondspits: 17u30 (UTC 1479400200)
- Avond: 21u00 (UTC 1479412800)
- Nacht: 3u00 (UTC 1479348000)

Voor de laatste stap maken we gebruik van de Google Distance Matrix API. Google Maps heeft zelf beschikking over (1) een uitgebreid wegennetwerk, (2) een goede routeplanner, en (3) een historische databank met reistijden waardoor de planner (4) rekening met congestie houdt. Voor elke route die we in PROMOVIA aanduiden (en waarvoor we de voertuigkilometers hebben), berekenen we via eigen ontwikkelde software op basis van Google Maps de overeenkomstige afstanden en reistijden (merk op dat we bij deze reistijd geen onderscheid tussen licht en zwaar verkeer kunnen maken). Hiervoor schreven we een applicatie in Java die voor elke gegeven herkomst en bestemming de *Google Maps Distance Matrix API* aanspreekt. Hiervoor werd een specifieke API key aangemaakt die voor dit project vrij kon gebruikt worden. De API vereist dat de aanvraag in de URL als volgt gecodeerd werd:

```
https://maps.googleapis.com/maps/api/distancematrix/json?
                                        &origins=50.9477901075,4.44677936352
                                        &destinations=51.016184,4.47960196442
        &units=metric
        &mode=driving
        &avoid=highways
        &traffic_model=best_guess
        &departure_time=1479367800
                                        &key=<key>
```

Bij elke aanvraag gaven we donderdag 17 november 2016 als dag op (telkens de lokale tijd), welke vervolgens naar een Unix epoch omgezet[206] werd voor de API (dit is het aantal seconden sinds 1 januari 1970, in UTC).

Dit geeft dan volgend resultaat in JSON encodering:


```
{
  "destination_addresses" : [ "Geerdegemvaart 93-96, 2800 Mechelen, België" ],
  "origin_addresses" : [ "Mechelsesteenweg 614-642, 1800 Vilvoorde, België" ],
  "rows" : [
    {
      "elements" : [
        {
          "distance" : {
            "text" : "9,2 km",
            "value" : 9228
          },
          "duration" : {
            "text" : "15 min.",
            "value" : 897
          },
          "duration_in_traffic" : {
            "text" : "16 min.",
```


[206] http://www.epochconverter.com/

"value" : 940
},
"status" : "OK"
}
]
}
],
"status" : "OK"
}

Uit bovenstaande JSON respons lazen we vervolgens automatisch de afstand (9228 m) en reistijd in verkeer (940 sec) af.

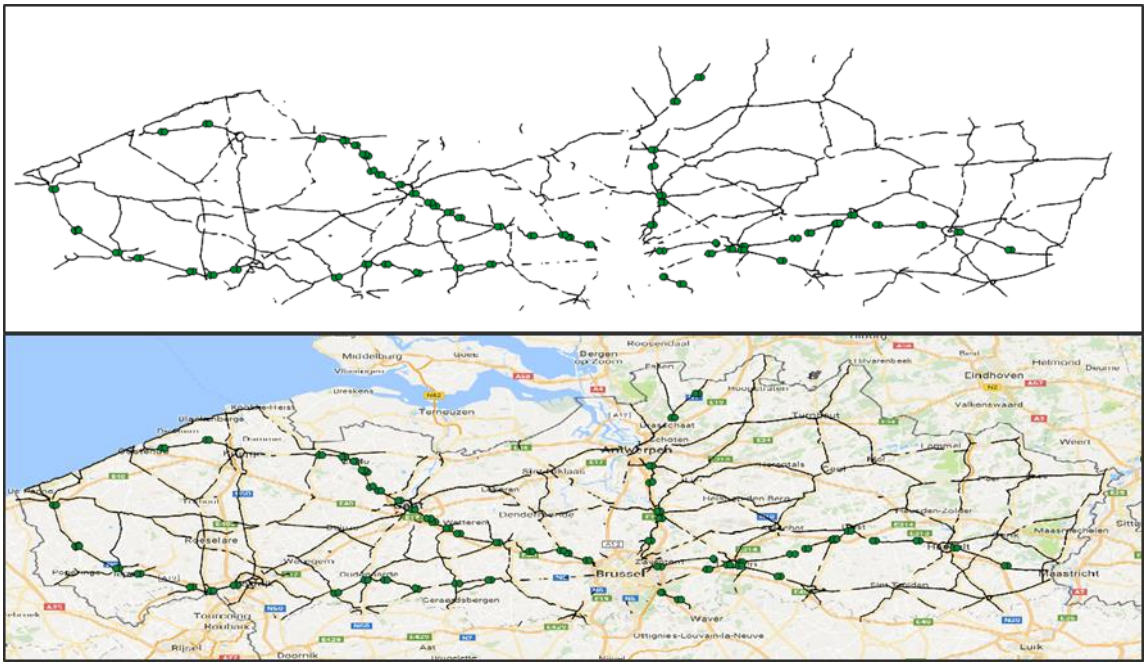
Vermits we uit PROMOVIA telkens de voertuigkilometers in beide richtingen te zien krijgen (de segmenten zijn éénrichting maar ze worden telkens met twee doorgegeven), tellen we deze ook op. We doen hetzelfde voor de reistijden in beide richtingen. Op deze manier behouden we de congestiegevoelige delen van het wegennet, daar waar deze door bijvoorbeeld uitmiddeling van de meetgegevens eerder zou vervlakken.

3.2.2 Selectie gewestwegen (N-wegen)

We vertrekken vooreerst van de grote verbindingsassen (uitwaaierend vanuit Brussel). Voor een schatting van de reistijden op het onderliggend wegennet kijken we naar volgende wegsegmenten:

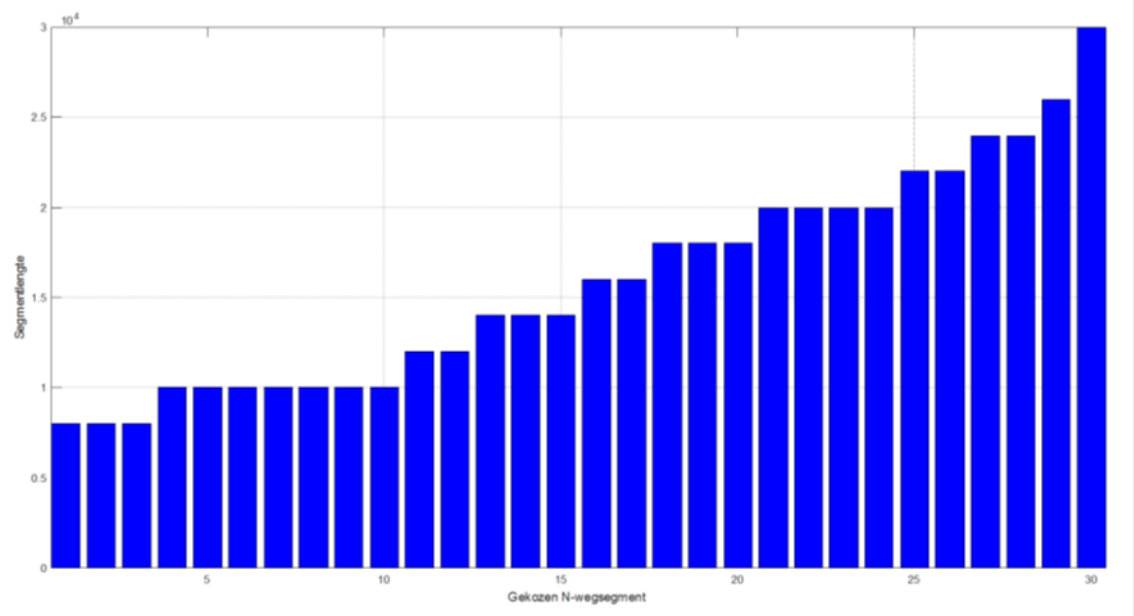
- N1 : Brussel - Mechelen - Antwerpen - Wuustwezel - Nederlandse grens (Zundert)
    - N1 (Brussel-Zemst)
    - N1 (Mechelen-Kontich)
    - N1 (Kontich-Mortsel)
    - N1 (Brasschaat-Wuustwezel)
- N2 : Brussel - Leuven - Hasselt - Nederlandse grens (Maastricht)
    - N2 (Brussel-Beisem)
    - N2 (Leuven-Winge)
    - N2 (Tielt-Winge-Bekkevoort)
    - N2 (Bekkevoort-Diest)
    - N2 (Halen-Kermt)
    - N2 (Hasselt-Bilzen)
- N3 : Brussel - Leuven - Sint-Truiden - Luik - Duitse grens (Aken)
    - N3 (Tervuren-Leuven)
    - N3 (Leuven-Boutersem)
- N4 : Brussel - Waver - Namen - Bastenaken - Aarlen - Luxemburgse grens (Luxemburg (stad))
    - N4 (Brussel-Overijse)
- ~~N5 : Brussel - Charleroi - Couvin - Franse grens (Rocroi)~~
- ~~N6 : Brussel - Halle - Bergen - Franse grens (Maubeuge)~~
- ~~N7 : Halle - Aat - Doornik - Franse grens (Rijsel)~~
- N8 : Brussel - Ninove - Oudenaarde - Kortrijk - Ieper - Veurne
    - N8 (Eichem-Gapenberg)

    - N8 (Brakel-Horebeke)
    - N8 (Oudenaarde-Berchem)
    - N8 (Wevelgem-Menen)
    - N8 (Menen-Ieper)
    - N8 (Ieper-Vleteren)
    - N8 (Vleteren-Veurne)
- N9 : Brussel - Aalst - Gent - Eeklo - Brugge – Oostende
    - N9 (Asse Industriezone-Asse)
    - N9 (Krokegem-Affligem)
    - N9 (Aalst-Westrem)
    - N9 (Kwatrecht-Melle)
    - N9 (Melle-Ledeberg)
    - N9 (Zandeke-Bierstal)
    - N9 (Lovendegem-Waarschoot)
    - N9 (Waarschoot-Eeklo)
    - N9 (Kunstdal-Maldegem)
    - N9 (Strooienhaan-Blauwe Sluis)



Voor de gekozen wegsegmenten zijn de lengtes als volgt:

- Minimum : 8 km
- Maximum : 30 km
- Gemiddelde : 15,8 km
- Mediaan : 15 km
- Std. afw. : 6,042 km

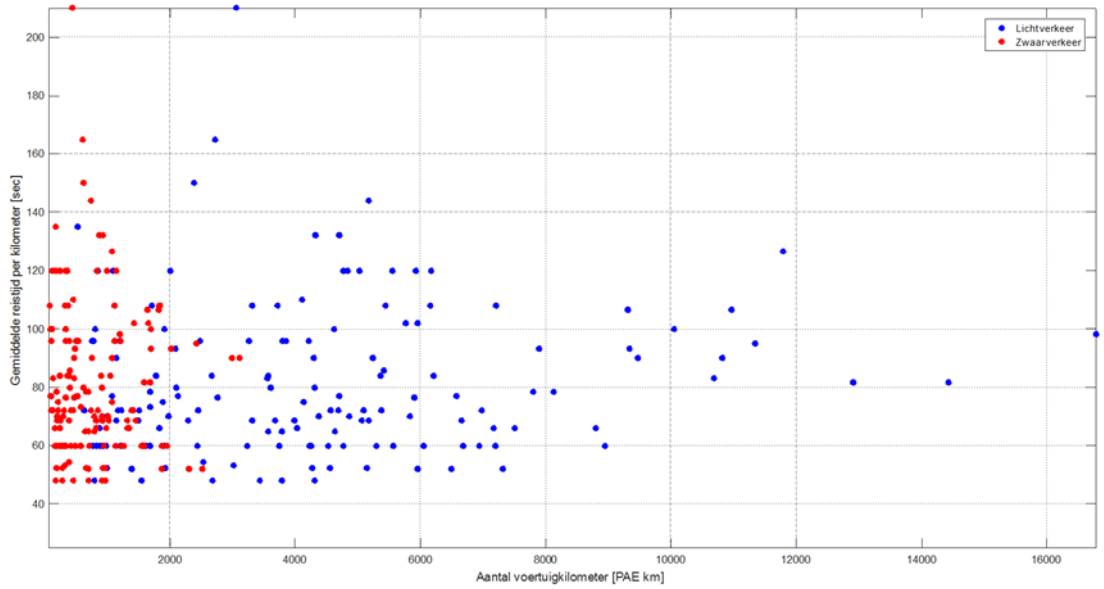


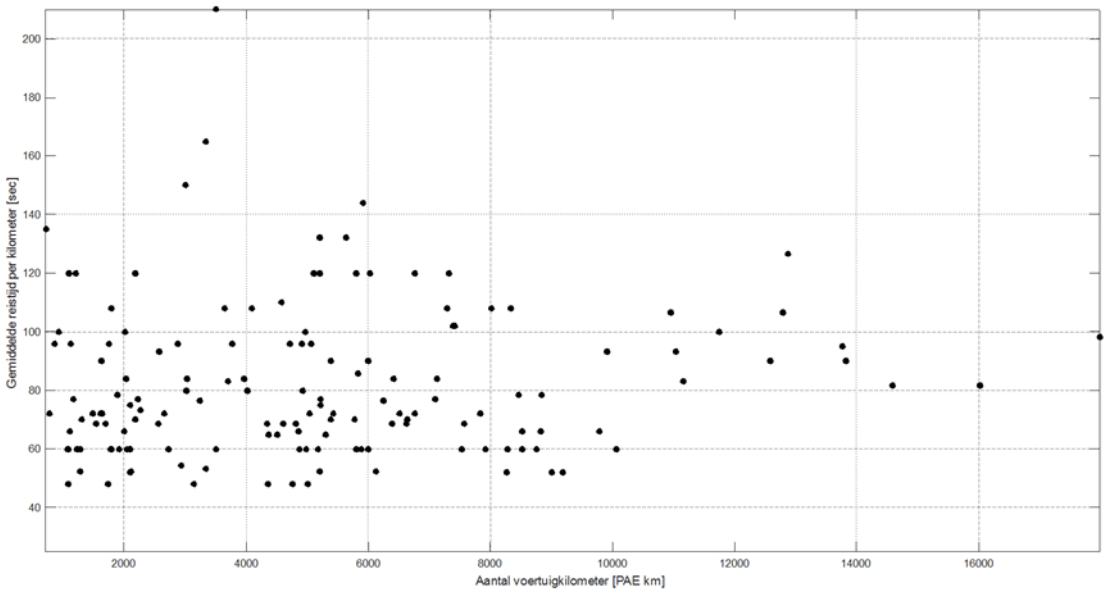
Merk op dat volgende verbindingswegen tussen de grote N-wegen ook mogelijk zijn, maar deze in het tijdsbestek van de huidige studie niet werden onderzocht:

- N10 : Mortsel - Lier - Aarschot - Diest
- N20 : Hasselt - Tongeren - Luik
- ~~N30 : Luik - Aywaille - Houffalize - Bastenaken~~
- ~~N40 : Aarlen - Neufchâteau - Beauraing - doortocht door Givet in Frankrijk - Philippeville - Bergen~~
- N50 : Bergen - Doornik - Kortrijk - Brugge
- N60 : Gent - Oudenaarde - Ronse - Leuze-en-Hainaut - Franse grens richting Valenciennes
- N70 : Gent - Lokeren - Sint-Niklaas - Antwerpen
- N80 : Hasselt - Sint-Truiden - Hannuit - Namen
- ~~N90 : Bergen - Charleroi - Namen - Hoei - Luik (stad)~~

3.2.3 Resultaten

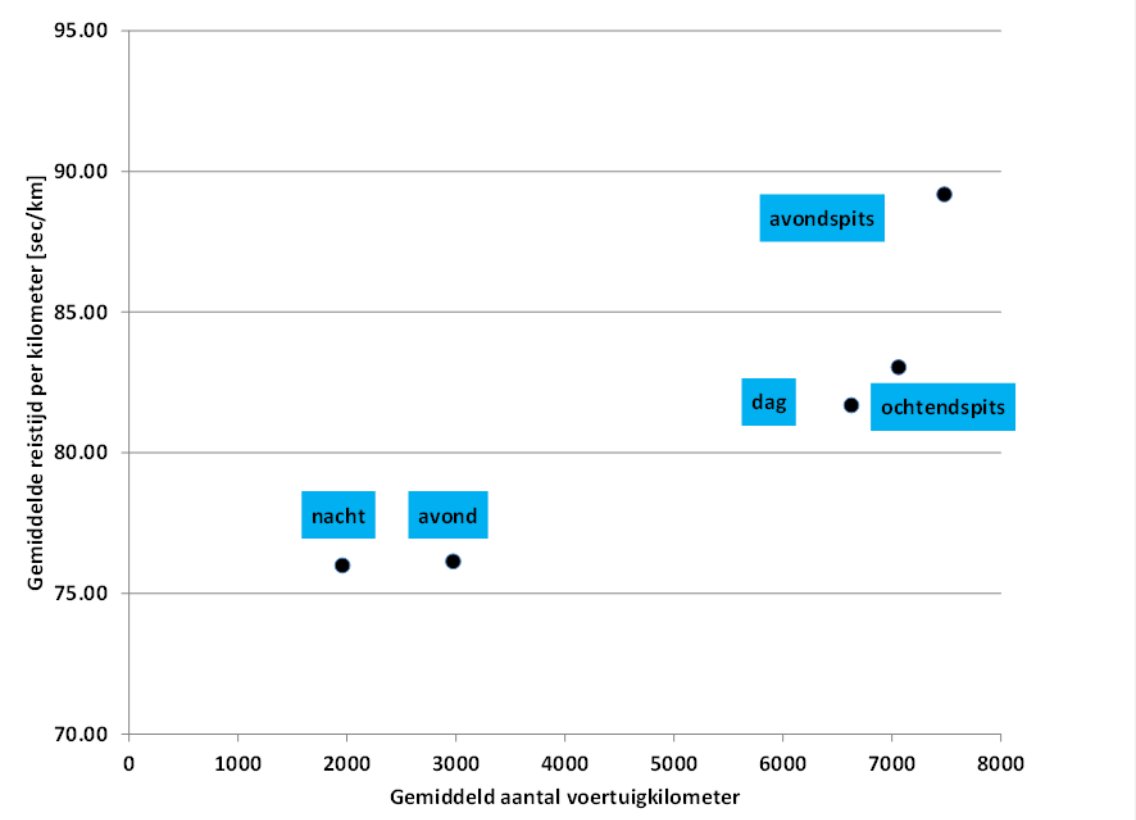
Indien we de afgeleide metingen in een correlatieplot tegenover elkaar uitzetten, dan verkrijgen we volgende figuren (de eerste is voor licht en zwaar verkeer apart genomen, met zwaar verkeer tellende als 2 PAE, de tweede voor beiden tezamen genomen):





Analoog zoals bij het autosnelwegennet, kunnen we ook hier de metingen over alle segmenten heen aggregeren. Vermits er echter slechts gegevens van één representatieve werkdag zijn, en deze vijf dagdelen bevat, houden we na deze aggregatie dan ook slechts vijf meetpunten over:

	Gemiddelde	
Tijdstip	**Voertuigkilometer**	**Reistijd**
Nacht	1960	75.99
Avond	2975	76.13
Dag	6629	81.68
Ochtendspits	7063	83.04
Avondspits	7481	89.18

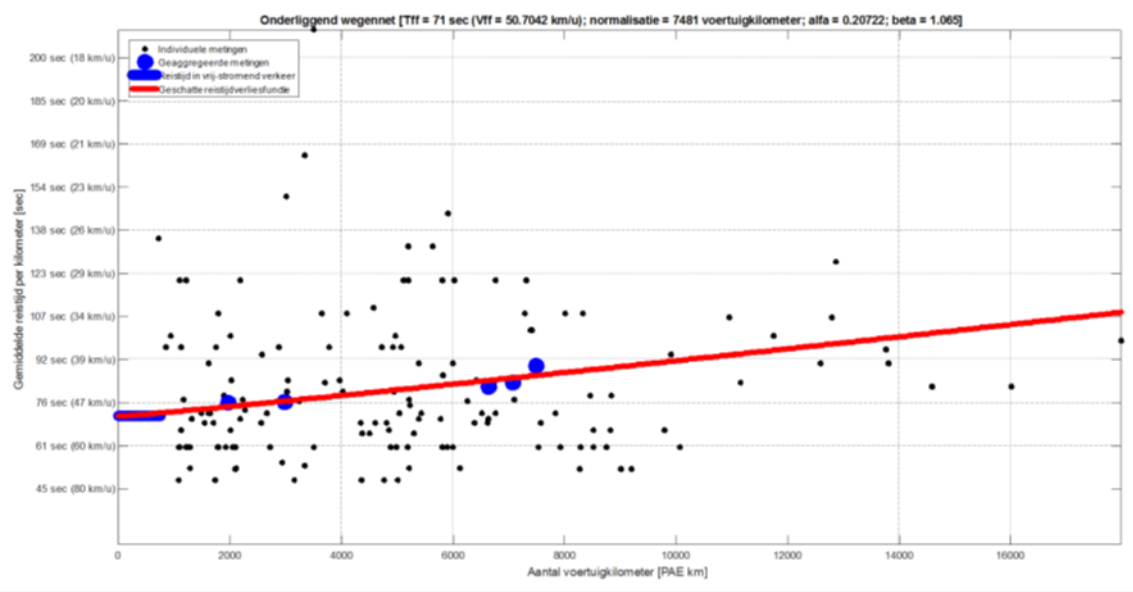


3.2.4 Niet-lineaire optimisatie

3.2.4.1 Bureau of Public Roads (BPR) congestiefunctie

Dit is de meest gebruikte congestiefunctie voor het schatten van de marginale externe congestiekost. Al wordt in de praktijk – zoals eerder aangegeven – vaak gewerkt met vaste theoretische waardes. Daarom kiezen we er ook voor om met deze functie verder te werken. Analoog aan de werkwijze voor het autosnelwegennet, levert een schatting van de congestiefunctie volgende parameters op (wanneer we werken met de ruimtelijk geaggregeerde metingen, voorgesteld door de blauwe punten op volgende grafiek):

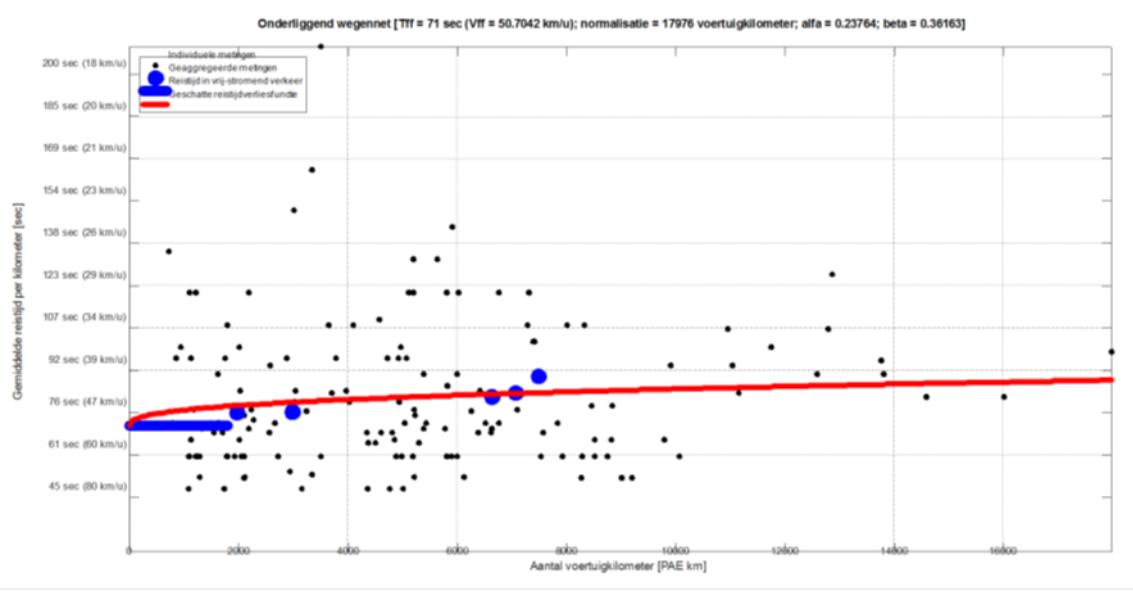
\\\



Hierbij zijn:

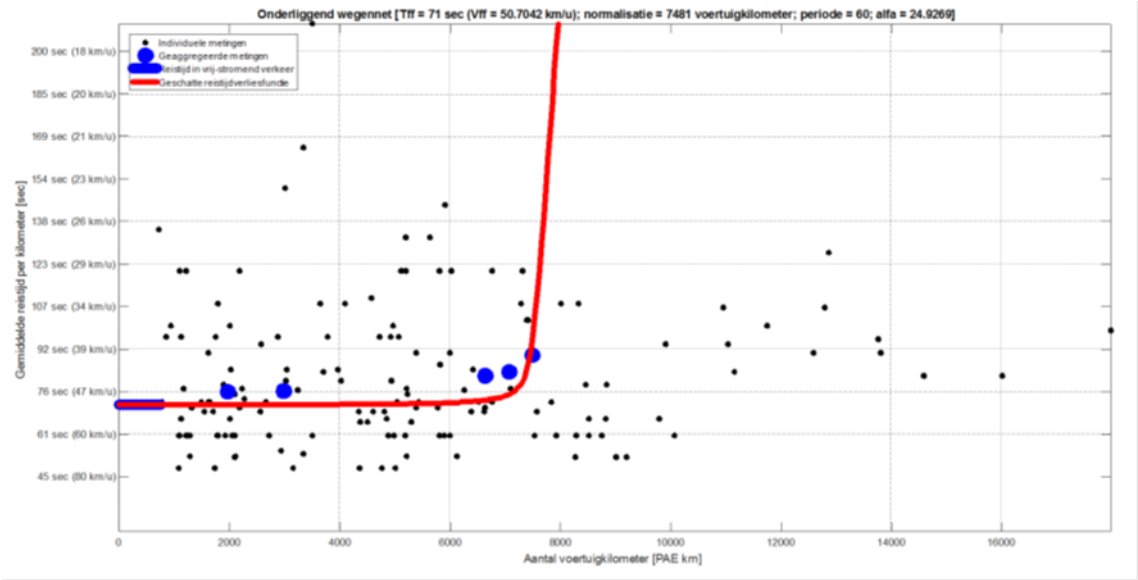
- Reistijd in vrij-stromend verkeer = 71 sec (~ 50,7042 km/u)
- Alfa = 0,20722
- Beta = 1,0649
- Normalisatie (C) = 7481 voertuigkilometer

Merk op dat schatting van de congestiefunctie op de individuele meetpunten een concave in plaats van convexe functie oplevert. Het gebruik van deze functie zou tot een marginale congestiebaat leiden en dit gaat in tegen de idee van de congestiefunctie. Daarom werken we met de geaggregeerde punten.



3.2.4.2 Akçelik's congestiefunctie

Analoog aan de werkwijze voor het autosnelwegennet, levert een schatting van de congestiefunctie volgende parameters op (wanneer we werken met de ruimtelijk geaggregeerde metingen, voorgesteld door de blauwe punten op volgende grafiek):

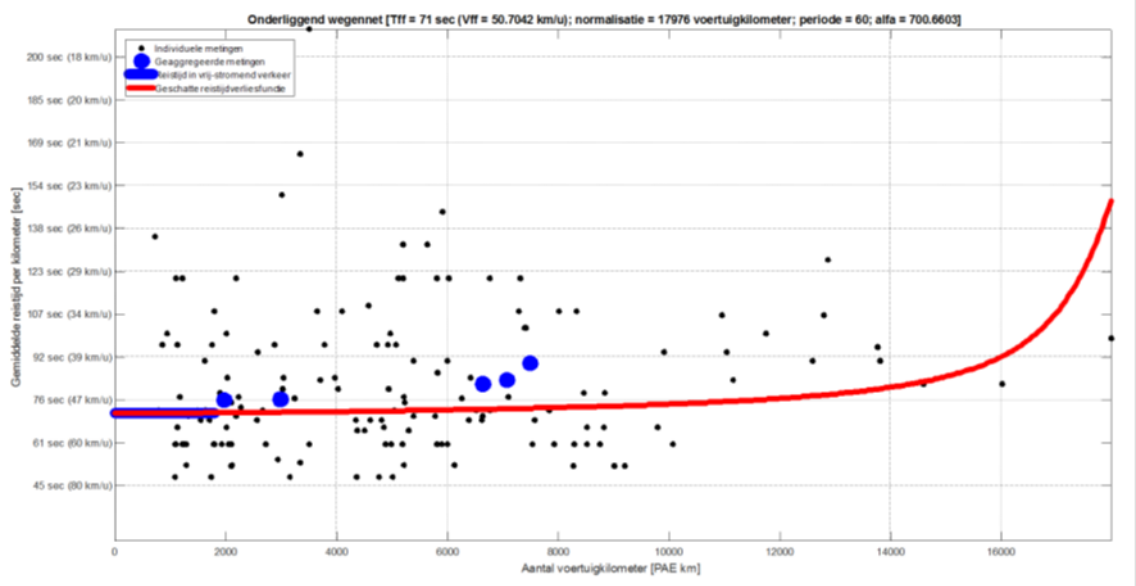


Hierbij zijn:

- Reistijd in vrij-stromend verkeer = 71 sec (~ 50,7042 km/u)
- Periode = 60
- Alfa = 24,9269
- Normalisatie (C) = 7481 voertuigkilometer

Schatting van de congestiefunctie op de individuele meetpunten levert volgende grafiek op:

\\\


Onderliggend wegennet [Tff = 71 sec (Vff = 50.7042 km/u); normalisatie = 17976 voertuigkilometer; periode = 60; alfa = 700.6603]
Individuele metingen
Geaggregeerde metingen
Reistijd in vrij-stromend verkeer
Geschatte reistijdverliesfunctie
200 sec (18 km/u)
185 sec (20 km/u)
169 sec (21 km/u)
154 sec (23 km/u)
138 sec (26 km/u)
123 sec (29 km/u)
107 sec (34 km/u)
92 sec (39 km/u)
76 sec (47 km/u)
61 sec (60 km/u)
45 sec (80 km/u)
Gemiddelde reistijd per kilometer [sec]
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
Aantal voertuigkilometer [PAE km]

bijlage 3 Voornaamste wijzigingen ten opzichte van Delhaye E., De Ceuster G. & Maerivoet S. (2010)

Het is niet eenvoudig om alle wijzigingen ten opzichte van het vorige rapport op de lijsten. Dit omdat er heel veel van de basisdata veranderd is en in se alle berekeningen opnieuw gemaakt zijn. In deze bijlage lijsten we de belangrijkste verschillen op.

- Voertuigtypes
  - Het opnemen van elektrische fietsen, bedrijfswagens en luchtvaart
  - Voor zware vrachtwagens: van 4 naar 2 types (3.5-12 ton en >12 ton)
  - Voor zeevaart: van 6 naar 3 types
  - Voor binnenvaart werd een ander schip als ‘typisch’ voor een groot schip genomen
- Andere bron voor emissies en voertuigkm voor wegtransport
  - In plaats van het MIMOSA-model werden de emissiefactoren en de jaarlijkse voertuigkm uit de Vlaamse Emissie-Inventaris lucht (VMM) gehaald. Dit heeft niet alleen een impact op de emissies maar ook op de berekeningen van de private kosten. Alle jaarlijkse en eenmalige kosten worden immers door deze voertuigkm gedeeld.
- Het gebruik van andere bronnen indien nieuwe informatie beschikbaar was (bv. beladingsgraden, waarde van de tijd, waardering geluid, etc.) of indien de jaarreeksen van een vorige bron niet beschikbaar waren voor de meest recente jaren (bv. ongevallen spoor).
- Private kosten spoor en lijnbus werden bottom up berekend in plaats van top down in het vorige rapport.
- Emissies: het opnemen van de indirecte emissies (bij productie brandstof)
- Infrastructuurkosten: berekend op basis van Vlaamse cijfers in plaats van Europese gemiddeldes
- Alle cijfers werden naar monetaire waardes “euro 2015” gebracht.

Vlaamse Milieumaatschappij
Dr. De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
www.vmm.be

Vlaamse Milieumaatschappij
Dokter De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
www.vmm.be